

الاتجاهات المعاصرة
لإدارة وتطوير الأداء
SIX SIGMA
6σ

تأليف

المهندس : أسامة عبد العزيز الشنواني

1431 هـ - 2011 م

الطبعة الثانية

مركز جامعة القاهرة للطباعة والنشر

حقوق الطبع محفوظة

الشنوانى ، أسامة عبد العزيز

الإتجاهات المعاصرة لإدارة وتطوير الأداء Six Sigma 6σ

تأليف / أسامة عبد العزيز الشنوانى- القاهرة

مركز جامعة القاهرة للطباعة والنشر، 2008 ص ، سم

1- الأفراد- تخطيط.

2- العنوان. جامعة القاهرة

رقم الإيداع / 16946 بتاريخ 2008/08/28

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, without prior written permission from the author.

جميع الحقوق محفوظة. لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أى جزء منه أو تخزينه فى نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأى شكل من الأشكال ، دون إذن خطى مسبق من المؤلف.

مركز جامعة القاهرة للطباعة والنشر

فاكس: 20235683774 تليفون: 20235675586

القاهرة – جمهورية مصر العربية

شكر وتقدير

أود أن أشكر أساتذتي الأجلاء و زملائي الأعزاء و كل من مد يد
العون في سبيل إنجاز هذا العمل، وسأهم في إخراج هذا
الكتاب بصورته الحالية ، وأنشرف بأن أرسل لهم جميعاً بأفؤ
حب مشفوعة بأسمى آيات الشكر والعرفان.
وأدعو الله أن يكون هذا الكتاب علماً نافعاً وعملاً متقبلاً .

المؤلف

مهندس/ أسامة عبد العزيز الشنواني

الإهداء

ربنا لا تزغ قلوبنا بعد إذ
هديتنا وهب لنا من لدنك رحمة
إنك أنت الوهاب



جدول المحتويات

7.....	مقدمة
16.....	الفصل الأول
16.....	1. منهجية التحسين، ماهيتها، فوائدها ومتطلباتها
16.....	1.1. مقدمة INTRODUCTION
19.....	1.2. ما هي الجودة وأهم ركائزها QUALITY AND ITS PILLARS
24.....	1.3. أبعاد الجودة QUALITY DIMENSIONS
28.....	1.4. بعض مزايا عيوب إدارة الجودة PROS AND CONS OF QUALITY MANAGEMENT
29.....	1.5. تاريخ نظم الجودة و منهجية التحسين SIX SIGMA AND QUALITY HISTORY
35.....	1.6. ضبط الجودة و تأكيد الجودة QUALITY CONTROL & ASSURANCE
38.....	1.7. ديمينج - جوران - أمريكا أم اليابان؟ DEMING GURAN USA OR JAPAN?
40.....	1.8. لماذا نجح اليابانيون؟ WHY DID JAPANESE SUCCEED?
41.....	1.9. نماذج ناجحة لتطبيق منهجية التحسين SIX SIGMA SUCCESS STORIES
42.....	1.10. منهجية التحسين ونظم الجودة التقليدية SIX SIGMA AND TRADITIONAL QUALITY
45.....	1.11. ما هي سيجما؟ WHAT IS SIGMA?
46.....	1.12. المعنى الطبيعي للسيجما PHYSICAL MEANING OF SIGMA
51.....	1.13. لماذا ستة انحرافات معيارية؟ WHY SIX SIGMA?
52.....	1.14. أهداف منهجية التحسين SIX SIGMA GOALS
55.....	1.15. فوائد تطبيق منهجية التحسين SIX SIGMA BENEFITS
56.....	1.16. البنية التحتية لمنهجية التحسين SIX SIGMA INFRASTRUCTURE
59.....	1.17. معوقات تطوير الأداء PERFORMANCE ENHANCEMENT RESISTANCE
62.....	الفصل الثاني
62.....	2. مفهوم منهجية التحسين ومراحلها الخمس
62.....	2.1. مقدمة INTRODUCTION
62.....	2.2. مفهوم المنهجية ذات الخمس مراحل DMAIC STAGES AND CONCEPT
64.....	2.2.1. مرحلة تحديد مجال التحسين "DEFINE" PHASE
66.....	2.2.2. مرحلة التقييم و القياس "MEASURE" PHASE
68.....	2.2.3. مرحلة التحليل "ANALYZE" PHASE
70.....	2.2.4. مرحلة التحسين "IMPROVE" PHASE
79.....	2.2.5. مرحلة التحكم والمراقبة "CONTROL" PHASE
83.....	الفصل الثالث
83.....	3. مشروعات منهجية التحسين
83.....	3.1. مقدمة INTRODUCTION
83.....	3.2. تصنيف مشروعات التحسين SIX SIGMA PROJECTS CATEGORIES
84.....	3.3. محاور مشروعات منهجية التحسين SIX SIGMA PROJECTS FOCUS
84.....	3.4. خصائص مشروع منهجية التحسين SIX SIGMA PROJECTS CHARACTERISTICS
85.....	3.5. اختيار مشروع منهجية التحسين SIX SIGMA PROJECT SELECTION
86.....	3.6. أسباب نجاح/فشل مشروعات التحسين SIX SIGMA PROJECTS SUCCESS/ FAILURE REASONS
88.....	3.7. أمثلة لمشروعات منهجية التحسين EXAMPLES OF SIX SIGMA PROJECTS

91	الفصل الرابع.....
91	4. ظاهرة التباين (الاختلاف) الطبيعي.....
91	4.1. مقدمة INTRODUCTION.....
96	4.2. مصادر التباين PROCESS VARIATION SOURCES.....
99	4.3. تحليل مصادر التباين VARIATION SOURCES ANALYSIS.....
101	4.4. استراتيجية إدارة التباين STRATEGY FOR VARIATION MANAGEMENT.....
103	4.5. التناظر بين ظاهرتي التباين والزلازل VARIATION AND EARTHQUAKES ANALOGY.....
106	4.6. الترحيل في أداء العملية PROCESS SHIFTING.....
108	الفصل الخامس.....
108	5. التحكم الإحصائي للعمليات.....
108	5.1. مقدمة INTRODUCTION.....
109	5.2. خرائط المراقبة والتحكم CONTROL CHARTS.....
110	5.3. أنواع خرائط التحكم TYPES OF CONTROL CHARTS.....
112	5.4. فوائد خرائط التحكم BENEFITS OF CONTROL CHART.....
113	5.5. الخصائص العامة لخرائط التحكم CONTROL CHARTS CHARACTERISTICS.....
116	5.6. قراءة وتفسير خرائط التحكم CONTROL CHARTS INTERPRETATION.....
118	5.7. خطوات رسم خرائط التحكم CONTROL CHARTS CONSTRUCTION STEPS.....
121	5.8. مدى دقة خرائط التحكم ACCURACY OF CONTROL CHARTS.....
122	5.9. أمثلة على خرائط التحكم EXAMPLES ON CONTROL CHART.....
132	الفصل السادس.....
132	6. تحليل نظام القياس.....
132	6.1. مقدمة INTRODUCTION.....
135	6.2. تحليل دقة القياس GAGE RESOLUTION / DISCRIMINATION ANALYSIS.....
135	6.3. تحليل التحيز (عدم الدقة) GAGE BIAS (INACCURACY) ANALYSIS.....
137	6.4. تحليل خطية جهاز القياس GAUGE LINEARITY ANALYSIS.....
140	6.5. تحليل اتزان جهاز القياس GAUGE STABILITY ANALYSIS.....
140	6.6. تحليل خطأ الشخص و خطأ الأداة REPRODUCIBILITY AND REPEATABILITY ANALYSIS.....
147	6.7. مؤشرات أنظمة القياس MEASUREMENT SYSTEM INDICES.....
148	6.8. إرشادات هامة لتحليل نظم القياس GUIDELINES FOR MSA.....
150	الفصل السابع.....
150	7. مقدرة العملية ومستوى الجودة.....
150	7.1. مقدمة INTRODUCTION.....
151	7.2. مقياس المخرجات السليمة والمعيبة DEFECTIVE AND YIELD MEASURES.....
153	7.3. عدد الأخطاء لكل مليون عملية DEFECTS PER MILLION OPPORTUNITY (DPMO).....
154	7.4. جودة/قدرة العملية Z SCORE/PROCESS GOODNESS/CAPABILITY.....
156	7.5. مقدرة العملية كنسبة (المقدرة الظاهرية) "Cp" PROCESS CAPABILITY RATIO.....
157	7.6. مقدرة العملية على المدى القريب "Cpk" SHORT TERM PROCESS CAPABILITY.....
158	7.7. مقدرة العملية على المدى الطويل "Ppk" LONG TERM CAPABILITY / PERFORMANCE.....
158	7.8. الفرق بين قدرة وأداء العملية DIFFERENCES BETWEEN CAPABILITY AND PERFORMANCE.....

159	7.9	إرشادات عند حساب جودة العملية	GUIDELINES FOR PROCESS GOODNESS CALCULATION
160	7.10	تحديد مستوى الجودة بالسجما	SIGMA LEVEL DETERMINATION
161	7.11	أمثلة لحساب جودة العملية	EXAMPLES FOR PROCESS GOODNESS CALCULATION
170	7.12	مستوى الأداء الكلى للعملية المركبة	COMPOUND PROCESS PERFORMANCE
172	7.13	مقارنة بين مقاييس مستوى الأداء	COMPARISON BETWEEN SIGMA MEASURES
173		الفصل الثامن	
173	8.	معالجة البيانات غير الطبيعية	8. معالجة البيانات غير الطبيعية
173	8.1	مقدمة	INTRODUCTION
173	8.2	محاذير معالجة البيانات غير الطبيعية	PRECAUTIONS FOR NON NORMAL DATA TREATMENT
	8.3	العلاقة بين طرق المعالجة الإحصائية وطبيعة البيانات	RELATIONSHIP BETWEEN STATISTICAL DATA TYPE AND DATA TREATMENT
174		TREATMENT & DATA TYPE	
175	8.4	اختبار تبعية البيانات للتوزيع الطبيعي (الطبيعية)	TESTS FOR NORMALITY
175	8.5	طرق معالجة البيانات غير الطبيعية	NON-NORMAL DATA TREATMENT METHODS
191		الفصل التاسع	
191	9.	منهجية التحسين، الأدوات والتقنيات	9. منهجية التحسين، الأدوات والتقنيات
191	9.1	مقدمة	INTRODUCTION
191	9.2	القواعد الأساسية	GROUND RULES
192	9.3	خطة ميثاق- العمل بالمشروع	PROJECT CHARTER
195	9.4	مخطط السايوك	SIPOC DIAGRAM
196	9.5	مصفوفة المهام والمسؤوليات "رسي"	RACI CHART
197	9.6	مخطط جانت للتخطيط والجدولة	GANNT CHART
198	9.7	سماع صوت العميل	VOICE OF THE CUSTOMER
204	9.8	نشر وظائف الجودة (QFD)	QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)
214	9.9	تحديد واختيار مقاييس الأداء	METRICS DETERMINATION
217	9.10	قوائم الفحص والمراجعة	CHECK SHEETS/LISTS
218	9.11	مخطط باريتو	PARETO CHART
221	9.12	مصفوفة (الاية) تحديد الأولويات	PRIORITIZATION MATRIX
229	9.13	تقنية المجموعة الاسمية NGT	NOMINAL GROUP TECHNIQUE NGT
230	9.14	حساب تكاليف الجودة	COST OF QUALITY CALCULATION
239	9.15	مخطط الصندوق والشنب	BOX PLOT OR BOX AND WHISKER
244	9.16	مخطط مدى المتغيرات المتعددة	MULTI-VARI INTERVAL PLOT
247	9.17	مخطط الهستوجرام	HISTOGRAM
251	9.18	خريطة سير/ تدفق العمليات	FLOW CHART OR PROCESS MAP
257	9.19	مخطط تتابع وتسلسل العمليات	SPAGHETTI (WORKFLOW) DIAGRAMS
258	9.20	مخطط المناطق الاربعة	FOUR BLOCKS DIAGRAM
261	9.21	تحليل الأنشطة ذات القيمة وعديمة القيمة	VALUE-ADDED & NON V.A ANALYSIS
262	9.22	تقنية العصف الذهني	BRAIN STORMING TECHNIQUE
264	9.23	القبعة الستة للتفكير الخلاق	SIX HATS
266	9.24	تحليل نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات	SITUATIONAL "SWOT" ANALYSIS
268	9.25	مخطط التآلف	AFFINITY DIAGRAM
269	9.26	مخطط تدفق القيمة "VSM"	VALUE STREAM MAPPING "VSM"
272	9.27	مخطط السبب والاثـر	CAUSE AND EFFECT DIAGRAM

276	SCATTER DIAGRAM مخطط التشتت أو التبثر	9.28
281	FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS "FMEA" تقنية تحليل الإخفاق وسببه	9.29
285	VISUAL CONTROL APPROACH "FIVE S" أسلوب التحكم المرئي	9.30
289	KAIZEN IMPROVEMENT PRINCIPLE مبدأ التطوير المستمر كايزن	9.31
291	POKA YOKE مبدأ بوكا يوكي "منع الأخطاء الغير متعمدة"	9.32
292	JUST IN TIME مبدأ "في الوقت المناسب"	9.33
293	DASHBOARD لوحة إظهار الأداء	9.34
294	BENCHMARKING التقييم المقارن	9.35
296	DESIGN OF CONTROL "DOC" تصميم إجراءات السيطرة والتحكم	9.36
297	TIME VALUE OF MONEY "TVM" القيمة الزمنية للنقود	9.37
300	MEETINGS EFFECTIVE MANAGEMENT الإدارة الفعالة للاجتماعات	9.38
314	الفصل العاشر	
314	10. مبادئ وأهداف وطرق الدراسات الإحصائية	
314	10.1. مقدمة INTRODUCTION	
315	10.2. لمحة تاريخية عن الإحصاء HISTORICAL TIP	
315	10.3. استخدامات الإحصاء في الأعمال USES OF STATISTICS IN BUSINESS	
316	10.4. فروع علم الإحصاء BRANCHES OF STATISTICS	
318	10.5. مصادر البيانات SOURCES OF DATA	
319	10.6. أنواع البيانات الرقمية NUMERICAL DATA TYPES	
324	10.7. تقنيات وطرق جمع البيانات DATA COLLECTION TECHNIQUES	
326	10.8. الدراسة الإحصائية STATISTICAL STUDY	
329	الفصل الحادي عشر	
329	11. تلخيص وعرض البيانات	
329	11.1. مقدمة INTRODUCTION	
330	11.2. عرض البيانات بالمقاييس الوصفية DATA SUMMARY USING DESCRIPTIVE MEASURES	
366	11.3. عرض البيانات باستخدام الرسوم البيانية DATA PRESENTING USING GRAPHS	
380	الفصل الثاني عشر	
380	12. الاحتمال	
380	12.1. تاريخ نظرية الاحتمالات PROBABILITY THEORY HISTORY	
380	12.2. مقدمة عن الاحتمالات INTRODUCTION FOR PROBABILITY	
382	12.3. مفهوم الاحتمال (الفرصة) PROBABILITY CONCEPT	
383	12.4. تعريف الاحتمال PROBABILITY DEFINITION	
390	12.5. مبدأ العد لحساب الاحتمال COUNTING FOR PROBABILITY CALCULATION	
404	الفصل الثالث عشر	
404	13. التوزيعات الاحتمالية	
404	13.1. مقدمة INTRODUCTION	
407	13.2. التوزيعات الاحتمالية المتصلة CONTINUOUS PROBABILITY DISTRIBUTIONS	
433	13.3. توزيعات احتمالية متصلة خاصة SPECIAL CONTINUOUS PROBABILITY DISTRIBUTIONS	
444	13.4. التوزيعات الاحتمالية الوثابة DISCRETE PROBABILITY DISTRIBUTION	

475	الفصل الرابع عشر
475	14. العينات وطرق انتقائها
475	14.1. مقدمة INTRODUCTION
475	14.2. المجتمع و العينة THE POPULATION AND THE SAMPLE
477	14.3. العينات غير الاحتمالية NON PROBABILISTIC SAMPLING
478	14.4. العينات الاحتمالية PROBABILISTIC SAMPLING
483	14.5. إحصاءات العينة SAMPLE STATISTICS
485	14.6. الأخطاء التي تتعرض لها العينات SAMPLING ERRORS
485	14.7. معالجة أخطاء العينات SAMPLING ERRORS CORRECTION
486	14.8. تحديد حجم العينة SAMPLE SIZE DETERMINATION
486	14.9. قيود حجم العينة SAMPLE SIZE CONSTRAINTS
488	الفصل الخامس عشر
488	15. التقدير
488	15.1. مقدمة INTRODUCTION
488	15.2. تقدير النقطة POINT ESTIMATE
488	15.3. التقدير بفترة INTERVAL ESTIMATION
499	الفصل السادس عشر
499	16. الارتباط والانحدار الخطي البسيط
499	16.1. مقدمة INTRODUCTION
500	16.2. ما هو تحليل الانحدار؟ WHAT IS REGRESSION?
500	16.3. أنواع تحليل الانحدار TYPES OF REGRESSION
501	16.4. استخدامات تحليل الانحدار USES OF REGRESSION
502	16.5. الفرق بين الانحدار والارتباط DIFFERENCE BETWEEN REGRESSION AND CORRELATION
503	16.6. البيانات المزدوجة والارتباط BIVERATE DATA & CORRELATION
505	16.7. معامل الارتباط الخطي (R) COEFFICIENT OF LINEAR CORRELATION (R)
507	16.8. تباين خط الانحدار VARIANCE OF REGRESSION LINE
509	16.9. معامل التباين COVARIANCE COEFFICIENT
509	16.10. خطوط المربعات الصغرى LEAST SQUARES LINES
514	الفصل السابع عشر
514	17. تحليل التباين
514	17.1. مقدمة INTRODUCTION
515	17.2. خطوات تحليل التباين (الأنوفا) ANOVA STEPS
517	17.3. شروط تطبيق الأنوفا ASSUMPTIONS OF ANOVA
517	17.4. تحليل تباين القياس المتكرر REPEATED MEASUREMENT ANOVA
517	17.5. تحليل التباين ANALYSIS OF COVARIANCE
518	17.6. أساليب الإحصاء الاستدلالي اللابارامترى NONE PARAMETRIC STATISTICAL INFERENCE
520	17.7. تفسير مخرجات الانحدار و الأنوفا INTERPRETATION OF REGRESSION & ANOVA OUTPUTS

531.....	الفصل الثامن عشر.....
531.....	18. اختبار الفرضيات.....
531.....	18.1. مقدمة INTRODUCTION.....
531.....	18.2. أنواع الفرضيات TYPES OF HYPOTHESES.....
532.....	18.3. مفهوم اختبار الفرضيات TEST OF HYPOTHESES CONCEPT.....
534.....	18.4. مستوى الدلالة α في اختبار الفرضيات LEVEL OF SIGNIFICANCE FOR HYPOTHESES.....
535.....	18.5. أنواع الأخطاء في اختبار الفرضيات TEST OF HYPOTHESES ERROR TYPES.....
538.....	18.6. قوة الاختبار POWER OF THE TEST.....
538.....	18.7. استخدامات اختبار الفرضيات TEST OF HYPOTHESES USAGES.....
538.....	18.8. أنواع اختبارات الفرضيات TYPES OF HYPOTHESES TESTS.....
539.....	18.9. تحديد مناطق رفض الفرضيات REJECTION AREA DETERMINATION.....
541.....	18.10. شروط إجراء اختبارات الفرضيات ASSUMPTION FOR TESTING HYPOTHESES.....
541.....	18.11. خطوات إجراء اختبارات الفرضيات TEST OF HYPOTHESES PROCEDURE.....
543.....	18.12. إجراء اختبارات الفرضيات بالكمبيوتر TESTING HYPOTHESES WITH COMPUTER.....
544.....	18.13. أمثلة على اختبار الفرضيات EXAMPLES ON HYPOTHESES TESTING.....
556.....	الملحق الأول : شهادة الأيزو ISO.....
565.....	الملحق الثاني : رواد الجودة QUALITY GORUS.....
565.....	والتر شوهارت WALTER A. SHEWHART.....
568.....	وليم إدوارد ديمينج WILLIAM EDWARDS DEMING.....
576.....	جوزيف جوران JOSEPH M. JURAN.....
581.....	أرماند ف. فيجينباوم (ARMAND V. FEIGENBAUM).....
584.....	فيليب كروسبي PHILIPS. B. CROSBY.....
590.....	فريدريك تايلور FREDERICK W. TAYLOR.....
591.....	كاورو إيشيكافا KAORU ISHIKAWA.....
594.....	جينيشي تاجوشي (GENICHI TAGUCHI).....
597.....	تايتشي أونو TAIICHI OHNO.....
600.....	الملحق الثالث : جوائز وشهادات الجودة QUALITY A WARDS.....
600.....	جائزة مالكولم بولدرج الوطنية للجودة:.....
602.....	جائزة إدوارد ديمينج للجودة:.....
603.....	جائزة شينجو:.....
604.....	شهادة الجمعية الأمريكية لرقابة الجودة ASQC:.....
605.....	شهادة الجمعية الأمريكية لرقابة مخزون الإنتاج APICS :.....
606.....	مراجع مختارة REFERENCES.....
609.....	جداول إحصائية STATISTICAL TABLES.....
621.....	فهرس المصطلحات INDEX.....

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

يهدف الكتاب الذي بين أيدينا إلى خلق الوعي لدى القارئ العربي بأهمية استخدام البيانات والاعتماد عليها في اتخاذ القرارات للوصول إلى مرحلة هي أسمى ما نرنو إليه جميعاً وهي مرحلة "الرشد في اتخاذ القرار"، ويهدف كذلك بعد خلق هذا الوعي إلى تعميق فهمه وتبصيره بطرق جمع تلك البيانات وتصنيفها ووسائل عرضها وتحليلها وكيفية التعامل معها والاستفادة بها بمهارة واحتراف، وهذا يستلزم الإحاطة ببعض العلوم والمعارف واكتساب المهارات والتعرف على الأدوات والوسائل والاطلاع على النظريات والتوجهات والمنهجيات التي تتبناها الشركات الكبرى والتي أثبتت بمرور الوقت أن تطبيقها ممكن وأن ثمراتها تحقق إيجابية

وفي هذا الإطار يلقي الكتاب الضوء على أحد أهم الاتجاهات المعاصرة لإدارة وتطوير الأداء "منهجية التحسين المستمر Six Sigma" باعتبارها لغة جديدة من لغات العصر، وموضوعاً هاماً من موضوعات الساعة، وسبيلاً واضحاً للتغلب على المشكلات التي تواجه الشركات في سعيها الدائم نحو الريادة والتميز.

ولقد كانت هناك عوامل أخرى كثيرة كانت سبباً في تأليف وإخراج هذا الكتاب ويمكن تلخيص بعضها فيما يلي:

- منهجية التحسين Six Sigma من الطرق الحديثة المرتبة والعملية المجربة، وبالتالي فبقليل من الجهد والمثابرة يمكن تطبيق مراحلها المختلفة خطوة بخطوة، والوصول في النهاية إلى نتائج إيجابية وحلول عملية لمشكلات الجودة والإدارة، ووضع الخطط المناسبة والعملية للتحسين المستمر في كافة المؤسسات والشركات والهيئات والمنظمات.
- يمكن تطبيق هذه المنهجية في نطاق واسع و مدى رحب، فيمكن تطبيقها في كافة أنواع الشركات والمؤسسات على اختلاف تخصصاتها وتباين أهدافها، فتطبق في شركات الإنتاج وفي شركات الخدمات، تطبق في مجال الرعاية الصحية ومجال التعليم، تطبق في مجال الزراعة ومجال الأبحاث، تطبق في مجال البنوك ومجال التجارة، تطبق في الصناعة وفي مجال التسويق، في مجال تطوير ومراقبة الأداء وتحسين الإنتاجية، وفي كافة المجالات التي تنتم الأنشطة فيها بالتكرارية والاستمرارية.
- تركز الكثير من برامج التدريب على الناحية النظرية دون الناحية العملية، ولذا فقد كنت حريصاً على نقل خبرات العديد من المؤسسات العالمية والمتميزة في مجال تطوير الإدارة والارتقاء بالأداء، من خلال منهجية التحسين المستمر Six Sigma وأن أضعها بين يدي

كل الزملاء، وأن أتناولها بصورة سهلة وميسرة لكل دارس وباحث، لكل مبتدئ وخبير، لكل قائد ومدير، ولكل مسئول على مختلف المستويات التخطيطية والتنفيذية.

■ هذا الكتاب يعرض الكثير من الأدوات والعديد من الآليات التي تعين على تنفيذ وتطبيق هذه المنهجية، وهو في ذلك يمزج بين شرح الأدوات الإحصائية، والنظريات الرياضية، والمهارات الإدارية، وقد عرضنا هذه الأدوات وحاولنا أن نجعل بين البساطة في العرض والدقة في التناول، وعمدنا إلى جمع الأمثلة المتنوعة، وأسهبنا في شرح بعض المواضيع متى رأينا لذلك أهمية، واقتضينا في شرح بعضها متى وجدنا لذلك ضرورة.

■ لا يوجد في المكتبة العربية بشكل عام ما يروى ظمناً القارئ العربي في هذا الموضوع القديم الجديد، القديم لغزارة ما كتب عنه وكثرة ما قيل فيه عن التصدي للمشكلات والتعامل معها، والجديد من حيث طريقة التناول وأسلوب المعالجة، للوصول إلى نتائج إيجابية وحلول عملية للكثير من مشكلاتنا ومعضلاتنا التي نواجهها بصورة يومية في عمليات الإدارة والتنمية والتطوير.

■ ويهدف الكتاب الذي بين أيدينا إلى تعميق المفاهيم الأساسية لاستخدام الأساليب والأدوات المشروحة، دون التركيز على العمليات الحسابية أو البراهين الرياضية، إذ أن العمليات الحسابية في تصوري يمكن إجراؤها اليوم باستخدام أجهزة الكمبيوتر دون أي مجهود، وفي تقديري أن البراهين الرياضية يمكن الرجوع إليها في المراجع والكتب المتخصصة، وعلى هذا فقراءة هذا الكتاب لا تتطلب إلا اليسير من الخلفية الرياضية التي لا تخرج عن المبادئ الحسابية والجبرية البسيطة، وفي العمليات التي تحتاج إلى جهد كبير في إجراء العمليات الحسابية، اعتمدنا على برامج الكمبيوتر توفيراً للجهد وضماناً للدقة والسرعة، إلا أن ذلك لا يعفينا بل يوجب علينا الإحاطة بالأسس والافتراضات والمفاهيم التي يبني عليها التحليل تحسباً من أخطاء ومزالق التطبيق.

■ هذا الكتاب ليس نظرية جديدة، وليس كتاباً يمكن أن نقرأه مسترخياً على كرسي مريح ممداً رجلك على طاولة لتري كيف أمكن للآخرين أن يحققوا نجاحاتهم، بل أنه كتاب "طبق ما تتعلم".

ولقد رأيت أن أقدم هذا الكتاب في ثلاثة أجزاء رئيسية مقسمة لعدة فصول كما يلي:

الجزء الأول: "منهجية التحسين Six Sigma"، ماهيتها، فوائدها، ومتطلباتها" وخصصت لهذا الجزء ثمانية فصول، الثلاثة الأولى منها للتركيز على متطلبات منهجية التحسين Six Sigma ومراحلها وطبيعة مشاريعها، وركزت في الفصول من الرابع حتى الثامن على شرح بعض مفاهيم الجودة التي لا غنى عنها لفهم الموضوع واستيعاب جوانبه.

ففي الفصل الأول

تحدثت عن منهجية التحسين Six Sigma وماهيتها، وتعريفها، وفحوى وضع هذا المصطلح ولماذا اتخذ للدلالة على تلك المنهجية، ثم عرضت نبذة عن تاريخ نظم الجودة وعلاقتها بمنهجية التحسين Six Sigma، وأوضحت نماذج من الشركات الرائدة في هذا المجال، وبعد ذلك تناولت أهداف هذه المنهجية، ومتطلبات تطبيقها ونشرها كثقافة.

وفي الفصل الثاني

وامتدادا للفصل الأول، تناولت بالشرح مفهوم Six Sigma ومراحلها الخمس المختلفة، وفي كل مرحلة أدرجت جدولا يوضح مهام الإدارة العليا، ومهام فريق التحسين، والأدوات التي يمكن الاستعانة بها لتنفيذ هذه المهام، ثم قسمت كل مرحلة - على مستوى فريق التحسين - إلى أربع مراحل داخلية، مع بيان المطلوب إنجازه في كل مرحلة والأدوات التي يمكن الاستعانة بها في ذلك.

وفي الفصل الثالث

تعرضت لشرح طبيعة مشروعات هذه المنهجية، وكيفية تصنيفها، والمحاور الرئيسية التي تركز عليها هذه المشروعات، وخصائصها، وكيفية اختيارها والمفاضلة بينها، وذكرت عوامل نجاح وفشل هذه المشروعات، ثم اختتمت هذا الفصل بذكر أمثلة متنوعة لمشروعات تطبيق منهجية التحسين المستمر Six Sigma في مجالات متعددة.

وفي الفصل الرابع

وفي هذا الفصل قمت بشرح ظاهرة التباين الطبيعي، والتي تعد من أهم المبادئ والمحاور التي تركز عليها منهجية التحسين Six Sigma في تحسس مصادر التباين والاختلاف، وتتبع مواقع الخلل، وتحديد مكان الضعف والوهن في أى عملية داخل الشركة أو المنظمة، ومن ثم بحثها وتحليلها ومحاولة التخلص منها أو على الأقل تقليلها إلى الحدود المقبولة، وبدراسة وفهم هذا الجزء من الكتاب سيجد القارئ نفسه قادراً على التفريق بدقة بين إمكانية تحسين Improvement الوضع الحالي لشركته أو منظمته وكيفية تحقيق ذلك، أو ضرورة إعادة تصميم وهيكلة العمليات Process Redesign أو إعادة هندسة العمليات Process Re-Engineering.

وفي نهاية هذا الجزء ولربط مفهوم التغير و التباين Variability بالواقع، وليبين كيفية تأثير أى عملية بالعوامل الخارجية، قمت بتقديم مقارنة بين ما يحدث لأى عملية من تباين واضطراب، وما يحدث للكرة الأرضية من زلازل وهزات أرضية.

وفى الفصل الخامس

تناولت بالشرح موضوع التحكم الإحصائي للعمليات Statistical Process Control "SPC"، ماهيته وفيم يستخدم؟ وما هي أدواته؟ وما الفرق بين هذه الأدوات ؟ ، ولأهمية خرائط التحكم Control Charts كأداة من هذه الأدوات، فقد تناولتها بالتفصيل وبينت أنواعها وفوائدها والخصائص العامة لها، وطرق رسمها وقراءتها وتفسيرها، وكيف يمكن من خلالها التفريق بين الأسباب العامة والخاصة للتباين Special and Common Causes، ثم أتبع ذلك بأمثلة تطبيقية متنوعة.

وفى الفصل السادس

ولما كانت عملية تحليل جودة صلاحية نظام القياس Measurement System Analysis ذات أهمية قصوى قبل البدء فى قياس وتجميع البيانات، فقد تناولت هذا الموضوع بتفصيل واستفاضة، ذلك لأننا بعد قياس وتجميع البيانات، سنقوم بتحليلها ودراستها، كمحاولة للوصول إلى حلول ومقترحات للمشكلة قيد البحث، فلو كانت هذه البيانات غير دقيقة أو غير صحيحة، وهذا ما يحدث في بعض الأحيان، فإن الحلول والمقترحات التي سيتم التوصل إليها ستكون غير رشيدة وغير نافعة، وقد يكون فى ذلك دعوة صريحة لفقد الثقة في فريق التحسين وفي منهجية التحسين Six Sigma بالكامل.

وفى الفصل السابع

وفى هذا الفصل كان من الطبيعي أن أتعرض بالشرح للطرق المختلفة لقياس مستوى الجودة، وكيفية تطبيق هذه الطرق، لما فى ذلك من أهمية قصوى قبل البدء فى أى مشروع للتحسين، وذلك لتحديد أين نحن الآن؟ وإلى أى مستوى نطمح أن نكون؟ وهل يمكن التحسين فى هذه العملية ؟ أم أن تغييرها أجدى؟ وتظهر أهمية ذلك أيضا بعد عملية التحسين لمعرفة وتقييم مدى التحسن الذي طرأ على العمليات جراء تنفيذ التوصيات والمقترحات والحلول.

الجزء الثانى : "منهجية التحسين Six Sigma، الأدوات والوسائل التقنية"، وقد خصصت لهذا الجزء الفصل التاسع كاملا، و عرضت فيه الكثير من الأدوات والوسائل التقنية التي تستخدم خلال المراحل المختلفة لتطبيق هذه المنهجية، وأثناء تنفيذ مشروعات التحسين المتنوعة.

وفى الفصل الثامن

ونظرا لأهمية تحديد نوع البيانات قبل البدء فى التعامل معها، فقد أفردت لهذا الموضوع فصلا منفصلا، أوضحت فيه مدى خطورة تناول البيانات غير الطبيعية Non-Normal

Data و التعامل معها على أنها طبيعية Normal Data، وهل يمكن أن نتعامل مع هذه البيانات بنفس الطريقة وبنفس الأدوات التي نتعامل بها مع تلك التي تتبع التوزيع الطبيعي أم لا؟ وبيئت أن ذلك سلوك محفوف بالخطورة، خطورة الخطأ في التحليل، ومن ثم خطورة الخطأ في الاستنتاج وما يرتبط به من الخطأ في اتخاذ القرارات، وما يليه من نتائج غير مرغوب بها، ثم اتبعت ذلك بمثال تفصيلي يتناول ثلاث طرق تمكننا من التعامل مع هذا النوع من البيانات.

ففي الفصل التاسع

قدمت العديد من الأدوات التي لا غنى عنها لمن أراد أن يتبنى منهجية التحسين Six Sigma، راعيت فيها بساطة الأسلوب ولم أغفل عمق العرض، وسجد القارئ الكريم أن هذه الأدوات تغطي قدرا كبيرا من أدوات تحليل البيانات Data Analysis Tools، بالإضافة إلى تقنيات معالجة الأفكار Ideas Treatment Techniques، كما سجد أن البعض منها يتعامل بالأساليب النوعية Qualitative Approaches، والآخر يتعامل بالأساليب الكمية Quantitative Approaches.

الجزء الثالث : " مبادئ وأهداف وطرق الدراسات الإحصائية " ويتألف من الفصول من العاشر حتى الثامن عشر، وخصصتها للتركيز على المفاهيم الإحصائية التي لا غنى عنها للقارئ، فهي التي ستعينه على تحليل وفهم الموضوع قيد البحث بشكل أكثر وعياً وعمقا، وهي التي ستمكنه من الاستناد إلى الأدلة العلمية عند عرض نتائجه التي يصل إليها، وسلاحظ القارئ الكريم أنني ركزت في هذا الجزء من الكتاب على موضوعات إحصائية كثيرة ومبادئ هامة، ذلك لأن الإحصاء يتعرض للقضايا والفروض التي تعلن الرياضيات عجزها عن تناولها وهي كثيرة في عالم الأعمال، بالإضافة إلى أن القرارات والأحكام والتنبؤات التي نتوصل إليها من خلال تطبيق الإحصاء هي دائما قرارات احتمالية، بمعنى أننا لا نستطيع أن نجزم جزماً، باتاً بصحتها أو بخطئها، فتأتي القرارات مصحوبة باحتمالات معينة للصواب أو الخطأ فَيَبْتَ فيها بأسلوب احتمالي، هو على أية حال أفضل من ترك القضايا دون حل، عملاً بالحكمة القائلة "مالا يدرك كله لا يترك كله"، ولعل هذا هو الذي أعطى للإحصاء قوته الكبرى وميزته النسبية عن الرياضيات عند التطبيق في مجالات الإدارة ودعم اتخاذ القرار.

ولما كانت الدراسة المثمرة للإحصاء تتطلب حداً أدنى من المعرفة بالنظرية الإحصائية، وإغفال ذلك يؤدي إلى فهم سطحي تنجم عنه أخطاء جسيمة في التطبيق العملي، فقد راعينا تقديم أساسيات وركائز هذه النظرية، كما لم نهمل الربط بين النظرية والتطبيق وتقديم الأصول العلمية لشروط ومحددات ما يستخدم من طرق واختبارات وعمليات استدلال، وقد

تجنبنا في ذلك كله الدخول في التفاصيل والبراهين الرياضية التي قد تعوق القارئ عن متابعة مسيرة التسلسل المنطقي للمفاهيم والأساليب المستخدمة.

وفي سبيلنا إلى زيادة ثقتنا في تلك القرارات سنتوخى الحذر بدءاً من مرحلة تجميع البيانات باستخدام العينات العشوائية، فهي تحقق الموضوعية في الاختيار والبعد عن الذاتية والتحيز، وتقديم عينة للمجتمع تصلح لتعميم النتائج عليه، كما تمكن من قياس دقة هذه النتائج، وأكثر من ذلك فهي تمكننا من التحكم في هذه الدقة، مروراً بمرحلة التحقق من صدق وثبات هذه البيانات التي تم جمعها، وذلك بالاستعانة بمقاييس الارتباط، ثم عندما نبدأ في وصف البيانات نستخدم أساليب الإحصاء الوصفى Descriptive Statistics، وحين نسعى إلى التعميم فسنقوم باستخدام أساليب التقدير Estimation، وعندما نسعى إلى اختبار أحد الفروض نستعين بأساليب اختبارات الفروض الإحصائية Hypothesis Tests، وعندما نسعى إلى الوصول إلى القرار الأفضل والاختيار الأمثل فسنقوم باستخدام أساليب دعم اتخاذ القرار.

وقد أسهبنا في شرح بعض هذه المواضيع، وأعطينا الأمثلة الكثيرة البسيطة والمعقدة، وتعمدنا حلها يدوياً لتوضيح المعنى ولبيان الفكرة، ولكن الواقع عزيزي القارئ أن هناك العديد والعديد من البرامج الإحصائية التي ستقوم بتحمل هذا العبء عنك بالإضافة إلى دقتها في الحسابات، فلا تنزعج من كثرة الحسابات والمعادلات، ولكن فقط ركز على فهم المعاني، وعمق إحساسك بمدلول الأرقام والقيم.

وفي الفصل العاشر

وفي هذا الفصل تناولنا فيه تقديم لمحة تاريخية عن الإحصاء ومجالات استخدامه وفروعه، ثم تلى ذلك شرح مصادر البيانات وأنواعها وطرق جمعها، وذلك لأهمية عملية جمع البيانات، إذ أنه من المتوقع بعد جمعها أن نقوم بمعالجتها لاستخلاص النتائج واتخاذ القرارات، فإنه يجب أن يتوافر فيها الصدق والثبات Validity and Reliability وأن تكون محل ثقة، ثم تناولنا خطوات الدراسة الإحصائية وأهدافها التي تتبلور في استقراء خصائص المجتمع من العينات.

وفي الفصل الحادي عشر

تحدثنا عن طرق تلخيص وعرض البيانات بالمقاييس الرقمية، التي تعطينا الإحساس بمكان تركز البيانات، ومدى تشتتها، ومواضع ترتيبها، ومدى اقتراب شكلها من منحنى التوزيع الطبيعي من عدمه، ثم تحدثنا أيضاً عن طرق تلخيص وعرض البيانات باستخدام المقاييس الرقمية والرسوم البيانية، وباستخدام هاتين الطريقتين يمكننا التحاور مع هذه البيانات

والاستماع إليها، نسألها عن خصائص تلك البيانات فتجيبنا تارة بالارقام وتارة بالرسم والصورة، ومن خلال تقييمنا لهذه الارقام وتلك الرسوم نستطيع- بالتجربة والممارسة- تحليل البيانات واستنتاج الكثير من خصائصها.

وفي الفصل الثاني عشر

وفي هذا الفصل تعرضت لتاريخ نشأة نظرية الاحتمالات ومفهومها وتعريف الاحتمال بشقيه التقليدي والإحصائي، وعرضت العديد من التعريفات المرتبطة به، ثم اختتمت هذا الفصل بعدة أمثلة توضيحية مبسطة.

في الفصل الثالث عشر

وحيث إن عملية الاستدلال الإحصائي واستقراء خصائص المجتمع من العينات تتوقف على معرفتنا بتوزيعات الاحتمال للإحصاءات التي نستخدمها، وجب علينا أن نحيط بأنواع بعض بهذه التوزيعات توطئة لتحقيق هذا الهدف، ومن أهم توزيعات المعاينة تلك التي تكون فيها المعاينة من مجتمعات معتدلة، وقد تناولت بشيء من التفصيل عددا من التوزيعات المختلفة دون التعرض للبراهين الهندسية ودون الغوص في بحار المعادلات الرياضية، ليتيسر لنا التعامل معها في الفصول التي تلي ذلك.

في الفصل الرابع عشر

ولما كان الهدف الرئيسي من دراسة الإحصاء معرفة كيفية الحكم على المجتمعات وإصدار قرارات عنها عن طريق عينات مأخوذة منها، فقد كان لزاما أن نتعرض لمقارنة بين العينات Samples والمجتمعات Populations وشرح الأنواع المختلفة من العينات وطرق انتقائها والقيود المتعلقة بذلك، وضرورة تحرر الموضوعية في الاختيار والبعد عن الذاتية والتحيز، ثم اختتمنا هذا الجزء بكيفية تحديد حجم العينات والعوامل المؤثرة في ذلك.

وفي الفصل الخامس عشر

تحدثنا عن التقدير Estimation، الذي هو استنتاج لقيم معالم المجتمع Population Parameters عن طريق قيم إحصاءات العينة Sample Statistics، وأوضحنا فيه أنه إذا تم التقدير باستنتاج قيمة وحيدة لمعاملات المجتمع، فإننا نسمى هذا النوع بتقدير النقطة Point Estimate، أما إذا تم التقدير بمدى يقع بين نقطتين، فإننا نسمى هذا النوع بتقدير الفترة Interval Estimate.

وفي الفصل السادس عشر

تحدثنا عن الارتباط Correlation والانحدار الخطي Linear Regression و بينا الفرق بينهما، وأنهما من الطرق الإحصائية لتحليل العلاقة بين متغيرين أو أكثر، وأوضحنا كيفية

إيجاد المعادلة التي تحكم العلاقة بين هذه المتغيرات ، وبيننا كذلك أنواع الانحدار واستخداماته المختلفة.

وأوضحنا أنه بعد أن نستنتج المعادلة النموذج المعبرة عن هذه العلاقة وهذا الارتباط باستخدام الانحدار Regression، نكون قد حددنا بصورة تقريبية مدى تأثير كل متغير من المتغيرات المستقلة على المتغير التابع، ويبقى سؤال هام وهو: هل الاختلاف الحادث في المتغير التابع يرجع فقط إلى تأثير المتغيرات المستقلة؟ أم أنه يرجع إلى عوامل أخرى عشوائية وغير مرنية أو محسوسة؟، وهذا ما يساعدنا في تحديده موضوع تحليل التباين أو Analysis of Variables ويختصر إلى الأنوفا ANOVA .

وفي الفصل السابع عشر

وفي هذا الجزء أوضحنا أن الأنوفا تستخدم في تحديد العامل أو العوامل التي لها تأثير على الاستجابة Response، وذلك بتجزئة التباين الكلي Total Variation المشاهد في البيانات إلى تباين داخل المجموعة الواحدة Variation Within Groups، وتباين بين المجموعات Variation Between Groups، ثم يتم بعد ذلك مقارنة مدى اقتراب التباين الداخلي من التباين الخارجي أو مدى ابتعاده عنه، وذلك بحساب النسبة الفائية F Ratio، التي تمكننا من معرفة مدى تجانس المجموعات التي نحلل تباينها أو عدم تجانسها، وأنها تعود إلى أصل واحد أم لا.

وخلال هذا الجزء أيضا تناولنا خطوات تحليل التباين وشروط تطبيقه، و تعرضنا لشرح مبسط عن الأساليب المختلفة للإحصاء الاستدلالي البارامترى والتي تستخدم في حال البيانات الاسمية أو الترتيبية، كما تستخدم أيضا في حال العينات الصغيرة (أقل من 15) مهما كان مستوى القياس، وذكرنا بعض تلك الأساليب مثل اختبار مان ويتنى Mann-Whitney test، واختبار ولكوكسون Wilcoxon test، واختبار كروسكال واليس لتحليل التباين الأحادي Kruskal-Wallis one way ANOVA، واختبار فريدمان لتحليل التباين الثنائي Friedman Two way ANOVA، واختبار مربع كاي X^2 test.

ثم اختتمنا هذا الجزء بتفسير وشرح لمعاني نتائج دراسة الأنوفا على أى مجموعة من البيانات.

وفي الفصل الثامن عشر

وبعد أن نكون قد حددنا أكثر العوامل تأثيراً في العملية قيد الدراسة، لا يبقى إلا اختبار الفرضيات Test of Hypothesis، والذي من خلاله نستطيع تأكيد أو رفض النتائج والاستنتاجات التي توصلنا إليها، وفي هذا الفصل أيضا تعرضنا للأنواع المختلفة

للافتراضات، وأنواع الأخطاء المصاحبة لتلك العملية ، ثم بينت مجالات استخدام اختبار الافتراضات، وكيفية تحديد مناطق القبول والرفض، وشروط إجراء هذه العملية وخطوات تنفيذها، ثم اختتمت هذا الفصل بعدة أمثلة لتوضيح الفكرة.

وفى نهاية الكتاب قمت بإضافة ثلاثة ملاحق عن "الأيزو" و "رواد الجودة" و "جوائز الجودة"، كذلك قمت بإدراج بعض الجداول الإحصائية المفيدة، وأتبعتها بالفهرس الذى يمكن القارئ من البحث عن مصطلح محدد تم استخدامه فى الكتاب بسهولة ويسر، ثم ذلت ذلك كله بقائمة للمراجع والكتب العربية والإنجليزية التى استندت إليها فى جمع بعض المعلومات و استعنت بها فى تقديم المادة العلمية للكتاب.

وَأمل - وأدعوا الله- أن يساهم هذا الكتاب بمد المكتبة العربية بدفعة متواضعة، يجد القارئ فيها بعض ما يتطلع إليه لإثراء معرفته فى هذا المجال الحديث، خصوصاً وأن الكتاب يتضمن معلومات وموضوعات جديدة قد لا تكون فى غيره من المؤلفات العربية، وأتمنى أن يكون هذا الجهد الفردى المتواضع إضافة ولو يسيرة، للمكتبة المصرية والعربية وللقارئ العربي الكريم.

والله يقول الحق وهو يهدى السبيل

القاهرة يناير 2011

المؤلف

مهندس/ اسامة عبد العزيز الشنوانى

0202 22723039 / 012 7438220 / 011 3002161

الفصل الأول

منهجية التحسين، ماهيتها، فوائدها ومتطلباتها

Six Sigma Meaning, Benifits, and Requirements

1.1. مقدمة Introduction

منهجية التحسين Six Sigma هي إحدى الموضوعات التي ظهرت بقوة في منتصف التسعينات من القرن المنقضى ، وشغلت بال الكثيرين من الباحثين عن التميز والريادة، الراغبين في التفرد واعتلاء القمم في الأونة الأخيرة ، ولها تعريفات كثيرة منها:

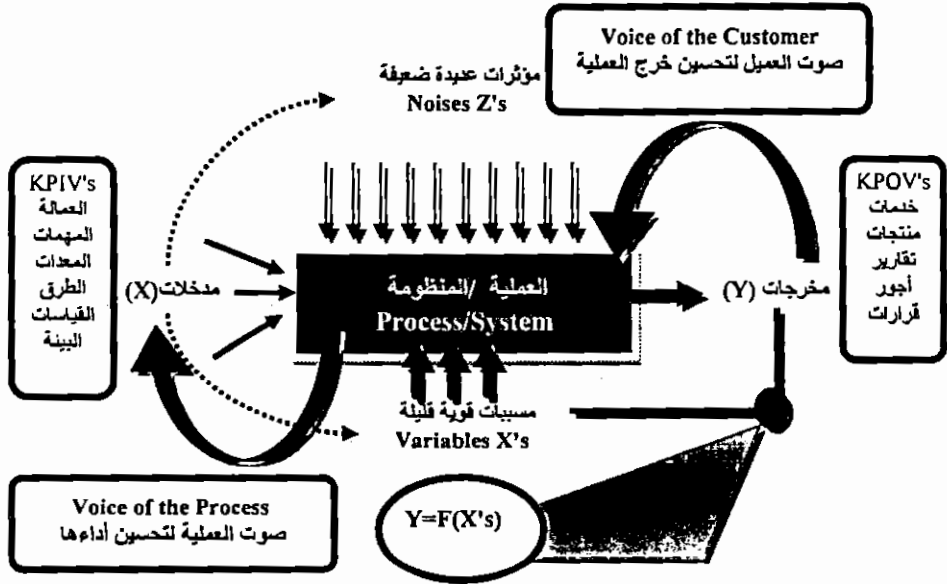
1. منهجية علمية للتحسين المستمر، يتم تطبيقها من خلال خمس مراحل محددة من العمل المنظم، في كل مرحلة يتم تنفيذ مجموعة من الأنشطة، هذه المراحل تبدأ بمرحلة تحديد المشكلة Define، وتليها مرحلة القياس Measure، ثم تليها مرحلة التحليل Analyze، ثم مرحلة التحسين Improve، وتنتهي بمرحلة المراقبة والتحكم Control، وتختصر تلك الخطوات الخمس في كلمة DMAIC وهي الحروف الأولى من الكلمات الانجليزية المعبرة عن هذه المراحل، إذن فهي منهجية محددة الهدف، مدعومة ومؤيدة بالبيانات والمعلومات، مبنية ومرتكزة على تحليل مطالب العملاء واحتياجاتهم الهامة، هدفها إرضاء العملاء من خلال تقليل العيوب ومحاولة تقايدها، وتقليل الأخطاء والعمل على تلافئها سواء في عمليات الإنتاج أو في مجال الخدمات.

2. منهجية التحسين Six Sigma هي سلة كبيرة لمجموعة متقدمة وفعالة من أدوات التحليل الكمي والكيفي، مثل الأدوات الإحصائية وأدوات الإدارة والأدوات التقليدية للجودة، تساهم في تحديد أسباب تدنى وهبوط الأداء إن وجد، وتؤدي إلى تحديد مسئولية هذا الانخفاض وهذا الهبوط، هل هو بسبب الإجراءات و العاملين التنفيذيين، أى ضوابط العملية Process control؟ أم أنه بسبب ضعف قدرة وإمكانات هذه العملية Process design and Capability؟ ولا تقف هذه المنهجية عند هذا الحد، بل تساهم في توليد الأفكار والاقتراحات للتغلب على هذه الأسباب، ومن ثم تحسين مستوى الأداء.

3. منهجية التحسين Six Sigma هي مقياس معاصر لتقويم مستوى أداء العمليات Processes في الشركات و المنظمات، تمكن من تحديد الفرق بين مستوى الأداء الحالي والمستوى المنشود (وهو المستوى فائق الجودة سته سيجما)، ومن ثم يضيئ السبيل لتوجيه الموارد في الإتجاهات الصحيحة، ويفتح الطريق لتقليل التكاليف وتعظيم العوائد، ويفسح المجال لتحقيق غايات وأهداف المنظمة.

4. منهجية التحسين Six Sigma فلسفة ترى أن أية عملية، سواء في عمليات الإنتاج أو في مجال الخدمات، هي في حقيقة الأمر عملية لها مدخلات هامة ومؤثرة Key Process Inputs Variables (KPIV's)، ومخرجات هامة وحيوية Key Process Outputs Variables (KPOV's)، وهذه المدخلات تؤثر تأثيراً متقوفاً على المخرجات، فإذا أردنا ضبط المخرجات فعلىنا البحث في ضبط المدخلات، و يظهر ذلك في شكل 1-1، كما يعبر عنه بالدالة الرياضية التالية :

$$Y = f(x_1 + x_2 + x_3 + ... + x_n)$$

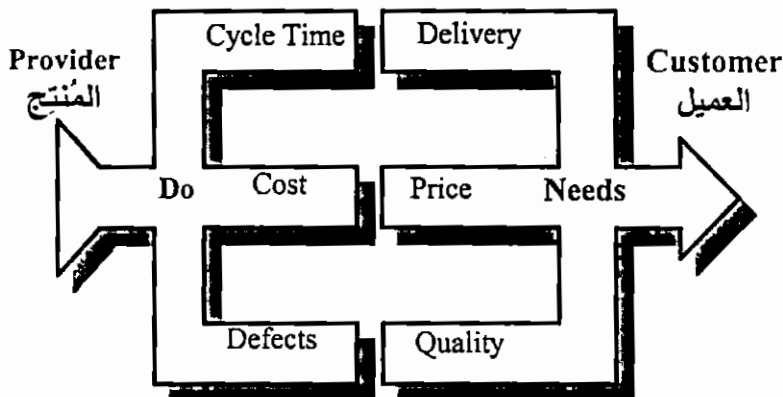


شكل رقم 1-1 نموذج العملية من وجهة نظر منهجية التحسين Six sigma "للمؤلف"

5. منهجية التحسين Six Sigma فلسفة ترى أن أية عملية مهما اختلفت مراحل تنفيذها، فإنها تستمر من خلال خطوات ثابتة ومتكررة وروتينية، وبالرغم من ذلك يحدث تباين في الأداء، وعلى ذلك يمكن الاستفادة من تحليل هذا التباين وتحديد أسبابه والتخلص منها، وكذلك التعلم من خبرة التكرار في تجنب الأخطاء، وبالتالي تطوير العمليات وتحسين الأداء والارتقاء به.

6. منهجية التحسين Six Sigma هي إحدى الإتجاهات الإدارية التي يمكن عن طريق تطبيقها تقييم وتقديم حاجات العملاء الأساسية، والعمل المستمر لتحقيق رغباتهم الحالية، والسعى دوماً لتلبية تطلعاتهم المستقبلية، كما يظهر في شكل 1-2 وهذه التطلعات (وإن اختلف مجال العمل) هي:

- زمن توريد منخفض Low Delivery Time عن طريق تقليل زمن معالجة العمليات Cycle Time.
- سعر منخفض Low Price عن طريق تقليل التكلفة Cost.
- جودة مرتفعة High Quality عن طريق تقليل العيوب Defects.



شكل رقم 2-1 دور المنتج في تلبية رغبات العميل

وفي هذا الإطار يشير "جاك وولش" وهو من رواد منهجية التحسين Six Sigma، إلى أن سماع صوت العميل والاستجابة لمتطلباته لهي أسمى درجات الجودة.

7. منهجية التحسين Six Sigma منهجية وفلسفة إدارية تقوم على مبدأ حازم يسعى إلى تركيز الجهد في بيئة عمل يتكاتف فيها الجميع، ويكرسون جهودهم لخفض مستوى المنتجات المعيبة (سواء في عمليات الإنتاج أو في مجال الخدمات) لقيمة 3.4 منتج معيب لكل مليون فرصة إنتاجية أو خدمية والحصول على منتجات وخدمات تقترب إلى حد كبير من أقصى درجات الجودة والإتقان وبأقل كلفة وفي وقت قياسي .

8. منهجية التحسين Six Sigma هي نوع من التحول داخل المنظمة، تحول نحو الكمال، تحول يتطلب دعم الإدارة العليا ويستلزم رغبة جميع العاملين في شتى الوظائف ومختلف مواقع العمل في إنجاحه، تحول ينقل أفراد المنظمة من التناثر إلى التضافر، ويجذبهم نحو التعاون والتكامل، تحول يزيد تواصلهم ويوحد أهدافهم، تحول ينقل المنظمة من العمل النمطي إلى العمل الخلاق، ويضمن لها البقاء والرقى والتطور والتفرد، تحول يوحد لغة العمل ويضبط إيقاع الأداء، ليتناغم مع احتياجات السوق ويلبي رغبات العملاء و تطلعاتهم، تحول يهيئ المناخ لأن تكون منهجية التحسين Six Sigma هي ثقافة المنظمة.

ومن كل التعريفات السابقة نجد أنها "منهجية، وفلسفة، ومقياس للجودة، ونظام إداري، ومجموعة من الأدوات، وحل ناجح، وفي النهاية هي بيئة عمل للإبداع والتطوير والابتكار المرتكز على تلبية تطلعات العملاء".

وتجدر الإشارة إلى أن آثار ونتائج منهجية التحسين Six Sigma لا تتأتى بالتمني أو بمجرد الحديث عنها، بل بجعلها طريقة لتأدية الأعمال وإنجازها، وذلك يتطلب فهما واضحا لأسسها قبل تطبيقها، ومن ثم اتباعها وتبنيها كأحد مناهج الإدارة الحديثة.

1.2. ما هي الجودة وأهم ركانزها Quality and its Pillars

إذا أردنا التحدث عن الجودة وحاولنا إيجاد مفهوم يعبر عن هذا المصطلح (بالرغم من الحديث المستمر عن الجودة وما قيل عنها وماكتب فيها) سنجد أنه يحتمل العديد من التعريفات والتوضيحات والأفكار ونورد فيما يلي بعض التعاريف الأكثر استخداما للجودة:

- قاموس أكسفورد الجودة على أنها الدرجة العالية من النوعية أو القيمة.
- ديمينج "التطابق مع الاحتياجات والمواصفات".
- جوران "ملائمة المنتج أو الخدمة للاحتياجات".
- جوران "الجودة عبارة عن تخفيض مستمر للخسائر وتحسين مستمر للعمل في جميع النشاطات".
- كروسبي "المطابقة مع المتطلبات الأساسية".
- كروسبي "قياس المستوى الحقيقي للخدمة المقدمة مع بذل الجهود اللازمة لتعديل مستوى الخدمة المقدمة وذلك بناء على نتائج عملية قياس مستوى تلك الخدمات".
- كروسبي "أنها الطريقة المنهجية المنظمة لضمان سير النشاطات التي خطط لها مسبقا وهي تعد الأسلوب الأمثل الذي يساعد في منع وتجنب حدوث المشكلات من خلال التشجيع على السلوكيات الجيدة والاستخدام الأمثل لأساليب التحكم".
- ايشيكاوا "إن الجودة تعني التخلص من العيوب، بمعنى أن معدل الأخطاء يجب أن يكون قليلا جدا سواء في تصميم المنتج أو الخدمة، أو في تقليل إعادة العمل الخاطئ، ونسبة معدلات التفويت".
- جابلونسكي "مظهر تعاوني لأداء عمل ما يعتمد على مواهب وقدرات العاملين في الميدان العملي والمجال الإداري في سبيل توفير تحسين جودة مستمر وإعداد فرق عمل ذات كفاءة إنتاجية عالية".

- تونكس " اشتراك والتزام الإدارة والموظف في ترشيد العمل عن طريق توفير ما يتوقعه العميل وما يفوق توقعاته".
 - أوكلاند " طريقة لتحسين مرونة وفعالية الأعمال بشكل عام ومن خلال هذه الطريقة يمكن تحسين التنظيم ومشاركة كل قسم وكل نشاط وكل فرد في جميع المستويات الإدارية المختلفة في المنشأة".
 - " إتمام الأعمال الصحيحة في الأوقات الصحيحة".
 - " أنها شيء ضروري لمستقبل الشركات والمنظمات وعنصر هام للبقاء والاستمرار في العمل".
 - الإلتقان في العمل.
 - الأداء الصحيح وبطريقة صحيحة منذ المرة الأولى.
 - "عمل الأشياء بطريقة صحيحة من المرة الأولى، وبطريقة أفضل في المرة التالية".
 - تحقيق أهداف وتوقعات المستفيدين.
- والجودة تحتاج إلى مجموعة متنوعة من المبادئ (القواعد الأساسية) والركائز المتعددة لتبقيها حية وفاعلة طوال الوقت، ولكي تؤدي إلى التحسين المستمر للأداء على المدى الطويل من خلال التركيز على العملاء وفهم احتياجات المستفيدين الآخرين ومن هذه المبادئ والركائز:

1- التركيز على العميل ورضاءه: Customer focus/Satisfaction:

وذلك بمعرفة متطلباته واحتياجاته الحقيقية الحالية والمستقبلية، و التركيز على فهم هذه المتطلبات وتلك الاحتياجات وتعريفها وتوضيحها، ومن ثم تلبيتها والوفاء بها ومحاولة تجاوزها (احتياجات وتوقعات العميل فيما يخص المنتجات والخدمات وموعد التسليم والأسعار والاعتمادية) ، حتى لو تطلب ذلك "تكسير" بعض الإجراءات التقليدية وتغييرها Process Improvement ، وربط أهداف المنشأة مع احتياجات وتوقعات العميل، واتباع أسلوب يضمن التوازن بين احتياجات وتوقعات العملاء والمستفيدين الآخرين (الملاك والموظفين والموردين والمجتمع)، وإعلام جميع المستويات في المنشأة بهذه الاحتياجات والتوقعات، وقياس مدى رضا العملاء والعمل وفقاً لنتائج ذلك القياس.

وهذا حتما سيؤدي إلى زيادة الأرباح والحصة السوقية نتيجة الاستجابة السريعة والمرنة لفرص السوق، وزيادة الفعاليات في استخدام موارد المنشأة لزيادة رضا العميل، وزيادة ولاء العميل مما يجعله يكرر الشراء.

وهنا لا بد أن ننوه بأن العميل إما أن يكون عميل داخلي Internal Customer وهو زميلك

في العمل الذي تقدم له الخدمة أو المعلومات أو البيانات التي يحتاجها لإتمام عمله، أو العميل الخارجي External Customer الذي تقدم له الخدمة أو المنتج، إذن هنا لا بد أن نقدم الخدمة المتميزة والصحيحة للعميل بالطريقة التي يرغب فيها وفي الوقت الذي يحدده هو، ولا يتم تقديم الخدمة أو المنتج الذي لا يلبي تطلعات العميل، أو في الوقت غير الملائم، إذ أن ذلك يؤدي دوماً إلى عدم رضا العميل وربما إلى فقده.

2- المبادرة في قيادة المؤسسة Leadership :

فالقيادة مسنولة عن تأسيس وحدة الهدف ورسم الاتجاه للمنشأة، وعليهم أن ينشئوا ويحافظوا على المناخ الداخلي المناسب للعاملين للمشاركة الفعالة في تحقيق أهداف المنشأة ولدفع المسيرة وتوجيهها لمكافأة وتشجيع المنجزين المتميزين، وتغيير سلوك غير المنجزين.

ولتحقيق ذلك يجب أن تكون القيادات " سباقية " و "قدوة"، في فهم المتغيرات الخارجية والاستجابة لها، واستيعاب احتياجات جميع المستفيدين بمن في ذلك العملاء والملاك والموردون والمجتمع المحلي والمجتمع بوجه عام، وإنشاء رؤية مستقبلية واضحة للمنشأة، وإنشاء القيم المشتركة وترسيخ مبدأ العدل ورسم النماذج الأخلاقية في جميع مستويات المنشأة والمحافظة عليها، وبناء الثقة وإزالة الخوف، ودعم العاملين بالموارد اللازمة والتوعية والتعليم والتدريب الكافي ومنحهم الحرية للتصرف بمسئولية، وتحفيز العاملين وتشجيعهم وبث روح الحماس فيهم وتقدير جهودهم الإيجابية، وتشجيع الاتصال المقترح والأمين، ورسم السياسات والأهداف الطموحة للمنشأة، وتطبيق الاستراتيجيات الكفيلة بتحقيق هذه السياسات وتلك الأهداف .

3- مشاركة العاملين Involvement of people :

العاملون في مختلف المستويات هم جوهر المنشأة، ومشاركتهم الكاملة تمكن من استخدام قدراتهم لصالح المنشأة. ويتحقق ذلك إذا قام العاملون بإدراك أهمية دورهم في المنشأة، وتحديد العقبات التي تحد من أدائهم، والقبول بمبدأ ملكية مشكلات العمل ومسئولية حل تلك المشكلات، والبحث بنشاط عن فرص تحسين وتطوير العمل، ومناقشة قضايا العمل بحرية وإيجابية، والبحث بنشاط عن فرص رفع مستوى كفاءتهم ومعلوماتهم وخبراتهم، ومشاركة المعلومات والخبرات بين الفرق والمجموعات، والتركيز على إيجاد وخلق منفعة Added Value للعملاء، ومقارنة أدائهم مع أهدافهم وطموحاتهم الشخصية، والإبداع والابتكار في مجال توسيع أهداف المنشأة، وتمثيل المنشأة على أفضل وجه أمام العملاء والمجتمع، والرضا عن العمل والحماس له والفخر بكونهم جزءاً من المنشأة، وشعور الموظفين بالمسئولية تجاه أعمالهم وأدائهم، والحماس للمشاركة في التحسين المستمر .

4- تبني منهج/ أسلوب العملية :Process approach

حيث تتحقق النتيجة المنشودة بكفاءة أكبر عندما تُدار الموارد والأنشطة ذات العلاقة كعملية، ويتحقق ذلك عن طريق: تحديد الأنشطة/العمليات اللازمة لتحقيق النتيجة المرغوبة، وقياس مدخلات ومخرجات العملية، وتحديد نقاط اتصال الأنشطة الرئيسية بين أعمال المنشأة، وتقييم الأخطار والنتائج والآثار المحتملة للعمليات على العملاء والموردين والمستفيدين الآخرين من العملية، وتحديد مسؤوليات وصلاحيات إدارة الأنشطة الرئيسية بوضوح، وتحديد العملاء الداخليين والخارجيين والموردين والمستفيدين الآخرين للعملية، ويجب عند تصميم العمليات أن يؤخذ في الاعتبار كل من الخطوات، الأنشطة، التسلسل، معايير الرقابة، احتياجات التدريب، الأجهزة، الطرق، المعلومات، المواد والموارد الأخرى من أجل تحقيق النتيجة المنشودة .

5- تبني منهج النظام في الإدارة :System approach to management

تحديد وفهم إدارة العمليات المرتبطة كنظام واحد يؤدي إلى تحسين فعالية وكفاءة المنشأة في تحقيق أهدافها (النظام System هو أكثر من عملية Process متداخلة لانجاز هدف محدد). ويتحقق ذلك عن طريق: تعريف النظام من خلال تحديد أو تطوير العمليات التي تؤثر على هدف معين، وتركيب النظام بحيث تحقق هدف المنشأة بكفاءة الطرق وأكثرها فعالية، وفهم الارتباطات بين العمليات ، والتحسين المستمر للنظام بواسطة المتابعة والقياس والتقييم، وفهم قدرات العاملين بالمنشأة وتحديد معوقات الموارد قبل البدء، وفهم الأدوار والمسؤوليات اللازمة للوصول الى أهداف مشتركة وتقليل الحواجز بين الأنشطة، والسعي لتكامل وانتظام العمليات مما يؤدي إلى أفضل نتيجة، و تركيز الجهود على العمليات الرئيسية، ودعم ثقة الأطراف ذات العلاقة في كفاءة وفعالية المنشأة.

6- التحسين المستمر :Continuous Improvement

يجب أن يكون التحسين المستمر للأداء العام هدفاً دائماً للمنشأة، ويتحقق ذلك بجعل التحسين المستمر للمنتجات والعمليات والأنظمة هدفاً لكل فرد في المنشأة، وتطبيق مفاهيم التحسين الأساسية كالتحسين التزايدى Kaizen والتحسين الاختراقي Breakthrough، واستخدام التقييم الدوري للمقارنة مع معايير التميز المعروفة Regular benchmarking لتحديد الجوانب التي يمكن تحسينها، والتحسين المستمر لكفاءة وفعالية جميع العمليات، ودعم أنشطة الوقائية Preventive measures، ووضع معايير وأهداف لإرشاد وضبط تحسين الأداء، و Key Performance Indicators، والتقدير والاعتراف بالتحسينات Recognition، وتعليم وتدريب كل فرد في المنشأة على أساليب وأدوات التحسين المستمر مثل: منهج دورة

PDCA ومنهج حل المشكلات سته سيجما Six Sigma وإعادة هندسة وإدارة العمليات
Process Re-engineering.

إن المؤسسات الناجحة تكون دوماً واعية ومتيقظة لما تقوم به من أعمال، وتكون كذلك مراقبة لطرق أداء تلك الأعمال، وتسعى دوماً إلى تطوير هذه الطرق وتحسينها والارتقاء بها، وهذه المؤسسات ترفع دائماً من مستوى فاعليتها وأدائها، وتشجع موظفيها دائماً على الابتكار والتجديد والإبداع.

7- المنهج الواقعي في صنع القرار Factual approach to decision making

تبنى القرارات الفعالة على تحليل البيانات والمعلومات و الحقائق، ويتحقق ذلك عن طريق أخذ القياسات وتجميع البيانات والمعلومات ذات العلاقة بالهدف، والتأكد من دقتها وصحتها وسهولة الوصول إليها، وتحليل البيانات والمعلومات بالأساليب والطرق الحديثة والصحيحة، والاعتماد على الحقائق والأرقام الإحصائية Factual thinking، وهذا يتطلب نظاماً لتسجيل هذه الأرقام ومن ثم عرضها على أساس إحصائي علمي، وإدراك أهمية استخدام التقنيات الإحصائية المناسبة، واتخاذ القرارات يبنى على نتائج التحليل المنطقي إضافة إلى الخبرة والحس، والقدرة على إثبات فعالية القرارات السابقة من خلال الرجوع إلى السجلات الحقائق، وزيادة القدرة على مراجعة وإثبات وتغيير الرؤى والقرارات .

8- علاقات المنفعة المتبادلة مع الموردين Mutually beneficial relationship

يعتمد كل من المنشأة والمورد على الآخر، وعلاقة المصلحة المتبادلة بينهما تزيد من قدرتهما على إيجاد الفائدة لكل منهما والمجتمع، ويتحقق ذلك عن طريق تحديد واختيار الموردين الرئيسيين، وإنشاء العلاقات معهم بحيث توازن بين المكاسب العاجلة والاعتبارات بعيدة المدى للمنشأة والمجتمع بوجه عام، وتأسيس أسلوب واضح ومفتوح للاتصالات، والتطوير والتحسين المشترك للمنتجات والعمليات، والمشاركة معاً في إنشاء وإيجاد فهم واضح لاحتياجات العملاء، وتبادل المعلومات والخبرات وبناء الخطط المستقبلية، وتقدير التحسينات والإنجازات المرجوة.

9- التفاعل الكامل Full Response:

وهذا يعني أن كل أفراد المؤسسة معنيون بالعمل الجماعي لتحقيق الجودة، فكل فرد في مكانه مسئول عما يقوم به من أعمال أو خدمات، وعليه أن ينجزها أو يقدمها بشكل يتصف بالجودة، وهذا يعني أن الجودة مسئولية كل فرد وليست مسئولية قسم أو إدارة أو مجموعة دون غيرها.

10- القياس والتقييم Measurement and Assessment:

وهذا يعني أنه بالإمكان قياس التقدم الذي تم إحرازه في مسيرة الجودة، فعندما يعرف العاملون أين هم من مشوار الجودة، فإنهم وبلا شك يتشجعون إلى المضي قدماً، وإتمام دورهم للوصول إلى ما يطمحون إليه وما يسعون إلى تحقيقه وما يرغبون في إنجازه .

11- المساعدة المنتظمة Regular Support:

وهي مطلبٌ أساسي وهام في دفع المؤسسة نحو الجودة، فينبغي على المؤسسة أن تضع أنظمة ولوائح وقوانين تصب في مجملها في بوتقة الجودة وفي دعم السبل لتحقيقها، ولعل التخطيط الاستراتيجي وإعداد الميزانيات والمراقبة والتنظيم وإدارة الأداء، من الأساليب المتعددة لتطوير وتشجيع ومساندة الجودة داخل المؤسسة .

12- الاعتماد على العمل كفريق واحد Team working أثناء تأدية العمل وتوسيع مفهوم التعاون من أجل النجاح الجماعي.

13- التوجه نحو الاتقان Drive For Perfection مع تحمل أخطاء العاملين أثناء تدريبهم وتطويرهم، وهذا كله يتطلب برنامجاً تطويرياً وتدريبياً مستمراً للعاملين في المؤسسة، وهذا يعني أيضاً تحسين مستوى الرضا لديهم Job satisfaction .

والحقيقة أن الجودة تدوم وتستمر وتتطور ما دامت المؤسسة تعتني بها، وتجعل منها دستوراً يحكم أنشطتها، وقاعدة ترتكز عليها كافة أعمالها، ومنهجاً يهدى خطاها لتحقيق أهدافها.

1.3. أبعاد الجودة Quality Dimensions

توضح التعريفات المختلفة للجودة أن للجودة أبعاداً كثيرة وعديدة، تمثل أوجهاً للمنتج لخصها جارفن Garven في ثمانية أبعاد، هي:

- 1- الأداء Performance: يقيم العملاء المنتج على أساس قدرته على أداء وظائف محددة مثل السرعة، والحجم ونحوها من الوظائف الأخرى.
- 2- الموثوقية Reliability: يعكس هذا البعد مدى قدرة المنتج على أداء الوظائف التي صمم للقيام بها لفترة معقولة من الزمن. فمثلاً يتوقع العميل عند شراء سيارة جديدة أن تعمل لفترة طويلة -سنتين إلى ثلاثة- دون حدوث أعطال كبيرة.
- 3- المتانة / القدرة على التحمل Durability: يعكس هذا البعد العمر الفعلي للمنتج، إذ ينظر العميل إلى المنتج من زاوية أدائه لفترة طويلة بمستوى يحظى برضائه.

- 4- قابلية الخدمة Serviceability : وهذا البعد يخص خدمات ما بعد البيع ، أى سرعة وكفاءة توافر خدمات الصيانة للمنتج ، فعلى سبيل المثال يميل العميل إلى شراء السيارة التى لها وكيل يوفر قطع الغيار والصيانة لفترة ما بعد البيع.
- 5- النواحي الجمالية Aesthetics : يهتم هذا البعد بمظهر وشكل السلعة من حيث اللون، والتغليف، والحجم، ونحوها من خصائص المظهر.
- 6- المزايا الإضافية Added Features : يشير هذا البعد الى خصائص إضافية تدعم الوظائف الأساسية للمنتج أو الخدمة .
- 7- الجودة المدركة Perceived Quality : ويقصد بهذا البعد سمعة الشركة ومنتجاتها وخدماتها، ففى احيان كثيرة يعتمد العميل فى تقييمه للجودة على السمعة، فمثلا يفضل العملاء شركة طيران محددة لأنها اشتهرت بانضباط مواعيدها وجودة خدماتها... الخ.
- 8- المطابقة للمعايير Conformance to Standards : يقصد بذلك أن المنتج قد تم تصنيعه طبقاً للمواصفات المحددة سلفاً .

ويلاحظ أن هذه الأبعاد جميعها يمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات كما صنفها نوريتاكي كينو Noritaki Kano فى نموذج المعروف بـ Kano Model والذى قسم فيه هذه الاحتياجات كما يلى:

احتياجات أساسية مفترضة Assumed Basic Needs: وهى الخصائص التى يفترض العميل أنها موجودة فى المنتج أو الخدمة بدون أن يطلبها، وإذا غابت بعض هذه الخصائص أو كلها عن المنتج أو الخدمة ، فإن ذلك يضايق العميل ويولد لديه إحساساً بعدم الرضى. فتقديم طبق من الشورى فى أحد المطاعم لابد أن يكون ساخناً بالقدر الطبيعى ، وهو مالا يطلبه العميل، ولكن إذا قدم هذا الطبق بارداً فإن ذلك يكون غير مقبول من العميل، ويخلق لديه إحساساً بالضيق، كذلك عند شراء سيارة مثلاً فمن الطبيعى أن يكون كرسى السائق قابلاً للحركة لضبط المسافة بينه وبين عجلة القيادة، فوجود هذه الميزة لايسعد العميل كثيراً، ولكن عدم وجودها يؤدى الى شعوره بعدم الرضا.

احتياجات محددة تؤدى الى الرضا Specified Satisfying Needs: وهى الخصائص التى قد يعرفها العميل ويفضل وجودها فى المنتج أو الخدمة إذا طلبها ، وإذا غابت بعض هذه الخصائص أو كلها عن المنتج أو الخدمة، فإن ذلك يضايق العميل ويولد لديه إحساساً بعدم الرضا . فتقديم طبق من الشورى ساخناً بالقدر الطبيعى ومزوداً بعدة نكهات ومكسبات طعم متنوعة تتيح للعميل الاختيار بينها يؤدى إلى إسعاد العميل وزيادة إحساسه بالرضا، وكذلك عند شراء سيارة يكون كرسى السائق قابلاً للحركة بواسطة مجموعة من الأزرار الكهربائية لضبط المسافة بينه وبين عجلة القيادة ولضبط ارتفاعه والتحكم فى درجة

حرارته ودرجة ميله ، فإن ذلك أيضا يؤدي إلى إسعاد العميل وزيادة إحساسه بالرضا. وهذا النوع من العوامل إذا لم يجده العميل فإنه سيبحث عن المنافسين الذين ينتجون هذا المنتج أو يقدمون تلك الخدمة.

احتياجات تؤدي إلى الإغباط **Expected Delighting Needs**: وهي الخصائص التي لا يعرفها العميل ولا يعرف أهميتها – وليس من المفترض أو بالضرورة أن يعرفها- ولكنه يغبط ويسعد ويسر إذا علم بوجودها في المنتج الذي يشتريه أو الخدمة التي يتلقاها، وإذا غابت أو اختفت بعض هذه الخصائص أو كلها عن المنتج أو الخدمة فإن ذلك لا يضايق العميل .

فتقديم طبق من الشوربة ساخنا بالقدر الطبيعي ومزودا بعدة نكهات ومكسبات طعم متنوعة وسضافا إليه بعض الفيتامينات ومقدرا بسرعات حرارية محددة يؤدي إلى شعور العميل بأنه في بؤرة الاهتمام والتقدير مما يغبطه ويزيد من سروره وهو ما يتعدى حالة الرضا، وإذا غابت خاصية إضافة الفيتامينات أو تقدير السرعات الحرارية فإن ذلك لن يضايق العميل.

كذلك عند شراء سيارة يكون كرسى السائق فيها قابلا للحركة بواسطة مجموعة من الأزرار الكهربائية لضبط المسافة بينه وبين عجلة القيادة ولضبط ارتفاعه والتحكم في درجة حرارته ودرجة ميله ، ويكون أيضا مزودا بوسادات هوائية تحمي السائق من خطر الإصابة في حالة وقوع حوادث ، فإن ذلك يزيد من حالة رضا العميل ويجعله يشعر بالزهو والفخر عند اقتناءه لذلك المنتج أو تلقيه لتلك الخدمة .

وخلاصة القول أنه على كل من المنتج أو مقدم الخدمة أن يبحث عما يهتم به العميل ويجعله جزءا لا يتجزأ من منتجه أو خدمته، وأن يفتش عما يرضى عميله ويزيد فيه ، وأن يتقصى عما يسعد ويبهج عميله ويحاول تحقيقه.

إن كلمة السر في الاستحواذ على قلوب العملاء والسيطرة على عقولهم وكسب ولائهم هي "الوفاء بالأساسيات والاحتياجات، وتلبية الرغبات، وتحقيق الأمنيات والتطلعات"

والجدول (1-1) التالي يوضح أمثلة لما تم شرحه في الصفحات السابقة

جدول رقم 1- 1 مقارنة بين الاحتياجات الأساسية /التي ترضى العميل/ التي تغطي العميل

Delighting Needs احتياجات تغطي العميل	Satisfying Needs احتياجات ترضى العميل	Basic Needs احتياجات أساسية
تقديم فنجان من القهوة الساخنة بوجه و باضافات ومكسبات طعم بسمرات حرارية حسب الطلب.	تقديم فنجان من القهوة الساخنة بوجه و باضافات ومكسبات طعم ورائحة	تقديم فنجان من القهوة الساخنة وبوجه
تقديم خدمة الصيانة للأجهزة الكهربائية بأماكن تواجدها (المنزل- المصنع- المكتب....) عن طريق فرق مدربة وذات كفاءة عالية في كافة عمليات الإصلاح.	تقديم خدمة الصيانة للأجهزة الكهربية بمقر شركة الصيانة، على أن تقوم شركة الصيانة بنقل للأجهزة من/إلى المنزل بمعرفتها وعلى نفقتها.	تقديم خدمة الصيانة للأجهزة الكهربائية بمقر شركة الصيانة.
بيع سيارة بمواصفات تقليدية مضافا إليها الكماليات (تكييف-باور- إم بي بلير وستريوزجاج كهربى- فوانيس شبورة - مثبت سرعة- مراقب سرعة- وسائل عرض حالة الأجهزة والملحقات- ...الخ)، ومزودة بوسائل الحماية التى تؤمن الركاب (الوسائد الهوائية- نظام الفرامل ذو التوزيع المنتظم - مانع الانزلاق- وسائل الاتزان الديناميكية- الخ)، ومضمونة ضد عيوب الصناعة لعند كبير من الكيلومترات أو لفترة زمنية طويلة.	بيع سيارة بمواصفات تقليدية مضافا إليها الكماليات (تكييف- باوركاسيت وستريوزجاج كهربى-فوانيس شبورة)، ومضمونة ضد عيوب الصناعة لعند محدد من الكيلومترات.	بيع سيارة بمواصفات تقليدية بدون الكماليات.
تشغيل العامل بالانتاج الكيفى مقابل الاجر مع دفع الضرائب وضمان التأمين الاجتماعى، وتقديم العلاج الشخصى (بدون حد أقصى للعامل) والاسرى والتدريب والرحلات وتقديم الحوافز المادية والمعنوية للعامل واسرته.	تشغيل العامل بالانتاج مقابل الاجر مع دفع الضرائب وضمان التأمين الاجتماعى، وتقديم العلاج الشخصى (فى حدود معينة) والتدريب والرحلات.	تشغيل العامل بالانتاج مقابل الاجر مع ضمان التأمين الاجتماعى.

وإضافة إلى ما الثمانية أبعاد التى أدرجها جارفن Garven نذكر بعض الأبعاد الخاصة
بالمجال الخدمى وبخاصة المجال الصحى:

1. فعالية الرعاية Effectiveness of care .
2. كفاءة تقديم الخدمة Efficiency of Service Delivery .

3. المقدرة التقنية Technical Competence.
4. استمرارية تقديم الخدمات Continuity of Services.
5. السلامة Safety .
6. سهولة الوصول للخدمات Accessibility.
7. العلاقات بين الأفراد Interpersonal relation .
8. الملاءمة Appropriateness.
9. التوقيت المناسب Timeliness.
10. الخيار Choice.
11. البنية التحتية الفيزيائية ووسائل الراحة Physical Infrastructure & Comfort
12. المساواة Equity.
13. التركيز على العميل Client-centered .

1.4. بعض مزايا عيوب إدارة الجودة Pros and Cons of Quality management

بعض مزايا إدارة الجودة:

- 1- أنها تحسن كثيرا من جودة المنتج أو الخدمة النهائية.
- 2- أنها تؤدي إلى خفض الموارد المهدرة.
- 3- أنها تحدث طفرة إنتاجية حيث يستخدم العاملون الوقت على نحو أكثر كفاءة.
- 4- أنها تقود إلى التنافس الشريف في السوق لتحسين المنتجات والخدمات، إذ لا بد من أن يكون هناك زيادة في السوق تؤدي إلى ميزة التنافس.
- 5- أنها تحقق للقوى العاملة مزيدا من الدعم والدفع ليدرك العاملون إمكانياتهم.

بعض عيوب إدارة الجودة:

- 1- تسيطر على الكثير من وقت الإدارة والعاملين.
- 2- لن تفيد إلا إذا كانت المنشأة تسير في الاتجاه الصحيح ، فهي ليست أداة لتحويل اتجاه المنشأة.
- 3- لا تثمر نتائج سريعة فهي تستغرق سنوات وهي في الحقيقة عملية لا تنتهي بل مستمرة.
- 4- يمكن أن تؤدي إلى اهتمام زائد عن الحد إلى احتياجات العميل النهائي، واهتمام غير كافي باحتياجات العاملين.
- 5- يمكن أن تسبب اضطراب في مختلف مراحل التنفيذ إذ أنها تدعو إلى التغيير في كثير من الأحيان، فلا بد من معالجة الأمر بعناية.

1.5. تاريخ نظم الجودة و منهجية التحسين Six Sigma and Quality History

يرجع تاريخ أبجديات الجودة إلى الفراعنة، ولعل أهرامات الجيزة خير دليل على ذلك، فقد قاومت الزمن لإتقان صنعتها ودقة بنائها المحكم، أما نظم الجودة فقد بدأت بصورة واضحة في أوروبا مع بداية للقرن الثامن عشر الميلادي، وبخاصة في إنجلترا، فنجد أنه كانت تتم عملية مراقبة الجودة عن طريق العامل، ولقد كانت جودة المنتج في ذلك الوقت تعتمد بشكل رئيسي على المهارة الفردية للحرفي / الصانع والذي كان مسئولاً وحده (أو بالتعاون مع مجموعة صغيرة من العمال) عن تطوير المنتج خلال جميع مراحل إنتاجه.

ثم نسقت هذه المجموعات جهودها وقامت بوضع معايير بسيطة للتفتيش على المنتج النهائي فيما بينها للالتزام بها قبل طرح أى منتج في السوق، ثم تطور الأمر بوضع علامات وأختام تشير إلى جودة المنتج الذي يحمل هذا الختم أو تلك العلامة.

ومع بداية القرن العشرين بدأ ظهور مجموعات الحرفيين Craftsmen، حيث يقوم عدد كبير نسبياً من الأفراد بنفس العمل، ويتم تجميعهم فى مجموعات ليتم توجيههم ومراقبة إنتاجهم عن طريق كبير العمال أو المشرف أو الملاحظ، وخلال تلك المرحلة نجد أنه كانت تتم عملية مراقبة الجودة عن طريق ملاحظ الجودة الذى يتولى مسؤولية الجودة فى إنتاج تلك المجموعة .

ومع مرور الوقت انتقل هذا النظام إلى الولايات المتحدة الأمريكية، وتطور من مجموعات الحرفيين إلى نظام الورش Workshops، ثم ما لبث أن تحول إلى نظام المصانع Factories حيث شهدت تلك الحقبة ظهور الصناعة الحديثة، ويرجع الفضل فى ظهور نظام المصانع إلى العالم تيلور " Taylor " الذى تبنى فكرة تحديد مسئوليات العامل، بحيث تقسم مراحل الإنتاج على العاملين فى المصنع، وذلك بهدف تركيز طاقات ومهارات العامل فى إطار معين، ولضمان جودة المنتجات لجأت هذه المصانع إلى التفتيش على المنتج النهائي أى فى نهاية خط الإنتاج، واستمر الحال على ذلك فترة طويلة، وأدى ذلك إلى تقليل العيوب فى المنتجات النهائية، ولكن لم يمنع ظهورها من أن لآخر، وكانت هذه المنتجات المعيبة تُعالج بإعادة إدخالها فى خطوط الإنتاج مرة أخرى وإصلاح عيوبها.

ومع تقدم نظم الجودة اتضح أن مفهوم إصلاح العيوب مكلف، و هذا المفهوم يطلق عليه البعض مفهوم مكافحة الحريق Fire Fighting، أى محاولة الإطفاء بعد اندلاع الحريق، وهو يشير إلى قصور وإخفاق فى إدارة الأخطاء والتحكم فى الأخطار، ويجب أن يحل محله مفهوم منع حدوث العيوب، وهو مفهوم يطلق عليه البعض مفهوم منع اندلاع الحريق Fire Prevention، أى منع حدوثه من الأساس قبل أن يحدث، وهو يشير إلى القوة

والمهارة في إدارة الأخطاء والأخطار، فلبات هذه المصانع إلى إجراء التفتيش في نهاية المراحل الحرجة أثناء عمليات الإنتاج بدلاً من أن يتم التفتيش فقط في نهاية العمليات، وأدى ذلك إلى تحسن ملحوظ في جودة المنتج النهائي، و إلى تقليل ظهور العيوب فيه، وبالرغم من ذلك لم يتم القضاء على العيوب إلى الحد المنشود، ثم ما لبث أن قدم العالم شيوارت "Shewart" في بداية العشرينات مبدأ " التحكم في أداء العمليات الإنتاجية بالطرق الإحصائية Statistical Process Control SPC، وكان ذلك بداية تطور مفهوم ضبط الجودة Quality Control بشكل جوهري، ليضم جهود الإدارة العليا جنباً إلى جنب إلى جهود العمال والتنفيذيين في تطوير وتحسين المنتج، وخلال هذه الفترة أيضاً (بالتحديد عام 1924) قام العالم شيوارت بتطوير النموذج الأروع لتحسين العملية الإنتاجية بشكل مستمر أطلق على هذا النموذج " دائرة شوارت" أو دائرة PDCA ، والتي تتكون من أربع أجزاء وهي التخطيط Plane والفعل Do ، الفحص Check وأخيراً التصرف Act (الجدير بالذكر أن هذا النموذج كان أساساً قوياً من الأسس التي بنيت عليه منهجية التحسين المستمر Six sigma كما سنرى فيما بعد).

وخلال الحرب العالمية الأولى أصبح نظام التصنيع أكثر تعقيداً، وظهرت في الصورة وظيفة المفتش لتبدأ الخطوة التالية في التطور، وقد تمت تلك الخطوة من خلال منظمات الفتحش الكبرى في الفترة من 1920 حتى 1930 منفصلة عن الانتاج، أو من الكبر بحيث تكون برئاسة مدير متخصص من داخل الشركة.

وفي منتصف الثلاثينيات وحتى منتصف الأربعينات ، قام العالمان الأمريكيان ديمينج Edwads Deming و جوران Josef Guran بإلقاء العديد من المحاضرات التي ناديا فيها بأفكار تطوير أساليب الإدارة في مختلف أوجه نشاطها، وتحدثا عن طرق تحسين الجودة بوضوح وسلاسة، إلا أن استجابة قادة الصناعة في الولايات المتحدة الأمريكية لهذه الأفكار لم تكن على المستوى المطلوب، ولم تلق تلك الدعوات رواجاً في تلك الفترة.

وفي منتصف الأربعينات من القرن العشرين، وبعد أن دخلت الولايات المتحدة الأمريكية الحرب العالمية الثانية، أصبح تجويد عمليات الإنتاج ضرورة ملحة وأمر ملزم وحتمي، ففي الوقت الذي تصنع فيه المقذوفات والطلاقات في إحدى الولايات، يتم تصنيع البنادق والقاذفات والمدافع في ولاية أخرى، وهذا يتطلب قدراً كبيراً من الانسجام والتوافق بين المنتجات وهو ما تضمنه الجودة، وفي البداية ولضمان تكامل المنتجات، كانت القوات المسلحة الأمريكية تقوم بفحص شامل، بمعايير صارمة لجميع المنتجات النهائية التي كانت تصنع في ذلك الوقت، وتحت وطأة الحرب ومع الرغبة الشديدة في زيادة سرعة عمليات الفحص والتفتيش

والفرز، مع عدم الإخلال بمستوى الجودة، فقد لجأت القوات المسلحة الأمريكية إلى عمليات أخذ العينات Sampling بدلاً من التفتيش بنسبة 100%، واستخدام الطرق الإحصائية في مراقبة الجودة، مما أدى إلى ازدهار تقنيات الفحص والتفتيش والمراقبة، وما صاحب ذلك من جهود إصدار المواصفات القياسية العسكرية الموحدة في تلك الفترة. وتم اشتراط بعض الوثائق المتعلقة بهذا المجال على الشركات التي تتعامل مع وزارة الدفاع من دول حلف الناتو؛ ثم انتقل تطبيق هذا المفهوم إلى صناعات السيارات والإلكترونيات والصناعات الفضائية بعد أن ظهرت فوائد تطبيق هذه الوثائق التي تضمن جودة المنتجات، وتعتبر تلك المرحلة امتداداً لمرحلة التفتيش وأدت إلى خلق جيل من وحدات التفتيش أكثر كفاءة.

في نهاية الأربعينات وبداية الخمسينات من القرن المنقضى، قام العالم الأمريكي إدوارد ديمينج Edwrad Deming في عام 1947 بزيارة لليابان باعتباره مستشاراً لإدارة الحرب الأمريكية، ثم عاد إليها في أعوام 1950، 1951، 1952، 1955، 1956 بعد الحرب العالمية الثانية بناءً على طلب الحكومة اليابانية وبدعوات من رجال الأعمال ورواد الصناعة اليابانيين للتعرف على أفكاره وآراءه، وقام بإلقاء العديد من المحاضرات وتقديم الاستشارات التي أسهمت في تطوير أساليب الإدارة في مختلف أوجه نشاطها، وأدت إلى تحقيق التفوق الذي حظيت به الصناعة اليابانية.

في تلك الفترة لم يكن ديمينج المستشار الأمريكي الوحيد الذي ذهب إلى اليابان لتعليمهم كيف يحسنون قاعدتهم الصناعية، ولم يكن ديمينج هو الوحيد الذي تلقى من إمبراطور اليابان "النيشان المقدس من الطبقة الثانية" الذي يطلقون عليه "Scared Treasure"، بل شارك دكتور ديمينج هذا الشرف عالم أمريكي آخر هو دكتور جوزيف م جوران Dr. Joseph M. Juran، فلقد ذهب جوران إلى اليابان عدة مرات عقب زيارة ديمينج لها، وقام بمثل ما قام به ديمينج من حيث إلقاء المحاضرات وإعطاء الاستشارات.

في الخمسينات وبعد أن تقبل قادة الصناعة في اليابان أفكار العالمين الأمريكيين جوزيف جوران Joseph Juran وإدوارد ديمينج Edwrad Deming، تبنت معظم الشركات والمؤسسات اليابانية بسرعة كبيرة مبادئ ديمينج لإدارة الجودة، والتي ركزت على تحسين الهياكل الإنتاجية، والاهتمام بالقائمين والمشرفين على عمليات الإنتاج، بدلاً من التركيز على عمليات الفحص والتفتيش فقط، وذلك في إشارة صريحة إلى الاهتمام بمنع حدوث الخطأ بدلاً من تصحيحه بعد حدوثه، مما أدى إلى قفزة نوعية في الصناعة اليابانية أذهلت الجميع، وجعلت من اليابانيين نموذجاً يحتذى به في الجودة والتطوير والإبداع.

فى نفس الفترة الزمنية، ومع انحسار آثار الحرب العالمية الثانية، وفى بداية الخمسينات من القرن العشرين ابتكر العالم اليابانى كاورو إيشيكاوا فكرة "دوائر الجودة Quality Circles" أو كما كان يطلق عليها فى بعض الأحيان "دوائر رقابة الجودة"، وظل العمل بها لمدة تربو على العشر سنوات إختياريا داخل الشركات اليابانية، ثم بدأت فى الانتشار رسميا كأحد متطلبات اتحاد الصناعات اليابانية عام 1962م، وكانت هذه الدوائر تهدف إلى إجتماع عدد من العاملين طوعا ً يترأوح عددهم من 4- 8 عاملين بصفة أسبوعية لمناقشة كيفية تحسين طرق العمل ومكان العمل وسبل التوصل إلى الأداء المميز، وحصر المشكلات الواردة للجودة ومناقشتها وطرح أفضل الحلول للتغلب عليها، ولقد كان لظهور دوائر الجودة فى نفس الفترة التى نادى فيها ديمنج وجوران بأفكار تحسين الهياكل الإنتاجية، والاهتمام بالقائمين والمشرفين على عمليات الإنتاج بدلا ً من التركيز على عمليات الفحص والتفتيش، وظهور أفكار العالم الأمريكى فايجنباوم (متأثرا ً بالمفهوم اليابانى) التى نشرها عام 1961م فى كتاب مراقبة الجودة الشاملة Total Quality Control أبلغ الأثر فى بلورة مفهوم الجودة الشاملة.

وفى منتصف الستينات وبداية السبعينات من القرن العشرين قويت الصناعة اليابانية وازدادت تألقا ً، وحمل وطيس المنافسة بينها وبين الصناعة الأمريكية، وبدأت المؤسسات الأمريكية بالنقل والتقليد عن مثيلاتها اليابانية، فبدأت تطبيق فكرة هذه الدوائر فى الصناعة الأمريكية ، ولقد حققت نجاحا ً ملموسا ً فى البداية وتوقع لها الكثير استمرارية النجاح ولكن لم تحقق النجاح المتوقع كما حدث فى اليابان حيث سرعان ما بدأت الأضواء تتحول عنها، حتى اختفت فى أواخر الثمانينات.

ومع بداية عام 1980م ارتفعت أعداد هذه الدوائر ارتفاعا ً كبيرا ً حيث وصل إلى أكثر من 100000 دائرة تقوم بممارسة عملها فى الشركات اليابانية وحققت خلالها الصناعة اليابانية نجاحا ً مرموقا ً على كافة السلع وحققت انتشارا ً غير مسبوق ، وبدأت المؤسسات الأمريكية بالنقل والتقليد عن مثيلاتها اليابانية، وأعادت النظر فى الاهتمام بعملية الإنتاج وما يتعلق بها من خدمات داخل الشركة، مثل الجهات المعاونة والشئون الإدارية والمالية والمهمات والمخازن و النقل والتعبئة والموردين والمواد الخام وقطع الغيار والخدمات و..... ولقد أدى هذا السباق المحموم إلى ظهور مفهوم نظم إدارة الجودة الشاملة Total Quality Management Systems "TOMS"، والذي يهتم بتطبيق مفهوم الجودة فى كافة القطاعات التى لها دخل مباشر أو غير مباشر بعملية الإنتاج، وفى نهاية الثمانينات صار تطبيق نظم إدارة الجودة الشاملة TQMS فى كافة المنظمات الإنتاجية والصناعية

Production and Manufacturing الراغبة في التطوير مطلباً عالمياً، و ضرورة لا غنى عنها، ومعياراً لمدى الاهتمام بالتجويد والتحسين، وأساساً لاستمرار هذه الشركات في نموها والحفاظ على أصولها واستثماراتها.

وفي السنوات العشرين الأخيرة من القرن الماضي أى حتى عام 2000م ، وفى ظل الاهتمام العالمي بالجودة اتجهت جهود المنظمات والشركات إلى مد وتوسيع تطبيق مفهوم فلسفة الجودة الشاملة TQM على العمليات الخدمية Services مثل الصحة والتعليم والاتصالات وقطاعات الخدمات الحكومية إلى جانب العمليات الإنتاجية والتصنيع Production and Manufacturing.

وفى منتصف الثمانينات واستمراراً لجهود التحسين، فقد تبنى رواد التطوير محاولة لتحويل الجودة الشاملة TQM من فلسفة إلى منهجية للتحسين، ففى شركة موتورولا Motorola قام المهندس بيل سميث Bill Smith والملقب بأبو الستة سيجمما Father of Six Sigma وبمساعدة السيد مايكل هارى Mikel Harry والملقب بأبو الإحصاء الصناعى Father of statistics وتحت رعاية رئيس مجلس الإدارة السيد بوب جالفين Bob Galvin بتبنى وتنفيذ فكرة جديدة ومفهوما حديثاً يقضى بأنه فى ظل التقدم التكنولوجى الذى أدى إلى زيادة تعدد المنتجات (وخاصة الأجهزة الإلكترونية التى يزد فيها عدد المكونات الداخلية إلى مئات الأجزاء مثل التليفزيونات والتليفونات وأجهزة الراديو ، و.....) التى بدأت فى الانتشار حينئذ) فإن معايير الجودة التى كانت مستخدمة فى ذلك الوقت (وهى ثلاثة سيجمما three sigma) لم تعد كافية لمجابهة توقعات العملاء، وتوفير منتجات خالية من العيوب بالقدر المنشود، وأنه لابد من استخدام معيار جديد لقياس مستوى الجودة وهو ستة سيجمما Six Sigma والإعتماد بشكل أكبر على الأساليب الإحصائية لتتبع مصادر الانحرافات وقياسها إحصائياً ، ثم رصد وبحث أسباب هذه الانحرافات، ومن ثم محاولة تلافيها والتغلب عليها ومنع تكرارها، ولقد ظلت هذه الأفكار سراً من أسرار تفوق موتورولا فى تلك الفترة لمدة تزيد على الخمس سنوات (ومن هنا أطلق تعبير أن منهجية التحسين صنعت فى موتورولا Six Sigma invented in Motorola) ، مما أيقظ روح المنافسة ودعا العديد من الشركات الأمريكية الكبرى مثل كاتربيلر Caterpillar واللايد سيجنال Allied Signal وتكساس انسترومنت Texas Instrument إلى دراسة عوامل هذا النجاح واتباع هذه الأساليب الإحصائية فى إدارة أعمالهم، غير أن النتائج التى تم إحرازها لم تكن بالقدر الذى حدث فى موتورولا، أما فى شركة جنيرال إلكتريك General Electric وفى عهد رئيس مجلس إدارتها السيد جاك وولش Jack Welch فلم يحدث إحراز النجاح الباهر فقط

(والذي أدى إلى أن تصبح جنيرال إلكتريك الشركة رقم واحد في التصنيف العالمي لأفضل خمسمائة شركة على المستوى العالمي في ذلك الوقت)، بل تعدى الأمر إلى تحويل هذه الأفكار والتوجهات إلى منهجية منظمة تتكون من خمس مراحل، أطلق عليها جاك وولش الإختصار DMAIC (ومن هنا أطلق تعبير أن منهجية التحسين أتقنت في جنيرال إلكتريك Six Sigma perfected in General Electric)، ومنذ ذلك التاريخ إرتبط هذا الإختصار بتلك المنهجية، فقلما سمعت Six Sigma إلا وسمعت DMAIC مقترنا بها.

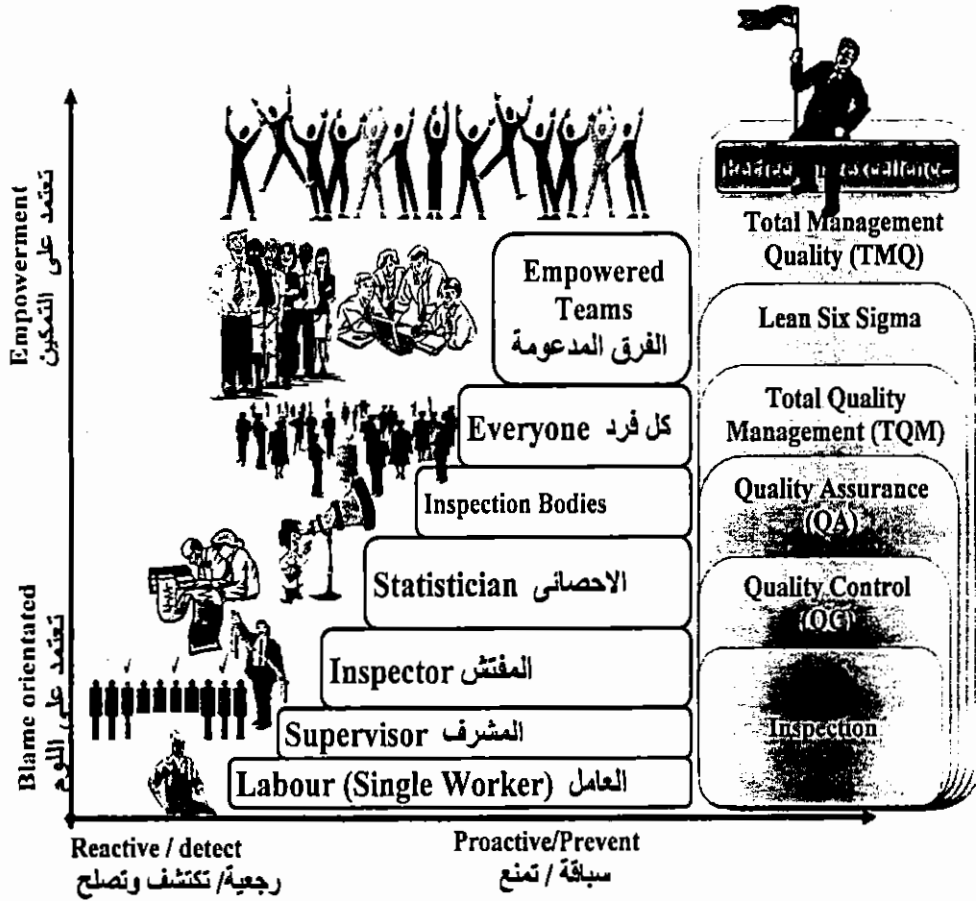
ثم تلى ذلك محاولات جادة للمزج والتوفيق بين منهجية التحسين Six Sigma وبين أدوات تهذيب وترشيد العمليات Lean Tools، والتي وضع أسسها وأرسى قواعدها نخبة من المهندسين الموهوبين في شركة تويوتا، وهي تمثل مجموعة من الأدوات والتقنيات التي تهدف إلى القضاء على مصادر الإهدار السبعة Seven Waste Sources "DOTWIMP" (يرجى مراجعة موضوع برنامج التطوير كايزن Kaizen Improvement principle في الفصل التاسع من هذا الكتاب)، فظهرت الفلسفة والمنهجية الأكثر شمولاً وهي منهجية التطوير Lean Six Sigma.

ولم تقف جهود التطوير عند هذا الحد بل ظلت ولا تزال مستمرة ، و أعادت اكتشاف الأدوات التقليدية للجودة ووسعت استخداماتها ، وأضافت إليها الكثير من الأدوات الإحصائية والإدارية العديدة، وطوعت كل هذه الأدوات لخدمة أهداف الجودة بصورة أفضل

وعموماً فإنه يمكننا تتبع تطور مفهوم نظم الجودة بعد سنوات الحرب العالمية الأولى، حيث شهد هذا المفهوم عدة مراحل هي كما يلي:-

- مرحلة الفحص والتفتيش Inspection (1930-1940): وتشمل فصل المنتجات المعيبة عن المنتجات المقبولة، بحيث لا تزيد نسبة المنتجات المعيبة عن 15% من إجمالي المنتجات.
- مرحلة مراقبة وضبط الجودة Quality Control (1940-1970): وتشمل العمليات الفنية والأنشطة اللازمة لتنفيذ متطلبات الجودة ، وتتضمن مراقبة خطوات التصنيع وفحص المنتجات وتحديد الأداء الغير مرضى في المراحل المختلفة لعزله ، مما ساعد على كشف الأخطاء مبكراً، لكن ذلك لم يمنع من تكرار حدوثها.
- مرحلة توكيد الجودة Quality Assurance (1970-1985): وتهتم بتجهيز وتخطيط جميع الأعمال منطقياً لتوفير الثقة المناسبة بأن المنتج / الخدمة سيغطي متطلبات الجودة ويلبي متطلبات العميل.
- مرحلة إدارة الجودة Quality Management (1985 - حتى الآن): وتشمل التخطيط الاستراتيجي وتخصيص الموارد و التأكد من أن متطلبات العميل يتم تحقيقها

- بصورة كاملة وبطرق تتناغم مع أهداف الشركة.
- مرحلة منهجية التطوير Lean Six Sigma (1995 حتى الآن): وتهتم بتحفيز كل العاملين في الشركات باتباع الأسلوب العلمي المنظم المعتمد على البيانات والحقائق لدعم اتخاذ القرار ومعالجة القضايا وحل المشكلات.
- والشكل (1-3) التالي يوضح تلك المراحل ومنه يتضح لنا أن منهجية التطوير والتحسين تعد الجيل السابع من أجيال الجودة:



شكل رقم 1-3 المراحل المختلفة لتطور نظم الجودة

1.6 ضبط الجودة و تأكيد الجودة Quality Control & Assurance

تُعرف ضبط الجودة Quality Control بأنها مجموعة الأنشطة و الجهود التي تبذل لتحقيق المستويات القياسية للجودة، و ليس المقصود من ضبط الجودة انتاج سلعة خالية من كافة العيوب، بل وفائها بمتطلبات و رغبات العميل و توصيلها إليه وهي بدرجة الجودة المطلوبة حتى تؤدي وظيفتها على الوجه الأكمل.

و ضبط الجودة جزء من إدارة الجودة يركز على تحقيق متطلبات معينة للجودة (مواصفات قياسية) و متابعة تحقيقها و التدخل لإصلاح أي انحراف و حدوث عيوب في المنتج، وهي تعتمد على القياس و الفحص لمواصفات المنتج / الخدمة و متابعة الأداء.

ولكى يتم ضبط الجودة يجب القيام بعدة خطوات منها:

- تحديد مستوى الجودة المطلوب لكل منتج/خدمة : وهذا من خلال أبحاث السوق وتصميم المنتج ووضع المواصفات.
 - تحديد المواد اللازمة (عمالة- أدوات- طرق قياس) لمراقبة جودة المنتج.
 - تحديد أساليب الفحص اللازمة لكل منتج في مراحل إنتاجه المختلفة، وتحديد الطرق والأساليب الإحصائية اللازمة لمراقبة جودة المنتج.
 - قياس وتسجيل بيانات الجودة.
 - متابعة تقييم المطابقة بين المنتج و المواصفات : وهذا عن طريق أخذ عينات منتظمة من خط الإنتاج أو مكان تقديم الخدمة ثم إجراء عمليات قياس على خصائصها، ومقارنة النتائج مع مثيلاتها المحددة في المواصفات و تحديد قيم الاختلافات الموجودة بينهما.
 - تقييم و تحليل الأسباب المؤدية الى هذه الاختلافات و اتخاذ الإجراءات التصحيحية في حالة انحراف الجودة الفعلية عن المستوى المقبول للجودة، وتصميم الإجراءات الوقائية لضمان عدم انحراف الجودة مستقبلا عن المستوى المقبول.
 - التخطيط للتحسين المستمر للجودة عن طريق مراجعة مواصفات المنتج.
- أما تأكيد/ ضمان الجودة Quality Assurance فيقصد منه جميع الإجراءات التخطيطية والتنظيمية اللازمة لإكساب الثقة الكافية بأن المنتج سوفي بمتطلبات العملاء، وأن متطلبات الجودة سوف يتم إنجازها.
- و تأكيد/ ضمان الجودة يحث على التخطيط بمنهجية لمنع حدوث العيوب بالمنتج أو الحيوية عن المواصفات المحددة، و يشمل تأكيد الجودة أيضا التحقق من أن الجودة الفعلية هي الجودة المطلوبة مع التقييم المستمر لفاعليتها.
- وعلى هذا فمفهوم ضبط الجودة Quality Control ومفهوم تأكيد/ ضمان الجودة Quality Assurance متكاملان ولكن تأكيد الجودة أشمل و أوسع من ضبط الجودة إذ أنه يهدف إلى منع حدوث الأخطاء أساسا، ويرمى إلى تنفيذ الأعمال بطريقة سليمة و صحيحة من أول مرة وفي كل مرة.

ولكى يتم تأكيد/ ضمان الجودة يجب القيام بعدة خطوات منها:

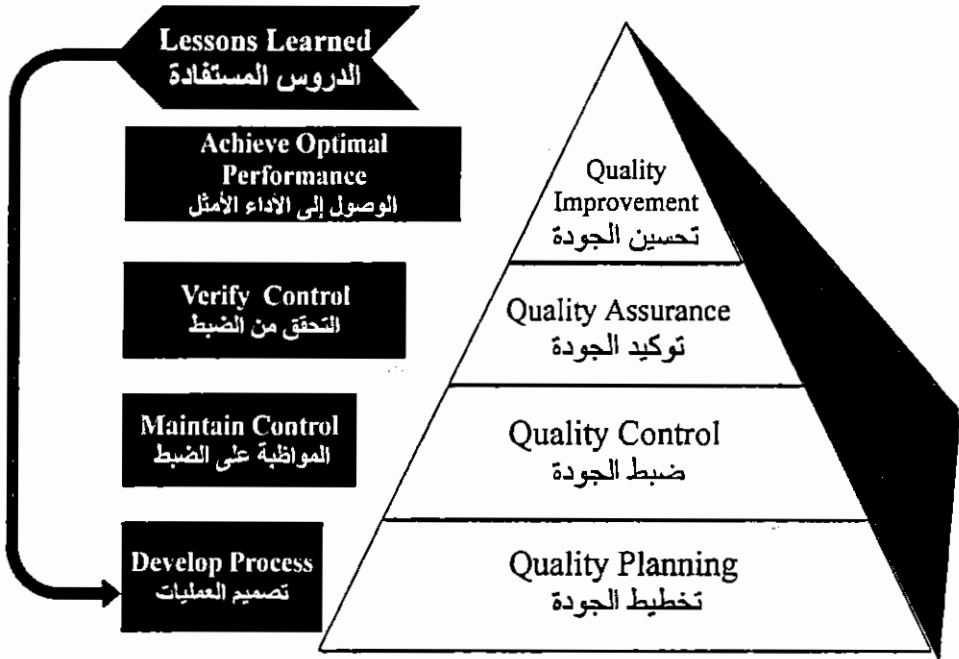
- تخطيط أعمال الجودة.
- حصر الأنشطة والعمليات التي تقوم بها الشركة.
- إعداد وضبط وثائق الجودة .
- التخطيط لأعمال المراجعات الداخلية .
- متابعة تنفيذ سياسة الجودة .
- دراسة شكاوى العملاء .
- تقييم نظام مراقبة الجودة.
- تحديد وتطوير الأساليب المستخدمة في تأكيد الجودة وزيادة الإنتاجية .
- تقييم أداء أنشطة الجودة المختلفة (تصميم المنتج- عمليات الإنتاج- شراء المواد والمستلزمات، مراقبة الجودة- الصيانة- التسويق...).

والجدول 1-2 التالى يوضح بعض الفروق الهامة بين مفهومى ضبط الجودة و تأكيد/ ضمان الجودة:

جدول رقم 1- 2 مقارنة بين تأكيد/ ضمان الجودة و ضبط الجودة

ضبط الجودة	تأكيد الجودة
تقييم وقياس لتحديد القيام بأعمال تصحيحية	إجراءات لإعطاء الثقة
الحفاظ على الخصائص المطلوبة	إضافة خصائص جديدة
يتم من خلال القياس والاختبار والتفتيش	يتم من خلال التخطيط والمراجعة
أدوات تحليلية	نظام إدارى
تفاعلى رجعى (أثناء وبعد العملية)	وقائى (قبل وأثناء العملية)
Reactive	Proactive
يهدف إلى تقليل ظهور العيوب	يهدف إلى منع ظهور العيوب
Detective and Corrective	Preventive
التأكد من أن الأشياء تؤدي بطريقة صحيحة	التأكد من أن الأشياء الصحيحة تؤدي
يتم من خلال طرف أول (من داخل الشركة)	يتم من خلال طرف ثانى أو ثالث (من خارج الشركة)

كما أن الشكل (1-4) يبين أيضاً أوجه التكامل بين تأكيد/ ضمان الجودة و ضبط الجودة



شكل رقم 1-4 التكامل بين تأكيد/ ضمان الجودة و ضبط الجودة

1.7. ديمينج - جوران - أمريكا أم اليابان؟ Deming Guran USA or Japan?

يذكر العالم المريكى بىتر ف دركر Peter F. Drucker فى كتابه الذى تحدث فيه عن التحولات التى تلقى ظلالها على المجتمعات الرأسمالية أن الحرب العالمية الثانية بتجاربها كانت من بين الأسباب الرئيسية لاكتشاف علوم الإدارة وتطبيقاتها، ويستطرد قائلاً أن اليابان لم تكن دولة متخلفة فى فترة الخمسينات (انتهى الاحتلال الأمريكى لليابان مع بداية الخمسينات)، ولكن صناعاتها واقتصادياتها كانت قد دمرت تماماً، وأنها من الناحية الواقعية لم تكن لديها التقنية الخاصة بها، وأن المصدر الأساسى لليابان كان فيما عقدته من عزم على تبنى التطورات الإدارية التى طبقها أمريكا أثناء الحرب العالمية الثانية وعلى وجه الخصوص التدريب.

أثناء تلك الفترة (من عام 1947 حتى 1956) قام العالم الأمريكى وليام إدوارد ديمينج William Edwads Deming باعتباره مستشاراً لإدارة الحرب الأمريكية بزيارة لليابان عام 1947، ثم عاد إليها فى أعوام 1950، 1951، 1952، 1955، 1956 (بعد انتهاء الاحتلال الأمريكى) بدعوات من رجال الأعمال ورواد الصناعة اليابانيين للتعرف على

أفكاره وآراءه فى الدعوة إلى الاهتمام بالجودة، وتطبيق تلك الأفكار وفضلها فى تحقيق التفوق الذى تحظى به الصناعة اليابانية بحيث أصبحت الجودة علماً لإدارة ناجحة للإنتاج.

فى تلك الفترة لم يكن ديمينج المستشار الأمريكى الوحيد الذى ذهب إلى اليابان لتعليمهم كيف يحسنون قاعدتهم الصناعية، و لم يكن ديمينج هو الوحيد الذى تلقى من إمبراطور اليابان النيشان المقدس " من الطبقة الثانية" الذى يطلقون عليه "Scared Treasure"، بل شارك دكتور ديمينج هذا الشرف عالم أمريكى آخر هو دكتور جوزيف م جوران Dr. Joseph M. Juran، لقد ذهب جوران إلى اليابان عدة مرات عقب زيارة ديمينج لها، وقام بمثل ما قام به ديمينج من حيث إلقاء المحاضرات وإعطاء الاستشارات.

إذن فمن كان السبب وراء هذا التطور الهائل للجودة فى اليابان؟ هل هى الصناعة الأمريكية أثناء الحرب العالمية الثانية؟ هل هو العالم ديمينج الذى سافر وحاضر فى اليابان؟ هل هو جوران الذى أعطى الاستشارات والتوصيات للصناعة اليابانية؟ أم ماذا كانت القوى الفاعلة وراء ذلك؟

لما سئل ديمينج عن ذلك قال "إن المعجزة اليابانية كان مرجعها إلى اثنين أمريكيين "ديمنج" و "جوران" اللذان حاضرا فى اليابان عقب الحرب العالمية الثانية، وأنتى حاضرت فى اليابان لأن الإدارة العليا هى التى طلبت منى ذلك، وإن بعض المعلومات * (هذه المعلومات تتعلق بالرسم التخطيطى الذى كانوا يستخدمونه والذى يوضح أن العملية بأسرها هى عملية متكاملة من أول المدخلات التى ترتبط بعملية التصنيع، حتى الاستخدام الواقعى للمنتج النهائى، إنها عملية واحدة إن أى مشكلة فى البداية تترك آثارها على الكل ، وعلى المنتج النهائى، وأن هذا الرسم أدخل المستهلك كجزء من عملية التصنيع، وأدخل فكرة استمرارية تجديد وصقل المعلومات، والتصميم ، ومراجعة المدخلات وذلك بهدف العمل على زيادة المستمرة لإرضاء العميل) التى كانت لدى الإدارة العليا فى اليابان مع ما قدمته فى محاضراتى كونا النظرية العامة وأعتقد أن هذا ساعد اليابان على أن تمضى قدماً، ولقد تنبأت فى عام 1950 لليابانيين أنهم سيتفوقون فى ظرف خمس سنوات، غير أن ما توقعته لهم لم يستغرق سوى أربع سنوات فقط.

ولما سئل جوران عن ذلك قال أنه يعتز بالموافقة على هذا رأى غير أنه يعتقد أن النتيجة تدعوا إلى نوع من الضحك أو السخرية، إنه حقاً ألقى المحاضرات فى اليابان كما هو مسجل، وأنه أحضر إليهم شيئاً جديداً وهو الأسلوب المنظم لتحقيق الجودة، وأنه فعل نفس الشئ فى عدد كثير من الدول بما فيها الولايات المتحدة ، ولكن لا يوجد من بين هذه الدول التى حاضرت فيها من استطاع أن يحرز النتائج التى حققها اليابان.

ويجمع العديد من العلماء على أن ديمينج وجوران وعدد غير قليل من العلماء منهم الياباني إيشيرو أيشيكاوا وابن كأورى كانوا من الأشخاص الرئيسيين فى تسلسل التطورات التى أدت إلى إعادة بعث الحياة للصناعة اليابانية.

1.8. لماذا نجح اليابانيون؟ Why did Japanese succeed?

وإنى أرى أن جزءاً كبيراً من الفضل فيما حدث من تطور لإدارة الجودة الحديثة فى اليابان إنما يرجع إلى عدة أسباب مجتمعة -متفاوتة التأثير- منها مايلى:

- 1- وجود العلماء: مثل ديمينج وجوران وإيشيكاوا وآخرون ساهموا بأفكارهم فى تحقيق تلك المعجزة.
- 2- ثقافة الجودة : الثقافة السائدة لدى طبقة العاملين بأن من واجبهم أن يساهموا طيلة حياتهم فى بناء المجتمع من خلال العمل الفعال، وقد ساعد أسلوب "حلقات الجودة" فى نشر تلك الثقافة حيث تتيح للقوى العاملة الفرصة للاشتراك فى عملية تحسين الجودة.
- 3- العدل الإجتماعى : لا يوجد اختلاف كبير بين الطبقات الاجتماعية، وكل فرد يستطيع الوصول إلى مكانة اجتماعية رفيعة والحصول على دخل كبير من خلال قدرته وجهده وإبداعه.
- 4- الرغبة فى النجاح :الأرض محدودة والموارد الطبيعية نادرة، والبلاد عامرة بكثافة سكانية ضخمة، ولا يمكن كسب العيش بغير العمل، وهذا الوضع لم يتغير حتى بعد أن أصبحت اليابان دولة عملاقة اقتصادياً.
- 5- الإحساس القوى بالانتماء : فعندما يتحدث المديرون والموظفون والعمال ورجال الإدارة العليا عن الشركة التى يعملون بها يستخدمون كلمة "شركتى...."، ويرجع الباحثان السبب فى ذلك إلى مبدأ التوظيف مدى الحياة، أى استمرار العمل فى شركة واحدة من لحظة التخرج إلى لحظة التقاعد، وفى ظل هذا النظام يتوقف دخل الفرد ومستواه المعيشى على نمو الشركة ككل أكثر من اعتماده على قدرات الفرد (يلاحظ أن تقييم الأجور وزيادتها لجميع العاملين والموظفين تقدر سنوياً على أساس عدة أمور منها المنصب، والتعليم، عدد سنوات الخدمة مع وضع كفاءة وانجاز الفرد فى الاعتبار).
- 6- روح التعاون: التى ظهرت فى اليابان فى أواخر الأربعينات من القرن الماضى، حيث بدأ التطبيق الأولى لإسلوب حلقات الجودة، حيث يجتمع العاملون من حين لآخر (فى مواعيد منتظمة غالباً ما تكون أسبوعية) لمدة ساعة أو أكثر لمناقشة مشكلات العمل، ونتيجة للنقاش الذى يدور بينهم تتولد العديد من الأفكار عن كيفية

حل المشكلات التي يتعرفون عليها، ويقدمون هذه الأفكار للإدارة لتطبيقها، وكان الهدف وراء ذلك تحسين جودة الإنتاج ، ومن هنا سميت هذه الاجتماعات بـ "حلقات الجودة Quality Circles"، ثم أخذ هذا المفهوم في الانتشار التدريجي في بداية الستينات من القرن المنقضى إذ أصبح في عام 1962 نظاماً رسمياً، وفي منتصف السبعينات أصبح أسلوب حلقات الجودة واسع الانتشار في اليابان، ثم عرفت الشركات الأمريكية منذ ذلك التاريخ وبدأت في تطبيقه ومحاكاته بعد أن كان أسلوباً إدارياً فنياً غريباً (وجدير بالذكر أن عدد حلقات الجودة قد بلغ أكثر من مئة ألف حلقة جودة في مختلف المنظمات والشركات والمؤسسات اليابانية في عام 1980).

7- الشعب الياباني الذي لم يجعل من اعتداده بماضيه العريق حاجزاً يمنعه عن مواصلة الإبداع والتطور ، الشعب الذي لم يجعل من حاضره ساحة يحاكم فيها الماضي حتى لا يعقد حاضره ومستقبله وإنما استطاع هذا الشعب بجهود أبنائه وحبهم لوطنهم وائتمانهم له أن يصنع في فترة زمنية محدودة ما تعجز كثير من الأمم إنجازه في مئات السنين، هذا الشعب الذي لا يملك موارد طبيعية فبهر العالم بقوته الإقتصادية، وكان يتعلم من الصين فأصبح معلماً للصين وملهماً لغيره، الشعب الذي دُمر نهائياً بعد الحرب العالمية الثانية فأصبح دخل الفرد فيه من أعلى الدخول في العالم، احتلته الولايات المتحدة عسكرياً فاحتلتها اقتصادياً، ورث أرضاً ورقة زراعية محدودة فأصبح الفرد يكتفي ذاتياً من غذاءه ويصدر الفائض، شعب استطاع أن يغزو العالم بالصناعات اليابانية فلا يخلو بيت في العالم كله من منتج أو سلعة يابانية تحمل عبارة "صنع في اليابان".

1.9. نماذج ناجحة لتطبيق منهجية التحسين Six Sigma Success Stories

لقد بدأت الشركات العالمية الكبرى مثل Toyota و Motorola و Allied-Signal، و General Electric بتبني منهجية التحسين Six Sigma في منتصف الثمانينات وتبعها في ذلك الكثير من الشركات الكبرى مثل Texas Instrument و Xerox و Caterpillar و Du Pont و Sears و American Express و Merrill Lynch و Dow و Ford Motor Company و Raytheon و United Technologies و Chemical وغيرها، وفي مصر هناك أيضاً العديد من الشركات التي تتبنى هذه المنهجية، ومنها General Electric و Pfizer و Glico و Novartis و Xerox و Sheraton و Ideal و Standard و Alexandria Carbon Black و 3M.

وفي Motorola وفى عهد رئيس مجلس إدارتها السيد جورج فيشر George Fisher، حصلت هذه الشركة على جائزة مالكولم Malcolm Bridge للجودة في عام 1988، وذلك بعد سبعة أعوام فقط من تطبيق نظم الجودة عن طريق منهجية التحسين Six Sigma، وبعد إنفاق مبلغ 70 مليون دولار في نشر مفهومها خلال الفترة من 1981 إلى 1987، وخلال الفترة من 1987 حتى 1997 تضاعف حجم المبيعات بخمس مرات، وتجاوزت أرباحها 20% سنوياً، وزاد معدل الإنتاج بنسبة 12%، وارتفعت قيمة أسهم الشركة بدرجة كبيرة، وبلغ إجمالي تخفيض المصاريف خلال تلك الفترة 11 مليار دولار، ولا يفوتنا أن نرجع جزءاً من هذا النجاح إلى السيد آلان لارسون Alan Larson، الذي كان مشرفاً على تطبيق هذه المشروعات (George Eckes, 2003).

وفي شركة اللويد سيجنال Allied Signal بدأت هذه الجهود في بداية التسعينات بدعم كامل من رئيس مجلس إدارتها السيد لارى بوسيدى Larry Bossidy، وبمجهود آلان لارسون Alan Larson الذي انتقل إليها من موتورولا Motorola، وبلغ إجمالي تخفيض المصاريف حتى 1998 مبلغ 600 مليون دولار، علاوة على ثقة العملاء التي تجلت في نفاذ المنتج أولاً بأول برغم تزايد الإنتاجية بمعدل 30% (George Eckes, 2003).

وفي General Electric for Plastics، تضاعف حدوث تباين في ألوان المنتجات البلاستيكية، وارتفع مستوى الجودة من 2 إلى 4.9 سيجما خلال أربعة أشهر، وتم توفير 400 مليون دولار، وبالتحديد في عام 1996 بلغت أرباح GE Plastics العشرين مليون دولار (GE Way, 2003).

وبعد هذه الأمثلة الموجزة والمبهرة في أن واحد، اعتقد أن إعادة النظر في تبنى منهجية التحسين Six Sigma لكل الشركات الباحثة عن الاستمرار والتميز والريادة، لم يعد ترفاً ولا رفاهية، بل أصبح واجباً حتمياً، وضرورة للبقاء في عالم لا يعترف بالبقاء إلا للأجود والأفضل.

1.10. منهجية التحسين ونظم الجودة التقليدية Six Sigma and Traditional Quality

في الوقت الذي أصبح فيه العالم قرية صغيرة، وأصبحت وسائل الاتصال ميسورة، وأصبح من السهل الاطلاع على أحدث المنتجات وأفضل المواصفات والخصائص، وأحدث صيحات الموضة في كافة مناحي الحياة، وتحررت التجارة بين جميع دول العالم ليصبح تنافس المؤسسات على المستوى العالمي، أصبح العملاء لا يقبلون إلا المنتج الجيد ولا يرضون إلا بالخدمة المتميزة الفريدة، وصاروا ينشدونها أينما وجدت، ومهما كان الثمن في كثير من الأحيان.

ولقد أصبحت الرقابة على مواصفات كثير من المنتجات والخدمات أكثر صرامة وتشددا عما قبل، و زادت كذلك القوانين المنظمة للإنتاج و الخدمات، وذلك كله يتطلب مستوى أعلى من الجودة قد تعجز - في بعض الأحيان - نظم الإنتاج والخدمات الحالية والقائمة عن الوفاء بمتطلباته.

والجدول 1-3 يوضح جليا لماذا ينبغي أن نتجه إلى منهجية التحسين Six Sigma ولا نكتفى بنظم الجودة التقليدية:

جدول رقم 1- 3 مقارنة بين نظم الجودة التقليدية و منهجية التحسين Six Sigma

وجه المقارنة	العدد الاجمالي	عمليات ممثلة ٩٩% بنظم الجودة التقليدية (سيجما 3.8)	عمليات فائقة الجودة 99.9996% (سيجما 6)
الوصفات الطبية	عشرون مليون وصفة شهريا	200000 وصفة خاطئة شهريا	68 وصفة خاطئة شهريا
العمليات الجراحية	مائتي الف عملية شهريا	2000 عملية غير ناجحة شهريا	8 عمليات غير ناجحة سنويا
سقوط المواليد	مليون ونصف حالة ولادة سنويا	15000 يسقطون عند الولادة سنويا	61 يسقطون عند الولادة سنويا
توزيع طرود البريد	20000 طرود في الساعة	200 طرود يضيعون في الساعة	أقل من طرين يضيعا في اليوم
حجز تذاكر الطائرات	150000 تذكرة في اليوم	1500 حجز خاطئ كل يوم	أقل ٦ حجوزات خاطئة كل يوم

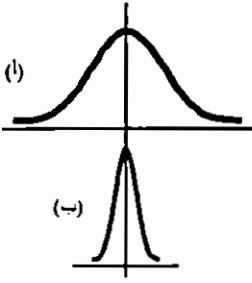
وفي هذا الجدول - طبقا لإحصائية أمريكية - نجد أنه بالاعتماد على نظم الجودة التقليدية والتي قد تصل درجة جودتها إلى نسبة 99% وهي نسبة عالية، فإنه سيتم تدوين 200000 روثة خاطئة من إجمالي عشرين مليون وصفة شهريا، ويقل هذا العدد إلى 68 حالة فقط إذا نجحنا في تطبيق منهجية التحسين Six Sigma، كما سيتم تقليل إجراء عمليات جراحية من 2000 عملية خاطئة شهريا إلى 8 عمليات فقط سنويا من إجمالي مائتي ألف عملية شهريا، وهكذا.

أما الجدول 1-4 فيوضح بعض الفروق الجوهرية بين نظم الجودة التقليدية وبين منهجية التحسين باستخدام منهجية التحسين Six Sigma.

جدول رقم 1-4 الفروق الجوهرية بين نظم الجودة التقليدية
و منهجية التحسين Six Sigma

وجه المقارنة	نظم الجودة التقليدية	منهجية التحسين Six Sigma
النظام	نظم فلسفية	نظام منهجي
الأهداف	الجودة العالية	الجودة الفائقة بتقليل العيوب وتخفيض التكاليف
الغاية	ارضاء العميل Satisfaction	إبهار العميل Delighting
التركيز	إصلاح المنتجات	إصلاح منظومة الإنتاج
اتخاذ القرار	مبنى على الخبرة	مبنى على البيانات المعالجة
اختيار العميل	مبنى على التكلفة	مبنى على مقدرة المنظومة
العاملون	تراها الإدارة تكلفة زائدة Additional Cost	تعنى أصول هامة Important Assets
التخطيط	على المدى القريب	على المدى البعيد
التصميم	يركز على الاداء	يركز على الاداء و الانتاجية
الدوافع	الرغبة فى التميز	التقييم المقارن بالمنافسين
مجال التحسين	غير محدد	محدد تماما من خلال مشروع
مدة التحسين	غير محددة	من ٣ إلى ٤ اشهر لمعظم المشاريع
المهتمون	بعض أفراد المنظمة	كل أفراد المنظمة
الأدوات المستخدمة	تقليدية	متجددة
التدريب	لبعض أفراد المنظمة اذا سمحت الظروف	واجب لكل أفراد المنظمة
تأثيرها على الموظفين	محدود	ملحوظ
الإنجازات المالية	جيدة	فائقة ومبهرة

1.11. ما هي سيجما؟ What is Sigma?



شكل رقم 5-1 علاقة
السيجما بشكل المنحنى

السيجما Sigma أحد الحروف اللاتينية التي دأب الإحصائيون على استخدامه للتعبير عن مدى تشتت أو تقارب مجموعة من البيانات حول قيمة محددة، ويرمز لها بالرمز σ ، وهو الرمز المرادف للانحراف المعياري (يرجى الرجوع إلى الفصل الحادي عشر في هذا الكتاب تحت عنوان عرض البيانات بالمقاييس الرقمية)، فإذا كانت قيمة الانحراف المعياري Sigma صغيرة، فإن البيانات تميل إلى التراكم حول المتوسط كما بالمنحنى "ب" في الشكل 5-1، وإذا كانت قيمة الانحراف المعياري Sigma كبيرة فإن انتشار وتشتت البيانات حول المتوسط يكون كبيراً وواسعاً كما بالمنحنى "أ" في الشكل 5-1.

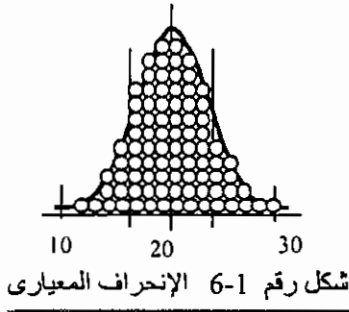
ولتوضيح هذه الفكرة دعنا نقول إذا علمنا أن وزن شخص ما هو 70 كجم فإن الرقم 70 (يعنى 70 وحدة من وحدات الوزن، ووحدة الوزن هنا الكيلو جرام) يعطى لنا تصوراً أن وزن هذا الرجل مناسب ومعقول، وذلك لأننا تعودنا على اتخاذ الكيلوجرام كوحدة لقياس وزن الأشخاص، أما إذا قلنا أن هذا الشخص يزن 150 كجم فإن هذا الرقم يعطى لنا تصوراً أن هذا الشخص يعاني من البدانة المفرطة، إذن هناك مقياس أستطيع من خلاله الحكم على ما إذا كان الوزن خفيفاً أو ثقيلاً ، وذلك عند المقارنة بنفس وحدات القياس أى بالكيلوجرام، وبالمثل لو علمنا أن متوسط وزن الفيل ثلاثة أطنان، فإننا ندرك أن فيلا وزنه طنًا واحدًا هو فيل خفيف الوزن.

وبتطبيق نفس المفهوم على الطول، إذا قلنا أن طول شخص ما هو 160 سم، فإننا ندرك أن الرقم 160 سم (يعنى 160 وحدة من وحدات الطول، ووحدة الطول هنا السنتيمتر) هو طول مقبول لهذا الشخص، وذلك لأننا تعودنا على اتخاذ السنتيمتر كوحدة لقياس أطوال البشر، أما إذا كان الطول 220 سم فإننا ندرك أيضاً من خلال الرقم 220 سم أن هذا الشخص طويل جداً، كذلك لو علمنا أن متوسط طول الذبابة هو سنتيمترًا واحدًا، فإننا ندرك أن ذبابة طولها 1.5 سم هي ذبابة طويلة وكبيرة الحجم نسبياً.

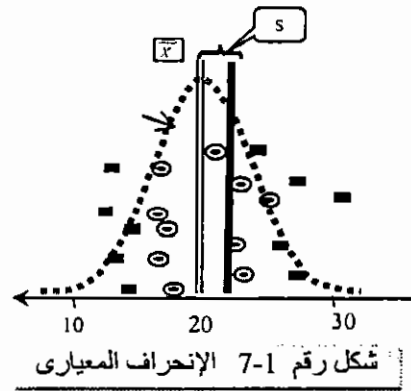
إذن هناك مقاييس نستطيع باستخدامها قياس النسبية بين الأشياء المتشابهة، وهذا ما تم عندما اتخذت قيمة الانحراف المعياري أو قيمة السيجما Sigma Value كوحدة لقياس التغير والتشتت والتباين Variability، فكلما زادت قيمة السيجما دل ذلك على وجود تشتت و تباين كبير، أى فرصة أكبر للبعد عن المتوسط (الهدف المنشود Target)، وبالتالي

احتمال أكبر للوقوع خارج المدى المسموح به، وما يعقبه من ظهور منتجات معيبة، وما يتبع ذلك من مستوى جودة Sigma Level منخفض والعكس صحيح، إذن يمكن استخدام مستوى السيجما Sigma Level كوحدة لقياس الجودة لعملية ما، أو كوسيلة يتم من خلالها التعرف على مدى مطابقة منتجات أى عملية لما هو مطلوب منها أن تؤديه.

1.12. المعنى الطبيعي للسيجما Physical Meaning of Sigma



يفرض أن لدينا 100 قراءة لقيم من عينات منتج ما، وإذا كانت قيم المائة رقم تتراوح بين 10 و 30 وهو ما نسميه بالمدى Range وكان متوسط المائة رقم هو 20 ، فإنه يرسم هذه القيم فائنا سنحصل على الشكل 1-6، وهو ما نطلق عليه منحنى الجرس Bell Shape، أو منحنى التوزيع الطبيعي Normal Distribution Curve.



وإذا قمنا بحساب القيمة بين إحدائى أي نقطة x والمتوسط سنجد أنها تساوى $(\bar{X} - X)$ ، وهى على الشكل 1-7 تساوى البعد بين الدائرة المفرغة وخط الوسط، فلو ربعنا هذه المسافات ووقعناها على الرسم ومثلناها بالمربع المصمت، ثم حسبنا متوسط هذه المربعات وأخذنا جذرها التربيعي ووقعناه على الرسم، وهو ما يتم حسابيا من العلاقة

$$\sqrt{\frac{(\bar{X} - X)^2}{n-1}}$$

فإننا سنحصل على خط جديد يبعد عن

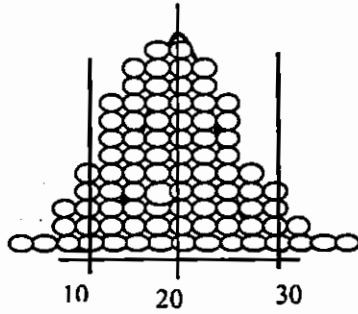
خط متوسط العينات بقيمة معينة نطلق عليها الانحراف المعياري أو سيجما (يرجى مراجعة الفصل الثانى عشر فى هذا الكتاب تحت عنوان التوزيعات الاحتمالية)، وكلما كانت هذه القيمة صغيرة كان ذلك دليلا على أن التشتت قليل والعكس صحيح، أى أن قيمة الانحراف المعياري Sigma Value هى المؤشر لوجود التشتت من عدمه.

ولو أخذنا هذه القيمة ووقعناها على منحنى الجرس Bell Shape يمين ويسار خط الوسط، فإن ذلك سيخلق مساحة تحت المنحنى عندما حسبها الإحصائيون فُدرت بأنها تساوى 68.27% تقريبا من مساحة المنحنى ككل ، ولو وقعنا ضعف قيمة الانحراف المعياري على يمين المتوسط وضعفه على يسار المتوسط لتكونت مساحة تحت المنحنى تساوى 95.45%،

وكذلك لو وقعنا ثلاثة أضعاف الانحراف المعياري يمين ويسار المتوسط سنحصل على مساحة 99.73%.

وبالتالي إذا كانت الحدود المسموح فيها بالإنتاج في هذه العملية هي 10 و 30، فإنه ستوجد حالتان :

1- أن تكون قيم المائة قراءة جميعاً محصورة بين القيمتين 10 و 30 وبالتالي فإن كل المخرجات تكون مقبولة وتكون هذه العملية ممتازة



شكل رقم 1-8 وجود منتجات معيبة

وبمستوى جودة فائق Six Sigma Process، ولا يحدث ذلك إلا إذا كان تشتت القيم حول المتوسط قليلاً أي إذا كانت قيمة السيجما قليلة، وذلك يعني أن المسافة بين 10 و 30 ستستوعب عدداً أكبر من السيجما، وأن المساحة تحت المنحنى وخارج المواصفات ستقل، مما يعني تخفيض المنتجات المعيبة، مما يعني جودة أفضل، أي مستوى سيجما

Sigma Level أعلى.

2- أو أن تكون بعض قيم المائة قراءة خارج المدى المحصور بين القيمتين 10 و 30 كما يظهر في الشكل 1-8، وحينئذ تكون هناك مساحة تحت المنحنى وخارج المدى المذكور، وهي تمثل منتجات معيبة، و يحدث ذلك عندما يكون تشتت القيم حول المتوسط كبيراً، أي إذا كانت قيمة السيجما كبيرة، وذلك يعني أن المسافة بين 10 و 30 ستستوعب عدداً أقل من السيجما مما يعني Sigma Level أقل وبالتالي جودة أقل.

أي أنه كلما أمكننا أن نحصر القراءات الممثلة لأي عملية بين عدد أكبر من الانحرافات المعيارية Sigma كلما كانت جودة العملية أفضل، والعكس صحيح.

1- العلاقة بين قيمة ومستوى السيجما Relationship between Sigma Value and Level

كما ذكرنا يتم قياس التباين في العملية Variability in Process بالانحراف المعياري، والذي يطلق عليه Standard Deviation أو σ أو قيمة السيجما Sigma Value، وله صيغة رياضية يمكن حساب قيمته من خلالها، وليس لها استنتاج رياضي Empirical formula توضحها العلاقة التالية:

$$S = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X)^2}{n-1}} \quad \sigma = \sqrt{\frac{(\mu - x)^2}{n}}$$

حيث S هي الانحراف المعياري، n هي عدد العينات، $\bar{X}$ هي المتوسط، وتكون وحدات الانحراف المعياري هي نفس وحدات الكمية المقاسة أو العينات، فمثلاً لو كانت العينات

بالجرام تكون σ أو S بالجرام، و لو كانت العينات بالميليمتر تكون σ أو S بالميليمتر وهكذا.

وقيمة الانحراف المعياري Sigma Value أو قيمة السيجما لا تعبر عن مدى جودة عملية ما، سواء جودة منتجات أو جودة خدمة، ولكنها تعبر فقط عن مدى التباين الموجود في هذه العملية المقاسة، فمثلا إذا قلنا أن لدينا عمليتين إحداها إنتاجية تقوم بإنتاج زجاجات زيت الطعام، وكانت القيم المقاسة لعينات من دفعة إنتاج هي 250 جرام، 235 جرام و 265 جرام، 249 جرام فإننا نتوقع (يرجى الرجوع إلى الفصل الحادي عشر تحت عنوان تلخيص وعرض البيانات) أن قيمة السيجما لهذا المصنع ستكون أكبر من قيمة السيجما لمصنع آخر ينتج زجاجات بالأوزان التالية 250، 255، 260، 253 جرام، وتختلف قيمة السيجما من عملية لأخرى تبعا والقيم المقاسة من هذه العملية.

أما مستوى السيجما Sigma Level فهو مقياس ومعياري لمدى جودة عملية ما، وقيمها إما 1σ أو 2σ أو 3σ وهكذا..... وفي هذه الحالة نحن نتكلم عن مساحة تحت المنحنى، أو حجم منتجات سليمة أو خدمات مرضية للعميل، وكلما زاد مستوى السيجما Sigma Level لمنتجات عملية ما، (سواء كانت عملية إنتاجية أو عملية خدمية) زاد وارتقى مستوى الجودة داخلها، و دل ذلك على أن المنتجات المعيبة قليلة وأن الخدمات التي لا تحظى برضا العملاء قليلة، و مستوى السيجما Sigma Level ليس له وحدات لتمييزه بغض النظر عن نوع العملية المراد تحديد مدى جودتها.

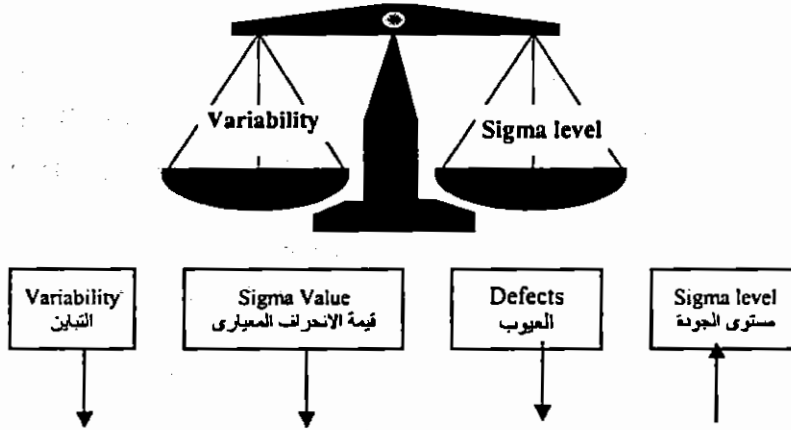
والجدول 1-5 يوضح العلاقة بين مستوى الجودة Sigma Level وبين عدد الأخطاء الناتجة في المنتج النهائي.

جدول رقم 1-5 العلاقة بين مستوى الجودة وبين عدد الأخطاء

نسبة الإنتاج السليم	عدد العيوب لكل مليون منتج	مستوى σ
69.15%	308500	2
93.32%	66800	3
99.38%	6200	4
99.977%	230	5
99.99966%	3.4	6

فمثلا لعملية تعمل على مستوى جودة 2σ فإننا نجد أنه لكل مليون منتج سيكون عدد المنتجات المعيبة هو 308500 أي ثلاثمائة وثمانية آلاف وخمسمائة عيبا لكل مليون منتج،

أما بالنسبة لعملية تعمل على 6σ ، وهو ما نطمح إليه عند تطبيق مفهوم منهجية التحسين Six Sigma، فإننا نجد أن عدد المنتجات المعيبة هي 3.4 منتج معيب لكل مليون منتج. والخلاصة أنه كلما زاد التشتت والتباين، زادت قيمة الانحراف المعياري Sigma Value، فتزيد العيوب الممثلة بالمساحة تحت المنحنى وخارج المواصفات، فيقل عدد السيجما المحصور داخل مدى المواصفات، فيقل مستوى الجودة Sigma Level، والعكس صحيح أي كلما قل التباين، قلت قيمة الانحراف المعياري Sigma Value، فتقل العيوب الممثلة بالمساحة تحت المنحنى وخارج المواصفات، ويزيد مستوى الجودة Sigma Level، وهذا ما يوضحه الشكل 9-1.



شكل رقم 9-1 العلاقة بين التباين وقيمة الانحراف المعياري ومستوى الجودة

والجدول 6-1 يعرض بعض الفروق الجوهرية بين كل من مستوى السيجما وقيمة السيجما
Sigma Level and Sigma Value

جدول رقم 6-1 الفرق بين قيمة ومستوى السيجما

Sigma Value مستوى السيجما	Sigma Level قيمة السيجما	
مدى التباين والاختلاف في خرج العملية	مدى جودة العملية	معناها
طردي	عكسي	تناسبها مع العيوب
نفس وحدات الكمية المقاسة	ليس لها وحدات	وحداتها
σ	σ	الرمز المميز

وعلى ذلك إذا قلنا أن شركة ما تعمل عند مستوى جودة "2.5 Sigma" وهناك شركة منافسة تعمل عند مستوى جودة "3 Sigma"، فإن ذلك يعني أن الشركة الثانية أفضل من الأولى، وذلك لأن حجم المخرجات السليمة للشركة الثانية أكبر من حجم المخرجات السليمة الأولى.

مما سبق، وما نريد أن نؤكد أن Sigma Value تتناسب تناسباً طردياً مع العيوب الموجودة في عملية ما بينما Sigma Level تتناسب تناسباً عكسياً مع هذه العيوب.

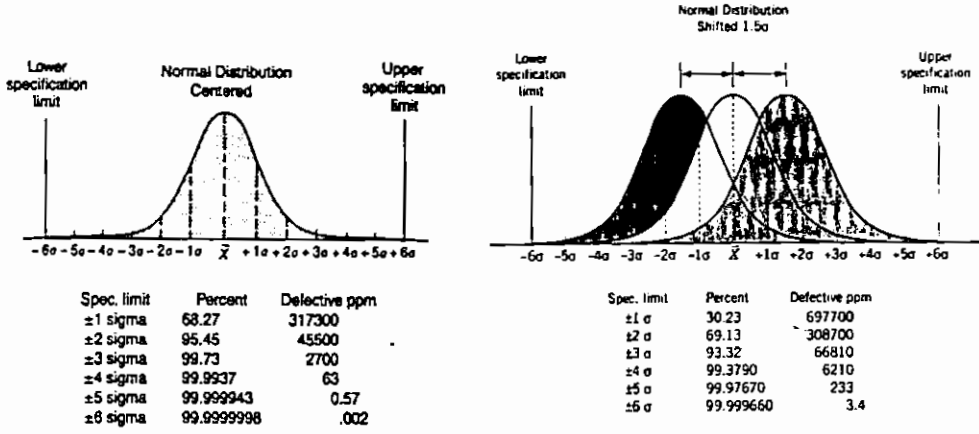
ب- العلاقة بين المساحة تحت المنحنى الطبيعي ومستوى السيجما Relationship between Sigma and Area under Normal Curve

الجدول 1-7 يظهر العلاقة بين مستوى الجودة Sigma Level، والمساحة تحت منحنى التوزيع الطبيعي (يرجى مراجعة الفصل الثاني عشر في هذا الكتاب تحت عنوان التوزيع الاحتمالية)، وعدد الوحدات المعيبة لكل مليون وحدة، وكذلك المستوى التنافسي والتكاليف المناظرة لكل مستوى من مستويات السيجما. والجدول يبين هذه القيم في الحالة المثالية بدون ترحيل Without Shift، وفي الحالة العملية مع ترحيل مقداره 1.5 من قيمة الانحراف المعياري With 1.5 Sigma Shift.

جدول رقم 1-7 العلاقة بين مستوى السيجما والمساحة تحت منحنى التوزيع الطبيعي وعدد الوحدات المعيبة لكل مليون وحدة، وكذلك المستوى التنافسي

Sigma Level مستوى سيجما	Without Shift بدون ترحيل على المدى القريب		With 1.5 σ shift ترحيل 1.5 سيجما على المدى البعيد		المستوى التنافسي	نسبة تكاليف الجودة الرديئة إلى الإنتاج
	DPMO	Good %	DPMO	Good %		
1 Sigma	317300	68.27	697672	00.2303	ضعيف	30 to 40%
2 Sigma	45500	95.45	308770	69.1346		20 to 30%
3 Sigma	2700	99.73	66807	93.319	متوسط	15 to 20%
4 Sigma	63	99.9937	6210	99.379		10 to 15%
5 Sigma	0.57	99.999943	233	99.9767	عالمي وعالي	5 to 10%
6 Sigma	0.002	99.9999996	3.4	99.99966		<5%

ومن الجدول 1-5 والشكل 1-10 يظهر أنه لعملية تعمل على مستوى جودة "4 Sigma" مع وجود ترحيل قدره 1.5 من قيمة الانحراف المعياري، فإن نسبة المخرجات السليمة تكون 99.379%، بمعنى أن عدد المخرجات المعيبة يساوي 6210 وحدة معيبة لكل مليون وحدة مخرجة، ويظهر جلياً أنه لعملية تعمل على مستوى جودة يساوي Six Sigma مع وجود ترحيل مقداره 1.5 Sigma فإن نسبة المخرجات السليمة تكون 99.99966% بمعنى أن عدد المخرجات/المنتجات المعيبة يساوي 3.4 وحدة معيبة لكل مليون وحدة مخرجة/منتجة.



شكل رقم 1-10 بين مستوى السيجما والمساحة تحت منحنى التوزيع الطبيعي

ولقد كان من المقبول قديما أن يكون لدينا عملية نسبة المخرجات السليمة بها 99.73% أي أن نسبة الفاقد هي 0.27% فقط، (من الجدول نجد أن هذه العملية تعمل تقريبا على 3 Sigma)، ولكن مع التقدم العلمي الهائل والتطور التكنولوجي الذي نعيشه اليوم وبمقاييس منهجية التحسين Six Sigma، نجد أن هذه العملية تنتج 66810 منتجاً معيباً لكل مليون منتج (وهي كمية مهدرة كبيرة جداً لم يعد من الممكن قبولها)، وفي هذه الحالة سنجد أن التكاليف المترتبة على هذه الجودة الرديئة ستتراوح بين 15% إلى 20% من إجمالي تكاليف الإنتاج، ولا شك أن ذلك سيؤدي إلى زيادة السعر وضعف الموقف التنافسي لمثل هذه الشركات.

هذا وتوجد جداول إحصائية تفصيلية في نهاية هذا الكتاب توضح القيم المختلفة للانحراف المعياري والمساحة تحت منحنى التوزيع الطبيعي المعياري، أي بمجرد معرفة المساحة يمكننا معرفة عدد الانحرافات المعيارية (مستوى السيجما Sigma Level) يمين ويسار المتوسط والعكس صحيح.

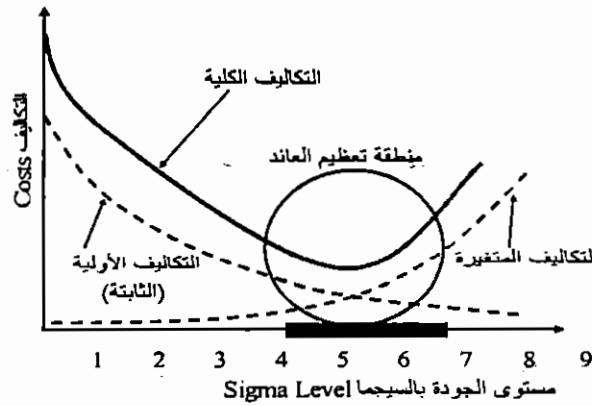
وجدير بالذكر أننا سنتناول الكثير من الأمثلة التي توضح كيفية حساب مستوى الجودة لعملية ما في الفصل السابع "مقدرة العملية ومستوى الجودة العملية Process Capability".

1.13 لماذا ستة انحرافات معيارية؟ Why Six Sigma?

يعتمد تحديد مستوى الجودة Sigma Level التي تعمل عليها أي عملية على عدة عوامل، يأتي في مقدمتها التكاليف والمجال الذي تخدمه العملية، فمثلاً لو كان لدينا مصنع للعب الأطفال يعمل على مستوى جودة مقداره ثلاثة سيجما 3 Sigma، فإن ذلك يكون مقبولا

وعملياً، حيث التكاليف المعقولة ومستوى الجودة الذى يقبل وجود منتجات معيبة بنسبة 6.68 بالمائة وبقيمة 66180 منتج معيب (سنة وستون ألفاً ومائة وثمانون) لكل مليون منتج من هذه اللعب، كما فى شكل 1-10 والجدول 1-5 ، أما إذا كان هذا المصنع هو مصنع للطائرات، فإن هذا المستوى من الجودة لن يكون مقبولا أبداً، ولن نرضى بمستوى جودة أقل من 7 Sigma أو 8 Sigma بغض النظر عن التكاليف، إذ أن الأمر فى هذه الحالة يتعلق بأرواح بشرية وخسائر كبيرة فى حالة حدوث أى أخطاء ولو بسيطة.

والشكل 1-11 يبين العلاقة بين التكاليف ومستوى الجودة التى تطمح إليه الشركات والمنظمات، ويلاحظ أن التكاليف الأولية تشمل التصميم والتركيب والمواد المكونة ، بينما تشمل التكاليف المتغيرة الصيانة والتشغيل والمواد الخام و...وفيه نجد أن منطقة تعظيم العائد تتراوح بين مستوى جودة 4.5 سيجما ، و 6 سيجما لكثير من التطبيقات، بينما يتراوح بين 6 سيجما ، و 7 سيجما للتطبيقات الخاصة مثل الطيران والفضاء والمجال العسكرى والنووى.



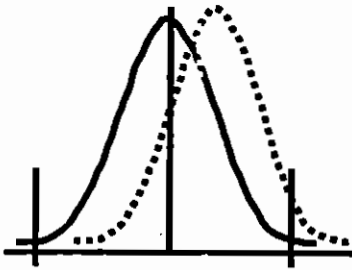
شكل رقم 11-1 العلاقة بين التكاليف ومستوى الجودة

وعلى هذا ، فإن اختيار مستوى الجودة الذى ستتبناه أى شركة أو هيئة أو منظمة يختلف باختلاف نشاطها وأهدافها، وإمكاناتها المالية ، والموارد المتاحة لديها، ومع هذا يبقى مستوى الجودة ستة سيجما Six Sigma المستوى القابل للتطبيق فى معظم الشركات الباحثة عن التميز والتفرد والريادة.

1.14. أهداف منهجية التحسين Six Sigma Goals

فى ظل التنافس الشديد بين الشركات والمنظمات فى مجال الارتقاء بالجودة وتخفيض التكلفة، وهو ما يمثل تحدى حقيقي لكل الشركات، وفى ضوء الاقتناع بأن الجودة العالية - فى كثير من الأحيان- تعنى تكلفة عالية، والجودة المنخفضة تعنى عميل غير راض، فإن

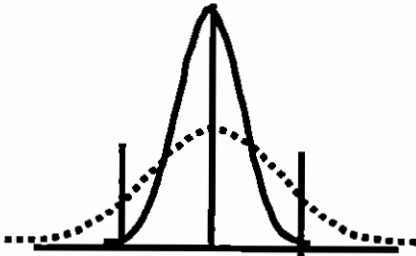
هدف منهجية التحسين Six Sigma هو محاولة تحقيق وفك رموز هذه المعادلة الصعبة، وهي الجودة العالية بتكاليف منخفضة وسعر منافس، ويتم ذلك من خلال خطوتين متلازميتين:



شكل رقم 1-12 ترحيل المتوسط

1- الاقتراب بمواصفات المنتج أو الخدمة إلى تطلعات العميل وهو الهدف Target، ويتم ذلك عن طريق تقليل الأسباب الخاصة Special cause Variation (يرجى مراجعة الفصل الرابع في هذا الكتاب تحت عنوان ظاهرة التباين الطبيعي) والتي تؤدي إلى ترحيل المتوسط Mean عن الهدف كما يظهر بالشكل 1-12، ويمكن تقليل ذلك من خلال تحسين أداء الشخص

القائم على هذه العملية It would Be Detectable By The Person Performing The Activity، وهذا يعني أنه على كل فرد تنفيذ في العملية، أن يكون مدركاً لأهمية دوره ويؤديه كما ينبغي وبصورة صحيحة في كل مرة يقوم فيها بهذا الدور.



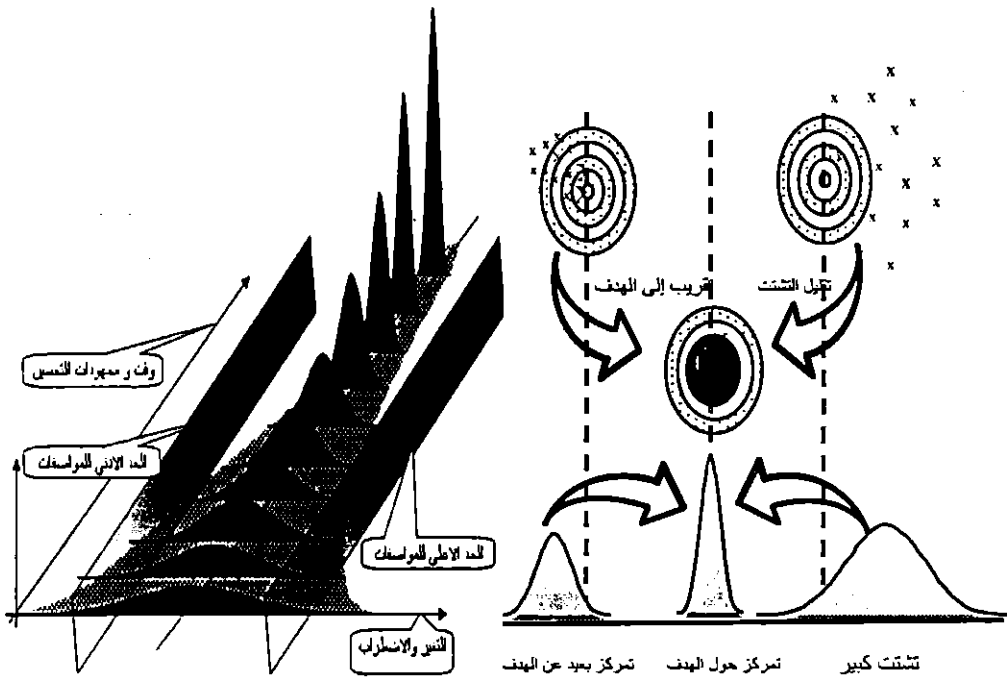
شكل رقم 1-13 تقليل المدى/التشتت

2- تقليل الفرق بين الحد الأدنى والحد الأقصى للتغير الذي يمكن أن يحدث في عمليات الإنتاج أو في الخدمات، وهو ما يطلق عليه التباين Variability، كما يظهر في شكل 1-13، ويتم ذلك (يرجى مراجعة الفصل الرابع في هذا الكتاب تحت عنوان ظاهرة التباين الطبيعي) عن طريق تقليل التباين الناتج عن الأسباب العامة Common Cause Variation، والتي تؤدي إلى تفلطح الشكل المعبر عن العملية والذي يمثل الانحراف المعياري Standard Deviation، ويتم تقليل التباين الناتج عن الأسباب العامة من خلال إدارة العملية، وهذا يعني أن تكون إدارة العملية مضطلعة وملتزمة بدورها، وواعية بأهمية تدخلها في هذه المرحلة.

أي أن هدف منهجية التحسين Six Sigma هو التأكد من أن المتوسط Mean الذي يعبر عن المواصفات المطلوبة أقرب ما يكون للهدف المنشود، وهو تحقيق هذه المواصفات، وأن التباين Variability عن هذا المتوسط أقل ما يمكن، وبعبارة أخرى فإن هدف منهجية

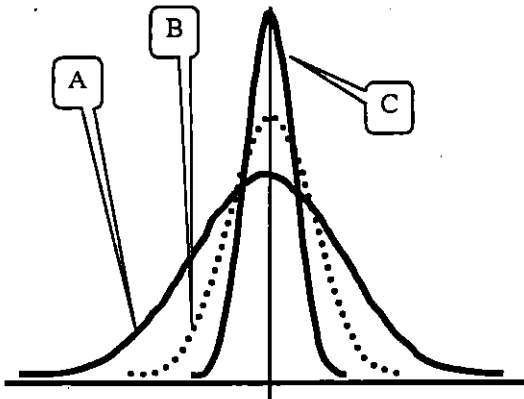
أى أن هدف منهجية التحسين Six Sigma هو التأكد من أن المتوسط Mean الذي يعبر عن المواصفات المطلوبة أقرب ما يكون للهدف المنشود، وهو تحقيق هذه المواصفات، وأن التباين Variability عن هذا المتوسط أقل ما يمكن، وبعبارة أخرى فإن هدف منهجية

التحسين Six Sigma هو تقليل كل من الترحيل والتشتت ، وهذا ما يعكسه الشكل 14-1 :



شكل رقم 14-1 تقليل كل من الترحيل والتشتت

وفي هذا الشكل نجد العملية في البدايه تعاني من التباين الواضح ، ومع جهود التحسين وبمرور الوقت يقل هذا التباين تدريجيا، حتى نصل لمرحلة يكون التباين أقل مايمكن وتكون العيوب في حدود 3.4 منتج معيب لكل مليون فرصة .



شكل رقم 15-1 تساوى المتوسطات وحده لا يكفى

ولا يكفى تحقيق أحد الهدفين دون الآخر، إذ نجد في شكل 15-1 المقابل أنه بالرغم من أن المتوسط لكل هذه العملية متساو وقريب من الهدف Target، إلا أن الانحراف المعياري لها مختلف، فالمنحنى A يمثل العملية بها أخطاء كبيرة تقل في المنحنى B ثم تقل في المنحنى C.

1.15. فوائد تطبيق منهجية التحسين Six Sigma Benefits

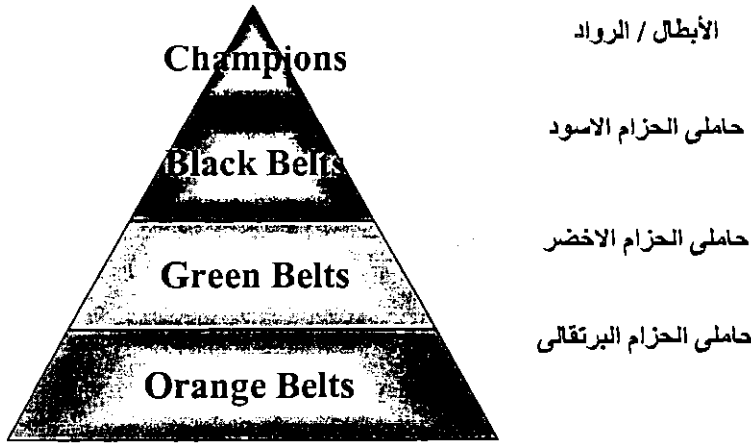
ونتيجة تحقيق الهدفين السابق الإشارة إليهما وهما تقليل كل من الترحيل والتشتت إلى الحد الأدنى Minimizing both Shift and Spread، سيظهر العديد من النتائج الإيجابية على الشركة المنفذة لمنهجية التحسين ومن هذه النتائج:

- تقليل العيوب في المنتج الذي يستخدمه العميل، و تجنب حدوث أخطاء في الخدمة التي يتلقاها هذا العميل، وبالتالي تخفيض تكاليف الجودة، وكسب ثقة العملاء، وتقليل شكاواهم، وزيادة ولائهم لمنتج الشركة.
- زيادة حصة الشركة في السوق، وزيادة المبيعات، مما يؤدي إلى زيادة العائد على الاستثمار أو ما يطلق عليه Return on Investment (ROI).
- تقليل الوقت المستغرق للإنتاج أو لتقديم الخدمة (تخفيض زمن دورة الإنتاج Reducing cycle Time)، وانخفاض عمليات التأخير في التسليم.
- الاعتماد على البيانات في اتخاذ القرارات مما يزيد من فرص النجاح ويقلل من فرص الإخفاق.
- تبني مبدأ حل المشكلات ومنعها من الظهور بمنهج علمي مدروس، يؤدي للوصول إلى أسبابها الرئيسية Root causes، ومن ثم التخلص من سلبياتها وأوجاعها الحقيقية.
- دراسة العملية يؤدي إلى فهمها بصورة أدق، ومن ثم التعامل معها بأفضل طرق المعالجة، وزيادة معاملات الأمان، وتقليل الأخطار والحوادث.
- زيادة الفاعلية Effectiveness وتحسين الكفاءة Efficiency، ورفع معدلات الإنتاجية Productivity.
- تخفيض المخزون الراكد، وتقليل الفاقد، وزيادة القدرة التنافسية للشركة، وتعظيم الربحية.
- تحسين أساليب مراقبة العمليات، وتطوير أساليب المراجعة.
- تحسين آليات الاتصال والتعاون بين وحدات الشركة وبين المنتجين والموردين، مما يؤدي إلى تحسين العلاقات الإنسانية ورفع الروح المعنوية.
- تطوير أساليب التعليم المستمر ونقل الخبرات، وتوجيه برامج تنمية وبناء المهارات.
- خلق بيئة باعثة على الابتكار والتطوير وتنمية مبدأ المشاركة والعمل بروح الفريق.
- تحسين سمعة الشركة وزيادة الإحساس بالفخر والانتماء بين العاملين بالشركة.

1.16. البنية التحتية لمنهجية التحسين Six Sigma Infrastructure

إن تبنى منهجية التحسين طريقة للتعامل مع المشاكل التي تواجه المنظمة أو الشركة، واعتمادها بيئة عمل تهى المناخ للابتكار والتطوير والخلق والابداع، يستلزم وعياً وإدراكاً من الجميع بأهمية دور كل منهم، وإدراك أن كل فرد وحده لن يكون قادراً على تحقيق أى إنجاز، وإنما بالتعاون والتكاتف وروح الفريق ينجح الجميع، وهذا بالضرورة يتطلب فهم الأركان التي تقوم بها هذه المنهجية ولأسس التي تبنى عليها هذه الفلسفة.

ولاشك أن العامل الأساسى والحاسم فى إنجاح هذه المنهجية هو العامل البشرى وهو ما نسميه بالبنية التحتية للقوى البشرية Manpower Infra structure، وهى تتألف من عدة مستويات فى شكل 1-16، والشكل الهرمى هنا يرمز إلى العدد وفى نفس الوقت إلى المهارات التى ينبغى اكتسابها والتمتع بها، ويعتمد حجم هذا الهرم على حجم المؤسسة التى ستبنى هذه المنهجية، قاعدة هذا الهرم هى موظفين من الشركة يطلق عليهم اسم حاملى الحزام البرتقالى Orange Belt، يليها فى الترتيب مستوى أقل عددا يطلق عليها حاملى الحزام الأخضر Green Belt، يليها فى الترتيب مستوى أقل عددا يطلق عليها حاملى الحزام الأسود Black Belt، ثم فى قمة الهرم نجد الأبطال أو الرواد Champions.



شكل رقم 1-16 البنية التحتية للقوى البشرية

وفىما يلى توضيح لهذه المستويات وبعض خصائصها، ومستويات التدريب التى يحتاجها الأشخاص الذين سيأخذون على عاتقهم جهود التحسين فى منظماتهم، وجدير بالذكر أن مستوى التدريب سيعتمد على حجم وقيمة التحسينات المرجوة كما يلى:



1- حاملي الحزام البرتقالي Orange Belt: ويحتاجون إلى دورة تدريبية مكونة من عشرة محاضرات، كل محاضرة مدتها ساعتان، يتلقى خلالها المتدرب فكرة عامة عن منهجية التحسين Six Sigma، كما يتعرض البرنامج لكيفية تطبيق المراحل الخمس المختلفة لمنهجية التحسين DMAIC بشئ من التبسيط، وفي نهاية البرنامج يصبح المتدرب قادراً على مساعدة كل من حاملي الحزام الأخضر Green Belt و حاملي الحزام الأسود Black Belt في تنفيذ المشروعات داخل الشركة إذا دعت الحاجة إلى الاستعانة بهم.



2- حاملي الحزام الأخضر Green Belt: ويحتاجون إلى دورة تدريبية مكونة من 40 محاضرة، كل محاضرة مدتها ساعتان، يتعرض برنامجها لكيفية تطبيق المراحل الخمس لمنهجية التحسين DMAIC بشئ من التفصيل، وفي نهاية الدورة يصبح المتدرب قادراً على استخدام مجموعة من الأدوات والمهارات، وعلى تنفيذ مشروعات التحسين البسيطة في محيط عمله، كما يكون قادراً على مساعدة حاملي الحزام الأسود Black Belt في تنفيذ المشروعات الكبيرة، وأن يكون جزءاً من فرق التحسين، وأثناء تنفيذ مشروع تحسين لفئة الحزام الأخضر Green Belt يقوم الموظف بهذا النشاط إلى جانب وظيفته الأساسية بشركته، أي أنه يكون غير متفرغ لتنفيذ مشروع.



3- حاملي الحزام الأسود Black Belt: ويحتاجون إلى دورة تدريبية مكونة من 120 محاضرة على الأقل، مدة كل محاضرة ساعتان، يتعرض برنامجها لكثير من العمق في دراسة المراحل الخمس لمنهجية التحسين DMAIC، ولا تركز الدورة فقط على الأدوات الإحصائية التي تمكن المتدرب من تطبيق هذه المراحل بفاعلية وبعمق، بل تركز كذلك على إكسابه العديد من المهارات الإدارية الهامة التي تمكنه من إنجاح المشاريع التي يشرف عليها، ومنها على سبيل المثال لا الحصر مهارات التعامل مع الآخرين، والتواصل، و تكوين وقيادة الفرق، وعقد الاجتماعات، والتفاوض، والتخطيط والمتابعة، وإدارة الموارد، ومهارات التفكير المنطقي والخلق.... إلى جانب مهارة استخدام العديد من الأدوات الإحصائية مثل الانحدار والارتباط.

وإختبار الفرضيات، وهي العصب الرئيسي والعمود الفقري لأي من جهود التحسين، وفى نهاية الدورة يكون المتدرب قادراً على قيادة فرق جهود التحسين في المنظمة التي ينتمي إليها، وأثناء الإشراف على مشروعات التحسين يكون حامل الحزام الأسود Black Belt متفرغ من أي وظائف أخرى في شركته، ولتكوين فرق تحسين فعال فإنه يلزم على الأقل وجود حامل للحزام الأسود Black Belt واحد، يقابله عشرة من حاملي الحزام الأخضر Green Belt، وحوالي ثلاثين من حاملي الحزام البرتقالي Orange Belt فى المنظمة، وكلما زاد العدد كان أفضل، حيث إن ذلك يخلق جواً يهيئ النجاح لمجهودات التحسين.



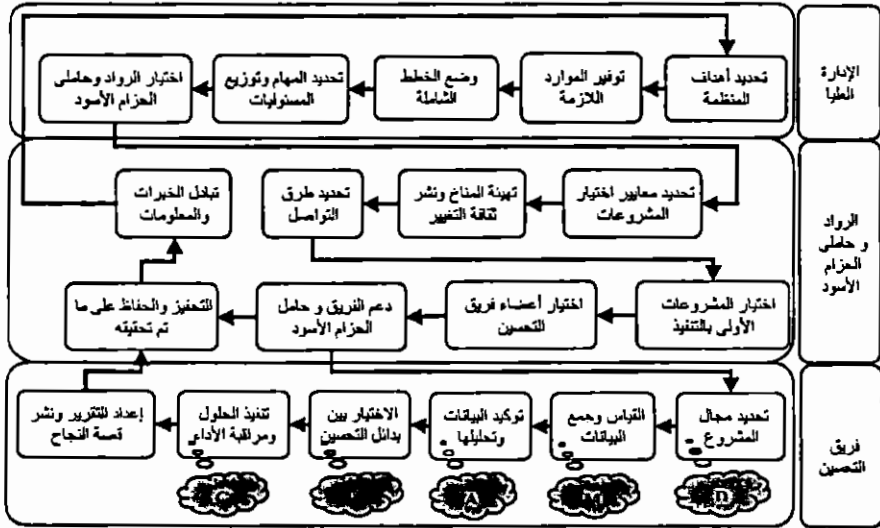
4- الأبطال أو الرعاة أو الرواد Champions: وهم أفراد من الإدارة العليا، وعادة ما يكون المدير التنفيذي أو نائبه أو المدير العام حيث يشرف على فرق تطبيق منهجية التحسين Six Sigma ، ويحتاجون إلى دورة تدريبية موجهة للإدارة العليا مكونة من 4 محاضرات، مدة كل محاضرة ساعتان، يتعرض برنامجها لتوضيح مفهوم منهجية التحسين Six Sigma وطريقة تطبيقها ومردود ذلك على الشركات، كذلك يتعرض لسرد قصص من نجاحات الشركات التي طبقت منهجية التحسين Six Sigma، كما يتعرض بسرعة إلى مراحل التنفيذ المختلفة لمنهجية التحسين DMAIC، وهدف البرنامج هو تهيئة الإدارة العليا للمساهمة في إنجاح تطبيق منهجية التحسين Six Sigma.

وتتلخص مهام الأبطال أو الرواد Champions فيما يلي :-

- التأكد من تناسق أهداف المشروع مع الأهداف العليا للمنشأة.
- إختيار المشاريع المطلوب إنجازها وجدولتها ضمن خطة عامة لشركة.
- إعلام قيادة المنشأة بسير المشاريع وبتقديمها.
- توفير وتوزيع الموارد المطلوبة مثل الوقت والمال وأي مساعدات أخرى .
- المراجعات الضرورية والتقييم الدوري للمشروعات القائمة .
- التنسيق وفض النزاعات والتدخلات التي تعترض التطبيق..

هذا ويلاحظ أنه فى الوقت الذى تهتم فيه منهجية التحسين بالتدريب على كافة المستويات، فإنه يجب ألا يكون تدريباً من أجل التدريب فقط، ولكن يجب أن يكون تدريباً موجهاً يتسق مع احتياجات الشركات ويتمشى مع إمكانياتها، ويتحقق ذلك من خلال إختيار البرنامج التدريبي المناسب لكل مستوى وظيفي كما يلي:

- التدريب التثقيفي Awareness Training: ويوجه إلى كل العاملين بالشركة لإحاطتهم بما تقوم به الشركة من أنشطة لدفع ودعم التجويد ومساندة التحسين المستمر، وهذا التدريب يكافئ تدريب الحزام البرتقالي Orange Belt.
 - التدريب للفعال Active training: ويوجه إلى الفئة التي من المحتمل أن تتخبط في أنشطة التطوير وتكون جزءاً من فرق منهجية التحسين Six Sigma، وستطبق المهارات والأدوات التي يتم دراستها أثناء تأدية أعمالها، وهذا التدريب يكافئ تدريب الحزام الأخضر Green Belt.
 - التدريب المتقدم Advanced training: ويوجه إلى فئة من العاملين المميزين، الذين تتوسم فيهم الإدارة فهمهم لمنهجية التحسين، وترى فيهم بعض الخصائص التي تمكنهم من التطبيق الناجح، وهذا التدريب يكافئ تدريب الحزام الأسود Black Belt.
- والشكل 1-17 يعرض مقترحاً لخطوات تنفيذ منهجية التحسين Six Sigma ودور المستويات الوظيفية المختلفة خلال هذه المراحل :



شكل رقم 1-17 مقترح لخطوات تنفيذ منهجية التحسين Six sigma "المؤلف"

1.17. معوقات تطوير الأداء Performance Enhancement Resistance

إنه لمن الإنصاف أن نشير إلى الجهود التي تبذلها بعض الإدارات في الشركات والهيئات والمنظمات من محاولات الإصلاح، إلا أن التنفيذ الفعلي لهذه المحاولات لا يصل بها في كثير من الأحيان إلى تحقيق الأهداف المنشودة، إما لتغلب النظرة الأكاديمية في وضع الحلول، أو لعدم إشراك العاملين والمنفذين في هذه الإصلاحات بدرجة كافية، أو للتغيرات

المتلاحقة فى آليات السوق وتوجهات العملاء، مما يفقد هذه الحلول المواءمة اللازمة مع الأوضاع المتغيرة والتطورات السريعة، وهذا ما يدفع تلك الإدارات إلى الحلول السهلة التى نصفها بالمسكنات والتى لا تحقق ضبط إيقاع العمليات ولا تحسن من فاعلية الإنتاجية ولا تؤدى إلى رفع كفاءة الأداء إلى المستوى المأمول.

ولعل من أهم هذه المشكلات والعقبات التى تعوق عملية التطوير ما يلى:

- عدم وجود أهداف واضحة أو رؤية محددة المعالم Vision لتلك الشركات فى كثير من الأحيان، مما يؤدى إلى اختلاط وتضارب وتناقض الأهداف التى تسعى إليها بعض وحدات الإدارات.
- افتقار تلك الإدارات إلى استراتيجيات Strategies واضحة أو تكتيكات Tactics وخطط Plans لتحقيق تلك الأهداف والوصول إليها.
- عدم وجود معايير لقياس مستوى الأداء Key Performance Indicators وغياب الرقابة والمتابعة الدقيقة Follow up.
- عدم تبنى الأساليب المعاصرة للإدارة واتخاذ القرارات المرتكزة على البيانات Data Based Decision making process، والمعتمدة على التحليل للوصول إلى مجموعة مقترحات قابلة للتنفيذ وتتفق مع أهداف الشركة وإمكاناتها والظروف المحيطة بها.
- ضعف القيادات التنفيذية فى كثير من مستويات الإدارة وتغلب النزعة الشخصية Personal tendency فى قراراتهم الإدارية.
- غياب برامج التدريب الموجه Oriented training وضعف انظمتها وأهدافها وعدم فاعليتها.
- تدهور نظم و أساليب العمل procedures لعدم صيانتها ومراجعتها بصورة دورية Regular Review، وعدم اتباع الأساليب العلمية لتطوير تلك النظم، مما يؤدى إلى اقترانها بتعقيدات مكتبية وإجراءات شكلية.
- تضخم القوى الوظيفية وعدم تناسبها سواء كما أو كيفاً مع المتطلبات الحقيقية للعمل، وعدم وجود مفهوم علمى واضح لوظائف الخدمات المعاونة Supportive functions.
- عدم وجود قواعد تنظيمية ثابتة مثل إنشاء درجات لأشخاص دون حاجة فعلية لهم فى التنظيم.

- ضعف الولاء الوظيفي Functional loyalty نتيجة إهمال اشراك الأفراد فى عملية اتخاذ القرارات، أو عدم تحقق مبدأ العدل والشفافية الإدارية.
- ضعف نظم المعلومات Information management وتضارب البيانات داخل الوحدات المختلفة، واتباعها للأساليب التقليدية القديمة البالية فى الحفظ والتداول بين المستويات المختلفة للإدارة.
- عدم التنسيق بين التكاليف والعوائد، وتبنى مبدأ أن تقليل النفقات هو المدخل الطبيعي للمحافظة على معدلات النمو بدلا من العمل على زيادة العوائد.
- سلوك الطريق الإسفل فى تحقيق انتاجية أكبر عن طريق زيادة الموارد والإمكانيات بصفة مستمرة، مع عدم اللجوء إلى الطريق الصحيح وهو زيادة الإنتاجية مع تثبيت الإمكانيات أو تقليلها.
- الإهمال أو الإسراف الشديد عند استخدام الموارد والإمكانيات، وعدم القدرة على استثمار الطاقات المتاحة وتبديدها فى أعمال غير منتجة، فى ذات الوقت الذى تعدم فيه الشكوى من قصور الإمكانيات وتأثير ذلك على الإنجاز.
- القصور فى تطبيق نظم الحوافز الإيجابية والسلبية، و التفريط فى تطبيق الجزاءات التى تقررها اللوائح والإجراءات بدعاوى انسانية واجتماعية.
- ضعف الرقابة على العاملين وانتشار الظواهر السلبية واللامبالاة، وعدم ادراك العامل لأهمية الدور الذى يقوم به.
- عدم التوزيع السليم لسلطة اتخاذ القرارات، والميل إلى تركيز تلك السلطة فى المستوى الإدارى الأعلى، الأمر الذى يودى إلى التصعيد المستمر للمشاكل إلى القيادات الإدارية الأعلى، ومن ثم تستغرق تلك القيادات فى أمور كان من الواجب البت فيها على مستويات أدنى.

الفصل الثاني

مفهوم منهجية التحسين ومراحلها الخمس

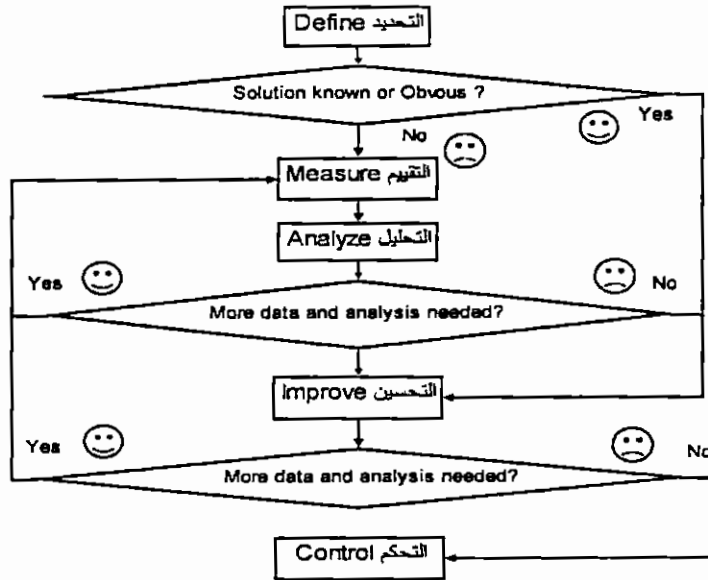
DMAIC Stages and Concept

2.1. مقدمة Introduction

لقد جرى العرف عند الحديث على منهجية التحسين Six Sigma اعتبار أننا نتحدث عن الطريقة/المنهجية التي تمكننا من انتاج 3.4 منتج معيب فقط لكل مليون منتج Defective Part Per Million Opportunity (DPMO)، وتعتمد منهجية التحسين Six Sigma في إنجاز مهمة التحسين على عدة مراحل وهي التحديد Define، و التقييم Measure، والتحليل Analyze، والتحسين Improve، والتحكم والمراقبة Control ويرمز لها بكلمة DMAIC، ويلاحظ أن المعاني العربية لها جميعاً تبدأ أيضاً بحرف التاء.

2.2. مفهوم المنهجية ذات الخمس مراحل DMAIC Stages and Concept

أما الشكل 1-2 التالي فيعرض مخططاً لطريقة التعامل DMAIC مع المشكلات بمفهوم منهجية التحسين Six Sigma.



شكل رقم 1-2 طريقة التعامل مع المشكلات بمفهوم منهجية التحسين Six Sigma.

وفى هذا الفصل من الكتاب سوف نتناول ما يتم من خطوات في كل مرحلة من هذه المراحل، وسنتبع ذلك فى كل مرحلة بجدول عمدا فيه إلى ما يلي:

■ تم تقسيم مستويات التنفيذ إلى مستويين رئيسيين هما مستوى الأعمال Business Level، وتمثله الإدارة العليا، ويهتم بدراسة الخطوط العريضة للقضايا التي تتعلق بمستقبل المنظمة، ومستوى العمليات Process Level أو Operation level، وتمثله الإدارة المتوسطة والإدارات التنفيذية، ويهتم بدراسة تفاصيل مشروعات التحسين وتحليلها باستفاضة وبتأن.

■ وتم تقسيم مستوى العمليات Process Level أو Operation level، إلى أربعة مستويات فرعية تختلف باختلاف مرحلة الدراسة.

■ وتم توضيح مهام كل مستوى وظيفي Level، في كل مرحلة من مراحل التحسين الخمس المختلفة DMAIC.

■ وكذلك تم عرض الأدوات التي يمكن الاستعانة بها لتنفيذ المهام السابقة لكل مستوى لكل مرحلة، ويمكن بلورة ما يتم في كل مرحلة من هذه المراحل كما يلي:



2.2.1. مرحلة تحديد مجال التحسين "Define" Phase

وهي مرحلة تحديد مجال مشروع التحسين والغرض منه، وفي هذه المرحلة يكون المطلوب الإجابة على الأسئلة: ما هو المهم تنفيذه what is important؟ وما هو نوع الألم؟ What is the pain؟ وما هي المشكلة المطلوب التغلب عليها؟ What is the problem؟ وتشمّل هذه المرحلة على عدة خطوات (جدول 2-1) كما يلي:

- 1- بحث ودراسة مشروعات التحسين المقترحة والمفاضلة بينها، واختيار أنسبها، ويتم التفضيل بين هذه المشروعات من خلال معايير يضعها حامل الحزام الأسود Black Belt مع الإدارة العليا Top Management، وهذه المعايير يجب أن تتناغم مع أهداف الشركة وتتفق مع خططها، وتتسق مع متطلبات العملاء Voice of the customer .
 - 2- دراسة مبدئية لقياس المشكلة وبلورتها في صورة كمية (مثل نسبة الفاقد أو الوقت الضائع أو حجم المعيب) وتوثيقها من خلال إعداد مخطط العملية Process Mapping.
 - 3- تجهيز الميثاق Charter والذي يجب أن يحتوي على الدوافع التي أدت للإقدام على تناول هذه المشكلة، وعرض محدد للمشكلة والمستهدف وجدول زمني وتسمية أعضاء فريق العمل، وهو بمثابة عقد بين الفريق والإدارة يضمن التزام الطرفين، وهو كذلك رؤية مبدئية لكيفية سير مشروع التحسين.
 - 4- معرفة متطلبات العميل وجعلها من ضمن أهداف مشروع التحسين، والاهتمام بتحديد معايير الأداء الرئيسية Key Performance Indicators KPI، مثل الأنشطة الحرجة التي تتعلق بالوقت Critical to Schedule CTS، والأنشطة الحرجة التي تتعلق بالعمل Critical to Customer CTC، والأنشطة الحرجة التي تتعلق بالجودة Critical to Quality CTQ.
 - 5- الاجتماع بفريق التحسين ووضع مبادئ العمل Ground rules وتوزيع الأدوار والمهام والمسئوليات، والاتفاق على طرق التواصل والاتصال.
- وبنهاية هذه المرحلة نكون مقبلين على البوابة الثانية Toll Gate من بوابات المراحل الخمس، ويكون في أيدينا منطقة تحسين محددة أو مجال مشروع محدد، ومستوى تحسين محدد، بفريق محدد ولفترة زمنية محددة، وفي هذه المرحلة سينصب اهتمامنا على تحديد ما نسميه النتائج الأساسية (Big Y's) التي نريد تحقيقها، أو المخرجات الهامة للعملية Key Process Outputs Variables (KPOV's).

جدول رقم 2- 1 المهام والادوار خلال مرحلة التحديد Define (للمؤلف)

Define What is the Problem?				
Business level	Project definition & selection	Project Charter	Process level	Change management/Team building
- Project deliverables should meet business objectives - Projects aligned with company strategic goals & plans - business level projects last several years in some cases - Identify CCR & CTQs & CTCs	- Selection criteria's are set by top management and MBB or BB to serve company and customer goals - Most Six sigma projects are 3-4 months	- A "Living document" Contract between the team and management that assure the parties commitment - define the scope, schedule, resources, (possible) deliverables, Stockholders - Avoid troubles & conflict - Who, What, Where, When, Why, How?	- Customer is any one receive output - The challenge is to understand how your customer define and prioritize the various needs and expectations they have of your products and services. - Identify CCR & CTQs - Remove the Non Value Added "NVA" activities - prioritize customer needs "CCR"	- The challenge is not how to change management but how to manage the change? - converts stakeholder by change - Change will meet resistance - Change is necessary due to leadership, competition, technology, training, laws, regulation, customer demand
Tools				
- Competitor Analysis - Benchmarking - Interview - Surveys - Questionnaires - Measure customer satisfaction / dissatisfaction	- Flow chart - Top level process - Prioritization Matrix - Differentiate between alternatives - Select project aligned with company goals & objectives - Work break down structure - Reduce "Big-Complet" To "Tiny- Manageable" - Define manageable project scope - Pareto diagram (vital few, trivial many) - Find Significant opportunity - Focus resources on area - Pareto Priority Index (PPI) - Compare costs	- Process maps - Highlight functional responsibility by process flow - GAUNT, AND, CPM, PERT - Define the critical path - Resources allocation - Time estimation - cost estimation - Work Break down Structure (WBS) - Reduce "Big-Complet" To "Tiny- Manageable" - Financial (Break/Confl) analysis - cost of current quality level vs. potential improvement - Organigram - Members allocation - Gap Analysis - Evaluate status	- Interview - Surveys - Questionnaires - measure customer satisfaction / dissatisfaction - Pareto Diagram - Categorize / prioritize CCR & CTQs - Prioritization Matrix - Differentiate between alternatives	- Affinity Diagram - General & categorize ideas and build consensus - Nominal Group Technique (NGT) - Rank ideas - Prioritization Matrix - Rank options, get consensus - Achieving Buy-in - assure commitment & support - Communication skills - Disolve barriers - Ground rules - Confid , commitment, participation - Responsibility Matrix - accountability - Meetings & Seminars - Awareness & culture
Define To define the scope of the improvement project, define customer requirements, prepare team to be effective project teams and illustrate the business process to be improved				

2.2.2. مرحلة التقييم و القياس "Measure" Phase

وهى مرحلة تجسد أهميتها الحكمة القائلة " إذا كان لدينا شيء لا نستطيع قياسه فنحن لا نعرف الكثير عنه، وإذا كنا لانعرف الكثير عن شيء، فلن يمكننا أن نتحكم فيه، وإذا لم نستطع التحكم فى شيء، فنحن فى وضع محفوف بالمخاطر، و فى انتظار رحمة الصدفة لتحقيق الهدف، وتحت سيف الحظ لإحراز النجاح"، وتهدف هذه المرحلة إلى تجميع بيانات لتحديد المستوى الحالي للعملية، أي تحديد مستوى الجودة Sigma Level، أو وصف المشكلة الحالية Describe the Problem وصفا كميا، وتجهيز هذه البيانات والمعلومات للمرحلة القادمة، و يجب أن تكون تلك المعلومات موثوق بها ولا يتم الاعتماد على أفكار و إعتقدات الموظفين أو حتى العملاء، وهذه الخطوة من أهم الخطوات التي تتميز بها هذه الطريقة عن الكثير من وسائل الجودة مثل إدارة الجودة الشاملة .. لأن الثقة في مجال العمل يجب أن لا تكون للعواطف أو التخيلات وإنما للحقائق والمعلومات.

وخلال هذه المرحلة نحاول الإجابة على الأسئلة: أين نحن الآن من الأهداف المنشودة؟ وكيف نؤدى؟ How are we doing؟، وتشتمل هذه المرحلة على عدة خطوات (جدول 2-2) كما يلي :

- 1- استكمال دراسة المنطقة التي سيتم فيها التحسين بمساعدة أصحاب العملية.
 - 2- تحديد المعايير KPI's التي سنتبناها واختيار أكثرها أهمية، ويتوقف نوع المعيار الذي سنستخدمه على نوع العملية .
 - 3- تحديد والتأكد من سلامة طريقة القياس وأجهزة القياس والقائمين على القياس، وهو ما نطلق عليه تحليل نظام القياس Measurement System Analysis.
 - 4- استخدام المعايير التي تم تحديدها لقياس وتحديد مستوى العملية الحالي، بهدف عمل مقارنة بين هذا المستوى الآن وبعد التحسين، لتحديد التحسين المطلوب.
 - 5- تجهيز خطة لتجميع البيانات Data Collection Plan، أى من سيقس ماذا، ولماذا، ومتى، وأين، وكيف؟
 - 6- قياس مقدرة العملية ومستوى الأداء الحالي لها وتقييم الفجوة بينه وبين الأداء المرتقب (راجع الفصل السابع تحت عنوان مقدرة العملية ومستوى الجودة).
- وبنهاية هذه المرحلة نكون مقبلين على بوابة Toll Gate جديدة من بوابات المراحل الخمس، ويكون لدينا عدة أسباب محتملة للمشكلة قيد الدراسة ونطلق على الأسباب المحتملة

تعبير النظريات أو الاحتمالات Theories، وذلك لأنها ليست يقينية و لم تثبت بدلائل قاطعة بعد، وفي هذه المرحلة سيظل اهتمامنا مركزا على دراسة النتائج (Y's)، وقد يمتد هذا الاهتمام إلى الأسباب المحتملة لحدوث المشكلة (X's) .

جدول رقم 2-2 المهام والادوار خلال مرحلة القياس Measure (للمؤلف)

Business level	Process level			
	Process definition	Metric definition	Process Baseline & Capability	Measurement System Analysis
Actions - Customer surveys - Competitor analysis - Employee survey - Benchmarking	- Process consists of repeatable tasks, carried out in specific order - Always it is useful to define "AS-IS" by process owners & Desired process by stakeholder	- Defining the process metric makes understanding how the process can be quantified - Strong correlation to quality, performance, customer satisfaction & project deliverables - Check to quality (CtQ) - Check to Cost (CtC) - Check to Schedule (CTS)	- What is the current process status? - Where am I today? - Used for comparison of processes or business units - Measure Metrics - Thoughtful yield, Sigma level, Dollar Savings..... - How can I evaluate the process? - Point estimate, error/margin statistic, analytical statistics	- Before measuring we have to be sure that : Gauge is good enough (repeatability) by: 1- Calibration (bias or accuracy) 2- Considering the error 3- Maintenance (stability) long time - Appraiser is qualified enough (Product) by: 1- Training & testing 2- Measuring procedure
Tools - Competitor analysis - Benchmarking - Interview - Customer surveys - Employee surveys - Questionnaires - measure customer satisfaction / dissatisfaction	- Flow chart - Highlight "AS-IS" process complexity - doesn't depend where is the error? - SPOC chart - Identify input/output / stakeholder - steps should be: Process, output, customer, supplier, input - Process Procedures - Highlights functional responsibility for process flow	- Box-Whisker (Box plot) - compare variation among metrics - Cause & Effect (Fishbone- Ishikawa) - Transformation potential and cause (SM, SP) - Check (data) wheel - data collection for baseline - Interrelationship diagram - Identify the bubble-neck area - Transition relationship between problem causes - Paralel diagram - Correlation / regression metrics - Stem and Leaf - Depict, data pattern & outliers - Show actual data values	- Condenses to fit and probability tests - Test for distribution - Histograms - Depict the shape of process output - Capability Index (short term for stable process) - Capability performance (long term) for variable process - Compare pro. variation to specifications - SPC control charts - Identify common, special causes - Determine stability of process - Basic MRCO analysis - cost of current quality level	- Gauge stability - Evaluate long time accuracy (Bias) - Gauge linearity - Evaluate variation as function of size - Gauge R & R - Categorize measurement errors - Repeatability at same conditions - Reproducibility at variable conditions
Measure How are we doing? To identify the critical measured that are necessary to meet CTQs requirements by customers and begin developing a methodology to effectively collect data to measure process performance				
Measurement System Analysis SPC Control chart Depict stability of measurement error $\sigma^2 = \sigma^2_{\text{AS}} + \sigma^2_{\text{RPT}} + \sigma^2_{\text{RPO}}$ $\sigma^2_{\text{AS}} = \sigma^2_{\text{RPT}} + \sigma^2_{\text{RPO}}$				

2.2.3. مرحلة التحليل "Analyze" Phase



Analyze

هي مرحلة تحليل البيانات التي تم تجميعها، ومحاولة تحديد الأسباب الرئيسية المحتملة للمشكلة Root Causes، فبعد أن حددنا ما الذي سنقيسه، وكيف سنقيسه، وتأكدنا من سلامة نظام القياس، وجمعنا القياسات والبيانات، سيكون مطلوب منا الإجابة على السؤال ما الذي أحدث وتسبب في الخطأ What is wrong؟، وتشتمل هذه المرحلة على عدة خطوات (جدول 3-2) كما يلي :

- 1- دراسة الأسباب المحتملة للمشكلة، وذلك بتحليل البيانات التي تم تجميعها لمعرفة خصائصها واستقرانها عن طريق المقاييس الرقمية Measures والأشكال البيانية Graphs (راجع الفصل الحادي عشر تحت عنوان تلخيص وعرض البيانات).
 - 2- تحديد أكثر هذه الأسباب ارتباطاً بالمشكلة، واختيار أكثرها احتمالاً لتحديد الأسباب الرئيسية Root Cause Identification.
 - 3- استخدام تحليل الانحدار Regression (يرجى مراجعة الفصل الخامس عشر في هذا الكتاب تحت عنوان الارتباط والانحدار الخطي البسيط) للتنبؤ باحتمال وجود علاقة بين الأسباب المحتملة للمشكلة والمشكلة نفسها، ثم إثبات وتأكيد هذا الاحتمال باستخدام تحليل التباين ANOVA (راجع الفصل السادس عشر).
 - 4- تحليل العملية الحالية وتحديد نقاط الضعف والأنشطة الغير لازمة لها، وكذلك دراسة طرق تقليل وقت هذه الأنشطة باستخدام أدوات منهجية التحسين Six Sigma، وأدوات تهذيب العمليات Lean Tools (راجع الفصل التاسع).
 - 5- قد يستلزم الأمر إعادة التخطيط لجمع مزيد من البيانات لتدعيم التحليل وتأكيد النتائج.
- وفي هذه المرحلة سينصب اهتمامنا على دراسة كل من النتائج Y's، و الأسباب المحتملة Potential X's، وبنهايتها نكون مقبلين على بوابة Toll Gate جديدة من بوابات المراحل الخمس، ونكون قد انتهينا من دراسة العملية لتحقيق أهداف منها:
- 1- إجراء التهذيبات السهلة والسريعة للعملية Streamlinning.
 - 2- تحليل وتحقيق وتمحيص Re-validation النظريات أو الفروض Theories حول الأسباب المحتملة، للتأكد من أنها أسباب حقيقية مرتبطة بالمشكلة.
 - 3- تطبيق بعض التحسينات السريعة والسهلة وهي ما نطلق عليه Quick Wins، أو الثمار سهلة القطف Low Hanging Fruits.

69

2.2.4. مرحلة التحسين Phase "Improve"



Improve Root Causes، ثم يلى ذلك اختيار وتطبيق أفضل هذه الحلول والتأكد من ملاءمتها لتحقيق النتائج المرجوة تمهيدا للتنفيذ والتطبيق الشامل، وفى هذه المرحلة يكون من الضروري الإجابة على السؤال: ما الذى يجب علينا فعله؟ What needs to be done؟، وتشتمل هذه المرحلة على ستة خطوات رئيسية وهى:

- أولاً : تقييم البدائل المطروحة/المتاحة Alternatives assessment.
- ثانياً : تصميم الحل Solution Design.
- ثالثاً : تصميم طرق التغلب على مقاومة التغيير Change Management.
- رابعاً : تحليل نظام القياس Measurement System Analysis.
- خامساً : التأكد من فعالية الحل Solution Validation.
- سادساً : تنفيذ الحل Solution Execution.

وقبل انتهاء هذه المرحلة يجب قياس حالة العملية بعد التحسين بهدف مقارنتها بحالتها قبل التحسين مقارنة أفقية Horizontal comparison ، مع ملاحظة أنه فى هذه المرحلة سينصب اهتمامنا على دراسة كل الأسباب الحقيقية والجذرية للمشكلة (Red X's) بصفة أساسية ، وكذلك على النتائج (Y's) فى بعض الحالات. وسنتناول هذه الخطوات بشئ من التفصيل فى السطور القليلة القادمة:

أولاً:تقييم البدائل المطروحة/المتاحة Alternatives assessment.

تبدأ رحلة العلاج لحل أى مشكلة بتحديد عدد من بدائل الحلول الممكنة ثم تقييم كل من هذه البدائل والمفاضلة بينها من حيث تأثيرها على المشكلة وعلى المنظمة ككل، ويكون هذا التقييم بعدد من المعايير Criterion، ثم يلى ذلك اختيار أفضل تلك الحلول المتاحة والممكنة Best available solution ، وحيث أن الحلول المتاحة لا تتساوى فى جودتها، فإنه يتوجب على فريق التحسين أن يبحث ويدرس ويتفق على الحل الأكثر مناسبة والأكثر فعالية.

ويمكن الاستعانة إما بـ " مصفوفة (آلية) تحديد الأولويات Prioritization Matrix " أو بـ "تقنية المجموعة الاسمية NGT Nominal Group Technique" وهى أداة تشبه

Prioritization Matrix إلى حد كبير إلا أنها أقل عمقاً وتستخدم فى المشروعات الصغيرة التي نريد الوصول فيها إلى اتفاق سريع للأراء، والمشروعات التي لا تحتاج إلى قدر كبير من الدقة، وبمساعدة هاتين الأدواتين وغيرهما مثل جلسات عصف الذهن Brainstorming، وجلسات التفكير الخلاق باستخدام القبعات الست Six Hats (يرجى مراجعة الفصل التاسع فى هذا الكتاب تحت عنوان أدوات منهجية التحسين).

وتتم عملية المفاضلة بين البدائل واختيار البديل الأمثل منها بعد الإتفاق على مجموعة من المعايير التى ستستخدم فى تقييم تلك البدائل و التى تم التوصل إليها ، ومن بين هذه المعايير ما يلى:

■ التأثير على المشكلة Impact on the problem:

فى الكثير من الحالات نجد أن بعض الحلول قد تحل المشكلة بدرجة أكبر من غيرها، وهنا يجب على الفريق أن يقيم تأثير كل من بدائل الحلول الممكنة على المشكلة قيد البحث.

■ العلاقة بين الفوائد والتكلفة Cost/Benefit Relationship:

تعتبر التكلفة الإجمالية للحل من المعايير الهامة للاختيار بين هذا الحل وذاك، وتعتبر الحلول ذات النسبة العالية "الفوائد/التكاليف" حلاً أكثر ملاءمة.

■ التأثير على مناخ العمل /مقاومة التغيير Change resistance:

تتسبب التغييرات التكنولوجية والتغيير فى طريقة العمل فى تغيير مناخ العمل داخل المنظمة، ويؤدى هذا إلى خلق مقاومة التغيير لدى الأفراد، إذ يخشى كثير من الأفراد تجربة أى شئ جديد ويقاومون كل ما هو غير مألوف، لذلك على الفريق أن يقيم تأثير كل بديل من الحلول المتاحة من حيث تأثيره على الأفراد الذين سيتأثرون به واحتمالات مقاومتهم لهذا الحل.

وعموماً وبالرغم من أهمية مقاومة التغيير والنظر إليها على أنها من العوامل الهامة، إلا أنه لا يجب أن تكون وحدها سبباً لرفض أحد الحلول ، ولكن عند تساوى بديلين فى كل معايير التقييم، واختلافهما فى مقاومة التغيير فقط فيجب أن نختار الحل الذى يتسبب فى أقل مقاومة للتغيير.

■ زمن التنفيذ Execution time:

يجب على الفريق أن يقدّر الزمن اللازم لتنفيذ الحل ومقارنته بمدى الإستعجال فى الوصول إلى حل، وتزداد أهمية هذا المعيار إذا زادت أهمية الوصول إلى حل بسرعة.

■ احتمالية النجاح Probability of success:

فى كثير من الأحيان يكون للحل المقترح مزايا عديدة وفوائد جمة وبالرغم من ذلك لا يعتبر حلاً مثالياً، فمثلاً قد يتطلب الحل مستوىً عالياً من التقنيات الجديدة التى لم يتم اختبارها على نطاق واسع ولم يثبت التأكد من نجاحها، أو قد يتطلب الحل إجراء تغييرات جذرية وكبيرة فى هيكل المنظمة، وحينئذ نقل احتمالية النجاح وتكون سبباً فى رفضه أو تأجيله بالرغم من انخفاض اجمالي تكلفته وارتفاع الفوائد المحتملة لتنفيذه وتطبيقه.

■ العوامل الصحية / عوامل الأمان والبيئة Health, Safety and Environment:

يجب على الفريق أن لا يختار حلولاً تهدد صحة أو أمن العملاء أو تضر المجتمع أو العاملين بالمنظمة، ويجب أن يكون الحل الذى يتم اختياره متعادلاً على الأقل أو إيجابياً.

■ ثانياً تصميم الحل Solution Design:

بعد تقييم البدائل المطروحة/المتاحة Alternatives assessment يقوم الفريق بتصميم الحل الذى تم اختياره وتجهيزه للتطبيق، ومن الأفضل إشراك الأفراد الذين سيتأثرون بالتغيير فى هذه المرحلة، وذلك من خلال عدة خطوات محددة وهى:

■ تحقيق الحل Solution Validation

وهذه الخطوة التى تعتبر مراجعة أخيرة قبل المضى قدماً فى تنفيذ الحل، وفيها يقوم فريق التحسين بالتأكد من أن الحل الذى تم اختياره يحقق أهداف المشروع، ويفضل أن يكون هناك إجماع من كل أعضاء الفريق فى هذه المرحلة.

■ تحديد الموارد Resources Determination

ولضمان إنجاح تنفيذ الحل ينبغى على الفريق أن يحدد بأكبر درجة ممكنة من الدقة الموارد اللازمة لتنفيذ الحل، وهذه الموارد تشمل ما نطلق عليه 8M's وهى الإدارة

Management، والأفراد Manpower، و المواد/المهمات Materials والمعدات/الألات/الأدوات Machines و الإجراءات Methods والمكان/التسهيلات/بيئة العمل Mother nature والقياسات Measurements، والنقد Money.

■ تحديد المسؤوليات Responsibility Determination

يعتمد نجاح أى حل بدرجة كبيرة على الأشخاص القائمين بتنفيذ التغييرات المطلوبة له ، ومن ثم فمن الضروري تحديد أدوار ومهام ومسؤوليات كل فرد، وفى هذا الصدد يمكن الاستعانة بمصفوفة توزيع المهام والمسؤوليات "ريسى" RACI Chart ومخطط جانث للتخطيط والجدولة Gantt Chart فى الفصل التاسع من هذا الكتاب.

■ كتابة الإجراءات/التعليمات Procedures Preparation

وعادة ما يتطلب الحل أيضاً كتابة الإجراءات والتعليمات الجديدة، و يمكن الاستعانة بأداة إنشاء خريطة/خرائط سير العمليات Flow Chart or Process Map فى الفصل التاسع من هذا الكتاب أيضاً، وهذه الخطوة هامة لتوحيد طرق العمل وضبط ايقاع الأداء.

■ التدريب Training

فى كثير من الأحيان يتطلب التمهيد لتنفيذ الحل تدريب أو إعادة تدريب العاملين وتأهيلهم للوضع الجديد، ويجب أن يكون التدريب مرتكزاً على محورين ، الأول ينصب على المهارات الفنية المرتبطة بتنفيذ الحل، و المحور الآخر ينصب على تقليل مقاومة التغيير Change resistance وتوعية العاملين بدورهم الهام والحيوى، والتركيز على أن هذا الحل إنما هو لصالح العاملين والمنظمة وليس الهدف تطويق العاملين أو تهيمشهم أو سلب ميزة أو انتقاص سلطة .

ثالثاً إدارة مقاومة التغيير Change Resistance Management

كما سبق وذكرنا أن مشروعات تحسين الجودة دوماً تؤدي إلى حدوث تغيير فى المنظمة، وهو ما يقاومه كثير من الأفراد، وفى الحقيقة فإن سلامة الحل المطروح وكفاءته فنياً وموضوعياً لا يكفیان لإنجاح تطبيق هذا الحل، إذ أن الحل سيكون له تبعات تؤثر على مجتمع العمل، وينظر العاملون المتأثرون بهذا الحل أو ذاك على أنه تهديد لهم، ويظل تطبيق

الحل بالغ الصعوبة حتى يتم تحديد وتقييم هذا التهديد الذى يشعر به العاملون والتخلص منه والقضاء عليه.

وتعتبر مقاومة التغيير من التبعات الطبيعية لعملية التغيير، خاصة إذا كان هذا التغيير فجائياً ويتسبب فى تغيير أنماط العمل السارية، أو العادات أو المعتقدات أو التقاليد، أو طرق أداء الأعمال. إذ لا يرغب أى إنسان فى سماع أن طريقته فى العمل لم تعد مناسبة، أو أن أفكاره أصبحت بالية، خاصة إذا كان يقوم بها منذ فترة طويلة، ويمكن أن تحدث مقاومة التغيير حتى من الأشخاص الذين سيستفيدون من هذا التغيير المقترح وحتى إذا كانوا يؤمنون بنظرياته.

لذلك كان من الضروري لإنجاح مبادرات تحسين الجودة أن تأخذ فى الاعتبار كيفية التغلب على مقاومة التغيير وإدراجها ضمن عملية التخطيط لتنفيذ الحل وتطبيقه.

وللتغلب على مقاومة التغيير يجب أخذ النقاط التالية فى الاعتبار :

- 1- ينبغى التسليم بفكرة شرعية المقاومة، والقبول بأنها ظاهرة طبيعية حتمية.
- 2- سلامة الحل المطروح وكفاءته فنياً وموضوعياً لا يكفيان لإنجاح تطبيق هذا الحل، ولا بد من وجود قوة دافعة إضافية لحفز العاملين لقبول مبدأ التغيير.
- 3- إشراك العاملين فى عملية التغيير وجعلهم جزءاً فى عملية اتخاذ القرار به يجعلهم يساندون ذلك التغيير.
- 4- مشروعات تحسين الجودة دوماً تؤدي إلى حدوث تغيير فى المنظمة، وهو ما يقاومه كثير من الأفراد، ولذا يجب بث وخلق ثقافة التغيير، وتوعية العاملين بأهداف التغيير وأنها لصالح العاملين والمنظمة وليس الهدف تطويق العاملين أو تهميشهم أو سلب ميزة أو انتقاص سلطة.
- 5- تنفيذ عملية التغيير تدريجياً ومرحلياً، إذ أن التغيير الفجائي قد يتسبب فى بلبلة وفوضى، ويجب على المنظمة أن تسمح بتوفير الوقت اللازم لإحداث التغيير المطلوب فى عادات وتقاليد ونظم العمل بهدوء وروية، تماماً مثلاً تسمح لفترة حضانة 21 يوماً لتفريخ البيض.
- 6- يجب أن لا ننسى أن استعجال عملية التغيير قد يؤدي إلى شعور العاملين بالإحباط وزيادة مقاومتهم.
- 7- يجب تقدير حجم المقاومة بصورة دقيقة لا فيها تهوين ولا بها تهويل.

- 8- لا يمكن أن يرغب إنسان في سماع أن طريقته في العمل لم تعد مناسبة أو أن أفكاره أضحت بالية ، خاصة إذا كان يقوم بها منذ فترة طويلة، ويجب أن تعلن فكرة التغيير في إطار التطوير والتحسين.
- 9- يمكن أن تحدث مقاومة التغيير حتى من الأشخاص الذين سيستفيدون من هذا التغيير المقترح وحتى إذا كانوا يؤمنون بنظرياته، فيجب استقطابهم وإخراجهم من صفوف المقاومين.
- 10- كذلك يجب أن نراعى أن إعادة تنظيم العمليات يحتاج إلى وقت حتى يتحقق قبول العاملين للنظام الجديد وكذلك لتدريبهم على أدوارهم التي سيؤدونها في هذا النظام.
- 11- يتطلب الحل الجديد أن يتعلم الأفراد مهارات جديدة و إجراءات عمل جديدة، وذلك من شأنه أن يقلل من قيمة الأشخاص الذين لهم خبرة طويلة في النظام القديم.
- 12- يتطلب الحل الجديد أن يشترك العاملون على عملية معينة مع أفراد آخرين لم يتعاملو معهم من قبل، ويجب التمهيد لذلك بعقد الاجتماعات الدورية.
- 13- كثير من الأفراد يقبلون "التغيير" مكرهين إلا إذا لمسوا الفوائد التي ستعود عليهم من هذا التغيير.

رابعاً: تحليل نظام القياس Measurement System Analysis

ولكى تتمكن من الحكم على جودة الحل المقترح، ومقارنة حالة العملية بعد التحسين بحالتها قبل التحسين مقارنة أفقية Horizontal comparison ، فلا بد من إجراء بعض القياسات وتجميع بعض البيانات الرقمية، وهذا يستلزم عملية هامة جداً وهي إعادة تقييم والتأكد من سلامة طريقة القياس وأجهزة القياس والقائمين على القياس مرة أخرى، ويلاحظ أن القياس في هذه المرحلة سيكون على المخلاتات (Red X's) بعد أن كان على المخرجات (Big Y's) في مرحلتى التحديد Define phase و القياس Measure phase (يرجى مراجعة الفصل السادس من هذا الكتاب).

خامساً: التأكد من فعالية الحل Solution Validation

قبل بدء التنفيذ الكامل للحل يجب تنفيذه مرحلياً وجزئياً لتحديد صلاحيته وفعاليته في ظروف التشغيل القائمة، والتأكد من خلوه من أى عيوب أو أى نتائج غير مرغوب فيها وبحث إمكانية تطبيق الحل Applicability ومدى ملاءمته للتحسين، ودراسة الأسباب المحتملة لأى عيوب قد تظهر في الحلول المقترحة وأخذ الترتيبات اللازمة لمنع حدوث هذه الأسباب. وهناك عدة طرق يمكن استخدامها إما كل على حدة أو مجتمعة لتنفيذ هذه الخطوة ومنها:

▪ اختبار التجريبي Pilot test :

و هو اختبار يتم فيه تجريب الحل على نطاق ضيق مما يتيح الفرصة للتعرف على عيوب هذا الحل وآثاره الجانبية وشروط تطبيقه قبل تعميمه وتطبيقه على باقى أجزاء المنظومة قيد التحسين، (وهو ما نطلق عليه المشروع التجريبي Pilot Project)، ويعد هذا النوع من الاختبارات من أفضل الطرق التى تستخدم للتأكد من مدى ملائمة الحل وفعاليته، إذ أنه ينفذ تحت ظروف التشغيل القائمة والفعلية.

▪ اختبار المحاكاة Simulation test :

وهو اختبار يتم فيه تمثيل ومحاكاة ظروف التشغيل (يجب بذل كل الجهود الممكنة لتقريب ظروف الاختبار للواقع العملى)، وغالباً ما يشترك الفريق الذى قام بتصميم الحل فى عملية التخطيط للمحاكاة وتنفيذها ومراقبة أدائها واستخلاص نتائجها، ويستخدم أسلوب المحاكاة فى عدة ظروف منها:

- 1- عند انعدام إمكانية التجريب العملى مثل وقوع الجوادث والكوارث.
- 2- عند ارتفاع تكاليف تطبيق الحل مثل الاختبارات العسكرية والفضائية والطيران..
- 3- عند ارتفاع مخاطر فشل الحل مثل التفاعلات الكيميائية والبيولوجية.
- 4- عند وجود موانع أخلاقية أو دينية أو قانونية مثل تجارب الاستنساخ.
- 5- فى المجالات الهندسية التى تتسم بالتطور السريع.

▪ اختبار التشغيل الداخلى Dry run test :

وهو اختبار يتم فيه تجربة الحل بواسطة الفريق الذى قام بتصميم الحل وبدون تسليم أى نتائج للعميل، وهدفه تجنب مخاطر وقوع أخطاء أو حدوث عيوب بعد تسليم العميل للحل وأثناء تطبيقه له، و يعيب هذا الاختبار أنه غالباً ما يتم فى ظروف لا تشبه تماماً ظروف العمل والتشغيل الحقيقية.

▪ اختبار القبول Acceptance test :

وهو اختبار يقوم العميل (الأفراد الذين سيتولون التطبيق فيما بعد) بتنفيذه للتأكد من وفاء الحل بكافة المتطلبات، وقد يتم هذا الاختبار فى وجود الفريق الذى قام بتصميم الحل أو فى غيابهم أو فى حضور طرف ثالث يختاره العميل، و يعيب هذا الاختبار أنه غالباً ما يتم فى ظروف لا تشبه تماماً ظروف العمل والتشغيل الحقيقية.

سادساً:تنفيذ الحل Solution Execution

وعند انتهاء الفريق من كيفية التعامل مع العوائق الهامة للحل، وبعد التأكد من فعالية الحل، تبدأ عملية التنفيذ الفعلي للحل الذي تم اختياره، وكما أشرنا فإن هذا التنفيذ سيتطلب تقديم التغييرات المطلوب اجراؤها إلى الأفراد الذين سيقومون بتنفيذها، وفي غالب الأحوال وكحد أدنى لضمان التنفيذ السليم يجب وجود خطة مكتملة وواضحة، أى يتحقق فيها من يفعل ماذا ولماذا وأين وكيف ومتى، مصحوبة بوصف دقيق للتغيير المطلوب اجراؤه.

وأثناء التنفيذ يجب على فريق التحسين الوقوف جنباً إلى جنب لفريق التنفيذ، وعلى حسب طبيعة التغيير المطلوب، قد يحتاج الفريق الدعم والمساندة من أكثر من مدير من الإدارة العليا فى حالة تدخل عملية التحسين مع أكثر من إدارة.

والجدول 2-4 يعرض هذه الخطوات كما يلى :

جدول رقم 2- 4 المهام والادوار خلال مرحلة التحسين (للمؤلف)

Improve what needs to be done?	Process level			
	Business level	Generate & Prioritize Ideas	Define New Process Flow	Define & Mitigate Failure Modes
	* Close gap between current and desired state * Verify that results are achieved and can be sustained * Management should support wide-system changes	* Ideas generation: Best practices, ideas from other projects, Brainstorming/Afinity, Mind Mapping, Benchmark ideas, FMEA, Source of Variation, Design of experiment, Discoveries during analysis, Six hats	* Develop new process flow for the suggested solutions * Reduce those Value Added activities * Change process methodology * Reduce variation in input	* Define all possible error causes and take the necessary precautions not only for reducing it, but also to try to prevent it * To minimize severity: change design * To minimize occurrence: change design and process * To minimize detection: automate
	* Policy Change * Customer Feedback	* Six Thinking Hats to challenge * Yellow hat "optimistic, benefits" * White hat "Data" * Black hat "Judge, critic" * Green hat "Creativity" * Blue hat "Control meeting, enforce rules" * Red Hat "instincts" * Financial Analysis * Benefit/Cost analysis * Pareto Diagram * Compare cost of solutions * Prioritization Matrix * Compare solutions against performance criteria's	* Flow chart * Depict proposed changes * Process map * Highlights functional responsibility for new process flow * Lean Tools * eliminate waste and reduce cycle time * Velocity (Flow), visibility, value, 5 S, Just in time, Kanban, Heizen * Spaghetti Diagram * Designed experiment * Response Surface Analysis * VSM * Reduce Work in process * Simulation	* Cause & Effect (Fishbone- Ishikawa) * Used to transform potential underlying process factors that can be investigated in designed experiment * Process Decision Prog. Chart (PDPC) * Related to Fault Tree Analysis and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) * Identify the potential problems with the suggested solutions, so that contingency plans may be adopted for process control * Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) * Determine high risk functions or features based on the impact and likelihood of the failure without detection * Risk Priority Number (RPN) * Severity X Occurrence X Detection
				* Benchmarking * Evaluate "Best in Class" * Response Surface Analysis * DOE to determine optimal process settings * Evolutionary Operation (EVO) * Study move process towards optimum * Robust Design * Minimize impact of external sources of variation

To identify, evaluate and select the right improvement solution, and to develop change management approach that assist in adapting to the changes introduced during the implementation of the solution

2.2.5. مرحلة التحكم والمراقبة "Control" Phase

وهى مرحلة تقنين الحلول التي تم التوصل إليها والتأكد من صلاحيتها، وكذلك اتخاذ الإجراءات التي من شأنها ضمان استمرارية تحقيق أهداف التحسين، فبعد أن تأكدنا من أن الحلول المقترحة للتحسين ستكون خالية من أى عيوب أو أى أنشطة غير مرغوب فيها، يكون مطلوباً الإجابة على السؤال كيف نضمن ثبات الأداء؟ How do we guarantee the performance؟، وتشتمل هذه المرحلة على عدة خطوات موضحة بالجدول 2-5 كما يلي :

- 1- مراقبة العملية الجديدة والتأكد من وضع الضمانات اللازمة لمنع حدوث أخطاء قبل وقوعها وليس بعد وقوعها.
 - 2- وضع خطط وإجراءات قياسية محددة Action Plan، للتأكد من جودة الحلول وتوزيع الأدوار وفهمها وتحديد المسؤوليات.
 - 3- تنفيذ الحلول النهائية بصورة كاملة والمحافظة على الأداء العالي.
 - 4- إصدار التقرير النهائي Final Report وتوثيق المشروع.
 - 5- الاجتماع بفريق العمل والاحتفال بإنجاز المشروع، ونشر قصة النجاح على كل المستويات والبحث عن مشروع جديد.
- وفى هذه المرحلة سينصب اهتمامنا على دراسة كل من النتائج النهائية (Y's)، والأسباب الرئيسية (X's).

جدول رقم 5-2 المهام والادوار خلال مرحلة التحكم والمراقبة Control (للمؤلف)

Control	How to guarantee performance?				
	Business level	Process Control	Quality control & quality plan	Process level	Implement & Maintain knowledge
	- Measure financial impacts - Maintain improvement - Requires full management support as changes implemented - Apply the knowledge - BB to share lessons learned - Publish the story	- Set strategies "detect any before customer experience" by monitoring process input and output - Set method to implement strategies	Establish a control plan by defining Who do What, When, Where and How?	- Robust Design - Reduce likelihood of error - Using the Up to Date technology - minimizing human error - Short Feedback loops - Active cross checking	- SPC - Detect non-conformance when process is in control - Flow chart - Document revised process - Process map - Financial Analysis - Internal, Forums, Seminars & Conferences - Presenting gain and effort done.
	- Financial Analysis - Benefit/Cost analysis - Process Mapping and Procedures - Internal, Forums, Seminars & Conferences - Presenting gain and effort done	- Statistical process Control (SPC) - Detect non-conformance when process is in control - Engineering Process Control (EPC) - Control of inputs - Use feed back loops - Need Model Y=F(X) - Operational Procedures - Guide to minimize human errors - Cost effective mean by process standardizing, diverting resources and direct customer	- FMEA - Most critical based on severity, occurrence and detection - Feedback Loop - Measure the result of the improved process - Establish control standard for each measure - Compare actual performance to standard - Design action to be taken if necessary	- Robust Design - Reduce likelihood of error - Using the Up to Date technology - minimizing human error - Short Feedback loops - Active cross checking	- SPC - Detect non-conformance when process is in control - Flow chart - Document revised process - Process map - Financial Analysis - Internal, Forums, Seminars & Conferences - Presenting gain and effort done.

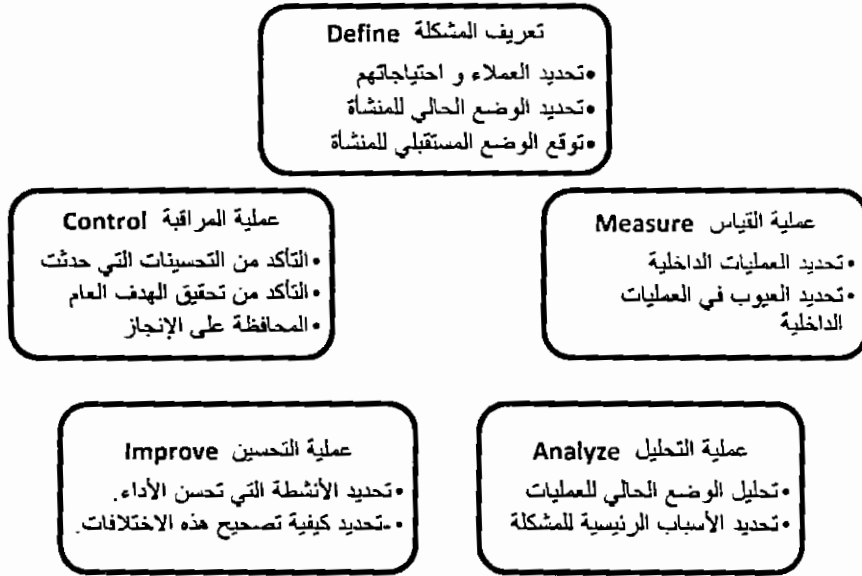
To determine the approach to be taken to assure achieving the continuity of the targeted results, and to disseminate lessons learned.

أما الجدول 6-2 فيعرض ملخصاً لبعض الأدوات التي يمكن الإستعانة بها في كل مرحلة من المراحل الخمس:

جدول رقم 6-2 المراحل الخمسة والأدوات التي تستخدم في كل مرحلة (للمؤلف)

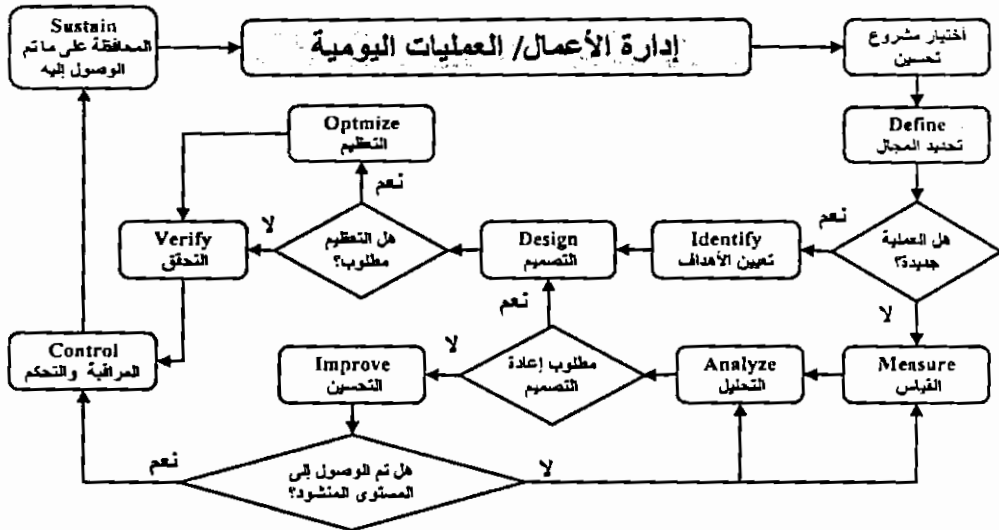
	D Define opportunities	M Measure Performance	A Analyze opportunities	I Improve Performance	C Control Performance
	What is important? ما هو المهم؟	How are we doing? كيف نؤدي؟ وما هو مستوينا؟	What is wrong? ما سبب المشكلة؟	What needs to be done? ماذا ينبغي فعله؟	How we guarantee performance? كيف نضمن ثبات الأداء؟
الأدوات التي يمكن استخدامها	VOC	SIPOC	Cause and effect	Brainstorming	Check sheets
	Prioritization Matrix	Process Mapping	Brainstorming	Process mapping	Box plot
	Financial analysis	Histogram	Affinity diagram	FMEA	Histogram
	Pareto	Stem and leaf	Scatter diagram	6 Hats	Process capability
	Affinity diagram	Box plot	Regression	Pareto	Process mapping
	Charter	Check sheets	ANOVA	Financial analysis	Control plan
	WBS	Pareto	5S	VSM	Training plan
	RACI chart	MSA	Waste Elimination	Prioritization Matrix	Financial analysis
	Gantt Chart	Control charts	VA & NVA		Work instructions
	Process Mapping	Process capability	VSM		Dashboards
	Change management			Lean Tools	Document control and management

والشكل 2-2 يعرض الإطار العام الذي يستخدم في التعاطي مع المشكلات طبقاً لمنهجية التحسين Six Sigma من خلال المراحل الخمس:



شكل رقم 2-2 طريقة تناول بمفهوم منهجية التحسين Six Sigma للمشكلات

أما الشكل 2-3 فيبين الفرق بين منهجية DMAIC التي تستخدم لمعالجة وإصلاح عملية موجودة وقائمة، و DIDOV التي تستخدم لتصميم عملية جديدة.



شكل رقم 2-3 الفرق بين منهجية DMAIC و DIDOV

الفصل الثالث

مشروعات منهجية التحسين

Six Sigma Projects

3.1 مقدمة Introduction

يرى جاك ولش Jack Welch، وهو أحد رواد الجودة في شركة General Electric، أن أفضل مشروعات منهجية التحسين Six Sigma هو ذلك المشروع الذي يحل مشاكل العملاء، ويعرف جوران Juran مشروع منهجية التحسين Six Sigma على أنه "مجموعة من الأنشطة المرتبة لحل مشكلة معينة، خلال فترة زمنية محددة" (Juran and Snee, 1988). أما سني Snee فيعرف مشروع منهجية التحسين Six Sigma project بأنه "مجموعة من الأنشطة المرتبة لحل مشكلة معينة، لم تصلح الطرق التقليدية لحلها، خلال فترة زمنية محددة، مع ضرورة وجود معايير يتم قياسها وتقييم أداء المشروع من خلالها"، ويعلق على ذلك بأن هناك نوعان من المشاكل، مشاكل ذات حلول معروفة، وهذه يتم التعامل معها بأدوات الإدارة والجودة التقليدية، ومشاكل غير تقليدية ليس لها حلول معروفة ولم تفلح الطرق التقليدية في التغلب عليها، وهذه هي مشروعات منهجية التحسين Six Sigma.

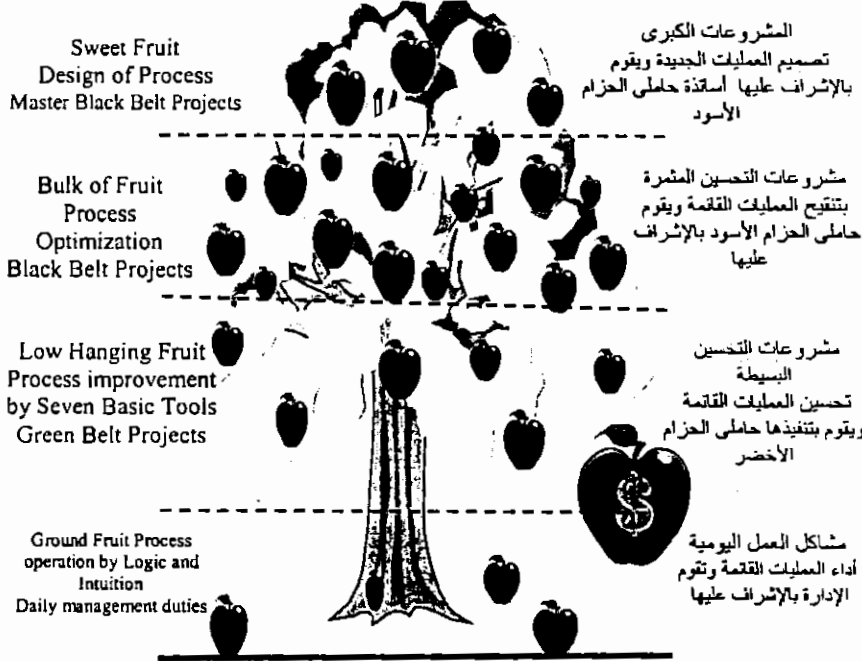
3.2 تحديد وتصنيف مشروعات التحسين Six Sigma Projects Categories

يتم تحديد مشروعات التحسين من عدة مصادر منها ما يلي:

- 1- الإدارة العليا تحدد مشروع التحسين على أساس تأثيره على الخطط الإستراتيجية طويلة الأمد وعلى الجودة بالشركة ككل، ومثل هذه المشروعات الهامة غالباً ما تتطلب موارد كثيرة، ومدة زمنية طويلة قد تصل إلى سنة.
- 2- الإدارة الوسطى والعاملون يحددون المشروعات على أساس تأثيرها على قدرتهم على تحقيق أهداف الشركة طويلة أو قصيرة الأجل، وعلى أساس تعزيز قدرتهم على تلبية متطلبات العميل في أعمالهم اليومية.
- 3- شكاوى العملاء من مصادر تحديد المشروع، ويجب ألا نعتمد كلية على الشكاوى الموثقة في نظام الشركة لنتعرف على مشاكل الجودة بل يجب البحث بفاعلية عن رأي العملاء من خلال المقابلات والاستبيانات.
- 4- المراجعات الداخلية/مراجعات الإدارة تعتبر مصدر هام للمعلومات عن فرص التحسين ومواضع الضعف والخلل.
- 5- مشروعات تحسين الجودة الأخرى يتضح أنها مشروعات كبيرة ويمكن تقسيمها إلى عدد من المشروعات الصغيرة، وفي بعض الأحيان عندما تقوم بحل إحدى المشكلات تظهر مشكلة أخرى لم تكن معروفة من قبل، تصبح فيما بعد مشروعاً جديداً للتحسين.

ويجب توافر بيانات محددة وموضوعية تؤيد وتوضح كيف تم التحديد ولماذا وقع الاختيار لمشروع ما دون غيره.

هذا ويختلف تصنيف المشروعات من شركة لأخرى حسب حجم الشركة ونشاطها، اختلافاً بسيطاً ولكن يظل هناك دائماً خطوطاً عامة يبينها الشكل 1-3 الذى يوضح هذا التصنيف:



شكل رقم 1-3 تصنيف مشروعات التحسين منهجية التحسين Six Sigma

3.3 محاور مشروعات منهجية التحسين Six Sigma Projects Focus

ترتكز كل مشروعات منهجية التحسين Six Sigma على الارتقاء بمستوى الأداء لتلبية رغبات العملاء والمستهلكين، ويجب أن ترتبط هذه المشروعات ارتباطاً وثيقاً بالأهداف الاستراتيجية للمنظمة، وغالباً ما تدور حول ثلاثة محاور رئيسية وهى:

- 1- محور زيادة مستوى الجودة أو "CTQ Critical To Quality".
- 2- محور تقليل التكاليف أو "CTC Critical To Cost".
- 3- محور تقليل الوقت أو "CTS Critical To Schedule".

3.4 خصائص مشروع منهجية التحسين Six Sigma Projects Characteristics

تتميز مشروعات التحسين بعدة خصائص منها:

- 1- ارتباطها بالخطط الاستراتيجية للشركة Strategic Plans.

- 2- التزام الإدارة العليا نحو إنجاح المشروع.
- 3- مدة كل مشروع من ثلاثة إلى أربعة أشهر، وقد تصل إلى عام في المشروعات الكبيرة، وفي هذه الحالة يفضل تقسيمها إلى مراحل.
- 4- حلول المشاكل محل الدراسة غير معروفة، أى انها مشاكل صعبة الحل بالطرق التقليدية.
- 5- الموارد البشرية المشاركة في المشروع من تخصصات مختلفة ومن ذوى الخبرة.
- 6- لا بد أن يحتوى المشروع على خطة عمل أو ميثاق Charter ، وهو يمثل وثيقة تعهد واضحة وموقعة بالتزام المشاركين و الإدارة العليا بمسئولياتهم.
- 7- لابد أن يكون للمشروع مؤشرات للقياس Metrics and KPI's ، على أن يكون أحد هذه المؤشرات تخفيض التكاليف.

3.5. اختيار مشروع منهجية التحسين Six Sigma Project Selection

لما كان مستوى الجودة في معظم الشركات يتراوح بين ثلاثة انحرافات معيارية Three Sigma أو أربعة انحرافات معيارية Four Sigma، فإن هذه الشركات تتفق تكاليفاً تتراوح بين 15% و 20% (يرجى مراجعة الجدول 1-5 فى الفصل الأول) من عائداتها نتيجة مستوى الجودة المتدني، وبالتالي فهناك فرص كبيرة جداً للتحسين في مثل هذه الشركات.

ويتم اختيار مشروعات منهجية التحسين Six Sigma والمفاضلة بينها بناءً على عوامل كثيرة ومعايير عديدة ينبغي أن تتوفر في المشروع الذي سيتم اختياره للتطبيق منها ما يلي:

- 1- أن يخدم المشروع أهداف المنظمة ويتفق مع سياساتها.
- 2- أن يكون مطلباً للعملاء والمستهلكين ومتلقي الخدمة.
- 3- أن يكون واقعياً، وأن يكون تطبيقه في حدود إمكانيات المنظمة المالية والفنية، وأن يكون - في معظم الحالات - مربحاً.
- 4- أن تتوافر البيانات اللازمة للتعامل معه، وألا يخالف القوانين أو التقاليد أو العرف.
- 5- أن تكون المشكلة مزمنة وليست حادثاً عرضياً.
- 6- أن يكون التأثير المتوقع للمشروع قابلاً للقياس، والقياسات المعتادة تشتمل على قدرة المشروع على: الحفاظ على العملاء واجتذاب عملاء جدد، وتقليل تكلفة الجودة المنخفضة، وتعزيز رضا العملاء، وتعزيز رضا العاملين.
- 7- أن تكون المقاومة المتوقعة للتغيير في حدود السيطرة، وعندما يكون الاختيار بين مشروعات تتساوى في فترة التنفيذ، نتائجها، أهميتها، حجمها،

استعجالها، مخاطرها، فإنه من الأفضل أن نختار المشروع الذي يتوقع أن يواجه أقل مقاومة.

كذلك فإن هناك عوامل أخرى تؤثر في اختيار مشروعات منهجية التحسين Six Sigma، ولعل أحد العوامل الحاسمة في هذا الاختيار هو مقارنة التكاليف مقابل العائد Cost/Benefit Analysis، وإحدى الأدوات التي تستخدم في ذلك هي دليل الأولوية لباريتو Pareto Priority Index (PPI).

$$PPI = \frac{Savings * Probability of success}{Cost * Completion Date}$$

وكما كانت قيمة هذا الدليل أكبر كان أفضل، وإذا كان لدينا عدد من المشروعات، فإننا نفضل اختيار المشروع ذي مؤشر دليل الأولوية PPI الأعلى .

مثال رقم 3- 1

الجدول 3- 1 يوضح بعض المشروعات التي تقوم شركة ألفا بتنفيذها، والمطلوب اختيار أفضلها للتنفيذ باستخدام المعيار PPI.

جدول رقم 3- 1 فترات تنفيذ المشروعات للمثال 3- 1

Project	Saving	Success probability	Cost	Completion time in months
Project 1	220000	90%	5000	3.5
Project 2	400000	70%	9000	6
Project 3	770000	50%	30000	10

الحل: ولاختيار المشروع الأفضل نقوم بحساب PPI لكل مشروع من المعادلة السابق الإشارة إليها، فنحصل على النتائج الموضحة بالجدول التالي:

Project	PPI
Project 1	11.3
Project 2	5.2
Project 3	1.82

ومن الواضح أن المشروع الأول هو أفضل المشروعات الثلاثة، حيث إن دليل أولوية باريتو PPI له هو الأكبر.

وبالرغم من أن PPI مقياس سريع وسهل، إلا أنه يهمل بعض عوامل الاختيار الهامة، مثل مدى ارتباط المشروع بأهداف المنظمة، ومدى تلبية احتياجات العملاء، أو مدى تقبل السوق له، أو مدى توافر البيانات اللازمة لتنفيذه، وعوامل أخرى. وللتغلب على نقاط الضعف السابق ذكرها جراء استخدام PPI، يمكن الاستعانة بطريقة مصفوفة تحديد الأولويات Prioritization Matrix، وهي أكثر فاعلية في المفاضلة بين المشروعات (يرجى الرجوع إلى الفصل التاسع تحت عنوان أدوات منهجية التحسين الأدوات والتقنيات في هذا الكتاب).

3.6. أسباب نجاح / فشل مشروعات التحسين Six Sigma Projects Success/ Failure Reasons

ومن بين العوامل التي تؤدي إلى فشل مشروعات التحسين ما يلي:

- 1- عدم التزام الإدارة وأعضاء الفريق بمهامهم ومسئولياتهم.
 - 2- تغيير الإدارة أو أفراد الفريق بصورة متكررة.
 - 3- تداخل المشروع أو تعارضه مع مشروعات قائمة.
 - 4- تعامل المشروع مع قضايا هامشية وغير هامة للمنظمة أو للشركة ولا يتوافق مع أهدافها العامة.
 - 5- عدم وضوح الرؤية فيما يتعلق بمجال المشروع Scope، و عدم وضوح الأهداف Goals.
 - 6- كبر حجم المشروع ، وفي هذا الصدد تذكر دائما ألا تحاول أن تغلي مياه المحيط Do not try to boil the ocean، ويجب التقسيم لمراحل أو إلى مشروعات متعددة وصغيرة الحجم، وحينئذ يمكن تكليف فرق عمل أخرى بالتعامل مع المشروعات الصغيرة الناتجة عن التقسيم.
 - 7- عدم توافر الموارد المؤهلة مثل الموارد البشرية، والمعدات، والآلات، والمهمات، والميزانية، والوقت و.....).
 - 8- عدم تحديد المقاييس Metrics التي ينبغي قياسها لتحديد مدى تحقيق الأهداف.
- وعموما لكي تضمن مشروعاً ناجحاً فينبغي تطبيق مجموعة من المعايير التي تجمعها كلمة SMARTER، وهي اختصار لمجموعة من الكلمات الإنجليزية التي تجيب على عدد من الأسئلة المحددة كما يلي:
- الحرف S من كلمة Specific وتعني محدد، وهي تجيب على السؤال هل المشكلة محددة وواضحة؟ إذ لا يجوز أن نبدأ العمل والمشكلة قيد الدراسة غامضة أو غير مكتملة الفهم.
 - الحرف M من كلمة Measurable وتعني يمكن قياسه، وهي تجيب على السؤال هل

- يمكن قياس مستوى المشكلة قيد الدراسة الآن؟ وقياسها من وقت لآخر؟ إذ أن ذلك يمكننا من التعرف على مدى تقدمنا نحو تحقيق الأهداف المرجوة من عدمه.
 - الحرف A من كلمة Applicable وتعني يمكن تطبيقه أو Attainable وتعني يمكن الوصول اليه، وهي تجيب على السؤال هل الأهداف التي تم وضعها ممكنة التطبيق في الوقت المحدد؟ إذ لا يجوز أن نختار أهدافا تعجز الموارد المتاحة عن تحقيقها.
 - الحرف R من كلمة Relevant وتعني ذا صلة بأهداف الشركة، وهي تجيب على السؤال هل مشروع التحسين مرتبط بالأهداف العامة للشركة أم لا؟ إذ لا معنى لبحث ودراسة مشكلة لا تصب في المصلحة المباشرة للشركة أو للمنظمة.
 - الحرف T من كلمة Time phased وتعني ذا مراحل زمنية محددة، وهي تجيب على السؤال هل مراحل مشروع التحسين مرتبطة بتوقيتات محددة أم لا؟ فإن ذلك من شأنه أن يخلق نوعا من الالتزام والشعور بالمسؤولية لدى جميع المشاركين.
 - الحرف E من كلمة Ethical وتعني أخلاقي وهي تجيب على السؤال هل الأهداف التي تم وضعها مشروعة قانونا وشرعا أم لا؟ إذ لا يجوز أن نختار أهدافا تتنافى مع القوانين أو العرف أو الثقافة أو الموروث.
 - الحرف R من كلمة Reliable وتعني أنه يمكن الاعتماد عليه لحل مشكلة ما، وهي تجيب على السؤال هل مشروع التحسين سيفيد المنظمة لفترة طويلة ومعقولة أم لا؟
- فإذا كانت الإجابة على الأسئلة السابقة بالإيجاب كانت مقومات نجاح المشروع متوفرة، وكانت أركانه مكتملة، ولا يبقى إلا تكاتف أفراد الفريق وإصرارهم على إنجاحه.

3.7 أمثلة لمشروعات منهجية التحسين Examples of Six Sigma Projects

فيما يلي بعض الأفكار التي يمكن الاستعانة بها وتطويرها لبدء مشروعات التحسين:

مشروعات إدارة الإنتاج Production Projects

- تقليل الفاقد في الإنتاج Scrap.
- تقليل عمليات الإصلاح Rework.
- تقليل التذبذب في استهلاك المواد الأولية.
- تقليل زمن الإنتاج لزيادة الإنتاجية.
- تقليل عيوب المنتج.
- تقليل الزمن اللازم لعمليات الصيانة والإصلاح.

- إعادة هيكلة الأيدى العاملة (لا يقصد به بالضرورة تخفيض أو زيادة العمالة وإنما إعادة توزيع الأدوار والمهام).
- تخفيض المخزون الراكد.

مشروعات الإدارة المالية Finance Projects

- تقليل وقت تحصيل المستحقات (DSO) Days Sales Outstanding.
- تحسين عمليات إدارة السيولة Cash Management Processes.
- تحسين عمليات الدفع والتحويل Payment/Collection Processes.
- التحكم في الوقت الإضافي Control of Over Time.
- تقليل أخطاء الموازنات Budgets، والميزانيات Balabce sheets.
- تقليل وقت دفع الالتزامات المالية.

مشروعات إدارة الموارد البشرية Human Resources Projects

- تقليل الوقت اللازم لتوظيف العاملين Time to Hire.
- تحسين عمليات تقييم أداء العاملين Employee Performance Reviews.
- تقليل عمليات الغياب والتأخير Absenteeism.
- تحسين فاعلية التدريب Training Efficiency.
- تحسين مستوى رضا العاملين Employee Satisfaction.
- تحسين مستوى الاحتفاظ بالعاملين Retention Issues.
- تحسين مستوى التوثيق Documentation Accuracy.

مشروعات إدارة نظم المعلومات Information Technology Projects

- تقليل زمن غياب الخدمة Network/Server Downtime.
- تحسين خدمة ربط المواقع الفرعية بالمركز الرئيسي Logging-In To Network From Remote Locations.
- تقليل وقت خدمة الدعم الفني.
- تحسين خدمة الاتصالات.
- تقليل الوقت اللازم لإصلاح الأجهزة.

مشروعات إدارة التوريدات والمهمات والخدمات Procurement Projects

- تقليل المخزون.
- تقليل زمن التوريد.
- تحسين عمليات الفحص والاستلام.
- تقليل زمن معالجة وتداول طلبات الشراء.

مشروعات الإدارة القانونية Legal Projects

- تقليل مرات التقاضي مع العملاء والمقاولين.
- تقليل عدد التحقيقات الإدارية مع الموظفين.
- تقليل زمن الرد على الاستشارات القانونية.

مشروعات الإدارة العليا Top Management Projects

- زيادة نسبة مشاركة الشركة في السوق.
- زيادة أعداد الأفكار المتولدة من العاملين لتحسين بيئة العمل.
- زيادة مشاركة الشركة في مجال الخدمة العامة والمجتمع المدني.
- زيادة عدد الخدمات المبتكرة للعملاء.
- تقليل وقت الرد على شكاوى العملاء.
- تقليل وقت عمليات المراجعة الداخلية.
- تقليل التكاليف الكلية للمشروعات النمطية.

الفصل الرابع

ظاهرة التباين (الاختلاف) الطبيعي

Normal Variation Phenomena

4.1. مقدمة Introduction

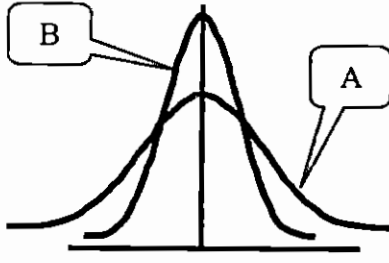
إن ظاهرة التباين والاختلاف سنة من سنن الكون، فلا تكاد ترى شئنين إلا وجدت بينهما اختلافاً ما، اختلاف في الشكل أو الأبعاد أو الحجم أو المضمون أو الخواص، وقد يكون هذا الاختلاف بيناً ظاهراً تارة، أو هيناً مستتراً تارة أخرى، لكن وبكل تأكيد هذا الاختلاف أو التباين Variation موجود، حتى في التوائم يوجد الكثير من الاختلافات، حتى في أكثر آلات الإنتاج دقة وتطوراً يوجد اختلاف فيما تنتجه هذه الآلات، إن الفروق الفردية قد تكون بسيطة أو طفيفة، أو غير ملحوظة وقد لا يمكن قياسها أو ملاحظتها في بعض الحالات، ولكنها موجودة يقيناً وستظل موجودة، ولقد ساهم العلم الحديث بأدوات القياس والمراقبة والتحليل الحديثة بما لا يدع مجالاً للشك في تقبل ظاهرة الاختلاف والتغير.

ويوجد العديد من المواقف التي تدعم فكرة الاختلاف بين الأشياء التي يتم إنتاجها حتى وإن كانت من نفس خط الإنتاج ومن نفس الماكينة، أو الخدمات التي يتم تقديمها بنفس الأشخاص وب نفس الإجراءات ومن هذه الأمثلة ما يلي:

- كم مرة صنعت لنفسك كوباً من الشاي أو فنجاناً من القهوة؟ هل وجدت نفس الطعم والمذاق في كل مرة؟
- كم مرة قمت بركن سيارتك في الجراج؟ هل في كل مرة يتم ركنها في نفس البقعة؟
- كم مرة دخلت مطعماً يقدم الوجبات الجاهزة؟ هل في كل مرة تجد نفس الخدمة المميزة أو نفس المذاق لنفس الطعام في كل مرة؟
- كم مرة حاولت الوصول إلى مقر عملك في نفس التوقيت؟ هل في كل مرة تصل في نفس الميعاد؟
- كم مرة اشتريت حذاءً من نفس المقاس ووجدته مريحاً؟
- كم مرة زرت خياطك المفضل وقمت بتفصيل بدلة أنيقة؟ هل في كل مرة تكون راضياً عن البدلة بعد لبسها؟

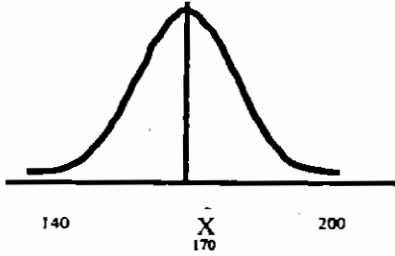
الإجابة على كل التساؤلات السابقة هي بالنفي، أي في كل مرة، و برغم التكرار يحدث اختلاف، أحياناً لا نعرف سبب هذا الاختلاف وأحياناً تكون أسبابه ظاهرة جلية، لكن في كل الحالات فإن الاختلاف أو التباين Variation موجود وحتماً، وهدفنا مكافحته ومحاولة تقليله أو القضاء على أسبابه.

وبعد أن أوضحنا حتمية وجود هذا التباين وهذا الاختلاف وهذا التباين Variation فسوف نتناول في الصفحات القليلة القادمة كيف يمكننا تقييم هذا التباين في العمليات المختلفة، وكيف يمكننا الاستفادة من ذلك في الحكم على مدى جودة عملية ما.



شكل رقم 1-4 شكل توزيع العينة

وعموما فإن توزيع العينة كما في شكل 1-4 سيكون هو المؤشر المبدي لتحديد قيمة أو مدى التباين الذي يمكن أن يوجد أو أن يحدث في العملية المقاسة، فكلما كان مدى التباين كبيرا كان شكل المنحني مفلطحاً كما في المنحني A من الشكل 1-4، وكلما كان مدى التباين في العملية المقاسة قليلاً كان شكل المنحني ضيقاً كما في المنحني B، وبالتالي فإن العملية الممثلة بالمنحني B أفضل من تلك الممثلة بالمنحني A.



شكل رقم 2-4 منحني توزيع أطوال عينة من الأشخاص

فبفرض أن لدينا عدداً كبيراً من الأشخاص في منطقة ماء وقمنا بقياس أطوال مجموعة كبيرة من هؤلاء الأشخاص عن طريق عينة، وقمنا برسم قيم هذه العينة فسوف نحصل على ما نطلق عليه منحني التوزيع الطبيعي Normal distribution كما هو موضح بالشكل 2-4 (يرجى مراجعة الفصل الثاني عشر في هذا الكتاب تحت عنوان التوزيعات الاحتمالية)

وهو الأساس التي بنيت عليه معظم نظريات التحليل الإحصائي Statistical analysis - وسوف نجد في أغلب الأحوال أن أطوال هؤلاء الأشخاص تتراوح مثلاً بين 140 سم إلى 200 سم وسيكون متوسط الأطوال هو تقريباً 170 سم، أي:

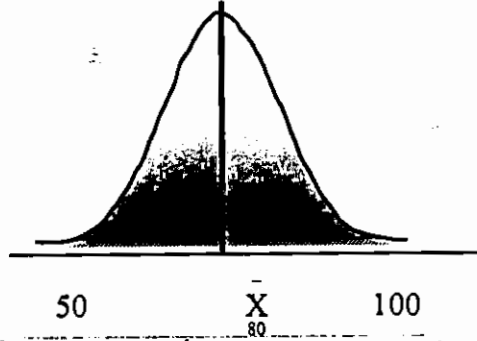
$$\left(\bar{x} \right) = \frac{140 + \dots + 200}{n} \approx 170$$

حيث $(\bar{x})$ هي المتوسط وهي قيمة اعتباطية قد لا يكون لها وجود حقيقي في قيم العينة، وحيث n هي عدد أفراد العينة التي تم قياسها. (يرجى مراجعة عرض البيانات بالمقاييس الرقمية الوصفية Data Summary Using Descriptive Measures في الفصل الحادي عشر من هذا الكتاب).

كذلك لو قمنا بوزن أفراد العينة السابقة وقمنا بتوقع قيم هذه الأوزان فسوف نجد أن متوسط الأوزان لهذه العينة مثلاً هي 80 كيلوجرام

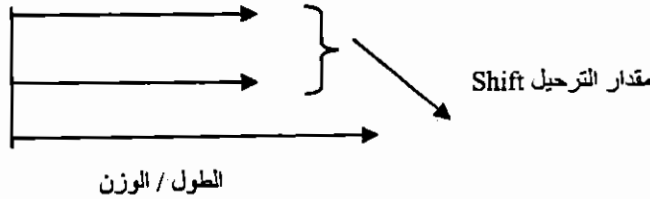
$$\left(\bar{x}\right) = \frac{100 + ... + 50}{n} \approx 80$$

وسنجد أن معظم باقي هذه الأوزان ينحصر في المدى من 50 كجم إلي 100 كجم، كما هو موضح بالشكل 3-4.



شكل رقم 3-4 منحنى توزيع أوزان عينة من الأشخاص

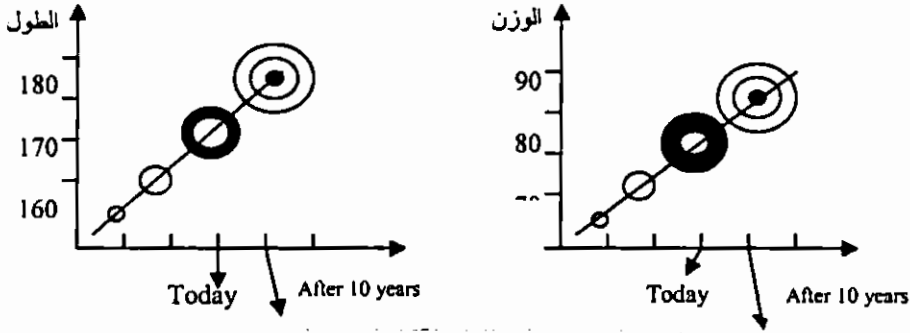
وإذا تصورنا أن لدينا بيانات تاريخية Historical data تشير إلى أنه منذ عشرة سنوات مثلاً كان متوسط الأطوال هو 160 سم وأن متوسط الأوزان كان 75 كجم، وبمقارنة هذه القيم بالقيم التي قمنا بحسابها مؤخراً فإنه يمكننا استنتاج أن متوسط الطول والوزن يتغير بالزيادة بمرور الوقت، وحينئذ نقول أنه قد حدث تباين أو تحريك أو Shift لكل من الوزن والطول كما في الشكل 4-4.



شكل رقم 4-4 تحريك كل من الوزن والطول في اتجاه الزيادة

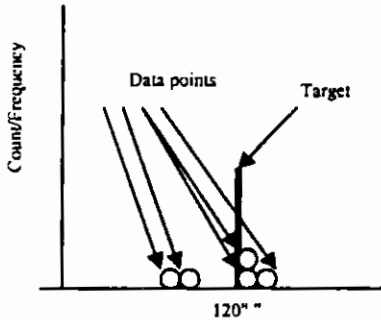
أما إذا كان لدينا بيانات تاريخية Historical data أخرى منذ 20 سنة وكان متوسط الأطوال مثلاً 150 سم وكان متوسط الأوزان 70 كم فإن ذلك يؤكد حدوث اختلاف أو تغير Variation أو تحريك Shift بالزيادة لكل من الطول والوزن بمرور الوقت، وبالتالي

يمكن توقع متوسط كل من الطول والوزن لمدة عشرة سنوات قادمة مثلاً كما بالشكل 4-5، وذلك بافتراض ثبات عناصر التأثير الأخرى.



شكل رقم 4-5 التنبؤ بالقيم المستقبلية

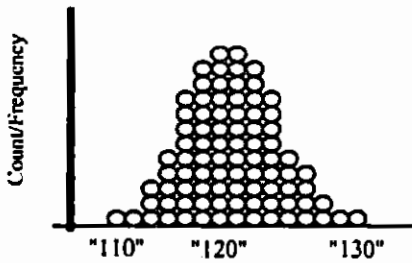
مثال رقم 4-1



شكل رقم 4-6 تمثيل لجزء بسيط عينات المثال 4-1

إذا كان لدينا عملية معينة ولنفتراض أنها مصنع دواء، ونريد تحديد مدى دقة وجودة تعبئة زجاجات لمستحضر وزن زجاجاته المفروض أن تكون 120 جراماً، وسوف يتطلب ذلك أن نقوم بأخذ عينة من نهاية خط الإنتاج وستقوم بوزنها، فنجد أن قيمتها أقل من أو أكبر من 120 جرام، وبتمثيل ذلك يظهر الشكل 4-6 والذي تلاحظ منه أن

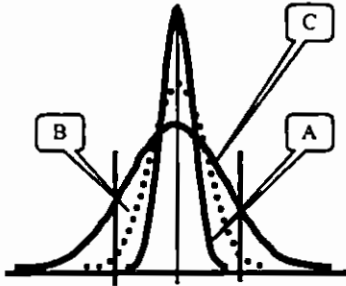
هناك قيمة للعينات أكبر وزناً من القيمة الهدف 120 جراماً، وكذلك قيمة لتلك العينات أقل وزناً من القيمة الهدف، وسنجد أن الحصول على قيم تساوى القيمة المنشودة Target تماماً هي عملية صعبة.



شكل رقم 4-7 تمثيل لجزء أكبر من العينات

وسنجد كذلك أن أخذ عينة واحدة من نهاية خط الإنتاج لن يعبر كلياً عن دقة خط الإنتاج، ولذا سنحاول مزيداً من الدقة، وذلك بزيادة عدد العينات كما في شكل 4-6، ولكننا أيضاً سنجد أن وزن العينات سيتراوح قيمته حول 120 جراماً، والتي نسميها الهدف Target، لكن ورغم ذلك فإن قدرتنا على الحكم على جودة العملية زادت عن ذي قبل، أي أنه بزيادة عدد العينات المأخوذة يمكننا الحكم بدقة أكثر على حالة العملية.

ومن هذا المنطلق، لو أمكننا زيادة عدد العينات الموزونة كما بالشكل 4-7 فسندجد قيمة كثيرة أكبر من القيمة الهدف وقيمة كثيرة أقل منه الهدف، وسندجد أنه كلما ابتعدنا عن الهدف كلما قل عدد وتكرار العينات، وسندجد أن هناك قيمة عظمى للوزن، وأخرى صغرى له، وأن الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة لوزن العينات هو ما يطلق عليه المدى Range، أي مدي التباين الحادث في العينات، وهو أهم ما يعيننا لتقييم جودة ودقة العملية المراد تقييمها، وسندجد أن معظم أوزان العينات سيكون أقل بقليل أو أكثر بقليل من الوزن الهدف، ويمكن أن نستنتج من شكل توزيع الأوزان أنه كلما زاد الفرق بين أكبر قيمة وأقل قيمة أي كلما زاد المدى، كلما كانت العملية غير سليمة وغير جيدة، والعكس صحيح أي أنه كلما كان المدى ضيقاً كانت العملية سليمة وجيدة، وعلى ذلك يمكننا استنتاج أن العملية ذات التوزيع العريض والمفلطحة تكون سيئة، وبتطبيق ذلك على الشكل 4-8 نجد أن العملية "C" هي الأكثر تشتتاً والأكثر تفلطحاً أي الأسوأ، أما العملية "B" فهي أقل تشتتاً فهي أفضل من العملية "C" وكذلك العملية "A" أفضل من كل من العمليتين "B" و "C".



شكل رقم 4-8 توزيعات لعمليات مختلفة

وإذا كان الأمر كذلك، فإنه يمكننا من خلال دراسة التباين قياس و تحديد ما إذا كانت العملية سيئة أم لا؟ ويتم ذلك من خلال عدة خطوات كما يلي:

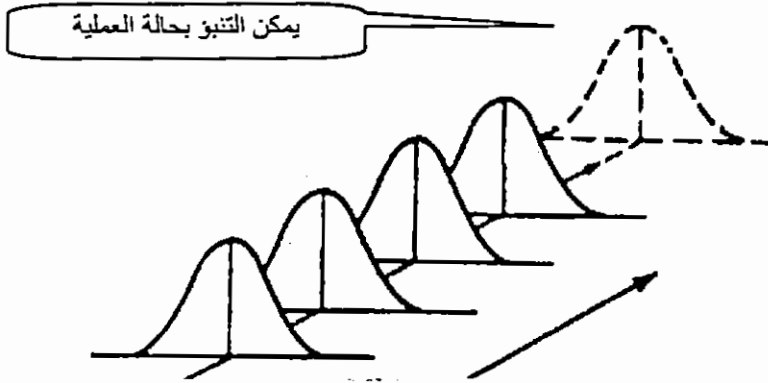
- نأخذ عينات من العملية ثم نقوم برسمها على منحنى التوزيع و كلما زاد عدد العينات كلما كانت معبرة بصدق عن العملية، ولو أمكننا قياس كل مخرجات العملية لكان ذلك أصدق تعبيراً عنها، ولكن لصعوبة ذلك عملياً في بعض الحالات فإننا نلجأ إلى أخذ العينات، و بعد أن نرسم منحنى التوزيع للعينات نحسب منه المدى لتحديد مدى تشتت البيانات، و نحسب كذلك متوسط القراءات (متوسط القراءات = مجموع القراءات مقسوماً على عدد القراءات).
- ثم نكرر هذه الخطوة بعد فترة من الزمن، أي نأخذ نفس عدد العينات ثم نقوم برسم منحنى جديد، ثم نحسب المدى والمتوسط.
- نقارن المدى الجديد بالقديم فلو زاد كان ذلك مؤشراً على أن العملية تسوء والعكس صحيح.
- بعد حساب المتوسط يجب أن تكون قيمته قريبة من الهدف، ويدل ابتعاد قيمة المتوسط عن قيمة الهدف على وجود ترحيل أو تباين في العملية.

(سنتعرض لهذا الموضوع بمزيد من التفاصيل في الفصل السابع تحت عنوان مقدرة العملية ومستوى الجودة (Process Capability).

4.2. مصادر التباين Process Variation Sources

مرة أخرى نؤكد أن أي عملية سيكون فيها حيود أو تغيير عما صممت من أجله، أي سيحدث بها خلل و تغيير عن المواصفات Specification، أو عن متطلبات العميل وتوقعاته Customer Requirement and Expectation، والتحدي الحقيقي لأي من جهود التحسين هو تقليل أو ملء هذه الفجوة Filling the Gap، وعموما يوجد نوعان من أسباب حدوث هذا الخلل وبالتالي التغيير، ومن ثم الفجوة وهما كما يلي:

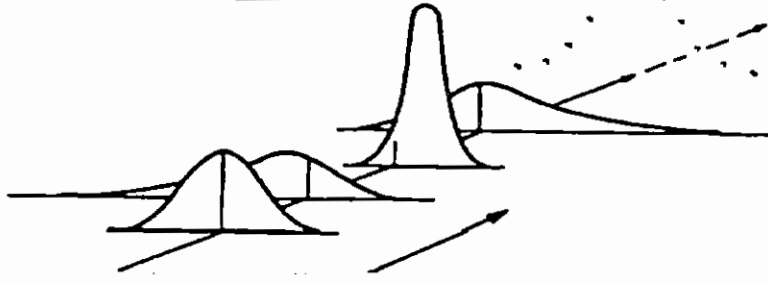
- 1- الأسباب (المؤثرات) العامة Common causes أو الضوضاء Noise وهي تغيرات حتمية ناتجة عن أسباب موجودة بطبيعتها في العملية، ومعنى ذلك أنه يوجد خلل مقبول، يؤدي لتغيير مقبول، يؤدي إلى فجوة مقبولة نتيجة تصميم العملية Process Design، وفي هذه الحالة نقول أنه بالرغم من وجود التغير Variation فإن العملية تكون متزنة Stable ومعنى أنها متزنة Stable ، أنه يمكن التنبؤ بأدائها Predictable، ولأن نتائجها مقبولة وتقع في المدى بين القيمة العظمى للمواصفات Upper Specification Limit USL وبين القيمة الصغرى للمواصفات Lower Specification Limit LSL، فيقال أنها قادرة Capable لأنها قادرة على الوفاء بمتطلبات العميل، أو بمواصفات التصميم، وأحد طرق تحسين هذه العملية هو بإعادة تصميمها ومحاولة تقليل تفلطح شكل التوزيع أو تغييرها تماما، وغالبا فإن تحسينات هذا النوع هي مسئولية الإدارة Management، ويتم تحديد هذا النوع كما سنعرف عند تناول موضوع خرائط التحكم Control Charts من خلال البيانات قصيرة المدى Short term data ، وذلك حتى نتأكد أننا لم ندخل عوامل أخرى قد تساهم في حدوث التغير Variation، مثل تباين المناوبة (الوردية)، أو تباين المواد والمهمات، أو تباين درجات الحرارة، أي الهدف عزل أي مؤثر خارجي وبالتالي يكون أي تباين Variation ناتج فقط من العملية، وكما يتضح من شكل 4-9، فإنه يمكننا التنبؤ بسلوك وحالة العملية مستقبلا وبمرور الزمن.



شكل رقم 4-9 نموذج الأسباب (المؤثرات) العامة.
(John S. Oakland)

2- الأسباب (المؤثرات) الخاصة Special-Causes أو الإشارات Signals وهي تغييرات ناتجة عن أسباب خارجية ومختلفة ولا تحمل خصائص العملية نفسها، وبالتالي تصبح عملية توقع سلوك العملية مهمة صعبة جداً، ولذا فإنه لا يمكن التنبؤ بأدائها Unpredictable، وفي هذا النوع نجد أنه يحدث ترحيل المتوسط Mean إما بالزيادة، أو بالنقصان عن قيمة هدف العملية Process Target، وهذا يعني خروج العملية عن الحدود الدنيا والقصى LSL & USL، وبالتالي فهي غير متزنة Unstable لأن المتوسط يتغير، و لا يمكن التنبؤ بأدائها Unpredictable لأننا لا نعرف إلى أية جهة سيتحرك المتوسط، فهو يتغير بالزيادة تارة وبالنقصان أخرى، فلا نستطيع التنبؤ به، وهي كذلك غير قادرة Not Capable لوجود مخرجات ونتائج غير مقبولة، ولتحسين هذه العملية فإنه يلزم إعطاء سلطة وصلاحيات لعمل ضبط لمدخلات العملية Process Inputs، مثل التعامل مع مورد واحد مثلاً، أو تثبيت العمالة في وظائف محددة لفترات طويلة، وتحسين هذا النوع هي مسئولية الأشخاص المنفذون و القائمون على العملية، ويتم تحديد هذا النوع من أسباب التباين من خلال بيانات المدى الطويل Long term data، حتى نتأكد أننا أخذنا كل العوامل التي قد تساهم في إحداث هذا التباين، مثل تباين الوردية أو تباين المواد الداخلة أو تباين درجات الحرارة، أو عدم انتظام عمليات الصيانة، أي أن الهدف هو مراقبة كل المؤثرات الخارجية، والشكل 4-10 يوضح أنه يصعب علينا التنبؤ بسلوك وحالة تلك العملية مستقبلاً وبمرور الزمن.

لا يمكن التنبؤ بحالة العملية



شكل رقم 4-10 نموذج الأسباب (المؤثرات) الخاصة.

(John S. Oakland)

وفي هذا المجال يؤكد الدكتور إدوارد ديمينج (يعتبر ديمينج من رواد تطوير أنظمة الجودة بالشركات، وله أيداء بيضاء في مجال تحسين أداء الشركات اليابانية) على أن الأسباب العامة Common Cause هي سبب مباشر لنسبة كبيرة من 80% إلى 95% من مشاكل الجودة، وبالتالي فإن مسؤولية التحسين تقع على عاتق الإدارة Management، والنسبة الباقية من 5% إلى 20% فترجع إلى الأسباب الخاصة Special Causes Variation، ومسئولية تحديدها ومعالجتها هي مسؤولية الأشخاص المنفذون والقائمون على العملية، ويتم ذلك من خلال تقنيات التحكم الإحصائي للعمليات Statistical Process Control SPC كما سنعرف فيما بعد عند الحديث عن هذا الموضوع في الفصل الخامس من هذا الكتاب.

والجدول 4-1 يعرض الفروق بين كل من الأسباب العامة Common causes والأسباب الخاصة Special Causes:

جدول رقم 4-1 الفروق بين الأسباب العامة والخاصة

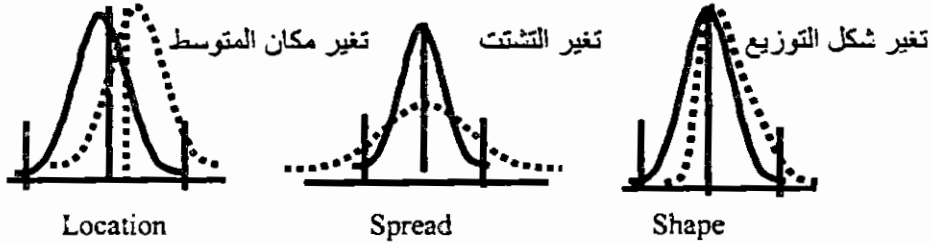
Common Causes أسباب عامة	Special Causes أسباب خاصة	
Change in Process Variation تظهر في تفلطح المنحنى	Mean shifting تظهر في ترحيل المتوسط	Pattern الشكل
Constant and continuous ثابتة ومستمرة	Sudden فجائية	Effect التأثير
Large كبيرة	Small بسيطة	Quantity الكمية
80-95%	5-20%	Percentage النسبة
Management الإدارة	Performer التنفيذيون	Who is responsible من المسؤول
Redesign & modification تعديل و إعادة تصميم العمليات	Settings تغيير قيم المدخلات	How to improve كيف يتم التحسين
Six Sigma projects مشروعات التحسين المستمر	Quick (easy) wins أدوات الإدارة	Improvement وسائل التحسين

وعند البحث عن الأسباب السابق الإشارة إليها فإننا نبحث في كل من 5M's و 5P's، حيث إن 5M's والتي هي اختصار الحروف الأولى من الكلمات التالية، الموارد البشرية Manpower و الآلات Machine و المواد الخام أو المدخلات Material و طرق الإنتاج Method و القياسات Measurement، وتتواجد في شركات الإنتاج ويضاف إليها في بعض الأوقات Environment، أما 5P's والتي هي اختصار الحروف الأولى من الكلمات التالية الموارد البشرية People ووسائل وتقنيات تقديم الخدمة Provisions أو Parts و مطالب العملاء أو المدخلات Patrons و طرق تقديم الخدمة Procedures وتتواجد في شركات تقديم الخدمات ويضاف إليها في بعض الأوقات سياسة الشركة Policy.

4.3. تحليل مصادر التباين Variation Sources Analysis

وكما ذكرنا في الصفحات القليلة السابقة فهناك نوعان من أسباب التباين هما الأسباب العامة ، و الأسباب الخاصة ، ولكي نتمكن من ملاحظة وتحديد هذا التباين وتقليله، فإنه ينبغي قياس مخرجات العملية، ثم تحديد مكمّن و مصدر وسبب حدوث هذا التباين ، هل هي أسباب خاصة ؟ أم أنها أسباب عامة ؟

ويتم هذا التحديد بعد رسم المنحنى الممثل لأداء العملية ، ثم بحث ودراسة عدة نقاط رئيسية نستطيع من خلالها كشف النقاب عن نوع أسباب التباين ، والشكل 4-11 يعرض ثلاثة نماذج يمكن الحصول عليها عند تمثيل بيانات أى عملية، وفيما يلي شرح لهذه النماذج:

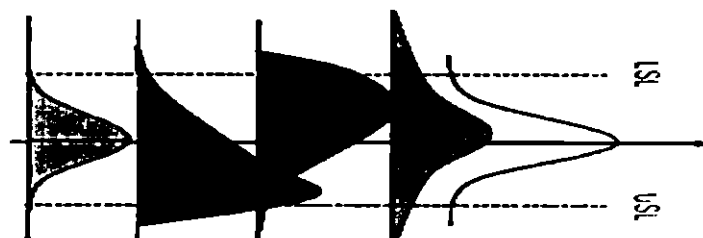


شكل رقم 4-11 نماذج مختلفة للشكل الذي يمكن الحصول عليه عند تمثيل البيانات

- 1- نموذج شكل التوزيع Shape، يخبرنا عما إذا كانت العملية تتبع التوزيع الطبيعي أم لا، لأن شكل التوزيع سيحدد إلى درجة كبيرة طريقة التناول والدراسة والمعالجة، وكما ذكرنا سابقاً فإن هدف منهجية التحسين Six Sigma هو التأكد من أن المتوسط أقرب ما يكون للهدف ، وأن التباين أقل ما يمكن، وبعبارة أخرى فإن هدف منهجية التحسين Six Sigma هو تقليل كل من التباين والتشتت أي Minimizing Both Shift and Spread.

2- إذا ظهر نموذج التشتت spread، فإن ذلك يعنى وجود تباين كبير، وهذا أيضا يؤدي إلى زيادة حجم المساحة تحت المنحنى وخارج المواصفات (أي زيادة المساحة الغير مقبولة)، ويكون دليل قاطع على أن السبب في هذه الحالة هي الأسباب العامة Common Cause.

3- ظهور كل من ترحيل لمكان المتوسط مع التشتت في مخرجات العملية في آن واحد ، يكون دليلا على وجود كلا من الأسباب الخاصة Special Causes والأسباب العامة Common causes، ويوضح ذلك الشكل رقم 4-12.



شكل رقم 4-12 وجود كلا من الأسباب الخاصة والعامة

4- إذا ظهر ترحيل للمتوسط فإن ذلك يؤدي إلى زيادة العيوب في مخرجات العملية وذلك لزيادة حجم المساحة تحت المنحنى وخارج المواصفات (أي زيادة المساحة الغير مقبولة) ويكون السبب في هذه الحالة هي الأسباب الخاصة Special Causes.

5- ظهور الترحيل المفاجئ والمنتظم للمتوسط يكون دليلا على وجود الأسباب الخاصة Special Causes.

6- إذا كان المتوسط قريب من الهدف ويوجد تشتت، دل ذلك على وجود الأسباب العامة ، وفي هذه الحالة قد تكون العملية تحت السيطرة Process Under Control، وتكون في حالة اتزان Stability وكذلك يمكن التنبؤ بسلوكها Predicable ومع ذلك فهي سينة.

7- إذا كانت العملية تحتوي على الأسباب الخاصة نجد أن المتوسط يتحرك ويتأرجح حول الهدف ، وعليه فالعملية تكون خارج نطاق السيطرة Out of control، وتكون غير مستقرة وغير متزنة Unstable ولا يمكن التنبؤ بأدائها أو بسلوكها أي تكون Unpredictable.

8- يقال العملية أنها في حالة تحكم إحصائي Statistical Control عندما يكون التباين في العملية في الحدود المسموح بها (كما سيتضح من رسم خرائط التحكم Control Chart كما سيأتي في الفصل الخامس من هذا الكتاب) وعندما يكون المتوسط قريب من الهدف.

9- يتم تحسين العملية التي تحتوى على الأسباب العامة Common Causes من خلال التطوير وإعادة التصميم Design and Improvement ويكون ذلك من خلال الإدارة Management.

10- يتم التحسين في العملية التي تحتوى على الأسباب الخاصة من خلال ضبط للمدخلات Settings، ويكون ذلك من خلال العمالة التنفيذية القائمة على العملية Process Performer.

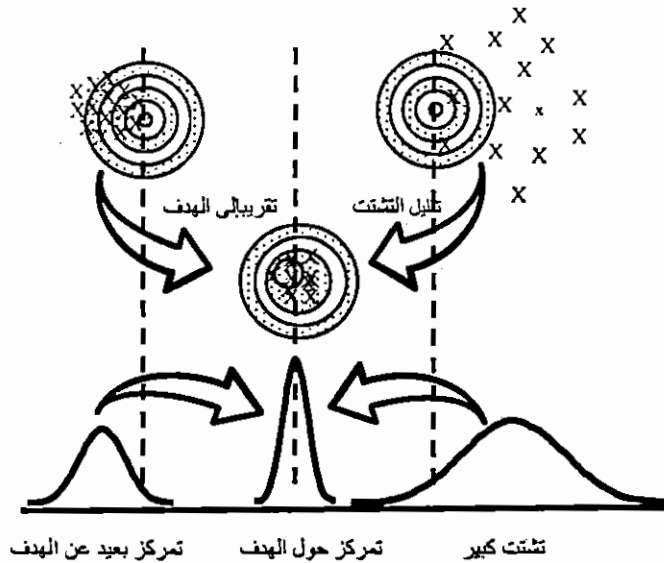
4.4. استراتيجية إدارة التباين Strategy for Variation Management

تعتمد استراتيجية التعامل مع التباين على مرحلتين هامتين هما من أهداف منهجية التحسين Six sigma وهما :

أولاً: تقريب المتوسط Mean من الهدف Target.

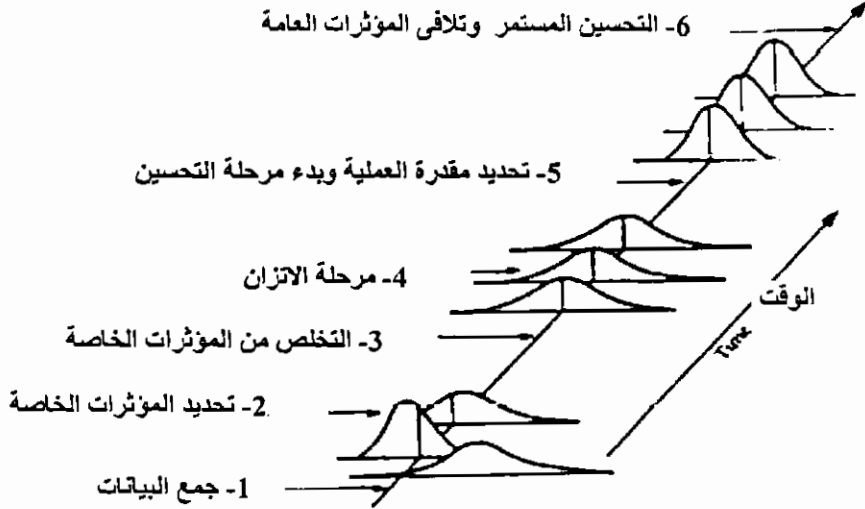
ثانياً: تقليل التشتت و الاختلاف و التباين Variability.

وهذا ما يعرضه الشكل 4-13 :



شكل رقم 4-13 أهداف منهجية التحسين Six sigma "للمؤلف"

وإذا لم نتمكن من تحقيق هذين الهدفين فإن الحل يكون في إعادة تصميم العملية Process re-design أو إعادة هندسة العملية Process re-engineering.



شكل رقم 14-4 استراتيجية التعامل مع عملية التباين والترحيل
(John S. Oakland ، المؤلف)

أما الشكل 14-4 فيعرض استراتيجية التعامل مع عملية التباين والترحيل من خلال ست خطوات تفصيلية وهى:

- 1- جمع البيانات وتنقيتها ورسم الهستوجرام، أو تمثيل البيانات بأى طريقة مناسبة (يرجى مراجعة الفصل الحادى عشر تحت عنوان تلخيص وعرض البيانات)، وبرسم خرائط التحكم Control Charts.
- 2- تفسير الهستوجرام وخرائط التحكم وبحث ظهور المؤثرات الخاصة من عدمه.
- 3- تحليل أسباب ظهور المؤثرات الخاصة والتخلص منها إن وجدت.
- 4- الوصول إلى مرحلة الإتزان والتي تكون فيها العملية فى حالة تحكم إحصائى In Control وهى المرحلة التى يمكن فيها التنبؤ بأداء العملية أى تكون Predictable.
- 5- تحديد وحساب مقدرة العملية لمعرفة موقفها ومستواها الحالى، وتقدير المستوى المطلوب الوصول إليه، وهذا ما نطلق عليه تقييم وتحليل الثغرة Gap Analysis وهذا مهم جدا قبل بدء عملية التحسين.
- 6- التحسين الدورى والمنتظم والمستمر للتخلص أو للحد من وجود الأسباب والمؤثرات العامة.

4.5. التناظر بين ظاهرتي التباين والزلازل Variation and Earthquakes Analogy

لو تخيلنا أن الأرض تتناظر العملية وأن ما يحدث للأرض من زلازل يشبه ما يحدث للعملية من اضطراب، وأن مقياس الزلازل هو ريختر وأن مقياس اضطراب العملية هو السيجما Sigma فإن ذلك سوف يساعد في توضيح وقبول فكرة التغير.

كيف يحدث الزلزال ؟

نعلم جميعاً أن الكرة الأرضية تتكون من طبقات عديدة تبدأ بكرة من السائل الملتهب في مركز الكرة الأرضية، يليها طبقات مختلفة اللزوجة تنتهي بقشرة تسبح فوق طبقة شبه صلبة، وهي القشرة الأرضية ونحن نعيش عليها، وهذه القشرة ليست قطعة واحدة وإنما هي أجزاء متجاورة، وهي في حركة دائمة.

وعلى هذا فهناك عدة احتمالات لحدوث الزلزال كما يلي:

- الاحتمال الأول: عند وجود قشرتان متجاورتان تتحركان في اتجاهين متضادين فإن الزلزال يحدث عند اصطدام القشرتين، وتعتمد قوة الزلزال حينئذ على سرعة و كتلة هاتين القشرتين.
 - الاحتمال الثاني: إذا كان اتجاه حركة القشرتين في اتجاه واحد وكانت سرعتهما واحدة فلن يحدث الزلزال، ولكن إذا اختلفت السرعتان فلا محالة سيحدث الاصطدام ويحدث الزلزال، ويعتمد توقيت وقوة هذا الزلزال على السرعة النسبية بين القشرتين وكتليتهما.
 - الاحتمال الثالث: وهو حدوث الزلزال لقشرة تتحرك بمفردها، وكما أشرنا فإن القشرة تتحرك على طبقة شبه صلبة فإذا كانت هذه الطبقة غير متجانسة في تركيبها وفي لزوجتها فإن حركة القشرة ستكون غير منتظمة أي أن سرعتها تتباين، وفي لحظة التغير هذه تحدث الهزات الأرضية الخفيفة، وإذا كان هذا التباين في السرعة كبير فإن قوة الهزة ستكون عنيفة وبالتالي يكون قوة الزلزال كبيرة.
- ولو تخيلنا للحظة أن لدينا مبنى يتحمل الهزات حتى أربعة ريختر (تقاس قوة الهزات الأرضية بريختر)، فإننا نقول أن المبنى متزن وإذا تحمل هزة قدرها 6 ريختر مثلاً، فنقول أنه أكثر اتزاناً وأكثر تحملاً للهزات وللمؤثرات الخارجية.

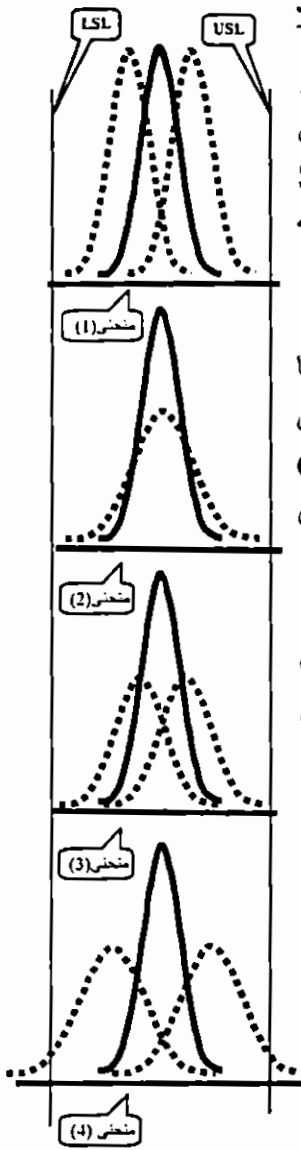
وبعمل تناظر بين القشرة وبين العملية يمكن صياغة النتائج كما في جدول رقم 4-2

جدول رقم 4- 2 التناظر بين القشرة الأرضية و العمليات

القشرة	Process
تركيب وتماسك القشرة	تسلسل وتماسك Process
كتلة وحجم القشرة	حجم Process
حركة القشرة	عمليات الإنتاج او تقديم الخدمات
استقرار القشرة وما عليها من مبان	استقرار Process
حتمية وجود هزات	حتمية وجود انحراف وتغير
حدوث هزة للقشرة	حدوث Shift او زيادة التغير Variability
الطبقة التي تتحرك عليها القشرة	العوامل المحيطة بـ Process
قدرة الطبقة على تحمل الهزات	قدرة تحمل العملية Process لتغير العوامل المحيطة بها
قياس قوة الهزة بالريختر	قياس جودة العملية Process بالانحراف المعياري او بالسيجما
توجد طرق لتفسير أسباب الهزات	توجد خرائط Charts لتفسير أسباب انحراف Process
حتى الآن لا توجد طرق فعالة للتنبؤ بالهزات الأرضية والزلازل	توجد خرائط Charts للتنبؤ بانحراف Process
يوجد تصميمات للتغلب على الهزات قبل حدوثها (تصميمات قوية مقاومة للزلازل)	توجد وسائل لخلق عملية قوية Design for التحسين Six Sigma DFSS
توجد خطط لمجابهة نتائج الهزات ولكن بعد حدوثها	توجد طرق لتقليل إمكانية حدوث الانحرافات ، ولكن قبل حدوثها مثل Control Charts

وحيث إن الكرة الأرضية في حالة حركة دائمة، واهتزازات بسيطة مستمرة فإنه يمكننا الاقتناع والتسليم بحتمية وجود هزات للقشرة الأرضية، وأنه يجب التعايش معها، وبنفس المنطق يمكننا أن نسلم بحتمية وجود انحرافات وتغيرات في العمليات Process، ولكن المهم هنا هو أن تكون هذه الانحرافات والتغيرات في الحدود المسموح بها، أما إذا زادت هذه الانحرافات عن الحدود المسموح بها فسيحدث الزلزال وتخرج العملية عن السيطرة والتحكم، وقد يصبح الوضع مأساوياً.

وبفرض أن لدينا أحد المباني المقامة في منطقة زلازل، وأن هذا المبنى يتحمل هزات أرضية بقوة 2 ريختر مثلاً، فإن ذلك يناظره ما يلي:



شكل رقم 15-4 الحالات المختلفة لتأثر العملية بالأسباب

1- وجود عملية تتحمل حدوث ترحيل Shift فيها بمقدار 1σ مثلا (أي لو تحركت العملية بمقدار 1σ جهة اليمين أو جهة اليسار ستكون جميع النتائج داخل الحدود المسموح بها) كما في المنحنى (1) في شكل 15-4، وستعرف فيما بعد أن هذا الترحيل Shift يرجع إلى الأسباب الخاصة Special Causes، وأن إصلاحه مسئولية المنفذ Performer، ويقال حينئذ أن العملية في حالة إتزان إحصائي Statistical Control.

2- وجود عملية تتحمل حدوث التغير Variation لحدود معينة كما هو موضح بمنحنى (2) في شكل 15-4، وسنعرف فيما بعد أن حدوث هذا التغير Variation سببه هو الأسباب العامة Common Causes وأن إصلاحه مسئولية الإدارة Management، ويقال حينئذ أن العملية في حالة إتزان إحصائي statistical control.

3- وجود عملية تتحمل كل من الترحيل Shift والتباين Variation، وهي الحالة الأكثر واقعية، وفي هذه الحالة نقول أن العملية متزنة Stable لأنها سوف تتحمل وجود هزات، وبالطبع فإن عملية تتحمل هزة بقوة 2σ أفضل من عملية تتحمل هزة بقوة 1.5σ ، ولكنها في ذات الوقت ستكون العملية الأكثر تكلفة، ويقال حينئذ أن العملية في حالة إتزان إحصائي Statistical Control كما هو موضح بمنحنى (3) في شكل 15-4.

4- أما إذا كانت العملية لا تتحمل هذه الهزات، بمعنى أن جزء كبير من الإنتاج سيخرج عن الحدود المسموح بها، فإنه يقال حينئذ أن العملية في حالة حرجة Critical Process، أو أنها غير متزنة Unstable كما هو موضح بمنحنى (4) في شكل 15-4.

6- وعموما لكي تكون العملية التي نتعامل معها جيدة فيجب توفر عدة شروط فيها ومن أهم هذه الشروط ما يلي.

7- يجب أن تكون العملية مصممة تصميمًا جيدًا (القشرة القوية).

8- يجب أن تكون العملية متسلسلة ومخططة ومدروسة (التركيب الداخلي للقشرة متسق ومتجانس).

9- العوامل المحيطة بالعملية مستقرة وغير متغيرة (تجانس واتساق الطبقة التي تتحرك عليها القشرة).

4.6. الترحيل في أداء العملية Process shifting

أكدت الدراسات التي أجرتها شركة تويوتا أنه لا محالة سيحدث ترحيل لأداء أى عملية Process shift، وذلك على المدى الطويل، وقدرت قيمة هذا الترحيل بأنه يتراوح بين 1.4σ و 1.6σ ، وأرجعت هذا الترحيل إلى الأسباب الخاصة، ومعنى هذا أننا لو قمنا بقياس قدرة ومستوى الجودة فى عملية ما على المدى القريب Short term Process capability، ثم قمنا بقياس قدرة ومستوى الجودة لنفس العملية على المدى البعيد Long term Process capability، فسند أنهما ستقل بمقدار 1.5σ تقريباً، وهو ما نطلق عليه التباين الديناميكي للمتوسط على المدى الطويل Dynamic Mean Long-Term Variation.

ولقد اعتاد الإحصائيون على استخدام جداول لمنحنى التوزيع الطبيعي المعياري للقيم حتى $3Z$ فقط (يرجى مراجعة الفصل الثاى عشر تحت عنوان الاحتمال والتوزيعات الاحتمالية)، إلى أن جاءت تويوتا ونشرت جداول تحتوى على هذه القيم حتى $6Z$ ، وبالبحت فى هذه الجداول سند أن المساحة المناظرة لقيمة $6Z$ هى 2ppm أى خطاين لكل مليون فرصة لحدوث الخطأ، وسند أن قيمة 3.4PPM التى طالما تحدثنا عنها تقع عند قيمة $4.5Z$ أى أن الترحيل الذى تعتمد تويوتا هو 1.5 من قيمة الانحراف المعياري.

كذلك ولمعرفة وتحديد القيمة الحقيقية والعملية للترحيل فى عملية ما، فإننا نقيس الانحراف المعياري بأخذ عدة عينات على المدى القصير، ثم نقيس الانحراف المعياري مرة أخرى بأخذ عدة عينات على المدى الطويل، ثم نحسب الفرق بينهما من العلاقة

$$\text{Actual shift} = \sqrt{(\sigma_{\text{shot term}})^2 - (\sigma_{\text{Long term}})^2}$$

أى أن الترحيل الحقيقى يساوى جذر الفرق بين مربعى الانحراف على المدى الطويل والقصير.

ولكن لماذا تم افتراض أن الترحيل الذى يحدث للعملية هو 1.5σ تحديدا وليس 1σ أو 2σ مثلاً؟

والرد على هذا التساؤل الهام، ومن خلال الشرح السابق تبين لنا ضرورة وحتمية وجود التباين و الترحيل Shift and Variation فى أى عملية حتى فى الأوقات التى تكون فيها مخرجات العملية مقبولة، وهذه المخرجات المقبولة لا تكون مقبولة لقيمة وحيدة، وإنما يكون مقبولا لمدى يتحدد من الحد الأدنى والأعلى للمواصفة USL و LSL، وعلى ذلك

فدائماً وأبداً سنجد متوسط خرج للعملية بقيمة أكبر أو أقل من الهدف المنشود بقيمة بسيطة، أى أننا عندما نأخذ عينات من أي عملية ، فإننا نعلم تماماً أنه إذا حسبنا قيمة المتوسط $\bar{X}$ لهذه العينات، فإنها لن تساوى الهدف وهو فى هذه الحالة متوسط المجتمع μ Population Mean (يراجع الفصل الثالث عشر فى هذا الكتاب تحت عنوان العينات وطرق إتقانها)، وبالتالي فلا بد من وجود تفسير لهذه الظاهرة.

وسنعرف فى الفصل الخامس من هذا الكتاب أنه لرسم خريطة المتوسط والمدى $\bar{X}$ -bar and R Control Chart، فإننا نحتاج تجميع عدة عينات على هيئة مجموعات Subgroups يختلف عدد مفردات هذه المجموعات باختلاف الشخص الذى يقوم بالرسم فالبعض يختارها خمسة والبعض الآخر يختارها أربعة، ولكن عددها الأكثر شيوعاً من الناحية العملية هو أربع مفردات لكل مجموعة، ومن هذه المجموعات نحسب المتوسط والمدى ونرسم الخرائط المختلفة.

كذلك ولرسم خريطة المتوسط والمدى $\bar{X}$ and R مثلاً، فإننا نبدأ برسم خريطة المتوسط $\bar{X}$ chart أولاً، وهي تمثل متوسط المجموعات Subgroups، ونحدد كل من الحد الأعلى للتحكم Upper Control Limit والحد الأدنى للتحكم Lower Control Limit بقيمة تساوى ثلاثة أضعاف الانحراف المعياري لمتوسطات المجموعات وليس للمفردات Individuals، وبالتالي فهناك خطأ يطلق عليه الخطأ المعياري Standard error وهو يساوى :

$$\text{Standard Error of Means} = \text{SEM} = SD_{avg} =$$

$$= SD_{avg} = \frac{\text{standard error of individuals}}{\sqrt{n}}$$

حيث n هي حجم العينة والتي تساوى 4 وعلى ذلك فإن:

$$3 \text{ Standard Error of Means} = 3 \text{ SEM} = 3 SD_{avg}$$

$$= \frac{3 \text{ standard error of individuals}}{\sqrt{4}}$$

$$3 SD_{avg} = 1.5 SD_{individuals}$$

أى أن قيمة الترحيل بين متوسطات المجموعات Subgroups Averages وبين المفردات Individuals سيكون 1.5σ .

الفصل الخامس

التحكم الإحصائي للعمليات

Statistical Process Control (SPC)

5.1. مقدمة Introduction

تعتبر عملية التحكم الإحصائي في العمليات من الطرق الواضحة والفعالة لمراقبة ومحاولة التحكم وتقليل الإضطراب والتحويل والتباين Variation and chaos الغير مرغوب به ، والذي قد يحدث في العملية، ويتم ذلك باستخدام مجموعة من الأدوات الإحصائية، وهي كذلك طريقة يستخدمها كل في ميدان عمله، يستخدمها المدير والعامل والسكرتير والكيميائي والمهندس و....

ويهمنا هنا أن نشير إلى أن استخدام مفهوم التحكم الإحصائي SPC يمكن أن يكون في أية مرحلة من مراحل تحسين العملية طالما كانت الأهداف تتضمن التركيز على:

- تقليل الإضطراب والتحويل To reduce the Variation.
- الاقتراب بمتوسط المخرجات من المستهدف To move the Process Mean closer to the Target value

ويقال لأي عملية أنها في حالة تحكم إحصائي Process in statistical control إذا استطعنا من خلال دراسة ماضي هذه العملية أن نتنبأ بمدى تباين واضطراب هذه العملية في المستقبل، ويتم ذلك عن طريق استخدام عدد من الأدوات يطلق عليها الأدوات السبعة الأساسية للجودة The seven basic quality Tools وهي موضحة في جدول 5-1:

جدول رقم 5-1 " الأدوات السبعة الأساسية للجودة

الأداة	الاستخدام
Check Sheets	لتجميع وتنسيق البيانات
Pareto diagrams	لترتيب وتصنيف البيانات
Histograms	للبيانات التي تعبر عن سلوك المنظومة
/Flow diagram Process mapping	لتوضيح ترتيب وتتابع مجموعة من الأنشطة
Cause and effect diagram	لمخطط السبب والنتيجة
Scatter diagram	لمخطط التشتت / التبعثر
Control charts	لمراقبة أداء العملية وتحديد أسباب الاضطراب

وبالنظر للسبع أدوات الأساسية نجد أن الستة الأوائل منها (جميع الست أدوات لا تتعامل مع الإنحراف المعياري ولا مع المتوسط وهو عيب جوهري لأنه يحد من تعميق التحليل إحصائيا) لا تقي ولا تعطي الدقة المطلوبة في عالم منهجية التحسين Six Sigma الذي يحتم وجود أدوات ذات مستوى أعلى، ولذا سنلجأ للأداة السابعة وهي خرائط التحكم. وبالإضافة إلى ما سبق ذكره فإنه يوجد العديد من الأدوات الأخرى التي تدرجها بعض المراجع على أنها ضمن السبعة الأساسية كما في جدول 2-5 .

جدول رقم 2-5 أدوات أخرى إضافية للجودة

الأداة	الاستخدام
Affinity diagram	مخطط التآلف
Tree diagram	تصنيف الأفكار
Matrix diagram	تقسيم و تصنيف الأفكار
Interrelationship diagram	مخطط المنظومة
Prioritization matrix	لترتيب الأولويات
Activity Network diagram	مخطط العلاقات
	لترتيب البدائل
	مصفوفة الأولويات
	مخطط شبكة الأنشطة
	للتخطيط والجدولة

وستقوم بإلقاء الضوء على هذه الأدوات في الفصل التاسع من هذا الكتاب تحت عنوان “منهجية التحسين الأدوات والتقنيات”.

ونظرا لأهمية الأداة السابعة المبينة في جدول 2-5 ، وهي خرائط التحكم Control Charts فسنقوم بالحديث عنها في الجزء التالي ، وقد أفردت لها بابا منفصلا لما تمثله من أهمية بالغة.

5.2. خرائط المراقبة والتحكم Control Charts

وهي وسيلة للحكم على مدى جودة أداء العملية قيد البحث، وكذلك هي أداة لمراقبتها والتحكم فيها، وقدمها العالم والتر شيوارت Walter Shewart والذي كان يعمل بمؤسسة بيل Bell للتليفون عام 1920 كخدمة جلية لمجال الجودة، ويطلق عليها في بعض الأحيان خريطة شيوارت Shewart Chart نسبة إلى مبتكرها، والبعض يطلق عليها صوت العملية أو Voice of the Process، وهي بمثابة الأشعة التليفزيونية، أو بمثابة كاميرا فيديو لمراقبة حالة العملية لحظة بلحظة بتتابع زمني وعلى مدار فترات زمنية، ومن خلالها نستطيع التفريق بين المؤثرات و الأسباب العامة والخاصة للتغير.

وكما في مجال الطب يوجد أنواع مختلفة من الأشعة، ويتوقف اختيار نوع الأشعة على المعامل Factor الذي نريد قياسه، فمثلا توجد أمراض تكفي الأشعة السينية العادية لمعرفةا وتشخيصها، وتوجد أمراض أخرى تحتاج لأشعة بالصبغة، وأمراض أخرى تستلزم الأشعة المقطعية، كذلك فإن اختيار نوع خريطة التحكم المناسبة يتوقف بدرجة كبيرة على نوع البيانات المتاحة وكذلك على كمية هذه البيانات أي نوع وحجم البيانات Type and size of data.

وكما أن قراءة الأشعة الطبية وتفسيرها يحتاج لطبيب لبيب، فإن قراءة وفهم وتفسير خرائط التحكم يحتاج لخبرات ومهارات بعضها يكتسب بالممارسة والمقارنة والقياس والبعض الآخر يكتسب بمعايشة وفهم طبيعة العملية ذاتها.

5.3. أنواع خرائط التحكم Types of Control Charts

يوجد نوعان رئيسيان من خرائط التحكم Control Charts، نوع يتعامل مع البيانات المستمرة Continuous، وآخر يتعامل مع البيانات الوثابة Attribute، (لدراسة الفرق بين البيانات المتصلة والمتقطعة يرجى مراجعة الفصل العاشر تحت عنوان أنواع البيانات الرقمية)، وفيما يلي سنتناول أنواع هذه الخرائط بالشرح والتفصيل.

أ- خرائط التحكم للمتغيرات المتصلة Continuous Data Control chart

إذا كانت البيانات الناتجة من النوع المستمر فإنه عند رسم خرائط التحكم، فإننا نقوم بتجميع البيانات المراد رسمها على هيئة مجموعات فرعية (m)، وكل مجموعة تشتمل على عدد من العينات (n)، ونقوم برسم خريطين اثنتين من الخرائط، كل واحدة تبحث عاملا محددا كما يلي:

- الخريطة الأولى وهي تحدد ما إذا كان التباين الحادث داخل المجموعة الواحدة متسقا أم لا؟، وهي تدرس التباين داخل المجموعات الفرعية Variation within each subgroup، أودقة العملية Process precision، أو التباين على المدى القصير short term variation، وفيه نحسب المدى لكل مجموعة، ونقوم بتوقيعه على خريطة، وحيث إن هذه الخريطة تعبر عن التباين الموجود في العملية، فإننا نعبر عن هذا التباين تارة بالمدى وتارة بالانحراف المعياري، ويلاحظ أنه عندما يكون عدد العينات صغير (في حدود من ثلاثة إلى خمسة) وبالتالي يكون المدى أكثر تعبيراً عن الانحراف المعياري عن التباين، فإننا نستخدم خريطة المدى R Chart، أما إذا كان عدد العينات كبير (10 عينات فما فوق) فإن الانحراف المعياري يكون أصدق تعبيراً عن التباين

من المدى، وحينئذ فإننا نستخدم خريطة الانحراف المعياري S Chart ، أما إذا كان عدد العينات هو عينة واحدة لصعوبة أخذ عينات أو لتكلفتها العالية - فإننا نلجأ لإيجاد شئ بديل عن المدى وعن الانحراف المعياري لكي يعبر عن التباين، وهو المدى المتحرك R-moving ، وهو الفرق بين قيمة عینتين متتاليتين، وحينئذ نستخدم خريطة المدى المتحرك R moving Chart ، وفي هذه الحالة ولأنها ترسم قيم مباشرة، وليس متوسطات، فيجب أولاً التأكد من أن بيانات هذه البيانات تتبع منحني التوزيع الطبيعي، (يرجى مراجعة الفصل الثاني عشر تحت عنوان التوزيعات الاحتمالية)، وذلك بإجراء اختبار الطبيعية Normality test من خلال رسم الهستوجرام ، أو مخطط الصندوق Box Plot أو مخطط النقطة dot plot، أو مخطط الورقة والساق stem and leaf أو بأكثر من طريقة مناسبة في وقت واحد (يرجى مراجعة الفصل الحادي عشر تحت عنوان طرق عرض البيانات).

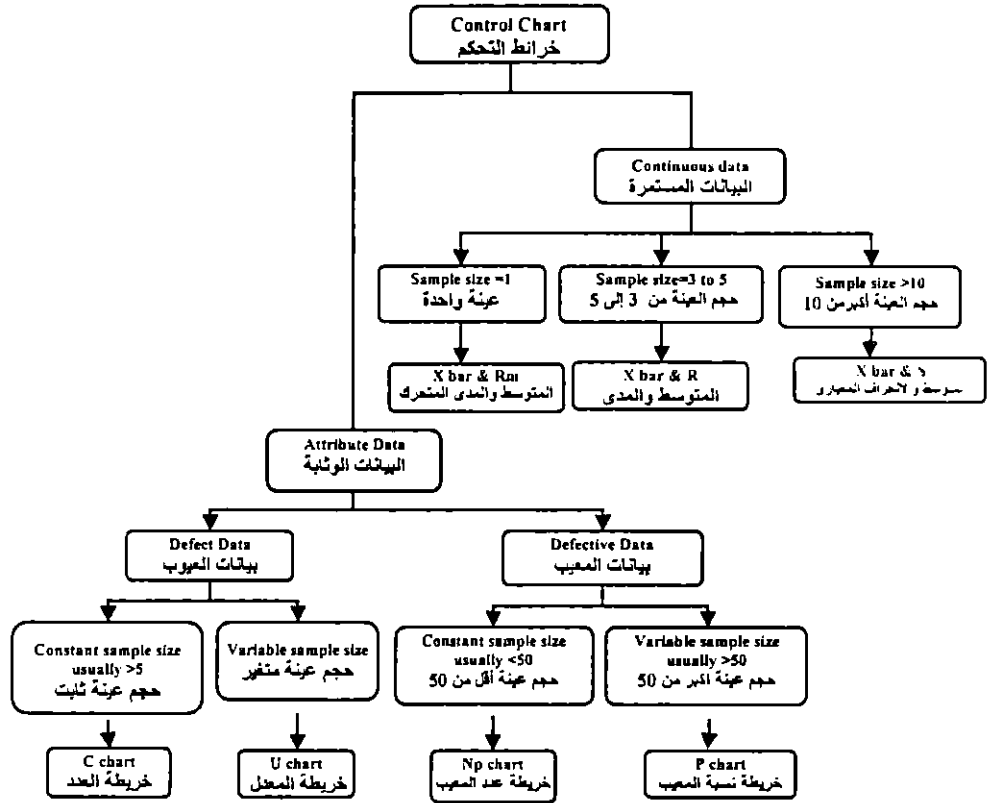
■ الخريطة الثانية وتسمى خريطة المتوسطات $\bar{X}$ Chart ، ولا يتم البدء في رسمها إلا إذا كانت الخريطة الأولى التي سبق شرحها، في حالة ائزان وتحكم، وهذه الخريطة تحدد ما إذا كان التباين الحادث بين متوسطات المجموعات الفرعية المختلفة أكبر من التباين الحادث في خرائط النوع الأول أم لا؟، أى تدرس التباين بين المجموعات على المدى الطويل Long term variation، وفيها نحسب المتوسط لكل مجموعة، ونقوم بتوقيعه على الخريطة، ويمثل بخريطة المتوسطات $\bar{X}$ Chart.

ب- خرائط التحكم للمتغيرات المتقطعة الوثابة Attribute data Control Chart

أما إذا كانت البيانات من النوع الوثاب أو المتقطع Attribute فإن خريطة التحكم تبحث شقا واحدا (أي يوجد خريطة واحدة) ويتوقف نوع الخريطة كما في شكل 5-1 وكما سنوضح على نوع و كمية هذه البيانات أي Type and Size of Data .
والشكل 5-1 التالي يوضح الطريقة التي تستخدم لاختيار الخريطة المناسبة لنوع البيانات وحجم العينة.

ويوجد عدة أنواع من هذه الخرائط منها ما يلي:

- خريطة التحكم لنسبة العيوب P، ونعتمد في رسمها على توزيع ذي الحدين Binomial Distribution
- خريطة التحكم لعدد العيوب P، ونعتمد في رسمها على توزيع بواسون Boisson



شكل رقم 5-1 الطريقة التي تستخدم لاختيار خرائط التحكم

5.4. فوائد خرائط التحكم Benefits of control Chart

لخرائط التحكم العديد من الفوائد و يمكن بلورة بعض هذه الفوائد فيما يلي:

- 1- تحديد ما إذا كانت العملية في حالة تحكم واتزان إحصائي أم لا out of control or in statistical control
- 2- خطوة هامة وضرورية قبل حساب مقدرة العملية Process Capability، وتحديد ما إذا كانت العملية قادرة أم لا capable or not.
- 3- مراقبة العملية عن قرب، واتخاذ الإجراءات التصحيحية Corrective Actions اللازمة أولاً بأول لضمان استمرار الأداء السليم والمتزن للعملية.
- 4- تحديد أسباب انحراف العملية ، هل هي أسباب خاصة؟ وبالتالي يتم التحسين من خلال تعديل الإجراءات عن طريق العمالة المباشرة Operation، أم هي أسباب عامة ؟ وبالتالي يتم التحسين عن طريق تغيير أو إعادة تصميم العملية نفسها بواسطة الإدارة Management.

5- تمنع العبث والتدخل غير المبرر في العملية، وهو ما نطلق عليه Tempering، والذي يؤدي إلى زيادة التباين، و إلى تدمير العملية في بعض الحالات، في حين أنها قد تكون سليمة أصلاً، وتجدر الإشارة إلى ضرورة عدم التدخل للإصلاح إلا إذا تأكدت الحاجة لذلك بوجود الأسباب الخاصة، وإلا أدى ذلك إلى زيادة التباين وتضخمه، وهذا ما تدعو إليه نظرية ديمينج Deming والتي تنص على أن التدخل لإصلاح الأخطاء الناتجة عن الأسباب العامة إذا تم بواسطة العمالة المباشرة Operation فإن ذلك يؤدي إلى زيادة هذه الأخطاء والعيوب بتلك العملية.

6- تعتبر خرائط التحكم بمثابة صوت العملية Voice of the Process.

7- تعطى صورة واضحة عن حالة العملية في الماضي، والحاضر، وتمكنا من توقع حالتها إلى حد كبير في المستقبل.

8- يمكن من خلالها تقييم جهود التحسين ومقارنتها بالأهداف الموضوعية.

9- تساعد في اتخاذ القرارات الاستراتيجية، وتحدد سياسة الشركات والهيئات والمنظمات بشأن خطط التطوير والتحسين اللازمة لمواجهة متطلبات السوق، وتوقعات العملاء، وأداء المنافسين، كما تحدد المناطق الأولى بتطبيق هذه السياسات وتلك الخطط.

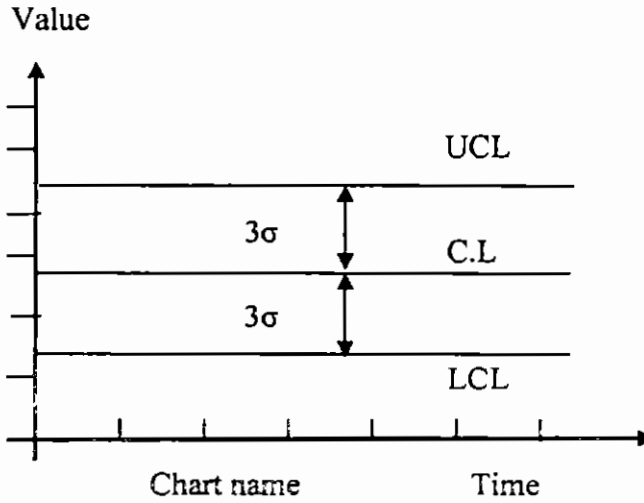
5.5. الخصائص العامة لخرائط التحكم Control Charts Characteristics

من أهم مميزات خرائط التحكم أنها تعرض صورة حية للعملية لفترة طويلة مثل فيلم فيديو، وهي ليست لقطة لحظية Snap Shot كما في الهستوجرام Histogram، أو مخطط الصندوق Box Plot، أو رسم النقطة dot plot، أو الساق والورقة Stem and Leaf (يرجى مراجعة الفصل الحادي عشر تحت عنوان تلخيص وعرض البيانات)، كذلك تتميز هذه الخرائط بأن لها شكل عام موحد وخصائص ثابتة كما بالشكل 5-2، ومن هذه الخصائص ما يلي:

- 1- لها خط مركزي Central Line يقسمها إلى جزأين، في كثير من الأحيان متساويان.
- 2- لها حد أعلى للتحكم Upper Control Limit (UCL) يبعد مسافة (3σ) عن خط المركز Central Line وكذلك حد أدنى للتحكم Lower Control Limit (LCL) يبعد أيضاً مسافة (3σ) عن خط المركز، ويتم حساب هذه المسافة من البيانات المتاحة، ويجب عدم الخلط بين الحدود العليا والدنيا للتحكم وبين الحدود العليا والدنيا للمواصفات، والتي غالباً ما تكون مواصفات العميل Customer Specifications، والمنطقة المحصورة بين الحدود العليا والدنيا للتحكم تمثل منطقة اتزان العملية Process Stability Zone.

3- لها محور أفقي يمثل الزمن و محور رأسي يمثل العامل المقاس.

- 4- المسافة بين UCL & LCL تساوي قيمة تقدر بستة انحرافات معيارية 6σ .
- 5- إذا كانت المسافة بين الحد الأدنى وخط الوسط Center & Lower قيمة سالبة فإننا نعتبر خط الصفر هو خط التحكم الأدنى Lower Control Line، فمثلا لا توجد منتجات معيبة تساوي 2- أي بقيمة سالبة.
- 6- عند رسم خرائط التحكم Control Charts ، ولكي تعطى نتائج موثوق بها يجب توفر عدد من العينات أو البيانات المدونة Observation يتراوح من 20 حتى 25.
- 7- يجب عدم الخلط بين عدد العينات (n) Sample وعدد المشاهدات أو المجموعات Observation (m) فمثلا نأخذ عدد عينات 7 عينات / يوم لمدة 33 يوم، فيكون عدد العينات هو $n = 7$ ، وعدد المشاهدات هو $m = 33$.



شكل رقم 5-2 الشكل العام لخرائط التحكم

- 8- الجدول 3-5 يوضح الفرق بين هذه الأدوات وبين خرائط التحكم:

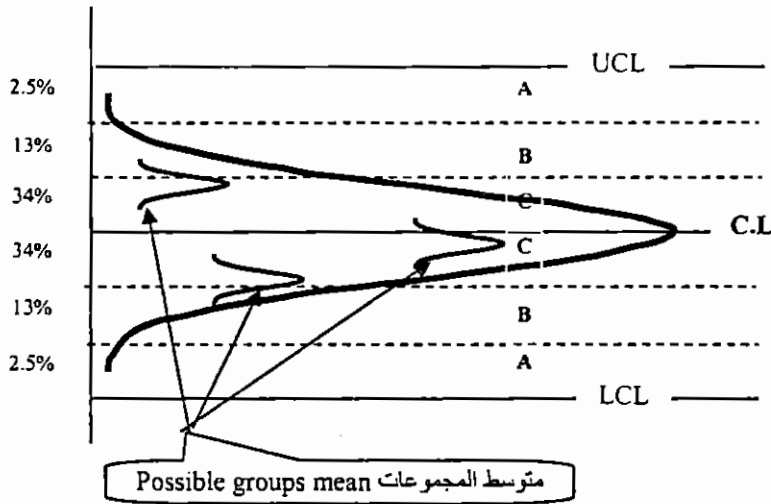
جدول رقم 5-3 الفرق بين خرائط التحكم وبعض الوسائل الإحصائية لتمثيل البيانات

dot plot أو Box Plot أو Histogram أو stem and leaf	Control Chart	
فترة قصيرة (لقطة) snap shot	فترة طويلة (فيديو) video	فترة المراقبة
status	performance	تعبير عن
تعرض حالة العملية في الماضي فقط	تعرض حالة العملية في الماضي والحاضر	زمن المراقبة
لا يمكن من خلالها التنبؤ بحالة العملية في المستقبل	يمكن من خلالها التنبؤ بحالة العملية في المستقبل	زمن التنبؤ

9- إذا ظهرت بعض النقاط خارج حدود التحكم، فإن ذلك يكون نتيجة وجود الأسباب الخاصة، وتكون إجراءات التحسين المطلوبة هي إجراءات تصحيحية، و يكون هذا التحسين عن طريق التنفيذيين.

10- إذا كانت العملية غير قادرة على الوفاء بمتطلبات العملاء وأظهرت الخرائط إترانا للعملية، بأن كانت النقاط الممثلة لها تقع داخل حدود التحكم، فإن ذلك يكون نتيجة وجود الأسباب العامة، وتكون إجراءات التحسين المطلوبة هي إجراءات وقائية Preventive Actions، و يكون هذا التحسين عن طريق الإدارة Management كما سيأتى شرحه فى الفصل التاسع تحت عنوان مخطط المناطق الأربع.

11- عندما تكون العملية في حالة إتران وتحكم Control فإن شكل الخريطة Control Chart يقترب من الشكل 3-5، والذي يوضح أن حوالي 2.5% من مجموع القراءات سيقع في المنطقة A والواقعة في الثلث الأعلى من المساحة المحصورة بين خط الوسط وحدود التحكم القصوى UCL و CL، كذلك سيقع حوالي 13% من مجموع القراءات في المنطقة B والواقعة في الثلث الأوسط من ذات المساحة، وأيضا سيقع حوالي 34% من مجموع القراءات في المنطقة C والواقعة في الثلث السفلى من نفس المساحة، وتنطبق نفس النسب في المساحة المحصورة بين خط الوسط وحدود التحكم الدنيا LCL و CL، وبالتدقيق سنجد أن هذه النسب هي نفس النسب التي ذكرناها عندما تحدثنا عن خصائص منحنى التوزيع الطبيعي Normal Distribution Curve تحت عنوان التوزيعات الاحتمالية فى الفصل الثانى عشر من هذا الكتاب.



شكل رقم 3-5 الشكل العام لخريطة التحكم لعملية متزنة

12- المنطقتان C هما منطقتي الأمان، وتمثل باللون الأخضر في بعض المراجع والكتب دليلاً على ذلك، أما المنطقتان B فهما منطقتي التنبيه والاستعداد لاتخاذ إجراء تصحيحي ويمثلان باللون الأصفر، أما المنطقتان A فهما منطقتي اتخاذ إجراء تصحيحي فوري ويمثلان باللون الأحمر، أما المنطقتان فيما وراء المنطقتين A فهي مناطق خروج العملية عن الإتران Out of Control Zone.

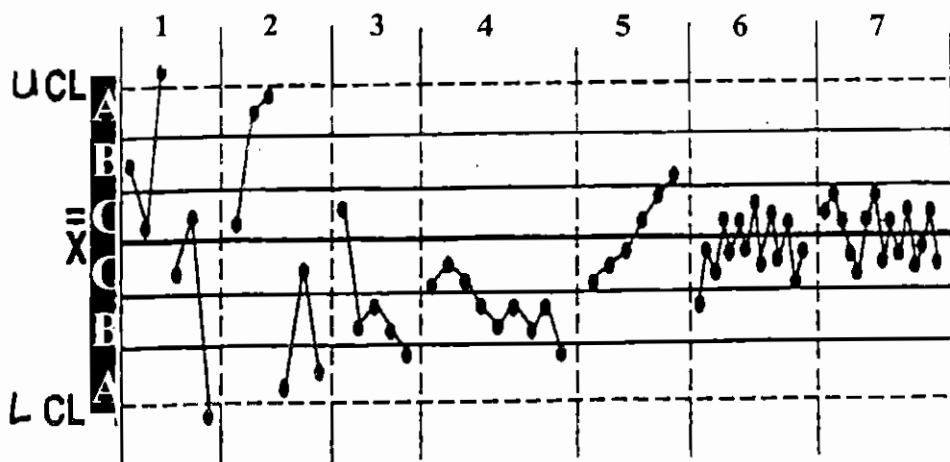
13- يجب عدم الخلط بين حدود التحكم Control Limits والتي هي بمثابة صوت العملية Voice of the Process، وبين حدود المواصفات Specification Limits، والتي هي بمثابة صوت العميل Voice of the customer.

14- بالنظر أيضاً إلى نفس الشكل سنجد أن الخريطة ما هي إلا تسجيل زمني لمتوسط قيم مجموعات القراءات المحتملة، أي أنها Histogram متكرر فترة بعد فترة.

15- عند جمع البيانات لرسم خرائط التحكم يجب تسجيل بعض البيانات الهامة، مثل متى رسمت، ومن رسمها، ولماذا رسمت، ومن أين جمعت البيانات، وكيف جمعت وهكذا لأن ذلك من شأنه أن يساعد في قراءتها وتفسيرها فيما بعد.

5.6. قراءة وتفسير خرائط التحكم Control Charts Interpretation

الشكل 4-5 يعرض بعض النماذج Patterns التي إذا ظهر بعضها عند رسم خرائط التحكم Control Chart، يمكننا الحكم على أن العملية خارج نطاق التحكم أو out of control وهي:



شكل رقم 4-5 أشكال مختلفة لنماذج عدم الإتران

- 1- إذا ظهرت نقطة واحدة من القراءات خارج المساحة المحصورة بين LCL و UCL أى فيما وراء المنطقة A ، ويعزى سبب خروج هذه القراءة عن حدود التحكم $Control Limits$ إلى الأسباب الخاصة للتباين $Special Cause of Variation$ ، أو $Assignable Cause of Variation$ ، أي أن هناك حدثا غير عاديا (ليس من طبيعة العملية $Process Nature$) وقع قبيل أو أثناء تسجيل هذه القراءات، وهنا تبرز أهمية أن يحتوى جدول تسجيل القراءات على خانة الملاحظات، وأن يسجل بها أية ملاحظات يراها الشخص الذي يقوم بتسجيل هذه القراءات، مثل (تم تغيير المناوبة ، أو حدث هبوط في جهد الكهرباء لمدة ربع ساعة، أو زيادة مفاجئة في عدد العملاء..... وهكذا).
 - 2- إذا ظهرت نقطتين من كل ثلاثة نقاط متتابعة بصورة متكررة في المنطقة A أو ما بعدها، وفي جهة واحدة من خط المركز.
 - 3- إذا ظهرت أربع نقاط من كل خمس نقاط متتابعة بصورة متكررة في المنطقة B أو ما بعدها، وفي جهة واحدة من خط المركز.
 - 4- إذا ظهرت تسع نقاط متتابعة في جهة واحدة من خط المحور أو خط المركز.
 - 5- إذا ظهرت ست نقاط متتابعة في اتجاه واحد سواء بالزيادة أو بالنقصان، وهو ما نسميه $Trend$ بالتوجه.
 - 6- إذا ظهرت أربع عشرة نقطة متتابعة تتأرجح لأعلى وأسفل على جانبي خط المركز مكونة دورات $Cycles$.
 - 7- إذا ظهرت خمس عشرة نقطة متتابعة في المنطقة C ، أسفل وأعلى خط المركز.
- يلاحظ أن النموذج في النقطة رقم 1 يشير إلى الأسباب الخاصة ، بينما النماذج في النقاط من 2 حتى 7 تشير إلى وجود الأسباب العامة ، وهي جميعها تجعل العملية في حالة عدم اتزان وخارج نطاق السيطرة $Out of Control$.
- الجدول 4-5 يعرض طريقة التعامل مع كل نوع من الأسباب، وعواقب التعامل الخاطئ، ومميزات التعامل الصحيح.

جدول رقم 5- 4 الأسباب المختلفة وكيفية التعامل معها

نوع الإجراء				
اتخذ إجراءات للتغلب على أسباب الاختلاف	حاول معرفة أسباب اختلاف بعض البيانات	ادرس عناصر المنظومة	اتخذ إجراءات لإحداث تغيير للمنظومة	
Special cause أسباب خاصة		Common cause أسباب عامة		Common cause أسباب عامة
تضييع الوقت	زيادة الاضطراب	فهم الحق للمنظومة	تقليل الاضطراب	
تعمل خطأ		تعمل صحيح		Special cause أسباب خاصة
فهم الحق للمنظومة	تقليل الاضطراب	تضييع وقت قبل اتخاذ إجراءات تصحيحية	فقد إنتاجية و زيادة الاضطراب	
تعمل صحيح		تعمل خطأ		أسباب خاصة

وفي هذا الجدول يتضح أن معالجة إحدى الأسباب على غير حقيقتها يؤدي الى زيادة الاضطراب والتباين في العملية.

5.7. خطوات رسم خرائط التحكم Control Charts Construction Steps

فيما يلي الخطوات الرئيسية لرسم خرائط التحكم :

- 1- نحدد العملية المراد مراقبتها لمدة طويلة و نحدد المتغيرات التي سيتم قياسها.
- 2- نقوم بتجهيز خطة جمع البيانات والقراءات Data Collection Plan، ويفضل ألا يقل عدد القراءات عن 25 قراءة، والجدول 5-5 يعتبر نموذجاً جيداً لتجميع القراءات والبيانات إذا كانت من النوع الطبيعي والمستمر Continuous and Normal Data (يرجى مراجعة الفصل العاشر تحت عنوان أنواع البيانات الرقمية).

جدول رقم 5- 5 نموذج لجدول تجميع البيانات

Subgroup number	Date	Time	Measurement					Average	Range	Comment
			x_1	x_2	x_3	x_4	x_5			

- 3- نتأكد من سلامة نظام القياس Measurement System Analysis ، (كما سيأتي شرحه في الفصل السادس من هذا الكتاب)، وعند ذكر نظام القياس فإننا نعني الأدوات، والإجراءات، والشخص الذي سيقوم بالقياس وبيئة القياس.
- 4- نحدد عدد العينات التي يمكن أخذها طبقاً وطبيعة العملية.

- 5- نجمع هذه العينات علي هيئة مجموعات (يومية- أسبوعية- شهرية- موسمية.....) بحيث كل مجموعة m تحتوي علي عدد n من العينات، و ينبغي أن تكون عينات منطقية Rational Sample، و متجانسة Homogenous، و مستقلة Independent، وكثيرة العدد، لكي تكون معبرة عن المجتمع بقدر الإمكان.
 - 6- نحدد نوع الخريطة من نوع وحجم العينات التي سيتم التعامل معها.
 - 7- نحسب قيمة الحد الأدنى والأقصى للتحكم أو حدود التحكم كقيمة، إما من خلال جداول، أو من خلال برامج الكمبيوتر، ونوقعها على الرسم، والجدول 5-6 يوضح معادلات الحساب اليدوية لهذه القيم.
 - 8- ويتم تحديد معاملات خرائط التحكم Control Charts Parameters من الجدول 5-7 الذي يحتوي على قيم عملية لهذه المعاملات.
 - 9- بعد رسم الخريطة، وإذا وجدنا بعض النقاط خارج حدود التحكم، نحاول تفسير وجودها على أنها أسباب خاصة، ونحاول دراسة أسباب ظهورها والتغلب علي هذه الأسباب، ثم نستبعدنا ونعيد حساب حدود التحكم مرة أخرى، وهكذا إلى أن تصبح جميع النقاط داخل حدود التحكم فتكون هي الخريطة المطلوبة.
 - 10- في حالة البيانات المستمرة Continuous Data نرسم خريطين ، بينما في حالة البيانات الوثابة Attribute Data نرسم خريطة واحدة فقط (راجع الفصل العاشر تحت عنوان أنواع البيانات الرقمية).
 - 11- نقوم باستقراء الخريطة و تفسيرها، ونحدد ما إذا كانت العملية في حالة اتزان وتحكم إحصائي أم لا؟
- وعموما علينا ألا ننزعج كثيرا من المعادلات التي تم ذكرها في هذا الجزء، لأننا سوف نقوم باستخدام برامج الكمبيوتر لرسم هذه الخرائط، وكل ما علينا هو أن نهتم بخصائصها وبتفسيرها، واستنباط أسباب كونها غير متزنة Statistically Out of Control.

جدول رقم 5-6 معادلات حساب الحد الأدنى والأقصى للتحكم

	Control chart type	Sample size	Central Line	Control Limits
بيانات مستمرة Continuous Data	Average & Range $\bar{X}$ and R	Usually from 3 to 5	$\bar{X} = \frac{\sum (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K)}{K}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \bar{R}$ & $LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \bar{R}$
			$R = \frac{\sum (R_1 + R_2 + \dots + R_K)}{K}$	$UCL_R = D_4 \bar{R}$ & $LCL_R = D_3 \bar{R}$
	Average & Standard Deviation $\bar{X}$ and S	Usually ≥ 10	$\bar{X} = \frac{\sum (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K)}{K}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_3 \bar{S}$ & $LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_3 \bar{S}$
			$\bar{S} = \frac{\sum (S_1 + S_2 + \dots + S_K)}{K}$	$UCL_S = B_4 \bar{S}$ & $LCL_S = B_3 \bar{S}$
	Individual moving & range X and R_m	1	$\bar{X} = \frac{\sum (X_1 + X_2 + \dots + X_K)}{K}$	$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + E_2 \bar{R}_m$ & $LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - E_2 \bar{R}_m$
			$\bar{R}_m = \frac{\sum (R_1 + R_2 + \dots + R_K)}{K-1}$	$UCL_{R_m} = D_4 \bar{R}_m$ & $LCL_{R_m} = D_3 \bar{R}_m$
بيانات رقمية Attribute Data	Variable, usually ≥ 50	Fraction defective P chart	For each subgroup: $P = np / n$	$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ & $LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
			For all subgroup: $\bar{p} = \sum np / \sum n$	
	Constant, usually ≥ 50	Number defective nP chart	For each subgroup: np = number of defective units.	$UCL_{np} = n \bar{p} + 3\sqrt{n \bar{p}(1-\bar{p})}$ & $LCL_{np} = n \bar{p} - 3\sqrt{n \bar{p}(1-\bar{p})}$
			For all subgroups: $n \bar{p} = \sum np / k$	
	Constant	Number of defects C chart	For each subgroup: C = number of defects.	$UCL_c = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$ & $LCL_c = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$
			For all subgroup: $\bar{C} = \sum C / k$	
	Variable	Number of defects per unit U chart	For each subgroup: $U = C / n$ number of defective units.	$UCL_U = \bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$ & $LCL_U = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$
			For all subgroup: $\bar{U} = \sum C / \sum n$	

وفي الجدول 5-7 نجد ان قيمة المعامل D_3 يساوى 0.184 إذا كان عدد العينات هو تسع عينات ، و قيمته تساوى 0.223 إذا كان عدد العينات هو عشرة وهكذا.

جدول رقم 5-7 معاملات خرائط التحكم

Sample size "n"	$\bar{X}$ and R			$\bar{X}$ and S				$\bar{X}$ and R_m			
	A_1	D_3	D_4	A_2	B_1	B_2	C_1	E_2	D_2	D_3	D_4
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	0.7979	2.659	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.574	1.954	0	2.568	0.8862	1.772	0	2.574	1.693
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	0.9213	1.457	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.114	1.427	0	2.089	0.9400	1.290	0	2.114	2.326
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	0.9515	1.184	0	2.004	2.532
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.188	1.882	0.9594	1.109	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	0.9650	1.054	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761	0.9693	1.010	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716	0.9727	0.975	0.223	1.777	3.078

5.8. مدى دقة خرائط التحكم Accuracy of Control Charts

إن العلاقة بين عدد المجموعات الفرعية Subgroups و حجم العينات Sample Size وبين مدى الدقة Accuracy المطلوب اكتشافها عند رسم خرائط التحكم علاقة طردية، بمعنى أنه لزيادة حساسية ودقة الخرائط يجب زيادة عدد القراءات المسجلة، وعدد القراءات المسجلة يعتمد على عدد المجموعات وحجم كل مجموعة.

والجدول 5-8 يعرض العلاقة بين دقة وحساسية خرائط التحكم وبحجم البيانات المطلوبة، فمثلا تسع مجموعات، وكل مجموعة حجمها 3 قراءات ستكون كافية لاكتشاف ترحيل مقداره انحراف معياري واحد، وأيضا 21 مجموعة، وكل مجموعة حجمها 7 قراءات ستكون كافية لاكتشاف ترحيل مقداره نصف انحراف معياري.

جدول رقم 5-8 علاقة حساسية خرائط التحكم بحجم البيانات

Shift value in Standard Deviations							
الترحيل المراد الإحساس به مقدرا بالانحراف المعياري							
3σ	2.5σ	2σ	1.5σ	1σ	0.5σ		
1	3	6	14	43	155	1	حجم subgroup sample size (n)
1	1	2	5	17	90	2	
1	1	1	2	9	60	3	
1	1	1	1	6	43	4	
1	1	1	1	4	33	5	
1	1	1	1	3	26	6	
1	1	1	1	2	21	7	
1	1	1	1	2	17	8	
1	1	1	1	1	14	9	
1	1	1	1	1	12	10	
عدد المجموعات الفرعية number of sub groups							

5.9. أمثله على خرائط التحكم Control Chart

مثال رقم 5-1

جدول رقم 5-9 بيانات
المثال 5-1

subgroup	X1	X2	X3
1	63	71	47
2	50	86	40
3	47	62	50
4	74	67	60
5	59	43	59
6	60	58	58
7	85	80	71
8	67	65	65
9	61	53	74
10	71	57	51
11	72	52	55
12	48	40	60
13	55	69	53
14	53	43	40
15	52	58	59
16	89	74	49
17	58	55	57
18	69	72	59
19	77	61	62
20	51	63	61

الجدول 5-9 يوضح الوقت الذي ينتظره المرضى قبل إجراء عملياته جراحية، وقد سجلت هذه الأوقات لثلاث عمليات عشوائية يوميا، والمطلوب رسم خريطة التحكم المناسبة مع التعليق على النتائج.

الحل:

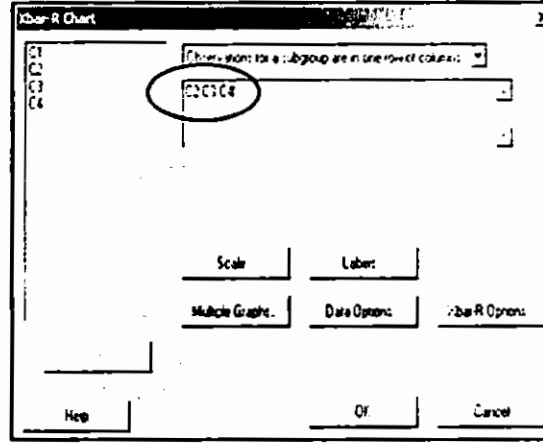
حيث إن البيانات المتاحة هي بيانات وقت إذن فهي مستمرة، وحيث إن حجم العينة هو 3 فإننا طبقا للشكل 5-1، سنرسم

خريطة المتوسط والمدى $\bar{X}$ and R ، وسنستخدم Minitab لذلك كما يلي:

▪ ندخل الجدول إلى Minitab، نختار القوائم التالية:

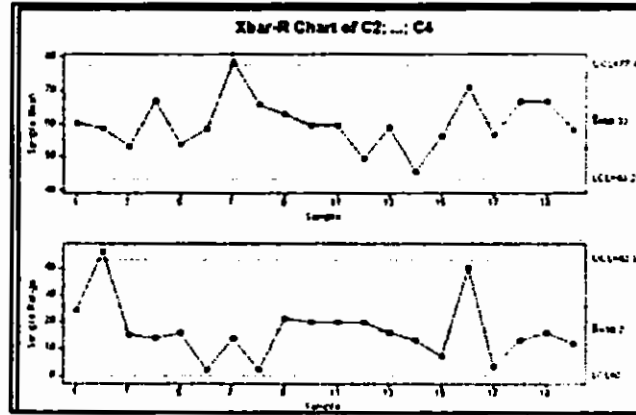
Stat> Control Charts>variable Charts for subgroups> $\bar{X}$ and R

■ نختار C1 & C2 & C3 ثم OK.



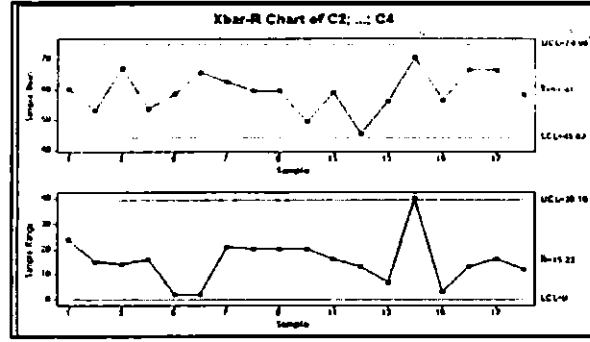
شكل رقم 5-5 خطوة 1 لحل المثال 1-5

- فيظهر الشكل 5-6، وفيه يظهر بعض النقاط خارج مجال التحكم 'Out of Control'، ويرجع ذلك إلى الأسباب الخاصة (لأنها خارج حدود التحكم Control Limits)، وهي النقاط رقم 7، ورقم 2، فنقوم بحذف هاتين النقطتين (بعد التحقق من أنهما أسباب خاصة Special Causes).



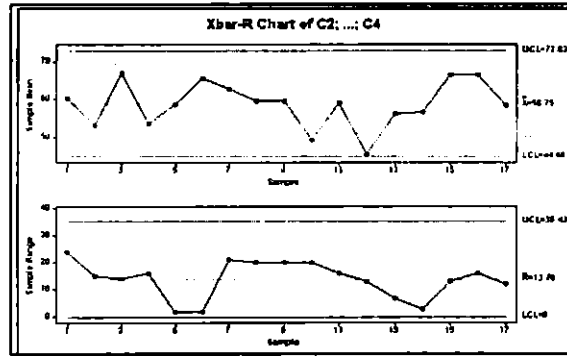
شكل رقم 6-5 خطوة 2 لحل المثال 1-5

- نرسم الخريطة مرة أخرى فيظهر الشكل 5-7، وفيه يظهر النقطة رقم 14 على أنها 'Out of Control'، فنقوم بحذفها (بعد التحقق من أنها من الأسباب الخاصة Special Causes).



شكل رقم 5-7 خطوة 3 لحل المثال 1-5

- ونرسم خريطة أخرى فيظهر الشكل 5-8، ونرى فيه أن الحد الأدنى للتحكم LCL والخاص بخريطة المدى R- Chart صفرا، لأن القيمة السالبة غير مقبولة عمليا في هذا المثال، والشكل يظهر أن العملية أصبحت في حالة إتزان وتحكم، وفي هذه الحالة فقط يمكننا قياس قدرة العملية.



شكل رقم 5-8 خطوة 4 لحل المثال 1-5

مثال رقم 2-5

عند استلام أحد أوامر الشراء، قام مهندس الفحص والاستلام باختيار عينات عشوائية وقام باختبارها، وكانت نتيجة الاختبار كما هي موضحة بالجدول 5-10:

جدول رقم 5-10 بيانات المثال 2-5

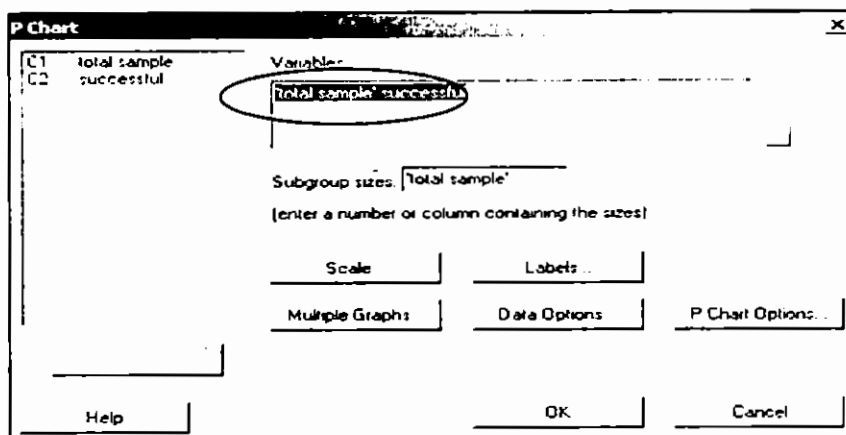
النفقات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
العينات	115	127	127	112	129	157	167	156	153	136	121	138	130	142	127	147	115	159	141	132
المرفوض	47	43	5	77	49	69	70	64	66	58	46	50	55	48	38	60	43	56	54	41

والمطلوب رسم خريطة التحكم المناسبة مع التعليق على النتائج.

الحل:

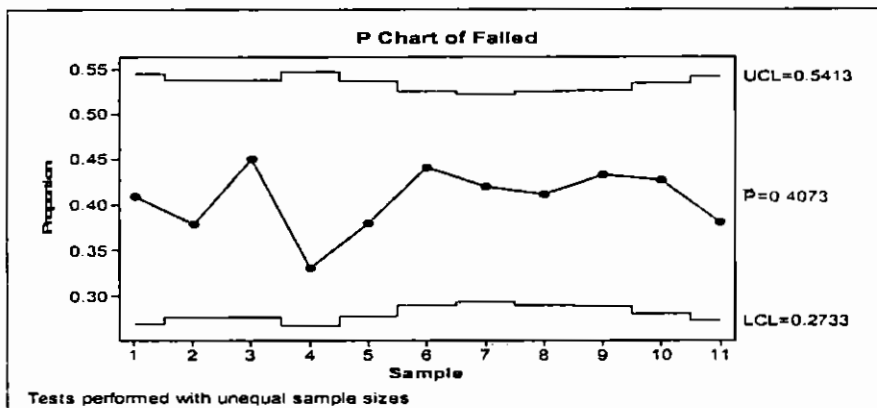
طبقاً والشكل 5-1 حيث إن البيانات المتاحة وثابتة وتمثل نسبة المعيب ، وحيث إن عدد العينات متغير العدد، فإننا سنرسم P Chart، وسنستخدم Minitab لذلك كما يلي:

- ندخل الجدول إلى Minitab
- نختار القوائم التالية Chart > attribute charts > Control Charts> Stat
- نختار الأعمدة التي تحتوى على البيانات كما فى شكل 5-9.



شكل رقم 5-9 خطوة لحل المثال 5-2

فنحصل على الشكل 5-10 وهو النتيجة المطلوبة.



شكل رقم 5-10 نتيجة حل المثال 5-2

مثال رقم 5-3

في إحدى محطات معالجة المياه، قام مهندس الوردية بقياس درجة حرارة أحد المبادلات الحرارية بصفة يومية، وكان ذلك لمدة 20 يوما متتالية بواقع قراءة لكل يوم، وكانت نتيجة القياسات كما بالجدول 11-5 الموضح.

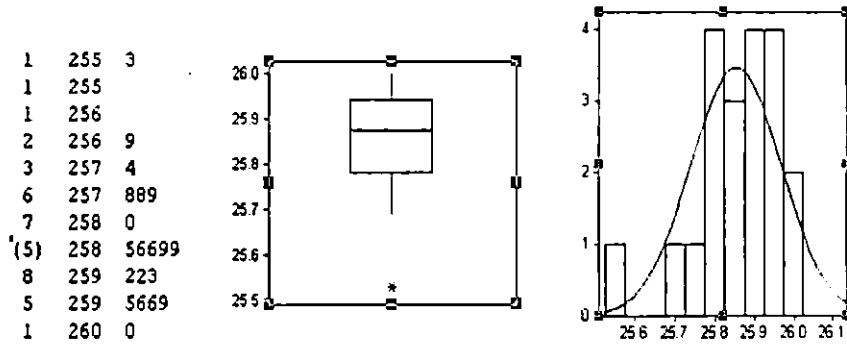
جدول رقم 5-11 بيانات المثال 3-5

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Value	25.92	25.85	25.79	25.89	25.86	25.92	25.89	25.03	25.86	25.93	25.96	25.78	25.99	25.80	25.96	26.00	25.74	25.69	25.96	25.78

والمطلوب رسم الخريطة المناسبة مع التعليق على النتائج.

الحل: حيث إن البيانات المتاحة مستمرة Continuous، وحيث إن عدد العينات واحد فإننا سنرسم خريطة المدى المتحرك I-moving Range Chart طبقا للشكل 1-5، وفي هذه الحالة كما قلنا فإنه يتحتم اختبار البيانات والتأكد من أنها تتبع التوزيع الطبيعي قبل البدء في رسم الخريطة، وسنستخدم الميني تاب Minitab لذلك كما يلي:

- ندخل الجدول إلى الميني تاب Minitab، نقوم باختبار ما إذا كانت البيانات طبيعية أم لا، وذلك بأن نرسم الهستوجرام، ونرسم الساق والورقة، ونرسم مخطط الصندوق.



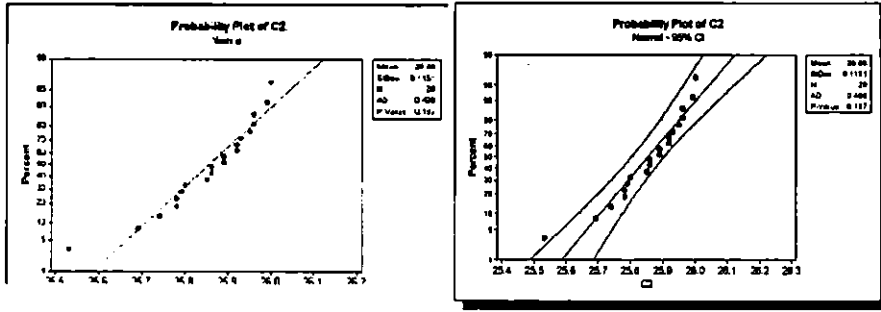
شكل رقم 11-5 اختبار طبيعية البيانات

ومن الشكل 11-5 لا يتضح بالدليل القاطع أن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي، فنختبر الطبيعية Normality بطريقة أخرى كما يلي:

Minitab> Graph> Probability plot

Minitab>stat>basic statistics>normality test

أو من القائمة

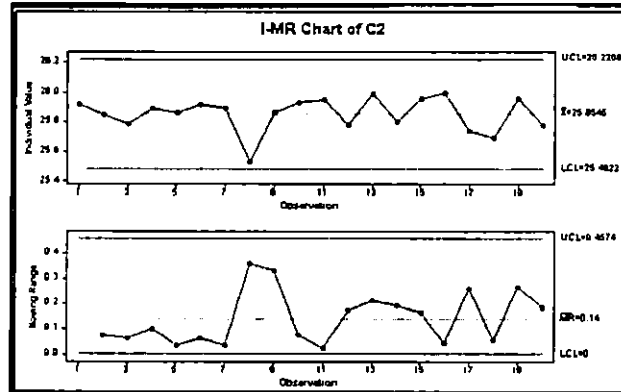


شكل رقم 5-12 اختبار الطبيعية Normality

فيظهر الشكل 5-12 وفيه نجد أن معظم النقاط داخل حدود المنحنى، وتظهر قيمة المعامل "بي" $P=0.187$ وهي قيمة أكبر من 0.05 فنحكم بأن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي.

■ نختار القوائم التالية بالتتابع
Stat> Control Charts>variable Charts for individuals > I moving range Chart

فيظهر الشكل 5-13 والذي يوضح أن العملية في حالة تحكم ، ونستنتج ما يلي:



شكل رقم 5-13 شكل خريطة المدى المتحرك للمثال 3-5

- أن التباين الموجود في القراءات المسجلة هو تباين طبيعي، ولا يوجد ما يبرر أي تدخل في هذه العملية.
- أن الفترة الزمنية التي تم تسجيل القراءات فيها صغيرة نسبياً، وبالتالي فنحن نقيس قدرة المبادل الحراري على الوفاء بمتطلبات العملية على المدى القصير Shot term heat exchanger capability، ولا يمكننا حينئذ تقييم باقي عوامل التغيير المحتملة وأبرزها فريقا التشغيل والصيانة.
- نظرا لعدم ظهور أسباب خاصة ، فليس لدينا دليل على أن فريقى التشغيل والصيانة لا يؤديان دورهما المطلوب منهما.

- لتحديد ما إذا كان فريقا التشغيل والصيانة يؤديان دورهما المطلوب منهما كما ينبغي أم لا ؟ فلا بد من توسيع الفترة الزمنية حتى نتأكد من ظهور تأثير باقي عوامل التغيير ومنها تأثير فريق التشغيل والصيانة على الأداء أى Long term Process Performance.

مثال رقم 5-4

تمتلك إحدى شركات البترول عددا من المعدات الهامة، وقد رأت إدارة الشركة المالكة تكرار عدد مرات توقف أحد هذه المعدات الهامة، ووجهت انتقادا للشركة التي تقوم بعملية الصيانة لهذه المعدات، فما كان من شركة الصيانة إلا أن قامت بتحليل أداء هذه المعدة من واقع البيانات المسجلة على مدار سبعة عشر أسبوعا كما هو موضح بالجدول 5-12:

جدول رقم 5-12 بيانات المثال 4-5

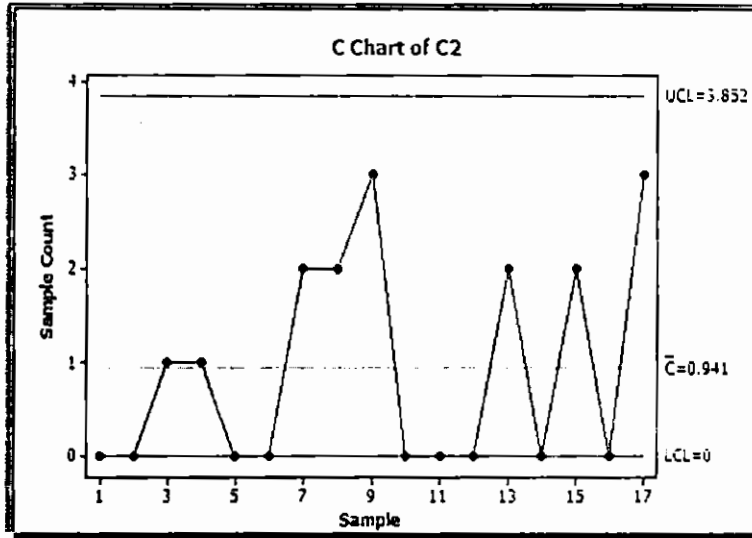
رقم الأسبوع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
عدد مرات التوقف	0	1	1	0	0	0	2	2	3	0	0	0	2	0	2	0	3

الحل:

ندخل البيانات الموضحة في الجدول إلى Minitab

Minitab > Stat > Control Charts > Attribute chart > C chart

فيظهر الشكل 5-14 والذي يبين أن هذه التوقفات طبيعية وليست لتقصير من فريق الصيانة.



شكل رقم 5-14 نتيجة حل المثال 4-5

مثال رقم 5-5

إذا تم تطبيق نفس المثال السابق على معدة أخرى، وكانت البيانات المسجلة على مدار خمسة وعشرين أسبوعا كما هو موضح بالجدول 5-13:

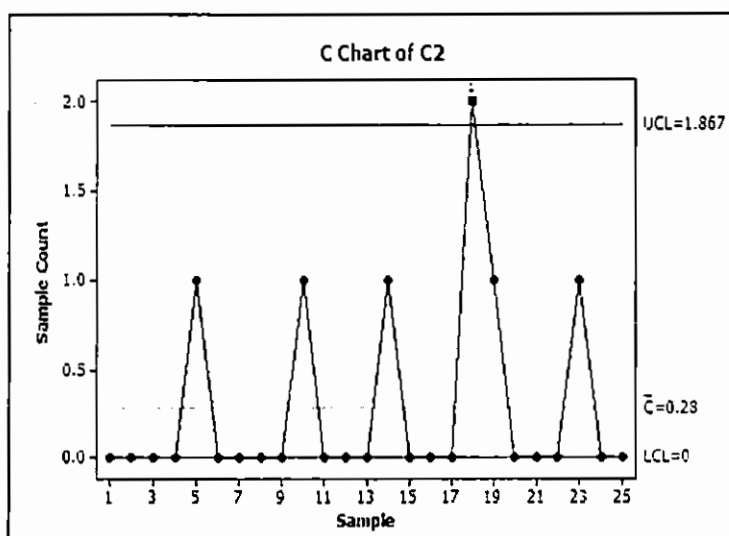
جدول رقم 5-13 بيانات المثال رقم 5-5

رقم الأسبوع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
عدد مرات التوقف	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0

الحل: ندخل البيانات الموضحة في الجدول إلى Minitab

Minitab > Stat > Control Charts > Attribute chart > C chart

فيظهر الشكل 5-15 والذي يبين أن التوقف الذي وقع في الأسبوع الثامن عشر قد يرجع إلى نقص من فريق الصيانة أو من فريق التشغيل لأنه سبب خاص Special Cause.



شكل رقم 5-15 نتيجة حل المثال 5-5

مثال رقم 5-6

أرادت إحدى الشركات إجراء دراسة لتحليل معدل حوادث السيارات التي ازداد عددها بصورة ملحوظة، وقد قام فريق الدراسة برصد عدد الحوادث التي زادت تكلفتها عن ألف جنيه على مدى عام كامل، و إجمالى عدد الكيلومترات المسجلة وكذلك عدد الحوادث في كل شهر وظهرت كما بالجدول 5-14، والمطلوب تحليل هذه البيانات والتعليق عليها.

جدول رقم 5- 14 بيانات المثال 6-5

شهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
كيلومتر	275000	266000	281000	222000	232000	271000	222000	222000	279000	303000	336000	336000
عدد الحوادث	12	7	5	3	6	8	7	6	6	6	2	6

الحل:

حيث إن عدد الكيلومترات غير متساو، فنلجأ إلى حساب قيمة n وهي القيمة المعيارية Standard Unit، ولذا نختار قيمة ثابتة لعدد الكيلومترات المقطوعة وليكن 250000، ثم نحسب n بقسمة عدد الكيلومترات المقطوعة على 250000 ثم نحسب الحد الأقصى UCL والحد الأدنى LCL لكل شهر ونكون الجدول 5-15 بالتطبيق في العلاقات التالية

$$CL = \bar{U} = \frac{\sum C}{\sum n} \quad LCL = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}} \quad UCL = \bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$$

جدول رقم 5- 15 تجهيز بيانات المثال 6-5

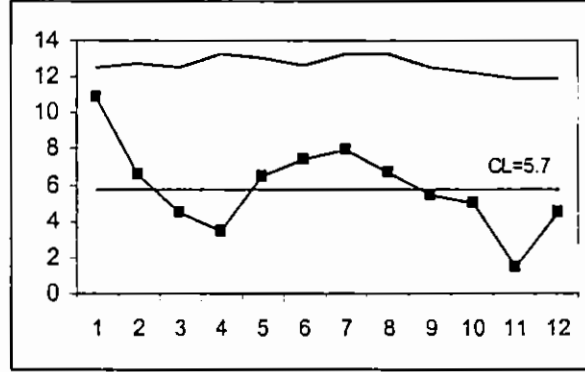
الشهر	كيلومتر	عدد الحوادث	القيمة المعيارية n $n = \frac{\text{الكيلومتر}}{250000}$	المعدل U $u = \frac{\text{عدد الحوادث}}{n}$	UCL	LCL
1	275000	12	1.1	10.9	13	0
2	266000	7	1.06	6.6	13	0
3	281000	5	1.12	4.5	13	0
4	222000	3	0.89	3.4	13	0
5	232000	6	0.93	6.5	13	0
6	271000	8	1.08	7.4	13	0
7	222000	7	0.89	7.9	13	0
8	222000	6	0.89	6.7	13	0
9	279000	6	1.12	5.4	13	0
10	303000	6	1.21	5	12	0
11	336000	2	1.34	1.5	12	0
12	336000	6	1.34	4.5	12	0
الإجمالي		74	12.97			

$$CL = \bar{U} = \frac{\sum C}{\sum n} = \frac{74}{12.97} = 5.71$$

$$UCL = \bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}} = 5.71 + 3\sqrt{\frac{5.71}{n}}$$

$$LCL = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}} = 5.71 - 3\sqrt{\frac{5.71}{n}}$$

وفي كل مرة تكون فيها قيمة الحد الأدنى LCL قيمة سالبة، نستبدلها بالصفر ثم نرسم هذه الخريطة كما بالشكل 5-16، ولأن قيمة العينات والممثلة بالكيلومتر مختلفة، فسوف نختلف قيمة الحدود القصوى والدنيا UCL and LCL.



شكل رقم 5-16 نتيجة حل المثال 5-6

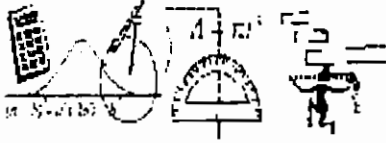
وحيث إنه لا يوجد ما يشير إلى عدم الإتزان فإن هذه الحوادث في المعدل الطبيعي.

الفصل السادس

تحليل نظام القياس

Measurement System Analysis "MSA"

6.1. مقدمة Introduction

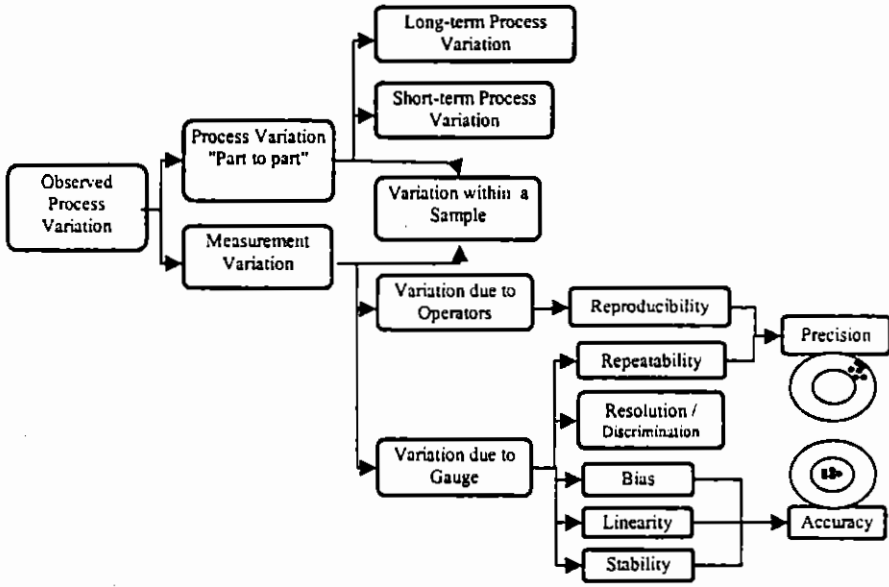


يعد موضوع تحليل نظام القياس MSA من أهم الموضوعات التي تسبق مرحلة القياس وتجميع البيانات "Measure" وهي إحدى مراحل منهجية التحسين، وذلك لأننا بعد قياس و تجميع هذه

البيانات، سنقوم بتحليلها ودراستها للوصول إلى حلول ومقترحات للمشكلة قيد البحث، فلو كانت هذه البيانات غير دقيقة، أو غير صحيحة، - وهذا ما يحدث في بعض الأحيان- فإن الحلول والمقترحات التي سيتم التوصل إليها ستكون غير مجدية وغير نافعة، وسيكون التعامل معها مضيق للوقت وإهداراً للجهد والموارد، بل أكثر من ذلك، أنه من الممكن أن تكون العملية تحت الدراسة سليمة ولا تحتاج إلى أي تدخل، وحينئذ فإن هذا التدخل يؤدي إلى إلحاق الضرر بها بدلاً من إصلاحها وتحسينها، أضف إلى ذلك إن شئت، أن ذلك سيكون دعوة صريحة لفقد الثقة في فريق التحسين وفي منهجية التحسين Six Sigma بالكامل.

وعلى ضوء ذلك تبرز أهمية التأكد من سلامة نظام القياس و تحرى دقته وخلوه من آثار التباين، وعندما نذكر نظام القياس، فإننا نقصد كل ما يمكن استخدامه في عملية قياس وتسجيل وتجميع البيانات مثل:

- 1- الشخص Appraiser الذي يقيس ويجمع البيانات.
- 2- الأدوات و المعدات و الأجهزة Tools, Gages, and Devices التي تستخدم في القياس.
- 3- الإجراءات Procedures والاحتياطات المتبعة في القياس و عند التسجيل.
- 4- البيئة Environment التي يتم فيها القياس ممثلة في الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة ونقاء الوسط والإضاءة والضوضاء و....
- والشكل 6-1 يوضح مصادر التباين المحتملة في أي عملية، والنتيجة عن كل من: التباين الطبيعي الموجود في العملية، والتباين الناتج عن نظام القياس.



شكل رقم 6-1 مصادر التباين المحتملة في أى عملية (للمؤلف)

وفى الحقيقة توجد عدة أسباب محتملة لإحداث هذه العيوب والأخطاء والاضطرابات والتغيرات ومنها:

- أن يكون الشخص الذي يقوم بعملية القياس غير مؤهل وغير مدرب.
- أن أداة القياس تحتاج إلى معايرة، ويتم التغلب على ذلك بتقليل الفترات البينية للمعايرة.
- عدم كفاية الصيانة (أتربة، غبار، صدا، نظافة)، ويتم التغلب على ذلك بزيادة الاهتمام بالصيانة.
- حدوث تآكل لبعض أجزاء أداة القياس ويتم التغلب على ذلك بالاستبدال.
- اختلاف طرق القياس وإجراءاتها، ويتم التغلب على ذلك بتوحيد هذه الطرق وتثبيت تلك الإجراءات.
- تدنى إمكانيات وخصائص ونوعية الجهاز، ويتم التغلب على ذلك باستبدال الجهاز بنوعيات أفضل.
- تباين الظروف والبيئة المحيطة بالجهاز، ويتم التغلب على ذلك بتوحيد هذه الظروف مثل: درجة الحرارة والرطوبة والاهتزازات والضغط، والمجالات المغناطيسية، والمجالات الكهربائية، والارتفاع عن سطح البحر، و تأثير البعد عن خط الاستواء، والتشويش.....

ويتم التأكد من سلامة نظام القياس، بإجراء الدراسة على عدة محاور رئيسية منها ما يلي:



شكل رقم 6-2 مصادر التباين في العمليات

1. المحور الأول: تحديد مصادر التباين والاضطراب، فنجد أن لهذا الاضطراب مصدرين كما هو موضح في الشكل 6-2، الأول وهو الأخطاء والاضطرابات الطبيعية الموجودة في أية عملية، نتيجة الاختلاف الحتمي في خواص المخرجات (و قد تم شرح تحديد أسبابه وكيفية التغلب عليها في موضوع ظاهرة التباين الطبيعي في الفصل الرابع من هذا الكتاب)، والثاني وهو الاضطراب الناتج من عدم دقة نظام القياس، أو ما يسمى اصطلاحاً "خطأ الشخص والأداة" Gauge Repeatability and Reproducibility "Gauge R & R"، وهو هدفنا في هذا الجزء، ويتم تحديده وحساب قيمته بإحدى طريقتين:

■ إما باستخدام تقنية تحليل التباين "ANOVA Analysis of Variances" (يرجى مراجعة الفصل السادس عشر في هذا الكتاب).

■ أو من خلال رسم خريطتين Control Charts، هما خريطتي المتوسط والمدى $\bar{X}$ and R Charts، فمن خلال خريطة المدى R Chart نحدد كلا من الخطأ الناتج من أداة القياس أي خطأ الأداة Repeatability، والخطأ الناتج من الشخص القائم بالقياس أي خطأ الشخص Reproducibility، ويلاحظ أنه عند رسم خريطة المدى نرسم الفرق بين أكبر وأقل قيمة لكل جزء تم قياسه، وبالتالي إذا كان هذا الفرق صفراً، فإن هذا يعني أن التباين في قياسات الشخص وقياسات الأداة منعدم، أي أنه كلما اقتربنا من خط المركز Center Line لهذه الخريطة، كان نظام القياس جيداً نظراً لقلّة التباين، أما بالنسبة لخريطة المتوسطات $\bar{X}$ Chart والتي تحدد الخطأ الناتج من الأجزاء المقاسة Part to Part، فإنه كلما زاد الاضطراب والتباين فيها وزاد عدد النقاط خارج حدود التحكم، دل ذلك على دقة وجودة نظام القياس وقدرته على إظهار الاختلافات الموجودة في الأجزاء المقاسة (أي أن حساسية ودقة نظام القياس تفوق الاختلافات الموجودة في الأجزاء وقادرة على اكتشافها بصورة كبيرة).

ولكي يكون نظام القياس مقبولا، فيجب أن يكون مجموع نسبة الخطأ الناتج من كل من الأداة والشخص في حدود من 10% إلى 20% من إجمالي الخطأ أو التباين، وبالقسط فإن قيمة هذه النسبة تعتمد بصورة كبيرة على درجة الدقة المطلوبة في

موضوع الدراسة وعلى التطبيق ذاته، أما باقي نسبة الخطأ وهى من 80% إلى 90% فيجب أن تكون من خطأ الأجزاء المقاسة Part to Part.

2. المحور الثانى: تحديد مكونات التباين والإضطراب الناشئ من نظام القياس والذي نطلق عليه دقة النظام Precision ثم حساب قيمة هذا التباين من العلاقة:

$$\text{Precision } \sigma_{MS}^2 = \text{Reproducibility } \sigma_{rpd}^2 + \text{Repeatability } \sigma_{rpt}^2$$

حيث σ_{MS}^2 Precision هى تباين للدقة ، وحيث σ_{rpt}^2 Repeatability هى تباين خطأ الأداة، وحيث σ_{rpd}^2 Reproducibility هى الخطأ الشخصى.

3. المحور الثالث: محاولة تقليل تأثير هذا التباين والإضطراب والتحكم فيه، إما عن طريق تدريب الشخص الذي يقوم بالقياس، أو عن طريق المعايرة والصيانة لأداة القياس ذاتها، أو بتوحيد طرق القياس، أو بذلك كله.

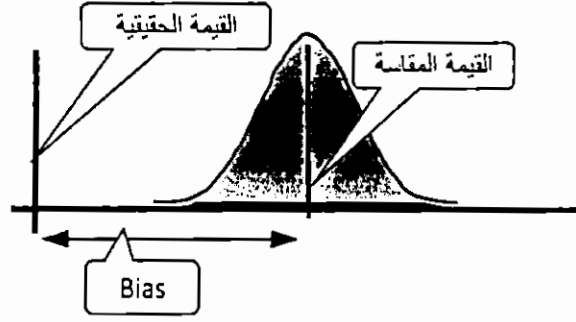
6.2. تحليل دقة القياس Gage Resolution / Discrimination analysis

وهى قدرة الأداة على القياس بدرجة دقة محددة، ولكي تكون الأداة جيدة يجب أن تتعدى درجة دقتها على الأقل جزء من عشرة من القيم المراد قياسها، أى نستطيع قراءة القيمة المقاسة بالإضافة إلى رقم عشري، فمثلا إذا كانت القيم المقاسة قيما صحيحة ، فيجب أن تكون دقة أداة القياس جزء من عشرة أجزاء مثل 350.6 ، وكذلك إذا كانت القيم المقاسة أجزاء من المائة فيجب أن تكون دقة أداة القياس جزء من الألف مثل 0.038. هذا ويمكن حساب الحد الأدنى لعدد خانات العدد العشري الذي يمكن قبوله من العلاقة التالية:

$$n_{Class} = \sqrt{\frac{(\text{Part Variation})^2}{R \& R}} = \sqrt{\frac{(\sqrt{(\text{Total Variation})^2 - (RR)^2})^2}{R \& R}} = \sqrt{\frac{(\sqrt{(6\sigma_{Process})^2 - (RR)^2})^2}{R \& R}}$$

6.3. تحليل التحيز (عدم الدقة) Gage Bias (Inaccuracy) Analysis

ويقصد بالتحيز (عدم الدقة) Bias وجود فرق بين القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية كما فى شكل 6-3، وكلما كان هذا الفرق أو الانحراف صغيرا كلما كان أفضل، ويوجد الفرق بصورتين:



شكل رقم 6-3 التحيز (عدم الدقة)

- إما أن يكون ثابتاً أى قيمة ثابتة في مدى القياس، ويتم التغلب على هذا العيب بطرح أو جمع قيمة الخطأ الثابتة إلى القيمة المقاسة.
- وإما أن يكون قيمة متغيرة في مدى القياس ويتم التغلب على هذا العيب بطرح أو إضافة القيمة المتغيرة المناظرة للقيمة المقاسة، وفي هذه الحالة يجب توافر منحني يوضح هذه العلاقة.

ويتم حساب التحيز (عدم الدقة) Bias ونسبته المئوية من العلاقة التالية:

$$\Delta \text{Bias} = \text{Average of measurement value} - \text{reference value (true value)}$$

$$\% \text{Bias for Process variation} = \frac{|\text{Bias}|}{\text{Process variation}} * 100 = \frac{|\text{Bias}|}{6 * \sigma} * 100$$

$$\% \text{Bias for Process tolerane} = \frac{|\text{Bias}|}{\text{Process tolerane}} * 100 = \frac{|\text{Bias}|}{USL - LSL} * 100$$

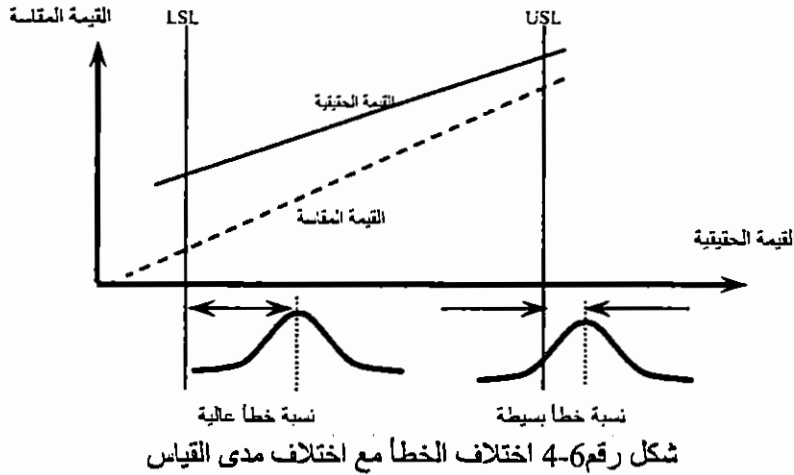
حيث يتم حساب σ من خرائط التحكم التي تناولناها في الفصل الرابع من هذا الكتاب.

وإذا قلنا إن إجراءات القياس ما هي إلا عملية ، وأن مخرجات هذه العملية هي القياسات التي نقوم بتسجيلها، وإذا سلمنا بأنه مهما بلغت دقة أداة القياس، فلا بد من حدوث خطأ ولو طفيف في عملية القياس، وهو في هذه الحالة يكون سبباً عاماً ، فإنه يجب الحذر كل الحذر، من التماذي في استعمال تعويض قيمة Bias إلا إذا تأكدت الحاجة لذلك بوجود الأسباب الخاصة لعملية الخطأ، وإلا أدى ذلك إلى زيادة خطأ القياس، وهذا ما أشرنا إليه في الفصل الرابع تحت عنوان "تحليل مصادر التباين" ، وما تدعو إليه نظرية ديمينج Deming والتي تنص على أن " تدخل المسؤولين المباشرين عن العملية لإصلاح الأخطاء والتباين الناتج عن الأسباب العامة Common Causes (التي تقع مسئولية إصلاحها على عاتق الإدارة)،

يؤدي إلى زيادة هذا التباين وتضخم تلك الأخطاء، وهو ما نطلق عليه العبث Tempering في العملية.

6.4. تحليل خطية جهاز القياس Gauge Linearity Analysis

وفيها يتم دراسة دقة أجهزة وأدوات القياس باختلاف المدى الذي نقيس فيه، بمعنى أنه لو كان لدينا جهازاً يقيس وزن المنتجات من مائة جرام حتى ألف جرام، فيجب التأكد من أن نسبة خطأ قياس الوزن في بداية مدى القياس (أي في المدى من مائة جرام إلى ثلاثمائة جرام مثلاً) هي نفس نسبة خطأ قياس الوزن في نهاية مدى القياس (أي في المدى من ثمانمائة جرام إلى ألف جرام)، وبعبارة أخرى، يجب أن يكون التحيز Bias في بداية مدى القياس مساوياً للتحيز Bias في منتصف ونهاية مدى القياس، وهذا ما يعكسه الشكل 4-6.



وجدير بالذكر أن طريقة رسم وتحديد التحيز Bias، والخطية Linearity لأى أداة قياس تتم كما يلي:

- باستخدام مقياس عياري ذي دقة عالية نقيس عشرة عينات عيارية، و نسجل هذه القياسات العشرة.
- يقيس أحد جامعي البيانات Appraiser كل عينة عيارية عدة مرات - وليكن خمس مرات لكل عينة- ونسجل هذه القياسات الخمسين، ونحسب متوسط كل خمس قراءات.
- نحسب فرق القياسات أو Bias لكل قيمة من القياسات العشرة وهي تساوى القيمة العيارية مطروحا منها القيمة المتوسطة لقياسات جامع البيانات.
- نرسم القيم القياسية العشرة على المحور السيني، و Bias على المحور الصادي باستخدام مخطط الانتشار Scatter diagram .
- نحسب الخطية Linearity من العلاقة :

(الخطية = القيمة المطلقة للميل * ستة أضعاف الانحراف المعياري σ)

ويتم حساب الانحراف المعياري σ في هذه الحالة من خرائط التحكم Control Charts، وقد تم التعرض لهذا الموضوع بالتفصيل في الفصل الخامس من هذا الكتاب. والمثال التالي يوضح ذلك:

مثال رقم 6-1

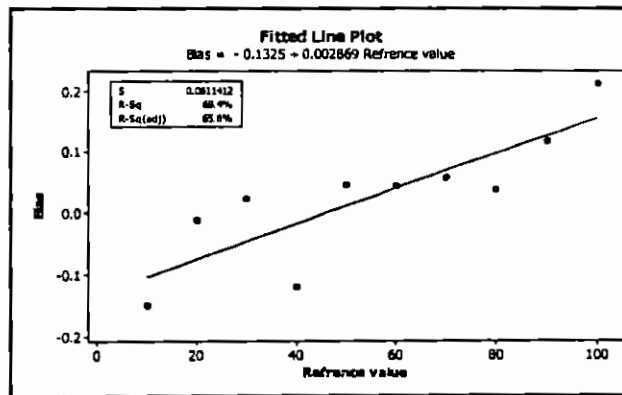
مستخدماً البيانات في الجدول 6-1 أوجد معادلة التحيز والخطية مع التعليق على النتائج

جدول رقم 6-1 بيانات المثال 6-1

القيمة المعيارية	المحولة الأولى	المحولة الثانية	المحولة الثالثة	المحولة الرابعة	المحولة الخامسة	متوسط المحولات	Bias
10	9.789	9.93	9.838	9.872	9.825	9.851	0.149
20	19.875	20.012	20.133	19.924	20.003	19.989	0.011
30	29.916	30.064	30.102	30.021	30.015	30.024	-0.024
40	39.971	39.918	39.986	39.779	39.748	39.88	0.12
50	50.02	50.068	50.098	49.927	50.107	50.044	-0.044
60	59.947	60.115	60.095	60.147	59.912	60.043	-0.043
70	69.929	69.974	70.293	70.186	69.898	70.056	-0.056
80	80.031	80.158	79.949	79.985	80.058	80.036	-0.036
90	90.172	90.192	90.009	90.065	90.149	90.117	-0.117
100	100.175	100.239	100.311	100.122	100.213	100.212	-0.212

الحل: باستخدام مينيتاب Minitab، نختار القوائم التالية:

Basic Statistics > Scatter diagram



شكل رقم 6-5 مخطط الانتشار للمثال 6-1

فيظهر الشكل 6-5، ومن نافذة النتائج Session Window نحصل على:

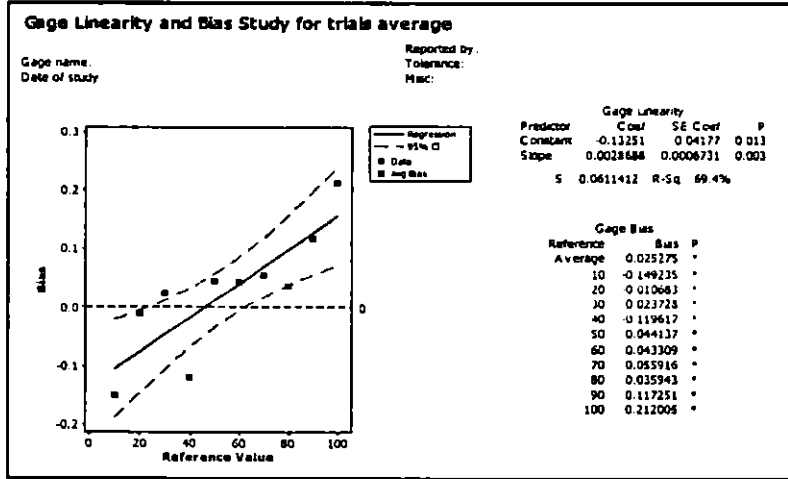
$$\text{Bias} = -0.133 + 0.00287 \text{ Reference value}$$

$$R-Sq = 69.4\% \quad R-Sq(adj) = 65.6\% \quad S=0.0611412$$

$$Linearity = ABS(slop) * 6 * Process Variation$$

ثم يتم التعويض عن قيمة التباين من خرائط التحكم ، وهى نفس النتائج التي سنحصل عليها إذا استخدمنا مينيتاب Minitab كما فى شكل 6-6، وكما يلي:

Stat > Quality Tools > gauge study > gauge linearity and bias study



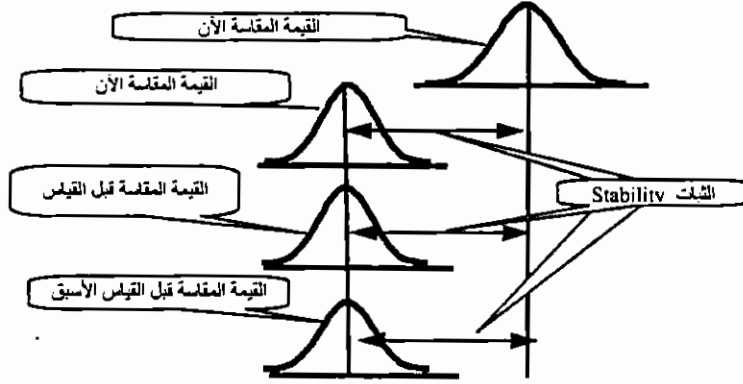
شكل رقم 6-6 مخطط التحيز والخطية للمثال 1-6

ولكي يكون نظام القياس في حالة جيدة - فيما يخص التحيز Bias - فيجب أن تكون قيمة النسبة المنوية للخطأ P الناتج عن وجود التحيز Bias في السطر الذي يبدأ بحرف S ، قيمة صغيرة، كذلك لابد أن ينطبق الخط الممثل لقيم التحيز Bias أو يقترب من خط الصفر الافقى، وفى الشكل 6-6 نجد أن جهاز القياس يقيس قيمة أقل من القيم الحقيقية في المدى من صفر حتى أربعين، و يقيس قيمة أكبر من القيم الحقيقية في المدى من ستين حتى مائة، وعلى هذا فيمكن الاستعانة بهذا الجهاز للقياس فقط في المدى من أربعين إلى ستين - حيث نسبة الخطأ بسيطة - مع التحفظ على نتائج القياس في هذه الحالة.

كذلك لكي يكون نظام القياس معبراً عن علاقة خطية Linearity، فيجب أن تكون قيمة النسبة المنوية للخطأ الناتج عن عدم الخطية صغيرة أيضاً، وكذلك يجب أن تكون قيمة معامل الارتباط المعدل R(adj) أكبر من 85% (يرجى مراجعة الفصل الخامس عشر تحت عنوان الارتباط والانحدار الخطى البسيط) ، حيث تعكس هذه القيم، إلى أى مدى تمثل تلك القراءات علاقة خطية Linearity، وحيث إن هذه القيمة فى مثالنا تساوى 69.4%، فإن هذا يعنى أن الجهاز غير خطى أى أن الخطأ المصاحب لاستخدام هذا الجهاز لن يكون متساوياً على مدى القياس.

6.5. تحليل ائزان جهاز القياس Gauge Stability Analysis

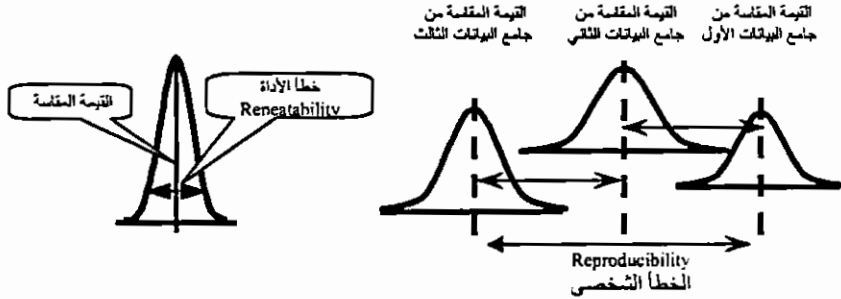
وفيها يتم دراسة استقرار أداة القياس بمرور الوقت، أى أننا نقوم بحساب التحيز Bias كل فترة ، ونتأكد من أن قيمته لا تتغير بمرور الوقت، ويفيد ذلك في تحديد متى يجب إعادة معايرة أداة القياس، والشكل 6-7 يبين ذلك.



شكل رقم 6-7 ائزان الأداة وثبات القراءة بمرور الوقت

6.6. تحليل خطأ الشخص و خطأ الأداة Reproducibility and Repeatability Analysis

وفي كثير من الأحوال نطلق عليها تحليل خطأ الشخص والأداة R & R analysis وهي دراسة تختص بتحديد مصدر خطأ القياس Source of Measurement Error، هل مصدر الخطأ هو الشخص الذي يقوم بعملية القياس؟ ونطلق على هذا الجزء من الخطأ Reproducibility، أم أن مصدر الخطأ هو الآلة أو الأداة Gauge or Tool التي نقيس بها؟ ونطلق على هذا الجزء من الخطأ Repeatability، أم أن مصدر الخطأ نتيجة الاثنين معا؟ وما هي قيمة ونسبة كل منهما؟ والشكل 6-8 يبين كلا من هذين النوعين.



شكل رقم 6-8 خطأ هو الشخص وخطأ الأداة

ويطلق على قيمة الخطأ الناتج عن تكرار عملية القياس بأكثر من عامل بنفس الطريقة تحت نفس الظروف، وبأدوات قياس واحدة، لنفس الشيء المراد قياسه خلال فترات زمنية مختلفة

مصطلح Reproducibility ، وبالتالي فإننا نحاول تحليل الخطأ الناتج من الشخص الذي يقوم بعملية القياس، ولتوضيح ذلك: نقول لو طلبنا من عدد من الأفراد قياس قطع قياسية من الحديد عشرين مرة، بجهاز الأدمة (جهاز لقياس الأبعاد الدقيقة)، فمن المتوقع ألا تكون جميع القياسات متطابقة، ويعبر عن هذا التباين بخطأ الشخص Reproducibility لأن القطع المقاسة واحدة، وكلما كانت قيمة هذا التباين صغيرة دل ذلك على مهارة عامل القياس و تمكنه من أداء وظيفته، ومثال ذلك أن نقوم بتحليل عينة من دم مريض السكر في أكثر من معمل تحليل فإذا كانت النتائج متقاربة دل ذلك على دقة أخصائى التحليل بهذه المعامل.

أما قيمة الخطأ الناتج عن تكرار عملية القياس بنفس الشخص بنفس الطريقة تحت نفس الظروف لنفس الجزء المقاس خلال فترة زمنية قصيرة فنطلق عليه مصطلح خطأ الأداة Repeatability ، وفيها نحاول تحليل الخطأ الناتج من أداة القياس فقط، ولتوضيح ذلك نقول لو طلبنا من أحد الأفراد أن يقوم بقياس قطعة من الحديد عشرين مرة، بجهاز الأدمة (جهاز لقياس الأبعاد الدقيقة)، فمن المتوقع ألا تكون جميع القياسات متطابقة، برغم أنه نفس الشخص بنفس الآلة لنفس قطعة الحديد، ويعبر عن هذا الاختلاف Repeatability، ومثال ذلك أن نقوم بتحليل عينة من دم مريض السكر في نفس معمل التحليل عدة مرات فإذا كانت النتائج متقاربة دل ذلك على دقة أجهزة التحليل بالمعمل.

ولدراسة وتحليل خطأ الشخص والأداة Gauge R&R ، فإنه طبقا وتعليمات Automotive Industrial Action Group AIAG (إحدى المؤسسات العالمية المرجعية في عالم القياسات) فإنه توجد طريقتان:

1. الطريقة السريعة/ القصيرة short term أو طريقة 2-2-5: وفيها نكلف اثنين من عمال القياس أن يقيسوا عدداً من القطع القياسية - يراعى أن تغطي مقاسات القطع القياسية المدى الذي من المحتمل أن يتم قياسه للعملية قيد الدراسة - وليكن خمس قطع، على أن يتم قياس كل قطعة مرتين، ومن المفضل ألا يعرف عامل القياس مقاس القطعة التي سيقوم بقياسها قبل البدء حتى لا تؤثر على دقة قياسه، وبالتالي يكون لدينا عشرين قراءة كما بالجدول 2-6:

جدول رقم 6-2 نموذج ملء بيانات لتقييم نظام قياس

عامل القياس					المحاولة	رقم القطعة القياسية
Asem	Alv	Enjv	Soha	Ahmed		
					1	1
					2	
					1	2
					2	
					1	3
					2	
					1	4
					2	
					1	5
					2	
						المتوسط

2. الطريقة الدقيقة/ الطويلة Long Term، أو طريقة 3-3-10: وفيها تكلف ثلاثة من عمال القياس أن يقيسوا عددا من القطع القياسية - يراعى أن تغطي مقاسات القطع القياسية المدى الذي من المحتمل أن يتم قياسه للعملية قيد الدراسة - وليكن عشرة قطع، على أن يتم قياس كل قطعة ثلاث مرات، ومن المفضل أيضا ألا يعرف عامل القياس مقاس القطعة التي سيقوم بقياسها قبل البدء حتى لا تؤثر على دقة قياسه، وبالتالي يكون لدينا تسعين قراءة، ويمكن ببساطة إعداد جدول مشابه للجدول 6-3.

وفي كلتا الحالتين وبمساعدة برنامج Minitab نقوم برسم خريطين:

■ الخريطة الأولى وهي خريطة المدى R Chart ويجب أن تكون في حالة تحكم إحصائي Statistical Control، أى أن كل النقاط تقع داخل المنطقة المحصورة بين الحدود الدنيا والقصوى للتحكم Upper Control Limit و Under Control Limit، وبالتالي فلا يوجد أثر للأسباب والمؤثرات الخاصة Special Causes، وكلما اقتربت النقاط من خط المتوسط دل ذلك على جودة نظام القياس.

■ الخريطة الثانية وهي خريطة المتوسط $\bar{X}$ Chart، وهي تعرض العلاقة بين متوسط الإضطراب الطبيعي الحادث في القياسات ومتوسط الإضطراب الناشئ عن نظام القياس، ويجب أن تكون خارج نطاق التحكم Out of Control، وفيها نجد أن الحدود الدنيا والقصوى للتحكم Upper Control Limit و Under Control Limit منطبقة على الخط الممثل للمتوسط، وهذا يعنى أن قيم التفاوت بين القياسات أكبر بكثير من قيم الخطأ الناشئ عن نظام القياس، أى أن دقة نظام القياس في هذه الحالة كافية ومقبولة.

وخلال هذه المعالجة سيقوم برنامج Minitab بإجراء التحليلات التالية وعرضها بيانيا:

1. الاختلاف بين القيم المقاسة وبعضها البعض Part to Part Variation.

2. عدم دقة القياس بسبب خطأ الأداة Repeatability.

3. عدم دقة القياس بسبب عامل القياس Reproducibility.
4. التفاعل بين الشخص والجزء المقاس Operator to Part interaction، مثل ارتفاع الشئ المراد قياسه، ودرجة الإضاءة وسهولة الوصول إليه و وضوح تدريج القياس....

والجدول 3-6 يوضح ويخلص ما تم شرحه في الصفحات القليلة السابقة:

جدول رقم 6-3 ملخص للأخطاء المصاحبة لنظم القياس

How كيفية إجراء الاختبار	Test Name إسم الاختبار	Test for العامل الذى يتم إختباره	
وجود انحراف بين القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية للتأكد من ثبوت قيمة Bias بطول مدى القياس	Gage linearity & Bias study	الدقة أو الانحراف	Inaccuracy / Bias
		الخطية	Linearity
قياس نفس العينة بنفس العامل تحت نفس الظروف	Gage R & R study	دقة العامل	Repeatability
قياس نفس العينة بأكثر من عامل تحت نفس الظروف		دقة الإجراءات	Reproducibility
قياس نفس العينة بنفس العامل تحت نفس الظروف على فترات منتظمة، وظهور الأسباب يشير إلى عدم وجود الثبات Stability	X-bar & R chart	الاستقرار	Stability
ظهور ثلاثة أرقام عشرية على الأقل في كل قراءة	All above tests	دقة التمييز	Resolution / discrimination

مثال رقم 2-6

أراد فريق التحسين اختبار وتقييم نظام القياس، فقام بتكاليف عاملي القياس أحمد وسالي، وقام كل منهما بقياس خمس قطع قياسية قيمة متفاوت بها ± 0.2 ، وتم القياس أربعة مرات لكل قطعة، وتم تسجيل تلك القراءات بالجدول 4-6، والمطلوب تقييم هذا النظام.

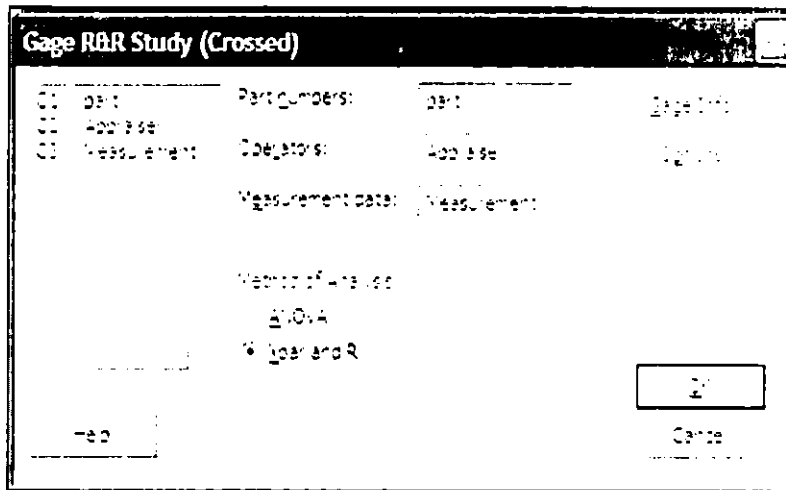
جدول رقم 6-4 قياسات المثال 2-6

Part	Ahmed	Sally	Part	Ahmed	Sally	Part	Ahmed	Sally	Part	Ahmed	Sally	Part	Ahmed	Sally
1	11.34	11.19	2	11.65	11.5	3	12.31	12.18	4	13.27	13.09	5	11.84	11.76
	11.29	11.29		11.6	11.55		12.28	12.23		13.28	13.14		11.89	11.84
	11.33	11.21		11.67	11.51		12.31	12.14		13.24	13.02		11.93	11.81
	11.24	11.24		11.56	11.55		12.34	12.17		13.23	13.19		11.85	11.78

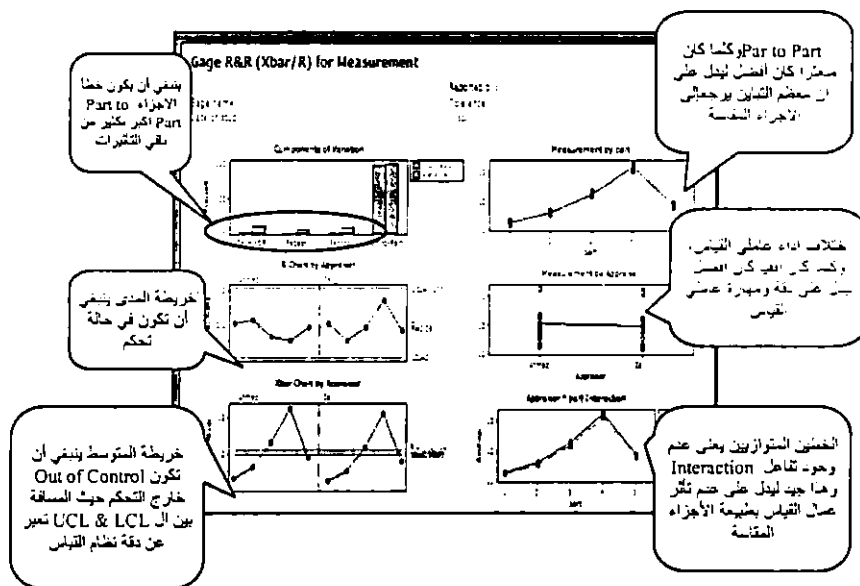
الحل:

يتم ادخال البيانات إلى مينيتاب Minitab، ثم نختار القوائم التالية:

Minitab > Stat > Quality Tools > Gage study > Gage R&R crossed



فيظهر الشكل 6-9، فنختار عدد الأجزاء وعمال القياس والقياسات التي تمت ثم OK، فيظهر الشكل 6-10، وفيه نجد ستة مربعات فرعية، مبين على كل منها تفسيراً للمنحنى أو البيانات التي تحتويه.



وبعد أن تم اختيار تحليل Gage R&R بخريطة التحكم Chart $\bar{X}$ ، يظهر الشكل 11-6 في نافذة النتائج Session Window :

Gage R&R Study - ANOVA Method						
Two-Way ANOVA Table With Interaction						
Source	DF	SS	MS	F	P	
part	4	17.6209	4.40523	2005.79	0.000	
Appraiser	1	0.0061	0.00609	43.30	0.000	
part * Appraiser	4	0.0088	0.00220	1.03	0.399	
Repeatability	10	0.0538	0.00538			
Total	39	17.7394				

Two-Way ANOVA Table Without Interaction						
Source	DF	SS	MS	F	P	
part	4	17.6209	4.40523	2410.36	0.000	
Appraiser	1	0.0061	0.00609	57.30	0.000	
Repeatability	14	0.0634	0.00453			
Total	39	17.7394				

قيمة المنوبة Significant
ويجب ألا تزيد عن 0.05، وإذا
رأيت أن لهذا المعامل تأثير
محسوس

شكل رقم 6-11 نافذة النتائج باستخدام الأنوفا في المينيتاب

أما إذا تم اختيار تحليل Gage R&R بطريقة تحليل التباين أنوفا ANOVA، فسيظهر نفس الشكلين 6-9 و 6-10 بالإضافة إلى الشكل 6-12 في نافذة النتائج في برنامج مينيتاب Session Window:

Gage R&R Study - XBar/R Method				
Contribution				
Source	VarComp	Std VarComp		
Total Gage R&R	0.007005	0.0084		
Repeatability	0.005870	0.00766		
Reproducibility	0.001135	0.00337		
Part-To-Part	0.007005	0.0084		
Total Variation	0.007005	0.0084		

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	% Study Var
Total Gage R&R	0.0084	0.00504	10.00
Repeatability	0.00337	0.00202	4.00
Reproducibility	0.00337	0.00202	4.00
Part-To-Part	0.0084	0.00504	10.00
Total Variation	0.0084	0.00504	10.00

% R&R

شكل رقم 6-12 نافذة النتائج باستخدام خرائط التحكم في المينيتاب

ولرسم الخريطة الزمنية Gage Run Chart والتي تمكنا من الحكم على أداء الأشخاص الذين سيقومون بعملية القياس لنفس المثال السابق باستخدام Minitab، ندخل الأمر التالي:
Minitab > Stat > Quality Tools > Gage study > Gage Run chart

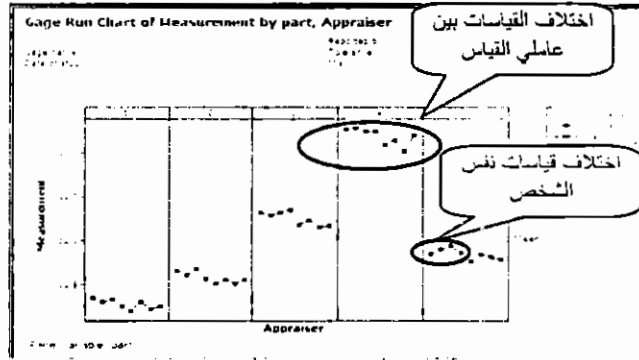
Gage Run Chart

C1: Job: Part numbers: part Page info
 C2: Measurement Operators: Appraiser Options...
 Measurement data: Measurement
 The numbers: (optional)
 Monitor's mean: (optional)

OK Cancel

شكل رقم 6-13 خطوة لحل المثال 6-2

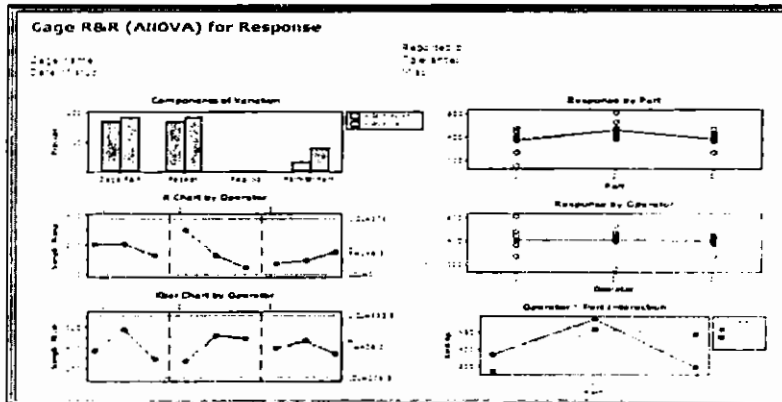
نختار البيانات المطلوبة ، فيظهر الشكل 6-14.



شكل رقم 6-14 نتيجة المثال 6-2

مثال رقم 6-3

إذا علم أن الشكل 6-15 يعرض خصائص أحد أنظمة القياس، والمطلوب تحليل هذا الشكل مع التعليق المناسب عليه:



شكل رقم 6-15 خصائص أحد أنظمة القياس

- في الجزء العلوي الأيسر يلاحظ أن معظم التباين ناشئ من نظام القياس، وجزء بسيط من هذا التباين ناشئ من الاختلاف في مقاسات الأجزاء.
- في الجزء الأوسط الأيسر يلاحظ عدم وجود الأسباب الخاصة، لأن القياسات تقع داخل حدود التحكم، وهذا يدل على جودة شخصى القياس.
- في الجزء الأسفل الأيسر يلاحظ أن التفاوت في دقة نظام القياس – المسافة بين حدود التحكم كبيرة وواسعة، وبالتالي فإن القياسات تقع داخل هذه الحدود، أى أن نظام القياس غير قادر على الإحساس باختلاف مقاسات الأجزاء.
- في الجزء العلوي الأيمن يلاحظ أن التباين الناشئ من اختلاف الأجزاء المقاسة بسيط، لأن النقاط تكاد تكون أفقية.
- في الجزء الأوسط الأيمن يلاحظ وجود تفاعل Interaction أو تأثير بين عمال القياس وبين الأجزاء المقاسة، وهذا يدل على أن طريقة القياس أو إجراءات القياس ليست موحدة والدليل أن الخطوط متقاطعة.
- في الجزء السفلى الأيمن يلاحظ تفاوت مستوى أشخاص القياس، لأن الخط الممثل لمتوسط قراءاتهم ليس أفقياً.
- ومن هذه النقاط السابقة يتبين أن نظام القياس ليس جيداً، ويجب تحسينه قبل الاعتماد على قراءاته.

6.7. مؤشرات أنظمة القياس Measurement System Indices

والمؤشرات هي أرقام أو نسب مئوية تدل على مدى سلامة نظام القياس ويوجد نوعان من هذه المؤشرات وهما:

أولاً: النسبة المئوية لخطأ نظام القياس Reproducibility and Repeatability
 $R\&R\%$ ، وهى نسبة تعكس مدى تأثير التباين الحادث – الخطأ الموجود- في نظام القياس مقارنة بالتباين الكلى الموجود في Process، وكلما كانت قيمة هذه النسبة صغيرة (في حدود 10%) كلما كانت حالة نظام القياس أفضل، وتحسب قيمته من المعادلة المعملية التالية:

$$\%R \& R = 5.15 * \frac{S_{\text{measurement} - \text{system}}}{S_{\text{totl}}}$$

حيث $S_{\text{measurement system}}$ هي الانحراف المعياري الناتج من كل من خطأ الشخص وخطأ الآلة Repeatability و Reproducibility، وحيث S_{Total} هي الانحراف المعياري الكلي تساوى

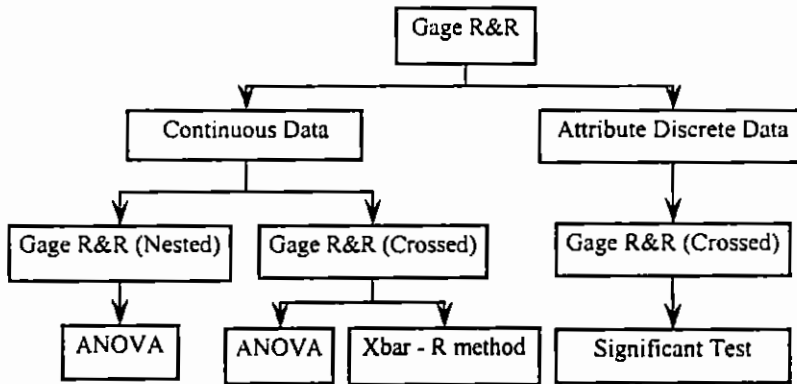
$$S_{\text{Total}} = (\text{Part-to-Part Variation} + \text{Measurement system variation})$$

ثانياً: النسبة المئوية للدقة P/T Precision to tolerance % : وهى نسبة تعكس مدى تأثير التباين الحادث - الخطأ الموجود- في نظام القياس مقارنة بالتباين (التفاوت) الموجود في قياسات العينات، وكلما كانت قيمة هذه النسبة صغيرة (في حدود 10%) كلما كانت حالة نظام القياس أفضل، وتحسب قيمته من المعادلة

$$\%P/T = 5.15 * \frac{S_{\text{measurement system}}}{\text{Tolerances}}$$

حيث $S_{\text{measurement system}}$ هي الانحراف المعياري لخطأ نظام القياس، Repeatability & Reproducibility، وحيث Tolerance هو التفاوت المسموح به في العينات القياسية مثل 12 ± 0.01 فيكون Tolerance هو 0.02.

6.8. إرشادات هامة لتحليل نظم القياس Guidelines for MSA



شكل رقم 6-16 طرق تحليل نظام القياس

- الشكل 6-16 يعرض الطرق المختلفة لاختبار نظام القياس، ويلاحظ أن إختيار الطريقة يتوقف على نوع البيانات.
- في بعض أنظمة القياس نجد أن تأثير خطأ الشخص Reproducibility يكون منعهما، ومثال ذلك عندما يضغط شخص على زر لطباعة القيمة المقاسة.
- في الحالات التي يصعب فيها زيادة عدد العينات يفضل زيادة محاولات القياس.

- يتم ترقيم العينات التي سيتم قياسها، وتقاس بطريقة عشوائية، ويفضل ألا يعرف عامل القياس أرقام العينات، وذلك للتخلص من أى انحياز.
- يجب أن تختار العينات لتمثل المجتمع تمثيلاً تاماً.
- يجب الاتفاق على طريقة القياس وإجراءاتها بطريقة واضحة ومفهومة.
- إذا كانت مقاسات الأجزاء التي سيتم قياسها متفاوتة بنسب كبيرة مثل 1، 25، 86، فإن تحليل نظام القياس في هذه الحالات سيعطى انطباعاً بأن هذا النظام جيد (لأن الخطأ الناتج من الأجزاء Par to part سيكون كبيراً)، وللتحقق من جودته، يجب عمل اختبار لهذا النظام بأجزاء أخرى يكون التفاوت فيها بسيطاً قبل الجزم بجودة هذا النظام من عدمه.
- إذا كانت مقاسات الأجزاء التي سيتم قياسها متقاربة، فإن ذلك يستلزم عاملين قياس ذوي مهارة عالية.
- في حالة الاختبارات الإتلافية، أو في الحالات التي يصعب فيها القياس إما لعوامل اقتصادية أو أمنية أو أخلاقية، فيمكن من خلال برنامج المينيتاب Minitab استخدام الأمر:

Minitab> Stat>Quality Tools>Gage study > Gage R&R study (Nested)

- الجدول 5-6 يضع تصوراً عاماً عن النسب المختلفة للخطأ الذي يمكن أن يوجد في نظم القياس ودرجة تقييم هذه النظم، ويلاحظ أن هذه النسب تختلف باختلاف مجال التطبيق :

جدول رقم 5-6 نسب الخطأ لتقييم نظام القياس

نسبة الخطأ	تقييم نظام القياس
من 0 إلى 10%	نظام جيد
من 10% إلى 20%	نظام مقبول
من 20% إلى 30%	يتوقف مدى قبوله على نوع التطبيق
من 30% إلى 100%	نظام غير مقبول ويجب تحسينه

- يمكن إجراء تحليل نظام القياس Measurement System Analysis MSA للبيانات من النوع المتقطع أو الوثاب Discrete بنفس الطريقة التي تم شرحها للبيانات المستمرة Continuous وبمساعدة برنامج المينيتاب Minitab كما يلي :

Minitab> Stat>Quality Tools>Attribute agreement analysis

الفصل السابع

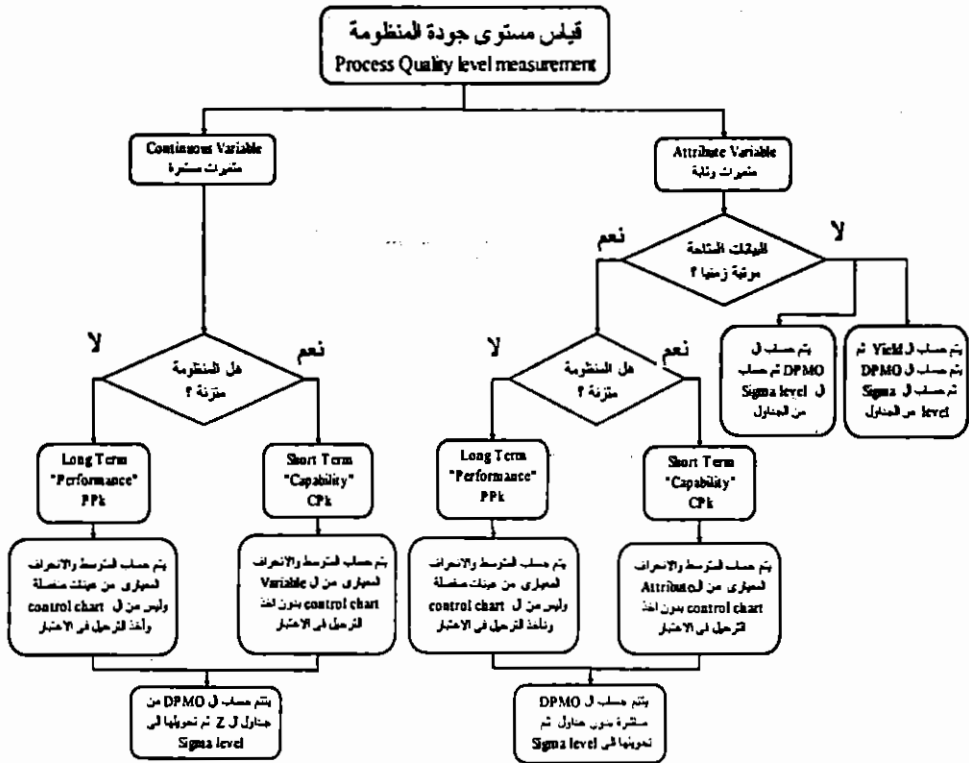
مقدرة العملية ومستوى الجودة

Process Capability and Quality level

7.1. مقدمة Introduction

بعد أن أوضحنا في الأجزاء السابقة كيف يمكننا دراسة ما إذا كانت العملية في حالة اتزان واستقرار Process is in Control أم لا؟، وذلك من خلال تحليل الأنواع المختلفة من خرائط التحكم Control Charts، فإنه يتبادر للذهن سؤال هام وهو إذا كانت العملية في حالة اتزان أي كانت متزنة Stable أو Predictable، فهل معنى ذلك أنها قادرة Capable؟ أي هل هي قادرة على الوفاء بمتطلبات العملاء والزبائن أم لا؟ أو هل العملية قادرة على إخراج منتجات أو خدمات خالية من العيوب أم لا؟ وما مستوى جودتها حينئذ؟ والإجابة على هذا السؤال تتوقف بدرجة كبيرة على نوع البيانات المتاحة، وتتوقف كذلك على ما نود قياسه بالتحديد، هل نريد قياس وتحديد قدرة العملية على المدى القريب Short term، أم نريد تحديد قدرة العملية على المدى البعيد Long term؟ والشكل التالي يعرض الطرق المختلفة للتعامل مع كل حالة من هذه الحالات:

وكما هو واضح من الشكل 7-1، فإنه توجد عدة أنواع من المقاييس الرقمية التي يمكن حسابها والاستدال بها على مدى جودة Process، وهي Yield و DPMO، و Process Goodness/Capability، و Cpk و Ppk، وستناولها بالشرح في الصفحات القليلة القادمة.



شكل رقم 1-7 الطرق المختلفة لقياس مستوى الجودة

7.2 مقياس المخرجات السليمة والمعيبة Defective and Yield Measures

يعد مقياس المخرجات المعيبة من المقاييس الرقمية التي نستدل بها على نسبة العمليات الخاطئة ضمن عملية ما، أو نسبة المخرجات الغير صالحة للاستخدام في منتج ما (المخرجات المعيبة)، وهو مقياس سهل الحساب ويخضع للعلاقة التالية:

$$Defective = \frac{\text{number of derectives}}{\text{number of units}}$$

أي ان المخرجات المعيبة تساوى عدد الوحدات المعيبة مقسوما على إجمالي عدد الوحدات.

أما المخرجات الصالحة Yield فهو مقياس نستدل به على نسبة العمليات السليمة ضمن عملية ما، أو نسبة المخرجات الصالحة للاستخدام في منتج ما، وهو أيضا مقياس سهل الحساب ويخضع للعلاقة التالية:

Yield يساوى defective مطروحا من الواحد الصحيح

$$\text{Final Yield} = 1 - \text{Proportion defective}$$

وبلاحظ أن مجموع الـ Defective والـ Yield يساوى الواحد الصحيح.

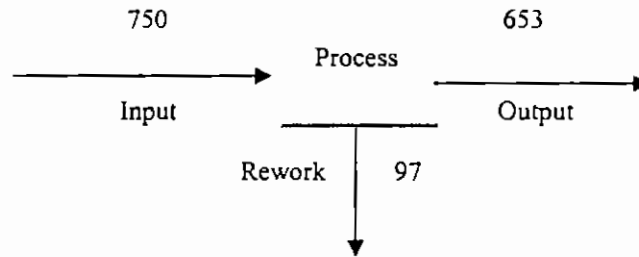
فمثلاً إذا كان لدينا 250 طلب قرض في احد البنوك، وكان 43 منها يحتوى على أخطاء فان:

$$Defective = \frac{\text{number of derectives}}{\text{number of units}} = \frac{43}{250} = 0.172 = 17.2\%$$

$$\text{Final Yield} = 1 - \text{Proportion defective} = 1 - 0.172 = 0.828 = 82.8\%$$

أى أن نسبة الطلبات الغير صالحة أو الغير السليمة تساوى 17.2%، أو أن نسبة الطلبات الصالحة والسليمة تساوى 82.8%.

كذلك إذا كان لدينا مصنعاً يقوم بإنتاج أجهزة اليكترونية، ووجد أنه لكل 750 جهازاً يظهر 97 جهازاً معيباً، فان:



شكل رقم 2-7 كيفية تمثيل المخرجات السليمة Yield

$$\text{Proportion Defective} = \frac{\text{number of derectives}}{\text{number of units}} = \frac{97}{750} = 0.129 = 12.9\%$$

$$\text{Final Yield} = 1 - \text{Proportion defective} = 1 - 0.129 = 0.871 = 87.1\%$$

ونحن عندما نقول أن مستوى جودة هذه العملية هو 87.1%، فمعنى ذلك أنه لكل مائة عملية تجرى داخل هذه العملية، سيكون هناك 87.1 عملية سليمة تماماً، و 12.9 عملية ستكون غير سليمة وغير مقبولة.

وهذا المقياس قد يكون مقبولا في تلك العمليات التي يكون المنتج النهائي أما سليم، أو غير سليم، و لن يكون صالحاً للتعبير عن مستوى الجودة في العمليات التي يكون المنتج النهائي صالح للاستخدام ولكن به بعض العيوب المقبولة، إذن فهو مقياس يقيس نسبة المعيب أو السليم.

ولكن كيف نقيس مستوى الجودة لعملية يكون المنتج النهائي صالح للاستخدام ولكن به بعض العيوب المقبولة، ومن هنا تظهر الحاجة إلى مقياس آخر يكون قادراً على تجاوز هذا القصور، وهو المقياس التالى.

7.3. عدد الأخطاء لكل مليون عملية (DPMO) Defects Per Million Opportunity

لما كان المقياس السابق غير كافٍ للتعبير أو لقياس مستوى جودة منتج مقبول بالرغم من احتوائه على عيوب، جاء المقياس DPMO ليوفر هذه الميزة لدرجة كبيرة، إنه فهو مقياس يقيس عدد العيوب لكل مليون فرصة لحدوث عيب - بغض النظر عما إذا كان المنتج النهائي صالح للاستخدام أم لا؟ ويحسب الـ DPMO من العلاقة:

$$DPMO = \frac{\text{number of defects} * 1000000}{\# \text{ of units} * \# \text{ of opportunities}}$$

فإذا كان لدينا عملية ما نحتاج لإنجازها أن نملاً نموذجاً يتألف من مائة استفسار، وكل استفسار يحتوى على خمسة أسئلة فرعية، فإن احتمال حدوث الخطأ هنا سيكون (5*100) أى هناك خمسمائة فرصة لحدوث الخطأ في كل نموذج، فإذا أردنا قياس جودة هذه العملية، فابتنا وبعد ملئ النموذج نقوم بعد الأخطاء الموجودة فيه، فإذا وجدناها ثلاثة أخطاء مثلاً، فإن ذلك يعنى أن عدد الأخطاء يساوى 3/500، ثم نقوم بضرب البسط في مليون فنحصل على مستوى الجودة بـ DPMO، وهو في هذه الحالة يساوى 6000 ستة آلاف.

$$DPMO = \frac{3 * 1000000}{5 * 100} = 6000$$

كذلك إذا كان لدينا مصنعاً يقوم بإنتاج أجهزة اليكترونية، ووجد أن هناك 97 جهازاً يحتوى على عيوب، من إجمالى 750 جهازاً منتجا، وكان احتمال حدوث عيب في كل جهاز هو 10 عيوب فان:

$$DPMO = \frac{97 * 1000000}{750 * 10} = 12933$$

وبالنظر إلى معادلة حساب DPMO، فابتنا نجد أن قيمة DPMO تتوقف على عدة عناصر، وهى:

1. عدد الأخطاء وهو عدد لن تختلف قيمته باختلاف الشخص - أو الفريق- المسئول عن حساب هذا العدد.
2. عدد الوحدات المنتجة، أو عدد الخدمات المقدمة، وهو أيضا عدد لن تختلف قيمته باختلاف الشخص - أو الفريق- المسئول عن حساب هذا العدد.
3. عدد احتمالات حدوث خطأ، وهو عدد قد تختلف قيمته باختلاف الشخص - أو الفريق- المسئول عن حساب هذا العدد، مما يؤدي إلى احتمال اختلاف قيمة Sigma Level باختلاف الشخص أو الفريق، وهو عيب جوهري في هذا المقياس (يلاحظ أن البعض يقوم فى بداية مشروع التحسين الذى ينفذه بزيادة

احتمالات حدوث الخطأ فيظهر أن مستوى الجودة منخفضاً ثم يقوم في نهاية المشروع بتقليل احتمالات حدوث الخطأ فيظهر أن مستوى الجودة قد ارتفع وهذه مغالطة يجب الانتباه إليها، وللتغلب على العيب ينبغي أن يتم تثبيت هذا الرقم (عدد احتمالات حدوث خطأ) عند حساب Sigma Level في المراحل المختلفة من مراحل التحسين .

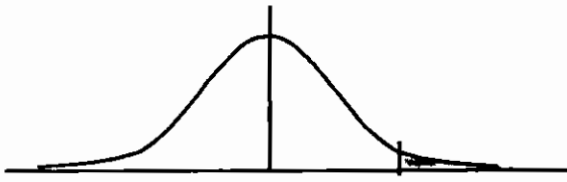
ومن مميزات قياس مستوى جودة عملية ما بـ DPMO، أنه قياس سريع الحساب يسير النطق سهل المقارنة بغيره، فمثلاً إذا قلنا أن مستوى جودة عملية ما هو 50 DPMO، وأردنا وصف ذلك بالقياس defective and yield السابق شرحه، فإن ذلك يستلزم أولاً أن يكون الخمسين منتجاً غير صالح للاستخدام نهائياً، وحينئذ نقول أن مستوى جودة هذه العملية هو 99.995%، وهي صيغة ثقيلة وصعبة النطق وتحتاج لمجهود لمقارنتها بنسبة أخرى قريبة منها مثل 99.991%.

7.4. جودة/قدرة العملية Z score/Process Goodness/Capability

عرفنا في الأجزاء السابقة أنه يمكننا تمثيل مخرجات أي العملية بمنحنى التوزيع الطبيعي Normal distribution curve، ومن خصائص هذا المنحنى أن المساحة تحته والتي نطلق عليها القيمة Z تحسب من العلاقة :

$$z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

وهذه المساحة تمثل الاحتمالية أى Probability وهي القيمة المقابلة لقيمة Z والتي نحصل عليها من جداول منحنى التوزيع المعياري (يرجى مراجعة موضوع التوزيعات الاحتمالية في الفصل الثاني عشر في هذا الكتاب)



المساحة تحت المنحنى = المنتجات السليمة = الاحتمالية
شكل رقم 3-7 مستوى الجودة يساوي المساحة تحت المنحنى

أما المساحة تحت ذات المنحنى وخارج المواصفات كما في شكل 3-7 (أي خارج Upper specification limit & (USL) Lower

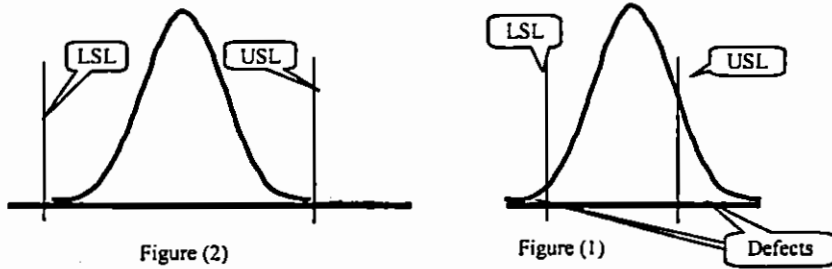
(Specification Limit (LSL) هي مساحة أو احتمالية Probability تمثل المخرجات المعيبة لأي Process، ولتقليل هذه المساحة، أي لتحسين العملية يوجد وسيلتين وهما:

1- إما زيادة وتوسيع المسافة بين USL & LSL أي تغيير المواصفات التي تقبل أو ترفض

المنتج، وهذا غير منطقي وغير ممكن، إذ أن هذه المواصفات يحددها العميل والمنافسة والقوانين والسوق، ولا دخل لنا بها.

2- وإما تضيق قاعدة المنحنى وضغط المنحنى حول المتوسط Mean أي تقليل التباين Variability أي تقليل قيمة S أي تقليل خطوة تأثير العملية بالمؤثرات السلبية أي زيادة Sigma Level، وهذا ممكن، وهو التحدي الأكبر لنا .

و بتطبيق ذلك على الشكلين 4-7 فإنه يلاحظ أن المنحنى رقم (1) يعبر عن أن العملية بها عيوب كثيرة، ولذا فهي عملية غير قادرة على الوفاء بالمطلوب منها تأديته، بينما أن المنحنى رقم (2) يعبر عن أن العملية خالية من العيوب وقادرة.



شكل رقم 4-7 منحنى 2 أفضل من المنحنى 1

وفى الحقيقة وبمساعدة جداول منحنى التوزيع الطبيعي القياسي Standardized Normal Distribution Curve، (لمزيد من المعلومات يرجى مراجعة هذا الموضوع في باب التوزيعات الاحتمالية من هذا الكتاب) فإنه يمكننا تحديد قيمة الأجزاء المعيبة DPMO، وبالتالي تحديد مستوى الجودة Sigma Level وتقدير Rolled Throughput Yield "RTY" لهذه العملية، إذا علم كل من الحد الأقصى للمواصفة Upper Specification Limit (USL)، والحد الأدنى للمواصفة Lower Specification Limit (LSL)، والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري Standard Deviation الذين يمكن حسابهما إما من خرائط التحكم Control Charts، أو من خلال Sampling (يرجى مراجعة الشكل الذي تم عرضه في بداية هذا الفصل، و مراجعة الأمثلة المطولة فى نهاية هذا الفصل).

وعملياً قد نجد العملية غير متزنة Out of Control، لأنه من الصعب عملياً في كثير من الحالات المحافظة على العملية تحت السيطرة in control طول الوقت لأن هذا وضع غير طبيعي Perfect statistical control is not common، وإذا استطعنا أن نحافظ على العملية متزنة بنسبة 90% من الوقت أو أكثر فإن ذلك يكون جيداً، ولحساب مستوى الجودة فى هذه الحالة واعتماداً على مبدأ أن قيمة تقريبية أفضل من لا شيء، فإنه يمكننا استبعاد

القراءات التي تسببت في إخراج العملية عن اتزانها من الحسابات (بعد بحث الأسباب التي أدت إلى عدم الإلتزام والتحقق من أنها من الأسباب الخاصة Special Causes والتغلب عليها)، و حساب قدرة العملية Process capability حينئذ مع الحذر والتحفظ عند استخدام هذه القيمة في اتخاذ القرارات.

وعسوما لكي تكون العملية جيدة يجب أن تكون كل مخرجاتها داخل حدود المواصفة، وسوف نحتكم إلى قيمة معامل جودة العملية Process goodness فيما يلي:

- 1- هل العملية التي بحوزتنا قادرة Capable على المدى القريب Short term، وعلى المدى البعيد Long term أم لا ؟
- 2- إذا كان لدينا أكثر من عملية العملية فأيهم الأفضل ؟ وأيهم الأسوأ لكي نبدأ بتحسينها أو لا؟

ويوجد ثلاث طرق يمكن الحكم بها على جودة العملية ومدى قدرتها على الوفاء بما هو متوقع منها وهي:

- 1- مقدرة العملية كنسبة (المقدرة الظاهرية) "Cp" Process Capability Ratio
- 2- مقدرة العملية على المدى القريب "Cpk" Short term Process Capability
- 3- مقدرة العملية على المدى الطويل "الأداء" Long term Process Capability / Performance "Ppk"

7.5. مقدرة العملية كنسبة (المقدرة الظاهرية) "Cp" Process Capability Ratio

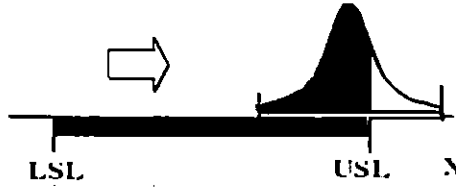
وتحسب قيمة هذا المعامل بقسمة المسافة بين الحد الأعلى للمواصفة والحد الأدنى للمواصفة (حدود السماح) على قيمة التغير في العملية Variability.

$$Cp = \frac{\text{Distance between spec's}}{\text{Variability}} = \frac{\text{Distance between spec's}}{6\sigma}$$

فإذا كانت قيمة هذه النسبة أقل من الواحد الصحيح تكون العملية غير قادرة، وإذا كانت قيمة هذه النسبة أكبر من الواحد الصحيح وأقل من 1.33 تكون العملية قادرة ولكن يجب مراقبتها، أما إذا كانت قيمة هذه النسبة أكبر من 1.33 تكون العملية قادرة تماماً، وينطبق هذا المبدأ على العمليات الموجودة بالفعل existing process. أما إذا كانت العملية جديدة New Process فإنه يفضل ألا تقل قيمة هذا المعامل عن 1.66.

ومن عيوب هذا المعامل أنه لا يأخذ في الاعتبار مدى مركزية العملية بالنسبة لحدود المواصفة، وهذا عيب خطير إذ أنه من الممكن أن تكون قيمته أكبر من 1.33 أو أكثر وتكون العملية غير

قادرة، ويتضح ذلك في شكل 7-5 الذى يوضح أنه بالرغم من أن حدود المواصفة أبرد بكثير من قيمة التغير فى العملية (أى أنه من المتوقع أن تكون قيمة C_p أكبر من 1.33) إلا أن العملية غير قادرة.



شكل رقم 7-5 يوضح العلاقة بين حدود المواصفة والتغير فى العملية

7.6. مقدرة العملية على المدى القريب "Cpk" Short term Process Capability

إذا أظهرت العملية اتزاناً لفترة زمنية ما، ولم يظهر بها أى من الأسباب الخاصة Special Causes خلال هذه الفترة، فإنه يمكننا حساب كل من الانحراف المعياري S ، و المتوسط $\bar{X}$ من خلال خرائط التحكم Control Charts ويطلق علي الانحراف المعياري حينئذ العملية Process Sigma، وعندئذ فإننا بذلك نحسب قيمتها على المدى القريب Short term estimation أو Within Variation وسنعتبر عن جودة وقدرة العملية في هذه الحالة بالعملية Process Capability Index (Cpk)، وفي هذه الحالة و لأننا سنقوم بمراقبة العملية لوقت قصير فإننا لن نأخذ تأثير الأسباب الخاصة Special Causes في الاعتبار، والجدول 7-1 يعرض معادلة الانحراف المعياري Standard Deviation الذي يستخدم في هذه الحالة:

جدول رقم 7-1 كيفية حساب S الانحراف المعياري من خرائط التحكم

Chart type	S	ملاحظات
Individual chart	$S = \bar{R} / d_2$	يتم حساب S من خلال معامل تصحيح (D_2 & C_4) يعتمد على حجم ونحده من الجداول التي تم ذكرها عند الحديث على خرائط التحكم Control Charts
X bar and R chart	$S = \bar{MR} / 1.128$	
X bar and S chart	$S = \bar{S} / C_4$	

ويتم حساب قيمة هذا المعامل من المعادلة التالية مع التعويض عن قيمة الإنحراف المعياري المحسوب من خرائط التحكم كما سبق ذكره في هذا البند:

$$\text{Process goodness} = \text{Min} \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{3S} \right), \left(\frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right) \right]$$

7.7. مقطرة العملية على المدى الطويل "الأداء" / Long term Capability / Performance "Ppk"

إذا لم تظهر العملية اتزاناً لفترة زمنية ما، وظهر بها الأسباب الخاصة بصورة متكررة، فإننا لن نتمكن من حساب كل من الانحراف المعياري S، والمتوسط $\bar{X}$ من خلال Control Charts (لأن شرط الوثوق بنتائج أن تكون العملية متزنة)، وعندئذٍ وللتغلب على ذلك فإننا سنقوم بحساب كل من الانحراف المعياري S، حساب المتوسط $\bar{X}$ من بيانات عينات يتم سحبها من العملية، ويتم تطبيق إحدى هاتين العلاقتين :

$$\text{Sample Sigma } S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \& \quad \text{Population Sigma } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

حيث n هي حجم العينة والتي يفضل أن لا يقل حجمها في هذه الحالة عن 100 قراءة لكي تعطى نتائج مقبولة وموثوق بها، وفي هذه الحالة فإننا نحسب Long term estimation أو Overall Variation، وعندئذٍ سنعتبر عن مدى جودة وقدرة العملية بمقياس أداء العملية Process Performance Index (Ppk)، وفي هذه الحالة ولأننا سنقوم بمراقبة العملية لوقت طويل فإننا سنأخذ تأثير الأسباب الخاصة Special Causes في الاعتبار. ويتم حساب قيمة هذا المعامل من المعادلة التالية أيضاً مع التعويض عن قيمة الانحراف المعياري المحسوبة من العينات :

$$\text{Process goodness} = \text{Min} \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{3S} \right), \left(\frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right) \right]$$

حيث S هي sample Standard Deviation = assumed population Standard Deviation

7.8. الفرق بين قدرة وأداء العملية Differences Between Capability and Performance

في الحقيقة فإن التعامل مع الأداء Performance هي الطريقة الأكثر شيوعاً وذلك للأسباب الموضحة بالجدول 2-7:

جدول رقم 7-2 الفرق بين مقدرة العملية وأدائها

المقدرة Cpk	الاداء Ppk
تستخدم S المحسوبة من Control Charts ومصحة بمعامل يتأثر كثيرا بحجم العينة، ويعطى قيمة أقل دقة للانحراف المعياري S	تستخدم S المحسوبة من Sample والتي تأخذ في الاعتبار الترحيل Variation داخل Subgroups وبين Between Subgroups، أي total Variation أو overall variation
يتم حسابه لما تم إنتاجه بالفعل	يتم حسابه واستخدامه لما سيتم إنتاجه مستقبلا
تأخذ في الاعتبار within subgroups Variation فقط لأنها تتعامل مع Samples مكونة من subgroups ويتم رسم منحنى طبيعي يمثل كل subgroups، وهذا المنحنى يتحرك داخل Control Limits بترحيل قيمته ١.٥ سيجما	تأخذ في الاعتبار كلا من subgroup drift وكذلك within subgroups الترحيل Variation لأنها تتعامل مع Sample كبيرة وفي النهاية يتم رسم منحنى طبيعي واحد يمثلها
لا تأخذ في الاعتبار الأسباب الخاصة Special Causes	تأخذ في الاعتبار الأسباب الخاصة Special Causes
غالبًا ما تكون قيمة S أقل، فتعطي قيمة أعلى لل Cpk	غالبًا ما تكون قيمة S أكبر بحوالي ٣٠٪، فتعطي قيمة أقل لل Ppk ونحن نفضل القيمة الأقل لأنها الأكثر تحفظا
قيمة Ppk تكون أقل من قيمة Cpk لأنها تأخذ في الاعتبار عدة مأكينات مختلفة لعدد كبير من المشغلين لمهمات ومواد عديدة من أكثر من مورد تحت ظروف تشغيل متباينة، وبالتالي تكون التغير Variability بها أكبر فيكون الانحراف المعياري أكبر فيقل مستوى Sigma بصورة أكبر وفي المحصلة تكون قيمتها أقل من قيمة Cpk	
Sigma Level على المدى الطويل نقل تقريبا بمقدار ١.٥ Sigma عن ل Sigma Level على المدى القصير	

7.9. إرشادات عند حساب جودة العملية Guidelines for Process goodness Calculation

والآن وبعد أن عرفنا كيف يمكن حساب مدى جودة العملية وعرفنا أنه ينبغي الاحتكام إلى (Ppk) وليس إلى (Cpk)، فما هي الشروط الواجب توافرها لحساب (Ppk) ؟

هناك عدة شروط حاسمة يجب التأكد منها قبل البدء في حساب جودة العملية وهي:

1. لابد أن تكون البيانات المتاحة طبيعية Normally Distributed، ويتم التأكد من ذلك عن طريق اختبار الطبيعية Normality Test.
2. لابد أن تكون العملية في حالة اتزان Stability، ويتم التأكد من ذلك برسم Control Chart المناسبة والتأكد من خلوها من الأسباب الخاصة Special & Common Causes.
3. التأكد من دقة نظام القياس Measurement System والاطمئنان على سلامته ويتم ذلك بإجراء Measurement System Analysis MSA.

4. أن تكون القراءات المسجلة مرتبة زمنياً.
5. هناك عدة احتمالات لقيم Ppk و Cpk :
 - دائماً قيمة Cpk أكبر من قيمة Ppk .
 - لو كانت قيمة كل من Cpk وقيمة Ppk قيم منخفضة ومتقاربة، فإن ذلك يدل على أن تصميم العملية سيئ، وهذا الانخفاض في القيم يرجع إلى $Common Cause$ ، ومهمة التحسين تقع على عاتق الإدارة $Management$ ، ويكون ذلك بإعادة التصميم
 - لو كانت قيمة Cpk معقولة أو مرتفعة، وكانت قيمة Ppk منخفضة، فإن ذلك يدل على أن أداء الأفراد العاملين والمنفذين $Performer$ سيئ، وانخفاض قيم Ppk يرجع إلى $Special cause$ ، ومهمة التحسين تقع على عاتق الأفراد العاملين والمنفذين $Performer$

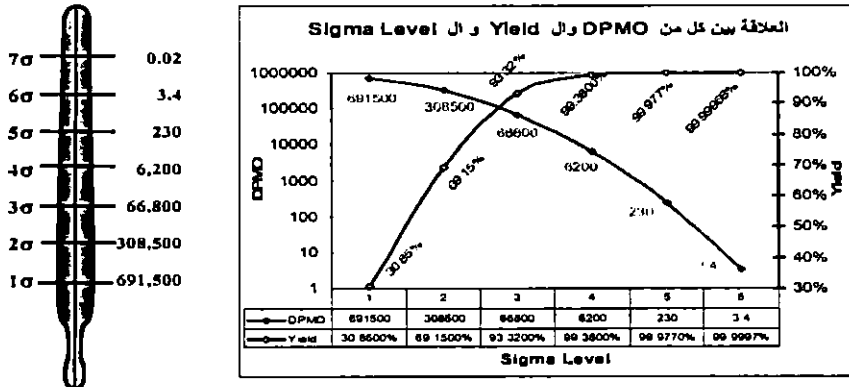
7.10. تحديد مستوى الجودة بالسيجما $Sigma Level$ determination

الآن وبعد أن تعرفنا كيف يمكن حساب $Yield$ و $DPMO$ (عند حساب Cpk و Ppk فإنه يمكننا قراءة قيمة $DPMO$ من الرسم الناتج من Minitab مباشرة)، فإنه من المفيد معرفة كيف يمكن تحويل هذين المقياسين إلى قيمة تعبر عن مستوى الجودة، وهى قيمة $Sigma Level$ وهو المقياس الذي سنستخدمه للدلالة على مستوى الجودة في أى عملية، والجدول 3-7 يوضح العلاقة بين $Sigma Level$ وبين المقياسين السابقين:

جدول رقم 7- 3 العلاقة بين مستوى الجودة وعدد الأخطاء

$Sigma Level$	$DPMO$	$Yield$	$Sigma Level$	$DPMO$	$Yield$	$Sigma Level$	$DPMO$	$Yield$
0.000	933200	6.680%	2.000	308500	69.150%	4.000	6200	99.38000%
0.125	915450	8.455%	2.125	265950	73.405%	4.125	4350	99.56500%
0.250	894400	10.560%	2.250	226600	77.340%	4.250	3000	99.70000%
0.375	869700	13.030%	2.375	190800	80.920%	4.375	2050	99.79500%
0.500	841300	15.870%	2.500	158700	84.130%	4.500	1300	99.87000%
0.625	809200	19.080%	2.625	130300	86.970%	4.625	900	99.91000%
0.750	773400	22.660%	2.750	105600	89.440%	4.750	600	99.94000%
0.875	734050	26.595%	2.875	84550	91.545%	4.875	400	99.96000%
1.000	691500	30.850%	3.000	66800	93.320%	5.000	230	99.97700%
1.125	645650	35.435%	3.125	52100	94.79000%	5.125	180	99.98200%
1.250	598700	40.130%	3.250	40100	95.99000%	5.250	130	99.98700%
1.375	549750	45.025%	3.375	30400	96.96000%	5.375	80	99.99200%
1.500	500000	50.000%	3.500	22700	97.73000%	5.500	30	99.99700%
1.625	450250	54.975%	3.625	16800	98.32000%	5.625	23.35	99.99767%
1.750	401300	59.870%	3.750	12200	98.78000%	5.750	16.7	99.99833%
1.875	354350	64.565%	3.875	8800	99.12000%	5.875	10.05	99.99900%
						6.000	3.4	99.99966%

والشكل 6-7 التالي يوضح هذه العلاقة أيضا



شكل رقم 6-7 العلاقة بين مستوى الجودة وعدد الأخطاء

وكما أسلفنا فإنه توجد عدة مقاييس للجودة، ويمكن الحصول على بعض هذه المقاييس إذا علم احدها، وذلك من خلال الجدول السابق عرضه، وسنوضح ذلك من تناولنا للأمثلة خلال هذا الفصل.

7.11. أمثلة لحساب جودة العملية Examples for Process Goodness Calculation

فيما يلي مجموعة من الأمثلة التي ستوضح الشرح السابق وقد راعينا فيها التنوع لمزيد من التوضيح

مثال رقم 7-1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4	7	6	15	8

بفرض أن لدينا عملية تعطي النتائج التالية

فإنه يمكننا حساب الانحراف المعياري كالتالي

$$Mean = \frac{4+7+6+15+8}{5} = \frac{40}{5} = 8$$

No	Value X	المتوسط Mean	$\bar{X} - X$	$(\bar{X} - X)^2$
1	4	8	8-4=4	16
2	7	8	8-7=1	1
3	6	8	8-6=2	4
4	15	8	8-15=-7	49
5	8	8	8-8=0	0
			0	70

$$S = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{70}{4}} = 4.18$$

أى أننا لو وقفنا على خط الوسط والذي قيمته تساوى 8، وتحركنا مسافة 4.18 يمين المتوسط، ومسافة 4.18 شمال المتوسط، لحصرنا مساحة سوف تحتوى على 68.27% من إجمالى خرج هذه العملية (ستتضح هذه الفكرة عند دراسة فصل التوزيعات الاحتمالية Probability Distribution فى الفصل الثالث عشر من هذا الكتاب)

ولقياس Sigma Level لهذه العملية (بفرض $USL = 15$ وأن $LSL=4$)

$$\text{Sigma Level} = \frac{\text{Range}}{S} \frac{11}{4.18} = 2.6 \text{ \& Range = } USL - LSL = 15 - 4 = 11$$

وبما أن العملية تعمل على Sigma Level قيمتها 2.6 وهي قيمة ضعيفة فيمكن القول بأن العملية سيئة.

ولو أننا حاولنا تحسين نفس العملية بحيث جعلنا القراءة رقم 4 لتقرأ 10 بدلا من 15 (أي أننا نقلل التباين Variability) مع الاحتفاظ بقيم USL & LSL وهي 4 & 10

$$\text{Sigma Level} = \text{Mean} = 7 \text{ Variance} = 0 \text{ \& } S.D = \sqrt{\frac{20}{5}} = 2.24 \text{ المتوسط}$$

$$\frac{15-4}{2.2} = 5$$

أي أن مستوى الجودة Sigma Level زاد أي أن العملية تحسنت وهذا منطقي لأننا قللنا التباين Variability فقل الانحراف المعياري Standard Deviation فزاد مستوى الجودة Sigma Level.

مثال رقم 7-2

لو كان لدينا العملية لها الخصائص التالية $\bar{X} = 60$ & $USL=70$ & $LSL=50$ & $S=5$ فما هو Sigma Level وما هو Sigma Value لهذه Process؟

الحل:

من الواضح أن Sigma Value وهي قيمة السيجما S تساوى 5، أما لحساب مستوى السيجما Sigma Level

$$\text{Sigma Level} = \frac{USL - LSL}{\text{sigma value}} = \frac{70 - 50}{5} = 4$$

مثال رقم 7-3

تقوم إحدى شركات الصيانة المتخصصة بإجراء صيانة 250 معدة، وكانت فرصة حدوث خطأ في صيانة كل معدة هو ثلاثون فرصة، فإذا علم أن عدد الأخطاء التي تم رصدها مؤخرًا هي خمسة أخطاء. والمطلوب حساب كل من DPMO و Sigma Level.

الحل:

$$DPMO = \frac{5 * 1000000}{250 * 30} = 667$$

ومن الجدول 3-7 نعين قيمة Sigma Level وهي القيمة المقابلة لـ 667 فنجد أنها 4.7 تقريبًا وهي نسبة لا بأس بها

مثال رقم 7-4

يقوم أحد المصانع بإنتاج لمبات الكهرباء، ووجد أنه لكل 2750 لمبة، يظهر 197 لمبة لا تضيء، والمطلوب حساب Sigma Level.

الحل:

$$Proportion Defective = \frac{\text{number of derectives}}{\text{number of units}} = \frac{197}{2750} = 0.071636 = 7.163\%$$

$$Yield = 1 - Pr oportion de fective = 1 - 0.071636 = 0.92836 = 92.836\%$$

وبالنظر إلى قيمة المنتجات السليمة والصالحة نجد أنها تساوى 92.836% وهي قيمة بمقاييسنا القديمة ممتازة لأنها تزيد عن 90%، ولكن بمقاييس منهجية التحسين Six Sigma ومن الجدول السابق، نجد أن قيمة Sigma Level هي 2.9 تقريبًا وهي القيمة المقابلة لـ 92.836%، وهي نسبة سيئة تشير إلى مستوى جودة متدني، وتؤدي إلى تكاليف باهظة.

وعموما فإن مستوى جودة معظم الشركات يتأرجح بين 3 & 4 انحرافات معيارية، وعادة ما نطلق على محاولة الانتقال من مستوى جودة إلى المستوى الذي يليه بجهود التحسين المستمرة Continuous Improvement، أما إذا حاولنا الانتقال من أي من مستويات الجودة إلى مستوى 6 Sigma أى ستة انحرافات معيارية مباشرة فإننا نطلق على ذلك وثبة التحسين الكبيرة أو قفزة التحسين الملحوظة Breakthrough، ويتم الاختيار بين أي من الاستراتيجيتين على إمكانات الشركة وثقافتها وقدرتها على التنفيذ.

مثال رقم 7-5 :

سجلت البيانات الموضحة بالجدول التالي لإحدى المنظومات، فإذا كان متوسط هذه البيانات هو 61، ومن طبيعة هذه العملية هو عدم وجود حد أدنى للمواصفات، فإذا كان الحد الأعلى لهذه المواصفات هو 86.1، فما هي قيمة الانحراف المعياري التي تجعل قيمة أداء هذه العملية على المدى القصير أى (Cpk) لا يقل عن 1.67 ؟ يرجى إعطاء الإجابة مقربة لثلاثة أرقام عشرية، وكذلك حساب مستوى جودة هذه العملية بالسيجما.

Given an average of 61, no lower specification, and an upper specification of 86.1, what is the maximum standard deviation if a Cpk greater than 1.67 is required? Please provide your answer to at least 3 significant digits. What is the Sigma Level of this Process?

$$Cpk = \min \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{3S} \right), \left(\frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right) \right] \quad Cpk = \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{3S} \right) \right]$$

$$1.67 = \left[\left(\frac{86.1 - 61}{3S} \right) \right] \quad S = \left[\left(\frac{86.1 - 61}{3 * 1.67} \right) \right] = 5.00998$$

مثال رقم 7-6 :

سجلت البيانات الموضحة بالجدول التالي لإحدى المنظومات، فإذا كان الحد الأدنى للمواصفات هو 66.1، وكان الحد الأعلى لهذه المواصفات هو 141.3، فما هي قيمة أداء هذه العملية على المدى الطويل أى (Ppk) ؟ يرجى إعطاء الإجابة مقربة لثلاثة أرقام عشرية، وكذلك حساب مستوى جودة هذه العملية بالسيجما.

Given the data below, a lower specification of 66.1, and an upper specification of 141.3, what is the long-term Process performance (Ppk)? Please provide your answer to at least 3 significant digits. What is the Sigma Level of this Process?

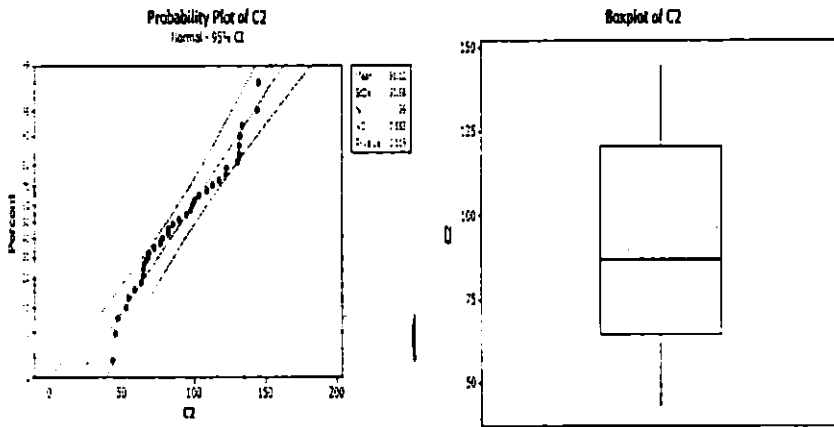
جدول رقم 7-4 بيانات المثال 7-6

81.61428	52.51972	67.08567	89.19427	130.073	122.0218
71.72569	43.47409	64.70347	97.3047	133.1425	122.2049
62.88762	54.42257	75.89862	98.67742	131.3136	131.445
47.13469	65.12923	85.04941	94.49757	143.6278	117.3132
58.52212	68.43993	81.95039	100.063	144.8572	112.7318
45.20902	64.42548	77.82633	108.9442	131.8475	103.2012

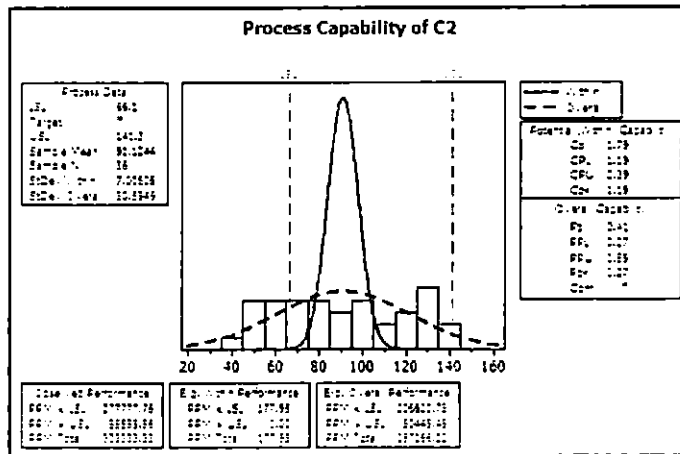
من بيانات الجدول 4-7 يمكننا استنتاج أن قيمة S تساوي 30.6 ، وأن قيمة $\bar{x}$ تساوي 91.12

$$Ppk = \min \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{3S} \right), \left(\frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right) \right] = \min \left[\left(\frac{141.3 - 91.12}{3 * 30.6} \right), \left(\frac{91.12 - 66.1}{3 * 30.6} \right) \right]$$

$$Ppk = \min \left[\left(\frac{50.18}{91.8} \right), \left(\frac{25.02}{91.8} \right) \right] = \min [0.5466, 0.2725] = 0.2725$$



شكل رقم 7-7 اختبار الطبيعية Normality



شكل رقم 7-8 نتائج حل المثال 6-7

ومن الشكل نجد أن عدد المنتجات المعيبة هو 257066 وحدة، ومن جداول التحويل التي تم التعرض لها في بداية هذا الفصل نجد أن مستوى الجودة يقع بين القيمتين 2.12 و 2.25 وهي قيمة سيئة و ضعيفة.

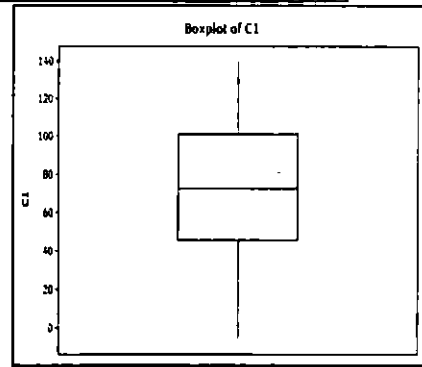
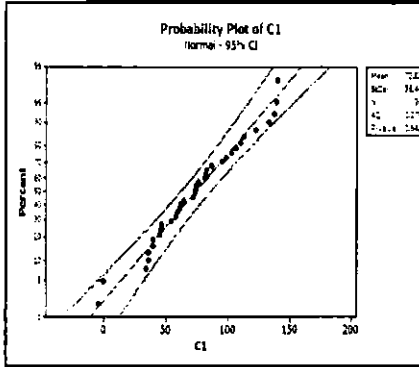
مثال رقم 7-7

سجلت البيانات الموضحة بالجدول التالي لإحدى المنظومات، ومن طبيعة هذه العملية هو عدم وجود حد أدنى للمواصفات، فإذا كان الحد الأعلى لهذه المواصفات هو 210.5، فما هي قيمة أداء هذه العملية على المدى الطويل أي (Ppk) ؟ يرجى إعطاء الإجابة مقربة لثلاثة أرقام عشرية، وكذلك حساب مستوى جودة هذه العملية بالسيجما.

Given the data below, no lower specification, and an upper specification of 210.5, what is the long-term Process performance (Ppk)? Please provide your answer to at least 3 significant digits. What is the Sigma Level of this Process?

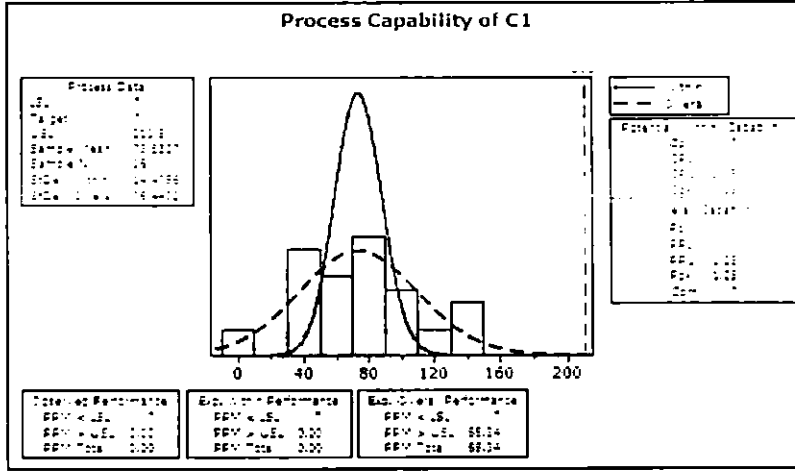
جدول رقم 7-5 بيانات المثال 7-7

86.46855	39.16499	82.29673	-0.68339	132.0788	121.6194
80.73454	57.43628	53.75797	-4.94698	138.3752	102.0552
60.87634	45.47076	44.819	45.76422	139.4512	97.89099
75.99052	35.53586	39.3568	71.62315	112.1306	72.5858
63.39574	73.3531	33.884	81.44962	106.0702	61.16698
58.53789	74.21429	35.30672	109.5711	136.4675	94.63459



شكل رقم 7-9 اختبار الطبيعية

$$Ppk = \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{3S} \right) \right] = \left[\left(\frac{210.5 - 73.8}{3 * 36.44} \right) \right] = \left[\left(\frac{136.7}{109.32} \right) \right] = 1.25$$



شكل رقم 7-10 نتائج حل المثال 8-7

ومن الشكل نجد أن عدد المخرجات المعيبة هو 88.34 وحدة، ومن جداول التحويل التي تم التعرض لها في هذا الباب نجد أن مستوى الجودة يقع بين القيمتين 5.25 و 5.375 وهي قيمة جيدة جداً.

مثال رقم 7-8

سجلت البيانات الموضحة لإحدى المنظومات، ومن طبيعة هذه العملية هو عدم وجود حد أدنى للمواصفات، فإذا كانت قيمة أداء هذه العملية على المدى القصير أي (Cpk) يساوي 0.26، فما هي نسبة المخرجات المعيبة التي تقع خارج المواصفات؟ يرجى إعطاء الإجابة مقربة لثلاثة أرقام عشرية، وكذلك حساب مستوى جودة هذه العملية بالسيجما.

A Process with a one-sided specification has a Cpk of 0.26. What percentage of the production falls beyond the specification limit? In addition, do not enter your answer as a percentage. For example, enter 0.153 NOT 15.3% please provide your answer to at least 3 significant digits. What is the Sigma Level of this Process?



شكل رقم 7-11 رسم المثال 8-7

حيث إن جداول Z تعطى المساحة تحت المنحنى أى الاحتمالية، وحيث إننا نريد حساب المساحة خارج الحد الأعلى للمواصفات USL، فإننا سوف نحسب القيمة المكملة للقيم المستنتجة من الجداول

$$Z = \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{S} \right) \right] \quad \& \quad Cpk = \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{3S} \right) \right]$$

$$Cpk = \left[\left(\frac{Z}{3} \right) \right]$$

$$Z = 3 * Cpk = 3 * 0.26 = 0.78$$

ومن الجداول وعند قيمة $Z=0.78$ فإن المساحة تكون 0.782365، وعليه فنسبة المخرجات المعيبة تساوى (1-0.782365) أى تساوى 0.2176، ومن الجدول 3-7 الموضح أعلاه وبنسبة منتجات سليمة (78.2365%) فإن مستوى الجودة يقع بين القيمتين 2.25 و 2.375.

مثال رقم 7- 9

عند مراقبة إحدى المنظومات التي لها حد أدنى وحد أقصى للمواصفات أى Two sided distribution، تم رسم خرائط التحكم $\bar{X}$ and R وتم تسجيل القيم التالية منها

$$\bar{X} = 1.0001 \quad \& \quad \sigma = 0.0002 \quad \& \quad Specs = 1 \pm 0.001$$

الحل:

$$Z_{Lower} = \frac{\bar{X} - LSL}{\sigma} = \frac{1.0001 - 0.999}{0.0002} = 5.5$$

ومن الجداول السابق الإشارة إليها يتبين لنا DPMO يساوي، وان نسبة المخرجات السليمة هي 99.997%.

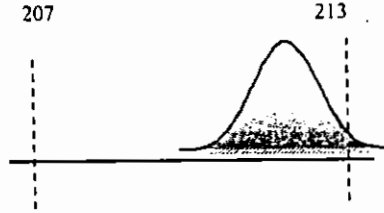
$$Z_{Upper} = \frac{USL - \bar{X}}{\sigma} = \frac{1.001 - 1.0001}{0.0002} = 4.5$$

ومن الجداول السابق الإشارة إليها يتبين لنا DPMO يساوى 1300، وان نسبة المخرجات السليمة هي 99.87%.

ولحساب Sigma Level الكلى، نجمع DPMO فيكون 1330 ثم من الجداول نحوله إلى Sigma Level مرة أخرى فنجد أن مستوى الجودة الإجمالى يساوى 4.5 تقريبا

مثال رقم 7-10:

عند مراقبة إحدى العمليات تم سحب خمس عينات، فوجد أن المتوسط هو 212.5، والمدى 1.2، فإذا كان الحد الأدنى للمواصفات هو 207، وأن الحد الأعلى للمواصفات هو 213، فما هو مستوى الجودة في هذه العملية؟



شكل رقم 7-12 رسم المثال 7-10

الحل

$$\bar{X}=212.5 \text{ \& } \bar{R}=1.2 \text{ \& } n=5 \text{ \& } \bar{R}=1.2 \text{ \& } n=5 \quad d_2=2.236 \text{ \& } \text{Specs}=210 \pm 3$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{1.2}{2.236} = 0.5366$$

$$Ppk = \min \left[\left(\frac{USL - \bar{X}}{3S} \right), \left(\frac{\bar{X} - LSL}{3S} \right) \right] = \min \left[\left(\frac{213 - 212.5}{3 \times 0.5366} \right), \left(\frac{212.5 - 207}{3 \times 0.5366} \right) \right] = \min [3.416, (0.31)] = 0.31$$

وحيث إن قيمة Cpk أقل من الواحد الصحيح، فإن هذه العملية غير قادرة على الوفاء بمتطلبات العملاء

ولحساب مستوى الجودة Sigma Level نعوض في المعادلة

$$\text{Sigma Level} = Z_L = \frac{\bar{X} - LSL}{\sigma} = \frac{212.5 - 207}{0.5366} = 10.25$$

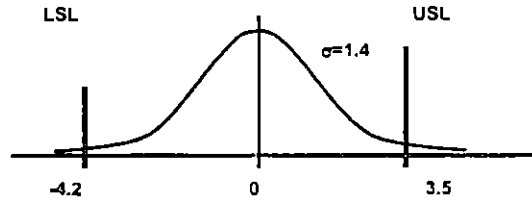
ومن الملاحظ أن هذه القيمة غير موجودة بالجدول، وهذا منطقي حيث يتضح من الرسم أن عيوب هذه العملية موجودة فقط في جهة Upper specification

$$\text{Sigma Level} = Z_u = \frac{USL - \bar{X}}{\sigma} = \frac{213 - 212.5}{0.5366} = 0.9318$$

وهي قيمة سيئة جداً لمستوى الجودة، ومن الجداول السابق الإشارة إليها يتبين لنا DPMO يساوي 700000، وأن نسبة المخرجات السليمة لا تتجاوز 30% تقريباً

مثال رقم 7-11

في الشكل الموضح ما هي نسبة - احتمالية- المخرجات المعيبة؟ وما هو مستوى الجودة؟



شكل رقم 13-7 رسم المثال 12-7

الحل : حيث إن هذه العملية هي Two sided العملية فسوف نحسب نسبة المعيب في كلتا الجهتين ثم نجمعهما ثم نحسب مستوى الجودة مرة أخرى وبتطبيق العلاقة

$$Sigma\ Level = Z_u = \frac{USL - \bar{X}}{\sigma} = \frac{3.5 - 0}{1.4} = 2.5$$

$$Sigma\ Level = Z_L = \frac{\bar{X} - LSL}{\sigma} = \frac{0 - (-4.2)}{1.4} = 3$$

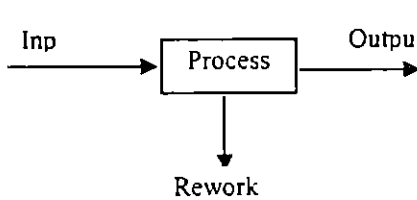
ومن جداول منحنى التوزيع الطبيعي المعياري نحدد قيمة Probability فنجد أنها تساوى 0.0062

ومن جداول منحنى التوزيع الطبيعي المعياري نحدد قيمة Probability فنجد أنها تساوى 0.00135

وبالتالي فإجمالي الاحتمالية يكون $0.00752 = 0.00135 + 0.0062$ ومستوى الجودة هو النسبة المكتملة للمنتجات المعيبة

$$Sigma\ Level = 1 - 0.00752 = 0.99248$$

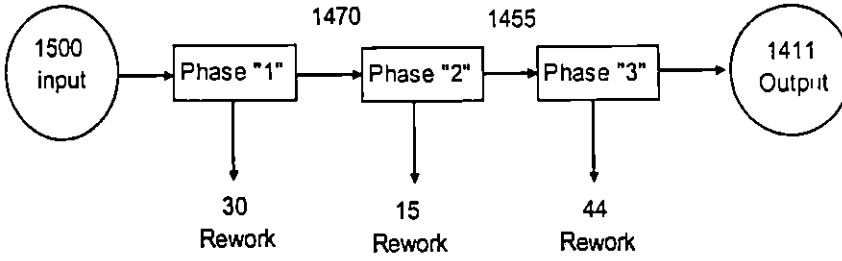
7.12. مستوى الأداء الكلى للعملية المركبة Compound Process Performance



تحدثنا في السطور السابقة على عملية تتألف من مرحلة واحدة كالشكل 13-7، وكنا نقيس Yield من العلاقة

$$Yield = 1 - \frac{\text{number of dervatives}}{\text{number of units}}$$

ولكن ماذا سيكون الوضع لو تألفت العملية من عدة مراحل مختلفة كما بالشكل 14-7



شكل رقم 14-7 رسم العمليات على التوالي

في هذه الحالة سيكون أمامنا خياران:

اولا: إما أن نحسب Yield لكل مرحلة على حده، ثم نحسب Yield للعملية ككل بضرب Yield للمراحل المتتالية.

$$Yield \text{ for phase 1} = 1 - \frac{30}{1500} = 0.98$$

$$Yield \text{ for phase 2} = 1 - \frac{15}{1470} = 0.9898$$

$$Final Yield \text{ for phase 3} = 1 - \frac{44}{1455} = 0.9697$$

$$Final Yield \text{ for phase 3} = 1 - \frac{44}{1455} = 0.9697$$

$$Final Yield \text{ for All phases} = 0.98 * 0.9898 * 0.9697 = 0.94$$

ومن الجدول السابق 3-7 وعند قيمة 0.94 نجد أن مستوى الجودة Sigma Level يساوى 3.1 تقريبا.

ثانيا: وإما أن نعتبر المراحل الثلاث للعملية كوحدة واحدة، ونطبق علاقة Yield.

$$Yield \text{ for All phases} = Rolled Throughput Yield (Y_{RT}) = 1 - \frac{89}{1500} = 0.94$$

ومن الجدول السابق، وعند Yield يساوى 0.94 نجد أن ال Sigma Level يساوى 3.1 تقريبا، وهى نفس النتائج التي حصلنا عليها بالطريقة الأولى

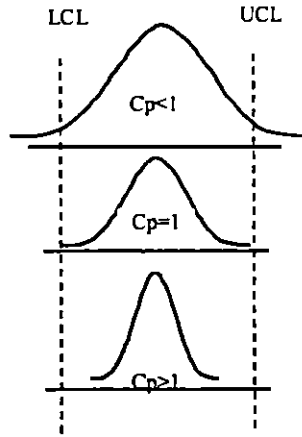
7.13. مقارنة بين مقاييس مستوى الأداء Comparison between sigma measures

الجدول 6-7 يبين القيم المختلفة لمستوى جودة العمليات المتمركزة وذات الترحيل، كما يعرض عدد الأخطاء لكل مليون فرصة DPMO ، وكذلك قيم مقدرة هذه العمليات عند تلك المستويات.

جدول رقم 6-7 القيم المختلفة لمستوى الجودة

Sigma Level	Centered Process			Shifted (1.5 σ) Process		
	عمليات متمركزة			عمليات بها ترحيل		
	Percent	DPMO	Cpk	Percent	DPMO	Cpk
3	99.73	2700	1	93.32	66803	0.5
4	99.9937	63	1.3	99.379	6200	0.83
5	99.999943	0.57	1.7	99.9767	233	1.17
6	99.999999	0.002	2	99.9997	3.4	1.5

وعموما فإن هناك بعض القيم العملية لمقدرة العملية Cpk ، فإذا كانت العملية جديدة، فيجب ألا تقل قيمة Cpk عن 1.6، أما إذا كانت العملية قديمة، وقيد التحسين فيجب ألا تقل قيمة Cpk عن 1.33 كما في شكل 7-15.



شكل رقم 7-15 نماذج لعمليات بقدرات مختلفة

الفصل الثامن

معالجة البيانات غير الطبيعية

Handling Non-Normal Data

8.1 مقدمة Introduction

في الأجزاء السابقة عندما كنا نتعامل مع البيانات المتاحة بهدف دراسة مقدرة العملية Process Capability مثلا، كان من أهم الافتراضات الأولية هو كون هذه البيانات تتبع منحنى التوزيع الطبيعي، وهو افتراض كما نعلم مثالي، إذ أنه في الحقيقة قلما وجدنا مثل هذا النوع من البيانات، وإنما توجد البيانات بوفرة على غير هذه الصورة.

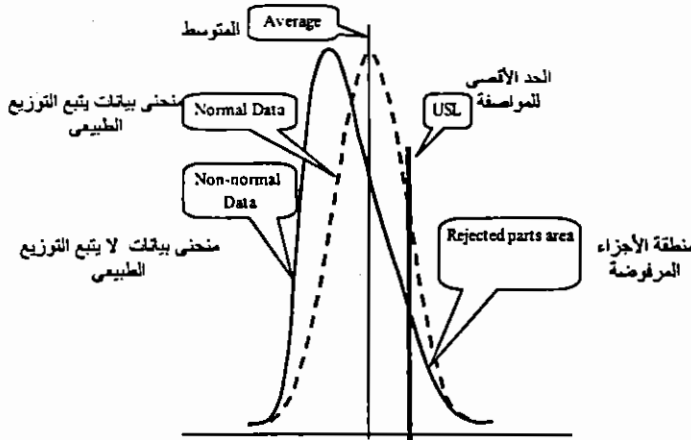
فماذا سنفعل ؟ هل سنتعامل مع هذه البيانات بنفس الطريقة وبنفس الأدوات التي كنا نتعامل بها مع البيانات التي تتبع التوزيع الطبيعي ؟ أم أن ذلك سلوك محفوف بالخطورة؟ خطورة الخطأ في التحليل، ومن ثم خطورة الخطأ في الاستنتاج وما يرتبط به من الخطأ في اتخاذ القرارات، وما يليه من نتائج غير مرغوب بها.

8.2 محاذير معالجة البيانات غير الطبيعية Precautions for Non normal Data Treatment

في كل ما ذكرناه في الفصل السابق عن جودة العملية وقدرتها وأدائها ، كنا نفترض أن البيانات المتاحة هي بيانات ذات توزيع طبيعي Normal Data، ولكن ماذا سيكون الوضع

لو كانت البيانات المتاحة هي البيانات غير طبيعية Non-Normal Data ؟

ولبيان مدى خطورة التعامل مع البيانات غير الطبيعية Non-Normal Data على أنها بيانات ذات توزيع طبيعي Normal Data دعنا ننظر إلى الشكل 1-8، وفيه نرى بوضوح اختلاف



شكل رقم 1-8 اختلاف مناطق الرفض باختلاف المنحنى

المساحة الممثلة للأجزاء المعيبة في حالة المنحنى الممثل لبيانات تتبع التوزيع الطبيعي ، عن المساحة الممثلة للأجزاء المعيبة في حالة المنحنى الممثل للبيانات غير الطبيعية، وبالتالي فإن قيمة مستوى الجودة سيختلف باختلاف الفرض المتعلق بنوعية البيانات .

وللحيلولة دون الوقوع هذا الخطأ ، فسوف نقوم بمعالجة هذه النوعية من البيانات بخمس طرق غير تقليدية، (غير تلك المتبعة عند التعامل مع البيانات التي تتبع التوزيع الطبيعي والتي تنبني عليها كافة النظريات الإحصائية)، تمكننا من التعامل معها بالرغم من كونها لا تتبع التوزيع الطبيعي Non-Normal Data .

8.3. العلاقة بين طرق المعالجة الإحصائية وطبيعة البيانات Relationship Between Statistical Treatment & Data Type

إذا كانت عملية معالجة البيانات غير الطبيعية عملية محفوفة بالمخاطر، وإذا كان الموضوع بهذه الأهمية، فمن المنطقي أن نتعرف على الطرق التي تتأثر بنوع البيانات المستخدمة، وتعطى تحليلات خاطئة إذا استخدمت مع البيانات غير الطبيعية Non-Normal Data، وهنا يجب ان نشير الى أن هذه الطرق هي التي تتعامل مع البيانات الفردية Individual Data و يمكن تلخيصها في الجدول 1-8:

جدول رقم 1-8 مخاطر معالجة البيانات التي لا تتبع التوزيع الطبيعي

تأثير استخدام البيانات غير الطبيعية Non-Normal Data	الطريقة	
تعطى قيمة خاطئة لقيمة مستوى الجودة Sigma	Process Sigma Calculation	حساب مستوى السيجما
حيث سيتأثر كل من LCL & UCL حسابيا بنوع البيانات، وعليه فتحديد الأسباب الخاصة Special Causes سيكون خطأ ، وبالتالي فالبحث و التدخل الغير مطلوب في العملية وهو ما نطلق عليه Tempering أي محاولة إصلاح العملية في حين أنها سليمة ولا تحتاج للتدخل	Individual Control Charts	خرائط المدى المتحرك
تصور خاطئ للفروق بين Groups	Hypothesis testing	اختبار الفرضيات
تحديد غير سليم للعوامل الهامة واستنتاج غير سليم لتأثير هذه العوامل	Regression	الانحدار
تحديد غير سليم للعوامل الهامة واستنتاج غير سليم لتأثير هذه العوامل	Design of Experiment	تصميم التجارب

وإذا كان الموضوع بهذه الأهمية أيضاً، فما أنواع العمليات التي تعطى نتائجها بيانات من خصائصها أنها بيانات غير طبيعية Non-Normal Data ؟ والإجابة على هذا السؤال أيضاً نجد أن العمليات التي تعطى نتائجها بيانات غير طبيعية كثيرة ومتعددة ومنها على سبيل المثال زمن انتظار العملاء Customer Waiting Time، وعدد المكالمات التليفونية في الساعة Calls per Hour، والدورات الزمنية Cycle Times، وزمن وصول الموظفين .

8.4. اختبار تبعية البيانات للتوزيع الطبيعي (الطبيعية) Tests for Normality

وإذا كان الموضوع بهذه الأهمية أيضاً، فكيف يمكننا تحديد ما إذا كانت البيانات تتبع التوزيع الطبيعي Normal أم أنها لا تتبع التوزيع الطبيعي Non-Normal ؟
و يتم ذلك من خلال عدة وسائل كما يلي:

1. من خلال رسم الأشكال البيانية Graphs مثل الهستوجرام Histogram، ومخطط الصندوق مخطط الصندوق Box Plot، ومخطط الورقة والساق Stem and leaf ، واختبار الطبيعية..... Normality Test
2. من خلال المقاييس الرقمية Measure مثل القيمة بى P Value، ولكي تكون البيانات طبيعية Normal، فيجب أن تكون $P > 0.05$.

ومن أجل نتائج موثوق فيها يجب ألا نكتفي بأي من الأشكال البيانية Graphs أو المقاييس الرقمية Measures فقط، ولكن ينبغي اختبارهما معاً، أي يفضل دائماً إثبات أي فرضية بأكثر من طريقة، ولكي لا ننسى هذا المفهوم ينبغي أن نتذكر دائماً مثال الصاروخ الذي يتبع الطائرة ويريد إصابتها، فلكي نتأكد من إصابة الطائرة نزود الصاروخ بالأشعة فوق الحمراء Infra Red، ولمزيد من التأكد ولزيادة احتمال الإصابة نزوده كذلك بالكاشف الليزري Laser Detector، ولمزيد من التأكد ولزيادة احتمال الإصابة نزوده كذلك بالكاشف الحراري Thermal Detector، فإذا أخطأت إحدى هذه الطرق، كان هناك احتمال للإصابة بطريقة أخرى، وهذا ما يجب أن يتم في دراستنا، فنحن نقوم بإطلاق فرضية ما، ثم نحاول إثبات هذه الفرضية، وكلما زادت الطرق التي نحاول بها ذلك كلما كان احتمال الدقة في الاستنتاج أكبر وكلما كان احتمال الخطأ أقل.

8.5. طرق معالجة البيانات غير الطبيعية Non-Normal Data Treatment Methods

وإذا كان الموضوع بهذه الأهمية أيضاً، فهل هناك طرقاً أخرى للتعامل مع مثل هذا النوع من البيانات غير الطبيعية Non-Normal Data ؟

ننعم هناك طرق أخرى للتعامل مع البيانات غير الطبيعية ويمكن إجمال هذه الطرق في الجدول 2-8:

جدول رقم 8- 2 الطرق المختلفة لمعالجة البيانات التي لا تتبع التوزيع الطبيعي

الطريقة	خصائص هذه الطريقة	
Subgroup averaging	تفريفا يتم حساب متوسطات البيانات المتاحة، وطبقا لنظرية Central Limit theorem، ويتم تطبيق ذلك خصوصا في X-bar Normal data. وتتبع البيانات الناتجة تتبع	
Segmenting or Stratification	في كثير من الحالات، فإن تقسيم البيانات إلى مجاميع وشرائح وقتل يؤدي إلى تحويلها إلى بيانات طبيعية.	
Transforming data	ويتم التحويل باستخدام إحدى الدوال واشهرهم &Square root & Lognormal inverse& Binomial& Poisson، ويتم تحديد نوع التوزيع بعد تحديد قيمة	
Using different distributions	يتم تحديد نوع التوزيع الذي تتبعه البيانات، وذلك برسم Probability للتوزيعات المختلفة، واختيار النوع الذي له أكبر P value وإجراء الحسابات بناءا عليه.	
Non parametric statistics	طرق حسابية لا تعتمد في حساباتها على فرضية أن تكون البيانات Normal Data، وفيها	
	Normal Data	Non Normal Data
	One Sample Z test	One Sample Sign
	One Sample t test	One Sample Wilcoxon
	Two Sample t test	Mann-Whitney
	One Way ANOVA	Kruskal-Wallis (Moods Medians)
	Randomized Blocks (Two Way ANOVA)	The Fridman test

وعلی ما سبق فیمکننا تلخیص خطوات التعامل مع البيانات غیر الطبيعية Non-Normal Data كما یلی:

- أ- نختبر ما إذا كانت البيانات Data المتاحة لدينا تتبع التوزيع الطبيعي ، أم لا؟.
- ب- إذا كانت البيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي، نختار طريقة التعامل معها من أحد الطرق السابق الإشارة إليها في جدول 2-8.

ولتوضيح ما سبق ولمعرفة كيفية استخدام هذه الطرق سنتناول مثالاً نقوم فيه (بالرغم من معرفتنا أن البيانات المتاحة لا تتبع التوزيع الطبيعي Non-normal) بدراسة مقدرة العملية Process capability مرة بالطرق التي التقليدية التي نتعامل مع بيانات تتبع التوزيع الطبيعي ، ومرة أخرى بالطرق التي ينبغي أن نتعامل بها مع البيانات غير الطبيعية، مع توضيح الخطأ الذي يصاحب معاملة النوع الأول على أنه من النوع الثاني .

مثال رقم 8-1

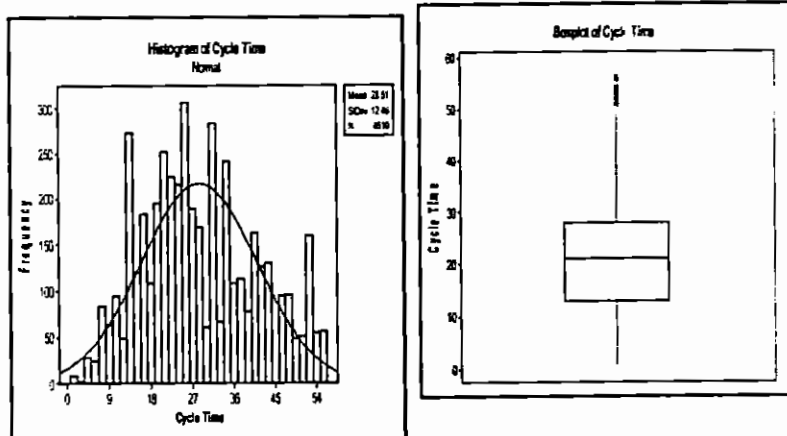
بفرض أن لدينا مجموعة من البيانات كما في الجدول 3-8 تعبر عن زمن الإنتظار Waiting Time بصورة عشوائية بحيث $USL = 30$ & $LSL = 0$.

جدول رقم 3-8 بيانات المثال 1-8

19	11	30	24	24	20	28	27	26	20	9	32	56	48	27	24	21	24	31	33
17	53	32	33	39	26	20	48	21	34	31	15	40	27	24	22	14	13	13	14
36	43	42	43	41	40	35	24	21	23	14	43	37	18	17	47	10	13	14	22
22	20	25	39	26	53	19	13	27	28	8	54	8	25	8	19	18	9	3	32
35	11	42	38	32	27	24	22	18	17	21	16	6	36	36	9	21	7	28	28
17	15	15	9	51	26	25	13	47	37	20	17	25	15	21	10	11	6	4	8
52	17	4	8	9	18	16	5	49	11	21	23	22	5	5	21	15	13	14	6
8	31	14	31	24	19	41	2	25	1	12	34	15	14	7	6	9	14	23	18
8	7	16	34	21	9	14	31	16	14	7	10	14	26	12	28	30	26	34	14
5	2	10	42	21	15	21	11	15	22	25	17	13	18	19	21	27	27	23	13
12	2	2	24	35	12	28													

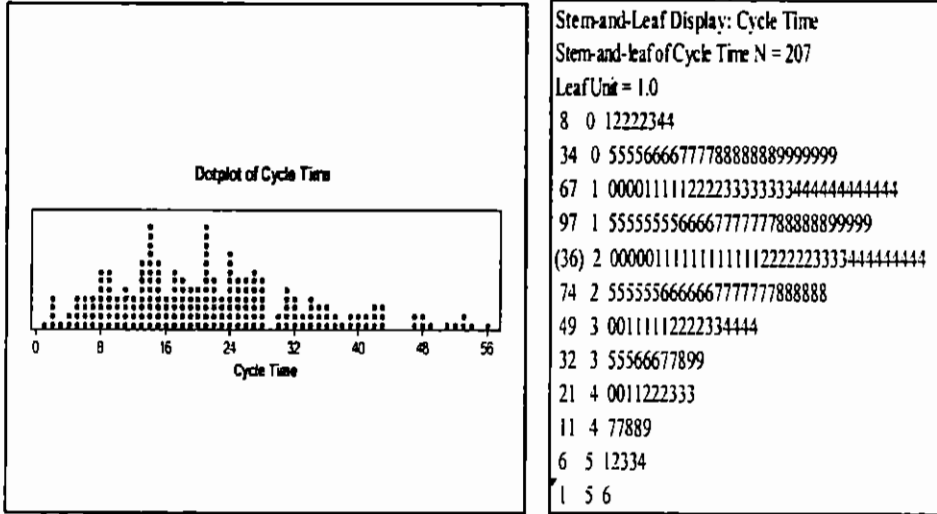
الحل باعتبار أن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي:

أولا وللتأكد من كون البيانات المتاحة طبيعية أم لا؟ نرسم لها الأشكال البيانية التالية وهنا يجب أن نتذكر ما قلناه عن ضرورة استخدام أكثر من طريقة لاختبار طبيعية البيانات Normality، فلو نظرنا إلى شكل 2-8 والذي يظهر فيه الهستوجرام Histogram، أو مخطط الصندوق مخطط الصندوق Box Plot، لقلنا أن هذه البيانات تتبع التوزيع الطبيعي Normal تقريبا.

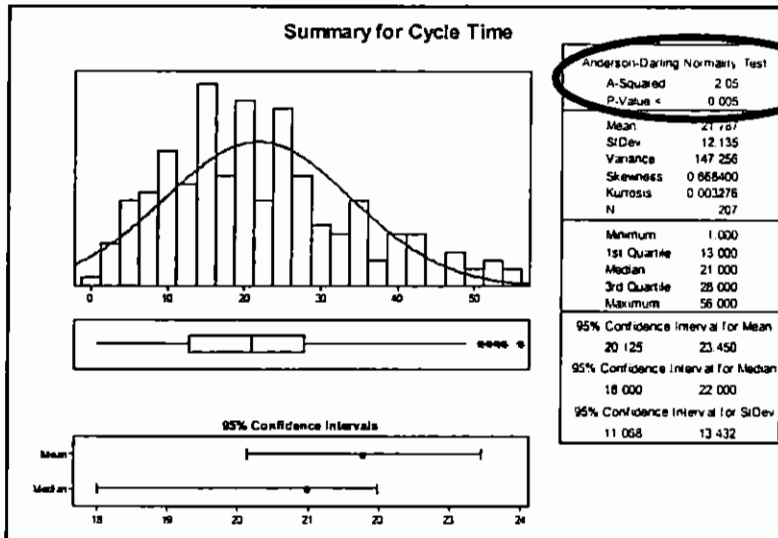


شكل رقم 2-8 الهستوجرام و مخطط الصندوق

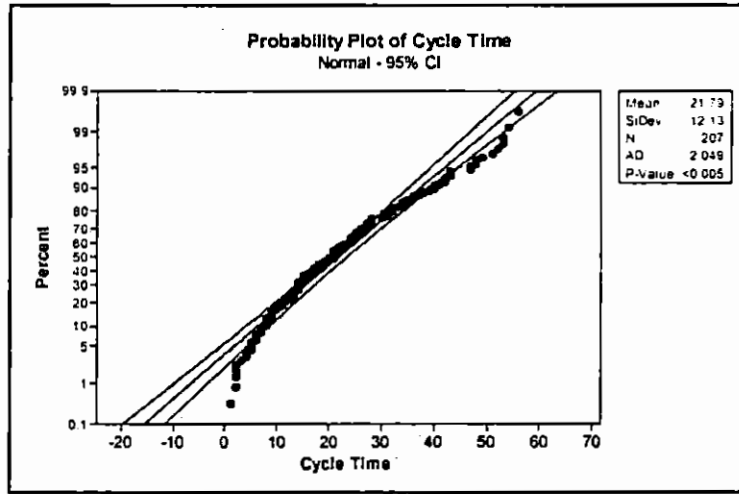
ولكن برسم مخطط الساق والورقة Stem and leaf وكذلك مخطط النقطة Dot plot كما في شكل 3-8، وايضا مخطط الملخص البياني Graphical Summary كما في شكل 4-8، و يظهر لنا أنها لا تتبع التوزيع الطبيعي Non normal، وايضا لو نظرنا إلى مخطط اختبار الطبيعية Normality plot في شكل 5-8، و إلى قيمة بي P value وهي هنا أقل من 5 % لظهر لنا أنها لا تتبع التوزيع الطبيعي Non normal.



شكل رقم 3-8 الساق والورقة و مخطط النقطة



شكل رقم 4-8 مخطط الملخص البياني للمثال 1-8



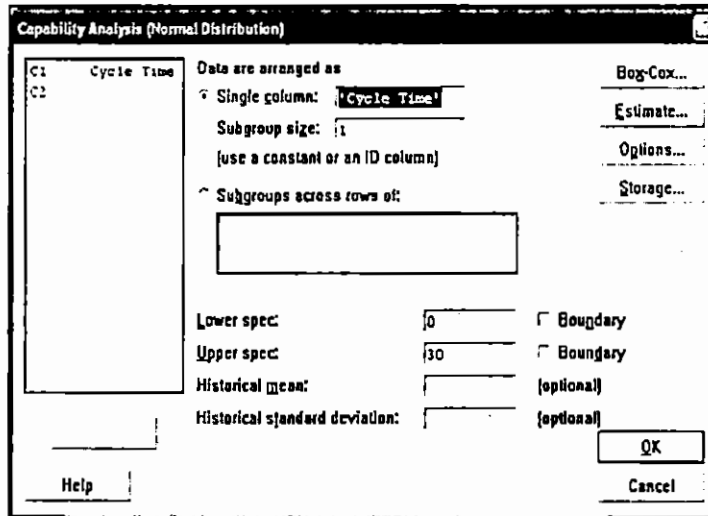
شكل رقم 5-8 مخطط اختبار الطبيعية للمثال 1-8

الحل باعتبار أن البيانات غير طبيعية:

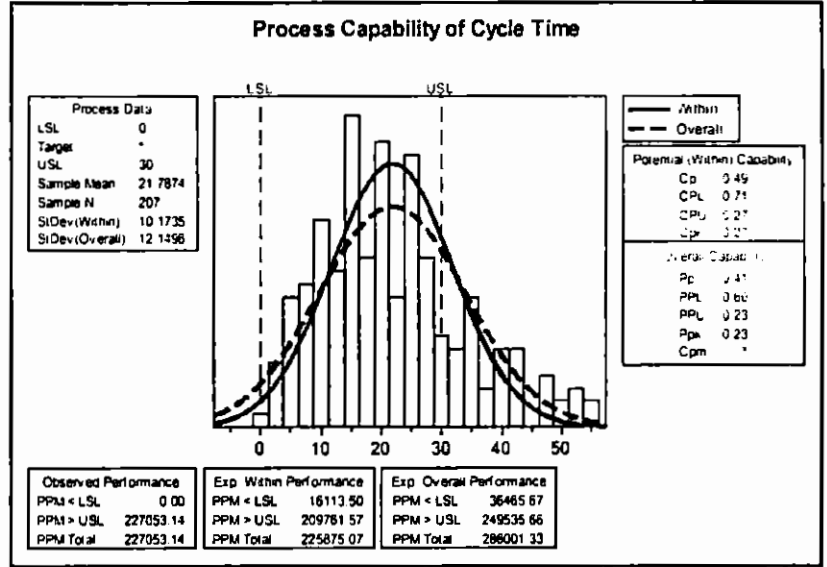
في هذه الحالة، نقوم بدراسة مقدرة العملية Process Capability باعتبار البيانات المتاحة تتبع التوزيع الطبيعي Normal، ومن برنامج المينيتاب نختار القوائم التالية :

Minitab>Stat> Quality Tools> Capability Analysis > Normal

يظهر الشكل 6-8 وفيه نختار Cycle Time ونضع Subgroup=1 ثم ندخل كلا من $USL=30$ & $LSL=0$ ، فيظهر الشكل 7-8.



شكل رقم 6-8 خطوة لحل المثال 1-8 بالمينيتاب



شكل رقم 7-8 خطوة لحساب مقدرة العملية بفرض ان البيانات طبيعية

ومن الشكل 7-8 يتضح أن العملية غير قادرة على الوفاء بمتطلبات العملاء لوجود قيم كثيرة أكبر من USL، كما سنجد قيمة غير منطقية أقل من الصفر إذ أنه لا يمكن قياس الوقت بقيمة سالبة، كذلك العدد الذي يقع خارج النطاق المطلوب سيكون 286001.33 منتج معيب، وكذلك قيمة كل من قدرة العملية Cpk وأدائها Ppk الأقل من الواحد الصحيح.

وبلاحظ ان الشكل 7-8 يمثل النموذج العام الذي يظهر عند حساب مقدرة أى عملية، وهو يتكون من لوحة رئيسية يظهر فيها منحنى الهستوجرام، يحيط به ستة مربعات وهى:

1. مربع بيانات العملية Process Data وفيه بيانات عامة عن العملية، مثل الحد الأعلى والأدنى للمواصفات والمتوسط وحجم العينة والانحراف المعياري للمجموعات والانحراف المعياري للعينة المسحوبة ككل.

2. مربع الأداء الملاحظ Observed Performance وفيه يظهر عدد الوحدات المعيبة جهتي الحد الأدنى والأقصى للعملية.

3. مربعين لأداء العملية المتوقع Expetecd Performance، أحدهما على المدى القصير Short term أو داخل المجموعات Within، والآخر على المدى الطويل Long term أو لإجمالي المجموعات Overall، وفيه يظهر عدد الوحدات المعيبة جهتي الحد الأدنى والأقصى للعملية.

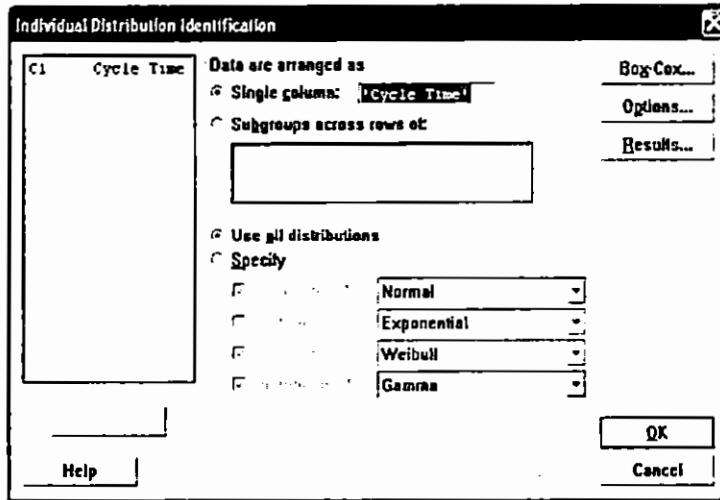
4. مربيين لقدرة العملية أحدهما على المدى القصير Short term أو داخل المجموعات Within، والآخر على المدى الطويل Long term أو لإجمالي المجموعات Overall، وفيه يظهر قيمة القدرة CpK أو Ppk.

5. مربع الأداء المتوقع على المدى الطويل Expeted Performance أو الأداء الكلي المتوقع Expeted Overall Performance

والآن سنقوم بدراسة مقدرة العملية Process Capability باعتبار البيانات المتاحة لا تتبع التوزيع الطبيعي Non normal، وسنختار الطريقة الرابعة من طرق التعامل مع هذا النوع والتي تم الإشارة إليها في بداية هذا الفصل، وهي إستخدام أكثر من توزيع Using different distributions وهي اختيار أفضل توزيع يعبر عن البيانات بدقة أكثر من غيره (و ستكون هي التوزيعات التي لها أكبر قيمة للمعامل بى P value) ثم نعتد على هذا التوزيع distribution في حساب مقدرة العملية Process Capability كما يلي:

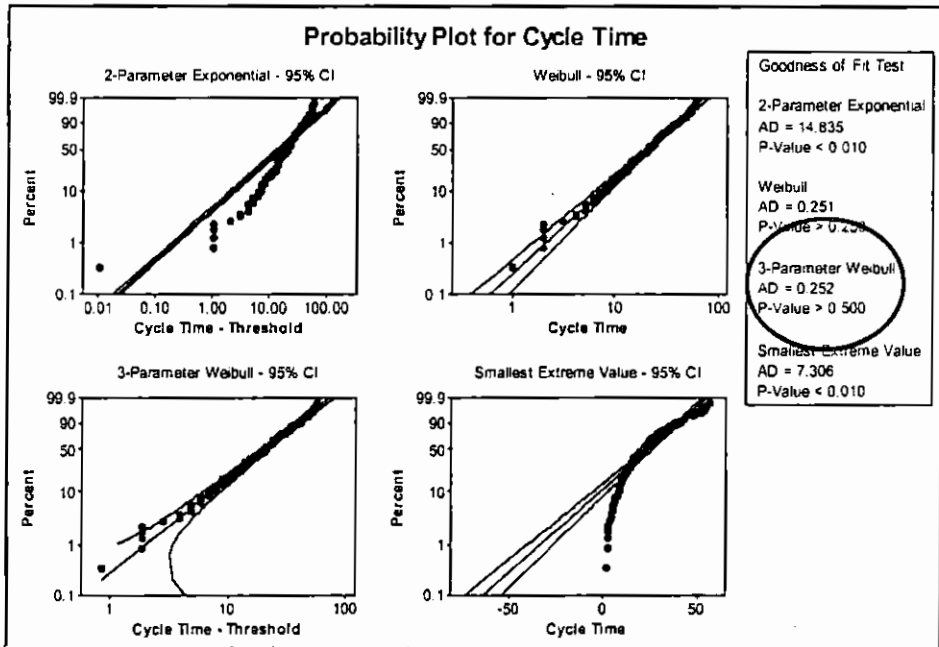
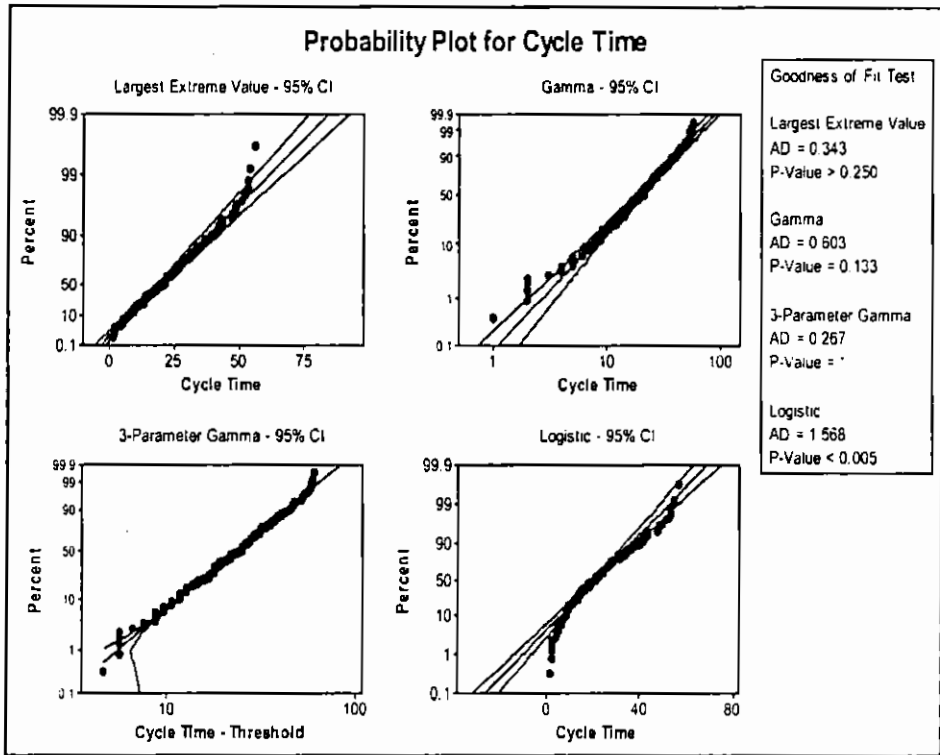
لتحديد نوع التوزيع Distributions التي تعبر عن البيانات بدقة أكثر من غيرها

Minitab>Stat> Quality Tools> Individual Distribution Identification

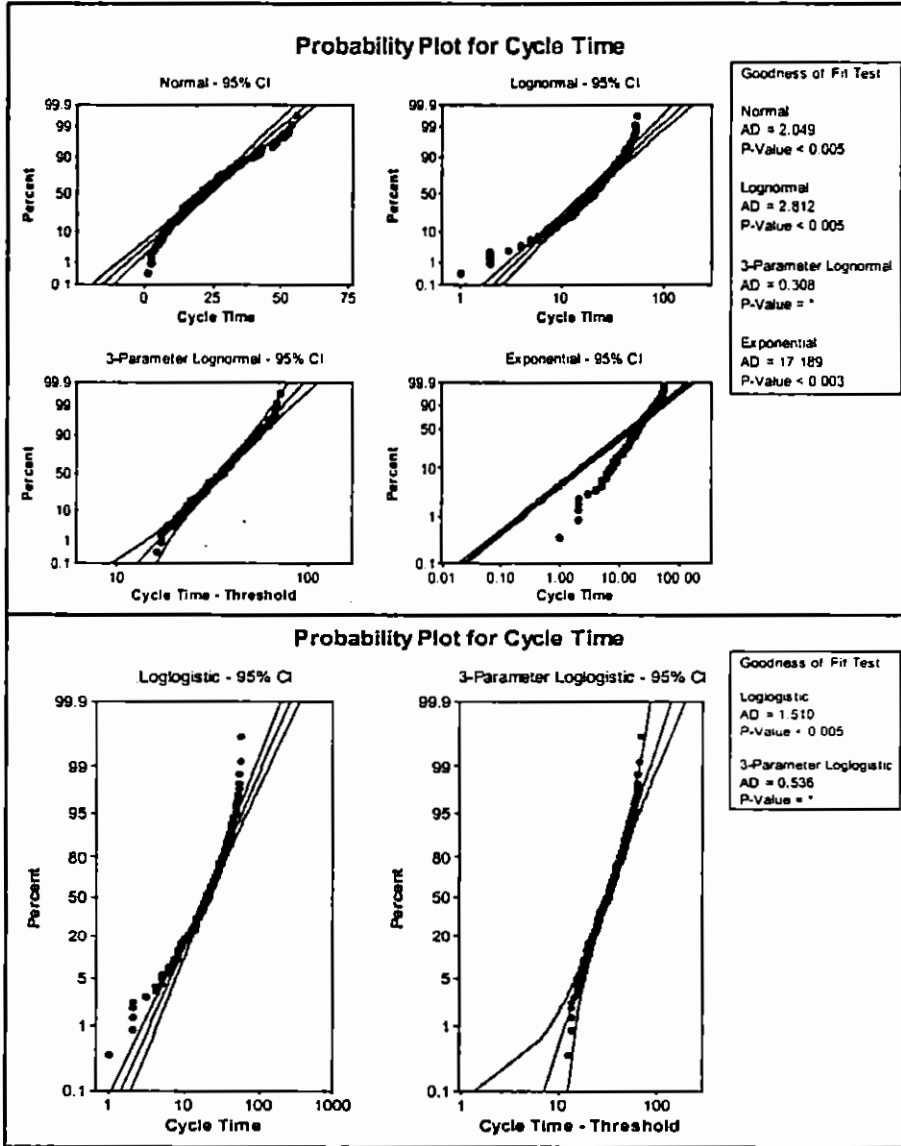


شكل رقم 8-8 خطوة لحل المثال 1-8 بالمينيتاب

فيظهر الشكلان 9-8 و 10-8 .



شكل رقم 9-8 توزيعات المثال 1-8

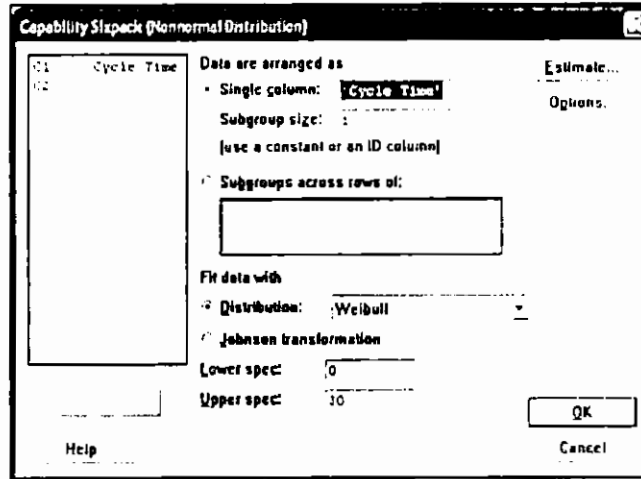


شكل رقم 10-8 باقى توزيعات المثال 1-8

وفى هذه الخطوة قمنا برسم البيانات بكل التوزيعات المتاحة فى Minitab وعددها حوالي 14 توزيعا ، لنتخار منها أكثرها تعبيرا عن البيانات، وهو التوزيع الذي له أعلى P-value وهو فى هذه الحالة توزيع وايبول Weibull.

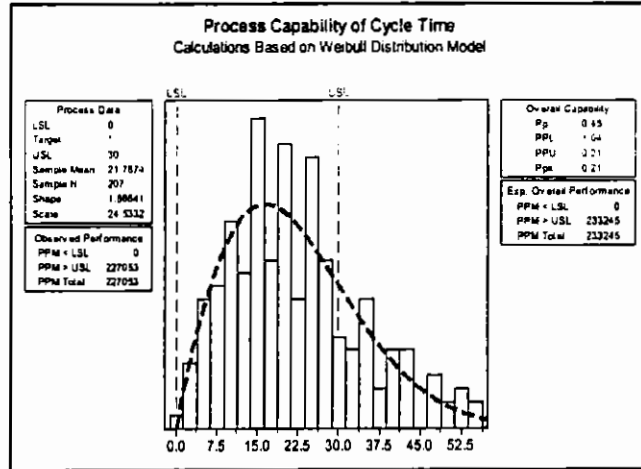
ثم نقوم بدراسة مقدرة العملية Process Capability اعتمادا على أن البيانات تتبع التوزيع وايبول Weibull، ومن قوائم مينيتاب نختار القوائم التالية :

Minitab>Quality Tools> Capability analysis>Non normal



شكل رقم 11-8 خطوة لحل المثال 1-8

فيظهر شكل 11-8 ، ومنه نختار Cycle Time ونضع Subgroup=1 ونختار Weibull ثم ندخل كلا من $USL=30$ & $LSL=0$



شكل رقم 12-8 مقدرة العملية

فيظهر الشكل 12-8، وبالنظر إلى قيمة العدد الذي يقع خارج النطاق المطلوب نجد أنه يساوي 233245 وهو أقل من ذلك الرقم الذي حصلنا عليه عندما اعتبرنا البيانات المتاحة تتبع التوزيع الطبيعي Normal وهو 286001.33. أضف إلى ذلك أن الأرقام الأقل من الصفر في هذه الحالة (وان وجدت) هي أقل من الطريقة السابقة.

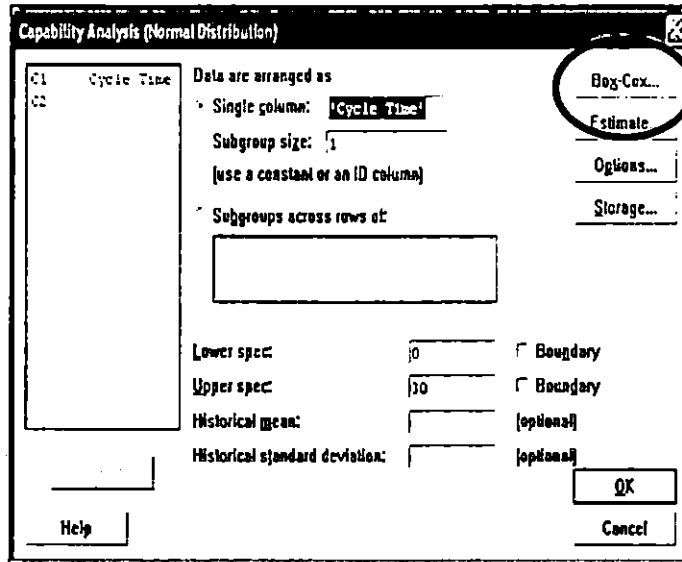
حل آخر للمثال 8-1 باستخدام بوكس كوكس:

مرة أخرى سنتناول فيها نفس المثال، نقوم فيه (بعد أن نكون قد أثبتنا أن البيانات المتاحة هي Non-normal) بدراسة مقدرة العملية Process Capability بعد تحويل البيانات غير الطبيعية Non-Normal Data باستخدام الطريقة الثالثة وهي التحويل باستخدام بوكس كوكس Transformation by using Box-Cox plot، وتعتمد على حساب واختيار أفضل قيمة لأس معادلة التحويل التالية:

$$(Y) = x^{\lambda}$$

وفيها نقوم باختيار أفضل قيمة للمعامل Lambda، وأفضل قيمة له هي القيمة التي يكون عندها الميل مساوياً للصفر، أي عند نقطة التماس مع الخط الأفقي، ونقوم بدراسة مقدرة العملية Process capability عند هذه القيمة كما يلي:

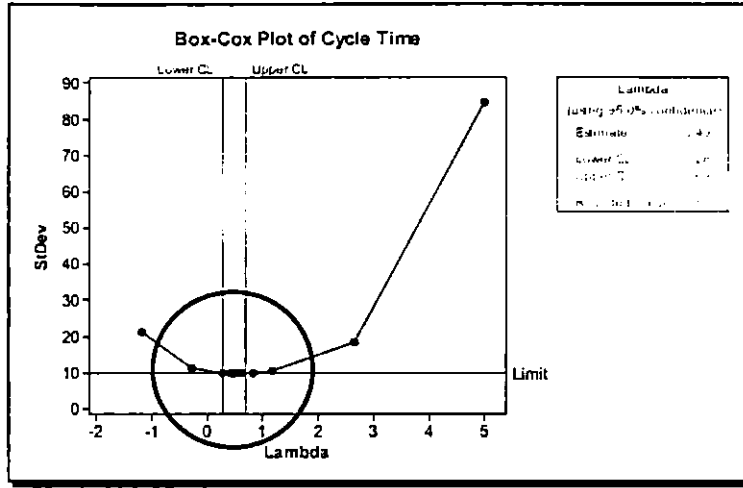
Minitab>Stat> Control Charts> Box-Cox transformation



شكل رقم 8-13 استخدام بوكس كوكس لحل المثال 8-1

، وحيث إن البيانات المتاحة هي individuals فإن subgroup size = 1 ، فيظهر الشكل 8-13 .

وفى الشكل 8-14 نجد فيه أن أفضل قيمة لمعامل Lambda هي 0.5 ، أي أن أفضل معادلة تحويل Transformation Equation هي $(Y) = X^{0.5}$

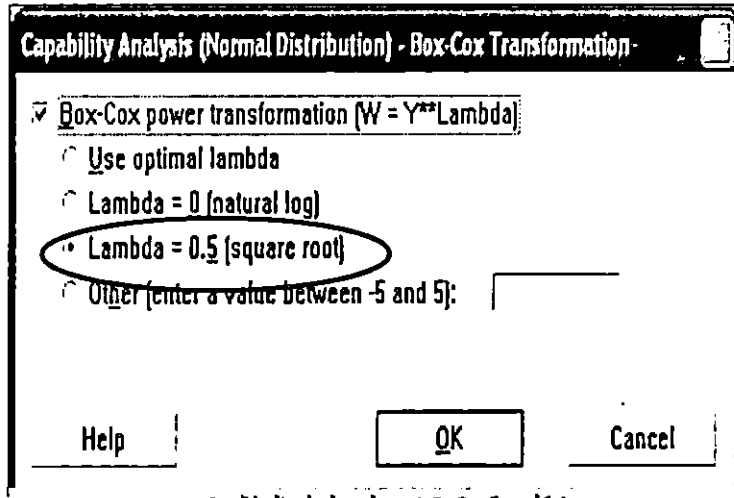


شكل رقم 14-8 تحديد أفضل قيمة للمعامل لامدا

ثم ندرس العملية Process capability عندما $\text{Lambda}=0.5$

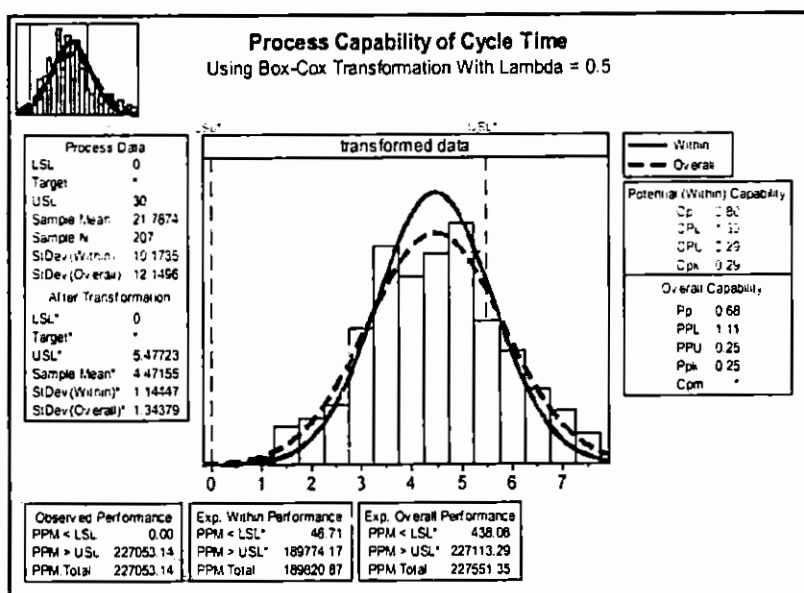
Minitab>Stat > Quality Tools> Capability Analysis> Normal.

نختار C1، و Subgroup=1، ثم ندخل كلا من $\text{USL}=30$ & $\text{LSL}=0$ ، ثم نختار Box-Cox



شكل رقم 15-8 خطوة لحل المثال 8-1

فيظهر الشكل 15-8، نختار فيه قيمة $\text{Lambda}=0.5$ ، فتظهر النتيجة كما بالشكل 16-8



شكل رقم 8-16 نتيجة حل المثال بطريقة بوكس كوكس

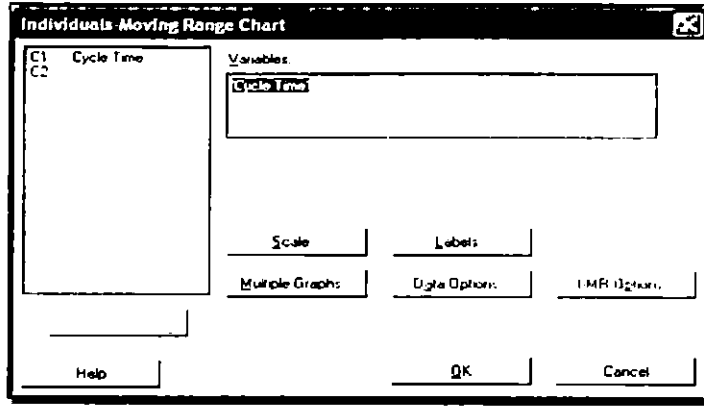
وفى هذا الشكل نجد أن قيمة العدد الذي يقع خارج النطاق المطلوب تساوى 227551.35، وهو قريب جدا من الرقم الذي حصلنا عليه عندما استخدمنا Weibull Distribution وهو 233245، وكلاهما أقل من ذلك الرقم الذي حصلنا عليه عندما اعتبرنا البيانات المتاحة Normal وهو 286001.33.

حل ثالث للمثال 8-1 بخريطة المدى المتحرك:

للمرة الثالثة سنتناول نفس المثال، في محاولة لإثبات خطأ معاملة البيانات غير الطبيعية على أنها بيانات ذات توزيع طبيعى، وسنقوم فيه (بعد أن نكون قد أثبتنا أن البيانات المتاحة لا تتبع التوزيع الطبيعى) برسم بخريطة المدى المتحرك I moving range chart مرتين، مرة بالبيانات التي لا تتبع التوزيع الطبيعى ونرى شكل الخرج، ومرة أخرى بعد تحويل البيانات عن طريق التحويل بوكس كوكس Box-Cox Transformation وتخليق بيانات جديدة تماما، ثم نتعامل مع هذه البيانات الجديدة، ونرسم I moving range Chart مرة أخرى.

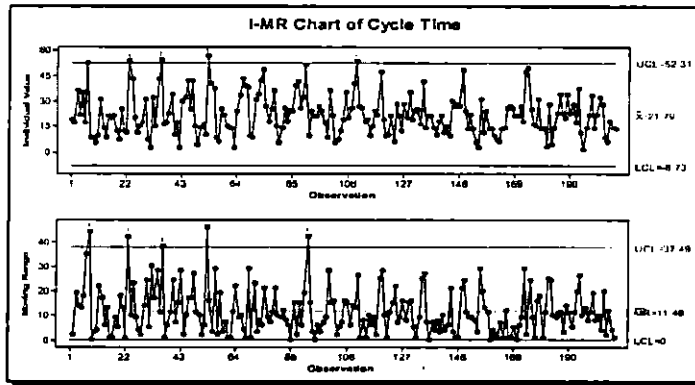
أولا نرسم I-MR Chart للبيانات المتاحة كما يلي :

Minitab> Stat> Control Charts> Variable charts for individuals> I-MR



شكل رقم 17-8 خطوة لحل المثال 1-8

يظهر الشكل 17-8 فنختار Cycle Time ثم OK، فيظهر الشكل 18-8، ونلاحظ أنه ممتلئ بالأسباب الخاصة للتباين Special Causes، أي أن العملية تكون خارج السيطرة Process is Out of control، وفي هذا دعوة رسمية، ومبررة، للتدخل في Process، لمحاولة كشف النقاب عن مصادر هذه الأسباب الخاصة Special Causes.



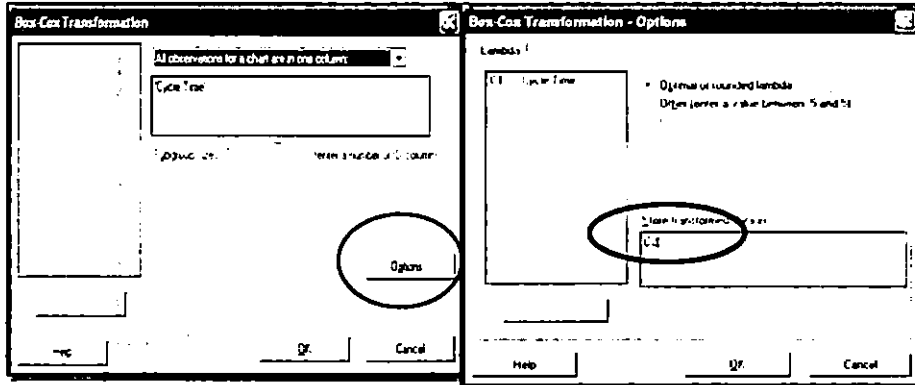
شكل رقم 18-8 خريطة المدى المتحرك

وسيظهر لنا في نهاية حل المثال أن ذلك ليس صحيحا، وأن هذا التدخل، وهو ما نسميه العبث أو التدخل غير المبرر Tempering، قد يؤدي إلى:

- 1- إذا كانت العملية متزنة، فقد يؤدي هذا التدخل الغير مطلوب، إلى الجنوح بالعملية حتى تفقد اتزانها وتكون خارج السيطرة، أو
- 2- إذا كانت العملية غير متزنة، فحتما سيؤدي هذا التدخل إلى أن يزيد سوءا إلى سوء (يرجى الرجوع إلى الفصل الرابع تحت عنوان ظاهرة التباين الطبيعي في هذا الكتاب).

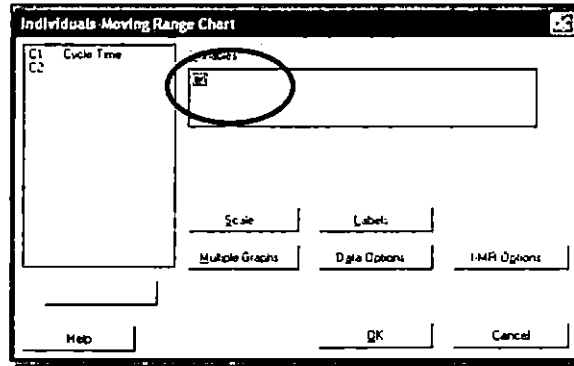
والآن سنقوم بتحويل البيانات المتاحة إلى بيانات جديدة كما يلي

Minitab>Stat> Control Charts> Box-Cox transformation



شكل رقم 8-19 تحويل البيانات باستخدام بوكس كوكس

وحيث إن البيانات المتاحة فردية Individuals فإن حجم المجموعات يساوي واحداً Subgroup Size = 1 ثم نختار Options ، فيظهر الشكل 8-20، نطلب فيه تخزين البيانات المحولة في مكان ما في مينيتاب، وليكن C2 .

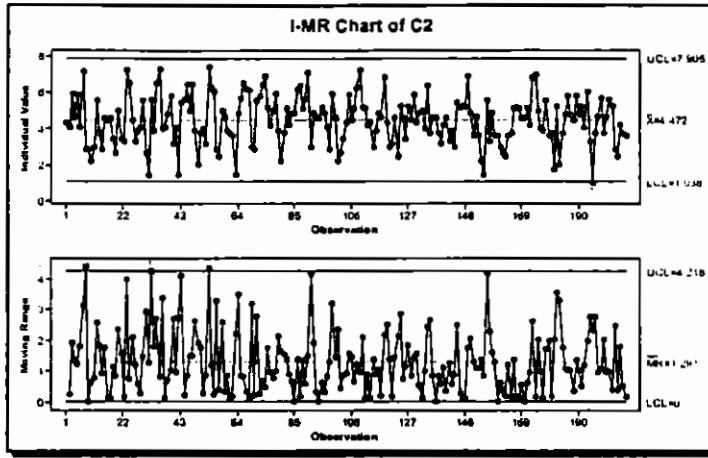


شكل رقم 8-20 خطوة لحل المثال 8-1

ثم نقوم برسم خريطة المدى المتحرك I-MR Chart للبيانات المحولة والمخزنة في C2 كما يلي:

Minitab> Stat> Control Charts> Variable charts for individuals> I-MR

نختار C2، فيظهر الشكل 8-22، ونرى فيه بوضوح أن حالة العملية أفضل بكثير، مما أظهرته لنا نفس خريطة التحكم Control Chart بدون تحويل البيانات، وبالتالي سنحتاج لتدخل أقل، وإجراءات تصحيحية أقل.

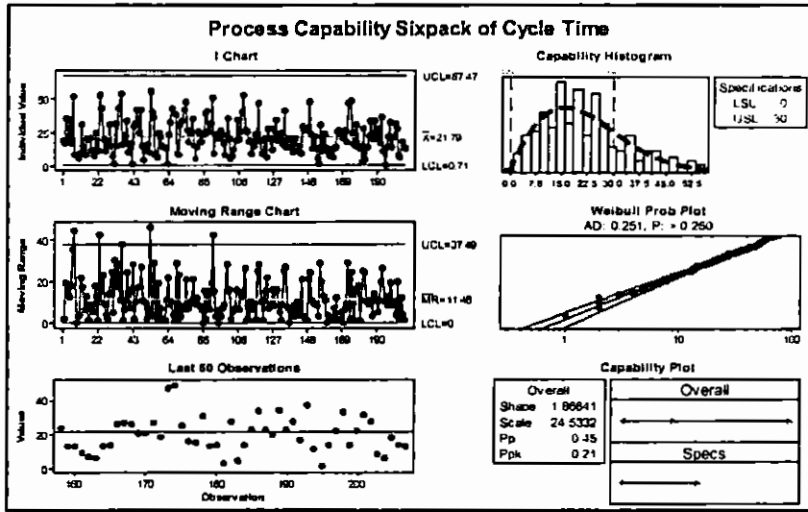


شكل رقم 8-21 خريطة المدى المتحرك للبيانات المعدلة

في الجزء البسيط السابق، تعمدنا الشرح بالتفصيل حتى نيسر فهم الموضوع، والآن وبعد أن استوعبنا ذلك فإنه يمكننا دمج ما سبق في خطوة واحدة، وحينئذ يمكن الحصول على قيم قريبة جداً لما حصلنا عليه سابقاً، فبعد أن نكون حددنا نوع التوزيع الذي تتبعه البيانات كما سبق وأوضحنا، نقوم بعمل الآتي :

Minitab>Stat>Quality Tools>Capability Six-pack>Non normal

ثم نختار Cycle Time ونختار Weibull ثم ندخل كلا من $USL=30$ & $LSL=0$ ، فيظهر الشكل 8-22 ، الذي يضم أكثر من مقياس في لوحة واحدة



شكل رقم 8-22 خريطة المدى المتحرك للبيانات المعدلة

الفصل التاسع

منهجية التحسين، الأدوات والتقنيات

Six Sigma Toolkit

9.1. مقدمة Introduction

تعتمد منهجية التحسين Six Sigma في تناولها للمشكلات والمشروعات ومحاولة إيجاد الحلول العملية لها على مزيج من الأدوات التحليلية التي تحول البيانات إلى متغيرات كمية أي إلى أرقام، و أدوات العصف الذهني التي تحول البيانات إلى أفكار، وتعتمد في ذلك على مجموعة كبيرة من الأدوات الإحصائية Statistical Tools، والأدوات الإدارية Management Tools، والقوانين الرياضية Mathematical Laws، والمهارات الفنية Technical Skills، التي تهيئ المناخ لاتخاذ القرار الصائب في ضوء البيانات الدقيقة والمعلومات الواضحة، وسوف نتناول الكثير من هذه الأدوات بالشرح في هذا الجزء من الكتاب متدرجين في تناولها طبقا للمراحل المختلفة لتطبيقها بقدر الامكان.

9.2. القواعد الأساسية Ground Rules



هي مجموعة من المبادئ الأساسية والتعليمات المستديمة التي تهدف إلى خلق المناخ الإيجابي للمشاركة والإبداع، ويجب على أعضاء فريق التحسين فور إعلانها ونشرها (شكل 9-1) والاتفاق عليها الالتزام بها واحترامها وتفعيلها، واعتبارها مسئولية مشتركة تضامنية لكل أعضاء الفريق.

شكل رقم 9-1 انشر المبادئ الأساسية
في الاجتماع الاول

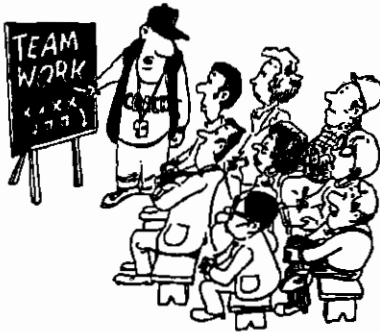
وهذه المبادئ تختلف من فريق إلى آخر ومن طبيعة مشروع لآخر ومن شركة لأخرى، وعموما نذكر بعضها على سبيل المثال لا الحصر، وعلى فريق التحسين اختيار ما يناسبه منها:

- الالتزام بالمواعيد بدءً وانتهاءً Start on time, finish on time.
- جميع المشاركين متساوون أثناء الاجتماع " No seniority ".
- المشاركة الإيجابية من الجميع Positive Participation.
- الاحترام وعدم المقاطعة Respect others and do not interrupt.

- القرارات تركز على بيانات Data Driven Decision ويتم ذلك بالاعتماد على التحليل والتقارير والإحصائيات والرسوم البيانية.
- القرارات بالإجماع Consensus Decision "ويمكن أن يتم ذلك بالتصويت".
- لا للمحمول No cell phones، أو اجعل المحمول صامتا Silent cell phone.
- لا للمناقشات الجانبية Keep side-bar conversations to a minimum أو اجتماع واحد One Meeting.
- انتقد وناقش الفكرة وليس الشخص Talk to the idea, not the person.
- التدخين ممنوع No smoking.
- ممنوع مغادرة الاجتماع إلا بعذر قوى Only excused absences from the room.

ويفضل ألا تتجاوز قائمة القواعد الأساسية Ground rules السبعة أو الثمانية عناصر حتى لا يمل الفريق، ويجب أن تحظى هذه القواعد بموافقة الفريق تماما، إذ أن ذلك يزيد من الالتزام بها في المراحل التالية، وعند أخذ موافقة الفريق يفضل بأن تكون بصيغة " هل هناك اعتراض على هذه النقطة ؟ " بدلا من " من يوافق على هذه النقطة؟" فإن الصيغة الأولى من شأنها أن تقلل الاعتراض من أفراد الفريق.

9.3. خطة ميثاق- العمل بالمشروع Project Charter



وهي من الأدوات الضرورية لتوحيد جهود فريق التحسين للوصول إلى هدف محدد، في زمن محدد، بموارد محددة، وهي كذلك بمثابة العقد بين الإدارة العليا وبين فريق التحسين، وبين فريق التحسين وأعضائه، وأخيرا فإنها أداة لتحديد الموارد اللازمة لتنفيذ المشروع، والشكل 9-2 يبرز أهمية تفهم الجميع للمشروع في المراحل الأولى منه .

شكل رقم 9-2 توحيد الجهود

وبالرغم من كونها عقدا إلا أنه يمكن تعديلها في المراحل المختلفة للمشروع طبقا والمستجدات التي تطرأ على المشروع، ويتم ذلك بالقطع بموافقة كل من أعضاء الفريق Team و المسئول عن المشروع Sponsor.

وخطة العمل Charter الناجحة تضمن النجاح المبكر لمشروع التحسين، ويجب أن تحتوى على ستة عناصر رئيسية كحد أدنى -ويمكن أن تزيد هذه العناصر طبقا وحجم المشروع وطبيعته-، وهذه العناصر الستة يوضحها الجدول رقم 9-1 :

جدول رقم 9- 1 العناصر الرئيسية لخطة العمل

Why لماذا	Business Case خلفية للمشروع	ما أهمية هذا المشروع للمنظمة، ولماذا يتم تنفيذه، ولماذا تم اختياره دون غيره، ويمكن شرح خلفية بسيطة للمشروع، ويجب إذا دعمت براسمات مالية أو نتائج دراسة جدوى، أو تقرير مالية
What ما هي	Problem Statement وصف المشكلة	عرض بسيط ومبهر للمشكلة، بدون إبداء لوم، أو تحديد أسباب، أو تحديد حلول مسبقاً، ويفضل أن تدعم بقيم كمية، فمثلاً لا يكفي أن نقول "إن الوقت اللازم للإنتاج طويل"، ولكن نقول "إن الوقت اللازم للإنتاج في شركتنا عشر ساعات يومياً في الشركة المسفدة هو ثلث ساعات"، كذلك لا يكفي أن نقول "إن مستوى الجودة منخفض في منتجنا" ولكن نقول "إن مستوى الجودة لدينا منخفض وقيمته Three sigma أو "و قيمته ٦٠٠٠٠ DPMO" مثلاً
What ما هي	Goals & objectives الأهداف	ما هي دوافع الإقدام على تنفيذ هذا المشروع، وما الهدف الخلفي الذي يسعى فريق التحسين لإحرازه، ويجب أن يحدد كمياً، فمثلاً لا يكفي أن نقول "تقليل الوقت اللازم للإنتاج" ولكن نقول "تقليل الوقت اللازم للإنتاج من عشر ساعات إلى سبع ساعات" أو "رفع مستوى الجودة من Three sigma ثلاثة انحرافات معيارية إلى أربعة انحرافات معيارية Four sigma".
Where أين	Project Scope مجال المشروع	أين يبدأ المشروع وأين ينتهي، وينبغي تحديد ذلك بدقة فمثلاً "المشروع يدرس الوقت اللازم منذ استلام المهمة لمعرفة مهندس الإنتاج حتى وصول المنتج إلى مرحلة التجميع"، ولا يصبح أن نقول "المشروع يدرس الوقت اللازم للإنتاج".
When متى	Project Plan خطة المشروع	خطة زمنية بسيطة لتوضيح المراحل الزمنية الحدية للمشروع، وهذا يمكن الاستعانة بـ الجدولة والتخطيط Gantt chart التي سيتم شرحها في هذا الفصل، وسدء المشروع الصغير من ثلاثة إلى أربعة أشهر، أما مدة تنفيذ المشروعات الكبيرة فقد تصل إلى سنة
Who من	Organization الهيكل التنظيمي	وفي هذا الجزء يتم تسمية أعضاء الفريق المشترك، والمبتدئين للمشروع Stakeholders مع توضيح للمسؤوليات والمهام (وهذا يمكن الاستعانة بحفوفة المهام والمسؤوليات RACI chart التي سيتم شرحها في هذا الفصل)، وينبغي أن يضم هذا الفريق راعياً Sponsor لتقليل الصعاب والتغلب على المشاكل التي تواجه الفريق وحاملي الحزام الأسود Black Belt للإشراف والتدريب والنصح ومراقبة استخدام أدوات التحسين، إلى جانب عند منب من حاملي الحزام الأخضر Green Belts.
How كيف	Communication وسائل التواصل	كيف سيتم الاتصال فيما بين أعضاء الفريق، بالاجتماعات، بالبريد الإلكتروني، بالدوائر التليفزيونية..... لبحث المشكلة، وأين تتم هذه اللقاءات ومتى، ومن المسئول عن هذه الترتيبات.
What ما هي	Deliverables نواتج المشروع	وتشمل كل الفوائد التي يمكن جنيها جراء تنفيذ المشروع، مثل التقارير والحفظ والتعبئة والإجراءات المعدلة التي تؤدي إلى تقليل زمن تنفيذ الأنشطة، وتقليل زمن الإنتاج، وتوفير النفقات، وتقليل نفقات الصيانة، وتقليل معدل الحوادث، وزيادة ولاء العملاء، ...

ويمكن عرض خطة العمل Charter على شكل جدول في المشروعات البسيطة، كما يمكن عرضها في صورة نصية Text في المشروعات الكبيرة بنفس المحتويات، ويمكن زيادة ما يراه فريق التحسين ضروريا لتعميق فهم المشروع، فيمكن إدراج صور أو خرائط أو رسومات بيانية، أو تقارير، أو إحصائيات أو نتائج بحوث....

هذا ويجب على فريق التحسين عند إعداد خطة العمل Charter أن يوجز في غير تقصير يزدى إلى عدم الفهم، وأن يسهب في غير تطويل يبعث على الملل، وأن يحاول دائما أن يتقيد بالتعبير الانجليزي KISS = Keep It Short and Simple، أى أن يكون وصفه للبند الستة السابقة في جمل قصيرة ومباشرة ومعبرة.

كذلك يمكن تقييم خطة العمل Charter لتحديد مدى قوتها و فاعليتها من خلال تطبيق مجموعة من المعايير التي تجمعها كلمة سمات SMART وهي اختصار لمجموعة من الكلمات الإنجليزية التي تجيب على عدد من الأسئلة المحددة كما يلي:

1- الحرف S من كلمة Specific بمعنى محدد، وهي تجيب على السؤال هل المشكلة محددة وواضحة؟ إذ لا يجوز أن نبدأ العمل والمشكلة قيد الدراسة غامضة أو غير مكتملة الفهم للفريق.

2- الحرف M من كلمة Measurable بمعنى يمكن قياسه، وهي تجيب على السؤال هل يمكن قياس مستوى المشكلة قيد الدراسة الآن؟ وقياسها من وقت لآخر؟ إذ أن ذلك يمكننا من التعرف على مدى تقدمنا نحو تحقيق الأهداف المرجوة من عدمه. وهذا جزء هام إذ أنه إذا كان لدينا شيئا لا نستطيع قياسه فنحن لا نعرف الكثير عنه، وإذا كنا لانعرف الكثير عن شيء فلن يمكننا أن نتحكم فيه، وإذا لم نستطع التحكم في شيء فنحن رهن رحمة الحظ والصدفة عند انتظار النتائج.

3- الحرف A من كلمة قابل للتطبيق Applicable أو يمكن الوصول اليه Attainable، وهي تجيب على السؤال هل الأهداف التي تم وضعها ممكنة التطبيق في الوقت المحدد؟ إذ لا يجوز أن نختار أهدافا تعجز الموارد المتاحة عن تحقيقها، أو أن تتنافى مع الإمكانيات أو القوانين أو العرف أو الثقافة أو الموروث أو المنطق.

4- الحرف R من كلمة Relevant بمعنى ذات صلة و متوافق مع الأهداف، وهي تجيب على السؤال هل مشروع التحسين مرتبط بالأهداف العامة للشركة أم لا؟ إذ لا معنى لبحث ودراسة مشكلة لا تصب في المصلحة المباشرة للشركة أو للمنظمة، أو كلمة Reliable بمعنى يمكن الاعتماد عليه، وهي تجيب على السؤال هل مشروع التحسين سيفيد المنظمة لفترة معقولة أم لا؟

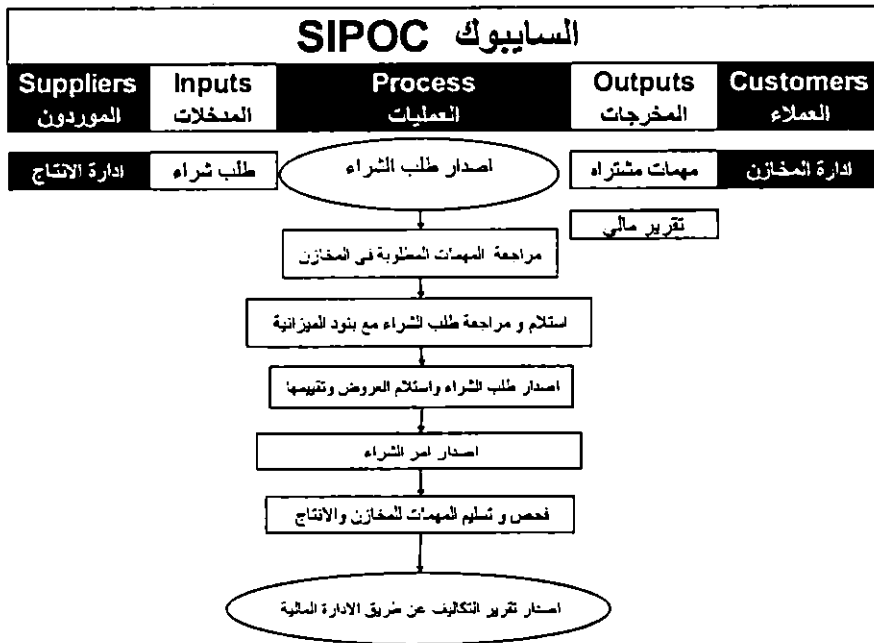
5- الحرف T من كلمة Time Phased بمعنى له أطوار أو مراحل زمنية، وهي تجيب على السؤال هل مراحل مشروع التحسين مرتبطة بتوقيتات محددة أم لا؟ فإن ذلك من شأنه أن يخلق نوعا من الالتزام والشعور بالمسئولية لدى جميع المشاركين.

9.4. مخطط السايبوك SIPOC Diagram

يعتبر مخطط السايبوك SIPOC من الأدوات الهامة لتوضيح دخل وخرج العملية تحت الدراسة، وكذلك لتوضيح علاقة العملية بالعملاء والمهتمين بالمشروع Process stakeholders أى المتدخلين مع هذه العملية والمهتمين بها.

والسايبوك SIPOC اختصار للكلمات عميل Customer ، ومخرجات Output ، وعملية Process ، ومدخلات Input ، وموردون Supplier، ويستخدم لعرض العملية قيد الدراسة على الإدارة العليا Top Management وعلى فريق التحسين Improvement Team فى المراحل الأولى لمشروع التحسين.

والشكل 9-3 يعرض نموذجاً لشكل السايبوك SIPOC.



شكل رقم 9-3 نموذج لشكل السايبوك

ويلاحظ فى الشكل 9-3 ما يلى:

1. أن المدخلات Inputs والمخرجات Outputs يمكن أن تكون أشياء مادية مثل المهمات، أو الأوراق أو المستندات.
2. أن خريطة سير العملية Process Map المدرجة فى السايبوك SIPOC تكون عالية المستوى High Level Process Map ، أى وصف مبسط وغير متعمق ولكنه دقيق.

مصروفة توزيع المهام من الأدوات الهامة للمتابعة ويتم الاستعانة بها لتوضيح مهام ومسئوليات المشاركين في مشروع التحسين Six Sigma، واسمها مشتق من الحروف الأولى لاربعة كلمات بالانجليزية وهي مسئول "R" Responsible، ويُحاسب "A" Accountable، ويُستشار "C" Consulted، ويُخطر "I" Informed.

كما هو واضح من الشكل 9-4 فهي عبارة عن مجموعة من الأعمدة تقسم إلى مجموعات كما يلي:

RACI chart									
	المشروع	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية
	المشروع	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية	الميزانية
تحديد مجال المشروع									
اختيار أعضاء الفريق									
تصميم الـ charter									
تقديم التكاليف									
تدريب الفريق									
- 
A
 Accountable


R
 Responsible


C
 Consulted


I
 Informed

60

9.6. مخطط جانت للتخطيط والجدولة Gantt Chart

يعد مخطط جانت Gantt Chart من أدوات تخطيط ومتابعة المشروعات، وهي خريطة توضح العلاقة بين أنشطة المشروع المختلفة، المحور الأفقي فيها يمثل زمن تنفيذ المشروع وقد يكون باليوم أو بالأسبوع أو بالشهر، ومحورها الرأسي يمثل وصفاً للأنشطة، ويتم تمثيل كل نشاط بمستطيل مستقل بدايته تمثل بداية النشاط ونهايته تمثل نهاية النشاط، والشكل 5-9 التالي يوضح أن هناك أربعة أنواع من العلاقات بين الأنشطة :

نوع العلاقة	الرمز	التفسير	نوع العلاقة	الرمز	التفسير
Finish to Start (FS)		النشاط B لا يمكن أن يبدأ إلا إذا انتهى النشاط A	Finish to Finish (FF)		النشاط B لا يمكن أن ينتهي إلا إذا انتهى النشاط A
Start to Start (SS)		النشاط B لا يمكن أن يبدأ إلا إذا بدأ النشاط A	Start to Finish (SF)		النشاط B لا يمكن أن ينتهي إلا إذا بدأ النشاط A

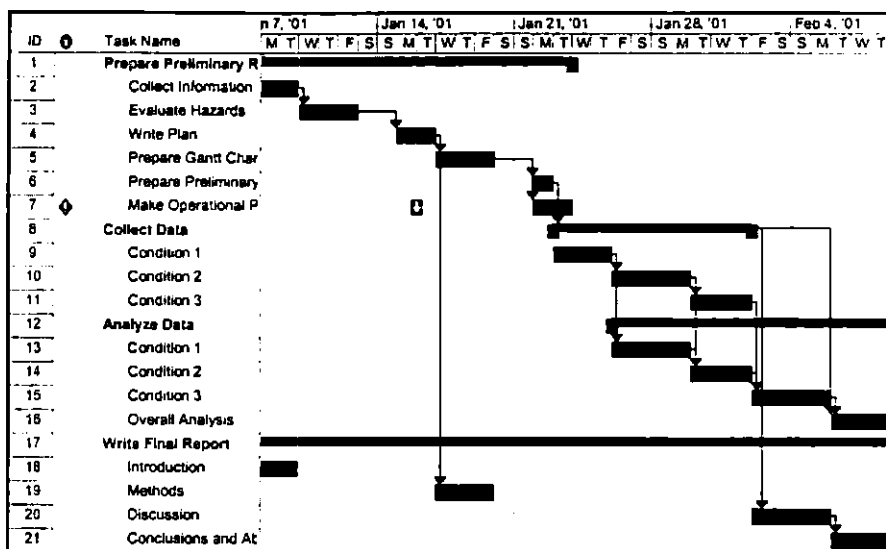
شكل رقم 5-9 العلاقة بين الأنشطة

ويختلف مدى عمق وتعقد مخطط جانت Gantt Chart باختلاف المشروع الذي تمثله، ففي المشروعات البسيطة يمكن رسم هذه الخريطة باستخدام Excel أو يدوياً كما بالشكل 6-9 :

النشاط	الأسبوع الأول	الأسبوع الثاني	الأسبوع الثالث	الأسبوع الرابع
A				
B				
C				
D				
E				

شكل رقم 6-9 مخطط جانت لتمثيل أحد المشروعات البسيطة

أما في المشروعات الكبيرة والمعقدة فيتم الاستعانة بالبرامج المتخصصة مثل البريمافيرا Primavera أو مثل Microsoft Project Planner، أو غيرها كثير، والشكل 7-9 يوضح مخطط جانت Gantt Chart مرسومة وممثلة ببرنامج Microsoft Project.



شكل رقم 7-9 مثال مرسوم بيرنامج Microsoft Project لأحد المشروعات الكبرى

ولهذه الأداة العديد من الوظائف الكثيرة الأخرى التي تجعلها من الأدوات التي لا غنى عنها لأي مدير أو مسئول منها:

1. جدولة وتخطيط المشروعات ومتابعة تقدم الأعمال.
2. تحديد أوقات تنفيذ الأنشطة المختلفة وعلاقتها ببعضها البعض.
3. تقدير و تخصيص الموارد (عمالة - مهمات- معدات - آلات- نقود -....) لكل نشاط من الأنشطة.
4. تحديد المهام والمسؤوليات.
5. تحديد الأنشطة الحرجة critical activities التي لو حدث فيها أى تأخير فأنها تسبب تأخير المشروع ككل.
6. المساهمة فى إجراء التحليلات المالية للمشروع.

9.7. سماع صوت العميل Voice of the Customer

يشير جاك ولش وهو كما ذكرنا أحد رواد منهجية التحسين Six Sigma إلى أن سماع صوت العميل والاستجابة لمتطلباته لى أسمى درجات الجودة، وسماع الصوت يستلزم تحديد مصدره بدقة، والمصدر هنا هو العميل، ولكن من هو العميل ؟ إنه هو الشخص أو مجموعة الأشخاص أو الشركات أو المنظمات الذين يتلقون المنتج النهائي لشركتك؟ سواء

كان هذا المنتج هو سلعة Product أو خدمة Service. وطبقا لهذا التعريف ينقسم العملاء إلى قسمين رئيسيين هما:

1. العميل الداخلي Internal Customer وهو زميلك في القسم، أو في إدارة أخرى، أو في فرع آخر للشركة، وهو عميل لأنه يتلقى منك خدمات كثيرة فأنت تجهز له بيانات، أو تمدّه بالمواصفات اللازمة للشراء، أو تقدم له تقريراً، أو تدعّمه فنياً، أو... وبالتالي فهو عميل داخلي Internal Customer.

2. العميل الخارجي External Customer وهو أى شخص أو مجموعة أشخاص من خارج شركتك يتلقى خدمة أو يقوم بشراء منتجك وغالباً ما يكون ذلك مقابل أموال يدفعها للشركة.

و يوجد العديد والعديد من طرق تجميع البيانات من العملاء بهدف سماع أصواتهم، والاستجابة لطلباتهم، وتلبية رغباتهم، بهدف تحويل هذه المطالبات والرغبات إلى مواصفات فى الخدمة أو المنتج الذي يقدم لهم، وهذه الطلبات والرغبات غالباً ما تنحصر فى:

1. جودة المنتج ومواصفاته وخصائصه وأبعاده ومقاييسه وقدرته على أداء وظيفته وكفاءته واستهلاكه ومعامل الأمان وخلوه من العيوب.

2. تكاليف الشراء وتكاليف الصيانة والطاقة والوقود و ثمن قطع الغيار والإصلاح والإهلاك وإعادة البيع.

3. وقت الحصول على الخدمة أو الشراء وخدمات ما بعد البيع والضمان والوقت اللازم لبدء الاستخدام والإتاحية وأوقات التوقف.

4. التزام الشركة نحو المجتمع والتزامها بأخلاق المهنة وتعهدها نحو البيئة والقوانين والتنظيمات والتزاماتها التعاقدية.

وسوف نتعرض لأكثر هذه الطرق شيوعاً ومنها :

أ- كروت الملاحظات Comment Cards

وهى إحدى الطرق السهلة والبسيطة للحصول على رد فعل العملاء تجاه الخدمة المقدمة أو المنتج المباع، وهو عبارة عن كارت يرفق بمستندات تأدية الخدمة أو مستندات البيع، ويدون به بعض بيانات العميل مثل الاسم، والعنوان والعمر والوظيفة ورايه فى الخدمة أو المنتج، وملاحظاته ومقترحاته للارتقاء بمستوى الخدمة أو جودة المنتج.

ب- تقارير قياس مستوى رضا العاملين Customer Satisfaction Reports

وفى هذه الطريقة يطلب من كل عميل أن يملا تقريراً مفصلاً يحتوى على قدر كبير من البيانات والمعلومات، وحتى لا يمل العملاء من ذلك فيمكن أن يكون ذلك على هيئة تقرير ربع سنوي أو نصف سنوي. وهذه الطريقة تمكن متخذ القرار من التعرف عن قرب عن مناطق الضعف ومناطق القوة لدى مؤسسته وفيما يقدمه من خدمات أو منتجات من وجهة نظر المتعاملين معه.

ج- مجموعات العمل Focus Groups

وهى طريقة لفهم كيفية تفكير العملاء والتعرف على رغباتهم، وإدراك متطلباتهم قبل أو أثناء تقديم الخدمة أو المنتج، ويتم بتجميع عدد من العملاء فى غرفة اجتماعات لمناقشة مجموعة من الاستفسارات الموجهة والقضايا المنتقاة حول منتج ما أو خدمة ما، ويجب أن يدار هذا الاجتماع بحرفية عالية تضمن السيطرة علىة والخروج منه بنتائج تكون عوناً لمتخذ قرار التطوير والتحسين، وتعتبر البرامج التليفزيونية والإذاعية من الأمثلة الواضحة لهذه الأداة.

د- المقابلات الشخصية وزيارة العملاء Customer Visits & Interview



شكل رقم 9- 8 المقابلات الشخصية

وفى هذه الطريقة يلجأ جامع البيانات لزيارة العملاء فى أماكن تواجدهم وجها لوجه كما فى شكل 9-8، مما يمنحه القدرة على جمع بيانات تخص منتج أثناء استخدامه، وتخص خدمته أثناء تلقيها، وبذلك يمكنه التعرف عن قرب عن مناطق الضعف ومناطق القوة لديه. ويجب أن يقوم بهذه المهمة موظفون مهمون ولا يقوم بذلك موظفون صغار من الشركة أو المنظمة لأن ذلك يعكس - من وجهة نظر العملاء - مدى اهتمام الشركة بعمالها، وما لذلك من بالغ الأثر على مدى دقة هذه البيانات.

هـ- شكاوى العملاء Customer Complaints

تولى كثير من الشركات عناية فائقة بشكاوى العملاء وعدم رضائهم customer dissatisfaction (فى بعض الشركات يطلق على هذا المفهوم تقرير عدم المطابقة Non conformance Report)، ويجب أن تؤسس آلية مستقلة للتعامل مع هذا الموضوع، ويتم

نشر النتائج الشهرية لهذه الشكوى بعد التدقيق فيها والتحقق من صحتها واتخاذ الإجراءات اللازمة التي من شأنها إزالة سبب الشكوى وضمان عدم تكرارها.

ويفضل أن يقوم بهذه المهمة أيضا موظفون مهمون ولا يقوم بذلك موظفون صغار من الشركة أو المنظمة لأن ذلك يعكس - من وجهة نظر العملاء - مدى اهتمام الشركة بعمالها.

و- البحث الفوري المباشر- On-line Survey

وفي هذا النوع من جمع البيانات يتم الاتصال تليفونيا بالعميل، أو من خلال التخابر Chatting باستخدام الانترنت، أو باستخدام البريد الإلكتروني E-Mail، أو من خلال رسائل SMS أو الرسائل القصيرة Short Messages، ولهذه الطرق من جمع البيانات عيوبها التي تتمثل في عدم اكتراث العميل بأهمية الموضوع، وعدم تحري الدقة في الإجابات، كما تتمثل مزاياها في السرعة، والتكاليف المنخفضة، وسهولة اختيار العملاء.

ز- نماذج استطلاع الآراء Questionnaire

نماذج استطلاع الآراء هي إحدى الأدوات الإحصائية التي بدأ استخدامها منذ ما يقرب من مائة سنة، على يد العالم فرانسوا جالتون، وهي أداة ممتازة وفعالة للمساعدة في دراسة سلوك أو ظاهرة عندما يكون من الصعب دراسة هذا السلوك أو تلك الظاهرة، وهي أيضا متنوعة وغير مكلفة نسبيا مقارنة بالطرق الأخرى لجمع البيانات المبدئية Primary data.

ولا نخطئ حين نقول أنها قد تكون الأداة الأكثر فاعلية لدراسة وتحليل السلوك الانساني بصفة خاصة، فمثلا نجد أنه من الأسهل لشركة تنتج معدات خاصة بالمعسكرات، أن تقوم بتصميم استطلاع للرأي، تجريه على عينه من أولئك الذين يحتمل أن يبتاعوا تلك المنتجات- وذلك أسر من عمل محاكاة Simulation مثلا وتصميم اختبار عليها Design of Experiment- ومن خلال هذا الاستطلاع يمكن تحديد تطلعات عملائهم المحتملون، وتلبية متطلباتهم قبل البدء والشروع في عملية الإنتاج ذاتها.

ولعل العامل الحاسم في صواب ودقة الاستنتاجات الناجمة عن استطلاع الرأي، يكمن في جودة تصميم الاستطلاع، من حيث صورته وشكله، ودقة اختيار أسئلته لتكون ذات صلة قوية بموضوع الاستطلاع، وان تكون سهلة الفهم، ولا تهدد حرية من يجري معه الاستطلاع.

وخلال هذا الجزء سنتناول بالتفصيل بعض النقاط التي يجب مراعاتها في المراحل المختلفة لتصميم الاستطلاع، من حيث نوع الأسئلة، وتتابعها، وطول الاستطلاع وتوقيته، ويكون ذلك من خلال ستة مراحل كما يلي:-

■ المرحلة الأولى "تحديد نوع الاسئلة" Decide What Type of Questions to Use

من الأفضل تصميم استطلاع منفرد لكل قضية تريد دراستها، وإلا فإن نتائج هذا الاستطلاع قد تكون غير واقعية، وقد يؤدي بك ذلك إلى تطويل عملية الاستطلاع أو إعادتها، واعلم أنه ليس عيباً أن تسترشد باستطلاعات سابقة في نفس المجال (إن وجد)، أما إن كنت أول الباحثين في هذا الموضوع، فستمر عملية تصميم الاستطلاع بكل مراحل التصميم، وفي البداية يجب تحديد نوع السؤال هل سيكون مفتوح النهاية Open-ended، أم سيكون Closed- Ended.

وهنا يجدر بنا أن نفرق بين النوعين فنقول أن السؤال مفتوح النهاية Open ended question يستلزم إجابة من المسنول، مثل ما هو رأيك في هذا المنتج؟ أو أين تحب أن تقضى إجازتك؟ وبالتالي فستتعدد الإجابات وقد تصل إلى عدد لا نهائي من الإجابات، بمعنى أن هذا السؤال ليس له أجابة محددة في الإختيار، وعلى المفحوص الإجابة بحسب وجهة نظره، ويستخدم هذا النوع إذا كان الموضوع جديداً وهناك رغبة في الدراسة العميقة، إلا أنه سيغرق وقتاً طويلاً، وقد يكون أكثر كلفة في التحليل.

أما السؤال مغلق النهاية Closed ended question فهو في واقع الأمر ليس سؤالاً، وإنما هو جملة يطلب فيها رأي محدد من مجموعة اختيارات مثل رأيي في هذا الكتاب أنه جيد

* موافق بشدة * موافق * غير موافق * غير موافق بشدة

ويتميز هذا النوع بسهولة إجرائه، وقصر مدته، وسهولة تحليله.

■ المرحلة الثانية "كتابة أسئلة الاستطلاع" Write The Questions

وفيما يلي بعض النصائح لهذه المرحلة:

1. استخدم لغة سهلة، ولا تقم الأسئلة بالاصطلاحات التي قد يجهلها البعض، مثل ما رأيك في اتحاد الكومنولث؟
2. تجنب استخدام الأسئلة التي تقود أو توحى إلى المفحوص بإجابة محددة، فمثلاً لا يصح أن تقول " في ظل ما تعانيه البلاد من بطالة شديدة وظروف اقتصادية صعبة وتعثر في زيادة مواردها" هل تظن أن الحكومة قادرة على رفع المستوى الطبي للمواطنين ؟
3. لا تلجأ لتقليل عدد الأسئلة بدمج عدد منها في سؤال واحد ، مثل من أي الشركات تشتري مواد التنظيف ومواد التغليف ؟
4. لا تستخدم تعبيرات من شأنها التأثير على رأي من تقوم باستطلاع رأيه، مثل " ما رأيك في الخدمات المتخصصة الغالية الكلفة التي تؤديها لك شركتنا ؟"
5. الأسئلة التي تكون إجاباتها أوافق بشدة - أوافق - لا أوافق - لا أوافق بشدة وما شابهها، قم بوضع إجابة محايدة مثل لا اعرف.

6. قبل البدء بجمع البيانات يجب التدقيق فى نوعية البيانات التي ترغب فى الحصول عليها وكيف سيتم معالجتها وتحليلها، فكلماً قضيت وقتاً أطول فى تحديد نوعية الأسئلة، كلما قضيت وقتاً أقل فى معالجة البيانات الناتجة من تلك الأسئلة.

■ المرحلة الثالثة "طول الاستطلاع" Decide the length of the Questionnaire

1. فى بداية الاستطلاع عرف الجهة التي تقوم بإجراء الاستطلاع فيها بهدف الاستطلاع فى إيجاز، وأكد فى ذلك على أهمية رأى من تجرى معه الاستطلاع بالنسبة لك، ثم ضع بعض التعليمات الواضحة لكيفية ملئ الاستطلاع و الإجابة عليه، وفى نهاية الاستطلاع خصص جزءاً للملاحظات والاقتراحات، وجزءاً لشكر من قمت معه بالاستطلاع لما بذله من جهد وما منحه لك من وقت.

2. لا تجعل السؤال قصيراً لا يفهم، ولا طويلاً يبعث على الملل ولا يقرأ.

3. ابدأ بالأسئلة المباشرة التي تبعث على الاطمئنان، فإن ذلك من شأنه بناء الثقة بينك وبين من تجرى معه الاستطلاع، واجعل الأسئلة التي قد تكون حساسة مثل العمر، أو المرتب أو..... فى آخر الاستطلاع

4. كلما أمكن قسم أسئلة الاستطلاع إلى مجموعات ذات صلة وثيقة.

■ المرحلة الرابعة " المراجعة" Pre-test and revise

قبل اعتماد الاستطلاع يجب مراجعته جيداً والتأكد من وضوح اللغة، واكتمال المعنى، وأن تكون الأسئلة ذاتية التفسير.

ويجب طرح هذا النموذج على عدد محدود من الذين يستهدفهم الاستطلاع أولاً، ثم حاول أن تسترشد بملاحظاتهم ونقدهم فى تحسين وتعديل صورة الاستطلاع النهائية.

■ المرحلة الخامسة "زيادة نسبة المشاركة" Ensure High Response Rate

أن ارتفاع نسبة المشاركة فى الاستطلاع يضمن أن تكون نتيجة الاستطلاع أكثر تعبيراً وأكثر صدقاً عن الواقع، ولكي تضمن نسبة مشاركة عالية قد يتطلب ذلك ما يلي:-

1. حاول أن يكون غلاف الاستطلاع وشكله جذاباً، ويحمل بين طياته مظاهر الابتكار والتجديد.

2. إذا كانت عينة الاستطلاع لديك تتبع مؤسسة أو مدرسة أو تجمع ما، فيفضل الحصول على تعهد بالدعم من شخص مسئول وذى سلطة على هذا التجمع، وبالقلم فيجب أولاً أن تقوم باقتناعاً بأهمية الاستطلاع، وأهمية دوره هو شخصياً فى إنجاح هذا الاستطلاع.

3. لا تتردد فى تشجيع من يقوم بالاستطلاع على إتمامه برغم ما فى ذلك من جهد ووقت، وقد يكون ذلك من خلال هدية بسيطة، كقلم أو نتيجة أو تذكرة سينما أو مكافأة مالية أو رحلة أو ما شابه ذلك.

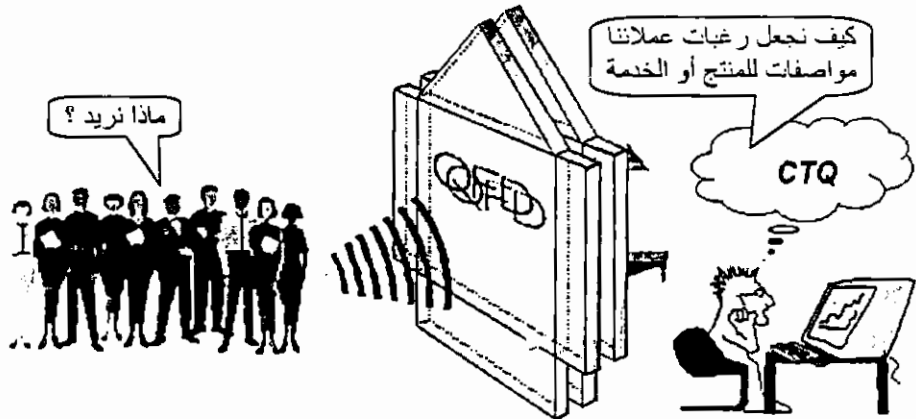
4. بعد أن تنتهي من تصميم وكتابة ومراجعة واختبار الاستطلاع، ابدأ بتعميمه ونشره، أو إرساله من خلال البريد العادي، أو البريد الإلكتروني، أو عن طريق المقابلة الشخصية، أو عن طريق التلفزيون أو أى من الوسائط المتاحة، ثم قم بمتابعة واستلام الاستطلاع بعد ملئه ممن أجرى عليهم الاستطلاع، ولا تنسى أن تشكر من قام بالمشاركة والرد على الاستطلاع ايجابيا.

■ المرحلة السادسة "التكويد" Questionnaire Data Coding

إن عملية التكويد قد لا تكون لازمة فى كل أنواع الاستطلاعات، لكنها تكون ضرورية فى البعض الآخر، وفيها يقوم مصمم الاستطلاع بتحويل إجابات الأسئلة التي تم طرحها إلى أكواد وأرقام تمهيدا للتعامل معها من خلال الكمبيوتر.

9.8. نشر وظائف الجودة (QFD) Quality Function Deployment

تعتبر عملية نشر وظائف الجودة أو QFD أداة قوية من أدوات ترجمة رغبات العملاء Costumer إلى مواصفات فنية وجوانب هامة تؤثر وتطور ما تقوم به الشركات من عمليات إنتاجية Production، أو ما تؤديه المؤسسات والمنظمات والهيئات من عمليات خدمية Services، ولا نبالغ حين نقول إن سماع صوت العميل أو نشر وظائف الجودة QFD هي استراتيجية الذين يعشقون الريادة، والسبيل الأقصر للذين يحبون التفرد والتميز. والشكل 9-9 يعكس مفهوم هذه العملية:



شكل رقم 9-9 مفهوم عملية نشر وظائف الجودة

واصطلاح "نشر وظائف الجودة" "Quality Function Deployment" هو ترجمة حرفية لجملة يابانية مكونة من Shitsu Hin بمعنى جودة Quality، و Ki No بمعنى وظيفة Function، و Ten Kai، بمعنى نشر Deployment، و هدفها هو سماع صوت

العمل Voice of the customer، بصورة أوضح وفهم متطلباته بدرجة أفضل، ليكون دافعا رئيسيا ومحوريا في عملية تطوير المنتج وما يتصل بها من عمليات و إجراءات داخل المنظمات والشركات.

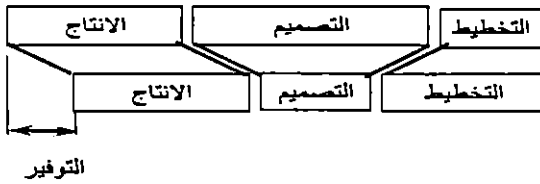
ونشر وظائف الجودة QFD طريقة ذات أصل ياباني طبقت لأول مرة في شركة ميتسوبيشي لصناعة ناقلات البترول Oil Tankers عام 1972، ثم تبعتها تويوتا عام 1977، ثم شركة زيروكس بأمريكا عام 1984، ثم تلي ذلك - بلا استثناء - الخمسمائة شركة ذات الأداء الأعلى في العالم Fortune 500 Companies، ومنها Ford لصناعة السيارات، و Boeing لصناعة الطائرات، و Lockheed Martin للصناعات العسكرية، و IBM للكمبيوتر، و Nokia لأجهزة التليفون المحمول، و Hewlett-Packard للأجهزة والملحقات الاليكترونية، و AT&T للاتصالات، وغيرها .

وقبل استخدام هذه الطريقة يجب على فريق العمل أن يجيب بوضوح تام على عدد من الأسئلة الجوهرية مثل هل الإدارة العليا ملتزمة ؟ وما المنتج الذي نحن بضدد تحسينه؟ وما الأسواق التي نريد تحسينه من أجلها ؟ ومن هم عملاؤنا ؟ وأي منتجات منافسة سنقوم بمقارنة منتجاتنا معها؟ وكم من الوقت سيستغرق تنفيذ المشروع ؟

أ- فوائد نشر وظائف الجودة Benefits of QFD

تتعدد فوائد وثمار نشر وظائف الجودة QFD كما يلي:

1. أداة قوية للتخطيط الاستراتيجي Strategic Planning للشركات والمنظمات.
2. ما سيتم إنتاجه سينطبق عليه التعبير Do it Wright first time أى الأداء الصحيح من أول محاولة لأنه يستند إلى نتائج دراسة أساسها توقعات العميل.



شكل رقم 9-10 ثمار تطبيق QFD

3. الشكل 9-10 المجاور يوضح أن تطبيق نشر وظائف الجودة QFD يؤدي إلى تقليل الزمن الكلي اللازم لبدء عملية الإنتاج أو تقديم الخدمة وغالبا ما يؤدي ذلك إلى تقليل الجهد المبذول وتقليل التكاليف الكلية.

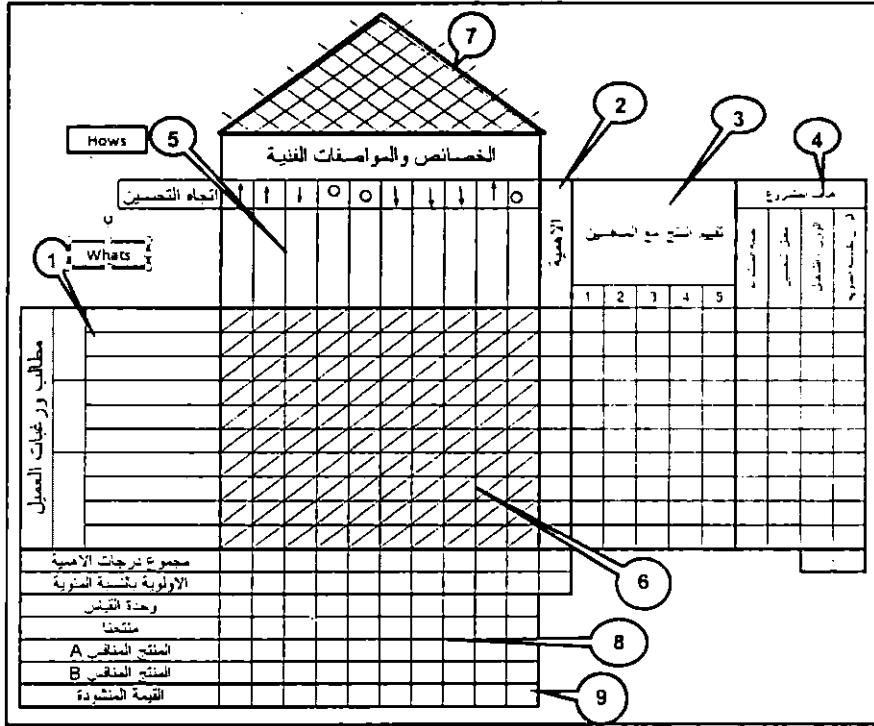
4. تعد مدخلا و وسيلة لا غنى عنها لدراسة تصميم العمليات فائقة الجودة Design For Six Sigma DFSS .

5. وسيلة قوية لتوثيق عمليات التحسين والتطوير.

6. تبرز الخصائص والمواصفات التي يبحث عنها العميل مثل سهولة الاستخدام والمتعة والرفاهية، و.....

ب- وصف بيت الجودة "House Of Quality"

تعتمد نشر وظائف الجودة QFD بشكل أساسي على أداة أخرى رئيسية ومحورية، يوضحها الشكل 11-9 التالي والذي يشبه في تكوينه شكل البيت، ولذا يطلق عليه بيت الجودة أو House of Quality.



شكل رقم 11-9 بيت الجودة House of Quality

ويتكون بيت الجودة House of Quality من عدة أجزاء متتالية ومتعاقبة، ولكل جزء منها انطريقة التي يملأ بها، كما يلي:

1. الجزء الأول " رغبات العميل": وفيه نقوم بكتابة المواصفات العامة للمنتج أو الخدمة المراد بحثها وتطويرها، والتي يحب العميل أن تكون موجودة في المنتج الذي يشتريه أو الخدمة التي يتلقاها، أي ما هي رغبات العميل ومتطلباته، وتستمد هذه الأهداف من

العمل إما من خلال المقابلة الشخصية Interview، أو الاستبيان Questionnaire، أو من خلال جلسات عصف الذهن Brain storming، وفي المشاريع الكبيرة يمكن الاستعانة بأداة تقسيم الأنشطة Work Break-down Structure WBS، أو مخطط الشجرة Tree Diagram، أو مخطط التآلف Affinity Diagram، أو مصفوفة الأولويات Prioritization Matrix في إنشاء هذا الجزء وتقسيمه إلى مجموعات من الأهداف المترابطة.

2. الجزء الثاني "الأهمية": والذي يمثل أهمية الموصفة التي تم كتابتها في الجزء الأول. وغالبا ما يستخدم مقياس رقمي من 1 حتى 5، حيث إن المقياس 1 لا يمثل أى أهمية للعمل، والمقياس 2 يمثل أهمية محدودة للعمل، والمقياس 3 يمثل أهمية متوسطة، والمقياس 4 يمثل أهمية كبيرة، والمقياس 5 يمثل أهمية قصوى للعمل، وتحدد الأهمية من العمل من خلال المقابلة الشخصية Interview، أو الاستبيان Questionnaire.

3. الجزء الثالث "تقييم المنتج مع المنافسين": والذي يمثل تقييم المنتج التي نقوم بإنتاجه، أو الخدمة التي نقوم بأدائها مقارنة بما هو موجود بالسوق من خلال الشركات المنافسة، وبهذا نستطيع تفهم كيفية أداء منتجنا أو خدمتنا مع المنافسين، وفيه نستخدم أيضا مقياسا رقميا من 5 درجات، فالمقياس 1 يعنى سيئ، والمقياس 2 يعنى مقبول، والمقياس 3 يعنى جيد، والمقياس 4 يعنى جيد جدا، والمقياس 5 يعنى ممتاز، وفي هذا الجزء نقوم بتقييم منتجاتنا أو خدماتنا في مقابل منتجات وخدمات المنافسين، طبقا والرغبات التي تم كتابتها في الجزء الأول.

4. الجزء الرابع "أهداف المشروع": والغرض من هذا الجزء هو تحديد أكثر مطالب العملاء أهمية وإلحاحا، ويتكون من أربعة أعمدة، العمود الأول وهو القيمة المنشودة Required Value ويتم تحديدها في ضوء كل من درجة أهميتها للعمل وكذلك قوة منتجات المنافسين، والعمود الثاني وهو معدل التحسين المطلوب Required improvement rate وهو خارج قسمة العمود الأول (القيمة المنشودة) على درجة تقييم منتجي والذي تم تجهيزه في الجزء الثالث، والعمود الثالث وهو الوزن weight، وهو يساوى قيمة العمود الثاني من الجزء الرابع مضروبا في الأهمية المقاسة في الجزء الثاني، والعمود الرابع ويمثل النسبة المئوية للعمود الثالث ويساوى خارج قسمة العمود الثالث على إجمالي العمود الثالث ويجب أن يكون مجموع هذا العمود 100%.

5. الجزء الخامس "الخصائص والمواصفات الفنية": وفي هذا الجزء نكتب المواصفات

أو الخواص الفنية للمنتج أو الخدمة وهو جزء هام جدا (يمكن كتابة المواصفات في بداية الدراسة، أو بعد الخطوة الرابعة، والأفضل المزج بين الاختيارين أى تكتب في البداية ثم تعدل وترجع بعد الخطوة الرابعة)، ويجب أن يعبر هذا الجزء عن المراحل المختلفة للإنتاج أو الخدمة إذ أن هذه الأجزاء أو المراحل هي التي سيتم فيها التحسين، وكلما كانت كثيرة ومتنوعة كانت فرصة التحسين أكبر، ويفضل أن يشترك في تحديدها أفراد من المتخصصين في عملية الإنتاج أو في عملية تقديم الخدمة، لأنهم الأكثر دراية بهذه المواصفات والمراحل، ومن أمثلة المواصفات الأبعاد، والوزن، وعدد الأجزاء، واستخدام الطاقة، والسعة، وغيرها، ويلاحظ أننا استخدمنا أسهم ودوائر في هذا الجزء، والسهم المتجه لأعلى يعنى أنه كلما زادت هذه الموصافة كان أفضل، والسهم المتجه لأسفل يعنى أنه كلما قلت هذه الموصافة كان أفضل، و الدائرة تعنى أن هناك قيمة محددة هي أفضل القيم.

6. الجزء السادس "مصفوفة التفاعل": وهدفه تحديد أولوية الخصائص والمواصفات الفنية للمنتج أو الخدمة، وفيه نحدد وندرس مدى تأثير وقوة علاقة المواصفات الفنية للمنتج أو للخدمة على توقعات العميل ورغباته، ولبيان مدى قوة العلاقة نستخدم الدائرة السوداء للدلالة على قوة العلاقة وتأخذ القيمة 9، ونستخدم الدائرة المفرغة للدلالة على أن العلاقة متوسطة وتأخذ القيمة 3، ونستخدم المثلث للدلالة على ضعف العلاقة وتأخذ القيمة 1، وهذا يعنى أن عدم استخدام أى من هذه الرموز السابقة يعنى عدم وجود أى نوع من العلاقة، وفي هذا الجزء نقوم بتقسيم الخانة إلى جزئين، الجزء الأعلى نضع فيه رمز قوة العلاقة (أى دائرة مصمتة أو مفرغة أو مثلث) والجزء الأسفل نضع فيه قيمة قوة العلاقة مضروباً في قيمة العمود الرابع والذي يمثل النسبة المئوية لوزن مناطق التحسين المنتظرة، ثم نقوم بحساب مجموع الأعمدة رأسياً (والذي يمثل النقاط التي حصلت عليها كل صفة فنية كذلك نحسب النسبة المئوية لقيمة كل عمود والتي ستحدد الخصائص الفنية التي ستحظى بأكبر نسبة، وبالتالي ستكون هي الخصائص التي تهتم العملاء بصورة أكبر والتي سنقوم بالتحسين فيها قبل غيرها.

7. الجزء السابع "سطح بيت الجودة": وهو الجزء الأعلى في بيت الجودة، وفيه نقوم بتحديد مدى قوة العلاقة بين عناصر الجزء السادس - مواصفات المنتج - وبعضها البعض، وفيه نستخدم الدائرة المصمتة للتعبير عن العلاقة الطردية القوية، والدائرة المفرغة للعلاقة الطردية المتوسطة، وعلامة * للتعبير عن العلاقة العكسية الضعيفة، وعلامة ** للتعبير عن العلاقة العكسية القوية.

8. الجزء الثامن "تقييم المنتج": وفيه يتم تقييم منتجاتنا أو خدماتنا ومنتجات المنافسين وخدماتهم بناءً على المواصفات الفنية في الجزء الخامس، أي نقوم بتسجيل قيم ما يخص منتجاتنا وما يخص منتجات المنافس لكل مواصفة من الجزء الخامس بقيم تتراوح بين واحد إلى خمسة، والخمسة تعني الأداء الأمثل.

9. الجزء التاسع "القيمة المنشودة": وفيه نحدد القيم المنشودة لخصائص ومواصفات منتجتنا بناءً على مقارنة قيم خصائص منتجتنا مع منتجات المنافسين. وبعد الانتهاء من بناء بيت الجودة واستكمال حساباته سنكون قادرين على:

1. تحديد أكثر المواصفات أهمية للعميل ويكون باختيار المواصفات التي حصلت على أعلى نسبة مئوية في الجزء السادس، ويمكن الاستعانة بمخطط باريتو Pareto Diagram ، لتحديد العوامل المؤثرة Vital Few.
2. اختيار القيمة المنشودة لهذه المواصفة من الجزء التاسع.

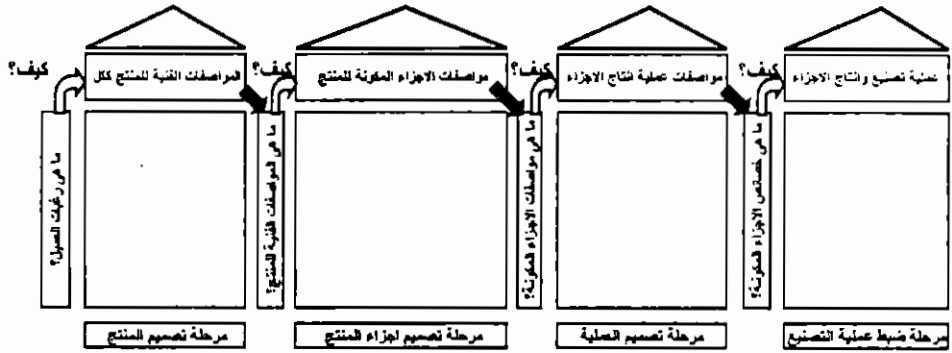
ج- مراحل تطبيق نشر وظائف الجودة Quality Function Deployment Phases

بالرغم من صعوبة تحويل رغبات العميل – التي تكون في كثير من الأحيان غير مرتبطة ارتباطاً مباشراً بعملية الإنتاج- إلى خطوات تنفيذية مباشرة لتحسين العملية الإنتاجية أو لتحسين الخدمة المقدمة، إلا أنها ليست مستحيلة، ولتقليل صعوبة هذه العملية، فإنه يمكننا تحويل هذه الرغبات على عدة مراحل موضحة بالشكل 9-12 كما يلي:

1. مرحلة تصميم المنتج وفيها نبدأ بتحليل أداء المنافسين، وسماع الصوت المباشر للعميل – طلبات ورغبات العميل-، مع إعادة صياغة هذه الطلبات -إن لزم الأمر- وتصنيفها وترتيبها وترجمتها إلى مواصفات فنية للمنتج ككل، و في هذه المرحلة يكون اهتمامنا منصبا على أن نجيب على السؤال ما الذي يريده العميل ؟ وماذا يفعله المنافسون؟ وما هي المواصفات الفنية التي سندرسها ؟
2. مرحلة تصميم أجزاء المنتج وفيها نترجم مواصفات المنتج الهامة – تم الحصول على أهم هذه المواصفات من المرحلة السابقة- إلى خصائص ومواصفات الأجزاء المكونة التي يتרכب منها المنتج، و في هذه المرحلة يكون اهتمامنا منصبا على أن نجيب على السؤال: ما هي الأجزاء التي يمكن التحسين فيها؟ و ما مواصفاتها الفنية التي سندرسها ؟
3. مرحلة تصميم عملية الإنتاج، وفيها نترجم الخصائص والمواصفات الهامة للأجزاء التي يتרכب منها المنتج – تم الحصول على أهم هذه الخصائص و المواصفات من المرحلة السابقة- إلى خصائص ومواصفات وخطوات عملية إنتاج هذه الأجزاء، وفي

هذه المرحلة يكون اهتمامنا منصبا على أن نجيب على السؤال ما هي الأجزاء الهامة والأساسية في المنتج ؟ وكيف سنقوم بصناعتها وإنتاجها؟

4. مرحلة بدء الإنتاج ومراقبتها وضبطها التصنيع، وفيها نترجم خصائص ومواصفات وخطوات عملية إنتاج الأجزاء الهامة التي يتركب منها المنتج - تم الحصول على أهم هذه الخصائص و المواصفات من المرحلة السابقة- إلى خطوات تنفيذية لعمليات التصنيع - على خط الإنتاج أو داخل المصنع-، و في هذه المرحلة يكون اهتمامنا منصبا على أن نجيب على السؤال: ما هي خطوات التصنيع اللازمة ؟ وما الذي سنقوم بضبطه ؟ بشكل يضمن تلبية كافة رغبات العميل.



شكل رقم 9-12 مراحل تطبيق نشر وظائف الجودة

■ خطوات بناء بيت الجودة QFD Construction Steps

تعمدنا في شرح مكونات بيت الجودة في الجزء السابق من مراحل تطبيق نشر وظائف الجودة QFD أن يكون ذلك بترتيب معين، هذا الترتيب سيساعدنا في توضيح خطوات بناء بيت الجودة كما يلي:

1. حدد العميل، وضع قائمة بتوقعاته ورغباته - مع تصنيفها في مجموعات إن أمكن- في الجزء الأول.
2. قم بقياس الأهمية من وجهة نظر العميل، وضع أولويات لهذه الرغبات - من واحد إلى خمسة- في الجزء الثاني.
3. قارن أداء منتجك مع أداء المنتجات المنافسة من وجهة نظر العميل في الجزء الثالث
4. حدد المطالب التي ينبغي التحسين فيها، وهي العناصر التي تحظى بأكبر نسب مئوية في الجزء الرابع.
5. ترجم توقعات العميل في الجزء الخامس كما يلي :

■ إلى مواصفات وخواص ومعالج تقنيّة محددة للمنتج Product Technical

Specifications إذا كنت في شركة إنتاج، باستخدام Five M's (راجع مخطط السبب والأثر Cause في هذا الفصل)

■ إلى خطوات وملامح محددة للعملية إذا كنت في شركة خدمات باستخدام ال Five P's (راجع مخطط السبب والأثر Cause في هذا الفصل).

6. ضع درجة من تسعة، ثلاثة، واحد، وصفر تحدد بها العلاقة بين توقعات العميل الممثلة بماذا What's في الجزء الأول، والمواصفات الفنية للمنتج والممثلة بكيف How's في الجزء السادس.

7. حدد العلاقة بين المواصفات الفنية و بعضها البعض على سطح بيت الجودة في الجزء السابع.

8. سجل وحدات القياس لكل المواصفات الفنية، وضع قيما للمنتجات المنافسة.

9. احسب القيم المنشودة لكل مواصفة من مواصفات المنتج أو الخدمة.

والمثال التالي (شكل 9-13) يوضح تطبيقا لمراحل نشر وظائف الجودة QFD قامت به إحدى شركات إنتاج الحقائب لإنتاج حقيبة صغيرة للأوراق والوثائق، وقد قام فريق منهجية التحسين Six Sigma بالشركة بإجراء هذه الدراسة بالطريقة التي تم شرحها سابقا وقد كان التطبيق على النحو التالي:

ونود هنا الإشارة إلى بعض النقاط الهامة في هذا المثال كما يلي:

- تم تكوين الأجزاء الأول والثاني والثالث والسادس والثامن من خلال استبيان أو استقصاء لرأى Questionnaire لعدد من العملاء تضمن مجموعة من الأسئلة، وقام فريق التحسين بتصنيف هذه الإجابات وتحليلها وتدوينها في أماكنها المناسبة.
- تم تكوين الأجزاء الرابع والخامس والسادس والتاسع بمعرفة فريق التحسين من خلال جلسات عصف الذهن Brain Storming.
- عند تكوين الجزء الثالث أشرنا إلى المنتج المراد التحسين فيه وهو منتجنا، بمربع مفرغ، في حين يظهر منتج المنافسين بمربع أسود، وفيه يظهر أن حقيبتنا أكثر متانة وأكثر ثباتاً في حال الوقوف من حقيبة الشركة المنافسة، وكذلك اعتبرنا حقيبة الشركة المنافسة أسهل في الفتح والإغلاق وداخليتها مرتبة بشكل أفضل، وبالنتيجة فيمكن إيجاد محتوياتها بسهولة أكثر.
- عند حساب القيمة المنشودة في الجزء الرابع فقد قرر الفريق نتيجة الاستبيان Questionnaire وعصف الذهن Brain Storming أن مزايا المنتج المتعلقة بالخواص التالية " سهولة الحمل، وذات سعة ممكن تعديلها، ومتينة، وثابتة في حالة الوقوف، وتضمن الاستخدام الشخصي حصراً لا تحتاج إلى تحسين، فقد حصلت هذه الصفات على قيم منشودة بمستوى 4، و4، و4، و4، و3 على التوالي، أما بالنسبة لمطالب العميل حول الصفات "سهولة الفتح، وسهلة البحث" الحاصلة على درجات 3، و2 على التو إلى (وهي أدنى من تلك الموجودة في منتج الشركة المنافسة) فإنه سيخضع للتحسين حتى تحصل على درجة 5 (وهي درجة أفضل مما لدى المنافسين) ، أما الرغبة في تحقيق ميزة " سهولة الإغلاق " التي حصلت على الدرجة 3 سيتم تحسينها لتبلغ الدرجة 4 (أي ستخضع لتحسين بسيط).
- تم حساب معدل التحسين في الجزء الرابع بقسمة القيمة المنشودة لكل مطلب على درجة التقييم التي حصل عليها هذا المطلب.
- تم حساب الوزن - الثقل في الجزء الرابع بضرب معدل التحسين في أهمية كل مطلب.
- تم حساب النسبة المئوية للوزن - الثقل في الجزء الرابع بقسمة وزن كل مطلب على إجمالي الوزن ومنه نجد أن المطلب "سهولة البحث أي سهل العثور على محتوياتها" هو أهم المطالب بنسبة 30%، يليه المطلب "سهولة الفتح" بنسبة 20%، يليه المطلب "متينة" بنسبة 15%.
- عند تكوين الجزء السادس والذي يختص بدراسة تأثير الموصفات الفنية للمنتج أو

للخدمة على توقعات ومطالب العميل ورغباته، أى علاقة "، ماذا؟" ب "كيف؟" ويلاحظ أن بعض الصفوف فارغة مما يدل على عدم وجود علاقة مباشرة بين توقعات العميل ورغباته وبين المواصفات الفنية للمنتج أو الخدمة (أى أن هذه الصفة أو الخاصية لا تلبي الحاجة)، ويشير العمود الفارغ إلى صفة فنية غير ضرورية - من وجهة نظر العميل - فى المنتج لكنها مضافة إليه مما يؤدي إلى تكلفة زائدة، وكل خانة تشير إلى إمكانية وجود علاقة بين مواصفات المنتج وبين ومطالب ورغبات العميل ومدى قوة هذه العلاقة، والخانات الفارغة تعنى عدم وجود أى علاقة أو تفاعل بين هذه الرغبة للعميل وبين تلك المواصفة الفنية. وبالتالي فإن "سرعة إيجاد محتويات الحقيبة ترتبط ارتباطا شديدا بعدد الأقسام أو الأجزاء التي تحتويها الحقيبة ، وترتبط بدرجة أقل بحجم الحقيبة (حيث العلاقة ضعيفة)، وبزاوية فتح الحقيبة (العلاقة متوسطة الشدة)، أما مطلب "سهولة الحمل" فإنها ذات علاقة قوية بالمواصفة " الحجم"، و ذات علاقة ضعيفة بالمواصفة " الوزن وهي فارغة"، وبالمواصفة " المادة المصنعة منها الحقيبة".

لوضع وتحديد درجة لكل خلية فى الجزء السادس نقوم بضرب قيمة قوة العلاقة (9 أو 3 أو 1 أو صفر) فى النسبة المئوية للوزن فى العمود اللابع، وهكذا فإن درجة الخلية ذات المطلب " سهولة الحمل " المرتبطة بالمواصفة " الحجم" = $9 \times 6 = 54$ ، ودرجة الخلية ذات المطلب " سهولة الفتح " المرتبطة بالمواصفة " نوعية القفل" = $3 \times 20 = 60$ ، وهكذا.....ويدل مجموع خلايا كل عامود على أهمية وأولوية المواصفة الفنية فى المنتج، وعلى ذلك فإن المواصفة الفنية المتعلقة ب "الحجم" قد حصلت على إجمالى يعادل 138 نقطة، ومواصفة "المادة المصنعة منها الحقيبة" قد حصلت على إجمالى يعادل 150 نقطة. وبعد ذلك نقوم بحساب النسبة المئوية لأولوية كل مواصفة فى المنتج أو الخدمة، وذلك بقسمة إجمالى العمود الممثل للمواصفة على الإجمالى الكلى للأعمدة، ونختار النسب الأعلى حيث إنها تمثل المواصفات التي تستحق الاهتمام الخاص كي تلبي طلبات ورغبات العميل. وفى مثالنا نجد أن الأولوية القصوى ستكون للمواصفة المتعلقة ب " عدد الخطوات اللازمة لفتح الحقيبة " بنسبة 21% وهى خارج قسمة 333 على 1616، و " لعدد الأقسام الداخلية " بنسبة 19% وهى خارج قسمة 305 على 1616، و " لنوعية القفل" بنسبة 14%، وبالتالي فيجب الاهتمام بهذه المواصفات أكثر من غيرها عند تصميم الحقيبة.

عند تكوين الجزء السابع نجد أن " الأقسام الداخلية فى الحقيبة " ترتبط بعلاقة ضعيفة مع " الوزن الفارغ"، و بعلاقة متوسطة القوة بصفة " الحجم"، أما " نوع القفل " فيرتبط بشدة " بقوة الإغلاق"، وبعلاقة متوسطة القوة " بعدد خطوات فتح الحقيبة"

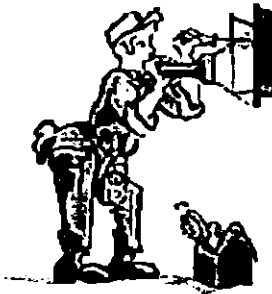
و" بمزلاج/قفل الأمان"، وتوضيح هذه العلاقات يعتبر ذا أهمية بالغة لتحسين مواصفات المنتج أو الخدمة قيد الدراسة.

■ في الجزء الثامن نجد أن حقيبتنا تحتاج إلى ست خطوات لفتحها، في حين يحتاج المنتج المنافس إلى أربع خطوات فقط، كذلك نجد أن قفل حقيبتنا مصمم كي يدوم بدون أعطال لعدد 5000 مرة فتح وإغلاق من قبل المستخدم، في حين أن قفل الحقيبة المنافسة يبدأ بإظهار الأعطال بعد استخدامه 3500 مرة فتح وإغلاق من قبل المستخدم.

■ في الجزء التاسع يقوم الفريق بتحديد القيم المنشودة لكل مواصفة فنية، وتدل هذه القيم على التحسينات المطلوبة في كل مواصفة والتي تناضل الإدارة من أجل إحرازها، ويظهر في مثالنا أن التحسين قد انصب على صفة "تخفيض عدد خطوات الفتح" إلى خطوتين بدلا من ستة خطوات، وكان ذلك من خلال تصميم قفل مركزي للأقفال. وكذلك أوصى الفريق بزيادة "عدد الأقسام الداخلية للحقيبة" من خمسة أقسام إلى ثمانية أقسام، وذلك لتحسين درجة الوضوح في ترتيب الأشياء داخل أقسام الحقيبة وأجزائها المختلفة.

وبعد هذا المثال البسيط يظهر لنا كيف أن هذه الأداة تساعدنا في ترجمة مطالب العملاء (التي تكون في بعض الأحيان غير واضحة أو محددة) إلى تعليمات وتوجيهات لقسم التصميم والإنتاج، بتغيير صفات محددة بقيم محددة في المنتج أو الخدمة قيد الدراسة.

9.9. تحديد واختيار مقاييس الأداء Metrics Determination



شكل رقم 9-14 أهمية اختيار المقياس المناسب

في المرحلة الأولى من مراحل التحسين وهي مرحلة التحديد Define يقوم فريق التحسين بعملية تحديد واختيار المقاييس التي سيقوم بقياسها أثناء المرحلة الثانية وهي مرحلة القياس Measure، وهذه العملية من العمليات الهامة، بل قل أنها من أهم العمليات التي تؤثر بطريقة مباشرة على نجاح مشروع تحسين الجودة Six Sigma، وعملية الاختيار الصحيح والمناسب للمقياس Metric المناسب تتطلب قدرا كبيرا من فهم العملية المراد قياس أدائها، ويتم هذا الفهم عن طريق استخدام العديد من الأدوات التي تم التعرض لها في

هذا الكتاب مثل السبب والتأثير Cause and effect، ومصفوفة الأولويات Prioritization Matrix، وخريطة سير العمليات Process Mapping، وشكل 9-14 يشير إلى أهمية اختيار المقياس الفعلي المناسب.

وتختلف مقاييس الأداء Metrics باختلاف المستوى الذى نود قياس الأداء فيه كما يلي:

1. مقاييس الأداء للمستويات العليا High Level Business Metrics وتستخدمه الإدارة العليا Top management كمؤشر لقياس الأداء العام للمنظمة، ومثال ذلك معدل استخدام الأصول Capital Utilization، ومعدل النمو Growth، والعائد Revenue، والربح Profit، والعائد على رأس المال Return on Investment.

2. مقاييس أداء العمليات Process Metrics وتستخدم على المستوى الإدارى المتوسط لقياس أداء العمليات ككل مثل الإنتاجية Productivity، والكفاءة Efficiency، والفعالية Effectiveness (الكفاءة هى أداء الأنشطة بطريقة صحيحة، أما الفعالية فهى أداء الأنشطة الصحيحة، ولا يمكن الاستغناء عنهما للباحثين عن التميز).

3. مقاييس أداء التشغيل Operational Metrics وتستخدم على المستوى التنفيذى التشغيلى لقياس أداء قطاعات داخل العملية مثل معدل الإنتاج المعيب Defect rate، والمخزون الراكد Inventory، وزمن الإنتاج cycle time، والفاقد waste وهكذا.

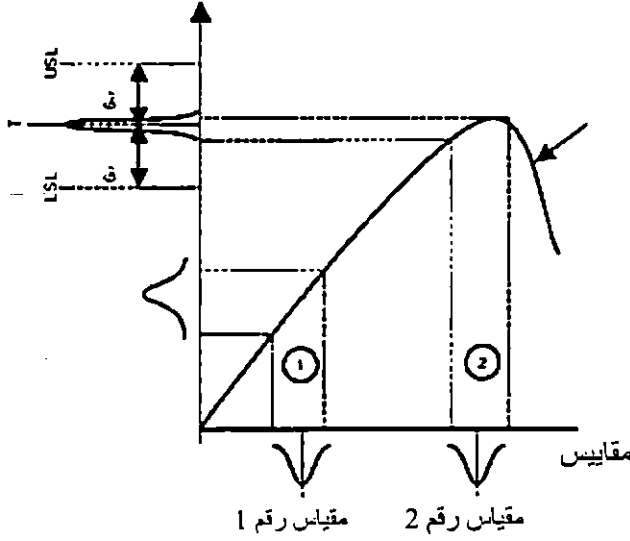
وبلاحظ أن مقاييس الأداء للمستويات العليا Business Metrics يتعلّق معظمها بالنقود، بينما مقاييس أداء التشغيل Operational Metrics يتعلّق معظمها بالعيوب والأخطاء، وهنا يأتى دور مقاييس أداء العمليات Process Metrics للربط بين هذه المقاييس وتلك، ويكون المسؤول عن هذا الدور المستوى الإدارى المتوسط Middle management.

ويجب أن تتوفر عدد من الخصائص والصفات فى المقاييس التى يتم اختيارها ومنها:

1. أن تعطى تصور لحالة وأداء الجزء الذى نريد تقييمه وقياسه.
2. أن يمكن قياسها بسهولة وبتكرار كافى يجعلنا قادرين على تحليلها.
3. أن يمكن قياسها بصفة مستمرة ولحظية.
4. أن يمكن عرضها بصورة كمية أى بقيم وأرقام أو نسب.

وفى الحالات التى يكون فيها المقياس المناسب مكلفاً، يمكن اختيار مقياس آخر بحيث يكون ذا تأثير قوى وواضح فى المقياس الاصلى، ويتم التأكد من قوة هذا التأثير باستخدام تحليل الانحدار (يرجى مراجعة الفصل الخامس عشر) ، ويلزم حينئذ التأكد

من أن تكون قيمة P أقل من 0.05 وأن تكون قيمة R^2 أكبر من 90%.
إذا أمكن تمثيل العلاقة بين أكثر من مقياس من مقاييس الأداء كما بالشكل 9-16 فإننا نختار المقياس رقم واحد لأن تأثيره على النتيجة يكون أوضح من تأثير المقياس الثاني.



شكل رقم 9-16 تأثير أكثر من مقياس للأداء على النتيجة

واختيار القياس Metric المناسب يساعدنا على ما يلي:

1. الفصل بين ما نعتقد أنه يحدث للعملية وما يحدث لها فعلاً.
2. تأكيد أو نفى الأفكار أو التصورات التي تعكس فهمنا للـ Process.
3. تقييم الوضع الحالي للأداء Process Base line تحديداً سليماً ودقيقاً.
4. متابعة تغيرات العملية بتباين الظروف المحيطة بها بمرور الوقت.
5. تحديد أماكن احتمال حدوث الخلل.
6. مراقبة الحلول المقترحة وتقييمها بعد التطبيق.

مثال رقم 9-1

على سبيل المثال فإنه يمكن تحديد مدى صلاحية زيت موتور السيارة نظرياً من تحليله وقياس نسب تراكيبه، ومن لونه، ومن رائحته، ومن درجة حرارته، ومن درجة لزوجته، وهذه كلها مقاييس Metrics صالحة وتعطى تقييماً لحالة الزيت، ومع ذلك لا نختارها كلها وإنما نختار بعضها فقط، وباختبار الخصائص الأربعة السابق الإشارة إليها في هذا المثال نجد الآتي:

1. مقياس "تحليل الزيت و قياس نسب تراكيبه" ينطبق عليه المعيار الأول والرابع فهو يقيم أداء الزيت، ويمكن عرضه في صورة نسب مئوية، ولكن لا ينطبق عليه المعيار الثاني والثالث، فعملية التحليل ليست سهلة وتحتاج إلى إمكانيات معملية، وكذلك لا يمكن قياسها بصفة مستمرة إذ أن ذلك سيكون مكلفا.
2. مقياس اللون والرائحة ينطبق عليهما المعيار الأول و الثاني فقط، ولا ينطبق عليهما المعيار الثالث والرابع.
3. مقياس درجة الحرارة ودرجة اللزوجة يتوفر فيهما كل المعايير السابقة، إلا أن قياس درجة اللزوجة قد يكون أصعب من قياس درجة الحرارة .

وعلى ذلك فإننا نجد أن قياس بعض هذه ال Metrics بصفة مستمرة ولحظية عملية صعبة ومكلفة فيتم استبعادها مثل التحليل وقياس نسب التراكيب، وبعضها غير قاطعة مثل الرائحة واللون فيتم استبعادها، وبعضها صعب فيمكن استبعاده مثل قياس اللزوجة وبالتالي فيمكن اختيار قياس درجة الحرارة ليكون مقياسا لمدى صلاحية زيت موتور السيارة.

9.10. قوائم الفحص والمراجعة Check Sheets/Lists

وهي إحدى الوسائل المنظمة لتجميع البيانات والمعلومات والمعطيات وتسجيلها بهدف الحصول على تصور واضح للحقائق، وترتكز هذه الطريقة على تسجيل تكرارية حدوث أمر ما ورصد انماط الأداء وتكرارها، ولها مميزات عديدة وفوائد جمة، فهي إلى جانب سهولتها، فإنها تخلق ارتياحا لدى المتعامل مع نتائجها Y إذ أنها رصد لواقع الأداء وصوت مرئي للعملية قيد الدراسة.

والجزء المحوري في نجاح هذه الطريقة هو اختيار العناصر المراد مراقبتها وتسجيلها، وتتألف هذه العناصر غالبا من قائمة راسية تضم العناصر المراد عدها وحصرها وتسجيلها كما بالجدول 9-2، كما تتضمن العيوب المحتملة في قائمة أخرى يتم تسجيل التكرارات فيها، وفي نهاية القائمة يتم تسجيل إجمالي كل عمود كالشكل الموضح والذي يحصى العيوب الموجودة في أحد المنتجات المعدنية.

جدول رقم 9-2 قائمة فحص لبعض عيوب الإنتاج في ثلاث خطوط إنتاج

المعيب	خط الإنتاج رقم ١	خط الإنتاج رقم ٢	خط الإنتاج رقم ٣
بخيخة في اللحام	///	~~///~~	////
عيوب في التجميع	///	///	~~///~~
عيوب في الدهان	~~///~~	/	///
عيوب في التغليف	///	~~///~~ ///	///
اجمالي العيوب	17	16	14

ولقوائم الفحص عدة صور تختلف في شكلها لكن مضمونها يظل واحدا وهو إمكانية التسجيل والحصر والرصد، والشكل 9-17 يعد احد هذه الأشكال والذي لا يحصى العيوب الموجودة في أحد الأحذية الرياضية أو الجاكوش فقط ولكنه يحدد أماكن هذه العيوب تمهيدا لعملية دراسة اسباب هذه العيوب وتلافيها أو إصلاحها.



شكل رقم 9-17 أماكن العيوب في أحد أنواع الاحذية

ويكثر استخدام النوع الثاني عن النوع الأول لسهولة تطبيقه وعرضه وفهمه وفي بعض الحالات يتم المزج بين النوعين.

كما توجد أشكال أخرى أكثر تعقيدا وبخاصة المستخدمة في الصناعات الهندسية الكبيرة مثل السيارات والطائرات والقطارات، ولكننا سنكتفي بعرض هذا القدر حيث إنه كاف لتطبيقات مجال هذا الكتاب.

9.11 مخطط باريتو Pareto Chart



كان فيلفيدو باريتو Pareto اقتصاديا إيطاليا رائدا (شكل 9-18) عاش في القرن التاسع عشر، وبدراسته لتوزيع الثروة في المجتمع الإيطالي، لاحظ أن نسبة صغيرة من السكان تستأثر بنسبة كبيرة من الثروة، وقد قادته هذه الملاحظة - وكثير غيره بعده- إلى أنه في كثير من المواقع الأخرى نجد أن 80% من النتائج تسببها

20% من الأسباب، وعلى سبيل المثال تأتي 80% من أرباح الشركات من 20% من مشروعاتها، و80% من خسائرها كذلك بسبب 20% من مشروعاتها.

ومنذ ذلك الحين اتخذ مبدأ باريتو مبدءا قياسيا في الإدارة، ويطلق عليه في بعض الأحيان مبدأ "العشرين ثمانين" أو 80/20، ويستخدمه المديرون لمواجهة ال 20% القليلة من الأسباب المسنولة عن الأغلبية وهي 80% من مشكلاتهم، ويطلق علي نسبة 20% مصطلح

النسبة القليلة الحيوية والفعالة Vital Few ، كما يطلق على نسبة 80% مصطلح الاكثريّة غير النافعة Trivial Many ، والأفضل أن نطلق عليها النسبة الكبيرة المفيدة Useful Many، لأنه وإن لم تكن الاستفادة منها قصوى، إلا أنها تساعد في تحديد أسباب بعض المشاكل بدرجة ما.

ومخطط باريتو عبارة عن أعمدة بيانية عمودية تبين التكرار النسبي للاحداث مثل أسباب عيوب المنتج، وهي بذلك تساعد في تحديد الأولويات التي يجب التعامل معها.

■ خطوات رسم مخطط باريتو Pareto Construction steps

بفرض أنه قد تم حصر عناصر التكلفة لأحد المشروعات وكانت (كما هو مبين بالجدول 9-3).

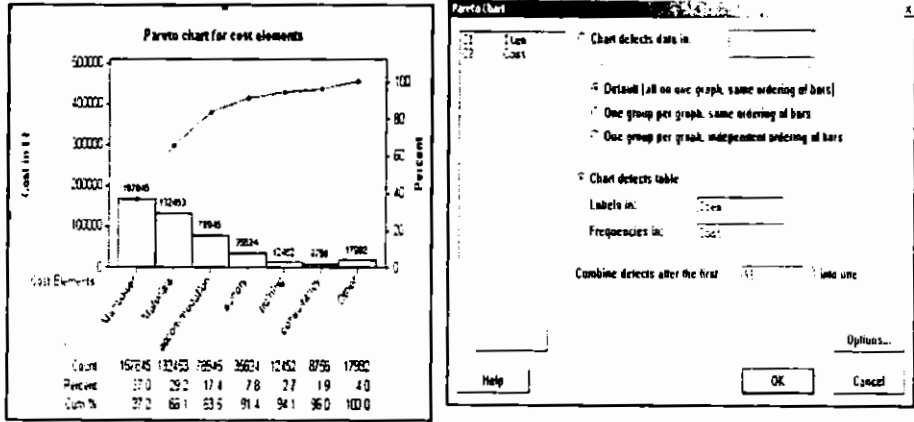
جدول رقم 9-3 : نموذج لتكاليف احد المشاريع الصغيرة

البند	Item	Cost
مواد خام	Materials	132453
أعمال هندسية	Engineering	4586
موارد بشرية	Manpower	167845
مصاريف نثرية	sundry	35624
تأمينات	insurance	4256
مواصلات	travel	2356
إهلاك	depreciation	1458
إيجار معدات	equipment rental	5326
إقامة وإعاشة	accommodation	78945
استشارات فنية	consultancy	8756
تدريب	training	12452
مصاريف أخرى	other costs	6358

والمطلوب معرفة أكثر العوامل تأثيرا في تكلفة المشروع باستخدام مخطط باريتو؟ ولمعرفة ذلك نقوم بما يلي:

1. نقوم بتجميع تكاليف العناصر فنحصل على التكلفة الإجمالية.
2. نقوم بحساب النسبة المئوية لكل عنصر (بقسمة تكلفة العنصر على إجمالي التكلفة).
3. نقوم بترتيب العناصر تصاعديا حسب النسبة المئوية.
4. نقوم برسم هذه القيم كما بالشكل 9-19.
5. نقوم بجمع النسب المئوية بصورة تراكمية ونوقعها على الرسم

- كما توجد بعض البرامج مثل المينيات Minitab والتي توفر علينا الجهد والوقت كما يلي:
- نقوم بإدخال الأرقام المتاحة إلى Minitab في عمودين رئيسيين.
 - نختار القوائم التالية Pareto Chart Minitab > Stat > quality tools > Pareto Chart.
- فيظهر مخطط باريتو كما بالشكل 9-19.



شكل رقم 9-19: مخطط باريتو - كما ينتج من مينيتاب

ومن المخطط نستنتج أن العناصر الرئيسية في التكاليف والتي نسميها القلة الفعالة أو الحيوية Vital Few كما هي موضحة بجدول 9-4 :

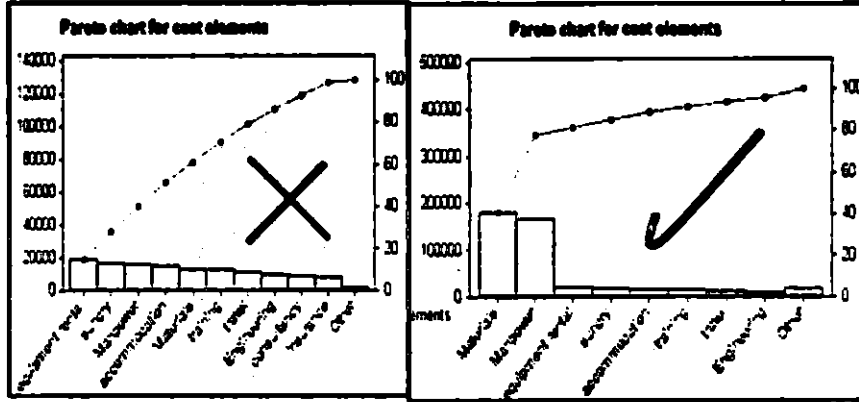
جدول رقم 9-4: عناصر التكاليف الرئيسية

النسبة	التكلفة	البند
36.50%	167845	موارد بشرية
28.80%	132453	مواد خام
17.10%	78945	إقامة وإعاشة
7.70%	35624	مصاريف نثرية

أما باقي العناصر والتي نسميها الكثرة المفيدة Useful Many فتأثيرها في إجمالي التكلفة بسيط ومحدود، وبالنظر أيضا إلى المخطط نلاحظ الآتي:

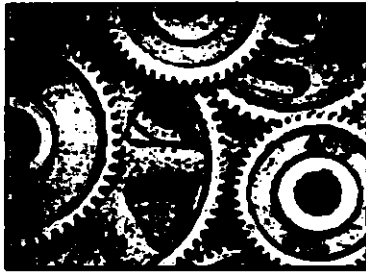
- الأعمدة مرتبة من الأكبر إلى الأصغر، وطول الأعمدة يشير إلى قيمتها.
 - المجموع التراكمي للعناصر كافة يساوي 100%.
- ولكي يكون الشكل معبرا تماما عن مخطط باريتو، أي عن النسبة 80/20، فينبغي أن يكون المجموع التراكمي لعشرون بالمائة 20% من العناصر يساوي 80% من القيم، بمعنى أنه لو كان لدينا عشر عناصر للتكلفة فينبغي أن يكون هناك عنصران أو ثلاثة يكون مجموعهم

التراكمي في حدود 80% من إجمالي التكاليف، فإذا لم يحدث هذا وكانت معظم العناصر ذات تأثير متساو كما بالشكل 9-20 (ارتفاع الأعمدة متقارب) فإن ذلك يدعونا صراحة إلى إعادة النظر في طريقة تصنيف العناصر تحت الدراسة، أو التشكك في صلاحية نظام القياس (يرجى مراجعة الفصل السادس)، ويدفعنا إلى إعادة تطبيق مخطط باريتو.



شكل رقم 9-20 تأثير تصنيف العناصر تحت الدراسة على شكل المخطط

9.12 مصفوفة (آلية) تحديد الأولويات Prioritization Matrix



شكل رقم 9-21: إشارة إلى تكامل بناء مصفوفة تحديد الأولويات

تعتبر مصفوفة تحديد الأولويات من الأدوات القوية التي تمكن فريق البحث من المفاضلة بين البدائل، والحصول على إجماع الفريق تجاه قضية مطروحة تحتل أكثر من وجه، ولن أطيل في التقديم وإنما سأدخل مباشرة بالموضوع، وسأحاول أن أجعل تكوين هذه المصفوفة عملية نمطية تخضع لخطوات محددة ومرتبطة ومتكاملة كما يعبر عن ذلك الشكل 9-21 وكما سيتضح من السطور القليلة القادمة.

• خطوات تكوين مصفوفة تحديد الأولويات Prioritization Matrix

Construction Steps

1. حدد البدائل المتاحة Available alternatives.
2. حدد المعايير أو المقاييس Criteria التي تود استخدامها للمفاضلة بين البدائل.
3. حدد وزنا للعلاقة بين المعايير ، كما يظهر في الشكل 9-22 ونعطي القيم الموضحة بالجدول 9-5 للتعبير عن أهمية المعايير بالنسبة لبعضها البعض:



شكل رقم 9- 22 الوزن النسبي للمعايير

جدول رقم 9- 5 الوزن النسبي للمعايير

الرقم ١٠ يعنى	هام جدا
الرقم ٥ يعنى	هام
الرقم ١ يعنى	متساو فى الأهمية
الرقم ١/٥ يعنى	قليل الأهمية
الرقم ١/١٠ يعنى	ليس له أدنى أهمية

4. كون مصفوفة "وزن المعايير بالنسبة للمعايير" Criteria Weighting Matrix
وهى مصفوفة واحدة كما بالجدول 9-6، وقم بتقييم وزن المعايير بالنسبة لبعضها البعض أو Weight Criteria to Criteria .

جدول رقم 9- 6 الوزن النسبي للمعايير بالنسبة لبعضها البعض

نسبة المصلحة %	المعيار الأول	المعيار الثانى	المعيار الثالث	المعيار الرابع	المعيار الخامس	المعيار السادس	المعيار السابع	المعيار الثامن
المعيار الأول								
المعيار الثانى								
المعيار الثالث								
المعيار الرابع								
المعيار الخامس								
المعيار السادس								
المعيار السابع								
المعيار الثامن								

Criteria weighting table
(One Table)



5. كون مصفوفات "كل البدائل مقابل كل معيار" Alternatives Against Each
Criteria وعدد هذه المصفوفات يساوى عدد المعايير كما بالجدول 9-7،
وسيكون عدد هذه المصفوفات مساويا لعدد المعايير، أى ثمانية مصفوفات.

جدول رقم 9- 7 مصفوفة كل البدائل مقابل كل معيار

المعيار الأول	المعيار الثاني										نسبة المصفوفة
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
البدائل الأولى	1										
البدائل الثانية		1									
البدائل الثالثة			1								
البدائل الرابعة				1							
البدائل الخامسة					1						
البدائل السادسة						1					
البدائل السابعة							1				
البدائل الثامنة								1			
البدائل التاسعة									1		
البدائل العاشرة										1	

Alternatives weighting table against each criteria
(No of tables = No of criteria)



$A2 = 1/B1$ $B3 = 1/C2$ $C4 = 1/D3$ $D5 = 1/E4$ $I1 = \text{Sum}(B1+C1+D1+E1+F1+G1+H1+I1+J1+K1+L1+M1+N1+O1+P1+Q1+R1+S1+T1+U1+V1+W1+X1+Y1+Z1)$ $J1 = 11/9$
 $A3 = 1/F1$ $B4 = 1/D2$ $C5 = 1/E3$ $D6 = 1/F4$ $I2 = \text{Sum}(A1+C1+D1+E1+F1+G1+H1+I1+J1+K1+L1+M1+N1+O1+P1+Q1+R1+S1+T1+U1+V1+W1+X1+Y1+Z1)$ $J2 = 12/9$
 $A4 = 1/D1$ $B5 = 1/F2$ $C6 = 1/F3$ $D7 = 1/G4$ $I3 = \text{Sum}(A1+B1+D1+E1+F1+G1+H1+I1+J1+K1+L1+M1+N1+O1+P1+Q1+R1+S1+T1+U1+V1+W1+X1+Y1+Z1)$ $J3 = 13/9$
 $A5 = 1/E1$ $B6 = 1/G2$ $C7 = 1/H3$ $D8 = 1/H4$ $I4 = \text{Sum}(A1+B1+C1+E1+F1+G1+H1+I1+J1+K1+L1+M1+N1+O1+P1+Q1+R1+S1+T1+U1+V1+W1+X1+Y1+Z1)$ $J4 = 14/9$
 $I9 = \text{Sum}(I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10+I11+I12+I13+I14+I15+I16+I17+I18+I19+I20+I21+I22+I23+I24+I25+I26+I27+I28+I29+I30+I31+I32+I33+I34+I35+I36+I37+I38+I39+I40+I41+I42+I43+I44+I45+I46+I47+I48+I49+I50+I51+I52+I53+I54+I55+I56+I57+I58+I59+I60+I61+I62+I63+I64+I65+I66+I67+I68+I69+I70+I71+I72+I73+I74+I75+I76+I77+I78+I79+I80+I81+I82+I83+I84+I85+I86+I87+I88+I89+I90+I91+I92+I93+I94+I95+I96+I97+I98+I99+I100)$

6. في كل مصفوفة من المصفوفات التي تم تكوينها في الخطوة السابقة ، قم بتقييم ووزن "كل البدائل مقابل كل معيار على حدة" Weight Alternatives Against Each Criteria

7. كون مصفوفة " كل البدائل مقابل كل المعايير " Alternatives Against all Criteria وهي مصفوفة واحدة فقط كما بالجدول 8-9.

جدول رقم 9- 8 مصفوفة " البدائل مقابل كل المعايير "

	المعيار الأول										نسبة المصفوفة
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
البدائل الأولى	1										
البدائل الثانية		1									
البدائل الثالثة			1								
البدائل الرابعة				1							
البدائل الخامسة					1						
البدائل السادسة						1					
البدائل السابعة							1				
البدائل الثامنة								1			
البدائل التاسعة									1		
البدائل العاشرة										1	

Alternatives weighting table against all criteria
(One table)



Criteria row total X Alternative row total

8. وأخيرا قم بترتيب البدائل طبقا والنسب المئوية التي تم الحصول عليها.

مثال رقم 9-2



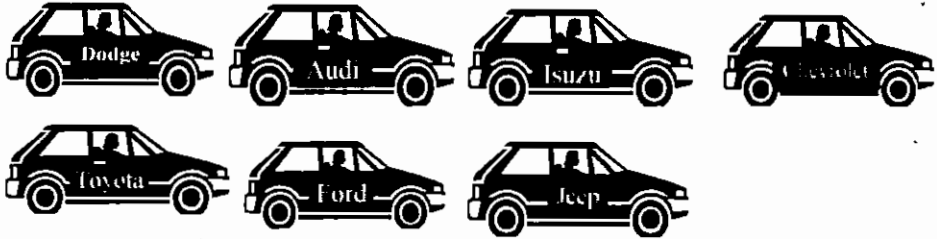
ارادت احدى السيدات شراء سيارة جديدة، كما فى شكل 9-23، وكانت البدائل المطروحة للشراء هى سبعة أنواع من السيارات كما فى شكل 9-24، و لكل بديل من هذه البدائل مزايا و عيوب، والمطلوب مساعدة هذه السيدة فى اختيار البديل المناسب لها.

الحل :

شكل رقم 9-23 المفاضلة بين مجموعة

لما كانت البدائل المطروحة متعددة ومتباينة ولكل منها عيوبه ومميزاته، فقد كانت عملية اتخاذ القرار مهمة صعبة، ولكننا سنرى أنه فى ظل توافر معايير محددة للاختيار والمفاضلة، وباستخدام مصفوفة تحديد الأولويات Prioritization Matrix ستصبح عملية اتخاذ قرار بالمفاضلة والشراء ممكنة وبدقة عالية، وسنقوم بالحل طبقا والخطوات التالية:

1. نحدد البدائل المطروحة Available Alternatives، وفى هذا المثال هى سبع سيارات: وهى دودج Dodge، وأودى Audi، وإيسوزو Isuzu، و شيفرولية Chevrolet، و تويوتا Toyota، وفورد Ford، و جيب Jeep كما فى الشكل 9-24.



شكل رقم 9-24 سبعة أنواع من السيارات

2. نحدد المعايير Criteria التي سنستخدمها للمفاضلة بين البدائل، وهى ثمانية وتشمل: السعر Price، والتصميم الداخلى Interior Comfort، والاستمرارية فى الخدمة ودرجة التحمل Durability، و تكرار الاعطال Repair Record، والتسارع Acceleration، واستهلاك الوقود Fuel Consumption، و معامل الأمان Safety، والتصميم الخارجى External Design.

3. نحدد وزنا للعلاقة بين المعايير Criteria كما يظهر فى الشكل 9-22 ونعطى القيم الموضحة بالجدول 9-5 للتعبير عن الأهمية النسبية بين المعايير.

4. نكون مصفوفة "وزن المعايير بالنسبة للمعايير" Weight Criteria to Criteria، كما بالجدول 9-9.

جدول رقم 9-9 تقييم وزن المعايير بالنسبة للمعايير (للمؤلف)

	Price.	Interior Comfort.	Durability.	Repair Record.	Acceleration.	Fuel Consumption.	Safety.	External Design.	Raw Total.	Raw %
Price.		5	1	5	5	1	1/5	5	22.2	16.7%
Interior Comfort.	1/5		1	5	5	1/5	1/10	1	12.5	9.4%
Durability.	1	1		5	5	1/5	1/5	5	17.4	13.1%
Repair Record.	1/5	1/5	1/5		5	1/5	1/5	1	7.0	5.3%
Acceleration.	1/5	1/5	1/5	1/5		1	1/10	5	6.9	5.2%
Fuel Consumption.	1	5	5	5	1		1	5	23.0	17.3%
Safety.	5	10	5	5	10	1		5	41.0	30.8%
External Design.	1/5	1	1/5	1	1/5	1/5	1/5		3.0	2.3%
									133.0	100.0%

5. نكون مصفوفة " كل البدائل مقابل كل معيار " أو Alternatives Against Each Criteria وعدد هذه المصفوفات يساوى عدد المعايير أى ثمانية مصفوفات، ثم نقوم بتقييم ووزن كل البدائل مقابل كل معيار، كما بالجدول 9-10، والجدول 9-11.

جدول رقم 9-10 مصفوفات البدائل مقابل كل معيار

1	المعيار	Dodge	Audi	Isuzu	Chevrolet	Toyota	Ford	Jeeb	Row Total	Row %
	Dodge		5	1	5	5	1	10	27.0	28.5%
	Audi	1/5		1/5	1	1/5	1/5	5	6.8	7.2%
	Isuzu	1	5		1	1/5	1/5	5	12.4	13.1%
	Chevrolet	1/5	1	1		1/5	1/5	1	3.6	3.8%
	Toyota	1/5	5	5	5		1	5	21.2	22.3%
	Ford	1	5	5	5	1		5	22.0	23.2%
	Jeeb	1/10	1/5	1/5	1	1/5	1/5		1.9	2.0%
									94.9	100.0%
2	المعيار	Dodge	Audi	Isuzu	Chevrolet	Toyota	Ford	Jeeb	Row Total	Row %
	Dodge		1/5	1	1/5	1/5	1/5	1/10	1.9	2.1%
	Audi	5		5	1	1	1	1/5	13.2	14.9%
	Isuzu	1	1/5		1	1/5	1	1/5	3.6	4.1%
	Chevrolet	5	1	1		1/5	1	1/5	8.4	9.5%
	Toyota	5	1	5	5		5	1	22.0	24.9%
	Ford	5	1	1	1	1/5		1/5	8.4	9.5%
	Jeeb	10	5	5	5	1	5		31.0	35.0%
									88.5	100.0%
3	المعيار	Dodge	Audi	Isuzu	Chevrolet	Toyota	Ford	Jeeb	Row Total	Row %
	Dodge		1/5	1	1	1/5	1	1/10	3.5	3.4%
	Audi	5		5	5	1	5	1/5	21.2	20.9%
	Isuzu	1	1/5		1	1/5	1	1/10	3.5	3.4%
	Chevrolet	1	1/5	1		1/5	1/5	1/10	2.7	2.7%
	Toyota	5	1	5	5		5	1	22.0	21.7%
	Ford	1	1/5	1	5	1/5		1/5	7.6	7.5%
	Jeeb	10	5	10	10	1	5		41.0	40.4%
									101.5	100.0%
4	المعيار	Dodge	Audi	Isuzu	Chevrolet	Toyota	Ford	Jeeb	Row Total	Row %
	Dodge		1/5	5	1	1/5	1	1/10	7.5	8.2%
	Audi	5		5	1	1/5	5	1/5	16.4	17.9%
	Isuzu	1/5	1/5		1	1/5	1	1/5	2.8	3.1%
	Chevrolet	1	1	1		1/5	1	1/5	4.4	4.8%
	Toyota	5	5	5	5		5	1	26.0	28.4%
	Ford	1	1/5	1	1	1/5		1/5	3.6	3.9%
	Jeeb	10	5	5	5	1	5		31.0	33.8%
									91.7	100.0%

جدول رقم 9- 11 تابع مصفوفات البدائل مقابل كل معيار

5	Acceleration	Dodg	Audi	Isuzu	Chevrolet	Toyota	Ford	Jeeb	Row Total	Row %
	Dodg		1/5	1	1	1	1	1	5.2	7.3%
	Audi	5		5	1	1	1	5	18.0	25.4%
	Isuzu	1	1/5		1	1/5	1	1/5	3.6	5.1%
	Chevrolet	1	1	1		1/5	1	5	9.2	13.0%
	Toyota	1	1	5	5		5	1	18.0	25.4%
	Ford	1	1	1	1	1/5		1/5	4.4	6.2%
	Jeeb	1	1/5	5	1/5	1	5		12.4	17.5%
									70.8	100.0%
6	Fuel Consumption	Dodg	Audi	Isuzu	Chevrolet	Toyota	Ford	Jeeb	Row Total	Row %
	Dodg		5	1	1	1/5	1	5	13.2	16.4%
	Audi	1/5		1/5	1/5	1/5	1	1	2.8	3.5%
	Isuzu	1	5		1	1	5	5	18.0	22.4%
	Chevrolet	1	5	1		1	5	5	18.0	22.4%
	Toyota	5	5	1	1		5	5	22.0	27.4%
	Ford	1	1	1/5	1/5	1/5		1	3.6	4.5%
	Jeeb	1/5	1	1/5	1/5	1/5	1		2.8	3.5%
									80.4	100.0%
7	Stays	Dodg	Audi	Isuzu	Chevrolet	Toyota	Ford	Jeeb	Row Total	Row %
	Dodg		1/5	1	1	1	1	1/5	4.4	5.9%
	Audi	5		5	5	1	1	1/5	17.2	23.2%
	Isuzu	1	1/5		1	1/5	1	1/5	3.6	4.9%
	Chevrolet	1	1/5	1		1/5	1	1/5	3.6	4.9%
	Toyota	1	1	5	5		1	1/5	13.2	17.8%
	Ford	1	1	1	1	1		1	6.0	8.1%
	Jeeb	5	5	5	5	5	1		26.0	35.1%
									74.0	100.0%
8	External Discharge	Dodg	Audi	Isuzu	Chevrolet	Toyota	Ford	Jeeb	Row Total	Row %
	Dodg		1/5	1	1	1/5	1	1	4.4	5.1%
	Audi	5		5	1	1/5	1	5	17.2	19.8%
	Isuzu	1	1/5		1	1/5	5	5	12.4	14.3%
	Chevrolet	1	1	1		1/5	5	5	13.2	15.2%
	Toyota	5	5	5	5		5	5	30.0	34.6%
	Ford	1	1	1/5	1/5	1/5		1/5	2.8	3.2%
	Jeeb	1	1/5	1/5	1/5	1/5	5		6.8	7.8%
									86.8	100.0%

6. نكون مصفوفة " كل البدائل مقابل كل المعايير " Alternatives Against all Criteria وهي مصفوفة واحدة فقط كما في جدول 9-12.

جدول رقم 9-12 مصفوفة " كل البدائل مقابل كل المعايير "

	Price.	Interior Comfort.	Durability.	Repair Record.	Acceleration.	Fuel Consumption.	Safety.	External Design.	Row Total	Row %
Dodge	22.2	12.5	17.4	7.0	6.9	23.0	41.0	3.0		
	27.0	1.9	3.5	7.5	5.2	13.2	4.4	4.4		
Audi	22.2	12.5	17.4	7.0	6.9	23.0	41.0	3.0		
	6.8	13.2	21.2	16.4	18.0	2.8	17.2	17.2		
Isuzu	22.2	12.5	17.4	7.0	6.9	23.0	41.0	3.0		
	12.4	3.6	3.5	2.8	3.6	18.0	3.6	12.4		
Chevrolet	22.2	12.5	17.4	7.0	6.9	23.0	41.0	3.0		
	3.6	8.4	2.7	4.4	9.2	18.0	3.6	13.2		
Toyota	22.2	12.5	17.4	7.0	6.9	23.0	41.0	3.0		
	21.2	22.0	22.0	26.0	18.0	22.0	13.2	30.0		
Ford	22.2	12.5	17.4	7.0	6.9	23.0	41.0	3.0		
	22.0	8.4	7.6	3.6	4.4	3.6	6.0	2.8		
Jeeb	22.2	17.5	17.4	7.0	6.9	23.0	41.0	3.0		
	1.9	31.0	41.0	31.0	12.4	2.8	26.0	6.8		

	Price.	Interior Comfort.	Durability.	Repair Record.	Acceleration.	Fuel Consumption.	Safety.	External Design.	Row Total	Row %
Dodge	599.4	23.8	60.9	52.5	35.9	303.6	180.4	13.2	1269.6	11.28%
Audi	151.0	165.0	368.9	114.8	124.2	64.4	705.2	51.6	1745.0	15.51%
Isuzu	275.3	45.0	60.9	19.6	24.8	414.0	147.6	37.2	1024.4	9.10%
Chevrolet	79.9	105.0	47.0	30.8	63.5	414.0	147.6	39.6	927.4	8.24%
Toyota	470.6	275.0	382.8	182.0	124.2	506.0	541.2	90.0	2571.8	22.85%
Ford	488.4	105.0	132.2	25.2	30.4	82.8	246.0	8.4	1118.4	9.94%
Jeeb	42.2	387.5	713.4	217.0	85.6	64.4	1066.0	20.4	2596.4	23.07%
									11253.2	100.00%

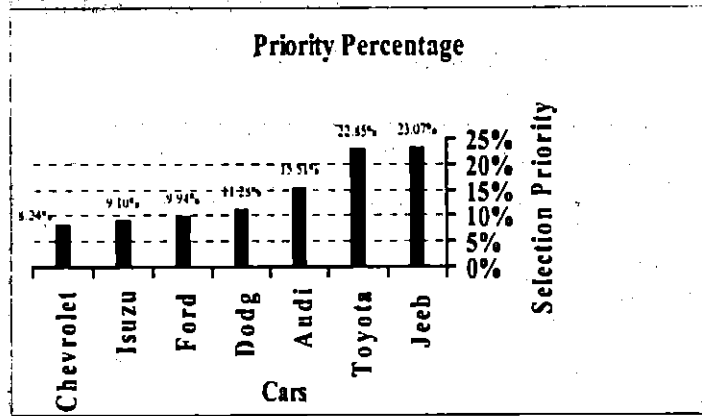
7. نرتب البدائل طبقا والنسب المئوية التي تم الحصول عليها بالجدول 9-13.

جدول رقم 9-13 النسب المئوية للبدائل



Priority	Car	Percentage
1	Jeeb	23.07%
2	Toyota	22.85%
3	Audi	15.51%
4	Dodge	11.28%
5	Ford	9.94%
6	Isuzu	9.10%
7	Chevrolet	8.24%

8. نرسم منحني الأعمدة كما بالشكل 9-25 ليعكس قيم نسب الجدول 9-13.



شكل رقم 9- 25 منحني الأعمدة لترتيب البدائل

ومن المنحنى 25-9 يتضح جلياً أنه طبقاً والمعايير التي اتخذت في بداية المثال ، فإن أولوية الشراء ستكون للسيارة الجيب Jeep، يليها السيارة تويوتا Toyota ، ثم السيارة Audi، وهكذا

وبالتالى فقد استطعنا بهذه الطريقة، حسم الخلاف حول اختيار إحدى السيارات بطريقة منظمة ومرتبطة وجامعة لكل معايير الاختيار، وهكذا يمكن تعميم استخدام وتطبيق هذه الطريقة في الكثير من المجالات المختلفة ، وعند المفاضلة بين البدائل الكثيرة، ولا يخفى أن الشيء المهم في هذه الحالة هو الإتفاق على المعايير وتحديدتها تحديداً دقيقاً.

9.13. تقنية المجموعة الاسمية Nominal Group Technique NGT

وهي أداة تشبه Prioritization Matrix إلى حد كبير إلا أنها أقل عمقا وتستخدم في المشروعات الصغيرة التي نريد الوصول فيها إلى اتفاق سريع للأراء، والمشروعات التي لا تحتاج إلى قدر كبير من الدقة.

وهي تتألف كما في جدول 9-14 من جدول واحد يضم في العمود الأول البدائل التي نود المفاضلة بينها، كما تضم في الصف الأول أسماء المشاركين في عملية الاختيار، ويقوم رئيس الفريق بتسجيل تقييم كل شخص لكل بديل من البدائل، وفي العمود الأخير يتم تجميع التقييمات التي حصل عليه كل بديل، ثم يتم ترتيبها تنازلياً.

ولتوضيح فكرة هذه الطريقة سنطبقها على نفس المثال السابق، وهو اختيار إحدى السيارات السبع، (وسيتضح لنا أن هذه الطريقة هي أقل عمقا من طريقة Prioritization Matrix التي تم شرحها سابقا ولكنها أسرع وأسهل).

حل آخر للمثال 9-2 بتقنية المجموعة الإسمية:

جدول رقم 9-14 تقنية المجموعة الإسمية

	احمد	على	سامية	خالد	علاء	هدى	Row Total	Row %
Dodge	5	6	4	5	8	5	33	13.55%
Audi	6	6	4	5.5	4	6.5	32	13.14%
Isuzu	6	5	7.5	2	6	4	30.5	12.53%
Chevrolet	5	4	6.5	8	6	4	33.5	13.76%
Toyota	6.5	7	8	5	7.5	6	40	16.43%
Ford	4	5.5	7	5	4.5	8	34	13.96%
Jeep	7	8	6	7	5.5	7	40.5	16.63%
							243.5	100.00%

9.14 حساب تكاليف الجودة Cost of Quality Calculation

في المراحل الأولى من مراحل التحسين وبخاصة أثناء المرحلة الثانية وهي مرحلة القياس Measure، يكون على رأس مهام فريق التحسين حساب تكاليف الجودة الرديئة أو ما نطلق عليه Cost of Poor Quality (COPC)، حتى يتمكن الفريق فيما بعد (بعد عملية التحسين Improvement Phase) من حساب التوفير الذي أمكن تحقيقه جراء التحسين الذي أجراه .

وقبل أن نتعرض لكيفية حساب تكاليف الجودة الرديئة ، أرى أنه من المفيد أن نتناول باختصار كيفية تقسيم بنود تلك التكاليف إلى عناصرها الأساسية، مع تنويه سريع عن نشأة هذا التقسيم ، فنجد أن:

- أول من كتب عن المعنى العام لتكاليف الجودة هو جوران "Juran" في كتابة دليل تحكم الجودة 1951م .
- أول من قسم تكلفة الجودة إلى التصنيف المعروف حالياً هو فايجنباوم "A.V Feigenbaum" عندما كان مديراً عاماً في GE في كتابه التحكم في الجودة الشاملة Total Quality Control.
- أول من قام بتطوير وتطبيق نظرية Feigenbaum هو الدكتور هارينجتون Dr. Harrington في شركة IBM وأضاف إليها مفهوم CPQ " تكاليف الجودة الرديئة" في عام 1960.

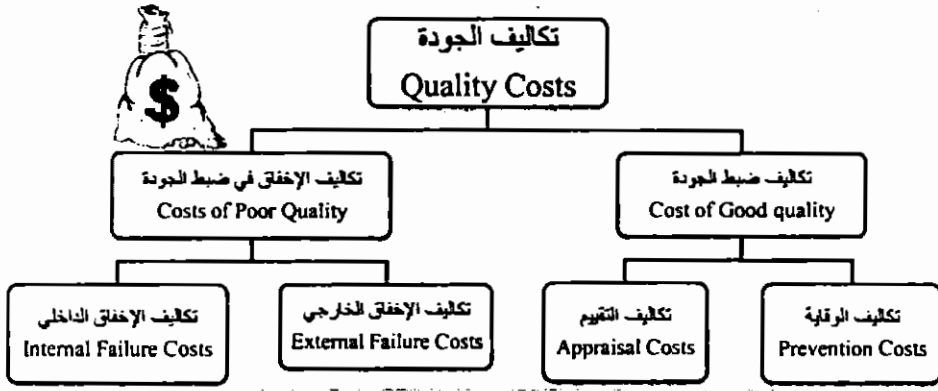
- أول تقرير نشر عن تكاليف الجودة الرديئة "CPQ" كان في شركة IBM عام 1964.

9.14.1. أهمية دراسة تكاليف الجودة Importance of Cost of Quality Study

- تعتبر دراسة تكاليف الجودة جزء هام وتكاملي لأي برنامج جودة، وخطوة هامة عند تنفيذ مشروعات التحسين، ومن أهم مميزات دراسة التكاليف المتعلقة بالجودة ما يلي:
- تحويل تكاليف الجودة إلى أرقام بسيطة ومرئية من خلال نسب يساعد في نشر ثقافة الجودة ويدفع الإدارة والموظفين لفهم أهمية عمل الشيء صحيحاً من المرة الأولى.
 - تعتبر الدراسة مؤشر قوي لتحفيز الإدارة العليا في تطبيق وتنفيذ مفهوم تكاليف الجودة.
 - التحكم والسيطرة بفعالية في هذه التكاليف وتخفيضها وبالتالي تخفيض التكاليف الإجمالية للمنتج وبالتالي زيادة أرباح المنشأة.
 - تسهم في تقييم وتقدير التكاليف بدقة ووضع الموازنات بواقعية.

9.14.2. أنواع تكاليف الجودة Cost of Quality Types

- وتعرف تكاليف الجودة بأنها "جميع التكاليف التي يتم إنفاقها في أي منشأة أو منظمة إنتاجية أو خدمية لضمان تقديم المنتج أو الخدمة إلى العملاء متوائمة مع متطلباتهم، بالإضافة إلى الخسارة الناتجة من عدم أنجاز أو الحصول على الجودة."
- أي أن التكاليف المرتبطة بالجودة تنقسم إلى نوعين رئيسيين من التكاليف وهما : التكاليف التي تنفق لتقديم منتج ذي جودة عالية Cost of Good Quality COGQ ، وهي تكاليف للحفاظ على الجودة وضبطها، وتكاليف الجودة الرديئة Cost of Poor Quality COPQ ، أي التكاليف الناتجة عن العجز عن تقديم منتج ذي جودة عالية وهي تكاليف لعلاج وإصلاح العيوب، والشكل 9-26 يوضح ذلك:



شكل رقم 9- 26 الأنواع المختلفة لتكاليف الجودة

ومن هذا الشكل نجد أن هذه التكاليف تنقسم إلى عدة أنواع رئيسية كما يلي:

■ تكاليف مرتبطة بمنع حدوث الأخطاء Prevention Cost

وهي تكاليف نحاول من خلالها منع حدوث الأخطاء و تتعلق بالتخطيط والتصميم، وتشمل عدة عناصر منها:

- 1- تكاليف تحديد متطلبات العملاء Product or Service Requirement، ووضع المواصفات الفنية للمنتج والمواد الخام والعمليات البينية.
- 2- تكاليف التخطيط لمنتج ذي جودة Quality Planning، عن طريق نظم الجودة والاعتمادية Reliability، والإشراف والفحص والصيانة...
- 3- تكاليف صيانة ومراجعة وتعديل نظم إدارة الجودة Quality Management System، والذي يُعرف بنظام تأكيد الجودة Quality Assurance.
- 4- تكاليف التطوير والتدريب Training للعمال والمشرفين والإدارة
- 5- تكاليف متنوعة Miscellaneous مرتبطة بأعمال الجودة مثل المراجعات والشحن والانتقال والاتصال والسفر وغيرها.

■ تكاليف مرتبطة بالتقييم Appraisal Cost

وهي تكاليف تتعلق بعمل القياسات اللازمة لتقييم كل من المواد الموردة والمنتجة، للتأكد من مطابقتها للمواصفات والمعايير المتفق عليها، وتشمل عدة عناصر منها:

- 1- تكاليف الاختبارات Verification للتأكد من تطابق المدخلات والمخرجات للمواصفات الفنية.
- 2- تكاليف المراجعات والفحص Quality Audit للتأكد من وجود وتطبيق نظام إدارة الجودة.

3- تكاليف شراء وصيانة ومعايرة أجهزة التفتيش و القياس Inspection
Equipment.

4- تكاليف تقييم موردي المواد الخام والخدمات Vendor Rating.

■ تكاليف مرتبطة بإصلاح الأخطاء الداخلية Internal Failure Cost

وهي التكاليف المتعلقة بتعديل وإصلاح الأخطاء في المنتجات أو في الخدمات قبل خروجها من الشركة للعملاء، وتشمل عدة عناصر منها:

- 1- تكاليف المنتجات المعيبة (الخردة) Scrap، التي لا يمكن إصلاحها أو بيعها.
- 2- تكاليف إعادة التصنيع أو الإصلاح Rework or Rectification للمنتجات المعيبة التي يمكن إصلاحها.
- 3- تكاليف إعادة القياس والتفتيش للمنتجات التي تم إعادة إصلاحها.
- 4- تكاليف بيع المنتجات بقيمة أقل من سعرها الحقيقي Downgrading، لعدم جودتها وتباع على أنها درجة ثانية.
- 5- تكاليف الأنشطة الغير ضرورية Waste مثل تخزين المنتجات المعيبة، والزائدة.
- 6- تكاليف مرتبطة بعملية تحليل أسباب وجود منتجات معيبة Failure
Analysis وإعادة التصميم.

■ تكاليف مرتبطة بإصلاح الأخطاء الخارجية External failure cost

وتنشأ هذه التكاليف عندما لا تفي المنتجات بمستوى الجودة المطلوب، أو تكون معيبة ولا تكتشف هذه العيوب إلا بعد وصولها للعملاء، وتشمل عدة عناصر منها:

- 1- تكاليف الاستبدال خلال فترة الضمان Warranty، أو الإصلاح Repair سواء كان الإصلاح بعد إرجاعها للمصنع أو في أماكن استخدامها.
- 2- تكاليف الأنشطة المرتبطة بالشكاوى Complaints من متابعة وتحليل.
- 3- تكاليف الإرجاع Returns للمنتجات المعيبة، وما يتبعها من نقصى وتحقيق وانتقالات ونقل وشحن وإصلاح.
- 4- تكاليف العقوبات Penalties الناشئة عن المسؤولية Liability وعدم الالتزام بالموصفات القياسية.

5- التكاليف المرتبطة بضیاع السمعة الطيبة Loss of Goodwill وأثر ذلك على مستقبل الشركة أو المؤسسة.

وفى الأنواع الأربعة السابق الإشارة إليها نلاحظ أن تكاليف النوعين الأولين منها يرتبط بمحاولة إنتاج منتج خالى من العيوب، وما يصحبه من منع حدوث واكتشاف أخطاء Cost of Errors Detection and Prevention وهو ما نسميه "منع اندلاع الحرائق Fire Detection and Prevention"، بينما تكاليف النوعين الآخرين منها يرتبط بإنتاج منتج معيب، وما يصحب ذلك من إصلاح الأخطاء Cost of Errors Correction، وهو ما نسميه "إطفاء الحرائق بعد اندلاعها Fire Fighting" (Pyzdek, 2003).

9.14.3. قياس وتحليل تكاليف الجودة Cost of Quality Measuring/Analysis

هذا وتقاس تكاليف الجودة فى الشركات بتكوين جدول يضم العناصر الأربعة الرئيسية للتكاليف مع تحديد تكلفة كل بند فرعى من هذه العناصر كما بالجدول 9-15:

جدول رقم 9- 15 حساب تكاليف الجودة

جدول تكاليف الجودة عن الفترة من / / الى / /		
عناصر التكاليف	التكلفة	النسبة من المبيعات %
تكاليف وقائية Prevention Cost تكاليف الإجراءات الوقائية	-1	
	-2	
	-3	
تكاليف التقييم Appraisal Cost تكاليف مراقبة الجودة	-1	
	-2	
	-3	
تكاليف الإخفاق الداخلى Internal failure cost تكاليف حالات عدم المطابقة الداخلية	-1	
	-2	
	-3	
تكاليف الإخفاق الخارجى External failure cost تكاليف حالات عدم المطابقة بعد البيع	-1	
	-2	
	-3	
إجمالي التكاليف		

وبعد إعداد جدول تكاليف الجودة يمكن من خلاله حصر جميع التكاليف المتعلقة بجودة المنتج، ثم يلي تلك عملية تحليل هذه التكاليف بطريقتين:

1. **تحليل النزعة (Trend Analysis):** ويطلق على هذا النوع اسم التحليل الأفقى Horizontal Analysis، وفيه نقوم بمقارنة مستويات التكاليف الحالية بمستويات ماضية داخل الشركة، أو بمقارنة مستويات التكاليف الحالية بمستويات التكاليف المناظرة فى الشركات المنافسة، و منه يمكن استخلاص معلومات مفيدة للتخطيط المستقبلي لتحسين مستوى الجودة .

2. **تحليل باريتو (Pareto Analysis):** ويطلق على هذا النوع اسم التحليل الرأسى Vertical Analysis، وفيه نقوم بمقارنة مستويات التكاليف المختلفة بعضها البعض لمعرفة أكثر هذه العناصر تأثيراً تكلفة الجودة ، وبعد تحليل باريتو Pareto Analysis من بين أنجع التقنيات فى تحليل تكاليف الجودة إذ من خلاله يمكن تحديد القلة المهمة Vital few و التي يمكن العمل عليها من أجل التقليل فى تكاليفها. بمعنى آخر التركيز أكثر فى عملية التحسين على القلة المهمة Vital few وترك الكثرة الغير مهمة Trivial many (يرجى مراجعة مبدأ باريتو فى الفصل التاسع من هذا الكتاب).

مثال رقم 9- 3

قام فريق التحسين بإحدى الشركات بحساب عناصر تكاليف الجودة وكانت قيمها كما بالجدول 9-16 والمطلوب تحليل هذه النتائج .

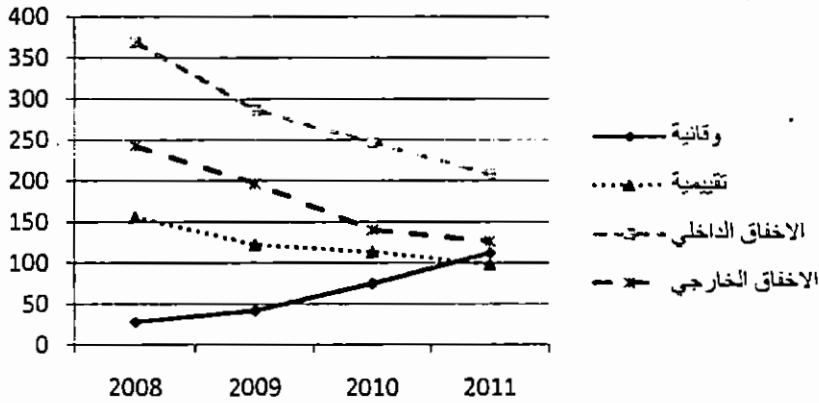
جدول رقم 9- 16 تكاليف الجودة بالالف جنيه

البند	2008	2009	2010	2011
وقائية	27.8	41.5	74.6	112.3
تقييمية	155.9	122.5	113.5	98.4
الاحفاق الداخلي	369.2	286.4	247	209.1
الاحفاق الخارجي	242.9	196.7	140	126.3
تكاليف الانتاج	3,560	3,670	3,880	3,890
المبيعات	4,160	4,450	5,050	5,190

الحل:

اولا نقوم برسم الأنواع المختلفة للتكاليف فى الأعوام الأربعة كما فى شكل 9-28 ، ومنه يتضح أن :

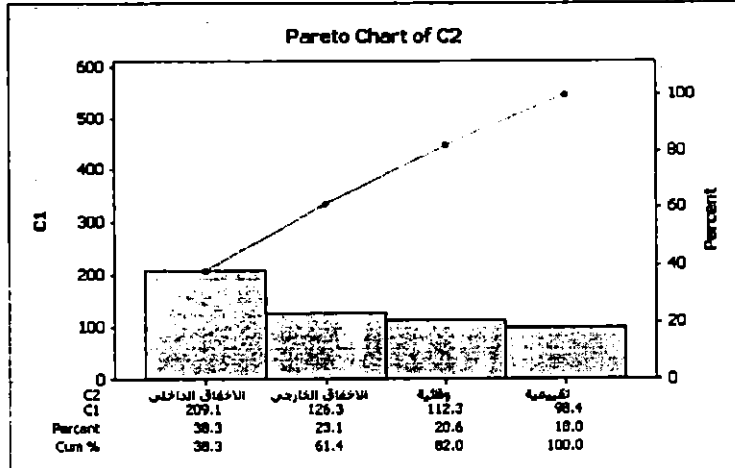
- التكاليف الوقائية زادت بينما قلت باقى أنواع التكاليف.
- فى كثير من الحالات تؤدى زيادة المصروفات على التكاليف الوقائية إلى تخفيض باقى المصروفات.
- يمكن لهذه الشركة أن تستمر فى زيادة مصروفاتها على التكاليف الوقائية ما دام ذلك يؤدى إلى تخفيض باقى التكاليف حتى نصل إلى المرحلة التى تصبح فيها زيادة المصروفات على التكاليف الوقائية عديمة التأثير على ما باقى التكاليف.



شكل رقم 9- 27 مخطط تحليل النزعة لتكاليف الجودة لأربع سنوات

ثانياً نقوم برسم مخطط باريتو للأنواع المختلفة للتكاليف فى أحد الأعوام الأربعة وليكن عام 2011 (تم إختيار عام 2011 لأنه أحدث البيانات وبالتالي أكثرها تعبيراً عن الواقع) كما فى شكل 9- 29 ، ومنه يتضح أن :

- الشكل العام الناتج لمخطط باريتو لا يعطى النمط/ النموذج Pattern المعروف لباريتو والذي يفضل أن يكون 20 الى 80 ، وذلك بسبب قلة العناصر المحللة ، وبالتالي سنتغاضى عن شرط تحقق النمط 80/20 ، وسنستمر فى التحليل.
- تتركز معظم التكاليف فى بند تكاليف الإخفاق الداخلى ثم يليها تكاليف الإخفاق الخارجى ، وهو ما يشير إلى ضرورة زيادة الإنفاق فى بند التكاليف الوقائية للتقليل وللمحد من الإخفاقات الداخلية والخارجية .



شكل رقم 9- 28 مخطط تحليل باريتو لتكاليف عام 2011

كذلك يمكننا رسم العلاقة بين نسبة تكاليف الجودة (تكاليف الجودة مقسومة على التكاليف الكلية) مع الأرباح (1- التكاليف مقسومة على المبيعات) للسنوات الأربع ، ومنه سنلاحظ أن نسبة الأرباح تزداد كلما قلت نسبة تكاليف الجودة.

9.14.4 استراتيجية مكافحة تكاليف الجودة Cost of Quality Fighting Strategy

إن تبني الطرق المعروفة و الأدوات التقليدية للجودة Traditional Quality Tools التي تستخدم لمكافحة المنتج الردي أو الخدمة السيئة، تؤدي إلى اكتشاف جزء صغير من هذه المشاكل لا يتجاوز نسبة عشرين بالمائة منها، مثل تكاليف الضمان وإصلاح العيوب والاختبارات والتفتيش والتدريب وإعادة التشغيل ومفايد الإنتاج، وهناك نسبة غير بسيطة تقترب من ثمانين بالمائة تكون غير ظاهرة، ويمكن اكتشاف جزء كبير منها باتباع منهجية التحسين المستمر Six Sigma Methodology، مثل تكاليف فقد عميل لن يعود للتعامل



مع الشركة، والعميل الغير راض عن المنتج أو الخدمة الذي سيقوم بإبلاغ زملائه وأحبائه وأصدقائه بذلك، و تكاليف العقوبات الداخلية والخارجية لمخالفة اللوائح والمعايير، وتكلفة توقف الآلات بدون عمل، وتكاليف فقد

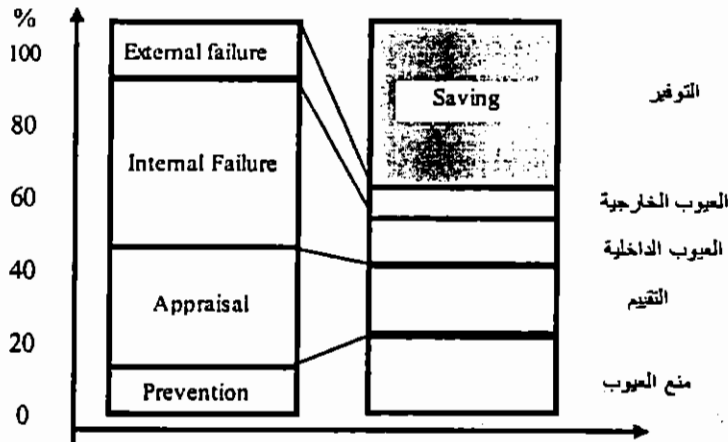
شكل رقم 9- 29 المشاكل المرئية وغير مرئية Pyzdek,

الفرص التسويقية وفرص البيع، و تكاليف زيادة المخزون الراكد، و تكاليف طول زمن التوريد أو تقديم الخدمة، و تكاليف عدم انتظام العاملين في أداء مهامهم، و تكاليف هجرة العمالة الماهرة من العمل في الشركة، والشكل 9-29 فيعرض هذا المفهوم وهذه الفكرة.

واعتقد أنه لا يختلف معي أحد على أن وجود منتجات معيبة أو ذات جودة منخفضة ضمن الإنتاج الكلى للمنظمة، فضلا عن أنه يضع المنظمة في وضع تنافسي متدني ويسبب إلى سمعتها، يؤدي كذلك إلى زيادة تكاليف المنتجات السليمة والخالية من العيوب، إذ أن تكاليف المنتجات المعيبة ستضاف إلى التكاليف الكلية للإنتاج، وبالتالي تكون المحصلة ارتفاع السعر النهائي للخدمة المقدمة أو للسلعة المنتجة.

أما لتوضيح العلاقة بين عناصر تكاليف الجودة، فنجد أنها في كثير من الحالات تخضع لقانون (100:10:1) : فإنفاق 1 جنيه على تكاليف الوقاية سوف يوفر 10 جنيهات على تكاليف التقييم و 100 جنيه على تكاليف الاخفاق (الداخلي و الخارجي).

أما الشكل رقم 9-30 فيعرض استراتيجية التعامل مع الأنواع الأربعة والتي تركز على "منع اندلاع الحريق بدلا من مكافحته Fire Detecting and Preventing Rather Than Fighting" عملا بمبدأ " الوقاية خير من العلاج"، وفيه يتضح زيادة تكاليف منع ظهور العيوب بهدف الحصول على منتجات سليمة من أول محاولة للإنتاج، أي Getting it Right First Time، أي الزيادة في تكاليف بند الوقاية Prevention ، سيكون له بالغ الأثر في تقليل التكاليف في باقي البنود الأخرى، وهذا يؤدي في النهاية إلى ظهور التوفير الذي تطمح إليه كل المؤسسات والشركات والمنظمات.



شكل رقم 9-30 استراتيجية خفض تكاليف الجودة

9.15. مخطط الصندوق والشنب Box Plot or Box and whisker

يعد مخطط الصندوق Box Plot من الأدوات الهامة لبيان توزيع البيانات و مدى تماثلها، وهو عبارة عن رسم بياني يشبه الصندوق، ومن خلاله يمكن الإجابة سريعا على السؤال هل البيانات متماثلة أم لا ؟ وإلى أى جهة تميل هذه البيانات؟ (يرجى مراجعة الفصل الحادى عشر من هذا الكتاب تحت عنوان عرض البيانات باستخدام الرسوم البيانية Data .(Presenting Using Graphs

والآن سنأخذ مثالا يوضح مجالات استخدامه والتي يمكن ذكر بعضها فيما يلى:

1. المقارنة بين عدة مجموعات من البيانات.
2. تحديد مدى اقتراب توزيع البيانات من منحنى التوزيع الطبيعي.
3. تحديد النقاط التي من المحتمل أن لا تنتمي إلى مجموعة البيانات الأصلية القيم الغريبة/الشاذة Outliers، إما بسبب القياس الخاطئ أو بسبب التسجيل الغير دقيق.

مثال رقم 9- 4

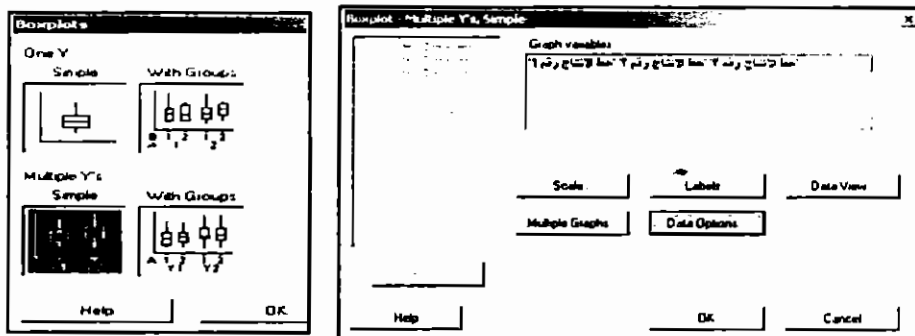
بفرض أن لدينا بيانات لثلاث خطوط إنتاج فى أحد المصانع تصنع جسما اسطوانيا من البلاستيك لكي يستخدم فى لعب الأطفال، وقد لوحظ عند تجميع اللعب وجود اختلاف طفيف فى أقطار الجسم الاسطوانى والذي من المفترض أن يكون التفاوت المسموح به فى حدود نصف ميلليمتر، وعند تسجيل عدة قراءات للتفاوت فى إنتاج الخطوط الثلاثة حصلنا على البيانات المعطاة فى الجدول 9-17. والمطلوب رسم و تحليل هذه القراءات باستخدام مخطط الصندوق Box Plot.

جدول رقم 9- 17 التفاوت فى اقطار منتج من ثلاثة خطوط إنتاج لنفس

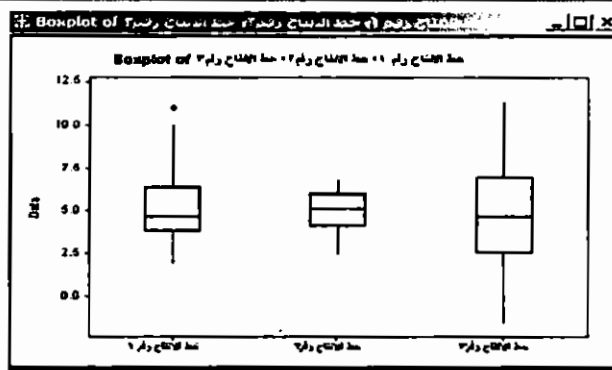
خط الإنتاج رقم ١	خط الإنتاج رقم ٢	خط الإنتاج رقم ٣
4.5172	6.15623	2.5572
4.027	6.77243	5.8602
5.0398	3.62667	0.3917
4.3422	5.02219	1.9634
5.1405	3.607	6.5878
5.7577	5.17998	9.17
4.1099	5.45739	9.8664
2.8713	5.11859	-1.5575
3.4062	4.18647	4.513
6.4946	4.06114	4.7024

الحل:

أولاً نبدأ برسم مخطط الصندوق Box Plot لهذه البيانات باستخدام Minitab باختيار القوائم التالية Minitab > Graph > Box plot فيظهر المربع الحواري كما في شكل 9-31، فنختار Multiple Y sample مربع حوار آخر فنختار الأعمدة الثلاثة ثم OK فيظهر الشكل 9-32:



شكل رقم 9-31 المربع الحواري Minitab



شكل رقم 9-32 نتيجة المقارنة بين ثلاثة خطوط إنتاج

ويمكننا التعليق على الشكل 9-32 كما يلي:

1. بالنسبة لخط الإنتاج الأول يبدو أن القياسات المسجلة قد لا تتبع منحنى التوزيع الطبيعي (يرجى مراجعة الفصل الثاني عشر تحت عنوان التوزيعات الاحتمالية في هذا الكتاب) لأن الخط الممثل للوسيط Median لا يقع في منتصف الصندوق (لا يمكن الجزم بأن البيانات تتبع أولاً تتبع منحنى التوزيع إلا باختبار لطبيعية البيانات Normality test)، كما أن خط الوسيط Median قريب من التفاوت المسموح وهو نصف ميليمتر، كما يلاحظ أن حجم الصندوق للخط الأول أصغر من حجم الصندوق للخط الثالث، وأكبر من حجم الصندوق للخط الثاني، وهو ما

يدل على وجود تباين، كذلك يلاحظ وجود النقط الغريبة/الشاذة Outlier وهو ما يشير إلى أحد احتمالين، إما أن هناك قياس خاطئ، أو أن هناك خطأ في قياس وتسجيل هذه القيمة.

2. بالنسبة لخط الإنتاج الثاني يبدو مبدئياً أن القياسات المسجلة تتبع منحنى التوزيع الطبيعي لأن الخط الممثل للوسيط Median يقع في منتصف الصندوق، كما أن هذا الخط قريب من التفاوت المسموح به وهو نصف ميليمتر، كما يلاحظ أن حجم الصندوق للخط الثاني أصغر من حجم الصندوقين للخطين الأول والثالث، وهو ما يدل على وجود تباين أقل من الموجود في الخطين الأول والثالث.

3. بالنسبة لخط الإنتاج الثالث يبدو أن القياسات المسجلة تتبع منحنى التوزيع الطبيعي، لأن الخط الممثل للوسيط Median يقع في منتصف الصندوق، وطول الشنبيين متساو تقريباً، كما أن خط الوسيط Median قريب من التفاوت المسموح به وهو نصف ميليمتر، كما يلاحظ أن حجم الصندوق للخط الثالث أكبر من حجم الصندوقين للخطين الأول والثاني، وهو ما يدل على وجود تباين كبير.

وبعد هذا التحليل يتضح أن أداء خط الإنتاج الثاني هو أفضل الخطوط الثلاثة (بفرض أن نظام القياس واحد للخطوط الثلاثة) لما يلي:

1. التباين فيه أقل من الموجود في الخطين الآخرين.
2. لا يحتوي على القيم الغريبة/الشاذة Outliers.
3. بياناته تتبع منحنى التوزيع الطبيعي.

مثال رقم 9-5

بفرض أن القياسات السابقة كانت لتقييم ثلاث أنظمة قياس، وكانت مقاسات القطع المقاسة جميعاً تتراوح بين 3 ملليمتر و 6 ملليمتر، وعدد هذه القطع هو خمسون قطعة، والمطلوب التعليق على هذه النتائج.

الحل: في هذا المثال سنقوم بنفس الخطوات السابقة لرسم مخطط الصندوق Box Plot وسنحصل على نفس الأشكال السابقة ونعلق على ذلك بأن نظام القياس الثاني هو الأفضل أيضاً لنفس الأسباب السابق ذكرها.

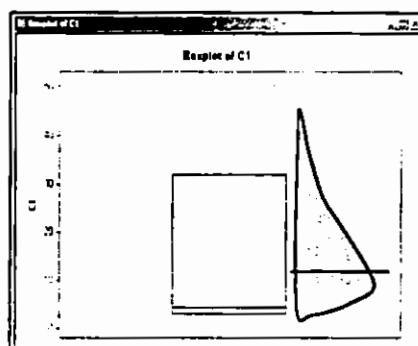
مثال رقم 9-6

أما إذا كان لدينا البيانات الموضحة بالجدول 9-18

جدول رقم 9- 18 مجموعة بيانات لرسمها بمخطط الصندوق

3.8857	3.123	2.9869	3.1849	1.8339	4.3449	5.7676	2.362
4.2843	2.0872	5.1133	3.9283	1.1381	4.5796	3.3611	2.375

وتم رسمها بمخطط الصندوق Box Plot فإنها تظهر بالشكل 9-33، ويتضح أنها من المحتمل لا تتبع منحنى التوزيع الطبيعي لأن الوسيط Median متطرف أطوال الشنبيين غير متساويين، كذلك يتضح أن تكرار غالبية البيانات يتركز حول الوسيط Median، وذيل التوزيع يكون جهة الشنب الأكبر أى أنها ملتوية جهة اليسار Left Skewed، وهذا ما يدفعنا إلى الاعتقاد بأن هذه البيانات من المحتمل ألا تنتمي لعملية واحدة، فقد تكون البيانات مجمعة من خطى إنتاج، أو مصنعين، أو مناوبتى عمل، ويتم التعامل مع هذا الموقف عن طريق إعادة تخطيط جمع البيانات (لمزيد من المعلومات عن هذه النقطة يرجى الرجوع إلى الفصل الثالث عشر تحت عنوان العينات وطرق انتقائها Samples and sampling فى هذا الكتاب).



شكل رقم 9- 33 مخطط الصندوق للمثال 9-6

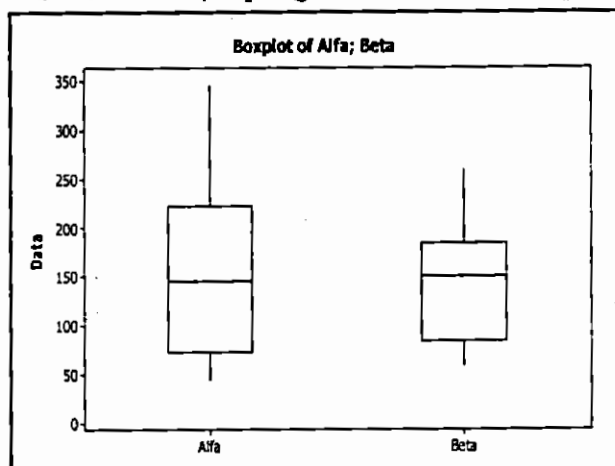
مثال رقم 9- 7

تمتلك إحدى الشركات عددا كبيرا من الآلات الإنتاجية الهامة، وتقوم شركتين متخصصتين الفا وبيتا بصيانة هذه المعدات عند حدوث أى أعطال لها، وفى الفترة الأخيرة ازدادت أعطال إحدى هذه المعدات بصورة تؤثر على استمرار الإنتاج، وتريد الشركة المالكة اختيار إحدى شركتي الصيانة للتعاقد معها بصفة دائمة، ولاختيار أفضل الشركتين قام فريق منهجية التحسين Six sigma برصد أدائهما فى الستة أشهر الأخيرة، وتم تسجيل الزمن اللازم لإصلاح هذه المعدة الهامة، وكانت النتائج كما فى جدول 9-19 كالتالى:

جنول رقم 9-19، الزمن اللازم لإصلاح معدة هامة بواسطة شركتين في السنة

الوقت المستغرق للإصلاح بالدقيقة									الشركة
45	60	86	145	345	225	189	220	115	ألفا
102	78	90	168	190	180	145	259	170	بيتا

الحل: بنظرة سريعة على البيانات المتاحة، ولأول وهلة وقبل رسم مخطط الصندوق Box Plot في شكل 9-34 سيظهر أن شركة ألفا هي الأفضل، حيث إن معظم أوقات الإصلاح التي تتم عن طريقها هي أقل من أوقات الإصلاح التي تتم عن طريق شركة بيتا.

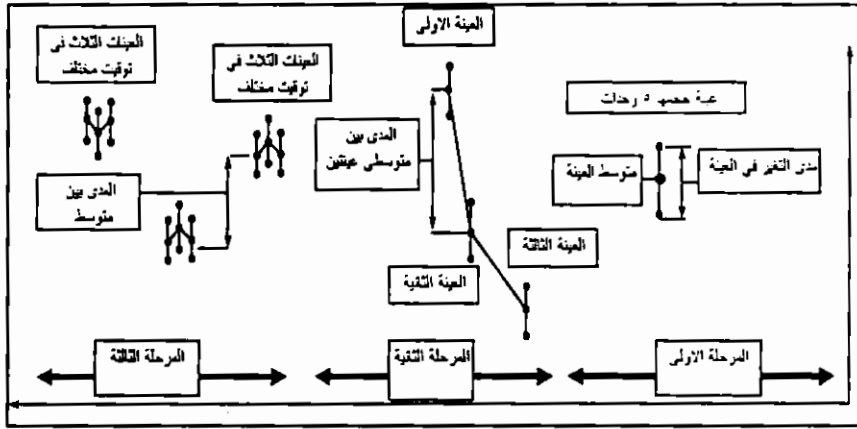


شكل رقم 9-34 مخطط الصندوق للشركتين

ولكن وبعد رسم مخطط الصندوق Box Plot كما بالشكل 9-34 سيظهر عكس ذلك، وسيوضح أن شركة بيتا هي الأفضل حيث إن حجم الصندوق الممثل لأوقات إصلاحها أقل حجماً من الصندوق الممثل للشركة ألفا، مما يدل على أن التباين المصاحب لزمن الإصلاح أقل.

9.16. مخطط مدى المتغيرات المتعددة Multi-Vari Interval Plot

يعد مخطط المتغيرات المتعددة من الأدوات التي يمكن استخدامها لعرض صورة للبيانات وبيان مدى التغير والتباين فيها، ويشبه إلى حد كبير أداة الصندوق والشنب Box Plot التي تناولناها بالشرح في هذا الفصل، غير أنه يفوقها من حيث عمق التحليل، وهو يوضح التفاوت والتباين الموجود في عينة ما Variation in sample، والتباين في مجموعة العينات Variation within subgroup، كما يستخدم في نفس الوقت في توضيح التباين والاختلاف الموجود بين مجموعات العينات Variation between groups في أوقات مختلفة، والشكل 9-35 التالي يوضح هذا المفهوم:



شكل رقم 9-35 منحنى المتغيرات المتعددة

ففي المرحلة الأولى من الرسم يكون لدينا عينة حجمها خمس وحدات مثلاً فنقوم بحساب المدى وهو الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة في العينات ثم نحسب متوسط هذه العينة بجمع قيمها وقسمتها على عددها، وبالتالي يمكننا تحديد التباين والاختلاف في العينة الأولى.

وفي المرحلة الثانية يكون لدينا ثلاث عينات من جنس العينة الأولى (أي ثلاث عينات حجم كل منها خمس وحدات)، فنرسم كل عينة من هذه العينات الثلاث كما تم في حالة العينة الأولى، وبذلك يمكننا تحديد التباين والاختلاف بين العينات الثلاث التي تم تجميعها في وقت واحد.

وفي المرحلة الثالثة يكون لدينا ثلاث مجموعات من العينات (يتم تجميعها عادة في أوقات مختلفة) كل مجموعة عبارة عن ثلاث عينات وكل عينة حجمها خمس وحدات، ويتم رسم هذه المجموعات الثلاث كما تم رسمها في المرحلة الثانية، وبذلك يمكننا تحديد التباين والاختلاف بين مجموعات العينات الثلاث التي تم تجميعها في أوقات مختلفة.

وبالتالى وبعد هذا الرسم فإنه يتضح أنه بإمكاننا تحديد التباين والاختلاف داخل العينة الواحدة المكونة من خمس وحدات، وداخل المجموعة الأولى من العينات التى تم تجميعها فى نفس الوقت، وايضا بين مجموعات العينات التى تم تجميعها فى أوقات مختلفة.

وتستخدم هذه الأداة فى مرحلة القياس Measure، وقبل إجراء اختبار الفرضيات Test Of Hypothesis فى مرحلة التحليل Analyze من مراحل منهجية التحسين (يرجى الرجوع إلى الفصل السابع عشر فى هذا الكتاب).

• خطوات تجهيز مخطط المتغيرات المتعددة Multi-Vari Preparation steps

1. مرحلة جمع البيانات وتحديد مجموعات العينات Subgroups Definitions ويفضل ألا يقل عدد العينات فى كل مجموعة فرعية Subgroup عن خمسة عينات، ويتم قياس خصائص العينات مثل الوقت والأطوال والأبعاد والأحجام بالطريقة والوحدات المناسبة.

2. حساب كل من المتوسط الحسابي Mean، والانحراف المعياري Standard Deviation لكل مجموعة عينات Subgroup ويلاحظ أن الانحراف المعياري

يحسب من العلاقة $\sigma = \frac{\bar{R}}{D_2}$ حيث $\bar{R}$ هي متوسط المدى، وحيث تحسب D_2 من الجداول المذكورة فى الفصل السادس تحت عنوان خرائط المراقبة والتحكم Control Charts من هذا الكتاب (ومن الجدير بالذكر أنه إذا لم نستطع حساب قيمة الانحراف المعياري لقلّة حجم العينات فيمكن حساب المدى واستخدامه بديلا عن الانحراف المعياري فى هذه الحالة).

3. نجهز المحاور الرأسية والأفقية وندرجها، ثم نرسم خطا راسيا ارتفاعه يساوى 6σ أى ستة أضعاف الانحراف المعياري ووسطه يساوى قيمة المتوسط الحسابي، ونكرر ذلك لكل مجموعة بيانات.

مثال رقم 9-8

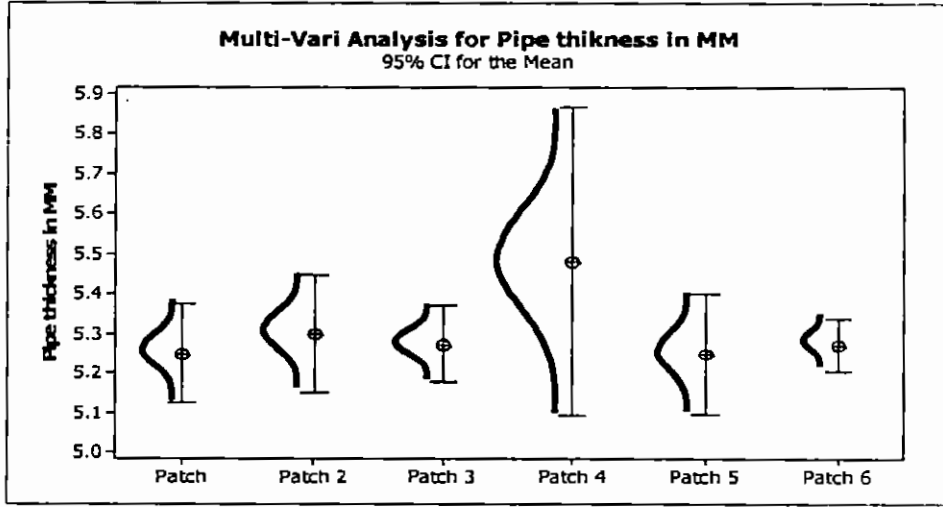
تقوم إحدى الشركات بإنتاج نوعا من المواسير بسمك محدد، وقد لوحظ فى الفترة الأخيرة ورود عدة شكاوى من العملاء من عدم انتظام سمك المواسير، خاصة بعد عمل صيانة عمرة كاملة لماكينّة الإنتاج رقم 2، ولذا فقد قام فريق التحسين برصد وتسجيل سمك المواسير المنتجة للماكينات المختلفة وكانت القراءات كما هو موضح بالجدول 9-20.

جدول رقم 9- 20 سمك المواسير في عينات مختلفة

Patch	Patch 2	Patch 3	Patch 4	Patch 5	Patch 6
5.2	5.16	5.21	5.1	5.156	5.2
5.3	5.3	5.23	5.2	5.13	5.31
5.1	5.4	5.4	5.8	5.2	5.3
5.3	5.2	5.3	5.6	5.36	5.32
5.35	5.43	5.23	5.7	5.4	5.23

الحل:

بعد رسم مخطط المتغيرات المتعددة Multi-vari، يظهر الشكل 9-36.

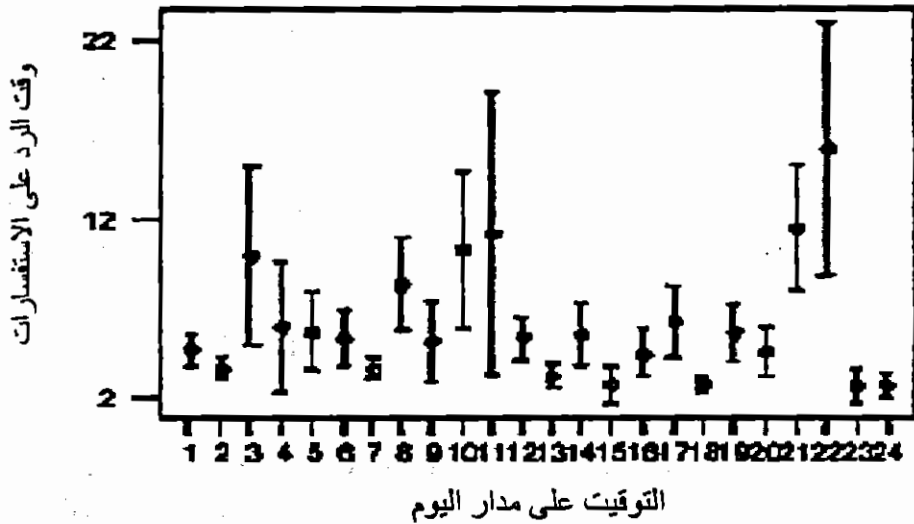


شكل رقم 9- 36 منحني المتغيرات المتعددة Multi-vari للماكينات الخمسة

وفيه نلاحظ أن هناك خمسة ماكينات متقاربة الأداء ويتراوح سمك المواسير المنتجة بها بين 5.1 ملليمتر و 5.45 ملليمتر وهي في الحدود المسموح بها، أما الماكينة الرابعة فيلاحظ أن سمك المواسير المنتجة بها يتراوح بين 5.1 ملليمتر و 5.85 ملليمتر وهو مدى واسع، ويتضح من ذلك أن هناك احتمال كبير في أن تكون هي الماكينة المسببة للشكوى وليس الماكينة التي اعتقدنا انها سبب المشكلة، ونلاحظ في الشكل المعروض أننا تمكنا من رؤية الاختلاف والتباين بين الماكينات المختلفة، والتباين والاختلاف الناتج من كل ماكينة على حده، و الجدير بالذكر أنه يمكن رسم هذا الشكل باستخدام برنامج الميني تاب Minitab من القوائم Graph > interval Plot.

والشكل 9-37 التالي يعرض تحليلاً للوقت المستغرق للرد على استفسارات العملاء في مركز خدمة تليفونية على مدار 24 ساعة، و من المفروض ألا يتجاوز وقت الرد على الاستفسارات فيه عن خمس دقائق.

وفيه نلاحظ أن الأوقات التي حدث فيها تجاوز للوقت المسموح به هي الساعة 3، والساعة 11 والساعة 22 وبالتالي يمكننا اتخاذ الإجراء اللازم لإصلاح وتقويم هذا الخلل، وقد يتطلب ذلك زيادة عدد العاملين في هذا التوقيت، أو زيادة تدريب العاملين في هذه المناسبات (الورادي).



شكل رقم 9-37 منحنى المتغيرات المتعددة Multi-vari للرد على الاستفسارات

9.17. مخطط الهستوجرام Histogram

الهستوجرام Histogram عبارة عن رسم بياني يوضح تكرار البيانات Frequency Distribution و يعكس شكلها، ومن خلاله يمكن الإجابة سريعا علي السؤال هل البيانات متماثلة أم لا ؟ وأين تقع أكثر القيم تكرارا، وارتفاع أعمدة الهستوجرام Histogram تتناسب مع تكرار البيانات ويجب أن تكون الأعمدة متجاورة بدون فواصل Without Gaps وليس شرطاً أن يبدأ ترقيم المحور الأفقي من الصفر (يرجى مراجعة الفصل الحادي عشر من هذا الكتاب تحت عنوان عرض البيانات باستخدام الرسوم البيانية Data Presenting Using Graphs).

والآن سنعرف كيفية رسمه باستخدام الميني تاب Minitab، وسنأخذ مثالا يوضح مجالات استخدامه- وهى نفس مجالات استخدام مخطط الصندوق Box Plot- والتي يمكن ذكر بعضها فيما يلى:

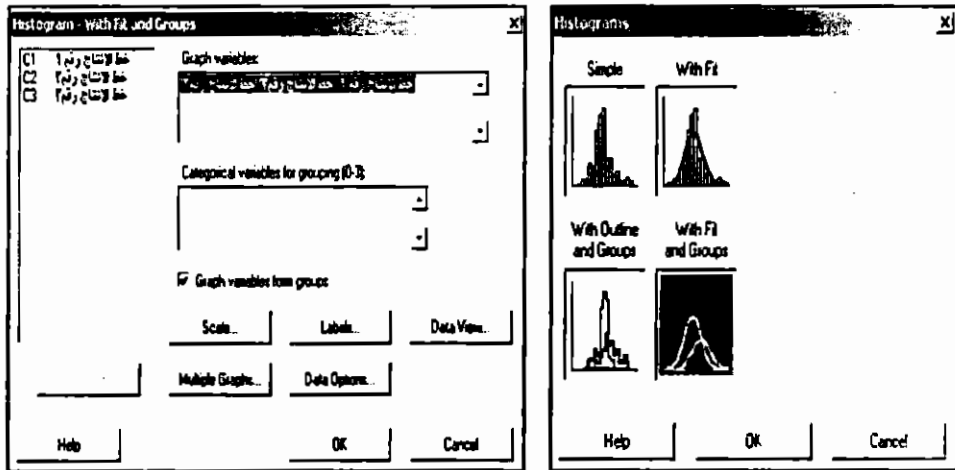
1. المقارنة بين عدة مجموعات من البيانات.
2. تحديد مدى اقتراب توزيع البيانات من منحنى التوزيع الطبيعي.
3. تحديد ما إذا كانت البيانات تنتمي إلى عملية Process واحدة أو أكثر.
4. تحديد النقاط التي من المحتمل ألا تنتمي إلى مجموعة البيانات الأصلية أى القيم الغريبة/الشاذة Outliers، أما عن طريق القياس الخاطئ أو عن طريق التسجيل الغير دقيق.

مثال رقم 9- 9

المطلوب رسم و تحليل البيانات الموضحة فى الجدول 9-13 باستخدام الهستوجرام Histogram، (ولاحظ أنها نفس البيانات التى تناولناها عند شرح مخطط الصندوق Box Plot، وتعمدنا ذلك حتى نرى الفرق بين الهستوجرام Histogram ومخطط الصندوق Box Plot).

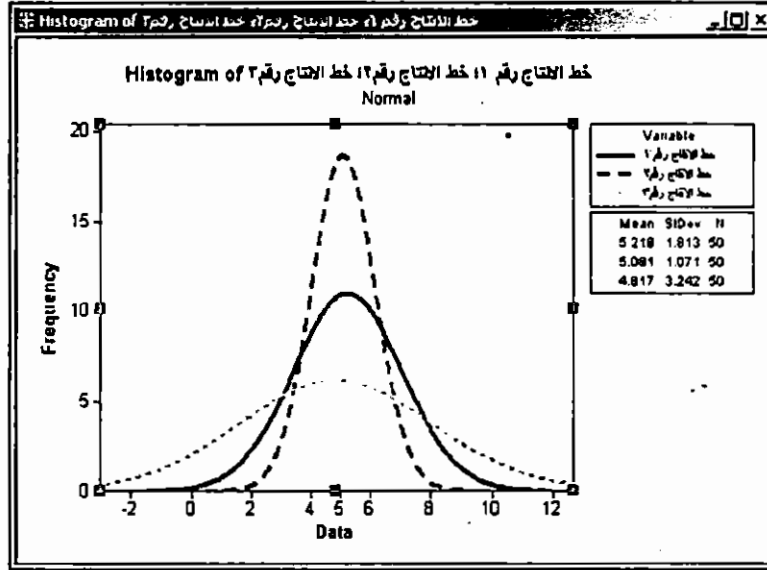
الحل:

اولا نبدأ برسم الهستوجرام Histogram لهذه البيانات باستخدام الميني تاب Minitab باختبار القوائم التالية Minitab > Graph > Histogram، فيظهر المربع الحواري فى شكل 9-38 فنختار with fit and group، ثم نختار الثلاثة خطوط الإنتاج الثلاثة



شكل رقم 9- 38 تجهيز منحنى الهستوجرام للخطوط الثلاثة

فيظهر الشكل 9-39 ومنه يتضح أن خط الإنتاج رقم 2 هو أقل الخطوط تشتتاً، ومتوسطه أقرب ما يكون إلى النصف ميليمتر، وعلى هذا فإن خط الإنتاج رقم 2 هو أفضل الخطوط ويتضح أيضاً أن خط الإنتاج رقم 3 هو أسوأها لأنه الأكثر تشتتاً، وهي نفس النتيجة التي حصلنا عليها عندما استخدمنا مخطط الصندوق Box Plot.



شكل رقم 9-39 منحني الهستوجرام للخطوط الثلاثة

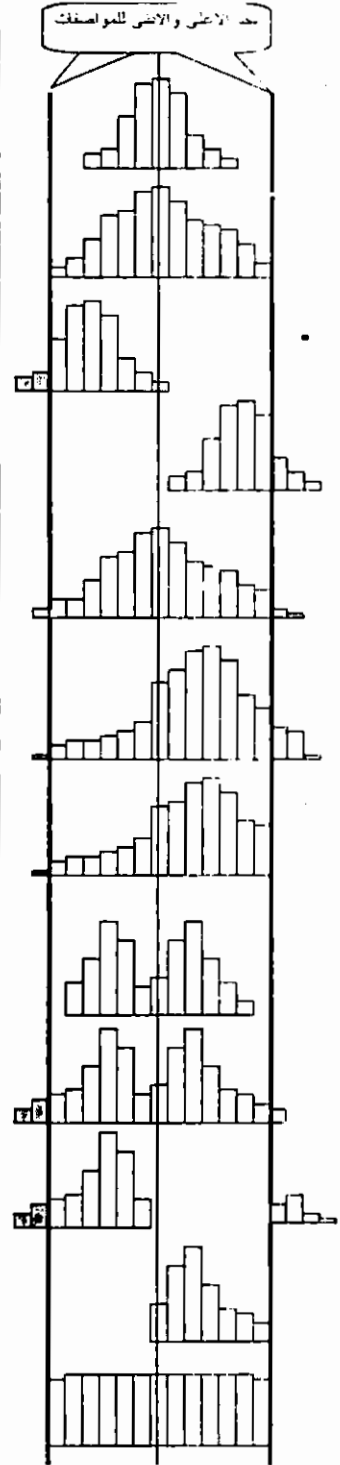
وإذا تم قسمة قيمة كل عمود (التكرارات) من أعمدة الهستوجرام Histogram على إجمالي قيم الأعمدة (إجمالي التكرارات) فإننا نحصل على ما نطلق عليه دالة الكثافة الاحتمالية Probability Density Function (PDF) (يرجى مراجعة الفصل الثاني عشر تحت عنوان الاحتمال والتوزيعات الاحتمالية في هذا الكتاب).

9.17.1 تفسير نماذج الهستوجرام Histogram Interpretation

ويجب ملاحظة أنه لكي نتمكن من رسم هستوجرام يعبر عن العملية فيجب ألا تقل عدد القراءات عن خمسين قراءة، إذ أن القراءات الأقل من ذلك قد تؤدي إلى استنتاجات غير سليمة وغير دقيقة، كذلك يجب التأكد من البيانات تتبع منحني التوزيع الطبيعي قبل تعميم الاستنتاجات.

و الشكل التالي 9-40 يعرض عدة نماذج للهستوجرام التي يمكن الحصول عليها من أي عملية، مع تفسير لهذه النماذج، وتوضيح الإجراءات اللازمة لكل نموذج .

وصف المنظومة المنتجة	الاجراء المطلوب اتخذه
منظومة متركزة حول الهدف وتبنى باحتياجات العملاء و توجد سماحية لحداث اخطاء	المحافظة على هذا الاداء
منظومة متركزة حول الهدف وتبنى باحتياجات العملاء ولا توجد سماحية لاني خطأ " موقف خرج "	تقليل الاضطراب الناتج عن common caouses
منظومة غير متركزة حول الهدف و بها عيوب جهة الحد الأقصى للمواصفات ويمكن اصلاحها	تقليل الاضطراب الناتج عن Special caouses
منظومة غير متركزة حول الهدف و بها عيوب جهة الحد الأقصى للمواصفات ويمكن اصلاحها	تقليل الاضطراب الناتج عن Special caouses
منظومة متركزة حول الهدف وغير مقبولة وبها عيوب جهة الحد الأقصى والاني للمواصفات	تقليل الاضطراب الناتج عن common caouses
منظومة غير متركزة حول الهدف وغير مقبولة وبها عيوب جهة الحد الأقصى والاني للمواصفات	تقليل الاضطراب الناتج عن common caouses و Special caouses
نفس الحالة السابقة مع ملاحظة انه تمت عملية فرز لنقح المنظومة لاختفاء المنتجات المعيبة ، فيجب الحذر عند اتخاذ قرار	بحث اسباب اختفاء المنتجات المعيبة قبل التحليل واتخاذ القرار
من المحتمل ان تكون البيئات المرسومة من ورديتين ، او شركتين ، او حتى انتاج اي Bimodal process ، ومع ذلك لا توجد عيوب	فصل وتصنيف البيئات Stratification والمحافظة على هذا الاداء
نفس الحالة السابقة مع ملاحظة وجود عيوب	فصل وتصنيف البيئات Stratification قبل اتخاذ قرار
نفس الحالة السابقة مع ملاحظة وجود عيوب	فصل وتصنيف البيئات Stratification قبل اتخاذ قرار
منظومة غير متركزة حول الهدف ، وبها عيوب من عدم وجود عيوب الا انها تتوقع حدوثها بين حين وآخر	المراقبة عن كثب و تقليل الاضطراب الناتج عن Special caouses
يلاحظ انه تمت عملية فرز دقيقة للنقح المنظومة وتم اختفاء المنتجات المعيبة ، فيجب الحذر عند اتخاذ قرار	بحث اسباب اختفاء المنتجات المعيبة (وهذا يؤدي الى رفع تكلفة المنتجات السليمة) قبل التحليل وقبل اتخاذ القرار



شكل رقم 9- 40 نماذج مختلفة للهستوجرام

9.18. خريطة سير/ تدفق العمليات Flow Chart or Process Map

تعد خريطة سير العمليات Flow Chart من أحد الأدوات التي توضح الخطوات التي تمر بها عملية ما في عملية معينة عن طريق الرسومات والأشكال، وهي بذلك صورة و تلخيص وعرض - وليست بديلا - للإجراءات المكتوبة لتنفيذ تلك العملية.

وهناك مسميات مختلفة لخريطة سير العمليات Process Map كما يلي:

1. خريطة عالية المستوى (مبسطة وسهلة الفهم) High-level Process Map

وهي صورة مبسطة وسريعة لسير الأنشطة، وغالبا ما تتألف من خمسة إلى سبعة خطوات فقط وتقدم لغير المتخصصين، أو في تقارير الإدارة العليا.

2. خريطة تفصيلية Detailed Process Map وهي صورة معمقة ودقيقة لسير

الأنشطة، وفيها يتم إدراج كافة الخطوات مهما كانت درجة أهميتها ويطلق عليها أحيانا خريطة سير الأنشطة Activity Flow Chart.

3. مصفوفة سير الأنشطة Matrix Flow Diagram وهي كالنوع السابق ولكن

تكون أكثر تعقيدا ويظهر فيها المجموعات المشاركة في خطوات العملية راسيا على هيئة أعمدة وفي بعض الأحيان يطلق خريطة سير العمليات ذات الحارات Swim Lane Process Map.

4. خريطة سير العمليات المستهدفة Should-Be Process Map: وهي الصورة

التي يقوم فريق التحسين بتعديلها لتكون قابلة للتنفيذ في مرحلة التحسين Improve.

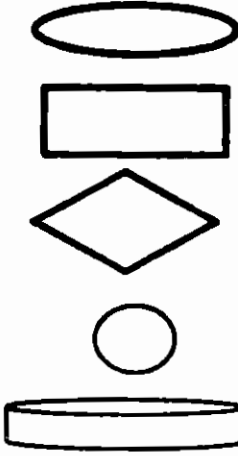
5. خريطة سير العمليات الممكنة Could-Be Process Map: وهي الصورة التي

يتمنى فريق التحسين تنفيذها، ولكن لا يتم ذلك إما لصعوبة تنفيذه أو لقصور في الموارد، وغالبا تستخدم في مرحلة التصميم، وهو التصميم الذي إذا تم تنفيذه نضمن ألا تزيد نسبة العيوب في منتجاته عن 3.4 لكل مليون منتج Design for Six Sigma.

خطوات رسم خريطة سير العمليات Flow Chart construction steps

قبل أن نوضح خطوات رسمها سنعرض عددا من الأشكال والرموز المتعارف والمتفق عليها والتي نستخدم أثناء رسمها كما في شكل 9-41 ومنها ما يلي:

1. الشكل البيضاوي: ويشير إلى البداية والنهاية.



شكل رقم 9- 41 الاشكال
المختلفة المستخدمة في رسم
Flow chart

2. الشكل المستطيل: ويشير إلى خطوة تنفيذية.
3. الشكل المعين: ويشير إلى خطوة سيتخذ فيها قرار وبناءا على هذا القرار ستتحدد الخطوة القادمة في العملية.
4. الشكل الدائري: ويشير إلى نقطة مفصلية، تستكمل من خلالها الخطوات، ويكثر الاستعانة بها في العمليات المعقدة لتبسيط الشكل لنتائج، ويوضع بداخلها حرف يوضح النقطة التي ستليه في صفحة أخرى.
5. الشكل الاسطواني: ويشير إلى وسيلة تخزين بيانات (وسائط متعددة).

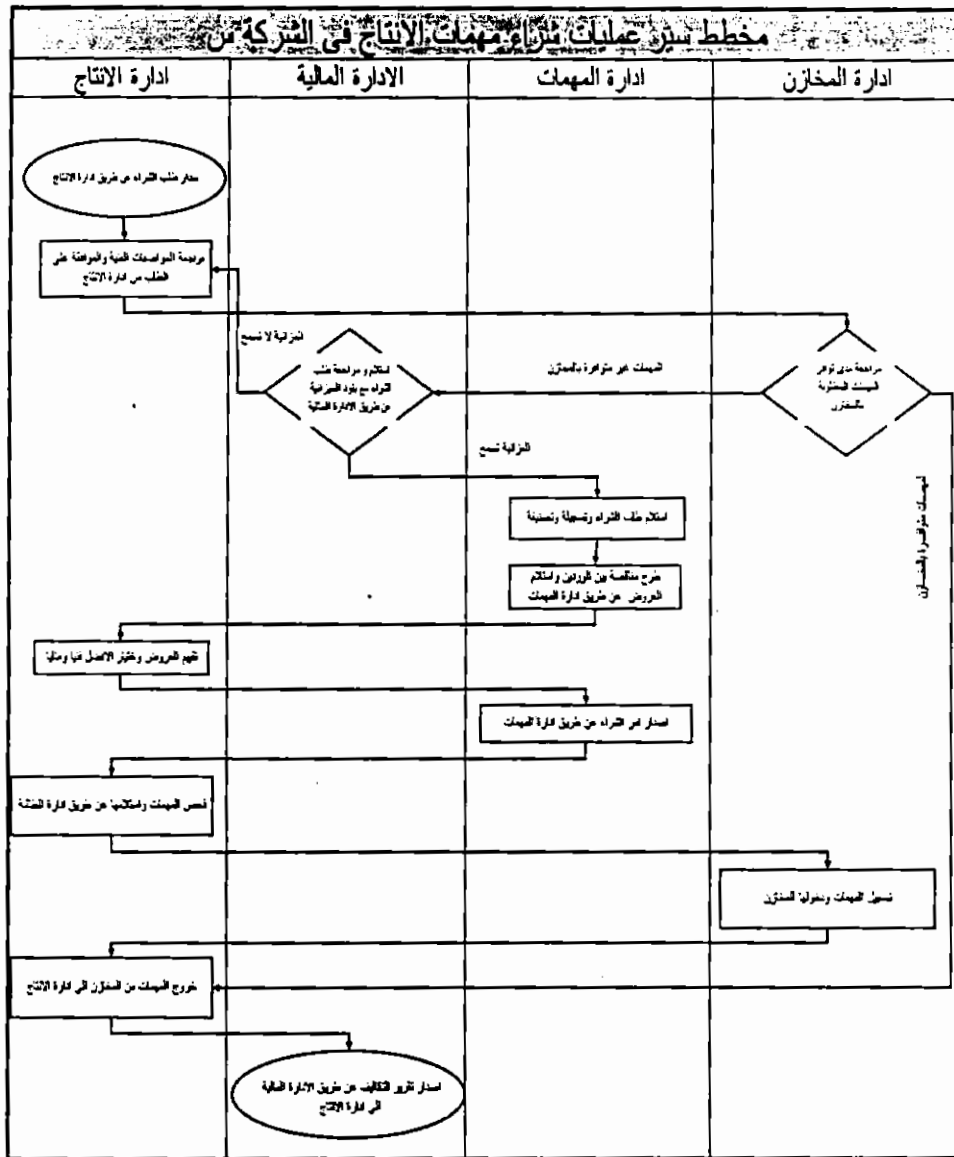
وجدير بالذكر أن هذه الرموز هي الأكثر شيوعا، ولكن هناك عدة رموز أخرى ولكنها قليلة الاستخدام. وتتلخص خطوات الرسم فيما يلي:

1. استخدم الرموز السابقة للتعبير عن خطوات العملية قيد الدراسة.
2. قم بوصف الخطوات المتتابعة كما هي As is ولا تحاول تسجيل ما ينبغي أن يكون أو ما تراه أنت صحيحا، وكن حريصا على تسجيل كافة الأنشطة مهما كانت بسيطة أو معقدة، مهمة أو غير مهمة، مرتبطة بموضوع التحسين أم غير مرتبطة وذلك إذا كنت في مرحلة القياس Measure، وأضف إليها ما يتفق عليه فريق التحسين إذا كنت في مرحلة التحسين Improve.
3. عند تكوين خريطة سير العمليات Process Map يجب إتباع خطوتين متوازيتين، إحداهما سؤال أصحاب العملية Process owners عن تتابع الأنشطة، والأخرى مراقبتها عن كثب، وملاحظة تتابعها عمليا وميدانيا.
4. عند سؤال أصحاب العملية، يجب طمأننتهم إلى أن ما يتم ليس لإدانة أي طرف وإنما لمصلحة الجميع، فإذ ذلك من شأنه أن تحصل على معلومات حقيقية، وأن يمنع الآخرين من محاولة تجميل العملية أو إخفاء المعلومات.

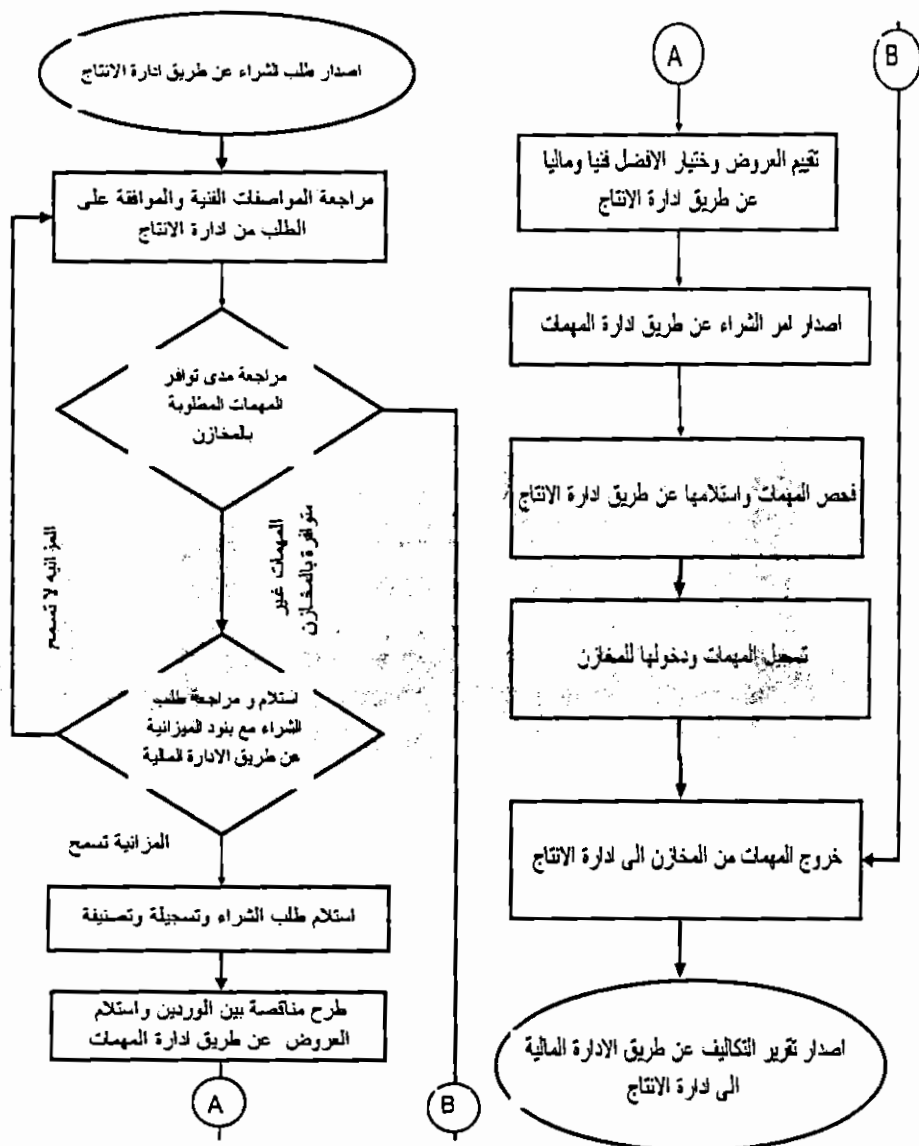
مثال رقم 9- 10 لرسم خريطة سير العمليات Example on Flow Chart

أرادت إدارة إحدى الشركات دراسة عملية شراء المهمات بغرض تقليل الزمن اللازم لتوريد المهمات لإدارة الإنتاج، وأوكلت الدراسة لفريق منهجية التحسين Six Sigma بالشركة، وبناء على ذلك قام الفريق بعمل مقابلة مع الإدارات المعنية وهي إدارة الإنتاج، والإدارة المالية، وإدارة المهمات، وإدارة المخازن، كذلك قام الفريق بمتابعة أحد طلبات الشراء خلال تنقله من إدارة إلى أخرى، وأسفر ذلك عن تسجيل الخطوات التالية:

1. يقوم مهندس تخطيط الإنتاج التابع لإدارة الإنتاج بإصدار طلب شراء لاحتياجات الإدارة طبقا وخطة الإنتاج الموضوعية.
2. يقوم رئيس القسم بمراجعة الطلب فنيا وكميا، ثم يعتمد مدير عام الإدارة، و يقوم سكرتيرة الإدارة بتسليمه إلى إدارة المخازن.
3. تقوم إدارة المخازن ببحث مدى توافر المهمات المطلوبة في المخازن من عدمه، فإذا كانت متوفرة يتم إرسالها إلى إدارة الإنتاج مباشرة، وإذا لم تكن متوفرة يتم إرسال الطلب إلى الإدارة المالية.
4. تقوم الإدارة المالية (قسم مراقبة التكاليف) ببحث توافر السيولة لشراء المهمات المطلوبة في الميزانية من عدمه، فإذا لم تكن السيولة متوفرة فيتم إعادة الطلب إلى إدارة الإنتاج لتدبير السيولة اللازمة، وإذا كانت السيولة النقدية متوفرة يتم الموافقة على الشراء ويتم إرسال الطلب إلى إدارة المهمات.
5. تقوم إدارة المهمات بتسجيل الطلب واعطاؤه رقما مسلسلا، وتقوم بإعداد وطرح مناقصة لتوريد المهمات المطلوبة بين الموردين المعتمدين لديها، واستلام عروض التوريد وإرسالها إلى إدارة الإنتاج لتقييم العروض.
6. تقوم إدارة الإنتاج باستلام العروض وتقييمها واختيار أفضل العروض فنيا وماليا، ثم ترسلها إلى إدارة المهمات للبدء في إصدار أمر الشراء تمهيدا لاستلام المهمات.
7. تقوم إدارة الإنتاج بفحص المهمات الموردة وتسليمها لإدارة المخازن.
8. تقوم إدارة المخازن بتكويد المهمات وتسجيلها، ثم صرفها لإدارة الإنتاج.
9. تقوم إدارة مراقبة التكاليف بتسجيل قيمة المهمات الموردة على مركز تكاليف إدارة الإنتاج، ثم تصدر تقريرها لنفس الإدارة.
10. تقوم إدارة الإنتاج باستلام المهمات من المخازن والبدء في عملية الإنتاج.

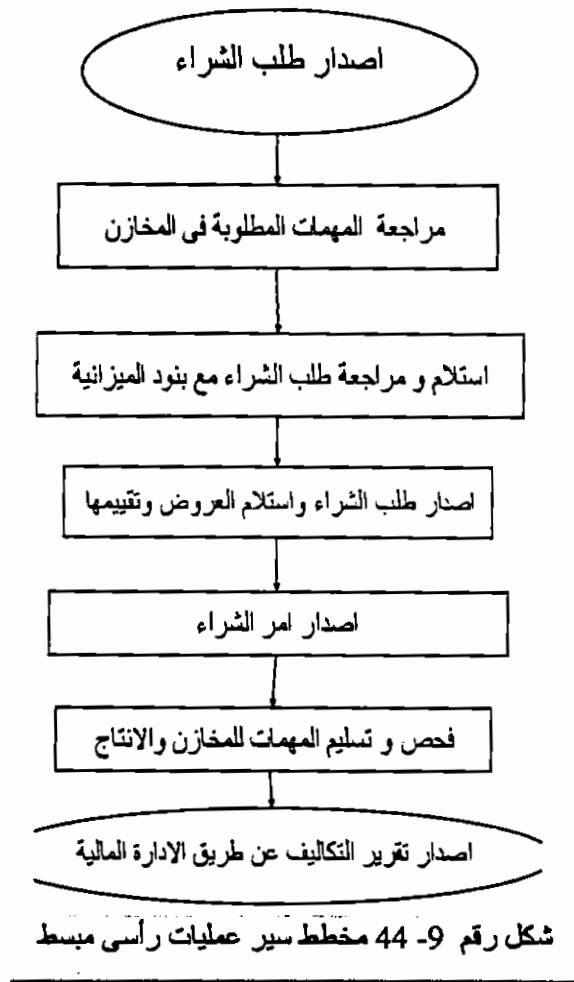




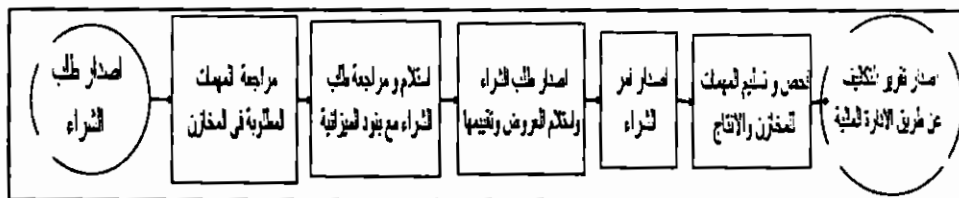


شكل رقم 9- 43 مخطط سير عمليات شراء مهمات الانتاج في الشركة ألفا

ولما كان الشكلين السابقين مفصلين Detailed Process Map، فقد رأى الفريق إعداد خريطة سير العمليات المبسطة High Level Process Map لتقديمها إلى الإدارة العليا وجاءت كما بالشكل 9-44.



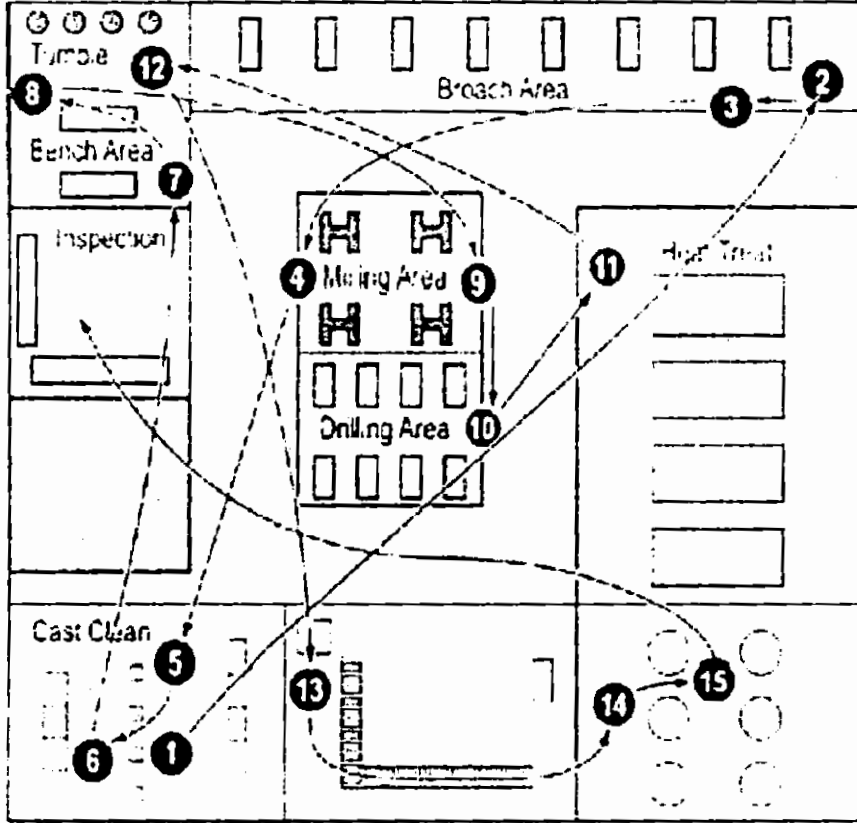
هذا ويمكن أن نرسم خريطة سير العمليات بصورة رأسية كالشكل السابق، أو رسمها بصورة أفقية كما بالشكل 9-45:



شكل رقم 9- 45 مخطط سير عمليات افقى مبسط

9.19. مخطط تتابع وتسلسل العمليات Spaghetti (workflow) Diagrams

وهذه الأداة من أدوات التحليل التي تساعد في فهم تسلسل وتتابع حركة المواد تحت التصنيع وبخاصة في المصانع والورش والمخازن، وهي وسيلة فعالة لتحسين تتابع هذه العمليات والتحركات مما يكون له أثر كبير في تيسيرها والقضاء على الاختناقات الموجودة بها، ويشتهر هذا المخطط باسم spaghetti لأنه بعد رسمه يقترب شكله من شكل أعواد المكرونة الإسباجيتي لتداخلها وتقاطعها، والشكل 9-46 التالي يعرض صورة واضحة لهذا المخطط :



شكل رقم 9-46 مخطط تتابع وتسلسل العمليات Spaghetti (workflow)

ويلاحظ أنه كلما زاد تقاطع المسارات المعبرة عن الحركة كلما زادت فرص تحسين هذه المسارات بما يضمن سلاسة الحركة وسهولة الانتقالات.

ويفضل أن تكون اتجاه الحركة والمسارات في اتجاه عكس عقارب الساعة وأن تكون التقاطعات أقل ما يمكن، لأن ذلك يقلل الوقت المطلوب لتنفيذ العمليات ويزيد من إمكانية فرص استغلال المساحات ويحد من فرص وقوع حوادث ويوفر الموارد (معدات وأفراد وإجراءات) اللازمة للنقل كما يحافظ على المواد المتحركة.

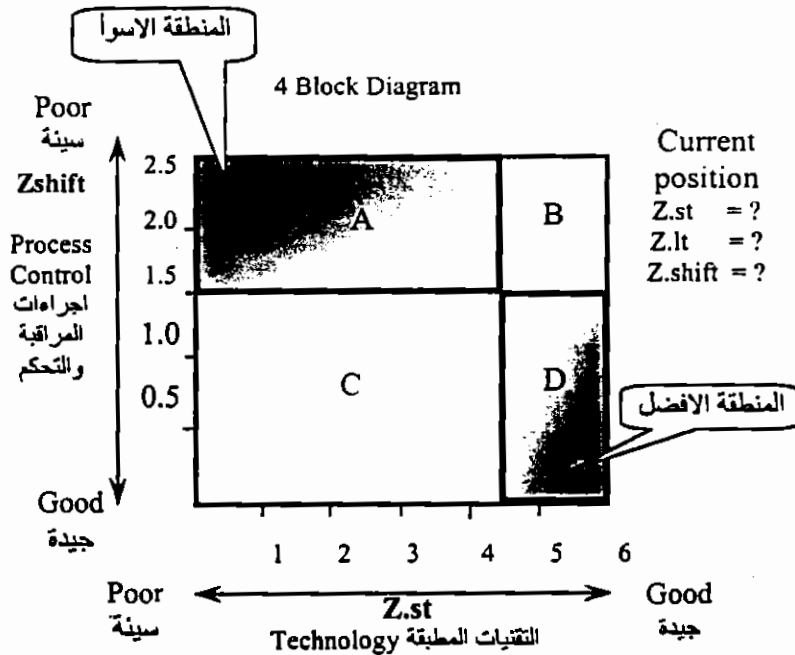
9.20. مخطط المناطق الأربعة Four Blocks Diagram

وهي أداة بالرغم من سهولتها إلا أن لها أهمية بالغة في توجيه جهود التحسين إلى المناطق المتوجب بذل هذه الجهود فيها، وهذا هو الهدف الاسمي لمتخذ القرار حيث يضمن الجدوى الايجابية لانفاق الموارد وادارتها.

وتستخدم هذه الاداة بعد مرحلة قياس مستوى الجودة بالمنظمة أو الشركة (يرجى مراجعة موضوع مقدرة العملية Process Capability في الفصل السابع من هذا الكتاب)، حيث يمكننا تطبيق العلاقة التالية:

$$Z_{shift} = Z_{st} - Z_{lt} = 3C_p - 3P_{pk}$$

حيث إن قيمة "زد" على المدى القصير Z short term هي ثلاثة اضعاف قيمة قدرة العملية على المدى القريب $Z_{st} = 3C_p$ ، وحيث إن قيمة "زد" على المدى الطويل Z long term هي ثلاثة اضعاف قيمة قدرة العملية على المدى الطويل $Z_{lt} = 3P_{pk}$ ، والفرق بينهما هو القيمة التي نبحث عنها لرسمها على المحور الرأسى للمخطط وهي الفرق في قيم "زد" Z shift.



شكل رقم 9- 47 مخطط المناطق الأربعة

كما بالشكل 9-47، يتألف المخطط من أربعة مناطق رئيسية هي A, B, C , D محصورة بمحور افقى طوله ستة سيجما يمثل مستوى التقنيات المستخدمة Technology، ومحور رأسى طوله 2.5 سيجما يمثل مستوى اجراءات المراقبة والتحكم Process Control Measures، وهذه المناطق الاربعة ناتجة من تقاطع مستوى تقنيات technology بقيمة 4.5 سيجما، ومستوى اجراءات مراقبة وتحكم Process Control Measures بقيمة 1.5 سيجما.

■ خطوات بناء مخطط المناطق الاربعة Construction Steps for 4 Blocks Diagram
يستلزم بناء هذا المخطط عدة خطوات بسيطة ولكن تتطلب الدقة وهى :

1. نحسب قيمة "زد" على المدى القصير Z short term وكذلك قيمة "زد" على المدى الطويل Z long term من دراسة مقدرة العملية Process Capability.
2. نقوم برسم المحور الافقى بطول ستة سيجما، و المحور الرأسى بطول 2.5 سيجما، ونحدد المناطق الاربعة للمخطط من تقاطع خطى مستوى تقنيات Technology بقيمة 4.5 سيجما، ومستوى اجراءات مراقبة وتحكم Process Control Measures بقيمة 1.5 سيجما.
3. نقوم بتوقيع قيمة "زد" على المدى القصير Z Short Term على المحور الافقى.
4. نقوم بحساب الفرق فى قيمة "زد" Z shift، وهو الفرق بين قيمة "زد" على المدى القصير Z short term، وقيمة "زد" على المدى الطويل Z long term، ونوقع هذه القيمة على المحور الرأسى للمخطط.
5. نحدد المنطقة التى تنتمى إليها نقطة التقاطع.
6. نفسر الشكل النهائى للمخطط.

■ تفسير شكل مخطط المناطق الاربعة Four blocks diagram interpretation

بعد الانتهاء من رسم المخطط سيكون من السهل تحديد مجال توجيه الجهود طبقا والمنطقة التى يتقاطع فيها مستوى التقنيات المستخدمة technology مع مستوى اجراءات المراقبة والتحكم Process Control measures كما يلى:

1. المنطقة "A" وهى المنطقة الاسوأ حيث نظام المراقبة والتحكم Control ضعيف، وتكون التقنيات المطبقة Technology ضعيفة و سينة وغير مواكبة لمتطلبات العملاء، وفى هذه المنطقة يكون المطلوب هو تحسين كلا من نظام المراقبة والتحكم Control والتقنيات المطبقة Technology معاً.

2. المنطقة "B" وهى المنطقة التى يكون فيها نظام المراقبة والتحكم Control ضعيف، و تكون التقنيات المطبقة Technology جيدة ومواكبة لمتطلبات العملاء، وفى هذه المنطقة يكون المطلوب هو تحسين ال Control.

3. المنطقة "C" وهى المنطقة التى يكون فيها نظام المراقبة والتحكم Control جيدا، وتكون التقنيات المطبقة Technology ضعيفة وسينة وغير مواكبة لمتطلبات العملاء، وفى هذه المنطقة يكون المطلوب هو تحسين التقنيات المطبقة Technology improvement.

4. المنطقة "D" وهى المنطقة الافضل حيث نظام المراقبة والتحكم Control جيد، وتكون التقنيات المطبقة Technology جيدة ايضا و مواكبة لمتطلبات العملاء، وفى هذه المنطقة يكون من المرغوب فيه عمل تعظيم للموارد Resources Optimization.

وترتكز فكرة هذا المخطط على عدة مفاهيم تمت مناقشتها بالتفصيل فى الفصل الرابع من هذا الكتاب تحت عنوان ظاهرة التباين الطبيعي Normal Variation Phenomena نجملها فى النقاط التالية:

1. يتم حساب "زد" على المدى القصير Z short term من خلال البيانات المحدودة زمنيا Short term data حتى نتأكد أننا لم ندخل عوامل أخرى خارجية قد تساهم في حدوث التباين Variation مثل الاجراءات ونظام العمل وتغير الوردية أو تباين المواد الداخلة أو تباين درجات الحرارة، أي الهدف عزل أي أسباب / مؤثرات خاصة Special Causes، وبالتالي يكون التباين أو الاختلاف ناتج فقط من أسباب / مؤثرات عامة، أى من العملية ذاتها، وترجع هذه المؤثرات بالدرجة الأولى إلى التكنولوجيا و التقنيات المستخدمة Technology.

2. يتم حساب "زد" على المدى الطويل Z long term من خلال البيانات الممتدة زمنيا Long term data حتى نتأكد أننا أخذنا كل العوامل التي تساهم في حدوث التباين Variation مثل الاجراءات ونظام العمل وتغير الوردية أو تباين المواد الداخلة أو تباين درجات الحرارة، أو عدم انتظام عمليات الصيانة، أي أن الهدف مراقبة كل المؤثرات العامة والخاصة Common and Special Causes.

3. الفرق بين النقطتين السابقتين يمثل التباين الناتج من المؤثرات الخاصة فقط، مثل الاجراءات، ونظام العمل، وتغير الوردية، وتباين المواد الداخلة، و تباين درجات الحرارة، و عدم انتظام عمليات الصيانة، أي كل اجراءات التحكم والمراقبة.

وبالتالى نكون قد فصلنا بين التقنيات المستخدمة Technology، وإجراءات المراقبة والتحكم Process Control Measures بطريقة منطقية.

9.21. تحليل الأنشطة ذات القيمة وعديمة القيمة Value-Added & Non V.A Analysis

وهذه الأداة من أدوات التخلص من المفايد Lean، وتكون ذات فائدة كبيرة إذا استخدمت بعد أن نكون قد انتهينا من رسم خريطة سير العمليات Flow Chart المفصلة، فعندئذ نستطيع دراسة وبحث إمكانية تبسيطها واختصار أنشطتها وجدير بالذكر أن الأنشطة فى أى عملية تنقسم إلى نوعين كما يلي:

1. الأنشطة ذات القيمة للمستهلك Value-Added Activities وهى الأنشطة الضرورية واللازمة الموجودة فى أى عملية والتي تخدم العميل أو المستهلك بصورة مباشرة، أى الأنشطة التي لا يعترض هذا العميل أو ذلك المستهلك على تقبلها ودفع تكاليف مقابلها ولا يعترض على وجودها فى العملية لأنها ضرورية وحتمية لتلبية رغباته ومتطلباته.

2. الأنشطة عديمة القيمة للمستهلك Non-Value-Added Activities وهى الأنشطة الموجودة فى أى عملية، وهى أنشطة غير ضرورية من وجهة نظر العميل أو المستهلك، ولا يرى أنها تخدمه بصورة مباشرة، ولا يحبذ دفع تكاليف مقابلها، وبرغم ذلك فهي موجودة بالعملية، وقد يكون وجودها فى العملية ضروري وحتمي لتلبية رغبة العميل، وقد تكون لازمة لإتمام العملية المطلوبة للمستهلك مثل أعمال المراجعة والتفتيش والتوقيعات.

ولا يفوتنا أن نذكر أننا لا نستطيع التخلي تماما عن الأنشطة من النوع الثاني، بالرغم من أنها تضيق الوقت وتزيد العملية تعقيدا، فبعضها قد يكون مهما مثل التوقيع على المستندات، وفى هذه الحالة يطلق عليه ضروريات العمل Business needs أى أنه نشاط حتمي، فبرغم كونه عديم القيمة للمستهلك Non-Value-Added إلا أنه لا يمكن الإستغناء عنه أبدا إذ بدونه لا تستقيم الأمور ولا تتم الأنشطة.

كذلك يجب أن نذكر أن احد أهدافنا هو تحديد الأنشطة عديمة القيمة للعميل أو المستهلك Non-Value-Added ومحاولة التخلص منها أو تقليلها بقدر الإمكان، والجدول 9-21 التالي يتضمن بعض الأمثلة لهذه الأنشطة:

Non-Value-Added Activities الأنشطة عديمة القيمة		Value-Added Activities الأنشطة ذات القيمة	
الانتظار	Waiting	إدخال الأمر	Entering order
العيوب والأخطاء	Defects	طلب المهمات	Ordering materials
الترتيب	Sorting	إعداد الرسومات	Drawings
العد	Counting	التجميع	Assembling
التفتيش	Inspection	التغليف	Packaging
التسجيل	Recording	الشحن	Shipping
التوقيعات	Signatures		
الاختبارات	Testing		
المراجعات	Reviewing		
الإصلاحات	reworking		
الإنتاج الزائد عن الطلب	Overproduction		

نعود فنقول أنه بعد أن رسمنا خريطة سير العمليات Flow Chart المفصلة، يقوم فريق التحسين من خلال جلسات عصف الذهن Brain storming بتحديد الأنشطة عديمة القيمة للمستهلك Non Value-Added Activities، وبحث إمكانية تقليلها، ويقوم الفريق برسم خريطة جديدة لسير العمليات Swim Lane Process Map يضاف إليها حارة إضافية Lane تسمى Non Value-Added وفي هذه الحارة يتم رسم الأنشطة عديمة القيمة أفقياً حتى تظهر الفرق بين طول وعدد الخطوات بين الخريطة القديمة والجديدة.

9.22. تقنية العصف الذهني Brain storming Technique

تعد طريقة استنباط الأفكار باستخدام تقنية عصف الذهن من الطرق الشهيرة والمتقدمة (متقدمة لأن لها محاذير واحتياطات وافتراسات كثيرة للاعتماد على نتائجها) وهي تقدم الحلول الغير نمطية للمشاكل المعقدة والعميقة، اعتماداً على التفكير المرتب والخلاق لمجموعة من الأشخاص، وهي تعتمد بشكل كبير على خبرة المشاركين بموضوع المشكلة تحت الدراسة، وتستخدم هذه الطريقة لتحليل وفهم المشكلات والأسباب والنتائج والآثار والحلول والأهداف للموضوع تحت البحث.



وترتكز تقنية العصف الذهني على توليد قائمة طويلة من الأفكار Long list of ideas باستخدام التفكير الجماعي Collective thinking لعدد من المشاركين للخروج بأفكار إبداعية في وقت قصير نسبيا لا يمكن لأي منهم الوصول إليها بصورة استقلالية. ولهذه الطريقة أربعة قواعد يجب الالتزام التام بها ويفضل كتابتها وتعليقها في مكان واضح يراه كل المشاركون في جلسة عصف الذهن:

1. النقد ممنوع تماما: No criticism

في الوقت الذي ينبغي على المشاركين في جلسة عصف الذهن التفكير ضمن إطار ما هو نافع وما هو مفيد، وما هو هام وما هو عملي وملام ومقبول، فإنه يجب عليهم ألا يعلقوا أو ينتقدوا ما يدلى به المشاركون من أفكار مهما تكن بعيدة عن الموضوع فهذا ممنوع تماما، وهذا من شأنه أن يشعر أعضاء الفريق بالحرية، وبأنهم غير معرضين للهجوم والنقد والتعليق، مما يدفع إلى استنباط الكثير من الأفكار، و يؤدي إلى توليد الكثير من الرؤى الجديدة.

2. فكر بحرية Think Freely

والغرض من هذه القاعدة هو دفع أعضاء الفريق للتعبير عن كل الأفكار الممكنة والسيناريوهات المتاحة للمشاركة في عملية استنباط الحلول، وذلك لخلق بيئة ومناخ يمنح أعضاء الفريق الإحساس بالثقة والحرية في بناء الأفكار والاقتراحات.

3. ابني على أفكار الآخرين Build on other's Ideas

حيث إن هذه الطريقة تعتمد على روح الفريق، فيمكن لأعضاء الفريق توليد الأفكار الجديدة من خلال البناء على أفكار الآخرين، ويمكن الربط بين الأفكار وتحسينها وتطويرها بحيث تتكامل وتتربط.

4. ولد أكبر عدد ممكن من الأفكار Generate Ideas

وفي هذه القاعدة يكون التركيز على فكرة أن الكم أهم من النوع في عرض الأفكار، فكلما توفرت أفكار أكثر كلما كانت فرصة إيجاد الحلول أكثر، والفكرة خلف هذه القاعدة أن "الكم الكثير يقود إلى النوع الجيد" The best way to have a good idea, is to have a lot of ideas، ويجب أن تكون هذه الأفكار على أكبر قدر من التماسك والإيجاز.

■ خطوات العصف الذهني Brain Storming Steps

لا تختلف هذه المراحل باختلاف الموضوع قيد البحث، وإنما يختلف عمق التناول وعمق التحليل ويمكن تلخيص هذه المراحل كمل يلي:-

1. مرحلة التحضير وفيها يتم تكوين الفريق من 5 حتى 8 وينبغي أن يكون هؤلاء الأفراد

خبراء في الأقسام المختلفة – ذات الصلة بالموضوع قيد الدراسة- للمنظمة، ويتمتعون بمركز وظيفي يؤهلهم لذلك، وخلال هذه المرحلة يتم اختيار رئيسا للفريق يوجه ويرشد ويدير الاجتماعات، وعلى رئيس الفريق الاستعانة بما تم ذكره في جزء " الإدارة الفعالة للاجتماعات من هذا الكتاب. ويتم ذلك من خلال جلسة أو جلستين.

2. مرحلة النقاش والتحليل واستنباط الأفكار وفيها يتم تحديد الموضوع قيد البحث تحديدا دقيقا، وصياغته صياغة واضحة، وهذا يشمل تقسيم موضوع البحث إذا كان معقدا إلى عدة موضوعات رئيسية وفرعية لمناقشة كل جزء بالتفصيل طبقا وحجمه في المرحلة الثانية.

3. مرحلة النتائج وفيها يتم الاتفاق على نتائج الجلسات والوصول على قرارات، (يمكن الاستعانة بما تم ذكره في مصفوفة تحديد الأولويات Prioritization Matrix في هذا الفصل من الكتاب)، وخلال هذه المرحلة يطلب رئيس الفريق توليد أكبر قدر ممكن من الأفكار ويقوم كل صاحب فكرة بعرض فكرته واحد تلو الآخر، أو كل حسب دوره، ثم يقوم رئيس الفريق بتكوين هذه الأفكار مباشرة على لوحة تكون مرنية للجميع كما يجب إعطاء كل فرد فرصته للحديث وطرح أفكاره وتكتب الأفكار كما هي بدون أى تصحيح أو تعديل تعبيراً عن احترام رأى الآخرين، وهكذا حتى تنتهي مرحلة توليد الأفكار، ثم يقوم الفريق خلال هذه الجلسة أو جلسات أخرى بتجميع الأفكار وتصنيفها وبلورتها وتصنيفها بناء على معايير يحددها الفريق، (يمكن الاستعانة هذا بما تم شرحه تحت عنوان مخطط التآلف Affinity Diagram في هذا الفصل).

وتعتمد طريقة عصف الذهن Brain Storming على مرحلة التحضير، والتي تهين الطريق أو تفرق الجهود للوصول إلى النتيجة المأمولة، وهي طريقة مفيدة جداً عندما تفشل الطرق التقليدية في حل مشكلة ما، أو عند عدم وجود حلول محددة لمشكلة ما، ومن الأمثلة الواضحة لهذه الطريقة ما تنتهجه بعض البرامج التلفزيونية والإذاعية عند مناقشة إحدى القضايا الهامة.

9.23. القبعات الستة للتفكير الخلاق Six Hats

هي إحدى الأدوات التي تتجلى قوتها في أن كل فرد من أفراد الفريق سيقوم بدراسة الموضوع قيد البحث بستة جهات نظرمتابينه، وسيقوم بتحليله من ستة زوايا مختلفة، وهذا بلا شك يجعل القرارات موضوعية وبعيدة عن النزعة الفردية، ويحسم الخلافات قبل اشتعالها، ويخلق جواً من الارتياح بعد اتخاذ القرار.

وتستخدم هذه التقنية في العديد من المجالات مثل جلسات بحث القضايا الهامة، وجلسات التحسين المستمر، و مناقشات توفيق الأوضاع، وحل المشكلات واتخاذ القرارات، كما تمتد إلى فصول وقاعات المحاضرات، وهدف هذه التقنية هي الوصول إلى أفضل الحلول في أقل وقت ممكن، بعمق وشمولية، وبطريقة مرتبة ومنظمة.

وترتكز على تقسيم الفريق إلى ستة أعضاء، كل عضو يرتدى قبعة من القبعات الست، و يتمص شخصية القبعة التي يرتديها، ويؤدي دوره في حدود ما يعنيه لون قبعته، ثم يتلوب الفريق لبس القبعات مرة بعد أخرى حتى يرتدى كل عضو القبعات الستة كاملة، والجدول 9-22 التالي يوضح لون كل قبعة ومدلولها والدور الذي ينبغي أن يلعبه مرتديها:

جدول رقم 9-22 القبعات الستة

القبعة	اللون	المدلول	النور والوظيفة
	الزرقاء	قائد وموجه	يبدأ ويدير جلسة الاجتماع ويوزع الأنوار، يحافظ على إيقاع الجلسة، فتكون دافئة لا هي ساخنة تثير التشاحن، ولا باردة تدعوا إلى اللامبالاة، يحسم الخلافات ويحد من النقاشات الجانبية، يجذب الآخرين للتركيز على محور المناقشة ويوجههم إلى الانخراط في صلب الحوار، يشرف على تدوين الوقائع وتسجيل الملاحظات.
	الخضراء	مفكر وخلاق	يطرح الحلول و يعرض الاقتراحات، يبحث عن البدائل و يفتش عن الممكن والمتاح، يستدعي الخواطر الجديدة ويستلهم الأفكار الغضة، ويحاول دائما التفكير خارج الأطر التقليدية، وتتميز مداخلته بالثراء والعمق.
	الصفراء	متفائل ومزبد	يدعم الفكرة المطروحة ويرى انها الافضل، يزيد فيها ويدافع عنها، يحاول تركيتها و تأييدها، يعدد فوائدها ويحصى الجوانب الايجابية والمضيئة فيها، ويفضل ارتداء القبعة الصفراء بعد الزرقاء
	السوداء	متشائم ومعارض	يعارض الفكرة المطروحة ويهاجمها، ويرى انها ليست الافضل، يحاول نقدها و يحضها، يعدد عيوبها ويحصى الجوانب السلبية والمظلمة فيها .
	البيضاء	موضوعي ومنطقي	يهوى تحديد مجال الحوار بدقة، يعتمد على الحقائق ويقسها، يؤمن بالاستنباط والاستنتاج المبنيين على الحقائق والبيانات ويقبلها، لا يعترف بالعواطف كأساس للتحليل أو لاتخاذ القرار، يدع الجميع إلى استخدام البيانات المتاحة، وان تكون الاراء مدعومة بالادلة وان تكون القرارات مؤيدة بالبراهين.
	الحمراء	هوائي وعاطفي	منطقه في عرض الافكار الاعتماد على الحس، يحب التوقع ويهوى التخمين، لا يبرر اطروحاته ولا يفسر اقتراحاته الا بالعواطف، متوقد المشاعر يفمره الحملان لأفكاره .

و يظهر جليا أن كل فرد في الفريق سيدلى بدلوه في موضوع البحث بحرية تامة، وهو ما يحتم أن يكون أفراد هذا الفريق من ذوي الخبرة الفنية والإدارية في نفس الوقت، وهذا ما يجعلها من الأدوات المتقدمة.

9.24. تحليل نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات Situational "SWOT" Analysis

تعتبر هذه الأداة من الأدوات الفعالة لتحليل ودراسة موقف الشركات والمنظمات والكيانات مقارنة بمنافسيها العاملين في نفس المجال، وهي بذلك وسيلة ممتازة للتخطيط الاستراتيجي على مستوى الإدارة العليا، تثير الطريق لمتخذ القرار لرؤية مناطق الوهن والضعف وتعيّنه على التنبؤ بما يهدد كيان شركته من أخطار وتهديدات وتساعد على المفاضلة بين البدائل، كما ترشده إلى مشروعات التحسين وتدله بأيها يبدأ.

واسم هذه الأداة هو اختصار لأربعة كلمات باللغة الإنجليزية هي القوة Strength ، والضعف Weakness ، والفرص Opportunities، والتهديدات Threats، ويطلق عليها البعض اسم التحليل الوضعي Situational analysis ، ومن البديهي أن هذه الدراسة وهذا التحليل سيزيلا النقاب عن ما يلي:

1. مناطق القوة والتفوق Strengths مثل توفر الكوادر الإدارية، والعمالة الماهرة المدربة الخبيرة، وتوافر السيولة النقدية، وتوافر المعلومات، وإملاك التكنولوجيا والمعرفة اللازمة، وتوافر معدات وآلات متطورة محددة، وسابقة الخبرة لمجالات مشابهة والقدرة على اختراق السوق وتلبية التطلعات وإرضاء العملاء

2. مناطق ونقاط الضعف Weakness مثل التكاليف الإدارية المرتفعة Overhead، وبطء إجراءات شراء المواد الخام، وتهالك أسطول النقل، وتدنى خدمة ما بعد البيع، عدم وجود اتفاقيات لنقل الخبرة مع الشركات المتميزة، قلة التدريب الفني المتخصص، وعدم توفر قواعد البيانات والإحصائيات الدقيقة، وهجرة العمالة المدربة،.....

3. المناطق الواعدة بتحقيق نجاحات وإنجازات Opportunities مثل اختراق أسواق جديدة، و البحث عن منتجات جديدة، تنويع مجالات الاستثمار، التأهل لنيل شهادات دولية مثل الايزو ISO International Standardization Organization والأوشا OSHA Occupational Safety and Health Administration، والفوز بعقود جديدة، وابتكار طرق غير تقليدية لإنجاز الأعمال.

4. المناطق الخطرة التي تكمن فيها مصادر التهديد Threats مثل تقادم المعدات، انحدار مستوى المنتج أو الخدمة المقدمة، زيادة قدرة المنافسين التسويقية، تراجع المبيعات، ظهور تقنيات جديدة لإنتاج نفس المنتج أو لتقديم نفس الخدمة، ازدياد عدد المنافسين، ظهور تشريعات وقوانين ولوائح بينية جديدة، هجرة العمالة المدربة، استمرار تزايد التكاليف الإدارية، و.....

والجدول 9-23 التالي يعرض هذه المناطق الأربعة ويوضح أن اثنتين منها أمور داخلية بينما الاخرين خارجية

جدول رقم 9- 23 الخصائص الداخلية والخارجية لنقاط القوة والضعف

	إيجابيات	سلبيات
	Strengths	Weakness
خصائص داخلية	Corporate Improvement, strategic planning focus: المنظمة: efforts, organizational structure, accountability, الهيكل التنظيمي, communications, IT systems change, التوصل, المساءلة, turnover, المصارف البشرية: training, incentives, التحسين, حالات ترك العمل, downsizing, الغياب, absenteeism, turnover, تقليل التكاليف: cost cutting, المالية: Finance, expansion, overhead costs and control, احتياج رأس المال, capital needs, التوسع, مراقبة التكاليف و التحكم فيها	
	Marketing and sales: التسويق والمبيعات, new product development, تطوير, customer satisfaction, إختراق السوق, market penetration, المنتجات الجديدة, pricing and costing of services, تسعير الخدمات, إيرضاء العميل	
	Operation: العمليات وطرق العمل, processes and procedures, improvement efforts (six sigma and lean...), جهود التحسين المستمرة	
	Economic indicators: مؤشرات, trends, توجهات, and taxation, ضرائب	
	Political: regulatory, تنظيمي, laws, قوانين, licenses, تراخيص, and restrictions, محددات وعوائق	
	Markets & competition: الأسواق والاستهلاك, changes, التغيرات, market share, الشكل العام, profiles, مشاركات السوق	
خصائص خارجية	Customer: العميل, social and demographic changes, التغييرات الاجتماعية, and, (البروفيل) الشكل العام, profiles, السلوك, behaviour, الاحتياجات, needs, والتطلعات, expectaitons	
	Technology: التكنولوجيا, new equipment, معدات حديثة, and applications, تطبيقات	
	Techniques: تقنيات, new techniques, معدات حديثة	

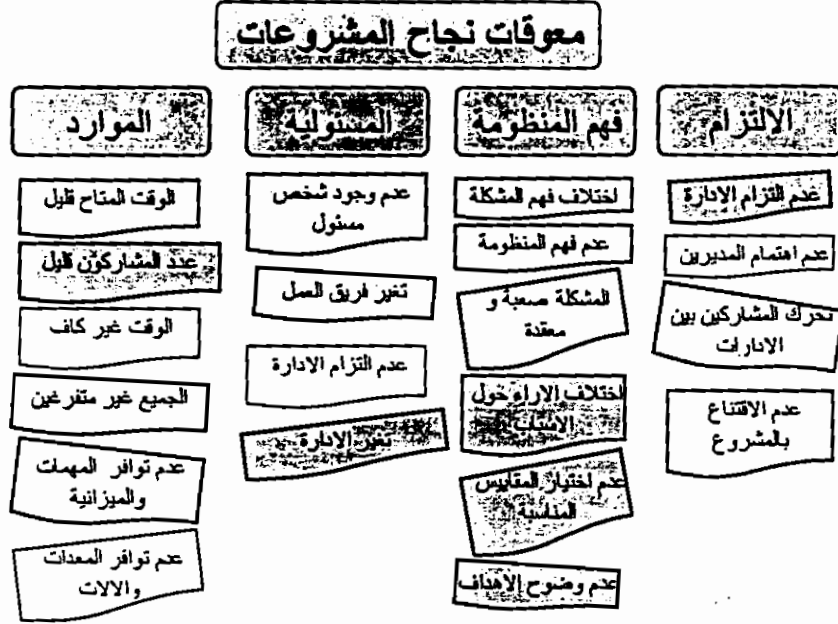
ويتم تطبيق واستخدام هذه الأداة في جلسات عصف الذهن Brain Storming، كما يمكن تطبيقها باستخدام تقنية القبعات الستة Six hats كما في جدول 9-20، ويقوم أعضاء الفريق بتقليب وسرد وجهات النظر حول الأربع نقاط الرئيسية السابق ذكرها، ثم يعقب ذلك ترتيبها، والخروج منها بتوصيات يتم رفعها للإدارة العليا لاتخاذ القرار المناسب وذات الصلة.

9.25. مخطط التآلف Affinity Diagram

وهي أداة لتجميع وتصنيف أعداد كبيرة من الأفكار التي يتم استنباطها في عمليات عصف الذهن التي تم شرحها، ويتم هذا التجميع بناءً على ما هو قائم بين هذه المجموعات من علاقة، ومن الآثار الإيجابية لهذه الأداة أنها تهيئ المناخ للعمل الجماعي وتخلق جو الاتفاق بين أعضاء الفريق، وتساعد على الوصول إلى أفكار موضوعية محددة وذات معنى.

■ خطوات رسم مخطط التآلف Affinity Diagram Construction Steps

1. تعتمد هذه الأداة على عدة خطوات مرتبة كما يلي: -
 2. يتم تحديد موضوع البحث وكتابته بوضوح لجميع أفراد الفريق، وموضوع البحث يمكن أن يكون سؤال مثل ما هي وسائل زيادة الإنتاج خلال فصل الصيف ؟ أو يمكن أن يكون جملة مثل التغلب على مشكلات ارتفاع المخزون في الفرع الجنوبي للشركة.
 3. يطلب رئيس الفريق من الأعضاء كتابة أفكارهم على ورقة صغيرة، بحيث تحتوى كل ورقة على فكرة واحدة بوضوح وإيجاز وفيما لا يتجاوز عشر كلمات، ويمكن لكل فرد أن يكتب أكثر من فكرة بشرط أن تكون كل فكرة في ورقة منفصلة، ثم يتم تجميع هذه الأوراق ورصها على منضدة - أو على سبورة - بطريقة عشوائية.
 4. يقوم الفريق - ودون تعليق أو مناقشة - بتجميع وفرز وتصنيف الأوراق طبقاً للأفكار الرئيسية التي تنتمي إليها هذه الأوراق.
 5. يقوم الفريق باختيار عنوان لكل فكرة من هذه الأفكار مع ترتيب هذه الأفكار طبقاً لأهميتها.
- وفي النهاية يحصل الفريق على عدة أفكار محددة ومتفق عليها من قبل أفراد الفريق، ويصبح الموضوع قيد الدراسة أكثر فهماً ووضوحاً لكافة أفراد الفريق.
- والشكل 9-48 يوضح النتيجة التي توصل إليها فريق التحسين عند مناقشة الأسباب التي تعوق نجاح مشروعات منهجية التحسين Six Sigma



شكل رقم 9- 48 مخطط التآلف لمعوقات نجاح مشروعات التحسين

9.26. مخطط تدفق القيمة "VSM" Value Stream Mapping

هذه الأداة هي إحدى الأدوات القوية التي ابتكرتها شركة تويوتا Toyota في الثمانينات على يد كبير مهندسيها Taiichi Ohno و Sensei Shigio Shingo وتستخدم في:

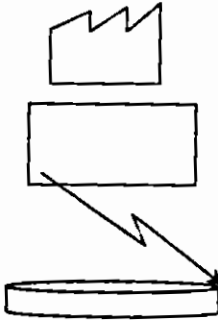
1. عرض صورة مرئية للعملية قيد الدراسة توضح تتابع الأنشطة، وعلاقة كل نشاط بالأنشطة الأخرى، كما توضح زمن تنفيذ كل نشاط.
2. تحليل وتقييم الأنشطة ومحاولة التخلص من الأنشطة الغير ضرورية.
3. تقييم الوقت المستغرق لتنفيذ نشاط ما، والوقت المستهلك بين الأنشطة، ومقارنته بما يجب أن يكون عليه، ومحاولة تقليله إلى أقصى حد ممكن.

إذن فهي أداة تساعد في "عرض الخطوات والتخلص من غير الضروري، وتقليل أزمته تنفيذ الضروري" ولذا يطلق عليها البعض أداة رؤية واكتشاف المفايد Waste Visualization tool، وهي المفايد تجمعها في كلمة "دوت ويمب DOT WIMP" الشهيرة في عالم تهذيب العمليات Lean، وهي الحروف الأولى من سبع كلمات تضم كافة أنواع الفاقد (الفاقد هو أى نشاط لا يضيف إية قيمة للمنتج النهائي بل يزيد من تكلفته) وهي:

1. الفاقد بسبب عيوب في المنتج Waste of Defects وهي المخرجات التي لا

- تطابق المواصفات الموضوعية، وينتج عن ذلك ضياع للموارد والمجهود.
2. الفاقد بسبب الإنتاج المفرط الزائد عن الحد المطلوب Waste of Overproduction.
3. الفاقد بسبب نقل ومناولة المهمات و المواد والمنتجات المصنعة جزئياً وكلياً .Waste of Transportation .
4. الفاقد بسبب التأخير والانتظار Waste of Waiting.
5. الفاقد بسبب المخزون الكبير الزائد عن الحاجة Waste of Inventory، وما يصاحبه من تجميد لرأس المال.
6. الفاقد بسبب الحركة الغير ضرورية Waste of Movement للمواد والمنتجات وللعاملين داخل الشركة.
7. الفاقد بسبب العمليات الغير ملائمة والقيام بخطوات غير ضرورية أو القيام بأعمال غير منتجة Waste of Processing.

■ خطوات رسم مخطط تدفق القيمة VSM construction steps



شكل رقم 9- 49 الاشكال القياسية المستخدمة في رسم مخطط تدفق

وقبل أن نوضح خطوات رسمها نعرض عددا من الأشكال والرموز المتعارف والمتفق عليها والتي نستخدم أثناء رسمها وهي كما بالشكل 9-49 :

1. الشكل المدرج: ويشير إلى المورد Supplier والعمل Customer.

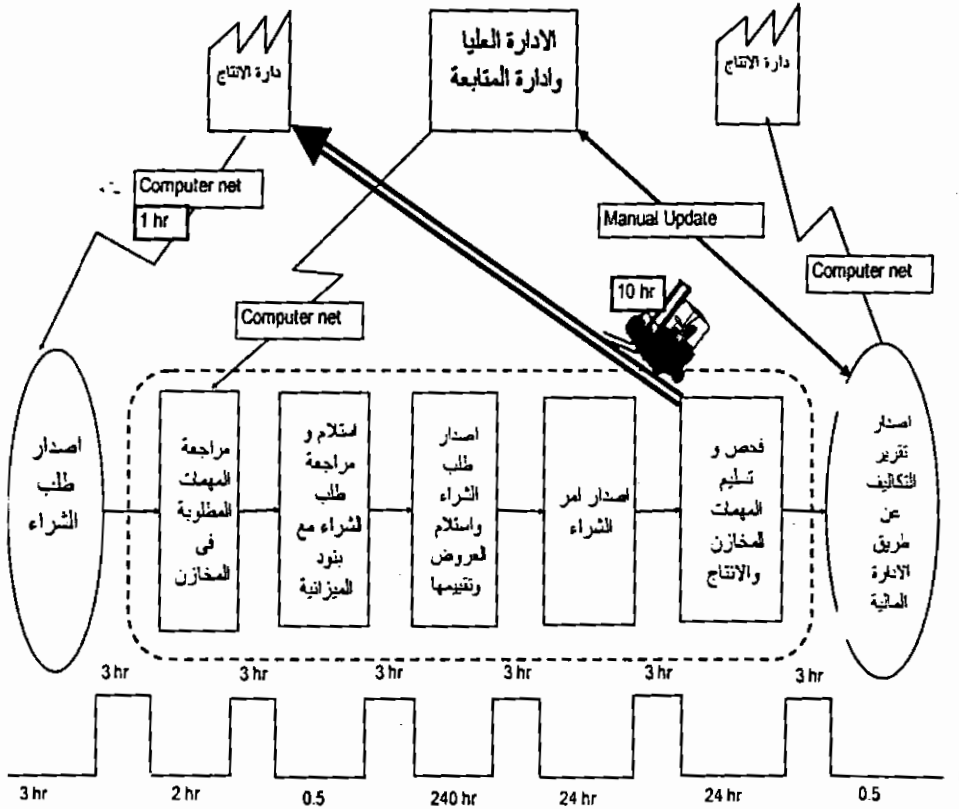
2. الشكل المستطيل: ويشير إلى خطوة تنفيذية

3. الشكل السهم: ويشير إلى اتصال اليكتروني أو تليفوني لتداول البيانات والمعلومات

4. الشكل الاسطواني: ويشير إلى وسيلة تخزين بيانات (وسائط متعددة)

فمثلاً وبعد رسم مخطط تدفق القيمة Value Stream Mapping VSM وبعد توضيح أزمدة كل نشاط، قد يرى الباحث أن احد الأنشطة مثل أخذ توقيع المدير انعم يستغرق وقتاً طويلاً يمتد لأيام لانشغال هذا المدير في اجتماعات مستمرة، وفي هذه الحالة قد يقترح أن يتم التفويض لأحد مروضى هذا المدير للتوقيع على هذا النشاط وبالتالي يقل وقت تنفيذه إلى ساعات بدلا من أيام.

والشكل 9-50 يوضح مخطط تدفق القيمة VSM للمثال الذي تناولناه في موضوع خريطة سير العمليات Process Mapping.



شكل رقم 9-50 مخطط تدفق القيمة لطلب الشراء

ويلاحظ أن النشاط الخاص بـ "إصدار طلب الشراء واستلام العروض وتقييمها" يستهلك معظم وقت العملية ككل، ولذلك يكون من المنطقي والبديهي دراسة تقليل زمن هذا النشاط إذا أردنا تقليل الزمن الكلي للعملية.

وبعد رسم هذا الشكل نقوم بحساب كفاءة دورة العملية أو Process Cycle Efficiency "PCE" وهو احد المعايير الهامة التي تساعد في تقييم مستوى الأداء لعملية ما مقارنة بمثيلاتها، وتحسب هذه القيمة من المعادلة :

$$\text{Process Cycle Efficiency} = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}}$$

حيث إن Value-Added time هو الوقت المستهلك في تأدية الأنشطة ذات القيمة للعميل، وحيث إن Total Lead Time هو الوقت الإجمالي اللازم لتأدية مجموعة الأنشطة المكونة للعملية ككل من بدايتها حتى نهايتها، والقيمة العملية لهذا المعيار تختلف من قطاع إلى آخر ومن صناعة إلى أخرى ويتم المقارنة دائماً بالشركات العاملة في نفس المجال باستخدام التقييم المقارن Bench marking، وبتطبيق ذلك على المثال الذي بين أيدينا نجد ما يلي :

$$\text{Process Cycle Efficiency} = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} = \frac{3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3}{3 + 2 + 0.5 + 240 + 24 + 24 + 0.5} = \frac{18}{294} = 0.061$$

أى أنها تقريباً 6% وهى نسبة معقولة فى الشركات العاملة فى مجال البترول بالنسبة للمشتريات الداخلية والمحلية.

ومع ذلك فإذا أردنا تقليل هذا الوقت فيمكن البدء بدراسة وتحليل النشاط الذى يستهلك أكبر قدر من الوقت لإنجازه وهو " إصدار طلب الشراء لاستلام العروض وتقييمها " وحينئذ سنجد أنفسنا بحاجة إلى تقسيم هذا النشاط إلى عدة أنشطة فرعية، وهنا يمكن الاستعانة بخريطة سير العمليات التفصيلية Detailed Process Map التى تم شرحها فى أجزاء سابقة من هذا الفصل.

9.27. مخطط السبب والاثـر Cause and Effect Diagram

وهو أداة قوية لتصنيف وتحليل الأسباب التى يمكن أن تؤثر فى العملية تحت الدراسة بطريقة واضحة ومنظمة، ويطلق عليه مخطط عظم السمكة Fish bone لأنه يشبه عظم السمكة كما يظهر من الشكلين 9-51 و 9-52، ويطلق عليه أيضاً مخطط إيشيكافا Ishikawa نسبة إلى أول من استخدمه وهو مهندس يابانى، ونستطيع من خلال هذا المخطط تحديد العلاقة بين النتيجة أو الأثر وبين الأسباب المحتملة وراء هذه النتائج والآثار، وهى أداة ووسيلة تؤدي إلى فهم أعمق للمشكلات المعقدة.

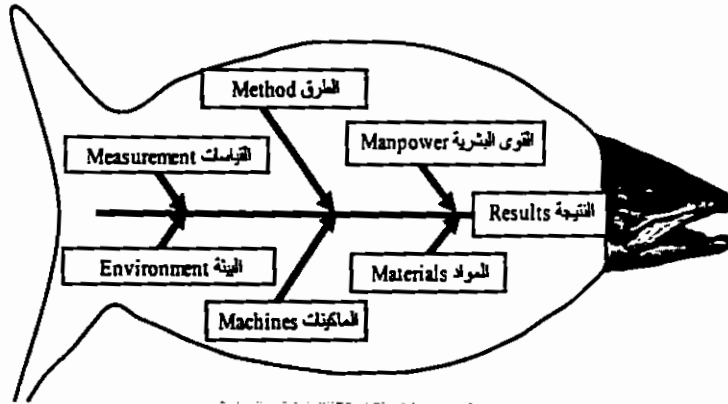
وقبل البدء فى تطبيق هذه الأداة على مشكلة ما يجب التأكد أولاً أنه لم يتم بحث هذه المشكلة من قبل حتى نبدأ من حيث إنتهى الآخرون، و حتى نتجنب تقديم حلول وتوصيات تم رفضها من قبل.

و يجب على فريق البحث قبل إصدار التوصيات أن يثبت صحة هذه التوصيات باستخدام أدوات أخرى سنوردها فى هذا الكتاب أن شاء الله مثل الانحدار Regression، والارتباط Correlation، وتصميم التجارب Design Of Experiment، ومخطط التشتت Scatter diagram، واختبار الفرضيات Hypothesis tests، كذلك يجب الانتباه جيدا إلى أن تنفيذ المقترحات لن يؤدي إلى إصلاح هذه المشكلة وخلق مشاكل أخرى فى أجزاء أخرى من العملية.

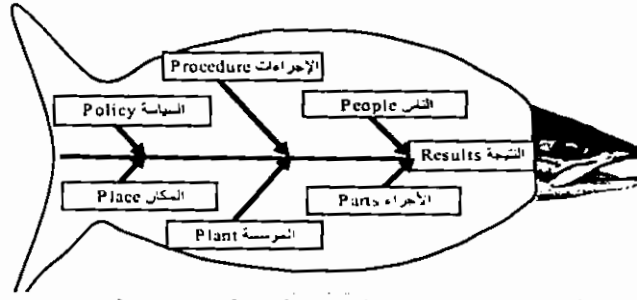
■ خطوات تطبيق السبب والاثـر Cause and Effect Construction Steps

ويتم رسمه بوضع الأثر أو النتيجة فى مربع على يسار الصفحة، كما بالشكلين 9-51 و 9-52 ثم نرسم خط طويلا من المربع فى اتجاه اليسار، ونفرع من هذا الخط الاقصى ستة خطوط رئيسية، وننفذ الخطوات التالية:

1. من خلال جلسات عصف الذهن التي تم شرحا أنفا نقوم ببحث الأسباب المحتملة لهذا الأثر وهي تقع فى خمس مجموعات يطلق عليها Five M's فى الشركات التي تقوم بعمليات إنتاجية، وهي القوى البشرية Manpower و المواد Materials و الماكينات Machines، و الطرق Method، و القياسات Measurement، وفى بعض الأوقات يضاف إليها البيئة Environment، كما يطلق عليها الـ Five P's فى الشركات التي تقوم بعمليات خدمية، وهي الإجراءات Procedure، والمكان Place لتمثل بيئة العمل Environment، و الناس People لتمثل الموظفين Employees، والزبون Patrons لتمثل العملاء Customers، والتجهيزات Provisions لتمثل الموردون Suppliers، وفى بعض الأوقات يضاف إليها السياسة Policy.

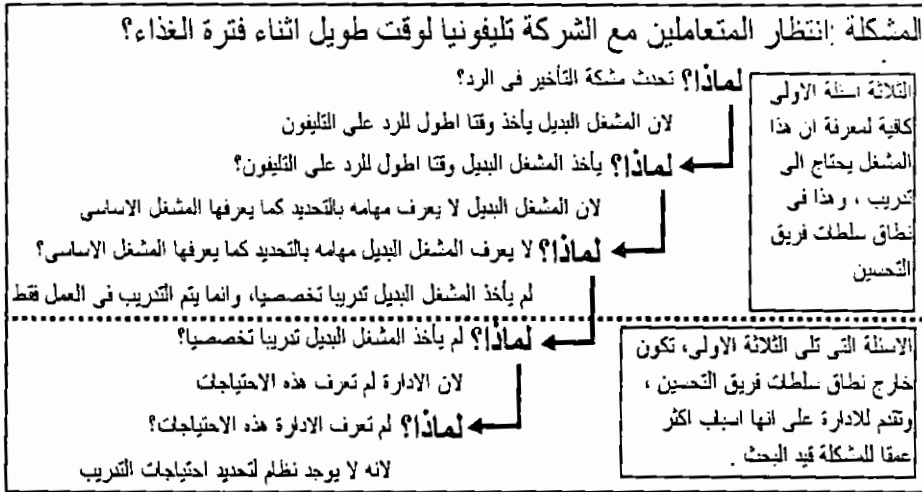


شكل رقم 9-51 مخطط عظم السمكة لشركات الإنتاج



شكل رقم 9- 52 مخطط عظم السمكة لشركات الخدمات

2. ثم نقوم بتقسيم الخمس أو الستة مجموعات الرئيسية السابقة إلى أسباب فرعية عن طريق استخدام السؤال " لماذا؟ " لعدة مرات متتالية – حتى نصل إلى مرحلة لا نجد فيها إجابة على السؤال "لماذا؟" ، وكلما زاد عدد مرات السؤال "لماذا؟" كلما زادت الأفكار التي قد تؤدي للوصول إلى السبب الرئيسي Root Cause أو Red X's، وبحكم التجربة العملية فإنه من المفيد تكرار السؤال الذي يبدأ بـ " لماذا " لخمس مرات في كل مجموعة أسباب، إذ يلاحظ أن الإجابة على أول ثلاثة أسئلة غالبا ستكون محددة و تكفي لاتخاذ قرار في حدود سلطات فريق التحسين، بينما الإجابة الرابعة والخامسة غالبا ما تكون خارج نطاق سلطات فريق التحسين وإنما ترفع للإدارة الأعلى للدراسة فيما بعد، والمثال التالي المبين بشكل 9-53 يوضح ذلك.

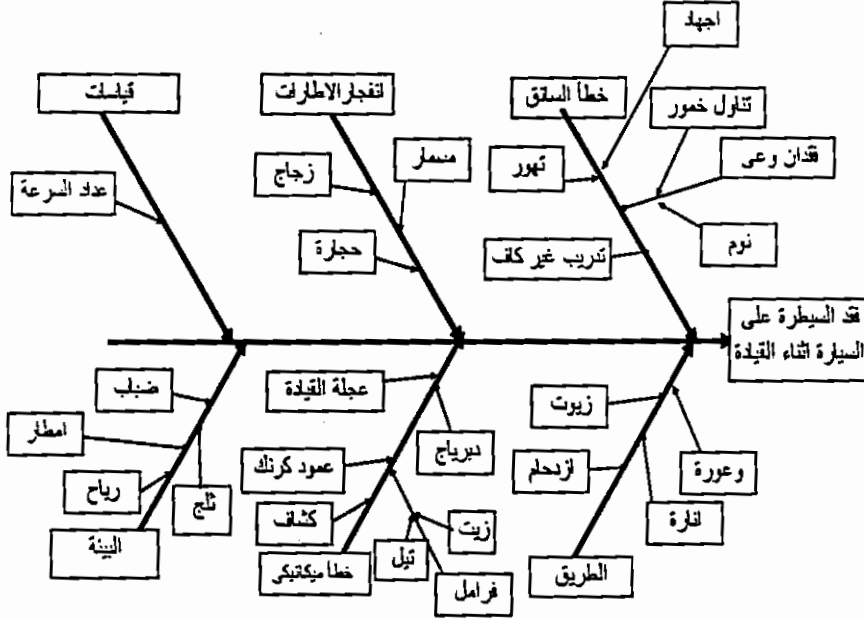


شكل رقم 9- 53 نموذج للخمس اسئلة التي تبدأ بـ " لماذا "

3. نختار عددا من الأسباب (بين 3 إلى 5 أسباب) والتي يرى أعضاء الفريق أنها

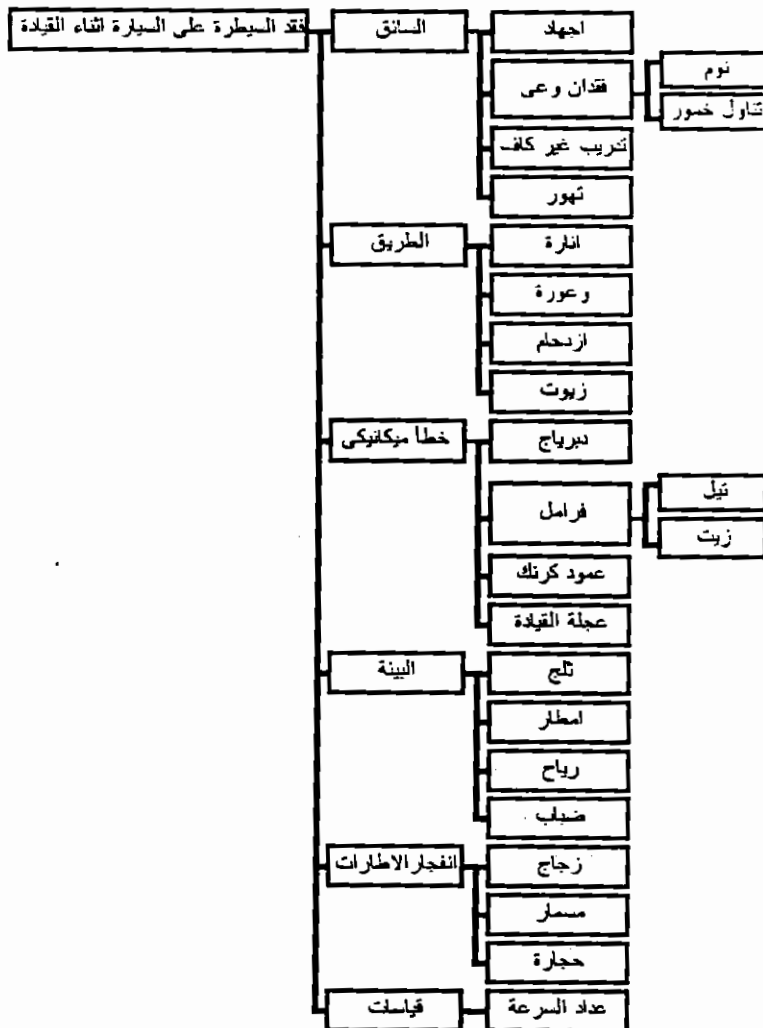
الأكثر تأثيراً في النتيجة التي تم تحديدها ولتحديد هذه الأسباب الأكثر تأثيراً يمكن الاستعانة بما تم شرحه ضمن مصفوفة تحديد الأولويات Prioritization Matrix وضمن مخطط باريتو أو Pareto Diagram.

والشكل 9-54 التالي يوضح مخطط عظم السمكة Fishbone لموضوع " فقد السيطرة على السيارة أثناء القيادة "



شكل رقم 9 - 54 مخطط عظم السمكة لتحليل " فقد السيطرة على السيارة أثناء القيادة "

أما الشكل 9-55 فهو صيغة أخرى لعرض السبب والآخر Cause and Effect، وفي بعض الحالات يطلق عليه مخطط تقسيم الأعمال "WBS" Work breakdown structure، وهو ذو أهمية كبيرة لتبسيط وتسهيل فهم العلاقات بين الأنشطة.



شكل رقم 9- 55 مخطط اخر لتحليل " فقد السيطرة على السيارة أثناء القيادة "

كما توجد أشكال أخرى أكثر تعقيدا وبخاصة المستخدمة في مجال التحكم الآلي، ولكننا سنكتفي بعرض هذا القدر حيث إنه كاف للتطبيقات مجال هذا الكتاب

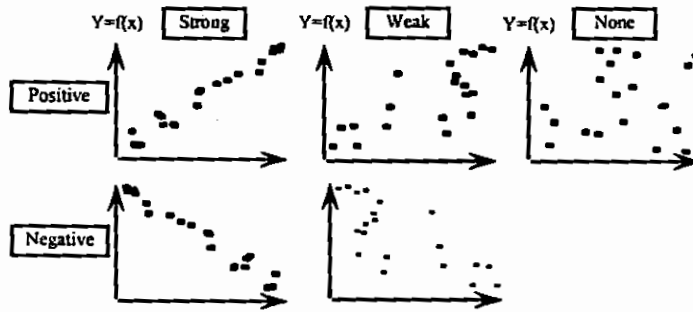
9.28. مخطط التشتت أو التبثر Scatter Diagram

يعد مخطط التشتت أو التبثر أو الانتشار من الأدوات الهامة لعرض وتحديد وإثبات وجود علاقة بين متغيرين من عدمه – وقد تم التعرض له عند مناقشة الانحدار Regression في

الفصل السادس عشر من هذا الكتاب، وهو أداة تستخدم أساسا لبحث العلاقة بين البيانات الثنائية Bivariate data، وهي مجموعة من البيانات عند جمعها يتم جمع متغيرين مثل أطوال الرجال ومقاسات أحذيتهم أو مثل أوزان النساء ومعدل التنفس في الدقيقة أو مثل نسبة الذكاء ومستوى التحصيل أو مثل كمية الطعام ومستوى النمو، أو مثل عدد العاملين و اجمالي قيمة الأعمال المنفذة، أي يوجد متغيرين أحدهما X والآخر Y وقد يوجد علاقة بين هذين المتغيرين أولا توجد علاقة، وينبغي أن نشير إلى ضرورة أن لا يقل عدد القراءات التي نستخدمها في الرسم عن عشرين قراءة، وكلما زاد عدد النقاط كلما كان أفضل، وكلما قلت النقاط يجب أخذ الحذر والحيلة عند اتخاذ القرارات، ويمكن أن يستخدم مخطط التبعثر في بعض الأحوال في تحديد القيم الغريبة/الشاذة Outliers، كما يمكن تعميم استخدامه على أي مجموعتين من البيانات مع الحفاظ على مدى استخدام نتائجها.

خطوات رسم مخطط التبعثر Scatter Diagram Construction Steps

ولرسم مخطط التبعثر يتم رسم السبب أو البيانات المستقلة Independent data أو السبب Cause علي المحور X ورسم البيانات التابعة dependant data أو النتيجة effect علي المحور الرأسي، ويفضل أن يكون مقياس الرسم على المحور الافقي مساو لمقياس الرسم على المحور الرأسي، والشكل 9-56 التالي يعرض عدة أنواع من ال Scatter ونرى فيها أنواع مختلفة من العلاقات المتباعدة في القوة.

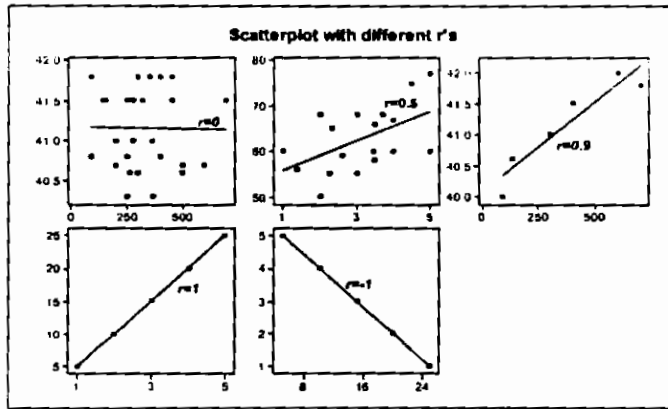


شكل رقم 9-56 نماذج مختلفة لمخطط التبعثر

وفيه نلاحظ أنه إذا كانت النقاط المرسومة متقاربة كلما كان هناك احتمال لوجود علاقة قوية، وكلما كانت النقاط متشتتة أو متباعدة كلما كان هناك احتمال لأن تكون العلاقة ضعيفة، وهنا يجب الانتباه الشديد إلى أننا نقول "احتمال وجود علاقة" ولم نقل "وجود علاقة" إذ أن وجود ارتباط خطي بين متغيرين لا يعنى بالضرورة وجود السببية بين هذين المتغيرين، أي قد يكون المتغيران قد تأثرا بمتغير ثالث كان هو السبب في حدوثهما معا، (يمكن الرجوع

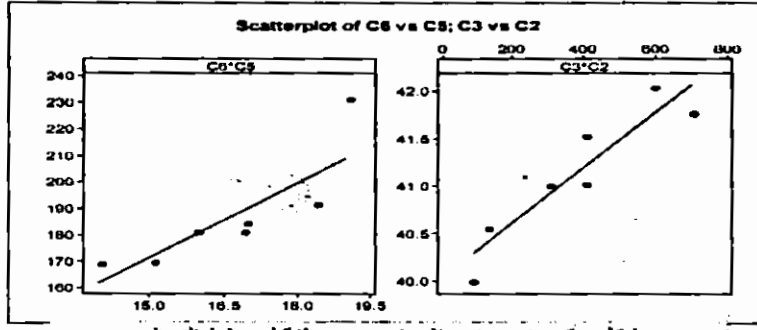
إلى موضوع الانحدار Regression لمزيد من التوضيح من خلال مثال الشماسي والحوادث في الفصل الثاني عشر من هذا الكتاب)، كذلك يجب الحذر عند محاولة تحسس وتعميم وجود علاقة بين متغيرين من عدمه، وأن يتم ذلك على المدى التشغيلي الكامل للمتغيرين، فإذا كنا نبحت العلاقة بين درجة الحرارة والضغط مثلاً، وكان مدى درجات الحرارة من 5 درجات حتى 60 درجة، فلا يجوز أن نرسم مخطط التشتت Scatter في المدى من 5 حتى 40 درجة فقط، أو من 20 حتى 60 درجة فقط، وإنما لابد أن يكون مدى الاختبار من 5 حتى 60 درجة، إذ أن التعامل مع جزء من المدى قد يعطي نتائج مضللة وغير صحيحة.

أما الشكل 9-57 التالي بين العلاقة بين قيمة معامل الارتباط r وشكل العلاقة بين المتغيرين



شكل رقم 9-57 نماذج أخرى مختلفة لمخطط التبعثر

ومعامل الارتباط r Coefficient of Correlation هو أحد الأدلة الذي تعبر عن مدى قوة العلاقة بين X & Y ، وتتراوح قيمته من -1 حتى 1، وتدل القيمة -1 على وجود ارتباط خطي قوى و تام عكسي، بينما القيمة 1 على وجود ارتباط خطي قوى و تام طردي، وإذا اقتربت القيمة المطلقة لهذا المعامل من الصفر دل ذلك على عدم وجود علاقة بين المتغيرين محل الدراسة أي $variables\ are\ uncorrelated$ وفي هذه الحالة سيظهر مخطط الانتشار scatter كأنها نقاط عشوائية تدل على عدم وجود علاقة، كما أن إشارة هذا المعامل تدل على اتجاه العلاقة فالإشارة الموجبة تدل على علاقة طردية موجبة Positive Direct Correlation والإشارة السالبة تدل على علاقة عكسية سالبة Negative Inverse Correlation، والقيمة R لا تخبرنا بميل الخط الممثل فكل المنحنيين في الشكل 9-58 لها نفس قيمة معامل الارتباط $R = 0.9$ وبالرغم من ذلك فهما غير متوازيين



شكل رقم 9- 58 نماذج أخرى مختلفة لمخطط التبعية

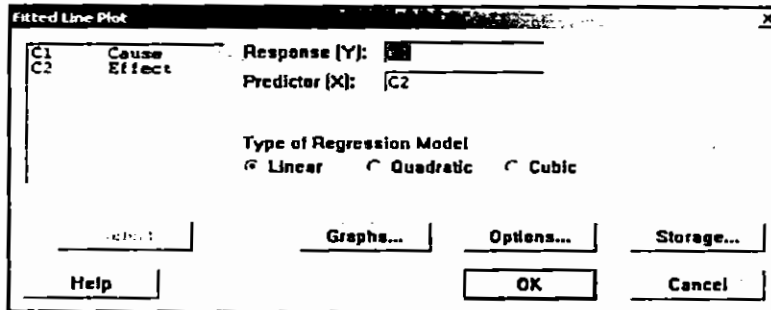
مثال رقم 9- 11

الجدول 9-24 يعرض العلاقة الرقمية بين قوة التيار المسحوب لاحد الأجهزة الصوتية وبين قوة الصوت الصادرة من هذا الجهاز، والمطلوب رسم مخطط التشتت Scatter والتعليق.

جدول رقم 9- 24 العلاقة بين التيار وقوة الصوت

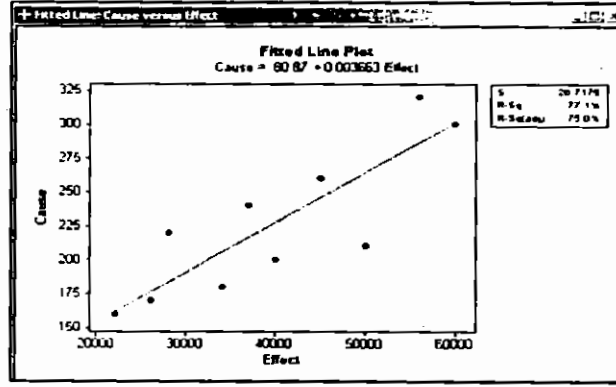
160	170	260	240	220	210	320	180	300	200	Cause
40000	60000	34000	56000	50000	28000	37000	45000	26000	22000	Effect

الحل : نستخدم الميني تاب Minitab للرسم من خلال القوائم التالية Stat > Regression > Fitted line plot، فيظهر المربع الحواري كم بالشكل 9-59 التالي:



شكل رقم 9- 59 تجهيز لرسم مخطط التبعية باستخدام Minitab

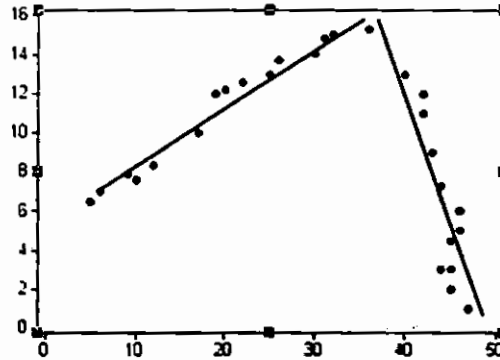
ثم نختار كل من السبب Cause على المحور الافقي والنتيجة Effect على المحور الرأسى، فيظهر الشكل 9-60 والذي يوضح أنه توجد علاقة طردية بين السبب والنتيجة ، والمعامل r يشير إلى قوة هذه العلاقة وقيمته حوالي 75% كما بالشكل.



شكل رقم 9-60 لمخطط التبثر بين شدة الصوت والتيار

وعند رسم مخطط التشتت Scatter يجب الانتباه إلى عدم مد الخط الذي يتوسط النقاط لأكثر من حدود هذه النقاط، وهذا ما يسمى بالتنبؤ خارج المدى Extrapolation، وهو ممنوع تماماً إلا بعد التيقن من أنه ممكن، أى أن الخط يجب ألا يتعدى مجال النقاط إلا بحذر شديد، فإذا كنا نبحث العلاقة بين درجة الحرارة والضغط مثلاً، وكان مدى درجات الحرارة من 5 درجات حتى 40 درجة، وبعد أن نرسم مخطط التشتت Scatter فلا يجوز أن نمد الخط الممثل للعلاقة ليتجاوز الدرجة 5 أو الدرجة 40 إذ أن التعامل مع الاستنتاجات التي تخص هذه المناطق الممتدة يشوبه عدم التقن وعدم الدقة وقد يعطى نتائج مضللة وغير صحيحة.

وعند رسم مخطط التشتت Scatter فإن العلاقة الناتجة قد تكون خط مستقيم، أو خط منحنى، وفي حالة المنحنى يمكن تقسيم المنحنى إلى مجموعة من المناطق الممثلة بخطوط مستقيمة لتسهيل التعامل كما في شكل 9-61.



شكل رقم 9-61 تقسيم المنحنى لعدة مناطق

9.29. تقنية تحليل الإخفاق وسببه "FMEA" Failure Mode and Effect Analysis

وهي وسيلة قوية وأداة فعالة لتحديد الأسباب التي تؤدي إلى حدوث مشاكل في عملية ما، وقد رأت النور في ستينات هذا القرن، ثم أصبحت جزءا من المعايير القياسية العسكرية، كما تمكننا هذه الأداة من تحديد و تقييم الأخطار المحدقة بالعملية كميا، وتمكننا كذلك من تحديد طرق التغلب على هذه الأخطار، ويتم تطبيق ال FMEA بطريقتين:

1. إما أن يتم تحليل العملية تبعا لتقسيمها وتكوينها الفيزيائي، أى بترتيب الأجزاء المكونة للعملية، ويكثر استخدام هذه الطريقة في مراحل التصميم Design For Six Sigma DFSS.

2. وإما أن يتم تحليل العملية تبعا لوظيفتها أو وظيفة أجزائها، ويكثر استخدام هذه الطريقة في مراحل DMAIC لعملية موجودة، أو ال DMADV لعملية تحت الإنشاء.

FMEA عملية مستمرة لا تتوقف، وينبغي مراجعتها من أن لآخر، وبخاصة إذا حدث تباين للظروف المحيطة بالعملية Process.

والجدول 9-25 يعرض نموذجا يمكن استخدامه عند تطبيق FMEA.

جدول رقم 9- 25 نموذج يمكن استخدامه عند تطبيق FMEA (المؤلف)

Failure Mode and Effect Analysis Form																				
Process Name:																				
Prepared By:	1.....	4.....	3.....																	
	2.....	5.....	6.....																	
Revision:	Date																			
Item	Function	Failure mode			Failure cause	Failure mechanism	Severity "SEV"			Occurrence "OCC"	Detectability "DET"	Risk Priority Number	Recommended actions	Due date	Responsibility	Action taken	Severity "After"			Risk Priority Number "After"
		Level 1	Level 2	Level 3			Safety	Production	Cost								Safety	Production	Cost	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R			
First item	Function 1	F1			1															
					2															
					3															
		F2			1															
					2															
					3															
	Function 2	F1			1															
					2															
					3															
		F2			1															
					2															
					3															
الأجزاء المركبة المعيبة	وظائف الأجزاء	نوع الأخطاء المعطلة	تأثير الخطأ على المراحل المختلفة للـ Process ويمكن اختصاره لمستوى واحد	الأسباب المعطلة للأخطاء المعطلة	شكل ظهور الخطأ	تصنيف من جدول درجة الخطورة	تصنيف من جدول التكرارية	تصنيف من جدول الأخطار الزمنية	$RPN = SEV * OCC * DET$	التوصيات والقرارات	توقيت تنفيذ التوصيات	الشخص المسؤول بتنفيذ التوصيات	التوصيات التي تم تنفيذها بالفعل	تصنيف من جدول درجة الخطورة بعد تنفيذ التوصيات	تصنيف من جدول التكرارية	تصنيف من جدول الأخطار الزمنية	$RPN = SEV * OCC * DET$			

ويتم اختيار قيمة كل من الأعمدة G & H & I في الجدول السابق من الجداول 9-26 & 9-27 و 28-9 على التوالي:

جدول رقم 9- 26 درجة الخطورة (six sigma Handbook)

Severity Sev درجة الخطورة		درجة التقييم
Environment وال Production Safety وال	تأثيره على	
Hazardous without warning	تأثير بالغ بدون إنذار أو مخالف للفوانين	10
Hazardous with warning	تأثير بالغ مع إنذار	9
Very High	تأثير كبير جدا	8
High	تأثير كبير	7
Moderate	تأثير متوسط	6
Low	تأثير بسيط	5
Very Low	تأثير بسيط جدا	4
Minor	تأثير محدود	3
Very Minor	تأثير محدود جدا	2
None		1

جدول رقم 9- 27 التكرارية (Handbook of Reliability and Management)

Occurrence Occ التكرارية		درجة التقييم
احتمال حدوث الخطأ نسبة إلى عدد معين من المرات لكل ساعة تشغيل	احتمال حدوث الخطأ نسبة إلى عدد معين من المرات لكل ساعة تشغيل	
Very High	100 مرة من كل 100 ساعة تشغيل	10
	90 مرة من كل 100 ساعة تشغيل	9
High	10 مرة من كل 100 ساعة تشغيل	8
	1 مرة من كل 100 ساعة تشغيل	7
Moderate	1 مرة من كل 100 ساعة تشغيل	6
	1 مرة من كل 100 ساعة تشغيل	5
Low	1 مرة من كل 1000 ساعة تشغيل	4
Very Low	1 مرة من كل 10000 ساعة تشغيل	3
Remote	1 مرة من كل 100000 ساعة تشغيل	2
	1 مرة من كل 1000000 ساعة تشغيل	1

المصدر handbook of Reliability and Management

جدول رقم 9- 28 الاحترارية (six sigma Handbook)

Detection Det الاحترارية		درجة التقييم
النسبة المئوية لا احتمال منع الخطأ بالإجراءات الوقائية الحالية %	النسبة المئوية لا احتمال منع الخطأ بالإجراءات الوقائية الحالية %	
Almost impossible	من 0% إلى 1%	10
Very remote	من 1% إلى 10%	9
Remote	من 10% إلى 30%	8
Very Low	من 30% إلى 50%	7
Low	من 50% إلى 70%	6
Moderate	من 70% إلى 90%	5
Moderately High	من 90% إلى 95%	4
High	من 95% إلى 99%	3
Very High	من 99% إلى 100%	2
Almost Certain	من 100% إلى 100%	1

المصدر Six Sigma handbook

■ خطوات تطبيق تقنية تحليل العرض وسببه FMEA implementation steps

توجد خطوات محددة لتطبيق ال FMEA نوجزها فيما يلي:

1. نقوم بتحديد العملية التي سيتم التعامل معها تحديدا دقيقا (ما هي حدودها وما هي وظيفتها....)
2. نقوم بإنشاء خريطة العمليات/ الأنشطة Process Map (سيتم شرحها في الأجزاء التالية من هذا الكتاب)، والتي توضح الخطوات التفصيلية التي تمر بها العملية منذ أن تبدأ إلى أن تنتهي، ويطلق على هذه الخريطة في بعض الأحيان مخطط التتابع Block Diagram.
3. نقوم برسم السايبوك SIPOC (تم شرح مخطط السايبوك SIPOC Diagram في بند 10-3 من هذا الفصل)، والذي يوضح الأطراف المهمة بالعملية Process، ويوضح دخلها وخرجها، كما يوضح بصورة غير متعمقة خطوات سيرها.
4. يتم تدوين أجزاء العملية (العمود A في الجدول السابق)، ووظيفة كل جزء من أجزائها (العمود B في الجدول السابق)، وكذلك الخطأ المحتمل حدوثه عند تادية كل وظيفة (العمود C في الجدول السابق).
5. نقوم بمساعدة الجداول الثلاثة الخاصة بدرجة الخطورة Severity والتكرارية Occurrence ووسائل الحماية والرصد Detection بتحديد قيم هذه العناصر وتدوينها في الجدول الرئيسي.
6. نقوم بحساب درجة الخطورة Risk Priority Number RPN أو (كلما زادت قيمته كانت الخطورة اكبر)، وذلك من المعادلة

$$RPN = Sev * Occ * Det$$
7. نحدد الإجراءات اللازمة للتغلب على كل خطأ محتمل ونبدأ بالأخطار ذات درجة الخطورة RPN الأكبر.
8. نحدد من سيقوم بتنفيذ هذه الإجراءات ومتابعتها، وكذلك تاريخ تنفيذها.
9. نقوم بحساب درجة الخطورة RPN مرة أخرى بعد تنفيذ اجراءات التحسينات التي تم الاتفاق عليها، ونقارنها بالقيمة قبل التحسينات، وينبغي أن تقل هذه القيمة بعد التحسينات وان تصل إلى حد الخطورة الذي يقبله فريق العمل، فإذا لم يصل الفريق إلى قناعة بأن درجة الخطورة في الحدود المقبولة فيتم إعادة FMEA مرة أخرى، وفي هذه الحالة يفضل الاستعانة بمن لهم خبر أكثر بالعملية تحت الدراسة.
10. يتم توثيق الدراسة ومتابعتها دوريا، وخاصة إذا حدث تباين للعمليات Processes.

9.30. أسلوب التحكم المرني "Five S" Visual control approach

وهي أداة من أدوات التهذيب والتخلص من المفاهيم Lean أو تقليل الفاقد في أى عملية إلى أقصى درجة ممكنة، وأصلها ياباني، واسمها مشتق من خمس كلمات يابانية تبدأ كلها بحرف ال S، وقد تم ترجمتها إلى خمس كلمات بالإنجليزية تناظر الخمسة اليابانية، والجدول 9-29 يوضح ذلك بالإضافة إلى معناها باللغة العربية:

جدول رقم 9-29 حروف التحكم المرني ومدلولاتها

الرقم	Five S's بالإنجليزية	المرني بالإنجليزية	المرني بالعربية
1	Seiri	Sort out	Organizing
2	Seiton	Stor / Straighten / Systematically Arrange	Tidiness
3	Seiso	Shine	Purity
4	Seiketsu	Standardize	Unifying
5	Shitsuke	Sustain / Self - discipline	Discipline

ويعتبر أسلوب التحكم المرني 5 S's أداة فعالة تستخدم لتقليل الأنشطة الغير ضرورية لأي عملية، كما تستخدم لتقليل الوقت اللازم للحركة والبحث أثناء تأدية هذه العملية، كذلك تساعد على الاستخدام الأمثل للمساحات المتاحة في بيئة العمل، وأيضاً لتقليل حوادث العمل ولتحسين بيئته بصفة عامة مما يكون له مردود ايجابي في رفع الكفاءة وزيادة الإنتاجية وتحسين جودة المنتج، ولهذا فهي أكثر فاعلية من غيرها في تحسين عمليات محددة مثل العمليات داخل المصانع والورش وعمليات إدارة المخزون على سبيل المثال.

وترتكز فلسفة أسلوب التحكم المرني Five S's كأداة من أدوات التخلص من المفاهيم Lean، على أن أى عملية مهما اختلفت مراحل تنفيذها فإنها تظل ذات خطوات ثابتة ومتكررة وروتينية، وعلى ذلك فيمكن الاستفادة من خبرة التكرار وبالتالي تحسين الأداء، ويتم ذلك من خلال عدة مراحل محددة، في كل مرحلة يتم تنفيذ مجموعة من التحسينات كما يلي:

■ مرحلة الفرز والتصنيف Sort وتتضمن هذه المرحلة:

1. تحديد الأشياء الغير ضرورية ووضع ملصقات وعناوين صفراء على تلك التي يمكن الاستعانة بها مستقبلا، كما يتم التخلص نهائيا من الباقي، ويمكن تحديد وقت محدد أسبوعيا أو شهريا لتطبيق ذلك.
2. يتم تصنيف وترتيب الآلات والعدد في سجلات تشير إلى أماكن تخزينها.
3. تحديد الأشياء الغير جاهزة للاستخدام أو خطيرة الاستخدام ووضع ملصقات وعناوين حمراء عليها وكتابة تعليمات تحذيرية، كما يتم عمل خطة لإصلاح التالف أو التخلص منه نهائيا.
4. يتم تغيير عادة الاحتفاظ بالأشياء لمجرد الاحتفاظ بها وسيكون لذلك أثرا مباشرا لتوفير المساحات.

■ مرحلة التنسيق والترتيب Store وتتضمن هذه المرحلة:



1. تحديد مكان ثابت لكل شيء لا يتغير بمرور الوقت، ووضع كل شيء في مكانه.
2. توضع الأشياء متكررة الاستخدام في أماكن قريبة وفي متناول اليد، والأشياء الأقل استخداما توضع في أماكن أبعد، بينما الأشياء نادرة الاستخدام فتوضع في أماكن أكثر بعدا.
3. طبق مفهوم الصيانة الإنتاجية (TPM) Total Productive Maintenance لتقليل الأوقات التي تتعطل فيها معدّاتك، وتجنب حدوث أعطال طارئة والابقاء على الصيانة غير المجدولة في حدها الأدنى وإن يتكاتف الجميع من أجل الإنتاجية العالية.
4. تخصيص أماكن محددة لكل نوع من المخزون، وخاصة المواد الكيماوية أو الخطرة.
5. استخدام الكود اللوني Colour Coding لتحديد وتخصيص المساحات للاستخدامات المختلفة، فمثلا الأحمر لتحديد مساحات لتخزين الزيوت والمواد الكيماوية والمواد الخطرة، والأصفر لتحديد مسارات السير والطرق، والرمادي لتخزين المواد الآمنة، والأخضر لمناطق الإنتاج والتشغيل، والأزرق للمهمات تحت الاستلام، والأبيض للمهمات الصادرة، والبرتقالي للمهمات والمواد

المرفوضة والغير مطابقة للمواصفات، والأصفر لتحديد مناطق الرفع والتحميل وهكذا

■ مرحلة الوضوح والنقاء والتلميع Shine وتتضمن هذه المرحلة:

1. تنظيف مكان العمل والمعدات بصورة دورية متكررة حتى تصبح عادة تلقائية وثقافة لدى الجميع.
2. دهان الأماكن التي تحتاج إلى دهان مع إبراز الناحية الجمالية أن أمكن، مع ملاحظة عدم الدهان على العيوب والشروخ وأماكن التسريب إلا بعد التفتيش على هذه العيوب وإصلاحها.

■ مرحلة التوحيد Standardize وتتضمن هذه المرحلة:

1. بعد الانتهاء من المراحل الثلاثة السابقة يجب تدوينها في صورة تعليمات مستديمة يلتزم بها الجميع حتى تصبح عادة.
2. وضع التعليمات والإجراءات بعد دراستها والتشاور مع كافة الأطراف المختصة والاستفادة من الخبرات المتراكمة.
3. وضع الإعلانات والملصقات التي تحت و تشجع على ايجابية الأفراد وسلامتهم وولانهم في أماكن ظاهرة للجميع.

■ مرحلة المحافظة والإستمرارية Sustain وتتضمن هذه المرحلة:

1. المراجعة الدورية لتعليمات وإجراءات العمل في كافة الأماكن والإدارات لتحسينها والتأكد من الالتزام بها وتنفيذها.
2. تجهيز نماذج وجداول للتفتيش، واختيار أفضل الإدارات والمواقع والموظفين بصفة دورية لتشجيع التميز.
3. اعتماد مبدأ التحسين المستمر في كل المراحل السابقة.

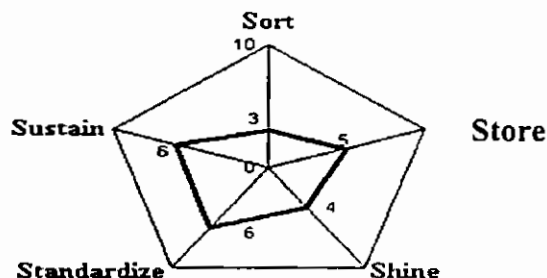
وبعد تنفيذ هذه المراحل، نقوم بتقييم مستوى تطبيق أسلوب التحكم المرئي Five S's، حيث نرسم مخطط الرادار Radar Diagram والذي تشير نقطة المركز فيه إلى الدرجة صفر، ويخرج من المركز خمس محاور، يشير كل محور فيها إلى مرحلة من المراحل السابق ذكرها، كما يشير طول هذا المحور إلى مدى فعالية تطبيق هذه المرحلة.

وبفرض أننا قمنا بقياس مستوى تطبيق أسلوب التحكم المرئي Five S's وكانت كما هي مسجلة بالجدول 30-9

جدول رقم 9-30 مستوى تطبيق أسلوب التحكم المرئي Five S's

المحافظة	التوحيد	الوضوح	التنسيق	الفرز
Sustain	Standardize	Shine	Store	Sort
6	6	4	5	3

وبفرض أن أفضل أداء يساوي عشرة، وإن أسوأ أداء يساوي صفراً، وبرسم مخطط الرادار في الشكل 9-62.



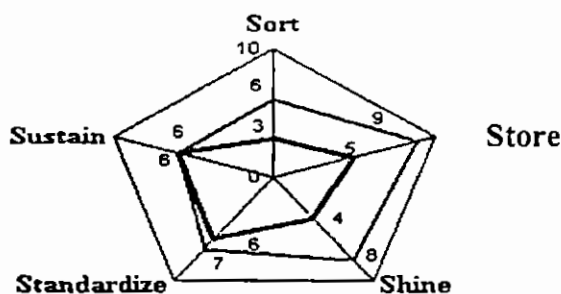
شكل رقم 9-62 مخطط الرادار لتقييم المراحل الخمسة

وإذا قمنا بعد ذلك بفترة بقياس مستوى تطبيق الـ Five S's وكانت كما هي مسجلة بالجدول 9-31، فيمكننا رسم الرادار كما بالشكل 9-58 والذي يوضح مدى التحسن في المراحل المختلفة.

جدول رقم 9-31 مستوى تطبيق أسلوب التحكم المرئي Five S's بعد التحسين

المحافظة	التوحيد	الوضوح	التنسيق	الفرز
Sustain	Standardize	Shine	Store	Sort
6	7	8	9	6

وفيه نجد أن مرحلة الفرز Sort من 3 إلى 6، وفي مرحلة التنسيق Store من 5 إلى 9، وفي مرحلة الوضوح Shine من 4 إلى 8، وفي مرحلة التوحيد Standardize من 6 إلى 7، بينما ظل مستوى التطبيق في مرحلة المحافظة Sustain عند المستوى 6، وهذا ما يعكسه الشكل 9-63.



شكل رقم 9-63 مخطط الرادار المراحل الخمسة بعد التحسين

9.31. مبدأ التطوير المستمر كايزن Kaizen Improvement Principle

كايزن كلمة يابانية شهيرة فى عالم الجودة، وأول من طبق مفهومها هم اليابانيون الذين تكمن قدرتهم على النجاح فى براعتهم على تبنى فلسفات متكاملة و صياغتها بطرق سهلة التنفيذ، وهى جملة مركبة من جزئين أحدهما Kai وتعنى التغيير و Zen وتعنى الى الافضل بحيث يعنى المصطلح " التحسين المستمر والتغيير للافضل "، وهو مصطلح يشبه نداء الحرب الذي يستنفر الطاقات ويحفز الهمم نحو التحسين المستمر الذي لا ينتهي، التحسين على كل مستويات الشركة أو المنظمة أو المصنع بالموارد المتاحة، التحسين ولو بقيمة بسيطة أو بمقدار ضئيل ولكن بصورة دائمة ومستمرة ومتواصلة.

ويمكن تحقيق مبدأ التطوير Kaizen من خلال تنفيذ خطة متكاملة ذات عدة محاور هي:

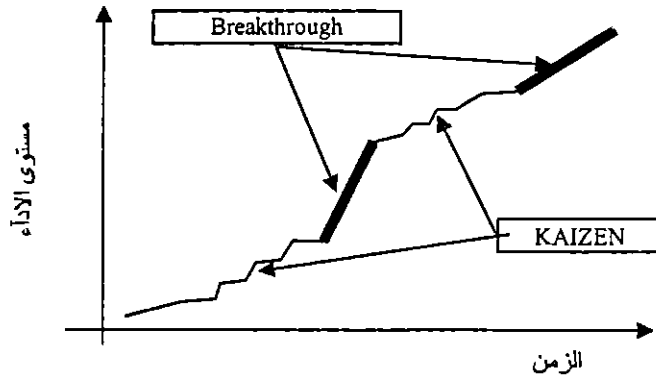
1. تحسين مدخلات العمليات التي تتألف من عدة عناصر هي Five M's فى الشركات التي تقوم بعمليات إنتاجية وهى القوى البشرية Manpower والمواد Materials و الماكينات Machines، و الطرق Method، والقياسات Measurement، وفى بعض الأوقات يضاف إليها البيئة Environment، أو ال Five P's فى الشركات التي تقوم بعمليات خدمية، وهى الإجراءات Procedure، والمكان Place لتمثل بيئة العمل Environment و الناس People لتمثل الموظفين Employees، والزبون Patrons لتمثل العملاء Customers، والتجهيزات Provisions لتمثل الموردون Suppliers، وفى بعض الأوقات يضاف إليها السياسة Policy.
2. تشجيع العامل على تحسين طريقة أداءه لعمله ومن ثم زيادة إنتاجيته وكفاءته.
3. تحسين بيئة العمل بما تحتويه من معدات وآلات وقد يتطلب ذلك تعديل وتغيير فى ترتيب وتوزيع تلك المعدات والآلات والمكاتب.
4. مراجعة وتحسين إجراءات وتعليمات العمل بصفة دورية ومنظمة.
5. تحديد أسباب المشكلات والاختفاء ومعالجتها وتصحيحها بدلا من القاء اللوم على الأشخاص المخطئين.

ويركز مبدأ الكايزن Kaizen كذلك على التخلص من كافة أشكال وصور الفاقد Waste والتي نجعلها فى كلمة "دوت ويمب DOT WIMP" الشهيرة فى عالم التخلص من المفاقد Lean، وهى الحروف الأولى من سبع كلمات تضم كافة انواع الفاقد (الفاقد هو أى نشاط لا يضيف اية قيمة للمنتج النهائى بل يزيد من تكلفته) وهى:

1. الفاقد بسبب عيوب فى المنتج Waste of Defects وهى المنتجات التى لا تتطابق المواصفات الموضوعه، وينتج عن ذلك ضياع للمواد والمجهود.
2. الفاقد بسبب الإنتاج المفرط و الزائد عن المطلوب Waste of Overproduction.
3. الفاقد بسبب نقل ومناولة المواد والمنتجات Waste of Transportation.
4. الفاقد بسبب التأخير والانتظار Waste of Waiting.
5. الفاقد بسبب المخزون الكبير الزائد عن الحاجة Waste of Inventory، وما يصاحبه من تجميد لرأس المال.
6. الفاقد بسبب الحركة الغير ضرورية Waste of Movement للمواد والمنتجات وللعاملين داخل الشركة.
7. الفاقد بسبب العمليات الغير ملائمة والقيام بخطوات غير ضرورية أو القيام بأعمال غير منتجة Waste of Processing.

ويلاحظ أن كل هذه التحسينات السابقة لا تتم ولا تنفذ الا فى ظل ومن خلال مجموعات لجان التحسين المخولة بذلك من الإدارة العليا، مع ضرورة إشراك العامل فى هذه الفرق وهذه اللجان وكذلك ضرورة قبول الاقتراحات من أى مستوى وظيفي بالشركة.

■ الفرق بين كايزن وقفزة التحسين Difference Between Kaizen & Breakthrough
كما ذكرنا أن الكايزن هو تحسين مستمر ومتواصل بقيم بسيطة، أما قفزة التحسين Breakthrough فإنه يعنى قفزة كبيرة من التحسين أو مستوى ملحوظ من التحسين ولا تتوفر فيه صفة الاستمرارية، إذ يجيء نتيجة مشروعات كبيرة أو إعادة تصميم شاملة للعملية والشكل 9-64 يوضح هذا الفرق.



شكل رقم 9-64 مخطط يعرض الفرق بين كايزن وقفزة التحسين

والجدول 32-9 التالي يوضح مزيداً من الفرق بين كل من كايزن وقفزة التحسين Breakthrough:

جدول رقم 9- 32 الفرق بين كايزن وقفزة التحسين

Breakthrough	Kaizen improvements	
مصاريف إضافية كبيرة وقد تستلزم موارد إضافية للتحسين To improve yield, we need top of art material	مصاريف إضافية بسيطة We know well our التحسين outfit, can be improved for small expenses	التفكير والتناول Thinking
غالبا ما تكون تغييرات جوهرية To be modified	غالبا ما تكون تغييرات طفيفة Small changes	إجراءات وعادات العمل Habits & procedures
تستلزم موارد جديدة متطورة changed for latest state of arts	نفس الموارد القديمة المتاحة Old one is improved	الموارد Resources
غير جيد لعدم اشتراكه فى التحسين و لعدم اقتناعه به، وفى بعض الاحيان مقاومته له distrust, haven't been involved nor informed	جيد لاشتراكه فى التحسين واقتناعه به good, they have been involved and informed	رد فعل العامل operator's reactions
قد تقل اثناء أو بعد التحسين Adjustments, failures, flaws poor knowledge of this new ...equipment	لا تقل بعد التحسين similar to before and generally even better	اعتمادية المنظومة Reliability
عالية High	منخفضة Reduced	تكاليف التحسين Costs (investments)
قد تزيد قليلا first unknown then understood	لا تتغير بعد التحسين similar	تكلفة الصيانة والتشغيل Costs (maintenance, operating)
ضروري قبل البدء important before starting	موجود Exist	الإقناع بالتغيير Pay off
تحسن ملحوظ ولكنه أقل سرعة good improvement, but slow	تحسن سريع ولكن بسيط Fast, small improvement	النتيجة Yield

9.32. مبدأ بوكا يوكي "منع الأخطاء الغير متعمدة" Poka Yoke

مصطلح ياباني يعنى منع الأخطاء الغير متعمدة والعمل على كشفها قبل وقوعها، ومن أرحب مجالات تطبيق هذا المبدأ هى مراحل التصميم سواء تصميم منتجات Products أو تصميم عمليات Processes اذ أن الفكرة هى تصميم جيد وقوى ومتماسك Robust design يمنع حدوث مشاكل أو يسهل من اكتشافها فى بدايتها ليسهل التخلص من عيوب المنتج النهائى.

واول من تبنى هذا المبدأ هى شركة تويوتا Toyota على يد المهندس شيجيو شينجو Shigio Shingo فى عام 1961 والذي يعتقد أن عيوب المنتجات ما هى الا اخطاء للبشر

يمكن تفاديها إذا تخلصنا من أسبابها اذ يقول "تعود أسباب العيوب إلى اخطاء العامل، وبسبب اهمال هذه الاخطاء فانها تتحول إلى عيوب عندما تصل إلى المستهلك".

ويتم الوصول لهذا الهدف باستخدام أدوات كثيرة بدءا من بدءا بالتصميم المتقن ومرورا بالتشغيل الجيد، ومن امثلة تطبيق مبدأ البوكا يوكي ما نراه فى الأجهزة الكهربائية التى لا يمكن تركيب اجزائها الا بالطريقة الصحيحة باستخدام Socket and plug أى خلال فترة عمر المنتج بدءا بالتصميم المتقن مرورا باختيار المواد الممتازة و بالتصنيع الجيد وبالتركيب الجيد ومرورا بالتشغيل الجيد والصيانة الجيدة.

ويرتكز مبدأ البوكا يوكي Poka Yoke على عدة ركائز، يقع الجزء الأكبر منها على عاتق المصمم ومنها :

1. منع الاخطاء من الحدوث باستخدام وسائل حماية ووقاية Prevention devices.
2. اكتشاف الاخطاء بمجرد حدوثها باستخدام وسائل انذار واستبيان Detecting devices تعطى اشارة للعامل لتصحيح الخطأ فى الحال.

9.33. مبدأ "فى الوقت المناسب" Just in Time

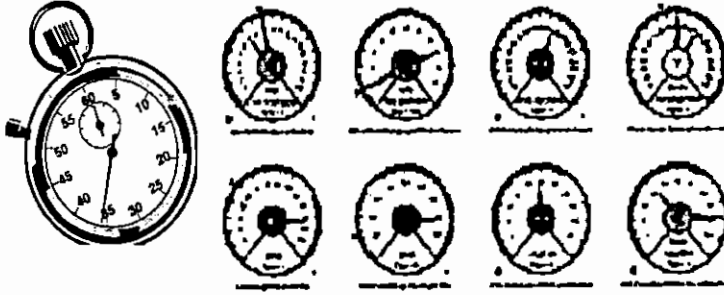
واول من تبنى هذا المبدأ ايضا هى شركة تويوتا Toyota اليابانية ويقضى هذا المبدأ بأن تكون كمية المنتجات مساوية للكميات المطلوب تسليمها للعملاء (أى الإنتاج طبقا والطلب) وهذا يقلل تكاليف النقل والتخزين، كذلك يقضى بشراء المواد الخام والمواد نصف المصنعة بكميات قليلة وعلى دفعات فى الأوقات المناسبة للإنتاج، وبهذا تتجنب الشركات تجميد رأس مال كبير فى المخزون يمكن استخدامه واستثماره فى أوجه نشاط أخرى بعائد اكبر.

وترتكز مبدأ "فى الوقت المناسب" Just in time على عدة ركائز منها:

1. توفير الموارد اللازمة للإنتاج فقط عند الحاجة إليها أى عند وجود طلبات للشراء أو توقع مؤكد لطلبات شراء.
2. تقليل المخزون والاعتماد على المواد المصنعة جزئيا أو الجاهزة.
3. الغاء الأنشطة الغير ضرورية والتى لا تضيف قيمة للمنتج.
4. التفقيش المستمر على كل مرحلة من مراحل الإنتاج لضمان أداء العمل بصورة صحيحة من أول مرة Do it right first time.
5. تقليل الزمن اللازم للإنتاج.
6. التحسين المستمر.
7. التدريب الفنى والمهارى وزيادة قنوات الاتصال والتواصل بين العاملين على كافة المستويات.

9.34 لوحة إظهار الأداء Dashboard

تعتبر هذه الاداء من الأدوات الهامة لعرض و تقييم الأداء، ذلك أنها تنير الطريق وتمهد السبيل لمتخذ القرار إلى اتخاذ قراراته في ضوء ما نسميه صوت العملية Voice of the process، والاستماع لصوت العملية هو احد ركائز منهجية التحسين (Six Sigma)، والذي تعرضه هذه اللوحة ما هو إلا اختزال لكثير من المعلومات والبيانات والتفسيرات وعرضها في أشكال و رسوم بيانية أو مؤشرات و أرقام قياسية معينة ذات مدلول محدد، والشكل 9-65 يعرض عدة نماذج واشكال مختلفة للوحات الاظهار.



شكل رقم 9-65 نماذج للوحة اظهار الاداء

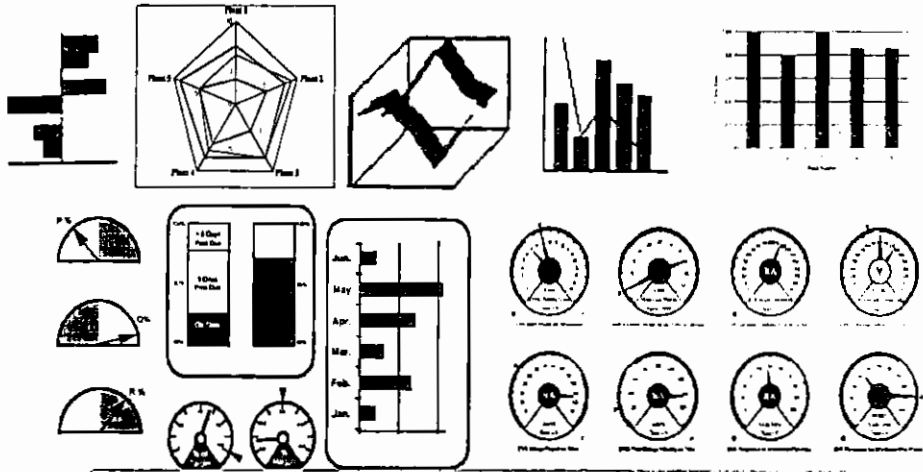
فمثلا إذا اتفقنا أنه يمكننا أن نعبر عن النسبة المئوية لدخل المشروع قبل استقطاع الضرائب Income Before taxes percent بالتعبير % IBT، فإنه يمكننا اختزال وعرض مجهود الشركة خلال شهر ابريل إذا قلنا أن ال $IBT = 7\%$ في هذا الشهر، فإذا عرضنا هذه النسبة خلال عدة اشهر، فإنه يمكننا رؤية وتقييم أداء هذه الشركة خلال هذه الفترة، كذلك يمكننا عرض معدلات الحوادث للشركة خلال فترة زمنية سواء عن طريق أرقام أو عن طريق رسومات بيانية.

وتعمد الكثير من الشركات والهيئات إلى عرض نتائج أعمالها بصورة دورية في هذه اللوحة، ويتم تعليق هذه اللوحة في أماكن واضحة للمهتمين بمعرفة هذه البيانات من العاملين ومتخذي القرار. (يرجى مراجعة الباب الثاني عشر)

وأحد الأمثلة الجيدة للوحة إظهار الأداء Dashboard هو تابلوه السيارة، الذي يحتوي على عدد من العدادات والمؤشرات والمقاييس التي تمكن قائد السيارة من التعرف على حالة الكثير من الأجزاء الهامة لسيارته، والتي لولاها لتعرض قائد السيارة وسيارته للكثير من المتاعب، مثل ارتفاع درجة حرارة الموتور، وانخفاض ضغط الزيت، وانخفاض مستوى الوقود، وزيادة السرعة.

وبالنظر لهذا المثال نجد أن مصنع السيارة قام باختيار عدد من المقاييس التي تتوفر فيها الصفات التالية:

1. يمكن قياسها مباشرة وبسهولة.
 2. يمكن قياسها بصفة مستمرة ولحظية.
 3. يمكن عرضها بصورة كمية.
 4. تعطى تصور لحالة وأداء الجزء الذي نريد قياسه.
- وقام بعرضها بصورة واضحة أمام قائد السيارة، وفي متناول رؤيته، وهذا ما ينبغي علينا إتباعه عند تصميم لوحة إظهار الأداء Dashboard الخاصة بنا.
- ويختلف شكل هذه اللوحة باختلاف المعامل الذي يتم عرضه، وفي هذا مجال رحب للإبداع كما بالأمثلة الموضحة بالشكل 9-66 :



شكل رقم 9-66 نماذج أخرى للوحة اظهار الأداء

9.35. التقييم المقارن Benchmarking

التقييم المقارن هي عملية هامة لمعرفة الموقف التنافسي للشركة أو المنظمة، وذلك بمقارنة ادائها بأداء أقرانها ومنافسيها الأفضل العاملين في نفس المجال Best in Class، ثم يلي ذلك بحث كيفية تحقيق المنافسين لمستويات عالية من الأداء، ثم استخدام هذه المعلومات لتكون دافعا للتحسين والتطوير الداخلي، وتتطلب هذه العملية قدرا كبيرا من الخبرة، والموارد المكرسة، ومن الشركات الرائدة في عمليات التقييم المقارن شركة زيروكس Xerox حيث تبنته في أواخر السبعينات وحقت من خلاله نجاحات باهرة.

ويعرف مركز الجودة والإنتاجية الأمريكي التقييم المقارن بأنه " أن تكون متواضعا بالقدر الذى تعترف فيه بأن شخصا آخر افضل منك فى مجال معين، وان تكون حكيما بما فيه الكفاية لأن تتعلم كيف تجاريه أو حتى تتجاوزه فى هذه المجال أو ذاك".

ومن اهداف عملية التقييم المقارن وضع المعايير التنافسية، والتعلم من الآخرين، والتعرف على مستجدات المجال، ومعرفة اماكن الضعف ومواطن القوة لدى المؤسسة، وتتجلى اهدافها فى تحقيق النمو فى العوائد والارباح.

وترتكز عملية التقييم المقارن على عدة محاور منها:

1. الفهم العميق للعمليات التى تتم فى المنظمة.
2. التحليل الدقيق لما يتم فى الشركات المنافسة العاملة فى نفس المجال.
3. المقارنة الواقعية وغير المتحيزة لأداء العمليات.
4. تحديد مناطق الاختلافات والفروق.
5. تشخيص الفجوات وتحديد مناطق الضعف.
6. اقتراح وتحديد الخطوات اللازمة لتقليل الفجوات.
7. مراقبة الأداء واجراء التحسينات المستمرة للعمليات والمنتجات.

اما فوائد التقييم المقارن فهى عديدة ومنها:

1. تحسين الجودة وزيادة الإنتاجية.
2. يساعد المنظمة على تحسس موقعها بين اقرانها.
3. اتخاذ الأداء الافضل والمميز للمنافسين كمييار داخلى، ومحاولة تقليص الفجوة.
4. تحذير مبكر عند قرب زوال الميزة التنافسية.
5. مؤشر لبيان الحصة السوقية للشركة.
6. معرفة مناطق الضعف والقوة فى الأداء، والعمل على تصويب وتقوية مناطق الضعف.
7. تحقيق المزيد من المبيعات والارباح.

ومن دوافع القيام بعملية التقييم المقارن ما يلى:

1. ان المنظمات العالمية التى اكتسبت مكانة عالمية World class تدرك أن التقييم المقارن عملية حيوية ومستمرة لضمان بقائها فى حلبة المنافسة.

2. مهما كانت المنظمة متفوقة وتحقق أعلى معدلات الأداء إلا أنه دائماً يبقى مكاناً للتحسينات ومجالاً للتطوير.
3. تسعى الشركات الكبرى لمعرفة أين يكمن تفوق المنافسين عليها.

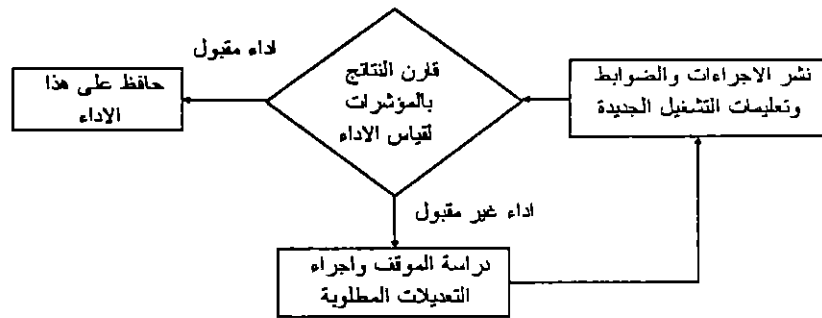
9.36. تصميم إجراءات السيطرة والتحكم "DOC" Design of Control

بعد الجهد الكبير الذي بذله فريق التحسين للوصول إلى الأسباب الحقيقية للمشكلة قيد البحث، وبعد التغلب على هذه الأسباب إما بإزالتها والتخلص منها أو باقتراح حلول ومقترحات للتعايش مع هذه الأسباب، وبعد تطبيقها والتأكد من ملاءمتها وفعاليتها في القضاء على المشكلة، تبدأ مرحلة هامة جداً من مراحل التحسين وهي مرحلة التحكم والسيطرة أو Control.

وهدف هذه المرحلة هو الحفاظ على ظروف التشغيل الجديدة التي اتفق عليها فريق التحسين والإدارة، والتي من شأنها أن تمنع تكرار حدوث المشكلة قيد البحث، وتضمن كذلك الاستمرار في الأداء الفاعل للعملية.

وهنا تبرز أهمية وضرورة وضع مجموعة من ضوابط وإجراءات التشغيل Operational procedures، ثم يلي ذلك مراقبة وقياس كفاءة الأداء للعملية Process performance من وقت لآخر عن طريق مجموعة من المؤشرات Metrics المناسبة (يرجى مراجعة موضوع تحديد واختيار مقاييس الأداء Metrics Determination في هذا الفصل)

وترتكز عملية تصميم إجراءات السيطرة "DOC" Design of Control على مفهوم التغذية المرتجعة Feed back والتي يوضحها الشكل 9-67 :



شكل رقم 9-67 مفهوم التغذية المرتجعة

وهنا تجد الإشارة إلى أنه في حالة المنظومات الكبيرة الحجم فإنه يفضل تقسيم هذه العملية إلى عدة مراحل، ويتم تطبيق الـ DOC على كل مرحلة من هذه المراحل، وحينئذ نطلق على

كفاءة أداء كل مرحلة من هذه المراحل تعبير مؤشرات الأداء الداخلي In Process Indicators، وفي هذه الحالة يمكننا حساب الأداء الكلى للعملية كما تم شرحه فى هذا الكتاب تحت عنوان مقدرة العملية مستوى الجودة Process Capability and Quality level.

والجدول 9-33 التالي يعطى مثالا لخطة مراقبة Control Plan كتطبيق مباشر لما تم شرحه:

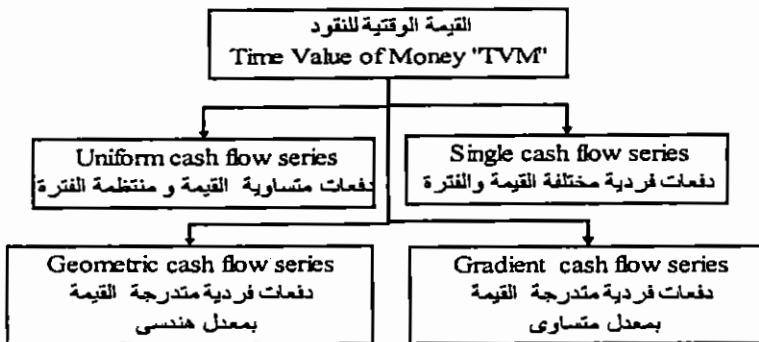
جدول رقم 9-33 نموذج لخطة مراقبة Control Plan

الجزء المقاس	الوصف	طريقة القياس	متى يتم القياس	من يقوم بعملية القياس	طريقة التحليل	الاجراء المطلوب	من ينفذ الاجراء
إبعاد لوح الصاج	125*250	مم	كل ١٢ ساعة	احمد / على	خرائط التحكم	تحديد إبعاد المقص	طاهر / خالد
الوقت المستهلك لانتهاء من صلبات اللحم	دقيقة 30	ساعة الإيقاف	بمستمر	هالة	المقارنة	زيادة قطع اللحم	منير خط الإنتاج
درجة حرارة الفرن	80	thermocouple	كل ٦ ساعات	فراهم	خرائط التحكم	تحديد قنطرة دخول الغاز نصف لفة يمين او شمال	طاهر / خالد
الدخان النهائي	ميكرون 5	ميكروميتر	كل طلبية	احمد / على	خرائط التحكم	زيادة او تقليل وقت التعرض بلمبة ٣ دقائق	مرفص

وقد تعتمد عند اختيار المثال أن تتعدد الأنشطة وطريقة القياس وباقي عناصر الجدول حتى يشعر القارئ بمرونة الخطة وكيف أنه يمكن تغييرها بالإضافة والحذف حسب طبيعة التطبيق.

9.37. القيمة الوقتية للنقد "TVM" Time Value of Money

لا يختلف اثنان على أن القوة الشرائية للنقد تقل بمرور الزمن، فقيمة الجنية المصرى فى السنة الماضية أكبر من قيمة اليوم، وقيمته اليوم ستكون أكبر من قيمته بعد سنة، أى أن قيمة النقد تقل بمرور الزمن، ونعبر عن معدل الزيادة السنوى بالفائدة Interest rate، وهناك أربعة طرق للتعامل مع القيمة الوقتية للنقد والمقارنة بينها والشكل 9-68 يعرض هذه الطرق :



شكل رقم 9-68 طرق التعامل مع القيمة الوقتية للنقد

وخلال دراستنا لهذا الموضوع سنكتفى بتناول النوعين الأولين فقط حيث إنهما يغطيان معظم التطبيقات التى سنحتاجها خلال مشروعات التحسين المختلفة

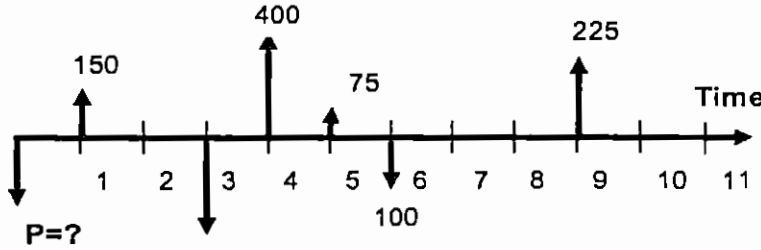
• المدفوعات الفردية Single cash flow series

وفى هذا النوع من التدفقات النقدية تكون المدفوعات غير منتظمة سواء فى القيمة أو فى الوقت، أى أنها قيم عشوائية فى توقيتات عشوائية، ويتم الحساب فيها بطريقة المعادلات التالية:-

$$F = P(1+i)^n$$

حيث F هي القيمة المستقبلية للنقد Future value أى، وحيث P هي القيمة الحالية للنقد Present value، وحيث i هي معدل الفائدة Interest rate ، وحيث N هي الفترة الزمنية Period.

و الشكل 9-69 الموضح يعرض نموذجاً لهذا النوع من التدفقات، ويمكننا التعليق عليه بأنه إذا قام احد عملاء بنك ما بإيداع مبلغ قدره 150 جنيهاً بعد سنة من الآن، ثم اقترض مبلغ 375 بعد ثلاث سنوات، ثم أودع مبلغ 400 بعد أربع سنوات، ثم أودع مبلغ 75 جنيهاً بعد خمس سنوات، ثم اقترض مبلغ 100 جنيهاً بعد ست سنوات، ثم أودع مبلغ 225 جنيهاً بعد تسع سنوات، فما هي قيمة ومحصلة هذه الإيداعات والاقتراضات الآن.



دفعات مختلفة على فترات مختلفة 375

شكل رقم 9-69 دفعات مختلفة على فترات مختلفة

وتتلخص فكرة تحديد القيمة الآن فى رد قيمة كل مبلغ إلى قيمته الحالية الآن، وسنعتبر المبالغ المودعة موجبة القيمة ونمثلها بسهم إلى الأعلى، بينما سنعتبر المبالغ المقرضة سالبة القيمة ونمثلها بسهم إلى الأسفل

، ويتم التحويل بين القيم الحالية والقيمة المستقبلية بطريقة المعادلات والعلاقة الجبرية وفيها نقوم بالتعويض المباشر فى العلاقة السابقة لكل عملية إيداع أو اقتراض كما يلى:

$$F = P(1+i)^n$$

$$P_{150} = \frac{150}{(1+0.08)^1} = 138.888 \quad \& \quad P_{-375} = \frac{-375}{(1+0.08)^3} = -297.69$$

$$P_{400} = \frac{400}{(1+0.08)^4} = 294.019 \quad \& \quad P_{75} = \frac{75}{(1+0.08)^5} = 51.044$$

$$P_{-100} = \frac{-100}{(1+0.08)^6} = -63.017 \quad \& \quad P_{225} = \frac{225}{(1+0.08)^7} = 112.556$$

فيكون محصلة هذه العمليات الآن هو 235.79 جنيها.

■ المدفوعات المنتظمة Uniform Cash Flow Series

وفى هذا النوع تكون المدفوعات متساوية ومنتظمة (على هيئة أقساط)، و الشكل 9-70 الموضح يعرض نموذجاً لهذا النوع من التدفقات، ويمكننا التعليق عليه بأنه إذا قام احد عملاء بنك ما بايداع مبلغ قدره 100 جنيها شهرياً لمدة ثمانية شهور، فما هى قيمة ومحصلة هذه الايداعات والاقتراضات الآن وما قيمتها فى نهاية الثمانية اشهر إذا كانت الفائدة 7%.



شكل رقم 9-70 دفعات متساوية على فترات منتظمة

وتوجد عدة طرق لحساب القيمة المطلوبة :

اولا : يمكن اعتبار كل قسط على انها مسألة Single payment منفصلة :

وفى هذه الحالة نطبق العلاقة $F = P(1+i)^n$ ونتعامل معها كما تم فى المثال السابق تماماً.

ثانياً : باستخدام Excel

نفتح برنامج Excel، ثم من قائمة Insert نختار Function، ثم نختار النوع Financial، ثم نختار الدالة NPV فيتم فتح جدول حوارى ندخل فيه قيمة المتغيرات المطلوبة

$$NPV=(rate;value1;value2;value3;value4;value5;.....value n)$$

حيث إن ال Rate هو معدل الفائدة، وحيث Value هي قيم الإقساط ويشترط أن تكون متساوية القيمة والمدة أى تسدد على فترات متساوية قدرها سنة

وفى المثال الذى بين ايدينا، إذا قلنا اننا سنقوم بسداد قسط شهرى لمدة 8 شهور بفائدة 7%، فيجب الان ننسى أن نحول الفائدة السنوية إلى فائدة شهرية ونطبق القانون

$$NPV=(0.07/12;100;100;100;100;100;100;100;100)=779.4$$

ولمعرفة قيمة هذه الايداعات فى نهاية الثمانية اشهر نعوض فى القانون

$$F = P(1+i)^n$$

$$F = 779.4 (1 + (0.07 / 12))^8 = 779.4 * 1.0476 = 816.5$$

9.38. الإدارة الفعالة للاجتماعات Meetings Effective Management

الاجتماعات من الأدوات القوية والهامة لتبادل المعلومات والوصول إلى أهداف محددة فى أى مؤسسة ، وبالرغم من أن هناك أنواع كثيرة ومتعددة من الاجتماعات ، إلا أنها تظل فى النهاية محكومة بعدة خصائص لا تختلف باختلاف



نوع الاجتماع ، وسيكون تركيزنا فى الصفحات القليلة القادمة أن نتناول هذه الخصائص بشئ من العمق الذى لا يبعث على الملل ، وفى نفس الوقت بشئ من البساطة التى تجذب القارئ الكريم، والشكل 9-71 يشير إلى اكتمال الحضور والجدية من قائد الاجتماع.

شكل رقم 9-71 اكتمال الحضور والجدية

9.38.1 أهداف الاجتماعات Meeting Goals

يجب أن لا يكون الاجتماع غاية فى حد ذاته وإنما هو وسيلة للوصول إلى أهداف محددة قد يكون منها ما يلي:

1. توصيل التعليمات والمعلومات للأفراد.
2. مناقشة مشاريع الشركة ونتائجها ومعوقاتها.
3. الوقوف على القرارات والخطط.
4. وضع الأهداف والاستراتيجيات.
5. التعامل مع حالات الطوارئ.

6. متابعة تنفيذ ما تم الاتفاق بشأنه من قرارات.

7. ما يستجد من موضوعات أخرى.

9.38.2. عيوب الاجتماعات Meeting Drawbacks

1. غالبا ما يكون الأفراد المشاركون في الاجتماعات هم من الفئة التي تتقاضى الأجور الأعلى وعلى فإن الاجتماع الغير فعال يعنى تكلفة كبيرة مهدرة.
2. تعطيل تنفيذ الأعمال الأخرى المنوطة بحاضري الاجتماع.
3. الوقوع في دوامة مشاعر الإحباط والخلافات الشخصية وما يتبعه من عرقلة علاقات العمل.
4. اتخاذ قرارات لا تحظى بالقبول من غالبية حاضري الاجتماع وما يؤدي إلى الشللية والحزبية.

9.38.3. أسباب فشل الاجتماعات Meeting Failure Reasons

- غالبا ما يرجع فشل الاجتماع إلى عدة عوامل مجتمعة وليس إلى عامل واحد فقط إذ يؤدي وجود أحد عوامل الفشل إلى تقليل فاعلية الاجتماع فقط ولا يؤدي إلى فشله كليا ومن هذه العوامل ما يلي:
1. عدم أهمية الاجتماع وإمكانية تحقيق نتائج من خلال طرق بديلة عن الاجتماع مثل المذكرات أو التليفون أو البريد الإلكتروني Email.
 2. عدم وجود جدول أعمال محدد وجذاب.
 3. عدم تحديد وقت لكل بند وعدم توافر المعلومات والبيانات والأوراق المرتبطة بالموضوع والمناسبة كما وكيفا.
 4. غياب الأطراف المعنية (من ذوى الخبرة أو المسئولية أو التى تكون موافقتها ضرورية) بدون مبررات أو أعذار مسبقة مقبولة.
 5. حضور أفراد وأطراف غير معنية وغير مؤثرة من حيث اتخاذ القرارات أو تنفيذها.
 6. عدم وجود مكان مناسب للاجتماع (ضيق المساحة - الضوضاء - مكاتب مفتوحة - مكاتب مكتظة بالعاملين - عدم وجود وسائل عرض كافية).
 7. التشتت والمقاطعات (تليفونات - مشروبات - الأفراد القادمين في أوقات متأخرة عن موعد الاجتماع - الأفراد المغادرين في وقت مبكر - المحاورات الجانبية).
 8. عدم الوصول لقرارات محددة نتيجة عدم التجهيز الجيد من الحضور (عدم توافر

- البيانات والمعلومات – عدم الدراسة الكافية للموضوع....).
9. سوء إدارة الاجتماع إما بقيادة عسكرية عنيفة لا توفر المرونة أو أسلوب الحوار و إما بقيادة رخوة ضعيفة تترك للمشاركين الحبل على الغارب وتفتح الباب للمهارات.
10. التوقيت الغير مناسب مثل بدء الجلسة على نحو متأخر أو التطويل في بحث بنود جدول الأعمال وعدم الانتهاء منها و عدم إعطاء فسحة من الوقت قبل ميعاد الاجتماع....).
11. عدم متابعة القرارات التي تم اتخاذها في الاجتماعات السابقة.
12. عدم احترام وجهات نظر الآخرين.
13. عدم وجود مسجل لأحداث الاجتماع.

9.38.4. التخطيط للاجتماعات Planning for Meeting

الغالبية العظمى منا لا تعد للاجتماعات التي تحضرها بشكل جيد بالرغم من معرفتنا التامة بأن وقت الإعداد للاجتماع يساعد بشكل كبير في تقليل وقت الاجتماع نفسه، وينشأ عن عدم الإعداد الجيد للاجتماعات إهدار وقت الاجتماع والمجتمعون من خلال قضاء بعض الوقت في القراءة عند الضرورة أو البحث في بيانات أو حتى عند التفكير في موضوع الاجتماع لأول مرة ساعة انعقاد الاجتماع نفسه وتمر مرحلة التخطيط والإعداد بعدة نقاط تتبلور فيما يلي:

أ- تحديد مدى أهمية الاجتماع Meeting Importance Determination

يجب عدم الإسراع في عقد الاجتماعات إلا عند الضرورة وعند توفر الأسباب والمبررات الكافية لعقد الاجتماع فلا داع لعقد اجتماع لمجرد أن تسأل كل فرد عما يقوم به من أعمال أو لاتخاذ قرار يمكن اتخاذه بجمع الأفراد المعنية بصورة فردية وسريعة و لا داع كذلك للإصرار على عقد اجتماعات أسبوعية أو نصف شهرية بصورة دورية إن أمكن تأجيلها إلى الاجتماع الذي يليه.

ب- تحديد الأفراد المشاركون في الاجتماع Meeting Participants Determination

يجب التفكير جدياً فيمن يجب دعوتهم لحضور الاجتماع إذ قد ينطوي الخطأ في اختيار الأفراد المشاركون على نتائج هدامة ويكون وجودهم كالسوسة في الخشب ويجب أن يكون من بين المدعويين ما يلي:

- الأفراد الذين لابد من موافقتهم لاتخاذ أو تنفيذ قرار.
- الأفراد المعنيون بتنفيذ القرارات.

- الأفراد الذين يمتلكون قسطا من الإبداع والذكاء والتفكير الخلاق ويساهمون على نحو جيد في الاجتماعات.
- الأفراد الذين يتأثرون بمحصلة هذه الاجتماعات.

ج- المعلومات المسبقة Information Pre-Meeting

ولهذه المعلومات والبيانات أهمية بالغة في إنجاح الاجتماع وتنقسم إلى شقين فإما تكون أنت من يرسل هذه المعلومات و إما تكون أنت من يستقبلها

❖ إرسال المعلومات. جرت العادة أنه عند إرسال جدول أعمال للقضايا موضع النقاش في الجلسة القادمة، فإنه يتم التأكيد على موعد وتاريخ ومكان عقد الاجتماع، كذلك يكون من المفضل إرسال بعض المعلومات الملانة كما وكيفا مثل:

- نوعية المعلومات التي قد تطرحها على الأفراد المشاركة قبل الحضور الفعلي والتي من شأنها أن تدخر وقت الاطلاع عليها في أثناء الجلسة.
- نوعية المعلومات التي يحتاج إليها أفراد معينون مثل الملاحظات أو التعرف عما دار بالجلسة السابقة.
- في حالة الرغبة في إجراء بعض الأمور قبل الحضور الفعلي للجلسة مثل جمع الآراء من الزملاء أو العملاء.
- في حالة ضرورة الاطلاع المسبق لفرد أو فردين حول قضية من القضايا موضوع النقاش كي تضمن دعمهم لها.

وجدير بك أن تقرأ بتمعن هذه المعلومات التي أرسلتها إلى الأفراد المشاركون في ظل قيادتك لمثل هذه الجلسات، إذ يسفر عدم اطلاعك عليها إلى تجاهل الأفراد لها حتى موعد الاجتماع الفعلي، إذن عليك قراءتها قبلهم جميعا مع التقليل من شأن الأفراد الذين لم يلتزموا بهذا الأمر، ويمكن حينئذ فض الاجتماع لبرهة من الوقت ثم العودة إلى طاولة الاجتماع بعد قراءتها من الجميع، وفي ذلك الردع الكافي الذي يوضح عدم التسامح مع الإعداد غير الجيد للاجتماع.

❖ استقبال المعلومات. في الكثير من الشركات الكبيرة يتم إرسال جدول أعمال للقضايا

- موضع النقاش في الجلسة المقبلة ،و يكون من المفضل قراءة هذه المعلومات كما يلي:
- القراءة أو المرور السريع عبر هذه المعلومات لتحديد مدى حاجتك للإطلاع عليه فإذا كان ذلك ضروريا فيجب قراءتها مرة أخرى بتأن وروية.
 - كتابة الملاحظات والتعليقات حول الأشياء التي ترغب في توضيحها أو النقاط والأسئلة التي تود أثارها أو استيضاحها.

د- الخطوط العامة لجدول الأعمال Meeting Agenda Guidelines

يجب أن يشتمل جدول الأعمال على ما يلي:

- موعد بدء ومكان الاجتماع.
- تحديد الغرض الأساسي للاجتماع.
- تحديد الأفراد الذين سيشاركون في الاجتماع.
- تحديد القضايا و البنود موضع النقاش مع ترتيبها من حيث أولوية التناول.
- تحديد الأفراد المعنيون بالتعامل مع كل بند وذلك بوضع اسم الشخص أمام البند.
- تحديد حد أقصى لزمان تناول كل بند من البنود.

هـ- التكهّن بالمشكلات وتجنب حدوثها Meeting Problems Determination

يمكنك بالخبرة توقع ما قد يقع من مصاعب أثناء الاجتماع وذلك باختلاف طبيعة الاجتماع والمشاركون فيه مثل:

1. ما قد يعترض الاجتماع من جدل حول بعض المواضيع المثيرة للجدل وفي هذه الحالة يجب الاستعداد بالحجج الدامغة والبيانات التي لا شك فيها.
2. قد يلجأ البعض إلى خلق أنواع من التحالفات والانحياز الدائم لبعضهم البعض (مهما كانت قضاياهم) وذلك من خلال الدعم المستمر لما يعرضونه من أفكار وقضايا، أو المعارضة الدائمة والمكررة لفئة أخرى من الأفراد وهنا عليك أن تحاول التفريق بين هذه الفئة عن طريق تباعد المسافات بينهم، أو استثناء بعضهم من حضور الاجتماع.
3. ليس عيباً أن تطلب الدعم من فرد أو فردين قبل بدء فعاليات الاجتماع، مع ضرورة بيان سبب هذه الدعوة ومدى حاجتك لمثل هذا الدعم منهم.
4. من المهم جداً إذا كنت مديراً لأحد الاجتماعات أن يكون لديك مجموعة من الإجراءات الوقائية المحسوبة إذا كنت تتوقع الصعوبة التي تتطور عليها سير أحداث الاجتماع مثل:

- "أسف لمقاطعتك يا احمد ولكنك تعرف مدى ضيق الوقت فهل نستطيع حصر النقاش بهذا الأمر في دقيقتين لا أكثر؟"
- "يبدو أننا لن نصل لموافقة تامة في هذا الموضوع فمن الأفضل أن نسجل نقاط التأييد والمعارضة وسوف نناقش هذا الأمر فيما بعد، ودعونا ننقل إلى البند التالي"
- " لا أخفى عليكم أنني اكره هذه الاجتماعات مثلكم تماماً، ولذا أرجو أن نسرع جميعاً في تقريب وجهات النظر وتناول هذه الأمور على وجه أسرع كي نعود إلى العمل مرة أخرى"

9.38.5 الخطوات إعداد جدول الأعمال Steps for Meeting Agenda

إن الشكل التقليدي لجدول الأعمال والذي يقتصر على المعلومات التي تعرفها الأطراف المشاركة بالفعل مثل المكان المخصص للاجتماع والموعـد والقضايا التي سيتم طرحها يدفع إلى عدم الاكتراث بها، أما الجدول الذي يحتوى على ما سبق بالإضافة إلى معدل مناسب من المعلومات التي تساعد المشاركون في قهر وتقليص زمن الاجتماع مثل دور كل فرد والزمن المحدد له لعرض قضيته أو مثل إرفاق بيانات أو إحصائيات أو دراسات أو تقارير أو خرائط أو تعليمات مثل عدم التدخين وإغلاق المحمول وعدم السماح بأي مقاطعات و..... و فيما يلي ترتيب خطوات إعداد جدول أعمال منافس وجيد:

1. تشجيع المشاركة في وضع البنود، و يبدأ الإعداد لهذا البند في نهاية الجلسة الحالية حيث يتم استبيان رغبة المشاركون في إضافة بعض البنود إلى جدول أعمال الجلسة القادمة

2. تحديد مدى أهمية البنود، وفي هذه المرحلة يتم تقييم البنود وترتيب أهمية إدراج هذه البنود في الاجتماع من عدمه.

3. التعديل في طريقة عرض البنود القياسية للاجتماعات، وحيث إنه من المتعارف عليه وجود صيغة وشكل عام لجدول الأعمال مثل وقائع الجلسة السابقة، واعتذارات عدم الحضور، وبند أول.....بند ثان.... بند ثالث.... وهكذا، وبنود أخرى، وتاريخ وموعد الجلسة القادمة إن أمكن.

وفي هذا الجدول المذكور في النقطة رقم 3 نجد أنه لا يفي بالغرض بل وقد يعجز في الوقت نفسه عن توفير الدافع المناسب لحث الأفراد على الوصول في الموعد المحدد حيث إن البند الأول والذي سيتم فيه استعراض وقائع الجلسة السابقة في خمس أو عشر دقائق ومن الممكن التأخير حيث إن الجميع يعلمون هذه الاجراءات، والبند الثاني يشير إلى التسامح عند تخلف البعض عن الحضور، وإذ يعنى دعوتك لطرف من الأطراف للحضور أنك بحاجة لتواجهه ومن ثم يجدر بك إلا تمنحهم الفرصة للتراجع عن الحضور، و أما البند الرابع فيؤدى إلى صعوبة التحكم في وقت الجلسة المستغرق نظرا لإثارة المواضيع بصورة غير متوقعة ومن الأفضل إخطار الجميع بضرورة عرض البنود الخاصة بهم بصورة مسبقة، أو الاقتصار في طرح بعض البنود في حالة الضرورة القصوى فقط.

وبالتالي وبتغيير غير كبير على البنود السابقة - لتلافى نقاط الضعف السابقة

والسيطرة على الجلسة - لتصبح على النحو التالي:

- الأسئلة المطروحة من الاجتماع السابق.
- ردود أفعال ما اتخذ من قرارات في الجلسة السابقة.

- بند أول ثان ثالث ثم بنود أخرى (وفقا لما يسمح به الوقت).
 - A. الأجازات السنوية للعاملين (مقدم من ١/ أحمد – عشر دقائق)
 - B. صندوق علاج العاملين (مقدم من ١/ إلهام – خمس دقائق)
 - تاريخ وموعد الجلسة القادمة إن أمكن.
4. ترتيب بنود الجلسة ويتم هذا البند بصورة مؤثرة من قبل رئيس الجلسة حيث لا يتوفر لغيره المعرفة الشاملة بالقضايا القابلة للعرض، ويمكن إتباع ما يلي:
- أسبقية البنود الأكثر أهمية حتى يتم تناولها بأقصى تركيز ... أو
 - أسبقية البنود الأكثر أهمية لإنهائها سريعا ثم الالتفات إلى البنود الأقل ... أو
 - أسبقية البنود التي تخص فرد أو فردين من الحضور ويمكن بإنهائها أن يغادر أصحابها الاجتماع حرصا على عدم إهدار وقتهم ... أو
 - تأجيل الموضوعات المثيرة للجدل لتقليل المساحة الزمنية المتاحة لها أو
 - أسبقية البنود الروتينية لإفساح المجال أمام الأشياء الجديدة... أو
 - تأجيل البنود الروتينية حيث يمكن تناولها في وقت قصير في نهاية الجلسة أو لاحتمال عدم توفر الوقت الكافي لها.
5. الفصل بين عرض البنود وبين مناقشتها، إذ يؤدي الجمع بين هذين الجزأين في معظم الاجتماعات إلى الكثير من الجدل والدخول في مناقشات تستهلك الوقت وتعوق وضوح عرض البنود.
6. تحديد توقيت البنود، إذ أنه بعد تحديد بنود الجلسة وترتيب أولوية التناول يجب تحديد الفترة الزمنية لكل بند، وترجع أهمية هذا التحديد لما يلي:
7. الحفاظ على السيناريو المرسوم للجلسة.
8. التأكيد على أهمية عامل الوقت.
9. توفير الآلية التي تسمح بإنهاء المناقشة عند الضرورة.
10. دفع المشاركون بتجنب الجدل الطويل غير الهادف .
11. تنمية الشعور بالإنجاز لدى المشاركين عند إنهاء الجلسة.

9.38.6. كتابة و تدوين جدول الأعمال

بعد كل ما سبق لم يبق إلا كتابة الجدول "الاجندة " نفسه ، وسنورد في جدول 9-32 مثالا لاجندة اجتماعات:

الاجتماع الشهري لمديرى العموم

مكان الاجتماع : حجرة الاجتماعات الكبرى

ميعاد الاجتماع : الأربعاء الموافق الرابع من أكتوبر الساعة العاشرة صباحا وحتى الحادية عشرة والنصف

رئيس الجلسة: السيد/ أحمد إبراهيم رئيس مجلس الإدارة

المشاركون: السادة مديرو العموم

جدول رقم 9- 34 نموذج لجدول أعمال اجتماعات (للمؤلف)

م	البند	الغرض	الأطراف المعنية	الفترة الزمنية بالدقيقة
1	لقضايا المثارة من الجلسة السابقة	مناقشة	جميع الأفراد	5
2	التعديلات التي طرأت على مشروع المبنى الإداري للشركة	معلومات	مدير عام المشروعات	15
3	اقتراحات التعديلات الجديدة في الهيكل الوظيفي	معلومات	رئيس مجلس الإدارة	10
4	مناقشة البند السابق مع وضع الأسئلة والاعتراضات		جميع الأفراد بتنسيق من رئيس الجلسة	30
5	موقف الإجراءات الداخلية للشئون المالية و المتعلقة بصرف الأرباح	مناقشة	مدير عام المالية	5
6	رد فعل الأفراد العاملين حول التعديلات الجديدة لمسار أتوبيسات الشركة	اتخاذ قرار	جميع الأفراد بتنسيق من رئيس الجلسة	15
7	الحفل المقام للعاملين بمناسبة الفوز بمشروع "النهضة"	تساو	جميع الأفراد بتنسيق من مدير العلاقات العامة	5
8	بنود للمناقشة في الجلسة القادمة	تساو	جميع الأفراد بتنسيق من رئيس الجلسة	5

ملاحظات: يمنع التدخين واستخدام التليفون والمناقشات الجانبية.

وفى هذا المثال نجد اننا فى البند الثالث قد تم فصله عن البند الرابع مما يؤدى إلى حسم الجدل والنقاش وتوفير المساحة الكافية لعرض المعلومات قبل أن تخوض الأطراف المشاركة غمار المناقشة. وفى البند السادس طلب لمعرفة رد الفعل حول موضوع ما، وفى ذلك ما يعد بمثابة وسيلة لتنشيط الذاكرة و تحفيز المسئول عن هذه المهمة لكي ينهيها قبل انتهاء الجلسة، وفى البند السابع ما يوحى بأن الإدارة تكافئ العاملين لتمييزهم، وفى الأخير ما يدفى المشاركون إلى المشاركة الفعالة فى الإدارة.

9.38.7. قيادة جلسات الاجتماع Meetings driving

لا أحد ينكر صعوبة إدارة الاجتماعات إلا بعد أن يخوض هذه التجربة ولكن بالتدريب والإعداد الجيد يمكن التغلب على هذه الصعوبة بل جعلها صورة من صور الإبداع والتفوق، واليك مجموعة من الإرشادات التي تساعدك في ذلك:

أ- المشاركة الإيجابية في الاجتماعات Positive Participation in Meetings

قد ينتاب البعض منا مشاعر البغض للاجتماعات التي لا يتولون فيها دفة القيادة، أو تلك التي لا يلقى بالا لوجهات نظرهم في ظل وجود رئيس آخر للجلسة، واليك بعض الإرشادات التي تساعدك على المشاركة الإيجابية في مثل هذه الاجتماعات:

ب- التأكيد على أهمية الآخرين

- ❖ وذلك من خلال تقديمهم تقديمًا جيدًا باستخدام بعض عبارات الإطراء مثل:
 - يسعدني أن أراك هنا معنا فأنت تعرف عن هذا الأمر ما يفوق معرفتي به بقدر كبير.
 - نحن بحاجة إلى خبرتك الواسعة بهذا الشأن.
 - شكرًا جزيلًا على ما قمت به، فمن الواضح أنك بذلت جهدًا ضخمًا في جمع هذه المعلومات لنا.
 - كان من الممكن أن يتعد الأمر كثيرًا لعدم وجودك معنا اليوم.

ج- دفع الأفراد للانخراط في وقائع الاجتماع وتشجيع مشاركة

- ❖ وذلك بجذب الانتباه ببعض العبارات مثل:
 - اعتقد من خلال ما تم بحثه أن أكثر الأشياء أهمية هو....
 - اشعر بأننا لم نحظى بكل المعلومات المطلوبة حتى الآن، وعلينا أن .
 - اعترف بالشكوك التي اعترتني بعض الشيء بهذا الشأن، إلا أنني مقتنع الآن تمامًا بهذه الفكرة بعد أن تم استعراض نتائجها.
 - نستطيع القيام بذلك إذا ما قضينا الوقت الكافي في التفكير بالأمر.
 - يجب علينا إجراء ذلك بصورة أكثر عمقًا.

د- تأييد وجهة نظر الآخرين وذلك ببعض العبارات مثل:

- من حقنا جميعًا أن نشعر بالرضا عن أنفسنا فلقد حققنا تقدمًا ملحوظًا بعد مشاركة السيد
- إنني أمتنهم مشاعر الإحباط التي تنتاب الجميع من طول الاجتماع إلا أننا بحاجة ماسة لاتخاذ قرار بشأن ...

- أؤيد وجهة نظر السيد / احمد بأننا في حاجة إلى التروي قليلا بشأن...
- من الواضح أن هذا الأمر يمثل أهمية خاصة بالنسبة لك إلا أننا نستطيع اتخاذ قرار على هذا الأساس وعلى المتاع من البيانات.
- اشعر بأنك غير راض بشأن هذا الأمر، فهل ترغب في الإدلاء بتحفظاتك الخاصة.
- إنني أشاركك مشاعر القلق هذه لكننا لا نستطيع القيام بشيء هنا الآن.

هـ- اقتراح فترات راحة

يمكن استغلالها في ترتيب الأفكار وتقريب وجهات النظر، أو حل بعض الأمور بصفة شخصية بعيدة عن الرسمية، أو الإدلاء باقتراح

و- الخضوع للأمر الواقع

حيث يكون من الأفضل لك أن ترضخ للآخرين عن طيب خاطر كي تلجأ للسيطرة على موضوع ما حينما يتحقق لك المزيد من السيطرة أو في فترات أخرى من الزمن

ز- تسجيل الملاحظات ووقائع الجلسة

وهذا برغم ما تمثله من أهمية كبرى إلا أنه يعطيك فرصة كبيرة لتهدئة إيقاع الجلسات ويوفر لك المساحة الكافية للسيطرة على الجلسة بصورة غير ملحوظة للجميع بحجة تسجيل الوقائع بصورة دقيقة، علاوة على أنه يمنع الآخرين عن التراجع عن آرائهم مما يكون دافعا إيجابيا للدراسة والإعداد الجيد.

ح- اتخاذ القرارات والمتابعة

يجب أن يتوج الاجتماع بمجموعة من القرارات الواضحة وآلية تنفيذها والأشخاص المنوطون بالتنفيذ والمتابعة أي من؟ يفعل ماذا؟ لماذا؟ أين؟ متى؟ وكيف؟

9.38.8 تنظيم اللجان ومجموعات العمل Organizing Committees & Task Forces

ويتم ذلك للأمور التي تحتاج إلى مزيد من الدراسة والبحث ولا يتوفر الوقت خلال الجلسة لذلك، على أن يتم تحديد الأشخاص القادرون على ذلك مع ضرورة متابعتهم وتوفير آليات لهم لدفعهم في مهمتهم قدما، ولهذه اللجان مزايا وعيوب.

أ- مزايا اللجان:

- التركيز على قضية واحدة أو نطاق معين من القضايا.
- إمكانية الاستعانة بالخبراء وأصحاب الرأي والمعلومات.
- توفير وقت الجلسة.

ب- عيوب اللجان:

- قد تؤدي هذه اللجان إلى شعورك بسهولة التخلص من المواقف ومن ثم عدم الإعداد الجيد للجلسات.
- قد يشعر البعض بالعزلة نتيجة عدم وجوده بمثل هذه اللجان.
- قد تؤدي إلى ثقل عبئ العمل الواقع على كاهل الأعضاء نتيجة ضرورة التواجد في الجلسات.

9.38.9. الأنماط المختلفة للمجتمعين Participants Styles

تضم الاجتماعات أشخاصا يختلفون في مناهجهم وانتماءاتهم، كما يختلفون في طابعهم الشخصية، وصفاتهم المكتسبة نتيجة لعوامل كثيرة مثل الجنس والبيئة والمستوى التعليمي والثقافي واللغوي ومستوى المعيشة، و بيئة العمل والظروف الاقتصادية، وهذه الاختلافات تؤثر تأثيرا كبيرا في إدارة النقاش أثناء الاجتماع، كما تؤثر في النتائج التي يتوصل إليها المجتمعون، والجدول 9-35 يعرض الأنماط المختلفة المحتملة للمجتمعين وصفاتهم المميزة والأسلوب الأمثل للتعامل مع هذه الأنماط:

جدول رقم 9- 35 الأنماط المختلفة للمجتمعين وصفاتهم والأسلوب الأمثل للتعامل معهم

نمط العضو	الخصائص	أسلوب التعامل
الإيجابي	■ يظهر اهتماما بالغا بموضوع الاجتماع ■ ينصت جيدا ويتحدث بلباقة ■ يحول المشاركة في المناقشة باستمرار ■ يمتاز بالحماسة التي تصل في بعض الأحيان إلى الاندفاع	■ استخدامه للمساعدة في سير المناقشة قدما ■ تمكينه من المشاركة والمساهمة الفعالة ■ الاستعانة به لتحقيق فعالية المناقشة والوصول إلى الهدف
السلبي	■ هذا الفرد يشعر بأن معلوماته ضعيفة وغير ذات فائدة ■ لا يوجد لديه حافز أو دافع للمناقشة ■ لا يشعر بأهمية رأيه أو أنه سيفيد المناقشة وبالتالي لا يحاول المشاركة في النقاش وإذا طلب منه ذلك فغالبا ما يعتذر	■ عند التعامل مع هذا الشخص يجب على قائد الاجتماع أن: ■ يسأله أسئلة مباشرة وفي مجال خبرته ■ يسأله النصيحة كلما سنحت الفرصة لذلك ■ يظهر له الاهتمام بأرائه حتى يمكن أن يندمج مع باقي الأعضاء
المشاغب	■ يأخذ شكلا غير مناسب في جلوسه ■ يبالغ في ردود أفعاله ■ ليس لديه استعداد للاقتناع بما يتم التوصل إليه ■ يحاول أن يخل في جدل سلبي مع قيادة الاجتماع أو المجتمعين	■ يجب مراعاة الآتي عند التعامل مع هذا النمط: ■ احتفظ بهدوئك تجاه العضو المشاغب من البداية ■ لا تجعله يشعر بأن هناك موقفا معينا تجاهه ■ يجب على المجتمعون عدم الاسترسال أو الدخول معه في جدال ■ يحاول الأعضاء تركه حتى يقع في مواقف حمقاء وحينها يتم التعامل معه بحزم

تابع جدول رقم 9-33 الأنماط المختلفة للمجتمعين وصفاتهم والأسلوب الأمثل للتعامل معهم

الخبير	- لديه معلومات جيدة عن معظم الموضوعات - غالباً ما يشعر بنقص معلومات الآخرين - يحاول دائماً مقاطعة الآخرين لإبداء رأيه والتعليق على ما يقال	- على قائد الاجتماع أن: - يتعامل معه بلباقة وحرص - يستفيد من خبرته - ينكره دائماً بضرورة إتباع النظم والإجراءات - يحاول تأجيل الأخذ برأيه واستشارته حتى يدلي الآخرون بآرائهم
المدعى	- يزعم العلم بكل شيء ويدعى المعرفة التامة بالتفاصيل - يتحدث كثيراً ولا يترك فرصة للآخرين - يستخدم مصادر ومبررات ضعيفة لإقناع الآخرين برأيه	- لا تسمح له بالسيطرة على الاجتماع - لا يلتفت كثيراً لادعائه بالعلم والمعرفة - اطلب منه تقديم مبررات واقعية لرأيه - بتم التصدي له إذا كانت مبرراته خاطئة
قوى الشخصية	- لديه القدرة على الإقناع - لا يستطيع أحد أن يعارضه بصراحة - يشعر بالاعتزاز بنفسه ولا يكتسح برأي الآخرين بسهولة	- عند التعامل مع هذا الشخص يجب على قائد الاجتماع أن: - يشجع الآخرين على عدم الانصياع له ولآرائه - أن يناقشه بإصرار خاصة إذا ظهرت منه مغالطة - يؤجل الأخذ برأيه واستشارته حتى يدلي الآخرون بآرائهم
الثرثل	- يأخذ وقتاً طويلاً في المناقشة - يسترسل في الحديث دون مراعاة للوقت ولا يعطى الفرصة للآخرين للحديث - عادة ما تكون طريقة وتصيلات حديثه مملة	- يجب على قائد الاجتماع أن: - يقاطعه بلباقة ودون إحراج - يحدد له الوقت المسموح للحديث - إذا استرسل في حديثه أكثر مما يجب، فيوجه قائد الاجتماع سؤالاً أو حديثه إلى أحد أفراد الاجتماع حتى ينقل دفة الحديث منه - يجب عدم مقاطعته إذا كانت معلوماته جيدة فقد يفيد الاجتماع قائد كبير
الخجول	- لا يشارك في المناقشة - نقته في نفسه ضعيفة وملامح شخصيته غير واضحة - يخشى للتعبير عن وجهة نظره - صوته منخفض وغير واضح	- عند التعامل مع هذا الشخص يجب أن: - يترك عند بداية حديثه ولا يتم مقاطعته - توجه إليه الأسئلة بطريقة سهلة ومباشرة لتشجيعه على المشاركة - مساعدته بإعادة نقل فكرته بواسطة قائد الاجتماع لتوضيح وجهة نظره كلما أمكن ذلك - حثه على المشاركة وعرض أفكاره
غير المتعاون	- يحاول عرقلة الاجتماع ويعترض كثيراً ولا يتعاون مع الآخرين - دائماً يبدو غير راضٍ ويخالف أكثر الآراء - لا يحاول عرض خبرته أو الاستفادة من خبرات الآخرين	- عند التعامل مع هذا الشخص يجب أن: - يحاول الأعضاء التعرف على معارفه وخبراته - يحثه الأعضاء على المشاركة والاستفادة من آرائه وخبرته - محاوله كسب وده وصادقته حتى يتخلى عن سلبيته ويشعر بأنه يمكن أن يساعد في نجاح المناقشة
المتصيد	- يحاول دائماً نصب الفخاخ لقائد الاجتماع ولأعضاء - يوجه أسئلة من شأنها إحراج الآخرين - لا يسأل إلا في النقاط التي يفهمها جيداً حتى لا يقع في أخطاء	- عند التعامل مع هذا الشخص يجب أن: - يتجنب الرئيس الإجابة المباشرة على أسئلته - يحول قائد الاجتماع أسئلته إلى مناقشة عامة، يشترك فيها باقي الأعضاء إذا كانت تلك الأسئلة ستقيد موضوع النقاش - يترك قائد الاجتماع الفرصة لأعضاء الآخرين للتعامل معه إذا بالغ في استخدام أسلوبه

9.38.10. تسجيل وقائع الجلسات Meeting Recording and Minting

ذكرنا أنه بالرغم من الأهمية الكبرى لتسجيل وقائع الجلسات في أن ذلك يعتبر توثيقاً لها، إلا أنه في الوقت نفسه يعطيك فرصة كبيرة لتهدئة إيقاع الجلسات ويوفر لك المساحة الكافية للسيطرة على الجلسة بصورة غير ملحوظة للجميع بحجة تسجيل الوقائع بصورة دقيقة، علاوة على ذلك فإنه يمنع الآخرين عن التراجع عن آرائهم مما يكون دافعاً إيجابياً للدراسة والإعداد الجيد، ويجب أن يشتمل التسجيل بوجه عام على ما يلي:

- تاريخ وتوقيت ومكان الاجتماع
- قائمة الأفراد الحضور
- القرارات التي تم التوصل إليها
- الإجراءات المتفق عليها
- الأشخاص المنوط بهم تنفيذ هذه الإجراءات
- الحد الأقصى لتنفيذ هذه القرارات
- تاريخ وتوقيت الجلسة القادمة

وسنورد فيما يلي جدول 9-36 مثال لتسجيل جلسة الاجتماع السابق

محضر جلسة الاجتماع الشهري للسادة مديري العموم

مكان الاجتماع : حجرة الاجتماعات الكبرى

موعد الاجتماع : الأحد الموافق الرابع من أكتوبر 2004 الساعة العاشرة صباحاً وحتى الحادية عشرة والنصف

رئيس الجلسة: السيد / احمد إبراهيم رئيس مجلس الإدارة

المشاركون: السادة مديرو العموم (يمكن تسمية الحضور وذكر وظائفهم مع ترك مساحة مناسبة للتوقيع في جدول)

استهل السيد رئيس مجلس الاجتماع بطلب التوفيق من الله العلي القدير، وبالثناء على إدارة المشروعات للمجهودات الكبيرة المبذولة للانتهاء من التعديلات في المبنى الإداري للشركة وخص بالشكر المهندس/ على إبراهيم وأعلن سيادته عن مكافأة إجادته له بمقدار نصف شهر من الراتب الأساسي.

كما رحب سيادته بوجود السيد / خالد احمد كخبير مالي، ثم قام باستعراض موجز لبنود جدول الأعمال وأسفرت الجلسة عما يلي:

جدول رقم 9- 36 نموذج لتسجيل محضر جلسة الاجتماع

رقم	البند	المناقشة	القرار / الإجراء	التنفيذ	موعد التنفيذ
1	القضايا المثارة من الجلسة السابقة	أفاد السيد م ع ش م بأن أرباح مشروع النهضة قلت عما هو مخطط. أفاد السيد م ع ش م بأن هذا التراجع نتج عن تغيير مسار خط الأنابيب	تعديل الخطة والعرض على م ع ش م	م ع ش م	2004/10/10
2	التعديلات التي طرأت على مشروع المبنى الإداري للشركة	أفاد السيد م ع ش م بأن الأمور تسير حسب الجدول الزمني، ولكنه يتوقع التأخير إذا لم يتم توفير السيولة لشراء بعض المهمات	Cash تجهيز Request	م ع ش م	2004/10/5
		أفاد السيد م ع ش م بأنه سيتم الإسراع في تجهيز السيولة بنهاية الأسبوع الجاري	سرعة تحصيل المستحقات لدى الغير وإصدار الشيك	م ع ش م	2004/10/6
3	اقتراحات التعديلات الجديدة في الهيكل الوظيفي	عرض من السيد م ع ش م طلب زيادة إعداده السائقين بهدف تغطية الأجازات المرحلة من العام الماضي.	الدراسة والمناقشة في اجتماع منفصل مع م ع ش م	مكتب م ع ش م	2004/10/5
4	موقف الإجراءات الداخلية للشؤون المالية والمتعلقة بصرف الأرباح	أفاد السيد م ع ش م بأنه تم الانتهاء من إعداد الإجراءات وسوف توزع صورة على الحضور	توزيع صورة والمناقشة في الاجتماع القادم	م ع ش م	2004/10/4
5	رد فعل الأفراد العاملين حول التعديلات الجديدة لممار توبيسات الشركة	موافقة واستحسان من جميع الحضور	الاستمرار في التنفيذ	م ع ش م	2004/10/4
6	الحفل المقام للعاملين بمناسبة الفوز بمشروع النهضة	طلب السيد م ع ش م بضرورة عقد الحفل بأحد الفنادق الكبرى مع دعوة بعض العملاء. طرح السيد م ع ش م أسماء عدة فنادق وقرر اختياره لفندق العرب بأن أسعاره مناسبة ومستوى الخدمة به عال	التعاقد مع فندق العرب لإقامة الحفل	م ع ش م	2004/10/6
7	بنود للمناقشة في الجلسة القادمة	طلب السيد م ع ش م إيراد بند التدريب مع تقييم اقتراحاته للمناقشة	إيراد بند	مكتب م ع ش م	2004/11/4

يتم تعديل موعد الجلسة القادمة لتصبح يوم الأربعاء الموافق 2004/11/11 بدلا من 2004/11/4 الذي يوافق أجازة رسمية.

يلاحظ أنه تم استخدام بعض الاختصارات التي توفر الوقت ومساحة للكتابة داخل الجدول مثل:

رم أ تعنى رئيس مجلس الإدارة، وكذلك م ع ش أ تعنى مدير عام الشؤون الإدارية، وكذلك م ع ع ع تعنى مدير عام العلاقات العامة، وأيضا م ع ش م تعنى مدير عام الشؤون المالية، وم ع ش م ف تعنى مدير عام الشؤون الفنية، م ع ش م تعنى مدير عام المشروعات وهكذا.

الفصل العاشر

مبادئ وأهداف وطرق الدراسات الإحصائية

طبيعة الإحصاء Nature of Statistics

10.1. مقدمة Introduction

يلعب علم الإحصاء دوراً هاماً في مختلف نواحي العلوم وبخاصة العلوم الهندسية والصناعية وعلوم الاقتصاد والإدارة والتسويق، ويطبق هذا العلم في جميع أوجه النشاط البشري مثل تحديد القصور في مستوى جودة المنتجات وتحسين مستوى خدمة العملاء وتحديد مستوى جودة المنتجات والخدمات والأسعار طبقاً لآليات ومتطلبات السوق، ويمتد استخدام تطبيقات علم الإحصاء إلى كثير من العلوم مثل الأحياء والزراعة والطب والفيزياء والكيمياء والفضاء والعلوم السياسية وعلم النفس وعلم الاجتماع والتربية والعديد من المجالات الحيوية الأخرى.

والأصل اللغوي في اسم هذا العلم (Statistics) مشتق من كلمة (State) أي الدولة ومعناه "البيانات والحقائق المتعلقة بشئون الدولة"، وعلم الإحصاء (Statistics) هو ذلك العلم المعنى بقواعد تجميع ووصف وتحليل وتفسير واستقراء ومعالجة وترجمة البيانات الرقمية.

Statistics is the science compromising rules and procedures for collecting, describing, analyzing, and interpreting numerical data.

و يخطئ من يظن أن الإحصائي (Statistician) هو ذلك الشخص الذي يقوم بعد وحساب نقاط مباراة كرة سلة، أو الشخص الذي يقوم بقراءة النشرة الجوية ويقوم بسرد مجموعة من الأرقام، إن الأمر أبعد وأعمق من ذلك بكثير، فالإحصائي هو هذا الشخص الذي يجمع و يصنف و يصف و يحلل و يفسر و يترجم و يتحاور مع الأرقام للوصول إلى نتائج محددة و موثوق بها.

ولا يكاد يخلو يوم إلا ونسمع فيه نتيجة إحصائية مثل :

- تشير النتائج المالية إلى أن أرباح الشركة هذا العام ستزيد بنسبة 14% عن العام السابق.
- من المتوقع في ضوء البيانات المتاحة تقدم الحزب المعارض في الانتخابات المحلية الحالية.

- لقد تضاعفت فرصة إدارة المشروع في إنهاء مشروعهم في التاريخ المحدد سلفاً.
- من المتوقع أن تكون درجات الحرارة حول معدلها الطبيعي في مثل هذا الوقت من كل عام.

فكل هذه الأمثلة ما هي إلا نتائج لبيانات كثيرة جداً، تم تجميعها وتحليلها واستخلاص هذه الاستنتاجات والنتائج منها.

10.2. لمحة تاريخية عن الإحصاء Historical Tip

يرجع استخدام الإحصاء - بمعنى الحصر والعد- للقديما المصريين الذين قاموا بتعداد وحصر لسكان مصر وثرواتها، واستخدموا هذه النتائج في تنظيم مشروعاتهم لبناء الأهرامات، كما استخدمته سلطات الدولة الرومانية في القرن الأول الميلادي في حصر السكان والأراضي لأغراض جمع الضرائب والمكوس، ثم تطور ليشمل المواليد والوفيات والزواج...

ومع ازدياد كم البيانات المتداولة بصورة كبيرة - وخاصة في القرن التاسع عشر- ومع ازدياد صعوبة التعامل معها، كانت أولى خطوات الاعتماد على أخذ عينات Samples في محاولة أولية لكشف وإدراك خصائص البيانات الكلية أو المجتمع Population، ثم إجراء المعالجات اللازمة على هذه العينة، ثم إسقاط نتائج هذه المعالجة على المجتمع مرة أخرى.

10.3. استخدامات الإحصاء في الأعمال Uses of Statistics in Business

في الماضي، ولما كانت الأعمال صغيرة Small Business كان يمكن للمديرين والقائمين على هذه الأعمال حل مشاكلهم بسهولة ويسر من خلال معالجة البيانات المتاحة لديهم، ولكن مع ازدياد حجم الأعمال وازدياد تعقدها، كان على هؤلاء المدراء تجميع البيانات وتصنيفها ووصفها وتحليلها واستقرائها للمساهمة في اتخاذ القرارات السليمة، وهذا ما أدى لازدهار علم الإحصاء.

ولما كان هذا العلم مفيدا وقادرا على تحليل البيانات واستنباط الأحكام واستخلاص القرارات، فقد زاد الاهتمام به والاعتماد عليه.

ومن المجالات التي تستخدم علم الإحصاء ما يلي :-

- التحكم ومراقبة الجودة Quality Control: فباستخدام الطرق الإحصائية يمكن زيادة الجودة وتحسين الإنتاجية.
- تخطيط الإنتاج Product Planning فمن خلال تحليل العوامل الاقتصادية والاحتياجات يمكن تخطيط الإنتاج والمخزون والمبيعات.
- التنبؤ Forecasting وذلك للتنبؤ بحجم الإنتاج المستقبلي وتوقع قيمة المبيعات ونوعيتها.
- التقارير السنوية Yearly Reports فمعظم الذين نقدم لهم التقارير السنوية لا يتقنون فهم الأرقام البحتة، إنما يجيدون فهم واستقراء البيانات المعالجة كنسب والخرائط والاتجاه العام.
- إدارة أداء العاملين Personnel Performance Management : فالإحصاء يساهم في تقييم الأداء وقياس الإنتاجية والفعالية والمشاركة.

- دراسة السوق Market Research وفيه يتم دراسة الأسواق واحتياجاتها وسلوك المشترين وعاداتهم ومتطلباتهم.
- الدراسات الاجتماعية Social Studies وبخاصة في تحليل القضايا السياسية وبحث الظواهر الاجتماعية.
- التحليل المالي Financial Analysis لتوظيف رؤوس الأموال وتوجيهها والبحث عن آفاق جديدة للاستثمار.
- تصميم التجارب العلمية Design of Experiments لإنتاج سلاسل محسنة ومتميزة من المحاصيل الزراعية وكذلك لإنتاج أدوية جديدة لمكافحة الأمراض والأوبئة.

10.4. فروع علم الإحصاء Branches of Statistics

وينقسم علم الإحصاء إلى فرعين أساسيين هما:

أ- الإحصاء الوصفي Descriptive Statistics

وهو فرع يعنى بجمع البيانات وتنظيمها وتصنيفها وعرضها عن طريق الجداول أو الرسوم البيانية بهدف توضيح وعرض الخصائص الحالية للبيانات المتاحة سواء كانت عينات Samples أو مجتمعاً Population.

ب- الإحصاء الاستنتاجي/ الاستدلالي Inferential Statistics

وهو فرع يعنى بتحليل البيانات واستنتاج واستقراء واستنباط الخصائص المستقبلية للمجتمع Population من خلال دراسة خصائص العينة Samples وهدفه اتخاذ القرارات وبناء التقديرات المبنية على هذه البيانات وهو ما نطلق عليه التقديرات والقرارات المرتكزة والمبنية على البيانات Data Driven Estimations and Decisions ، وهذا ما نطمح إليه جميعاً وهو أحد الأركان القوية التي ترتكز عليها منهجية التطوير المستمر Six Sigma Methodology.

و تجدر الإشارة إلى أنه من المحتمل أن تكون الاستنتاجات التي نتوصل إليها غير دقيقة، لأننا نعتمد في التوصل إلى الاستنتاجات – وبالتالي اتخاذ قرارات معينة في ضوءها – على فروض واعتبارات Hypothesis تحت ظروف غير مؤكدة، وفي عبارة أخرى، فإن الظروف التي تأخذ فيها البيانات ديناميكية وتتغير باستمرار، ولكن بالرغم من عدم التأكد من دقة الاستنتاجات والقرارات، فإن استخدام الإحصاء الاستنتاجي في التوصل إليها يعتبر أفضل من عملية التخمين المطلق، ذلك لأن الإحصاء بطرقه الاستقرائية المتنوعة والمتعددة، قادر على تحديد وتقدير مدى ثبات وصحة هذه الاستنتاجات واحتمال حدوثها عن طريق عوامل الصدفة، ولذلك فلاستنتاج الاستدلالي يزودنا بالأساسيات اللازمة للتعرف على مدى

الخطأ في استنتاجات حول مجموعة بيانات عندما نعتمد في توصلنا إلى هذه الاستنتاجات عن طريق الاعتماد على جزء صغير من هذه البيانات، وهو بذلك يسهم في تقييم النتائج والاستنتاجات التي نحصل عليها من التجارب والدراسات (مجدى عبد الكريم 1996).

إذن فالإحصاء علم يهتم بطرق جمع البيانات وتمثيلها وعرضها (الإحصاء الوصفي) ومن ثم تحليلها وتفسيرها والتوصل إلى الاستنتاجات (الإحصاء الاستنتاجي).

أى أننا عندما نرغب في القيام بدراسة ما فإننا نقوم بجمع بيانات لاستخدامها في الإجابة عن أسئلة معينة أو اختبار فروض محددة. وعندئذ نستخدم عينة من المجتمع ونجمع بيانات عنها ثم نحاول تعميم نتائج العينة إلى المجتمع وهذا ما يطلق عليه بالاستدلال الإحصائي Statistical inference ومعنى هذا أن الهدف الاسمي كما قلنا هو تعميم نتائجها على المجتمع. والاساليب الإحصائية التي تستخدم لاختبار صحة الفروض والاستنتاج عن خصائص المجتمع من بيانات العينة هي اساليب الإحصاء الاستدلالي

ج- اساليب الإحصاء الاستنتاجي/ الاستدلالي

- 1- اختبار المقارنة بين متوسطي مجموعتين (اختبار ت t-test).
- 2- اختبار الفروق بين متوسطات عدة مجموعات (تحليل التباين ANOVA).
- 3- الارتباط المتعدد للتنبؤ بدرجات متغير من عدة متغيرات أخرى.
- 4- أساليب الإحصاء اللابارامترى مثل: مربع كاي Chi square ، مان-ويتنى Mann-whitney ، ويلكوكسون Wilcoxon ، كروسكال واليس Kruskal-Wallis وغيرها

وعموما فإن الاساليب الإحصائية الاستدلالية تستخدم قيم حرجة لاختبار الفروض الصفرية (يرجى مراجعة الفصل السابع عشر من هذا الكتاب)، فإذا كانت القيم الحرجة أعلى من القيم الجدولية فإن احتمال وجود الفروق (أو العلاقة) يكون مرتفعاً (أو دالاً)، وعليه يتم رفض الفرض الصفرى عند مستوى دلالة معين، ومستويات الدلالة المقبولة هي 0.05 أو أقل، ويعرف مستوى الدلالة α بأنه احتمال الخطأ في رفض الفرض الصفرى الصحيح (وهو ما يطلق عليه خطأ النوع الأول).

وتشترط الاساليب الإحصائية البارامترية ما يلي:

- 1- العشوائية في اختيار العينة المستخدمة في الدراسة، وإلا فإن الاستدلال يكون متحيزاً، وصعب حينئذ تعميم النتائج على المجتمع.
- 2- إعتدالية توزيع العينة، ونقل أهمية هذا الشرط بزيادة حجم العينة حيث تقترب توزيع العينات الكبيرة (100 فأكثر) من الاعتدالية، أما في حالة العينات الصغيرة فإن الامر يتطلب تحويل العينات (يرجى مراجعي الفصل الثامن من هذا الكتاب).

10.5. مصادر البيانات Sources of Data

تعتمد النتائج المستخلصة من بيانات العينات Samples بشكل كبير جداً على دقة وجودة بيانات هذه العينات، فكلما كان جمع البيانات دقيقاً زادت ثقتنا في الاعتماد على النتائج المستخلصة منها، ولذا يتحتم الإجابة على عدة أسئلة للتأكد من مدى جودة هذه البيانات قبل التسليم بالنتائج:

- هل بيانات هذه العينات دقيقة؟
- هل هذه العينات، وبالتالي البيانات المأخوذة منها تمثل خصائص المجتمع Population فعلاً؟
- هل تم تجميع بيانات العينات كما ينبغي؟

وقبل الإجابة على هذه الأسئلة يجب أولاً البحث في مصدر هذه البيانات والذي ينقسم إلى مصدرين:

أ- مصادر البيانات الأولية Primary Data Source

وهي البيانات التي يتم تجميعها لأول مرة من أجل موضوع محدد، من خلال الأسئلة المباشرة في صورة إستبيان Questionnaire، أو من خلال تصميم خطة لجمع بيانات محددة عن موضوع معين، وهذه البيانات لم تكن موجودة من قبل، وهذا النوع من البيانات يحتاج لمجهود كبير وغالباً ما يصاحبه تكاليف كبيرة.

ب- مصادر البيانات الثانوية Secondary Data Sources

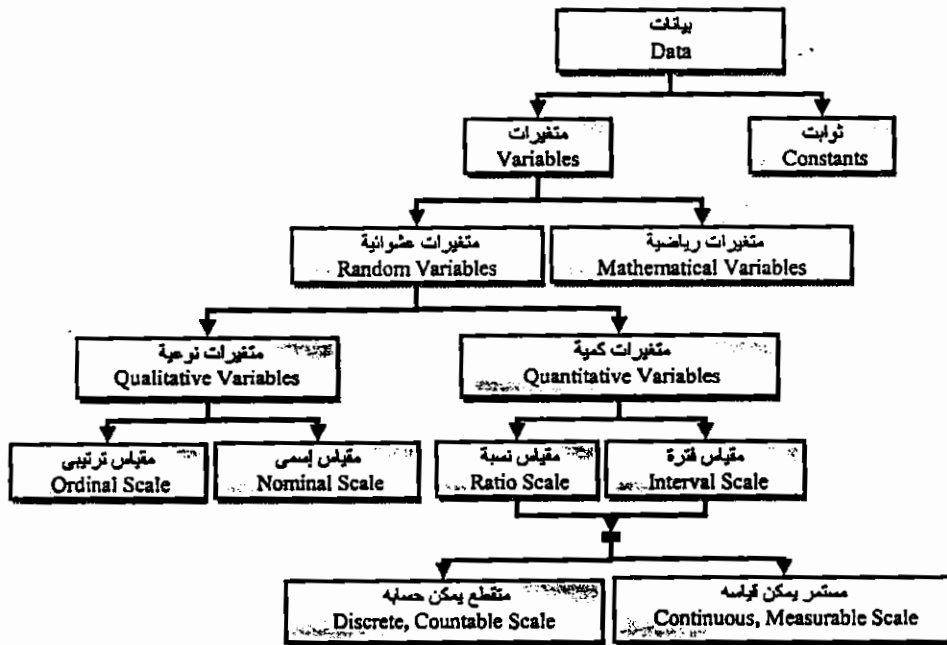
وهي البيانات التي تم تجميعها من قبل لغرض آخر غير غرض البحث الحالي، وغالباً ما تكون بكميات كبيرة، وفي بعض الحالات قد لا تكون مناسبة بصورتها الراهنة للتعامل معها، ومن أمثلة ذلك التقارير الحكومية والدولية والتقارير المالية وبيانات الأرشفة. وعيوب هذه البيانات أنها قد تكون كبيرة، وقد تكون قديمة، وغالباً ما تحتاج لمعالجة قبل استخدامها، وقد لا نعرف الظروف المصاحبة لتجميعها، ويندرج تحت هذا النوع أيضاً تلك البيانات التي كانت في الأصل أولية Primary ثم تمت معالجتها وتحويلها إلى صورة أخرى، وعموماً فمن الأفضل التعامل مع البيانات الأولية Primary Data. هذا ويوجد تصنيف آخر لأنواع البيانات Data (إلا أنه تصنيف غير شائع) وهو كما يلي:

■ بيانات ثابتة Static Data مثل العينات التي تؤخذ مرة واحدة، ولا تتغير خصائصها بمرور الوقت مثل المتوسط السنوي لدرجات الحرارة والرطوبة ومعدل سقوط المطر في منطقة ما.

■ بيانات ديناميكية Dynamic Data مثل القراءات التي تؤخذ بصفة دورية (يومية - أسبوعية - شهرية -.....)، ويقال أنها بيانات حية Live Data أى متجددة، ومن خصائصها أننا لو حسبنا المتوسط كل مرة فسوف نجده بقيمة تختلف عن المرة السابقة والمرة التالية.

10.6. أنواع البيانات الرقمية Numerical Data Types

يوجد نوعان رئيسيان من البيانات Data وهما الثوابت Constants و المتغيرات Variables، والشكل 1-10 التالي يعطينا فكرة عامة عن أنواع البيانات الرقمية، وسنتناول هذه الأنواع والأقسام بشئ من التفصيل في الصفحات القليلة القادمة.



شكل رقم 1-10 الأنواع المختلفة للبيانات

أ. الثوابت Constants

هي السمات والخواص التي لا تتغير بمرور الوقت وهي تصف ماهية المواد في ظروف معينة مثل الكثافة النوعية ومعامل التمدد ومعامل الاحتكاك لسطح ما، وقوة الجاذبية و العدد الذري، ومثل باقي الثوابت الهندسية والفيزيائية والكيميائية.

ب- المتغيرات Variables

هي السمات والخواص أو الصفات التي تتغير قيمتها من عنصر لآخر بمرور الوقت مثل: ضغط الدم ومستوى السكر في الدم وكمية نزول المطر وحجم المبيعات والمخزون ودرجة الحرارة وزمن الانتظار وزمن التشغيل وعدد الموظفين ونسبة الإنجاز وأسعار المواد والأجور.

والمتغير هو أي ظاهرة أو حدث أو خاصية تأخذ قيمة تتغير من ظرف لآخر، أما المتغير العشوائي Random Variable هو متغير حقيقي يخضع لمؤثرات غير منظورة مثل درجة الحرارة والضغط والتآكل والإجهاد ولذلك لا نستطيع التحكم فيه تجريبياً، وهذا النوع من المتغيرات يكون له توزيع احتمال، أي أن حدوثه أو ظهور أي عنصر من عناصره يكون مصحوباً باحتمال ما مثل معدل درجات الحرارة ومعدل الوفيات.

أما المتغير غير العشوائي أو الرياضي Mathematical Variable فليس له توزيع احتمال، ولا يخضع لتأثير عوامل عشوائية، وإنما يخضع لقانون رياضي، ويمكن التحكم فيه تجريبياً، أو تحديد قيمته مقدماً، أو قياسها بدقة، مثل الزمن اللازم لبلوغ مسافة معينة عند السير بسرعة منتظمة.

و تنقسم المتغيرات العشوائية إلى قسمين رئيسيين:

أ- المتغيرات الوصفية (النوعية) Qualitative Variables

وهي متغيرات لا يمكن قياس مفرداتها عددياً، ولكن يمكن تقسيم هذه المفردات بحسب اشتراكها في صفة أو خاصية ما، ويمكن تقسيم هذا النوع إلى نوعين فرعيين كما يلي:

1. المقياس الاسمي أو التدرج الاسمي Nominal Scale

يعد أقل وأضعف مستويات القياس، وهو مجرد تقسيم أو تصنيف بالاسم فقط، مثل تقسيم الأشخاص حسب الجنس (ذكور - إناث)، وحسب الجنسية (مصري - سوداني - أردني - فرنسي - برازيلي...)، وتقسيم المشروعات إلى (مدني - كهرباء - ميكانيكا - صحي...)، وتقسيم الكتب بالمكتبة حسب الموضوع إلى (دين - فلسفة - اجتماع - علوم هندسية...) وهكذا، إذن فهو مقياس يستخدم لتحديد هوية العناصر المقاسة اسمياً، وبالتالي فهو مقياس يصنف العناصر التي تختلف في النوعية لا في الكمية، وفي هذا النوع نجد أنه من الصعب ترتيب المفردات حسب الأهمية أو الأفضلية، وقد تستعمل الأرقام والأعداد للمساعدة في تحديد هوية العناصر، ومثال ذلك ذكور = 1 & إناث = 2 أو أحمر = 2 & أخضر = 3 & أزرق = 5، وفي هذه الحالة لا يكون للعدد ذلك المدلول الكمي، مثل أعمار الذكور والإناث

فى المثال السابق، الذى يفهم منه عادة التصنيف ، ولا يجرى عليها عمليات حسابية مثل الجمع والطرح.

2. المقياس الترتيبي Ordinal Scale

وهو أفضل من التدرج السابق حيث يتم التصنيف و التقسيم فيه على أساس الرتبة أو الأهمية النسبية، مثل درجات الطلاب على أساس ممتاز – جيد جداً – جيد مقبول، أو توزيع السكان حسب الحالة التعليمية: أمى – ابتدائي – اعدادى – ثانوي، وفى هذا القياس يمكن ترتيب القيم وإجراء المقارنات، حيث يمكن القول بأن الحاصل على تقدير جيد يكون مستوى تحصيله أفضل من الحاصل على تقدير مقبول، وبالرغم من أننا نستطيع الترتيب والمقارنة إلا أننا لا نستطيع تحديد مقدار الفروق بين القيم.

إذن فهو مقياس يستخدم للتصنيف والمفاضلة مثل نتائج الامتحانات $B=Second$ / $A=First$ أو $2=Second$ & $1=First$ أو كما فى الرتب العسكرية، وفى هذا النوع من البيانات الذى يهيم هو ترتيب الأرقام أى 1 سيكون أفضل من 2 بينما الفرق بينهما أو مجموعهما لا يعنى شيئاً على الإطلاق.

والنوعان الاسمى Nominal و الترتيبي Ordinal هما نوعان يتضح من اسمهما أنهما فى الأصل ليسا قيماً، ولكن فى بعض الأحيان نحولهم إلى قيم لتسهيل التعامل فقط، ففي المقياس الاسمى Nominal مثلاً نحولهم إلى قيم كما يلي $No=2$ & $Yes=1$. وفى المقياس الترتيبي Ordinal نحولهم إلى قيم مثل $Best = 3$ & $Good=2$ & $Accepted=1$ ، ولكن فى كل الحالات يجب الانتباه إلى أنه لا يمكن إجراء عمليات حسابية مثل الجمع والطرح، ولا نستطيع تحديد مقدار الفروق بين هذه القيم.

ب- المتغيرات العددية (الكمية) Quantitative Variables

وهى متغيرات يمكن التعبير عنها بالأعداد الحقيقية إما بالعدد أو بالقياس، ويكون التباين فيها هو تباين من حيث المقدار، أى يمكن تقسيم مفرداتها بحسب الأصغر والأكبر، ويمكن تقسيم هذا النوع إلى نوعين فرعيين كما يلي:

1. المقياس الفترى Interval Scale

وهذا المقياس يعد أقوى من السابقين، حيث نستطيع تحديد الفروق بين القيم مثل: درجات الحرارة، ودرجات الاختبارات الرقمية، وعدد ساعات العمل الإضافى، ووحدة القياس فيه واحدة، أى أن المسافة على المقياس أو التدرج أو الميزان بين أى درجتين هي نفسها

المسافة بين أى درجتين أخريين مثل الفرق بين درجتى الحرارة "30" و "31" درجة مئوية هي نفس الفرق بين درجتى الحرارة "39" و "40" درجة مئوية، ولكن يؤخذ على هذا القياس عدم وجود نقطة الصفر المطلق، بمعنى أن الصفر هنا لا يعنى انعدام الخاصية، وبالتالي لا نستطيع إجراء النسبة بين القيم المقاسة، فمثلاً لا نستطيع القول بأن كمية الحرارة عند درجة الحرارة 20 تساوى ضعف كمية الحرارة عند درجة الحرارة 10، أو أن الطالب الحاصل على 10 درجات يكون مستواه فى التحصيل مساوياً لخمسة أمثال الحاصل على درجتين فقط.

2. المقياس النسبي Ratio Scale

ويعد أقوى المقاييس الرقمية حيث يسمح بإيجاد النسب بين قيم المتغيرات، مثال ذلك الأوزان والأطوال ودرجات الحرارة بالكلفن Kelvin والسرعة، ويمكن التفريق بينها وبين الفترة Interval في أنها تحتوي على قيمة صفرية مطلقة، أى أن الصفر على هذا التدرج يعنى العدم (للدكتور مصطفى 1989)، بمعنى إنعدام الظاهرة أو الشيء أو عدم وجوده وللتفريق بين النسبة Ratio و الفترة Interval اسأل نفسك هل لو ضاعفت البيانات Data هل سيؤدي إلى مضاعفة تأثير القيمة أم لا ؟ فإذا كانت الإجابة نعم تكون بيانات نسبة Ratio Data وإذا كانت الإجابة لا تكون بيانات فترة Interval Data، ففي درجات الحرارة، هل 100 درجة تساوى ضعف الخمسين درجة والإجابة لا فيكون نوع البيانات Data هي بيانات فترة Interval .

هذا ويلاحظ أننا قد عرضنا المقاييس الرقمية الأربعة السابقة بالترتيب حسب قوتها، بحيث يحمل كل مقياس مزايا المقاييس التي تسبقه بالإضافة إلى مزايا أخرى، وفي هذا الصدد يجب الإشارة إلى نقطتين هامتين:

- كلما زاد مستوى القياس للمتغيرات، كلما زادت الدقة فى القياس، وكلما أمكن استخدام أساليب إحصائية على درجة أفضل.

- المتغيرات بمستوى قياس معين يكون التعامل معها بالأساليب الإحصائية المخصصة لهذا المستوى من القياس، كما أنه يمكن أيضاً استخدام الأساليب الإحصائية المخصصة لمستويات القياس الأقل.

والجدول 10-1 يعرض ملخصاً لما سبق ذكره.

جدول رقم 10 - 1 ملخص لمقاييس البيانات

الخاصية	نسبة	فترى	ترتيبى	إسمى	Feature
هل الترتيب يعنى شيئاً؟	Y	Y	Y	N	Order data is meaning full
هل الفرق بين البيانات يعنى شيئاً؟	Y	Y	N	N	Differences between data values is meaningful
هل الصفر يعنى عدم ؟	Y	N	N	N	Zero point represent total absence

هذا وتنقسم المتغيرات الكمية أو العددية التي يمكن التعبير عنها بالأعداد الحقيقية إما بالعد أو بالقياس، إلى قسمين كما يلي:

أ- المتغيرات المتصلة Continuous Variables

وهي المتغيرات التي نحصل عليها عن طريق القياس Measurement وبأى درجة من الدقة، مثل: الطول والوزن والعمر ودرجة الحرارة و شدة الزلزال و الزمن الذي تنتظره سيارة عند إشارة ضوئية و مثل الأرقام 1.5 & 2 & 4.25 & 1.75 & 1.82 & 5.253 & 3.21 أي إذا كنت أستطيع قياسها كل لحظة فهي Continuous، وفي هذه المتغيرات نستطيع أن نتصور أن المفردات المقاسة يمكن أن تختلف عن بعضها بمقادير صغيرة صغراً لا نهائياً من الناحية النظرية، وإذا تم توقيع وتمثيل قيم متغير متصل Continuous Variable بين قيمتين مثل X و Y فإنها تمثل بياناً بجميع نقاط قطعة مستقيمة محدودة بهاتين القيمتين، ويمكن تشبيه البيانات المتصلة Continuous Data بخرطوم المياه الذي تتدفق منه المياه.

ب- المتغيرات الوثابة Attribute (Discrete) Variables

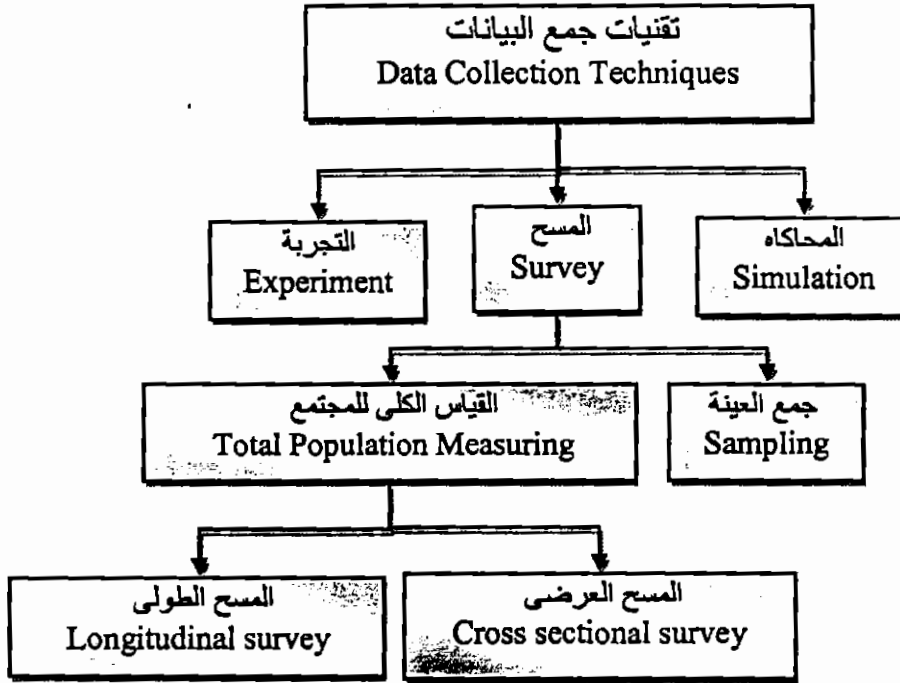
وهي المتغيرات التي نحصل عليها عن طريق العد Counting، مثل عدد أفراد الأسرة، وعدد الطلاب بالفصل، وعدد المشروعات في السنة، وعدد ضربات القلب وعدد المنتجات المعيبة وعدد مرات أعطال المعدات، وإذا تم توقيع وتمثيل قيم متغير وثاب Attribute (Discrete) Variable بين قيمتين مثل X، Y فإنها تمثل بياناً بنقاط منفصلة على خط مستقيم، وقيم هذه المتغيرات ليس فيها صفة الإستمرارية أي أنها منقطعة أو وثابة مثل 2.5 & 1.5 & 2 & 4 و غيرهم وجود عدد عشري مثل 1.5 فإن ذلك لا يعنى أنها مستمرة إذ لو كانت مستمرة لوجدنا في نفس مجموعة الأرقام السابقة مثلاً 1.23 أو 5.5612، ويمكن تشبيه

بيانات المتغيرات الوثابة Discreet Data بطلقات المسدس أو بحركة عقرب الثواني الذي يقفز، فهي حركة متقطعة.

10.7. تقنيات وطرق جمع البيانات Data Collection Techniques

إن من أهم مراحل بحث أي مشكلة هي مرحلة جمع المعلومات والبيانات عن هذه المشكلة، و قبل البدء في تجميع البيانات يجب تجهيز خطة واضحة المعالم تشمل ماذا سيتم تجميعه من بيانات، وكيف سيتم ذلك، ومتى ستبدأ عملية الجمع ومتى ستنتهي، ومن سيقوم بالعملية، ومن أين سيتم التجميع.

وعموماً فإنه يتم جمع البيانات من خلال عدة طرق كما يتضح في الشكل 10-2 التالي:



شكل رقم 10-2 تقنيات جمع البيانات

أ- التجربة Experiment

تتميز التجربة في كثير من الأحيان بدقة النتائج لما فيها من حرية وتحكم في المتغيرات، ويلزم لإجرائها قدر من الخبرة بمجال التجربة، غير أنها قد تكون مكلفة في بعض الأحيان، وهي وسيلة فعالة لفهم العلاقة بين المتغيرات قيد الدراسة.

ب- المحاكاة Simulation

في بعض الحالات تكون عملية جمع بيانات معينة عملية صعبة أو غير أخلاقية أو تتنافى مع العرف والتقاليد والموروث، وهنا يتم عمل نماذج يطلق عليها النماذج التمثيلية Prototype والتي ينبغي أن تشبه إلى حد كبير جداً العمليات التي نريد بحثها ودراستها، وهي تحتاج إلى مهارات وتقنيات وتكاليف عالية للوصول إلى نموذج يقترب في أدائه من العملية الأصل، كذلك يحتاج إلى تهينة الجو العام والظروف المحيطة بالنموذج وقت التجربة إلى جو وظروف يناظران الظروف الحقيقية بنسب معينة ومحسوبة، ويمكن عن طريق المحاكاة توليد البيانات اللازمة للدراسة باستخدام الكمبيوتر اصطناعياً Artificially، ومن أهم طرق المحاكاة الشائعة تلك المعروفة باسم مونت كارلو، وهي تعتمد على العينات العشوائية والتوزيعات الاحتمالية.

ج- المسح Survey

و عند تجميع البيانات بأسلوب المسح فإنه يتم التعامل مع الزمن بعدة أساليب منها:

1. المسح العرضي Cross Sectional Survey: إذا تم تجميع البيانات عند نقطة زمنية محددة أو في تاريخ محدد.
 2. المسح الطولي Longitudinal Survey: إذا تم تجميع البيانات عن فترة زمنية معينة، قد تمتد في الماضي أو في المستقبل، وهذا النوع ينقسم إلى عدة أنواع أخرى:
 - تحليل التوجه Trend Analysis: دراسة ظاهرة محددة في أوقات زمنية مختلفة تسمى دراسة الاتجاه أو Trend Analysis، مثل دراسة ارتفاع أسعار البترول خلال الفترة من يناير 1992 حتى فبراير 1995.
 - دراسة الفوج Cohort Study: إجراء نفس الدراسة على عينات مختلفة من نفس المجتمع عبر فترات زمنية مختلفة تسمى دراسات الفوج Cohort Studies، مثل دراسة ارتفاع الإصابة بمرض السكر بين المدخنين خلال الأعوام 1994، 1996، 1999.
 - دراسة الشريحة Panel Study: إجراء نفس الدراسة على نفس العينة عبر فترات زمنية مختلفة تسمى دراسات الشريحة أو Panel Studies، مثل دراسة تأثير عقار طبي على مجموعة محددة من المرضى.
- وخلال إجراء كل عمليات المسح Survey السابق ذكرها يتم الاعتماد على طريقتين أساسيتين، فإما أن يتم تجميع كل البيانات من خلال الحصر الشامل للمجتمع، أو أن يتم أخذ عينات كما يتضح من الشرح التالي:

■ الحصر الشامل للمجتمع Total Population Measuring

وتتم إذا كان من الممكن قياس كافة عناصر المجتمع Population محل الدراسة مثل قياس أوزان جميع الطلاب في إحدى المدارس، ولا يكون ذلك إلا إذا كان المجتمع صغير نسبياً، وهذا النوع محدود التطبيق ومكلف وغالباً ما يحتوى على أخطاء بسبب كبر حجم البيانات ويستغرق وقتاً طويلاً.

■ أخذ العينات Sampling

وهو الأسلوب الأكثر شيوعاً، وفيه نلجأ إلى دراسة جزء من كل، أى نجمع بيانات عن بعض العينات Samples وليس كل عناصر المجتمع، ويتم ذلك في الحالات التي يتعذر فيها قياس كل عناصر المجتمع إما لكثرتها كما في قضايا السلوك الإنساني، أو لاستحالتها كما في الاختبارات الاتلافية، وعملية أخذ العينات Sampling أقل كلفة من المسح الشامل وتستغرق جهداً ووقتاً أقل، كما أن أخذ العينات وما يستتبعه من إمكانيات أكبر في استخدام جامعي بيانات، و مراجعين أكثر تدريباً وخبرة يقلل من حجم الأخطاء المصاحبة لهذه العملية، ويجب أن تكون العينات المنتقاة معبرة عن المجتمع (كما سيأتي شرحه في الفصل الثالث عشر تحت عنوان العينات وطرق انتقائها Samples and Sampling في هذا الكتاب).

10.8. الدراسة الإحصائية Statistical Study

الدراسة الإحصائية هي تلك الدراسة التي تتعلق بمحاولة استقراء واستنتاج خصائص معلمات المجتمع Population Parameters من خلال حساب إحصاء العينة Samples Statistics

أ- أهداف الدراسة الإحصائية Statistical Study Goals

إن هدف أى دراسة إحصائية يكمن في رغبتنا في معرفة خصائص أى عنصر من عناصر المجتمع، وذلك بتجميع البيانات اللازمة عنه، ويتم ذلك - كما أشرنا سابقاً - بإحدى طريقتين:

1. الحصر الكامل، ويتم إذا كان من الممكن قياس كافة عناصر المجتمع محل الدراسة وهو لا يمكن في كثير من الأحوال.

2. أخذ العينات، وهو الشائع، وفيه نلجأ إلى دراسة جزء من كل، أى نجمع بيانات عن بعض العينات وليس كل معلمات المجتمع Population Parameters، ثم نقوم بحساب وقياس إحصاء العينة Samples Statistics، أى خصائص محددة للعينات

مثل المتوسط $\bar{X}$ والانحراف المعياري S ، ثم عن طريق الإحصاء الاستنتاجي

Inferential Statistics نقوم باستنتاج واستقراء واستنباط مقادير أو قياسات خصائص معالم المجتمع Population Parameters مثل المتوسط μ ، والانحراف المعياري σ ، وهذا ما يطلق عليه التقدير Estimation (وستتناوله بشئ من التفصيل في الفصل الخامس عشر من هذا الكتاب)، فإذا عرفنا هاتين القيمتين μ & σ كان ذلك كافيا وكفيلا للإجابة عن كافة الأسئلة الاحتمالية حول عناصر هذا المجتمع ككل، ومن ثم فإن القيمة الاحتمالية للمتغير X والذي يمثل أى فرد أو أى عنصر فى ذلك المجتمع يكون قد تحدد تماما، ويصبح بإمكاننا الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بالاحتمالات حول أى متغير X .

والخلاصة أن الدراسة الإحصائية تمكننا من:

- وصف العينة، كأن نحسب متوسط العينة أو مدى البيانات فى العينة.
- استقراء واستنتاج خصائص المجتمع الذي أخذنا منه العينة وهو الأهم لنا.

ب- خطوات الدراسة الإحصائية Statistical Study Steps

لإجراء دراسة إحصائية على عملية ما، فإنه توجد عدة خطوات محددة، و يمكننا إجمال هذه الخطوات كما يلي:

1. عرف وعين المجتمع محل الدراسة.
2. حدد الاستفسارات التي تريد معرفتها فيما يتعلق بالمجتمع ، أى هل تريد تحديد المتوسط Mean مثل متوسط العدد المباع من سلعة يوميا، أو متوسط الربح الاسبوعى، أو متوسط تكاليف إصلاح معدات فى مصنع ما سنويا، أم تريد تحديد الانحراف المعياري Standard Deviation، والذي يعطى دلالة عن مدى الانحراف المحتمل عن المتوسط الذى يتم حسابه.
3. حدد المتغيرات Variables ذات الصلة والتي ستقوم بجمعها لتساعدك فى الإجابة على الاستفسارات المطلوبة أى هل سنقيس الوقت أم نعد المنتجات المعيبة؟
4. اسحب عينة بحيث تكون معبرة وممثلة للمجتمع .
5. أوجد قيم القيم الإحصائية Statistics المرغوبة مثل المتوسط والانحراف المعياري... إلى آخره والتي تخص العينة التي تم سحبها.

6. طبق طرق الإحصاء الاستنتاجي Inferential Statistical واحسب قيم معالم المجتمع Population Parameters.

7. طبق طرق الإحصاء الإستنتاجي لاختبار الفروض التي تم فرضها للتأكد من صحة النتائج.

ويلاحظ أنه بمعرفة قيم المعاملات Parameters وبمعرفة نوع توزيع المجتمع فإننا نستطيع الإجابة عن الأسئلة الاحتمالية حول هذا المجتمع، وبالتالي الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بالاحتمالات حول أى متغير X .

الفصل الحادى عشر

تلخيص وعرض البيانات

Data Summarizing and Presenting

11.1 مقدمة Introduction

تعرفنا من خلال الأجزاء السابقة على أنواع مختلفة من البيانات، تعرفنا على البيانات الوثابة Discrete والمستمرة Continuous وتعرفنا على نوعية هذه البيانات هل هي اسمية Nominal أم ترتيبية Ordinal أم فترة Interval أم نسبة Ratio وأشارنا إلى أنه باختلاف نوع البيانات ستختلف طريقة معالجتها ودراستها والتعامل معها، وهذه البيانات هي ما نحصل عليه عند إجراء دراسة ما على موضوع محدد، وفى الغالب ما تكون بيانات كثيرة من سجلات أو من عينات، وإذا تم عرض وتقديم البيانات وخاصة الكثيرة فى صورة جداول أو بطريقة جافة وغير منظمة فغالبا ما تفقد هذه البيانات أهميتها، بل وقد يؤدي عدم فهمها إلى فقد الثقة فيها، ويمكن أن تصبح هذه البيانات عبء أمام متخذ القرار بدلا من أن تكون أداة لاتخاذ قرار صائب، ومن هنا تبرز أهمية معالجة هذه البيانات بطريقة صحيحة.

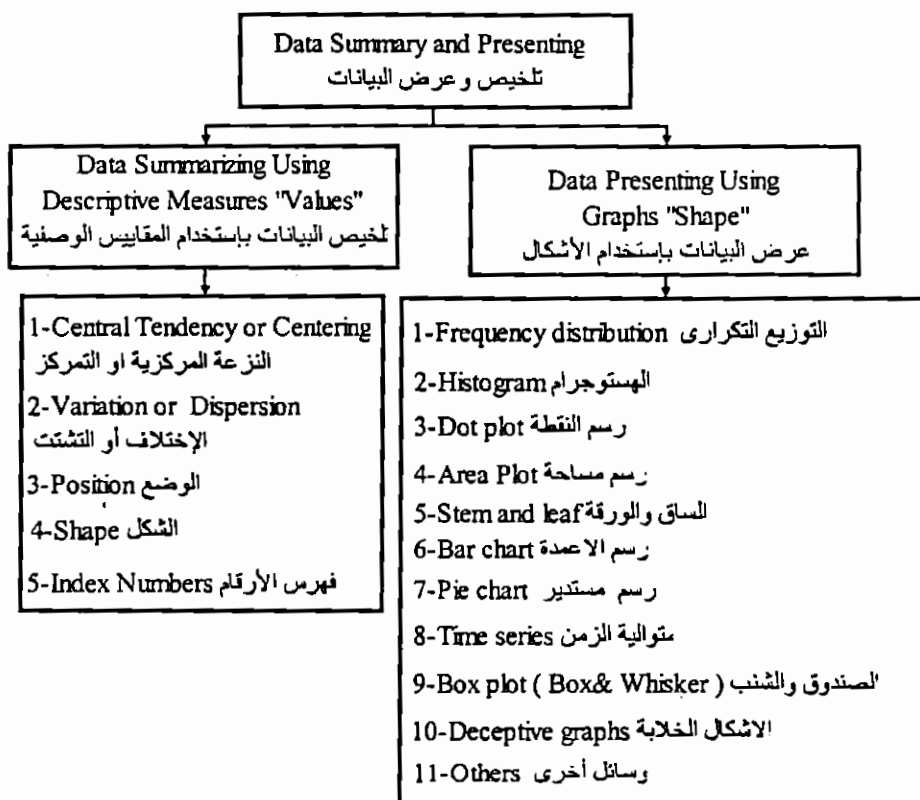
وسنعرف فى هذا الجزء كيف سيمكننا تنظيم وتبويب هذه البيانات وتلخيصها وعرضها فى صورة مركزة وتحويلها من صورتها الجافة وغير المعبرة إلى صور أخرى أكثر وضوحا وتعبيرا وأسهل فهما وتناولا، وهذه المعالجة ستجعل البيانات المتاحة أكثر طواعية للدراسة والتحليل وستساعد فى كشف الصفات البارزة والخصائص العامة التي لا تظهر فى البيانات قبل تنظيمها، وسنتناول طريقتين لمعالجة هذه البيانات كما يلي:

1. الأولى هي المقاييس الرقمية الوصفية Descriptive Measures:

وهى عملية اختزال وتحويل الأرقام الكثيرة إلى قيم ومعايير أقل عددا ومتفق عليها وتعطي انطباعا عن إجمالي الأرقام الأصلية مثل المتوسط Mean والمنوال Mode والانحراف المعياري Standard Deviation و.....

2. الثانية هي الأشكال و الرسوم البيانية Graphs:

وهى اختزال وتحويل الأرقام الكثيرة إلى رسومات بيانية أسهل فهما وأكثر تعبيرا.



شكل رقم 1-11 تلخيص وعرض البيانات

11.2. عرض البيانات بالمقاييس الوصفية Data Summary Using Descriptive Measures
والجديد الذي نتعرض له الآن و سنحاول أن نعرفه، هو أنه يمكن تحويل هذه الأرقام الكثيرة إلى أرقام أو قياسات وصفية Descriptive Measures ذات دلالة محددة، ومفهومة، ومتفق عليها، وتعطي انطباعاً وتفسيراً للخصائص العامة لمجموعة الأرقام الأصلية.
والرقم الوصفى أو المقياس الوصفى Descriptive Measure هو رقم وحيد يتم حسابه من بيانات العينة ليعطي انطباعاً وتفسيراً لخصائص المجتمع (لمعرفة المزيد عن العينة و المجتمع يرجى مراجعة الفصل الثالث عشر تحت عنوان العينات وطرق انتقائها فى هذا الكتاب)، و تنقسم هذه المقاييس الرقمية الوصفية إلى عدة أنواع، ويتوقف اختيار النوع الذي سنستخدمه على عدة أشياء منها وبصفة أساسية المعامل الذي نريد قياسه ودراسته وتحليله، ويمكن إجمال هذه الأنواع فيما يلي:-

1- مقاييس النزعة المركزية (التمرکز/الدقة) Measures of Central Tendency (Centering / Accuracy).

وهي تجيب على الأسئلة: أين يقع متوسط بياناتي؟ وحول أى القيم تتركز؟ وما هي أكثر القيم تكرارا؟

2- مقاييس الاختلاف/ التشتت Measures of Variations / Dispersion.

وهي تجيب على: ما مدى تبعثر وتشتت بياناتي حول المتوسط؟ وما قيمة وحدود هذا التبعثر؟

3- مقاييس الوضع Measures of Position.

وهي تجيب على: أين مكان قيمة معينة من باقي القيم المسجلة؟ وأي القيم تزيد عن قيمة معينة؟ وأي القيم تقل عن قيمة معينة؟

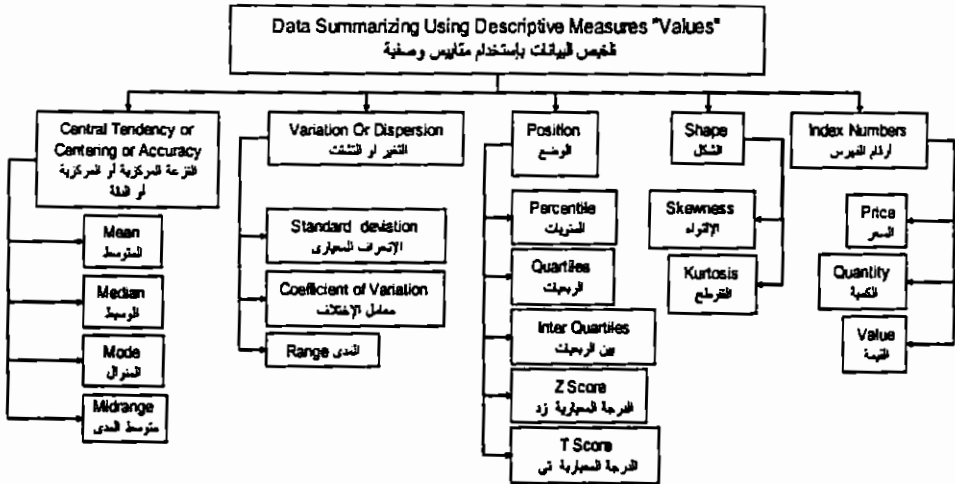
4- مقاييس الشكل Measures of Shape.

وهي تجيب على: هل قيم بياناتي (عند تمثيلها بيانيا على منحنى الهستوجرام مثلا) متماثلة؟ أم أنها ملتوية ومتراكمة حول أحد الأطراف؟ وهل هي منبسطة ومفرطة أم لا؟

5- فهرس الأرقام Index Numbers.

وهي وسيلة فعالة وطريق مختصر لوصف المتغيرات الاقتصادية، مثل التباين في الأسعار أو الكميات أو القيمة مع الزمن.

والشكل 11-2 يعرض ما تم ذكره ، ويليه شرح مفصل لهذه المقاييس:-



شكل رقم 11-2 المقاييس الوصفية

11.2.1. معايير النزعة المركزية Measures Of Central Tendency

في كثير من التوزيعات نجد أن عددا كبيرا من البيانات يميل وينزع إلى التركز والتراكم حول قيمة معينة، وهذه القيمة تسمى معيار النزعة المركزية، وهي مجموعة من المعايير التي تحدد مدى تمركز مجموعة البيانات وتنقسم لأربعة معايير سنقوم بشرحها علي مجموعة البيانات التالية 5،23،7،9،6

أ- المتوسط الحسابي $\bar{X}$ Arithmetic Mean μ &

المتوسط الحسابي هو متغير من المتغيرات الكمية، وهو أكثر معايير النزعة المركزية استخداما وشيوعا واستجابة للمعالجات الرياضية، وهو متوسط القيم المتاحة وله رمزان، ففي حالة العينة تكتب $\bar{X}$ وتقرأ (X-Bar)، وفي حالة المجتمع Population تكتب μ وتقرأ (MU).

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad \mu = \frac{\sum X}{N-1}$$

وعليه فمتوسط القراءات السابقة هو

$$\bar{X} = \frac{6+9+7+23+5}{5} = \frac{50}{5} = 10$$

والمتوسط الحسابي عدة خواص منها ما يلي:

1. المتوسط هو قيمة حسابية قد لا يكون لها وجود حقيقي في العينة كما في هذا المثال، فالرقم 10 لا وجود له في مجموعة الأرقام المعطاة.
2. يتأثر المتوسط الحسابي كثيرا بالقيم المتطرفة في التوزيع، فهذه القيم حينما توجد تجعله غير صالح كمقياس من مقاييس النزعة المركزية، لأنه في هذه الحالة يعطينا صورة خاطئة عن تجمع البيانات العددية، ولذا لا يفضل استخدامه عندما تكون البيانات تحت الدراسة شديدة الالتواء.
3. يزداد استقرار المتوسط الحسابي ويقل تذبذبه وتغيره كلما زاد حجم العينات.
4. تختلف قيمة المتوسط باختلاف العينة المأخوذة من المجتمع وهذا أحد عيوبه.
5. مجموع انحرافات القيم المتاحة عن المتوسط تساوي صفرا، ففي المثال المبين نجد أن المتوسط هو 10 وانحرافات القيم المتاحة بالترتيب هي 4 = 10 - 6 و 1 = 10 - 9 و 3 = 10 - 7 و -13 = 10 - 23 و 5 = 10 - 5، وبجمعها نجد أنها تساوي صفرا.

6. يزداد الاطمئنان بأخذ المتوسط كتقدير لمعايير النزعة المركزية إذا كان نظام القياس دقيقاً، ويقل هذا الاطمئنان كلما ضعف مستوى نظام القياس، ونقصد بنظام القياس: الموظف الذي يقيس، وآلة القياس ودقتها، وطريقة القياس والظروف المحيطة بعملية القياس.

ب- الوسيط M_d Median

الوسيط هو متغير من المتغيرات الترتيبية، و هو الرقم الأوسط من البيانات بعد ترتيبها من الأصغر إلى الأكبر، وقيمته أكبر من كل الأرقام التي تسبقه وأقل من كل الأرقام التي تليه في الترتيب، وبمعرفة نتمكن من معرفة ما إذا كان رقم ما ينتمي إلى النصف الأصغر من البيانات أم إلى النصف الأكبر من تلك البيانات، ونحدد ترتيب الوسيط من العلاقة :

$$M_d = \left(\frac{N+1}{2} \right)$$

وفي المثال نرتب القيم تصاعدياً 5، 6، 7، 9، 23،

وتطبيق القانون $M_d = \frac{5+1}{2} = 3$ فيكون الوسيط هو الرقم الثالث من القيم التي تم ترتيبها أي يساوي 7 أما إذا كانت عدد زوجي فإنه بعد ترتيب هذه الأرقام تصاعدياً، يكون الوسيط مساوياً لمتوسط العددين الأوسطين من العينات فمثلاً لايجاد الوسيط لمجموعة الأرقام 7 1 2 5 3 9

■ نرتب الأرقام 1 2 3 5 7 9

■ حيث أن عدد الأعداد زوجي نحدد الرقمين الأوسطين $M_d = \frac{N+1}{2} = \frac{6+1}{2} = 3.5$ فيكون الرقمين الأوسطين هما الثالث والرابع

■ نعين الوسيط وهو متوسط الرقمين الأوسطين $M_d = \frac{3+5}{2} = 4$

وللوسيط عدة خصائص منها:

1. لا يتأثر بحجم العينة، ولذا يفضل استخدامه إذا كانت البيانات المتاحة قليلة.
2. قيمته لا تتأثر كثيراً بالقيم المتطرفة كما هو الحال مع المتوسط الحسابي، وإنما يتأثر بالقيم الوسطي، وهو بهذه الصفة على نقيض المتوسط الذي يتأثر بالقيم المتطرفة

- أكثر من تأثره بالقيم الوسطي، ولذا يفضل استخدام الوسيط فى التوزيعات الملتوية مثل المرتبات وعدد ساعات العمل.
3. يصلح الوسيط لتمثيل البيانات النوعية غير الرقمية حيث يصعب القياس الكمي، وإنما نستطيع ترتيب البيانات بحسب نوعها أو حجمها (جيد - ممتاز - أو متوسط - عال - عال جدا - ...).
4. تختلف قيمة الوسيط باختلاف العينة المأخوذة من المجتمع وهذا أحد عيوبه.
5. من عيوبه أيضا أنه قليل الحساسية، بمعنى أننا قد نستبدل قيمة كثيرة من البيانات المتاحة بقيم أخرى دون أن يتأثر لأنه لا يعتمد فى حسابه على كل القيم، كما لا يسهل التعامل معه جبريا.
6. يرمز للوسيط فى بعض الحالات بالرمز $\tilde{X}$ يقرأ $\tilde{X}$ Til-Dah.

ج- المنوال M_o Mode

المنوال هو متغير من المتغيرات الاسمية، و هو أكثر القيم تكرارا وشيوعا في العينة، وهو لا يستعمل كثيرا مع معايير المركزية لأنه لا يعبر عنها بصدق، ففي مثالنا لا يوجد منوال Mode، ولذا نأخذ مثلا آخر 5، 1، 4، 8، 7، 6، 9، 8، 10، 5، 8، وبدراسة هذا المثال وهذه المجموعة من الأرقام سنجد لها منوالين Two Modes وهي 5 و 8 وهو استثناء لكون معايير النزعة المركزية وحيدة القيمة، ومع ذلك فللمنوال فى هذا المثال قيمتان، وفى هذه الحالة يمكن حساب المنوال من المتوسط والوسيط من العلاقة التقريبية (صالحة ما دام المنحنى قريب من التوزيع الطبيعي) التي أوجدها بيرسون كما يلي:

$$M_o = 3 * M_d - 2\mu$$

إن فقيم يستخدم المنوال؟

يستخدم مثلا في استقصاء مقاسات الملابس إشارة إلى أن أرقاما محددة تلقى قبولا أكثر من غيرها لدى العملاء، أو أن مقاسات معينة من الأحذية هي الأكثر مبيعا، أو عند حساب الدورة الزمنية Cycle Time كما سنرى فيما بعد، إذ أنه لمعرفة متوسط زمن عملية ما، فيمكن أن نقوم بتسجيل قيم كثيرة لأزمنة هذه العملية، ثم نختار أكثر القيم تكرارا ليكون هو الزمن المطلوب، وهكذا.

وللمنوال عدة خصائص منها :

1. لا يتأثر بحجم العينة، ولذا يفضل استخدامه إذا كانت البيانات المتاحة قليلة.

2. قيمته لا تتأثر بالقيم المتطرفة ولا بالقيم الوسطى، وهو بهذه الصفة أكثر ثباتاً من المتوسط والوسيط.
3. يستخدم للظواهر غير الرقمية حتى التي لا يمكن ترتيبها مثل الحالة الاجتماعية (أعزب- متزوج-....)، و فصائل الدم (أ، ب، أب..).

د- متوسط المدى (Midrange (Mr

ومتوسط المدى هو أقل استخداماً من المتوسط Mean والوسيط Median وأقل تعبيراً عن

مركز البيانات لأنه يأخذ أكبر وأقل قراءة $Mr = \frac{L + H}{2}$ حيث L هي أقل قيمة في العينة و H هي أكبر قيمة في العينة

$$Mr = \frac{5 + 23}{2} = 14 \text{ وفي المثال}$$

مثال رقم 11- 1 على معايير النزعة المركزية Measures of Central Tendency

إذا كان لدينا عشرة قراءات لفترة تنفيذ مشروعات بناء منازل سكنية بالأشهر كما يلي:

4.1 & 3.2 & 2.8 & 2.6 & 3.7 & 3.1 & 9.4 & 2.5 & 3.5 & 3.8

والمطلوب المقارنة بين معايير النزعة المركزية Mode & Midrange & Median & Mean

الحل : سوف نعطى حلاً لهذا المثال بطريقتين، الطريقة الأولى هي الطريقة النمطية باستخدام الآلة الحاسبة والطريقة الثانية باستخدام برنامج مينيتاب:

ولحساب المتوسط Mean

$$Mean = \frac{\sum X}{N} = \frac{4.1 + 3.2 + \dots + 3.8}{10} = 3.87 \text{ Months}$$

ولحساب الوسيط Median نرتب الأرقام تصاعدياً. 3.5، 3.2، 3.1، 2.8، 2.6، 2.5، 9.4، 4.1، 3.8، 3.7

و حيث إن الأعداد زوجية، إذن ترتيب الوسيط Median هو الرقم الخامس والسادس

$$Md = \frac{5th + 6th}{2} = \frac{3.2 + 3.5}{2} = 3.35$$

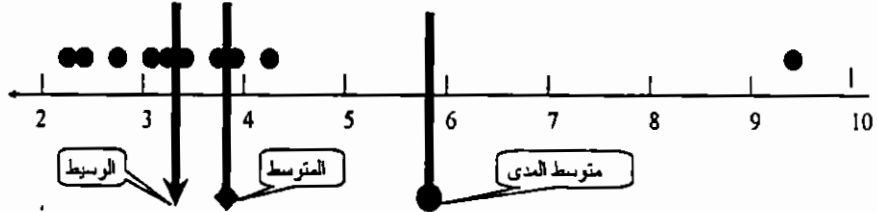
$$Mr = \frac{L + H}{2} = \frac{2.5 + 9.4}{2} = 5.95$$

ولحساب متوسط المدى Midrange

ولإيجاد المنوال Mode نجد أنه لا يوجد منوال صريح، فنحسبه من العلاقة:

$$Mo = 3 * M_d - 2\mu = 3 * 3.35 - 2 * 3.87 = 2.31$$

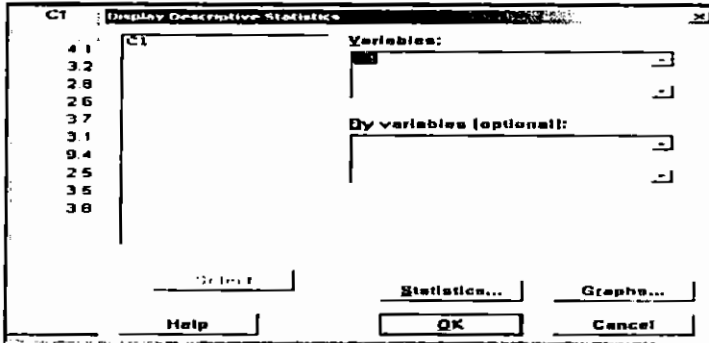
ويرسم هذه القيم كما فى شكل 3-11 على محور الزمن سيتضح لنا وجود أكثر من معيار للنزعة للمركزية.



شكل رقم 3-11 تمثيل لقيم المثال 1-11

الطريقة الثانية للحل باستخدام المينيئاب Minitab: برنامج المينيئاب Minitab هو أحد البرامج الإحصائية التى تقوم بمعالجة البيانات وحساب القيم الإحصائية المختلفة بدقة عالية، كما تقوم كذلك برسم الأشكال البيانية والهندسية المختلفة ويتميز هذا البرنامج بسهولته وشموليته.

من المينيئاب Minitab نختار القوائم Stat > Basic Statistics > Display Descriptive Statistics، فيظهر الصندوق الحوارى الموضح فى شكل 4-11



شكل رقم 4-11 الصندوق الحوارى من المينيئاب

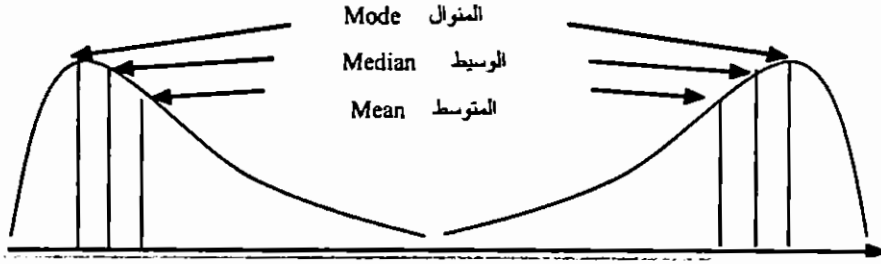
ومن نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Descriptive Statistics: C1

Variable	Mean	Median
C1	3.870	3.350

ملاحظات هامة على الوسط ، الوسيط والمنوال:

- بالنظر إلى الأرقام المعطاة سنجد أن معظمها يدور حول القيم من 2 حتى 4 وأن هناك قيمة غريبة/شاذة Outlier وهي 9.4 وفي هذه الحالة يجب التأكد من صحة هذه القيمة، هل هي صحيحة أم أنها سجلت بطريقة الخطأ؟ (وهذا يقودنا لقضية هامة وهي دقة تسجيل البيانات ودقة القياس، و سيتم مناقشتها في الفصل السادس تحت عنوان تحليل نظام القياس Measurement System Analysis MSA).
- القيمة الغريبة/الشاذة Outlier هي قيمة موجودة في العينة تكون قيمتها كبيرة جداً أو صغيرة جداً مقارنة بباقي قيم العينة وإذا وجدت يجب التأكد من صحتها وأنها ليست مسجلة بطريقة الخطأ ومثال ذلك رقم 30 فى مجموعة الأرقام 1 11 9 7 5.5 30 4
- فى المثال 1-11 السابق سنجد أن قيم الوسيط والوسط ومتوسط المدى Median & Mean & Midrange هي قيم مختلفة لا تعبر بصدق عن متوسط القيم، وهو ما دفع الإحصائيين للبحث عن أكثر من معيار وليس معياراً واحداً، وبالتالي يكون لدينا أكثر من طريقة لوصف البيانات، حتى يكون انطباعاً صادقاً ومعبراً عن مدى تمركز البيانات.
- يعتمد اختيار أى من مقاييس النزعة المركزية السابقة بدرجة كبيرة على نوع البيانات المتاحة، فيفضل استخدام المنوال Mode إذا كانت البيانات المتاحة من النوع الاسمى Nominal، ويمكن استخدام المنوال Mode أو الوسيط Median إذا كانت البيانات المتاحة من النوع الرتبى Ordinal، كما يمكن استخدام المنوال Mode أو الوسيط Median أو المتوسط الحسابى Mean إذا كانت البيانات المتاحة من النوع الفترى Interval أو النوع النسبى Ratio.
- عادة ما تقع قيمة الوسيط بين قيمتى المتوسط الحسابى والمنوال.
- تكون المتوسطات الثلاثة متساوية فى حالة التوزيع الاعتدالى، بينما يكون المنوال هو أكبر المتوسطات ويليه الوسيط ثم المتوسط الحسابى.
- الشكل 11-5 يوضح الموضع النسبى لكل من الوسيط والمنوال والمتوسط فى منحنى التوزيع الطبقى.



شكل رقم 11-5 موضع المنوال والوسيط والمتوسط في منحنى التوزيع الطبيعي

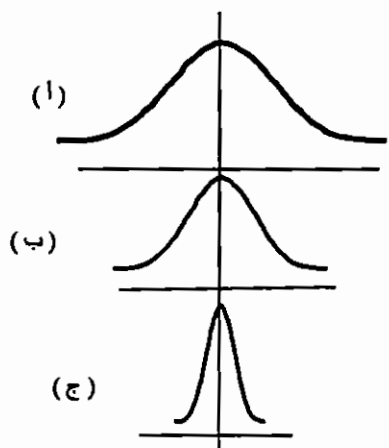
- والجدول 11-1 يعرض كذلك بعض أوجه الاختلاف والتشابه بين الوسط Mean والوسيط Median والمنوال Mode:

جدول رقم 11-1 أوجه الشبه والاختلاف بين الوسط والوسيط والمنوال

الرمز	الوسط Mean μ	الوسيط Median M_d	المنوال Mode M_o
الاستخدام	البيانات الفترية Interval أو البيانات النسبية Ratio	البيانات الفترية Interval، والترتيبية Ordinal أو النسبية Ratio	البيانات الفترية Interval، و الاسمية Nominal، أو الترتيبية Ordinal، أو النسبية Ratio
يقتمد على	جميع الدرجات	الدرجات الوسطى في التوزيع	الدرجة التي تكررت أكثر من غيرها
المكان	موقع العمود المار بمركز ثقل المنحنى، وأكثر ميلا نحو الجانب الملتوي	موقع العمود الذي يقسم مساحة المنحنى إلى قسمين متساويين	موقع العمود النازل من قمة المنحنى على المحور الأفقي
تأثره بالقيم المتطرفة	يتأثر كثيرا	لا يتأثر	لا يتأثر
تأثره بالقيم الوسطى	يتأثر قليلا	يتأثر كثيرا	لا يتأثر
تأثره بزيادة حجم العينة	يزداد ثباتا	لا يتأثر كثيرا	لا يتأثر
تأثره بتغير العينة	لا يتغير كثيرا	يتغير كثيرا	يتغير كثيرا
المعالجة الجبرية	يقبل	لا يقبل	لا يقبل
العلاقة بينها	$M_o - \mu \cong 3(M_d - \mu)$ $M_o \cong 3M_d - 2\mu$		

11.2.2 مقاييس التشتت Measures of Variation Or Dispersion

بالنظر للشكل 11-6 (أ، ب، ج) سيتضح جليا أن معايير المركزية - والسابق شرحه - وحدها لا تكفى للتعبير عن مدى تشتت البيانات، إذ أن المتوسط Mean للأشكال الثلاث



شكل رقم 11-6 تساوى المتوسطات

متساو، وبالرغم من ذلك فإن البيانات الممثلة بالمنحنى (أ) أكثر تشتتاً وأسوأ من الممثلة بالمنحنى (ب)، وأكثر تشتتاً وأسوأ من تلك الممثلة بالمنحنى (ج)، وهذا لم نخبرنا به معايير المركزية لأنها تجيب عن سؤال واحد فقط وهو: أين يقع متوسط بياناتي؟ و حول أى القيم تتركز باقى البيانات؟

ومن هنا كانت الحاجة لمعايير أخرى توضح مدى التباين أو التشتت Variation or Dispersion الحادث في البيانات، ولذا سنقوم بدراسة كل من معامل التشتت والانحراف المعياري والمدى

Coefficient of Variation & Standard

Deviation & Range ، والتي سيجيب على السؤال الذى يقول ما مدى تشتت بياناتي؟ وما قيمة و حدود هذا التشتت؟

أ- المدى Range

وهو الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة في القيم المتاحة للدراسة ففي مثالنا

$$(Range) = H - L = 23 - 5 = 18$$

وبالرغم من سهولة حسابه إلا أنه يعطي انطباعات مهمة جداً عن مدى التشتت والتباين الحادث في مجموعة من البيانات.

ب- التباين والانحراف المعياري Variance and Standard Deviation

أحد مقاييس التشتت هو مجموع انحرافات البيانات عن وسطها الحسابي، لكن وكما سنعرف فيما بعد أن هذا المجموع دائماً يساوى صفراً، ولذلك لابد من حذف الإشارة السالبة لنحصل على مقياس ذي معنى، وإحدى هذه الطرق التي تزيل بها الإشارة السالبة هي بتربيع الانحرافات وهو ما يطلق عليه التباين Variance ويرمز له بالرمز " S^2 " وهو يساوى

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (X^i - \bar{X})^2 / (n-1) \quad - \text{ويلاحظ أننا نقسم على } (n-1) \text{ لكي يكون للتباين } S^2$$

بعض الصفات الإحصائية المرغوب فيها على أساس أن البيانات التي لدينا هي مجرد عينة أخذت لدراستها، وهذا يساعدنا على تعميم النتائج على المجتمع الذي أخذت منه هذه العينات - ووحدة التباين هي مربع وحدة البيانات قيد الدراسة.

أما الانحراف القياسى أو المعياري Standard Deviation هو الجذر التربيعي للقيمة العددية للتباين Variance ووحدة الانحراف المعياري هي نفس وحدة البيانات محل الدراسة.

وهذان المعياران هما الأكثر شيوعا للتعبير عن التباين Variability في البيانات وتتلخص خطوات حساب الانحراف المعياري يدويا (لن يتم الحساب فيما بعد يدويا ولكن هنا للشرح فقط) فى الخطوات التالية:

1. نكون الجدول المكون من الأعمدة

$$(X - \bar{X})^2 - \text{المتوسط Mean} - \text{القيمة Value} - \text{العينة Sample}$$

2. نحسب المتوسط الحسابى $\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$ ، ونحسب $(\bar{X} - X)$ ، ونحسب

$(\bar{X} - X)^2$ ، ونحسب "S²" وهو إجمالى التباين Variance

3. نحسب القيمة العددية للانحراف المعياري للعينة S من العلاقة

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X)^2}{N - 1}}$$

كما يجب الانتباه إلى أنه يمكننا حساب قيمة الانحراف المعياري Standard Deviation بطريقة أخرى باستخدام خرائط المراقبة و التحكم Control Charts كما سبق شرحه فى الفصل الخامس من هذا الكتاب تحت عنوان خرائط التحكم والمراقبة، وسيلاحظ أن فرق القيم المستنتجة بين الطريقتين بسيطا ومقبولا.

مثال رقم 11-2:

كيف يمكن حساب كل من المتوسط Mean والموال Mode و المدى Range و الوسيط Median وكذلك الانحراف المعياري Standard Deviation للأوزان التالية بالكيلو جرام: 170 & 160 & 200 & 140 & 150 & 150 & 160 & 190 & 170

أولا الحل اليدوى

حيث S^2 = التباين، N = عدد أفراد العينة، $N-1$ = درجات الحرية، X = المتوسط، نقوم بترتيب النتائج كما فى جدول 2-11

ولحساب المتوسط

$$\bar{X} = \text{Mean} = \frac{170+160+200+140+150+150+160+190+170}{9} = \frac{1490}{9} = 165.55$$

ولحساب الوسيط Median نرتب الأرقام تصاعديا 140 & 150 & 150 & 160 & 160 & 170 & 170 & 190 & 200

وحيث إن الأعداد فردية $\text{Median} = \frac{9}{2} = 4.5$ فيكون الوسيط هو الرقم الخامس فى الترتيب، أى أن

$$\text{Median} = 160$$

• أما المنوال Mode فهو أكثر الأرقام تكرارا وهى 150، 160، 170

• ولحساب المدى Range $\text{Range} = H-L = 200-140 = 60$

• وثانيا لحساب التباين والانحراف المعياري Variance & SD نحسب ابتعاد قيمة متوسط مربع الفروق عن قيمة المتوسط العام للعينات وهو ما يطلق عليه التباين Variance

$$\frac{\sum (\bar{X} - X)^2}{N - 1} = \text{كما بالجدول 2-11:}$$

جدول رقم 11 -2- العمليات الحسابية المطلوبة لحساب التباين والانحراف

Point	Mean	$\bar{X} - X$	$(\bar{X} - X)^2$
170	165.6	-4.4	19.75
160		5.5	30.86
200		-34.4	1186.4
140		25.56	653.1
150		15.56	243.9
150		15.56	241.9
160		5.56	30.86
190		-24.4	597.5
170		-4.4	19.75
			3022

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{3022}{8} = 337.75$$

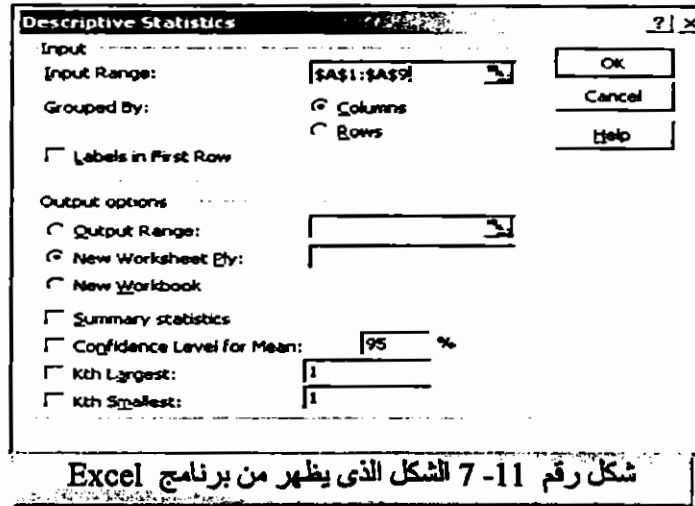
$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3022}{8}} = \sqrt{337.75} = 19.44$$

ثانيا الحل باستخدام الميني تاب **Minitab** ومن القوائم **Statistics**، فتظهر النتيجة التالية:

Descriptive Statistics: C1

Variable	N	N*	Mean	StDev	Variance	Median	Range
C1	9	0	165.56	19.44	377.78	160.00	60.00

ثالثا الحل باستخدام الإكسل **Excel** ومن القوائم **Tools>Data Analysis> Descriptive Statistics** فيظهر الصندوق الحوارى كما فى شكل 7-11 .



ثم نختار مدى البيانات المتاحة ، فتظهر النتيجة كما بالشكل 8-11

Mean	165.5555556
Standard Error	6.478835439
Median	160
Mode	170
Standard Deviation	19.43650632
Sample Variance	377.7777778
Kurtosis	-0.234120119
Skewness	0.680409828
Range	60
Minimum	140
Maximum	200
Sum	1490
Count	9

شكل رقم 11- 8 نتائج إدخال البيانات فى برنامج Excel

ويلاحظ تساوى القيم عند حسابها يدويا أو بالكمبيوتر سواء ببرنامج Excel أو ببرنامج مينيتاب Minitab.

مثال رقم 11- 3:

احسب $\bar{X}$ Sigma Level & M_d & M_o & Range & S & للبيانات التالية

LSL = 10 ، اذا علمت أن 16، 24، 16، 26، 16، 27، 10، 14، 22، 17، 35، 20
USL = 34

• يتم بناء جدول بيانات مشابه لجدول 2-11

- المنوال Mode هو أكثر الأرقام تكرارا $M_o = 16$
- لحساب الوسيط Median نرتب الأرقام تصاعديا 10، 14، 16، 16، 16، 17، 20، 22، 24، 26، 27، 35

$$M_d = \frac{12}{2} = 6 \rightarrow 6TH$$

وحيث إن الأرقام عددها زوجي فنحسب متوسط الرقم السادس والسابع

$$M_d = \frac{6th + 7th}{2} = \frac{17 + 20}{2} = 18.5$$

• ولحساب المدى $Range = 35 - 10 = 25$

• ولحساب المتوسط

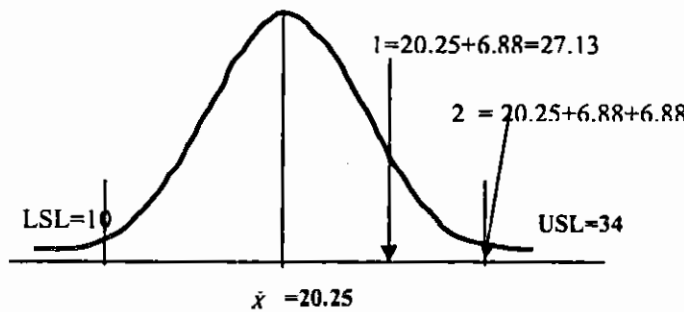
$$\bar{X} = \frac{10 + 14 + 16 + 16 + 16 + 17 + 20 + 22 + 24 + 26 + 27 + 35}{12} = 20.25$$

جدول رقم 11- 3 خطوة لحل المثال 11-3

Sample	$\bar{X}$	$\bar{X} - X$	$(\bar{X} - X)^2$
10	20.52	10.25	105
14		6.25	39
16		4.25	18
16		4.25	18
16		4.25	18
17		3.25	10.5
20		0.25	0.0625
22		1.75	3
24		3.75	14
26		5.75	33
27		6.75	45.5
35		14.75	217.6
			521.6

$$S = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{521.6}{11}} = 6.88$$

ولحساب مستوى السيجما Sigma Level نقوم برسم منحنى التوزيع الطبيعي ونوقع عليه القيم و الحدود الدنيا والقصى USL و LSL، ومن الرسم 9-11 يتضح أن هذه العملية تعمل على مستوى جودة يساوى انحرافين معياريين أى 2σ تقريبا وهى قيمة سيئة جدا.



شكل رقم 11- 9 منحنى التوزيع الطبيعي لحساب مستوى السيجما

مثال رقم 11- 4: قام بائع أجهزة كمبيوتر بتسجيل مبيعات أسبوع وكانت كالتالى: 10 & 16

20 & 25 & 15 & 17 & 13 &، و المطلوب حساب S & M_d & $\bar{X}$

الحل :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{10+16+13+17+15+25+20}{7} = \frac{116}{7} = 16.57 \text{ Set / day}$$

ولحساب الوسيط Median فلا بد من ترتيب الأرقام تصاعدياً.

10 & 13 & 15 & 16 & 17 & 20 & 25 وحيث إن الأرقام عدد فردي يكون الوسيط

Median هو الرقم الأوسط Median = 16

لحساب S نكون الجدول 4-11:

جدول رقم 4-11 حساب قيم $\bar{X}$, Md & S

Sample	Mean	$\bar{X} - X$	$(\bar{X} - X)^2$
10	16.57	6.57	43.18
13		3.57	12.76
15		1.57	2.47
16		0.57	0.326
17		0.43	0.183
20		3.43	11.75
25		8.43	71.04
			141.7

$$S = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{141.7}{6}} = 4.86 \text{ Set}$$

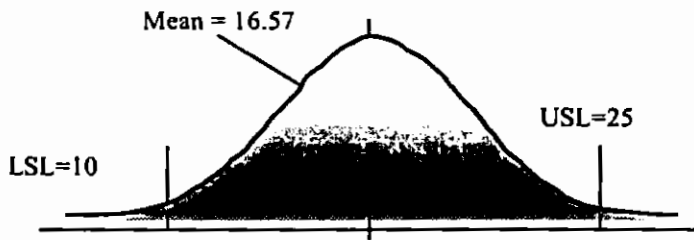
فى المثال 4-11 السابق: ما معنى أن الانحراف المعياري يساوى 4.86 ؟

برسم القيمة السابقة وبفرض أن لدينا عددا كبيرا من العينات يمكننا من رسم الشكل 10-11 ،

وبتوقع قيمة المتوسط Mean التي تساوي 16.57، وبفرض أن LSL تساوي 10 وأن قيمة

USL تساوي 25، فإنه يمكننا حساب المدى

$$\text{Range} = \text{USL} - \text{LSL} = 25 - 10 = 15$$



شكل رقم 10-11 منحني التوزيع لطبيعي للقيم المعطاة فى المثال

$$Sigma\ level = \frac{Range}{2 * S} = \frac{15}{9.72} \approx 1.54$$

إن هذه العملية تعمل على مستوى سيجما يساوى 1.5 وهي قيمة صغيرة وسينة، أي أنها عملية ضعيفة (ضعيفة لأن كثير من مخرجاتها في المدى الغير مسموح به) ولو كانت قيمة الانحراف المعياري لهذه العملية مثلا 7 جهاز فإنه بحساب Sigma Level سنجد أنها

تساوي $\frac{15}{2 * 7} \approx 1$ أي أنها أسوأ من السابقة، لماذا أسوأ ؟ لأن خطوة الانحراف تساوي في هذه الحالة 7 وهي أكبر من السابقة التي قيمتها 4.86 ، أي أن المساحة تحت المنحنى و المحصورة بالمسافة بين المتوسط Mean والحد الأعلى للماصفات Upper Specification Limit USL ، ستحتوي على عدد أقل من سيجما أي سيكون هناك مساحة كبيرة خارج حدود المسموح أي ستقل مستوى السيجما Sigma Level.

ومعنى أن $S = 4.86$ لهذه المجموعة من الأرقام التي متوسطها $\bar{X} = 16.57$ هو أن المساحة المحصورة بين $\bar{X} - \sigma$ & $\bar{X} + \sigma$ أي بين القيمة $(16.5 + 4.8)$ والقيمة $(16.5 - 4.8)$ أي بين القيم 21.37 & 11.77 تمثل 68% من مساحة المنحنى ككل، وكذلك المساحة المحدودة بين $\bar{X} - 2\sigma$ & $\bar{X} + 2\sigma$ أي بين القيم $16.57 + 9.72$ & $16.57 - 9.72$ أي بين القيم 26.27 & 6.87 تمثل 95% وهكذا، وبالتالي لو تمكنا من معرفة نسبة المنتجات السليمة فيمكننا بالتناظر معرفة قيمة مستوى السيجما Sigma Level.

مثال رقم 11-5: لو كان لدينا عملية تعطي النتائج المبينة بالجدول 5-11

جدول رقم 11- 5 نتائج إحدى العمليات

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4	7	6	15	8

ولو حسبنا الانحراف المعياري S. Dev كالتالي :

$$Mean = \frac{40}{5} = 8$$

ثم نكون الجدول 11-6:

جدول رقم 11- 6 حساب قيم S, Md & X

No	Point	Mean	$\bar{X} - X$	$(\bar{X} - X)^2$
1	4	8	8-4=4	16
2	7	8	8-7=1	1
3	6	8	8-6=2	4
4	15	8	8-15=-7	49
5	8	8	8-8=0	0
			0	70

$$S = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{70}{4}} = 4.18 = 4.18$$

ولقياس مستوى الجودة Sigma Level لهذه العملية (بفرض القيم 15 = USL وأن LSL=4)

$$Sigma Level = \frac{11}{2 * 4.18} = 1.3 \text{ ويكون } Range = USL - LSL = 15 - 4 = 11$$

وحيث إن العملية تعمل علي مستوى 3 Sigma وهي قيمة سيئة وضعيفة، فيمكن القول بأن العملية سيئة جداً، ولو أننا حاولنا تعديل نفس العملية بحيث جعلنا القراءة رقم 4 لتصبح 10 بدلا من 15 مع الاحتفاظ بقيم LSL & USL وهي 4 & 10 فإن :

$$Sigma Level = \frac{15 - 4}{2 * 2.2} = 2.5 \text{ \& Mean = 7 \& Variance = 0 } S.D = \sqrt{\frac{20}{5}} = 2.2$$

أي أن مستوى السيجما Sigma Level زادت، أي أن العملية تحسنت، وهذا منطقي لأننا قللنا التباين ، قلل الانحراف المعياري فزاد مستوى السيجما فتحسنت العملية.

وبتعميم هذا الطرح على أي مجموعة بيانات، يصبح من الممكن التعبير عن حجم المخرجات السليمة لأي عملية بدلالة قيمة مستوى السيجما Sigma level.

بمعنى أننا لو قلنا أن لدينا عملية تعمل عند One Sigma (أي واحد يمين وواحد يسار المتوسط Mean) فإن معنى ذلك أن حجم المخرجات السليمة سوف يكون 68.27% من إجمالي المخرجات (لتوضيح الفرق بين الانحراف المعياري قيمة السيجما ومستوى السيجما، يرجى مراجعة الفصل الأول من هذا الكتاب تحت عنوان العلاقة بين قيمة ومستوى السيجما Relationship between Sigma Value and Level)، كذلك لو قلنا أن لدينا عملية تعمل عند Three Sigma (أي ثلاثة يمين وثلاثة شمال المتوسط Mean) فإن معنى ذلك أن حجم المخرجات السليمة سوف يكون 99.97% من إجمالي المخرجات.

وبالمثل لو قلنا أن شركتنا تعمل عند مستوى 2.5 Sigma وهناك شركة منافسة تعمل عند مستوى 3 Sigma فإن ذلك يعنى أن تلك الشركة أفضل من شركتنا، وذلك لأن حجم المخرجات السليمة لها أكبر من حجم المخرجات السليمة لشركتنا.

وجدير بالذكر أننا سنتعرض للطرق المختلفة لحساب مستوى السيجما Sigma Level بالتفصيل عند شرح موضوع "مقدرة العملية ومستوى الجودة Process Capability and Quality Level" فى الفصل السابع من هذا الكتاب.

ج- معامل التباين The Coefficient of Variation

وهو معامل يستخدم للمقارنة بين مقدار التباين Variability لمجموعتين من البيانات الكمية Quantitative Data التي ليس لها نفس الوحدات أو متوسطاتها مختلفة اختلافا كبيرا، فمثلا لو كان لدينا مجموعتين من الأرقام كما يلي:

$$5 \quad - \quad 6 \quad - \quad 7 \quad - \quad 9 \quad - \quad 23 \quad \rightarrow \bar{X} = 10, S = 7.416$$

$$500 \quad - \quad 600 \quad - \quad 700 \quad - \quad 900 \quad - \quad 2300 \quad \rightarrow \bar{X} = 1000, S = 741.6$$

بالنظر لهاتين المجموعتين السابقتين من الأرقام، هل يمكننا تحديد أى من المجموعتين يحتوى على تباين Variability أكبر من الأخرى؟ ولأول وهلة سنقول إن مجموعة البيانات الثانية هي الأرقام التي تحتوى على تغير أو تباين أكبر، إذ أن التباين فيها بالمئات، ولكن لو دققنا النظر سنجد أنها نسبة من البيانات الأولى، وبالتالي فالتباين الموجود في كلا المجموعتين متساو، ولقد قبلنا هذا الاستنتاج نظرا لسهولة التناظر بين الأرقام، ولكن ماذا لو كانت الأرقام مختلفة ونريد طرح نفس التساؤل ؟ عندئذ سنحتكم إلي معامل التباين

CV Coefficient of Variation وهو معامل كلما زادت قيمته دل ذلك على حدوث تباين أكبر، ويحسب هذا المعامل بقسمة الانحراف المعياري على المتوسط الحسابي أى

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

وبتطبيق ذلك على مثالنا 5-11 نجد أن:

$$CV_2 = \frac{741.6}{1000} * 100 = 74.16\% \text{ \& } CV_1 = \frac{S}{\bar{X}} * 100 = \frac{7.416}{10} * 100 = 74.16\%$$

وحيث إن $CV_2 = CV_1$ فإن التباين الموجود في العينة الأولى يناظر ويساوى ويكافئ التباين الموجود في العينة الثانية.

كذلك لو كان لدينا مجموعتين من البيانات كما في جدول 7-11 التالي:
جدول رقم 11- 7 قيم لعينتين أ & ب

A	6.19	6.2	6.2	6.21	6.21	6.22	6.24	6.24
B	163	186	220	250	278	283	318	334

$$CV_A = \frac{S}{\bar{X}} * 100 = \frac{0.0185}{6.2138} * 100 = 0.03\%$$

$$CV_B = \frac{S}{\bar{X}} * 100 = \frac{60.96}{254} * 100 = 23.99\%$$

ويتضح أن المجموعة A أكثر انسجاما واتساقا من المجموعة B أي يقال أنها أكثر تجانسا More Homogenous لأن معامل الاختلاف فيها ليس كبيرا (نسيج واحد)، وهو أقل من معامل الاختلاف في المجموعة B.

ولا يقف استخدام معامل التباين CV في مقارنة التشتت أو التباين بين العمليات المتشابهة بل يمتد استخدامه أيضا إلى مقارنة التشتت أو التباين بين الظواهر المختلفة، حتى وإن اختلفت وحدات القياس، وذلك لأن معامل التباين CV هو خارج قسمة متغيرين لهما نفس وحدات القياس، فلو كنا بصدد قياس أوزان وأطوال طالبة المرحلة الابتدائية وكانت النتائج كما في جدول 8-11.

جدول رقم 11- 8 بيانات تعرض أوزان وأطوال الطلاب

طلبة المرحلة الابتدائية	الانحراف المعياري (σ)	المتوسط الحسابي $\bar{X}$
الأوزان	10 كجم	40 كجم
الأطوال	10 سم	140 سم

فإننا - طبقاً للبيانات المتاحة- لا نستطيع القول استناداً إلى الانحراف المعياري وحده بأن التباين فى الأطوال يساوى التباين فى الأوزان، ويرجع ذلك إلى عاملين أولهما اختلاف وحدات القياس، وثانيهما اختلاف قيمة المتوسطات، ولمقارنة التباين فى الظاهرتين نحسب معامل التباين CV لكل منهما كما يلي:

$$CV_{weights} = \frac{S}{\bar{X}} * 100 = \frac{10}{40} * 100 = 25\%$$

$$CV_{Lengths} = \frac{S}{\bar{X}} * 100 = \frac{10}{140} * 100 = 7\%$$

وعلى ذلك وبالرغم من أن الانحراف المعيارى Standard Deviation متساو إلا أن التباين Variability فى الأوزان أكبر من التباين Variability فى الأطوال (مصطفى زايد 1989 صفحة 166).

11.2.3. مقاييس/معايير الموضع Measures of Position

لو تخيلنا شخصاً يشعر بأنه مظلوم فى عمله فأول ما سيقوم به هذا الشخص أنه سيقارن مرتبه بالآخرين الذين لهم نفس سنوات الخبرة، ونفس الأداء، ولمقارنة مرتب هذا الشخص بمرتب الآخرين، نستخدم معيار الموضع Position وهو مؤشر لموضع قراءة بالنسبة لباقي القراءات ويتم استخدام نوعين من المعيار لتحديد الموضع Position وهما معيار المنويات Percentile أو الربعيات Quartiles وكذلك الدرجات المعيارية Score و....

مثال رقم 11- 6:

ولمزيد من التوضيح نفترض أن مدير شؤون الأفراد يشرف على 50 فرداً وأجري لهم اختبار أداء وكانت درجاتهم كما يظهر فى جدول 11- 9 بعد ترتيب هذه الدرجات.

جدول رقم 11- 9 الدرجات المرتبة التى حصل عليها العاملون فى اختبار الأداء

الدرجات التى حصل عليها العاملون	22	44	56	68	78
	25	44	57	68	78
	28	46	59	69	80
	31	48	60	71	82
	34	49	61	72	83
	35	51	63	72	85
	39	53	63	74	88
	39	53	63	75	90
	40	55	65	75	92
	42	55	66	76	96

الحل: وبحساب المتوسط نجد أن قيمته $\bar{X} = 60.36$ ، وبحساب الانحراف المعياري نجد أن قيمته $S = 18.61$.

فإذا حصل أحد الأفراد على نتيجة 83 درجة، فكيف نقيم أداء هذا الفرد بالنسبة لباقي أفراد المجموعة؟ أي أين مكان أو ترتيب هذا الفرد بالنسبة لباقي الأفراد؟ والإجابة على ذلك سوف تكون من خلال حساب المنينات، والربعيات والدرجات المعيارية كما سيتضح من الشرح التالى.

أ- المنويات Percentiles

فى كثير من الأحيان نحتاج لمعرفة نسبة البيانات التى نقل عن قيمة معينة أو تساويها، فمثلا ما هي نسبة العاملين الحاصلين على نسبة 85% أو أقل فى التقييم السنوي لهؤلاء العاملين، ولتحديد ذلك نرتب القيم المتاحة ترتيبا تصاعديا ونوزعها على محور أفقى مقسم إلى مائة جزء ثم نحدد النسبة المطلوبة فمثلا المنين الأول ورمزه P_1 هو القيمة التى تساوى أو تكون أكبر من واحد على مائة من القيم، وكذلك المنين التسعون P_{90} هو القيمة التى يسبقها أو يساويها 90% من البيانات ويليهها أو يساويها 10% منها على فرض أن البيانات مرتبة ترتيبا تصاعديا.

وبعض المنينات له أهمية خاصة مثل P_{25} & P_{50} & P_{75} حيث P_{25} يسمى الربع الأول Q_1 وهو القيمة التى يسبقها ربع البيانات ويليهها ثلاثة أرباع البيانات، و P_{50} يسمى الربع الثانى Q_2 وهو القيمة التى يسبقها نصف البيانات ويليهها النصف الآخر من البيانات وهو الوسيط فى هذه الحالة، وحيث P_{75} يسمى الربع الثالث Q_3 وهو القيمة التى يسبقها ثلاثة أرباع البيانات ويليهها ربع البيانات .

و المنويات Percentiles هو أكثر مقاييس الموضع Position شيوعا.

$$\text{Position} = N * \frac{P_n}{100}$$

$$\text{Percentile} = p_n = \frac{\text{Position}}{N} * 100$$

حيث P_n المنوية Percentile، وحيث الموضع Position هو ترتيب الرقم فى مجموعة الأرقام الكلية، وحيث N هي عدد الأرقام الكلى.

وإذا كانت نتيجة المعادلة السابقة رقم كسري، نقوم بأخذ القيمة التالية للكسر فمثلا

$$N * \frac{P}{100} = 30.5$$

نأخذ القيمة الواحدة والثلاثين ويكون الترتيب هو " الواحد والثلاثون"،

وإذا كان ناتج المعادلة رقم صحيح نقوم بأخذ متوسط هذه القيمة والقيمة التي تليها فمثلا

$$N * \frac{P}{100} = 30$$

فنقوم بأخذ القيمة الثلاثين والقيمة الواحد والثلاثين ونحسب متوسطهم

$$P = \frac{30\text{ThValue} + 31\text{ThValue}}{2}$$

وبالعودة إلى المثال 11-6 الذي تحدثنا عنه للتو، ولمعرفة درجة الشخص الذي ترتيبه هو P_{83} نقوم بالآتي:

- نرتب الأرقام ترتيبا تصاعديا.
- نحدد العدد الإجمالي للدرجات فنجد أنه 50 درجة (50 قراءة).
- نحدد مكان ال P_{83} فنجد أنه رقم $41.5 = 50 * \frac{83}{100} = P_n$ وحيث إن الرقم 41.5 هو رقم كسري، فإن مكان ال P_{83} هو الثاني والأربعون من الدرجات المرتبة، ومن الجدول المرتب نجد أن قيمته $P_{83} = 78$.

مثال رقم 11-7:

لنفس الجدول 11-3 السابق المطلوب معرفة ترتيب الشخص الحاصل علي 83 درجة.

الحل:

بالرجوع إلي المثال 11-6 ولمعرفة ترتيب الشخص الحاصل علي 83 درجة، نحدد الموضع Position يدويا فنجد أن موقع القيمة 83 يكون 45، و نطبق العلاقة

$$Percentile = P_n = \frac{Position}{N} * 100 = \frac{45}{50} * 100 = 90 \rightarrow 90\%$$

مثال رقم 11-8:

علي نفس البيانات السابقة ما هي القيمة P_{50} أو 50^{th} Percentile، ويلاحظ أن هذه هي القيمة التي تتوسط الأرقام الكلية وهي الوسيط Median.

الحل:

$$Position = N * \frac{P_n}{100} = 50 * \frac{50}{100} = 25$$

نطبق العلاقة

وحيث إن القيمة 25 عدد صحيح فإن

$$P_{50} = \frac{25^{th}Value + 26^{th}Value}{2} = \frac{61 + 63}{2} = 62$$

ب- المعيار الربعي (Quartiles (Q

وهو مقياس يقسم البيانات المتاحة إلى أربعة أجزاء متساوية، وهو بذلك يعتبر حالة خاصة من المئينات Percentile وذلك بعد ترتيب الأرقام تصاعدياً

$Q_1 = P_{25}$ = Its Quartile = 25 TH Percentile = القيمة التي قبلها ربع القيم، وكذلك

$Q_2 = P_{50}$ = 2 nd Quartile = 50th Percentile = Median = القيمة التي قبلها نصف

القيم، وأيضا $Q_3 = P_{75}$ = 3rd Quartile = 75th Percentile = القيمة التي قبلها ثلاثة

أرباع القيم، ويستخدم هذا المقياس في عمليات التصنيف مثل A، B، C، D، لدرجات امتحان مجموعة من الأشخاص.

وكما حسبنا المنويات أو المئينات Percentile في الجزء السابق نحسب هنا P_{75} & P_{50} & P_{25}

فإذا كان المطلوب معرفة قيم الأرقام التي ترتبها الخامس والعشرون، والخمسون، والخامس والسبعون وبتطبيق ذلك علي أرقام المثال 11-6 السابق نجد:

$$Q_1 = P_{25} = \frac{N * P_{25}}{100} = \frac{50 * 25}{100} = 12.5 \cong \text{No \#13}$$

أي أن Q_1 تساوي الرقم الذي ترتيبه 13 ومن الجدول المرتب نجد أنه (46)

$$Q_2 = \text{Median} = P50 = \frac{N * P50}{100} = \frac{50 * 50}{100} = 25$$

وحيث إن هذه القيمة عدد صحيح نأخذ متوسط قيمة العدد الخامس والعشرين والسادس والعشرين.

$$Q_2 = \frac{25rh + 26rh}{2} = \frac{61 + 63}{2} = 62$$

ولاحظ أنها هي قيمة الوسيط Median

$$Q_3 = P75 = \frac{N * P75}{100} = \frac{50 * 75}{100} = 37.5 \rightarrow 38$$

أي أن Q_3 تساوي الرقم الذي ترتيبه 38 ومن الجدول المرتب نجد أنه (75)

ج- المدى بين الربعى (IQR) Inter Quartile Range

وهو مقياس لتوضيح مدى التشتت أو التباين المحصور في 50% الوسطى من البيانات، وكلما كان كبيراً كان التباين في البيانات Data Variability كبيراً، وعندها يحد هذا التباين في جزء من البيانات فقط، وليس فيها كلها كما في المدى، وسوف يتم تمثيل هذه القيمة بيانياً فيما بعد بمخطط الصندوق Box Plot أو الصندوق والشنب Box & Whisker.

د- الدرجة المعيارية زد Z Scores

والدرجة المعيارية مقياس آخر لتحديد الموضع Position (مثل موضع كل طالب بين أقرانه في الامتحان) وتعتمد في حسابها على قيمة كل من المتوسط Mean والانحراف المعياري Standard Deviation، وهو يقيس بعد مكان نقطة معينة عن المتوسط Mean بعدد من الانحرافات المعيارية، وتوجد جداول لهذا المعامل تعطى المساحة تحت المنحنى لقيمته المختلفة، وسنرى كيف يمكن استخدام هذا المعامل في قياس قدرة العملية Process Capability كما سيتضح في الفصل السابع "مقدرة العملية ومستوى الجودة Process Capability and Quality Level" من هذا الكتاب وتحسب قيمة الدرجة المعيارية بالعلاقة (Z)

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$$

حيث X هى الدرجة الخام، و $X - \text{Bar}$ هى المتوسط، و S هى الانحراف المعياري، ويتميز هذا المقياس أو المعيار على قدرته الفائقة للمقارنة النسبية أخذاً فى الاعتبار كافة المؤثرات التى يمكن أن تؤثر فى القيم قيد المقارنة وهذا هو مفهوم مقارنة تفاحة بتفاحة أى Apple to Apple.

لنفرض أن لدينا طالبين، أحدهما فى الفصل "أ" وحصل على 55 درجة من 60 فى مادة الرياضيات، والثاني فى الفصل "ب" وحصل على 43 درجة من 60 فى امتحان مختلف لنفس المادة، فهل يمكننا أن نجزم بأن الطالب الأول أفضل من الطالب الثاني؟ أرجو ألا نتسرع فى الإجابة فهي لا تتم بصورة مباشرة، إذ أن الدرجات المعطاة تسمى الدرجات الخام Raw Scores وهى درجات ليس لها دلالة قاطعة دون أن نحولها إلى درجات معيارية "ز" Z Scores تأخذ فى الاعتبار موضع وترتيب كل طالب بين زملاء فصله، وهذه الدرجات تسمى أيضاً درجات الميزان Scaled Scores ، فالظروف والملابس التى صاحبت كلا الامتحانين بالقطع لا تكون متشابهة مثل المهلة التى أعطيت لكلا الطالبين قبل الامتحان، وعدد الأبواب التى تم فيها الامتحان، والوقت المتاح لأداء الامتحان، والتوقيت الذى أجرى فيها الامتحان والجو النفسى والتعليمات التى أعطيت قبل الامتحان، والتوضيحات التى صاحبتة، والمكان التى عقد فيه الامتحان، و..... وهذه الطريقة تطبق فعلياً فى العديد من جامعات العالم وفى الإمتحانات النهائية للدراسة الثانوية فى الولايات المتحدة ودول أخرى.

وبالعودة للمثال الذى بين أيدينا، فإن الموظف الذى حصل على 83 فى اختبار الأداء و اللياقة لمجموع الدرجات المعطاة، والذي كان متوسطها هو 60.36 وانحرافها المعياري هو 18.61 وكان ترتيب هذا الموظف هو الـ 90 فإنه بحساب

$$Z = \frac{83 - 60.36}{18.61} = 1.22$$

وهذا يعني أن درجة هذا الموظف تبعد بمقدار 1.22 مرة من الانحراف المعياري عن متوسط قيمته صفراً، فإذا كان لدينا موظفاً ثانياً يبعد عن المتوسط بدرجة 1.1 فإن ذلك يعنى أن الموظف الأول أفضل منه لأن الدرجة Z له أكبر.

ويلاحظ أنه إذا كانت قيمة Z موجبة دل ذلك على أن النقطة محل الاختبار تقع يمين المتوسط (أعلى من المتوسط)، أما إذا كانت قيمة Z سالبة دل ذلك على أن النقطة محل الاختبار تقع يسار المتوسط (أقل من المتوسط).

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S} = \text{بعد النقطة عن المتوسط بعدد من الـ } Z$$

أي نقول أن النقطة محل الدراسة تبعد عن المتوسط العام لباقي النقط بمقدار كذا انحراف معياري وكلما كانت هذه القيمة كبيرة كلما كان موضع هذه النقطة بعيدا عن المتوسط، وكلما قلت هذه القيمة كلما قل بعد هذه النقطة عن المتوسط، مع التأكيد على أن البعد عن المتوسط يمكن أن يكون إيجابيا (أعلى من المتوسط) أو سلبا (أقل من المتوسط).

مثال رقم 11- 9:

إذا حصل أحد الطلاب فى أحد الفصول على درجة 57 فى امتحان الرياضيات وكان المتوسط الحسابي لهذا الامتحان هو 50 درجة وكان الانحراف المعياري 3.5 درجة، وإذا حصل طالب آخر فى فصل آخر على 100 درجة فى امتحان الرياضيات وكان المتوسط الحسابي لهذا الامتحان هو 80 درجة وكان الانحراف المعياري 20 درجة فأى الطالبين أفضل فى الأداء؟

$$Z_1 = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{57 - 50}{3.5} = 2 \quad \text{الحل :}$$

$$Z_2 = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{80 - 100}{20} = 1$$

وحيث إن الدرجة المعيارية للطالب الأول أكبر من درجة الطالب الثاني، فإن الطالب الأول أفضل أداءً من الثاني.

ويمكن استخدام هذا المفهوم عند تقييم أداء الموظفين الذين يعملون فى أكثر من إدارة أو أكثر من فرع لذات الشركة بشكل عادل وموضوعى تماما، فإذا حصل أحد الموظفين فى إدارة ما أو فى فرع ما على درجة 68 من مائة، وحصل موظف ثان فى إدارة أخرى أو فى فرع آخر على نفس الدرجة، فليس معنى ذلك أن أداء كلا الموظفين متساو (إذ أن ظروف وضغوط وبيئة العمل وحجم ودرجة تعقد وأهمية هذا العمل تختلف من وظيفة لأخرى ومن مكان لآخر لنفس الوظيفة)، ذلك لأننا لم نأخذ فى الاعتبار المتوسط العام والانحراف المعياري لدرجات باقي الموظفين فى كلا الإدارتين أو الفرعين.

مثال رقم 11- 10:

إذا تصادف تساوى درجات التقييم الشهري لموظفين أ، ب انضما حديثا لإحدى الشركات ويعملان فى قسمين مختلفين وحصلا على درجة 82 من مائة، وأرادت إدارة الشركة اختيار

أحدهما لتكريمه، وكانت درجات الإدارتين كما يلي فى جدول 10-11 فمن هو الموظف الأكثر جدارة بالتكريم :

جدول رقم 10-11 درجات التقييم الشهري لموظفين أ، ب						
77	86	82	80	71	75	الإدارة الأولى
81	85	82	76	79	80	الإدارة الثانية

الخل:

- نحسب المتوسط والانحراف المعياري لكلا الإدارتين فنجد أنه على التوالي للإدارة الأولى 78.5 و 2.17 بينما للإدارة الأخرى 80.5 و 1.23.
- نحسب الدرجة المعيارية لكلا الموظفين.

$$Z_1 = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{82 - 78.5}{2.17} \cong 1.6$$

$$Z_2 = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{82 - 80.5}{1.23} \cong 1.2$$

- نقارن الدرجة المعيارية لهذين الموظفين وحيث إن الدرجة المعيارية للموظف الأول (أ) أكبر من الدرجة المعيارية للموظف الثاني (ب) فالموظف الأول أفضل أداء من الثاني وأحق بالتكريم.

هـ- الدرجة المعيارية تى T Scores

رأينا عند شرح القيمة المعيارية "زد" Z أن هذه القيم تحتوى على قيم موجبة وأخرى سالبة، كما تحتوى على قيم كسرية وهذا قد يكون غير محقق للرضا التام من الناحية العملية، وبالتالي فقد لجأ الإحصائيون إلى إيجاد مقياس آخر لا يحتوى على هذه العيوب وهو القيمة المعيارية الثانية أو درجات "تى" T Scores، وفى هذا النوع يضاف مقدار ثابت للتخلص من الإشارات السالبة فى المعيار زد، ويزداد حجم المقياس للتخلص من الكسور العشرية.

وتحسب القيمة المعيارية الثانية من العلاقة:

$$T = 50 + 10Z = 50 + 10 * \frac{X - \bar{X}}{S}$$

والدرجة الثانية هى درجات متوسطها يساوى 50 وانحرافها المعياري يساوى 10، وكذلك الدرجة الثانية المعدلة هى درجة معيارية متوسطها يساوى 100 وانحرافها المعياري يساوى 15، وهى نسبة الذكاء فى اختبارات وكسلر.

مثال رقم 11-11:

أوجد الدرجة المعيارية "زد"، والدرجة المعيارية "تى" إذا حصل أحد الطلاب على درجة 40 فى أحد الامتحانات، إذا علم أن متوسط الدرجات فى هذا الاختبار هو 64، والانحراف المعياري هو 15.

الحل:

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{40 - 64}{15} = -1.6$$

$$T = 50 + 10Z = 50 + 10*(-1.6) = 34$$

وعلى ذلك يمكن تطبيق واستخدام هذا المعيار لتقييم مستويات أداء الموظفين أو مستوى توزيع منتجات معينة.... إلى آخره

مثال رقم 11-12:

إذا تصادف تساوى درجات التقييم الشهري للاعبى كرة قدم أ، ب انضما حديثا لأحد الأندية، ويلعبان فى خطين مختلفين وحصلا على درجة 82 من مائة، وأرادت إدارة النادي اختيار أحدهما لتكريمه، وكانت الدرجات التى حصل عليها أقران هذين اللاعبين كما يلي فى جدول 11-11 فمن هو اللاعب الأكثر جدارة بالتكريم :

جدول رقم 11-11 درجات التقييم الشهري للاعبين أ، ب

77	86	82	80	71	75	المجموعة الأولى
81	85	82	76	79	80	المجموعة الثانية

الحل:

▪ حيث إن $T = 50 + 10Z$ ، وبما أن $Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$ فيمكن استنتاج أن:

$$T = 50 + 10 * \frac{X - \bar{X}}{S}$$

- نحسب المتوسط والانحراف المعياري لأقران اللاعبين فنجد أنه على التوالي للمجموعة الأولى 78.5 و 2.17 بينما للمجموعة الثانية 80.5 و 1.23.
- نحسب T لكلا اللاعبين من العلاقة السابقة:

$$T_1 = 50 + 10 * \frac{X - \bar{X}}{S} = 50 + 10 * \frac{82 - 78.5}{2.17} \cong 66$$

$$T_2 = 50 + 10 * \frac{X - \bar{X}}{S} = 50 + 10 * \frac{82 - 78.5}{2.17} \cong 62$$

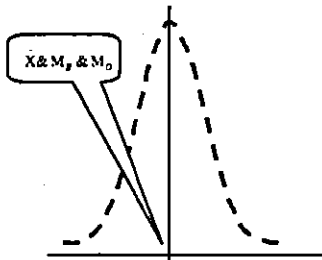
وحيث إن قيمة T_1 أكبر من قيمة T_2 فإن اللاعب الأول أفضل وأكثر جذارة بالتكرير من اللاعب الثانى.

11.2.4. مقاييس تحديد الشكل Measure of Shape

في كثير من الأحيان لا تكفى معرفة المتوسط والانحراف المعياري لوصف البيانات المتاحة وصفا تاما، ويكون من الضروري تحديد ما إذا كانت البيانات متماثلة Symmetrical أم لا ؟ وذلك من خلال تحديد شكل المنحنى الممثل لهذه البيانات حيث يظهر شكل المنحنى ما إذا كانت البيانات مفرطحة أم مدببة؟ وللإجابة على هذا يوجد مقاييسين لتحديد شكل المنحنى الممثل لهذه البيانات هما الالتواء Skewness، والتفرطح Kurtosis.

أ- الالتواء Skewness

يقال أن البيانات الممثلة في الشكل 11-11 في حالة تماثل تام



شكل رقم 11-11 منحنى التوزيع الطبيعي المتماثل

Perfectly Symmetric إذا كان كل من $\bar{X}$ & M_B & M_O المتوسط Mean والوسيط Median والمنوال Mode ،

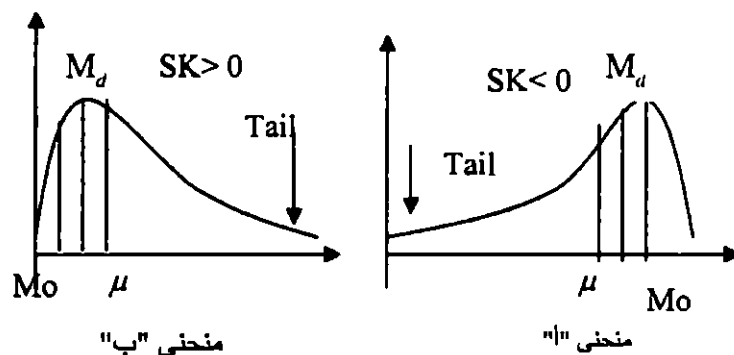
منطبقة، ويكون نصف البيانات على يمين المتوسط $\bar{X}$ مساويا ومشابها للنصف على يسار المتوسط، وهذه حالة مثالية لا توجد كثيرا في الواقع، وإنما يحدث أن يكون هناك ترحيل أو تشوه في هذا الشكل ويعبر عن هذا التشوه في الشكل بقيمة الالتواء Skewness والذي

يعرف على أنه بعد واختلاف المنحنى عن منحنى التماثل كما في شكل 11-12 ويمكن حسابه بعدة طرق نذكر منها ما يلي:

$$Skewness = \frac{(\mu - M_o)}{\sigma} \quad \& \quad Skewness = \frac{3(\mu - M_d)}{\sigma}$$

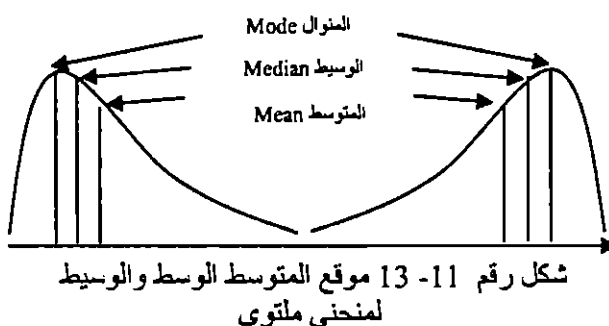
$$Skewness = \frac{Q_3 + Q_1 - 2Q_2}{Q_3 - Q_1}$$

حيث μ هي المتوسط Md & Mean هي الوسيط M_o هو المنوال Mode & σ هو الانحراف المعياري، و Q_1 و Q_2 و Q_3 هي على الربيع الأول والثاني والثالث على التوالي.



شكل رقم 11-12 منحنى طبيعي ملتوى

ومقدار الاختلاف عند حساب قيمة الالتواء من المعادلات السابقة يكون بسيطاً وفي الحدود المقبولة، وقيمة هذا المعامل تتراوح من 3 حتى -3، وإذا كانت قيمته صفراً فإن المنحنى ينطبق على المنحنى الطبيعي Normal Distribution في هذه الحالة بمعنى أن البيانات متجانسة.

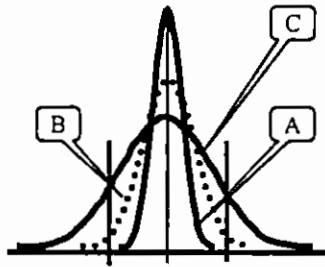


وحيث إن المتوسط يمثل مركز ثقل الشكل فإنه يتحرك في اتجاه الذيل Tail، واتجاه الذيل Tail يحدد اسم المنحنى، ففي المنحنى "ب" من الشكل 11-12 نجد أن الذيل متجه جهة اليمين أي جهة + أي أن قيمة الالتواء SK تكون موجبة، ويقال أن

هذا الشكل ملتو لليمين Right Skewed أو يمينى الذيل Right Tail أو موجب الالتواء Positive Skew، وفيه نجد أن القيم الكبيرة من البيانات تقع جهة الذيل، أما المنحنى "أ" فيقال أنه ملتوى لليسار Left Skewed أو يسارى الذيل Left Tail أو سالب الالتواء Negative Skew، وفيه نجد أن القيم الصغيرة من البيانات تقع جهة الذيل.

والقيم المتطرفة الموجودة بالبيانات تعمل على تحريك وسحب المتوسط الحسابي جهتها، فمثلاً إذا كانت القيم المتطرفة جهة اليمين فإنها تسحب المتوسط الحسابي إلى اليمين، وحينئذ يكون المتوسط الحسابي أكبر من الوسيط ويكون التوزيع ملتوياً نحو اليمين أى موجب الالتواء والعكس صحيح كما فى شكل 11-13 (مجدى عبد الكريم حبيب 1996 صفحة 106).

ب- التفرطح Kurtosis



شكل رقم 11-14 منحني ذى درجات تفلطح مختلفة

من الخصائص الأخرى التي ينبغي تحديدها هي درجة تفرطح الشكل وهذا مقياس آخر لمدي اقتراب الشكل من منحنى التوزيع الطبيعي، أى هل يميل الشكل إلى التفرطح والانتشار؟ أم إلى التذبذب والانكماش؟

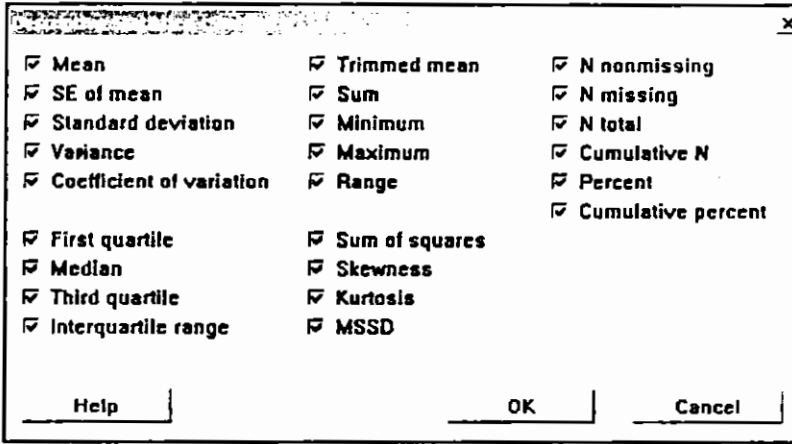
وإذا كانت قيمة هذا المعامل صفراً يكون شكل المنحنى منطبقاً على منحنى التوزيع الطبيعي كما فى الشكل B، وحينئذ يقال أن المنحنى ذو تفرطح معتدل أو

Mesokurtic، وكلما قلت هذه القيمة عن الصفر وزادت سالبيتها، فإن ذلك يعنى أن القيم القريبة من المتوسط تقل والقيم البعيدة عن المتوسط تزيد (أى أن التوزيع تكون قيمه أقل تركزا فى المنتصف بدرجة أكثر من التوزيع الطبيعي المساوي له فى الانحراف المعياري)، أي أن الشكل يكون مفرطحاً ومنخفضاً، وحينئذ يقال أن المنحنى ذو تفرطح كبير أو Platykurtic كما فى المنحنى C من الشكل 11-14، أما إذا زادت قيمة هذا المعامل عن الصفر وزادت فى الاتجاه الموجب، فإن ذلك يعنى أن القيم القريبة من المتوسط تكثر، والقيم البعيدة عن المتوسط تقل (أى تتركز قيمه التوزيع فى المنتصف بدرجة أكثر من التوزيع الطبيعي المساوي له فى الانحراف المعياري)، أي أن الشكل يكون مدبباً وعالياً، وحينئذ يقال أن المنحنى ذو تفرطح قليل Leptokurtic كما فى المنحنى A. (مصطفى زايد 1989 صفحة 189).

وبتطبيق ذلك على شكل 11-14 نجد أن العملية ذات التوزيع العريض (المقلطحة) أو Flat تكون سيئة، أى أن العملية "C" هي الأكثر عرضاً أي الأكثر تفلطحاً أي الأسوأ، أما العملية "B" فهي أقل عرضاً وتفلطحاً فهي أفضل من "C" وكذلك "A" أفضل من كل من "B" و "C".

وفى نهاية هذا الجزء أحب أن أذكرك عزيزي القارئ بما أوردناه فى مقدمة هذا الكتاب بأن هناك العديد والعديد من البرامج الإحصائية التي ستقوم بتحمل عبء الحسابات عنك بالإضافة إلى دقتها، فلا تنزعج بما تم عرضه من كثرة الأمثلة، وإسهابنا فى شرحها وتعمدنا حلها يدويا، فقد كان ذلك لتوضيح المعنى وليبيان الفكرة، والدليل على ذلك أنك بأمر بسيط للكمبيوتر - لأى مجموعة بيانات مهما كان حجمها - ستتمكن من حساب كل المقاييس والمعايير التي تحدثنا عنها فى هذا الجزء، فمثلا يمكن استخدام برنامج المينيتاب Minitab فى ذلك كما فى شكل 11-15:

Minitab > Stat > Basic Statistics > Display Descriptive Statistics



شكل رقم 11-15 استخدام برنامج مينيتاب لحساب المقاييس المختلفة

كذلك يمكن الاعتماد على برنامج الإكسل Excel فى ذلك أيضا كما فى شكل 11-16 بعد إدخال الأوامر التالية:

Excel > Tools > Data Analysis > Descriptive Statistics

Mean	6.21375	Range	0.05
Standard Error	0.006529466	Minimum	6.19
Median	6.21	Maximum	6.24
Mode	6.2	Sum	49.71
Standard Deviation	0.018468119	Count	8
Sample Variance	0.000341071	Largest(1)	6.24
Kurtosis	-0.94712316	Smallest(1)	6.19
Skewness	0.535803772		

شكل رقم 11-16 استخدام برنامج الإكسل فى حساب المقاييس

11.2.5. الأرقام القياسية Index Numbers

الأرقام القياسية وسيلة فعالة وطريق مختصر لوصف المتغيرات الاقتصادية، مثل التباين فى الأسعار أو الكميات أو القيمة مع الزمن، والرقم القياسي لتكاليف المعيشة يعطينا نسبة التباين فى تكاليف الحياة بين سنة وأخرى مقياساً بتغير أسعار سلة من المواد من وقت لآخر، فمثلاً لو قلنا إن الرقم القياسي لتكاليف المعيشة فى بلد ما بلغ 180 دولار عام 2005 مقارنة بعام 2000، فإن هذا يعنى أن ما تحتاجه عائلة من تكاليف عام 2005 لشراء عدد من المواد (مجموعة هذه المواد يطلق عليها سلة وتحدد عند تعريف الرقم القياسي) يزيد بمقدار 80% عما كانت تحتاجه هذه العائلة عام 2000.

ومن أهم وجوه استخدام الأرقام القياسية تقدير الدخل الحقيقي للفرد وبحسب من العلاقة:

$$\frac{\text{الرقم القياسى للدخل}}{\text{الرقم القياسى لتكاليف المعيشة}} = \text{الرقم القياسى الحقيقى للدخل}$$

فمثلاً إذا كان الرقم القياسي للدخل عام 2005 بالنسبة لعام 2000 يساوى 160، و كان الرقم القياسي لتكاليف المعيشة عام 2005 بالنسبة لعام 2000 يساوى 195، فإن الرقم القياسي

$$\text{الحقيقى للدخل يساوى} = \frac{160}{195} * 100 = 82.05$$

82% مما كانت عليه عام 2000.

كما تستخدم الأرقام القياسية كذلك لقياس التباين فى الإنتاجية، والبطالة، ونمو الموارد، والأجور وغيرها، وسنكتفى بتناول وعرض بعض طرق حساب الأرقام القياسية للأسعار والكميات والنقود فقط كما يلي:

أ- الرقم القياسى للأسعار Price Index Number

الرقم القياسى للأسعار Price Index Number هو عدد واحد يوضح لنا كيف تغيرت مجموعة كاملة من الأسعار خلال فترة زمنية محددة، ويتم حسابه بأكثر من طريقة نتناول منها طريقتين فقط:

1. الرقم القياسى التجميعى Simple Aggregate Index وهو نسبة مجموع أسعار عدة سلع فى سنة ما (تسمى سنة المقارنة) إلى مجموع أسعار هذه السلع فى سنة أخرى (تسمى سنة الأساس)، وبحسب من العلاقة:

$$I_{\text{Aggregate}} = \frac{\sum P_n}{\sum P_o} * 100$$

2. الرقم القياسى النسبى البسيط Simple Relative Index وهو الوسط الحسابى للأرقام القياسية للسلع، أى أننا نوجد الرقم القياسى لكل سلعة ثم نوجد الوسط الحسابى لهذه الأرقام القياسية ويحسب من العلاقة :

$$I_{Relative} = \frac{1}{N} * \frac{\sum P_n}{\sum P_o} * 100$$

حيث P_n هى الأسعار فى سنة المقارنة، وحيث P_o هى الأسعار فى سنة الأساس، وحيث N هو عدد السلع.

ب- الرقم القياسى للكميات Quantity Index Number

لما كانت كميات الإنتاج أو الاستهلاك تتغير مع الزمن، فقد أصبح ضروريا أن نقارن التباين فى الكميات من فترة لأخرى، ويتم حساب الأرقام القياسية للكميات بنفس طريقة حساب الأرقام القياسية للأسعار كما يلي:

1. الرقم القياسى التجميعى Simple Aggregate Index، ويحسب من العلاقة

$$I_{Aggregate} = \frac{\sum Q_n}{\sum Q_o} * 100$$

2. الرقم القياسى النسبى البسيط Simple Relative Index، ويحسب من العلاقة

$$I_{Relative} = \frac{1}{N} * \frac{\sum Q_n}{\sum Q_o} * 100$$

حيث Q_n هى الكميات فى سنة المقارنة، وحيث Q_o هى الكميات فى سنة الأساس، وحيث N هو عدد السلع.

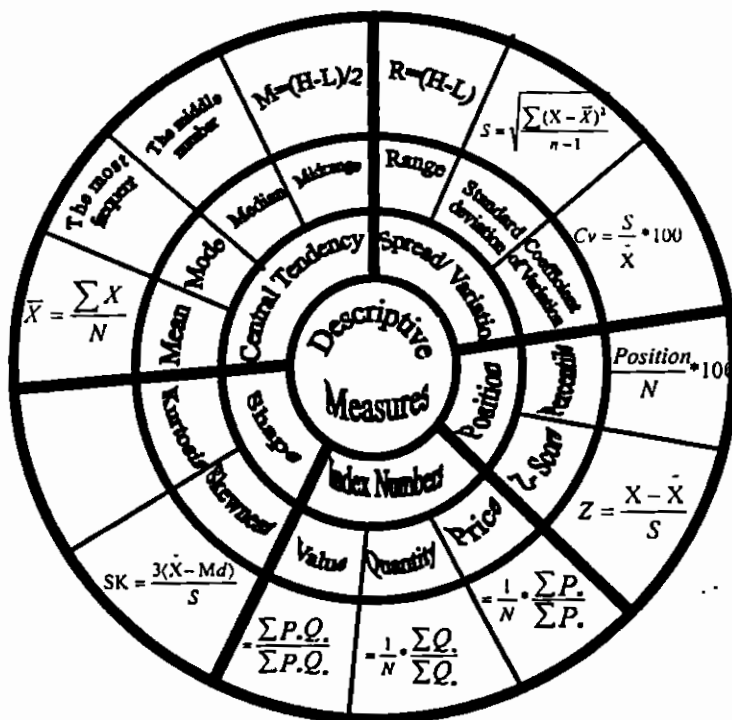
ج- الرقم القياسى للقيمة Value Index Numbers

إضافة إلى الأرقام القياسية للأسعار والكميات، فإننا نحتاج فى بعض الأحيان استعمال الأرقام القياسية للقيمة النقدية للسلع الاستهلاكية المستعملة والداخلة فى حساب الرقم القياسى فى فترة المقارنة T، وتحسب من العلاقة:

$$I_v = \frac{V_n}{V_o} = \frac{\sum P_n Q_n}{\sum P_o Q_o}$$

والقيمة القياسية Value Index تقيس القيمة المالية للمتغير، أى تقيس القيمة النقدية بالجنيه مثلا لمتغير معين، و الرقم القياسى للقيمة هو أكثر هذه الأرقام دلالة، إذ أنه يأخذ الرقمين السابقين فى الاعتبار عند حسابه (محمد صبحي ابوصالح 2001).

والشكل 11-17 يعرض ملخصا للمقاييس الوصفية التى تم شرحها حتى الآن:



شكل رقم 11-17 ملخص للمقاييس الوصفية المختلفة (للمؤلف)

11.3. عرض البيانات باستخدام الرسوم البيانية Data Presenting Using Graphs

تعرفنا من خلال الأجزاء السابقة على أنواع مختلفة من البيانات، وتعرفنا كذلك على طريقة عرض هذه البيانات عن طريق اختزال وتحويل الأرقام الكثيرة إلى قيم ومعايير أقل عددا ومتفق عليها وتعطى انطبعا عن إجمالى الأرقام الأصلية مثل المتوسط Mean والوسيط Median والانحراف المعياري Standard Deviation و.....

والآن سنحاول معرفة كيفية اختزال وتحويل الأرقام الكثيرة إلى رسومات بيانية Graphs أسهل فهما وأكثر تعبيراً (راجع شكل 11-1).

وسوف نقدم فى هذا الفصل ملخصاً لأكثر طرق عرض البيانات ونتائج الدراسات شيوعاً ومنها:

أ- مخطط التوزيع التكراري Frequency Distribution

كما قلنا أن المشكلة تكمن فى وجود كم كبير من البيانات يصعب فهمه واستقراؤه، وأولى الطرق البيانية التي تختزل هذه البيانات الكثيرة والهائلة إلى رسومات يسهل عرضها وفهمها هي التوزيع التكراري Frequency Distribution فلو تخيلنا أن لدينا مجموعة أرقام تتألف من 500 رقم وهي تعبر مثلاً عن أعمار مجموعة من الأشخاص فيوضع الـ 500 رقم أمامك لن تستطيع استخلاص أي معلومة، ولكن إذا قسمناهم إلى شرائح كما بالجدول 11-12:

جدول رقم 11-12 أعمار مجموعة من الأشخاص

Class الفئة أو الشريحة	Age العمر	Frequency التكرار
1	$\leq 10 \text{ years}$	50
2	$10 \leq \text{age} < 25$	73
3	$25 \leq \text{age} < 40$	132
4	$40 \leq \text{age} < 60$	207
5	$60 \leq \text{age}$	38
		500

فإن ذلك يعطي صورة عن أن لدينا شريحة من الأشخاص الذين تتراوح أعمارهم بين 60 &

40 سنة بنسبة $41\% = \left(\frac{207}{500}\right)$ وأن الشريحة التي تليها هي الأشخاص التي يتراوح

أعمارها بين 25 & 40 سنة بنسبة = 26% $\left(\frac{132}{500}\right)$ وأن نسبة المواليد والذين نقل
أعمارهم عن 10 سنوات هي 10% $\left(\frac{50}{500}\right)$.

وعلى ما سبق فإن التوزيع التكرارى Frequency Distributions قلص عدد البيانات
الكثيرة إلى عدد أقل أسهل فهماً واستقراءً.

وعند تكوين التوزيع التكرارى يجب ملاحظة ما يلى:

1- عدد الشرائح Classes أو (K) اختياري وأنت الذي تحدده ومع ذلك يفضل أن يكون
من 5 إلى 20 وبالتبع فإن عدد هذه الشرائح (K) تتناسب مع حجم البيانات المعالجة.

2- عرض الشريحة Class Width أو $CW = \frac{H - L}{K}$ حيث H هي أكبر قيمة في
مجموعة الأرقام & L هي أصغر قيمة في مجموعة الأرقام، ويفضل أن تكون CW قيمة
واحدة لكل الشرائح.

خطوات تجهيز جدول التوزيع التكرارى Frequency Distributions

1- نرتب مجموعة الأرقام المعطاة ترتيباً تصاعدياً من الأصغر إلى الأكبر.

2- نختار K بقيمة تتناسب مع الأرقام.

3- نحسب عرض الشريحة Class Width من العلاقة $CW = \frac{H - L}{K}$ مع تقريب
قيمة عرض الشريحة CW إلى قيمة يسهل التعامل معها فإذا كان عرض الشريحة
مساوياً 89.1 نختار 100، وإذا كان عرض الشريحة 1.37 نختار 1.5، وإذا كان
عرض الشريحة 47.3 نختار 50، وإذا كان عرض الشريحة 12.2 نختار 10،
وهكذا.

4- نعد أرقام كل شريحة من الأرقام المعطاة ثم نكون جدول التكرارات.

وسوف نتضح تلك الخطوات من المثال التالى:

مثال رقم 11-13

المطلوب رسم منحنى التوزيع التكرارى Frequency Distributions لمجموعة البيانات
المذكورة فى جدول 11-13 و التى تعبر عن الأعمار السنوية لمجموعة من الشباب

جدول رقم 11- 13 الاعمار السنية لمجموعة من الشباب

31.5	29.1	30.9	25.9	27.4	29.5	30.3	29.3	31.6	26.6
25.7	33.7	27.0	31.1	30.6	28.0	32.4	25.7	31.4	29.2
29.3	33.8	28.5	33.0	26.3	25.6	26.2	28.1	24.8	28.1
26.5	29.5	27.9	24.3	26.8	23.8	25.0	27.8	28.7	27.2
28.2	27.0	29.7	28.8	25.2	26.2	31.1	26.2	25.7	22.8

الحل: نرتب هذه الأرقام من الأصغر للأكبر (كما فى جدول 11-14) ثم تختار مثلاً 6

شرائح ثم نحسب عرض الشريحة Class Width

جدول رقم 11- 14 التوزيع التكرارى للمثال 11-13 بعدد ست شرائح

Class # رقم الشريحة	الشريحة Class	Frequency التكرار	Relative frequency
1	$22 \leq C < 24$	2	4%
2	$24 \leq C < 26$	9	18%
3	$26 \leq C < 28$	13	26%
4	$28 \leq C < 30$	13	28%
5	$30 \leq C < 32$	8	16%
6	$32 \leq C < 43$	4	4
		50	100%

ويمكن أيضا اختيار 12 شريحة كما فى جدول 11-15:

جدول رقم 11- 15 التوزيع التكرارى للمثال 11-13 بعدد 12 شريحة

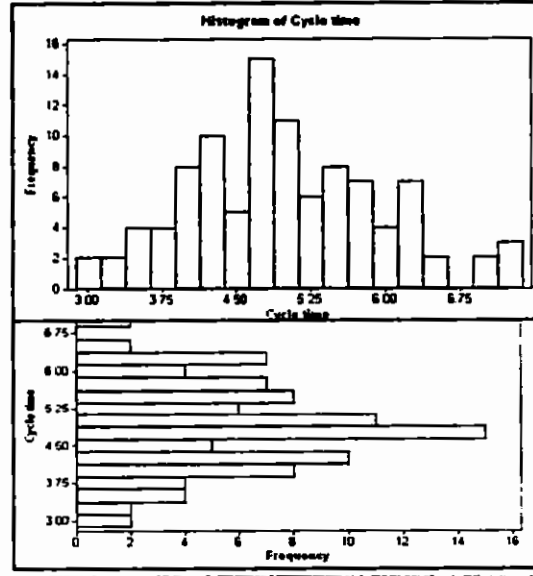
Class # رقم الشريحة	الشريحة Class	Frequency التكرار	Relative frequency
1	$22 \leq C < 23$	1	2%
2	$23 \leq C < 24$	1	2%
3	$24 \leq C < 25$	2	4%
4	$25 \leq C < 26$	7	14%
5	$26 \leq C < 27$	7	14%
6	$27 \leq C < 28$	6	12%
7	$28 \leq C < 29$	7	14%
8	$29 \leq C < 30$	7	14%
9	$30 \leq C < 31$	3	6%
10	$31 \leq C < 32$	5	10%
11	$32 \leq C < 33$	1	2%
12	$33 \leq C < 34$	3	6%
		50	100%

ب- الهستوجرام Histogram

بعد أن نكون قد فرغنا من تجهيز التوزيع التكرارى Frequency Distribution كجدول، يمكننا الآن تحويله إلى شكل بياني يعبر عن هذه البيانات والتي بالطبع ستكون أكثر توضيحا لهذه البيانات.

والهستوجرام Histogram عبارة عن رسم بياني يوضح تكرار البيانات Frequency Distribution و يعكس شكلها، ومن خلاله يمكن الإجابة سريعا علي الأسئلة: هل البيانات متماثلة أم لا ؟ وأين تقع أكثر القيم تكرارا؟، وارتفاع أعمدة الهستوجرام تتناسب مع تكرار البيانات، ويجب أن تكون الأعمدة متجاورة بدون فواصل، وليس شرطاً أن يبدأ ترقيم المحور الأفقي من الصفر.

و يظهر الشكل العام للهستوجرام كما فى شكل 11-18.



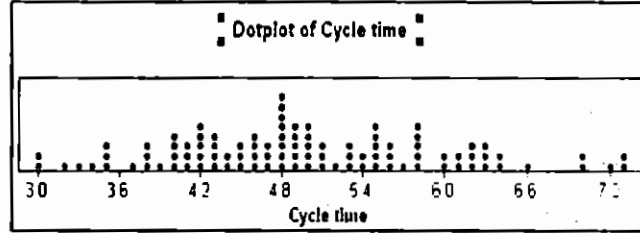
شكل رقم 11-18 نماذج للهستوجرام

وفى بعض الحالات يمكن رسم الهستوجرام أفقيا بدلا من رأسيا وذلك لتسهيل الكتابة داخل الأعمدة.

وإذا تم قسمة قيمة كل عمود (التكرارات) من أعمدة الهستوجرام على إجمالى قيم الأعمدة (إجمالى التكرارات) فإننا نحصل على ما نطلق عليه دالة التوزيع الاحتمالية Probability Distribution Function (PDF) (يرجى مراجعة الفصل الثانى عشر تحت عنوان الاحتمال والتوزيعات الاحتمالية فى هذا الكتاب).

ج- رسم النقطة Dot Plot

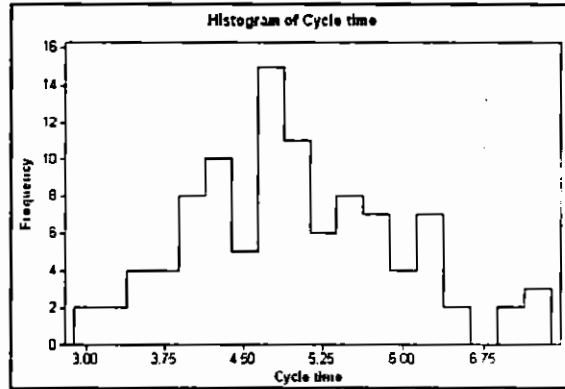
و في بعض الحالات تستبدل الأعمدة بنقاط • كما في شكل 11-19 وفي هذه الحالة يسمى هذا الرسم برسم النقطة أو Dot Plot.



شكل رقم 11-19 نموذج لرسم النقطة

د- رسم المساحة Area Plot

وهو وسيلة أخرى لرسم البيانات وهو يأخذ منتصف قمة أعمدة الهستوجرام ثم يوصلها ببعضها وهنا نلاحظ أن هذا الشكل يبدأ بالصفير وينتهي بالصفير كما بالشكل 11-20، ولرسم هاتين النقطتين نتخيل وجود شريحة قيمتها صفير وعرضها كعرض باقي الشرائح.



شكل رقم 11-20 نموذج لرسم المساحة

هـ- مخطط الساق والورقة Stem and Leaf Diagram

ينسب هذا الشكل إلى السيد جون توكي John Tukey ، وهذا المخطط وسيلة مفيدة جدا في رسم البيانات التي يقل عددها عن 150 رقم، - ويجدر بالإشارة هنا إلى الهستوجرام يكون أكثر تعبيراً وأسهل تكويناً عن الساق والورقية Stem & Leaf في حالة الأرقام الكثيرة (أكثر من 150 رقم)- ويتميز عن الهستوجرام في أنه لا يتسبب في ضياع الأرقام الأصلية، فمنه يمكن استرجاع الأرقام مرة أخرى بعكس الهستوجرام فإني لا أستطيع استعادة الأرقام

الأصلية مرة أخرى، كذلك نستطيع بعد رسم الساق و الورقة Stem And Leaf تحديد قيمة الوسيط Median وهو الرقم الذي يتوسط الأرقام المتاحة.

ويستخدم الساق الورقية لرسم صورة بيانية للبيانات المعطاة وفيه نقسم الأرقام إلى ساق أو جزع Stem رأسي وجواره الأوراق Leafs فى خط أفقي، وإنشاء هذا المخطط أمر فى غاية السهولة، ولا يتطلب إلا فصل أرقام كل عدد فى البيانات المتاحة إلى جزأين أحدهما هو الساق Stem والآخر يسمى الورقة Leaf، والمعتاد أن تؤخذ الورقة على أنها الرقم الأخير فى العدد أى الرقم الذي فى أقصى اليمين، أما بقية الأرقام فهي الساق.

مثال رقم 11-14:

فإذا كان لدي مجموعة من الأرقام مثل التي بالجدول رقم 11-16

جدول رقم 11-16 مجموعة ارقام تشير الى القطر الخارجى لماسورة معدنية

3.4	4.1	3.6	4.7
4.5	3.8	4.1	3.4
2.3	3.9	3.4	4.1
2.7	3.9	5.1	4.1
3.8	4.1	3.4	2.7
5.9	4.5	2.4	2.3

فإن شكل الساق الورقية Stem & Leaf سيكون كما هو موضح بشكل 11-21

3	2	334
5	2	77
8	3	444
(5)	3	68899
9	4	11111
4	4	557
1	5	
1	5	9

شكل رقم 11-21 رسم الساق والورقة لبيانات الجدول 11-16

وبالنظر إلى هذا الشكل نجد أننا اعتبرنا الأرقام الصحيحة هي الساق Stem وتم كتابتها رأسياً تصاعدياً، واعتبرنا الأرقام العشرية هي الورقة Leaf وكتبناها أفقياً كلما تكررت فى سطرين (الأول أقل من 0.5 والثاني أكبر من 0.5). أي أمام الرقم 2 نبحت فى الأرقام عن

أي رقم يحتوي على 2 كعدد صحيح فنجد أن أول رقم يقابلنا هو 2.3، إذن أمام الرقم 2 الأول أكتب 3، ثم يقابلني رقم 2.3 أكتب 3، ثم يقابلني رقم 2.4 أكتب 4 (كل ذلك فى السطر الأول)، ثم يقابلني الرقم 2.7 مرتين أكتب 7 مرتين، ونكرر ذلك مع الرقم 3 & 4 & 5.

أما العمود الأول الرأسى فيشير إلى عدد الأرقام العشرية التي تم تسجيلها (التكرارات)، فالرقم 3 يعنى أننا سجلنا ثلاثة أرقام، والرقم 5 يعنى أننا سجلنا خمسة أرقام، ويظل الحال هكذا حتى نصل إلى الرقم بين القوسين والذي يشير إلى أن هذا السطر يحتوى على قيمة الوسيط Median، وحينما نصل إلى هذا الرقم نبدأ تسجيل التكرارات من النهاية الأخرى للساق والورقة Stem And Leaf، وبالتالي يهمننا ثلاثة أرقام فى هذا العمود وهى:

■ الرقم بين القوسين (إن وجد) يشير إلى أن الوسيط Median يقع فى هذا السطر، وقيمة هذا الرقم تشير إلى عدد الأرقام العشرية.

■ الرقم الذي يسبق الرقم بين القوسين يشير إلى مجموع التكرارات التي تسبقه.

■ الرقم الذي يلي الرقم بين القوسين يشير إلى مجموع التكرارات التي تليه.

ويلاحظ أن مجموع هذه الأرقام الثلاثة يساوى مجموع الأرقام المتاحة بالجدول. ولمعرفة عدد مرات تكرار قيمة ما يتم طرح قيمة الرقم الأيسر (فى نفس السطر الأفقى) من الرقم الذي يسبقه مباشرة.

مثال رقم 11- 15:

سجل أحد المراسد القراءات الموضحة بالجدول 11-17 والتي تعبر عن شدة الزلازل فى أحد المناطق بقياس ريختر Richter، والمطلوب رسم الساق والورقة Stem And Leaf والتعليق على الشكل الناتج.

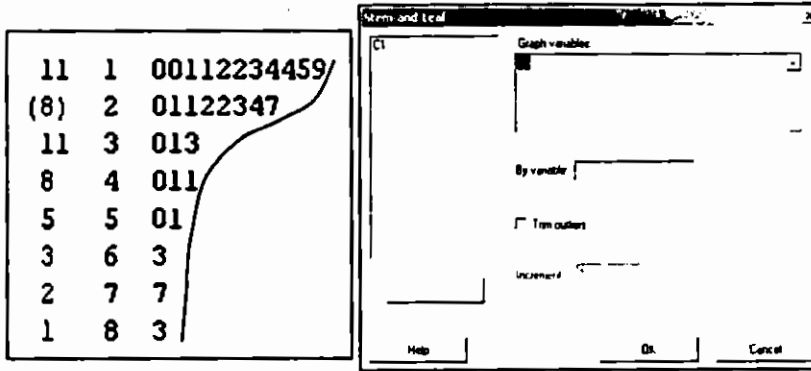
جدول رقم 11- 17 التوزيع التكرارى للمثال 11-15 بعدد ست شرائح

1	1.2	2	3.3	1.4	5	1.1	1.1	1.4	2.1
8.3	1	1.9	2.2	2.7	2.2	5.1	4	1.3	2.1
3.1	4.1	6.3	2.3	2.4	1.2	3	7.7	4.1	1.5

الحل:

نعتبر أن الأحاد فى مجموعة الأرقام المتاحة هي الساق، وأن الجزء العشري هو الأوراق، ونكتب الأرقام من 1 حتى 8 فى خط رأسى، ثم نسجل الأوراق كل أمام الساق المناسبة.

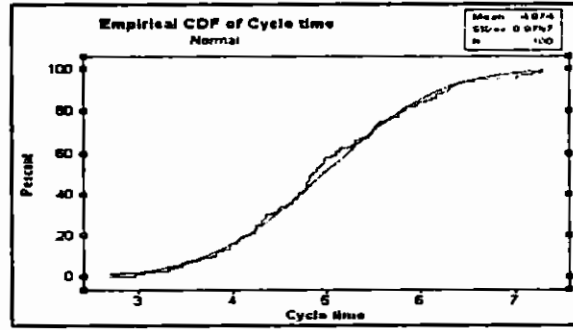
وباستخدام المينيتاب Minitab ندخل البيانات المتاحة، ثم من القوائم Graph > Stem and Leaf and Leaf فيظهر الجدول الحوارى ثم يليه الشكل النهائي كم فى شكل 11-22 موضحا به الساق والورقة Stem and Leaf .



شكل رقم 11-22 رسم الساق والورقة للمثال 11-15 بالمنيتاب

ومنه نستخلص أن شدة الزلازل تنشتت وتتوزع بين القيمتين 1 و 8.3، غير أن البيانات تميل إلى التجمع حول القيم الصغرى وتقل تدريجياً في اتجاه القيم الكبرى (هناك التواء إلى اليمين) وهذا يعنى أن معظم الزلازل فى هذه العينة كانت خفيفة، وإذا كانت هذه العينة تعبر عن المجتمع ككل، فإن وقوع زلازل شديدة فى هذه المنطقة يكون أمراً بعيد الاحتمال.

و- مخطط اجمالى التوزيعات Cumulative Frequencies



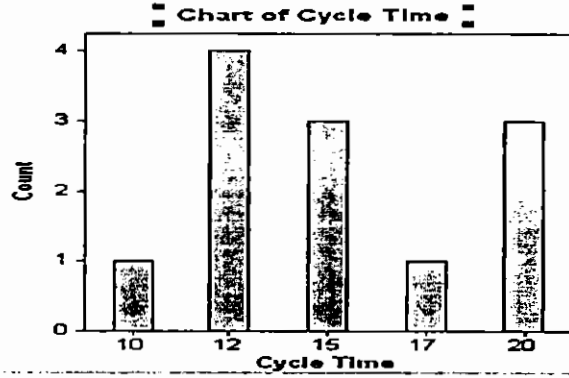
شكل رقم 11-23 نموذج لمخطط اجمالى التوزيعات

وهو طريقة أخرى لعرض البيانات ومن اسمه يتضح أن كل نقطة تجمع ما قبلها فبعد ترتيب الأرقام وتصنيفهم تبعاً للتوزيع التكرارى Frequency Distribution، نضيف عموداً يتم فيه جمع القيم السابقة كما فى شكل 11-23، وفائدة هذا النوع أنه يفيد في تحديد وحساب نسبة الأرقام الأقل من أو الأكبر من قيمة معينة وهو يبدأ بالصفر وينتهي بـ 100%.

ملاحظة هامة: يستخدم كل من Cumulative Area Plot & Histogram و Frequencies & Interval لتمثيل البيانات من النوع الفترى Ratio، والنسبى Ratio.

ز- مخطط الأعمدة Bar Chart

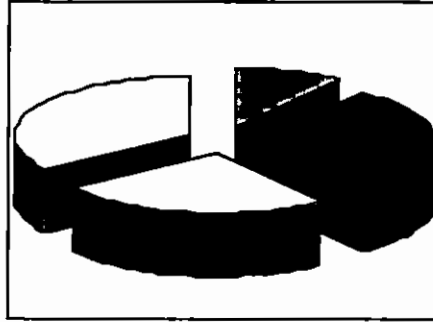
وهو نوع يشبه الهستوجرام غير أنه يستخدم لعرض البيانات مع المتغيرات الاسمية Nominal، و الترتيبية Ordinal وغالبا ما توجد فواصل وثغرات بين الأعمدة، ويمكن رسمه رأسيا أو أفقيا لسهولة كتابة تعليمات داخل الأعمدة والشكل 11-24 يعرض نمونجا لهذا النوع.



شكل رقم 11-24 نموذج لمخطط الأعمدة

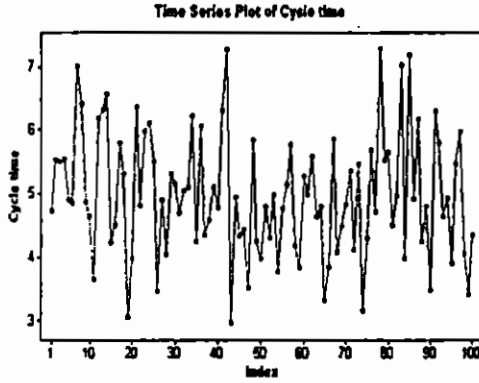
ح- مخطط الدائرة Pie Chart

ويستعمل هذا الأسلوب أيضا لعرض البيانات مع المتغيرات الاسمية Nominal، والترتيبية Ordinal كما فى شكل 11-25، وهو يوضح الأجزاء المكونة لعنصر ما، وغالبا ما تكون هذه الأجزاء عبارة عن نسب ويعبر عن الأجزاء الممثلة لهذه النسب بمساحة محصورة بخطين يخرجان من مركز الدائرة حتي محيطها.



شكل رقم 11-25 نموذج لمخطط الدائرة

طـ السلاسل الزمنية Time Series



شكل رقم 11-26 نموذج للسلاسل الزمنية

وفيها يتم توقع القيم مباشرة على الرسم (شكل 11-26) بترتيبها الزمني وهو يعطى صورة مرتبطة بتوقيت حدوث القيم.

والسلاسل الزمنية هي مجموعة من البيانات المأخوذة خلال فترة زمنية محددة، وتختلف هذه الفترة فتكون ساعات فى بعض الحالات كدراسة سلوك البكتريا فى المعمل أو معدلات الارتفاع والانخفاض فى سعر الأسهم، وتكون

شهرا عند دراسة مبيعات الشركات والمؤسسات، وتكون سنين عند دراسة الفرص التسويقية، وتكون عقودا عند دراسة التغيرات الاجتماعية والمناخية.

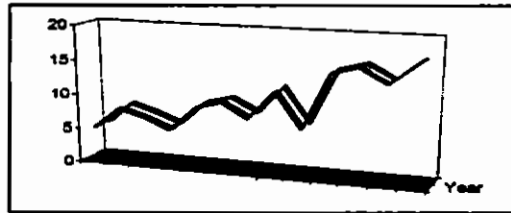
والهدف الرئيسي من تحليل هذه السلاسل الزمنية هو اكتشاف هذه التأثيرات وقياس نتائجها بشكل تقريبي إذ لا يمكن ذلك بشكل يقيني.

ودراسة هذا النوع من طرق عرض البيانات له أهميته لكونه يشكل أداة قوية تعين على فهم السلوك الماضى، وتساعد فى تقويم الإنجازات فى الحاضر، وتسهم فى تخطيط العمليات فى المستقبل.

و تتأثر بيانات السلاسل الزمنية عادة بأربعة بعوامل وهى:

1. الاتجاه العام (Trend) : وهو مؤشر لبيان تزايد ظاهرة أو تراجعها على مدى الفترة الزمنية تحت الدراسة، وهناك طرق عديدة لتحديد الاتجاه سنتناول منها نوعين هما:

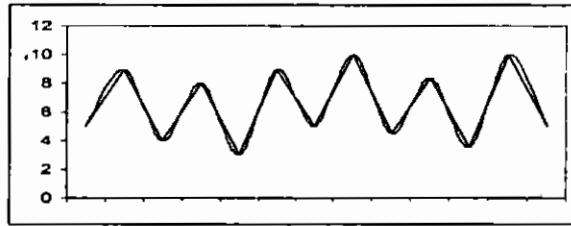
■ طريقة المعدل النصفى Semi-Average Method (شكل 11-27) وفيها نقوم بتقسيم البيانات المتاحة إلى قسمين متساويين ونحسب متوسط كل قسم ثم نصل بين هاتين النقطتين. (إذا كان عدد البيانات المتاحة عددا فرديا يتم حذف الرقم الأوسط).



شكل رقم 11-27 نموذج لمنحنى المعدل النصفى

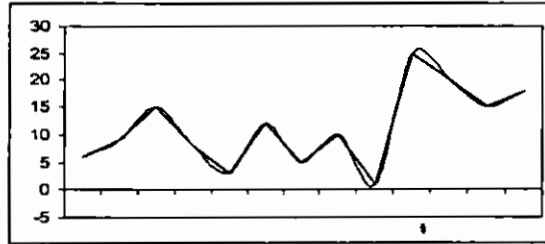
▪ طريقة مجموع المربعات الصغرى **Least Sum of Squares** : وهى الطريقة المستعملة فى تعيين خط الانحدار البسيط (أى رسم خط مستقيم يتوسط البيانات المتاحة) كما سيأتى تفصيله فى الفصل الخامس عشر تحت عنوان الانحدار الخطى فى هذا الكتاب إن شاء الله.

2. التغيرات الفصلية **(S) Seasonal Variations** : وهى تغيرات تحدث فى تتابع متسق على فترات زمنية محددة لا تتجاوز السنة الواحدة (شكل 11-28)، وكلمة "فصلية" لا تعنى بالضرورة فصول السنة، ولكنها تعنى أى تباين له طبيعة دورية، وتكون دوراته المتكررة ذات مدة زمنية قصيرة نسبياً، ومثال ذلك أسعار السلع الزراعية التى تكون عالية فى بداية الموسم ثم تنخفض بشدة عند ذروة الإنتاج ثم ترتفع ثانية عند انتهاء الموسم.



شكل رقم 11-28 نموذج لمنحنى التغيرات الفصلية

3. التقلبات الدورية **(C) Cyclical Fluctuation** : وهى تغيرات تحدث أيضاً فى تتابع متسق و على فترات زمنية محددة ولكنها تكون فترات طويلة نسبياً (شكل 11-29). مثل الدورات الاقتصادية والموضحة.



شكل رقم 11-29 نموذج لمنحنى التغيرات الدورية

التغيرات العشوائية **(R) Random Or Erratic Variations** : وهى تغيرات تحدث بشكل لا نمطي وعشوائي وتعزى لأسباب غير مرئية وغير متوقعة مثل الحرائق و الزلازل و الأحداث السياسية والحروب، وعموماً هي تلك التغيرات التى لا تفسر عن طريق الاتجاه العام، أو التغيرات الفصلية، أو التقلبات الدورية.

وفى الواقع فإنه توجد طرق عديدة لوصف السلاسل الزمنية بدلالة هذه العوامل مشتركة مثل:

$$Y = T * S * C * R \quad \text{النموذج الضربى}$$

$$Y = T + S + C + R \quad \text{النموذج الجمعى}$$

$$Y = (T * S * C) + R \quad \& \quad Y = (T * S) + (C * R) \quad \text{النموذج المختلط}$$

و أكثر هذه الطرق شهرة واستخداما هو الطريقة الأولى والذي يطلق عليه "النموذج الضربى"، كذلك توجد طرق كثيرة وعديدة لتحديد وفصل التأثيرات السابق الإشارة إليها عن بعضها البعض.

ي- مخطط الصندوق والشنب (Box & Whisker Plot)

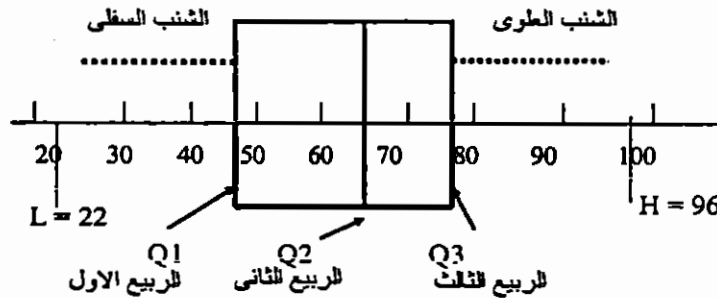
يعد مخطط الصندوق Box Plot من الأدوات الهامة لبيان توزيع البيانات و مدى تماثلها، وهو عبارة عن رسم بياني يشبه الصندوق، ومن خلاله يمكن الإجابة سريعا علي السؤال هل البيانات متماثلة أم لا ؟ وإلى أى جهة تميل هذه البيانات؟

وكما أشرنا في الجزء الأول من تقديم البيانات من خلال القياسات Measures تحت عنوان الربعيات Quartiles فإنه أمكننا حساب أقل قيمة في الأرقام وكذلك حساب القيمة التي يسبقها ربع الأرقام والقيمة التي يسبقها نصف الأرقام والقيمة التي يسبقها ثلاثة أرباع الأرقام وأكبر قيمة في الأرقام، وفي المثال 11-6 الذي تم شرحه في هذا الجزء كانت القيم كما يلي:

$$L = 22 \quad \& \quad Q_1 = 46 \quad \& \quad Q_2 = M_d = 62 \quad \& \quad Q_3 = 75$$

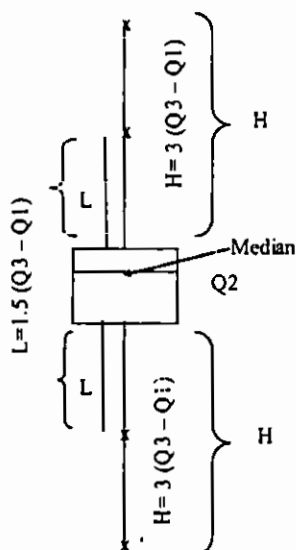
$$H = 96 \quad \& \quad IQR = Q_3 - Q_1 = 29$$

وبرسم هذه القيم وعمل صندوق Box حدوده هي Q_1 و Q_3 وله شنب من كل جهة طوله L و H كما فى شكل 11-30



شكل رقم 11-30 مخطط الصندوق والشنب للمثال 11-6

ملاحظات على مخطط الصندوق Box Plot



شكل رقم 11-31 منحني
الصندوق والشنب

■ بداية ونهاية الصندوق Box هي Q_1 و Q_3 .

■ ارتفاع الصندوق Box هو Inter Quartile = $Q_3 - Q_1$.

■ لا يشترط أن يكون الوسيط Median في منتصف الصندوق Box ولكن وجوده في المنتصف يدل على تماثل البيانات Symmetrical Data.

■ وجود خط الوسيط Median في النصف الأعلى من الصندوق Box يدل على أن توزيع البيانات ملتو جهة اليمين Right Skewed، أو موجب الالتواء Positive Skewed، أو مذيّل يميناً Right Tail.

■ وجود الـ Median في النصف الأسفل من الصندوق Box يدل على أن توزيع البيانات ملتو جهة اليسار Left Skewed، أو سالب الالتواء Negative Skewed، أو مذيّل يساراً Left Tail.

■ يوجد شنب وهمي قصير L طوله مرة ونصف من عرض الصندوق Box، أي يساوى $1.5 * (Q_3 - Q_1)$.

■ يوجد شنب وهمي طويل H طوله = ثلاثة أمثال عرض الصندوق، أي $3 * (Q_3 - Q_1)$.
■ القراءات التي تقع في مدي الشنب L القصير تسمى Mild Outlier، بينما القراءات التي تقع في مدي الشنب H الطويل تسمى Extreme Outlier.
■ سيقع 25% القراءات أسفل الصندوق Box و 25% أعلى الصندوق Box و 50% داخله.

■ طول الشنبيين هما L & H ويكون الالتواء Skewness في اتجاه الشنب الأطول.
■ إذا كانت البيانات المتاحة طبيعية في توزيعها Normal، فإن عدد قراءات Mild Outlier لا يتجاوز 10% وعدد قراءات Extreme Outlier لا يتجاوز 1%.
■ يستخدم الـ Box Plot لتحديد النقاط الغريبة/الشاذة Outlier كما يكون مؤشراً لشكل البيانات Data Pattern وكذلك يوضح مدى التباين أو الاختلاف Variability.
■ كلما كان حجم الصندوق Box صغيراً، دل ذلك على جودة العملية وقلة وانخفاض التباين أو الاختلاف Variability.

- عند مقارنة أكثر من عملية تكون العملية الممثلة بصندوق Box أصغر هي الأفضل.
- عند ظهور حرف (S) في مخطط الصندوق Box Plot مرسوم بالكمبيوتر يعني أنه يوجد Outlier.

خطوات رسم مخطط الصندوق Box Plot

- نرتب الأرقام ترتيباً تصاعدياً.
- نحدد Q_1 و Q_2 والوسيط Median Q_2 ، وكذلك عرض الصندوق $IRQ = Q_3 - Q_1$.
- نحسب طول الشنب الصغير $1.5 * IRQ$ ، و طول الشنب الطويل $3 * IRQ$.
- نحدد طول الشنب الأصلي (الحقيقي) من L & H.
- نحدد النقط الغريبة/الشاذة Mild Outlier و Extreme Outlier ونحاول تحديد موقعها وتفسير وجودها.

ك- الرسوم المبهرة Deceptive Graphs

وهي أنواع تعتمد على الخلق والإبداع كالرسوم المساحية و الثلاثية الأبعاد وكذلك تزيين منحنيين على Graph واحد ويساعد كثيراً في هذا برنامج Excel والشكل 1-11 الذى تم تقديمه فى مستهل هذا الفصل يعرض ملخصاً للطرق المختلفة لعرض البيانات الرقمية سواء كان بالمقاييس الرقمية Measures أم بالأشكال Graphs والتي تم شرحها جميعاً.

الفصل الثانى عشر

الاحتمال

Probability

12.1. تاريخ نظرية الاحتمالات Probability Theory History

ظهرت نظرية الاحتمالات فى القرن السابع عشر على يد عدد من علماء الرياضة مثل باسكال Pascal و فرمات Fermat حيث قام هذان العالمان بمناظرة عظيمة أثرت هذا الفرع من العلوم وأدخلته فى مجال الدراسة العلمية المنظمة، وذلك عندما طلب أحد نبلاء فرنسا ويدعى تشيفيليه Chevalier وكان يعمل فى مجال المضاربة والمقامرة وطلب من باسكال أن يحسب له احتمال بعض الحالات التى تواجهه فى أعماله ، فقام باسكال بحساب الاحتمالات المطلوبة ، ثم تعدى ذلك إلى عدة حالات أخرى ، ثم إهتم بهذه الحالات وغيرها كنوع من الشغف بهذه الدراسة وقام بوضع الاسس والقواعد التى تخدم هذه الدراسة.

12.2. مقدمة عن الاحتمالات Introduction for Probability

تلعب الاحتمالات دوراً هاماً فى حياتنا اليومية وفى الكثير من العلوم إذ أنها تستخدم فى قياس عدم التأكد أو عدم اليقين، فكثيراً ما تواجهنا عملية اتخاذ قرارات بناءً على معلومات غير مكتملة وحينئذ نعتمد على الاحتمالات لتساعدنا على الاختيار. فكثيراً ما نغير مواعيد السفر لأن احتمال أن يكون الطقس رديناً احتمال كبير، وكذلك كثيراً ما نهمل مذاكرة جزء من المقرر الدراسى لأن احتمال أن يأتى فى الامتحان صغيراً.

وكثيراً ما نتحدث عن احتمال ارتفاع درجة الحرارة غداً، واحتمال فوز فريق كرة السلة المحبب إلينا على الفريق المنافس، وأحياناً نجد أننا نعبر عن هذه الاحتمالات بتقدير عددي كان نقول أن احتمال سقوط الامطار غداً 30%، وأن احتمال وصل فريق كرة القدم الذى نشجعه إلى الدور النهائى 90% وهكذا.

وبالنظر نجد أن هذه التقديرات العددية لا تركز على أساس رياضى ، ولكنها بدرجة كبيرة تعتمد على خبرات ومعلومات مسبقة عن الطقس ، وعن متابعة لفترات طويلة لاداء الفريق المحبب إلينا.

والاحتمالات فرع من فروع الرياضيات التطبيقية يهتم بدراسة تأثير الصدفة chance على الظواهر والاشياء.

والصدفة: ظاهرة تؤدي إلى إختلاف نتائج التجربة بإختلاف مرات تكرارها، مع عدم اليقين بأى نتيجة من تلك النتائج، لعدم معرفة وتحقق الظروف التى تؤدي إلى حدوثها.

أما الحدث المؤكد فهو الحدث الذى يقع مهما تكررت محاولات إختباره إذا تحققت ظروف محددة، فمثلاً يتحول الماء إلى بخار إذا سخن على النار لدرجة 100 درجة مئوية فى ظروف الضغط الجوى العادى ، فهذا حقيقة معروفة وبالتالي فهو شئٌ مؤكد، وعند إلقاء قطعة من المعدن فى الهواء فإنها تسقط على الأرض، فهذا حقيقة معروفة وبالتالي فهو حدث مؤكد.



أما عند إلقاء قطعة من العملة على طاولة مسطحة فإن قطعة العملة سوف تسقط على سطح الطاولة وسيكون أحد وجهيها إلى أعلى (مع إستبعاد أن تستقر قطعة العملة على حرفها) وهذا حدث مؤكد ، ولكننا لا نعلم أى الوجهين سيظهر إلى أعلى لأن هذا يعتمد على "الصدفة".



كذلك عند إلقاء زهرة الطاولة على لوحة مسطحة فإن ما نعرفه هو أن أحد أوجهها الستة سيظهر إلى أعلى وهذا "حدث مؤكد"، ولكن أى وجه من الأوجه الستة سيظهر فهذا مالا نعرفه لأن ذلك يعتمد على ما نسميه "بالصدفة".

وبالتالى يمكننا استنباط الفرق بين لفظ "مؤكد" و لفظ "صدفة"، فالشئ المؤكد يعتمد على عدة ظروف معينة معروفة لدينا تماماً إذا تحققت هذه الظروف حدث هذا الشئ ، فكما قلنا أن تحول الماء إلى

بخار يكون شئنا محققاً وحدثاً مؤكداً إذا تحققت شروط التسخين لدرجة 100 درجة مئوية فى ظروف الضغط الجوى العادى . ولكن فى حالة قطعة العملة أو زهرة الطاولة فإن الوجه العلوى الذى سيظهر يعتمد على ظروف كثيرة بعضها معروف لنا وبعضها نجهله تماماً، فظهور وجه معين يعتمد على طريقة الإلقاء وقوته ونقطة الاصطدام الأولى بالطاولة وغير ذلك من الحقائق التى نجهلها تماماً والتى تتسبب فى ظهور ذلك الوجه دون الآخر. من هذه الأمثلة يمكن أن نفرق بين لفظى "مؤكد" و "صدفة" فالأول يدل على شئ معلوم لدينا كل الظروف التى تؤدى إلى وقوعه وحدوثه ، أما الثانى فيدل على شئ غير معلوم لدينا تماماً كل ما يؤدى إلى وقوعه وحدوثه من ظروف.

ويلاحظ أننا فى حالة رمي قطعة العملة المعدنية نستطيع معرفة كل النواتج الممكنة ، حتى قبل رمي قطعة العملة المعدنية (التجربة) ، ولكننا لا نعرف أى الوجهين للقطعة سيظهرُ فعلاً قبل رميها واستقرارها . وكذلك قبل رمي حجر النرد نستطيع معرفة كل النواتج الممكنة ، ولكننا لانعرف أى رقم سيظهر فعلاً قبل رمي حجر النرد واستقراره .

ولأننا لا نعلم مسبقاً ما سينتج ، نسمي تجربة رمي قطعة النقد بالتجربة العشوائية وكذلك نسمي تجربة رمي حجر النرد بالتجربة العشوائية .

وعلى ذلك تعرف التجربة العشوائية على أنها التجربة التي يُمكننا معرفة جميع نواتجها الممكنة قبل إجرائها ولكننا لا نستطيع تحديد أيًا من هذه النتائج سيتحقق فعلاً قبل إجراء التجربة.

كذلك نُسَمِّي النواتج الممكنة عند إجراء تجربة ما بـ المشاهدات أو الفضاء العيني Sample space ونرمز له بالرمز Ω أو ميغا، فنقول أن الفضاء العيني لتجربة رمي قطعة نقد معدنية مرة واحدة هو مجموعة كل النواتج الممكنة : $\Omega = \{ \text{صورة} , \text{كتابة} \}$ ، وعدد النواتج الممكنة هنا $= 2$ ، وإذا كان لدينا كيس يحتوي على أربع كرات : كرة حمراء ، كرة زرقاء ، كرة خضراء ، كرة سوداء . فإذا قُمنا بسحب كرة واحدة من الكيس دون النظر فيه، فإن النواتج الممكنة هي : كرة حمراء ، كرة زرقاء ، كرة خضراء ، كرة سوداء، ويكون الفضاء العيني لتجربة سحب كرة واحدة هو مجموعة كل النواتج الممكنة :

$\Omega = \{ \text{كرة حمراء} , \text{كرة زرقاء} , \text{كرة خضراء} , \text{كرة سوداء} \}$ ، وعدد النواتج الممكنة هنا $= 4$

12.3. مفهوم الاحتمال (الفرصة) Probability Concept

في تجربة رمي حجر نرد مرة واحدة ، تبين لنا أن هنالك ستة (6) نواتج ممكنة . وفي تجربة رمي قطعة نقد معدنية مرة واحدة ، تبين لنا أن الفضاء العيني Sample space هو مجموعة النواتج الممكنة {صورة ، كتابة}

..ولكن ماذا عن احتمال (فرصة) ظهور وجه عند رمي قطعة النقد مرة واحدة ؟

..وماذا عن احتمال (فرصة) ظهور الرقم (6) عند رمي حجر النرد مرة واحدة ؟

لاحظ هنا أن وجهي قطعة النقد متماثلين ولا يختلفان إلا في التسمية ، ولاحظ أن أوجه حجر النرد أيضاً متماثلة (حجر النرد هو معكعب متماثل تماماً) .

إذا درسنا تجربة رمي حجر النرد ، نستطيع بسبب هذا التماثل أن نقول بأن فرصة ظهور الرقم 1 إلى أعلى تساوي فرصة ظهور الرقم 2 وتساوي فرصة ظهور الرقم 3 وهكذا، وهذا يعني أن النواتج الممكنة لها نفس فرصة الظهور .

وبالتالي فإن احتمال (فرصة) ظهور وجه عند رمي قطعة النقد مرة واحدة يساوي $\frac{1}{2}$ ،

وا احتمال (فرصة) ظهور الرقم (5) عند رمي قطعة النرد مرة واحدة يساوي $\frac{1}{6}$

إذن فإن احتمال (فرصة) ظهور ناتج ما = $\frac{\text{عدد مرات ظهور هذا الناتج}}{\text{عدد النواتج الممكنة}}$

12.4. تعريف الاحتمال Probability Definition

إذا كان لدينا فرض ما، فإتينا نعين لصواب هذا الفرض العدد "1" ونعين لخطئه العدد "صفر"، ومن ثم فإن أى عدد يقع بين الصفر والواحد يمكن أن يعبر عن درجة صواب أو خطأ هذا الفرض، فمثلا يمكننا القول بأن احتمال (فرصة) ظهور البترول في منطقة ما هو $P(A) = 0.6$ أو أن احتمال (فرصة) نجاح العملية الجراحية هو $P(A) = 0.8$ أو أن احتمال سقوط الأمطار غدا هو $P(A) = 0.5$ ، أو أن احتمال توقف الإنتاج خلال الأسبوع القادم $P(A) = 0.10$ وهكذا، ويؤخذ الاحتمال بدهاء كمقياس لدرجة اعتقادنا أو شدة اقتناعنا في صحة فرض ما أو وقوع حدث ما.

وطبقا لهذا التعريف فإن الاحتمال بهذا الشكل يخضع لذاتية المشاهد وتحيزه وخبرته وهذه نقطة ضعف لمفهوم الاحتمال ، ومع ذلك فكثيرا ما نجد أنفسنا مضطرين إلى تقدير احتمال حدث بالبداهة أو بالخبرة وذلك حين لا تتوفر عوامل ومؤشرات مباشرة تكفى لحساب احتمال ذلك الحدث، وأثناء الدراسة التطبيقية سنتعامل مع الاحتمال على أن له تعريفين آخرين الأول يعتبر أن الاحتمال هو "نسبة" والثاني يعتبر أن الاحتمال هو "تكرار نسبي" كما هو موضح فيما يلي:

12.4.1. التعريف التقليدي للاحتمالات Classical Definition for Probability

إذا أسفرت تجربة عن N من النتائج أو الحالات المتساوية الإمكان، وكان الحدث A يقع في M من هذه النتائج، فإن احتمال وقوع هذا الحدث يساوى $P(A) = \frac{M}{N}$ أى يساوى النسبة بين عدد الحالات التي يمكن أن يقع فيها الحدث و العدد الكلى للحالات التي يمكن أن تسفر عنها التجربة.

فإذا القينا زهرة الطاولة ذات الستة أوجه بصورة عشوائية، فإن النواتج الممكنة للتجربة هي الأعداد الستة 1، 2، 3، 4، 5، 6 وهذه النواتج متساوية الإمكان لأنه لا يوجد لدينا ما يجعلنا نتوقع ظهور أحدها دون الآخرين، وعلى ذلك فإن احتمال الحدث "ظهور أى عدد" هو $\frac{1}{6}$ ، وكذلك احتمال الحدث "ظهور عدد فردي" هو $\frac{1}{2} = \frac{3}{6}$ ، وكذلك فإن احتمال سحب "صورة" من أوراق الكوتشينه هو $\frac{12}{52}$ ، وكذلك فإن احتمال سحب "الورقة السوداء التي تحمل الرقم 4" من أوراق الكوتشينه هو $\frac{2}{52}$ ، وبالتالي فإن الاحتمال هنا هو نسبة.

وهذا التعبير يصلح لإيجاد الاحتمالات نظريا في الحالات التي يتوفر فيها شرط تساوى إمكانية الحدث فمثلا إذا كان لدينا مجموعة مكونة من 100 رجل، وعلم أن 12 منهم يلبسون نظارات، و 8 منهم لا يلبسون نظارات ولكن يحتاجون إليها، فإذا اخترنا رجلا من

هذه المجموعة عشوائية فإن احتمال أن يكون "الرجل لا لبسا نظارة" هو $\frac{12}{100}$ ، و احتمال أن يكون "الرجل لا يلبس نظارة ولكن يحتاج إليها " هو $\frac{8}{100}$ ، واحتمال أن يكون "الرجل لا يلبس نظارة ولا يحتاج إليها " هو $\frac{80}{100}$.

وهذا التعريف الذي سبق تقديمه يتناول التجارب التي تسفر عن عدد منتهى من النواتج، إلا أنه مع بعض التعديل يمكن أن يمتد ليشمل التجارب التي تسفر عن عدد لا نهائي من النواتج، فإذا كان لدينا مساحة محددة A، وكانت المساحة B جزء من المساحة A، واخترنا عشوائيا نقطة من المنطقة A، فإن احتمال "وقوع النقطة في المنطقة B" يعرف بالنسبة $\frac{B}{A}$ وذلك مع الاحتفاظ بفرض تساوى فرص الحدوث، ويلاحظ هنا أن تعبير العشوائية يعنى أن احتمال وقوع نقطة في مساحة التجريب يتناسب مع مقياس هذا الجزء، وأن الاحتمال مستقل عن شكل المساحة وموضعها.

12.4.2. التعريف الإحصائي للاحتمالات Statistical Definition For Probability

ينطلق هذا التعبير من فكرة التكرار النسبي، ومن ظاهرة اكتشفت بالملاحظة والتجريب تعرف بظاهرة الانتظام الإحصائي Statistical Regularity ومجملها أنه إذا كررت تجربة مرات كثيرة تحت نفس الظروف (مثل رمى زهرة الطاولة) فإن التكرار النسبي لحدث ما متعلق بهذه التجربة (مثل ظهور الرقم خمسة) يقترب من عدد ثابت كلما زاد عدد مرات التجربة، ويؤخذ هذا العدد كتقدير لاحتمال ذلك الحدث. ولذلك يعرف احتمال حدث ما على أنه نهاية متتابعة من التكرارات النسبية لوقوع هذا الحدث، فمثلا إذا ألقينا قطعة نقود معدنية عشوائيا بصورة منتظمة عشرات المرات ثم مئات المرات ثم ألوف المرات ثم.... فإن التكرار النسبي لظهور الصورة يقترب من العدد $\frac{1}{2}$ كلما زاد عدد مرات إلقاء القطعة، وحينئذ نقول أن احتمال الحدث "ظهور الصورة" هو 50%، ويفهم من هذا أنه إذا رميت قطعة نقود عددا كبيرا من المرات فإن نسبة عدد المرات التي تظهر فيها الصورة إلى العدد الكلى لمرات رمى القطعة هو $\frac{1}{2}$ على المدى الطويل عند ثبات الظروف المحيطة.

والتعريف الإحصائي يسهل إيجاد الاحتمالات تجريبيا، فإذا أردنا مثلا إيجاد احتمال ظهور وحدة معينة من الوحدات التي ينتجها مصنع ما، فإننا نسحب عينة عشوائية كبيرة من الوحدات المنتجة، ونحسب التكرار النسبي للوحدات المعيبة ونرسم الهستوجرام ثم نقسم قيمة كل عمود (التكرارات) من أعمدة الهستوجرام Histogram على إجمالي قيم الأعمدة

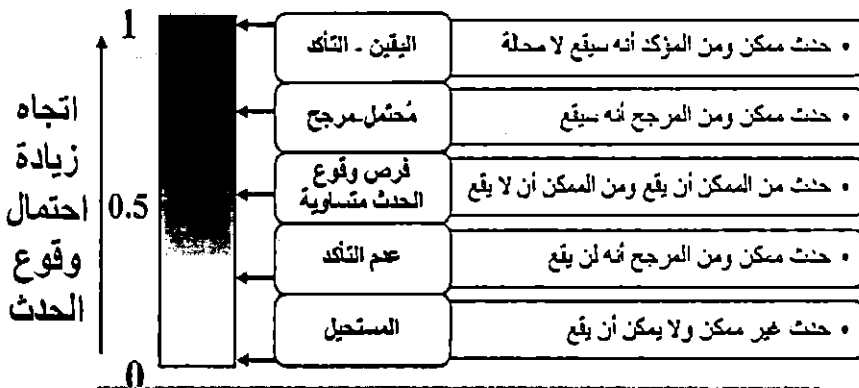
(إجمالي التكرارات) فنحصل على ما نطلق عليه دالة التوزيع الاحتمالية Probability Distribution Function (PDF)، وإذا تم تجميع ورسم قيم دالة الكثافة فإننا نحصل على دالة التوزيع التراكمية Cumulative Distribution Function (CDF)، كما يمكن باستخدام الإحصاء الاستنتاجي Inferential Statistics أن نحصل على تقدير للاحتمال المطلوب، ثم بعد ذلك يمكننا اختبار مدى دقة هذا التقدير كما تم الإشارة إلى ذلك عند الحديث عن الدراسة الإحصائية في هذا الكتاب.

12.4.3. تعريفات خاصة بالاحتمال Definitions For Probability

■ الحدث Event: هو ناتج واحد ، أو عدة نواتج من النواتج الممكنة عند إجراء تجربة عشوائية ما، ويرمز للحدث بالرمز (ح)، وإذا احتوى الحدث على عنصر واحد سُمي حدثًا بسيطًا من الفضاء العيني Ω ، أما إذا احتوى الحدث جميع عناصر الفضاء العيني Ω فنسميه حدثًا أكيدًا ، فاختيار أحد الألوان أحمر، أخضر، أزرق، أسود من مجموعة الألوان: {أحمر ، أخضر ، أزرق ، أسود} هو حدث أكيد . أما حدث اختيار اللون الأصفر في التجربة فيُسمى بالحدث المستحيل (لأنه لا يمكن أن يكون أحد نواتج التجربة).

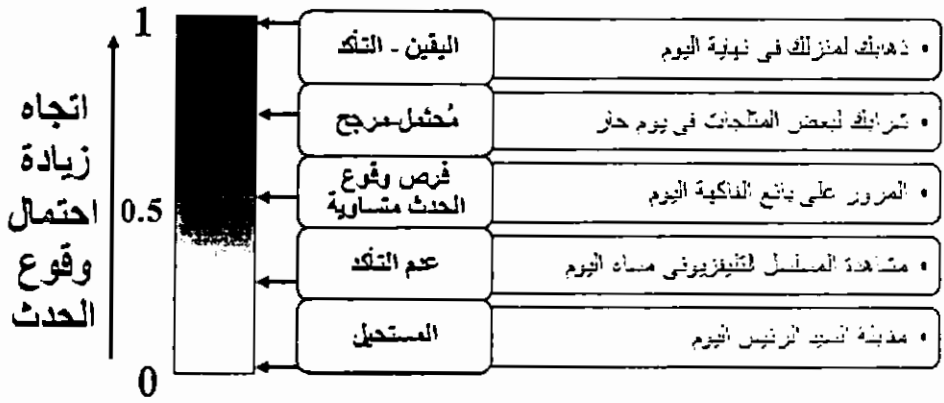
■ الرمز $P(A)$ يعني احتمال وقوع الحدث A ، ويلاحظ أن هذا الاحتمال يتراوح بين الصفر والواحد الصحيح ويعبر عن ذلك بالعلاقة $0 \leq P(A) \leq 1$ ، وإذا كانت $P(A) = 0$ ، فإننا نقول أن الحدث A هو حدث مستحيل، أما إذا كانت $P(A) = 1$ فإننا نقول أن الحدث A هو حدث مؤكد.

والشكل 1-12 يعرض الأنواع المختلفة للإحتمال



شكل رقم 1-12 الأنواع المختلفة للإحتمال

أما الشكل 12-2 فيعرض أمثلة للإحتمالات المختلفة



شكل رقم 12-2 أمثلة مختلفة للإحتمال

- الرمز $P(\bar{A})$ يعنى الاحتمال المكمل للإحتمال $P(A)$ أى أن $P(A) = 1 - P(\bar{A})$
- الرمز $P(A \cup B)$ أو $P(A \text{ or } B)$ يعنى احتمال وقوع واحد من الحدثين A و B على الأقل، أى وقوع الحدث A فقط، أو وقوع الحدث B فقط، أو وقوع الحدث A و B معا.
- الرمز $P(A \cap B)$ أو $P(A \text{ and } B)$ يعنى احتمال وقوع الحدثين A و B معا أو بالتتابع.
- الرمز $P(A|B)$ يعنى احتمال وقوع الحدث A (الذى يكون مجهولا) بشرط أن يكون الحدث B (الذى يكون معلوما) قد وقع فعلا ويسمى هذا الاحتمال بالاحتمال الشرطى Conditional Probability للحدث A بالنسبة للحدث B ، ومثال ذلك اختيار طالب من مدرسة ما بشرط أن يكون من الرياضيين.
- يقال للحدثين A و B أنهما متنافيان إذا كان وقوع أحدهما يمنع وقوع الآخر، وبذلك لا يمكن أن يقع الحدثان معا، أى يكون $P(A \text{ and } B) = 0$ ، فمثلا فى حالة ولادة طفل يكون الحدث "المولود ذكر" والحدث "المولود أنثى" حدثان متنافيين أى لا يمكن أن يقع معا.
- يقال للحدثين A و B أنهما مستقلان إذا كان احتمال وقوع أيهما لا يتأثر بوقوع أو عدم وقوع الآخر أى إذا كان $P(A|B) = P(A)$ وكان $P(B|A) = P(B)$ ، فمثلا إذا ألقينا قطعتين من العملة المعدنية عشوائيا فإن ما يظهر على أى منهما (صورة أو كتابة) يكون مستقلا

عن الأخرى (إلا إذا كانت القطعتان مربوطتين معاً بخيط مثلاً)، كذلك اختيار طالب من كلية الهندسة واختيار طالب من كلية الطب هما حدثان مستقلان.
■ قاعدة جمع الاحتمالات:

$P(A \text{ or } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ and } B)$ أى أن احتمال وقوع أحد الحدثين A و B أو كلاهما يساوى احتمال وقوع الأول مضافاً إليه احتمال وقوع الثاني مطروحاً منه احتمال وقوعهما معاً، فإذا كان الاحتمالان A و B متنافيين فإن التعبير السابق يصبح $P(A \text{ or } B) = P(A) + P(B)$ وتسمى هذه القاعدة بقاعدة الجمع للأحداث المتنافية ويمكن تعميم ذلك إذا كانت A و B و C و..... و N أحداثاً متنافية فإن:

$$P(A \text{ or } B \text{ or } C \text{ or } \dots \text{ or } N) = P(A) + P(B) + P(C) + \dots + P(N) = 1$$

أى أن احتمال وقوع عدة أحداث متنافية يساوى مجموع احتمالات وقوع كل حدث بصفة مستقلة والمجموع يساوى الواحد الصحيح.

■ قاعدة ضرب الاحتمالات:

$P(A \text{ and } B) = P(B | A) * P(A) = P(A | B) * P(B)$ أى أن احتمال وقوع حدثين معاً يساوى احتمال أحدهما مضروباً فى الاحتمال الشرطى للآخر بالنسبة للأول، بشرط أن $P(A) \neq 0$ and $P(B) \neq 0$ ، فإذا كان الحدثان مستقلين فإن $P(A \text{ and } B) = P(A) * P(B)$ وتسمى هذه القاعدة بقاعدة الضرب للأحداث المستقلة ويمكن تعميم ذلك إذا كانت A و B و C و..... و N أحداثاً متنافية فإن :

$$P(A \text{ and } B \text{ and } C \text{ and } \dots \text{ and } N) = P(A) * P(B) * P(C) * \dots * P(N)$$

والجدول 1-12 التالى يعرض ملخصاً لهذه القواعد

جدول رقم 1-12 ملخص لقواعد ضرب وجمع الاحتمالات

قاعدة الجمع	$P(A \text{ or } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ and } B)$	
Or Rule?	$P(A \text{ or } B \text{ or } C \text{ or } \dots \text{ or } N) = P(A) + P(B) + P(C) + \dots + P(N) = 1$	أحداث متنافية
قاعدة الضرب	$P(A \text{ and } B) = P(B A) * P(A) = P(A B) * P(B)$	
And Rule?	$P(A \text{ and } B \text{ and } C \text{ and } \dots \text{ and } N) = P(A) * P(B) * P(C) * \dots * P(N)$	أحداث مستقلة

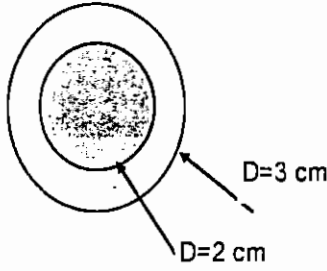
■ يتم حساب الاحتمال من العلاقة التالية:

$$\text{Probability}_{\text{classic}} = \frac{\text{Number of Possible outcome}}{\text{Number of Total outcome}} = \frac{\text{Number of Ways "A" Can Occur}}{\text{Number of Total Different Simple Events}}$$

أى أن الاحتمال يساوى خارج قسمة عدد الأحداث الممكنة على العدد الكلى للأحداث.

مثال رقم 1-12:

إذا اختيرت نقطة عشوائية من داخل دائرة A نصف قطرها 3 سم، فما هو احتمال ألا يزيد بعد هذه النقطة عن مركز الدائرة عن 2 سم؟
الحل .



شكل رقم 1-12 3 مخطط المثال 1-12

فى هذه الحالة كما فى شكل 1-12 3 نقول أن الحدث المطلوب يقع إذا وقعت النقطة المختارة داخل دائرة B لها نفس مركز الدائرة A ونصف قطرها 2 سم
أى أن الاحتمال المطلوب يساوى نسبة مساحة الدائرة B إلى مساحة الدائرة A أى

$$\frac{B}{A} = \frac{\pi d_B^2}{\pi d_A^2} = \frac{4}{9} \quad (\text{محمد أبو يوسف، 1998})$$

مثال رقم 2-12:

عند رمى زهرة الطاولة بصورة عشوائية لمرة واحدة نجد أن:

■ احتمال ظهور العدد 5 على الزهرة الأولى، و 6 على الزهرة الثانية هما حدثان مستقلان .

$$P(5 \text{ and } 6) = P(5) * P(6) = \frac{1}{6} * \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$$

■ احتمال ظهور العدد 6 على الزهرة الأولى، و 5 على الزهرة الثانية هما حدثان مستقلان.

$$P(6 \text{ and } 5) = P(6) * P(5) = \frac{1}{6} * \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$$

■ احتمال ظهور العدد 5 على إحدى الزهرتين، و 5 على الزهرة الأخرى هما حدثان

$$P(5 \text{ and } 6) + P(6 \text{ and } 5) = \frac{1}{36} + \frac{1}{36} = \frac{2}{36} = \frac{1}{18} \quad \text{متنافيان.}$$

مثال رقم 12- 3:

صندوق به 7 كرات حمراء، و 3 كرات بيضاء، وتم سحب كرتان عشوائيا الواحدة تلو الأخرى دون إرجاع والمطلوب حساب احتمال الأحداث التالية:

أولاً: أن تكون كلتا الكرتان حمراء. ثانياً: أن تكون كلتا الكرتان بيضاء.

ثالثاً: أن تكون إحدى الكرتين حمراء والأخرى بيضاء.

الحل:

أولاً: احتمال أن تكون الكرة الأولى حمراء $= \frac{7}{10}$ وبشرط أن تكون الكرة الأولى حمراء فإنه يتبقى 6 كرات حمراء والمجموع هو 9 كرات، وبالتالي فإن احتمال أن تكون الكرة الثانية

حمراء $= \frac{6}{9} = \frac{2}{3}$ وهو احتمال شرطي (أى احتمال أن تكون الكرة الثانية حمراء بشرط أن تكون الكرة الأولى حمراء)، وعلى فباستخدام قاعدة الضرب فإن احتمال أن تكون الكرتان

$$\text{حمراء} = \frac{7}{10} * \frac{2}{3} = \frac{7}{15}$$

$$\text{ثانياً: بنفس المنطق نجد أن احتمال أن تكون الكرتان بيضاء} = \frac{3}{10} * \frac{2}{9} = \frac{1}{15}$$

$$\text{ثالثاً: احتمال أن تكون الكرة الأولى حمراء والثانية بيضاء} = \frac{7}{10} * \frac{3}{9} = \frac{7}{30}$$

$$\text{و احتمال أن تكون الكرة الأولى بيضاء والثانية حمراء} = \frac{3}{10} * \frac{7}{9} = \frac{7}{30}$$

$$\text{و احتمال أن تكون إحدى الكرتين حمراء والثانية بيضاء} = \frac{7}{30} + \frac{7}{30} = \frac{14}{30} = \frac{7}{15}$$

مثال رقم 12- 4:

ثلاث مجموعات من الأطفال تتألف الأولى من (ثلاث بنات وولد واحد) وتتألف الثانية من (بنتين وولدين) وتتألف الثالثة من (بنت واحدة وثلاثة أولاد) فإذا اختير طفل عشوائيا من كل مجموعة فما احتمال أن يكون الثلاثة أطفال المختارون عبارة عن بنت واحدة وولدين؟

الحل:

يقع الحدث المطلوب بإحدى الطرق الثلاثة الآتية : (بنت وولد وولد) أو (ولد وبنت وولد) أو (ولد وولد وبنت)

$$\frac{9}{32} = \frac{18}{64} = \frac{3}{4} * \frac{2}{4} * \frac{3}{4} = \text{احتمال الطريقة الأولى}$$

$$\frac{3}{32} = \frac{6}{64} = \frac{3}{4} * \frac{2}{4} * \frac{1}{4} = \text{واحد احتمال الطريقة الثانية}$$

$$\frac{1}{32} = \frac{2}{64} = \frac{1}{4} * \frac{2}{4} * \frac{1}{4} = \text{واحد احتمال الطريقة الثالثة}$$

وبما أن الأحداث متنافية فإن احتمال أن يكون الأطفال المختارون عبارة عن بنت واحدة

$$\frac{13}{32} = \frac{1}{32} + \frac{3}{32} + \frac{9}{32} = \text{أى مجموع احتمالات هذه الطرق، أى}$$

مثال رقم 12-5:

إذا ألقينا حجر نرد (حجر النرد عبارة عن مكعب ذو ستة أوجه والأوجه مرقمة من 1 - 6)
فما احتمال أن يظهر ؟

- أ. الرقم (1) ؟
ب. رقم فردي .
ج. رقم زوجي ؟
د. رقم أكبر من (4) ؟
هـ . رقم أكبر من (10) ؟
و . رقم أصغر من (6) ؟
ز. رقم أصغر من (9) ؟
ح. رقم غير الرقم (3) ؟

الحل:

- أ - الرقم (1) = $\frac{1}{6}$
ب - رقم فردي = $\frac{1}{2}$
ج - رقم زوجي = $\frac{1}{2}$
د - رقم أكبر من (4) = $\frac{1}{3}$
هـ . رقم أكبر من (10) = صفر .
و . رقم أصغر من (6) = $\frac{5}{6}$
ز. رقم أصغر من (9) = $\frac{1}{6}$
ح. رقم غير الرقم (3) = $\frac{5}{6}$

12.5. مبدأ العد لحساب الاحتمال Counting for Probability Calculation

في الأمثلة البسيطة السابقة عندما كنا نقوم بحساب الاحتمال كنا نقوم بجهد مقبول بعد الأحداث الممكن وقوعها (وذلك لان تلك الأمثلة كانت بسيطة)، ولكن ماذا لو كانت تلك الأحداث الممكن وقوعها عملياً كبيرة وأن حصرها واحدة فأخرى سيكون شاقاً وليس بتلك البساطة التى رأيناها فى الأمثلة السابقة.

وعموماً يوجد ثلاث طرق للعد وهى :

1- الحصر اليدوي Manual counting لكل الاحتمالات الممكنة: وفيها نقوم بكتابة كل الاحتمالات الممكنة يدوياً ومن ثم عدّها. كما يمكن أيضاً حصر الاحتمالات الممكنة باستخدام طريقة الرسم المتفرع أو المخطط الشجري Tree Diagram الغير مقفل.

2- التفكير الاستنتاجي Inferential Thinking: إذا أردنا معرفة عدد مجموعات الأحرف التي يمكن تشكيلها من الأحرف الثلاثة أ، ب، جـ. فإننا نجد أن للخانة الأولى 3 خيارات محتملة هي أ، ب، جـ. ولكل من هذه الخيارات الثلاثة خياران آخران فقط لملء الخانة الثانية، بمجموع $2 \times 3 = 6$ خيارات. ومع كل واحد من هذه الاحتمالات الستة، يوجد خيار محتمل واحد للخانة الثالثة. أي بمجموع $6 = 1 \times 6$. ولذا فإن عدد احتمالات مجموعات الأحرف تساوي $3 \times 2 \times 1 = 6$. واللجوء إلى الاستنتاج أفضل من مجرد حصر كل الاحتمالات الممكنة لأن التفكير الاستنتاجي يأخذ في الاعتبار كل الاحتمالات الممكنة، بينما قد يغفل أحدها أثناء الحصر، خاصة إذا كان لدينا عدد كبير من الأشياء.

3- استخدام الصيغ الرياضية Mathematical Formulas: حيث نجد أنفسنا مضطرين إلى استخدام بعض الطرق الرياضية للعد حين يكون الحصر اليدوي أو التفكير الاستنتاجي صعباً لكثير الطرق الممكنة، وخلال الصفحات القليلة القادمة سنتعرض لبعض هذه الطرق.

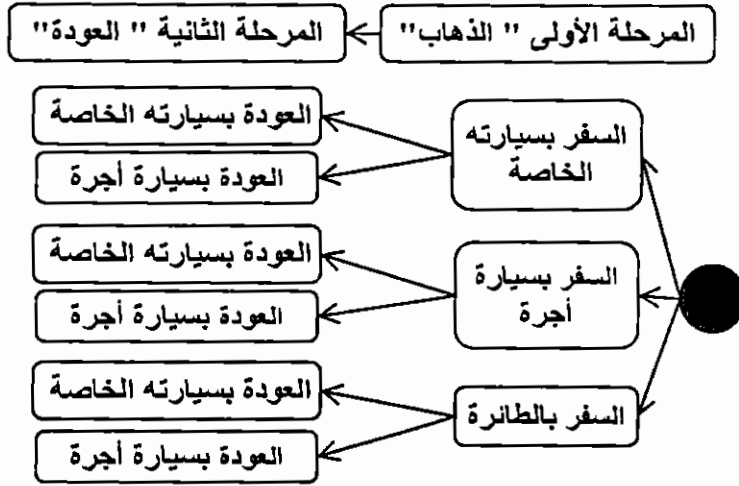
12.5.1 قاعدة الضرب $m \times n$ / المخطط الشجري Tree Diagram

إذا كان لدينا نشاط ما يمكن اتمامه على مرحلتين ، المرحلة الأولى يمكن أن تتم بعدة طرق عدّها m ، والمرحلة الثانية يمكن أن تتم بعدة طرق عدّها n ، فإن العدد الكلي للطرق التي يمكن أن يتم إنجاز النشاط بها بمرحلتيه هو حاصل ضرب $(m \times n)$.

مثال رقم 12-6:

إذا أمكن لمسافر أن يسافر ذهاباً من القاهرة إلى الأسكندرية بسيارته الخاصة أو بسيارة أجرة أو بالطائرة، وإياباً من الأسكندرية إلى القاهرة بسيارته الخاصة أو بسيارة أجرة . فبكم طريقة يستطيع هذا المسافر أن ينتقل من القاهرة إلى الأسكندرية والعودة؟

الحل : المرحلة الأولى يمكن أن تتم بثلاث طرق m تساوي ثلاثة ، و المرحلة الثانية يمكن أن تتم بطريقتين n تساوي اثنتين، فعدد الطرق المختلفة الممكنة هي 3×2 أي ستة طرق، والشكل 12-4 يبين هذه الطرق.



شكل رقم 12- 4 الطرق المختلفة للإنتقال من القاهرة إلى الإسكندرية ذهاباً وإياباً

ويمكن تعميم قاعدة الضرب على أى حدث يتم على أى عدد من المراحل المتتالية، فلو فرضنا أنه يمكن اتمام المرحلة الأولى بـ n_1 طريقة، والمرحلة الثانية بـ n_2 طريقة، والمرحلة الثالثة بـ n_3 طريقة، والمرحلة الـ k بـ n_k طريقة فيكون عدد الطرق الممكنة لاتمام هذا الحدث بجميع مراحلها هو حاصل ضرب عدد هذه الطرق، أى يكون عددها هو:

$$n_1 * n_2 * n_3 * \dots * n_k$$

مثال رقم 12- 7:

يقدم احد المطاعم 4 اصناف من اللحوم ، و3 اصناف من السلطات , وصنفين من الحلوى كم عدد الاختيارات الممكنة لوجبة غذائية مكونة من صنف واحد من كل نوع ؟

الحل : اختيار وجبة مكونة من صنف واحد من كل نوع يتم على ثلاثة مراحل:

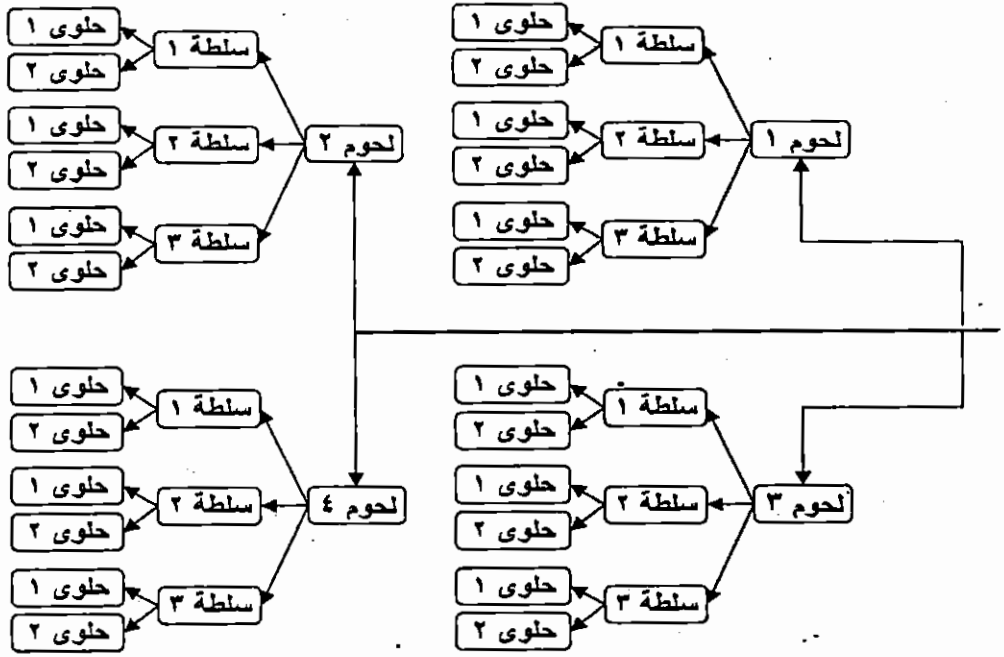
اولا :: اختيار صنف من اللحوم و يتم باربع طرق،

ثانيا:: اختيار صنف من السلطات و يتم بثلاث طرق،

ثالثا:: اختيار صنف من الحلوى و يتم بطريقتين .

اذن عدد الطرق الممكنة لاختيار الوجبة الغذائية = $4 * 3 * 2 = 24$ طريقة.

والشكل 12- 5 يعرض المخطط الشجرى Tree Diagram لاختيار وجبة غذائية مكونة من صنف واحد من كل نوع من الأطعمة السابق الإشارة فى المثال، ويوضح أنه يمكن الحصول على 24 طريقة مختلفة لذلك.



شكل رقم 12- 5 الطرق المختلفة لاختيار وجبة غذائية مكونة من صنف واحد من كل نوع

مثال رقم 12- 8:

يعمل في شركة 8 مهندسين ، 3 فنيين، 24 عاملا . بكم طريقة يمكن تكوين فريق عمل مكون من مهندس وفني و عامل ؟

الحل:

عدد فرق العمل المكونة من مهندس وفني و عامل = $24 \times 8 \times 3 = 576$ فريق.

مثال رقم 12- 9:

صندوق فيه 8 كرات مختلفة سحبت 3 كرات الواحدة تلو الاخرى . احسب عدد طرق سحب الكرات الثلاث اذا كان السحب:

أ- دون ارجاع/تكرار .

ب- مع ارجاع/ تكرار.

الحل:

أ-السحب دون ارجاع

عدد طرق سحب الكرة الاولى = 8، عدد طرق سحب الكرة الثانية = 7، عدد طرق سحب

الكرة الثالثة = 6

اذن عدد طرق سحب الكرات الثلاث دون ارجاع = $8 \times 7 \times 6 = 336$ طريقة.

ب-السحب مع ارجاع:

عدد طرق سحب الكرة الاولى=8 ، و عدد طرق سحب الكرة الثانية =8، عدد طرق سحب الكرة الثالثة =8.

اذن عدد طرق سحب الكرات الثلاث =8*8*8=512 طريقة.

12.5.2. نظرية التبادل/الترايب Permutation Theory

إذا تصورنا أن لدينا عدداً من الأماكن/المواقع الخالية r ، ولدينا عدداً من الأشياء/العناصر المتوفرة n ، ونريد أن نملأ هذه الأماكن/المواقع الخالية بتلك الأشياء/العناصر فإن هذا العمل سيتم على مراحل عددها r ، ففي المرحلة الأولى نملأ المكان/الموقع الأول بأى شئ نختاره من بين الأشياء/العناصر المتوفرة n ، أى بعدد n من الطرق. كذلك يمكن أن نملأ المكان/الموقع الثانى بعدد من العناصر $n-1$ المتبقية، وهكذا،.....، والموقع الأخير يمكن ملئه بعدد من الطرق يساوى $n-(r-1)=n-r+1$ طريقة مختلفة. ووفقاً لقاعدة الـ $m*n$ المعممة نجد المطلوب.

تعريف:يسمى ترتيب r من الأشياء/العناصر بالتبادل Permutation .

ويلاحظ أن الترتيب/التعاقب ضرورياً للتفريق بين العناصر المرتبة (التي قد تبدو متشابهة) بمعنى أن ab يختلف عن ba .

ويحسب عدد الطرق التي يتم بها ترتيب عناصر مجموعة مع عدم تكرار العناصر من العلاقة:

$$P_r^n = r! \binom{n}{r} = \frac{n!}{(n-r)!}$$

$$P_r^n = n(n-1)(n-2).....(n-r+1)$$

Multiply $n*(n-1)*(n-2)...$ Times of r

أو

أى نضرب $n \times$ العدد السابق لها $\times$ العدد السابق بعدد من المرات يساوى r من المرات.

حيث $n!$ تقرأ مضروب n أو Factorial n وتساوى $(1)(2) \dots (n-1)n$.

وحيث $r!$ تقرأ مضروب r أو Factorial r وتساوى $(1)(2) \dots (r-1)r$.

أي ان مضروب n يساوي حاصل ضرب n من الاعداد الطبيعية المتتالية تبدأ بالعدد n وتنتهي بالعدد 1 .

وحيث أن n هى عدد العناصر المتوفرة التي نختار من بينها.

وحيث أن r هي عدد المراحل/عدد المرات/ عدد العناصر التي سنختارها.
 ويلاحظ أن $0!$ تقراً مضروب 0 أو Factorial 0 وقيمتها تساوى الواحد الصحيح.
 أما لحساب عدد الطرق التي يتم بها ترتيب عناصر مجموعة مع إمكانية تكرار العناصر فيتم باستخدام العلاقة:

$$p_r^n = n^r$$

أى أن عدد الطرق يساوى عدد الأشياء/ العناصر المتوفرة التي نختار من بينها n مرفوعة إلى أس يساوى عدد العناصر التي سنختارها r .

فمثلاً إذا أردنا معرفة عدد الطرق التي يتم بها ترتيب ثلاث كتب مختلفة هي رياضيات، فيزياء، أحياء متجاورة على رف فإننا نحصل على الترتيب التالية :

(رياضيات فيزياء أحياء)، (رياضيات أحياء فيزياء)، (أحياء رياضيات فيزياء)، (أحياء فيزياء رياضيات)، (فيزياء رياضيات أحياء)، (فيزياء أحياء رياضيات)، إذن عدد الترتيب الممكنة يساوى ستة، وفي هذه الحالة نسمي كل ترتيب تبديلاً، وبتطبيق العلاقة السابقة:

$$p_r^n = \frac{n!}{(n-r)!} = p_3^3 = \frac{3!}{(3-3)!} = \frac{3*2*1}{0!} = \frac{6}{1} = 6$$

12.5.3. نظرية التوافيق Combination Theory

التوافيق Combination هي عدد التشكيلات الممكنة لانتقاء/لاختيار/لانتخاب مجموعة جزئية من مجموعة كلية من العناصر عندما يكون ليس هناك أهمية للترتيب. أو بعبارة أخرى، التوافيق Combination هي عبارة عن عدد الطرق التي يمكن فيها انتقاء r من العناصر من ضمن n من العناصر المتوفرة دون مراعاة لترتيب تسلسل العناصر المنتقاة ضمن التشكيلات الممكنة للمجموعة الجزئية.

ويحسب عدد الطرق التي يتم بها انتقاء عناصر مجموعة مع عدم تكرار العناصر من العلاقة:

$$C = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

فإذا أردنا معرفة عدد الطرق التي يتم بها اختيار ثلاث كتب مختلفة هي رياضيات، فيزياء، أحياء متجاورة على رف (بغض النظر عن الترتيب) فإننا سنجد أنها طريقة واحدة فقط، وفي هذه الحالة نسمي هذا الاختيار توفيقاً، وبتطبيق العلاقة السابقة:

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_3^3 = \frac{3!}{3!(3-3)!} = \frac{3*2*1}{3*2*1*1!} = 1$$

أما لحساب عدد الطرق التي يتم بها انتقاء عناصر مجموعة مع إمكانية تكرار العناصر فيتم باستخدام العلاقة:

$$C_r^n = \frac{(n+r-1)!}{r!(n-r)!}$$

والشكل 4-12 يعرض الصيغ الرياضية المختلفة للعد الحساب، ويوضح أنه توجد أربع صيغ مختلفة

شكل رقم 12-6 الصيغ الرياضية المختلفة للعد

وللتفريق بين التباديل Permutation والتوافيق Combination نجد أن (أ ب ج) و(أ ج ب) و(ب أ ج)، ثلاثة تباديل لمجموعة الرموز أ، ب، ج. أما التوافيق فهي تلك المجموعات التي تتضمن الأشياء نفسها بغض النظر عن الترتيب، فالمجموعات (أ ب ج) و(أ ج ب) و(ب أ ج) كلها تمثل التوافيق نفسها، بينما تمثل المجموعات (أ ب ج) و(أ ب د) و(أ ج د)، توافيق مختلفة.

كذلك في التباديل نهتم بالترتيب والتكرار فالعددان 2 و 5 لهم أربع تباديل هي 22 و 52 و 55 و 25 أما في التوافيق لانهم بالترتيب ولا التكرار فالعددان 2 و 5 لهم توفيق واحد وهي المجموعة (2 ، 5).

12.5.4. الطرق المختلفة للسحب/ للانتقاء Selection Methods

وبالنظر إلى الشكل 4-12 نلاحظ أنه توجد أربعة طرق مختلفة للسحب/ للاختيار/ للانتقاء/ للانتخاب :

1- سحب دفعة واحدة أي في وقت واحد (أي أن ترتيب سحب العناصر ليس مهماً)

وهي توافق Combination، وينقسم هذا السحب إلى نوعين:

▪ مع الإرجاع/ التكرار With repetition .

▪ مع عدم الإرجاع/ التكرار Without repetition .

2- سحب على التوالي/ على الترتيب (أي أن ترتيب سحب العناصر مهم لأنه يصبح

لدينا عنصر محدد في السحبة الأولى ثم عنصر محدد آخر في السحبة الثانية

وهكذا ...) وهي تبادل Permutation ، وينقسم هذا السحب أيضاً إلى نوعين:

▪ مع الإرجاع With repetition .

▪ مع عدم الإرجاع Without repetition .

أما مسألة الإرجاع فهي تهم التكرار ولا علاقة لها بالترتيب، أي أن العنصر المسحوب يمكن أن يظهر عدة مرات عند السحب.

مثال رقم 10-12:

ما عدد الطرق التي يمكن بها سحب 3 كرات على التوالي بدون إرجاع/ تكرار من صندوق به 10 كرات ذات ألوان مختلفة ؟

الحل :

حيث أن الترتيب هنا مهم (إذ أن إختلاف الألوان قد يؤدي إلى إختلاف اللون المسحوب) فإننا نستخدم ال تبادل، و حيث أن السحب سيكون على التوالي بدون إرجاع/ تكرار فإننا و طبقاً للشكل 12-5 نعوض في العلاقة:

$$P_r^n = \frac{n!}{(n-r)!} = P_3^{10} = \frac{10!}{(10-3)!} = \frac{10*9*8*7!}{7!} = 10 * 9 * 8 = 720$$

مثال رقم 11-12:

ما عدد الطرق التي يمكن بها اختيار لجنة مكونة من 3 طلاب من بين 10 طلاب في أحد الفصول؟

الحل :

حيث أن الترتيب هنا لا يهم (إذ أن اختيار أحمد ثم اختيار محمد لا يختلف عن اختيار محمد ثم أحمد) فإننا نستخدم التوافق، كذلك لا يمكن التكرار (إذ لا يمكن اختيار أحمد، وأحمد، وأحمد في لجنة) فإننا و طبقاً للشكل 12-5 نعوض في العلاقة:

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_3^{10} = \frac{10!}{3!(10-3)!} = \frac{10*9*8*17!}{3*2*1*17!} = 120$$

مثال رقم 12-12:

احسب أقصى عدد لكلمة مكونة من ثلاث حروف فقط باستخدام الحروف العربية 28 حرف في الحالات التالية:

- 3- إذا كان الترتيب مهماً ولا يمكن تكرار الحروف في الكلمة.
- 4- إذا كان الترتيب مهماً ويمكن تكرار الحروف في الكلمة.
- 5- إذا كان الترتيب غير مهم ويمكن تكرار الحروف في الكلمة.
- 6- إذا كان الترتيب غير مهم ولا يمكن تكرار الحروف في الكلمة.

الحل :

1- حيث أن الترتيب مهم (أى أن أ ب ج تختلف عن أ ج ب تختلف عن ب أ ج تختلف
عن ب ج أ تختلف عن ج أ ب تختلف عن ج ب أ) فإننا نستخدم التباديل
Permutation ، وحيث أنه يمكن تكرار استخدام نفس الحروف (أى يمكن ترتيب
أ أ أ ، أ أ ب ، أ ب أ ، أ ب ب ، ، أ ب أ ،) فإننا نعوض في القانون:

$$p = n^r = 28^3 = 28 * 28 * 28$$

2- حيث أن الترتيب مهم (أى أن أ ب ج تختلف عن أ ج ب تختلف عن ب أ ج تختلف
عن ب ج أ تختلف عن ج أ ب تختلف عن ج ب أ) فإننا نستخدم التباديل
Permutation ، وحيث أنه لا يمكن تكرار استخدام نفس الحروف (أى لا يمكن
قبول الترتيب أ أ أ ، أ أ ب ، أ ب أ ، أ ب ب ، ، أ ب أ ،) فإننا نعوض في القانون:

$$P_r^n = \frac{n!}{(n-r)!} = P_3^{28} = \frac{28!}{(28-3)!} = \frac{28*27*26*25!}{25!} = 28 * 27 * 26$$

3- حيث أن الترتيب غير مهم (أى أن أ ب ج لا تختلف عن أ ج ب لا تختلف عن ب أ ج
ج لا تختلف عن ب ج أ لا تختلف عن ج أ ب لا تختلف عن ج ب أ) فإننا
نستخدم التوافيق Combination ، وحيث أنه يمكن تكرار استخدام نفس الحروف
(أى يمكن ترتيب أ أ أ ، أ أ ب ، أ ب أ ، أ ب ب ، ، أ ب أ ،) فإننا نعوض في القانون:

$$C_r^n = \frac{(n+r-1)!}{r!(n-1)!} = C_3^{28} = \frac{(28+3-1)!}{3!(28-1)!} = \frac{(30)!}{3*2*1*(27)!} = \frac{30*29*28*27!}{3*2*1*(27)!} = \frac{30*29*28}{6}$$

4- حيث أن الترتيب غير مهم (أى أن أ ب ج لا تختلف عن أ ج ب لا تختلف عن ب أ ج لا تختلف عن ب ج أ لا تختلف عن ج أ ب لا تختلف عن ج ب أ) فإننا نستخدم التوافيق Combination ، وحيث أنه لا يمكن تكرار استخدام نفس الحروف (أى لا يمكن قبول الترتيب ا ا ا ، ا ا ب ، ا ا ج ، ، أ ب ا ،) فإننا نعوض فى القانون:

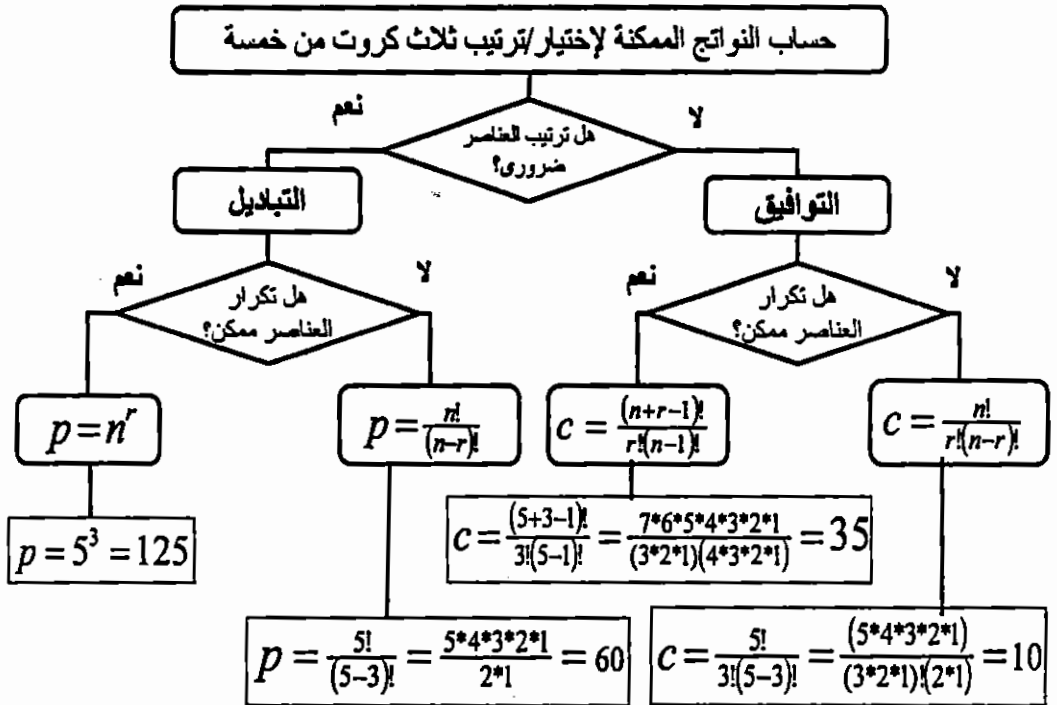
$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_3^{28} = \frac{28!}{3!(28-3)!} = \frac{28*27*26*25!}{3*2*1*25!} = \frac{28*27*26}{6}$$

مثال رقم 12- 13:

أحسب عدد النواتج الممكنة لعملية سحب ثلاث كروت من خمسة فى الحالات التالية:

- 1- إذا كان الترتيب مهماً ولا يمكن تكرار الكارت .
- 2- إذا كان الترتيب مهماً و يمكن تكرار الكارت.
- 3- إذا كان الترتيب غير مهم ويمكن تكرار الكارت.
- 4- إذا كان الترتيب غير مهم ولا يمكن تكرار الكارت.

الحل :



شكل رقم 12- 7 مثال لتطبيق الصيغ الرياضية المختلفة للعدد

مثال رقم 12- 14:

احسب عدد طرق اختيار عينة خماسية من مجتمع احصائي مكون من 200 شخص او الخ.....

الحل :

حيث أن إختيار العينة لا يلزمه الترتيب فنستخدم التوافيق Combination ، وحيث أنه لا يمكن فيه التكرار فنعوض في القانون

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_5^{200} = \frac{200!}{5!(200-5)!} = \frac{200*199*198*197*196}{120}$$

مثال رقم 12- 15:

أراد أربعة أشخاص أخذ صورة جماعية بوقوفهم معاً في صف واحد بكم طريقة مختلفة يمكن أن يصطف هؤلاء الأشخاص؟؟

الحل : الطرق المختلفة لاصطفاف الأشخاص هي التباديل المختلفة (لأن الترتيب مهم ويعطى نتائج مختلفة) لمجموعة مكونة من أربعة عناصر أي P_4^4 ولايجاد هذه القيمة يمكننا تصور المواقع الأربعة التي يقف بها الأشخاص الأربعة هكذا:

يمكن إشغال الموقع الاول بـ 4 طرق

يمكن إشغال الموقع الثاني بـ 3 طرق

يمكن إشغال الموقع الثالث بـ 2 طرق

يمكن إشغال الموقع الرابع بـ 1 طرق

عدد جميع الطرق = $4*3*2*1=24$ طريقة

$$P_r^n = \frac{n!}{(n-r)!} = P_4^4 = \frac{4!}{(4-4)!} = \frac{4*3*2*1}{0!} = \frac{24}{1} = 24$$

مثال رقم 12- 16:

كم عدد مكون من 3 أرقام و يمكن تكوينه من الأرقام : 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 مع عدم تكرار الأرقام في أي عدد ؟

الحل :

عدد طرق كتابة رقم الأحاد = 5 ، وعدد طرق كتابة رقم العشرات = 4 ، وعدد طرق كتابة رقم المئات = 3

وبالتالي فإن عدد طرق كتابة الأرقام الثلاثة = عدد طرق إجراء كل عملية على حده $\times 5 = 4 \times 3 = 60$ طريقة

الحل بطريقة أخرى :

حيث أن الترتيب مهم في هذه الحالة (أي أن 23 قيمة مختلفة عن 32) فإننا نحسب التباديل، وحيث أنه لا يمكن تكرار الأرقام في أي عدد، فإن

$$P_r^n = \frac{n!}{(n-r)!} = P_3^5 = \frac{5!}{(5-3)!} = \frac{5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1}{2!} = 60$$

أي أنه يمكننا تكوين 60 عددا من الخمسة أرقام المعطاه.

مثال رقم 12-17:

ما أقصى حد لكلمة مكونة من ثلاث حروف فقط باستخدام الحروف العربية 28 حرف؟

الحل : الترتيب مهم فنستخدم التباديل Permutation ، فإذا كان التكرار جائزا نعوض في القانون:

$$P_r^n = \frac{n!}{(n-r)!} = P_3^{28} = \frac{28!}{(28-3)!} = \frac{28 \times 27 \times 26 \times 25!}{25!} = 28 \times 27 \times 26$$

أي نضرب 28 $\times$ العدد السابق لها $\times$ العدد السابق لعدد من المرات يساوي 3 مرات.

أما إذا كان التكرار غير جائز نعوض في القانون:

$$p = n^r = 28^3 = 28 \times 28 \times 28$$

أي نضرب 28 $\times$ نفسها لعدد من المرات يساوي 3 مرات.

مثال رقم 12-18:

اشتركت 6 فرق في مسابقة للرياضيات . بكم طريقة يمكن ان تظهر فية نتيجة السباق للمراكز الثلاثة الاولى علما بأنه لا يحل اثنان في المركز نفسه ؟

الحل : الترتيب مهم فنستخدم التباديل Permutation ، والتكرار غير جائز نعوض في القانون:

$$P_r^n = \frac{n!}{(n-r)!} = P_3^6 = \frac{6!}{(6-3)!} = \frac{6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1}{3 \times 2 \times 1} = 120$$

مثال رقم 12-19:

بكم طريقة يمكن اختيار 4 ألوان من مجموعة مكونة من 6 ألوان ؟

الحل :

إذا كان الترتيب في إختيار الألوان غير مهم (أي أن إختيار الأحمر والأخضر لا يختلف عن إختيار الأخضر و الأحمر مثلا) فإننا نحسب التوافيق،

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_4^6 = \frac{6!}{4!(6-4)!} = \frac{6*5*4*3*2*1}{4*3*2*1*(2*1)} = 15$$

مثال رقم 12-20:

أرادت إدارة إحدى الشركات إختيار لجنة من خمس أفراد من بين سبعة أفراد، فما هو عدد الطرق الممكنة للإختيار؟

الحل :

حيث أن الترتيب في إختيار اللجان غير مهم (أي أن إختيار هند وأحمد لا يختلف عن إختيار أحمد و هند) فإننا نحسب التوافيق، و حيث أن التكرار غير ممكن في حالات إختيار أعضاء اللجان، فإننا و طبقاً للشكل 12-5 نعوض في العلاقة :

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_5^7 = \frac{7!}{5!(7-5)!} = \frac{7*6*5*4*3*2*1}{5*4*3*2*1*(2*1)} = 21$$

مثال رقم 12-21:

- بكم طريقة يمكن إختيار لجنة مكونة من 3 طلاب من بين 20 طالب في أحد الفصول ؟

الحل :

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_3^{20} = \frac{20!}{3!(20-3)!} = \frac{20*19*18*17!}{3*2*1*17!} = 1140$$

مثال رقم 12-22:

أرادت إدارة إحدى الشركات إختيار لجنة مكونة من ثلاث سيدات وأربع رجال، فإذا علم أن عدد السيدات هو ست سيدات، وعدد الرجال هو ثمانية رجال، فما هو عدد الطرق الممكنة للإختيار؟

الحل :

ووفقاً لقاعدة الـ $m*n$ المعممة نجد فإن عدد الطرق الممكنة للإختيار $C_3^6 * C_4^8$

$$C_3^6 * C_4^8 = \frac{6!}{3!(6-3)!} * \frac{8!}{4!(8-4)!} = \frac{6*5*4*3*2*1}{3*2*1*(3*2*1)} * \frac{8*7*6*5*4*3*2*1}{4*3*2*1*(4*3*2*1)} = 20 * 70 = 1400$$

مثال رقم 12- 23:

فى المثال السابق 12-22 ما هو احتمال اختيار لجنة مكونة من ثلاث سيدات وأربع رجال، إذا علم أن عدد السيدات هو ست سيدات، وعدد الرجال هو ثمانية رجال ؟

الحل :

حيث أن الترتيب فى إختيار اللجان غير مهم (أي أن إختيار هند وأحمد لا يختلف عن إختيار أحمد و هند) فإننا نحسب التوافق، و حيث أن التكرار غير ممكن فى حالات إختيار أعضاء

اللجان، فإننا و طبقاً للشكل 12-5 نعوض فى العلاقة $C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!}$ كما يلى :

لاختيار لجنة مكونة من ثلاث سيدات من ست سيدات

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_3^6 = \frac{6!}{3!(6-3)!} = \frac{6*5*4*3*2*1}{3*2*1*(3*2*1)} = 20$$

ولاختيار لجنة مكونة من أربع رجال من ثمانية رجال

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} = C_4^8 = \frac{8!}{4!(8-4)!} = \frac{8*7*6*5*4*3*2*1}{4*3*2*1*(4*3*2*1)} = 70$$

وحيث أن المطلوب (لجنة من السيدات و لجنة من الرجال)، ووفقاً لقاعدة الـ $m*n$ المعممة

نجد فإن عدد الطرق الممكنة للإختيار $C_3^6 * C_4^8$

$$\text{Number of Possible outcome} = C_3^6 * C_4^8 = 20 * 70 = 1400$$

ولحساب العدد الإجمالى لكل الأحداث نجد أنه توافق لاختيار سبعة (4+3) أفراد من أربع

عشرة (8+6) فرداً، أى C_7^{14}

$$\text{Number of Total outcome} = C_7^{14} = \frac{14!}{7!(14-7)!} = \frac{14*13*12*11*10*9*8*7!}{7*6*5*4*3*2*1*(7!)} = 3432$$

ولحساب الاحتمال نعوض فى القانون

$$\text{Probability}_{\text{classic}} = \frac{\text{Number of Possible outcome}}{\text{Number of Total outcome}} = \frac{1400}{3432} = 40.79\%$$

الفصل الثالث عشر

التوزيعات الاحتمالية

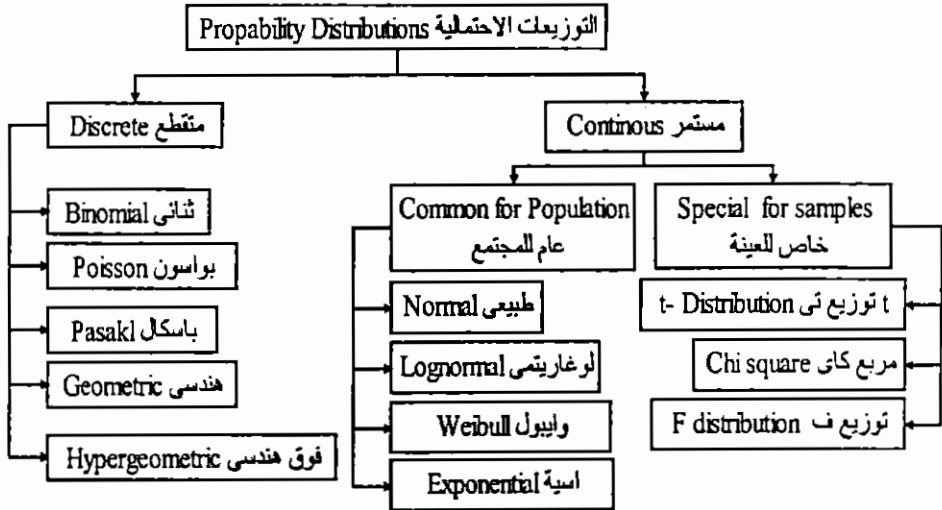
Statistical Distribution

13.1. مقدمة Introduction



التوزيعات الاحتمالية هي نماذج ذات صيغة رياضية يفترض أنها تعكس سلوك متغير ما وليكن X ، وتحدد هذه التوزيعات بمعرفة واحد أو أكثر من الألفة Parameters (جمع دليل مثل المتوسط أو الانحراف المعياري أو درجة الحرية)، و التي تتوقف بدورها على خواص المجتمع وطريقة أخذ العينات منه، وتبنى هذه النماذج على افتراضات خاصة تصور الميكانيكية العشوائية التي تساعدنا في وصف ودراسة سلوك المتغير قيد الدراسة.

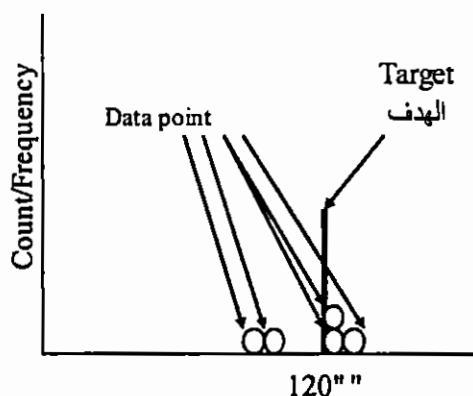
ويصل عدد التوزيعات الاحتمالية إلى ما يقرب من مائة توزيع، وتنقسم التوزيعات الاحتمالية إلى نوعين أساسيين وكل نوع ينقسم بدوره إلى عدة توزيعات، ولكننا سنتناول عددا من التوزيعات الاحتمالية الشهيرة التي نتوقع أنها ستغطي ما نحتاجه أثناء تنفيذ مشاريع التحسين المختلفة وعند التعامل مع التطبيقات الهندسية و الصناعية شكل 1-13.



شكل رقم 1-13 بعض التوزيعات الاحتمالية شائعة الاستخدام

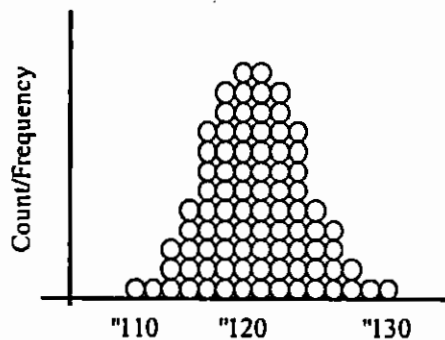
وقبل تناول التوزيعات الاحتمالية بالشرح سنأخذ مثالا لتوضيح ماهية التوزيعات الاحتمالية، فنقول أنه يصادفنا في حياتنا اليومية متغيرات عشوائية كثيرة، (وقد أوضحنا أنواع هذه المتغيرات في هذا الفصل من الكتاب)، وعند قياس بعض هذه المتغيرات فإننا نقيسها بالتقريب لكون بعضها دائم ومستمر التغير.

فمثلا إذا كان لدينا عملية معينة ولنفترض أنها مصنع دواء، ونريد قياس وتحديد وزن عبوات زجاجية لمستحضر ما تقوم بإنتاجه هذه العملية Process، و المفروض أن وزن هذه الزجاجات هو 120 جراما، فإنه من الصعب جداً أن تجد زجاجة وزنها 120 جراما بالضبط، ولذلك ستقوم بأخذ عدة عينات من نهاية خط الإنتاج وستقوم بوزنها، فسنجد أن قيمها أقل من أو أكبر من الـ 120 جرام، وسنجد أن أخذ عدد محدود من العينات من خط الإنتاج لن يعطينا القيمة الحقيقية لوزن هذه الزجاجات.



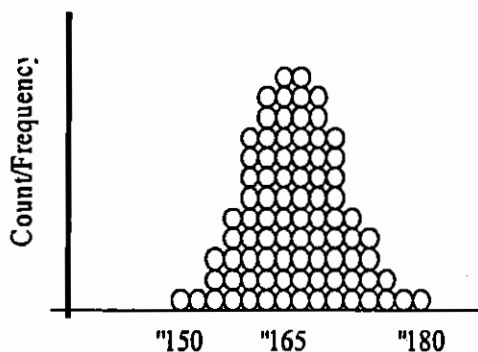
شكل رقم 13- 2 تمثيل بيانات قليلة

ولذا سنحاول التوصل إلى المزيد من الدقة، وذلك بزيادة عدد العينات ولكننا أيضا سنجد أن وزن العينات مهما كثر سيتراوح قيمه حول 120 جرام، ولو أمكننا زيادة عدد العينات الموزونة فسنجد قيمة كثيرة أكبر من الوزن الحقيقي المفروض والذي سنسميه الهدف Target وسنجد كذلك قيمة كثيرة أقل من هذا الهدف، وسنجد أنه كلما ابتعدنا عن الهدف كلما قل عدد العينات، وسنجد أن هناك قيمة عظمى للوزن، وكذلك قيمة صغرى للوزن، وأن الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة لوزن العينات هو ما يطلق عليه المدى Range أي مدي التغير، وسنجد أن معظم أوزان العينات ستكون أقل بقليل أو أكثر بقليل من الوزن الهدف، وبتمثيل هذه البيانات وكما بالشكل 13-3 سنجد أننا يمكننا الحصول على شكل يقترب من شكل الجرس Bell Shape .



شكل رقم 13- 3 تمثيل لعدد اكبر من البيانات

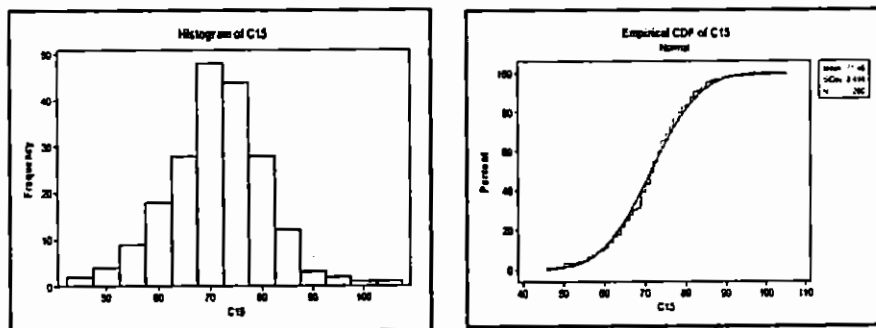
كذلك لو قمنا بقياس أطوال الطلبة في سن الخامسة عشرة في محافظة ما - وهو متغير عشوائي متصل لأنه من الممكن أن يأخذ أى قيمة - فمثلا سنجد أن أطوال الطلبة سيتراوح بين 150 سم إلى 185 سم، ولو أخذنا أى فترة ولتكن 160.5 إلى 161.5 سم لوجدنا آلاف الطلبة الذين تقع أطوالهم داخل هذه الفترة، وسنجد أن متوسط الأطوال سيكون فى حدود 165 سم، وأن الغالبية العظمى من هذه الأطوال سيتركز حول القيمة 165 سم، وأنه كلما ابتعدنا عن هذه القيمة يمينا أو يسارا كلما قل تكرار هذه القيم، وفى النهاية وعند رسم هذه القيم سنحصل أيضا على منحنى كما بالشكل 13-4.



شكل رقم 13- 4 تمثيل لبيانات كثيرة يقترب من شكل الجرس

ويمكن تعميم المثالين السابقين على كثير من الأنشطة الحياتية والملاحظات التي حولنا، وسنجد أننا فى كثير من الحالات عند تسجيلها ورسمها سنحصل على شكل بياني يقترب من شكل الجرس Bell Shape وهو ما نسميه منحنى التوزيع الاحتمالي للمتغير العشوائي، ويمكن التعبير عن خواص هذا المنحنى بدالتين كما يلي:

- دالة الكثافة الاحتمالية Probability Density Function (PDF) والتي ستحكم سلوك ظاهرة أو عملية ما والتي تحدد شكل التوزيع الذي تخضع له هذه الظاهرة أو هذه العملية ويرمز لها بالرمز $f(x)$ أو $p(x)$ والمكتوبة بالحروف الصغيرة Small.
- دالة الكثافة التراكمية Cumulative Density Function (CDF) والتي تعطي قيمة رقمية لاحتمال حدوث هذه الظاهرة أو العملية تحت ظروف محددة ويرمز لها بالرمز $F(x)$ أو $P(x)$ والمكتوبة بالحروف الكبيرة Capital.



شكل رقم 13-5 نموذج لدالة الكثافة الاحتمالية ودالة الكثافة التراكمية

و تحديد هاتين الدالتين كما يظهر في شكل 13-5 سيمكننا من التعامل مع المجتمع تحت الدراسة والتي تم سحب عينات الدراسة منه، و سيمكننا كذلك من التعرف على خصائصها كشكل (توزيع) وكقيمة (احتمال) تماماً كما أمكننا التعامل مع العينة ومعرفة خصائصها من خلال المعايير الرقمية مثل المتوسط Mean والانحراف المعياري Standard Deviation

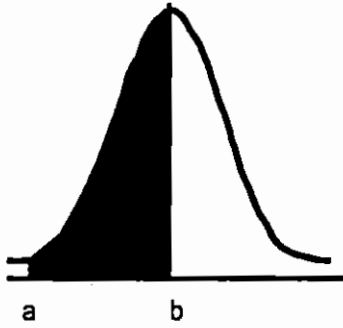
13.2. التوزيعات الاحتمالية المتصلة Continuous Probability Distributions

المتغيرات العشوائية هي متغيرات من خصائصها أنها يمكن أن تأخذ قيما عديدة وكثيرة في فترة ما، و يطلق علي بعضها "متغيرات عشوائية متصلة"، عشوائية لأنها من الممكن أن تأخذ أى قيمة، و متصلة لأنها تأخذ قيما كثيرة، وعند قياس هذه المتغيرات فإننا نقيسها بالتقريب لكونها دائمة ومستمرة التغير، ويعبر عن هذه التوزيعات بمعادلات وليس بجداول وذلك لكثرة القيم التي يمكن أن تأخذها.

بالعودة إلى مثال أطوال الطلبة - الذي ذكرناه في التمهيد لموضوع التوزيعات الاحتمالية - نقول أنه خلال أى فترة ولتكن 160.5 إلى 161.5 سم سنجد آلاف الطلبة الذين تقع أطوالهم داخل هذه الفترة، وبالتالي فاحتمال أن يكون طول أحد الطلبة قيمة واحدة ومحددة مثل 170 سم سيكون صفراً، وذلك لأن الاحتمال في حالة المتغير العشوائي المتصل عبارة عن

المساحة تحت منحنى التوزيع الاحتمالي بين أى نقطتين معينتين، ومن المعروف أن المساحة تحت نقطة واحدة تساوى صفراً. هذا إضافة إلى أنه حتى في تفسيرنا الاحتمال على أنه نهاية التكرار النسبي، فإن هذا التكرار النسبي للطلبة الذين أطوالهم 170 سم بالضبط يساوى صفراً، لأنه مهما صغرت الفترة حول القيمة يظل هناك أعدادا كبيرة جداً من الطلبة الذين تقع أطوالهم في تلك الفترة، وبالتالي تكون نسبة الطلبة الذين طولهم 170 سم بالنسبة للطلبة الذين تقع أطوالهم في الفترة حول 170 سم صغيرة جداً وتؤول للصفر.

وبالتالي فإن احتمال أى قيمة معينة بحد ذاتها سيكون صفراً، وهذا يعنى أن من صفات المتغير العشوائي المتصل أن احتمال مساواته لأى قيمة محددة يكون صفراً، ولهذا لا يمكن تمثيل التوزيع الاحتمالي له بجداول، وإنما يعبر عنه بمعادلة كما قلنا سابقاً، ويكون الاحتمال عبارة عن المساحة تحت منحنى المعادلة وليس بجمع احتمال النقاط لأن احتمال كل نقطة كما قلنا يساوى صفراً.



شكل رقم 13-6 دالة الكثافة الاحتمالية

وبالتالي إذا كان X متغيراً عشوائياً متصلاً وكانت دالة $f(x)$ غير سالبة بحيث تكون المساحة تحتها يساوى 1 فإن $f(x)$ تسمى دالة التوزيع الاحتمالية

Probability Distribution Function أو PDF

أى التوزيع الاحتمالي للمتغير X ، أما احتمال X بين قيمتين $X = a$ & $X = b$ فيساوى المساحة تحت المنحنى والمحصورة بين A & B كما في الشكل 6-13.

وسنبدأ بتناول بعض التوزيعات التي نستخدمها كثيراً في التطبيقات الهندسية و الصناعية والتي تندرج تحت التوزيع الاحتمالى المستمر Continuous Probability Distributions

13.2.1. التوزيع الطبيعي Normal Distribution

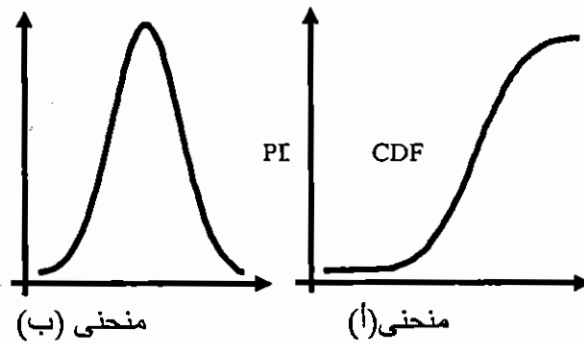
يعتبر التوزيع الطبيعي من أهم التوزيعات الاحتمالية المتصلة على الإطلاق، وعليه بنيت الكثير من النظريات الإحصائية، وقد سمي هذا التوزيع بالطبيعي لأنه كان يظن فيما مضى أن أية بيانات عن ظواهر الحياة ينبغي أن تمثل لهذا التوزيع وإلا كانت هذه البيانات مشكوكا فيها، إلا أن هذا الفرض لم يكن في حقيقة الأمر صحيحاً تماماً فقد اتضح أنه من الصعب في كثير من الأحيان الحصول على توزيع طبيعي لتمثيل ظاهرة ما، وإنما ببعض التقريبات وللتسهيل فإنه يتم التعامل مع هذه التوزيعات على أنها طبيعية، ومن الظواهر التي تخضع

للتوزيع الطبيعي أعمار البشر، وأطوالهم، وأوزانهم، والأمراض التي تصيب الجهاز التنفسي، وكميات اللبن التي تنتجها الأبقار، ومقادير الدسم في الذبائح، ويوصف هذا التوزيع بمعادلة رياضية استنبطها العالم الألماني فريدريك جاوس وهي تحدد منحناه والذي يشبه الجرس، وهي تتعين تماما بمعرفة المتوسط μ والانحراف المعياري (محمد أبو يوسف ، 1996) وتسمى دالة التوزيع الاحتمالية Probability Distribution Function (PDF) (شكل 7-13 ب) و تحكمها العلاقة:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

حيث $-\infty < x < \infty$ ، ومن الواضح أنه يمكننا تحديد التوزيع تماما بمعرفة الدليلين μ & σ أما الدالة المعروفة بدالة الكثافة التراكمية Cumulative Density Function (CDF) (شكل 7-13 أ) فتحكمها العلاقة

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx$$

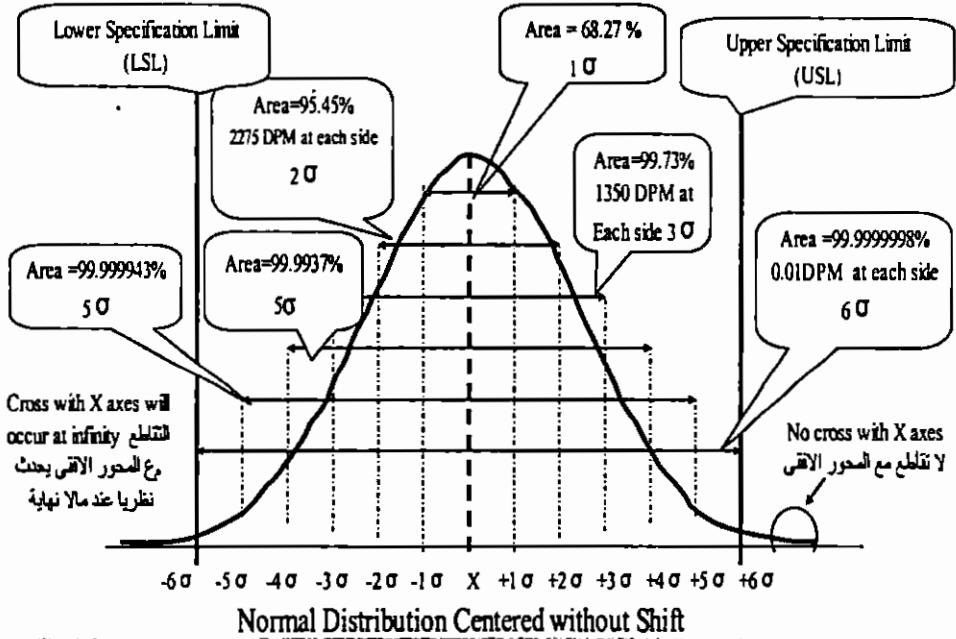


شكل رقم 7-13 دالة التوزيع الاحتمالي ودالة الكثافة التراكمية

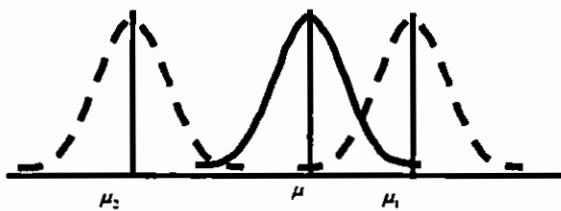
ومن خصائص هذا التوزيع ما يلي:

- يمثل التوزيع الطبيعي بمنحنى يشبه الجرس Bell Shape.
- له قمة واحدة (مركز واحد) أو منوال واحد ينطبق على الوسط μ والوسيط وطرفاه يمتدان إلى ما لا نهاية ولا يقطعان المحور الأفقي.

- له محور تماثل يمر بالقمة ويقسم المنحني لمساحتين متساويتين ويسمى المتوسط .Mean
- تقل التكرارات عند طرفي المنحني وتزداد تدريجيا كلما اقتربنا من المنتصف حتى تبلغ أكبر ما يمكن عند المتوسط .Mean
- المساحة تحت المنحني تساوي 100% وتختلف قيمة المساحة تحت المنحني باختلاف قيمة الـ Sigma Level التي تريد القياس عندها.
- المساحات المحصورة ضمن عدد معين من الانحرافات المعيارية تمثل نسب محددة وثابتة كما هو موضح في شكل 8-13 .

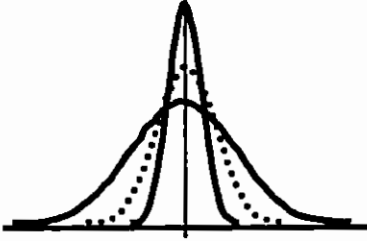


شكل رقم 8-13 الشكل المثالي للتوزيع الطبيعي بدون تحريك



شكل رقم 9-13 تحريك المتوسط يمينا أو يسارا

- إذا تغيرت قيمة المتوسط لا يتغير شكل المنحني وإنما يتحرك يمينا أو يسارا كما في شكل 9-13.



شكل رقم 10-13 تغير تفلطح المنحنى بتغير الانحراف المعياري

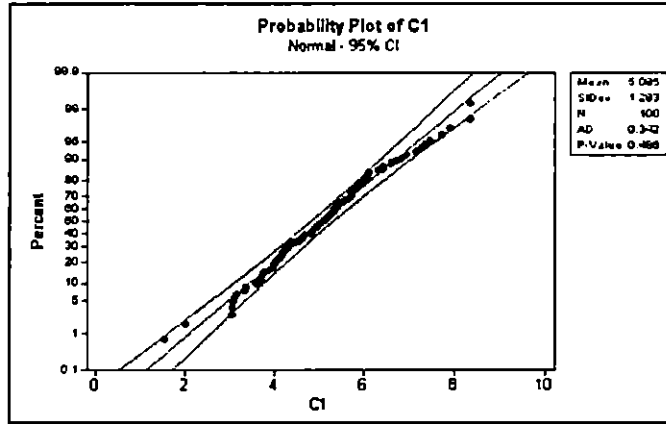
■ أما إذا تغيرت قيمة الانحراف المعياري Standard Deviation و بقيت قيمة المتوسط ثابتة يتغير شكل المنحنى، فيزداد تفلطحها كلما زادت هذه القيمة و يقل تشتتاً كلما قلت هذه القيمة كما فى شكل 10-13.

ونظرا لأهمية هذا التوزيع كما أكدنا سابقا، وحيث إن كثير من النظريات الإحصائية قد بنيت عليه، فلا بد من طريقة للتأكد من أن المجتمع تحت الدراسة يخضع لتوزيع طبيعي أم لا؟ أو ما إذا كان توزيع أحد المتغيرات العشوائية هو التوزيع الطبيعي أم لا؟

وفى الحقيقة هناك عدة وسائل تساعدنا لتحديد ما إذا كان المجتمع تحت الدراسة يخضع لتوزيع طبيعي أم لا كما يلي:

■ من خلال التمثيل البياني Graphs وذلك برسم الهستوجرام Histogram، أو مخطط الصندوق Box Plot، أو الساق والورقة Stem And Leaf .. إلى آخره لعينة مسحوبة من المجتمع والتي توضح ما إذا كان التوزيع قريبا من التوزيع الطبيعي Normal Distribution أم لا؟ وذلك بأن يكون الشكل الناتج يشبه الجرس، ويكون متماثلا حول المتوسط، وذو منوال واحد.

■ من خلال المقاييس الرقمية Measures مثل قيمة بى P Value، ويتم ذلك الاختبار باستخدام برامج المينيتاب Minitab والذي يحسب قيمة P ويرسم شكلا مشابها لشكل 11-13 الذى يسمى مخطط الاحتمال Probability Plot، ولكي تكون البيانات Normal يجب أن يتوفر شرطان أولهما أن تكون قيمة $P < 0.050$ ، وثانيهما أن يقترب الشكل الناتج من خط مستقيم يمكن توقيفه بالعين ويكون محصورا بين الحدود الموضحة بالشكل وفى هذه الحالة ينبغي أن يكون حجم العينة كبيرا أى أكبر من 50 عينة.



شكل رقم 11-13 مخطط الاحتمال

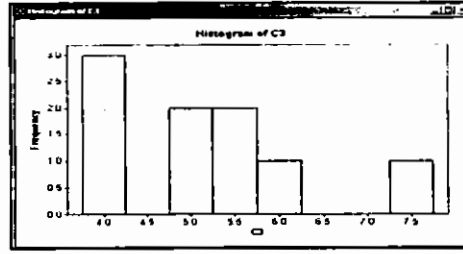
ومن أجل نتائج موثوق فيها يجب ألا نكتفي بأى من التمثيل البياني Graphs أو المقاييس Measures فقط، ولكن ينبغي اختبارهما معاً، أى يفضل دائماً إثبات صحة أى فرضية بأكثر من طريقة، ولكي لا ننسى هذا المفهوم ينبغي أن نتذكر دائماً مثال الصاروخ الذي يتبع الطائرة ويريد إصابتها، فلكي نتأكد من إصابة الطائرة، فإننا نزود الصاروخ بجهاز تتبع يعمل بالأشعة تحت الحمراء Infra Red ولمزيد من التأكد ولزيادة احتمال الإصابة نزوده كذلك بجهاز الكشف بالليزر Laser Detector، ولمزيد من التأكد ولزيادة احتمال الإصابة نزوده كذلك بجهاز تتبع حرارى Thermal Detector، فإذا أخطأت إحدى هذه الطرق، كان هناك احتمال للإصابة بالطريقة الأخرى، وهذا ما يجب أن يتم في دراستنا، فنحن نقوم بإطلاق فرضية ما، ثم نحاول إثبات هذه الفرضية، وكلما زادت الطرق التي نحاول بها إثبات الفرضية كلما كان احتمال الدقة في الاستنتاج أكبر وكلما كان احتمال الخطأ أقل.

مثال رقم 1-13:

تم سحب عينة من مجتمع وكانت قيمها كما في جدول 1-13، والمطلوب اختبار ما إذا كان المجتمع يخضع للتوزيع الطبيعي Normal Distribution أم لا؟

جدول رقم 1-13 القيم العددية لعينة مسحوبة من مجتمع				
5.315	4.18338	4.15836	6.10838	4.17385
5.54294	7.71972	5.07613	5.23303	

الحل: أولاً: نرسم الهستوجرام Histogram للقيم المتاحة من العينة (شكل 12-13)، ويتضح من الرسم أن هذه العينة لا تتبع التوزيع الطبيعي، وبالتالي فليس هناك دليل على أن المجتمع يتبع التوزيع الطبيعي.



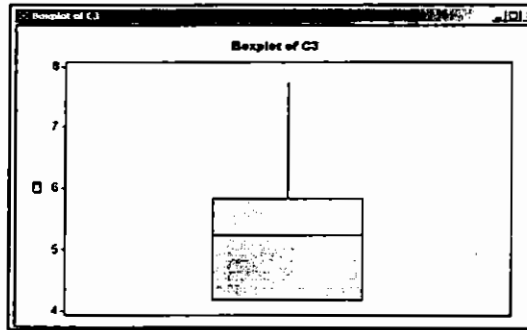
شكل رقم 12-13 هستوجرام البيانات المعطاه فى جدول 1-12

ثانيا: نرسم الساق والورقة Stem And Leaf للقيم المتاحة من العينة (شكل 12-13)، ويتضح من الرسم أن هذه العينة لا تتبع المنحنى التوزيع الطبيعي وبالتالي فليس هناك دليل على أن المجتمع يتبع التوزيع الطبيعي.

(3)	5	023
3	5	5
2	6	1
1	6	
1	7	
1	7	7

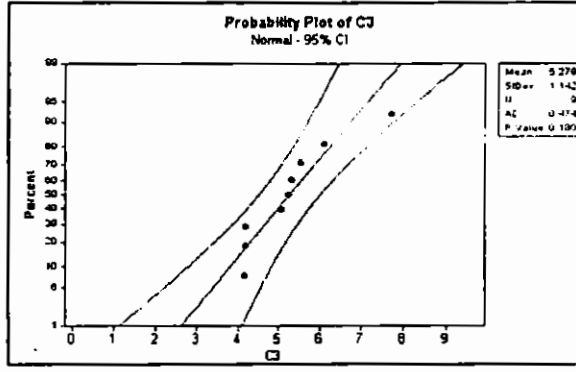
شكل رقم 13-13 مخطط الساق والورقة

ثالثا: نرسم مخطط الصندوق Box Plot للقيم المتاحة من العينة (شكل 13-13)، ويتضح أيضا من الرسم أن هذه العينة لا تتبع التوزيع الطبيعي ، وبالتالي فليس هناك دليل على أن المجتمع يتبع التوزيع الطبيعي أيضا.



شكل رقم 14-13 مخطط الصندوق والشنب

رابعاً: نجرى اختبار طبيعى البيانات Normality Test Plot للقيم المتاحة من العينة، ويتضح أنه يتحقق شرطان وهما أن قيمة الـ $P > 0.05$ ، وأن جميع نقاط العينة تقع داخل الحدود وعلى هذا فإن هذه العينة تتبع منحنى التوزيع الطبيعى Normal Distribution وبالتالي فإن المجتمع يتبع أيضاً منحنى التوزيع الطبيعى.



شكل رقم 13- 15 مخطط الاحتمالية للمثال 12-5

ملاحظات هامة على المثال 13-1:

- 1- بالرغم من أن بعض وسائل الاختبار لم تمكننا من الجزم بأن البيانات المتاحة تمثل التوزيع الطبيعى Normal Distribution فإن بعضها تمكن من ذلك وعليه فلا بد من إجراء أكثر من اختبار فى أن واحد.
- 2- ما أدى لصعوبة التكهن بتبعية البيانات إلى التوزيع الطبيعى هو أن حجم العينة كان صغيراً، وبالتالي يفضل زيادة حجم العينات إن أمكن ذلك.
- 3- يلاحظ أننا اعتبرنا أن العينة تتبع التوزيع الطبيعى بناءً على الاختبار P Value ولم نأخذ نتائج الاختبارات البيانية المختلفة، والسبب فى ذلك أننا عادة ما نبدأ برسم هذه الأشكال إما لعدم توافر مهارة التعامل مع المينيتاب أو لعدم توافر برنامج المينيتاب نفسه، وفى معظم الأحوال تكون النتائج متقاربة، وأننا قد اخترنا قيم العينات بهذه الطريقة للتأكيد على مبدأ الاختبارات المتعددة قبل اتخاذ القرار، أما إذا توفرت المهارة و برنامج المينيتاب فيفضل إجراء اختبار P Value مباشرة إذ أنه الأكثر مصداقية.

وفى الحقيقة فإنه من الناحية العملية عند دراسة ظاهرة ما فإننا نادراً ما نحصل على توزيعات ذات توزيع طبيعى تماماً ، وإنما نحصل على توزيعات قريبة منها وذلك لأن هذه العمليات، وإن كانت تخضع فى تغيرها لنظام معين إلا أنها تخضع أيضاً لمؤثرات عرضية نطلق عليها ضوضاء Noises تؤثر فى هذا النظام وتحجبه عن

الظهور على حقيقته، ولو جردت التوزيعات من هذه المؤثرات لكأنت أقرب إلى التوزيعات الاعتدالية. (مجدى عبد الكريم حبيب ، 1996)

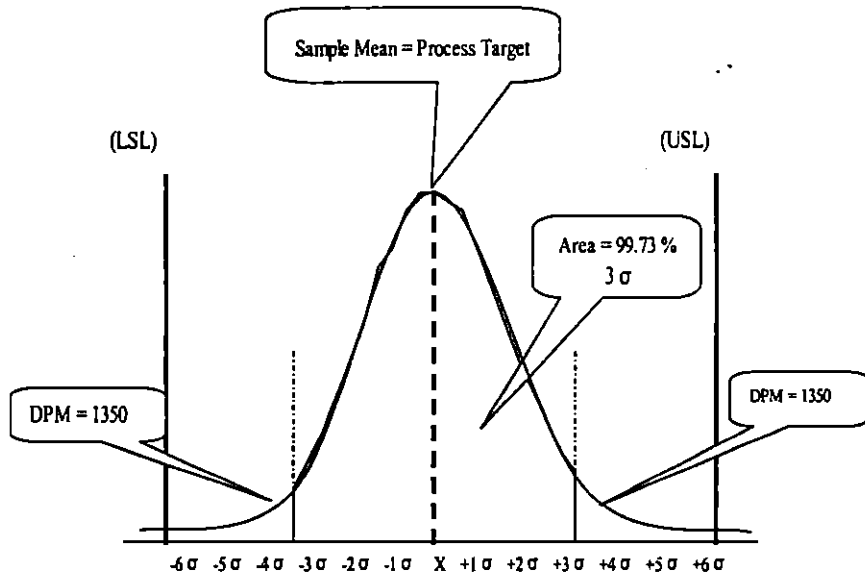
ومن ناحية أخرى قد يكون الاختلاف الذي نشاهده فى التوزيعات عن التوزيعات الاعتدالية راجعا أحيانا إلى عوامل أخرى منها مثلا:

- 1- أن العينة التي اختيرت لتمثيل الظاهرة أو العملية هي عينة غير ممثلة تماما لهما.
- 2- عدم مراعاة الدقة الواجبة فى عملية القياس.

ولذا نجد أن بعض هذه التوزيعات تبتعد قليلا أو كثيرا عن الاعتدالية (مجدى عبد الكريم حبيب 1996).

Normal Distribution Without Shift منحنى التوزيع الطبيعي بدون ترحيل

والشكل 13-16 يعرض الشكل العام لهذا المنحنى



Normal Distribution Centered without Shift

شكل رقم 13-16 منحنى توزيع طبيعى بدون ترحيل

ومن خصائص هذا المنحنى ما يلى:

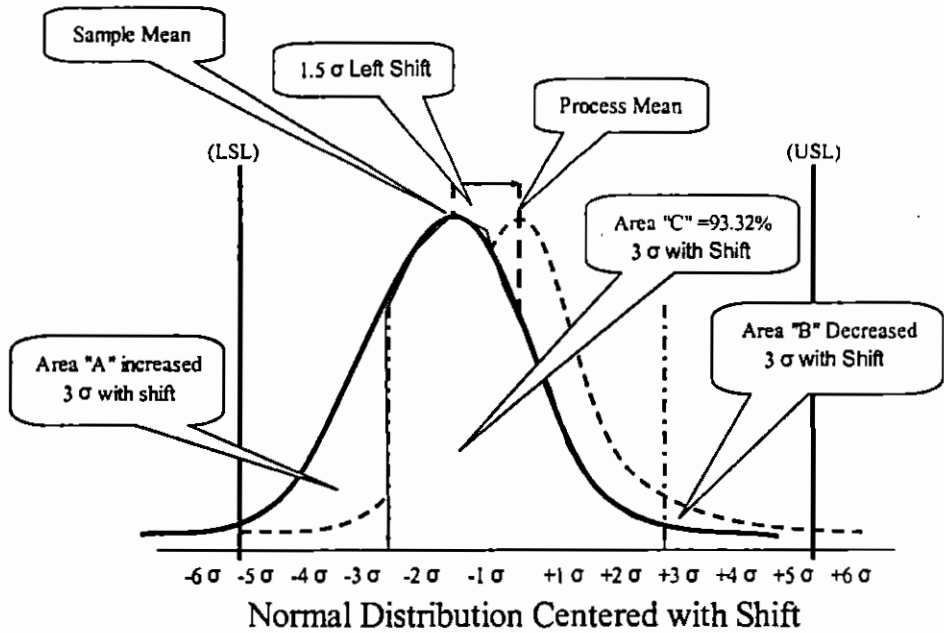
- فى حالة عدم وجود ترحيل Shift فإن المساحة تحت المنحنى فى الحدود $\pm 3\sigma$ ستساوى 99.73% ويكون هناك احتمال حدوث عيوب Defects (المساحة خارج

حدود 3σ ($\pm$) تقدر بما يعادل 1350 غيب أو خطأ في كل جهة أي بإجمالي 2700 خطأ في المليون عند 3σ .

- يلاحظ أن المتوسط Mean ينطبق علي الهدف Target وهي حالة مثالية.
- عندما نقول 3σ نعني المساحة تحت المنحني والمحصورة ب $\pm 3\sigma$ أي 3σ يمين & 3σ يسار.
- عند $6\sigma \pm$ يكون عدد الأخطاء هو 0.001 في المليون في كل جهة من الترحيل Shift والإجمالي يكون 0.002 في المليون (بدون حدوث ترحيل Shift).
- كل المخرجات التي تكون علي يمين الحد الاعلى للمواصفة USL وعلي شمال الحد الأدنى للمواصفة LSL تكون مرفوضة و يقال أنها غير مطابقة وليست في مستوى الجودة المطلوبة Non Conforming and is Not of Acceptable Quality

أ- منحني توزيع طبيعي مع وجود ترحيل Normal Distribution With Shift

اما الشكل 13-17 فيعرض الشكل العام لهذا المنحني



شكل رقم 13-17 منحني توزيع طبيعي مع وجود ترحيل

ومن خصائص هذا المنحني ما يلي:

- في حالة حدوث ترحيل Shift بمقدار 1.5σ نجد أن المنحني يتحرك (يميناً أو يساراً) وتبعاً لذلك تخرج مساحة خارج حدود 3σ - وتدخل مساحة إضافية جهة $+3\sigma$ ولكن المساحة المهذرة أكبر من المساحة المضافة وتكون المحصلة أن يقل إجمالي المساحة تحت المنحني ليصبح 93.32% بدلاً من 99.73% في حالة عدم حدوث ترحيل.
- سيزداد عدد العيوب Defects تبعاً لحدوث الترحيل Shift ليصبح 66810 خطأ بدلاً من 2700 خطأ في المليون عند 3σ .

$$\text{Area "A" + Area "B" = Defects = 66810 DPM}$$

$$\text{Area "C" = Accepted Products = 93.32\%}$$

- بالمثل لو قلنا عند 6σ بدون حدوث ترحيل Shift فإن عدد الأخطاء سيكون 0.001 في المليون في كل جهة أي 0.002 في المليون في الجهتين، وهذا الرقم سيزداد ليصبح 3.4 في المليون عند حدوث Shift مقداره 1.5σ .

لماذا تم افتراض أن الترحيل Shift الذي يحدث للعملية هو 1.5σ وليس 1σ وليس 2σ مثلاً؟

من خلال الشرح السابق تبين لنا ضرورة وحتمية وجود تباين في أى عملية حتى في الأوقات التي تكون مخرجات العملية فيها مقبولة، والمخرجات المقبولة لا تكون مقبولة لقيمة وحيدة، وإنما تكون مقبولة لمدى يتحدد من ال USL وال LSL، وعلى ذلك فدائماً وأبداً سنجد مخرجات للعملية بقيم أكبر قليلاً من الهدف Target و مخرجات بقيم أقل قليلاً من الهدف.

كذلك ولأننا عندما نأخذ عينات من أى عملية Process، فإننا نعلم تماماً أنه إذا حسبنا قيمة المتوسط $\bar{X}$ لهذه العينات، فإنها لن تساوى الهدف أو μ أو متوسط المجتمع.

ولقد تعرضنا لطريقة رسم خرائط المراقبة و التحكم Control Charts في الفصل الخامس من هذا الكتاب تحت عنوان خرائط المراقبة والتحكم Control Charts، وعرفنا أنه يلزم لرسمها تجميع عينات على هيئة مجموعات فرعية Subgroups عددها الأكثر شيوعاً هو أربع مجموعات Subgroups 4، ومن هذه المجموعات الفرعية Subgroups نحسب

$\bar{X}$ ونرسم الخرائط Charts المختلفة.

ولرسم خريطة Chart مثل خريطة المتوسط وال المدى R and $\bar{X}$ مثلاً، فإن $\bar{X}$ هي متوسط المجموعات Subgroups و R هي المدى لهذه المجموعات Subgroups ويتم تحديد قيمة حدود التحكم Control Limits بأنها تساوى ثلاثة أمثال الانحراف

المعياري لمتوسط هذه المجموعات، ويطلق عليه فى بعض الأحيان الخطأ المعياري Standard Error وهو فى هذه الحالة يساوى :

StandardDev.of the subgroup averages= Standard Error of the Mean

$$\text{Standard Error of the Mean} = SE = \frac{SD_{\text{individuals}}}{\sqrt{n}}$$

حيث إن $SD_{\text{individuals}}$ هي قيمة الانحراف المعياري للعينات، وبالتالي فإن قيمة حدود التحكم Control Limits فى هذه الحالة ستساوى $3 SD_{\text{averages}}$ ويمكن حسابها من المعادلة

$$3 SD_{\text{averages}} = \frac{3 SD_{\text{individuals}}}{\sqrt{n}}$$

حيث N هي حجم العينة والتي تساوى 4 طبقا وما تم فرضه فى هذه الحالة، وعلى ذلك فان:

$$3 SD_{\text{averages}} = \frac{3 SD_{\text{individuals}}}{\sqrt{4}} = 1.5 SD_{\text{individuals}}$$

وبعد تحديد قيمة حدود التحكم Control Limit، فإننا عمليا نراقب العملية وناخذ عينات مباشرة ثم نوقعها على الخريطة Chart، ولا نقوم بالتدخل فى العملية مادامت القياسات داخل حدود التحكم Control Limit، ومعنى ذلك أنه بفرض وجود ترحيل أقل بقليل جدا من $1.5 SD_{\text{individuals}}$ فإننا لا نتدخل فى العملية، وهذا يعنى وجود منتجات يتم إنتاجها بالفعل بها ترحيل عن الهدف بمقدار 1.5 من الانحراف المعياري ومع ذلك فهي مقبولة.

ب- منحنى التوزيع الطبيعي المعياري Standardized Normal Distribution

التوزيع الطبيعي المعياري هو التوزيع الطبيعي الذي معدلته (متوسطه) يساوى صفراً وتباينه يساوى الواحد والمساحة تحته تساوى الواحد الصحيح.

فإذا كان التوزيع الاحتمالي للمتغير العشوائي X هو التوزيع الطبيعي ذو المتوسط μ والتباين σ^2 فإن توزيع المتغير العشوائي :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

وبالتالي فكل قيمة من قيم X يقابلها قيمة من قيم Z تسمى القيمة المعيارية المقابلة لقيم X ، وحيث إنه توجد جداول عديدة لإيجاد وحساب الاحتمالات المتعلقة بالمتغير Z فإنه يمكننا إيجاد وحساب الاحتمالات المتعلقة بالمتغير X .

مثال رقم 13-2:

تقوم إحدى شركات المقاولات بتنفيذ أحد المشروعات الهندسية، فإذا كان $\mu=65$ وكان $\sigma = 6$ فما هي احتمالية انتهاء المشروع في الحالات التالية:

1. في مدة تزيد عن 55 يوما $P(X > 55)$
2. في مدة أقل من أو يساوي 68 يوما $P(X \leq 68)$
3. في مدة من 50 حتى 70 يوما $P(50 < X < 70)$
4. في مدة أقل 57 يوما $P(X < 57)$

الحل:

نحول قيمة X إلى قيمة معيارية أي نحسب قيمة Z من العلاقة

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$



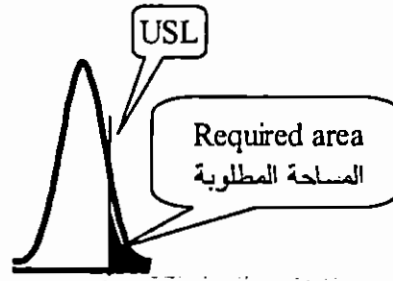
شكل رقم 13-18 المساحة التي تعطى بالجداول

من جدول المساحة تحت المنحنى الطبيعي المعياري نحسب القيمة المقابلة لقيمة Z ويلاحظ أنه يوجد جداول كثيرة، وفي هذا الكتاب سنستخدم الجدول الذي يعطى المساحة على اليسار كما في شكل

13-18، وعليه يجب الانتباه إلى القيمة المراد حسابها كما سيتضح من المثال 12-6 الذي بين أيدينا

أولاً: احتمال أن يتم تنفيذ المشروع في مدة تزيد عن 55 يوما

نحدد المساحة المطلوبة كما بالشكل 13-19



شكل رقم 13- 19 احتمال التنفيذ
في مدة تزيد عن 55 يوما

$$Z_{>55} = \frac{55-65}{6} = -1.67$$

$$P(X > 55) = P(Z > -1.67) = 1 - P(Z > -1.67) = 1 - (0.0475) = 0.9525$$

أى أن احتمال تنفيذ المشروع في مدة تزيد عن 55 يوما هي 95.25%

ثانياً: احتمال تنفيذ المشروع في مدة أقل من أو يساوى 68 يوما

نحدد المساحة المطلوبة كما بالشكل 13-20



شكل رقم 13- 20 احتمال التنفيذ
في مدة أقل من أو يساوى 68

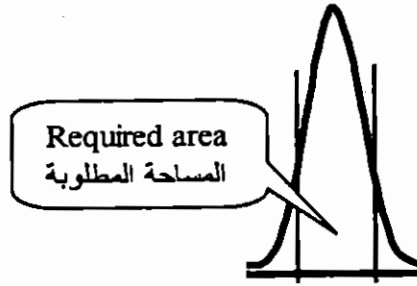
$$Z_{\leq 68} = \frac{68-65}{6} = 0.5$$

$$P(X \leq 68) = P(Z \leq 0.5) = 0.6915$$

أى أن احتمال تنفيذ المشروع في مدة أقل من أو يساوى 68 يوما هي 69.15%

ثالثاً: احتمال تنفيذ المشروع في مدة تتراوح بين 50 و 70 يوم

نحدد المساحة المطلوبة كما بالشكل 13-21



شكل رقم 13- 21 احتمال التنفيذ
في مدة من 50 حتى 70 يوما

$$Z_{>50} = \frac{50-65}{6} = -2.5$$

$$Z_{<70} = \frac{70-65}{6} = 0.83$$

$$P(50 < X < 70) = P(-2.5 < Z < 0.83) = \\ = (1 - 0.0062) - 0.7967 = 0.19709$$

أى أن احتمال تنفيذ المشروع في مدة تتراوح بين 50 و 70 يوم هي 19.71%

رابعاً: احتمال تنفيذ المشروع في مدة أقل من 57 يوما

نحدد المساحة المطلوبة كما بالشكل 13-22.



شكل رقم 13- 22 احتمال التنفيذ في مدة أقل 57 يوما

$$Z_{<57} = \frac{57-65}{6} = -1.33$$

$$P(X < 57) = P(Z < -1.33) = 0.09180$$

أى أن احتمال تنفيذ المشروع في مدة أقل من 57 يوم هي 9.18%

مثال رقم 13- 3:

تقوم إحدى شركات المقاولات بتنفيذ أحد المشروعات الهندسية، فإذا كان $\mu=68$ وكان $\sigma = 12$ ، ونظرا لأهمية المشروع فقد طلب المالك تحديد فترة زمنية لكي يقوم باستيراد المعدات التي سيتم تركيبها في هذا المشروع، وقد رأت الشركة المنفذة أن تخبره بهذه الفترة بنسبة تأكد 85%، فما هي تلك الفترة الزمنية ؟

الحل :

من الجداول نوجد القيمة المعيارية المناظرة للنسبة 85% فنجد أنها تساوي 1.04 تقريبا وهي قيمة Z

$$Z_A = \frac{A - X}{\sigma}$$

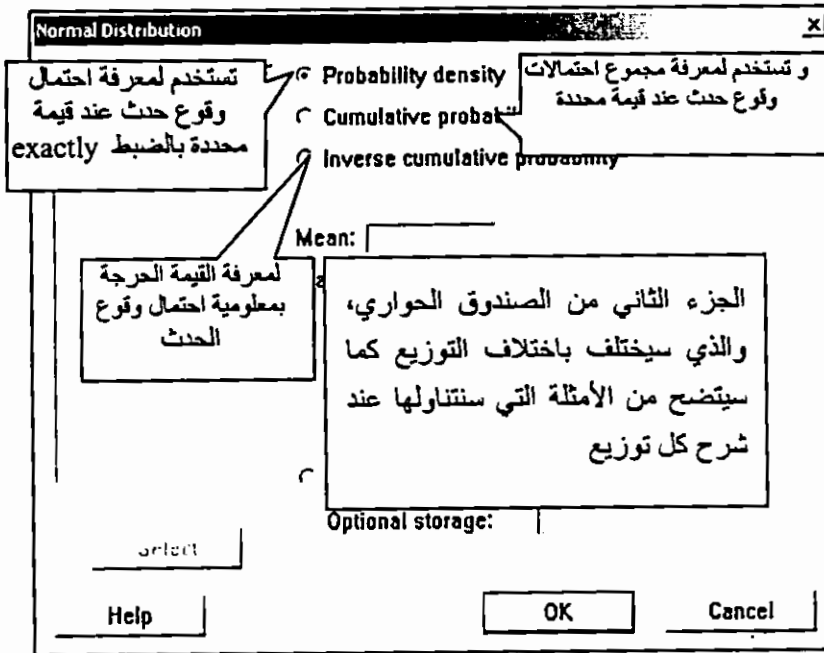
نفرض الفترة المطلوبة هي A ونعوض في العلاقة

$$A = (Z_A * \sigma) + X = (1.04 * 12) + 68 = 80.48$$

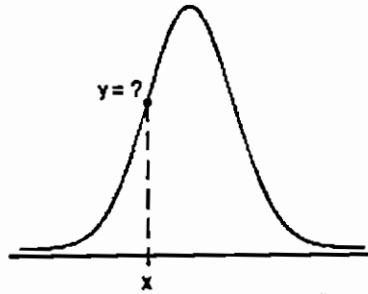
وعليه فإن الشركة المنفذة تستطيع أن تخبر المالك أنها بنسبة تأكد 85% ستنفذ المشروع في فترة أقل 80.48 يوم.

الحل باستخدام برنامج مينيتاب:

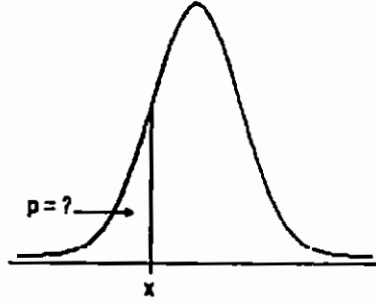
وكما أشرنا في بداية هذا الكتاب أننا سنورد الأمثلة بشيء من التفصيل فقط لتسهيل فهمها، أما المعادلات الرياضية المستخدمة فسوف يقوم بتطبيقها البرامج المتخصصة مثل مينيتاب Minitab نيابة عنا، وخلال تعاملنا مع أمثلة موضوع التوزيعات الاحتمالية Probability Distributions سنستخدم مجموعة الأوامر التالية في برنامج Minitab، من قائمة Calc نختار Probability Distribution ثم نختار التوزيع المناسب فيظهر الصندوق الحواري التالي شكل 13- 23 والذي يظهر في الجزء العلوي منه ثلاثة اختيارات وهي:



شكل رقم 13-23 الصندوق الحوارى الذى يظهر عند استخدام المينيتاب
1. الاحتمال Probability (شكل 13-24) و تستخدم لمعرفة احتمال وقوع حدث عند قيمة محددة بالضبط Exactly.

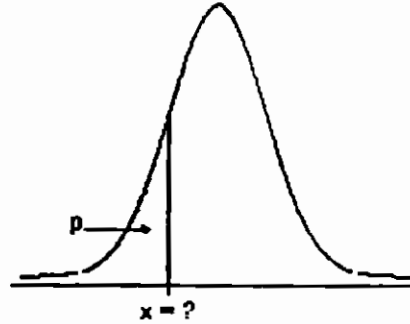


شكل رقم 13-24 احتمال وقوع حدث عند قيمة محددة بالضبط exactly
2. الاحتمال التراكمى Cumulative Probability (شكل 13-25) وتستخدم لمعرفة مجموع احتمالات وقوع حدث عند قيمة محددة.



شكل رقم 13- 25 مجموع احتمالات وقوع حدث عند قيمة محددة

3. الاحتمال التراكمي المكمل Inverse Cumulative Probability (شكل 13- 26)، و تستخدم لمعرفة القيمة الحرجة بمعلومية احتمال وقوع الحدث



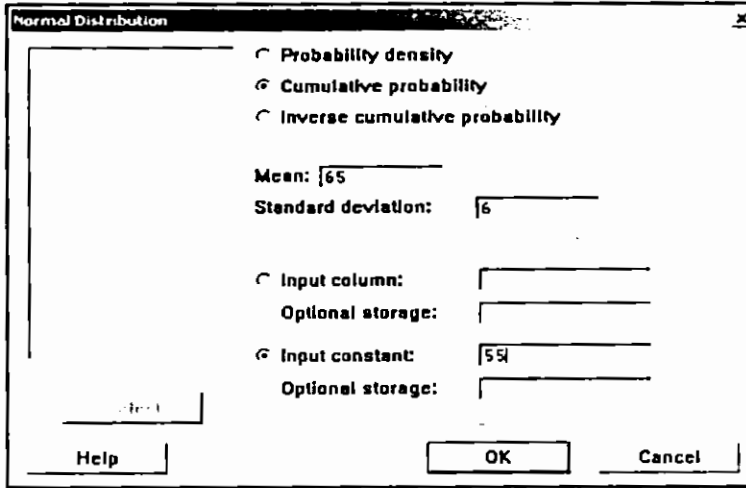
شكل رقم 13- 26 القيمة الحرجة بمعلومية احتمال وقوع الحدث

أما الجزء الثاني من الصندوق الحوارى فسيختلف باختلاف التوزيع كما سيتضح من الأمثلة التي سنتناولها عند شرح كل توزيع.

حل المثال 13- 3 باستخدام برنامج ميني تاب Minitab.

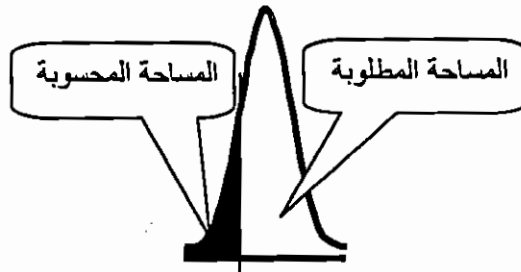
أولاً: احتمال أن يتم تنفيذ المشروع فى مدة تزيد عن 55 يوماً، ومن البرنامج Minitab نختار الأمر التالى:

Calc > Probability Distribution > Normal
شكل 13- 27



شكل رقم 13-27 الصندوق الحوارى الذى يظهر عند حل "أولا" فى المثال 13-3 باستخدام برنامج مينيتاب Minitab

فندخل قيمة كل من المتوسط والانحراف المعياري μ و σ ثم نختار Cumulative التي تحسب المساحة أقل من قيمة معينة، ولأننا نود حساب قيمة الاحتمال عند قيمة أكبر من قيمة معينة فسوف نطرح هذه القيمة من باقى المساحة تحت المنحنى أى من الواحد الصحيح كما فى شكل 13-28.



شكل رقم 13-28 المساحة التي يتم حسابها فى المينيتاب

، وسيظهر لنا النتيجة التالية كما فى شكل 13-29 .

Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 65 and standard deviation = 6

x	P(X <= x)
55	0.0477904

شكل رقم 13-29 نتيجة حل المثال 13-3

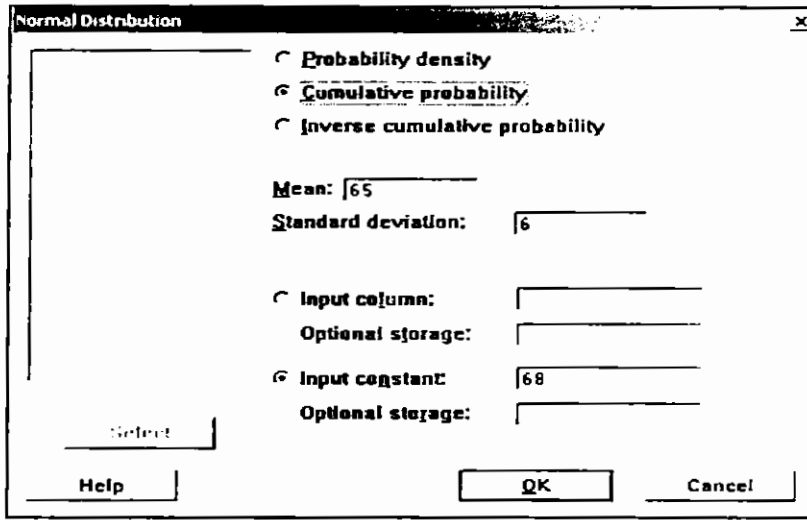
وحيث إن المساحة تحت المنحنى تساوى الواحد الصحيح فإن -الاحتمال المطلوب - المساحة المطلوبة تساوى

$$P(X > 55) = 1 - 0.0477904 = 0.9522$$

وهى نفس النتيجة التي حصلنا عليها باستخدام الجداول.

ثانياً: احتمال تنفيذ المشروع فى مدة أقل من أو يساوى 68 يوماً، ومن Minitab نختار الأمر التالي:

Calc > Probability Distribution > Normal



شكل رقم 13-30 الصندوق الحوارى الذى يظهر عند حل "ثانياً" فى المثال 13-3 باستخدام برنامج مينيتاب Minitab

فندخل قيمة كل من المتوسط والانحراف المعياري μ و σ ثم نختار Cumulative، التي تحسب المساحة أقل من قيمة معينة، ولأننا نود حساب قيمة الاحتمال عند قيمة أقل من قيمة معينة فسوف نأخذ هذه القيمة مباشرة، وسيظهر لنا الشكل 13-31 التالي فى صفحة نافذة النتائج Session Window من برنامج مينيتاب

Cumulative Distribution Function

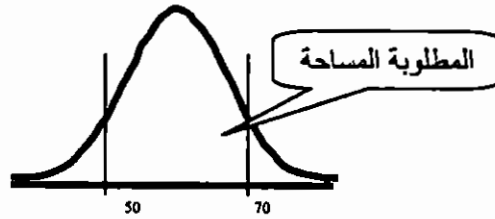
Normal with mean = 65 and standard deviation = 6

x	P(X ≤ x)
68	0.691462

شكل رقم 13-31 النتيجة التى تظهر عند حل "ثانياً" فى المثال 13-3 باستخدام برنامج مينيتاب Minitab

أى أن احتمال تنفيذ المشروع فى مدة أقل من أو يساوى 68 يوما هي 69.15%، وهى نفس النتيجة التى حصلنا عليها باستخدام الجداول.

ثالثا: احتمال تنفيذ المشروع فى مدة تتراوح بين 50 و 70 يوم وفى هذه الحالة سنكرر عملية الحساب مرتين، مرة أكبر من 50 يوما، ومرة أقل من 70 يوما ويظهر ذلك فى الشكل 13-32،



شكل رقم 13-32 المساحة المكافئة لاحتمال التنفيذ فى مدة بين 50 و 70 يوم

ومن المينيتاب Minitab نختار الأمر التالي:

Calc > Probability Distribution > Normal
أشرنا إليه سابقا (شكل 13-30) فندخل القيم المطلوبة على مرتين متتاليتين، ومن نافذة النتائج Session Window يظهر الشكل 13-33 & 13-34 ونجد أن:

Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 65 and standard deviation = 6

x	P(X ≤ x)
50	0.0062097

شكل رقم 13-33 النتيجة كما تظهر نافذة النتائج فى برنامج مينيتاب

أى أن احتمال تنفيذ المشروع فى مدة أكبر من 50 يوما هي

$$P(X > 50) = 1 - 0.0062097 = 0.99379$$

Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 65 and standard deviation = 6

x	P(X ≤ x)
70	0.797672

شكل رقم 13-34 النتيجة كما تظهر نافذة النتائج فى برنامج مينيتاب

أى أن احتمال تنفيذ المشروع فى مدة أقل من 70 يوما هي 0.797672

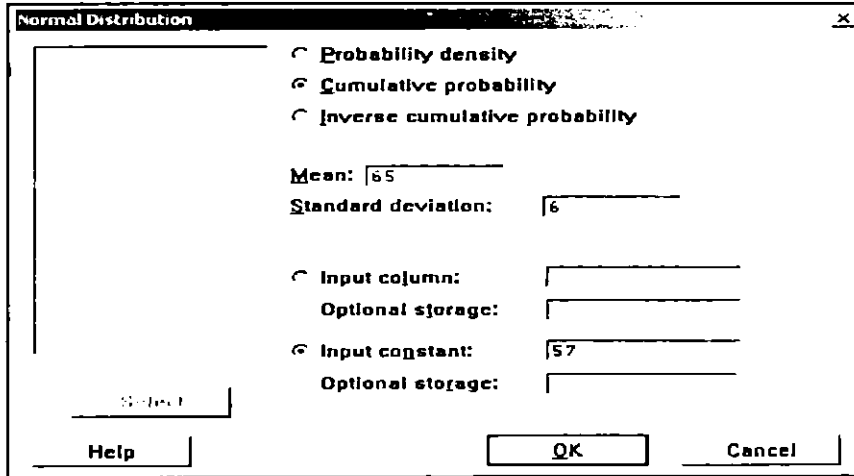
وبالتالي فإن احتمال تنفيذ المشروع في مدة تتراوح بين 50 و 70 يوم هي

$$P(50 < X < 70) = 0.99379 - 0.7967 = 0.19709$$

وهي نفس النتيجة التي حصلنا عليها باستخدام الجداول

رابعاً: احتمال تنفيذ المشروع في مدة أقل من 57 يوماً، ومن Minitab نختار الأمر التالي:

Calc > Probability Distribution > Normal (شكل 13-35).



شكل رقم 13-35 الصندوق الحواري الذي يظهر عند حل "رابعاً" في المثال 12-3 باستخدام برنامج مينيتاب Minitab

فندخل قيمة كل من المتوسط والانحراف المعياري μ و σ ثم نختار Cumulative التي تحسب المساحة أقل من قيمة معينة، وسيظهر لنا الجزء التالي في نافذة النتائج Session

Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 65 and standard deviation = 6

x	P(X ≤ x)
57	0.0912112

: Window

أي أن احتمال تنفيذ المشروع في مدة أقل من 57 يوماً هي 9.12%، وهي نفس النتيجة التي حصلنا عليها باستخدام الجداول.

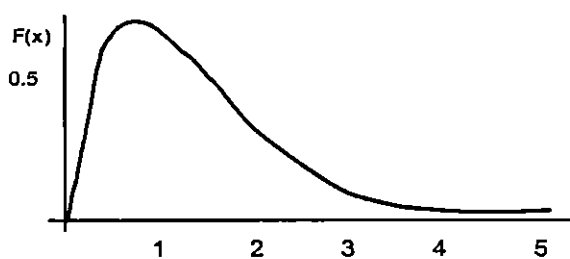
13.2.2. التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي Log-Normal Distribution

يعتمد هذا التوزيع على أنه إذا كان لدينا مجموعة من المتغيرات المتصلة وأخذنا لوغاريتم هذه المتغيرات فإن المتغيرات التي تنتج من جراء ذلك هي متغير ذي توزيع متصل، ومن الظواهر التي يستخدم هذا النموذج في التعبير عنها بعض الظواهر الجيولوجية، وبعض الظواهر الاقتصادية، كدخول الأفراد وخاصة الدخول الصغيرة.

والدالة التي تحكم و تحدد شكل هذا التوزيع هي دالة الكثافة الاحتمالية Probability Density Function (PDF) و هي تعرف كما يلي :

$$f(x) = \frac{1}{x\theta\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\log x - \gamma)^2}{2\theta^2}\right]$$

حيث $X > 0$ ، ومن الواضح أنه يمكننا تحديد التوزيع تماما بمعرفة الدليلين γ و θ



شكل رقم 13-36 منحنى توزيع طبيعي لوغاريتمي

أما دالة الكثافة التراكمية Cumulative Density Function (CDF) فتحكمها العلاقة :

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{x\theta\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\log x - \gamma)^2}{2\theta^2}\right] dx$$

ومن خصائص هذا التوزيع أن له قمة واحدة (مركز واحد) وملتو جهة اليمين، كما في شكل 13-36، ويختلف شكل هذا التوزيع باختلاف الدليلين γ و θ .

وإذا قمنا بعملية تحويل بحيث إن $y = \log x$ فإن المتغير X يتحول إلى متغير Y له توزيع طبيعي وسطه الحسابي γ وانحرافه المعياري θ ، ويصبح المتغير الذي معادلته :

$$Z = \frac{\log x - \gamma}{\theta}$$

هو متغير طبيعي معياري أى وسطه الحسابي صفر وتباينه 1 وبناءا على ذلك يمكن استخدام جداول المساحات أسفل المنحنى الطبيعي المعياري، فى إيجاد الاحتمالات والقيم الحرجة للمتغير X

مثال رقم 13- 4

إذا كان X متغير طبيعي لوغاريتمي، دليلاه $\gamma = 1$ & $\theta = 2$ فأوجد الاحتمال $P(x < 35.5)$

$$Z = \frac{\log x - \gamma}{\theta} = \frac{\log x - 1}{2} \quad \text{الحل: بوضع } y = \log x \text{ فى المعادلة}$$

$$\begin{aligned} P(x < 35.5) &= P(\log x < \log 35.5) = p\left(\frac{\log x - 1}{2} < \frac{\log 35.5 - 1}{2}\right) = \\ &= p\left(z < \frac{3.5695 - 1}{2}\right) = p(z < 1.2848) = 0.8997 \end{aligned}$$

مثال رقم 13- 5

إذا كان X متغير طبيعي لوغاريتمي، دليلاه $\gamma = 2$ & $\theta = 0.5$ فأوجد القيمة A التي تجعل الاحتمال مساويا لـ 0.9

الحل:

$$P(x < a) = P(\log x < \log a) = p\left(\frac{\log x - 2}{0.5} < \frac{\log a - 2}{0.5}\right) = p(z < z_0) = 0.9$$

ومن جدول المساحات نجد أن $Z = 1.28$ ويكون $\frac{\log a - 2}{0.5} = 1.28$ ويكون $\log a = 2.64$ ويكون $a = 14.013$

13.2.3. توزيع وايبول Weibull Distribution

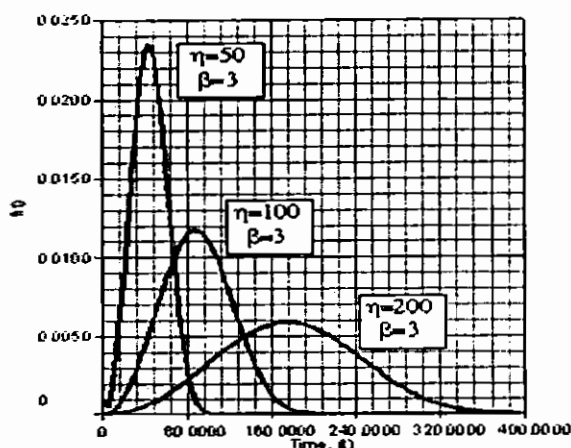
وهو توزيع من التوزيعات الشهيرة التي تستخدم فى مجال الاعتمادية Reliability لوصف دورة حياة المعدات والأصول أى Asset Life Cycle، والمعادلة العامة لهذا التوزيع هي

$$f(T) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} * (2.781) \left(\frac{T - \gamma}{\eta} \right)^{\beta}$$

وقيمة هذه الدالة دائما قيمة موجبة، و يتضح أن لهذا التوزيع ثلاثة أثلة هي:

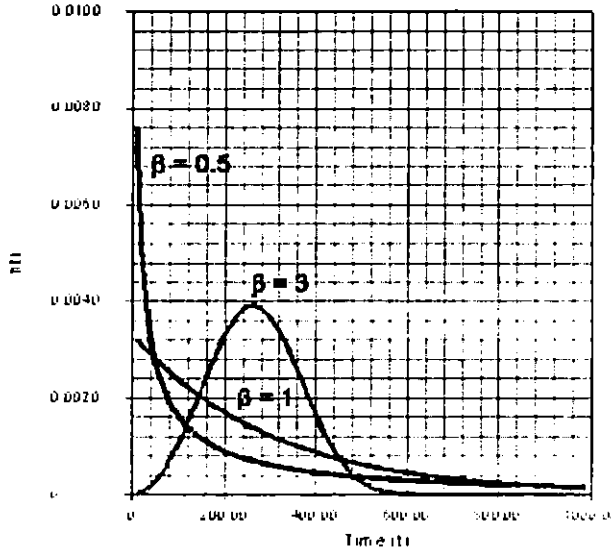
▪ حيث إن η Eta هي معامل الانتشار Scale Parameter أى دليل التفلطح والتوزيع والانتشار على المحور السيني، وهو يساوى مقلوب معدل الإخفاق Failure Rate

$\eta = 1/\lambda$ وكلما زادت قيمته كلما زاد تشتت دالة التوزيع الاحتمالية Probability Distribution Function (PDF) على المحور السيني وقل ارتفاع الدالة على المحور الصادي، والعكس صحيح، وتمتد قيمه إلى مالانهاية فى الاتجاه السالب والاتجاه الموجب، أما قيمة العملية فتقع بين الصفر حتى 300، والشكل التالى (شكل 13-37) يوضح تأثير تغير ايتا على شكل المنحنى عند ثبوت بيتا .



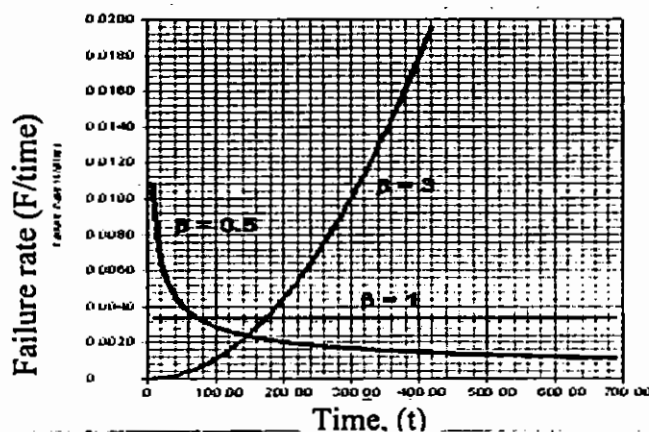
شكل رقم 13-37 تأثير تغير ايتا على شكل المنحنى عند ثبوت بيتا

▪ و حيث إن Beta أو β معامل الشكل Shape Parameter (و يطلق عليه فى كثير من الأحيان مسمى الميل Slope وذلك لأن قيمة بيتا تساوى ميل الخط الناتج عند رسم خط الاحتمال Probability Plot)، ويتحدد شكل دالة التوزيع الاحتمالية Probability Distribution Function (PDF) بقيمة هذا الدليل (وتتراوح قيمه العملية من صفر حتى 5)، فإذا كانت قيمة بيتا أقل من الواحد الصحيح فإن التوزيع يشبه إلى حد كبير التوزيع الأسى، وإذا كانت قيمة بيتا أكبر من الواحد الصحيح (من 2.5 حتى 3.5) فإن الشكل يقترب من التوزيع الطبيعي، والشكل التالى (شكل 13-38) يبين تأثير بيتا على دالة التوزيع الاحتمالية.

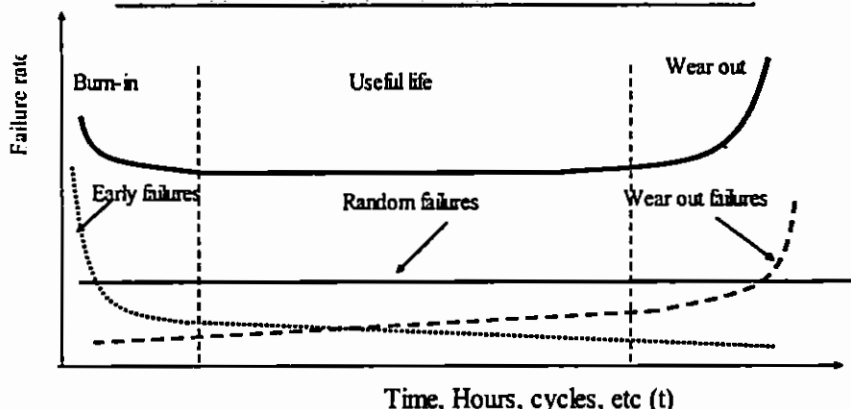


شكل رقم 13- 38 تأثير بيتا على دالة التوزيع الاحتمالية

أما شكل (13-39) فيبين تأثير بيتا الكبير والواضح على معادلة معدل الإخفاق أو Failure Rate Function التي تستخدم في الاعتمادية Reliability، وفيه نلاحظ أنه إذا كانت قيمة بيتا أقل من أو تساوى الواحد الصحيح فإن التوزيع يشبه إلى حد كبير التوزيع الأسى والذي يستخدم لوصف سلوك المتغيرات في المراحل العمرية الأولية أو فى بداية التشغيل، ويطلق عليه موت الأطفال أو الموت المبكر Infant Mortality أو مرحلة الإخفاق فى بداية التشغيل والذي يقل فيه معدل الإخفاق بزيادة الزمن أو بزيادة العمر للمعدة (مثلما يحدث فى الأجهزة الالكترونية)، وإذا كانت قيمة بيتا مساوية للواحد الصحيح فإن التوزيع يشبه التوزيع الثابت Uniform والتي تصف سلوك المتغيرات فى مراحل التشغيل، ويطلق عليها Useful Life أو مرحلة الاستفادة من الأصول والمعدات وخلال هذه الفترة فإن إخفاق المعدة يحدث عشوائيا وبصورة احتمالية (مثلما يحدث فى الأدوات الكهربائية)، وإذا كانت قيمة بيتا أكبر من الواحد الصحيح فإن الشكل يقترب من التوزيع الطبيعي وخلال هذه الفترة فإن معدل إخفاق المعدة يزداد مرة أخرى بازدياد الزمن أو عمر المعدة ويطلق عليها مرحلة التآكل أو التآكل Wear Out (مثلما يحدث فى رولمان البلى Bearing والآلات الدوارة)، وبجميع المنحنيات الثلاثة ينتج منحنى حوض الاستحمام Bathtub (شكل 13-40) الذي يعد المنحنى الأكثر شهرة فى دراسة الاعتمادية Reliability (وقد سمي بذلك لأنه يشبه حوض الاستحمام المنزلى أو البانيو).



شكل رقم 13-39 تأثير بيتا على معدل الإخفاق

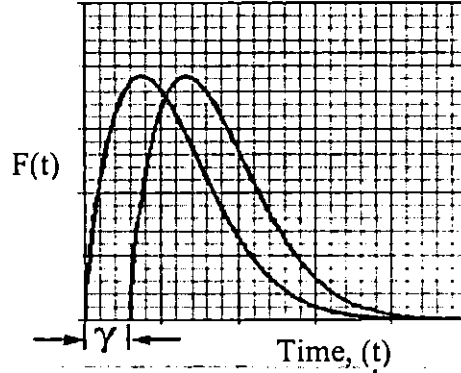


شكل رقم 13-40 منحنى حوض الاستحمام Bath Tub

وتكمن قوة توزيع Weibull كنموذج جيد لدراسة الاعتمادية في كونه يقبل افتراضات كثيرة لقيم الأدلة، فمثلاً نفرض قيمة η بالصفر (لأن عمر المعدات والأصول لا يمكن أن يكون بقيمة سالبة)، وكذلك نفرض قيمة β بقيمة ثابتة معرفة مسبقاً (إما من دراسات سابقة لنفس المعدة أو من دراسات لمعدات مماثلة)، وهذا يمكننا من التنبؤ باعتمادية المعدة ما في ظل وجود بيانات قليلة عن عدد الإخفاقات، أو حتى في ظل عدم وجود أى بيانات عن معدلات الإخفاق.

- وحيث إن γ Location Parameter = γ هو معامل الموضع أو المكان، وهو يحدد بداية المنحنى الممثل لدالة التوزيع الاحتمالية Probability Distribution Function (PDF)، فإذا كانت قيمة γ أقل من الصفر فإن بداية المنحنى تكون بقيمة سالبة على المحور السيني، وإذا كانت قيمة γ مساوية للصفر

فإن بداية المنحنى تكون عند تقاطع المحور السيني مع المحور الصادي، وإذا كانت قيمة جاما أكبر من الصفر فإن بداية المنحنى تكون بقيمة موجبة على المحور السيني (شكل 13-41).



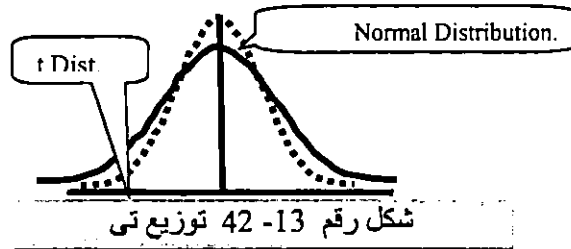
شكل رقم 13-41 تأثير قيمة جاما على دالة التوزيع الاحتمالية

13.3. توزيعات احتمالية متصلة خاصة Special Continuous Probability Distributions

التوزيعات الاحتمالية المتصلة الثلاثة الآتية هي توزيعات لمتغيرات عشوائية متصلة مركبة بطريقة معينة من عدد من المتغيرات العشوائية الطبيعية، وهذه التوزيعات لا تستخدم كنماذج احتمال للمجتمع كما هو الحال في التوزيعات التي تم عرضها في مستهل هذا الفصل، وإنما تظهر هذه التوزيعات عند تعاملنا مع العينات Samples وتمثل أهمية قصوى أثناء عملية الاستدلال الإحصائي Inferential Statistics.

أ- توزيع t - Distribution (t)

وهو نوع خاص من التوزيعات الاحتمالية المتصلة ويشبه إلى حد كبير منحنى التوزيع الطبيعي المثالي أو لقياس Standardized Normal Distribution في أن له قمة واحدة (مركز واحد) أو منوال واحد ينطبق على القيمة $T=0$ تقريباً، وطرفاه يمتدان إلى ما لا نهاية ولا يقطعان المحور الأفقي، إلا أنه أقل ارتفاعاً من منحنى التوزيع الطبيعي.

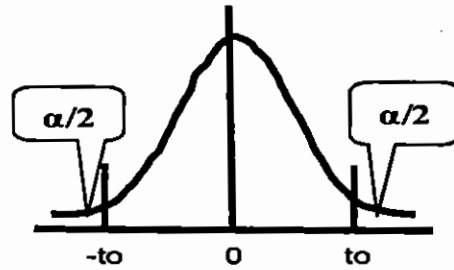


شكل رقم 13-42 توزيع تى

كما أن تقارب طرفيه من الصفر عندما تنؤول T إلى مالا نهائية أبطأ من تقارب التوزيع الطبيعي المعياري Standardized Normal Distribution كما يتضح من (شكل 13-42)، ولهذا التوزيع دليل واحد يسمى بعدد درجات الحرية N للتوزيع، ولذا فهذا التوزيع يتحدد تماما إذا علمت قيمة N ، وكلما زادت درجات الحرية كلما زاد ارتفاع المنحنى قليلا وقل تقلطحه وانبساطه قليلا، ويقترب هذا التوزيع من التوزيع الطبيعي المعياري كلما اقتربت درجات الحرية N من اللانهاية.

والوسط الحسابي لهذا التوزيع هو $\mu = 0$ وتباينه هو $\sigma^2 = \frac{n}{n-2}$ حيث $n > 2$

والمساحة تحت المنحنى وخارج الفترة t_0 & t_0 تمثل قيمة الاحتمالات α موزعة على قسمين (شكل 13-43)، وفي بعض التطبيقات نجد أن المساحة في جهة واحدة ويجب مضاعفة القيمة المستخرجة من الجداول في هذه الحالة، فمثلا في هذه الجداول، نجد أن درجات الحرية مكتوبة في العمودين الرئيسيين خارج الجدول، والمساحة α في الصف الأول العلوي خارج الجدول، أما الأرقام داخل الجدول فتمثل القيم الحرجة، فإذا نظرت إلى القيمة 0.9 على الخط الأفقي العلوي والعدد 5 في العمود الذي يمثل درجات الحرية، فإننا نجد أن العمود النازل من القيمة 0.132 وهي مع الخط الأفقي المار من 5 عند القيمة الحرجة 0.132 وهي قيمة T التي يقع خارجها 0.9 من المساحة تحت توزيع T ذي خمس درجات حرية، وبالمثل نجد أن القيمة 1.895 هي قيمة T في توزيع ذي درجات حرية 7 التي يقع خارجها 0.1 من المساحة، أما لإيجاد المساحة خارج T تحت توزيع T ذي 3 درجات حرية فإننا نبدأ بدرجة حرية 3 ونتحرك أفقيا حتى نصل إلى العدد 4.541 ثم نصعد رأسيا فنجد المساحة α هي 0.02.



شكل رقم 13-43 قيمة الاحتمالات α موزعة على قسمين

إذن فمن خلال الجداول وبمعلومية α نستطيع حساب القيمة الحرجة t_0 ، وهى القيمة الموجبة التي تجعل مساحة المنطقة أسفل المنحنى وخارج الفترة t_0 & $-t_0$ مساوية لقيمة α عند درجة الحرية N حيث n تساوى 1، 2، 3،..... والعكس فنستطيع حساب قيمة α بمعلومية القيمة الحرجة t_0 و عند درجة الحرية N .

وعلى ذلك وللتعبير عن القيمة الحرجة فى توزيع t عند درجة الحرية n بحيث تكون مساحة المنطقتين عند الذيلين يساوى α فإننا نستخدم الصيغة

$t_{\alpha,n} = \text{Critical Value}$ فمثلا:

$$t_{0.05,\infty} = 1.96 \quad \& \quad t_{0.01,3} = 5.841 \quad \& \quad t_{0.05,7} = 2.365$$

مثال رقم 13- 6:

بفرض أن لدينا متغيرا يتبع التوزيع t ، ما هو الاحتمال إذا علم أن القيمة الحرجة 2.201، وأن درجات الحرية تساوى 11؟

الحل: باستخدام الجداول وعند درجات حرية تساوى 11 نسير أفقيا حتى نصل إلى القيمة

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.0025$$

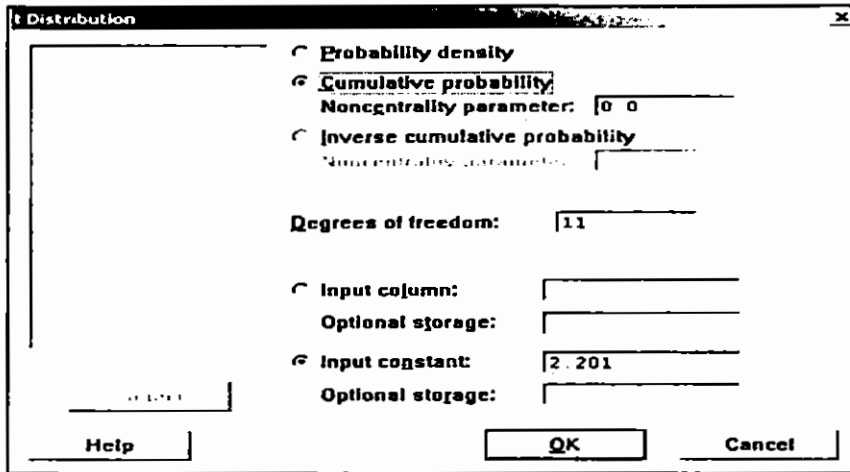
2.201، ثم نصعد رأسيا فنجد أن α تساوى 0.05، وعليه فإن

الحل :

باستخدام برنامج المينيتاب Minitab (يجب ملاحظة أن برنامج مينيتاب Minitab فى حالة توزيع "t" t Distribution يعطى قيمة $\alpha/2$ مباشرة إذا علمت القيمة الحرجة، ولذا فى حالة معلومية α ويكون المطلوب هو القيمة الحرجة فإننا نعوض بقيمة $\alpha/2$).

Minitab>Calc> Probability Distribution> T Distribution

فيظهر الصندوق الحواري (شكل 13-44)



شكل رقم 13- 44 استخدام برنامج مينيتاب في إيجاد احتمال تى

ومن نافذة النتائج Session Window نجد أن:

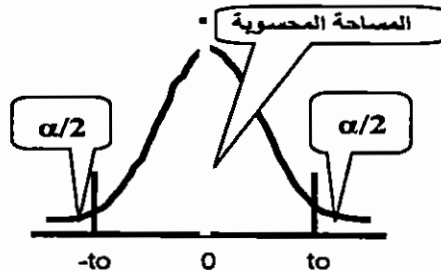
Cumulative Distribution Function

Student's t distribution with 11 DF

x	P(X <= x)
2.201	0.975001

وحيث إن $P(x \leq x) = 0.975$ ، فإن:

$$\alpha / 2 = 1 - 0.975 = 0.025$$



شكل رقم 13- 45 استخدام برنامج مينيتاب في إيجاد احتمال تى

مثال رقم 13- 7:

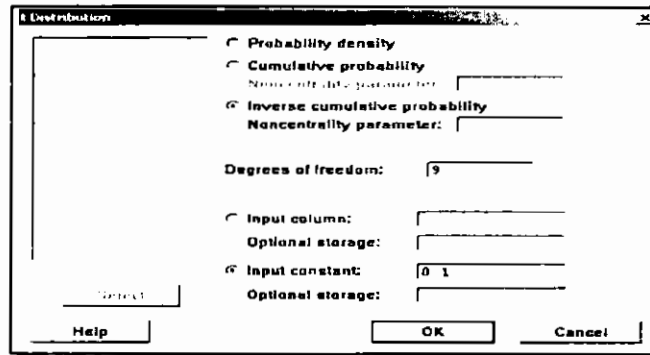
بفرض أن لدينا متغيراً يتبع التوزيع t ، ما هي القيمة الحرجة إذا علم أن α تساوى 0.2، وأن درجات الحرية تساوى 9؟

الحل: باستخدام الجداول وعند درجات حرية تساوى 9 نسير أفقياً، وعند α تساوى 0.1 ننزل رأسياً، وفي نقطة التقاطع نوجد القيمة الحرجة ، فنجد أنها تساوى 1.383.

الحل: باستخدام Minitab (يجب ملاحظة أن Minitab ، فى حالة توزيع تى T Distribution يعطى قيمة $\alpha/2$ مباشرة إذا علمت القيمة الحرجة، ولذا فى حالة معلومية α ويكون المطلوب هو القيمة الحرجة فإننا نعوض بقيمة $\alpha/2$).

Minitab>Calc> Probability Distribution> T Distribution

فيظهر الصندوق الحواري (شكل 13-46) ، وتتبعه نافذة النتائج بالحل :



شكل رقم 13-46 حل المثال 13-7 بالمينيتاب

ومن نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Inverse Cumulative Distribution Function

Student's t distribution with 9 DF

P (X ≤ x) x
0.1 -1.38303

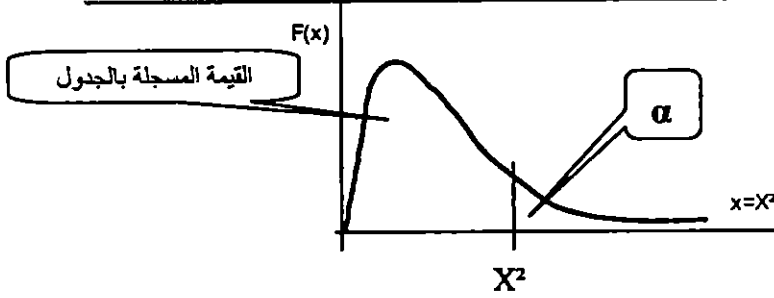
وبالتالى فإن القيمة الحرجة تساوى 1.383 وهى نفس النتيجة التى حصلنا عليها عند الحل بطريقة الجداول.

ب- توزيع كاي تربيع Chi-Square Distribution

وهو نوع آخر خاص من التوزيعات الاحتمالية المتصلة الهامة، ولهذا التوزيع دليل واحد يسمى بعدد درجات الحرية N للتوزيع ولذا فهذا التوزيع يتحدد تماماً إذا علمت قيمة N، وشكل (13-47) يوضح عدة منحنيات بدرجات حرية مختلفة، ويلاحظ أنه كلما زادت درجات الحرية كلما قل ارتفاع المنحنى وزاد تفلطحه، وفى هذه الحالة نلاحظ أن قيمة المتوسط تقترب كثيراً من قيمة درجات الحرية.



شكل رقم 13- 47 منحنيات كاي تربيع بدرجات حرية مختلفة



شكل رقم 13- 48 المنحنى كاي تربيع والمساحة المسجلة بالجدول

والوسط الحسابي لهذا التوزيع هو $\mu = n$ وتباينه هو $\sigma^2 = 2n$

والمساحة تحت الذيل الملتوي للمنحنى وخارج الفترة X^2 إلى مالا نهاية تمثل قيمة الاحتمال α عند درجة الحرية N كما في الشكل 13-48، وهناك جداول خاصة لحساب هذه المساحات، وفي هذه الجداول نجد أن درجات الحرية مكتوبة في العمودين الرأسيين خارج الجدول، والمساحة α في الصف الأول العلوي خارج الجدول، أما الأرقام داخل الجدول فتمثل القيم الحرجة، فمثلا في هذه الجداول القيمة 23 هي القيمة الحرجة التي على يسارها 0.01 من المساحة (أي $\alpha = 0.01$) لتوزيع ذي درجات حرية 10، (القيمة التي يكون على يمينها 0.99 من المساحة هي القيمة التي يكون على يسارها $(1 - 0.01 = 0.99)$) من المساحة، وكذلك لتوزيع ذي درجات حرية 20 فإن القيمة التي يكون على يسارها 0.025 من المساحة هي القيمة التي يكون على يمينها 0.975 من المساحة وهي 34.170).

إذن فمن خلال الجداول وبمعلومية α نستطيع حساب القيمة الحرجة X^2 ، وهي القيمة الموجبة التي تجعل مساحة المنطقة أسفل الذيل الملتوي للمنحنى وخارج الفترة X^2 إلى مالا نهاية مساوية لقيمة معينة α عند درجة الحرية N ، حيث n تساوي 1، 2، 3..... والعكس فنستطيع حساب قيمة α بمعلومية القيمة الحرجة X^2 وعند درجة الحرية N .

وللتعبير عن القيمة الحرجة في توزيع χ^2 عند درجة الحرية n بحيث تكون مساحة المنطقتين عند الذيلين يساوي α فإننا نستخدم الصيغة القيمة الحرجة

$$\chi^2_{\alpha, n} = \text{Critical Value}$$

مثال رقم 13-8:

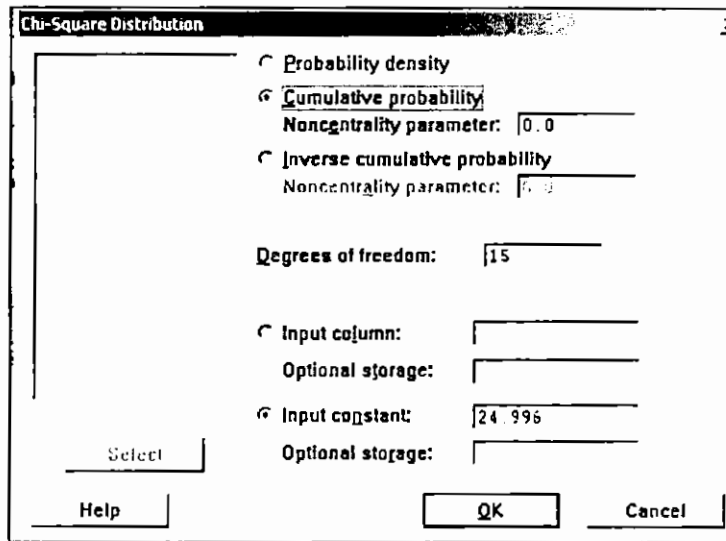
بفرض أن لدينا متغيراً يتبع التوزيع كاي تربيع، ما هو الاحتمال إذا علم أن القيمة الحرجة 24.996 وأن درجات الحرية تساوي 15؟

الحل: باستخدام الجداول وعند درجات حرية تساوي 15 نسير أفقياً حتى نصل إلى القيمة 24.996، ثم نحدد رأسياً فنجد أن α تساوي 0.05.

الحل: باستخدام برنامج مينيتاب Minitab (يجب ملاحظة أن المينيتاب Minitab في حالة Chi Square Distribution يعطي قيمة $1 - \alpha$ مباشرة إذا علمت القيمة الحرجة، ولذا في حالة معلومية α ويكون المطلوب هو القيمة الحرجة، فإننا نعوض بقيمة $1 - \alpha$)

Minitab>Calc> Probability Distribution> Chi Square Distribution

فيظهر الصندوق الحواري كما في شكل 13-49.



شكل رقم 13-49 حل المثال 12-12 بالمينيتاب

ومن نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Cumulative Distribution Function

Chi-Square with 15 DF

x	P(X ≤ x)
24.996	0.950003

وحيث إن $P(x \leq x) = 0.950003$ فإن $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$ وهى نفس النتيجة التى حصلنا عليها من الجداول.

مثال رقم 13-9: بفرض أن لدينا متغيراً يتبع التوزيع كاي تربيع ما هى القيمة الحرجة إذا علم أن α تساوى 0.1، وأن درجات الحرية تساوى 9.

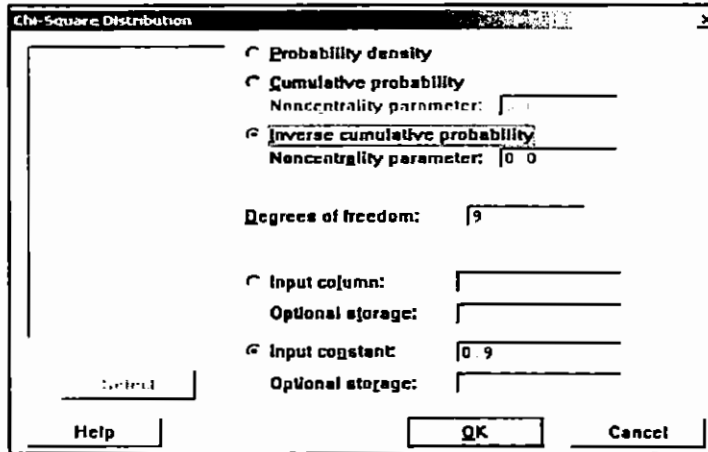
الحل: باستخدام الجداول وبالنظر فيه ومع درجات حرية تساوى 9 نسير أفقياً، وعند α تساوى 0.1 ننزل رأسياً، وفى نقطة التقاطع نوجد القيمة الحرجة، وهى فى هذه الحالة تساوى 14.684.

الحل باستخدام المينيتاب Minitab

(يجب ملاحظة أن المينيتاب Minitab فى حالة توزيع كاي تربيع Chi Square Distribution يعطى قيمة $1 - \alpha$ مباشرة إذا علمت القيمة الحرجة، ولذا فى حالة معلومية α ويكون المطلوب هو القيمة الحرجة فإننا نعوض بقيمة $1 - \alpha$)

Minitab>Calc> Probability Distribution> Chi Square Distribution

فيظهر الصندوق الحوارى الموضح فى شكل (13-50):



شكل رقم 13-50 حل المثال 13-9 بالمينيتاب

ومن نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Inverse Cumulative Distribution Function

Chi-Square with 9 DF

$P(X \leq x)$	x
0.9	14.6837

وبالتالي فإن القيمة الحرجة تساوى 14.6837 وهى نفس النتيجة التي حصلنا عليها من الجدول.

ج- توزيع (F) Distribution (F)

وهو نوع آخر خاص و هام من التوزيعات الاحتمالية المتصلة والتي سنستخدمها فى اختبار الفرضيات (يرجى مراجعة الفصل السابع عشر تحت عنوان اختبار الفرضيات)، ولهذا

التوزيع درجتان من الحرية $n \& m$ ، ويتحدد هذا التوزيع تماما إذا علمت هاتين القيمتين، وعليهما يعتمد الشكل النهائي للمنحنى، ويقترب هذا التوزيع من التوزيع الطبيعي كلما اقتربت درجات الحرية $n \& m$ من اللانهاية.

والوسط الحسابي لهذا التوزيع هو $\mu = \frac{n}{n-2}$ حيث $n > 2$

والمساحة تحت الذيل الملتوي للمنحنى وخارج الفترة F إلى ما لا نهاية تمثل قيمة الاحتمال α عند درجتى الحرية $n \& m$ ، وهناك جداول خاصة لهذه المساحات α والتي تقع على يسار قيمة معينة لـ F ، وبمعلومية درجتى الحرية $n \& m$ وقيمة F يمكن إيجاد المساحة إلى يسار هذه القيمة F . (مصطفى زايد، 2001)

و من خواص المنحنى F والممثل بالنسبة بين تباينين مايلى:

- أن قيمته الصغرى هي الصفر .
- الوسيط Mode وهو القيم الأكثر تكرارا يساوى الواحد الصحيح.
- شكل المنحنى يعتمد على درجتى حرية مختلفتين، أحدها للبسط والأخرى للمقام.
- العينات المسحوبة يجب أن تتبع الـ Normal Distribution
- التباين Variance للمجموعتين متساو.

وهناك جداول خاصة لحساب هذه المساحات، وفي هذه الجداول نجد أن درجات الحرية M مكتوبة في الهامش الأفقي العلوي، أما العمودين الهامشين على جانبي الجدول يمثلان درجات الحرية N ، وعند كل من هذه الدرجات وضعت ثلاث قيم للعدد α هي 0.05، 0.025، 0.01، وعند تقاطع كل عمود M مع كل صف N توجد ثلاث قيم حرجة تناظر تلك القيم الثلاث.

وبمعلومية درجتا الحرية M ، N يمكننا إيجاد القيمة الحرجة بمعلومية الاحتمال α ، وكذلك يمكننا إيجاد قيمة الاحتمال α بمعلومية القيم الحرجة. والقيمة الحرجة Critical Value هي القيمة الموجبة التي تجعل مساحة المنطقة أسفل الذيل الملتوي للمنحنى وخارج الفترة من F إلى ما لا نهاية مساوية لقيمة معينة α عند درجتَي الحرية $n \& m$ ، حيث $n \& m$ تساوى 1، 2، 3.

وللتعبير عن القيمة الحرجة في توزيع F عند درجتَي الحرية $n \& m$ بحيث تكون مساحة المنطقتين عند الذيلين يساوى α فإننا نستخدم الصيغة:

$$F_{\alpha(m,n)} = \text{Critical Value}$$

مع ملاحظة أن العدد الأول M يمثل البسط ويحدد العمود والعدد الثاني N يمثل المقام ويحدد الصف فمثلاً:

$$F_{0.01(15,4)} = 14.2 ، F_{0.05(8,5)} = 4.82 ، F_{0.05(5,8)} = 3.69$$

مثال رقم 13- 10:

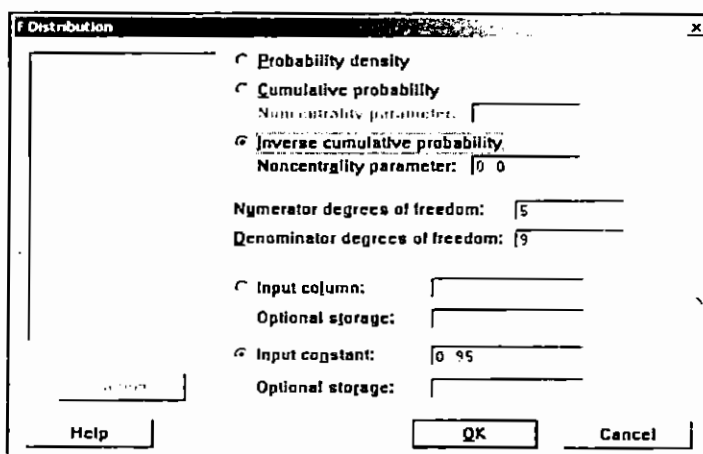
بفرض أن لدينا متغيراً يتبع التوزيع F ، ما هي القيمة الحرجة إذا علم أن الاحتمال $\alpha = 0.05$ وإذا علم أن درجتَي الحرية هما $m = 5$ ، $n = 9$ ؟

الحل: باستخدام الجداول وعند درجة حرية في الصف الأفقي تساوى 5 ثم ننزل عمودياً حتى نقطع درجة الحرية 9، وعند احتمال يساوى 0.05 نحصل على القيمة 3.48.

الحل: باستخدام Minitab (يجب ملاحظة أن Minitab فى حالة F Distribution يعطى قيمة $1 - \alpha$ مباشرة إذا علمت القيمة الحرجة، ولذا فى حالة معلومية α ويكون المطلوب هو القيمة الحرجة فإننا نعوض بقيمة $1 - \alpha$)

Minitab>Calc> Probability Distribution> F Distribution

فيظهر الصندوق الحوارى كما فى شكل (51-13)



شكل رقم 51-13 حل المثال 10-13 بالمينيتاب

ومن نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Inverse Cumulative Distribution Function

F distribution with 5 DF in numerator and 9 DF in denominator

P (X <= x)	x
0.95	3.48166

وبالتالى فإن القيمة الحرجة تساوى 48166 وهى نفس النتيجة التى حصلنا عليها من الجداول

مثال رقم 11-13:

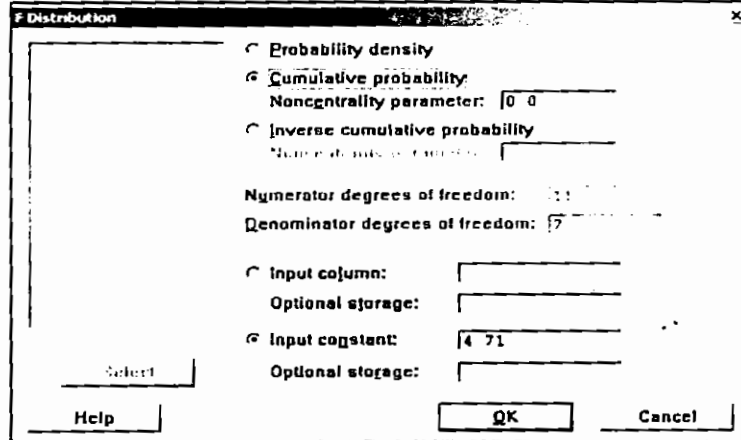
بفرض أن لدينا متغيراً يتبع التوزيع F، ما هي قيمة الاحتمال، إذا علم أن القيمة الحرجة تساوى 4.71 وإذا علم أن درجتى الحرية هما $m = 11$ ، $n = 7$ ؟

الحل: باستخدام الجداول و عند درجة حرية فى الصف الأفقى تساوى 11 ثم ننزل عمودياً حتى نقطع درجة الحرية 7، و عند القيمة الحرجة 4.71، نجد أن الاحتمال يساوى 0.025.

الحل: باستخدام Minitab (يجب ملاحظة أن الميني تاب Minitab فى حالة F Distribution يعطى قيمة $1 - \alpha$ مباشرة إذا علمت القيمة الحرجة، ولذا فى حالة معلومية α ويكون المطلوب هو القيمة الحرجة فإننا نعوض بقيمة $1 - \alpha$)

Minitab>Calc> Probability Distribution> F Distribution

فيظهر الصندوق الحواري كما فى شكل (13-52):



شكل رقم 13- 52 حل المثال 11-13 بالميني تاب

ومن نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Cumulative Distribution Function

F distribution with 11 DF in numerator and 7 DF in denominator

x	P(X <= x)
4.71	0.975008

وحيث إن $P(x \leq x) = 0.975008$ ، فإن: $\alpha = 1 - 0.975 = 0.025$

13.4. التوزيعات الاحتمالية الوثابة Discrete Probability Distribution

ويتبع هذا النوع كل أنواع المتغيرات الوثابة أو المتقطعة Discrete Variable مثل رمى العملة ورمى زهر الطاولة وتقديم العطاءات وتجارب إطلاق الصواريخ وحدث أعطال للمعدات وتنفيذ عمليات الإصلاح..... أي البيانات التي يتم عدّها Countable أى من طبيعتها نعم أو لا وأيضا صحيح أو خطأ وأيضا مطابق أو غير مطابق وأيضا موجود أو غير موجود، و أي بيانات من طبيعتها أن تكون قيم صحيحة مثل أن تكون النتيجة خطأ

واحدا أو خطاين أو ثلاثة أخطاء ولا يمكن أن تكون خطأ ونصف أو خطاين وربع وهكذا، وفي هذا النوع من البيانات سنتعرض لأربعة أنواع من التوزيع Distribution كما يلي:

13.4.1. توزيع ذات الحدين Binomial Distribution

يستخدم توزيع ذات الحدين Binomial Distribution في الحالات التي يكون اهتمامنا مركزا على وجود أو عدم وجود خاصية معينة في المجتمع محل الدراسة أي أن المجتمع يكون مقسوما إلى جزئين متكاملين (مجموع الجزأين يساوي 1)، جزء يمثل هذه الخاصية (احتمال وقوع حدث) وجزء آخر لا يمثلها، أي أن احتمال وقوع الحدث هنا هو عبارة عن شينين فقط مثل نجاح أو رسوب Fail Or Pass ومثل إذ كان أو لا يكن Compliance Or Non Compliance ومثل نعم أو لا Yes Or No ومثل حاضرا أو غائب Present Or Absent، ومثل ذكر أو أنثى Male Or Female، ومثل مدخنون وغير مدخنين Smoker Or Non Smoker، كما يستخدم هذا النوع عندما يكون المطلوب هو معرفة نسبة احتمال وقوع حدث معين، فمثلا لو كان لدينا مجتمع يمثل الشباب، وسحبنا منه عينة حجمها عشر عناصر، فسيكون لدينا 11 احتمال، إذ يمكن أن تكون العينة خالية من الذكور ويمكن أن تحتوي على ذكر واحد أو اثنين أو.....أو عشر ذكور، وتوزيع الاحتمال لهذا المتغير والذي يعبر عن نسبة احتمال وقوع هذا الحدث تمثل بتوزيع ذات الحدين ومن أمثلة هذا النوع أيضا:

- لو لدينا منتج ما، ويتم قياس أحد أبعاد عينات عشوائية من هذا المنتج بصورة يومية، ففي بعض المصانع يتم تجهيز شبلونة بأبعاد محددة يمر خلالها المنتج الجيد فقط، في هذه الحالة يكون شكل المخرجات نعم أو لا Yes Or No.
- في مصانع الأدوية يتم تسليط هواء مضغوط بقوة محددة على زجاجات الدواء، والزجاجة التي تسقط من جراء هذه القوة تكون مرفوضة (لأن وزنها يكون أخف من المطلوب).
- في مصانع لمبات الكهرباء يتم اختبار إضاءة للمبات، فاللمبة التي لا تضيء تكون مرفوضة.
- في البنوك يتم ملء فورمة إيداع الأموال، الفورمة إما أن تملأ صحيحة أو تكون مرفوضة.
- في الشركات التي تقوم بتقديم عطاءات إما أن تكون مقبولة أو مرفوضة.
- في الشركات التي تقوم بعمل صيانة للمعدات إذا تم حساب إخفاق المعدات في أداء مهمتها Failure Probability، فتكون P هي احتمال الفشل Failure Probability، أما إذا تم

حساب نجاح المعدات في أداء مهمتها Successful Operation، فتكون P هي احتمال النجاح أو درجة الاعتمادية Reliability.

ولكي يخضع توزيع ما لتوزيع ذي الحدين فيجب توفر عدة شروط منها:

- جمع العينة Sampling أو سحب العناصر من المجتمع يتم بصورة عشوائية.
- حجم المجتمع كبير جداً بالمقارنة بحجم العينة Sample، وبالتالي وحتى لو كانت عملية السحب بدون إرجاع فإن احتمال وقوع الحدث يكون ثابتاً.
- نجاح أو فشل الحدث في أى سحبة مستقل عما نتج من نجاح أو فشل في السحبات السابقة، كما أن عدد مرات نجاح الحدث في عينة ما مستقل عن عدد مرات نجاحه في أى عينة أخرى.

ولهذا النوع بعض الخصائص العامة منها:

- إذا زاد عدد العينات بصورة كبيرة فإن الشكل يزول إلى التوزيع الطبيعي Normal وبالتالي عندما يكون لدينا عملية تتبع توزيع ذات الحدين Binomial، فيفضل زيادة عدد العينة ومعاملته على أنه طبيعي .
 - عندما تقترب قيمة الاحتمالية Probability من 0.5 فإن الشكل يقترب من الطبيعي .
- و الدالة التي تحكم و تحدد شكل هذا التوزيع هي دالة كتلة الكثافة Probability Mass Function (PMF) كما يلي:

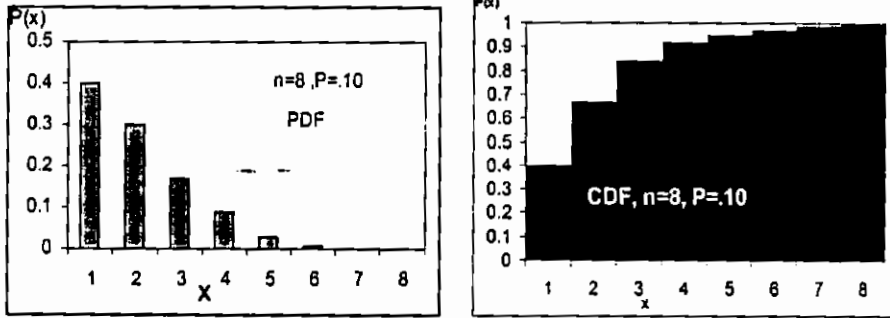
$$f(x) = \binom{n}{x} * P^x * (1 - P)^{(n-x)}$$

$$\binom{n}{x} = {}_n C_x = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

حيث إن X هي عدد مرات نجاح الحدث وهي تساوى 0، 1، 2،، N ، وحيث N هو حجم العينة وهو عدد مرات المحاولة، وحيث P هي احتمال وقوع الحدث ويقع بين الصفر والواحد الصحيح ($0 \leq P \leq 1$)، وهذه الدالة تتوقف على N و P وبمعرفة هاتين القيمتين يتحدد التوزيع تحديداً تاماً.

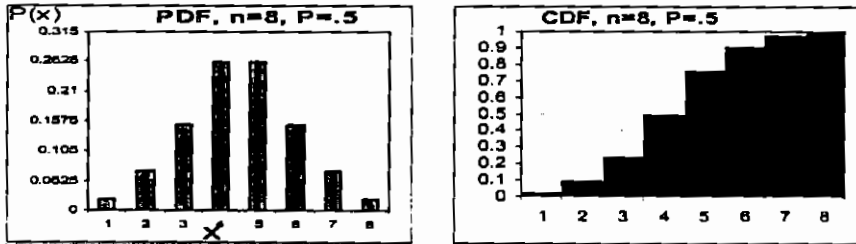
وبالاستنتاج الرياضي يمكننا استنتاج أن الوسط الحسابي لهذا التوزيع $= np$ ، وأن تباين هذا التوزيع $= np(1 - P)$

ويوضح شكل (13-53) عملية تخرج منتجات سليمة بنسبة 10%، فلو أخذت 8 عينات فإن شكل المخرج سيكون كما بالرسم PMF Probability Mass Function وذلك يعنى أن احتمال أن يكون منتج واحد به خطأ هو 40% وأن احتمال أن يكون 2 منتج بهما خطأ هو 70% وأن احتمال أن يكون 3 منتج بهم أخطاء هو 87% وأن احتمال أن يكون 4 منتج بهم أخطاء هو 90%، وهكذا



شكل رقم 13- 53 عملية تخرج منتجات سليمة بنسبة 10%

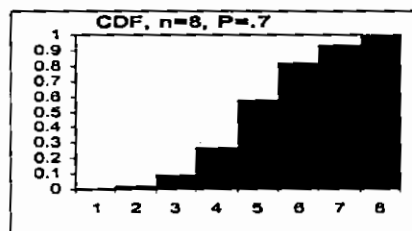
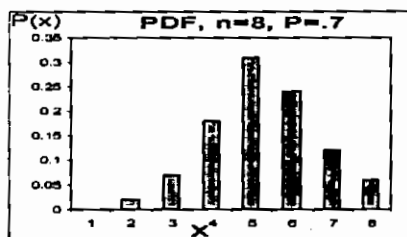
ويمثل شكل (13-54) عملية تخرج منتجات سليمة بنسبة 50%، فلو أخذت 8 عينات، فإن شكل الخرج سيكون كما بالرسم وذلك يعنى أن احتمال أن يكون منتج واحد فقط به خطأ هو 0.05% وأن احتمال أن يكون 2 منتج بهما أخطاء هو 9% وأن احتمال أن يكون 3 منتج بهم أخطاء هو 22% وأن احتمال أن يكون 4 منتج بهم أخطاء هو 50%، وأن احتمال أن يكون 5 منتج بهم أخطاء هو 75%، وأن احتمال أن يكون 6 منتج بهم أخطاء هو 90%، وأن احتمال أن يكون 7 منتج بهم أخطاء هو 97%، وأن احتمال أن يكون 8 منتج بهم أخطاء هو 100%.



شكل رقم 13- 54 مخرجات عملية تنتج منتجات سليمة بنسبة 50%

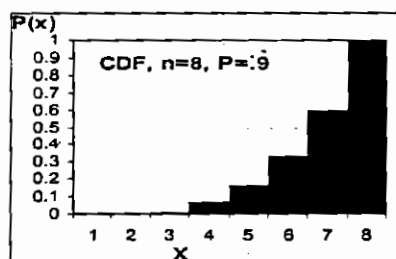
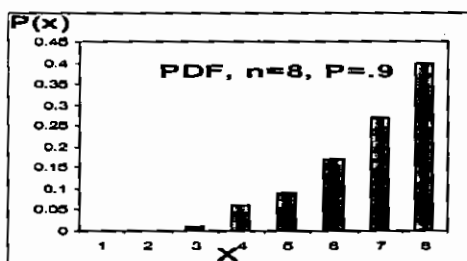
أما شكل (13-55) هو لعملية تخرج منتجات سليمة بنسبة 70%، فلو أخذت 8 عينات فإن شكل الخرج سيكون كما بالرسم وذلك يعنى أن احتمال أن يكون منتج واحد فقط به خطأ هو 0% وأن احتمال أن يكون 2 منتج بهما أخطاء هو 0.05% وأن احتمال أن يكون 3 منتج بهم

أخطاء هو 10 % وأن احتمال أن يكون 4 منتج بهم أخطاء هو 25%، وأن احتمال أن يكون 5 منتج بهم أخطاء هو 58%، وأن احتمال أن يكون 6 منتج بهم أخطاء هو 80%، وأن احتمال أن يكون 7 منتج بهم أخطاء هو 92%، وأن احتمال أن يكون 8 منتج بهم أخطاء هو 100%.



شكل رقم 13- 55 عملية تخرج منتجات سليمة بنسبة 70 %

وأخيراً، فإن شكل (13- 56) يمثل عملية تخرج منتجات سليمة بنسبة 90%.



شكل رقم 13- 56 عملية تخرج منتجات سليمة بنسبة 90 %

مثال رقم 13- 12:

ما هي احتمالية ظهور الرقم 2 لثلاث مرات في سبع محاولات لرمي زهرة ذات ستة أوجه؟
الحل باستخدام المعادلة

حيث إن هذا النوع يتبع ذات الحدين Binomial Distribution نجد أن:

Number of Success = $X = 3$

Number of Trails = $N = 7$

وحيث إن الزهرة تحتوى على ستة أوجه فإن احتمال ظهور أى وجه يساوى $(1/6)$ أى سدس أى $P = 0.167$ - وبتطبيق ذلك على معادلة ذات الحدين:

$$f(x) = \binom{n}{x} * P^x * (1 - P)^{(n-x)}$$

$$p(x = 3) = \binom{7}{3} \cdot 0.167^3 \cdot (1 - 0.167)^{(7-3)}$$

$$p(x = 3) = \frac{7!}{3!(7-3)!} \cdot 0.167^3 \cdot (1 - 0.167)^{(7-3)}$$

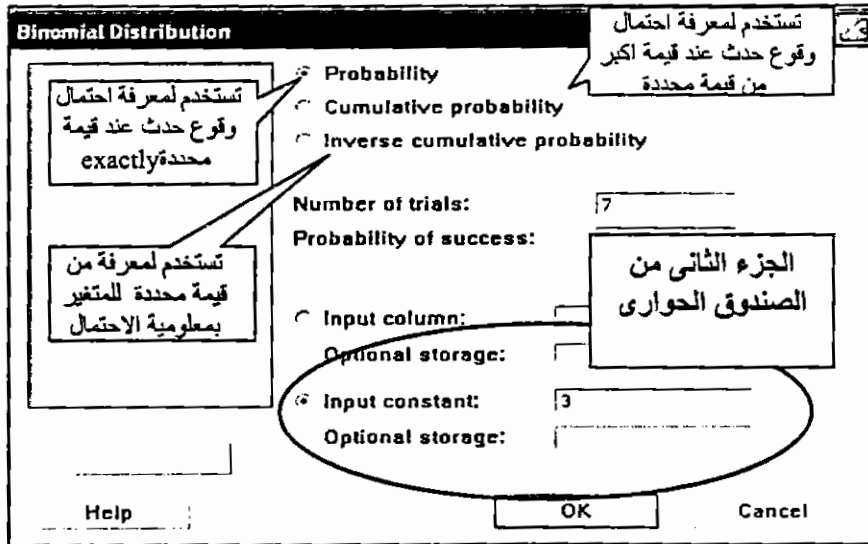
$$p(x = 3) = \frac{7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1}{3 \cdot 2 \cdot 1 (4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1)} \cdot 0.167^3 \cdot (1 - 0.167)^{(7-3)}$$

$$p(x = 3) = \frac{7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1}{3 \cdot 2 \cdot 1 (4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1)} \cdot 0.167^3 \cdot (0.833)^{(7-3)} = 0.0784$$

ومعنى ذلك أن احتمالية ظهور الرقم 2 لثلاث مرات فى سبع محاولات لرمى زهرة ذات ستة أوجه هي 7.8%.

الحل باستخدام المينيتاب من قائمة Calc نختار Probability Distribution ثم نختار Binomial فيظهر الصندوق الحوارى 57-13 والذي يظهر فى الجزء العلوى منه ثلاثة اختيارات وهى:

- Probability تستخدم لمعرفة احتمال وقوع حدث عند قيمة محددة Exactly .
- Cumulative Probability و تستخدم لمعرفة احتمال وقوع حدث عند قيمة أكبر من قيمة محددة.
- Inverse Cumulative Probability تستخدم لمعرفة احتمال وقوع حدث عند قيمة أقل من قيمة محددة.



شكل رقم 57-13 حل المثال 12-13 بالمينيتاب

أما الجزء الثاني من الصندوق الحواري فنقوم فيه بإدخال عدد المحاولات وكذلك احتمال النجاح، و عدد مرات الظهور المراد حساب الاحتمال عندها فتظهر النتائج كما في جدول (2-13).

جدول رقم 2-13 جدول يعرض حل المثال 12-13

Seven trials	$P(x=0)=$	0.278301	Sum= probability of less than 3 times
	$P(x=1)=$	0.390557	
	$P(x=2)=$	0.234897	
	$P(x=3)=$	0.078487	← Probability of exactly 3 times
	$P(x=4)=$	0.015735	Sum= probability of more than 3 times
	$P(x=5)=$	0.001893	
	$P(x=6)=$	0.000126	
	$P(x=7)=$	0.000004	
1.000000			

وإذا أردنا معرفة احتمال أن يظهر رقم محدد لعدد أقل من أو يساوي 3 ثلاث مرات فإننا نختار Cumulative Probability كما في الشكل 58-13.

شكل رقم 58-13 احتمال أن يظهر رقم محدد في المثال 12-13

فتظهر النتيجة التالية:

Cumulative Distribution Function

Binomial with $n = 7$ and $p = 0.167$

x $P(X \leq x)$
3 0.982242

مثال رقم 13-13:

إذا كنت تعمل بوظيفة مهندس مبيعات وقمت خلال عشرين محاولة لبيع منتج ما ببيع خمسة منتجات، فإذا قمت بعشر محاولات أخرى للبيع فما هي نسب الاحتمال في الحالات الآتية:

- 1- لا مبيعات.
- 2- بيع ثلاثة منتجات فقط.
- 3- بيع منتجات تزيد عن ثلاثة منتجات.
- 4- بيع منتجات تقل عن ثلاثة منتجات.

الحل باستخدام المعادلة

من البيانات المتاحة لدينا نجد أن احتمال نجاح أى عملية بيع هي خمسة من عشرين، أى

$$p = \frac{5}{20} = 0.25$$

25% أى أن:

Less Than 3، More than 3، 3، Number of Success = X

Number of Trails = N= 10

الحل باستخدام المينيتاب

بنفس المفهوم الذى تم شرحه فى المثال 13-13 يمكن الحصول على الجدول 3-13:

جدول رقم 3-13 جدول يعرض حل المثال 13-13

Ten trials	P(x=0)=	0.056314	0.056314	← Probability of no sales
	P(x=1)=	0.187712	0.525594	Sum= probability of less than 3 products
	P(x=2)=	0.281568		
	P(x=3)=	0.250282	0.250282	← Probability of exactly 3 products
	P(x=4)=	0.145998		
	P(x=5)=	0.058399		
	P(x=6)=	0.016222		
	P(x=7)=	0.003090	0.224125	Sum= probability of more than 3 products
	P(x=8)=	0.000386		
	P(x=9)=	0.000029		
	P(x=10)=	0.000001		
1.000000				

ومن ذلك يتبين أن نسبة احتمال عدم بيع أى منتجات هي 5.6%، وأن نسبة احتمال بيع ثلاثة منتجات هي 25%، وأن نسبة احتمال بيع أكثر من ثلاثة منتجات هي 22.4%، وأن نسبة احتمال بيع أقل من ثلاثة منتجات هي 52.56%.

13.4.2. توزيع بواسون Poisson Distribution

يستخدم توزيع بواسون كنموذج لتوزيع الأحداث النادرة التي تقع عشوائيا عبر الزمان أو المكان، فيستخدم في الحالات التي ينظر إليها نمطيا على أنها عملية تولد عددا من التغيرات أو الأحداث في وحدة زمن أو وحدة فراغ مناسبة، وهذه الوحدة مقسمة إلى عدد كبير جدا من الأجزاء الصغيرة جدا سنسميها لحظات Instants (سواء كان التقسيم من حيث الزمن أو من حيث الفراغ أو الحجم) وكل من هذه اللحظات يعتبر محاولة يمكن أن يقع فيها الحدث أو لا يقع، وبالتالي فإن هناك إمكانية لوقوع الحدث في عدد كبير من المرات.

وعلى ما سبق فإن توزيع بواسون يصلح كنموذج احتمال لبعض الأحداث التي تقع عشوائيا عبر الزمان مثل انبعاث جسيمات من مادة مشعة، وعدد حوادث الطائرات، وتتابع الاتصالات على مركز طوارئ إحدى المستشفيات، وعدد الأعطال في محطة توليد الكهرباء، عدد العملاء الذين يدخلون متجرا للشراء خلال اليوم، و عدد المكالمات التليفونية التي تطلب دعما فنيا خلال اسبوع، عدد حالات انتحار في مدينة، وعدد حالات القتل الخطأ خلال عام، وعدد المصابيح التي تحترق في مدينة خلال شهر، وعدد شكاوى العملاء في اسبوع، وعدد المكالمات التليفونية التي تصل إلى مكتب في فترة زمنية محددة ، ساعة مثلا، و عدد رسائل البريد المفقودة في إحدى المدن خلال أسبوع، و عدد الحفر في كيلومتر من طريق مرصوف.

كما يصلح كنموذج احتمال لبعض الأحداث التي تقع عشوائيا عبر المكان مثل عدد الأسماك في بحيرة، وعدد البكتريا من نوع معين في مختبر، وعدد الأخطاء المطبعية في صفحة كتاب، والخلل الذي يحدث في جهاز كمبيوتر، و عدد العيوب في كابل كهرباء، أو في ثوب قماش، أو في أسياخ التسليح الحديدية.

ولكي نتمكن من استخدام توزيع بواسون للتعبير عن متغير وثاب فيجب أن يتوفر في هذا المتغير شرطان:

- أولا ندرة الحدث: فيشترط أن يكون معدل وقوع الحدث، أى متوسط عدد مرات وقوعه في وحدة الزمن أو وحدة الفراغ أو وحدة الحجم، صغيرا بالنسبة لعدد المحاولات التي يمكن أن تسفر عن وقوع الحدث، ومثال ذلك المتغير الذي يعبر عن عدد الأخطاء في صفحة كتاب جيد الطبع، فالصفحة تتألف من عدد كبير من الكلمات (اللحظات Instants) كل من هذه الكلمات قد يقع في كتابتها خطأ أو لا يقع، وعلى ذلك فهناك إمكانية وقوع عدد كبير من الأخطاء، ولكن نظرا لأن معدل وقوع الخطأ هو عدد صغير جداً فإننا نعتبر هذا الحدث نادرا، واعتبار الحدث نادرا هو مسألة نسبية تتطلب أن تكون وحدة الزمن أو وحدة

الفراغ كبيرة كبراً كافياً، فمثلاً عند تسجيل عدد الحوادث التي تصل إلى مركز الطوارئ في مستشفى كبير لا ينبغي أن تقل وحدة الزمن عن أسبوع مثلاً لإعطاء الفرصة لورود حالات كافية.

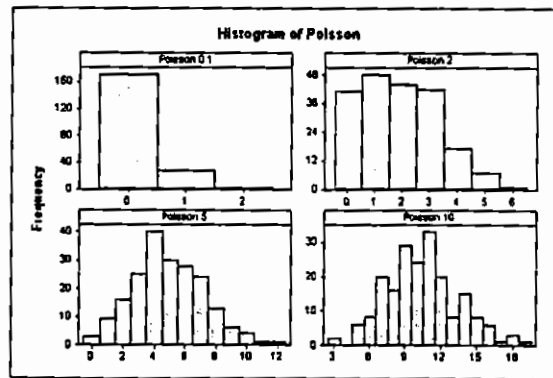
ثانياً استقلال المتغير التابع Independent وعشوائية الأحداث: فيشترط أن يكون وقوع الأحداث عشوائياً، بمعنى أن يكون احتمال أو عدم وقوع الحدث في أى لحظة مستقلاً عن وقوعه أو عدم وقوعه في أى لحظة سابقة أو لاحقة غير متداخلة معها، وبذلك لا يتأثر وقوع الحدث إلا بالعوامل العشوائية فقط. فمثلاً تسجيل عدد الحوادث التي تصل إلى مركز الطوارئ في مستشفى كبير في محافظة ما لا يجب أن يؤثر في احتمال تسجيل حالات تالية. (محمد أبو يوسف، 1998)

والدالة التي تحكم و تحدد شكل هذا التوزيع (PMF) Probability Mass Function

$$P(X) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} \quad \text{هي:}$$

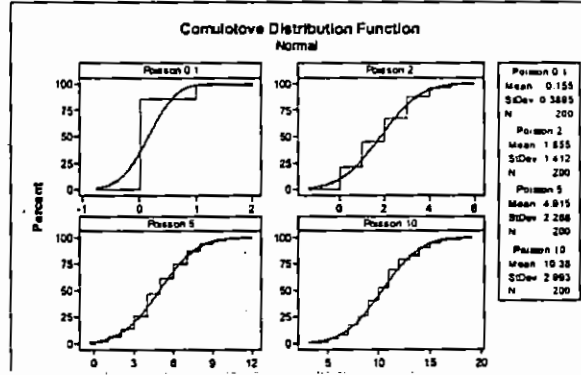
حيث إن $P(X)$ هو احتمال وقوع الحدث لعدد من المرات X وحيث $X = 0, 1, 2, \dots, 3, \dots$ هي عدد مرات وقوع الحدث أو عدد مرات النجاح، وحيث إن $e = 2.71828$ (Base of Natural Logs) وهي الأساس للوغاريتم الطبيعي، وحيث μ هي معدل وقوع الحدث خلال فترة زمنية أو فراغية محددة.

والشكل 13-59 يوضح دالة التوزيع الاحتمالية عند قيم مختلفة لهذا المتوسط والذي يظهر اختلاف الشكل باختلاف قيمة المعدل أو المتوسط ويلاحظ أنه بزيادة المعدل عن القيمة 5 فإن شكل التوزيع يقترب من التوزيع الطبيعي وفي هذه الحالة يفضل استخدام نموذج التوزيع الطبيعي بدلا من توزيع بواسون.



شكل رقم 13- 59 اختلاف دالة التوزيع الاحتمالية باختلاف المتوسط

أما الشكل 13-60 فيعرض دالة التوزيع التراكمية Cumulative Distribution Function لنفس القيم.



شكل رقم 13-60 اختلاف دالة التوزيع التراكمية باختلاف المتوسط

ومن المميزات الرئيسية لتوزيع بواسون أن الوسط الحسابي يساوى التباين يساوى μ . ومعنى ذلك أنه يمكننا اختبار ما إذا كان توزيعاً ما يتبع توزيع بواسون بأن نحسب المتوسط والتباين فإذا كانا متساويين أو كان الاختلاف فى القيمة بسيطاً، كان ذلك أحد المؤشرات القوية على تبعية المتغير لتوزيع لبواسون.

مثال رقم 13-14:

إذا كان متوسط عدد الأسماك فى لتر من ماء بحيرة هو 2 فما احتمال وجود 5 أسماك على الأقل فى عينة من 3 لترات من ماء البحيرة؟
الحل باستخدام المعادلة:

$$\mu = 2 * 3 = 6$$

$$P(X) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{X!} = \frac{e^{-6} 6^x}{X!}$$

حيث إن $X = 0, 1, 2, 3, \dots$

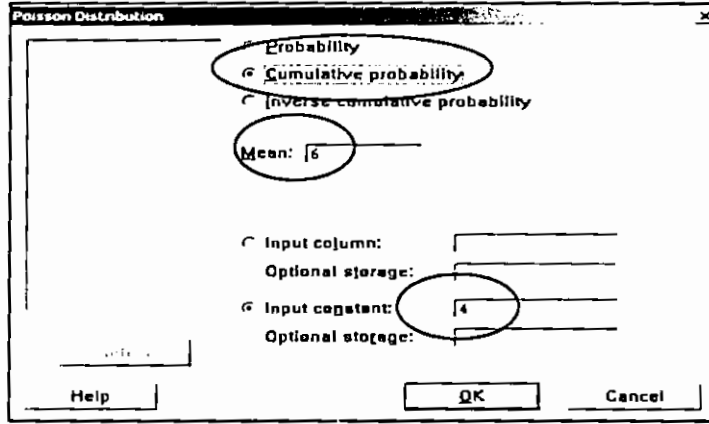
فإن احتمال وجود 5 أسماك على الأقل سيكون

$$P(X \geq 5) = 1 - P(X \leq 4) = 1 - [P(0) + P(1) + P(2) + P(3) + P(4)]$$

$$P(X \geq 5) = 1 - 0.285 = 0.715$$

الحل بالمينيئاب Minitab :

Minitab > Calc > Probability Distributions > Poisson



شكل رقم 13- 61 حل المثال 13-14

ومن نافذة النتائج Session Window نجد أن:

$$P(X \geq 5) = 1 - P(X \leq 4) = 1 - 0.285 = 0.715$$

مثال رقم 13-15:

إذا كان متوسط عدد توقف إحدى المعدات الهامة في أحد المصانع خلال شهر هو مرتين فما احتمال حدوث 5 توقفات لهذه المعدة على الأقل في فترة زمنية ثلاثة أشهر في هذا المصنع ؟
الحل:

$$\mu = 2 * 3 = 6$$

$$P(X) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{X!} = \frac{e^{-6} 6^x}{X!}$$

حيث إن $X = 0, 1, 2, 3, \dots$

فإن احتمال حدوث 5 توقفات لهذه المعدة على الأقل سيكون

$$P(X \geq 5) = 1 - P(X \leq 4) = 1 - 0.285 = 0.715$$

مثال رقم 13-16:

إذا كان متوسط عدد توقف إحدى المعدات الهامة في أحد المصانع خلال شهر هو مرة واحدة فما احتمال حدوث توقف آخر لهذه المعدة في الشهر المقبل في هذا المصنع ؟

الحل باستخدام المعادلة: $\mu = 1 * 1 = 1$

$$P(X) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{X!} = \frac{e^{-1} 1^x}{X!}$$

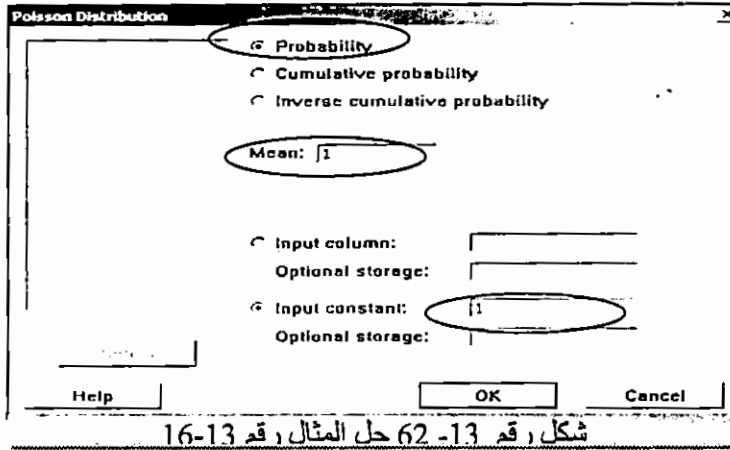
حيث إن $X = 0, 1, 2, 3, \dots$

فإن احتمال حدوث توقف آخر لهذه المعدة في الشهر المقبل في هذا المصنع سيكون

$$P(1) = \frac{e^{-1} 1^1}{1!} = \frac{1}{2.71828} = 0.36788$$

الحل باستخدام برنامج الميني تاب Minitab:

Minitab > Calc > Probability Distributions > Poisson



من نافذة النتائج Session Window نجد أن:

$$P(1) = 0.36788$$

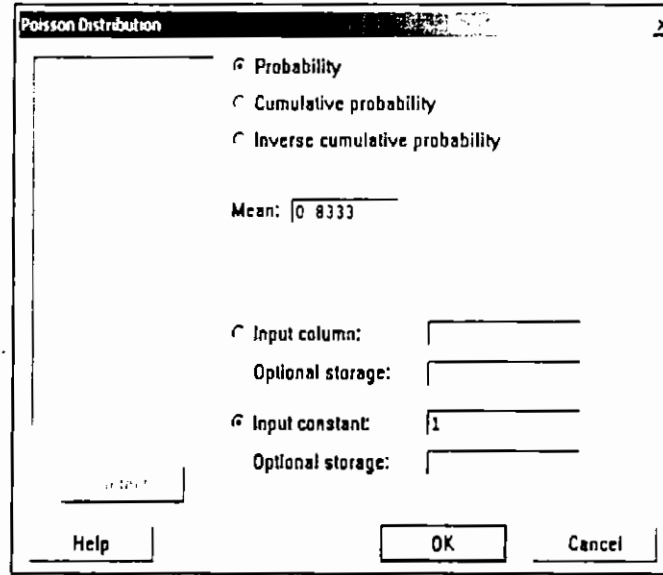
مثال رقم 13-17:

إذا كان متوسط عدد توقف إحدى المعدات الهامة في أحد المصانع خلال 6 أشهر هو 5 مرات فما احتمال حدوث توقف آخر لهذه المعدة في الشهر المقبل في هذا المصنع؟

الحل بالميني تاب Minitab :

$$\mu = 5 / 6 = 0.83333$$

Minitab > Calc > Probability Distributions > Poisson



شكل 13- 63 حل المثال رقم 13-17

من نافذة النتائج Session Window نجد أن:

$$P(1) = 0.362163$$

أى أن احتمال حدوث توقف آخر لهذه المعدة فى الشهر المقبل هو 0.362163

مثال رقم 13- 18:

لاحظت إحدى شركات خدمات الصيانة أن معدل التوقف الفجائي Shut Down لمحطة توليد الكهرباء بأحد مواقعها هو 0.1 شهريا. بفرض أن هذه العملية تتبع توزيع بواسون Poisson فما هو احتمال أن يحدث توقفين مفاجئين خلال شهر واحد؟

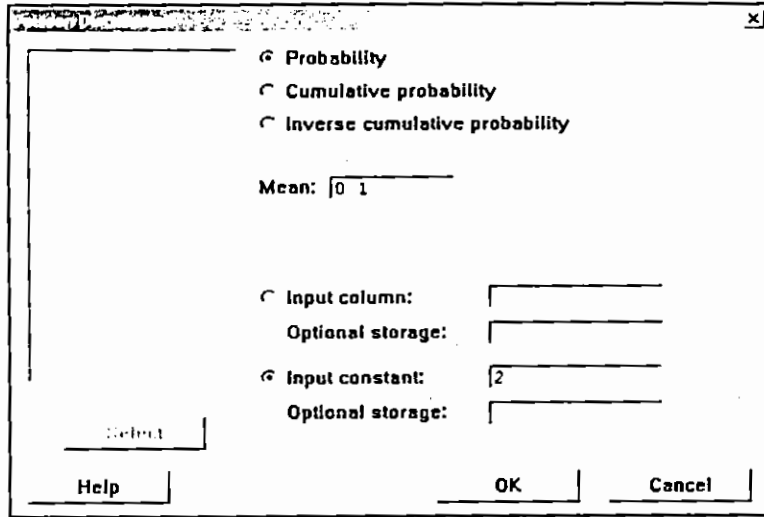
الحل باستخدام المعادلة:

$$P(X) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{X!} = \frac{e^{-0.1} (0.1)^2}{2!} = \frac{0.9048 * 0.1}{2} = 0.00452$$

أى أن احتمال أن يحدث توقفين مفاجئين فى شهر واحد هو بنسبة 0.452% وهى نسبة عالية فى مثل هذا النوع من الخدمات تعبر عن ضعف الخدمات المقدمة.

الحل باستخدام الميني تاب Minitab :

Calc > Probability Distributions > Poisson



شكل رقم 13-64 حل المثال رقم 13-18

من نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Probability Density Function

Poisson with mean = 0.1

x	P(X = x)
2	0.0045242

مثال رقم 13-19:

تتلقى إحدى شركات تقديم الخدمات مكالمات تليفونية لطلب الخدمة بمعدل 72 مكالمة في اليوم، بفرض أن هذه العملية تتبع توزيع بواسون Poisson فما هو احتمالية أن تتلقى هذه الشركة أربعين مكالمة في اليوم؟

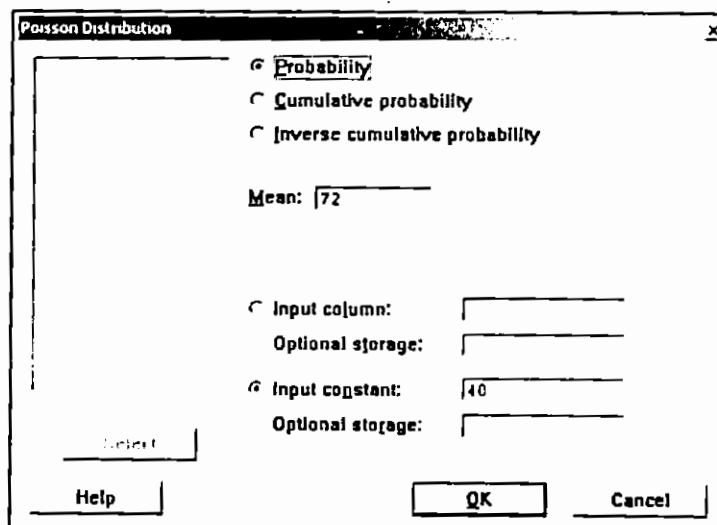
الحل باستخدام المعادلة:

$$P(X) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{X!} = \frac{e^{-72} (72)^{40}}{40!} = 0.0000130$$

أي أن احتمالية تلقى أربعين مكالمة لطلب الخدمة في اليوم هي 0.0013%

الحل باستخدام الميني تاب Minitab :

Calc > Probability Distributions > Poisson



شكل رقم 13- 65 حل المثال 13-19 بالمينيتاب

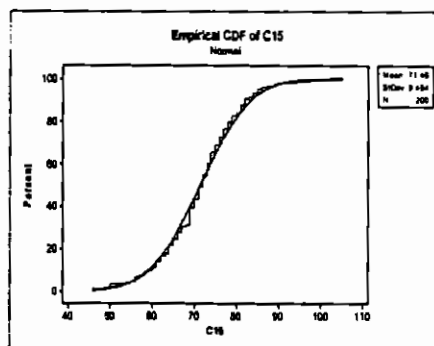
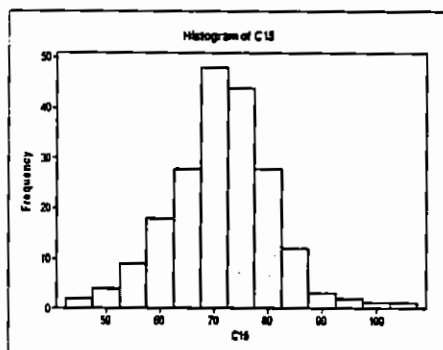
من نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Probability Density Function

Poisson with mean = 72

x	P(X = x)
40	0.0000130

والشكل 13-66 يوضح كل من دالة التوزيع الاحتمالية Probability Distribution والشكل 13-66 Function PDF، دالة التوزيع التراكمية Cumulative Distribution Function لهذا المثال.



شكل رقم 13- 66 دالتى التوزيع الاحتمالية و التراكمية 13-19

وهذان المنحنيان مهمان جداً، إذ منهما نتمكن من معرفة احتمال وقوع أى حدث عند قيمة محددة بالضبط من الشكل PDF وكذلك يمكننا معرفة احتمال وقوع أى حدث أكبر من قيمة محددة من الشكل CDF.

فمثلاً من الشكل PDF فإن احتمال تلقى تسعون مكالمة هو 4% تقريباً، ومن الشكل CDF فإن احتمال تلقى أقل من تسعين مكالمة هو 95% وهكذا.

مثال رقم 13- 20:

فى تقرير لمدير الصيانة بأحد المصانع، بلغ عدد مرات التوقف (الأعطال) لأحد المعدات الهامة Critical Equipment خمس عشرة مرة خلال الخمسة أشهر المنقضية. بافتراض أن عدد الأعطال متغير عشوائى يتبع توزيع بواسون المطلوب حساب الاحتمالات التالية:

1. احتمال عدم حدوث أعطال خلال الشهر القادم.
2. احتمال حدوث عطل واحد خلال الشهر القادم.
3. احتمال حدوث أقل من أربعة أعطال خلال الشهر القادم.
4. احتمال حدوث أكثر من عطل واحد خلال الشهر القادم.
5. احتمال حدوث عطل واحد فقط خلال الثلاثة أشهر القادمة.
6. احتمال حدوث أكثر من عطل واحد خلال الثلاثة أشهر القادمة.

الحل باستخدام المعادلة:

بفرض أن X متغير عشوائى يمثل عدد الأعطال فى الشهر لهذه المعدة الهامة ، فإن الاحتمالات المطلوبة تكون كالتالى:

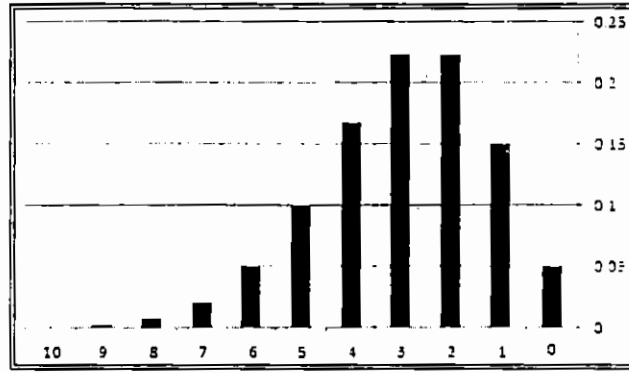
$$P(X = x) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

وعليه فإنه يلزم حساب قيمة μ والتي تمثل معدل (المتوسط الحسابى) الأعطال فى الشهر وهى تساوى مجموع عدد الأعطال مقسوماً على الفترة الزمنية

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} = \frac{15}{5} = 3$$

بالتعويض فى المعادلة يمكن إيجاد الاحتمالات كما يلى:

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	X
0.00081	0.00270	0.00810	0.02160	0.05041	0.10082	0.16803	0.22404	0.22404	0.14936	0.04979	P



شكل رقم 13- 67 التوزيع الإحتمالي للمثال 13-20

1. لإيجاد احتمال عدم حدوث أعطال خلال الشهر القادم أى أن $X=0$

$$P(X = 0) = \frac{e^{-3} 3^0}{0!} = 0.04978$$

إذن احتمال عدم حدوث أعطال لهذه المعدة خلال الشهر القادم هو 0.0497، وهذا يعنى أنه يوجد احتمال ضعيف جدا أن لا تحدث أعطال لهذه المعدة.

2. لإيجاد احتمال حدوث عطل واحد خلال الشهر القادم، أى أن $X=1$

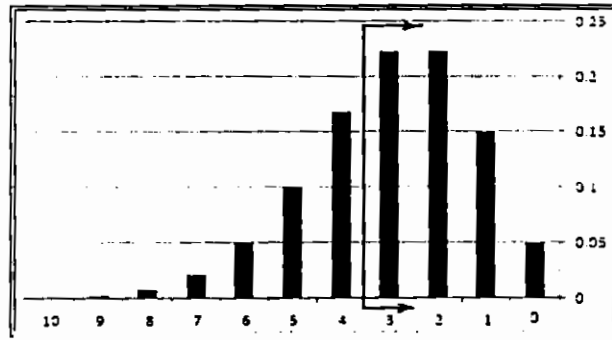
$$P(X = 1) = \frac{e^{-3} 3^1}{1!} = 0.14936$$

إذن احتمال عدم حدوث عطل واحد لهذه المعدة خلال الشهر القادم هو 0.14936.

3. لإيجاد احتمال حدوث أقل من أربعة أعطال خلال الشهر القادم.

$$\begin{aligned} P(X < 4) &= P(X \leq 3) \\ &= P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) \\ &\quad + P(X = 3) \\ &= 0.04978 + 0.1494 + 0.2240 + 0.2240 = 0.6472 \end{aligned}$$

والشكل التالى يوضح تلك النسب التراكمية



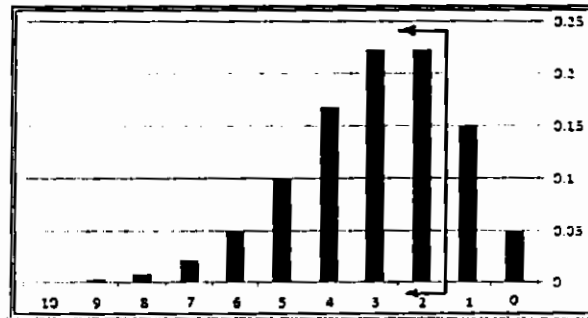
شكل رقم 13- 68 النسب التراكمية للمثال 13-20

4. لإيجاد احتمال حدوث أكثر من عطل واحد خلال الشهر القادم.

حيث ان النسبة الكلية لحدوث أعطال هي الواحد الصحيح

$$P(X > 1) = 1 - (P(X \leq 1)) = 1 - (P(X = 0) + P(X = 1))$$

$$= 1 - (0.04978 + 0.1494) = 1 - 0.199 = 0.8$$



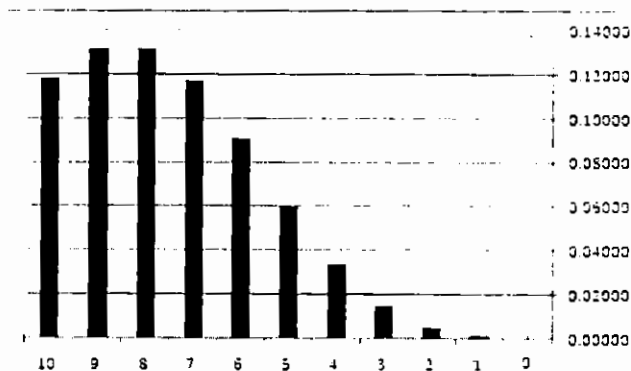
شكل رقم 13- 69 النسب التراكمية للمثال 13-20

5. لإيجاد احتمال حدوث عطل فقط خلال الثلاثة أشهر القادمة.

وعليه فإنه يلزم حساب قيمة μ والتي تمثل معدل (المتوسط الحسابي) الأعطال في الثلاثة أشهر وهي تساوي معدل الأعطال الشهري مضروباً في ثلاثة

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} * 3 = \frac{15}{5} * 3 = 9$$

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	X
0.1186	0.1318	0.1318	0.1171	0.0911	0.0607	0.0337	0.0150	0.0050	0.0011	0.0001	P

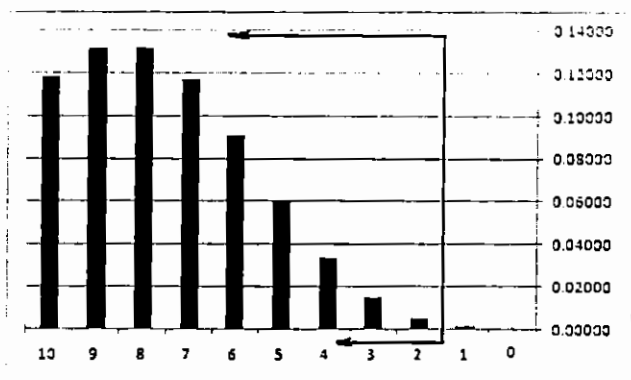


شكل رقم 13- 70 التوزيع الإحتمالي للمثال 13-20

أو بالتعويض في المعادلة يمكن إيجاد الاحتمالات كما يلي:

إذن احتمال حدوث عطل واحد فقط خلال الثلاثة أشهر القادمة هو 0.0011، وهذا يعنى أنه يوجد احتمال ضعيف جداً أن يحدث عطل واحد فقط خلال الثلاثة أشهر القادمة (من الممكن أن يقع أكثر من عطل واحد خلال تلك المدة).

6. لإيجاد احتمال حدوث أكثر من عطل واحد خلال الثلاثة أشهر القادمة



شكل رقم 13- 71 النسب التراكمية للمثال 13-20

مثال رقم 13- 21:

تقوم الإدارة المالية في إحدى الشركات بإصدار فواتير للأعمال التي تقوم بها الشركة بمعدل شهري 120 فاتورة شهرياً، وبعد فحص 240 فاتورة تلاحظ وجود أخطاء في ثمانين فاتورة من التي تم إصدارها، فإذا كان حدوث هذا الخطأ يحدث عشوائياً فاحسب الاحتمالات التالية:

- 1- احتمال وجود خطأ واحد فقط في الفواتير التي سيتم إصدارها الشهر القادم .
- 2- احتمال وجود أكثر من ستة أخطاء في الفواتير التي سيتم إصدارها الشهر القادم .

الحل باستخدام المعادلة:

يفرض أن X متغير عشوائي يمثل عدد الأخطاء في الشهر ، فإن الاحتمالات المطلوبة تكون كالتالي:

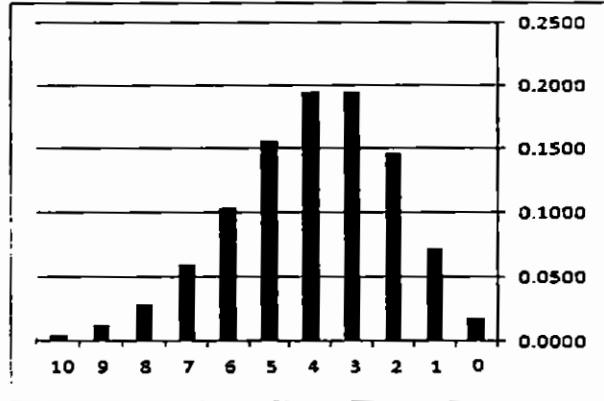
$$P(X = x) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

وعليه فإنه يلزم حساب قيمة μ والتي تمثل معدل (المتوسط الحسابي) الأخطاء في الشهر وهي تساوي مجموع عدد الأخطاء مقسوماً على الفترة الزمنية

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} = \frac{8}{2} = 4$$

بالتعويض في المعادلة يمكن إيجاد الاحتمالات كما يلي:

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	0.0183	0.0733	0.1465	0.1954	0.1563	0.1042	0.0595	0.0298	0.0132	0.0053	



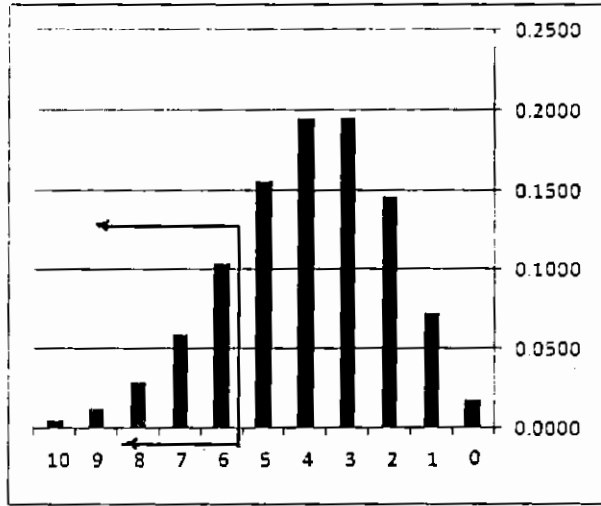
شكل رقم 13- 72 التوزيع الإحتمالي للمثال 21-13

1- لإيجاد احتمال وجود خطأ واحد فقط في الفواتير التي سيتم إصدارها الشهر القادم :

إذن احتمال عدم حدوث خطأ واحد فقط في الفواتير المصدرة خلال الشهر القادم هو 0.14936.

2- لإيجاد احتمال وجود أكثر من ستة أخطاء في الفواتير التي سيتم إصدارها الشهر القادم

$$\begin{aligned} P(X > 6) &= 1 - (P(X \leq 6)) = 1 - (P(X = 0) + P(X = 1) + \\ &P(X = 2) + P(X = 3) + P(X = 4) + P(X = 5) + P(X = 6)) = \\ &1 - (0.0183 + 0.0733 + 0.1465 + 0.1954 + 0.1954 + 0.1953 + \\ &0.1042) = 1 - 0.8893 = 0.1107 \end{aligned}$$



شكل رقم 13-73 النسب التراكمية للمثال 13-21

مثال رقم 13-22:

قامت إدارة السلامة والصحة المهنية بتسجيل عدد الحوادث التي وقعت بالشركة خلال تسعة أشهر وقد بلغت تلك الحوادث ثلاث حوادث، بافتراض أن عدد الحوادث متغير عشوائي يتبع توزيع بواسون المطلوب حساب الاحتمالات التالية:

1. احتمال عدم وقوع حوادث خلال الشهر القادم.
2. احتمال وقوع حادث واحد فقط خلال الشهر القادم.

3. احتمال وقوع أكثر من حادث خلال الشهر القادم.

4. احتمال وقوع ثلاث حوادث خلال الشهر القادم.

الحل باستخدام المعادلة:

بفرض أن X متغير عشوائى يمثل عدد الحوادث فى الشهر، فإن الاحتمالات المطلوبة تكون كالتالى:

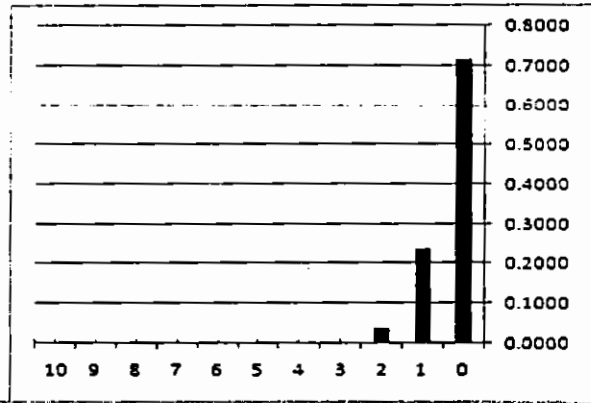
$$P(X = x) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

وعليه فانه يلزم حساب قيمة μ والتي تمثل معدل (المتوسط الحسابى) الحوادث فى الشهر وهى تساوى مجموع عدد الاعطال مقسوما على الفترة الزمنية

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} = \frac{3}{9} = 0.333$$

بالتعويض فى المعادلة يمكن إيجاد الاحتمالات كما يلى:

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	X
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0044	0.0397	0.2387	0.7168	P



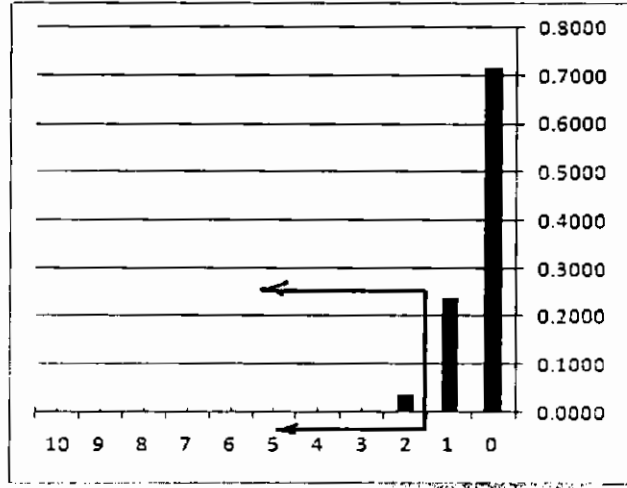
شكل رقم 13-74 التوزيع الإحتمالي للمثال 13-22

1. لإيجاد احتمال عدم وقوع حوادث خلال الشهر القادم.

2. لإيجاد احتمال وقوع حادث واحد فقط خلال الشهر القادم.

3. لإيجاد احتمال وقوع أكثر من حادث خلال الشهر القادم.

$$P(X > 1) = 1 - (P(X \leq 1)) = 1 - (P(X = 0) + P(X = 1)) \\ = 1 - (0.7168 + 0.2387) = 1 - 0.9555 = 0.045$$



شكل رقم 13- 75 النسب التراكمية للمثال 13-22

4. لإيجاد احتمال وقوع ثلاث حوادث خلال الشهر القادم.

$$P(X = 0) = \frac{e^{-0.33} 0.33^3}{3!} = 0.044$$

مثال رقم 13- 23:

في أحد عقود توريد أجهزة اليكترونية طلب العميل ألا يزيد زمن توقف Shut Down الجهاز الوحيد والمهم لديه عن توقفين فقط في السنة، فما هي قيمة μ ؟

الحل باستخدام المعادلة:

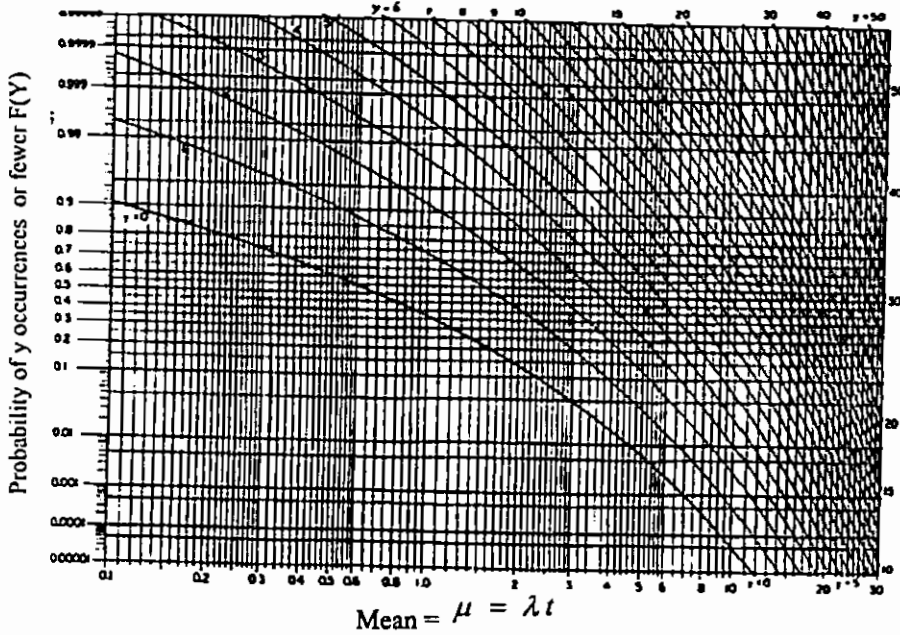
ولحل هذا المثال سنستخدم خريطة الاحتمالات التراكمية لبواسون Poisson Cumulative Probabilities كما في شكل 12-76 وسنفترض أن ال Risk Factor For Electronic Devices A=0.1 وعليه فإن احتمال حدوث التوقف Shut Down سيكون كما يلي :

$$P(x) = 1 - \alpha = 1 - 0.1 = 0.9$$

بتوقيع هذه القيمة على المحور الرأسى لل Chart المشار إليها ثم التحرك أفقيا حتى نقطع المنحنى 2 Or Lower ثم ننزل رأسيا حتى نقطع المحور الأفقى فنحصل على قيمة μ وهى 1.1، وبالتالي يمكن حساب المعدل من العلاقة $\mu = \lambda t$

$$\lambda = \mu / t = 1.1 / 8760$$

أى أن قيمة λ لأغراض التصميم ستكون 1.1 لكل 8760 ساعة تشغيل



شكل رقم 13-76 خريطة الاحتمالات التراكمية لبواسون
Poisson cumulative probabilities

13.4.3. توزيع باسكال Pascal Distribution

فى توزيع ذات الحدين كنا نفترض أن حجم العينة هو عدد ثابت يساوى N وكنا نعبر عن عدد مرات وقوع الحدث خلال N من المحاولات بالمتغير X ، إلا أن هناك بعض التطبيقات تتطلب عكس هذا الوضع فيكون حجم العينة متغيرا، ويكون عدد مرات وقوع الحدث هو عدد ثابت محدد A من قبل، ويكون المطلوب هو إيجاد احتمالات X التي تسمح بوقوع الحدث لهذا العدد من المرات، أى أننا فى هذه الحالة نتعامل مع متغير من النوع الوثناب Discrete يعبر عن العدد اللازم من المحاولات لكي يقع الحدث A عددا محددا من المرات،

وفى هذه الحالة يجب أن يكون عدد المحاولات مساويا أو أكبر من عدد مرات المحاولة، فإذا كان المطلوب هو وقوع الحدث ثلاث مرات فإن X تساوى 3، 4، 5، 6.....

والحالات التي يظهر فيها متغير باسكالى تنشأ فى المعتاد عندما يستخدم ما يسمى بالمعاينة التتابعية Sequential Sampling حيث لا يحدد حجم العينة مسبقا، بل تختار العينات تتابعيا وعشوائيا الواحدة تلو الأخرى وتتوقف هذه العملية حين يتجمع العدد المحدد من النتائج.

و الدالة التي تحكم و تحدد شكل هذا التوزيع هي دالة كتلة الاحتمال Probability Mass Function (PMF) هي كما يلي

$$f(x) = \binom{x-1}{a-1} * P^a * (1-P)^{(x-a)}$$

$$\binom{x-1}{a-1} = {}_{x-a}C_{a-1} = \frac{(x-a)!}{(x-a)!(x-a)}$$

حيث إن $X = A, A+1, A+2, \dots$ ، وحيث إن A هي مقدار ثابت يمثل عدد مرات وقوع الحدث، وحيث P هي احتمال وقوع الحدث ويقع بين الصفر والواحد الصحيح ($0 < P < 1$)، وهذه الدالة تتوقف على قيمة الدليلين A و P ويسمى المتغير X فى هذه الحالة بمتغير باسكال، ويلاحظ أن الحدث يقع A من المرات المستقلة باحتمال P فى كل مرة، وأن المرة الأخيرة هي نجاح دائما. (مجدى عبد الكريم حبيب 1996)

13.4.4. التوزيع الهندسي Geometric Distribution

وهذا التوزيع هو حالة خاصة من توزيع باسكال تكون فيه مرات وقوع الحدث A هي مرة واحدة، ويرمز المتغير X هنا إلى عدد من المحاولات اللازمة لوقوع الحدث لأول مرة، وهذا التوزيع مفيد فى دراسة الأحداث النادرة مثل تحديد " بعد كم محاولة سنحصل على أول Output معيب من العملية محل الدراسة إذا علم متوسط الوحدات المعيبة ".

وتنتج الدالة التي تحكم و تحدد شكل هذا التوزيع وهى دالة كتلة الاحتمال Probability Mass Function (PMF) بالتعويض عن قيمة A بالواحد الصحيح فى المعادلة السابقة وهى كما يلي:

$$f(x) = P * (1-P)^{(x-1)}$$

حيث إن X هي عدد المحاولات حتى حدوث أول حالة وقوع للحدث وهي تساوى 1، 2، 3، 4،...، وحيث P هي احتمال وقوع الحدث ويقع بين الصفر والواحد الصحيح ($0 < P < 1$)، ويسمى التوزيع حينئذ بتوزيع وقت الانتظار Waiting Time Distribution وله دليل واحد هو P .

ويحدد الوسط الحسابي لهذا التوزيع من العلاقة $\frac{1}{P}$

$$\frac{(1 - P)}{P^2} = \text{بينما يتحدد تباين التوزيع من العلاقة}$$

مثال رقم 13- 24:

إذا كان معدل نجاح حدث ما هو 0.469 للمحاولة، فما هو احتمال حدوث أول نجاح بعد خمس محاولات تماماً؟

$$p(5) = (1 - 0.469)^{5-1} * (0.469) = 0.0373 \quad \text{الحل :}$$

أى أن احتمالية حدوث أول نجاح بعد خمس محاولات تماماً هي 3.73%.

مثال رقم 13- 25:

إذا كان معدل نجاح حدث ما هو 0.898 للمحاولة، فما هو احتمال حدوث أول نجاح بعد سبع محاولات تماماً؟

الحل :

$$p(7) = (1 - 0.898)^{7-1} * (0.898) = 0.0000010$$

أى أن احتمالية حدوث أول نجاح بعد سبع محاولات تماماً هي 0.000001%.

مثال رقم 13- 26:

فى أحد مصانع قطع غيار السيارات من المعروف أنه فى المتوسط توجد وحدة معيبة فى كل 100 وحدة، فما هو احتمال اختبار خمس وحدات حتى الوصول إلى الوحدة المعيبة ؟ وما هو العدد المتوقع للعينات المتتابة للعثور على أول وحدة معيبة ؟

الحل :

$$p(5) = (1 - 0.01)^{5-1} * (0.01) = 0.0096$$

أى أن احتمالية الحصول على أول منتج معيب بعد خمس محاولات تماماً هي 0.0096%.

$$\frac{1}{P} = \text{والعدد المتوقع للعينات المتتابة للعثور على أول وحدة معيبة أى المتوسط الحسابي}$$

$$\frac{1}{0.01} = 100 \text{ عينة}$$

13.4.5. التوزيع الفوق هندسي Hyper Geometric Distribution

وهذا التوزيع يشبه إلى حد كبير توزيع ذات الحدين Binomial، والاختلاف الرئيسي بين هذا التوزيع وبين ذات الحدين Binomial هي أن نتائج كل محاولة فى هذا النوع ليس مستقلاً، بمعنى أن نتيجة كل سحبة ستتأثر بالسحبات السابقة ويحدث ذلك عندما تكون العينات المسحوبة بدون إرجاع من المجتمع محدودة وصغيرة ويكون معلوماً فيها نسبة وقوع الحدث مسبقاً ويتم التعامل فيها مع عينة مكونة من أكثر من عنصر من المجتمع، وهى تشبه ذات الحدين Binomial فى أن احتمال وقوع الحدث هو عبارة عن شينين فقط مثل نجاح أو رسوب Fail Or Pass ومثل إذ كان أو لا يكن Compliance Or Non Compliance ومثل نعم أو لا Yes Or No ومثل حاضراً أو غائب Present Or Absent، ومثل ذكر أو أنثى Male Or Female، ومثل مدخنون وغير مدخنين Smoker Or Non Smoker.

والدالة التي تحكم و تحدد شكل هذا التوزيع وهى دالة كتلة الاحتمال Probability Mass Function (PMF) كما يلي:

$$p(x, N, n, m) = \frac{\binom{m}{x} \binom{N-m}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

$$P(x) = \frac{{}_m C_x * {}_{N-m} C_{n-x}}{{}_N C_n}$$

حيث إن X هي عدد المرات التي يقع فيها الحدث نتيجة عدد محدد من المحاولات N، وحيث N هي العدد الإجمالي للمجتمع، وحيث إن N حجم العينة بدون إرجاع Sample Size أو عدد المحاولات.

مثال رقم 13- 27:

بفرض أننا سنجرى اختبارا لمعرفة نسب المدخنين، ولذا فقد قمنا باختيار عينة عشوائية مكونة من ثلاثة أفراد من ضمن عشرة متطوعين، هؤلاء المتطوعين يتكونون من ستة رجال وأربع سيدات، فما نسبة عدم احتواء العينة على أى سيدات.

الحل باستخدام المعادلة:

من البيانات المتاحة لدينا نجد أن $M=4$ & $N=3$ & $N=10$ & $X=0$ وبالتعويض فى المعادلة:

$$p(x, N, n, m) = \frac{\binom{m}{x} \binom{N-m}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

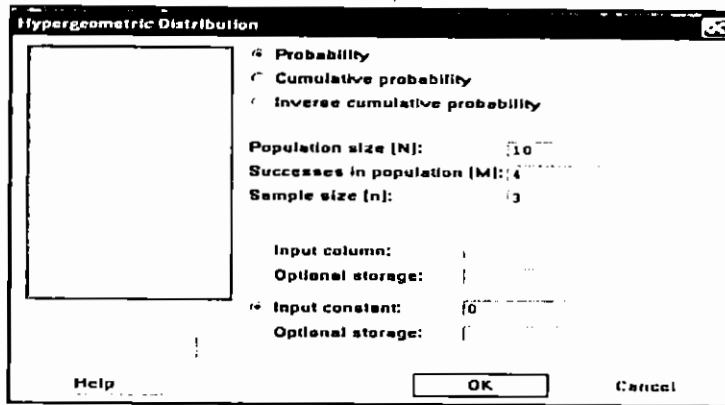
$$p(x = 0) = \frac{\binom{4}{0} \binom{10-4}{3-0}}{\binom{10}{3}} = \frac{4!}{0!(4-0)!} \frac{6!}{3!(6-3)!} = \frac{10!}{3!(10-3)!}$$

$$= \frac{1 * 20}{120} = \frac{1}{6} = 0.166666$$

إن فاحتمال أن نأخذ عينة مكونة من ثلاثة أفراد من بين عشرة ولا تحتوى على سيدات هي 16.7%

الحل باستخدام المينيتاب Minitab :

ويمكن الحصول على نفس النتيجة باستعمال المينيتاب Minitab، فمن قائمة Calc نختار Probability Distribution ثم نختار Hyper Geometric فيظهر الصندوق الحوارى كما فى شكل 13-77، ونعوض بالقيم المتاحة كما يلي:



شكل رقم 13-77 حل المثال 13-27 بالمينيتاب

من نافذة النتائج Session Window نجد أن:

Probability Density Function

Hypergeometric with M = 10, N = 4, and n = 3

x P (X = x)
0 0.166667

وهي نفس القيمة التي تم حسابها بالمعادلة يدوياً.

مثال رقم 13-28:

في المثال السابق ما هي نسبة عدم احتواء العينة على أى رجال؟

الحل:

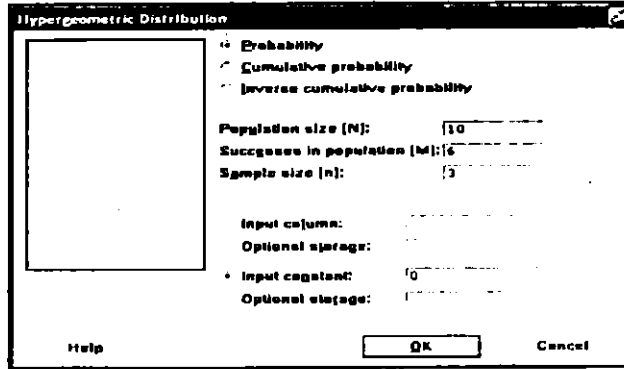
من البيانات المتاحة لدينا نجد أن $M=6$ & $N=3$ & $N=10$ & $X=0$ وبالتعويض في

$$p(x=0) = \frac{\binom{6}{0} \binom{10-6}{3-0}}{\binom{10}{n3}} =$$

$$= \frac{\frac{6!}{0!(6-0)!} \cdot \frac{4!}{3!(4-3)!}}{\frac{10!}{3!(10-3)!}} = \frac{1 \cdot 4}{120} = 0.033$$

الحل باستخدام المينيتاب Minitab :

ويمكن كذلك الحصول على نفس النتيجة باستعمال المينيتاب Minitab كما يلي: من قائمة Calc نختار Probability Distribution ثم نختار Hyper Geometric فيظهر الصندوق الحوارى كما فى شكل 13-78، فنغوض بالقيم المتاحة كما يلي:



شكل رقم 13-78 حل المثال 13-28 بالمينيئاب

وسنحصل على النتيجة التالية:

Probability Density Function

Hypergeometric with $N = 10$, $M = 6$, and $n = 3$

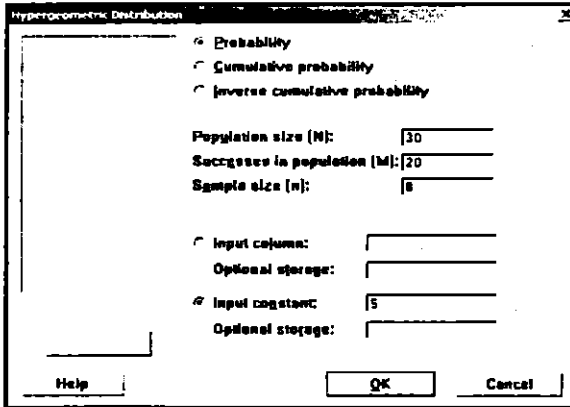
x	P(X = x)
0	0.0333333

1

إذن فاحتمال أن نأخذ عينة مكونة من ثلاثة أفراد من بين عشرة ولا تحتوى على رجال هي 3.3%.

مثال رقم 13-29:

مجموعة مكونة من ثلاثين عاملاً، عشرون مستعدون للدخول في اعتصام وعشرة غير مستعدين لذلك، فما هي احتمالية انتقاء عينة تحتوى على خمسة من المستعدين للاعتصام وثلاثة من غير المستعدين؟



شكل رقم 13-79 حل المثال 13-29 بالمينيئاب

الحل باستعمال المينيئاب Minitab و من قائمة Calc نختار Probability Distribution ثم نختار Hyper Geometric فيظهر الصندوق الحواري كما في شكل 13-79، فنعوض بالقيم المتاحة كما يلي:

الفصل الرابع عشر

العينات وطرق انتقائها

Samples and Sampling

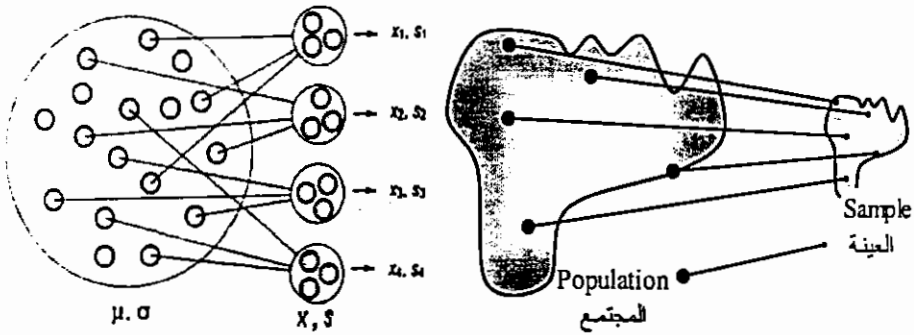
14.1. مقدمة Introduction

كما ذكرنا في الأجزاء السابقة من هذا الكتاب وأكدنا على أن الإحصاء الاستدلالي Inferential Statistic يمكننا من التوصل إلى نتائج بشأن المجتمع من خلال دراسة العينات Samples ، ويرتكز بصورة كبيرة على دقة هذه العينات وكيفية أخذها وكذلك على حجمها.

وقبل أن نستمر في الموضوع نود أن نورد بعض التعريفات المهمة والتي ستساعدنا على فهم هذا الجزء الهام.

14.2. المجتمع والعينة The Population and The Sample

المجتمع الإحصائي Population: هو جميع العناصر التي تتدرج تحت لواء الدراسة الإحصائية، وهذه العناصر قد تكون أفراد أو عائلات أو شركات أو مؤسسات أو غير ذلك. أما العينة Sample: فهي مجموعة جزئية من المجتمع Population، يفترض أنها تحمل نفس خصائصه وتعبر عنه، وكلما كان حجم العينة كبيرا كانت أكثر تعبيراً عن المجتمع، والشكل 14-1 يعرض هذا المفهوم.



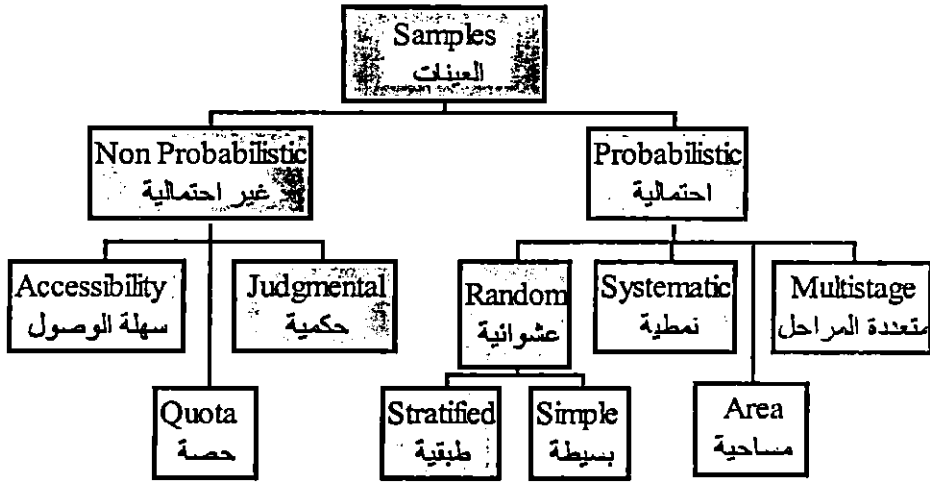
شكل رقم 14-1 التناظر بين المجتمع والعينة

اما الجدول I-14 فيعرض مقارنة بسيطة بين كل من العينة والمجتمع:

جدول رقم 14- 1 مقارنة بين العينة والمجتمع

المجتمع Population	العينة Sample	المقاييس Measures
المعلمة Parameters (μ) mu	الإحصاءة Statistic $\bar{X}$ (X Bar)	المتوسط Average (Mean)
$\mu = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N}{N}$	$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$	الوسيط Median
$\tilde{\mu}$ Mu til-dah	$\tilde{X}$ X til-dah	Standard deviation الانحراف المعياري
$\sigma(\text{sigma})$	S	Frequency distribution التوزيع التكراري
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	Observation Cost التكاليف
منحنى ناعم Smooth curve	هستوجرام Histogram	Time consumed الوقت المستهلك
غالية Expensive	رخيص Cheep	Measurement Accurcy دقة القياس
طويل Long	قصير Short	Analysis التحليل
غير دقيق Not Accurate	دقيق Accurate	
To check if the sample is from the population or not (variation cause identification) لبحث ما اذا كانت العينة تتبع المجتمع ام لا	To infer the population characteristics لاستنباط خصائص المجتمع	

وكما أشرنا في الأجزاء السابقة إلى أنه توجد طريقتان لجمع البيانات الإحصائية بهدف دراستها (يرجى مراجعة الفصل العاشر تحت عنوان تقنيات وطرق جمع البيانات) ، وهما الحصر الكامل، ويتم إذا كان من الممكن قياس كافة عناصر المجتمع محل الدراسة، أو أخذ عينات وهو الشائع، وفيه نلجأ إلى دراسة جزء من كل، ويتم ذلك في الحالات التي يتعذر فيها قياس كل عناصر المجتمع، إما لكثرتها أو لصعوبتها أو لاستحالتها، و الشكل 14-2 يجمال الأنواع الرئيسية للعينات ويليها عرض لهذه الأنواع بشيء من التفصيل كما يلي:



شكل رقم 14-2 الانواع المختلفة للعينات

14.3. العينات غير الاحتمالية Non Probabilistic Sampling

وفى هذا النوع كما يتضح من اسمه فإن العينات المنتقاة منه تتم عمداً، ولذا فهي لا تعبر بصدق وكفاءة عن المجتمع ولا تمثله تماماً، ونلجأ له عندما تكون الدراسة المطلوبة بسيطة وسريعة ولا يترتب عليها قرارات هامة، بل تعطى مؤشرات مفيدة عن المجتمع المأخوذة منه، وينقسم هذا النوع إلى عدة أقسام منها:

أ- العينات سهلة الاختيار Accessibility Sampling

وهي اختيار العينة باعتبار الأولوية لسهولة الوصول إليها، فعلى سبيل المثال إذا أردنا دراسة حالات الموظفين المدخنين، فإننا نطلب أى مدخنين متطوعين للإجابة عن الأسئلة التي ستطرح عليهم.

كذلك إذا أردنا تقريراً سريعاً عن جودة منتج ما أثناء الإنتاج والتعبئة فى صناديق، فإننا نأخذ الصندوق الأول من كل مناوبة (وردية).

ب- العينات الحكمية Judgmental Sampling

وفيها يتم اختيار العينة عن قصد بناءً على حكم شخصي ورأى ذاتي، مثل أخذ عينات من خط إنتاج بواسطة خبير الجودة، والذي يعتمد على خبرته فى انتقاء العينات المعيبة.

ويعتمد مدى تمثيل العينة للمجتمع فى هذه الحالة على خبرة وقدره الشخص الذي يأخذ العينات، وهى طريقة غير دقيقة إذ تختلف من شخص لآخر، ولكن لها مبرراتها، فمثلاً إذا

كانت شركتك تتعامل مع خمسين مورداً، ونريد دراسة دوافع بعض الموردين لإحجامهم عن التوريد، فمن المنطقي أن يتم اختصار عدد هذه الشركات إلى خمس أو ست شركات، خاصة إذا كان هذا العدد يمثل 90% من حجم التعامل مع هؤلاء الموردين، كذلك تلك العينات المختارة للكشف على مدمني المخدرات في الأندية الرياضية فيتم بخبرة السلوك والمنظر العام، حينئذ يقال أن هذه العينة هي العينة الحكمية Judgmental Sample أى عينه محددة حكماً.

ج- العينات بالحصة Quota Sampling

وهذا النوع تستخدمه الكثير من المؤسسات الصحفية، ومعاهد استطلاع الرأي، ومن أشهرها معهد جالوب Gallup بأمريكا، والذي يستشف نتائج الانتخابات العامة قبل إجرائها بسرعة ويتكاليف بسيطة، فيطلب من عدد من الباحثين استطلاع رأى مجموعة من الأشخاص (حصة) فى أحد الأحياء أو المناطق، فيقوم كل باحث بسؤال من يصادفه من الناس فى المكان المحدد له، حتى يتم الحصة المنوطة به أو العدد المحدد له.

14.4. العينات الاحتمالية Probabilistic Sampling

وهذا النوع من العينات يحقق الموضوعية فى الاختيار والبعد عن الذاتية والتحيز إلى حد كبير، فهو يقدم عينة تصلح لتعميم النتائج على المجتمع ، وهي تمكن الباحث من التحكم فى دقتها و قياس هذه الدقة، و كما يتضح من اسمها، فإن العينات المنتقاة يُحتمل أن تمثل المجتمع وتعبر عنه بصدق وكفاءة، إذ أن كل عينة فى هذا النوع من العينات يحظى بنفس فرصة انتقائه كعينة من ذلك المجتمع، ونلجأ لهذا النوع عندما تكون الدراسة المطلوبة هامة وعميقة ويترتب عليها قرارات حاسمة، وينقسم هذا النوع إلى عدة أقسام ومنها:

أ- العينة المنتظمة Systematic Sample

ويتم اختيار العينات فى هذه الطريقة باستخدام المتواليات العددية، فمثلاً لو كان لدينا مجمع يتألف من 100 مفردة، وأردنا أن نأخذ العناصر التى أرقامها الخامس والعاشر والخامس عشر والعشرين والخامس والعشرين وهكذا، أى متوالية حدها الأول خمسة وتزداد بقيمة خمسة، فإن هذه العناصر تمثل عينة منتظمة Systematic Sample، كذلك لو أخذنا العناصر التى أرقامها الثالث والتاسع والخامس عشر والواحد والعشرون وهكذا، أى متوالية حدها الأول ثلاثة وتزداد بقيمة ستة، فإن هذه العناصر تمثل عينة منتظمة Systematic Sample، ويتميز هذا النوع بسهولة وسرعة انتقائه وقلة تعرضه للخطأ والتحيز حتى على الشخص غير المدرب، إذ يكفي تحديد عدد عشوائي واحد لانتقاء كافة العناصر، ويجب أن تغطى العناصر المنتقاة مدى البيانات بالكامل.

ب- العينة العشوائية البسيطة Simple Random Sample

العشوائية لا تعنى أن نأخذ جزءاً من المجتمع بشكل جزافي، بل هي إجراء يُصمم بدقة بحيث يضمن عدم وجود تحيز من أى نوع قد يؤثر فى عملية اختيار العينة، وبحيث يكون لكل عنصر من عناصر المجتمع نفس فرصة اختياره كعينة، أى أنها عشوائية Random، وعادة ما تُستخدم عندما يكون المجتمع محتوياً على نوع واحد من البيانات، وبالتالي تكون العينة نوع واحد من البيانات أى أنها بسيطة Simple، وهذه الطريقة تؤدي فى كثير من الأحيان إلى نتائج جيدة ومقبولة لسمات المجتمع وبتكاليف منخفضة نسبياً.

جدول رقم 14- 2 جزء من
جدول الأرقام العشوائية

0695
0437
6242
7090
0683
7013
8808
9876
1873
2581
3785
8626
0113
4646
7873
3755
2673
0187
7976

(يحيى سعد زغلول و مصطفى عبد المنعم الخواجه، 1993)

ولاختيار عينة عشوائية بسيطة حجمها عشر أرقام وذلك من مجموعة بيانات مكونة من 300 رقم فإننا نقوم بالآتي:

1- نقوم باعطاء أعداد تسلسلية لمجموعة البيانات تبدأ برقم 001 ثم 002 ثم 003 حتى تنتهي برقم 300، مع ملاحظة أن كل عدد من أعداد المجموعة يتألف من ثلاثة أرقام.

2- نستعمل جدول الأرقام العشوائية، (أحد الجداول الإحصائية الشهيرة والهامة وقد تم إدراجه ضمن ملاحق هذا الكتاب)، ونقوم باختيار صفحة منه، ثم نبدأ بالعمود الأول من اليسار ونقرأ الأعداد واحداً تلو الآخر، بحيث نقرأ ثلاثة أرقام، (تم اختيار ثلاثة أرقام لأن أعداد المجتمع الذي بين أيدينا مكونة

من ثلاثة أرقام)، فإذا كان العدد الذي نقرأه من الجدول واقعاً ضمن الأرقام التي قمنا بتجهيزها فإننا نعتبره عنصراً من عناصر العينة، وإلا فنتركه وننتقل إلى الرقم الذي يليه، وهكذا.

3- لا نكرر الأعداد التي أخذناها كعناصر فى العينة أى نرفض أى رقم أخذناه فى قراءة سابقة.

4- نستمر فى القراءة حتى نحصل على حجم العينة المطلوب.

وبتطبيق ما سبق على جزء من جدول الأعداد العشوائية كالمبين بجدول 14- 2، فتكون العينة هي القيم التي أرقامها: الرقمين الأولين 695 و 437 نتركهما لأنهما ليسا من ضمن المجتمع لأنهما أكبر من 300، الرقمين 242 و 90 نأخذهما كأفراد للعينة، الرقم 683 نتركه لأنه أكبر من 300، الرقم 13 نأخذه، وهكذا حتى نحصل على حجم العينة المطلوب.

ج- العينة العشوائية الطبقية Stratified Random Sample

عندما يكون المجتمع محتوياً على أكثر من نوع من البيانات، وبالتالي لكي تكون العينة معبرة عن هذا المجتمع فيجب أن يكون هناك عينة لكل نوع من البيانات، أى أنها طبقية Stratified.

وأول خطوات اختيار العينة العشوائية الطبقية هي تقسيم طبقات البيانات بوضوح، ثم تحديد حجم كل طبقة كنسبة من الحجم الكلى للمجتمع، ثم تحديد حجم كل عينة من كل طبقة، ومن ثم اختيار عينة عشوائية بسيطة من كل طبقة باستخدام الطريقة التي تم شرحها سابقاً، أى أننا تعاملنا مع كل طبقة من البيانات على أنها مجموعة من البيانات المستقلة.

مثال رقم 14- 1:

بلغ عدد المشاريع بإحدى الشركات كما يلي مشروعات كبيرة 120، ومشروعات متوسطة 100، ومشروعات صغيرة 80 والمطلوب اختيار عينة حجمها 60 عينة.

الحل:

حيث إنه توجد أنواع مختلفة من المشروعات فسنستخدم طريقة العينات الطبقية العشوائية Stratified Random Sample.

حجم المشاريع الإجمالى = $300 = 80 + 100 + 120$ مشروع

حجم عينة المشروعات الكبيرة = $60 = (300/120) * 60$ عينة 24

حجم عينة المشروعات المتوسطة = $60 = (300/100) * 60$ عينة 20

حجم عينة المشروعات الصغيرة = $60 = (300/80) * 60$ عينة 16

وبالتالى تحولت عملية الانتقاء إلى عينة بسيطة عشوائية Simple Random Sample، أى نختار 24 عينة من 120 مشروعا كبيرا، و نختار 20 عينة من 100 مشروعا متوسطة، ونختار 16 عينة من 80 مشروعا صغيرا. وذلك باستخدام الجداول العشوائية كما فى المثال السابق.

مثال رقم 14- 2: إذا كان لديك مجتمع يحتوى على عدة عناصر كما بالجدول 14-2

جدول رقم 14- 3 بيانات المثال 14-2

Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5
500	400	280	200	220

فما هو حجم العينة من كل نوع من البيانات إذا كان الحجم الكلى للعينات هو 160 عينة؟

الحل: حجم المجتمع الكلى = $1600 = 220 + 200 + 280 + 400 + 500$



حجم عينة 1 = $1600/500 * 160 = 50$ عينة

حجم عينة 2 = $1600/400 * 160 = 40$ عينة

حجم عينة 3 = $1600/280 * 160 = 28$ عينة

حجم عينة 4 = $1600/200 * 160 = 20$ عينة

حجم عينة 5 = $1600/220 * 160 = 22$ عينة

د- العينة متعددة المراحل Multistage Sample

عندما يكون المجتمع كبيراً نضطر أحياناً إلى اختيار العينة عن طريق سلسلة من المراحل، وكمثال لذلك نفرض أننا نريد اختيار عينة لتقدير عدد المرضى الذين فحصوا بالأشعة في أسبوع في المستشفيات الحكومية في دولة ما، في هذه الحالة يصعب بل يستحيل تجميع هذه البيانات من المرضى أنفسهم مباشرة، لذلك نلجأ للمعاينة على مراحل كأن نجرى حصراً بالمناطق الجغرافية التي بها مستشفيات حكومية، ثم نختار عينات عشوائية بسيطة للمناطق

حجمها n_1 وهذه هي المرحلة الأولى، ثم نأخذ من كل منطقة من المناطق السابق اختيارها

عينة عشوائية أخرى حجمها n_2 من المستشفيات وهذه هي المرحلة الثانية، وبذلك يكون

لدينا عدد من عناصر العينات $n_1 * n_2$ ، ثم نأخذ من كل المستشفيات عينة عشوائية بسيطة

من المرضى الذين دخلوها أو كانوا مقيمين في الأسبوع المحدد وليكن حجمها n_3 مريضاً،

وهذه هي المرحلة الثالثة والأخيرة، وبالتالي نكون قد حصلنا على عينة إجمالية حجمها

$n_1 * n_2 * n_3$ من المرضى، ونستطيع حينئذ أن نفحص ملفاتهم لاستنتاج عدد الذين

فحصوا بالأشعة.

وقد يكون من المفيد أحياناً استخدام التقسيم الطبقي في واحدة أو أكثر من مراحل أخذ العينات

إذا استدعى الأمر ذلك، فنقسم المناطق الجغرافية مثلاً إلى مدن صغيرة وكبيرة وقرى، أو

نقسم المستشفيات بحسب التخصص، أو يقسم المرضى بحسب الجنس، أى ننتقى من كل

بستان زهرة .

هـ- العينة المساحية Area Sample

العينة المساحية هي تلك التي يتم اختيارها من مساحة، وتستخدم بكثرة في الدراسات السكانية، والزراعة والجيولوجيا، وقد تعتمد ذكرها للعلم فقط، وفي الواقع فإنني اعتبرها ليست نوعاً منفصلاً بل هي تطبيق لما تم ذكره، إذ تؤخذ العينات فيها بنفس الطرق سابقة الذكر، فقد تكون منتظمة Systematic، أو تكون عشوائية بسيطة Simple Random، أو تكون عشوائية طبقية Stratified Random، ولا يحتاج الأمر إلا إلى تعديل بسيط يساعدنا في تحديد العناصر التي تدخل في العينة.

ومن هذه التعديلات رسم خريطة مصغرة للمسطح المعطى، يحدد بمحورين متعامدين أحدهما يعين الشمال والجنوب والآخر يعين الشرق والغرب مع تحديد نقطة أصل مناسبة، و يتم اختيار القطع أو المناطق أو المربعات التي تدخل في العينة عن طريق الاختيار العشوائي لأزواج من الأعداد تتخذ كإحداثيات للنقط التي تحدد على الخريطة، ومن ثم على المسطح الأصلي، والمعتاد هو اختيار هذه الأزواج من الأعداد عن طريق جداول الأرقام العشوائية الملحقة بنهاية هذا الكتاب.

مثال رقم 14-3:

لدينا مساحة من الأرض مستطيلة الشكل عرضها 100 متر وطولها 200 متراً، ونريد دراسة بعض الخواص الكيميائية لتربة هذه الأرض في الحالات الآتية:

- أولاً: اختيار عينة منتظمة من 16 نقطة.
- ثانياً: اختيار عينة عشوائية بسيطة من 15 نقطة.
- ثالثاً: اختيار عينة طبقية من 15 نقطة إذا علم أن الأرض مقسمة إلى طبقتين بنسبة 2 إلى 3 على وجه التقريب.
- رابعاً: اختيار عينة عشوائية من 20 نقطة تؤخذ على ثلاث مراحل.

الحل :

- أولاً: اختيار عينة منتظمة من 16 نقطة.

نقسم كلا من الطول والعرض إلى أربعة أقسام متساوية البعد، فنحصل على 16 قسماً كل منها مستطيل طوله 50 متراً وعرضه 25 متراً، ثم نحدد عدداً عشوائياً بين 0، 25 وليكن 22، ونحدد عدداً عشوائياً بين 0، 50 وليكن 18، فنحصل على إحداثيات النقطة الأولى وهي (22، 18)، ثم نحدد النقاط الأخرى بانتظام بحيث تبعد كل نقطة عن سابقتها بمسافة 25 على المحور الأفقي، و على المحور الرأسي.

■ ثانيا: اختيار عينة عشوائية بسيطة من 15 نقطة.

نستخدم جداول الأرقام العشوائية لاختيار 15 عددا عشوائيا يقع بين الصفر، 100 مثلا 74، 10، 11، 44، 16..... ثم نختار عددا عشوائيا يقع الصفر، صفر، 200 مثلا 168، 150، 174، 91، 136..... وبهذا يتحدد لنا 15 زوجا من الأعداد هي (74، 168)، (10، 150)، (11، 174)، (44، 91)، (16، 136).... كل منها يحدد نقطة في المستوى، فتكون النقاط الناتجة هي عناصر العينات المطلوبة.

■ ثالثا: اختيار عينة طبقية من 15 نقطة إذا علم أن الأرض مقسمة إلى طبقتين بنسبة 2 إلى 3 على وجه التقريب.

نحدد عدد العناصر التي ينبغي سحبها كعينات، بحيث يتناسب حجمها مع حجمي الطبقتين ،
 أي نسحب $15 \times \frac{2}{5} = 6$ وحدات من الطبقة الأولى ، $15 \times \frac{3}{5} = 9$ من الطبقة الثانية ، وعلى ذلك
 نختار 6 أزواج من الأعداد العشوائية (كما سبق في أولا وثانيا) للطبقة الأولى ، وكذلك 9
 أزواج من الأعداد العشوائية للطبقة الثانية.

■ رابعا: اختيار عينة عشوائية من 20 نقطة تؤخذ على ثلاث مراحل.

نقسم الأرض إلى مربعات متساوية المساحة، وليكن 25 مترا لطول المربع، وعليه فإن
 الأرض تنقسم إلى اثنين وثلاثين مربعا، ثم نرقم هذه المربعات من 1 إلى 32، ونبدأ بأخذ
 عينة عشوائية من خمسة مربعات، مثلا المربعات ذوات الأرقام 17، 27، 6، 29، 12 وهذه
 هي المرحلة الأولى (العناصر الابتدائية)، ثم نقسم كلا من هذه المربعات الخمسة إلى أربعة
 أجزاء متساوية المساحة ونأخذ من كل مربع جزئين عشوائيا، وهذه هي المرحلة الثانية،
 وتحتوي على أجزاء كل منها ربع مربع، وأخيرا نختار من كل ربع مربع نقطتين عشوائيا
 فنحصل على 20 نقطة تمثل العينة المطلوبة.

14.5. إحصاءات العينة Sample Statistics

كما سيتضح لنا عند دراسة التوزيع الاحتمالي لمتغير عشوائي Probability Distributions For Variables (يرجى مراجعة الفصل الثالث عشر تحت عنوان العينات وطرق انتقائها)، فإن أي مجتمع يخضع لتوزيع معين، وهو التوزيع الاحتمالي لمتغير عشوائي يمثل كل عناصر ذلك المجتمع ، ويوجد لكل توزيع احتمالي عدة ثوابت تعين وتحدد هذا التوزيع تحديدا دقيقا وتسمى المعلمات Parameters .

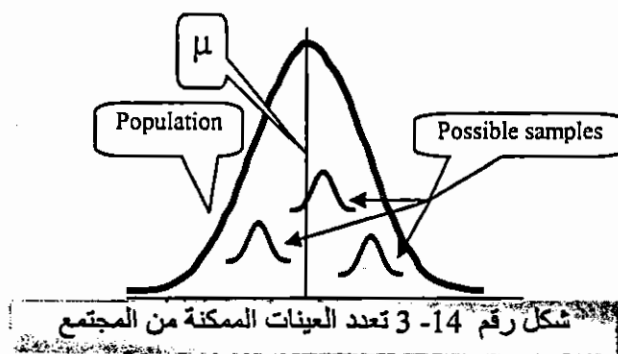
فمثلا إذا كان المجتمع يخضع للتوزيع الهندسي Geometric Distribution فإن المعلمات هي احتمال نجاح المحاولة أو Probability of Success أو (P)، فإذا علمت P فإن

التوزيع الاحتمالي للمجتمع يكون معلوماً تماماً، وحينئذ فإننا نستطيع الإجابة عن أى أسئلة احتمالية حول المتغير X ، والذي يمثل أى عنصر من عناصر المجتمع .

وكذلك إذا كان المجتمع يخضع للتوزيع "تى" T Distribution فإن المعلمات هى درجات الحرية Degree of Freedom فإذا علمت قيمة الدرجات، فإن التوزيع الاحتمالى للمجتمع يكون معلوماً تماماً ، وحينئذ فإننا نستطيع الإجابة عن أى أسئلة احتمالية حول المتغير T والذي يمثل أى عنصر من عناصر المجتمع .

كذلك لو كان المجتمع يخضع لتوزيع طبيعى فإن المعلمات هى الوسط (μ) Mean و التباين σ^2 Variance . فإذا علمت قيمة كل من (μ) و σ^2 فإننا نستطيع الإجابة عن الأسئلة الاحتمالية حول هذا المجتمع ، ويصبح بإمكاننا الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بالاحتمالات حول ذلك المتغير X .

ولابد أن نفهم جيداً أننا حين نأخذ عينة من مجتمع ما لدراسة بعض المقاييس الرقمية الخاصة بهذه العينة، مثل المتوسط والتباين و الوسيط فإن هذه المقاييس تسمى إحصاءات، كما يجب أن ندرك أنه بتعدد العينات المأخوذة من مجتمع ما فإن قيمة إحصاءات هذه العينات ستتغير، ويتضح ذلك من الشكل 14-3 والذي يوضح اختلاف الوسط الحسابي للعينات المختلفة، وتتوقف قيمة هذا الاختلاف على مدى دقة أخذ العينات .



وإذا كان حجم المجتمع كبيراً جداً فإننا نلجأ لأخذ عينات للتعبير عن المجتمع وعند حساب المتوسط $\bar{X}$ والانحراف المعياري S للعينات نجد أنها تختلف عن μ و σ للمجتمع وتعتمد قيمة هذا الاختلاف على حجم العينات، فكلما زاد حجم العينة قلت نسبة الخطأ Sample Error والعكس صحيح، وكمثال فإن 360 عينة ستكون بدقة Precisions في حدود $\pm 5\%$ ، أي أن المتوسط للعينات سيختلف بمقدار $\pm 5\%$ عن المتوسط للمجتمع .

14.6. الأخطاء التي تتعرض لها العينات Sampling Errors

تتعرض العينات أثناء سحبها إلى العديد من الأخطاء منها ما يلي:

أ- أخطاء التحيز Bias Error

وتتعرض لها البيانات سواء جمعت على أساس الحصر الشامل Total Population أو على أساس العينات Samples، ويكون لها أثرها الواضح على درجة دقة وشمولية البيانات، وتنشأ عن واحد أو أكثر من المصادر التالية:

- عدم تحديد البيانات التي سيتم تجميعها تحديداً واضحاً.
- القصور في تحديد المجتمع محل الدراسة، فاستخدام دليل التليفونات كإطار لدراسة خاصة بالرأى العام في مشكلة تهم المجتمع ككل يؤدي إلى إغفال غير الحائزين على أجهزة التليفون، وهو ما يؤدي إلى تقديرات معيبة دون شك.
- الإجابات الخاطئة Response Error ومنها الأخطاء الغير متعمدة نتيجة الفهم الخاطئ لأسئلة الاستبيان مثلاً، أو أخطاء السهو والنسيان عند الإجابة عن أحداث وقعت من مدة طويلة، أو أخطاء عمدية عندما تسبب الأسئلة حرجاً اجتماعياً أو تسبب مشكلات قانونية، أو أخطاء ترتبط بالأوقات والتواريخ والظروف المناسبة لجمع البيانات، أو أخطاء منشؤها تبعية الدراسة لجهاز أو جهة محددة، الأمر الذي قد يدفع مقدم البيانات إلى تغيير البيانات بما يتفق مع مصالحه.
- بيانات مبيعات الشركة خلال الخمس سنوات المنقضية قد لا يكون مناسباً لدراسة اتجاه الشركة لفتح أسواق جديدة.

ب- الأخطاء العشوائية Random Error.

وهي الأخطاء الناتجة عن استخدام مبدأ جمع العينات Sampling بدلاً من الحصر الشامل Total Population Measuring، وتعرف بخطأ المصادفة أو خطأ المعاينة وهو يعنى ببساطة الشك في إمكانية تمثيل العينة لكل خصائص المجتمع، ويتناقص حجم هذا الخطأ بازدياد حجم العينة، كما يمكن تقدير حجم العينة التي تعطى حداً مقبولا من الخطأ يحدده الباحث.

14.7. معالجة أخطاء العينات Sampling Errors Correction

يمكن التغلب على الأخطاء التي تحدث عادة عند الرغبة في تجميع البيانات عن طريق العينات ومنها:

- وضع خطة واضحة المعالم، لجمع البيانات، أي من سيجمع ماذا ومتى وأين وكيف؟

- الحصول على البيانات التي تحتمل الخطأ بأكثر من سؤال واحد في أكثر من موقع واحد في الاستبيان، ولا نعنى بالطبع تكرار نفس السؤال وبنفس الصياغة.
- إعادة الدراسة على أساس عينة أخرى من نفس المجتمع بعد مرور فترة من الوقت تسمح بتلاشي الأخطاء الناشئة عن تذكر مقدمي البيانات لما أدلوا به من معلومات في الدراسة الأولى.
- استخدام جامعي بيانات أكثر دقة ومرانا وخبرة.

14.8. تحديد حجم العينة Sample Size Determination

إن تحديد حجم العينة يعد خطوة هامة وأساسية في مرحلة التجهيز لتجميع البيانات، وكما قلنا مراراً، كلما كبر حجم العينة كلما زادت ثقتنا فيما نستخلصه من نتائج، ولذلك ينبغي أن نحصر على ألا يكون حجم العينة صغيراً بدرجة تكون معها تقديرنا أقل مما يجب، وألا يكون حجمها كبيراً بدرجة تنقل كاهلنا بالجهد والتكاليف، وبالتالي فإن الخطوة الأولى في عملية التجريب هي تحديد الحجم المناسب للعينة، ويتحدد حجم العينة للحصول على قيم الإحصاءة Statistics بخطأ محدد لا نريد أن نتجاوزه بالعلاقة التالية إذا كان توزيع المجتمع يتبع التوزيع الطبيعي:

$$n \geq \left(\frac{2\sigma Z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{d} \right)^2$$

حيث d هي قيمة الخطأ الذي نريد ألا نتجاوزه، وحيث $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ هي المساحة تحت المنحنى والمناظرة لفترة ثقة محددة، وحيث σ هي قيمة الانحراف المعياري وإذا كانت مجهولة يمكن استخدام الانحراف المعياري للعينة S .

14.9. قيود حجم العينة Sample Size Constraints

من أكثر الأسئلة التي تراود الدارس إذا ما قرر الاعتماد على أسلوب جمع العينات في جمع البيانات المتعلقة بدراسته، ما هو حجم العينة؟ هل يجب أن يكون 5% أم 10% أم 50% من إجمالي المجتمع؟

والواقع أن هناك احتياطات واعتبارات يفرض الدارس بعضها، وبعضها يفرض عليه حتى يكون متأكداً من أن العينة تمثل المجتمع، وهذه الاعتبارات تنقسم إلى اعتبارات إحصائية، واعتبارات غير إحصائية، بعدها يتمكن الدارس من تحديد حجم العينة في ضوء هذه الاعتبارات كما يلي:

أ- الاعتبارات الإحصائية Statistical Guidelines

- يدخل مستوى المعنوية Level of Significance الذى يرغبه الباحث فى معادلة رياضية تحدد حجم العينة، كما أنه فى ضوء هذا المستوى يستطيع الدارس قبول أو رفض الفرضية الصفرية Null Hypothesis (يرجى مراجعة الفصل السابع عشر من هذه الكتاب تحت عنوان اختبار الفرضيات) .
- عدد المتغيرات المقاسة ودرجة الدقة التي يبغيها الدارس.

ب- الاعتبارات العامة General Guidelines

- كلما زادت درجة تجانس المجتمع وقل تباينه، كان حجم العينة صغيرا والعكس صحيح.
- تتناسب الميزانية المخصصة للبحث طرديا مع حجم العينة.
- يتناسب الوقت المخصص للدراسة طرديا مع حجم العينة.
- الإمكانيات المتاحة، ومدى توافر جامعي البيانات ذوى الخبرة من عدمه.
- الدواعي الأخلاقية التي تتطلب تخفيض حجم العينة لتقليل الأضرار التي تتعرض لها الوحدات محل البحث، كما فى التجارب التي تجرى على الإنسان، وعلى الحيوان، حيث تقضى المواثيق الدولية بتخفيض حجم العينة إلى أقل حد ممكن يسمح بالتوصل إلى نتائج دقيقة.

الفصل الخامس عشر

التقدير

Estimation

15.1. مقدمة Introduction

التقدير هو استنتاج قيم معالم المجتمع Population Parameters عن طريق قيم إحصاءات العينة Sample Statistics، فإذا تم التقدير Estimation باستنتاج قيمة وحيدة لمعاملات المجتمع، فإننا نسمى هذا النوع تقدير النقطة Point Estimate، أما إذا تم التقدير بمدى يقع بين نقطتين، فإننا نسمى هذا النوع تقدير الفترة Interval Estimate. وقبل إجراء عملية التقدير يجب التأكد من أن العينة التي تم سحبها تنتمي إلى المجتمع محل الدراسة أم لا.

15.2. تقدير النقطة Point Estimate

هو تقدير قيمة وحيدة لمعاملات المجتمع Population Parameters أى تقدير بنقطة واحدة، فلو أردنا تقدير متوسط مدة تنفيذ المشروعات التي تقوم شركة ما بتنفيذها، فإحدى هذه الطرق ستكون بأخذ عينات من المشروعات التي تم تنفيذها، ثم نحسب المتوسط الحسابي لهذه المدد، ونعتبرها كتقدير لمتوسط المجتمع Population Mean (μ)، وفي هذه الحالة يجب أن نأخذ بعين الاعتبار أن هذا الاستدلال يشوبه نوع من عدم الدقة إلى حد كبير، ولكننا نلجأ إليه في الحالات التي لا تتطلب دقة عالية في الاستنتاج، ولا يترتب عليها قرارات هامة.

15.3. التقدير بفترة Interval Estimation

وفي هذا النوع من التقدير، وحيث إننا نقوم بدراسة جزء من البيانات وليس كل البيانات، فيجب أن يكون لدينا قناعة بأن القيم المحسوبة للإحصاءات Statistics ستختلف قليلاً عن القيم الحقيقية لمعاملات المجتمع Population Parameters، وبعبارة أخرى ليس من المحتمل أن نحصل على قيمة المعلمات تماماً، ولذا نلجأ لافتراض مدى أو فترة يكون من الممكن وقوع هذه المعلمات داخلها، أى أننا نعطي قيمتين، و نقول أن قيم المعلمات تقع بين هاتين القيمتين باحتمال معين، وهذه الفترة تسمى فترة الثقة "Confidence Interval "CI". ولتوضيح هذا المفهوم، نفرض أن إحدى الجرائد اليومية طالعنا بأن متوسط أعمار المصطافين خلال الصيف المنقضي بلغ 28 عاماً للشباب وبلغ 19.5 عاماً للفتيات. فهل سألت نفسك كيف تم حساب هذا الرقم؟ وما هي درجة دقته؟ وما مدى ثقتنا في هذه الدقة؟

للإجابة على هذه التساؤلات نقول أنه ولصعوبة أن نسأل كل المصطافين عن أعمارهم، فإننا نلجأ إلى أخذ العينات Sampling، ثم نسأل أفراد هذه العينة عن أعمارهم، ثم نحسب المتوسط $\bar{X}$ ، وحيث إن دقة الحسابات تتوقف بدرجة كبيرة على دقة جمع العينات وما يحيط بها من ظروف واحتياطات، منها حجم العينة التي تم انتقاؤها، والفترة الزمنية التي تم أخذ العينات بها، هل هي وقت ذروة أم لا؟ وهل شملت العينة عدد متساو من الجنسين؟ وعوامل أخرى كثيرة تزيد من دقة استنتاجاتنا.

وللتسهيل فإننا نفترض أنه تم أخذ عينات معبرة عن المجتمع، وبالتالي نفترض أن قيم الإحصاءات Statistics التي تم حسابها من العينة تصلح لتعميمها على معالم المجتمع Population Parameters.

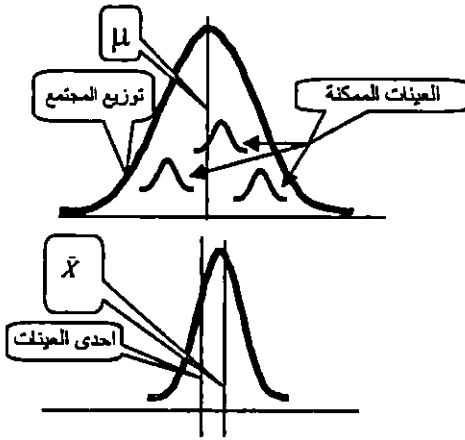
ولكن ماذا لو طالعنا صحيفة أخرى بنتائج لنفس الموضوع، فنشرت أن متوسط أعمار المصطافين خلال الصيف المنقضي بلغ 28.5 عاما للشباب وبلغ 20 عاما للفتيات؟

في هذه الحالة، هل نقول أن نتائج كلتا الصحيفتين مختلفة، وبالتالي نشك ونرفض هاتين النتيجةين؟ أم أنها متقاربة بدرجة تجعلنا نقبل النتيجةين معاً؟ فنقول أننا بدرجة ثقة كبيرة متأكدين من أن متوسط أعمار الشباب يتراوح من 28 حتى 29 عاما، وأن متوسط أعمار الشابات يتراوح من 19 حتى 20 عاما.

أى للخروج من هذا المازق فلا بد من إيجاد آلية تسمح بوجود تفاوت مقبول في قيم إحصاءات العينة Sample Statistics، في محاولتنا للتنبؤ بقيم معالم المجتمع Population Parameters، وهذه الآلية تتحقق من خلال مفهوم مدى الثقة أو فترة الثقة Confidence

"CI" Interval، وهي آلية أوجدها الإحصائيون للاستدلال بدرجة ثقة أن القيم التي بين أيدينا هي قيم صحيحة ومقبولة أم لا؟

ويرتكز مفهوم فترة الثقة Confidence Interval "CL"، على أنه إذا كان لدينا المجتمع كما في شكل 1-15، فسيكون لها قيم وحيدة لكل من المتوسط μ Mean والانحراف المعياري Standard Deviation σ وهي قيم غير معلومة وستظل غير معلومة، وبتعدد العينات المأخوذة



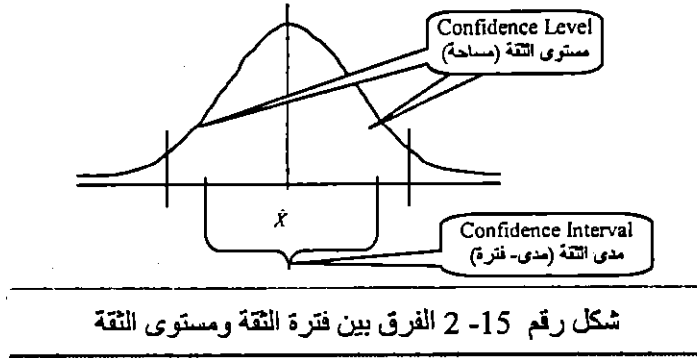
شكل رقم 1-15 تعدد العينات للمجتمع الواحد واختلاف متوسطها عن متوسط المجتمع

من هذه المجتمعات Populations، فستعدد قيم المتوسط $\bar{X}$ والانحراف المعياري (S) لهذه العينات.

وإذا حاولنا استنتاج قيم المعلمات (μ) و(σ) من الـ $\bar{X}$ و(S) الكثيرة والمختلفة، فإننا سنستنتج قيما كثيرة لكل من (μ) و(σ) بالرغم أنها في واقع الأمر كما قلنا قيما وحيدة، والحل في هذه الحالة أن نفترض أن يكون هناك مدى نقبل فيه قيمة متوسط $\bar{X}$ للعينات المختلفة بشرط أن تكون قيمتها قريبة من متوسط المجتمع (μ) وسنطلق على الحدود القصوى و الدنيا لهذا المدى فترة الثقة "CI".

وللتعميم فإن فترة الثقة "CI" هو مدى لقيم إحصاءات العينة Sample Statistics التي يتم حسابها من العينة و التي من المحتمل بدرجة ثقة عالية أن تحتوى على قيم معلمات المجتمع Population Parameters التي نود حسابها واستنتاجها.

أما مستوى الثقة "CL" فهو (قيمة المساحة تحت المنحنى) احتمال أن تكون القيم التي بين أيدينا صحيحة، وهو يتراوح بين 90% و 99% والشائع منه هو 95%، والشكل 15-2 يعرض مخططا عاما لبيان الفرق بين كل من فترة الثقة "CI" ومستوى الثقة "CL" لمتغير ما.

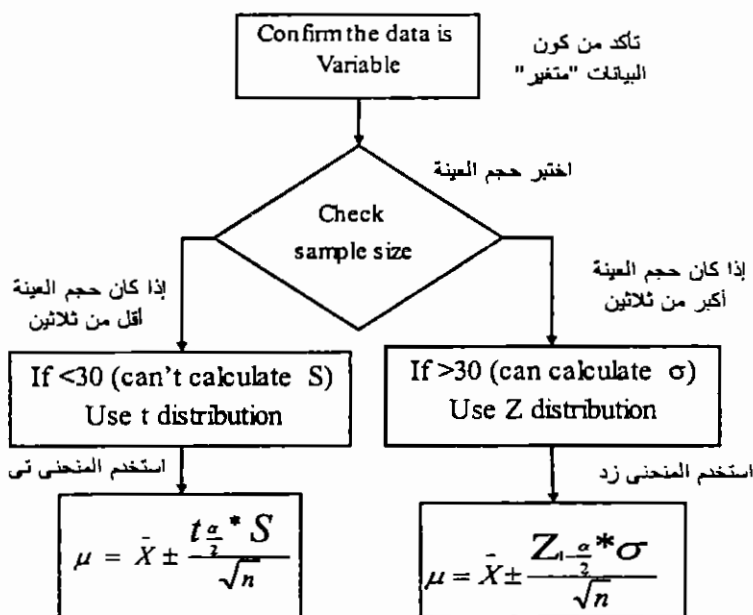


ولمزيد من التوضيح سنتعرض لعدد من معلمات المجتمع الهامة مثل المتوسط والانحراف المعياري والنسبة، وسندرس فترة الثقة "CI" لهذه المعلمات في الصفحات القليلة القادمة:

أ- فترة ثقة الوسط الحسابي Confidence Interval For Mean

بالنظر إلى شكل 15-3، وكما أسلفنا فإن درجة الدقة عند حساب إحصاءات العينة تعتمد بدرجة عالية على حجم العينة فإذا كان حجم العينة أكبر من 30 عينة (وهذا عدد مناسب إحصائيا لحساب الانحراف المعياري للمجتمع σ) نستخدم المنحنى Z، وإذا كان حجم العينة

أقل من 30 عينة فنستخدم المنحنى T (لأن العدد 30 غير مناسب إحصائياً لحساب الانحراف المعياري للمجتمع σ إذ أن الخطأ يكون كبيراً، ولذا نحسب الانحراف المعياري للعينة S). وفي كلتا الحالتين وبمعلومية مستوى الثقة "CL" Confidence Level، وباستخدام الجداول الملحقة في نهاية هذا الكتاب، يمكننا حساب قيمة كلا من Z و T كل من الجدول الخاص به .



شكل رقم 15- 3 طريقة حساب فترة الثقة للمتوسط بمعلومية حجم العينة

حيث:

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ Is The Area Corresponding to the Specified Level of Significance? المساحة المناظرة لمستوى ثقة معين في المنحنى "زد"

$\bar{X}$ Is the Sample Average متوسط العينة

$t_{\alpha/2}$ Is the Area Corresponding to the Specified Level of Significance? المساحة المناظرة لمستوى ثقة معين في المنحنى "تى"

σ_x Is the Population Standard Deviation الانحراف المعياري للمجتمع

S_x Is the Sample Standard Deviation الانحراف المعياري للعينة

n Is the Sample Size حجم العينة

α Is the Level of Significance مستوى المعنوية

■ قيمة "زد" للعينات الكبيرة والانحراف المعياري غير معروف (Large Z Values (Sample & Unknown Standard Deviation)

فى هذا النوع من المسائل ومن خلال الأرقام المعطاة وباستخدام برنامج المينيتاب Minitab نقوم بما يلي:

1- نحسب σ من القوائم Display Descriptive Statistics > Basic Statistics > Stat > Minitab
Statistics، ومن خلال نافذة النتائج نحدد قيمة الانحراف المعياري.

2. نختبر طبيعية البيانات Normality.

3. نحسب فترة الثقة Confidence Interval من القوائم Basic > Stat > Minitab

Statistics > One Sample Z، ثم ندخل قيمة

الانحراف المعياري فتظهر قيمة فترة الثقة.

جدول رقم 1-15 بيانات المثال 1-15

64.5332	65.5729	64.9075
64.2781	63.8751	65.2609
65.1536	64.0903	63.8409
65.4734	64.2034	64.1978
65.1076	65.1233	65.6074
65.8507	64.2359	64.4147
64.9157	65.0779	64.8279
63.4503	65.2493	64.0263
65.6395	63.0102	64.9753
63.64	64.4785	63.0809

مثال رقم 1-15 :

لدينا مجموعة الأرقام كما بالجدول 1-15 لعدد 30 عينة،
والمطلوب حساب فترة ثقة المتوسط μ بدرجة ثقة 95%.

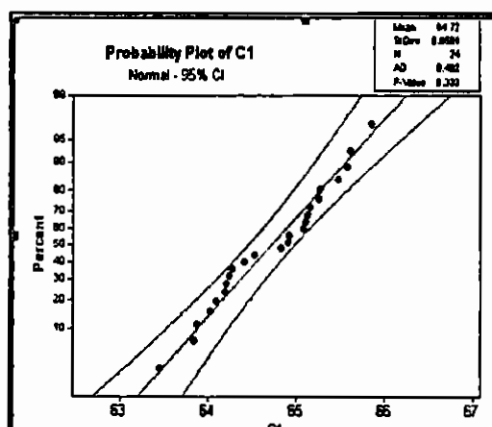
الحل:

1 ندخل الأرقام إلى المينيتاب Minitab

2 نختبر طبيعية البيانات Normality Test من القوائم:-

Minitab > Graph > Probability Plot

فيظهر الشكل 4-15.



شكل رقم 15-4 نتيجة الخطوة رقم 2

Minitab>Stat> Basic Statistics> Display Descriptive Statistics -3

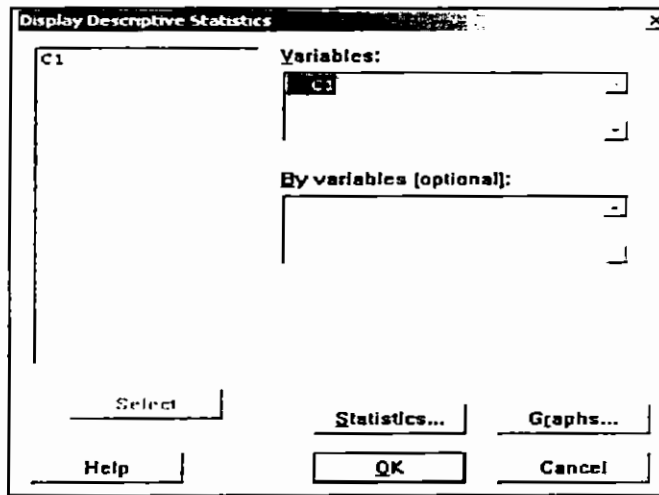
4- من شكل 5-15 في نافذة النتائج Session Window نحدد قيمة الانحراف المعياري S

Variable	N	N ²	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
C1	30	0	65.282	0.187	1.025	63.257	64.425	65.206	66.156

شكل رقم 5-15 نتيجة الخطوة رقم 4

Minitab>Basic Statistics>1- Sample Z -5

6- فيظهر الشكل 6-15



شكل رقم 6-15 نتيجة الخطوة رقم 5

7- نعوض عن قيمة الانحراف المعياري σ ، ثم من نافذة النتائج Session Window تظهر فترة الثقة CI

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
C1	30	65.2820	1.0253	0.1871	(64.9152; 65.6488)

ومعنى ذلك أننا واثقون بنسبة 95% من أن قيمة المتوسط (μ) Mean تقع بين القيمتين 65.6488 & 64.9152

■ قيمة "تي" للعينات الصغيرة والانحراف المعياري غير معروف (Small T Values (Sample & Unknown Standard Deviation)

فى هذا النوع ونظراً لأن حجم العينة يكون صغيراً أى أقل من 30 عينة، فإن حساب الانحراف المعياري للمجتمع σ يكون ذا نسبة خطأ عالية، ولذا لا نحسبه وإنما نحسب الانحراف المعياري للعينة S ، ونطبق نفس الخطوات كما فى النوع السابق ولكن على المنحنى T .

مثال رقم 15-2:

جدول رقم 15-2 بيانات المثال 15-2

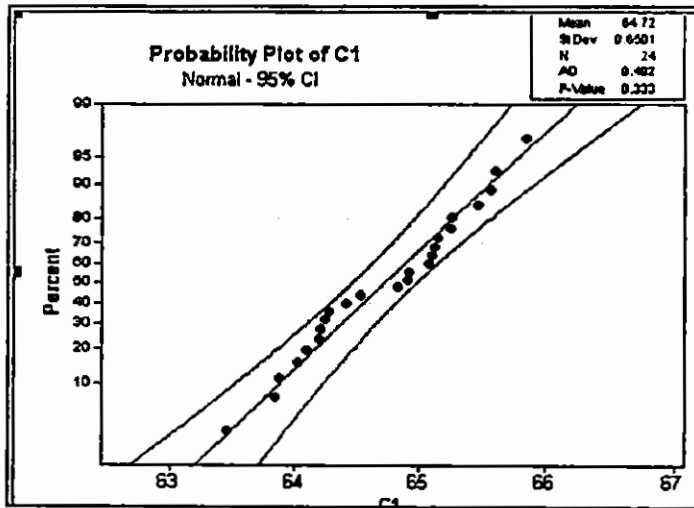
64.5332	65.5729	64.9075
64.2781	63.8751	65.2609
65.1536	64.0903	63.8409
65.4734	64.2034	64.1978
65.1076	65.1233	65.6074
65.8507	64.2359	64.4147
64.9157	65.0779	64.8279
63.4503	65.2493	64.0263

لدينا مجموعة الأرقام كما بالجدول 15-2 لعدد 24 عينة، والمطلوب حساب المتوسط μ بدرجة ثقة 95%.

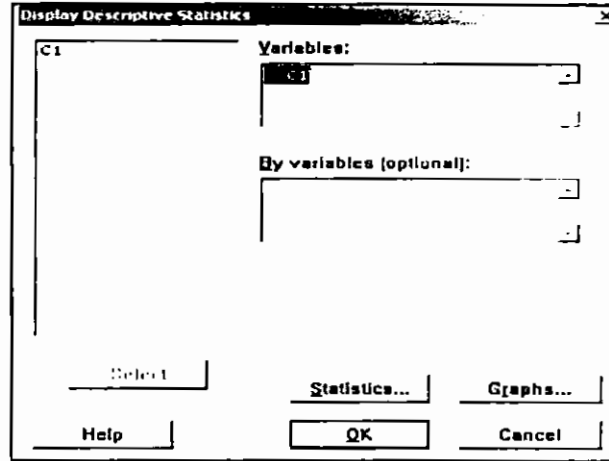
الحل:

1- ندخل الأرقام إلى المينيتاب Minitab، ونختبر طبيعياً البيانات Normality كما فى شكل 15-7

Minitab>Graph > Probability Plot



شكل رقم 15-7 نتيجة حل المثال رقم 15-2



شكل رقم 15-8 نتيجة الخطوة رقم 5

3- نعوض عن قيمة الانحراف المعياري للعينة S ، فيظهر شكل 15-8.

4- من نافذة النتائج Session Window يظهر فترة الثقة CI.

One-Sample T: C1

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
C1	24	64.7198	0.6501	0.1307	(64.4452; 64.9943)

ومعنى ذلك أننا بدرجة ثقة 95% متأكدون من أن المتوسط (μ) يقع فى المدى من 64.4452 إلى 64.9943.

مثال رقم 15-3:

صنعت إحدى الشركات المتخصصة سبيكة لاستعمالها فى أحد أنواع الصواريخ، وسجلت قوة السبيكة على 20 قطعة، فوجدت أن الوسط الحسابي 37.8، والانحراف المعياري 2.8، والمطلوب معرفة معدل قوة السبيكة بفترة ثقة 90%، وهل تحتوى هذه الفترة على المتوسط المصرح به أم لا؟

الحل

1. بفرض أن قوة السبيكة تخضع لتوزيع طبيعي Normal

$$\mu = \bar{X} \pm \frac{t_{\frac{\alpha}{2}} S_x}{\sqrt{n}}$$

من جدول T وبدرجة حرية = 19 فإن $t_{\frac{\alpha}{2}} = t_{\frac{0.1}{2}} = t_{0.05} = 1.729$

$$\mu = 37.8 \pm \frac{1.729 * 2.8}{\sqrt{20}} = 37.8 \pm 1.08 \quad \text{بالتعويض}$$

ومعنى ذلك أن فترة الثقة Confidence Interval هي من 36.72 إلى 38.88.
2. وحيث إن المعدل μ قيمة مجهولة ، فإننا لا نستطيع أن نجزم بأن الفترة التي حسبناها تحوى μ أم لا ، ولكن إذا كررنا العملية السابقة فى الخطوة 1 لعدد كبير من العينات، لأصبح عندنا ثقة أن 90% من هذه الفترات تحوى μ فقط 10% منها لا تحوى μ .
(محمد صبحى 2001)

ب- فترة ثقة التباين Confidence Interval For Variance

$$\frac{S^2(n-1)}{X^2_{1-\alpha/2, n-1}} \leq (\sigma^2) \leq \frac{S^2(n-1)}{X^2_{\alpha/2, n-1}}$$

بنفس المفهوم الذى تم تطبيقه سابقا يمكن إجمال خطوات الحل فيما يلي:

1. ندخل الأرقام إلى الميني تاب Minitab

2. نختبر طبيعىة البيانات Normality من القوائم :-

Minitab>Graph > Probability Plot

3. نحسب S من القوائم :-

Minitab>Stat> Basic Statistics> Display Descriptive Statistics

4. نعوض فى المعادلة للحصول على فترة ثقة الانحراف المعيارى Confidence

Interval For Standard Deviation

مثال رقم 15- 4:

عينة عشوائية حجمها 20 وكان التوزيع مجتمع طبيعى Normal Population وكانت

$$S^2 = 15 \quad \text{أوجد فترة ثقة 95\% للتباين } \sigma^2.$$

الحل :

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.975 \quad \text{حيث إن } 1 - \alpha = 0.95 \quad \text{إذن } \frac{\alpha}{2} = 0.025 \quad \text{وأيضا}$$

$$\text{Degree of Freedom} = 20 - 1 = 19$$

وكذلك درجة الحرية

$$\frac{S^2(n-1)}{X^2_{1-\alpha/2, n-1}} \leq (\sigma^2) \leq \frac{S^2(n-1)}{X^2_{\alpha/2, n-1}} \quad \text{بالتعويض فى المعادلة}$$

$$\sqrt{\frac{15 \cdot 19}{8.907}} \leq (\sigma^2) \leq \sqrt{\frac{15 \cdot 19}{32.852}}$$

$$\sqrt{31.997} \leq (\sigma^2) \leq \sqrt{8.675}$$

ج- فترة ثقة النسبة بين تباينين Confidence Interval For The Ratio of Two Variances

فى هذا النوع نستخدم جداول توزيع F (جداول F مرفقة بملاحق الكتاب) وبشرط أن تكون العينات مسحوبة من مجتمعين طبيعيين مختلفين Two Different Normal Populations

$$\frac{S_2^2}{S_1^2} * F\left[\frac{\alpha}{2}; n_1 - 1, n_2 - 1\right], \frac{S_2^2}{S_1^2} * F\left[1 - \frac{\alpha}{2}; n_1 - 1, n_2 - 1\right]$$

مثال رقم 5-15:

أخذت عينة عشوائية حجمها 9 من مجتمع يخضع للتوزيع الطبيعى Normal Population وكانت قيمة التباين هي 65.4، وأخذت عينة عشوائية أخرى حجمها 12 من مجتمع طبيعى Normal Population آخر مستقل عن الأول، وكانت قيمة التباين 127.3 والمطلوب إيجاد

فترة 90% ثقة للنسبة $\frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}$.

الحل: حيث إن شروط تطبيق المعادلة متحققة وهى وجود مجتمعين مستقلين Two Independent Populations، وحيث إن $1 - \alpha = 0.9$ إذن $\frac{\alpha}{2} = 0.05$

ومن جداول توزيع F نجد:

$$F[0.05; 8, 1] = 2.95$$

$$\left[\frac{127.3}{65.4} * 0.3, \frac{127.3}{65.4} * 2.95 \right]$$

بالتعويض

أى أن النسبة المطلوبة هي $[0.5885.742]$ (محمد صبحى، 2001)

د- فترة ثقة للنسبة Confidence Interval For Proportion

$$\bar{P} - Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} < P < \bar{P} + Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

مثال رقم 15-6:

احسب فترة ثقة 95% لنسبة عدد الخدمات الغير سليمة، أخذت عينة عشوائية حجمها 400 خدمة فوجد أن عدد الخدمات الغير سليمة هي 100 خدمة، والمطلوب حساب فترة الثقة؟

الحل: حيث أن نسبة الخدمات الغير سليمة هي $\bar{P} = \frac{100}{400} = \frac{1}{4}$ وحيث إن حجم العينة كبير فيمكن استخدام المعادلة

$$\bar{P} - Z_{0.975} \sqrt{\frac{\frac{1}{4} * \frac{3}{4}}{400}} < P < \bar{P} + Z_{0.975} \sqrt{\frac{\frac{1}{4} * \frac{3}{4}}{400}}$$

$$\frac{1}{4} - 1.96 \sqrt{\frac{\frac{1}{4} * \frac{3}{4}}{400}} < P < \frac{1}{4} + 1.96 \sqrt{\frac{\frac{1}{4} * \frac{3}{4}}{400}}$$

$$0.21 < P < 0.29 \quad (\text{محمد صبحي، 2001})$$

الفصل السادس عشر

الارتباط والاتحدار الخطي البسيط

Correlation and Simple Linear Regression

16.1. مقدمة Introduction

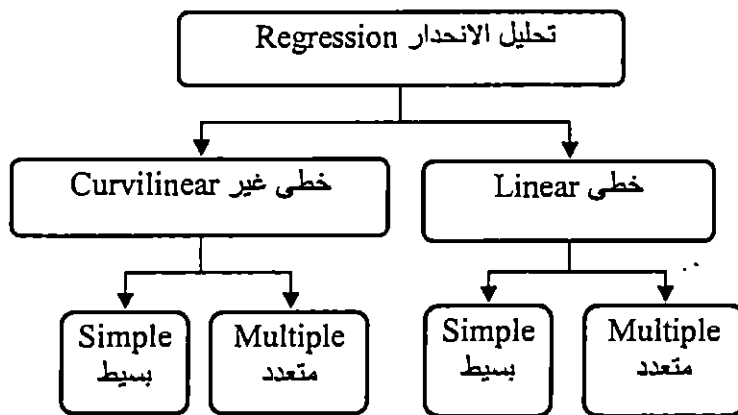
من خلال دراستنا في الأجزاء السابقة تعرفنا كيف يمكن التعامل مع البيانات الكثيرة، الغير معبرة والتي قد لا تعطي صورة واضحة عن حالة العملية إذا عرضت بطريقة جافة وبصورتها الخام، وتعرفنا كيف يمكننا معالجتها وتحويلها إلى مقاييس رقمية Measures وأشكال بيانية Graphs يسهل من خلالها الاستدلال عما يحدث في سلوك العملية من حيث اقترابها من الهدف المنشود أو ابتعادها عنه. وكل ذلك كان ينطبق على بيانات لمتغير واحد One Variable، فمثلاً لمعرفة شكل توزيع مرتبات العاملين في شركة ما، فإن المتغير في هذه الحالة هو المرتب، كنا نقوم بجمع عينات عن نفس المتغير المراد قياسه، ثم نقوم بحساب مقاييس مثل المتوسط Mean والانحراف المعياري Standard Deviation، والمدى Range، ونرسم الأشكال Graphs مثل الدائرة Pie Chart، والساق والورقة Stem And Leaf والهستوجرام Histogram ومخطط الصندوق Box Plot، ثم من خلال المقاييس الرقمية والأشكال يمكننا دراسة هذا المتغير وتحليله ومعرفة الكثير عن خصائصه.

ولكن ماذا يكون الوضع لو كان لدينا متغيرين اثنين Two Variables أو أكثر ولا يمكن التعامل مع كل منها على انفراد؟ وفي هذه الحالة سيكون مطلوباً التعرف على نوع وشكل العلاقة أو الارتباط بين هذه المتغيرات، هل هي علاقة عكسية؟ أم طردية؟ وما مدى قوة هذه العلاقة؟ هل هي قوية أم ضعيفة؟ وهل هي حقيقية أم وهمية؟ ويحدث ذلك مثلاً عند دراسة تأثير درجة الحرارة والضغط على جودة المنتج النهائي، أو تغيير نمط الصيانة والتشغيل على أداء المعدة، أو تأثير درجة حرارة الجو ومساحة العمل على سلوك الموظفين وإنتاجيتهم، أو معرفة توقيت وفاة الشخص من درجة حرارة جسمه بعد الوفاة، أو تأثير الأداء بتغيير موقع العمل وتوقيته، في هذه الحالة وباستخدام الانحدار Regression سنعرف كيف يمكننا التعامل مع هذا الموقف والتغلب عليه، وذلك بإيجاد مقاييس رقمية Measures إحصائية تبين قوة العلاقة، ورسم مخططات بيانية تبين شكل واتجاه تلك العلاقة، (مثلما حدث في حالة المتغير الواحد).

16.2. ما هو تحليل الانحدار؟ What Is Regression?

تحليل الانحدار Regression طريقة إحصائية لتحليل العلاقة بين متغيرين أو أكثر، وإيجاد المعادلة التي تحكم العلاقة بين هذه المتغيرات، بعض هذه المتغيرات يسمى تابعاً Dependant وهو في الغالب يمثل النتيجة Result أو الأثر Effect، ويرسم على المحور الصادي الرأسي Y، والمتغيرات الأخرى تسمى مستقلة Independent أو Predictor أو Cause سبب، وترسم على المحور السيني الأفقي X.

16.3. أنواع تحليل الانحدار Types of Regression



شكل رقم 16-1 الأنواع المختلفة للانحدار

وينقسم الانحدار Regression طبقاً و الشكل 16-1 إلى عدة أنواع:

1. الانحدار الخطي البسيط Simple Linear Regression: عندما يكون لدينا متغير مستقل واحد على المحور الأفقي مع وجود المتغير التابع على المحور الرأسي، وتكون المعادلة في هذه الحالة $Y = B_0 + B_1 X_1 + e$ ، مثل دراسة العلاقة بين العمر (X) وضغط الدم (Y)، أو دراسة العلاقة بين الدعاية (X) وحجم المبيعات (Y).

2. الانحدار الخطي المتعدد Multiple Linear Regression: عندما يكون لدينا أكثر من متغير مستقل على المحور الأفقي Causes، وتكون المعادلة في هذه الحالة $Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_n X_n + e$ ، مثل دراسة العلاقة بين العمر X_1 ووزن الجسم X_2 والموقف من التدخين X_3 وتأثير ذلك على نسبة الكوليسترول في الدم Y.

3. الانحدار البسيط الغير خطى Simple Curvilinear Regression عندما يكون لدينا متغير مستقل واحد على المحور الأفقى، وظهور علاقة تربيعية من الدرجة الثانية Quadratic مثل دراسة العلاقة بين المسافة اللازمة لإيقاف السيارة Y وسرعتها X_1 ، وتكون المعادلة فى هذه الحالة:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_1^2 + \dots + e$$

4. الانحدار المتعدد الغير خطى Multiple Curvilinear Regression عندما يكون لدينا أكثر من متغير مستقل على المحور الأفقى Causes وظهور علاقات متداخلة مثل دراسة العلاقة بين مقدار التأمين على الحياة Y وكل من درجة الخطورة X_1 والعمر X_2 ، وتكون المعادلة فى هذه الحالة:

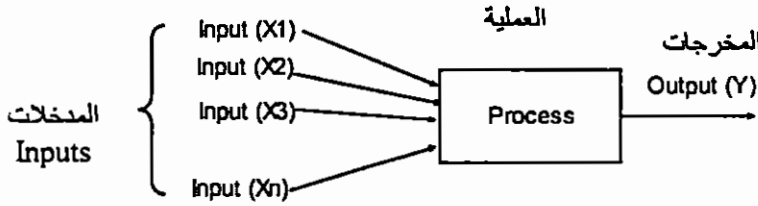
$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_1 X_2 + \dots + e$$

حيث إن Y هي المتغير التابع Dependant أو النتيجة Result أو الأثر Effect، و X_1 هي المتغيرات المستقلة Independent أو الأسباب Causes، و B_0 هي نقطة تقاطع خط الانحدار مع المحور الرأسى، و B_1 هي معاملات الانحدار للمتغيرات المختلفة، و e هي قيمة الخطأ التعويضى أو الفرق بين القيم الحقيقية والقيم التى يمكن استنتاجها من المعادلة، ويلاحظ أننا فى حالات كثيرة نحاول تحويل النوعين الثالث والرابع إلى النوعين الأول والثاني أى تحويل الغير خطى Curvilinear إلى خطى Linear باستخدام التحويل اللوغاريتمى مثلاً.

16.4. استخدامات تحليل الانحدار Uses of Regression

يستخدم تحليل الانحدار Regression فى عدة أغراض منها:

1. التنبؤ Prediction بشكل العلاقة بين عدة متغيرات، ومحاولة إيجاد المعادلة التى تحكم هذه العلاقة، أى معرفة هل هناك علاقة بين هذه المتغيرات أم لا، وما نوع هذه العلاقة؟ هل هي طردية أم عكسية؟ وهل هي خطية أم غير خطية؟ والتنبؤ من العمليات الهامة فى مجال التخطيط واتخاذ القرارات Planning and Decision Making، ويجب أن يكون هذا التنبؤ والتوقع بمحاذير أهمها أن يكون التوقع داخل المدى المتوافر فيه البيانات فقط وهذا ما يطلق عليه Entrapolation، فإذا تجاوزنا المدى المتوافر فيه البيانات فإن ذلك ما يطلق عليه Extrapolations وهو غير مستحب وغير محبذ لأنه غالباً ما ينطوي على نسبة من الخطأ.



شكل رقم 16-2 تأثير مخرجات أي عملية بمدخلاتها

2. السيطرة والتحكم Control فمعرفة وتحديد المعادلة التي تحكم العلاقة بين عدة متغيرات Input X's، ومدى تأثير كل متغير على النتيجة Output Y، كما في شكل 16-2،
 يمنحنا القدرة على التحكم في المتغير التابع أو الناتج النهائي.

16.5. الفرق بين الانحدار والارتباط Difference Between Regression and Correlation

يعد الانحدار Regression و الارتباط Correlation من الطرق الإحصائية لتحليل العلاقة بين متغيرين أو أكثر، وإيجاد المعادلة التي تحكم العلاقة بين هذه المتغيرات، والفرق بينهما أنه في حالة الانحدار Regression يمكننا تحديد قيم المتغيرات المستقلة قبل إجراء التجربة، فمثلاً لدراسة العلاقة بين جرعات دواء للأفلقونزا والقضاء على المرض، فإننا نقوم بتحديد الجرعات مسبقاً قبل التجربة، ثم نبحث تأثيرها على المرض. أما في حالة الارتباط Correlation فلا يكون لنا الحرية في تحديد قيم أي من المتغيرات المستقلة إذ تكون جميعها خاضعة للمؤثرات العشوائية الخارجة عن السيطرة، ويمكن لأي منها اتخاذ أي قيمة من القيم الممكنة لها، فمثلاً لدراسة العلاقة بين مستوى الكوليسترول في الدم وبين وزن الجسم، فإننا نأخذ عينة عشوائية من المرضى، ثم نقيس الوزن ومستوى الكوليسترول، أي أن المتغيرين عشوائيان.

وعموماً فإنه في حدود دراستنا فإن هذا الفرق لن يعنى الكثير لنا إلا في طريقة تصميم عملية جمع البيانات فقط.

16.6. البيانات المزدوجة والارتباط Bivariate Data & Correlation

البيانات المزدوجة Bivariate Data مجموعة من البيانات عند جمعها يتم جمع متغيرين عشوائيين في آن واحد، مثل أطوال الرجال ومقاسات أحذيتهم، أو أوزان النساء ومعدل التنفس في الدقيقة، أي يوجد متغيرين أحدهما X والآخر Y وقد يوجد علاقة بين هذين المتغيرين أو لا توجد.

وهذا النوع من البيانات Bivariate يمكن تمثيله بيانياً عن طريق منحنى الانتشار Scatter Diagram (لمزيد من المعلومات عن منحنى الانتشار، يرجى الرجوع إلى الفصل التاسع)

وفيه يتم رسم البيانات المستقلة Dependent Data أو السبب Cause علي المحور الأفقي X، ورسم البيانات التابعة Independent Data أو النتيجة Effect علي المحور الرأسي Y، والمثال 1-15 يوضح تلك الفكرة.

مثال رقم 1-16:

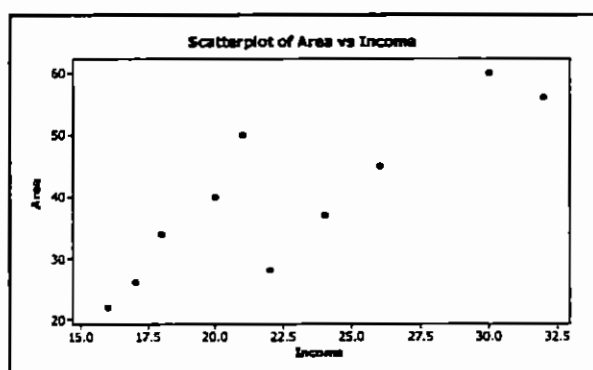
تود إحدى الشركات العقارية تحليل السوق العقاري في إحدى المناطق، ولذا فقد قامت بعمل مسح Survey لدراسة العلاقة بين دخل الأسرة (X) ومساحة منزلها بالمتر المربع (Y)، وتم جمع عينات عشوائية كانت نتائجها كما بالجدول 1-16 كالتالي:

جدول رقم 1-16 دخل الأسرة (X) ومساحة منازلهم بالمتر المربع (Y)

40	60	34	56	50	28	37	45	26	22	الدخل بالآلاف جنيهه	Income (X)
20	30	18	32	21	22	24	26	17	16	مساحة المنزل بالمتر المربع	Square meters (Y)

ولتسهيل فهم الموضوع في البداية، سنفترض أن العلاقة بين المتغيرين المراد دراستهما هي علاقة خطية بسيطة Simple Linear، وسنقوم برسم هذه العلاقة، ثم نحاول إثبات مدى صحة هذه العلاقة وهل هي علاقة حقيقية أم لا؟ ثم نحاول تجسيد قيمة الارتباط بين هذين المتغيرين وتحويلها إلى مقياس رقمي يحدد قوة هذه العلاقة.

بمساعدة Minitab يمكننا رسم مخطط الانتشار Scatter Diagram (يرجى مراجعة موضوع مخطط الانتشار في الفصل التاسع من هذا الكتاب) فيوضح أنه كلما زاد الدخل الشهري للأسرة زادت مساحة منزلها، ولذا فإنه يعطى إنطباعاً باحتمال وجود علاقة طردية موجبة Positive Relation أو علاقة مباشرة Direct Relation كما يظهر في الشكل 3-16.



شكل رقم 3-16 رسم بيانات المثال 1-16

ولتأكيد هذا الاحتمال يجب تحويله إلى كمية Quantity أو قيمة Value، ولذا نحاول رسم خط مستقيم Linear يتوسط هذه القراءات ستكون معادلته:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + e$$

ومن المتوقع وجود خطأ في استنتاج الارتباط والعلاقة بين المتغيرين، لعدة أسباب:

1. أننا افترضنا أن العلاقة خطية ولها معادلة خط مستقيم وهذا فرض غير مؤكد.
2. عندما أخذنا العينات في البداية افترضنا أنها تمثيل وتعبر عن المجتمع وهذا افتراض نعرف أيضاً أنه ليس صحيحاً تماماً.

وبالتالي فلا بد أن نسلم بأنه سيكون هناك خطأ في استنتاج شكل هذه العلاقة بدقة، حتى وأن كان هذا الخطأ صغيراً.

ولتوضيح ذلك دعنا ننظر إلى القيمة الأولى من العينات التي تم تجميعها وهي 22 & 16، سنجد أنها تخبرنا بوجود رجل دخله الشهري هو (22000 جنيه) ومساحة شقته هي (160 متر مربع)، ولكن و بعد أن رسمنا مخطط الانتشار Scatter، ورسمنا الخط المستقيم الذي يتوسط النقاط المرسومة، ولو حاولنا من الرسم معرفة مساحة شقة الشخص الذي دخله 22000 جنيه، فسوف نقوم برسم خط رأسي عند قيمة 22000 حتى يقطع الخط المستقيم المعبر عن العلاقة، ثم نمد خط أفقي حتى يقطع المحور الرأسي عند قيمة تكون هي قيمة مساحة شقة ذلك الشخص، وحينئذ سنجد أنها ليست 160 متراً مربعاً كما هي الحقيقة، أي ستكون إما أكبر من 160 أو أقل من 160، وهذا ما نعني به الخطأ في استنتاج العلاقة بدقة، كذلك لو حاولنا معرفة مساحة شقة شخص دخله 51000، وهي قيمة ليست من قيم العينات المأخوذة، فإننا بالتالي نتوقع أن القيمة التي سنقوم باستنتاجها من المعادلة، أو من الرسم ليست صحيحة تماماً، أي سيوجد خطأ في الاستنتاج.

و فيما يلي سنقوم باستخدام النموذج الإحصائي Statistical Model لفهم العلاقة بين المتغيرين، وما يصحب ذلك من افتراضات Assumptions، واختبار هذه الفرضيات Test of Hypothesis لتحديد ما إذا كان هذا النموذج Model جيد أم لا، وما مستوى الثقة Confidence Level فيه، وما مدى اعتمادنا عليه.

وحيث إن استنتاج شكل العلاقة في هذه المرحلة قد يترتب عليه اتخاذ قرارات مهمة في مرحلة لاحقة، فإنه ينبغي التأكد من أن هذه العلاقة هي علاقة حقيقية وليست ظاهرية، وسيكون هذا من خلال عدة معايير ومقاييس رقمية لتحديد قوة هذا الارتباط ومنها معامل

الارتباط Coefficient of Correlation، و مجموع المربعات Sum of Squares، وخط أقل المربعات Least Square Line كما سيوضح فيما بعد.

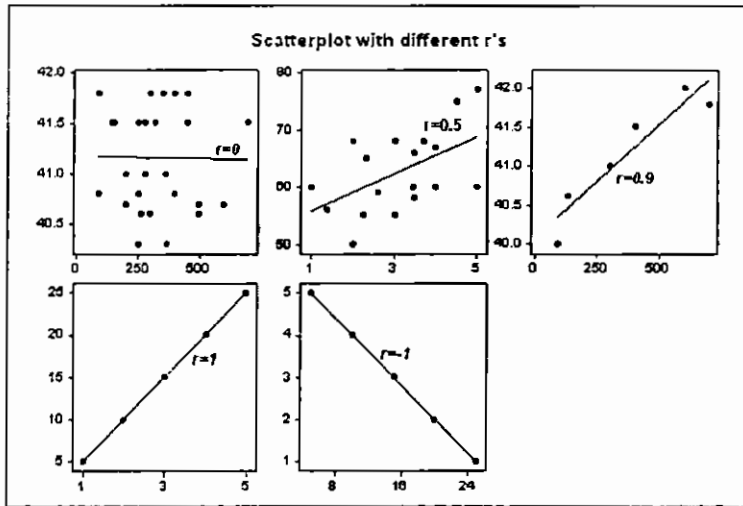
16.7. معامل الارتباط الخطي Coefficient of Linear Correlation (r)

مما سبق يتضح لنا أنه حتى بعد رسم مخطط الانتشار Scatter، ورسم خط مستقيم فإننا لا زلنا نحتاج دليل آخر يعبر عن مدى قوة هذه العلاقة وهذا الارتباط، وأحد هذه الأدلة هو معامل الارتباط Coefficient of Correlation أو معامل ارتباط بيرسون ونعبر عنه بالرمز r ، وهو معيار يقيس مقدار التباين والتأثير الذي يطرأ على Y عندما يتغير X بمقدار معين، ويتم حساب قيمته من صيغة تبدو معقدة ولكن لا تنزعج فهي فعلاً بسيطة، وسيقوم الكمبيوتر بتحمل مشقة حسابها بينما سيكون عليك تفسير قيمتها.

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} * \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

$$r = [\sum xy - (\sum x)(\sum y)/n] / [\sqrt{\sum x^2 - (\sum x)^2/n} * \sqrt{\sum y^2 - (\sum y)^2/n}]$$

ملاحظات علي معامل الارتباط كما يظهرها الشكل 4-16:



شكل رقم 4-16 العلاقة بين قيمة المعامل r وشكل العلاقة بين المتغيرين

- هذا المعامل يقيس قوة العلاقة بين X و Y ، و تتراوح قيمته من -1 حتى 1، وتدل القيمة -1 على وجود ارتباط خطي تام عكسي، والقيمة صفر تعني عدم وجود علاقة، بينما

القيمة 1 تعنى وجود ارتباط خطي تام طردي، ويجب الانتباه الشديد إلى أن وجود ارتباط خطي بين متغيرين لا يعنى بالضرورة وجود السببية بين هذين المتغيرين، أى قد يكون المتغيران قد تأثرا بمتغير ثالث كان هو السبب في حدوثهما معاً، فمثلاً إذا حسبنا معامل الارتباط بين معدل وقوع حوادث السيارات وبين معدل شراء الشماسي في فصل الشتاء، لوجدنا أن هناك ارتباطاً بينهما وقد يكون معامل الارتباط كبيراً، فهل نستطيع الجزم بأن أحد المتغيرين هو سبب للآخر؟ كلا ولكن يمكن أن يعزى الأمر إلى سبب ثالث وهو معدل سقوط الأمطار في فصل الشتاء.

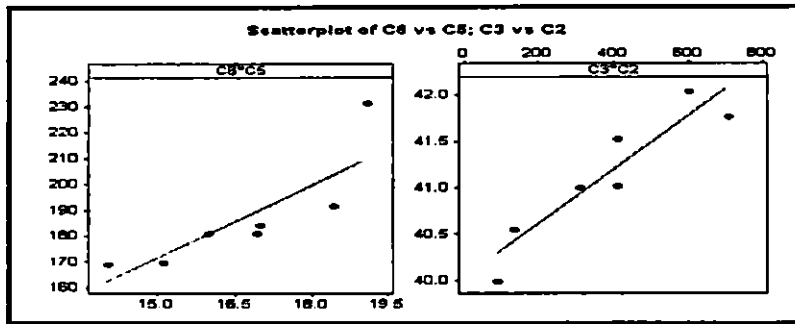
■ كلما زادت القيمة المطلقة له $|r|$ دل ذلك على قرب النقط من الخط المرسوم، وبالتالي دل على دقة المعادلة الممثلة لهذه العلاقة.

■ إذا اقتربت قيمة $|r|$ من الصفر دل ذلك على عدم وجود علاقة بين المتغيرين محل الدراسة Variables Are Uncorrelated وفي هذه الحالة سيظهر مخطط الانتشار Scatter كأنه نقاط عشوائية لا تدل على وجود علاقة.

■ إذا كانت القيمة المطلقة $|r| = 1$ دل ذلك على دقة الفرضية بوجود علاقة خطية، وفي هذه الحالة يمر الخط بجميع النقاط وتكون المتغيرات مرتبطة ارتباطاً تاماً Variables Are Perfectly Correlated.

■ إشارة القيمة R تدل على اتجاه العلاقة فالإشارة الموجبة تدل على علاقة طردية موجبة Positive Direct Correlation والإشارة السالبة تدل على علاقة عكسية سالبة Negative Inverse Correlation.

■ القيمة المطلقة $|r|$ لا تعبر عن ميل الخط الممثل فكلا الخطين الظاهرين في شكل رقم 5-16 لهما نفس معامل الارتباط $R = 0.9$ وميلهما مختلف.



شكل رقم 5-16 خطان لهما نفس قيمة "R" والميل مختلف

مثال رقم 16-2:

ما معني أن $R = 0.82$ ؟

الحل : والإجابة على هذا السؤال أنه يوجد ارتباط قوي بين المتغيرين The Two Factors Are Highly Correlated، ويعنى ذلك أيضا أن 82% من التباين الحادث فى المتغير التابع Y بسبب المتغير المستقل X.

16.8. تباين خط الانحدار Variance of Regression Line

تعتبر قيمة مجموع المربعات Sum of Squares من المقاييس الرقمية التي تعبر عن مدى قرب مجموعة النقاط المسجلة من الخط الممثل للعلاقة، (لحساب قيمة مجموع المربعات فأننا نقيس الفرق بين كل نقطة والخط الممثل للعلاقة، ثم نربع هذه القيم ثم نجمعها جبريا)، وكلما زادت قيمتها دل ذلك على وجود تبعثر و تباين بين النقاط وبين الخط، ومجموع المربعات ما هو إلا مجموع مربعات الفروق بين القيم الحقيقية والقيم المستنتجة للنقط، وفى بعض الأحيان نعبر عنها بمجموع المربعات الناتجة عن الخطأ Sum of Squares Due to Error" SSE"، ولها أهمية كبرى في تقدير وحساب قيمة كل من معامل ارتباط بيرسون r و تباين خط الانحدار Variance of Regression Line كما يلي:

$$\text{Sum of Squares Due To Errors} = \text{SSE} = S_{yy} - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}$$

$$\text{Sum of Squares for X} = \text{SS}_x = \sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - n\bar{x}^2$$

وهى معادلة تبين مدى قرب مجموعة X's من الخط

$$\text{Sum of Squares for Y} = \text{SS}_y = \sum (y - \bar{y})^2 = \sum y^2 - n\bar{y}^2$$

وهى معادلة تبين مدى قرب مجموعة Y's من الخط

$$\text{Sum of Cross Product for XY } X_y = \text{SCP}_{xy} =$$

$$x_y = \text{SPC}_{xy} = \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \sum xy - n\bar{x}\bar{y}$$

(- ويمكن حساب قيمة "تباين خط الانحدار" من المعادلة التالية :

$$\text{Variance of Regression Line} = S^2_e = \frac{SSE}{DF} = \frac{S_{yy} - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}}{n-2}$$

والجنر التربيعي لهذه القيمة يعطى "تقدير الخطأ المعياري"، وكلما كانت قيمته صغيرة دل ذلك على اقتراب النقاط من الخط الممثل (Alan H. Kvanli, 1996). ويمكن حساب قيمة معامل الارتباط الخطي r أيضا من المعادلة التالية:

$$r = \frac{SCP_{xy}}{[\sqrt{S_{xx}} * \sqrt{S_{yy}}]}$$

16.9. معامل التباين Covariance Coefficient

وهو مقياس آخر لبيان قوة الارتباط بين متغيرين هما X على المحور الأفقي، و Y على المحور الرأسى ويكتب $COV(X, Y)$ ، وهو يشبه معامل الارتباط إلى حد بعيد.

$$COV(XY) = \frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \frac{1}{n-1} SCP_{xy}$$

ومن المعادلة السابقة، يتبين وجود علاقة جبرية بين COV & r

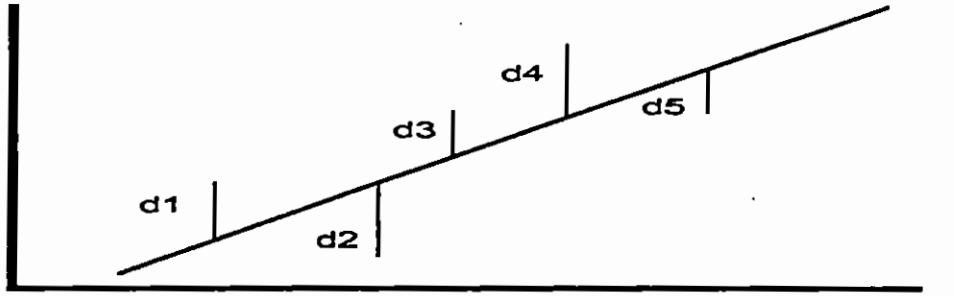
$$r = \text{Sample Correlation Between } X \text{ and } Y = \frac{COV(XY)}{S_x S_y}$$

$$\text{Where } S_x = \text{Standard Deviation of the } X \text{ Values} = \sqrt{\frac{S_{xx}}{n-1}}$$

$$S_y = \text{Standard Deviation of the } Y \text{ Values} = \sqrt{\frac{S_{yy}}{n-1}}$$

16.10. خطوط المربعات الصغرى Least Squares Lines

إذا تأكدنا بما لا يدع مجالا للشك بأن العلاقة بين المتغيرين هي علاقة خطية، فمن أين لنا أن نضمن أن مكان الخط المعبر عن النموذج Model هو أفضل الأماكن؟ هذا ما سنحاول أن نعرفه في السطور القليلة القادمة.



شكل رقم 6-16 منحني الانتشار ومكان الخط الممثل للبيانات (Alan H. Kvanli, 1996)

فبالنظر إلى شكل 6-16 نجد خط وحيد إفتراضنا أنه يعبر العلاقة ، ولكي يكون مكان هذا الخط أفضل الأماكن المحتملة، فلا بد أن يكون $D1 \& D2 \& D3$ أقل ما يمكن (لكي يكون الخطأ في الاستنتاج أقل ما يمكن)، وبالتدقيق سنجد أن $D1$ هي الفرق بين متوسط القراءات وقراءة النقطة الأولى هي:

$$d_1 = \bar{y}_1 - y_1$$

$$d_2 = \bar{y}_2 - y_2$$

وكذلك

$$d_3 = \bar{y}_3 - y_3$$

وكذلك

ولو رجعنا قليلا لطريقة حساب التباين (يرجى الرجوع إلى الفصل الحادى عشر)، سنجد أننا كنا نربع هذه القيمة لكل نقطة ثم نقوم بحساب التباين الكلى Total Variance من خلال التعويض في المعادلة :

$$(Total Variance)^2 = (Var_1)^2 + (Var_2)^2 + (Var_3)^2 + \dots$$

وهذا ما سنفعله الآن، فلكي يكون الخط معبرا عن النموذج Model بصورة قوية فيجب أن تكون القيم " d " الموضحة فى شكل 7-15 أقل ما يمكن.

$$\sum d^2 = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots$$

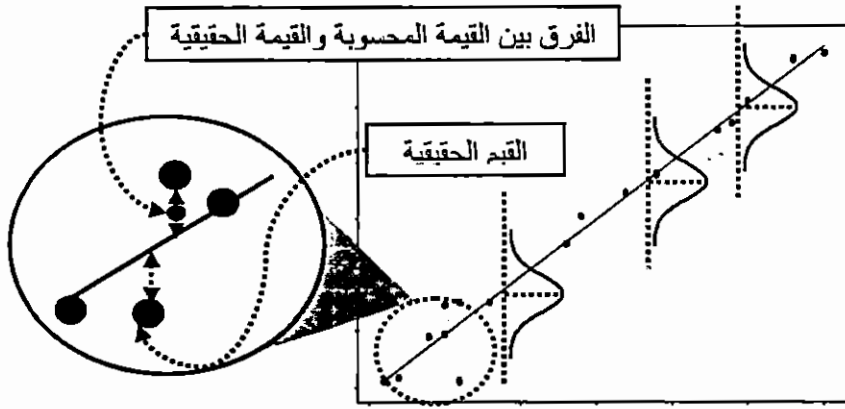
وأي خط سيحقق هذا الشرط سيكون هو الخط الأكثر تعبيراً عن العلاقة ، و اعتقد أنه بات الآن واضحا سبب تسمية الطريقة بخط المربعات الأصغر Least Squares Line، أي الخط الذي يعطي أقل تباين Variance.

وبفرض أن هذا الخط سيخضع للمعادلة $\hat{y} = B_1X + B_0 + e$

فإذا تم تحديد قيمة B_0 & B_1 فإنه يمكننا استنتاج المعادلة، ويتم حساب هاتين القيمتين من خلال معادلات رياضية كثيرة، وسيقوم الكمبيوتر أيضا بدلا منا بحساب كل من B_0 & B_1 من العلاقة:

$$B_1 = \frac{SCP_{xy}}{SS_x} \quad \& \quad B_0 = \bar{y} - B_1 \bar{x}$$

وبالتالي يمكننا تحديد مكان الخط الأكثر تعبيراً عن العلاقة ونطلق عليه اسم النموذج Model ، وكذلك يمكننا تحديد ميل هذا الخط.



شكل رقم 16-7 الفرق بين القيم الحقيقية للعينات وبين القيم المستنتجة من المعادلة

وهنا لا بد من الإجابة علي سؤال هام جدا وهو: هل الخط الذي حددناه بالرغم من كونه الأكثر تعبيراً عن النموذج Model، هو الذي يعبر تعبيراً مطلقاً عن كل النقاط؟ الإجابة لا بالرغم من كل هذا المجهود الذي بذلناه، لماذا لا ؟ لأن بعض النقاط حتي ولو قليلة لا تقع علي الخط نفسه، وهذا جزء من الخطأ Error، وهو القيمة E في المعادلة المفترضة، وهناك جزء آخر من الخطأ يرجع إلي التقريب في حساب مكان الخط وميله لأننا حسبنا B_0 & B_1 من عينة، وبمعادلة تقريبية Empirical وعليه فيوجد خطأ:

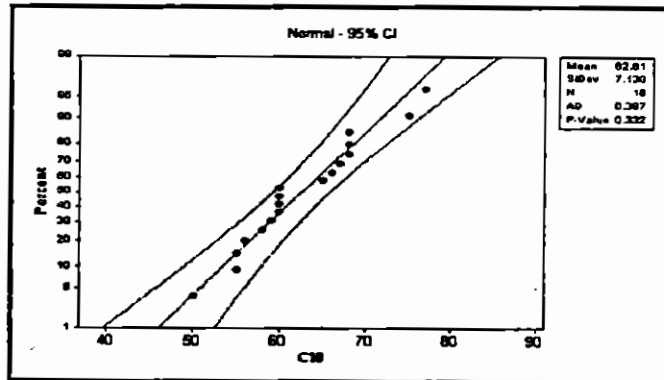
1. الخطأ الأول مجموع مربعات الانحدار Sum of Squares of Regression "SSR"، وهو خطأ في تحديد مكان الخط وميله، وقيمته تتحدد من العلاقة

$$SSR = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}} \text{ وهو جزءان:}$$

■ جزء من الخطأ Error في B_0 ، وبسببه فإن الخط يمكن أن يتحرك لأعلى أو لأسفل مكوناً محلاً هندسياً لمكان الخط.

■ وجزء من الخطأ Error في B_1 (ميل الخط) وبسببه فإن الخط يتأرجح مع عقارب الساعة أو عكسها مرتكزا على نقطة منتصف ذلك الخط المرسوم، ومحصلة هاتين الحركتين (كنتيجة للخطأ في الانحدار Error of Regression) تنتج المساحة المحصورة بين الخطين المنحنيين، والتي تمثل المحل الهندسي للخط المعبر عن العلاقة بين المتغيرين، ويوضحها الشكل

8-16.



شكل رقم 8-16 المحل الهندسي للمعادلة النموذج الممثلة للبيانات

ومعنى ذلك أن أى خط داخل هذه المساحة، من المحتمل أن يعبر عن النقاط، ولكن بنسب متفاوتة من الخطأ Error، والكمبيوتر عندما يقوم بحساب القيمة ورسم الشكل فإنه يختار الخط الأكثر تعبيراً بدرجة ثقة 95 % Confidence Level أي أن هناك خطأ في حدود 5% .

2. الخطأ الثاني مجموع مربعات الخطأ " Sum of Squares of Errors " SSE، والناتج عن القيم المتبقية Residuals وهو الفرق بين القيمة الحقيقية للنقط وبين القيمة

المحسوبة من معادلة الخط المستقيم المستنتجة، وقيمته تتحدد من العلاقة

$$SSE = S_{yy} - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}$$

وبعد أن أثبتنا مبدئياً وجود ارتباط وعلاقة محتملة من خلال مخطط الانتشار بين المتغيرين، فهل يعني ذلك أن هذه العلاقة حقيقية؟ إن مما يدهشنا لأول وهلة أن الإجابة على هذا السؤال لا، لأن ثبوت وجود علاقة بين المتغيرين من خلال مخطط الانتشار لا يعني أن هذه العلاقة حقيقية، وسيعتمد الحكم على حقيقة هذه العلاقة بشكل كبير على خبرة فريق العمل.

والمثال الواضح على ذلك هو مثال زيادة مبيعات الشماسي، وزيادة معدل الحوادث في فصل الشتاء ففي هذا المثال نجد أن مخطط الانتشار يشير إلى وجود علاقة، بالرغم من أننا متأكدون أنه لا توجد علاقة مباشرة، وإنما العلاقة هي وجود عامل ثالث وهو فصل الشتاء، ففيه يكثر المطر فيزداد الطلب على الشماسي، كما يزداد معدل الحوادث بسبب سقوط الأمطار على الطرق وفي أماكن السير.

وإذا كان مثال الشماسي والحوادث سهل الفهم، وفيه أدركنا أنه فعلاً لا توجد علاقة بين المتغيرين بالرغم من ظهور مؤشر علاقة في مخطط الانتشار، فما العمل إذا كان الموضوع قيد البحث غير واضح وليس بهذه السهولة؟ هل هناك مقياس أو طريقة أستطيع بها تأكيد أو نفي هذه العلاقة؟

نعم: الوسيلة الفعالة لإثبات ذلك هي طريقة تحليل التباين "Analysis of Variance" ANOVA " فهي من خلال مقاييس محددة، ستوضح وبدرجة ثقة عالية، ما إذا كانت هذه العلاقة حقيقية أم لا، وهذا ما سنتناوله في الفصل السابع عشر.

الفصل السابع عشر

تحليل التباين

Analysis of Variance "ANOVA"

17.1. مقدمة Introduction

تعرفنا في الأجزاء السابقة على أنه توجد طرق للمقارنة بين معدلي (متوسط) مجتمعين، ولكننا في كثير من الأوقات نحتاج إلى المقارنة بين متوسطات عدة مجتمعات، فبينما استعملنا اختبار Z أو اختبار T لاختبار تساوي معدلي مجتمعين معينين، فإننا نحتاج إلى طرق أكثر شمولاً لنتمكن من اختبار تساوي متوسطات ثلاث مجتمعات أو أكثر، وتجيء طريقة تحليل التباين Analysis of Variance على رأس هذه الطرق، (حيث يعد صورة عامة لاختبار t- test للمقارنة بين ثلاثة متوسطات أو أكثر، وإذا استخدم للمقارنة بين متوسطين فإن النتيجة تكون مماثلة للنتائج من اختبار t) وهي أداة قوية تمكننا من تحليل وتفسير المشاهدات من عدة مجتمعات في وقت واحد.

يعتمد تحليل التباين ANOVA في تحديد العامل أو العوامل التي لها تأثير على الإستجابة Response، على تجزئة التباين الكلي Total Variation المشاهد في البيانات التي نحصل عليها من التجربة أو من المسح إلى أجزاء مختلفة كل منها يمكن إرجاعه إلى مصدر (سبب أو عامل) معلوم، وبذلك يمكن تقييم المقدار النسبي للتباين من كل مصدر ثم تقدير ما إذا كان ذلك معنوياً أي مؤثراً وملموساً وذا قيمة أم لا.

وكما في الشكل 16-2 فإن تحليل التباين يستخدم لتحديد مدى ارتباط مؤثر أو متغير X أو أكثر بالنتيجة Y أو المخرجات Output، بشرط وجود علاقة فعلية وليست محض صدفة بين هذا المعامل Factor وبين الإستجاب Response، وهذا ما نسميه العلاقة السببية بين العوامل أو المؤثرات Causal Effect Between The Factors، و تحليل التباين ANOVA أيضاً وسيلة فعالة لتحويل العلاقات النوعية Qualitative Relationship أو الغير كمية إلى علاقات كمية Quantitative Relationship بمعنى أنها لا نخبرنا فقط بوجود علاقة بين متغيرين، وإنما نخبرنا كذلك بقيمة قوة هذه العلاقة كنسبة مئوية.

17.2. خطوات تحليل التباين (الأنوفا) ANOVA Steps

كما ذكرنا فإن تحليل التباين ANOVA يعتمد في تحديد العلاقة بين المتغيرات علي تجزئة التباين الكلى المشاهد فى البيانات، إلى تباين داخل المجموعات Variation Within Groups ويحدد بمدى انحراف كل عنصر عن متوسط باقى عناصر المجموعة، وإلى تباين بين المجموعات Variation Between Groups ، ويحدد بمدى انحراف كل مجموعة عن متوسط المجموعات أو انحراف كل عينة عن الأصل الذي تنتسب إليه أى أن :

$$\text{Total Variation} = \text{Variation between Groups} + \text{Variation within Groups}$$

ثم يتم بعد ذلك مقارنة مدى اقتراب التباين الداخلي Variation Within Groups من التباين الخارجي Variation Between Groups أو مدى ابتعاده عنه، وذلك بحساب النسبة الفائية F Ratio ، وهى خارج قسمة القيمة الأكبر لأى من التباينين على القيمة الأصغر لهما، ثم نقوم بمقارنة هذه النسبة F Ratio بقيمة F الجدولية لتحديد مستوى الدلالة، فإذا كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الجدولية تكون الفروق بين المجموعات دالة ، وأمكنا أن نستنتج عدم تجانس المجموعات التي نحلل تباينها، وأمكنا كذلك أن نرجع هذه المجموعات إلى أصولها المختلفة التي تنسب إليها، أما إذا كانت القيمة المحسوبة أقل من القيمة الجدولية أمكنا أن نستنتج تجانس المجموعات التي نحلل تباينها، وأمكنا أن نرجع هذه المجموعات جميعا إلى أصل واحد.

وفى هذه الحالة لا نستطيع تحديد أى المجموعات أعلى من الاخرى (مثل ما يحدث فى إختبار ت) ، ويتطلب ذلك استخدام اسلوب آخر بعد تحليل التباين لاجراء المقارنات المتعددة بين المتوسطات multiple comparison of means، ومن طرق المقارنات المتعددة : دنكان Duncan (أقل تحفظاً) ، و توكى Tukey ، و شفیه Scheffe (أكثر تحفظاً من الطرق الاخرى)

وبذلك نستطيع مثلاً دراسة تأثير التحسينات التي تم إجراؤها مؤخراً على عملية ما، وذلك بمقارنة عينات قبل التحسينات وعينات بعد التحسينات.

وقبل البدء في الحديث عن خطوات إجراء تحليل التباين ANOVA يجب الإشارة إلى أن تنفيذ هذه الخطوات سيتم عن طريق الكمبيوتر إلا أننا سنذكر هذه الخطوات لفهم ما يتم فقط وهى كما يلي:

1. يتم حساب التباين بين المجموعات Variation Between Groups.
2. يتم حساب التباين داخل المجموعات Variation Within Groups.
3. يتم حساب النسبة الفائية وذلك بقسمة التباين الكبير على التباين الصغير لمعرفة مدى تجانس أو اختلاف المجموعات.

ومما سبق يتضح أنه عند الحديث عن تحليل الانحدار Regression فيجب التأكيد على أنه في حالة وجود مجموعة قراءات توضح العلاقة بين عدة متغيرات مستقلة Independent ومتغير تابع Dependent ، وأمكن استنتاج المعادلة النموذج Model المعبرة عن هذه العلاقة وهذا الارتباط باستخدام الانحدار Regression، ووصفنا هذه العلاقة بمعادلة التنبؤ Prediction، وفي هذه المعادلة نجد أننا حددنا بصورة تقريبية مدى تأثير كل متغير من المتغيرات المستقلة على المتغير التابع، ولكن يبقى سؤال هام هل الاختلاف الحادث في المتغير التابع يرجع فقط إلى تأثير المتغيرات المستقلة؟ أم أنه يرجع إلى عوامل أخرى عشوائية وغير مرئية أو محسوسة للدارس؟

والإجابة على هذا التساؤل تتطلب تحليلاً إحصائياً لهذا التباين والاختلاف في المتغير التابع أو النتيجة إلى جزأين مختلفين، أحدهما يعتمد على المتغيرات المستقلة ونطلق عليه الاختلاف المفسر Explained Variation لأن مصدره معلوم، والآخر لا يعتمد على هذه المتغيرات المستقلة ويعزى إلى عوامل مجهولة ونطلق عليه الاختلاف الغير مفسر أو الاختلاف المتبقي Residual Variation، وغالباً ما نرجعه إلى الأسباب العامة Common Causes، وبعد تجزئة هذا الاختلاف والتباين الكلي يكون من السهل تقييم واختبار ما إذا كان التباين المفسر كبير كبراً جوهرياً بالنسبة إلى التباين الغير مفسر أم لا، ويتم ذلك من خلال المعامل الفائي F Factor والذي يحسب من المعادلة:

$$F \text{ factor} = \frac{\text{Explained Variation}}{\text{Unexplained Variation}}$$

17.3. شروط تطبيق الأنوفا Assumptions of ANOVA

قبل البدء في إجراء تحليل التباين ANOVA يجب التأكد من تحقق الشروط التالية:

- 1- أن تكون العينة المنتقاة ممثلة للمجتمع ، وأن تخضع لمنحنى التوزيع الطبيعي أو تكون قريبة منه.

- 2- أن تكون العملية قيد الدراسة في حالة تحكم إحصائي لضمان ثبوت ظروف المقارنة.
 - 3- أن يكون التباين للمجموعات قيد الدراسة و التي تسحب منها العينات متجانساً ومتساوياً أو متقارباً.
 - 4- أن يكون توزيع الاختلاف المتبقى Residuals خاضعاً للتوزيع الطبيعي.
- وجدير بالذكر أن أسلوب تحليل التباين يعطى نتائج لا بأس بها حتى في حالة عدم توافر الشرطين الأخيرين.

17.4. تحليل تباين القياس المتكرر Repeated Measurement ANOVA

ويستخدم هذا النوع من تحليل التباين عند إجراء دراسات تجريبية تهتم بقياس مستوى أداء عملية ما عدة مرات متتالية تحت شروط مختلفة ، مثل قياس مستوى العملية قبل التحسين ثم بعد التحسين، وكذلك القياس بعد انتهاء عملية التحسين بفترة زمنية محددة (سنة أشهر مثلاً) ويسمى قياس المتابعة.

وفي هذه الحالة تم قياس مستوى أداء العملية ثلاث مرات متتالية ولذلك يسمى قياساً متكرراً، أما إذا قمنا بإجراء قياسين فقط قبلي وبعدي فإنه لا يعد قياساً متكرراً.

ويوجد عدد من التصميمات التجريبية للقياس المتكرر ، فهناك قياس متكرر لمجموعة واحدة، وقياس متكرر لعدة مجموعات ، وغيرها من التصميمات الأكثر تعقيداً، ويتم التعامل معها وحلها عن طريق الكمبيوتر .. (صلاح مراد- فوزية هادي 2002 بتصرف)

17.5. تحليل التباين Analysis of Covariance

وهو نوع آخر من تحليل التباين يستخدم لتتبع/ضبط أثر متغير دخيل بطريقة إحصائية فقد نجد أنه أثناء الدراسة أن متغيراً خارجياً له أثر على المتغير التابع ولم نستطع وضعه في التصميم، وفي هذه الحالة نقوم بقياس هذا المتغير ونجرب تحليل لعزل أثره من المتغير التابع. فإذا كان الهدف من الدراسة تقويم فعالية جهود التحسين لعملية التدريب ، والمتغير التابع هو مستوى التحصيل ، أما المتغير الخارجى الذى يؤثر فى مستوى التحصيل هو نسبة ذكاء المتدربين، وغذا قمنا باختيار عدة مجموعات من المتدربين لتجريب طرق التدريب المختلفة، فإننا نقوم بقياس نسبة ذكاء المتدربين قبل إجراء التجربة ، ونقيس مستوى التحصيل بعد انتهاء التجربة، ثم نجري تحليل تباين لعزل أثر نسبة الذكاء من التحصيل قبل بحث الفروق بين المجموعات التجريبية فى التحصيل.

أما إذا كانت الدراسة تتضمن قياساً قَبلياً وبعدياً لعدة مجموعات تجريبية (وهو لا يعد قياساً متكرراً) ، فإننا نقوم بإجراء تحليل تباين أحادى (بين المجموعات) لدرجات القياس القبلى، ويكون امامنا حالتين:

- 1- إذا لم نجد فروقاً دالة بين المجموعات فى درجات القياس القبلى ، فإننا نقوم بإجراء تحليل تباين أحادى لبحث الفروق بين المجموعات فى درجات القياس البعدى.
- 2- إذا وجدنا فروقاً دالة بين المجموعات فى درجات القياس القبلى ، فإننا نقوم بإجراء تحليل تغاير لعزل أثر درجات القياس القبلى من القياس البعدى قبل التعرف على الفروق بين المجموعتين فى القياس البعدى.

(صلاح مراد- فوزية هادى 2002 بتصرف)

17.6. أساليب الإحصاء الاستدلالي البارامترى None parametric Statistical Inference

تستخدم الأساليب الإحصائية البارامترية فى حال البيانات الاسمية أو الترتيبية، كما تستخدم أيضاً فى حال العينات الصغيرة (أقل من 15) مهما كان مستوى القياس ، أما إذا كان حجم العينة يتراوح بين 15 و 20 فيفضل إجراء تحليل البيانات باستخدام الأساليب البارامترية والبارامترية، وذلك للتأكد من صحة القرار الناتج عن التحليل، ونذكر فيما يلى بعض الأساليب والبارامترية:

1- اختبار مان ويتنى Mann-Whitney test

هو اختبار لبارامترى بديل لاختبار t- test، ويستخدم لمقارنة البيانات الترتيبية Ordinal أو الفترية Interval أو النسبية Ratio ، حيث نضع درجات المجموعتين معاً (إذا كانت البيانات فترية أو نسبية) ونرتبهم كأنهم مجموعة واحدة ، ثم نحسب قيمة إحصائية نرمز لها بالرمز (U) ، ونختبر دلالة هذه القيمة باستخدام جداول خاصة باختبار مان ويتنى، والمنطق فى هذا الاختبار هو : إذا كانت المجموعتين متشابهتان فإن مجموع رتب كل منهما يتساوى، أما إذا اختلف مجموع الرتب اختلافاً ملحوظاً فإن هذا الفرق يكون دالاً.

مثال : إذا كانت آراء مجموعتين من المتدربين فى النظام التدريبي على النحو التالى:

المجموعة الاولى: 7، 8، 10، 12، 15

المجموعة الثانية: 9، 14، 16، 17

ولبحث الفرق بين المجموعتين نرتب درجاتهما معاً كما يلى:

7، 8، 9، 10، 12، 14، 15، 16، 17، ثم نحسب قيمة (ي) وهي عدد درجات المجموعة الأولى (الكبرى) الأقل من كل درجة من درجات المجموعة الثانية (الصغرى) وهي $(ي) = 2 + 4 + 5 + 5 = 16$.

وباستخدام جداول مان ويتنى وحيث $(ن_1) = 4$ ، $(ن_2) = 5$ ، فإن قيمة (ي) الجدولية $= 11$ عند مستوى 0.05، 15 عند مستوى 0.01، وعليه فإن قيمة (ي) المحسوبة $= 16$ تكون دالة عند مستوى 0.01، ونستنتج من ذلك وجود فرق دال بين رتب المجموعتين لصالح المجموعة الثانية.

2- اختبار ولكوكسون Wilcoxon test

هو اختبار لبارامترى بديل لاختبار ت- test، ويستخدم في حالة المجموعات المرتبطة أو المجموعة الواحدة مع قياسين قبلي وبعدي، حيث يتم حساب الفروق بين القياسين، ويتم ترتيب هذه الفروق مع إهمال الفروق الصفرية، ثم نحسب قيمة إحصائية يرمز لها بالرمز (و) وهي مجموع رتب الفروق الأقل (بأى إشارة) ثم نقارن قيمة (و) المحسوبة بالقيم الجدولية من جداول ولكوكسون.

3- اختبار كروسكال واليس لتحليل التباين الأحادي Kruskal-Wallis one way ANOVA

وهو يستخدم عندما يكون لدينا أكثر من مجموعتين مستقلتين، وهو يعد تعميماً لاختبار مان ويتنى، حيث يتم ترتيب درجات كل المجموعات معاً كأنها مجموعة واحدة، ثم يتم ترتيب كل مجموعة على حده وحساب قيمة إحصائية معينة، يتم مقارنتها بجدول مربع كاي $(كا^2)$ بدرجات حرية تساوى عدد المجموعات مطروحاً منه واحد، وتشتط هذه الطريقة أن لا يقل عدد كل مجموعة عن 5.

4- اختبار فريدمان لتحليل التباين الثنائي Friedman Two way ANOVA

إذا تضمنت الدراسة أكثر من مجموعتين مرتبطتين، أو مجموعة واحدة تم قياسها عدة مرات فإننا نستخدم اختبار فريدمان لتحليل التباين الثنائي للرتب، حيث يتم ترتيب درجات كل فرد في القياسات المتكررة على حده، وجمع رتب كل مجموعة، ثم نحسب قيمة مربع كاي $(كا^2)$ ثم نقارنها بالقيم الجدولية باستخدام جدول مربع كاي بدرجات حرية تساوى عدد القياسات مطروحاً منه واحد.

5- اختبار مربع كاي X^2 test

ويستخدم هذا الاختبار إذا كانت البيانات إسمية للمقارنة بين التكرارات الفعلية (الملاحظة) والمتوقعة، فإذا كانت الملاحظة مشابهة للمتوقعة فغننا نستنتج أن المجموعتين غير مختلفتين، أو أن المجموعات ليست مختلفة (في حالة عدة مجموعات)، ويشترط اختبار مربع كاي X^2 test ألا يقل التكرار المتوقع عن خمسة في 20% من الخلايا، ولا يوجد أي تكرار متوقع أقل من واحد.

17.7. تفسير مخرجات الانحدار و الأنوفا Interpretation of Regression & ANOVA Outputs

سنتناول في الجزء التالي تعريفا لبعض القيم التي نحصل عليها عند إجراء الانحدار Regression أو تحليل التباين ANOVA باستخدام الكمبيوتر

أ- معامل التحديد R^2 (Pearson's Correlation) Coefficient of Determination

معامل للتعبير عن قوة العلاقة بين المتغير المستقل X Dependant أو المؤثر Predictor، والمتغير التابع Y Independent أو الإستجابة Response، ويساوي النسبة بين الاختلاف المفسر إلى الاختلاف الكلي، وبالتالي فهو يبين مدى صلاحية ودقة النموذج الخطي أو المعادلة المستنتجة، وتتراوح قيمته بين الصفر والواحد وكلما زادت قيمته كان أفضل، وتتحدد قيمته من المعادلة :

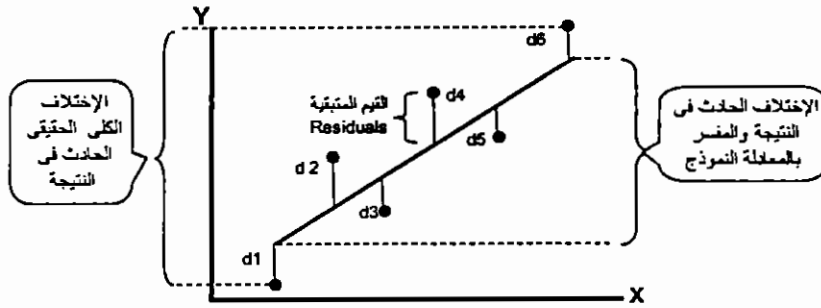
$$R^2 = \frac{\text{Explained Variation}}{\text{Total Variation}} = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx} S_{yy}} = \frac{SSR}{SST} = \frac{SST - SSE}{SST}$$

حيث إن SSR هو التباين المحسوب من خط الانحدار Variability accounted for by regression line ويسمى مجموع مربعات الانحدار Regression Sum of Squares

ويحسب من العلاقة $SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ ، وكذلك SSE التباين الغير محسوب من خط الانحدار Variability not accounted for by regression line ويسمى مجموع مربعات الخطأ Error Sum of Squares ويحسب من العلاقة

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

والشكل 1-17 يعرض تصورا يسهل من فهم العلاقة بين الاختلاف المفسر والاختلاف الكلي.



شكل رقم 1-17 الاختلاف الكلي و الاختلاف المفسر

وعلى ذلك فان:

$$\text{Total Error} = \text{Error Due To Regression} + \text{Error Due To Residuals}$$

$$\text{SSE} + \text{SST} = \text{SSR}$$

فإذا كان $R^2 = 0.7$ فمعنى ذلك أن 70% من التغير الحادث في النتيجة Y كان بسبب المتغير X، والـ 30% الباقية قد تكون ناتجة عن متغيرات أخرى مجهولة غير المتغير X، وكذلك إذا كان $R^2 = 0.68$ معنى ذلك أن المعادلة المستنتجة عن طريق الانحدار Regression تشير إلى أن 68% من التباين الحادث في النتيجة Y هو بسبب المتغير X، وإذا كانت قيمة R^2 مساوية للصفر فإن ذلك يعنى انعدام تأثير المتغير X على النتيجة Y، أما إذا كانت قيمة R^2 مساوية للواحد الصحيح فإن ذلك يعنى تأثير النتيجة Y تأثراً تاماً بالمتغير X ووقوع كافة النقاط على خط الانحدار.

ب- معامل التحديد المعدل (R^2 Adjusted)

هو نفس المعامل السابق بعد زيادة دقة حسابه ودائماً يكون أقل من R^2 ، فإذا كانت قيمة معامل التحديد المعدل $R^2 \text{ Adjusted} = 0.75$ فإن ذلك يعنى أنه بعد إعادة حساب R^2 بدقة فإن 75% من التغير الحادث في النتيجة Y هو بسبب المؤثر أو المتغير X، ولكي يكون المتغير X من المتغيرات المؤثرة و نسميها RED X's، فيجب أن تكون قيمة معامل التحديد المعدل أكبر من 85% أى $R^2 \text{ Adjusted} > 0.85$.

ج- مستوى الدلالة /معنوية القيمة بى P Value of Significance

وهو من أحد أهم العوامل التي نبحث عنها عند إجراء الانحدار أو تحليل التباين، ويعرف بأنه احتمال الخطأ في رفض الفرض الصفري الصحيح (ويطلق عليه اسم خطأ النوع الأول)، وقيمته هي قيمة المساحة الطرفية تحت المنحنى بدءاً من النقطة محل الدراسة، (ويشير إلى مدى التأكد من عدم وجود علاقة) ويتمتع هذا العامل بالخواص التالية:

- 1- تتراوح قيمته من صفر حتى الواحد الصحيح.
- 2- إذا كانت قيمته أقل من أو تساوى 5%، فإننا نرفض فرضية العدم بعدم وجود علاقة، وبالتالي نقبل الفرضية البديلة بوجود علاقة بين المتغيرات، أما إذا كانت قيمته أكبر من 5% فإننا لا نستطيع أن نرفض الفرضية الصفريّة، ونقول أنه ليس لدينا دليل كاف بعدم وجود علاقة *There is no Evidence to Reject The Null Hypothesis* (يرجى الرجوع إلى الفصل السابع عشر تحت عنوان اختبار الفرضيات).
- 3- كلما كانت قيمته صغيرة، كان احتمال رفض الفرض الصفري وهو صحيح صغيراً
- 4- درجة تأكدنا من جود علاقة بين السبب X و النتيجة Y هي القيمة $(1 - P)$ ، فإذا كانت قيمة $P = 0.03$ ، فمعنى ذلك أننا متأكدون بنسبة 3% فقط من عدم وجود علاقة، أي أننا متأكدون بنسبة 97% من وجود علاقة.
- 5- إذا كان لدينا أكثر من متغير X ، مثلاً ثمانية متغيرات X ونريد تحديد أكثرهم تأثيراً في النتيجة Y ، فإننا نحسب P ، فتكون العوامل التي لها P أقل هي العوامل الأكثر تأثيراً في النتيجة Y .
- 6- في نافذة النتائج في برنامج مينيتاب، إذا لم يحتوي العمود Lower 95% and Upper 95% على قيمة " صفر " داخل مداه، أى إذا لم يحتوى المدى على قيم سالبة وأخرى موجبة، فإننا نكون متأكدين بنسبة 95% من عدم وجود علاقة، أى أننا لا نستطيع رفض فرضية العدم *We Will Fail To Reject The Null Hypothesis*.

د- الفرق بين معامل الارتباط و القيمة بى Difference between Coefficient of Correlation (r) and P value.

و بعد هذا الشرح والتوضيح نستطيع إجمال الفرق بين معامل الارتباط و القيمة بى فيما يلي:

- 1- المعامل P يحدد هل يوجد علاقة أم لا، وقيمته المطلقة تعبر عن قوة العلاقة وإشارته تعبر عن اتجاه ميل الخط.

2- المعامل (r) يحدد مدى الارتباط بين النقط والخط المستقيم، وقيمته المطلقة تعبر عن قرب النقط من الخط وإشارته تعبر عن نوع العلاقة هل هي عكسية أم طردية، ولكنها لا تعبر عن درجة ميل الخط.

هـ- الخطأ المعياري للفروق Standard Error of Residuals

كما قلنا أن هناك خطأ Error بين القيم الحقيقية للنقط والقيم المحسوبة من المعادلة في شكل 9-16، والمعامل الذي بين أيدينا هو قيمة الانحراف المعياري لهذا الخطأ Error.

و- المشاهدات Observations

هي عدد القيم التي تم أخذها في الاعتبار عند إجراء دراسة الانحدار Regression (عدد النقط المرسومة)، بمعنى أنها حجم العينة Sample Size.

ز- درجات الحرية Degree of Freedom (DF)

هي عدد القيم التي تم أخذها في الاعتبار عند إجراء العملية الإحصائية مثل الانحدار Regression، منظروها منها عدد العوامل التي تم حسابها، فلو كان حجم العينة Sample Size=10 وتم حساب المتوسط فإن درجات الحرية $10-1=9$ Degree of Freedom

ح- مجموع المربعات Sum of Squares (SS)

يعتبر مجموع المربعات Sum of Squares من القيم التي تعبر عن مدى قرب مجموعة النقاط المسجلة من الخط الممثل للعلاقة، وكلما زادت قيمتها دل ذلك على وجود تبعثر وتباين بين النقاط وبين الخط، ومجموع المربعات ما هي إلا مجموع مربعات الفرق بين القيم الحقيقية والقيم المستنتجة للنقط، وفي بعض الأحيان نعبر عنها بمجموع المربعات للخطأ أو Sum of Squares Due to Error أو SSE، ولها أهمية كبرى في تقدير وحساب قيمة كل من معامل الارتباط، وتباين خط الانحدار.

ط- متوسط المربعات Mean of Squares (MS)

وهو مسمى آخر للتباين، وقيمته تساوي قيمة مجموع المربعات Sum of Squares SS مقسوما على درجات الحرية Degree of Freedom DFF.

ي- المعامل الفائي F Factor

ويطلق عليه أيضا Computed F Statistics، وهو خارج قسمة القيمة الأكبر لأي من التباينين على القيمة الأصغر لهما، فإذا كانت هذه النسبة صغيرة وتقترب من الصفر أمكننا

أن نستنتج تجانس المجموعات التي نحلل تباينها، وأمكنا أن نرجع هذه المجموعات جميعاً إلى أصل واحد، أما إذا كانت هذه النسبة كبيرة استنتجنا عدم تجانس المجموعات التي نحلل تباينها، وأمكنا أن نرجع هذه المجموعات إلى أصولها المختلفة التي تنسب إليها، ويطلق عليه أيضاً القيمة الفائية المحسوبة F_{Computed} ، فإذا كانت قيمته تساوى 7.2518 فإن هذا يعنى أن الاختلاف بين المجموعات Variance Between Groups قد يكون أكبر من الاختلاف داخل المجموعة Variance Within Group أو أصغر منه ب 7.2518 مرة، وهذا يشير إلى وجود اختلاف بين المجموعات.

ك- القيمة الفائية الحرجة F_{Critical}

والقيمة الحرجة Critical Value هي القيمة الموجبة التي تجعل مساحة المنطقة أسفل الذيل الملتوي للمنحنى وخارج الفترة من F إلى مالا نهاية مساوية لقيمة معينة α عند درجتى الحرية $n \& m$ ، حيث $n \& m$ تساوى 1، 2، 3،

وهى القيمة الحرجة في حالة إجراء اختبار الفرضيات Hypothesis Testing على البيانات المتاحة لمقارنة الاختلاف بين مجموعتين Variance of Two Groups باستعمال التوزيع F .

ل- النسبة الفائية $F_{\text{Significance}}$

وهي نسبة توضح إلى أي مدى نحن متأكدون من عدم وجود علاقة وكلما كانت صغيرة دل ذلك على عدم وجود علاقة.

م- عمود الخطأ المعياري Standard Error Column

يعطى الانحراف المعياري لكل عامل من العوامل المدروسة.

ن- عمود الحالة T_{State} Column

وهو معامل لتحديد مدى صحة المعادلة المستنتجة ويقاس بعد المعامل Factor عن قيمة الفرضية (صفر) بعدد من الانحرافات المعيارية Standard Deviation.

مثال رقم 17-1:

بالتعرض للمثال الذي تناولناه في الفصل الخامس عشر (مثال رقم 15-1)، والذي يتعرض للعلاقة بين دخل الأسرة ومساحة المنزل الذي تملكه، فإذا كانت هذه البيانات كما فى الجدول 17-1 ونريد حساب كل من :

3- معامل الارتباط Correlation Coefficient

4- إيجاد معادلة الخط المستقيم باستخدام الانحدار وحساب المعاملات B1 &

B0 ، وكذلك حساب القيم المتبقية Residual

جدول رقم 1-17 العلاقة بين دخل الأسرة ومساحة المنزل الذي تملكه

40	60	34	56	50	28	37	45	26	22	Income الدخل بالآلاف جنيه
20	30	18	32	21	22	24	26	17	16	Square Meters (Y) المساحة بالمئة متر المربع

أولاً: الحل اليدوي ، نكون الجدول 2-17.

جدول رقم 2-17 حل المثال رقم 1-71

Family	X Income	Y Square Meters	X Y	X ²	Y ²
1	22	16	352	484	256
2	26	17	442	676	289
3	45	26	1170	2025	676
4	37	24	888	1369	576
5	28	22	616	784	484
6	50	21	1050	2500	441
7	56	32	1792	3136	1024
8	34	18	612	1156	324
9	60	30	1800	3600	900
10	40	20	800	1600	900
	398	226	9522	17330	5370

ومن هذا الجدول

$$SSx = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} = 17330 - \frac{(398)^2}{10} = 1489.6$$

$$SCP_{xy} = \sum XY - \frac{(\sum x)(\sum y)}{N} = 9522 - \frac{398 \times 226}{10} = 527.2$$

$$R = \frac{SCP_{xy}}{\sqrt{SSx} * \sqrt{SSy}} = \frac{527.2}{\sqrt{1489.6} * \sqrt{262.4}} = \frac{527.2}{625.2} = 0.843$$

$$COV (X.Y) = \frac{1}{N-1} * SCP_{xy} = \frac{1}{9} * 5272 = 58.58$$

$$B_1 = \frac{SCP_{xy}}{SS_x} = \frac{527.2}{1489.6} = 0.354$$

$$B_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = \frac{226}{10} - 0.354 \times \frac{398}{10} = 8.51$$

$$\hat{Y} = B_0 + B_1 X \therefore \hat{Y} = 8.51 + 0.354X$$

ولحساب القيم المتبقية Residuals نقوم بتجهيز الجدول التالي:

جدول رقم 17- 3 حل المثال 17-1

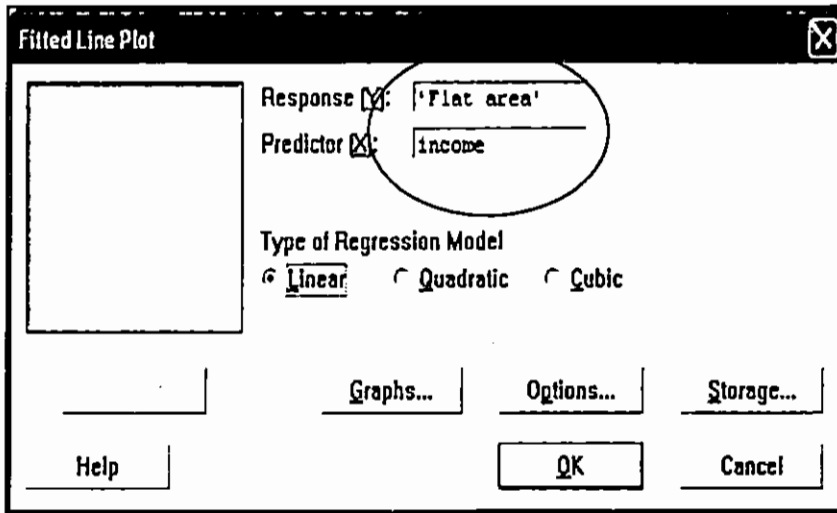
X Income	Y Square Meters	$\bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})$	$(Y - \bar{Y})^2$
22	16	16.3	0.3	0.09
26	17	17.7	0.71	0.504
45	26	24.4	1.56	2.434
37	24	21.6	2.39	5.712
28	22	18.4	3.58	12.816
50	21	26.2	5.21	27.144
56	32	28.3	3.67	13.469
34	18	20.5	2.54	6.452
60	30	29.8	0.25	0.063
40	20	22.7	2.67	7.129

$$SSE = \sum (Y - \hat{Y})^2 = 75.81$$

$$\text{OR } SSE = SS_y - \frac{(SCP_{xy})^2}{SS_x} = 262.4 - \frac{(527.2)^2}{1489.6} = 75.81$$

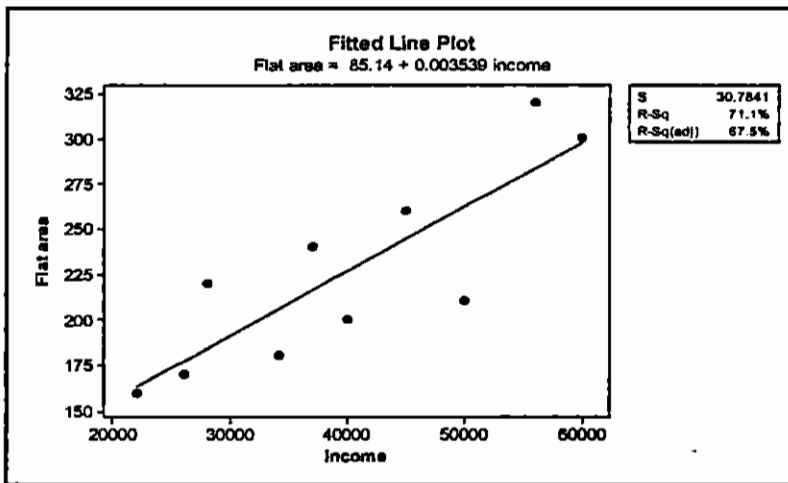
ثانياً: الحل باستخدام الميني تاب Minitab ومن القوائم:

2- Stat > Regression > Fitted Line Plot

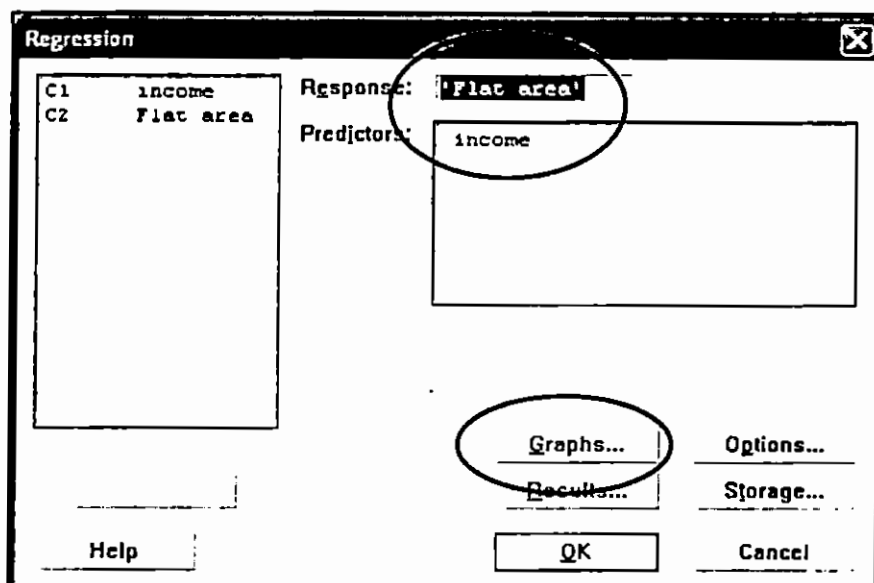


شكل رقم 2-17 حل المثال 1-17 بالمينيتاب

فيظهر الشكل 2-17 ، فنختار المتغير المستقل وهو في هذه الحالة "دخل الأسرة Income"، وكذلك نختار المتغير التابع وهو في هذه الحالة "مساحة الشقة Flat rate" فيظهر الشكل 3-17 والذي يعكس العلاقة بين المتغيرين

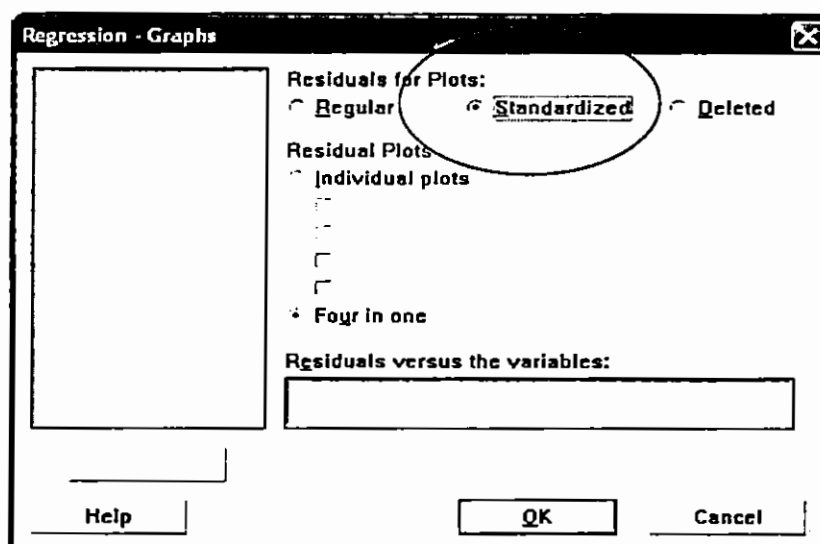


شكل رقم 3-17 شكل العلاقة بين المتغيرين والنتائج من المينيتاب



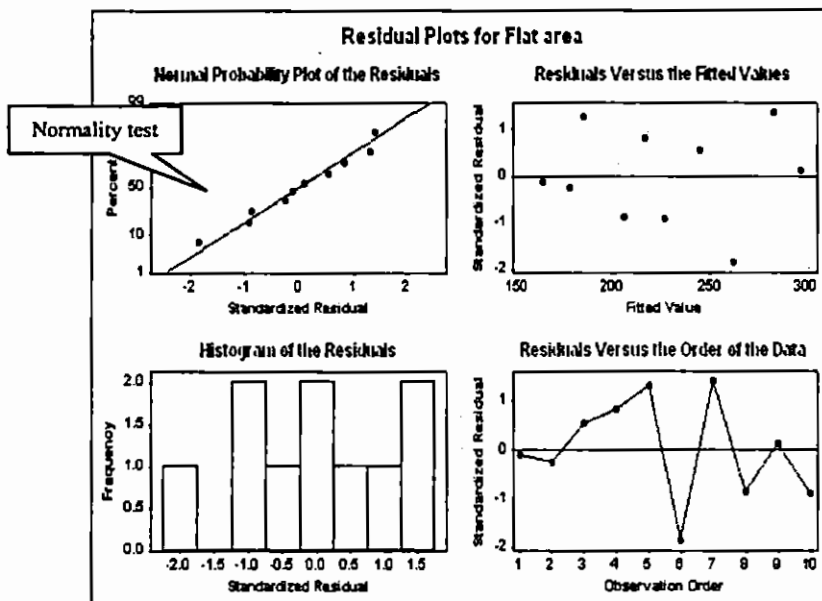
شكل رقم 17- 4 حل المثال 1-17 لايجاد معادلة الانحدار

فيظهر الشكل 17-5 :



شكل رقم 17- 5 صندوق حوارى فى المينيتاب لحل المثال 1-17

فنختار Standardized و Four in One ثم OK فيظهر الشكل 17-6:



شكل رقم 17- 6 المنحنيات الأربع التي تظهر في نتائج المينتاب

كذلك تظهر البيانات التالية في نافذة النتائج Session Window :

Regression Analysis: Flat Area versus Income

The Regression Equation Is

Flat Area = 85.14 + 0.003539 Income

S = 30.7841 R-Sq = 71.1% R-Sq (Adj) = 67.5%

Analysis Of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	18658.7	18658.7	19.69	0.002
Error	8	7581.3	947.7		
Total	9	26240.0			

شكل رقم 17- 7 نافذة النتائج للمثال 1-17

وما يهمنا عند التعليق على النتائج التي حصلنا عليها في شكل 17- 6 وشكل 17- 7 النقاط التالية:

1. يجب أن تكون قيمة معامل الارتباط R^2 أكبر من 85% لكي يكون الارتباط قوياً، وحيث أنها تساوى 71.1% في مثالنا، فإن الارتباط يكون ضعيفاً .
2. يجب أن تكون قيمة P أقل من 0.05 حتى يكون النموذج معبراً عن البيانات.

وبالمقارنة بما كنا نفعله في خرائط المراقبة و التحكم Control Charts نجد أننا نكرر ما كنا نفعله تماماً (يرجى مراجعة الفصل الخامس تحت عنوان التحكم الإحصائي للعمليات) ،

كنا نختار عوامل معينة لنقيسها، ثم نحدد طريقة القياس، ثم ندرب القائمين على القياس، ونتأكد من كفاءة نظام القياس، ثم نضع برنامج وخطّة للقياس، ثم نسجل قراءات ونرسم خرائط المراقبة والتحكم، ثم نحدد المؤثرات الخاصة Special Causes و المؤثرات العامة Common Causes، ونحاول إزالة أسبابها والتخلص منها، ثم نهمل القراءة المناظرة لها ثم نرسم خرائط المراقبة والتحكم Control Chart مرة أخرى، وهكذا حتى نحصل على خريطة خالية من أى أسباب خاصة Special Causes، وهذا ما سنفعله، أى سنقوم باختيار مجموعة من عوامل معينة لنحدد العلاقات بينها، ثم نحدد العوامل التي سنقيسها، ثم نحدد طريقة القياس، ثم ندرب القائمين على القياس، ونتأكد من كفاءة نظام القياس، ثم نضع برنامج وخطّة للقياس، ثم نسجل قراءات ونرسم الانحدار، ثم من خلال الأربعة منحنيات السابقة، نحاول تحديد النقط الغريبة/الشاذة المسببة لعدم تحقق الشروط الأربعة، ثم نحاول التخلص منها، أو التغلب عليها، ثم نهمل القراءة المناظرة لها، ثم نطبق الانحدار مرة أخرى، أو ندخل عوامل جديدة ونعيد الانحدار حتى نحصل على علاقات واضحة أو نجزم بعدم وجود علاقة أصلاً.

الفصل الثامن عشر

اختبار الفرضيات

Test of Hypothesis

18.1. مقدمة Introduction

فى الأجزاء السابقة من هذا الكتاب أوضحنا أن الهدف الأساسى للإحصاء الاستدلالي Inferential Statistic هو استنتاج معلمات (خصائص) المجتمع Population Parameters من قيم إحصاءات العينة Samples Statistics، وكذلك أكدنا على أن القيم المستنتجة لن تكون قيم وحيدة وإنما ستكون مدى من القيم Interval، وفى هذا الجزء المدى لمعلمات المجتمع عن طريق فترة الثقة Confidence Interval، وفى هذا الجزء سنتناول موضوعاً هاماً آخر، وهو بحث صحة الافتراضات Test of Hypotheses التي تم فرضها لقيم معلمات المجتمع، أى التي تم حسابها والحصول عليها، وبعبارة أخرى هل القيم التي تم فرضها لمعلمات المجتمع اعتماداً على القيم التي تم حسابها لإحصاءات العينات صحيحة أم لا ؟

18.2. أنواع الفرضيات Types of Hypotheses

وفى أثناء إجراء اختبار الفرضيات نستخدم نوعين من الفرضية هما:

1- فرضية العدم H_0 Null Hypotheses

وهى الفرضية التي تُبنى على أمل أن يتخذ قرارٌ بعدم صحتها ويعبر عنها بالرمز H_0 ، وهى فرضية تنص دائماً على عدم وجود فروق فى النتائج، وبمعنى آخر أن المتغير المستقل لا يؤثر فى المتغير التابع، أو أنه لا يوجد فرق إحصائى بين خصائص العينة وخصائص المجتمع الذي سحب منه هذه العينة، وفرضية العدم هي التي يتم اختبارها إحصائياً وهى التي يتم رفضها أو قبولها، وفى ضوء هذا الرفض أو القبول يتحدد الموقف من الفرضية البديلة، ففى حالة رفض فرضية العدم نقبل الفرضية البديلة، أما إذا لم نستطع رفض فرضية العدم بالطرق الإحصائية فإننا نقرر رفض الفرضية البديلة (مجدي عبد الكريم حبيب، 1996).

ومثال ذلك أن نفرض قيمة وحيدة لمعلمات المجتمع مثل $\mu = 5$ بناءً على دراسة العينات، فهذا معناه أن المتوسط يساوى خمسة فقط ولا يساوى أية قيمة أخرى.

2- الفرضية البديلة H_1 Alternative Hypotheses

وهي الفرضية الناتجة عن رفض فرضية العدم H_0 ، ويعبر عنها بالرمز H_1 ، وهي فرضية تنص دائما على وجود فروق في النتائج ترجع إلى المتغير المستقل، أو أن خصائص العينة التي نقوم بدراستها لا تعبر عن خصائص المجتمع الذي سحبت منه. ومثال ذلك أن يكون لقيم معلمات المجتمع قيما كثيرة ومتعددة مثل $5 < \mu < 8$ ، فهذا معناه أن المتوسط يحتوى عدد لا نهائي من القيم المحصورة بين خمسة وثمانية وليس قيمة محددة.

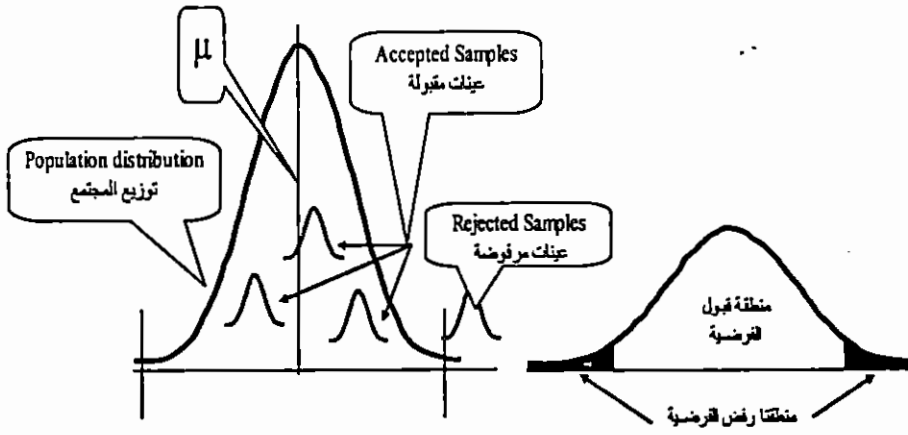
18.3. مفهوم اختبار الفرضيات Test of Hypotheses Concept

بعد هذا التقديم والتمهيد لموضوع اختبار الفرضيات Test of Hypothesis، نود أن نوضح المفهوم الذي بنى عليه هذا الموضوع، فنقول أنه طبقا ونظرية تقارب التوزيعات Central Limit Theory إذا كان لدينا مجتمعا يخضع للتوزيع الطبيعي Normal Population، وكانت قيمة متوسط هذا المجتمع $\mu = 57$ ، فإن توزيع متوسط العينات $\bar{x}$ Statistic Mean للعينات كبيرة الحجم سيكون قريبا جدا من منحنى التوزيع الطبيعي الذي متوسطه 57 وتباينه $\sigma^2 = \frac{\sigma^2}{n}$ ، حيث n هي حجم العينة، وهذا يعنى أنه بسحب عينة عشوائية Random Sample ذات حجم كبير من هذا المجتمع، فإن هناك فرصا صغيرة جدا لوقوع وسطها الحسابي $\bar{x}$ على بعد أكثر من انحرافين معياريين 2σ أو ثلاثة انحرافات معيارية 3σ عن متوسط ذلك المجتمع، وهو في حالتنا 57، وطبقا وخواص منحنى التوزيع الطبيعي، فإن احتمال وقوع $\bar{x}$ ضمن انحرافين معياريين أى 2σ من المتوسط 57 هو 95.544% (يرجى مراجعة موضوع التوزيع الطبيعي فى الفصل الثانى عشر) أى أن احتمال وقوع $\bar{x}$ على بعد أكثر من انحرافين معياريين سيكون صغيرا جدا ولا يصل إلى 5%، أما إذا حدث وحصلنا على قيمة متطرفة لمتوسط العينة Sample Mean، بحيث كانت هذه القيمة على بعد أكثر من انحرافين معياريين من القيمة 57 فهناك احتمالين:

1. إما أن عارضا (حادثا) نادر الحدوث قد وقع، أى أننا اخترنا عينة من تلك العينات نادرة الحدوث وغير الممثلة للمجتمع، وهذا خطأ فى أخذ العينة. أو
2. أن متوسط المجتمع الذى سحبنا منه هذه العينة لا يساوى القيمة محل الاختبار والتي حددناها فى فرضية العدم وهى $H_0 = 57$.

وسنستخدم الحالة الثانية (كون القيمة $\bar{x}$ بعيدة أكثر من انحرافين معياريين عن متوسط المجتمع وهي 57) كقاعدة لرفض فرضية العدم Null Hypotheses.

أى أن بداية الموضوع يكون لدينا مجتمعاً ذا قيم كثيرة يمكن تمثيلها بمنحنى توزيع طبيعي Normal Distribution، ونقوم بحساب (بفرض) قيمة لمعاملات هذا المجتمع نرغب فى أن تكون صحيحة، فنحاول أخذ عينات ممثلة لهذا للمجتمع ومعبرة عنه، ومنها نحسب إحصاءات العينة Sample Statistics المناسبة، ونقارنها بالقيمة المفروضة لمعاملات المجتمع Population Parameter، فإذا كان الفرق بينهما أكبر من $\pm 3\sigma$ ، نستطيع الحكم بأن القيمة المفروضة لمعاملات المجتمع غير صحيحة، أما إذا كانتا متساويتين، أو قريبتين من بعضهما بقيمة لا تزيد عن $\pm 3\sigma$ ، فنستطيع الحكم بأن القيمة المفروضة لمعاملات المجتمع قيمة صحيحة.



شكل رقم 1-18 العلاقة بين العينة والمجتمع

والشكل 1-18 يوضح مناطق رفض و قبول فرضية العدم، وهى المناطق الأبعد من ثلاثة انحرافات معيارية $\pm 3\sigma$.

وحيث إنه من المعلوم أن لمعاملات المجتمع قيمة وحيدة حقيقية غير معلومة، وستظل غير معلومة إلا إذا قمنا بقياس كل عناصر المجتمع، وهذا كما أشرنا غير ممكن وغير عملي، وعلى ذلك فإن القيم التي سنقوم بحسابها هي قيم إحصاءات العينة، والقيم التي سنقوم بمحاولة استنتاجها هي قيم لمعاملات المجتمع، وقبل أن نتخذ قراراً مبنياً على هذه القيم التي تم الحصول عليها، فيجب أولاً أن نتأكد أنها قيم صحيحة.

فمثلا لو أعلنت إحدى شركات الأدوية أن متوسط وزن زجاجة دواء تقوم بإنتاجها هو 50 جراماً، وأردنا اختبار صحة هذا الادعاء وهذا الفرض، فمن المنطقي أن نحاول إثبات أن متوسط مجموعة عينات يساوى 50 جراماً بالضبط، فإذا صح الفرض نكون متأكدين أن متوسط الزجاجات (المجتمع) يساوى 50 جراماً، وإذا لم نستطع إثبات صحة الفرض فنستنتج أن متوسط الزجاجات (المجتمع) لا يساوى 50 جراماً، هذا بدلاً من أن نجرى محاولات عديدة ولا نهائية لإثبات أن متوسط العينات لا يساوى 50، فنحاول إثبات أنه يساوى 49 أو 48.2 أو 51.3 أو 50.6 أو.... أو... إلى ما لا نهاية.

والفرض الأول فى هذه الحالة وهو أن المتوسط يساوى 50 هو فرضية العدم Null Hypotheses ويعبر عنه بالمعادلة $H_0 = 50$ ، و الفرض الثاني فى هذه الحالة وهو أن المتوسط لا يساوى 50 هو الفرضية البديلة Alternative Hypotheses ويعبر عنه بالمعادلة $H_1 \neq 50$.

18.4. مستوى الدلالة α فى اختبار الفرضيات Level of Significance for Hypotheses

أشرنا إلى أن فرضية العدم التي تنص دائماً على عدم وجود فروق فى النتائج، وبمعنى آخر أنها تشير إلى أن المتغير المستقل لا يؤثر فى المتغير التابع، أو أنه لا يوجد فرق بين خصائص العينة وخصائص المجتمع الذي سحبت منه هذه العينة، وعند اختبار هذه الفرضية بهدف قبولها أو رفضها، فإننا فى الحقيقة نختبر مدى صحة هذا الافتراض بحساب احتمال الحصول على هذه النتيجة عن طريق الصدفة، فإذا كان هذا الاحتمال مساوياً أو أقل من مستوى احتمال معين فإننا نرفض فرضية العدم، ويسمى هذا الاحتمال بمستوى الدلالة ألفا α ، ومن الطبيعي فإن رفض فرضية العدم يؤدي إلى قبول الفرضية البديلة، وحينئذ نقول بأن النتائج ذات دلالة إحصائية، أما إذا حصلنا على مستوى احتمال آخر أكبر من مستوى الاحتمال -الدلالة - المحدد فإن استنتاجنا أننا أخفقتنا فى رفض فرضية العدم، وبالتالي عدم قبول الفرضية البديلة.

18.5. أنواع الأخطاء في اختبار الفرضيات Test of Hypotheses Error Types

نكرنا أننا نختبر فرضية العدم بهدف قبولها أو رفضها عند مستوى دلالة معين (درجة تأكد معينة)، وهذا يعنى أننا معرضون دائما للخطأ ما دام رفض الفرضية أو قبولها كان احتمالا ولم يكن يقينا مائة في المائة، وبفرض أن مستوى الدلالة (نسبة احتمال) هو 5%، فمعنى ذلك أننا لو كررنا تجربة ما مائة مرة، فإن النتيجة التي نحصل عليها ستكون عن طريق الصدفة خمس مرات β ، لذا فإننا لا ندرى حقيقة إن كانت النتيجة التي حصلنا عليها برفضنا لفرضية العدم عند مستوى الدلالة $\alpha = 0.05$ واحدة من هذه المرات الخمسة أم لا، أى أننا لا ندرى هل وقعنا فى الخطأ أم لا؟، ولذا فإن معظم الاختبارات تتم عند مستوى دلالة $\alpha = 0.05$ أى بدرجة ثقة وبنسبة تأكد 95%.

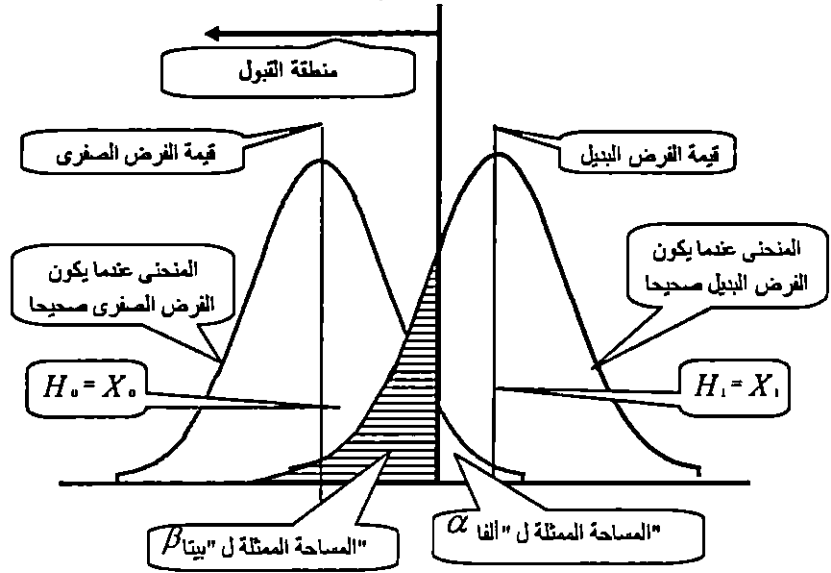
وفى الحقيقة يوجد نوعان من الخطأ عند اختبار الفرضيات وهما :

18.6. الخطأ من النوع الأول Type I Error

ويحدث عندما نرفض فرضية العدم H_0 Null Hypotheses عندما تكون هذه الفرضية صحيحة، أى عندما نقرر وجود اختلاف وتباين فى حين أنه لا يوجد أصلا، أو أن التباين الموجود ناتج عن الصدفة، أو أنه تباين طبيعى Normal Variation، ولهذا النوع من الخطأ نسبة احتمال تسمى α ، وهى تعبر عن نسبة احتمال رفض فرضية العدم H_0 بالرغم من صحته، وتتراوح قيمة مستوى الدلالة ألفا α بين 0.0001 إلى 0.1، أى من 0.01% حتى 10% طبقا ونوعية الدراسة وأهميتها والتكاليف المرتبطة بها، والشائع منها هو 5%.

أ- الخطأ من النوع الثاني Type II Error

ويحدث عندما لا نستطيع رفض فرضية العدم H_0 Null Hypotheses عندما تكون هذه الفرضية غير صحيحة، (أى أنه يوجد تباين حقيقي فى حين أننا لا نستطيع إثبات وجود هذا التباين)، ولهذا النوع من الخطأ نسبة احتمال تسمى β ، وهى تعبر عن نسبة احتمال عدم رفض فرضية العدم H_0 بالرغم من عدم صحته، وتتراوح قيمته بين 90% و 95%.



شكل رقم 18- 2 العلاقة بين ألفا ، وبيتا

ولتوضيح ذلك هندسياً كما بالشكل 18-2 نرسم منحنى التوزيع فى حالتين، الحالة الأولى عندما تكون فرضية العدم صحيحة، أى يكون التوزيع معتدلاً طبيعياً ومتوسطه $H_0 = X_0$ ، والحالة الثانية عندما يكون الفرض البديل صحيحاً، أى يكون التوزيع معتدلاً طبيعياً ومتوسطه $H_1 = X_1$ ، ويتضح أن بعض العينات التى تنتمى إلى منحنى الفرض البديل يحمّل أن تقع متوسطاتها فى منطقة القبول لمنحنى فرض العدم ، ونسبة هذه العينات هى نسبة الجزء من توزيع الفرض البديل الذى يشترك مع توزيع فرضية العدم فى منطقة القبول، وهذه النسبة هى احتمال قبول فرضية العدم عندما يكون الفرض البديل هو الصحيح، أى هو الاحتمال بيتا β للخطأ من النوع الثانى.

والجدول 1-18 يوضح الفرق بين نوعى الخطأ والمعبر عنهما بألفا α وبيتا β .

جدول رقم 1-18 الفرق بين الخطأ من النوع الأول و الخطأ من النوع الثاني

الفرضية الصفرية H_0 ليست صحيحة	الفرضية الصفرية H_0 صحيحة		
خطأ من النوع الثاني ويعبر عنه بـ Type II Error	قرار صائب	لا توجد أدلة لرفض الفرضية الصفرية (تقبل الفرضية الصفرية)	القرار
قرار صائب	خطأ من النوع الأول ويعبر عنه بالفا Type I Error	نرفض الفرضية الصفرية	

والوقوع في الخطأ من النوع الثاني أشد خطراً من الوقوع في الخطأ من النوع الأول، إذ في الخطأ من النوع الثاني Type II Error والذي يشار إلى احتماليته بالرمز بيتا β ، يكون الفرض بالعدم خطأ ونقرر أنه صحيح، أي أنه توجد مشكلة حقيقية ولا نراها ولا نتخذ قراراً بحلها، بينما في الخطأ من النوع الأول Type I Error والذي يشار إلى احتماليته بالرمز ألفا α ، يكون فرض العدم صحيحاً ونقرر أنه خطأ، أي أنه لا توجد مشكلة حقيقية ونقرر وجود مشكلة وتتدخل في العملية لمحاولة حلها، وهذا ما نطلق عليه العبث بالعملية Tempering، ويمكن توضيح ذلك من المثال التالي.

بفرض أن أحد مرضى القلب استشار طبيبه، فقام بعمل الفحوصات الطبية اللازمة، وكان فرض العدم Null Hypotheses H_0 هو عدم وجود مرض، وبالتالي كانت الفرضية البديلة Alternative Hypotheses H_1 هو وجود مرض، وعلى ذلك فإن α ستعبر عن احتمال أن تشير نتائج الفحوص إلى وجود مرض في حين أنه لا يوجد مرض، وكذلك فإن β ستعبر عن احتمال أن تشير نتائج الفحوص إلى عدم وجود مرض في حين أنه بالفعل يوجد مرض.

في هذا المثال يتضح أن اتخاذ قرار بوجود مرض، وما يتبع ذلك من عناية أكبر بهذا المريض وإعطائه دواءً بالرغم من عدم وجود مرض، وهو الخطأ من النوع الأول Type I Error معبراً عنه بالرمز ألفا α ، يعتبر أقل خطورة من اتخاذ قرار بعدم وجود مرض، وما يتبع ذلك من إهمال للمريض وعدم إعطائه دواءً بالرغم من وجود مرض حقيقى قد يودى بحياة المريض.

18.7. قوة الاختبار Power of The Test

قوة الاختبار هي احتمال تجنب الوقوع في الخطأ من النوع الثاني، أى اتخاذ قرار بقبول فرضية العدم بالرغم من كونها خاطئة، وتتراوح قيمته بين الصفر والواحد، ويلاحظ أنه وثيق الصلة بالخطأ من النوع الثاني Type II Error فكلما زاد حجم هذا الخطأ قلت قوة الاختبار، ويعبر عنها بالقيمة $(1-\beta)$.

18.8. استخدامات اختبار الفرضيات Test of Hypotheses Usages

يستخدم هذا الاختبار فيما يلي:

- 1- الحكم إحصائياً بأن العينة المنتقاه تتبع المجتمع محل الدراسة ام لا؟ فإذا كان الفرق بين متوسط العينة ومتوسط المجتمع بسيطاً (فى حدود $\pm 3\sigma$) فإنه يمكننا التنبؤ والحكم بأن العينة تتبع المجتمع محل الدراسة.
- 2- الحكم إحصائياً على مدى تحسن العملية نتيجة إجراء تعديلات أو نتيجة جهود تحسين من عدمه، فالزيادة الملحوظة فى متوسط مخرجات خط الإنتاج تعنى تحسن هذه العملية ، وأن النقص الملحوظ فى التباين يعنى كذلك تحسن تلك العملية، وهكذا.
- 3- الحكم إحصائياً بوجود تباين بين أداء أكثر من عملية أو مناوبة (وردية)، أو مصنع، أو خط إنتاج أو.....، و بيان ما إذا كان هذا التباين يرجع إلى عامل الصدفة وأن وجوده حتمى وناشئ عن الأسباب العامة للتغير Common Cause Variation وأنه فى حدود مدى التباين الطبيعي للعملية ، أم أنه اختلاف حقيقي نتيجة تباين حقيقي فى تلك العملية.

18.9. أنواع اختبارات الفرضيات Types of Hypotheses Tests

يوجد العديد من الطرق التي تستخدم لاختبار الفرضيات، يوضحها الجدول 18-2 :

جدول رقم 18- 2 الطرق المختلفة لاختبار الفرضيات

		Data type نوع البيانات	Hypotheses test اختبار الفرضيات	Purpose الهدف
averages المتوسطات	1	continuous مستمرة	t- test اختبار "تي"	مقارنة Compare two groups averages بين متوسطات مجموعتين
	2		Paired T- test اختبار "تي" المتزاوج	مقارنة بين Compare two groups averages when data is matched متوسطات مجموعتين متزاوجتين
	3		ANOVA تحليل التباين	مقارنة بين متوسطات Compare two or more groups averages مجموعتين أو أكثر
variances التباين	4		F test for equal variances الاختبار الفائي عند تساوى التباين	مقارنة بين تباين مجموعتين أو أكثر Compare two or more groups variances
proportions النسبة	5	discrete متقطعة	Chi-square test إختبار كاي تربيع	مقارنة بين نسبة مجموعتين أو أكثر Compare two or more groups proportions (counts or frequencies)

وفي هذا الجدول نلاحظ الآتي:

- 1- أن الثلاثة أنواع الأولى تتعرض لدراسة المتوسط ، وتستخدم للمقارنة بين متوسطات مجموعات للبيانات المتصلة أو المستمرة Continuous Data.
- 2- النوع الرابع ويتعرض لدراسة التباين ويستخدم للمقارنة بين مجموعة من البيانات المتصلة أو للمستمرة Continuous Data.
- 3- النوع الخامس ويتعرض لدراسة النسبة Proportion ويستخدم للمقارنة بين مجموعة من للنسب ويستخدم مع البيانات من النوع المتقطع أو الوثاب Discrete.

18.10. تحديد مناطق رفض الفرضيات Rejection Area Determination

يعتمد موضوع تحديد منطقة الرفض على طبيعة العنصر أو المعامل محل الدراسة كما يلي:

- 1- تكون منطقة الرفض في جهة واحدة من منحى التوزيع الطبيعي، ويطلق عليه إختبار في جهة واحدة One Sided Test، إذا كانت معلمات المجتمع المراد اختبارها أكبر من قيمة محددة، مثل متوسط الأعمار لا يقل عن 40 سنة ، وحينئذ تكون α بالكامل في جهة واحدة كما في شكل 18-3.



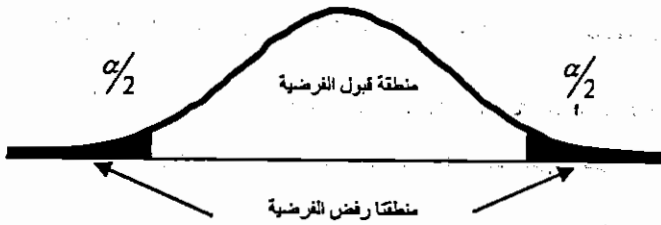
شكل رقم 18-3 منطقة الرفض في جهة واحدة

2- تكون منطقة الرفض في جهة واحدة من منحني التوزيع الطبيعي، ويطلق عليه اختبار في جهة واحدة One Sided Test أيضا، ولكن معلمات المجتمع المراد اختبارها تكون أقل من قيمة محددة، مثل متوسط الأعمار لا يزيد عن 20 سنة، وحينئذ تكون α بالكامل في جهة واحدة أيضا كما في شكل 4-18.



شكل رقم 18-4 منطقة الرفض في جهة واحدة

3- تكون منطقة الرفض في جهتين من منحني التوزيع الطبيعي، ويطلق عليه اختبار في جهتين Two Sided Test، إذا كانت معلمات المجتمع المراد اختبارها محصورة بين قيمتين محددتين، مثل متوسط الأعمار لا يقل عن 40 سنة ولا يزيد عن 20 سنة، وحينئذ تكون α في جهتين ومساحة الرفض في كلا الجهتين تساوي نصف مساحة الرفض الكلية كما في شكل 5-18.



شكل رقم 18-5 منطقة الرفض في جهتين اختبار في جهتين

18.11. شروط إجراء اختبارات الفرضيات Assumption For Testing Hypotheses

عند إجراء اختبارات الفرضيات يجب توخي الحذر الشديد والتأكد من الشروط التالية:

1- لا يتم إجراء اختبار المتوسط والتباين إلا على بيانات من النوع المستمر Continuous Data.

2- يجب أن تخضع البيانات المتاحة لمنحنى التوزيع الطبيعي Normally Distributed Data.

3- يجب أن تكون العينات عشوائية وغير متحيزة ومستقلة Random & Unbiased & Independent Samples.

4- عند إجراء الاختبار لمقارنة الاختلافات الموجودة في مجموعة من العمليات فلا بد من توافر الشروط التالية:

- أن تكون العمليات مترنة Stable Processes.
 - أن لا تحتوى العملية على أسباب خاصة Special Causes تؤدي إلى عدم الإتزان.
 - أن تكون العينات معبرة عن المجتمع ومن ثم عن العملية.
- وحتمية تحقق الشروط السابقة قبل إجراء اختبار الفرضيات Test of Hypotheses هو ما يجعله أداة من الأدوات المتقدمة، إذ أن تحقق مثل هذه الشروط يستلزم أن تكون العملية محل الدراسة عملية مترنة ومنظمة Standardized Process وهذا يحتاج إلى مجهود مضني وكبير.

18.12. خطوات إجراء اختبارات الفرضيات Test of Hypotheses Procedure

يستطيع المرء بشيء من التركيز جعل عملية إجراء اختبار الفرضيات عملية روتينية و بسيطة وسهلة، وذلك باتباع الخطوات التالية:

1. افترض كلا من فرضية العدم H_0 وكذلك الفرضية البديلة H_1 ، وإذا كان الهدف هو اختبار ما إذا كانت معلمات المجتمع تساوي قيمة محددة أم لا، فدائما افترض أن H_0 يساوي القيمة المراد اختبارها، وأن H_1 لا يساوي القيمة المراد اختبارها.

2. حدد قيمة α ، ثم حدد منطقة الرفض تحديدا دقيقا وكذلك حدود هذه المنطقة (القيم الحرجة).

3. إذا كان حجم العينة أكثر من 30 استخدم جداول منحنى التوزيع الطبيعي المعياري Z، وإذا كان حجم العينة أقل من 30 استخدم جداول المنحنى t، وذلك لحساب حدود منطقة الرفض.

4. حدد إحصاءات العينة المناظرة لقيمة المجتمع المعطاة (فمثلا إذا كانت μ معطاة، فإننا سنحسب $\bar{x}$) واحسب قيمتها إما باستخدام برامج الكمبيوتر، أو يدويا من المعادلات الموضحة بالجدول 18-3 :

جدول رقم 18-3 بعض معادلات اختبارات الفرضيات

عينة واحدة One sample	Mean	Large sample size عينات كبيرة الحجم	$n \geq 30$	$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \approx \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$
	المتوسط	Small sample size عينات صغيرة الحجم	$n < 30$	$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \approx \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$
	Proportion النسبة	$Z = \frac{\bar{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$		
	Variance التباين	$\chi^2 = \frac{(1-n)S^2}{\sigma_0^2}$		
عینتان Two samples	Difference between two means	Large sample size عينات كبيرة الحجم	$n \geq 30$	$Z = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$
	الفرق بين متوسطين	Small sample size عينات صغيرة الحجم	$n < 30$	$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$
	Difference between two Proportions الفرق بين نسبتي	$Z = \frac{\bar{p}_1 - \bar{p}_2}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1} + \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_2}}}$		
	Comparison between two Variances الفرق بين تباينين مجتمعين	$\left(F\left[\frac{\alpha}{2}; n_2-1, n_2-1\right], F\left[1-\frac{\alpha}{2}; n_2-1, n_2-1\right] \right)$		

5. إذا تم الحساب يدويا، قارن بين القيمة المحسوبة لإحصاء العينة، والتي تم الحصول عليها من الخطوة رقم 4، وبين القيمة الحرجة التي تم الحصول عليها

من الخطوة رقم 2، ومنها اتخذ القرار المناسب، أى ارفض أو قبل فرضية العدم.

6. أما إذا تم الحساب باستعمال الكمبيوتر فإننا نحدد قيمة المعامل "بى" P-Value والتي تمثل المساحة المحصورة بين القيمة الحرجة وتقع تحت نهاية المنحنى وتتراوح قيمتها بين الصفر والواحد الصحيح، فإذا كانت أقل من 0.05 كان ذلك دليلاً على وجود اختلاف إحصائى وتباين بين القيمة المفروضة والقيمة المحسوبة، أى أننا داخل منطقة الرفض، أى يمكننا رفض فرضية العدم، وحينها يكون التعليق على هذه النتيجة هو "نرفض فرضية العدم حيث إن الاختلاف والتباين فى البيانات معنويّ وذو قيمة حقيقية وملموسة We Reject the Null Hypotheses and the Difference is Statistically Significant"، أما إذا كانت القيمة بى P- Value أكبر من 0.05 كان ذلك دليلاً على عدم وجود اختلاف إحصائى بين القيمة المفروضة والقيمة المحسوبة (أى أننا داخل منطقة القبول وخارج منطقة الرفض)، أى لا يمكننا رفض فرضية العدم، وحينها يكون التعليق على هذه النتيجة هو أنه "لا يوجد دليل قاطع لرفض فرضية العدم حيث إن التباين والاختلاف فى البيانات المتاحة ليس ذى معنوية أو ليس ملموساً "There are no Significant Evidences to Reject the Null Hypotheses and the Difference is Not Statistically Significant"

18.13. إجراء اختبارات الفرضيات بالكمبيوتر Testing Hypotheses With Computer

فى الصفحات القليلة السابقة تعمّدنا شيء من الإسهاب فى الشرح والتوضيح بالمعادلات، ولكننا عملياً لن نلجأ إلى استخدام هذه المعادلات إلا قليلاً، وإنما سيقوم بذلك العديد من برامج الكمبيوتر، فيمكن استخدام البرامج الإحصائية المتخصصة مثل المينيتاب Minitab (أو Excel فى بعض الحالات) فى إجراء كافة الاختبارات الموضحة بجدول رقم 4-18:

جدول رقم 18- 4 الاختبارات التي يمكن اجراؤها بالكمبيوتر

اختبار الأنوفا ANOVA	معامل واحد Single Factor
	Two Factor With Replication
	Two Factors Without Replication
اختبار تي T-Test	Paired Two Sample For Means
	Two Samples Assuming Equal Variances
	Two Samples Assuming Unequal Variances
Two Sample F Test For Variance	اختبار تباين عينتان
Regression	الاتحدار
Z Test Two Sample For Means	اختبار متوسط عينتان

18.14. أمثلة على اختبار الفرضيات Examples On Hypotheses Testing

مثال رقم 18- 1

قام فريق الجودة بإحدى الشركات بعمل دراسة لتحسين عملية إنتاج أحد أجزاء السيارة، والجزء الذي خضع للدراسة هو جزء إسطواني قطره الخارجي يساوى 5.25 سم، وكانت القيم المسجلة للإنتاج السابق للقطر تشير إلى أن متوسطه 5.23 سم، وبعد الدراسة وتطبيق بعض التعديلات، قام الفريق بإبلاغ الإدارة أنه قد حدث تحسن ملموس فى عملية الإنتاج، وبناءً على ذلك أمرت الإدارة بأخذ عينات من المنتج بعد التعديل وكانت القراءات الموضحة بالجدول 5-18.

جدول رقم 5-18 بيانات المثال 18-1

Diameter	5.26696	5.24524	5.24037	5.2588	5.25141	5.24321	5.23441	5.2328	5.25287	5.26026
Sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

والمطلوب تحديد ما إذا كانت التعديلات التي أجريت على عملية الإنتاج قد أدت بالفعل إلى تحسن ملموس أم لا؟

الحل:

نطبق الخطوات العامة لاختبار الفرضيات كما يلي :

1-حيث إن القيمة المسجلة للإنتاج السابق للقطر هي 5.23 سم، وحيث إن هدف مشروع التحسين كان تغيير هذه القيمة إلى القيمة القياسية 5.25، فإننا سنفترض أن

$$H_0 = 5.23 \text{ وكذلك نفترض أن } H_1 \neq 5.23$$

2-نحدد قيمة $\alpha = 0.05$ ، ونحدد منطقة الرفض باتها إختبار من الجهتين Two Sided Test كما في شكل 6-18.



شكل رقم 6-18 مناطق الرفض

3-حيث إن معلمات المجتمع المعطاة هي المتوسط فإننا سندرس متوسط العينة .

4-حيث إنه قد تم أخذ عينه لمتغير واحد فإننا سنستخدم إختبار عينة واحدة One Sample Test.

5-حيث إن حجم العينة أصغر من 30 عينه، فإننا سنستخدم الإختبار تى T-Test.

الحل اليدوي (سنعمد الى الحل اليدوى للتوضيح فقط ولكننا سنعمد على برامج الميني تاب Minitab والإكسيل Excel فيما بعد) :

■ من البيانات المعطاة، يمكننا حساب قيمة المتوسط = 5.24863 سم، والانحراف المعياري = 0.01136

■ نحدد القيمة الحرجة من الجدول T فى نهاية هذا الكتاب فنجد أنها تساوى 2.262.

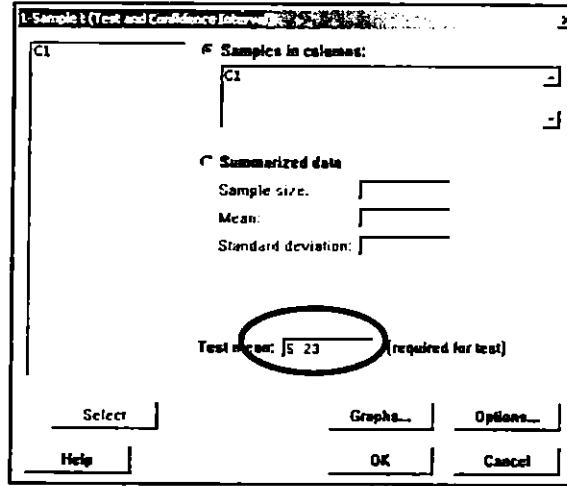
■ نحسب قيمة T من المعادلة

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \approx \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}} = \frac{5.24863 - 5.23}{0.01136 / \sqrt{10}} = 5.186024$$

وحيث إن T المحسوبة أكبر من قيمة القيمة الحرجة ، إذن فهي تقع في منطقة الرفض، أى أننا نرفض فرضية العدم ، أى أن المتوسط قد تباين وقد يرجع ذلك إلى جهود التحسين، ومن الواضح أنه تحسن أدى إلى اقتراب المتوسط من $Target=5.25$.

الحل بالمينيتاب Minitab

ندخل البيانات المتاحة إلى المينيتاب Minitab، ومن القائمة Stat>Basic Statistics > One Sample T Test



شكل رقم 7-18 حل المثال 1-17 بالمينيتاب

يظهر الشكل 7-18 ، ثم نذهب إلى نافذة النتائج فتظهر بعض القيم ومنها نجد أن قيمة المتوسط $Mean=5.24863$ ، وأن القيمة بى $P=0.001$ ، وهى قيمة أقل من 0.05 أى أنها تقع في منطقة الرفض، وبالتالي نرفض فرض العدم، ونقر بأنه قد حدث تباين للعملية ، ومن الواضح أنه تحسن أدى إلى اقتراب المتوسط من $Target=5.25$

One-Sample T: C1

Test of $\mu = 5.23$ vs not = 5.23

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
C1	10	5.24863	0.01136	0.00359	(5.24050; 5.25676)	5.19	0.001

مثال رقم 18-2

في المثال السابق ماذا لو كان عدد القراءات التي تم تسجيلها خمسون قراءة كما في الجدول 18-6:

جدول رقم 18-6 بيانات المثال 18-2

5.29526	5.25731	5.25896	5.27212	5.2249	5.26064	5.24432	5.2476	5.23671	5.25977
5.22149	5.27735	5.2075	5.24348	5.24007	5.22408	5.26996	5.25795	5.26591	5.24063
5.23892	5.25204	5.22508	5.27211	5.24665	5.27934	5.23501	5.2573	5.2326	5.25517
5.27799	5.27368	5.24421	5.26515	5.2578	5.24291	5.23678	5.25446	5.26788	5.23241
5.25382	5.24264	5.24875	5.23584	5.29011	5.2262	5.24879	5.27732	5.29461	5.26922

الحل بالجدول:

نطبق الخطوات العامة لاختبار الفرضيات كما يلي

- 1- حيث إن القيمة الحالية للقطر هي 5.23 سم، وحيث إن هدف مشروع التحسين كان تغيير هذه القيمة إلى القيمة القياسية 5.25، فإننا سنفترض أن $H_0 = 5.23$ وكذلك نفترض أن $H_1 \neq 5.23$

- 2- نحدد قيمة $\alpha = 0.05$ ، ونحدد منطقة الرفض بأنها إختبار من الجهتين Two Sided Test كما في الشكل 18-8.



شكل رقم 18-8 مناطق الرفض للمثال 18-2

- 3- حيث إن معلمات المجتمع المعطاة هي المتوسط فإننا سندرس متوسط العينة.
- 6- حيث إنه قد تم أخذ عينة لمتغير واحد فإننا سنستخدم إختبار عينة واحدة One Sample Test.

- 4- حيث إن حجم العينة أكبر من 30 عينة، فإننا سنستخدم الإختبار "زد" Z-Test

الحل :

■ من البيانات المعطاة، نجد أن المتوسط = 5.2528 سم، والانحراف المعياري = 0.01975

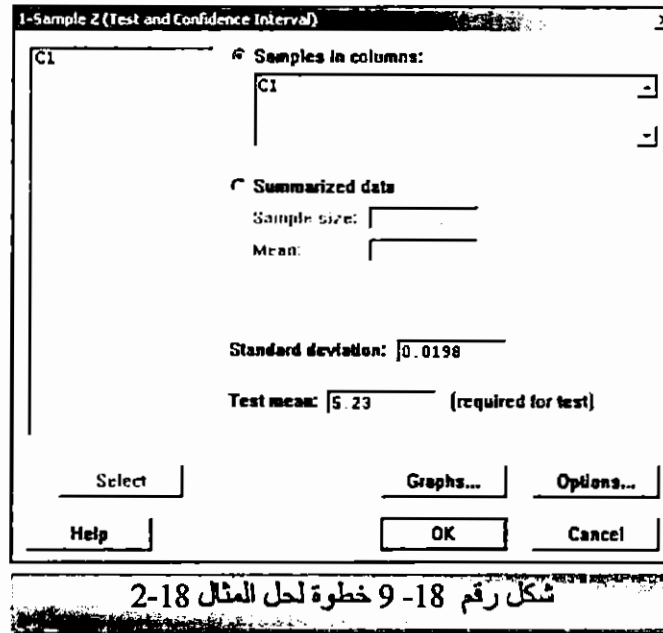
- نحدد القيمة الحرجة من الجدول Z فى نهاية الكتاب وهى 1.65 عند المساحة 0.975
- نحسب قيمة Z من المعادلة

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \approx \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}} = \frac{5.25282 - 5.23}{0.01975 / \sqrt{10}} = 3.65$$

وحيث إن Z المحسوبة أكبر من قيمة القيمة الحرجة ، إذن فهي تقع فى منطقة الرفض، أى أننا نرفض فرضية العدم ، أى أن المتوسط قد تغير، ونقر بأنه قد حدث تباين للعملية، ومن الواضح أنه تحسن أدى إلى اقتراب المتوسط من الهدف.

الحل بالمينيتاب Minitab ندخل البيانات المتاحة إلى Minitab، ومن القائمة Stat>Basic Statistics > One Sample Z Test

فيظهر الشكل 9-18.



نذهب إلى نافذة النتائج فتظهر بعض القيم، ومنها نجد أن قيمة المتوسط Mean=5.25282، وأن القيمة بى P=0.00 وهى قيمة أقل من 0.05 وبالتالي نرفض الفرضية الصفرية، ونقر بأنه قد حدث تباين للعملية ، ومن الواضح أنه تحسن أدى إلى اقتراب المتوسط من الهدف.

"We reject the null, and the difference is statistically significant"

One-Sample Z: C1

Test of $\mu = 5.23$ vs not = 5.23

The assumed standard deviation = 0.0198

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	P
C1	50	5.25282	0.01975	0.00280	(5.24733; 5.25830)	8.15	0.000

مثال رقم 18-3

سجلت القراءات التالية كما في جدول 18-7 أداء مجموعتين من الموظفين الذين يقضون وقتاً إضافياً في العمل

جدول رقم 18-7 بيانات المثال 18-3

Group 1	5.25382	5.24264	5.24875	5.2358	5.29011	5.2262	5.24879	5.2773	5.29461	5.26922
Group 2	6.56882	6.61608	6.59907	6.5888	6.62624	6.60912	6.60632	6.6158	6.59436	6.5813

والمطلوب بحث ما إذا كان هناك اختلاف بين المجموعتين أم لا؟ مع اعتبار أن الانحراف المعياري للمجموعتين متساو.

الحل: نطبق الخطوات العامة لاختبار الفرضيات كما يلي

1-حيث إن البيانات المتاحة هي لمجموعتين، فإن فرضية العدم ستكون أن نفترض أن متوسط المجموعتين متساو، وستكون الفرضية البديلة أن نفترض أن متوسط المجموعتين غير متساو.

2-نحدد قيمة $\alpha = 0.05$ ، ونحدد منطقة الرفض باتها إختبار من الجهتين Two Sided Test

3-حيث إن معلمات المجتمع المعطاة هي المتوسط فإننا سندرس متوسط العينة .

4-حيث إنه قد تم أخذ عينه لمتغيرين فإننا سنستخدم Two Sample Test.

5-حيث إن حجم العينة أصغر من 30 عينه، فإننا سنستخدم T-Test

الحل اليدوي : من البيانات المعطاة نحدد القيمة الحرجة من الجدول T في نهاية الكتاب وهي

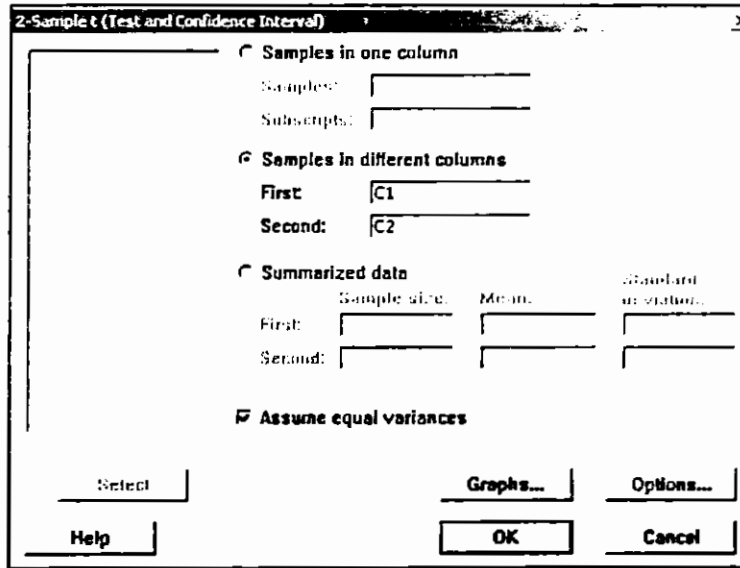
2.262

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

نحسب قيمة T من المعادلة ونقارن هذه القيمة المحسوبة بالقيمة الحرجة ، فإذا وقعت في منطقة الرفض، فإننا نرفض الفرضية الصفرية، ويكون متوسطي المجموعتين مختلفين.

الحل بالمينيتاب Minitab

ندخل البيانات المتاحة إلى المينيتاب Minitab، ومن القائمة Stat>Basic Statistics > Two Sample T Test يظهر الشكل 10-18.



شكل رقم 10-18 خطوة لحل المثال 3-18

ثم نذهب إلى نافذة النتائج فتظهر القيم التالية، ومنها نجد أن القيمة بي $P=0.00$ وهي قيمة أقل من 0.05 وبالتالي نرفض الفرضية الصفرية، ونقر بأن متوسط المجموعتين غير متساويين.

"We Reject the Null Hypotheses, and the Difference is Statistically Significant"

Two-sample T for C1 vs C2

	N	Mean	StDev	SE Mean
C1	10	5.2587	0.0231	0.0073
C2	10	6.6006	0.0176	0.0056

Difference = μ (C1) - μ (C2)

Estimate for difference: -1.34186

95% CI for difference: (-1.36114; -1.32257)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -146.16 P-Value = 0.000 F = 18

Both use Pooled StDev = 0.0205

مثال رقم 18-4

في محاولة لإحدى شركات الصيانة تقليل الوقت اللازم لصيانة إحدى المعدات الهامة، قام فريق من مهندسي الصيانة المختصين بتعديل الإجراءات اللازمة للبدء في تنفيذ أعمال صيانة هذه المعدة، وذلك بما لا يتعارض مع تعليمات الجهة المصنعة، وقام الفريق بتسجيل الوقت المستغرق بالطريقة القديمة، وكذلك الوقت المستغرق بالطريقة الجديدة بالدقائق وكانت ما بالجدول 18-8:

جدول رقم 18-8 بيانات المثال 18-4

trial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Before	42.0	41.2	39.0	50.6	39.9	51.5	48.9	50.9	39.2	48.0	45.3	28.0	46.7	29.0	53.6
After	41.8	45.4	46.8	39.8	41.2	38.2	40.6	42.1	32.8	38.9	32.5	39.7	45.1	39.8	44.4

والمطلوب تقييم ما إذا كانت الطريقة الجديدة والمعدلة قد أحدثت انخفاضاً ملحوظاً في زمن تنفيذ أعمال الصيانة أم لا؟ وهل نتبع هذه الطريقة الجديدة أم نتمسك بالطريقة القديمة؟

الحل:

نطبق الخطوات العامة لاختبار الفرضيات كما يلي

1- حيث إنه توجد قراءتين لنفس العملية فإن هذه البيانات تسمى Paired Data وحيث إن هدف مشروع التحسين كان تغيير متوسط الزمن اللازم لإجراء الصيانة، فإن فرضية العدم هي أن متوسط القراءات قبل التحسين يساوي متوسط القراءات بعد التحسين، وبالتالي تكون الفرضية البديلة هي أن متوسط القراءات قبل التحسين لا يساوي متوسط القراءات بعد التحسين.

2- نحدد قيمة $\alpha = 0.05$ ، ونحدد منطقة الرفض باتها Two Sided Test

3-حيث إن معلمة المجتمع المعطاة هي المتوسط فإتينا نختار دراسة متوسط العينة .

4-حيث إنه قد تم أخذ عينه لمتغير واحد بقيمتين فإتينا سنستخدم Paired T Test.

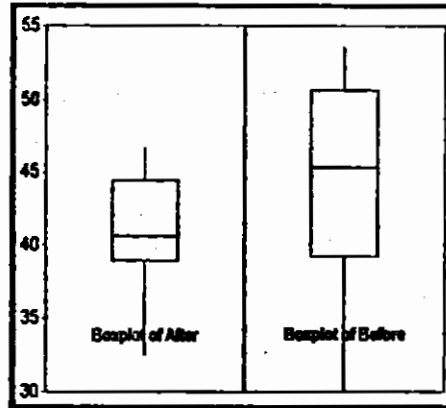
5-حيث إن حجم العينة أصغر من 30 عينه، فإتينا سنستخدم الT-Test

الحل اليدوي من البيانات المعطاة، نجد أن هناك اختلاف في متوسط الطريقتين فالمتوسط قبل التعديل يساوى 40.6 دقيقة، و المتوسط بعد التعديل يساوى 43.6 دقيقة.

Descriptive Statistics: After, Before

Variable	Mean	Minimum	Median	Maximum	Range
After	40.60	32.47	40.62	46.75	14.28
Before	43.60	28.03	45.33	53.61	25.58

برسم مخطط الصندوق Box Plot كما فى شكل 18-11 للمتوسطين نجد أن هناك اختلاف فى متوسط الطريقتين، وأن متوسط الزمن بعد التعديل أقل من متوسط الزمن قبل التعديل، كذلك نجد أن التباين قد قل.



شكل رقم 18-11 مخطط الصندوق للمثال 4-18

الحل بالمينيتاب Minitab

ندخل البيانات المتاحة إلى المينيتاب Minitab، ومن القائمة Stat>Basic Statistics >

Paired T Test

ثم نذهب إلى نافذة النتائج فتظهر القيم التالية، ومنها نجد أن القيمة بى $P=0.194$ وهى قيمة أكبر من 0.05، وبالتالي لا نستطيع رفض الفرضية الصفرية، وأنه لا يوجد دليل على أن

"There is no evidences to يكون التعليق، وبعد التعديل، وهناك تباين فى المتوسط قبل وبعد التعديل، ويكون التعليق
say there is statistically significant difference between the two groups"

Paired T for After - Before

	N	Mean	StDev	SE Mean
After	15	40.6004	4.1168	1.0630
Before	15	43.5964	7.7543	2.0022
Difference	15	-2.99592	8.51131	2.19761

95% CI for mean difference: (-7.70933; 1.71749)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1.36 P-Value = 0.194

كذلك نجد أن فترة الثقة Confidence Interval تحتوى على قيمة سالبة وقيمة موجبة، وهذا دليل على أن قيمة المعامل "بى" P Value ستكون أكبر من 0.05، ودليل على أنه لا يوجد اختلاف بين المتوسطات.

الحل بالإكسيل Excel

Tools>Data Analysis> Paired ومن القائمة Excel، وندخل البيانات المتاحة إلى

Two Samples For Mean

ثم نذهب إلى نافذة النتائج فتظهر القيم التالية، ومنها نجد أن القيمة بى $P=0.097$ وهى قيمة أكبر من 0.05، وبالتالي لا نستطيع رفض الفرضية الصفرية، وأنه لا يوجد دليل على أن هناك تباين فى المتوسط قبل وبعد التعديل، ويكون التعليق "There is no evidences to reject the null hypothesis (to say there is statistically significant difference between the two groups)"

جدول رقم 18- 9 نتيجة حل المثال 17-4 بالأكسيل

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	After	Before
Mean	40.60042	43.59635333
Variance	16.94820063	60.12976812
Observations	15	15
Pearson Correlation	0.072602303	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	14	
t Stat	-1.363266759	
P(T<=t) one-tail	0.097160813	
t Critical one-tail	1.761310115	
P(T<=t) two-tail	0.194321626	
t Critical two-tail	2.144786681	

تعليق على المثال الرابع

يلاحظ أن طريقة المعالجة اليدوية أوضحت أن هناك تباين في المتوسط، بينما طريقة المينيتاب Minitab، و Excel تشير إلى عدم وجود دليل إحصائي لحدوث تباين للمتوسط، فما تفسير ذلك؟

يفسر ذلك بأن التباين الذي حدث – برغم أنه تغير – إلا أنه قد يكون في حدود التباين الطبيعي للعملية، أو أن حجم العينة كان أقل من أن يكشف أو يظهر هذا التغير، وهذا يبين أهمية أن يكون حجم العينة كبيراً، وأهمية أن يتم الاختبار بأكثر من طريقة كما أشرنا إلى ذلك فيما قبل.

أيضاً يجب الانتباه إلى أنه بالرغم من أن الاختبار قد يشير إلى عدم وجود اختلاف إحصائي – كما في حالتنا – إلا أننا متيقنين من أن هناك تغير، صحيح أن هذا التباين قد يكون غير ملموس إحصائياً، إلا أنه من وجهة نظر أصحاب العمليات تباين مهم ويجب أخذه في الاعتبار، فالتعديل الذي تم من وجهة النظر الإحصائية لم يؤد إلى تباين ملموس، إلا أننا نلاحظ أن هذا التعديل لم يؤدي فقط إلى تقليل زمن الصيانة، بل أدى كذلك إلى تقليل التباين الموجود في عملية الصيانة ويتضح ذلك من مخطط الصندوق والشنب، ومن قيمة الانحراف المعياري بعد التعديل، وهنا سيكون قرار الإدارة هو تبني التعديل وتفعيله على هذه المعدة، وإجراء مزيد من التجارب قبل تعميمه على المعدات المشابهة.

الملاحق Appendices

الملحق الأول : شهادة الأيزو ISO

مقدمة

تم التركيز على مراقبة الجودة وضمانها في أمريكا بعد الحرب العالمية الثانية وذلك لكشف المنتجات التي يمكن أن يوجد فيها خلل (أو عيوب في التصنيع) من خلال أنظمة الفحص والتفتيش بعد أخذ العينات، ثم بدأت الدراسات حول كيفية تلافي هذا الخلل وبالتالي ضبط جودة المواد الأولية الداخلة في تصنيع أي مادة من المواد، وتم اشتراط بعض الوثائق المتعلقة بهذا المجال على الشركات التي تتعامل مع وزارة الدفاع من دول حلف الناتو؛ ثم انتقل تطبيق هذا المفهوم إلى صناعات السيارات والإلكترونيات والصناعات الفضائية بعد أن ظهرت فوائد تطبيق هذه الوثائق التي تضمن جودة المنتجات وانتشرت هذه الظاهرة إلى أن بدأ المعهد البريطاني للتقييس عام 1970 بوضع المواصفة القياسية العامة التي يمكن أن تطبق في معظم الصناعات والمؤسسات الأخرى ونشرت في عام 1979.

ثم اعتمدت هذه المواصفة من قبل منظمة أيزو (المنظمة الدولية للتقييس) وأجريت عليها بعض التعديلات وأصدرت في أعوام 1987 و 1994 و 2000 و 2008 باسم (أيزو 9000) وظهرت في الوقت نفسه المواصفة التي تتوافق مع المواصفتين المذكورتين أعلاه، وتطبيق هذه المواصفة يعطي الثقة بأن المؤسسة لديها نظام جودة يلبي متطلبات بنود مواصفة الأيزو ISO وأنها قامت بتطوير منظومتها الإدارية وليس فقط وثائقها ومستنداتها، بحيث تزايد كفاءة المنشأة ويمكنها مواجهة متطلبات السوق الحرة وأنها تتطوّل إلى التطوير المستمر، مما ينعكس على أسلوب إدارة الموارد المتاحة ومستوى تكلفة الإنتاج وجودته.

وتقوم منظمة أيزو بتطوير مجموعة المواصفات (أيزو) وتعديلها من أن لآخر بحيث يتم توافقها مع كافة قطاعات العمل التي تستخدمها أو تتعامل معها، وإعادة هيكليتها كي تتماشى مع الاتجاهات الحديثة في الإدارة، ويدل هذا على أن الحاجة لوجود معايير ثابتة وقابلة للتطبيق والتقييم أدت إلى اعتماد هذه المواصفة مما يؤمن الدليل الموضوعي على أن المؤسسة تطبق نظام جودة يغطي كافة نشاطات هذه المؤسسات وأعمالها بما فيها عمليات الإنتاج أو تقديم الخدمة.

ويعتبر التدقيق والمراجعة للحصول على شهادة الأيزو تدقيقاً من الطرف الثالث لأنه يتم من قبل شركة تقوم بتقييم نظام الجودة بموجب متطلبات المواصفة المؤلفة من عدة بنود ، بلغت العشرين بنداً في مواصفة 1987 ثم تم تعديلها في 1994 ثم تعديلها مرة أخرى لتصبح ثمانية بنود في عام 2000 و شملت التعديلات التالية:

1. التغيير في المصطلحات:
المورد : المؤسسة.
المنتج : للمنتج أو السلعة
نظام الجودة: نظام إدارة الجودة
 2. التعديل في مجال المواصفة: كيفية إمكان استبعاد المتطلبات.
 3. التركيز على الزبون وتحديد حاجاته، مراجعة متطلباته، التواصل معه وقياس رضاه.
 4. التركيز على التحسين المستمر.
 5. التغيير في المتطلبات المتعلقة بإعداد الإجراءات والاحتفاظ بسجلات الجودة.
 6. ظهور عناوين جديدة (حاجات الزبون ومتطلباته، أهداف الجودة، التواصل مع الزبون وقياس رضاه)
 7. التركيز على مسؤولية الإدارة تجاه تأمين الموارد وتخصيصها، حق الملكية الفكرية، نظام لإعادة مراجعة الوثائق، الاهتمام بالطرق الإحصائية.
- ثم تلى ذلك إصدار 2008 ومن المتوقع أن يتم تعديلها في عام 2011 أو 2012 مرة أخرى، وسوف يلغى العمل نهائياً بالمواصفة 2000 في نوفمبر 2010، ويصبح العمل بالإصدار 2008 ملزماً وحتماً لتجديد الشهادات.
- مجال الشهادة:**
- في المواصفة السابقة وعندما تحقق المؤسسة كافة بنود المواصفة تحصل على شهادة أيزو 9001 وإذا لم تحقق بند التصميم (4-4) فإن هذه المؤسسة تحصل على شهادة أيزو 9002 أما المؤسسات التي تعمل في مجال التفقيش والمراقبة فتحصل على شهادة أيزو 9003، ولكن لا بد من الإشارة إلى أن هذا المجال من الشهادة لم يطبق عملياً وتبين بعد مرور فترة أنه لا يمكن أن توجد مؤسسة تستطيع أن تكفي به بناء على هذا وعلى اعتبارات أخرى من أهمها عدم مرونة هذه المواصفة وصعوبة تطبيقها ولذلك تم تعديل المواصفة في عام 2000 إلى مواصفة موحدة (أيزو 2000/9000) والتي تلبي متطلبات الجودة في المؤسسات الصناعية والخدمية في أن واحد كما أنها تتضمن التحسين والتطوير المستمر بالاعتماد على مفاهيم وفلسفة إدارة الجودة الشاملة TQM.

بنية وثائق نظام ضمان الجودة أيزو 9000

تتألف وثائق هذا النظام من 3 مستويات:

1. المستوى الأول: دليل الجودة وهو كتيب يتألف من حوالي 20 - 25 صفحة ويتضمن سياسة الجودة والهيكل التنظيمي في المؤسسة ومقدمة عنها وقائمة إجراءات العمل ومسؤوليات وصلاحيات الأشخاص الرئيسيين فيها مع جدول يبين التقاطع بين الإجراءات وبنود المواصفة كما يتضمن شرح مبسط لكل بند من هذه البنود بإسقاطها على نشاطات المؤسسة وكيف تلبي المؤسسة هذه البنود ويمكن أن يرفق به ملحق توصيف العمل.
2. المستوى الثاني: وهو إجراءات العمل ويتضمن كل إجراء وهدف الإجراء ومجال تطبيقه والمسؤولين عن تطبيقه وتفاصيل الإجراء بحسب التسلسل الزمني مع الإشارة إلى تعليمات العمل والسجلات المستخدمة في تنفيذ الإجراء ويمكن إضافة تعليمات العمل إلى هذا المستوى (وأحياناً تعتبر مع المستوى الثالث نظراً لكثرة عددها).
3. المستوى الثالث: ويتضمن النماذج والاستمارات وتعليمات العمل (وهي الإرشادات التي تغيد في التنفيذ الصحيح للنشاطات) وفيها إشارة إلى النماذج التي تشكل (بعد كتابة المعلومات الأساسية فيها) سجلات الجودة وتعتبر الأدلة الموضوعية على تنفيذ الإجراءات وتدخل المراجع العلمية والإدارية والقانونية ضمن هذا المستوى من الوثائق (بما في ذلك الأنظمة والتعليمات والبلاغات).

التدقيق والمراجعة وأنواعهما

التدقيق أو المراجعة هو تقييم منظم ومستقل لتحديد فيما إذا كانت فعاليات الجودة والنتائج المتعلقة بها تتوافق مع الترتيبات المخطط لها وفيما إذا كانت هذه الترتيبات فعالة ومناسبة لتحقيق الأهداف. وينقسم التدقيق أو المراجعة إلى :

1. تدقيق الطرف الأول (التدقيق الداخلي): تقوم به المؤسسة على نظامها الخاص وعلى إجراءاتها، ويقوم به فريق مدرب من المؤسسة ذاتها للتأكد من فعالية وكفاءة نظام الجودة ولإعطاء الثقة للإدارة بهذا النظام أو تمهيداً للتدقيق من الطرف الثالث (منح الشهادة أو تجديدها).

2. تدقيق الطرف الثاني (تقوم به المؤسسة على الموردین): وهو التدقيق الذي تقوم به شركات وسيطة لصالح الشركات المتعاقدة للحصول على سلعة معينة (بموجب مواصفات محددة وشروط التعاقد).

3. تدقيق الطرف الثالث (تقوم به جهة مستقلة عن المؤسسة): وهو التقييم لمنح شهادة الأيزو من قبل شركات معتمدة دولياً لهذه الغاية.

وينمر التدقيق والمراجعة بعدة مراحل وهى :

1. التخطيط.

2. التحضير.

3. الأداء.

4. التقرير والمتابعة.

خطوات تطبيق نظام الـ ISO

1. التزام الإدارة بالتطبيق

2. تعيين ممثل الإدارة للجودة

3. وضع السياسة العامة للشركة الخاصة بالجودة (سياسة الجودة)

4. اختيار و تشكيل فريق الجودة الذي سيقوم بالتطبيق وتخصيص الموارد اللازمة

5. التشاور حول تحديد أهداف الجودة العامة لكل أفرع الشركة وتحديد مستوى

جودة المنتجات

6. إجراء برامج توعية بالأيزو للجميع بالشركة (مع دورات تدريب مراجعين

داخليين)

7. تحضير مصفوفة تشرح ما هى الإجراءات التى ستكتب فى نظام الأيزو

8. وضع الإجراءات التى تشكل النظام وكتابتها ضمن دليل الجودة والذي يحقق

- الربط بين الإجراءات.
9. إنشاء النماذج والسجلات
10. تسجيل ودراسة متطلبات العملاء والشكاوى والمقترحات ووضع معايير القبول والرفض في العمليات .
11. توفير أدوات ومعدات القياس و أجهزة ومعدات لاختبار المنتج النهائي .
12. تطبيق الإجراءات عملياً وبيان الحاجة للتعديل من عدمه.
13. اعتماد التعديلات وضبط الوثائق واعتماد الوثائق بشكلها النهائي.
14. تخطيط وتنفيذ مراجعة داخلية أولية ومراجعة الوثائق والمستندات لنظام الأيزو أى إجراء التقييم المبدئي لتحديد الثغرات بين الواقع والموصفة (النظام).
15. كتابة وثائق النظام من ضمن برنامج لتلافي للثغرات.
16. إجراء تدقيق داخلي (يتكرر حتى تسديد كافة الملاحظات والثغرات) وكتابة الإجراءات التصحيحية والوقائية.
17. متابعة تنفيذ الإجراءات التصحيحية والوقائية.
18. كتابة الإجراءات الإضافية و إصدار الإجراءات الكاملة لنظام الأيزو
19. إجراء اجتماع مراجعة الإدارة.
20. الاتفاق مع الشركة المانحة لشهادة الأيزو وتحديد موعد للمراجعة الخارجية .
21. تخطيط وتنفيذ مراجعة داخلية نهائية قبل المراجعة الخارجية.
22. استدعاء الشركة المانحة للشهادة وإجراء التدقيق الخارجي.
23. تنفيذ المراجعة الخارجية .
24. الحصول على شهادة الأيزو بأذن الله .

الأهداف المأمولة من وراء تطبيق نظام الجودة و الأيزو :

1. تلبية متطلبات العملاء وتحقيق توقعاتهم ورضاهم عن منتجات الشركة.
2. زيادة جودة المنتجات .
3. زيادة الحصة التسويقية للشركة محليا وتصديريا.
4. زيادة أرباح الشركة .
5. زيادة الإنتاج والاستفادة المثلى من الموارد المتاحة .
6. تقليل التكاليف وتحقيق سعر منافس لمنتجات الشركة .
7. تطوير أساليب العمل داخل الشركة والإقلال من الأخطاء وسهولة ضبط حالات عدم المطابقة .
8. تقليل نسب المرفوضات في الأقسام والعمليات وخفض نسب مرجعات العملاء وإيجاد وسائل اتصال فعالة مع العملاء لمعالجة شكاوهم ومقترحاتهم وتحليل المسببات واتخاذ الإجراءات التصحيحية والوقائية لمن تكرارها.
9. الارتقاء بمهارات وقدرات العاملين والمهندسون والإداريون داخل الشركة.
10. حصول الشركة على الأيزو وبناء نظام جودة فعال سوف يكون عامل من عوامل دعم منتجات الشركة وخاصة في مجال التصدير.
11. تحقيق القدرة للشركة على المنافسة والبقاء بتأثير واضح داخل السوق.
12. إنشاء نظام إداري قوى مبنى على التوثيق ويحدد المهام والمسئوليات والسلطات مما يساعد على تحفيز العاملين ويضعهم أمام تنفيذ مهامهم بكفاءة وفاعلية .

تكاليف الحصول على الأيزو تتمثل في:

1. تكاليف إنشاء إدارة الجودة (تعيين مهندس ومراقبين جودة).
2. تكاليف دورات تدريبية للمهندسين والمراجعين الداخليين والعمال.
3. تكاليف معدات وأجهزة قياس ومعدات اختبار منتج نهائي.

4. تكاليف إعداد المستندات الفنية.

5. تكاليف الاستعانة بالخبراء والإستشاريين.

6. تكاليف مطبوعات.

7. تكاليف التعاقد مع الشركات المانحة.

الفترة الزمنية المقررة للحصول على الأيزو:

تتراوح من 12 شهر الى 24 شهرا حسب حجم ونوع نشاط الشركة.

تعريفات خاصة بالأيزو

أيزو 9000 ISO :

وهي شهادة أو مواصفة تمنحها المنظمة الدولية للمقاييس للشركات (انتاجية أو خدمية) التي تتوفر لديها مجموعة من المقاييس والمطالب التي تتعلق بمستوى جودة معين تطلبه المنظمة الدولية . ولذلك ان الشركات التي تلتزم بمواصفات الايزو 9000 يمكنها ان تبيع منتجاتها للدول الاخرى الملتزمة بنظام ايزو 9000 بدون فحص المنتج.

أيزو 9001/2000 ISO :

الأيزو 9001 هي احد شهادات المنظمة الدولية للمقاييس وتتضمن هذه الشهادة الدولية ما ينبغي عليه ان يكون نظام توكيد الجودة في الشركات التي يبدأ عملها من مرحلة التصميم الهندسي للمنتج والخدمة ما بعد البيع وتجديد وتحسين المنتج.

أيزو 9002/2000 ISO :

تتضمن هذه الشهادة ما يجب عليه ان يكون نظام توكيد الجودة في الشركات التي يقتصر نشاطها على انتاج السلع وتحسينها وتطويرها وبيعها فقط ، دون ان يشتمل على مراحل التصميم الهندسي والخدمة ما بعد البيع.

أيزو 9003/2000 ISO :

وتشتمل هذه الشهادة على مقاييس نظام توكيد الجودة في مجال الفحص النهائي للسلعة المنتجة واختبار جودتها.

أيزو ISO 9004/2000 :

وهذه الشهادة تتضمن التعليمات الإرشادية التي يجب اتباعها من قبل الشركات للحصول على إحدى شهادات الأيزو 90001 و 9002 و 9003 .

أيزو ISO 9001/2008 :

في إطار التحسين المستمر للأيزو فقد تم دمج وتعديل المواصفات ISO 9001/2000 و ISO 9002/2000 و ISO 9003/2000 في الإصدار ISO 9001/2008 وتتضمن هذه الشهادة الدولية ما ينبغي عليه ان يكون نظام تأكيد الجودة في كافة الشركات الخدمية والإنتاجية ، الكبيرة والصغيرة ، الربحية وغير الربحية ، الحكومية وغير الحكومية.

أيزو ISO 14000 :

وهي شهادة أو مواصفة لحماية البيئة ورعايتها ، وهي تشتمل على عدة معايير يستوجب على الشركات تبنيها من أجل حماية البيئة .

أيزو ISO 18000 :

وهي شهادة أو مواصفة للاهتمام بالسلامة والصحة المهنية، وهي تشتمل على عدة معايير يستوجب على الشركات تبنيها من أجل حماية أصولها .

بيان ببعض الشركات الماتحة لشهادة الأيزو

1. Bureau Veritas Quality International
2. Lloyds Register Quality Assurance LTD.
3. Det Norske Veritas Quality Assurance LTD.
4. British Standard Institute.
5. American Bureau of shipping.
6. TUV Cert.
7. SGS yarsley LTD.
8. Cotechna Inspection GMbh.
9. L'AFAQO (Association Francais pour l'assurance de la Qualite.)
10. Osterreichische vereinigungs Zur Zertifizierung von qualitats sicherungssytemen .

المعوقات والعقبات المتوقعة لتنفيذ وتطبيق نظام الجودة و الأيزو:

1. التكاليف المادية
2. عدم توافر الإرادة الجادة والمثابرة لدى إدارة الشركة على المضي قدما في طريق الجودة و الأيزو.
3. التسرع في حصد النتائج وثمار تطبيق الجودة .
4. مقاومة التغير لدى (العمال والإداريين والمهندسين) وعدم التعاون الكامل لانجاز مشروع الجودة و الأيزو .
5. عدم نشر مفهوم وفكر الجودة بين العاملين وعدم الالتزام بتطبيق وتنفيذ إجراءات وتعليمات وسجلات الجودة و الأيزو.
6. عدم إعطاء السلطة الكافية لإدارة الجودة للرقابة على العمليات وتغليب مصلحة الإنتاج على جودة المنتجات.

الملحق الثاني : رواد الجودة Quality Gorus

والتر شوهارت Walter A. Shewhart



عمل شوهارت خبيراً إحصائياً في ولاية نيويورك خلال العشرينات والثلاثينات، ومن أقواله أن التغييرات تتواجد في كل مراحل التصنيع.

ونظر الإسهاماته الكبيرة في مجال الرقابة الإحصائية للعمليات فقد عُرف والتر أ. شيهوارت فيما بعد بأنه الأب الروحي للرقابة الإحصائية لتحقيق الجودة

وأشهر ما قدمه شوهارت لمجال الجودة أنه حدد إمكانية الوصول للجودة من خلال محورين رئيسيين وهما:

- المحور الأول: الرقابة الإحصائية للعمليات SPC.
- المحور الثاني: ابتكار عجلة شيوارت (The PDCA Cycle)

▪ المحور الأول: الرقابة الإحصائية للعمليات SPC.

في عام 1931م قام شوهارت بتأليف كتاب " الرقابة الاقتصادية لجودة المنتجات المصنعة" بالنسبة للخبراء الإحصائيين بمثابة مساهمة متطورة ، و يعد من أفضل المؤلفات التي أسهمت في تحسين جودة المنتجات والسلع.

قامت أساليب شوهارت بتحديد كيفية وضع العمليات التشغيلية للعمل تحت السيطرة عن طريق تحديد ما إذا كان يجب ترك العملية كما هي أم أن التدخل أصبح ضرورياً ، وكان شوهارت قادراً على تعريف حدود التغيير العشوائي الذي يحدث عند إكمال أى مهمة، ومتى يجب التدخل للسيطرة على هذا التغيير (إذا تم تخطى هذه الحدود).

وطور من خرائط المراقبة لتعقب الأداء ومراقبته بمرور الوقت، وبذلك ساعد على توفير العاملين الذين لديهم القدرة على مراقبة عملهم وتوقع ما إذا كانوا سيتخطون الحدود الآمنة أم لا.

ويرى شوهارت أن مهمة مراقبة الجودة تكمن في عملية الحفاظ على مستوى معين من العملية الإنتاجية، والسماح ببعض الانحرافات البسيطة التي لا تتجاوز حدود المراقبة المتفق عليها.

ومن بين المواقع التي شغلها واستطاع أن يحدث فيها تطويراً كبيراً عمله في قسم الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية، ومحاضراً في العديد من الجامعات الأمريكية في مرحلة الدراسات العليا.

■ المحور الثاني إبتكار عجلة شيوارت (The PDCA Cycle):

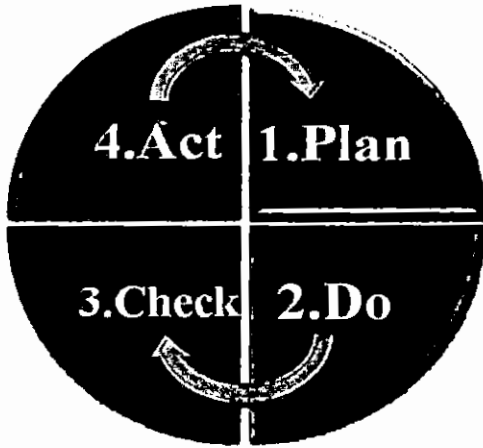
وفي عام 1924م قام بتطوير نموذج لتحسين العملية الإنتاجية بشكل مستمر أطلق على هذا النموذج " دائرة شوهارت" أو دائرة PDCA ، والتي تتكون من أربع أجزاء وهي التخطيط Plane والفعل Do ، الفحص Check وأخيراً التصرف Act (ينسب بعض المؤلفين هذا النموذج إلى ديمينج، غير أن ديمينج نفسه ذكر بشفاافية العالم أنه طور هذا النموذج استناداً إلى نموذج قدمه شوهارت من قبله).

ويمكن أن نستعرض أهم العمليات التي تتم في كل خطوة من خطوات نموذج شوهارت :

الخطوة الأولى التخطيط Plan :

تعد مرحلة التخطيط من أهم ركائز دائرة شوهارت ويتم فيها استخدام بعض أدوات الجودة للتوصل إلى المشكلات التي تواجهها المنشأة والتعرف على نوعية العملاء، ومن ثم الاتفاق على مستوى الجودة الإنتاجية، وبالتالي مساعدة الإدارة على القيام بعمليات التحسين والتطوير على أتم وجه وبصور مستمرة، ثم التعرف على احتياجات العميل ووضع الأهداف بما يتماشى مع هذه الاحتياجات حتى يتم تقليص الفجوة بين تلك

الاحتياجات وما هو موجود فعلاً في المنشأة، وعلى قسم إدارة الجودة أن يقوم باستقصاء آراء وانطباع العملاء حتى يتم التوصل إلى معرفة توقعاتهم.



الخطوة الثانية الفعل DO:

ويتم في هذه الخطوة اقتراح العديد من الحلول البديلة حتى يتم التوصل إلى الحل الأمثل من أجل تنفيذ عملية التحسين بصورة سليمة، فيقوم فريق العمل بتنفيذ الخطة على أساس عدد من المحاولات الجادة ومراقبة نتائجها شرط أن تتم هذه المحاولات على عدد معين من المستفيدين أو العملاء أو أن يتم التركيز على مشكلة معينة بدلاً من التشتت بين مجموعة كبيرة من المشكلات ومحاولة التغلب على هذه المشكلة عن طريق تنفيذ الخطة التي قد تم وضعها مسبقاً، ثم يقوم فريق العمل بوضع جدول زمني للعملية كما يتم توضيح وتقدير الموارد والمصروفات التي سوف يتم استخدامها في العملية مع ضرورة تدريب العاملين على كيفية التحول من الوضع الحالي إلى الوضع الجديد الذي يخدم عملية تحسين الجودة واستمراريتها.

الخطوة الثالثة الفحص Check:

يتم في هذه المرحلة التعرف على الوضع الجديد الذي وصلت له المنشأة وماذا حدث بعد عملية التغيير فيتم جمع البيانات وتحليلها ويتم استخدام المؤشرات والمعايير للمقارنة وقياس مدى التغيير ومدى التحسن في العملية.

إن هذه الدراسة تساعد صانعي القرار في معرفة التغييرات التي حدثت وما النشاطات التي رافقت عملية التغيير هل هي ايجابية أم سلبية وبصورة أخرى هذه المرحلة توضح مدى تحقق الأهداف التي تم التخطيط لها.

الخطوة الرابعة: التصرف ACT

وبناء على التحليلات الإحصائية والبيانات التي تم جمعها يقوم فريق العمل باستخدام التحسينات الجديدة كمعيار للأعمال في المستقبل ويتم تطبيقها على العمليات الأخرى سواء كانت إدارية أو فنية وباستمرار هذه الدائرة تتسع دائرة التحسينات في المنشأة، أما في حالة عدم ظهور أي تحسينات فليحاول فريق العمل من جديد مع إحداث بعض التعديلات في الظروف المحيطة.

وينكرر هذه الدورة تتراكم المعرفة التي تساعد في التعلم والمشاركة في الجودة ، وعادة يتم استعمال أساليب تصميم التجارب لتوليد المعرفة وتطوير الجودة بفاعلية وسرعة وتكلفة ميسرة "

والجدير بالذكر أن هذا النموذج كان أساساً قوياً من الأسس التي بنيت عليه منهجية التحسين المستمر Six sigma فيما بعد.

وليم إدوارد ديمينج William Edwards Deming



ولد هذا العالم فى 14 أكتوبر عام 1900 لعائلة ذات ظروف معيشية صعبة، ولذا فقد إلتحق بوظيفة وهو فى سن الثانية عشرة من عمره وكان يتقاضى دولاراً وربع فى الأسبوع، وبعد حصوله على الثانوية العامة إلتحق فى عام 1917 بجامعة وايومنج Wyoming حيث كان التعليم مجانياً، واعتمد فى معيشتة فى بداية حياته على مدخراته من عمله ، وفى عام 1921 حصل على درجة البكالوريوس فى علوم الطبيعة، وظل بها لمدة عام للمعاونة فى التدريس ودرّس خلال هذا العام وتزود من علوم الرياضيات، ثم حصل على درجة

الماجستير عام 1924 فى تخصص علوم الرياضيات والطبيعة Mathematics and Physics.

ونظراً لتفوقه فقد منحتة جامعة ييل Yale university منحة دراسية تمكن خلالها من الحصول على الدكتوراه فى عام 1928، ومنذ أن تخرج قام بالعديد من البحوث والدراسات التى أثبتت نبوغه، وأجرى العديد من الإتصالات مع أبرز العلماء فى عصره فى مجال تخصصه ، وعلى رأسهم دكتور والتر أ. شيوهارت Walter A. Shewhart والذى عرف فيما بعد بأنه الأب الروحي للرقابة الإحصائية لتحقيق الجودة.

ومن بين العديد من المواقع التى شغلها واستطاع أن يحدث فيها تطوراً نحو الجودة عمله فى قسم الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية، ومحاضراً فى العديد من الجامعات الأمريكية فى مرحلة الدراسات العليا، ومن بين أعماله الجديرة بالتنويه فى هذا التعريف الموجز لهذا العالم أنه فى عام 1938 حينما قام صديقه دكتور والتر شيوهارت بالقاء أربع محاضرات فى قسم الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية، فإن دكتور ديمينج ساعده فى صياغة هذه المحاضرات ونشرها فى كتاب بعنوان "الأسلوب الرياضى من وجهة نظر الجودة".

فى نهاية الاربعينات وبداية الخمسينات من القرن المنقضى، قام العالم الأمريكى وليام إدوارد ديمينج William Edwrad Deming فى عام 1947 بزيارة لليابان باعتباره مستشاراً لإدارة الحرب الأمريكية ، ثم عاد إليها فى أعوام 1950، 1951، 1952، 1955، 1956 بعد الحرب العالمية الثانية بناءً على طلب الحكومة اليابانية و بدعوات من رجال الأعمال ورواد الصناعة اليابانيين للتعرف على أفكاره وآراءه ، ولمساعدة صناعاتها فى تحسين الإنتاجية والجودة ، وكان ديمينج - كاختصاصي متمكن ومستشار نابغة - ناجحاً فى مهمته

الى أبلغ حد، ويكفى ما ترددته دوائر الأعمال في اليابان من أن هذا العالم يعتبر صاحب الفضل الكبير عليها فيما يتعلق بتطوير أساليب الإدارة في مختلف أوجه نشاطها، وفي تحقيق التفوق الذي تحظى به الصناعة اليابانية حتى اليوم، مما أهله أن يلقب "بالأب الروحي للجودة ورقابتها" في اليابان، وأن يحظى ديمنج من إمبراطور اليابان بالتكريم والاحترام على "النیشان المقدس" من الطبقة الثانية الذي يطلقون عليه "Scared Treasure"، لكن الاعتراف بنبوغه في هذا المجال تأخر كثيراً في بلده (الولايات المتحدة الأمريكية) وذلك برغم تحدّثه عن طرق تحسين الجودة بوضوح وسلاسة، بسبب تجاهله من قبل قادة الصناعة في أمريكا في أوائل الأربعينات.

في الخمسينات وبعد أن تقبل قادة الصناعة في اليابان أفكار ديمنج حول الجودة تبنت معظم الشركات اليابانية بسرعة كبيرة مبادئ ديمنج لرعاية الجودة وأصبح الموظفين على ارتباط وثيق بالعمل فقد تم نصب العديد من الجوائز تقدم للمنشآت التي تم تحسين وتطوير الجودة فيها حيث تم تأسيس جائزة عام 1951م عن طريق الإتحاد الياباني للعلماء والمهندسين أطلق عليها "جائز ديمنج للجودة" وتعد هذه الجائزة - حتى اليوم- من أهم الجوائز اليابانية في مجال الجودة.

ويرى ديمنج أن الجودة عبارة عن " تخفيض مستمر للخسائر وتحسين مستمر للعمل في جميع النشاطات" وقد تحدث عن العديد من جوانب الإدارة وكيف نقوم بتحسين مستويات أدائها فالإدارة بالنسبة له هي المسئولة عن فهم حيثيات العمل ونظامه وتماسك وثبات إجراءات العمل ودعم عملية التحسين والتطوير المستمر، وأشهر ما قدمه ديمنج لمجال الجودة أنه حدد إمكانيات الوصول للجودة من خلال ستة محاور رئيسية وهي:

- المحور الأول: مبادئ ديمنج الأربعة عشر لإدارة الجودة الشاملة
- المحور الثاني: الأمراض السبعة المميتة أو القاتلة
- المحور الثالث: المعوقات الستة عشر
- المحور الرابع: المناخ الجيد
- المحور الخامس: نظام المعرفة العميق
- المحور السادس: تطوير عجلة شيوارت/ديمنج (The PDCA Cycle)

المحور الأول: المبادئ الأربعة عشر لإدارة الجودة الشاملة وهي كالآتي:

1. تحديد هدف ثابت للمنشأة من أجل تحسين جودة منتجاتها وخدماتها، خلق نوع من التناسق وعدم التعارض بين الأهداف ، ويحتاج الأمر إلى شمولية تحسين الجودة، ويجب أن تكون لدى الإدارة رؤية طويلة المدى مبنية في النهاية على التحسين المستمر للعمليات، كما يجب تخصيص موارد لدعم الأبحاث والتدريب والتعليم المستمر لإنجاز الأهداف المنشودة.
2. تبني فلسفة جديدة لمفهوم الجودة، تركز على أن الأولوية القصوى هي رضا العملاء، والتكيف مع تلك الفلسفة الجديدة، فكوننا نعيش في عصر اقتصادي جديد، فلم نعد قادرين على الاستمرار في قبول وجود تأخير في الإنجاز، أو أخطاء، أو عيوب في الأداء البشري، ولقد أوجدت المنافسة العالمية منافسين جدد كما أوجدت وسائل مختلفة للحصول على مزايا تنافسية، ويتوقع العملاء الآن من المنتجين أن يقدموا للسوق كل ما هو ممتاز.
3. التوقف عن الاعتماد على التفتيش inspection بغرض تحسين الجودة، واستخدام الوسائل و المؤشرات الإحصائية لمراقبة العملية الإنتاجية وقياسها بدلا من ذلك، وأي شيء أقل من ذلك يكون مكلفا ويرفع السعر على المستهلك، ويجب البحث عن طريقة يمكن بها الحصول على مؤشر صحيح لمسببات الانحرافات في داخل العملية ثم البدء فوراً بالتحسين المعتمد على الطرق الإحصائية.
4. التوقف عن ممارسة فلسفة الشراء المعتمدة على الأسعار فقط (عدم ترسية الأعمال بناءاً على أقل عطاء)، وخلق علاقات طويلة الأجل مع الأطراف المتعاملة مع المنظمة، تقوم على الأداء بدلا من تحقيق أعمال وصفقات تقوم على أساس السعر ، إذ أن السعر المنخفض سيتحول بسهولة إلى تكلفة أعلى على المستهلك بعد أخذ باقي التكاليف في الاعتبار.
5. تبني التحسين المستمر لعملية إنتاج السلع والخدمات وذلك باستخدام الوسائل الإحصائية لمعرفة نوعية المشكلات واكتشاف مصادرها وإتاحة الفرص لحلها، ويرى ديمينج أن هناك مصدران فقط للمشاكل : العمليات والناس (الموظفون) ، ويقول إن 15% فقط من مشاكل الجودة يسببها الموظفون ويرجع الباقي للعمليات.
6. إيجاد التكامل بين الأساليب العلمية الحديثة ووسائل التدريب على رأس العمل (التدريب على الوظيفة التي يعمل ضمنها الفرد)، والنظر إلى التدريب على أنه استثمار في البشر، ويجب تركيز التدريب على تحسين أداء الموظفين للمهام

- الموكلة إليهم بأفضل الطرق الممكنة، وعلى تنمية قدراتهم لفهم و تصحيح انحرافات العمليات، وأي إجراء أقل من ذلك يكون حلاً مؤقتاً.
7. تحقيق التناسق بين الإشراف والإدارة باستخدام الطرق الحديثة في عملية الإشراف، واستبدال مبادئ التركيز على السلبيات وتعقب الأخطاء بمبادئ الإيجابية وروح التعاون البناء ، حتى يصبح الإفتخار بالعمل طموح كل فرد في الشركة.
8. البعد عن سياسة التخويف (الإحساس بعدم الإستقرار الوظيفي ، أو إمكانية التعرض للأذى، أو خصم الحوافز جزافياً) أو تهديد العاملين وتوجيه اللوم إليهم ، إذ لا يمكن إنجاز عمل فعال في وجود الخوف من السخرية أو العقاب، ويجب تشجيع الاتصالات الفعالة المبنية على روح الفريق وأن تكون في اتجاهين، كما يجب إتمام التغذية المرتدة من العامل إلى المدير ومن المدير إلى العامل، وأساس التحسين المستمر للعمليات هو التعاون والعمل كفريق في كل المستويات مع اقتسام الأهداف والحوافز بين كل من العامل والمدير.
9. القضاء على العوائق التنظيمية بين الأقسام المختلفة، وإزالة الحواجز الموجودة بينها أو داخلها، وتظهر هذه العوائق نتيجة ضعف الإتصال، وعدم وضوح المهمة الأساسية للمنشأة، والمنافسة والخوف ، والغيرة الشخصية، فيجب تغيير القناعات وتنظيم الفرق وتنفيذ التدريب على العمل بروح الفريق الواحد، فيحدث التعاون بين الأقسام والإدارات المختلفة ويظهر التناغم فيما تؤديه من أنشطة.
10. التخلي عن الإرشادات المتلاحقة التي تحدث على زيادة الإنتاجية دون تقديم وسائل محددة لها، وتقليل الشعارات والأهداف الرقمية التي قد تعوق الإنتاجية فهي لا تعبر إلا عن رغبات الإدارة وحدها، والتخلص من اللوحات وغير ذلك من وسائل الضغط وتشجيع التحسين عن طريق حث العامل على المبادرة الفردية والمساهمة الطوعية الذاتية.
11. التخلص من مفهوم الحصص الرقمية للإنتاج ، وتقليل الإجراءات التي تتطلب تحقيق نتيجة محددة من كل موظف على حدة، والتركيز بدلاً من ذلك على تكوين سلوك الفريق داخل العمل، والإهتمام بالكيف لا بالكم، إذ أن الإجراءات التي تتطلب نتيجة رقمية محددة من عامل ما بمفرده ستخلق في النهاية الجو الملائم لارتكاب الأخطاء لتحقيق تلك الحصص.

12. إزالة العوائق التي تقف في وجه الاعتزاز بنوعية العمل، و تنحية العوائق الموجودة بين العامل وبين حقه في أن يفخر بعمله، وعندما تسود روح الفريق جو العمل وتستمر فإن العامل سوف يعرف تماماً ما هو دوره المتوقع منه، وسيساعد ذلك على رضا العامل عن عمله وزيادة ولاءه لشركته.

13. تأسيس و تطوير برنامج قوى لتعليم وتدريب العاملين على مهارات جديدة، وتشجيع التنمية الذاتية، وذلك ليتمكن كل موظف من العمل ضمن فريق يشعر معه بالقيمة ، ويأنس فيه الرضا في محيط العمل.

14. قيادة المنظمة نحو التغيير ، وتشجيع كل فرد داخل مكان العمل على أن يخصص جهده من أجل التطوير، واتخاذ الإجراءات اللازمة لتحقيق عملية التحول من خلال تطبيق محتويات النقاط الثلاث عشر الأنفة الذكر، وتحقيق أفضل النتائج عندما تحل الطريقة الجديدة المبنية على التحسين الذى لا يتوقف محل الطريقة الحالية المعتادة بهوء، ويستمر تطبيق الطريقتين معاً لفترة من الوقت ثم يتم بعدها تنحية الطريقة القديمة.

وبالنظر إلى الأربعة عشر نقطة السابقة لديمينج نجد أن بعضها يجب التحلى بها وهى سبع نقاط، وبعضها يجب التخلي عنها وهى أيضاً سبع نقاط.

المحور الثاني: الأمراض السبعة المميتة أو القاتلة

من مبادئه السابقة، وأيضاً من خلال قربه من مراكز الصناعة الأمريكية ومعرفته العميقة بواقع المنشآت الأمريكية أدرك ديمينج أن هناك سبع مشكلات خطيرة جداً أطلق عليها "السبعة المميتة أو القاتلة" والتي تعوق عملية تحسين وتطوير الجودة وهذه المشكلات هي:

1. غياب الغاية الثابتة والهدف المستقر لتحسين الخدمة والمنتج لدى المنشأة، و الفشل في توفير موارد بشرية ومالية مناسبة لتدعم الهدف في تحسين الجودة

2. تركيز المنشأة على الأهداف والمكاسب قصيرة الأجل والأرباح التي يحصل عليها المساهمون.

3. عجز الإدارة نتيجة التنقل المستمر بين الوظائف، والتغيير المستمر والسريع في القيادات الإدارية، وعدم الثبات في مكان واحد .

4. تقييم الأداء وإعداد التقييم السنوي ، حيث يجب فهم أسباب تدنى الأداء والانحراف بدلا من اعتبارها نتائج .
5. استخدام الإدارة للمعلومات المتاحة بصورة سطحية، دون الاهتمام بتحليل هذه المعلومات لتحسين العمليات.
6. الارتفاع المستمر للتكاليف الطبية والعناية الصحية.
7. الارتفاع المستمر لتكاليف الالتزام والديون المعدومة والمصاريف القانونية العالية.

المحور الثالث: المعوقات الستة عشر

1. الأمل بالحلول الفورية.
2. الحلول الافتراضية.
3. البحث عن الأمثلة للمشاكل.
4. التعليم الخاطئ بالمدارس.
5. التعليم السيئ للطرق الإحصائية.
6. الانطلاقات الفاشلة.
7. استخدام المعايير العسكرية بالمصانع.
8. الاستخدام السيئ للحاسوب الآلي.
9. نقص النماذج.
10. الافتراض بضرورة فقط مطابقة المواصفات.
11. مغالطة مبدأ صفر عيب.
12. الحاجة لتوافر الجهود.
13. عدم دعم الإدارة العليا.
14. العمل الانفرادي.
15. النظر للربح القصير.
16. عدم تطبيق نظرية تحسين الجودة.

المحور الرابع: المناخ الجيد

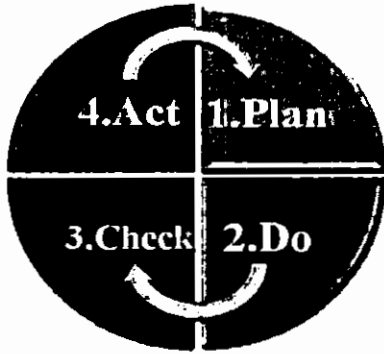
إن المناخ الجيد الذي يكون فيه العمال والإدارة يجمعهم التفاهم وعدم الخوف من أن التحسين الذي يؤدي إلى زيادة الإنتاجية قد يجعل الإدارة تستغني عنهم، فإن المنشأة عليها أن ترعى عمالها، وتوفر لهم المناخ المناسب للإبداع، وتغرس في ثقافتهم أن الجودة إن كان لها في المنشأة وجود فبايديهم واستمرارها يكون بهم، وكذلك لابد من توفر الأدوات المساعدة للقيام بالجودة من هدوء واستقرار ونظم الاتصالات بين إدارات المنشأة المختلفة.

المحور الخامس: نظام المعرفة العميق

حيث يرى ديمينج أن المنشأة التي تطمح إلى أن تتبنى فكر الجودة وبالتالي تحسين الإنتاج لابد أن يتوفر لديها نظاماً معرفياً عميقاً تعتمد عليه بحيث تكون جميع القرارات في إدارة الجودة مبنية على المعرفة المستقاة من البيانات والدراسات والإحصاءات، كما يرى أن المنشأة التي تتبنى فكر الجودة لابد لها من أن تتبنى نظرية علم النفس والذي يهدف إلى تفهم سلوكيات العاملين ورغباتهم بهدف الوصول إلى إرضاء العامل من أجل عطاء أحسن.

المحور السادس: عجلة ديمينج (The PDCA Cycle)

تشمل عجلة ديمينج المبينة بالشكل رقم (2-2) على أربعة نشاطات يتم القيام بها بشكل دوري دون أي توقف بحيث ترتبط بين المنتج أو الخدمة وبين حاجة المستهلك في ضوء الموارد المتاحة للمنظمة، وهذه النشاطات هي:



1. خطط (Plan) للتحسين أو لمعالجة المشكلة.

2. نفذ (Do) الخطة على نطاق ضيق للتجربة.

3. افحص (Check) فعالية التطبيق في النطاق الضيق.

4. باشر (Act) العمل وفق الخطة.

وعجلة ديمينج تعتبر من أهم المبادئ التي قامت عليها فلسفة ديمينج لتبني نظام الجودة في أي منشأة ويطلق عليها أيضاً (دورة التعليم والتحسين) وهي تركز على النشاطات الأربعة السابقة، حيث يرى أن المنشأة التي ترغب في التحسين لابد لها من إتباع هذه الدورة ثم تعيدها من جديد من الخطوة الأولى بعد المعرفة الجديدة وتتحرك إلى الأمام.

ويرى ديمينج كذلك أن الجودة لا بد أن تكون نقطة الارتكاز لأي منشأة من خلال التزام الموظفين والعاملون بالإدارة بالمنظور طويل الأجل، وأنه من مسؤوليات الإدارة العليا تبني فكرة تطوير السياسات والإجراءات، والعمل على تهيئة موظفيها لتقبل التغيير والتطوير المستمر وإدراكهم لمسؤولياتهم الإدارية والفنية.

كما ركز ديمينج أيضا على أن تكون العلاقة مع الموردين مرتكزة على الجودة وليس على الأسعار المنخفضة، وأشار على أهمية وجود تطوير مستمر في طرق اختبار الجودة وتفهم أكثر لاحتياجات وتوقعات المستفيدين.

وأخيرا فقد أكد ديمينج على أهمية معرفة علم الإحصاء وخاصة الطرق الإحصائية البسيطة التي تساعد صناع القرار في اتخاذ الطريق أو المسار الصحيح الأمثل، وتحديد أنواع الانحرافات خلال عملية الإنتاج، و كما أكد على أهمية الجانب الإنساني في العملية حيث أنه حث الإدارة على معرفة الطرق التي تعمل على تحفيز العاملين وحثهم على رفع مستوى أداء العمل.

جوزيف جوران Joseph M. Juran:



ولد جوزيف جوران عام 1904م في رومانيا وقدم إلى الولايات المتحدة الأمريكية عام 1912م وتخرج من كلية الهندسة بجامعة (مانيسوتا) عام 1924م والتحق بجامعة نيويورك وعمل فيها كأستاذ جامعي وفي نفس الوقت عمل في إدارة التفتيش والمعاينة التابعة لشركة هوثورن الكهربائية ، وكما حدث لديمنج فقد تأخر اكتشاف جوران والاعتراف به من قبل الشركات الأمريكية، وفي عام 1950م زار اليابان إثر دعوة من نقابة العلماء والمهندسين اليابانيين، ألقى فيها عددا من

المحاضرات تناولت عمليات التخطيط والتنظيم والرقابة واستخدام الإحصاء في السيطرة على الجودة، والتحسين المستمر لكل مجال من مجالات جودة المنتج، وأهمية التأكيد على مسئولية الإدارة في تحقيق الجودة وضرورة وضع الأهداف، وعمل كذلك مع العديد من العلماء اليابانيين وأستطاع تقديم خدمة لليابان تكمن في معاونتها للتكيف مع أفكار الجودة واستخدام الأساليب الإحصائية التي تم تصميمها لتطبيق نظم الجودة.

قام بتأليف العديد من الكتب والمقالات العلمية التي تتحدث عن الجودة تلقاها المختصون باهتمام كبير ومن أهمها كتابه مراقبة الجودة Quality Control Handbook في عام 1951م، ثم قام في عام 1979م بإنشاء وتأسيس معهد متخصص في إدارة الجودة أطلق عليه "معهد جوران" بالولايات المتحدة الأمريكية.

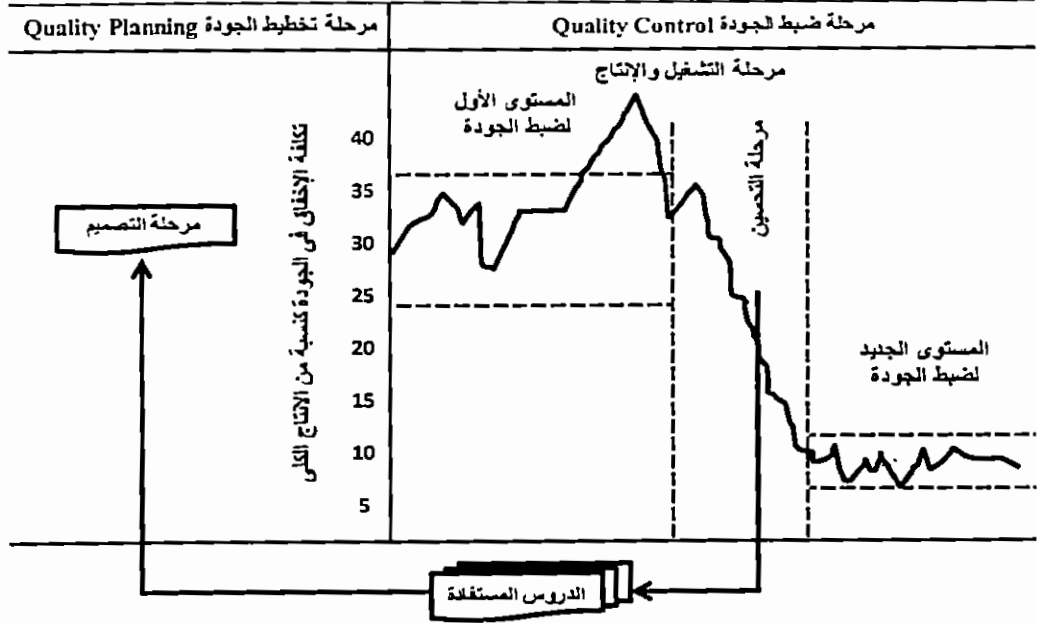
وأشهر ما قدمه جوران لمجال الجودة أنه حدد إمكانية الوصول للجودة من خلال محورين أساسيين هما:

- المحور الأول: ثلاثية جوران لإدارة الجودة الشاملة.
- المحور الثاني: مبادئ جوران العشرة لتحسين الجودة.

المحور الأول: ثلاثية جوران لإدارة الجودة الشاملة.

على غرار ما قدمه شيوارت وديمنج في دورة شيوارت / ديمنج للتعليم والتحسين المستمر وكما في لقاح الجودة الواقعي لدى كروسبي فإن جوران قدم فلسفته في تحسين وتطوير نظم الجودة بتطوير نموذج يساعد على تطبيق نظام الجودة في المنشآت أطلق عليه "ثلاثية

جوران للجودة "Juran Trilogy" حيث لخص فيه رؤيته للجودة حيث يحتوي النموذج على ثلاث مراحل مختلفة (التخطيط للجودة - ومراقبة الجودة - وتحسين الجودة)، وكانت هذه المراحل الثلاث تستخدم سابقا في إدارة وتخطيط الجوانب المالية ومراقبتها وتحسينها ثم قام جوران بعد ذلك بتطويرها وتطبيقها على نظام الجودة



ويرتكز مفهوم تحقيق الجودة عند جوران في ثلاثيته على ثلاث مراحل أساسية، لا غنى لبعضها عن البعض، ولا تتحقق نتائجها إلا بتبنيها جملة وتطبيقها تفصيلا وهي كما يلي:

1. **مرحلة تخطيط الجودة "QP":** وهي أولى مراحل ثلاثيته أو نموذجها الذي يساعد في تطبيق الجودة، وفيها يتم التركيز على وضع الأهداف المستقبلية للمنشأة، تتزامن هذه المرحلة مع مرحلة التصميم، حيث تقوم إدارة المنظمة برصد العملاء والمستهلكين أو المستفيدين من الخدمة المقدمة، وتحديد متطلباتهم ورغباتهم واحتياجاتهم وتوقعاتهم في المنتج أو في الخدمة، والاعتماد على هذه المعلومات أثناء تصميم ذلك المنتج أو تلك الخدمة، ومن ثم توفير الموارد المختلفة من موارد مادية أو بشرية، ووضع النظم والإجراءات وتخطيط العمليات اللازمة لتحقيق هذه الرغبات وتلبية تلك المتطلبات، أي يتم تنفيذ ما يلي.

- تحديد من هم العملاء الداخليين (Internal Customers).
- تحديد من هم العملاء الخارجيين (External Customers).
- تحديد احتياجات العملاء.

- إنشاء و تطوير خصائص المنتج الذي يفى بحاجات العميل.
- خلق و تطوير العمليات القادرة على إنتاج خصائص المنتج.
- نقل و تحويل العمليات و خطط الإنتاج إلى قوى التشغيل

2. مرحلة ضبط الجودة والتحكم فيها "QC" Quality Control: وفي هذه المرحلة تقوم الإدارة بتنفيذ ما تم تخطيطه في المرحلة السابقة ، وهذه المرحلة تسمى مرحلة التشغيل Operation phase وفيها تكون المنتجات جاهزة لمستخدمها أو مستهلكها، وتصبح الخدمات متاحة لطلبها أو متلقيها، ومع بدء الإنتاج فإنه من غير المتوقع أن تكون هذه التصميمات متقنة بدرجة تضمن تحقيق الجودة المطلوبة بنسبة مئة في المئة من أول مرة، وإنما تنتج أو تقدم بنسب متباينة من العيوب - يقصد بالعيوب كل مالا يرضاه العميل - ويتم رصد وتحديد هذه العيوب عن طريق مراقبة العمليات Process Control والتي تبدأ بتحديد الخصائص التي نود مراقبتها ، ثم وضع آلية للقياس ، ثم قياس هذه الخصائص، ومقارنتها بمواصفات المنتج (التي تم تحديدها في مرحلة التخطيط) وتقييم الأداء العام لاتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة للسيطرة على العملية في حال وجود أي خطأ ، ، أى يتم تنفيذ ما يلي.

- تقييم الأداء الحالي (الفعلي) للتشغيل.
- مقارنة الأداء الحالي بالأهداف.
- إتخاذ إجراءات تصحيحية حال حدوث انحرافات.

3. مرحلة تحسين الجودة "QI" Quality Improvement: إن رغبة الإدارة في التخلص من العيوب وتقليل الانحرافات عما كان مخططاً له لهو أهم أحد الدوافع التي تجذب الشركات والمنظمات نحو التميز والتفرد، وهو ما يتم في هذه المرحلة، فظهور العيوب والانحرافات -بالرغم من كونه حدثاً غير مرغوب فيه- هو ما يلتفت أنظار الإدارة إلى أوجه القصور، ويدفعها إلى التركيز عليه عن طريق تقنيات ضبط الجودة، وذلك بقصد تحديد الأسباب المؤدية إليه وبحث سبل وطرق التقليل والتخلص منه . ويعد ذلك فرصة جيدة للمنظمة بأن تتطلق في عملية التحسين المستمر للجودة ، حيث يقوم الفريق القائم على العملية بالبحث عن الأنشطة والعمليات التي تحتاج إلى تحسينات ، ثم رصد و بحث أسباب انحرافها و عيوبها ، ثم اتباع الطرق العلمية للتخلص منها، ووضع الآليات والإجراءات لمتابعة ومراقبة الأداء أجل الحفاظ على المكاسب والتغييرات والتحسينات التي تم تحقيقها في المنشأة، وهكذا حتى تصل المنتجات والخدمات إلى المستوى المنشود من الجودة.

وتتزامن المرحلة الثالثة من هذه المراحل مع عملية تغذية عكسية Feedback لطاقتهم

التصميم بالدروس المستفادة من علميات التحسين وذلك لتعديل التصاميم والاجراءات مما يساعد ايجابا في رفع مستوي جودة المنتج أو الخدمة وبالتالي خفض تكاليف الإخفاق وتقليل نسب العيوب والأخطاء، أى يتم تنفيذ ما يلي.

- خلق الوعي بالنسبة إلى الحاجة للتحسين.
- جعل تحسين الجودة جزء من كل توصيف وظيفي.
- إنشاء البنية التحتية.
- توفير التدريب على كيفية تحسين الجودة.
- مراجعة التقدم بصفة دورية.
- تكريم المتميزين والاعمال الخلاقه.
- النشر والإعلان عن النتائج.
- مراجعة نظام المكافآت.
- المحافظة على التحرك باستمرار عن طريق توسيع خطة العمل لتشمل أهداف تحسين الجودة.

المحور الثاني: مبادئ جوران العشرة لتحسين الجودة.

وقد أكد جوران على أهمية وجود فرق عمل لحل ومعالجة بعض المشاكل التي تظهر أثناء العمل، وركز على ضرورة مشاركة جميع العاملين في المنشأة في هذه الفرق بعد تأهيلهم لذلك، وهو يرى أن أي مؤسسة تريد أن تحسن الجودة فعليها بالمبادئ العشرة التالية:

1. ضمان وعى جميع العاملين بأهمية التطوير، و اعتبارا الجودة جزء من جدول أعمال كل إدارة عليا، وزيادة درجة الوعي لدى الموظفين بأهمية فرص عملية التحسين وتحديد احتياجاتها.
2. تحديد و نشر أهداف خاصة بالجودة وبعملية التحسين بين المستويات التي تقوم فعلا بالعمل، مع دمج هذه الأهداف بخطط العمل.
3. ضمان أن أهداف الجودة موضوعة على عمليات وإجراءات المنظمة، و إنشاء الهيكل التنظيمي من أجل تحقيق تلك الأهداف ، فمثلا يمكن تكوين مجلس للجودة النوعية يقوم بتحديد المشكلات واختيار المشاريع وتعيين أعضاء فريق العمل وتعيين منسقين للجودة.
4. الاهتمام بعملية التدريب لجميع المستويات لأن عملية التغيير لا يمكن أن تتم في وقت قصير، ويجب أن يكون التدريب قائما على أساس النتائج التي يحققها وليس

- على أساس كونه أداة أو وسيلة فقط، كما يجب أن يكون هدف التدريب متركزا حول تعديل السلوك وليس التعليم.
5. الاهتمام بتنفيذ مشاريع تعمل على مساعدة المنشأة في حل المشاكل التي تعرقل تطوير الجودة.
6. الاهتمام بتقديم تقارير دورية وشاملة عن الوضع الحالي للمنشأة، وقيام الإدارة العليا بانتظام بمراجعة التقدم في ضوء الأهداف المحددة، وذلك للوقوف على مدى تقدم مسيرة الجودة.
7. تشجيع العاملين وحثهم على تحسين أدائهم وذلك من خلال تقديرهم ودعمهم معنويا، والثناء على ما يقدمونه من خدمات وإسهامات مميزة للجودة، والتأكد من نشر ذلك بين كل العاملين على المستويات المختلفة للمنظمة.
8. التركيز على عملية الاتصال بين الأقسام في المنشأة والاهتمام بعملية التغذية العكسية كوسيلة لتوصيل نتائج الإسهامات المميزة للجودة للأقسام المعنية.
9. قياس جميع العمليات والتحسين، مع التركيز على أهمية توثيق النتائج وتسجيلها في صورة رسم بياني.
10. التأكد من أن جميع عمليات التحسين المستمر على الجودة وإنشاء أهداف جديدة للجودة تتطابق مع نظام الإدارة.
- ويرى جوران من واقع ممارسته لنظم إدارة الجودة الشاملة أن ما يقارب من 80% من عيوب الجودة ناتج عن عوامل تستطيع الإدارة التحكم فيها، ولذلك يؤكد جوران أن على الإدارة العليا في أية منشأة الاهتمام بعملية التحسين المستمر للجودة وذلك من خلال تطبيق المحور الأول وهو نموذج ثلاثية الجودة، تخطيط الجودة، ومراقبة الجودة، وتحسين الجودة.
- وينظر جوران إلى الجودة من زاويتين:
- الأولى هي محاولة تخفيض معدلات الأخطاء و خلو المنتج أو الخدمة من العيوب.
- الثانية محاولة تحسين المنتج من حيث الشكل والمضمون ومن أجل تحقيق احتياجات وتلبية توقعات العملاء.
- ويرى جوران أن الاهتمام بهاتين الزاويتين سيساعد في تحقيق العديد من الأهداف ومنها:
1. زيادة رضا العميل.
 2. زيادة القوة التنافسية للمنشآت.
 3. انخفاض معدلات الأخطاء.

4. انخفاض معدلات الخسائر وزيادة الأرباح.

ويرى Guran كذلك ان تحقيق طفرة في الجودة وحل المشاكل يتطلب إتباع ثلاثة خطوات أساسية هي:

1. دراسة الأعراض.
2. تشخيص الأسباب.
3. وضع العلاج الملائم.

كما يرى ان التخطيط الاستراتيجي للجودة يجب ان يتم بصورة مشابهة لعملية التخطيط لمالكي المنشأة من خلال تحديد الأهداف طويلة وقصيرة الأجل وان توضع اولويات وان يتم مقارنة النتائج مع الخطط السابقة.

أرماند ف. فيجينباوم (Armand V. Feigenbaum)



هو أحد فلاسفة الجودة الأمريكيين ولد عام 1922م. تقلد منصب أفضل خبراء الجودة لدى شركة جنرال إلكتريك في مدينة نيويورك، وشغل منصب المدير التنفيذي لعمليات التصنيع لجميع فروع شركة جنرال إلكتريك في جميع أنحاء العالم. حصل على شهادة الدكتوراه من معهد ماسيوشوسيتس للتكنولوجيا ، ويعد من أهم فلاسفة الجودة الذين أسهموا في فكر الجودة المعاصر.

في نهاية عام 1956م قام فيجينباوم بكتابة إحدى المقالات استخدام فيها تعبير (الرقابة على الجودة الشاملة) لأول مرة، و عرض فيها فكرة الرقابة على الجودة الشاملة كنوع من أنواع الرقابة التي يمكن أن تستخدم في التوفيق بين متطلبات العملاء وزيادة التكاليف المترتبة على ذلك.

ويعتبر أرماند فيجينباوم Feigenbaum أول من تطرق إلى مفهوم الجودة الشاملة بعمق عام 1961 في كتابه الشهير مراقبة الجودة الشاملة (Total Quality Control) حيث عرف الجودة الشاملة بأنها " نظام فعال يهدف إلى تكامل أنشطة تطوير المنتج وإدامة

وتحسين الجودة التي تؤديها المجاميع المختلفة في المنظمة بما يمكن من تحقيق أكثر المستويات الاقتصادية في الإنتاج والخدمات والتي تؤدي إلى رضا العميل بشكل كامل ومستمر"، ويظهر في هذا الكتاب تأثيره بالمفهوم الياباني للجودة، و أوضح في هذا الكتاب (الذي ترجم إلى العديد من اللغات منها الفرنسية والاسبانية واليابانية والصينية) أن المسؤولية عن الجودة هي مسؤولية كل فرد في المؤسسة، أما الأنشطة الأخرى بما فيها مراقبة الجودة فمسئولياتها ثانوية، وأنه يجب التركيز على إنتاج وحدات جيدة - ابتداء - قبل أن يكون على اكتشاف الوحدات المعيبة - بالفحص - بعد ظهورها، واتخذ هذا المفهوم شعار " الجودة من المنيع"، ويعنى أن كل عامل أو موظف، أو سكرتير، أو مهندس، أو بائع، يجب أن يكون مسئولاً عن أداء عمله بجودة كاملة، وأكد على أن جودة المنتج أعلى أهمية من معدلات أو أحجام الإنتاج، ويكون للعاملين حق إيقاف الإنتاج وقت حدوث أي مشكلة في الجودة، كما بين أن "الجودة الشاملة تعنى التوجه بالتميز أكثر من التوجه بالعيوب" حيث أنها عملية استراتيجية تتطلب وعياً من قبل كل فرد في المنشأة. ولقد سارعت المصانع الأمريكية إلى تبني هذه الفلسفة لتدعم قدراتها التنافسية مع المصانع اليابانية، غير أن اليابانيين طوروا هذا المفهوم وكرسوا أنفسهم لهدف وأسلوب " لا أخطاء Zero defect " بدلاً من أسلوب مستويات السماح الذي يسمح بقبول نسب من الوحدات المعيبة ضمن حدود سماح معينة، ونجحوا في ذلك إلى حد كبير.

وصل فيجينباوم مثل ديمينج وجوران إلى نتائجهم من خلال العمل في اليابان وقد قدم نظاماً لدمج الجهود لتطوير والمحافظة وتحسين وتحقيق الجودة الشاملة للجودة من خلال ثلاث محاور أساسية هي:

- المحور الأول: تطبيق الخطوات الثلاثة اللازمة لتحسين الجودة.
- المحور الثاني: معرفة الأخطاء الأربعة القاتلة للجودة والقضاء عليها.
- المحور الثالث: تطبيق المبادئ التسعة عشر التي وضعها من أجل تحسين الجودة.

المحور الأول: تطبيق الخطوات الثلاثة اللازمة لتحسين الجودة عند فيجينباوم.

1. التركيز على القيادة في الجودة.
2. استخدام تكنولوجيا الجودة الحديثة باستخدام توكيد الجودة بدلاً من طرق الفحص التقليدية.
3. الالتزام التنظيمي واستمرارية التحفيز لجميع أركان المنشأة.

المحور الثاني: معرفة الأخطاء الأربعة القاتلة للجودة والقضاء عليها.

1. من الخطأ أخذ الجودة كموضة.
2. من الخطأ الاعتماد على الحكومات في حماية المنتجات، ولكن يجب الاعتماد على الجودة.
3. من الخطأ أن تنتج المنتجات في خارج الدولة من أجل تحقيق الجودة.
4. من الخطأ أن تقتصر الجودة على خط الإنتاج بل يجب توفرها في كل أجزاء المنشأة.

المحور الثالث: تطبيق المبادئ التسعة عشر لتحسين الجودة.

1. تطبيق مراقبة الجودة على كل المنشأة.
2. أن تختار المنشأة بين نوعين من الجودة، الجودة برفاهية أو الجودة العادية.
3. الرقابة.
4. التكامل.
5. الجودة تؤدي إلى زيادة الأرباح.
6. الجودة عبارة عن شيء متوقع، وليس عبارة عن رغبة. ويعنى بذلك أن تكون جزءاً أساسياً من المنتج.
7. يؤثر الأفراد في الجودة حيث أن أعظم تحسينات الجودة تأتي من تحسين الأفراد للعملية وليس بإضافة آلات.
8. مراقبة الجودة الشاملة لجميع المنتجات والخدمات.
9. مراقبة الجودة دورة حياة كاملة وشاملة، (أي من بدأ التصميم وحتى المنتج الخارج).
10. التحكم في العملية.
11. يمكن تعريف نظام الجودة الشاملة: على أنه نظام العمل المتفق عليه في كل أنحاء المنشأة ويوفر هذا النظام مراقبة مستمرة ومتكاملة لكل الأنشطة الرئيسية ويجعل المنشأة منظمة واسعة المدى.
12. الفوائد: وهي التي تنتج من برامج الجودة الشاملة، وهي عبارة عن التحسينات في جودة المنتج والتصميم والتقليل في نفقات التشغيل والفاقد وتحسين معنويات العاملين وتقليل الاختناقات في خطوط الإنتاج.
13. تكلفة الجودة: وهي وسائل لقياس أنشطة مراقبة الجودة الشاملة، وتشمل التكلفة الوقائية، وتكاليف التقييم، وتكاليف الفشل الداخلي والفشل الخارجي.
14. التنظيم لمراقبة الجودة: حيث الجودة تعتبر وظيفة كل فرد في المنشأة.
15. تعيين مدربين للتدريب على الجودة ولا يكون عملهم البحث عن الأخطاء.
16. الالتزام المستمر لبرنامج مراقبة الجودة الشاملة وعدم اعتباره تحسيناً مؤقتاً أو مشروعاً لتقليل تكلفة الجودة.

17. استخدام الأدوات الإحصائية عندما يكون استخدامها مفيداً.
18. الميكنة الآلية ليست علاجاً لجميع المشاكل، فيجب التأكد من أن أنشطة التوجه بالفرد تم تطبيقها قبل الاقتناع بأن الميكنة الآلية هي الحل، حيث أنها معقدة وقد تصبح كابوساً حقيقياً في التطبيق.
19. يجب أن يكون الشخص الذي يخلق المنتج أو يوفر الخدمة قادراً على التحكم في جودة المنتج أو الخدمة ولا بد من تفويض السلطة إذا كان ذلك ضرورياً.

فيليب كروسبي Philips. B. Crosby



ولد فيليب كروسبي في عام 1926م في مدينة ويلنج غرب ولاية فرجينيا، بدأ حياته العملية في عام 1952م حين التحق بالعمل في شركة كروزلي بولاية إنديانا الأمريكية ، وبعد عمله في العديد من الوظائف أصبح كروسبي مديراً للجودة في مشروع صواريخ (بيرشينج) في شركة (مارتن ماريتا) في الفترة من 1965م إلى 1979م ، ومن خلال عمله في هذا المشروع تطور تفكيره وركز جهوده على أساليب تطوير الجودة وتحسينها وتخفيض التكاليف الخاصة بها.

ويرى فيليب كروسبي أن الجودة الرديئة تبلغ تكلفتها 20% من العائد، ويرى كذلك أنه من الممكن تجنب هذه التكلفة بتنفيذ وممارسة جودة سليمة، وقد ركز في برنامجه لإدارة الجودة على التشديد والتركيز على المخرجات وذلك عن طريق الحد من العيوب في الأداء حيث أنه أول من نادى بفكرة "صناعة بلا عيوب" (Zero Defect)، أي إخراج منتج بلا عيوب، وهو ما يعني عدم القبول بالعيوب مطلقاً، ويؤكد كروسبي أن هذا البرنامج لا يعني أن العاملين لا يخطئون ولكنه يعني أن المنشأة يجب أن تتوقع عدم خطأ العاملين وهو يؤمن بأنه إذا لم يتم تحقيق مستوى صفر من العيوب فلن نستطيع تحقيق هذا الهدف على الإطلاق.

وفي عام 1979م أصدر كروسبي كتابه الأول الجودة مجانية Quality is Free الذي لاقى رواجاً كبيراً حتى أصبح من أكثر الكتب مبيعاً في ذلك الوقت، وقام كروسبي على إثر ذلك بتأسيس كلية متخصصة للجودة، ويرى فيه كروسبي أن تحقيق الجودة لا يحتاج إلى تكاليف إضافية وإنما تكون من خلال تحسين العمليات وتجنب الأخطاء، وفيه ركز كروسبي على الدوافع والتخطيط أكثر من عمليات الرقابة الإحصائية للجودة، أو أساليب حل المشاكل،

و أكد فيه أن الجودة غير مكلفة لأن التكاليف الرقابية أو التي تمنع حدوث الأخطاء سوف تكون أقل من تكلفة الفحص والتوفيق والتصحيح والفشل.
وأشهر ما قدمه كروسبي لمجال الجودة أنه حدد إمكانية الوصول للجودة الشاملة من خلال أربعة محاور رئيسية وهي :

- المحور الأول: أربعة مبادئ في الجودة الشاملة "الأسس الأربعة".
- المحور الثاني: خطوات تحسين الجودة الأربعة عشر عند كروسبي
- المحور الثالث: لقاح الجودة الواقعي.
- المحور الرابع: مراحل تطبيق الجودة (الريية، و النكوص، و الصحة، والتنور، و اليقين).

المحور الأول: أربعة مبادئ في الجودة الشاملة "الأسس الأربعة":

1. يعرف كروسبي الجودة بأنها " المطابقة مع المتطلبات الأساسية" فيرى كروسبي أن على الجهاز الإداري والفني في المنشأة الالتزام بمطابقة السلعة أو الخدمة المقدمة مع المعايير الأساسية التي تم وضعها كأحد المتطلبات الجوهرية لتحسين مستوى الأداء.
2. نظام الجودة بالنسبة للموردين الذين يحاولون استيفاء متطلبات العملاء وتلبية احتياجاتهم يتمثل في التنفيذ الصحيح لمتطلبات الجودة في المرة الأولى التي يحاولون فيها تلبية تلك المتطلبات. ويؤكد كروسبي أن المنشأة التي تلتزم بهذا المبدأ سيكون عدد مراقبيها قليل لأن حينها سيكون كل فرد مسئول عن عمله ولن يكون هناك من يراقبه أو يتصيد له الأخطاء، كذلك يؤكد على أن نجاح نظام الجودة يتم عن طريق الوقاية وليس التقييم، أي عن طريق وضع مجموعة من المعايير والتي لا تقيس الخلل فقط وإنما تقيس التكلفة الإجمالية للجودة.
3. تقاس الجودة من خلال تكلفة عدم المطابقة، وليس من خلال المؤشرات.
4. الأداء القياسي يحقق مستوى صفر من العيوب والأخطاء وقد نادر كروسبي بأن فكرة منتج بلا عيوب قد تكون هدف أساسي أو نهائي لذلك فيمكننا القول أن التفوق في الأداء هو المستوى الخالي من العيوب.

5. معيار إنجاز الجودة هو العيوب الصفرية، أى أن قياس الجودة هو تكلفة الجودة ذاتها، فتكلفة العيب أو الخطأ إذا تم إصلاحه لها تأثير ايجابي مباشر على الأداء النهائي وكذلك على علاقة العملاء. لذلك يجب أن تكون هناك تدريبات تساعد على تلافي هذه الأخطاء .

المحور الثاني: خطوات تحسين الجودة الأربعة عشر عند كروسبي

1. التزام الإدارة العليا الثابت بالجودة: وهي أن تفهم الإدارة العليا حاجتها إلى الجودة، وتوصل هذا الفهم إلى جميع عمال المنشأة، بحيث يغير كل عامل أدائه وفقاً لاحتياجات المنشأة والعميل، وتكون هذه السياسة معلنة ومكتوبة.
2. تكوين فرق لتحسين الجودة: يتم تشكيل فرق لتحسين الجودة تتكون من ممثلين عن كل إدارة بهدف الحث على تحسين الجودة كل في إدارته بما يتبعه تحسين للجودة في كامل المنشأة.
3. استخدام القياس كأداة موضوعية للجودة: يتم تحديد كيفية القياس عند حدوث المشاكل الحالية والمحتملة، وذلك لكل عملية حتى يمكن تحديد المجال الذي يحتاج إلى تحسين.
4. تحديد تكلفة الجودة: وفيها يتم تقدير تكلفة الجودة وشرح استخدامها كأداة من أدوات الإدارة، من أجل تحديد أي مجال الذي يؤدي التحسين فيه إلى زيادة الربح.
5. زيادة الوعي بأهمية الجودة : رفع وعي العمال بالجودة، بحيث يتفهم كل العاملين أهمية ملائمة الجودة وتكاليف ملاءمتها لاحتياجات العملاء.
6. اتخاذ الإجراءات التصحيحية: اتخاذ الخطوات التصحيحية كنتيجة للخطوات الخاصة بقياس الجودة وتكلفتها المذكورة في الخطوات السابقة.
7. التخطيط السليم لإزالة العيوب في المنتج والوصول إلى "لا عيوب": وذلك بإنشاء لجنة من أجل برنامج التخطيط للوصول إلى لا عيوب في المنشأة.
8. التدريب: تدريب جميع العاملين كل فيما يخصه من برنامج تحسين الجودة، والتركيز على تعليم الموظفين وتدريب المشرفين على القيام بدورهم في تحسين الجودة

9. يوم اللا عيوب: يتم تنظيم يوم خاص باللا عيوب، لجعل جميع العاملين يدركون أن المنشأة لديها معايير جيدة للأداء وأن هناك تغيراً قد حدث، ولزيادة الوعي بأهمية شعار "صناعة بلا عيوب".

10. وضع الأهداف: تشجيع الابتكار الفردي وتحفيز الأفراد لتحقيق أهداف التحسين لأنفسهم وللمجموعات التي ينتمون إليها داخل التنظيم.

11. التخلص من أسباب الأخطاء القضاء العيوب: تشجيع العاملين لإعلام الإدارة بالمعوقات التي تمنعهم من أداء العمل الخالي من العيوب، وإزالة معوقات الاتصال الفعال.

12. المكافأة: وتكون باعتراف المنشأة وتقديرها وتكريمها لكل من يعمل على تحقيق أهداف الجودة، وكان لهم جهوداً غير عادية في تطوير وتحسين الجودة.

13. تكوين مجالس للجودة: يتكون مجلس إدارة الجودة من المهنيين ومجموعة من الرؤساء، وتكون مهمته الاتصال الدائم والتنسيق مع أعضاء فرق تحسين الجودة، لمشاركة الخبرات، وحل المشاكل، وطرح الأفكار.

14. الاستمرار في عملية تحسين الجودة وذلك عن طريق تكرار الخطوات الثلاثة عشر السابقة من أجل التأكيد على عمليات تحسين الجودة المستمر الذي لا نهاية له، ولكي تعطي الموظفين تشجيعاً مستمراً لإزالة معوقات الجودة وتحقيق أهداف المنشأة.

المحور الثالث: لقاء الجودة الواقعي عند كروسبي.

يرى كروسبي أن على المنشأة أن تتبنى لقاءاً واقعياً ليحمي الجودة من الأمراض التي يمكن أن تدمر برامج الجودة، وهذا اللقاء مبنى على ثلاثة محاور وهي:

1. - التحديد (التصميم).

2. - التعليم.

3. - التطبيق

المحور الرابع: مراحل تطبيق الجودة (الريية، النكوص، الصحوه، التتور، اليقين)

وفى كتابه الجودة مجانية Quality is Free تحدث كروسبي عن مراحل تطور عملية إدارة الجودة فى الشركات، ويهدف فى ذلك إلى مساعدة الإدارة و بسرعة فى تحديد

موضعها الحالي في نمو عملية إدارة الجودة و من ثم تحديد الوجهة التي ستسلكها ، وتتكون العملية من خمس مراحل تبدأ بالريبة و تمر بالنكوص و ترقى بعدها إلى الصحوه ثم يليها التتور لتنتهي أخيرا باليقين، و تقوم كل مرحلة بمراجعة تطور أو نضج مفاهيم الإدارة التالية: تعريف الجودة، و تحديد النظام المستخدم لتحقيقها، و إقامة معايير الأداء لها، و من ثم قياسها، وفيما يلي عرض لهذه المراحل:

المرحلة الأولى: الريبة DOUBT.

يكون للشركة على هذا المستوى توجه سلوكي يعتمد "الخوض مع الخائضين" كما يقال، و ذلك لرؤية الإداريين أو سماعهم عن عمليات في شركات أخرى، أو من خلال ارتباطهم بأحد "رواد" الجودة. و لا يتعدى تعريف الجودة في هذه المرحلة "كون الشيء جيدا"، أي أنها مجرد رأي، في حين يكون النظام مجموعة من معايير شهادات الأداء مثل "شهادة بولرج". و يقاس معيار الأداء بدوره كرد فعل على شكاوى العملاء، في حين يتم قياس الأداء من خلال الآراء الشخصية للمديرين .

المرحلة الثانية: النكوص REGRESSION.

تعزو الإدارة التقدم في هذه المرحلة إلى حيازتها على مجموعة مكتوبة من الإجراءات، أي تبنيتها مجموعة من الأنشطة بدل تبنى النتائج. و تعرف الجودة هنا على أنها "إبخال الحبور إلى قلب العميل"، و هو تعريف شخصي مجرد بعيد عن الواقع، في حين يحوي نظام الجودة في الأغلب التدريب الذي لا يؤثر في قاعدة الإنتاج، و يعرف معيار الأداء بدوره من خلال "مستويات الجودة المقبولة"، أو الجودة على المستوى المطلوب في صناعتك، ويكون القياس بمقارنة الأداء بالمنافسين، و الذي يتسم معظمه بالتحيز و عدم النزاهة .

المرحلة الثالثة: الصحوه CONSCIOUSNESS/ WAKEFULNESS.

تلاحظ الإدارة بعد الكثير من الإحباط و التكلفة بأن الأمور لم تتغير، و بأن على الشركة "أن تكون أفضل مما هي عليه". و يكون تعريف الجودة و معيار الأداء في هذه المرحلة "التحسين المستمر"، (و الذي قد يعني اقتراف عدد أقل من الأخطاء أو تعلم كيفية الأداء الصحيح)، في حين يكون النظام في الأغلب تطبيق معيار المنظمة العالمية للمقاييس 9000 (و هو مقياس عتيق لا يصلح للحاضر و لا للمستقبل)، أو معيار Mil-Q-9858 أو معايير بولرج، و تكييفها بشكل مصطنع كي تلائم المنظمة، و يكون قياس الجودة مرتبطا بشكاوى العملاء (و هذا يعني أنه يأتي كرد فعل بدل أن يستبق هذه الشكاوى و يمنعها من الحدوث).

المرحلة الرابعة: التنوير . ILLUMINATION/KNOWLEDGE

تقرر الإدارة أخيراً عند هذه المرحلة أن "تحزم أمرها حول الجودة"، و الذي يعني بالنسبة إلى كروسبي تخلي الإدارة عن الاعتقاد بوجود حكمة معلبة أو خطوات مبرمجة تقوم من تلقاء ذاتها بتعديل و تشذيب أداء المنظمة، و يتغير تعريف الجودة ليصبح "إرضاء العميل"، و الذي يضع المنظمة على الطريق الصحيح، غير أنه يعوزه التحديد الدقيق. ويلزم هذه التغيير تحول نظام الجودة إلى منطق "ماذا نريد معرفته في واقع الأمر؟" والذي تشرع فيه المنظمة بطرح الأسئلة الصائبة، ابتداء من تحديد المشكلات و تحديد أسبابها و منع هذه الأسباب من الحدوث. و يتحول معيار الأداء بدوره إلى ما يطلق عليه معيار " ستة انحرافات معيارية Six Sigma " و هو مؤشر للجودة و الامتياز .

المرحلة الخامسة :اليقين SURENESS.

يعني اليقين بأننا نعرف ماذا سيحدث. و تشكل عبارة "ما من سبب يدعونا إلى عدم الأداء بالشكل الصحيح". لسان حال المنظمة. و يكون تعريف الجودة "الإيفاء بالمتطلبات"، و نظام الجودة هو "الوقاية" (أي الأداء الصحيح من البداية)، في حين يكون معيار الأداء "العيوب الصفرية"، و تقاس الجودة من خلال "ثمن الإخلال بالمتطلبات". و يتحتم إجراء التقييم المستمر على هذه العملية و مراجعتها و تجديدها بصفة دورية.

فريدريك تايلور Frederick W. Taylor



ولد في عام 1856م لأسرة ثرية في فيلادلفيا بالولايات المتحدة الأمريكية، ولقد عارض أبواه رغبته في العمل كميكانيكي في أحد مصانع الحديد في ولاية فيلادلفيا ثم صار بعد ذلك مشرفاً، وأثناء عمله لاحظ انخفاض الإنتاجية وضياع الوقت والجهد والمواد دون تحقيق فائدة إنتاجية، وتعهد العمال المهرة للعمل ببطء عمداً، وتعمل وسرعان ما قام بإجراء التجارب الميدانية لدراسة كل من أوقات تنفيذ خطوات الأعمال وعلاقتها بالحركة، وطريقة توزيع وترتيب المعدات والآلات وظروف العمل وتأثير ذلك على زيادة الكفاءة الإنتاجية، وأوضح أنه يمكن حساب متوسط لانتاجية العامل، وأشار إلى أنه يمكن زيادة تلك المعدلات بزيادة الحوافز للعاملين، ونشر تجاربه بعد ذلك في كتابه المعروف بمبادئ الإدارة العلمية عام 1911م، قدم فيه سلسلة من مفاهيم دراسة الوقت والحركة والتي كانت حجر الأساس لتحسين العمل والانتاجية

وهكذا كان الفضل للعالم " تايلور" في أنه أول من حاول استخدام أساليب وطرق ومداخل جديدة للتحسين والارتقاء في مستوى أداء العمال الغير ماهرة في المؤسسات الصناعية، كما أنه وضع مجموعة من الأفكار والمفاهيم والتي أصبحت لاحقاً (خاصة أثناء الحرب العالمية الأولى) أساس للجهود المبذولة لتحسين مستوى الأداء في العمل، ويعتبر الأب الروحي للإدارة العلمية.

ومن أهم جوانب نظريته الإدارية هي :

1. المهمة اليومية: حيث يرى " تايلور" أنه يفترض أن يكون لكل فرد في كل منظمة أو منشأة مهمة واضحة ومحددة يقوم الفرد بإنجازها في أسرع وقت ممكن.
2. ظروف العمل القياسية الأساسية: فيرى أنه يجب أن تتوفر للفرد العامل أدوات وظروف قياسية أساسية تساعده في إنجاز مهمته اليومية.
3. المكافأة السخية: فعند انتهاء العامل من إنجاز مهمته المكلف بها بنجاح يرى "تايلور" أنه لا مانع من تحفيز العامل بمكافأة سخية نظير إنجازاته الناجح.

4. الجزء الرابع مقابل الفشل: فيرى " تايلور " أنه يجب أن يجازى الفرد الذي يفشل في إنجاز ما أوكل إليه من مهام ويجب أن يكون الجزاء مكافئاً على المستوى الشخصي للفرد.

وبمرور الوقت سرعان ما ظهر مناهضون لأفكار تايلور ومناصرون لحقوق العمال ينادون بتخفيض العبء عن العمال على مدار ساعات العمل ، إذ أن العامل لا يستطيع الإنتاج طوال فترة عمله اليومي بكفاءة عالية كما تطالب به مبادئ تايلور العلمية.

نماذج من العباقرة والعلماء اليابانيين:

استعانت الحكومة اليابانية بعد الحرب العالمية الثانية بعدد من الخبراء اليابانيين والأجانب في عملية تطوير القطاعات الإنتاجية المختلفة و كما طلبت الاستعانة ببعض الخبراء الأمريكيين لتطبيق طرق وأساليب مراقبة الجودة في قطاع التصنيع والتسويق وبالرغم من ذلك فإن معظم الفضل يعود لما يسميه اليابانيون في لغتهم " كايسن Kaizen " أو عملية التحسين المستمر للجودة لعدد من العلماء اليابانيين مثل كاورو إيشيكاوا، جنيشي تاجوشي و تايشي أونو .

كاورو إيشيكاوا Kaoru Ishikawa:



يعد إيشيكاوا من رواد الجودة اليابانيين، ولد عام 1915م ، كان والده (اشيرو) رئيساً لجمعيتين يابانيتين شهيرتين هما:

- الاتحاد الياباني للعلوم والهندسة
- اتحاد المنشآت الاقتصادية اليابانية.

ولقد ساعدته مكانة والده العلمية والعملية أن يلتقي بعدد كبير من العلماء من خارج اليابان وداخلها، وحضور المحاضرات القيمة التي كان هؤلاء العلماء يلقونها، تخرج

إيشيكاوا من جامعة طوكيو عام 1939م تخصص كيميائياً تطبيقية، وحصل في عام 1952م على جائزة ديمنج تكريماً له لإسهامه العلمي والعملية في تطوير مفهوم الجودة والطرق الإحصائية لتطبيقها.

ويعتبر اليابانيون إيشيكاوا الأب الحقيقي لحلقات الجودة، باعتباره أول من نادى بتكوين عدد من العاملين طوعاً وطره من 4-8 عاملين وتكون مهمتهم التعرف على المشاكل التي يواجهها العمل وطرح أفضل الطرق لحلها، وهو يرى أن تطبيق حلقات مراقبة الجودة من أهم الوسائل التعليمية لنشر مفهوم الجودة بين العاملين، وكما أن الجودة الشاملة تبدأ فعلياً بعملية التدريب والتعليم فهي أيضاً تنتهي بالتدريب والتعليم للموظفين، ويرى أيضاً أن الاستثمار في تدريب الموظفين خلال مدة عملهم في المنشأة يعد من أهم النشاطات الإدارية التي يجب أن تركز عليها الإدارة العليا.

وفي عام 1943م استنبط إيشيكاوا فكرة خريطة عظمة السمكة أو ما يطلق عليها بخريطة العلاقة بين السبب والنتيجة، فمن خلال هذه الخريطة تستطيع الإدارة أن تسلط الضوء على مشكلة قائمة في المنشأة ومن ثم تقوم بدراسة الأسباب الرئيسية والفرعية التي ساعدت في ظهور المشكلة، كما قام أيضاً بتطوير أساليب علمية وأدوات إحصائية يطلق عليها "الأدوات السبع" ويرى أن هذه الأدوات يمكنها مساعدة الموظفين والعاملين على تطبيق أسلوب إدارة الجودة الشاملة، ومن خلال استخدام هذه الأدوات لاحظ إيشيكاوا أن المنشأة يمكن أن تتحكم في أكثر من 95% من مشكلاتها، وقد قام بتصنيف أدوات الجودة الإحصائية إلى مجموعات وربط كل مجموعة بمستوى معين من العاملين كما يلي:

1. المجموعة الأولى: أدوات يمكن تعلمها وتطبيقها من قبل أي شخص في الشركة من أجل تقييم مشاكل الجودة، ومن هذه الأدوات (السبب والأثر، تحليل باريتو، خرائط مراقبة العمليات، المدرجات التكرارية، مخططات التشتت، وأدوات الفحص).
2. المجموعة الثانية: أدوات يمكن استخدامها من قبل المديرين وخبراء الجودة وهي تتضمن اختبار الفرضيات والعينات.
3. المجموعة الثالثة: أدوات تستخدم في حل المشاكل الإحصائية المتقدمة والمستخدم من قبل خبراء الجودة والمستشارين وهي تتضمن أدوات بحوث العمليات.

وركز إيشيكاوا على أهمية شمول مراقبة الجودة على خدمة ما بعد البيع، ومشاركة العاملين بكافة مستوياتهم في عملية مراقبة الجودة، وفي كتابه ما المقصود بمراقبة الجودة الشاملة What Is Total Quality Control? صاغ إيشيكاوا فلسفته في تحسين ومراقبة الجودة الشاملة على المبادئ التالية :

1. تبدأ الجودة بالتعليم.

2. الخطوة الأولى للجودة هي معرفة متطلبات العميل.
3. الوضع المثالي لمراقبة الجودة يتم عندما لا يكون الفحص ضرورياً.
4. إزالة السبب الرئيسي وليس الأعراض.
5. مراقبة الجودة هي مسئولية جميع العاملين في جميع القطاعات.
6. عدم الخلط بين الوسائل والأهداف.
7. وضع الجودة في المقام الأول.
8. التسويق هو المدخل والمخرج للجودة.
9. يجب على الإدارة العليا ألا تظهر الغضب عندما يقوم العاملون تحت رئاستهم بتقديم الحقائق إليهم.
10. يمكن حل 95% من المشاكل عن طريق الأدوات السبعة لمراقبة الجودة.
11. تعتبر البيانات التي لا تضيف معلومات على أنها بيانات خاطئة.
12. مفهوم التغيير والتحول من برنامج مراقبة الجودة الذي يعتمد اعتماد كلي على التفتيش إلى برنامج شامل يعتمد على النشاطات الداخلية مع الأخذ في عين الاعتبار أن العملاء جزء لا يتجزأ من عملية تحسين الجودة.
13. تحديد الطرق الرئيسية والخطوات الضرورية التي تساعد في التعرف على الأسباب الأساسية للمشكلة التي تواجهها المنشأة ومحاولة التخلص منها.
14. تحديد مجالات الجودة في السلعة أو الخدمة المقدمة التي يتقبلها العميل ويكون لديه الاستعداد لشراؤها.
15. مدى إمكان تطبيق برنامج مراقبة الجودة على مستوى المنشأة بحيث يشمل المراقبة الرأسية والمراقبة الأفقية للأقسام.
16. مدى إمكان استخدام الأدوات الإحصائية للجودة، على سبيل المثال : خريطة باريتو، المدرجات التكرارية، خرائط المراقبة، الخرائط الانسيابية.... الخ هذه الأدوات الإحصائية تساعد الإدارة في معرفة أبعاد المشكلة ومصادر الأسباب وبالتالي محاولة تقليل آثارها السلبية.

ولخص إيشيكاوا المبادئ الأساسية لمراقبة الجودة في النقاط التالية:

1. إن الجودة مبنية على وجهة نظر العميل.
2. إن الجودة تعتبر جوهر العملية الإدارية، ولا بد أن ينظر لها على أنها هدف طويل الأجل بدلاً من التركيز على الأرباح القصيرة المدى.
3. إن الجودة تعتمد على مشاركة العاملين والموظفين وحتى يتم تطبيق أسلوب إدارة الجودة لا بد من إزالة العوائق بين الأقسام المختلفة.
4. استخدام البيانات والمعلومات بواسطة الوسائل الإحصائية للمساعدة في عملية اتخاذ القرارات.

جينيشي تاجوشي (Genichi Taguchi)



ولد جينيشي تاجوشي (Genichi Taguchi) في عام 1924 في مدينة تاكاماتشي Takamachi اليابانية، وهي مدينة شهيرة لصناعة ثوب الكيمونو الياباني، لذا كان من الطبيعي أن يدرس هندسة النسيج، لإدارة أعمال عائلته في هذا المجال. وفي عام 1942 إهتم تاجوشي بدراسة علم الإحصاء تحت إشراف ورعاية البروفسور Masuyama، والذي كان يعد في ذلك الوقت من أفضل الإحصائيين .

وخلال الفترة من عام 1948 إلى عام 1950 وفي أعقاب الحرب العالمية الثانية عمل تاجوشي أستاذاً زائراً بمعهد الإحصاء والرياضيات (حيث تقابل مع العالم الأمريكي والتر شوارتز)، واكتسبت تقديراً واعترافاً لما قدمه من إسهامات للتجارب الصناعية المتعلقة بإنتاج البنسلين، وفي عام 1950م عمل بمختبر الاتصالات الكهربائية في الوقت الذي بدأت فيه مراقبة الجودة إحصائياً تكتسب شعبية في كبريات الشركات اليابانية.

وخلال تلك الفترة تنافس "مختبر الاتصالات الكهربائية" مع "مختبرات بيل للتليفون" لانتاج نظاماً للتحويل التليفوني لصالح شركة تي أند تي T&T اليابانية، ولقد منح هذا المشروع تاجوشي الكثير من الفرص لإجراء التجارب وتحليل البيانات، وبعد ست سنوات اكمل "مختبر الاتصالات الكهربائية" المشروع، كما أكملت "مختبرات بيل" نفس المشروع في الوقت نفسه تقريباً، إلا أن شركة تي أند تي اليابانية إختارت عرض "مختبر الاتصالات الكهربائية" بفضل جهود تاجوشي.

وخلال هذه الفترة و في عام 1960، قام تاجوشي Taguchi بتأليف كتاب " وتصميم التجارب" وكتاب " تحليل الاختبارات وتصميم التجارب للمهندسين"، وقد لاقى الكتاب الثناء رواجاً كبيراً وساعده في نيل جائزة "ديمينج" في اليابان لما قدمه من الإسهامات في هندسة الجودة، وبعد سنتين حصل على شهادة دكتوراه في العلوم من جامعة Kyushu University، وكتب طبعة ثانية من "تصميم التجارب" تضمنت بحثاً صناعياً عملياً، و ترك وظيفته التي كان يعمل بها في شركته ووقع معها عقداً جديداً كاستشاري لها، و بعد انضمامه إلى كادر الباحثين المنتسبين لـ "الجمعية اليابانية للمعايير"، أسس تاجوشي Taguchi فريق بحوث الجودة، ومنذ عام 1963م وحتى الآن يجتمع هذا الفريق شهرياً لمناقشة التطبيقات الصناعية.

وفي عام 1965م دعتة جامعة Aoyama Gakuin بطوكيو للتدريس بها، و بقي فيها لمدة 17 عاماً ساعد خلالها في إنشاء وتطوير قسم الهندسة في الجامعة.

وبحلول أوائل الثمانينات، كان تاجوشي قد صنع لنفسه اسماً في الولايات المتحدة، حيث استحدث أسلوباً للعمل سمي باسمه لشركة فورد موتور ودعي إلى تقديم وعرض أفكاره للمسؤولين التنفيذيين في فورد في عام 1982م، وفي عام 1983م أصبح المدير التنفيذي لمعهد فورد للموردين، الذي تغير اسمه لاحقاً إلى المعهد الأمريكي للموردين American Supplier Institute، كما عمل مستشاراً لعدد من الشركات الكبيرة مثل فورد و IBM لمساعدتهم على تطوير السيطرة الإحصائية على جودة عملياتهم الإنتاجية.

وفي عام 1986 تلقى تاجوشي Taguchi نيشاناً من "إمبراطور اليابان" لإسهاماته البارزة للاقتصاد الياباني والصناعة، وفي نفس العام تلقى ميدالية "ويلارد ف روكويل" Willard F Rockwell Medal من المعهد الدولي للتكنولوجيا لإسهاماته في الجمع بين الأساليب الإحصائية وعلم الهندسة، مما أدى إلى تحقيق تحسن سريع في التكلفة والجودة بتحسين تصميم المنتجات وعمليات التصنيع، وفي عام 1995م منحتة "الجمعية اليابانية لضبط الجودة" العضوية الفخرية.

ويعتبر تاجوشي من رواد الجودة اليابانيين، حيث عمل مديراً للأكاديمية اليابانية للجودة، وحاز على جائزة ديمينج أربع مرات، ولتاجوشي إسهامات عظيمة في الجودة الشاملة حيث نادى بتطوير وسائل لتحسين الجودة، والتي تعتمد على طرق تجربة واختبار التصميم قبل

التصنيع عن طريق تصميم التجارب والاعتماد على أساليب المحاكاة Simulation and Prototypes لزيادة كفاءة المنتج والعمليات الخاصة به.

ويرى تاجوشي أن الضبط المستمر للألات لبلوغ جودة مناسبة للمنتج ليس كافياً، وأنه بدلاً من ذلك يجب أن تصمم المنتجات بحيث تكون قوية بقدر كاف وقادرة على تحمل الأداء شاق، برغم التباينات على خط الإنتاج أو في مواضع الأداء بشكل عام، هذا ولقد ارتكزت فلسفة تاجوشي على المبدأ الثالث من مبادئ ديمينج والتي تهدف إلى تقليل الحاجة للتفتيش النهائي للمنتج عن طريق البدء بتحسين الجودة في مرحلة ما قبل التصنيع، ومن النقاط الرئيسية لهذه الفلسفة ما يلي :

1. تغيير وقت إدخال مراقبة الجودة إلى مرحلة التصميم (ما قبل التصنيع)، وذلك لتقليل الاعتماد على التفتيش وزيادة جودة المنتجات والعمليات للمساعدة في إتمام الأعمال بالشكل الصحيح من المرة الأولى.
2. تغيير هدف الجودة من "الحصول على المواصفات المطلوبة" إلى "الوصول إلى الهدف المطلوب من جودة المنتجات بعد التقليل من التباين في المنتج عن هذا الهدف"، وقد أدى ذلك إلى تغيير أساليب قياس الجودة باستخدام الانحرافات والمتوسطات بدلاً من استخدام نسبة العيوب كمؤشر لضعف الجودة.
3. تغيير التعامل مع العوامل الخارجية عن السيطرة والتي تؤثر على المنتج والعمليات الخاصة به، وذلك بإزالة تأثير هذه العوامل وليس أسبابها.

تايتشي أونو Taiichi Ohno



ولد في منطقة بورت آرثر من إقليم منشوريا بالصين في عام 1912، وتخرج من معهد ناجويا Nagoya للتكنولوجيا، وانضم للعمل في شركة تويوتا للغزل والنسيج في عام 1932 لمدة تقرب من عشر سنوات ، ثم انتقل للعمل في شركة تويوتا للسيارات Toyota Motor Company .

في نهاية الأربعينيات وأوائل 1950، كانت تويوتا تعاني من أزمة مالية خانقة لا تمكنها من عمل أى استثمارات

لتطوير معدات الإنتاج ، بل ويمكن القول بأنها كانت على وشك الإفلاس، حينها صار أونو مديراً لورش التجميع لشركة تويوتا، وبالتعاون مع العالم شينجو شيجيو Shingo Shigio تم إجراء العديد من التحسينات التي أصبحت في نهاية المطاف "نظام إنتاج تويوتا Toyota Production System TPS" مما ساعد تويوتا على التغلب على تلك الازمة الطاحنة، بل وتحقيق الأرباح. ونتيجة لذلك النجاح فقد ترقى في المناصب الإدارية حتى صار نائباً للرئيس التنفيذي في عام 1975م، ثم أحيل إلى التقاعد في بداية الثمانينات بعد ان صار رئيساً لجزء من شركات تويوتا.

وجدير بالذكر أن الأزمة العالمية للبترول في عام 1973م قد ضربت اليابان كما ضربت أمريكا وأوروبا بعنف ، مما أدى لإنهيار الإقتصاد الياباني وأصبح معدل النمو صفراً بالمنة، ولم تكن تويوتا موتورز بعيدة عن هذه الأزمة إلا أنها تعافت بسرعة كبيرة بفضل نظامها الإداري "نظام إنتاج تويوتا" TPS ، وحقت أرباحاً جيدة في أعوام 1975، و1976، و1977 بصورة متزايدة عن مثيلاتها في السوق الياباني، مما أثار حفيظة تلك الشركات، وفتح عيون الآخرين في اليابان لمعرفة هذا النظام ومحاولة تطبيقه، وما تبع ذلك من انتشاره في مختلف أوساط الصناعات اليابانية.

توفي عام 1990م في مدينة تويوتا، وكان رئيساً لشركة تويوتا للغزل والنسيج.

ومن أهم ما كان أونو يؤمن به ويجعله نبزاً له طوال حياته المهنية، القضاء بلا هوادة على مظاهر القصد في كل من الإنتاج Production waste، وتقليل الوقت اللازم لتنفيذ الأنشطة Cycle time، كذلك يعتقد بضرورة تواجد المديرين جنباً إلى جنب مع العاملين في أماكن الإنتاج Gemba أى ميدان العمل/ المصانع / الورش، وقال "وددت أن أرسم دائرة بأرض

المصنع Gemba يقف داخلها المدير ولا يغادرها طوال اليوم أبداً ليتواصل مع العمال وليطور العمليات" وأطلق على ذلك المفهوم فيما بعد "دائرة أونو".
قدم أونو العديد للجودة وأرسى ووضع الأساس للأنظمة التالية :

1- نظام ترشيد العمليات Lean System والقضاء على الفقد والهدر في الوقت والذي يركز على:

- التغيير والتعديل السريع لإسطمبات الإنتاج Quick change of dies.
- الإنتاج / التصنيع في الوقت المناسب Just-in-time manufacturing
- لوحات التشغيل المرني Kanban (visual indicators) systems .
- نظرية تقليل المخزون Zero or near-zero inventory.
- توقف الإنتاج آلياً بمجرد حدوث أخطاء انتاجية Autonomation.

2- ربط الإنتاج بطلب العملاء Pull system.

3- أسلوب حل المشكلة بالسؤال المتكرر لماذا؟ . The “five whys” problem-solving method.

4- تحديد وتصنيف السبعة أنشطة المضيعة والمهدرة للوقت seven wastes بالتعاون مع العالم شينجو شيجيو Shingo Shigio وهي:

- الإنتاج المعيب Defective products.
- الإفراط في الإنتاج / الإنتاج فوق الحاجة Overproduction.
- انتقال العامل بين المعدات Transportation.
- الإنتظار Waiting.
- زيادة المخزون الراكد Inventory .
- حركة مهمات الإنتاج الغير مبررة Movement.
- الإفراط والمبالغة في العمليات Processing more than needed.

5- نظام التحذير والمراقبة المرني Andon-visual-light warning system.

الاتفاق بين رواد الجودة :

يكاد يكون هنا إجماع كبير بين رواد الجودة وعلمائها حول المبادئ الأساسية لمفاهيم الجودة حيث أن جميعها تتمحور حول :

- الدور الذي تقوم به القيادة .

- ضرورة التركيز على العميل وبتلبية احتياجاته وتوقعاته .
- توسيع مشاركة الموظف والتعاون بين الأفراد بدلا من المنافسة .
- استعمال الحقائق والبيانات الدقيقة والكافية لاتخاذ القرارات .
- اشتراك جميع الأفراد في دورات أو فرق تحسين العمليات .
- التحسين المستمر للعمليات .
- التركيز على العمليات والنشاطات بجانب النتائج .
- استعمال الأساليب الإحصائية الأساسية لقياس الجودة.
- العلاقة مع الموردون على أساس الجودة وليس على أساس السعر .

الاختلاف بين رواد الجودة

تتشابه فلسفة رواد الجودة حول مفاهيم نظم الجودة إلى حد كبير جداً، حيث انهم لا يختلفون عموماً في الأهداف النهائية . ولكن يبقى الاختلاف في وجهات النظر حول المكونات المناسبة لإدارة الجودة الشاملة والترابط بين تلك المكونات، كما توجد بعض الاختلافات في الخطوات التفصيلية للتنفيذ ،ولكن يبقى التوافق على الأهداف هو السمة الرئيسية لهذه الأفكار.

الملحق الثالث : جوائز وشهادات الجودة Quality Awards

جائزة مالكولم بولدرج الوطنية للجودة:

Malcolm Baldrige National Quality Award

سميت هذه الجائزة على اسم "مالكولم بولدرج" وزير التجارة الأمريكي (1981-1987) وقد جاءت نتيجة جهد مشترك أسهم فيه "المعهد القومي للمقاييس والتكنولوجيا وشعبة التجارة الأمريكية"، وتشرف عليها الجمعية الأمريكية لضبط الجودة.

منحت هذه الجائزة لأول مرة في الرابع من نوفمبر عام 1988م لثلاثة مرشحين، اثنين من قطاع الصناعة وهما شركة "موتورولا" وشعبة في شركة "ويستنج هاوس إليكتروك" وشركة "غلوب ميتالورجيكال" كواحدة من الشركات (المشاريع) الصغيرة. وقد أشير إلى أهداف الجائزة بإرشادات تقديم الطلب عام 1991م وهي:

- إدراك أن الجودة أصبحت عنصراً متعاضداً الأهمية في التنافس.
- الاشتراك في المعلومات الخاصة باستراتيجيات الجودة الناجحة وبالفوائد المترتبة على تنفيذ تلك الاستراتيجيات.

ومتطلبات التقديم للجائزة (The Baldrige Award process) صارمة تشتمل على تقديم تقرير مؤلف من 75 صفحة كبيرة (و50 صفحة كبيرة للمشاريع الصغيرة)، ويجب ذلك التقرير عن أسئلة تقع في 7 فئات هي:

1. القيادة.
2. المعلومات والتحليل.
3. التخطيط الاستراتيجي النوعي.
4. إدارة القوى البشرية.
5. ضمان الجودة في المنتجات والخدمات.
6. نتائج الجودة.
7. رضا الزبون.

ويلاحظ في جدول توزيع النقاط تخصيص نقاط كثيرة لإبراز أهميته في تحديد الجودة، ولتقييم الطلبات شكل مجلس يضم أكثر من 200 خبير في مجال الجودة، وإن شرط الإجماع لا غنى عنه لقبول طلب الشركة في المنافسة، يعقب ذلك زيارة هذه الشركات للتأكد من مطابقة المعلومات الواردة في الطلب لواقع الشركة، ولذلك لا نستغرب قلة عدد الطلبات، إذ بلغ 66 طلباً في سنة 1988م و40 طلباً في سنة 1989م، ثم ارتفع إلى 97 طلباً في عام 1990م و104 طلبات في سنة 1991م.

وتتبع أهمية "إرشادات تقديم الطلب" من كونها تتصف بالعمومية والمرونة في الوقت نفسه، وترجع عموميتها لكونها تحدد بوضوح الهدف النهائي لتحسين النوعية وهو رضا الزبون بالإضافة لكونها تتضمن أيضاً بنوداً توجد في جميع الشركات مثل القيادة والمعلومات والعملية والمشاركة والمقاييس، وهي تتصف بالمرونة بمعنى أنها لا تلزم الشركات بمنهج واحد لتحقيق الجودة.

والجدول التالي يوضح عناصر التقييم وبنية توزيع النقاط للجائزة

100	1. القيادة
40	أ. القيادة التنفيذية العليا
15	ب. قيم الجودة
25	ج. إدارة من أجل الجودة
20	د. المسؤولية العامة
70	2. المعلومات والتحليل
20	أ. مجال " معطيات الجودة ومعلوماتها " وإدارتها
30	ب. مقارنات التنافس والعلامات الموجهة
20	ج. تحليل معطيات الجودة ومعلوماتها
60	3. التخطيط الاستراتيجي للجودة
35	أ. عملية التخطيط الاستراتيجي للجودة
25	ب. خطط الجودة وأهدافها
150	4. استثمار الموارد البشرية
20	أ. إدارة الموارد البشرية
40	ب. مشاركة الموظفين

40	ج. التعليم والتدريب الخاصين بالجودة
25	د. تقدير الموظفين وقياس الإنجاز
25	هـ. رفاه الموظفين ومعنوياتهم
140	5. ضمان جودة المنتجات والخدمات
35	أ. تصميم (منتجات الجودة والخدمات) وتقديمها
20	ب. عملية ضبط الجودة
20	ج. التحسين المستمر للعملية
15	د. تقييم الجودة
10	هـ. التوثيق
20	و. العملية المهنية والجودة الخدمية المساندة
20	ز. جودة المورد
180	6. نتائج الجودة
90	أ. نتائج الجودة الخدمية والإنتاجية
50	ب. العملية المهنية ونتائج الجودة الخدمية والمساندة والعمليات
40	ج. نتائج الجودة للمورد
300	7. رضا الزبون
30	أ. تحديد متطلبات الزبون وتوقعاته
50	ب. إدارة علاقات الزبائن
20	ج. مقاييس خدمة الزبائن
15	د. الالتزام تجاه الزبائن
25	هـ. حل الشكاوي من أجل تحسين الجودة
20	و. تحديد رضا الزبائن
70	ز. نتائج رضا الزبائن
70	ي. مقارنة رضا الزبائن
1000	المجموع

جائزة إدوارد ديمينج للجودة:

لقد اعترف اليابانيون بفضل "ديمنج" الكبير في تطوير اقتصادهم فأسسوا جائزة للجودة باسمه عام 1962م عن طريق الاتحاد الياباني للعلماء والمهندسين وتعد هذه الجائزة من أهم الجوائز اليابانية في مجال الجودة التي تتنافس الشركات والمؤسسات اليابانية للحصول

عليها، وقد وضع الاتحاد الياباني للعلماء والمهندسين مجموعة من المعايير للحصول عليها وفيما يلي عناوين فقرات هذه المعايير:

1. الأهداف والسياسات.
2. التنظيم الإداري للمؤسسة.
3. التدريب والتعليم المستمر.
4. نظم المعلومات.
5. استخدام الطرق العلمية في التحليل.
6. توحيد المعايير.
7. استخدام نظم المراقبة.
8. تطبيق أسلوب الجودة.
9. تقويم النتائج وتحليلها.
10. وضع الخطط المستقبلية.

جائزة شينجو:

تشابه هذه الجائزة إلى حد ما جائزة مالكولم بولدرج إلا أن مجالها أوسع حيث أنها تمنح سنوياً لشركات في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا والمكسيك، تلك الشركات التي تظهر تميزها في التصنيع وتأكيداً على تطبيق الجودة وإرضاء متلقي الخدمة، ووفقاً لهذه المعايير الواجب تحقيقها، أصبحت جائزة شينجو من الجوائز القيمة التي تتطلع إليها الشركات في التجارة الأمريكية، توزع هذه الجوائز على نوعين من الشركات: شركات الصناعات الكبيرة بفروعها ومصانعها، وشركات الصناعات الصغيرة.

تم رصد هذه الجوائز في 1988م، ووصلت إلى العالمية لجهودها في تحسين عمليات التصنيع الأساسية وتطبيق فلسفات ونظم سريعة، والتخلص من التبديد، وتلافي العيوب، وذلك من خلال تحسين المنتجات باستمرار وخفض التكاليف، وقد صممت هذه الجائزة بطريقة مهنية تجعل من عملية تطبيق الشركة لشروط تقديم الطلب بحد ذاتها إحدى طرق التحسين.

وتخصص جائزة شينجو للمتفوقين في التصنيع بهدف تشجيع التميز في الصناعة وتقدير الشركات التي تتفوق في الإنتاجية وتحسين إجراءات العمل، والتأكيد على الجودة وإرضاء متلقي الخدمة وتعتبر السمة المميزة للشركات التي تسعى جاهدة من أجل الوصول لأعلى مستويات الأداء والإنتاجية.

تقوم هيئة من الخبراء بمراجعة الطلبات، وتقوم بزيارة الشركات التي نالت نقاط عالية أثناء دراسة الطلبات في موقع العمل، وعلى أساس الفحص، تقدم الهيئة توصيات للمرشحين لكي يصبحوا مؤهلين للجائزة، وأخيراً يقوم المجلس بمراجعة التوصيات واتخاذ القرار النهائي.

والجدول التالي يوضح عناصر التقييم وبنية توزيع النقاط للجائزة

275	1- البنية التحتية وثقافة إدارة الإنتاجية والجودة الشاملة
100	القيادة
100	تفويض السلطة
75	الشراكة
425	2- نظم التصنيع، وعمليات الإنتاج والاستراتيجية
50	رؤية التصنيع واستراتيجيته
125	تكامل عملية التصنيع
125	تكامل طرق الجودة والإنتاج
125	تكامل العمل والتصنيع
300	3- توازن الجودة والإنتاجية
100	التأكيد على الجودة
100	تحسين الإنتاجية
100	إرضاء متلقي الخدمة المحسوب
1000	إجمالي النقاط

شهادة الجمعية الأمريكية لرقابة الجودة ASQC:

تأسست هذه الجمعية عام 1946، وتضم أكثر من 125 ألف عضو من كل أنحاء العالم من المعنيين بتقنيات الجودة بهدف تحسين جودة الإنتاج والخدمات، وتلعب هذه الجمعية دوراً ريادياً في دعم تطبيق مفاهيم الجودة وتشجيعها.

تقدم جمعية ASQC عدداً من الشهادات المعتمدة لأعضائها بأن هذا العضو قد أثبت براعته وإدراكه لمفهوم الجودة، وتشمل هذه الشهادات: مهندس الجودة، وفاحص الجودة، مهندس

الجودة في التدريب، وميكانيكي الجودة، ومفتش الجودة، ولمساعدتهم أيضاً تنظم الجمعية العديد من الدورات التدريبية للفوز بهذه الشهادات.

شهادة الجمعية الأمريكية لرقابة مخزون الإنتاج APICS :

تضم هذه الجمعية أكثر من 70 ألف محترف، وتهتم أساساً بالتصنيع وإدارة المواد حيث تشجع على تطبيق الجودة الشاملة وتطوير المنافسة العالمية واعتماد مبادئ وطرق التصنيع الابتكاري من خلال برامج علمية لا تعتمد الربح كأولوية لها.

تقدم APICS حلولاً فنية لمشاكل الشركات وتعتبر مصدراً ممتازاً للمعلومات بما يتعلق بنطاق عملها التقني في الجودة.

ولزيادة نشر التعليم الصناعي نظمت APICS أكثر من 50 ألف اختبار سنوي للحصول على شهاداتها والتي تشمل: شهادة إدارة مخزون الإنتاج، وشهادة إدارة متابعة مخزون الإنتاج، وشهادة إدارة المصادر المتكاملة.

* مراجع مختارة References

المراجع العربية:

1. محمد ابو يوسف (1989)، الإحصاء في البحوث العملية، المكتبة الأكاديمية القاهرة.
2. يحيى سعد زغلول و مصطفى عبد المنعم الخواجه (1993)، مقدمة في الإحصاء التطبيقي، كلية التجارة جامعة الاسكندرية.
3. مصطفى زايد (2004)، علم الإحصاء، الدار الهندسية القاهرة.
4. مصطفى زايد (2001)، الإحصاء والاستقراء ج 2 منطق الاستقراء، المؤسسة العصرية للنشر والترجمة، الجيزة.
5. مصطفى زايد (1989)، الإحصاء ووصف البيانات، المؤسسة العصرية للنشر والترجمة، الجيزة.
6. امتثال محمد حسن و لبيبة حسب النبي العطار (2004)، مقدمة في أساليب التحليل الإحصائي كلية التجارة جامعة الاسكندرية.
7. محمد صبحي ابو صالح (2001)، الطرق الإحصائية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان الاردن.
8. مجدى عبد الكريم حبيب (1996)، التقويم والقياس في التربية وعلم النفس، مكتبة النهضة المصرية.
9. كمال حمدي أبو الخير (1997)، التنظيم ونظام إدارة الجودة الشاملة والمتواصلة، مكتبة عين شمس.
10. (صلاح مراد- فوزية هادي 2002)، طرائق البحث العلمى تصميماتها وإجراءاتها.

المراجع الانجليزية :

1. Alan H. Kvanli, Robert J. Pavur, Introduction to Business Statitics, 1996, West publishing company.
2. Charles E. Ebeling, An introduction to reliability and maintainability engineering, seventh edition 2007, McGraw-Hill publishing Company Limited.
3. Deborah Ramsey , Statistics For Dummies, 2003, John Wiley & Sons
4. Douglas C. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control, Fourth edition 2007, John Willy & sons publishing Inc.
5. George Eckes, Six Sigma For Everyone, 2003, John Wiley & Sons Inc
6. George Eckes, Six sigma team dynamics: the elusive key to project success, 2003, John Wiley & Sons, Inc.
7. How To Measure Performance a Handbook of Techniques and Tools, ,1995, The Training Resources and Data Exchange (TRADE)
8. Hubert K. Rampersad, total quality management, 2001, Springer-publishing Inc.
9. John S. Oakland, Statistical Process Control, Fifth edition 2003.
10. Keki R. Bhote, the Power of Ultimate Six Sigma,2003, American Management Association
11. Kenneth L. Arnold & Michael Holler, Quality Assurance Methods and Technologies, 1976, McGraw-Hill publishing Company Limited.
12. Matt Barney & Tom McElrty, A Leader's Guide to Achieving Rapid Business Improvement and Sustainable Results, 2002, Prentice Hall PTR
13. Michael C. Thomset, Getting Started in Six Sigma, 2005, John Wiley & Sons, Inc.
14. Michael L. George, Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions, 2003, McGraw-Hill publishing Company Limited.
15. Michael L. George, The Lean Six Sigma Pocket Tool book, 2005, McGraw-Hill publishing Company Limited.
16. Neil A. Weiss, Introductory statistics, seventh edition 2002.

17. Paul Keller, six sigma demystified, 2005, McGraw-Hill publishing Company Limited.
18. Peter S. Pande & Robert P. Neuman, The Six Sigma Way, 2000, McGraw-Hill publishing Company Limited.
19. Praveen Gupta, Six Sigma Business Scorecard, 2003, McGraw-Hill publishing Company Limited.
20. Stephen A. Zinkgraf, Six Sigma: The First 90 Days, 2006, Prentice Hall PTR
21. Subir Chowdhury, Design for Six Sigma, 2003, Prentice Hall PTR.
22. Thomas Pyzdek, 2003, The Six Sigma Project Planner, McGraw-Hill publishing Company Limited
23. Thomas Pyzdek, The six sigma Handbook, 2003, McGraw-Hill publishing Company Limited.
24. W. Grant Ireson, Richard Y. Moss, Handbook of reliability engineering and management, 1995, McGraw-Hill publishing Company Limited.
25. Warren Brussee, Statistics for Six Sigma Made Easy, 2004, McGraw-Hill publishing Company Limited.
26. Alan H. Kvanli, Introduction to business statistics, 1996, West publishing company.

جدول الأرقام العشوائية Random Numbers Table

42091	73876	25405	23933	54909	35423	40764	24742	72808	28610	87762	83748
48904	26878	66399	47836	30082	56786	76676	43564	42900	18333	18592	70931
87357	11520	65590	03379	63454	09788	44227	67467	44632	39696	27946	63195
57449	01243	69862	90561	01906	94429	16860	49568	51445	92698	95498	13656
59181	22605	79217	09383	71999	84153	21133	36750	16456	77339	68131	69199
65994	75608	46768	33287	47173	05515	57045	29014	59990	67063	72403	56381
04447	60249	19401	88830	80544	58517	98038	79476	61722	88425	08315	75203
74539	49972	23674	76012	18997	43159	70671	35019	68535	41427	49309	99107
76271	71335	59586	94834	89089	32882	74944	22201	33546	26069	48500	54649
83085	24337	27137	45295	64263	54245	10856	41023	77080	15792	52772	41832
21537	82421	99770	00838	97634	07247	78407	64926	78812	37155	62126	60654
91630	98702	04043	88021	36087	65331	51041	20469	85625	90157	29678	84557
93361	20065	39955	80285	06179	81612	55313	07652	50636	48241	02311	66658
00175	73067	80948	30746	81353	02975	91225	26473	20728	64522	06583	53840
38627	31151	53581	86289	14724	55977	32219	50377	95902	85884	42495	46104
08720	47432	57854	73471	53177	14060	31410	32478	29273	38887	83489	96566
10451	68794	93766	92293	23269	30341	35682	19660	67726	96970	82680	52109
17265	21796	61317	16197	25001	51704	45036	11924	37818	86693	86953	39291
55718	79880	33950	71740	31814	78148	12588	62385	12992	34614	22865	58113
25810	69603	38223	58922	70267	62790	85221	17928	46363	61058	63858	82016
27542	17524	74135	77744	40359	52513	89493	05111	84816	45700	36491	37559
34355	43968	15129	28205	42091	73876	25405	23933	54909	35423	40764	24742
72808	28610	87762	83748	48904	26878	66399	47836	30082	56786	76676	43564
42900	18333	18592	70931	87357	11520	65590	03379	63454	09788	44227	67467
44632	39696	27946	63195	57449	01243	69862	90561	01906	94429	16860	49568
51445	92698	95498	13656	59181	22605	79217	09383	71999	84153	21133	36750
16456	77339	68131	69199	65994	75608	46768	33287	80671	36473	95624	91611
56767	34741	74262	55699	37945	64649	84539	51426	50763	26196	26455	78793
95220	19382	73453	11242	71316	17651	52090	75330	52495	47558	35809	71057
65312	09106	77725	98424	09769	02292	24723	57431	59308	00561	03360	21519
67044	30468	87079	17246	79862	92016	28996	44613	24319	85202	75994	77062
73857	83470	54631	41150	55035	13378	64908	36877	67853	74925	80266	64244
12310	68112	27264	96693	88407	66380	05901	87338	69585	96288	16178	83066
82402	57835	31536	83875	26859	51022	78534	42881	76398	49290	57172	06969
84134	79198	67448	02697	96952	40745	82807	30064	41409	33932	56363	62512
90947	32200	35000	53158	72125	62108	18719	48886	84943	23655	60635	49695
29400	90284	07633	08701	05497	15110	86270	72789	86675	45018	69989	68517
99492	06565	11906	95884	43950	73194	58903	28332	93488	98020	37541	92420
01224	27928	47818	88147	14042	89475	63176	15514	58499	56104	10174	74521
08038	80930	88811	38609	89216	10837	99088	34336	28591	72385	14446	61703

جدول آخر للأرقام العشوائية Random Numbers Table

46490	39013	61444	94152	22587	63840	40082	58240	03765	93747	50358	53967
16583	55294	65717	81334	61040	21923	39272	40341	37136	46749	91352	04429
18314	76657	01629	00156	31132	38204	43545	27523	75589	04833	90543	59972
25128	29659	69180	24060	32864	59567	52899	19787	45681	94556	94815	47154
63580	87743	41813	79602	39677	86011	20451	70248	20855	42477	30727	65976
33673	77466	46086	66785	78130	70653	93084	25791	54226	68921	71721	89879
35404	25387	81998	85607	48222	60376	97356	12974	92679	53563	44354	45422
42218	51831	22991	36068	49954	81739	33268	31796	62771	43286	48627	32605
80671	36473	95624	91611	56767	34741	74262	55699	37945	64649	84539	51426
50763	26196	26455	78793	95220	19382	73453	11242	71316	17651	52090	75330
52495	47558	35809	71057	65312	09106	77725	98424	09769	02292	24723	57431
59308	00561	03360	21519	67044	30468	87079	17246	79862	92016	28996	44613
24319	85202	75994	77062	73857	83470	54631	41150	55035	13378	64908	36877
67853	74925	80266	64244	12310	68112	27264	96693	88407	66380	05901	87338
69585	96288	16178	83066	82402	57835	31536	83875	26859	51022	78534	42881
76398	49290	57172	06969	84134	79198	67448	02697	96952	40745	82807	30064
41409	33932	56363	62512	90947	32200	35000	53158	72125	62108	18719	48886
84943	23655	60635	49695	29400	90284	07633	08701	05497	15110	86270	72789
86675	45018	69989	68517	99492	06565	11906	95884	43950	47173	05515	57045
29014	59990	67063	72403	56381	04447	60249	19401	88830	80544	58517	98038
79476	61722	88425	08315	75203	74539	49972	23674	76012	18997	43159	70671
35019	68535	41427	49309	99107	76271	71335	59586	94834	89089	32882	74944
22201	33546	26069	48500	54649	83085	24337	27137	45295	64263	54245	10856
41023	77080	15792	52772	41832	21537	82421	99770	00838	97634	07247	78407
64926	78812	37155	62126	60654	91630	98702	04043	88021	36087	65331	51041
20469	85625	90157	29678	84557	93361	20065	39955	80285	06179	81612	55313
07652	50636	48241	02311	66658	00175	73067	80948	30746	81353	02975	91225
26473	20728	64522	06583	53840	38627	31151	53581	86289	14724	55977	32219
50377	95902	85884	42495	46104	08720	47432	57854	73471	53177	14060	31410
32478	29273	38887	91352	04429	18314	76657	01629	00156	31132	38204	43545
27523	75589	04833	90543	59972	25128	29659	69180	24060	32864	59567	52899
19787	45681	94556	94815	47154	63580	87743	41813	79602	39677	86011	20451
70248	20855	42477	30727	65976	33673	77466	46086	66785	78130	70653	93084
25791	54226	68921	71721	89879	35404	25387	81998	85607	48222	60376	97356
12974	92679	53563	44354	45422	42218	51831	22991	36068	49954	81739	33268
31796	62771	43286	48627	32605	61170	06695	70120	26731	56898	19513	31667
68647	84265	63970	24854	15645	16713	13509	23122	94282	80801	94687	53030
04559	76529	07504	14577	19918	03896	51962	07764	66915	36344	28058	06032
45553	26990	09236	35940	55830	22717	22054	97487	71188	23526	66511	90673
49825	14172	47689	20581	28463	78260	28867	50489	38739	73988	68243	12036



z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.001	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.001	0.001
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.002	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.003	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.004	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.006	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.008	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.011
-2.1	0.0179	0.0174	0.017	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.015	0.0146	0.0143
-2	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.025	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.063	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.102	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.123	0.121	0.119	0.117
-1	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.166	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.209	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.242	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.305	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.281	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.33	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.352	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.409	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0	0.5	0.496	0.492	0.488	0.484	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

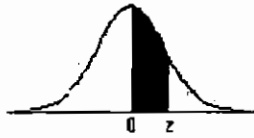


تابع المساحات أسفل المنحنى الطبيعي المعياري

Area Under Standardized Normal Curve

The table shows the area to the left of a z-score

z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0.5	0.504	0.508	0.512	0.516	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.591	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.648	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.67	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.695	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.719	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.758	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.791	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.834	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.877	0.879	0.881	0.883
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.898	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.937	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.975	0.9756	0.9761	0.9767
2	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.983	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.985	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.989
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.992	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.994	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.996	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.997	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.998	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.999	0.999
3.1	0.999	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998



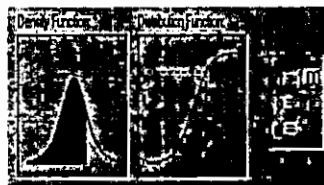
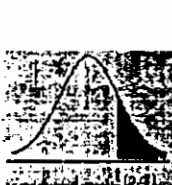
المساحات أسفل المنحنى الطبيعي المعياري
Area Under Standardized Normal Curve
The table shows the area between 0 and z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.10	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.20	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.30	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.40	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.50	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.60	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.70	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.80	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.90	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.00	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.10	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.20	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.30	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.40	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.50	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.60	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.70	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.80	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.90	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.00	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.10	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.20	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.30	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.40	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.50	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.60	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.70	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.80	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.90	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.00	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.10	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.20	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.30	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.40	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998
3.50	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998
3.60	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.70	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.80	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999



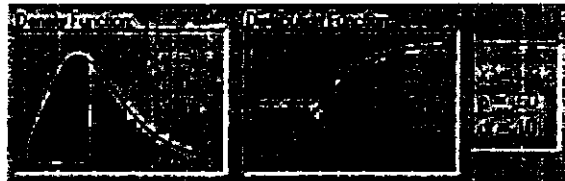
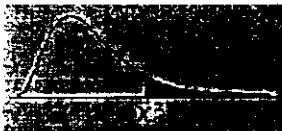
Critical Values for Student's t Distribution

df \ p	0.4	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
1	0.32492	1	3.07768	6.31375	12.706	31.8205	63.6567	636.619
2	0.28868	0.8165	1.88562	2.91999	4.3027	6.96456	9.92484	31.5991
3	0.27667	0.76489	1.63774	2.35336	3.1825	4.5407	5.84091	12.924
4	0.27072	0.7407	1.53321	2.13185	2.7765	3.74695	4.60409	8.6103
5	0.26718	0.72669	1.47588	2.01505	2.5706	3.36493	4.03214	6.8688
6	0.26484	0.71756	1.43976	1.94318	2.4469	3.14267	3.70743	5.9588
7	0.26317	0.71114	1.41492	1.89458	2.3646	2.99795	3.49948	5.4079
8	0.26192	0.70639	1.39682	1.85955	2.306	2.89646	3.35539	5.0413
9	0.26096	0.70272	1.38303	1.83311	2.2622	2.82144	3.24984	4.7809
10	0.26019	0.69981	1.37218	1.81246	2.2281	2.76377	3.16927	4.5869
11	0.25956	0.69745	1.36343	1.79589	2.201	2.71808	3.10581	4.437
12	0.25903	0.69548	1.35622	1.78229	2.1788	2.681	3.05454	4.3178
13	0.25859	0.69383	1.35017	1.77093	2.1604	2.65031	3.01228	4.2208
14	0.25821	0.69242	1.34503	1.76131	2.1448	2.62449	2.97684	4.1405
15	0.25789	0.6912	1.34061	1.75305	2.1315	2.60248	2.94671	4.0728
16	0.2576	0.69013	1.33676	1.74588	2.1199	2.58349	2.92078	4.015
17	0.25735	0.6892	1.33338	1.73961	2.1098	2.56693	2.89823	3.9651
18	0.25712	0.68836	1.33039	1.73406	2.1009	2.55238	2.87844	3.9216
19	0.25692	0.68762	1.32773	1.72913	2.093	2.53948	2.86093	3.8834
20	0.25674	0.68695	1.32534	1.72472	2.086	2.52798	2.84534	3.8495
21	0.25658	0.68635	1.32319	1.72074	2.0796	2.51765	2.83136	3.8193
22	0.25643	0.68581	1.32124	1.71714	2.0739	2.50832	2.81876	3.7921
23	0.2563	0.68531	1.31946	1.71387	2.0687	2.49987	2.80734	3.7676
24	0.25617	0.68485	1.31784	1.71088	2.0639	2.49216	2.79694	3.7454
25	0.25606	0.68443	1.31635	1.70814	2.0595	2.48511	2.78744	3.7251
26	0.25596	0.68404	1.31497	1.70562	2.0555	2.47863	2.77871	3.7066
27	0.25586	0.68369	1.3137	1.70329	2.0518	2.47266	2.77068	3.6896
28	0.25577	0.68335	1.31253	1.70113	2.0484	2.46714	2.76326	3.6739
29	0.25568	0.68304	1.31143	1.69913	2.0452	2.46202	2.75639	3.6594
30	0.25561	0.68276	1.31042	1.69726	2.0423	2.45726	2.75	3.646
inf	0.25335	0.67449	1.28155	1.64485	1.96	2.32635	2.57583	3.2905



القيم الحرجة لتوزيع كاي تربيع
Critical Values for χ^2 Distribution

df\Area	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.750	0.500	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	0.102	0.455	1.323	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	0.575	1.386	2.773	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	2.366	4.108	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	3.357	5.385	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	2.675	4.351	6.626	9.236	11.071	12.833	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	3.455	5.348	7.841	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	4.255	6.346	9.037	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.647	2.180	2.733	3.490	5.071	7.344	10.219	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	5.899	8.343	11.389	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	6.737	9.342	12.549	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	7.584	10.341	13.701	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	8.438	11.340	14.845	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	9.299	12.340	15.984	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	10.165	13.339	17.117	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	11.037	14.339	18.245	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	11.912	15.339	19.369	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	12.792	16.338	20.489	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	13.675	17.338	21.605	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	14.562	18.338	22.718	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	15.452	19.337	23.828	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	16.344	20.337	24.935	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	17.240	21.337	26.039	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	18.137	22.337	27.141	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	19.037	23.337	28.241	33.196	36.415	39.364	42.980	45.559
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	19.939	24.337	29.339	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	20.843	25.336	30.435	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	18.114	21.749	26.336	31.528	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	22.657	27.336	32.620	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	23.567	28.336	33.711	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	24.478	29.336	34.800	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672





Critical Values for F When alpha=0.1

d.f. in numerator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf
1	39.86346	49.5	53.99324	55.81296	57.24008	58.20442	58.90595	59.43898	59.85759	60.19498	60.70531	61.22034	61.74029	62.26035	62.76497	63.25905	63.7428	63.00064	63.2812
2	8.52632	9	9.16179	9.24342	9.29633	9.32553	9.34908	9.36677	9.38054	9.39157	9.40813	9.42471	9.44131	9.45793	9.47356	9.48819	9.49122	9.48289	9.49122
3	5.53832	5.46238	5.39077	5.34264	5.30916	5.28473	5.26619	5.25167	5.24	5.23041	5.21562	5.20031	5.18448	5.17636	5.1681	5.15972	5.15119	5.14251	5.1337
4	4.54477	4.32456	4.19086	4.10725	4.05058	4.00975	3.97897	3.95404	3.93567	3.91988	3.89553	3.87036	3.8434	3.83099	3.81742	3.80361	3.78957	3.77527	3.76073
5	4.06042	3.79772	3.61948	3.5202	3.45298	3.40451	3.3679	3.33928	3.31628	3.2974	3.28224	3.23801	3.20665	3.19032	3.17408	3.15732	3.14023	3.12279	3.105
6	3.77595	3.4633	3.28876	3.18076	3.10751	3.05455	3.01446	2.98304	2.95774	2.93693	2.90472	2.87122	2.83634	2.81834	2.79996	2.78117	2.76195	2.74229	2.72216
7	3.58943	3.25444	3.07407	2.96333	2.88334	2.82739	2.78493	2.75158	2.72461	2.70251	2.66811	2.63223	2.59473	2.57533	2.55546	2.5351	2.51422	2.49279	2.47057
8	3.45792	3.11312	2.9328	2.82043	2.74043	2.68043	2.63613	2.59343	2.56474	2.53804	2.50196	2.46422	2.42464	2.4041	2.38302	2.36136	2.3391	2.31618	2.29257
9	3.3403	3.00445	2.82426	2.71061	2.62968	2.56661	2.52131	2.47843	2.44834	2.41632	2.37888	2.33962	2.29832	2.27683	2.25472	2.23196	2.20849	2.18427	2.15923
10	3.28502	2.92447	2.72767	2.60534	2.52164	2.45658	2.41197	2.37115	2.34731	2.3226	2.28405	2.24351	2.20074	2.17843	2.15543	2.13169	2.10716	2.08176	2.05542
11	3.2252	2.85951	2.66023	2.53619	2.45118	2.38507	2.34157	2.304	2.2735	2.24823	2.20873	2.16709	2.12305	2.10001	2.07621	2.05161	2.02612	1.99965	1.97211
12	3.17655	2.8068	2.60552	2.48101	2.39402	2.32788	2.28457	2.24776	2.21532	2.18776	2.14744	2.10485	2.05968	2.03599	2.01149	1.9861	1.95973	1.93228	1.90361
13	3.13621	2.76317	2.56027	2.43371	2.34672	2.28058	2.23724	2.19953	2.16682	2.1382	2.10659	2.06316	2.00698	1.98272	1.95757	1.93147	1.90429	1.87591	1.8462
14	3.10221	2.72847	2.52222	2.39469	2.30694	2.24056	2.19721	2.15953	2.12682	2.09821	2.05477	2.01034	1.95316	1.92890	1.90275	1.87565	1.84747	1.81809	1.78772
15	3.07319	2.69517	2.48779	2.35943	2.27132	2.20488	2.16153	2.12382	2.09011	2.0615	2.01707	1.97222	1.91494	1.89067	1.86356	1.83547	1.80629	1.77591	1.74454
16	3.04811	2.66817	2.46079	2.33274	2.24443	2.17799	2.13464	2.09693	2.06322	2.03465	1.98980	1.94494	1.88766	1.86339	1.83529	1.80611	1.77573	1.74436	1.71199
17	3.02623	2.64664	2.43926	2.31151	2.22300	2.15656	2.11321	2.07550	2.04179	2.01322	1.96836	1.92350	1.86622	1.84195	1.81385	1.78467	1.75329	1.72092	1.68755
18	3.00698	2.62895	2.42157	2.29412	2.20561	2.13917	2.09582	2.05811	2.02440	1.99583	1.95097	1.90611	1.84883	1.82456	1.79646	1.76728	1.73491	1.70154	1.66717
19	2.98959	2.61051	2.39702	2.26957	2.18106	2.11462	2.07127	2.03356	2.00000	1.97143	1.92657	1.88171	1.82443	1.80016	1.77206	1.74288	1.70951	1.67514	1.63977
20	2.97465	2.59525	2.38009	2.25264	2.16413	2.09769	2.05434	2.01663	1.98307	1.95450	1.90964	1.86478	1.80750	1.78323	1.75513	1.72595	1.69258	1.65721	1.62084
21	2.96096	2.57457	2.35841	2.23096	2.14245	2.07601	2.03266	1.99495	1.96139	1.93282	1.88796	1.84310	1.78582	1.76155	1.73345	1.70427	1.67090	1.63553	1.59816
22	2.94838	2.56311	2.34695	2.21950	2.13099	2.06455	2.02120	1.98349	1.94993	1.92136	1.87650	1.83164	1.77436	1.75009	1.72199	1.69281	1.65944	1.62307	1.58570
23	2.93736	2.54929	2.33313	2.20568	2.11717	2.05073	1.99738	1.95467	1.92111	1.89254	1.84768	1.80282	1.74554	1.72127	1.69317	1.66399	1.63062	1.59325	1.55488
24	2.92712	2.53833	2.32217	2.19472	2.10621	2.03977	1.98642	1.94371	1.91015	1.88158	1.83672	1.79186	1.73458	1.71031	1.68221	1.65293	1.61956	1.58219	1.54282
25	2.91774	2.52831	2.31215	2.18470	2.09619	2.02975	1.97640	1.93369	1.90013	1.87156	1.82670	1.78184	1.72456	1.70029	1.67219	1.64291	1.60954	1.57217	1.53180
26	2.90913	2.51919	2.30303	2.17558	2.08707	2.02063	1.96728	1.92457	1.89101	1.86244	1.81758	1.77272	1.71544	1.69117	1.66307	1.63379	1.60042	1.56305	1.52168
27	2.90119	2.51061	2.29445	2.16700	2.07849	2.01205	1.95870	1.91599	1.88243	1.85386	1.80900	1.76414	1.70686	1.68259	1.65449	1.62521	1.59184	1.55447	1.51310
28	2.89385	2.50276	2.28660	2.15915	2.07064	1.99420	1.94085	1.89814	1.86458	1.83601	1.79115	1.74629	1.68901	1.66474	1.63664	1.60736	1.57400	1.53663	1.49526
29	2.88703	2.49548	2.27932	2.15187	2.06336	1.98692	1.93357	1.89086	1.85730	1.82873	1.78387	1.73901	1.68173	1.65746	1.62936	1.60008	1.56671	1.52934	1.48797
30	2.88069	2.48872	2.27256	2.14511	2.05660	1.98016	1.92681	1.88410	1.85054	1.82200	1.77714	1.73228	1.67500	1.65073	1.62263	1.59335	1.56000	1.52263	1.48126
40	2.83535	2.44037	2.22421	2.09676	1.99825	1.92181	1.86846	1.82580	1.79224	1.76368	1.71882	1.67396	1.61668	1.59241	1.56431	1.53503	1.50166	1.46429	1.42292
60	2.79107	2.39325	2.17710	2.04965	1.95114	1.87470	1.82135	1.77869	1.74513	1.71657	1.67171	1.62685	1.56957	1.54530	1.51720	1.48792	1.45455	1.41718	1.37581
120	2.74781	2.34734	2.12999	1.99954	1.90103	1.82459	1.77124	1.72858	1.69502	1.66646	1.62160	1.57674	1.51946	1.49519	1.46709	1.43781	1.40444	1.36707	1.32570
Inf	2.70554	2.30259	2.08338	1.94886	1.84727	1.77112	1.71772	1.67506	1.64150	1.61300	1.56814	1.52328	1.46599	1.44172	1.41362	1.38434	1.35100	1.31363	1.27226



القيم الحرجة للتوزيع ف عند ألفا = 0.05

Critical Values for F When alpha=0.05

df2 \ df1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf
1	161.4476	199.5	215.7073	224.5832	230.1619	233.986	236.7684	238.8827	240.5413	241.8817	243.906	245.9499	248.0131	249.0518	250.0551	251.1432	252.1957	253.2529	254.3144
2	18.5128	19	19.1643	19.2488	19.2964	19.3295	19.3532	19.371	19.3848	19.3959	19.4125	19.4291	19.4458	19.4581	19.4674	19.4747	19.4791	19.4874	19.4957
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8867	8.8452	8.8123	8.7855	8.7446	8.7029	8.6602	8.6385	8.6166	8.5944	8.572	8.5494	8.5264
4	7.7886	6.9443	6.5914	6.3882	6.2661	6.1631	6.0942	6.041	5.9988	5.9644	5.9117	5.8578	5.8025	5.7744	5.7459	5.717	5.6877	5.6581	5.6281
5	6.6079	5.7861	5.4055	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351	4.6777	4.6188	4.5581	4.5272	4.4957	4.4638	4.4314	4.3985	4.365
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2067	4.1468	4.099	4.06	3.9999	3.9381	3.8742	3.8415	3.8082	3.7743	3.7398	3.7047	3.6689
7	5.5914	4.7374	4.3488	4.1203	3.9715	3.866	3.787	3.7257	3.6787	3.6365	3.5747	3.5107	3.4445	3.4105	3.3758	3.3404	3.3043	3.2674	3.2298
8	5.3177	4.459	4.0662	3.8379	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.381	3.3372	3.2839	3.2184	3.1503	3.1152	3.0794	3.0428	3.0053	2.9669	2.9276
9	5.1174	4.2565	3.8625	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1729	3.1293	3.0729	3.0061	2.9365	2.9005	2.8637	2.8259	2.7872	2.7475	2.7067
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.478	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782	2.913	2.845	2.774	2.7372	2.6996	2.6609	2.6211	2.5801	2.5379
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.948	2.8962	2.8536	2.7876	2.7186	2.6464	2.609	2.5705	2.5309	2.4901	2.448	2.4045
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964	2.7534	2.6866	2.6169	2.5436	2.5055	2.4663	2.4259	2.3842	2.341	2.2962
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144	2.671	2.6037	2.5331	2.4589	2.4202	2.3803	2.3386	2.2966	2.2524	2.2064
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458	2.6022	2.5342	2.463	2.3879	2.3487	2.3082	2.2664	2.2229	2.1778	2.1307
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876	2.5437	2.4753	2.4034	2.3275	2.2878	2.2468	2.2033	2.1601	2.1141	2.0658
16	4.494	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377	2.4935	2.4247	2.3522	2.2756	2.2354	2.1938	2.1507	2.1068	2.0589	2.0096
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.81	2.6987	2.6143	2.548	2.4943	2.4499	2.3807	2.3077	2.2304	2.1898	2.1477	2.104	2.0584	2.0107	1.9604
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563	2.4117	2.3421	2.2686	2.1906	2.1497	2.1071	2.0629	2.0166	1.9681	1.9168
19	4.3807	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227	2.3779	2.308	2.2341	2.1555	2.1141	2.0712	2.0264	1.9795	1.9302	1.878
20	4.3512	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.599	2.514	2.4471	2.3928	2.3479	2.2776	2.2033	2.1242	2.0825	2.0391	1.9938	1.9464	1.8963	1.8432
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.366	2.321	2.2504	2.1757	2.096	2.054	2.0102	1.9645	1.9165	1.8657	1.8117
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419	2.2967	2.2258	2.1508	2.0707	2.0283	1.9842	1.938	1.8894	1.838	1.7831
23	4.2793	3.421	3.0267	2.7943	2.6389	2.5267	2.4412	2.3738	2.3191	2.2737	2.2026	2.1274	2.0472	2.0047	1.9605	1.9139	1.8648	1.8128	1.757
24	4.2597	3.4028	3.0084	2.776	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002	2.2547	2.1834	2.1077	2.0275	1.9848	1.9399	1.892	1.8424	1.7896	1.733
25	4.2417	3.3852	2.9908	2.7583	2.603	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821	2.2365	2.1649	2.0889	2.0075	1.9643	1.9192	1.8718	1.8217	1.7684	1.711
26	4.2252	3.369	2.9746	2.7421	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655	2.2197	2.1479	2.0716	1.9898	1.9464	1.901	1.8533	1.8027	1.7488	1.6906
27	4.21	3.3541	2.9597	2.7272	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501	2.2043	2.1323	2.0558	1.9736	1.9301	1.8842	1.8361	1.7851	1.7306	1.6717
28	4.196	3.3404	2.946	2.7135	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.236	2.19	2.1179	2.0411	1.9586	1.9147	1.8687	1.8203	1.7689	1.7138	1.6541
29	4.183	3.3277	2.9334	2.7009	2.5454	2.4326	2.3463	2.2783	2.2229	2.1768	2.1045	2.0275	1.9446	1.9005	1.8543	1.8055	1.7537	1.6981	1.6376
30	4.1709	3.3158	2.9213	2.6888	2.5336	2.4208	2.3343	2.2662	2.2107	2.1646	2.0921	2.0148	1.9317	1.8874	1.8409	1.7918	1.7396	1.6835	1.6223
40	4.0847	3.2317	2.8387	2.606	2.4495	2.3359	2.249	2.1802	2.124	2.0772	2.0035	1.9245	1.8389	1.7929	1.7444	1.6928	1.6373	1.5766	1.5089
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2541	2.1665	2.097	2.0401	1.9926	1.9174	1.8364	1.748	1.7001	1.6491	1.5943	1.5343	1.4674	1.3939
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.2899	2.175	2.0868	2.0164	1.9588	1.9105	1.8337	1.7505	1.6587	1.6084	1.5543	1.4952	1.429	1.3519	1.2539
Inf	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799	1.8307	1.7522	1.6664	1.5705	1.5173	1.4591	1.394	1.318	1.2214	1



القيم الحرجة للتوزيع ف عند الفا = 0.025
Critical Values for F When alpha=0.025

df2\df1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	inf
1	647.789	799.5	864.163	899.583	921.847	937.111	948.216	956.656	963.284	968.624	976.707	984.868	993.102	997.249	1001.414	1005.598	1009.8	1014.02	1018.258
2	38.5063	39	39.1655	39.2484	39.2982	39.3315	39.3552	39.373	39.3869	39.398	39.4146	39.4313	39.4479	39.4562	39.465	39.473	39.481	39.49	39.498
3	17.4434	16.0441	15.4392	15.101	14.8848	14.7347	14.6244	14.5399	14.4731	14.4189	14.3366	14.2527	14.1674	14.1241	14.081	14.037	13.992	13.947	13.902
4	12.2179	10.6491	9.9792	9.6045	9.3645	9.1973	9.0741	8.9786	8.9047	8.8439	8.7512	8.6565	8.5599	8.5109	8.461	8.411	8.36	8.309	8.257
5	10.007	8.4336	7.7636	7.3879	7.1464	6.9777	6.8531	6.7572	6.6811	6.6192	6.5245	6.4277	6.3286	6.278	6.227	6.175	6.123	6.069	6.015
6	8.8131	7.2599	6.5988	6.2272	5.9876	5.8198	5.6955	5.5996	5.5234	5.4613	5.3662	5.2687	5.1684	5.1172	5.065	5.012	4.959	4.904	4.849
7	8.0727	6.5415	5.8898	5.5226	5.2832	5.1166	4.9949	4.8993	4.8232	4.7611	4.6658	4.5678	4.4671	4.415	4.362	4.309	4.254	4.199	4.142
8	7.5709	6.0595	5.416	5.0526	4.8173	4.6517	4.5286	4.4333	4.3572	4.2951	4.1997	4.1012	3.9995	3.947	3.894	3.84	3.784	3.728	3.67
9	7.2093	5.7147	5.0781	4.7181	4.4844	4.3197	4.197	4.102	4.026	3.9639	3.8682	3.7694	3.6669	3.6142	3.56	3.505	3.449	3.392	3.333
10	6.9367	5.4564	4.8256	4.4683	4.2361	4.0721	3.9498	3.8549	3.779	3.7168	3.6209	3.5217	3.4185	3.3654	3.311	3.255	3.198	3.14	3.08
11	6.7241	5.2559	4.63	4.2751	4.044	3.8807	3.7586	3.6638	3.5879	3.5257	3.4296	3.3299	3.2261	3.1725	3.118	3.061	3.004	2.944	2.883
12	6.5538	5.0959	4.4742	4.1212	3.8911	3.7283	3.6065	3.5118	3.4358	3.3736	3.2773	3.1772	3.0728	3.0187	2.963	2.906	2.848	2.787	2.725
13	6.4143	4.9633	4.3472	3.9959	3.7663	3.6043	3.4827	3.388	3.312	3.2497	3.1532	3.0527	2.9477	2.8932	2.837	2.78	2.72	2.659	2.595
14	6.2979	4.8567	4.2417	3.8919	3.6634	3.5014	3.3799	3.2853	3.2093	3.1469	3.0502	2.9493	2.8437	2.7888	2.732	2.674	2.614	2.552	2.487
15	6.1995	4.765	4.1528	3.8043	3.5764	3.4147	3.2934	3.1987	3.1227	3.0602	2.9633	2.8621	2.7559	2.7006	2.644	2.585	2.524	2.461	2.395
16	6.1151	4.6867	4.0768	3.7294	3.5021	3.3406	3.2194	3.1248	3.0488	2.9862	2.889	2.7875	2.6808	2.6252	2.568	2.509	2.447	2.383	2.316
17	6.042	4.6189	4.0112	3.6648	3.4379	3.2767	3.1556	3.061	2.985	2.922	2.8249	2.723	2.6158	2.5598	2.502	2.442	2.38	2.315	2.247
18	5.9781	4.5597	3.9539	3.6083	3.382	3.2209	3.0999	3.0053	2.9291	2.8664	2.7689	2.6667	2.559	2.5027	2.445	2.384	2.321	2.256	2.187
19	5.9216	4.5034	3.8987	3.5537	3.327	3.1658	3.045	2.9503	2.8741	2.8112	2.7136	2.611	2.5039	2.4473	2.39	2.328	2.263	2.197	2.128
20	5.8715	4.4533	3.8487	3.5037	3.277	3.1158	3.005	2.9198	2.8435	2.7807	2.683	2.5803	2.4731	2.4165	2.359	2.297	2.231	2.164	2.095
21	5.8266	4.4084	3.8038	3.4588	3.232	3.0709	2.960	2.8742	2.7979	2.7348	2.6373	2.5343	2.4271	2.3705	2.313	2.251	2.184	2.116	2.047
22	5.7863	4.3681	3.7635	3.4185	3.192	3.0307	2.920	2.8342	2.7579	2.6948	2.5973	2.4943	2.3871	2.3305	2.273	2.211	2.144	2.076	2.007
23	5.7498	4.3316	3.727	3.382	3.155	3.004	2.893	2.807	2.7307	2.6676	2.5701	2.4671	2.36	2.303	2.246	2.184	2.117	2.049	1.98
24	5.7166	4.3187	3.7141	3.3691	3.142	2.991	2.880	2.794	2.717	2.654	2.556	2.453	2.346	2.289	2.232	2.17	2.103	2.035	1.966
25	5.6864	4.2909	3.6863	3.3413	3.114	2.963	2.852	2.766	2.689	2.626	2.528	2.425	2.318	2.261	2.204	2.142	2.075	2.007	1.938
26	5.6586	4.2655	3.6609	3.3159	3.089	2.938	2.827	2.741	2.664	2.601	2.503	2.400	2.293	2.236	2.179	2.117	2.05	1.982	1.913
27	5.6331	4.2421	3.6375	3.2925	3.066	2.915	2.804	2.718	2.641	2.578	2.480	2.377	2.27	2.213	2.156	2.094	2.027	1.959	1.89
28	5.6096	4.2205	3.6159	3.2709	3.045	2.894	2.783	2.697	2.62	2.557	2.459	2.356	2.249	2.192	2.135	2.073	2.006	1.938	1.869
29	5.5878	4.2006	3.596	3.251	3.025	2.874	2.763	2.677	2.601	2.538	2.44	2.337	2.23	2.173	2.116	2.054	1.987	1.919	1.85
30	5.5675	4.1821	3.5775	3.2325	3.006	2.855	2.744	2.658	2.582	2.519	2.421	2.318	2.211	2.154	2.097	2.035	1.968	1.9	1.831
40	5.4239	4.051	3.4463	3.1013	2.875	2.724	2.613	2.527	2.451	2.388	2.289	2.186	2.079	2.022	1.965	1.903	1.836	1.769	1.701
60	5.2856	3.9253	3.3207	2.9757	2.75	2.604	2.493	2.407	2.331	2.268	2.169	2.066	1.959	1.902	1.845	1.783	1.716	1.649	1.581
120	5.1523	3.8046	3.2001	2.8551	2.629	2.478	2.367	2.281	2.205	2.142	2.043	1.94	1.833	1.776	1.719	1.657	1.59	1.523	1.455
inf	5.0239	3.6889	3.1161	2.7858	2.56	2.409	2.298	2.212	2.136	2.073	1.974	1.871	1.764	1.707	1.65	1.588	1.521	1.454	1.386

القيم الحرجة للتوزيع ف عند الفا = 0.01
Critical Values for F When alpha=0.01

df1 \ df2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf
1	4052.181	1999.5	1403.332	1062.583	816.265	658.586	542.836	459.107	402.473	360.547	321.616	285.731	252.857	224.631	200.649	178.782	161.03	139.391	136.864
2	98.503	99	99.166	99.249	99.299	99.333	99.356	99.374	99.388	99.399	99.416	99.433	99.449	99.458	99.466	99.474	99.482	99.491	99.499
3	34.116	30.817	29.457	28.71	28.237	27.911	27.672	27.489	27.345	27.229	27.132	27.052	26.98	26.92	26.86	26.81	26.76	26.72	26.68
4	21.198	18	16.694	15.977	15.522	15.207	14.976	14.799	14.659	14.546	14.454	14.374	14.302	14.239	14.18	14.13	14.08	14.04	14.01
5	16.258	13.274	12.06	11.392	10.967	10.672	10.456	10.289	10.158	10.051	9.968	9.898	9.832	9.77	9.71	9.66	9.61	9.57	9.54
6	13.745	10.925	9.78	9.148	8.746	8.466	8.26	8.102	7.976	7.874	7.788	7.718	7.659	7.604	7.55	7.50	7.45	7.41	7.38
7	12.246	9.547	8.451	7.847	7.46	7.191	6.993	6.84	6.719	6.62	6.54	6.469	6.404	6.349	6.294	6.24	6.19	6.15	6.12
8	11.259	8.649	7.591	7.006	6.632	6.371	6.178	6.029	5.911	5.814	5.735	5.667	5.602	5.547	5.492	5.44	5.39	5.35	5.32
9	10.561	8.022	6.992	6.422	6.057	5.802	5.613	5.467	5.351	5.257	5.178	5.111	5.046	4.991	4.936	4.88	4.83	4.79	4.76
10	10.044	7.559	6.552	5.994	5.636	5.386	5.2	5.057	4.942	4.849	4.766	4.698	4.633	4.578	4.523	4.47	4.42	4.38	4.35
11	9.646	7.206	6.217	5.668	5.316	5.069	4.886	4.744	4.632	4.539	4.456	4.388	4.323	4.268	4.213	4.16	4.11	4.07	4.04
12	9.33	6.927	5.953	5.412	5.064	4.821	4.64	4.499	4.388	4.296	4.213	4.145	4.08	4.025	3.97	3.92	3.87	3.83	3.8
13	9.074	6.701	5.739	5.205	4.862	4.62	4.441	4.302	4.191	4.1	4.018	3.95	3.89	3.835	3.78	3.73	3.68	3.64	3.61
14	8.862	6.515	5.564	5.035	4.695	4.456	4.278	4.14	4.03	3.939	3.856	3.788	3.723	3.668	3.613	3.56	3.51	3.47	3.44
15	8.683	6.359	5.417	4.893	4.556	4.318	4.142	4.004	3.895	3.805	3.722	3.654	3.589	3.534	3.479	3.424	3.37	3.33	3.3
16	8.531	6.226	5.292	4.773	4.437	4.202	4.026	3.889	3.78	3.691	3.608	3.54	3.475	3.42	3.365	3.31	3.26	3.22	3.19
17	8.4	6.112	5.185	4.669	4.336	4.102	3.927	3.791	3.682	3.593	3.51	3.446	3.381	3.326	3.271	3.216	3.16	3.12	3.09
18	8.285	6.013	5.092	4.579	4.248	4.015	3.841	3.705	3.597	3.508	3.426	3.361	3.296	3.241	3.186	3.131	3.08	3.04	3.01
19	8.185	5.926	5.01	4.5	4.171	3.939	3.765	3.63	3.523	3.434	3.352	3.287	3.222	3.167	3.112	3.057	3.00	2.96	2.93
20	8.096	5.849	4.938	4.431	4.103	3.871	3.699	3.564	3.457	3.368	3.286	3.221	3.156	3.101	3.046	2.991	2.93	2.89	2.86
21	8.017	5.78	4.874	4.369	4.042	3.812	3.64	3.506	3.398	3.31	3.229	3.164	3.1	3.045	2.99	2.935	2.88	2.84	2.81
22	7.945	5.719	4.817	4.313	3.988	3.758	3.587	3.453	3.346	3.258	3.177	3.112	3.047	2.992	2.937	2.882	2.82	2.78	2.75
23	7.881	5.664	4.765	4.264	3.939	3.71	3.539	3.406	3.299	3.211	3.13	3.065	2.999	2.944	2.889	2.834	2.77	2.73	2.7
24	7.823	5.614	4.718	4.218	3.895	3.667	3.496	3.363	3.256	3.168	3.089	3.022	2.956	2.901	2.846	2.791	2.73	2.69	2.66
25	7.77	5.568	4.675	4.177	3.855	3.627	3.457	3.324	3.217	3.129	3.05	2.983	2.917	2.862	2.807	2.752	2.69	2.65	2.62
26	7.721	5.526	4.637	4.14	3.818	3.591	3.421	3.288	3.182	3.094	3.015	2.948	2.882	2.827	2.772	2.717	2.66	2.62	2.59
27	7.677	5.488	4.601	4.106	3.785	3.558	3.388	3.256	3.15	3.062	2.983	2.916	2.85	2.795	2.74	2.68	2.63	2.59	2.56
28	7.636	5.453	4.568	4.074	3.754	3.528	3.358	3.226	3.12	3.032	2.953	2.886	2.82	2.765	2.71	2.65	2.6	2.56	2.53
29	7.598	5.42	4.538	4.045	3.725	3.499	3.33	3.198	3.092	3.005	2.926	2.859	2.792	2.735	2.68	2.62	2.57	2.53	2.5
30	7.562	5.39	4.51	4.018	3.699	3.473	3.304	3.173	3.067	2.979	2.899	2.832	2.765	2.708	2.65	2.6	2.55	2.51	2.48
40	7.314	5.179	4.313	3.828	3.514	3.291	3.124	2.993	2.888	2.801	2.722	2.655	2.588	2.531	2.476	2.421	2.36	2.32	2.29
60	7.077	4.977	4.126	3.649	3.339	3.119	2.953	2.823	2.718	2.632	2.553	2.486	2.419	2.362	2.307	2.252	2.19	2.15	2.12
120	6.851	4.787	3.949	3.48	3.174	2.956	2.792	2.663	2.559	2.472	2.393	2.326	2.259	2.202	2.147	2.092	2.03	1.99	1.96
Inf	6.635	4.605	3.782	3.319	3.017	2.802	2.639	2.511	2.407	2.321	2.242	2.175	2.108	2.051	1.996	1.941	1.88	1.84	1.81

Adjusted 511
 Attribute 312
 Bias 133, 134, 135, 136, 137, 138, 474
 Breakthrough..... 161, 278, 279
 Capability 16, 51, 93, 148, 154, 155, 156,
 171, 177, 179, 181, 182, 183, 184,
 188, 247, 285, 337, 343
 Cause 14, 53, 72, 95, 97, 115, 127, 209,
 212, 261, 262, 263, 264, 265, 268,
 489, 492, 527
 central tendency 320, 324
 Charter 68, 82, 190, 192
 Common causes 93, 95, 97
 Confidence Level 479, 480, 494, 501
 Constants 308, 309
Continuous 23, 108, 117, 124, 147, 161,
 312, 318, 396, 397, 422, 528, 530
 Control Charts 9, 93, 100, 107, 108, 111,
 112, 114, 116, 117, 119, 120, 123,
 125, 126, 127, 132, 136, 148, 153,
 155, 156, 172, 183, 185, 187, 234,
 329, 406, 519
 Control Limit . 104, 111, 140, 407
 Correlation 13, 262, 266, 488, 491, 492,
 494, 496, 498, 509, 512, 514
 CTC 68, 81
 CTQ 68, 81
 CTS 68, 81
 Cumulative Density Function 396, 398,
 417
 Dashboard 281, 282
 Descriptive 304, 318, 319, 325, 351
 Discrete .. 312, 318, 433, 457, 528
 DPMO 50, 66, 151, 152, 153, 158, 161,
 166, 167, 170
 Estimation 11, 316, 477
 External Customer 197
 Fire Fighting 30, 63
 Fire Prevention 30
 Flow Chart 240, 242, 250, 251
 Gantt 195, 196
 Gauge 132, 135, 138, 139
 Goodness 152, 159
 Histogram 236, 362, 373, 400, 401
 hypotheses 520, 521, 522, 523, 524, 526,
 527, 530, 532, 533, 540

Hypothesis 12, 15, 172, 234, 262, 304,
 476, 494, 511, 512, 514, 520, 521
 Improve 16, 66, 74, 240, 241, 545
 Inferential 304, 316, 520
 Internal Customer 197
 Interval 311, 318, 326, 327, 362, 477,
 478
 Kaizen 34, 277, 278
 Lean 34, 72, 250, 258, 273, 277, 545, 546
 Least Sum of Squares 365
 . Linearity 135, 137
 mean 321, 477, 488, 534, 536, 538, 541,
 542
 Measurement System Analysis 9, 70,
 116, 130, 147, 157, 326
 Measures 72, 89, 149, 173, 250, 318, 319,
 320, 324, 328, 339, 366, 368, 400,
 401, 488
 Median 322, 324, 326, 327, 329, 330,
 332, 334, 341, 342, 348, 360, 361,
 367, 368
 Midrange 324
 Mode 323, 324, 326, 327, 329, 330, 332,
 348, 430
 Non-Normal Data 171, 172, 173, 174,
 183
 Normality 109, 124, 157, 173, 175, 176,
 230, 402, 481, 485
 P value 511, 542
 Parameter 419, 421, 522
 Performance 68, 86, 126, 154, 156, 168,
 178, 179, 304, 545
 Poor Quality 59
 population 303, 464, 472, 473, 474, 475,
 476, 477, 478, 485, 486, 493, 520,
 521, 522, 527
 Population Parameters 12, 315, 477, 478,
 479
 Probability Density Function 238, 396,
 417
 Probability Mass Function 435, 436, 442,
 458, 460
 Qualitative 309
 Quality Function 202, 207
 Quantitative 310, 337, 503
 Quota 467
 Range 328, 329, 332, 334, 336, 343, 406

Ratio 14, 311, 318, 326, 327, 362, 504
 regression 488, 489, 496, 497, 500, 501,
 509, 510, 516
 Regression 13, 14, 72, 172, 262, 265,
 266, 267, 489, 490, 491, 500, 505,
 509, 510, 511, 512
 Reliability 418, 420, 435
 Repeatability 132, 138, 139, 140, 145,
 146
 Reproducibility 132, 138, 139, 141, 145,
 146
 Residuals 512
 Sampling 466, 467, 474, 478
 Scatter 501, 502
 Sigma 332, 335, 336, 337, 399
 Sigma Level 46, 47, 48, 49, 50, 51, 70,
 151, 153, 158, 160, 161, 162, 164,
 165, 166, 167, 333, 335

Sigma Value 45, 46, 47, 48, 49, 50, 160,
 336
 Simulation 314
 SIPOC 193, 272
 SMART 84, 192
 Special 53, 95, 97, 98, 102, 115, 121,
 127, 140, 154, 155, 156, 157, 158,
 172, 186, 249, 422, 519, 530
 Standard deviation 316, 318, 329, 336,
 343, 355, 396, 478, 485
 Static Data 308
 Statistical 9, 30, 89, 95, 98, 102, 106,
 140, 172, 189, 315, 316, 317, 373,
 393, 476, 494, 545
 Survey 314
 T Scores 346
 Variables 308, 309, 310, 312, 316, 496
 Weibull 418, 421
 Z Scores 343