٤٧

الهندسة الصناعية/الإدارية في الرعاية الصحية

Industrial/Management Engineering in Health Care

George Seaman
President, Seaman Associates
Northport, NY

إذا كان يتحرك، فهو ميكانيكي؛

إذا كان لا يتحرك، فهو مدني؛

إذا كان يشم، فهو كيميائي؛

إذا كان غير مرئي، فهو كهربائي؛

وإذا كنت لا تستطيع حتى تخيله، فهو صناعي!

صفحة IE في جامعة Nebraska (نبراسكا).

نُسبت إلى البروفسور Schmuel S. Oren، جامعة كاليفورنيا في Berkeley.

ربما تكون الهندسة الصناعية/الإدارية الأوسع من بين جميع التخصصات الهندسية. يوحِّد المهندسون الصناعيون/الإداريون (I/MEs) موارد المعلومات والموارد البشرية والمادية والمالية والتكنولوجية لإنتاج السلع والخدمات على النحو الأمثل.

تتضمن مجالات التخصص الرئيسية المُطبَّقة في قطاع الرعاية الصحية ما يلي:

- الاقتصاديات الهندسية وتحليل القرارات.
- هندسة العوامل البشرية.
- أنظمة تقديم الخدمات/العمليات.
- علم بحوث العمليات/ التحقيق الأمثل للموارد/ القرار.
- إدارة اللوجستيات والمعلومات والمواد.

- التحليل الإحصائي/إدارة الجودة.
- الأنظمة العشوائية/المحاكاة/النمذجة.

إن المهندسين الصناعيين/الإداريين هم عادة حلاّلو مشاكل موجهين بالناس وتتناول مهامهم صنع القرار الإداري. وهم يميلون إلى أن يكونوا متنوعين، وغالباً ما يتطلبون التفاعل مع إداريي وأخصائيي الرعاية الصحية مثل أولئك الذين لديهم خبرة خاصة في مجال التكنولوجيات الطبية الحيوية مع التوجيه الأساسي لتقديم الرعاية المثلى للمرضى.

وفقاً لتعريف الـ ACCE (الكلية الأمريكية للهندسة الإكلينيكية) (Bauld, 1991) فإن المهندس الإكلينيكي (CE) هو المهني الذي يدعم ويطوِّر رعاية المرضى من خلال تطبيق المهارات الهندسية والإدارية على تكنولوجيا الرعاية الصحية. وعندما أصبحت الرعاية الصحية معتمدة بشكل متزايد على تكنولوجيا أكثر تطوراً وعلى التجهيزات الطبية الحيوية المعقدة المرافقة، فقد ارتقى دور المهندس الإكلينيكي إلى مستوى مسؤول التكنولوجيا في دعم منظمات الرعاية الصحية من خلال التخطيط للتكنولوجيا، وتنفيذها وضمان استخدامها الآمن والفعال خلال العمر الافتراضي للتكنولوجيا.

تكمل مجموعتا المهارات بعضها بعضاً في مجالات المعرفة الهندسية العامة، وكلتاهما تتطلبان مجموعة فريدة من المهارات والمعرفة الإدارية خاصة بمجالات تخصصهما. ويمكن أن ينشأ نموذج تعاوني منحاز نحو هدف محدد يمكن أن ينتج عنه تنفيذاً مُنجزاً بشكل جيد ومخططاً له بشكل معقول للتغيير التكنولوجي. يسهِّل هذا الفصل فهم ما يقوم به الـ I/MEs، من خلال إظهار إستراتيجيات حل المشكلة والطريقة التي يمكن للـ I/MEs أن يعملوا بها بشكل فعال مع المهندس الإكلينيكي في العمل عند الحدود القديمة والجديدة للتكنولوجيا في منظمات الرعاية الصحية.

تعريف المهندس الصناعي/الإداري

Definition of an Industrial/Management Engineer

"إن الكفاءة هي فعل الأشياء بشكل صحيح؛ أما الفعالية فهي القيام بالأشياء الصحيحة". Peter F. Drucker.

"Efficiency is doing things right; effectiveness is doing the right things."–Peter F. Drucker

يصمم المهندسون الصناعيون/الإداريون المزيج الأمثل للموارد البشرية والطبيعية من أجل صنع أنظمة تعطي أفضل أداء. إن دمج الناس والمواد ورأس المال والتجهيزات والطاقة في أنظمة الإنتاج هو الاهتمام الرئيسي لـ I/ME. قد يكون I/ME مشاركاً في جدولة موارد الكوادر والأنظمة، أو تصميم أنظمة تقديم الرعاية الصحية، أو بناء أنظمة المعلومات لدعم التطور التنظيمي وصناعة القرار.

لقد وصف المكتب الأمريكي لإحصائيات العمل الوظيفة النموذجية لـ I/ME على النحو التالي: يحدد المهندسون الصناعيون الطرق الأكثر فعالية لمنظمة ما لاستخدام العوامل الأساسية للناس المنتجين والآلات والمواد

والمعلومات والطاقة لصنع أو لمعالجة منتج ما. إنهم الجسر الذي يربط بين الإدارة والعمليات، كما أنهم أكثر اهتماماً بزيادة الإنتاجية من خلال إدارة الناس، وأساليب تنظيم الأعمال التجارية، والتكنولوجيا من المهندسين في التخصصات الأخرى، الذين يعملون عادة أكثر بالمنتجات أو العمليات.

دور I/ME في صنع القرار The I/ME's Role in Decision Making

"إن الغرض من نموذج ما هو ليس مطابقة البيانات، بل جعل المسائل أكثر دقة" Samuel Karlin, 11th R A Fisher Memorial Lecture, Royal Society 20, April 1983.

إن علم القرار هو جزء أساسي من تدريب الـ I/ME في تنمية مهارات النمذجة. إن النموذج هو استخلاص لعملية بالعالم الحقيقي، مثل نظام التوريد بالنقل، أو خدمة الزبائن، أو سلوك أسواق الرعاية الصحية. يمكن أن يساعد التحليل الصحيح لخرج نموذج على تحسين أداء المنظمة أو الخدمة أو البرنامج. ومن أجل أن تكون مثل هذه النماذج مفيدة، يجب أن يتم توصيل نتائجها بوضوح إلى الشركة. كما أن القدرة على طرح الأسئلة المناسبة والفطنة الجيدة في مهارات الاستماع والاتصال ضرورية بهدف التعرف على المشكلة والاستفادة من المعلومات التي تولدها النماذج.

لاحظ مكتب إحصائيات العمل أنه لحل مشاكل الإنتاج والمشاكل ذات الصلة والتنظيمية بأكبر قدر من الفعالية، فإن المهندسين الصناعيين يدرسون بعناية المنتج (أو العملية) ومتطلباته، وتصميم اللوجستيات وأنظمة المعلومات، ويستخدمون طرق التحليل الرياضي (مثل بحوث العمليات) لتحقيق تلك المتطلبات. كما يطورون أنظمة الضبط الإدارية للمساعدة في التخطيط المالي وتحليل التكاليف، وتصميم التخطيط للإنتاج (أو العملية) وأنظمة التحكم لتنسيق الأنشطة وضبط جودة المنتج (أو الخدمة)، وتصميم أو تحسين أنظمة للتوزيع المادي للمواد والخدمات. يقوم المهندسون الصناعيون بإجراء مسوحات لإيجاد مواقع المرافق مع أفضل مزيج للموارد، والنقل، وسهولة الوصول، والتكاليف. كما أنهم يطورون الأجور والمرتبات، وأنظمة الإدارة وبرامج تقييم العمل. ينتقل العديد من المهندسين الصناعيين إلى المناصب الإدارية، لأن العمل يرتبط ارتباطاً وثيقاً بفن العلوم الإدارية.

صنع القرار في الرعاية الصحية Decision Making in Health Care

"إن النجاح نسبي: إنه ما نستطيع أن نصنع من الفوضى التي قد تسبينا بها من الأشياء". T. S. Eliot

تعد صناعة الرعاية الصحية أكبر صناعة منفردة في الولايات المتحدة، وتضم أكثر من ٧٠٠٠٠٠ طبيباً و٥٠٠٠ مستشفاً. تجاوز مجموع النفقات ١.٣ تريليون دولار أمريكي، ووفقاً لبعض الخبراء، فإنه من المتوقع أن يتضاعف هذا الرقم بحلول عام ٢٠٠٧م (HCFA, 1997). لقد أدت هذه الزيادة في تكاليف تقديم خدمات الرعاية

الصحية بالحكومة الاتحادية، وأرباب العمل، وجماعات المستهلكين إلى الضغط على صناعة الرعاية الصحية للبحث عن طرق أكثر فعالية من حيث التكلفة من أجل خدمة العدد المتنامي لمستهلكي الرعاية الصحية، على سبيل المثال، الأشخاص الذين وُلدوا في فترة ازدهار الولادات (١٩٤٥م- ١٩٦٤م). تقع منظمات الرعاية الصحية، مع ما يصاحب ذلك من ارتفاع في التكاليف، تحت الضغط للاستجابة إلى القوانين الناظمة الزائدة على سبيل المثال، قانون مسؤولية وقابلية نقل التأمين الصحي (HIPAA)، (انظر الفصل ١٠٤)، وإلى التعقيد والإرهاق المتزايدين لإنشاءات الرعاية التي تتم إداراتها، على سبيل المثال، التراخيص الأولية والتجميع للخدمات في استجابة لتحقيق هيكلية تعويضات لـ HMO مثلى، ولتتعامل مع تقادم التكنولوجيا والبنية التحتية.

يلوح العالم الجديد للتكنولوجيا في الأفق، حيث تنمو هذه التكنولوجيا بمعدل هندسي وواعدة بخطوات طبية رائعة في مجال علم الوراثة والبيولوجيا الجزيئية، وعلم الصيدلة، والطب والجراحة، وأدوات التشخيص، والمراقبة الفيزيولوجية، والروبوتات (الناس الآليين). تَعِدُ هذه التكنولوجيات والمعلوماتية التي تتقاطع عرضياً معها جميعاً بفائدة وقيمة بالغتي الأهمية. وتضع هذه التطورات الجديدة في أغلب الأحيان المدير التنفيذي (CEO) في مأزق استثماري بين إدارة التكاليف وشراء شيء من شأنه تحسين الجودة وخفض (أو احتواء) التكاليف المستقبلية (تحسين القيمة). إذا كان الاستثمار كبيراً، كما هو في جميع استثمارات الرعاية الصحية تقريباً، فقد تكون هناك عوائق تنظيمية فيدرالية وعلى مستوى الولاية ومحلية ربما تأخذ وقتاً طويلاً بالنسبة للاستثمار لتفقد فائدتها كأجهزة "منافسة" أو، ما هو أسوأ، تقديم تكنولوجيا عفا عليها الزمن تقريباً. إن هذا الأمر هام جداً خصوصاً بالنسبة إلى مستشفى صغير قد لا يملك القدرة على تمويل مركز طبي كبير أو شبكة يمكنها أن تستوعب المخاطر؛ ولكنه يجب أن يستثمر من أجل البقاء.

هناك مناسبات للوقت الذي يجب أن يقوم فيه الـ CEO باستثمار لجذب طبيب بارز أو الاحتفاظ به، أو الاستجابة إلى ضغط الطبيب أو المجتمع المستهلك، أو، بشكل أكثر ضرورة، الاستجابة إلى حالة عاجلة أو طارئة لتجنب حدوث نتائج كارثية. يجب على المستشفيات، بغض النظر عن مأزق الاستثمار، الاستثمار في التكنولوجيا لتزدهر وتستمر في فعل "الشيء الصحيح". ولكن بقيام المستشفيات بفعل الشيء الصحيح، كيف يعرف المدير التنفيذي أن القرار بالاستثمار هو الطريق الصحيح؟ يستطيع التمويل أن يُنجز التوازن، حيث يستطيع الطبيب أو الممرضة إخباره أو إخبارها كم كان عظيماً أداؤه في مستشفى ما XYZ، أو مؤتمر ما، أو يمكن لعضو في مجلس الإدارة أن يعطي دفعة إلى الأمام. ولكن الـ CEO عرضة للمساءلة، ومن ثم، يجب أن يعتمد على عوامل أخرى تؤثر على قراره أو قرارها ومستقبل المنظمة.

التخطيط
Planning

"مهما كانت الإخفاقات التي عرفتها، ومهما كانت الأخطاء التي ارتكبتها، ومهما كانت الحماقات التي شهدتها في الحياة الخاصة والعامة فقد كانت نتيجة للعمل بدون تفكير". Bernard M. Baruch

الحصول على التكنولوجيا Technology Acquisition

"عندما تكون الأداة الوحيدة لديك هي مطرقة، فعندها تبدأ كل مشكلة تبدو وكأنها مسمار" Abraham Maslow.
"When the only tool you have is a hammer, then every problem begins to look like a nail."–Abraham Maslow

كيف يبدأ الحصول على التكنولوجيا؟ ينبغي أن يبدأ ذلك على مستوى التخطيط الإستراتيجي. (انظر الفصلين ٣٠ و٣٢). بما أن التكنولوجيا ديناميكية إلى أقصى حد، فإن التخطيط على المستوى الصغري (الميكروي) ينبغي أن يكون بالقرب من نقطة النهاية، وليس البداية! تفيد عملية وضع ميزانية رأس المال في كثير من الأحيان كبديل لعملية التخطيط الإستراتيجي. لكنها تتطلب أعضاء كادر متجانسين لتقديم تقدير لاحتياجاتهم ورغباتهم، وعادة في وقت قصير، وغالباً دون اتصال تصالبي معرفي مع خدمات أخرى. وهذا كارثي بمعنى أن استخدام ميزانية رأس المال كخطة إستراتيجية سوف ينتج عنه استغلال ما دون الأمثل للتكنولوجيا، مثل إنشاء كابوس الارتباطية التنفيذية (implementation connectivity)؛ أو عقود خدمة باهظة وتكاليف مخزون؛ أو شراء تكنولوجيا تصبح بالية بسرعة أوترك الـ I/ME والـ CE غير المترابطين ليتعاملوا مع مجموعة كبيرة من الأعمال المختلطة وغيرها من التحديات العملياتية للإدارة والتنفيذ غير الضرورية التي يمكن تفاديها بطريقة أخرى.

الاقتصاديات الهندسية وتحليل القرارات Engineering Economics and Decision Analysis

إن قصة جهازي التصوير المقطعي المحوسب (CT)، التي تمثل القوة الدافعة الرئيسية وراء العديد من القرارات والأسس الإدارية بالنسبة إلى مادة "المقدمة في الأعمال"، هي تحقيق الأرباح. وتوضع هذه القوة في مرافق الرعاية الصحية المساهمة غير الربحية على الهامش. يلعب الـ I/ME دوراً رئيسياً في أغلب الأحيان في توفير العمل التحليلي لدعم اتخاذ القرار من خلال مجموعة متنوعة من التقنيات. على سبيل المثال، خذ في الاعتبار أن شعبة الأشعة اشترت ماسح CT جديد (CT_A) بالإضافة إلى جهازها الحالي (CT_B) لتلبية الطلب المتزايد. تأخذ كل وحدة مدة مختلفة من الوقت لفحص المريض. وبما أن CT_A جديد، فإن متوسط المسح ١٦ دقيقة لكل مسح، بينما يكون متوسط المسح للماسح المُستخدم CT_B ٢٤ دقيقة لكل مسح. إن الوقت الإجمالي لمعالجة مريض يبلغ في المتوسط ١٢ دقيقة لكل مريض، صافي كل من زمن المعالجة للماسحين. حدد تحليل التكلفة السابق أنه كان يجب معالجة ٢٤ مريضاً يومياً بالنسبة إلى الشعبة لكي تعمل.

يجب أن ننظر إلى معدلات المعالجة لتحديد حل لذلك. إن معدل CT_A هو ٢,١ مريض في كل ساعة (٦٠ دقيقة /ساعة/١٦+١٢ دقيقة لكل مريض) و١,٧ مريض/ساعة لـ CT_B. وإذا كانت المنشأة تعمل لمدة سبع ساعات، فإنه يمكن معالجة ما مجموعه ٢٦,٦ مريض/يوم، على افتراض أن العملية بحالة مستقرة، وهكذا تعمل الشعبة بسهولة. ومع ذلك، فإن التأخيرات مثل وصول المرضى متأخرين، واستراحات الكادر، والتغيب، والأعمال الورقية المهدورة، وتأخيرات الآلة تسهم جميعها في اتجاه تقويض تلك الحالة المثالية. إذا تم إدخال خمس دقائق مُضافة تبعاً لاختلافات التأخير أوX دقيقة تخسرها الوحدة في زمن التوقف في العملية فإن الحجم اليومي يمكن أن ينخفض إلى ٢٣ مريضاً يومياً، ومن ثم الحفاظ على خسارة دائمة. إن الواقع هو أنه توجد عمليات عشوائية في العمل تسبب تأخيرات متغيرة من حيث المدة وليست موزعة بالتساوي على أساس كل مريض. يمكن أن يؤدي هذا إلى انخفاض في الاستخدام يصل إلى ٢٠٪، أومن ١٨-٢٠ مريضاً يومياً في هذه الحالة.

يستطيع الـ I/ME إجراء تحليل زمني للدراسة من خلال تطبيق طريقة معينة وبناء مخطط جريان للعملية لتحديد طرق لتخفيض زمن معالجة المريض عن طريق إلغاء أو جمع خطوات، أو إزالة بعض الخطوات في "المسار الحرج" للعملية لتقليل زمن المعالجة المباشرة. يمكن أن تشمل الأدوات الأخرى محاكاة للعملية حيث يمكن بناء جريان ديناميكي لمتتالية من الأحداث تحاكي عملية العمل، وتغيير أحداث معينة أو عمليات فرعية لتحديد حساسية زمن الخدمة في حين أنها تتضمن تلك العمليات العشوائية مثل وصول المريض وزمن توقف الموارد.

يمكن القيام بهذا التحليل قبل شراء التجهيزات مع معايير زمنية، ولوجستيات، ومراقبة محددة مسبقاً في المكان، إذا تم إجراؤه في إطار عملية تخطيط معقولة. ملاحظة ذات أهمية: قرر المستشفى استخدام جميع عقود الخدمة الشاملة التي بلغت ٩٢٠٠٠ دولار أمريكي سنوياً. لو كان المستشفى قد استخدم قسم الهندسة الإكلينيكية الموجودة فيه، فإنه لم يكن ليوفر النقود فقط، بل لكان قد أضاف أيضاً قيمة إلى الاستخدام خلال وقت المهندس الإكلينيكي غير المخصص لـ CT.

إدارة المشروع

Project Management

"كل شيء على ما يرام في النهاية. إذا لم يكن على ما يرام، فإنها عندئذ ليست النهاية". مجهول

إدارة المشاريع الكبيرة والمعقدة Managing Large, Complex Projects

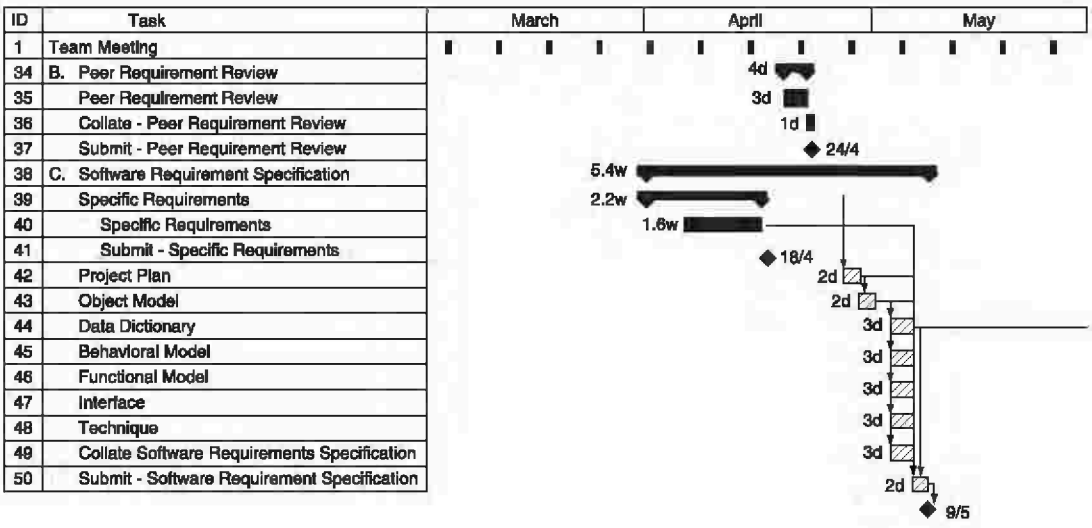
مخطط Gantt

إن مخطط Gantt هو مخطط شريطي أفقي بالإضافة إلى أداة تحكم في الإنتاج تم إيجاده عام ١٩١٧م على يد Henry L. Gantt، الذي كان مهندساً أمريكياً وعالماً اجتماعياً. يُستخدم مخطط Gantt كثيراً في إدارة المشاريع، ويوفر

رسماً بيانياً للجدول الزمني الذي يساعد على تخطيط وتنسيق ومتابعة مهام محددة في مشروع ما (الشكل رقم ٤٧,١). يمكن أن تكون مخططات Gantt أشكالاً بسيطة تم إنشاؤها على ورقة رسم بياني، أو أكثر تعقيداً، أشكالاً مؤتمتة تم إنشاؤها باستخدام برامج تطبيقات إدارة المشاريع مثل مشروع مايكروسوفت أو إكسل. (انظر على سبيل المثال، http://goanna.cs.rmit.edu.au/~geoff/280/cgi/sample/timing/section1.htm).

مخطط PERT

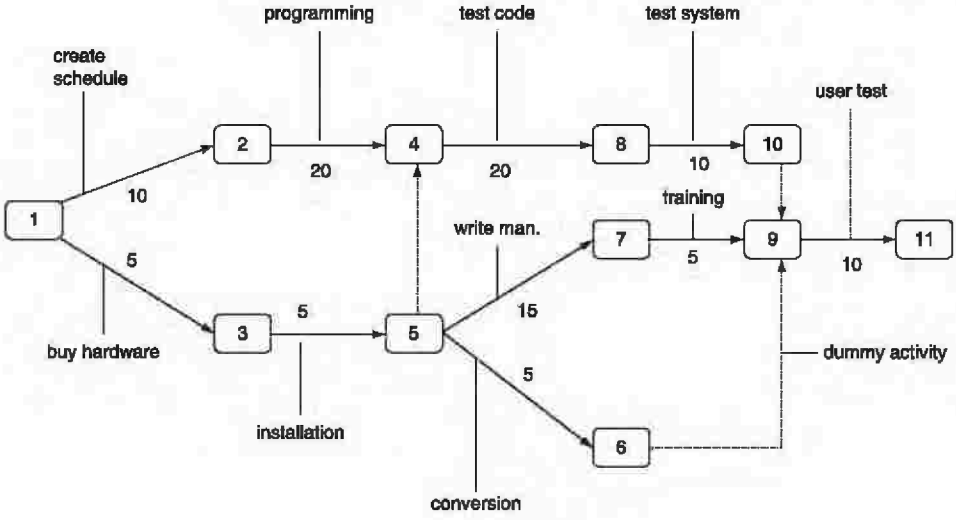
إن ما يقيّد مخطط Gantt هو أنه لا يظهر ترابط الأمور بعضها ببعض. تم وضع مخطط PERT ("تقنية مراجعة لتقييم برنامج") من قبل سلاح البحرية الأميركية في خمسينيات القرن العشرين لإدارة برنامج صواريخ غواصة Polaris للتغلب على ذاك القيد. وهذا غالباً ما يكون متحد مع طريقة المسار الحرج (CPM)، التي تم تطويرها في القطاع الخاص في الوقت نفسه تقريباً. تحدد طريقة المسار الحرج تسلسل المسار الذي يكون أكثر حرجاً لانجاز المشروع.



الشكل رقم (٤٧,١).مثال لمخطط Gantt.

يعرض مخطط PERT توضيحاً بيانياً للمشروع كمخطط شبكي يتألف من عقد مُرقّمة (إما دوائر أو مستطيلات) تمثل أحداث أو معالم بارزة في المشروع، ومترابطة من خلال أسهم مميزة تمثل مهاماً في المشروع. يشير اتجاه الأسهم على الخطوط إلى تسلسل المهام. ففي مخطط PERT المُبين في الشكل رقم (٤٧,٢)، على سبيل المثال، يجب أن يتم إكمال المهام بين العقد ١ و٢ و٤ و٨ و١٠ على التسلسل. تسمى هذه بالمهام التابعة أو المتسلسلة. إن المهام بين العقدتين ١ و٢، وبين العقدتين ١ و٣ لا تعتمد على الانتهاء من واحدة للبدء بالأخرى، ويمكن القيام بها

في وقت واحد. هذه المهام يُطلق عليها اسم مهام "متوازية"، أو"متزامنة". يتم اعتبار المهام التي يجب استكمالها على التسلسل، ولكنها لا تحتاج إلى موارد أو وقت للانتهاء، بأنها تابعة للحدث. تُسمى المهام الممثلة بخطوط منقطة ذات أسهم "بالأنشطة الوهمية". يشير، على سبيل المثال، السهم المتقطع الذي يربط العقدتين ٦ و٩ إلى أنه يجب أن يتم تحويل ملفات قبل إمكانية حدوث اختبار المستخدم، إلاّ أن الموارد والوقت اللازم للتحضير من أجل اختبار المستخدم (على سبيل المثال، تدريب المستخدم وكتابة كتيب المستخدم) تكون على مسار آخر. تشير الأرقام على الجوانب المواجهة للأسهم إلى الوقت المخصص لهذه المهمة.



- تمثل المستطيلات المُرقّمة أحداث أو معالم.
- تمثل الأسهم الموجهة مهام تابعة يجب إنهاؤها بالتتالي.
- تشير اتجاهات الأسهم المتباعدة (على سبيل المثال ١–٢، و ١–٣) إلى المهام المتزامنة المُحتملة.
- تشير الخطوط المُنقّطة إلى مهام تابعة لا تحتاج إلى موارد.

الشكل رقم (٤٧,٢).مثال لمخطط PERT.

إن هذه التقنيات مفيدة في تنظيم وإدارة وتحديد المسؤولية، وتحديث الحالة في المشاريع الكبيرة والمعقدة. يضع المهندس الصناعي/الإداري (I/ME) على نحو نموذجي قائمة مهام من خلال العمل مع متخصصين مثل المهندسين المعماريين ومهندسين آخرين، ومُبرمجين وسوف يطوّر وينظّم قائمة أكثر تفصيلاً للأنشطة، وتسلسل الأحداث الضرورية، ويحدد أوجه الترابط بين الأنشطة والأحداث. يقع هذا التخصص المستقل لـ I/ME تحت إدارة المشاريع،

التي تشكل حقلاً كاملاً في حد ذاته. وهناك مديرو مشاريع مُجازون (PMs)، وأدوات خاصة مُستخدمة لوضع الجداول الزمنية، ومجتمعات دولية مكرَّسة لهذا المجال المهم. (وللحصول على مزيد من المعلومات حول إدارة المشاريع، انظر http://www.allpm.com/static.html).

مبدلات ضغط الدم التي يُعاد استخدامها مقابل التي تستخدم لمرة واحدة: دراسة حالة

Reusable vs. Disposable Blood Pressure Transducers: A Case Study

"إن جواباً تقريبياً للمسألة الصحيحة جديراً بمعاملة جيدة أكثر من جواب دقيق لمشكلة تقريبية". John Tukey

إن ما يلي هو مثال على كيف يمكن أن يتم توحيد مجالات التخصص لمهندس صناعي/إداري ومهندس إكلينيكي في تحليل استخدام التكاليف/المنافع للأجهزة الطبية البديلة في المستشفى: لقد كانت تكلفة المبدلات التي يُعاد استخدامها في زيادة طوال العام السابق. وبناء على طلب من ممثل المبيعات، أراد مدير المستشفى تقييم استخدام المبدلات التي تستخدم لمرة واحدة. استعرض المهندس الصناعي/ الإداري المشكلة مع المهندس الإكلينيكي وبدءاً ببناء طريقة لذلك. وبالنظر إلى الأرقام في تحليل "أفعل/اشتري"، فإن تكلفة المبدلات التي يُعاد استخدامها هي ٢٧٥ دولاراً أمريكياً في حين أن تكلفة التي تستخدم لمرة واحدة هي ٢,٣٨ دولاراً أمريكياً. وبلغ الجرد الإجمالي ١٤٩ مبدلاً، مع ١٢ في التخزين. أشار أخذ العينات العشوائي أن، في المتوسط، ٨٢٪ من المبدلات كانت قيد الاستخدام على أساس يومي. وكان متوسط معدل الإصلاح ٢٦ شهرياً بتكلفة قدرها ٦٣ دولاراً أمريكياً في قطع الغيار، والموظفين (تكلفة المهندس الإكلينيكي على أساس تحليل دراسة زمنية)، ونفقات التشغيل، ومعدل استبدال مقداره ٣٧ في الشهر.

إن هذه المشكلة، وبشكل سطحي، تبدو بسيطة. يصل تقدير تكلفة الاستبدال على أساس سنوي إلى ١٤١٧٥٦ دولار أمريكي/سنة: (٣٧ استبدال/الشهر × ٢٧٥ دولار أمريكي/المبدل × ١٢/الشهر/السنة)+(٢٦ إصلاح/الشهر × ٦٣ دولار أمريكي/إصلاح × ١٢ شهر). إن استخدام وحدات تُستخدم لمرة واحدة سيكلف ١١٤٦٨٦ دولار أمريكي/السنة: (١٦١ مبدل × ٨٢٪ استخدام × ٢,٣٨ دولار أمريكي/المبدل). لذلك يمكن أن يسفر استخدام وحدات تُستخدم لمرة واحدة عن وفورات قدرها ٢٧٠٠٠ دولار أمريكي/السنة. ومن الواضح أن الاختيار سيكون لاستخدام المبدلات التي تُستخدم لمرة واحدة.

كان لدى مدير الهندسة الإكلينيكية، من ناحية ثانية، الحدس والبصيرة للقيام بتطوير نظام شامل لإدارة التجهيزات الطبية (MEMS) (Dyro, 1984, 1993). قرر المهندس الصناعي/الإداري إمعان النظر في معدلات المتوسط الزمني بين الإخفاقات (MTBF) بمجموعة المستخدمين مع الأخذ في الاعتبار وفرة البيانات المتاحة من خلال النظام.

لقد كانت النتائج مذهلة. حدد المهندس الصناعي/الإداري اثنتين من الوحدات اللاتي كان لديهن المتوسط الزمني الأقصر بين الإخفاقات، ومن ثم معدل الاستبدال والإصلاح الأعلى. كانت الأسباب وحدة العناية المركّزة (ICU)، وغرفة العمليات (OR). وعند إجراء مقابلات مع الكوادر في هذه المواقع، انتهى المهندس الصناعي/الإداري إلى أن تلك الكوادر أساءت التعامل مع هذه المبدلات في أغلب الأحيان، وأحياناً تلقي بها على الطاولة فقط، وفي بعض الأحيان تسقطها على الأرض. أصبح الجواب واضحاً جداً: التدريب والتوعية وسهولة الوصول إلى التخزين ومراقبة الكادر الذي يتعامل مع المبدلات. ومن خلال تخفيض حدوث الأعطال بنسبة ٢٠٪، فقد تحولت التكلفة لصالح المبدلات التي يُعاد استخدامها. بطبيعة الحال، تم نقل هذه الطريقة إلى جميع المناطق، مما أدى إلى انخفاض حاد في عمليات الإصلاح وزيادة كبيرة في MTBF والوفورات المالية.

التحقيق الأمثل للموارد/بحوث العمليات
Resource Optimization/Operations Research

"لا يدرس اختصاصيو الرياضيات المواد، بل العلاقات بينها. ومن ثم، فهم أحرار في استبدال بعض المواد بأخرى، طالما أن العلاقات تبقى دون تغيير. إن المحتوى بالنسبة لهم غير مهم: إنهم مهتمون بالشكل فقط".
.Jules Henri Poincaré (1854–1912)

تأسست جذور ميدان بحوث العمليات (OR) في سنوات ما قبل الحرب العالمية الثانية تماماً. بدأت التجارب في عام ١٩٣٨م، باستكشاف الطرق التي يمكن بواسطتها استخدام المعلومات التي يقدمها الرادار لتوجيه الطائرات. وقام فريق متعدد التخصصات من العلماء الذين يعملون على هذا الرادار/مشروع طائرة مقاتلة بدراسة ظروف التشغيل الفعلية لهذه الأجهزة الجديدة وتصميم التجارب في ميدان العمليات، وعندئذ تمت ولادة المصطلح الجديد "بحوث العمليات". كان هدف الفريق استخلاص فهم للعمليات للنظام الكامل للتجهيزات، والأشخاص، والظروف البيئية (مثل الطقس والوقت المناسب باليوم)، ومن ثم لتحسينه. كانت طريقتهم فيما بعد موازية في الولايات المتحدة للفريق الأول الذي يعمل على التكتيكات المضادة للغواصات. طوّرت مجموعة الولايات المتحدة سلسلة من النماذج الرياضية، "نظرية البحث المُخوَّلة" "entitled search theory"، التي كانت تُستخدم لتطوير نماذج مثلى للبحث الهوائي. إن لدى كل فرع من فروع الجيش الأمريكي اليوم مجموعة بحوث عمليات خاصة به تضم كلاً من الموظفين العسكريين والمدنيين. انتقلت بحوث العمليات إلى المجال الصناعي في أوائل خمسينيات القرن العشرين وتوازت مع تطور الحواسيب باعتبارها أداة تخطيط الأعمال وإدارتها. ابتعد الجوهر، عندما تطور المجال، عن الفرق متعددة التخصصات إلى التركيز على تطوير نماذج رياضية يمكن استخدامها لوضع، وتحسين، وحتى التحقيق الأمثل لأنظمة في العالم الحقيقي. وتشمل هذه النماذج: النماذج الحتمية مثل البرمجة الرياضية، وتدفقات الشبكة أو

التوجيه، وكذلك النماذج الاحتمالية مثل الوقوف في الطابور والمحاكاة وهرميات القرار. وفيما يلي أمثلة بسيطة في البرمجة الخطية:

تخطيط الإنتاج
Production Planning

"كيف يمكن للرياضيات التي هي في النتيجة نتاج فكر بشري مستقل عن التجربة أن تتكيف على نحو باهر مع أشياء من الواقع؟" Albert Einstein (1879–1955)

المثال ١

تقوم الشعبة النسائية باختبارين تشخيصيين (X وY) باستخدام جهازين (A وB). تحتاج كل مريضة مطلوب منها إجراء اختبار التشخيص X إلى ٥٠ دقيقة زمن معالجة على الجهاز A و٣٠ دقيقة زمن معالجة على الجهاز B. وتتطلب كل مريضة تحتاج إلى إجراء اختبار التشخيص Y إلى زمن معالجة مقداره ٢٤ دقيقة على الجهاز A وزمن معالجة مقداره ٣٣ دقيقة على الجهاز B.

كان هناك، في بداية الأسبوع الحالي، ٣٠ مريضة للجهاز X و٩٠ مريضة للجهاز Y على الجدول الزمني. من المتوقع أن يكون زمن المعالجة المتاح على الجهاز A ٤٠ ساعة، وعلى الجهاز B ٣٥ ساعة (ساعة/اليوم إضافية للإعداد ومراقبة الجودة (QC)).

من المتوقع أن يبلغ متوسط الطلب لـ X في الأسبوع الحالي ٧٥ مريضة، ومن أجل Y فمن المتوقع أن يكون ٩٥ مريضة. إن سياسة الخدمة هي تحقيق أقصى قدر من المجموع الموحَّد للمرضى المُجدوَلين من X وY خلال الأسبوع. ويمكن أن يتم اختيار الطرق التالية:

- صياغة برنامج خطي لمشكلة تحديد كم مريضة من كل مجموعة من المرضى يجب معالجتها في الأسبوع الحالي.
- حل هذا البرنامج الخطي بيانياً.

X : هو عدد إجراءات الاختبار التشخيصي لمرضى X في الأسبوع الحالي.

Y : هو عدد إجراءات الاختبار التشخيصي لمرضى Y في الأسبوع الحالي.

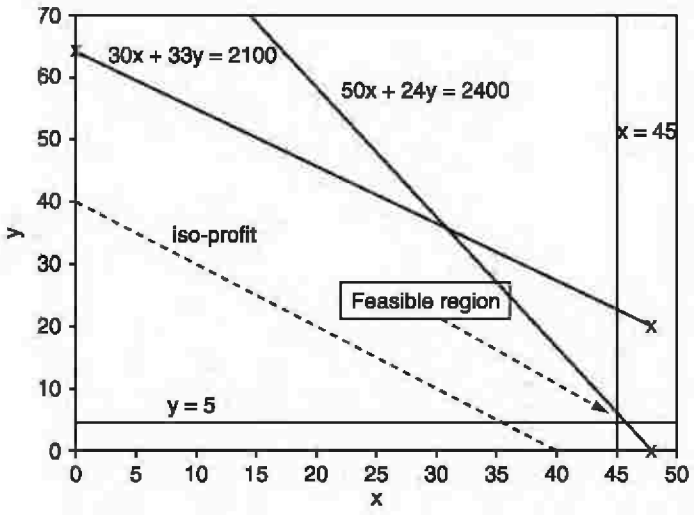
بعدئذ تكون القيود:

- 50x+24y <= 40(60) زمن الجهاز A .
- 30x+33y <= 35(60) زمن الجهاز B.
- x >= 75-30.

- أي، x >= 45 وهكذا فإن ناتج X أكبر أو يساوي الطلب (٧٥) ناقصاً الجدول الابتدائي (٣٥) والذي يضمن أننا نلبي الطلب.
- y >= 95-90.
- أي، y >= 5 وهكذا فإن ناتج y أكبر أو يساوي الطلب (٩٥) ناقصاً الجدول الابتدائي (٩٠) والذي يضمن أننا نلبي الطلب.

الهدف: زيادة قصوى لـ (x+y-50) = (x+30-75)+(y+90-95)، أي لزيادة عدد المرضى المُعالَجين إلى أقصى حد بحلول نهاية الأسبوع، ويبين الشكل رقم (٤٧,٣) أن الحد الأقصى للأحداث هو عند التقاطع لـ X=45 و50x+24y=2400.

وبالحل بنفس الوقت، بدلاً من قراءة القيم من الرسم البياني، يكون لدينا x=45 وy=6.25 مع قيمة التابع الهدف مساوية لـ ١,٢٥.



الشكل رقم (٤٧,٣).حل بياني لتحديد العدد الأعظمي للمرضى الذين تتم معالجتهم كل أسبوع.

المثال ٢

من الواضح أنه يوجد في العالم الحقيقي الكثير من المشكلات التي تتجاوز الحالات ثنائية الأبعاد. إن المتغيرات مع أكثر من ١٠ متغيرات ليست غير عادية. لنأخذ في الاعتبار المثال التالي:

يوفر قسم الهندسة الإكلينيكية أربع فئات من الخدمات و هي الداخلية، والعقد الخارجي، ومزيج من الاثنتين، وخدمة مُصنِّعي التجهيزات الأصلية (OEM). في الجزء الأخير من العملية، هناك تشخيص وإصلاح

وصيانة وقائية. إن الوقت اللازم لكل متغير من هذه العمليات مُبين في الجدول رقم (٤٧,١) (بالدقائق)، بالإضافة إلى مساهمة التكلفة الهامشية (MCC) لكل وحدة تم إصلاحها (أي الأرباح).

الجدول رقم (٤٧,١). أزمنة التشخيص والإصلاح والصيانة الوقائية وكذلك الأرباح (أي، مساهمة التكلفة الهامشية (MCC) لكل متغير من المتغيرات الأربعة).

	التشخيص (دقيقة)	الإصلاح (دقيقة)	الصيانة الوقائية (دقيقة)	MCC (دولار أمريكي)
المتغير ١	٢٠	٣٠	٢٠	١,٥٠
المتغير ٢	٤٠	٢٠	٣٠	٢,٥٠
المتغير ٣	٣٠	٣٠	٢٠	٣,٠٠
المتغير ٤	٧٠	٤٠	٥٠	٤,٥٠

مع الأخذ في الاعتبار الحالة الراهنة للقوى العاملة المهنية، تفيد تقديرات القسم بأنه يتوفر لديهم في كل سنة ١٠٠٠٠٠ دقيقة زمن تشخيص، و٥٠٠٠٠ دقيقة زمن إصلاح، و٦٠٠٠٠ دقيقة زمن معاينة. ما هي حصة كل متغير ينبغي للقسم خدمته في السنة، وماذا ستكون مساهمة التكلفة الهامشية المرتبطة بها؟

لنفترض الآن أن القسم حر في أن يقرر كم من الوقت يكرِّس لكل واحدة من هذه العمليات الثلاث (التشخيص، والإصلاح، والصيانة الوقائية) ضمن الوقت الكلي المسموح به والبالغ ٢١٠٠٠٠ دقيقة (=١٠٠٠٠٠+٥٠٠٠٠+٦٠٠٠٠) وما هي الكمية التي ينبغي للقسم أن يقوم بها من كل متغير في السنة، وما هو الربح المرتبط؟

حل تخطيط الإنتاج:

المتغيرات

ليكن: X_i عدد وحدات المتغير i (i=1,2,3,4) المعمولة سنوياً

T_{diag} عدد الدقائق المستخدمة في التشخيص سنوياً

T_{rep} عدد الدقائق المستخدمة في الإصلاح سنوياً

T_{chk} عدد الدقائق المستخدمة في المعاينة سنوياً

حيث $x_i >= 0$ و $T_{diag}, T_{rep}, T_{pm} >= 0$ i=1,2,3,4

المحددات

(أ) تعريف زمن العملية

$T_{diag} = 20x_1 + 40x_2 + 30x_3 + 70x_4$ (تشخيص)

$T_{rep} = 30x_1 + 20x_2 + 30x_3 + 40x_4$ (إصلاح)

$T_{pm} = 20x_1 + 30x_2 + 20x_3 + 50x_4$ (صيانة وقائية)

(ب) حدود زمن العملية

تتوقف حدود زمن العملية على الحالة التي يجري النظر فيها. ففي الحالة الأولى، حيث الحد الأقصى للزمن الذي يمكن أن يُستهلك على كل عملية محدَّد، يكون لدينا ببساطة:

$T_{diag} <= 100000$ (تشخيص)

$T_{rep} <= 50000$ (إصلاح)

$T_{pm} <= 60000$ (صيانة وقائية)

وفي الحالة الثانية، حيث القيد الوحيد مفروض على الزمن الإجمالي المُستهلك على جميع العمليات، يكون لدينا ببساطة:

$T_{diag} + T_{rep} + T_{pm} <= 210000$ (الزمن الإجمالي)

الهدف: زيادة مساهمة التكلفة الهامشية (MCC) إلى أقصى حد، ومن ثم فإن تابع الهدف هو:

زيادة $(1.50x_1 + 2.50x_2 + 3.00x_3 + 4.50x_4)$ إلى أقصى حد.

هناك مجموعة متنوعة من حزم البرمجيات وتقنيات النمذجة الرياضية التي يمكن استخدامها من أجل حل هذه المشاكل وغيرها. ولكن هذا هو الظاهر من أنواع تقنيات حل المشاكل التي يستخدمها المهندسون الصناعيون/الإداريون وعلماء بحوث العمليات. تُدعى إحدى النسخ المبنية على ويندوز® من هذه الحزم WinQSB®، وهناك العديد من الحزم الأخرى التي تستخدم منهجيات قواعد البيانات من أجل حل مشاكل بحوث العمليات المعقدة.

أشجار القرارات
Decision Trees

"إن الطرق التي نسلكها هي أكثر أهمية من الأهداف التي نعلنها. القرارات تحدد المصير".
Frederick Speakman.

يلعب الحظ (أو الاحتمال) دوراً هاماً في كثير من المشاكل. إن "تحليل القرار" هو الاسم العام الذي تم إعطاؤه لتقنيات تحليل المشاكل التي تحتوي على خطر/عدم يقين/احتمالات. إن أشجار القرارات هي واحدة من التقنيات الخاصة لتحليل القرار.

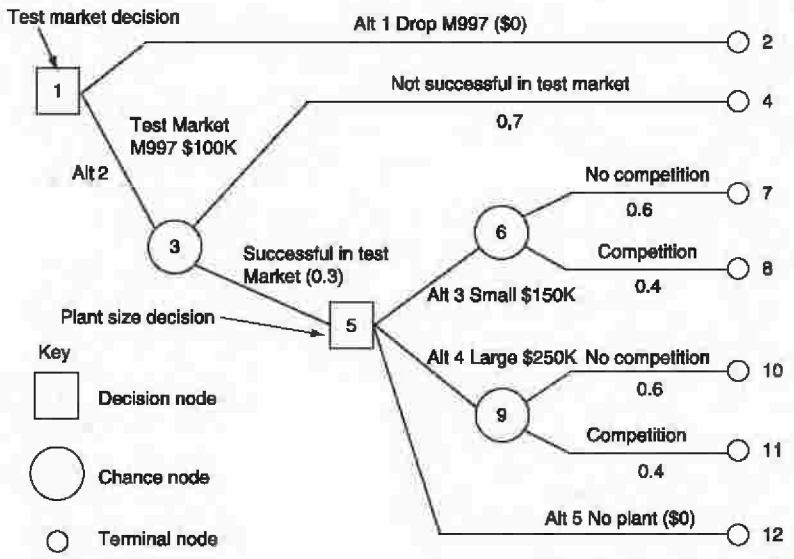
مثال ١

تواجه شركة ما قراراً يتعلق بجهاز طبي طرازه M997 تم تطويره من قبل إحدى مختبرات البحوث التابعة لها. يجب أن تقرر ما إذا كانت ترسل M997 إلى اختبار السوق أو تتخلى عنه تماماً. وتقدر الشركة أن اختبار التسويق سيكلف ١٠٠٠٠٠ دولار أمريكي. تشير التجارب السابقة إلى أن ٣٠٪ فقط من المنتجات تنجح في اختبار الأسواق.

إذا نجح M997 في مرحلة اختبار السوق فسوف تواجه الشركة عندئذ المزيد من القرارات المتصلة بحجم المصنع اللازم لإنتاج M997. إن مصنعاً صغيراً سوف يكلّف ١٥٠٠٠٠ دولار أمريكي لبناء وإنتاج ٢٠٠٠ وحدة في السنة، في حين أن مصنعاً كبيراً سيكلف ٢٥٠٠٠٠ لبناء وإنتاج ٤٠٠٠ وحدة سنوياً. لقد قدَّر قسم التسويق أن هناك مخاطرة نسبتها ٤٠٪ بأن يقوم منافس بالرد بمنتج مماثل، وأن السعر لكل وحدة مباعة سيكون على النحو التالي (على افتراض أنه يتم بيع كامل الإنتاج):

	مصنع كبير	مصنع صغير
إذا ردَّ المنافس بمنتج مماثل	٢٠ دولار أمريكي	٣٥ دولار أمريكي
إذا لم يردّ المنافس بمنتج مماثل	٥٠ دولار أمريكي	٦٥ دولار أمريكي

على افتراض أن عمر السوق لـ M997 مُتوقع أن يكون سبع سنوات وأن التكاليف السنوية لتشغيل المصنع هي ٥٠٠٠٠ دولار أمريكي (لكلا الحجمين من المصانع)، فهل ينبغي للشركة المباشرة باختبار تسويق M997؟ وللنظر في هذه المشكلة، انظر إلى شجرة القرار المُبينة في الشكل رقم (٤٧,٤).



الشكل رقم (٤٧,٤).شجرة القرار لتحديد ما إذا كان ينبغي للشركة أن تقوم باختبار السوق لجهاز طبي.

- تمثل عقد القرار نقاط يجب على الشركة القيام عندها باختيار خيار واحد من عدد من الخيارات الممكنة (على سبيل المثال، عند عقدة القرار الأولى، يجب أن تختار الشركة واحد من الخيارين: "التخلي عن M997" أو" اختبار السوق لـ M997").

- تمثل عقد الفرص نقاط تلعب عندها الفرصة، أو الاحتمال، دوراً سائداً وتعكس هذه النقاط الخيارات التي ليس للشركة سيطرة عليها (بشكل فعال).
- تمثل العقد الطرفية نهايات المسارات من اليسار إلى اليمين، خلال شجرة القرار.

خطوة الحل ١ : يحسب المرء الربح (بالدولار الأمريكي) المشمول في كل مسار خلال شجرة القرار وذلك من العقدة الابتدائية إلى العقدة الطرفية لفرع ما. ويعمل المرء أساساً في هذه الخطوة من الجانب الأيسر للمخطط إلى الجانب الأيمن.

- مسار إلى العقدة الطرفية ٢- نتخلى عن M997.

إجمالي الإيرادات = صفر.

إجمالي التكلفة = صفر.

إجمالي الربح = صفر.

إن الأموال التي قد تم أنفاقها على تطوير M997 هي " تكلفة مغمورة" (أي، هي تكلفة لا يمكن تغييرها، مهما يكن قرارنا المستقبلي) وليس لها أي دور في تحديد القرارات المستقبلية.

- مسار إلى العقدة الطرفية ٤- نختبر السوق للجهاز M997 (التكلفة ١٠٠٠٠٠ دولار أمريكي) ولكننا وجدنا أنه غير ناجح، ولذا تخلينا عنه.

إجمالي الإيرادات = صفر.

إجمالي التكلفة = ١٠٠.

إجمالي الربح = - ١٠٠ (جميع الأرقام الواردة بالألف دولار أمريكي) .

- مسار إلى العقدة الطرفية ٧- نختبر السوق للجهاز M997 (التكلفة ١٠٠ ألف دولار أمريكي)، ووجدنا أنه ناجح، وقمنا ببناء مصنع صغير (التكلفة ١٥٠ ألف دولار أمريكي)، ووجدنا أننا دون منافسة (الإيرادات لمدة سبع سنوات لـ ٢٠٠٠ وحدة سنوياً بـ ٦٥ دولارا لكل وحدة = ٩١٠٠٠٠ دولار أمريكي).
- وهذا يستمر من أجل كل مسار لعقدة طرفية.

خطوة الحل ٢ : تأمل عقدة الفرصة ٦ مع فروع العقد الطرفية ٧ و٨ المنبثقة عنها. يحدث فرع العقدة الطرفية ٧ مع احتمال ٠,٦ وربح إجمالي مقداره ٣١٠ آلاف دولار أمريكي، في حين أن فرع العقدة الطرفية ٨ يحدث مع احتمال ٠,٤ وربح إجمالي مقداره -١١٠ آلاف دولار أمريكي ومن ثم، فإن "القيمة النقدية المتوقعة" (EMV) من عقدة الفرصة هذه تُعطى من خلال :

٠,٦×(٣١٠)+٠,٤×(- ١١٠)=١٤٢ ألف دولار أمريكي.

ويمثل هذا الرقم بشكل أساسي الربح المُتوقع (أو متوسط الربح) من فرصة العقدة هذه (٦٠٪ من الوقت نحصل على ٣١٠ آلاف دولار أمريكي و٤٠٪ من الوقت نحصل على ١١٠ آلاف دولار أمريكي ومن ثم في المتوسط نحصل على ٠,٦×(٣١٠)+٠,٤×(- ١١٠)=١٤٢ ألف دولار أمريكي).

يتم تحديد القيمة النقدية المتوقعة لأي عقدة فرصة من خلال "المبلغ على جميع الفروع، (احتمال الفرع مضروباً بالقيمة النقدية (دولار أمريكي) للفرع)". وهكذا فإن القيمة النقدية المتوقعة لعقدة الفرصة ٩ مع فروع العقد الطرفية ١٠ و١١ المنبثقة عنها تُعطى من خلال:

٠,٦×(٧٠٠)+٠,٤×(- ١٤٠)=٣٦٤ ألف دولار أمريكي.

(العقدة ١٠) (العقدة ١١).

إن عقدة القرار المتعلقة بحجم بناء المصنع يمكن تطويرها الآن كما في الشكل رقم (٤٧,٥)، حيث تم استبدال عقد الفرص بالقيم النقدية المتوقعة المقابلة لها. تعرض عقدة قرار المصنع ثلاثة خيارات الآن:

الخيار ٣: بناء مصنع صغير بقيمة نقدية متوقعة = ١٤٢ ألف دولار أمريكي

الخيار ٤: بناء مصنع كبير بقيمة نقدية متوقعة = ٣٦٤ ألف دولار أمريكي

الخيار ٥: بناء أي محطة بقيمة نقدية متوقعة = - ١٠٠ ألف دولار أمريكي

من الواضح، من حيث القيمة بالدولار، أن الخيار رقم ٤ هو الخيار الأكثر جاذبية، ومن ثم نستطيع تجاهل الآخرَين، وإعطاء شجرة القرار المُنقَّحة المبينة في الشكل رقم (٤٧,٦).

تكرار العملية التي تم تنفيذها آنفاً:

تُعطى القيمة النقدية المتوقعة لعقدة الفرصة ٣ والتي تمثل ما إذا كان M997 ناجحاً في اختبار السوق أم لا من خلال:

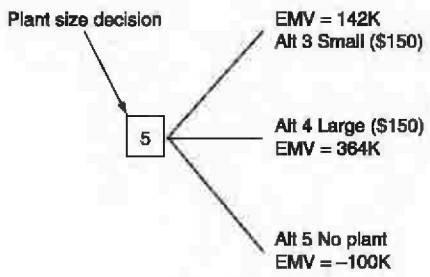
٠,٣×(٣٦٤)+٠,٧×(- ١٠٠)=٣٩,٢ (ألف دولار أمريكي) عقدة قرار المصنع ٤

ومن ثم يكون لدينا الخيارين التاليين عند عقدة القرار التي تمثل ما إذا كان القرار لاختبار السوق للجهاز M997 أم لا:

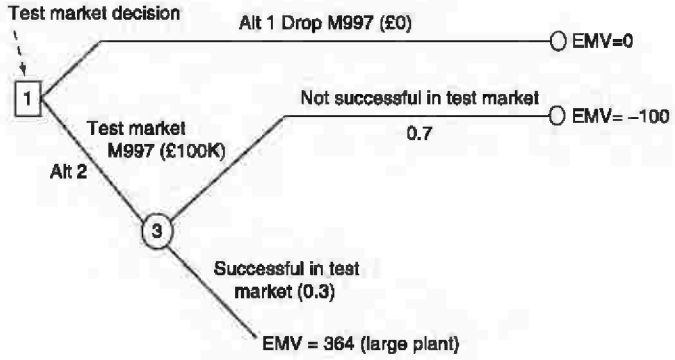
الخيار ١: التخلي عن M997، القيمة النقدية المتوقعة = صفر

الخيار ٢: اختبار السوق للجهاز M997، القيمة النقدية المتوقعة= ٣٩,٢ ألف دولار أمريكي

من الواضح، من حيث القيمة بالدولار، أن الخيار رقم ٢ هو الأفضل، لذلك ينبغي لنا اختبار السوق للجهاز M997 مع الأخذ في الاعتبار أن لهذا القرار قيمة نقدية متوقعة (EMV) تساوي ٣٩,٢ ألف دولار أمريكي. إذا كان M997 ناجح في اختبار السوق فإننا نتوقع عندئذ، في هذه المرحلة، بناء مصنع كبير (إشارة إلى الخيار الذي تم اختياره تبعاً لعقدة القرار المتعلقة بحجم بناء المصنع). ومع ذلك، ينبغي في مواقف الحياة الفعلية إجراء مراجعة أخرى بعد أن يكون اختبار التسويق قد اكتمل.



الشكل رقم (٤٧,٥).شجرة القرار لتحديد حجم بناء منشأة التصنيع.



الشكل رقم (٤٧,٦).شجرة قرار مُنقّحة لتحديد حجم المصنع.

مثال ٢

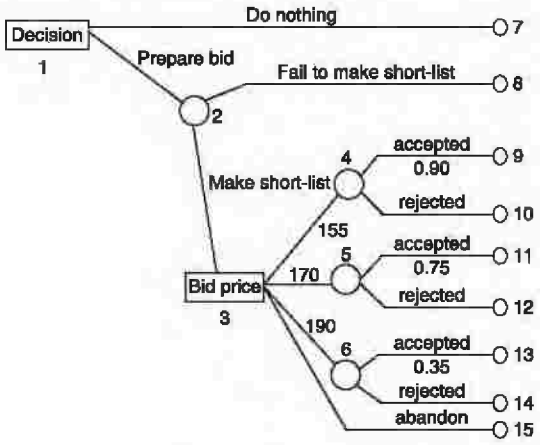
تحاول شركة أن تقرر تقديم أو عدم تقديم مناقصة للحصول على عقد معين. وتقدِّر الشركة أن مجرد محاولة إعداد عرض المناقصة سيكلف ١٠٠٠٠ دولار أمريكي. إذا قامت الشركة بتقديم المناقصة، فإنها تقدِّر وجود فرصة بنسبة ٥٠٪ بأن هذا الطلب سيتم وضعه على "القائمة القصيرة (short list)" للمنافسين، ولكن بخلاف ذلك سيتم رفض عرضها.

وما أن يتم وضع الشركة على "القائمة القصيرة" فإن الشركة سوف تضطر إلى تقديم المزيد من المعلومات المُفصلة (التي يترتب عليها تكاليف تقدر بمبلغ ٥٠٠٠ دولار أمريكي). بعد هذه المرحلة، سيتم قبول هذا العرض أو رفضه.

وتقدر الشركة أن تكاليف العمالة والمواد المرتبطة بالعقد هي ١٢٧٠٠٠ دولار أمريكي. وهي تأخذ في الاعتبار ثلاثة أسعار ممكنة للعروض: ١٥٥٠٠٠، و١٧٠٠٠٠، و١٩٠٠٠٠ دولار أمريكي. وهي تقدر أن احتمالات قبول هذه العروض (بمجرد أن يتم وضع الشركة على القائمة القصيرة) هي ٠,٩٠ و٠,٧٥ و٠,٣٥ على التوالي.

ما الذي ينبغي للشركة القيام به، وما هي القيمة النقدية المتوقعة لمسارك المُقترح للعمل؟

الحل: بالرجوع إلى شجرة القرار للمشكلة المبينة في الشكل رقم (٤٧,٧).



الشكل رقم (٤٧,٧).شجرة قرار لتحديد ما إذا كان ينبغي لشركة أم لا أن تقدم عرضاً لعقد معين.

يتم فيما يلي تنفيذ الخطوة ١ من إجرائية الحل لشجرة القرار، والتي تتضمن (من أجل هذا المثال)، احتساب إجمالي الأرباح لكل واحد من المسارات من العقدة الابتدائية إلى العقدة الطرفية (جميع الأرقام الواردة بالدولار الأمريكي).

الخطوة ١:

- المسار إلى العقدة الطرفية ٧- الشركة لن تفعل شيئاً.

  إجمالي الربح = صفر.
- المسار إلى العقدة الطرفية ٨- الشركة ستقوم بإعداد العرض ولكنها سوف تفشل في الوصول إلى القائمة القصيرة.

  إجمالي التكلفة = ١٠ إجمالي الربح= - ١٠.
- المسار إلى العقدة الطرفية ٩- الشركة ستقوم بإعداد العرض وسوف تصل إلى القائمة القصيرة، وسيتم قبول عرضها ذي السعر ١٥٥ ألف دولار أمريكي.

  إجمالي التكلفة = ١٠+٥+١٢٧ إجمالي الإيرادات= ١٥٥ إجمالي الربح= ١٣.
- المسار إلى العقدة الطرفية ١٠- الشركة ستقوم بإعداد العرض وسوف تصل إلى القائمة القصيرة ولكن عرضها ذي السعر ١٥٥ ألف دولار أمريكي لن يكون ناجحاً.

  إجمالي التكلفة = ١٠+٥ إجمالي الربح= - ١٥.

- المسار إلى العقدة الطرفية ١١- الشركة ستقوم بإعداد العرض وسوف تصل إلى القائمة القصيرة، وسيتم قبول عرضها ذي السعر ١٧٠ ألف دولار أمريكي.

  إجمالي التكلفة = ١٠+٥+١٢٧ إجمالي الإيرادات= ١٧٠ إجمالي الربح= ٢٨.
- المسار إلى العقدة الطرفية ١٢- الشركة ستقوم بإعداد العرض وسوف تصل إلى القائمة القصيرة ولكن عرضها ذي السعر ١٧٠ ألف دولار أمريكي لن يكون ناجحاً.

  إجمالي التكلفة = ١٠+٥ إجمالي الربح= - ١٥.
- المسار إلى العقدة الطرفية ١٣- الشركة ستقوم بإعداد العرض وسوف تصل إلى القائمة القصيرة، وسيتم قبول عرضها ذي السعر ١٩٠ ألف دولار أمريكي.

  إجمالي التكلفة = ١٠+٥+١٢٧ إجمالي الإيرادات= ١٩٠ إجمالي الربح= ٤٨.
- المسار إلى العقدة الطرفية ١٤- الشركة ستقوم بإعداد العرض وسوف تصل إلى القائمة القصيرة ولكن عرضها ذي السعر ١٩٠ ألف دولار أمريكي لن يكون ناجحاً.

  إجمالي التكلفة = ١٠+٥ إجمالي الربح= - ١٥.
- المسار إلى العقدة الطرفية ١٥- الشركة ستقوم بإعداد العرض وسوف تصل إلى القائمة القصيرة ومن ثم تقرر أن تتنازل عن المناقصة (خياراً ضمنياً متاحاً للشركة).

  إجمالي التكلفة = ١٠+٥ إجمالي الربح= - ١٥.

ومن ثم يصل المرء إلى الجدول رقم (٤٧,٢) الذي يبين لكل فرع الربح الإجمالي المشمول في ذلك الفرع من العقدة الابتدائية إلى العقدة الطرفية.

الجدول رقم (٤٧,٢). الربح الإجمالي لكل فرع من العقدة الابتدائية إلى العقدة الطرفية.

العقدة الطرفية	الربح الإجمالي (دولار أمريكي)
7	٠
٨	-١٠
٩	١٣
١٠	-١٥
١١	٢٨
١٢	-١٥
١٣	٤٨
١٤	-١٥
١٥	-١٥

يستطيع المرء الآن تنفيذ الخطوة الثانية من إجرائية الحل لشجرة القرار التي يعمل بموجبها المرء من الجانب الأيمن للمخطط عائداً إلى الجانب الأيسر.

الخطوة ٢:

خذ في الاعتبار عقدة الفرصة ٤، مع فروع العقد الطرفية ٩ و١٠ المنبثقة عنها. تُعطى القيمة النقدية المتوقعة لعقدة الفرصة هذه من خلال ٠,٩٠×(١٣)+٠,١٠×(- ١٥)=١٠,٢ ألف دولار أمريكي.

وبالمثل تُعطى القيمة النقدية المتوقعة لعقدة الفرصة ٥ من خلال ٠,٧٥×(٢٨)+٠,٢٥×(- ١٥)=١٧,٢٥ ألف دولار أمريكي.

القيمة النقدية المتوقعة (EMV) لعقدة الفرصة ٦ من خلال ٠,٣٥×(٤٨)+٠,٦٥×(- ١٥)=٧,٠٥ ألف دولار أمريكي.

ومن ثم يكون لدينا عند عقدة قرار سعر العرض أربعة خيارات:

١- عرض ١٥٥ ألف دولار أمريكي EMV=١٠,٢.

٢- عرض ١٧٠ ألف دولار أمريكي EMV=١٧,٢٥.

٣- عرض ١٩٠ ألف دولار أمريكي EMV=٧,٠٥.

٤- التنازل عن المناقصة EMV=- ١٥.

ومن ثم، فإن الخيار الأفضل هو العرض ١٧٠ ألف دولار أمريكي، مما يؤدي إلى EMV مساوية ١٧,٢٥.

ومن ثم، تُعطى EMV عند عقدة الفرصة ٢ من خلال: ٠,٥٠×(١٧,٢٥)+٠,٥٠×(- ١٠)=٣,٦٢٥.

ومن ثم يكون لدينا عند عقدة القرار الابتدائي الخيارين التاليين:

١. قم بإعداد العرض EMV=٣,٦٢٥.

٢. لا تفعل شيء EMV=صفر.

ومن ثم، فإن الخيار الأفضل هو إعداد العرض مما يؤدي إلى EMV مساوية ٣٦٢٥ دولار أمريكي. وفي حال تم وضع الشركة على القائمة القصيرة، فإنه ينبغي على الشركة عندئذ (كما نوقش آنفاً) أن تقدم العرض ذا السعر ١٧٠٠٠٠ دولار أمريكي.

نظرية الاصطفاف والمحاكاة

Queuing Theory and Simulation

"لا يدرس اختصاصيو الرياضيات المواد، بل العلاقات بينها. ومن ثم، فهم أحرار في استبدال بعض المواد بأخرى، طالما أن العلاقات تبقى دون تغيير. إن المحتوى بالنسبة لهم غير مهم: إنهم مهتمون بالشكل فقط". Jules Henri Poincaré (1854–1912).

مشكلة الخط الساخن The Hotline Problem

تُستخدم نظرية الاصطفاف في مجموعة متنوعة من الطرق لحل مشاكل زمن الانتظار. ويوجد عادة النموذج متعدد الخطوط/متعدد الخدمات المشابه لعدة خطوط من السيارات التي تصطف في رتل في محطة للغاز أو المعلومات الذاهبة إلى قائمة انتظار الطابعة. يمكن كذلك وصف أنواع أخرى، مثل خط وحيد/خدمات متعددة أو خطوط متعددة/ خدمات متعددة متسلسلة. وهناك عوامل أخرى تنضم إلى هذه المشاكل مثل أوقات خدمة ثابتة أو متغيرة، أو أوقات وصول ثابتة أو عشوائية. هناك عدد من اللوغاريتمات الرياضية الأساسية التي يمكن استخدامها لتحديد التوزيع الاحتمالي لزمن الانتظار (على سبيل المثال، ٥٪ الانتظار> ٢٠ دقيقة، و١٠٪ الانتظار <٢ دقيقة). تستخدم الطريقة المُستخدمة حالياً في حل هذه المشاكل وغيرها برمجيات لا تختلف عن أشكال الدوائر الإلكترونية التي تقوم بالمحاكاة أو أجهزة محاكاة الطيران. وفيما يلي مثال لإقامة مركز هاتف بخط ساخن لمؤسسة رعاية صحية. وهناك تطبيقات أخرى واضحة بالفطرة.

يخطط مستشفى لإقامة مركز سرطان بخط ساخن ويحتاج إلى معرفة مستوى التوظيف المطلوب لمعالجة المكالمات الهاتفية. يجري المهندس الصناعي/الإداري سلسلة من المكالمات التجريبية لتحديد الزمن الوسطي المُتوقع (والانحراف المعياري) الذي سوف يستغرقه لمعالجة كل مكالمة (مدة الخدمة). ويكشف البحث خلال جمع البيانات بالمراكز الأخرى المماثلة أن، في المتوسط، ٦٧٪ من المكالمات تأتي قبل الظهر و٢٣٪ بعد الظهر، وأن المكالمات تصل على نحو عشوائي.

تم خلال محاكاة هذه المشكلة محاكاة العملية بتغيير الحجم اليومي وعدد المُشغِّلين. كان زمن الخدمة ٣,٨ دقائق، وتم اعتباره أسي و قد تكون بعض المكالمات فيه طويلة جداً. إن نتائج المحاكاة معروضة في الجدول رقم (٤٧,٣).

يمثل الجدول رقم (٤٧,٣) العلاقات بين حجم المكالمات اليومي، وعدد الممرضات اللواتي يُجبن على الهاتف، وعدد الرنات قبل الرد على المكالمة، والإنتاجية. توجد داخل كل خلية، تحت عنوان "رفع السماعة Pickup"، النسبة المئوية للزمن حيث شخص ما سوف يلتقط المكالمة، عند مستوى وثوقية يساوي ٩٥٪، ضمن العدد المتطابق للمكالمات. يمكن للمرء، على سبيل المثال وعند مستوى ٨٠ مكالمة باليوم، أن يكون ٩٥٪ متأكداً أنه، مع اثنتين من الممرضات، سوف يتم التقاط المكالمة خلال ٥ رنات أو ٨٧٪ من الوقت، أوفي غضون ٧ رنات أو ٩١٪ من الوقت. ويكون مستوى الإنتاجية مع اثنتين من الممرضات ٣٦٪. يجب على المدير الآن اتخاذ قرار على أساس مستوى الخدمة والإنتاجية. وقد يقرر المدير التخلي عن الإنتاجية لخدمة أفضل، أو العكس بالعكس. يمكن أن تُطبق تقنيات المحاكاة هذه على نماذج الاصطفاف وهي ذات قيمة في تحديد مستويات الخدمة النوعية.

الجدول رقم (٤٧,٣). العلاقات ما بين حجم المكالمات اليومي، وعدد الممرضات اللواتي يُجبن على الهاتف، وعدد الرنات قبل الرد على المكالمة، والإنتاجية.

٩٥٪ وثوقية رفع السماعة ضمناً						
مكالمة/اليوم	الممرضات	٣	٥	٧	<=١٠	الإنتاجية
٦٠	١	٨٨	٩٣	٩٦	>٩٨	٥٤٪
٦٠	٢	٩٤	٩٧	٩٩	>٩٩	٢٧٪
٦٠	٣	٩٧	٩٨	٩٩	>٩٩	١٨٪
٨٠	١	٨٢	٨٦	٨٨	>٩٢	٧٢٪
٨٠	٢	٨٤	٨٧	٩١	>٩٥	٣٦٪
٨٠	٣	٨٩	٩٠	٩٣	>٩٩	٢٤٪
١٠٠	١	٧٥	٧٨	٨١	>٨٣	٩٠٪
١٠٠	٢	٧٧	٧٩	٨٤	>٨٧	٤٥٪
١٠٠	٣	٨٠	٨٤	٨٩	>٩٤	٣٠٪

تحليل التكاليف–الفوائد
Cost-Benefit Analysis

"يأتي صنع القرار المُطلع من تقليد طويل للتخمين ومن ثم إلقاء اللوم على الآخرين فيما يتعلق بالنتائج غير الكافية" Scott Adams

تنمو المسائل المتعلقة بالميزانية في زيادة التعقيد والضغوط على المنظمات الطبية لكي تبقى سليمة مالياً في مواجهة التنظيم المتزايد، ويقدم تحليل التكاليف والفوائد صُنَّاع قرار يُحتمل أن يكونوا مصدراً قوياً للمحامي أو المستشار القانوني. يدعم هذا القرار أداة توفّر صيغة لتعداد مجموعة من الفوائد والتكاليف المحيطة بالقرار، وتجميع التأثيرات طوال الوقت باستخدام نهج يُسمّى "الحسم"، والتوصل إلى "قيمة حالية" مُخصّصة بالدولار تكون في هذا المفهوم قابلة للمقارنة مع غيرها من الاستخدامات فيما يتعلق بالموارد المالية الشحيحة.

ومن أجل التوصل إلى استنتاج ما هو مطلوب من المشروع، فإنه يجب التعبير عن جميع جوانب المشروع، الإيجابية والسلبية من خلال وحدة مشتركة، وهذا يعني، أنه يجب أن يكون هناك "خط أدنى". إن الوحدة المشتركة الأكثر ملائمة هي المال، مما يعني أن جميع الفوائد والتكاليف لمشروع ما ينبغي أن تُقاس من حيث قيمتها النقدية المكافئة. يمكن أن يوفّر المشروع فوائد لم يتم التعبير عنها مباشرة بالدولارات، ولكن قد يكون هناك بعض المبالغ المالية التي سوف يعتبرها المستفيدين من الفوائد أنها جيدة فقط بنفس جودة فوائد المشروع. على سبيل المثال، قد ينتج عن المشروع إصابات عمل أقل أو وصول أفضل للمرضى. وبالمعنى الأكثر عمومية، فإن قيمة تلك الفائدة

بالنسبة إلى عامل يخاطر بالإصابة هو الحد الأدنى للمبلغ المالي الذي سوف يأخذه ذلك المستفيد بدلاً من الرعاية الطبية أو الذي سوف تخسره المنظمة في دعوى إهمال قضائية. يمكن أن تكون هذه القيمة إما أكثر أو أقل من القيمة السوقية للرعاية الطبية المُقدَّمة. من المفترض أن يكون لدى الفوائد الخفية الإضافية، مثل الحفاظ على جمالية المكان أو المواقع التاريخية، قيمة نقدية مكافئة محدودة بالنسبة إلى المنظمة.

إن طريقة بسيطة ومنهجية ومنظمة للتطبيق في دعم قرارات الأعمال التجارية ينبغي أن تتضمن الاعتبارات التالية:

- أي اقتراح بائع للاستعانة بمصادر خارجية هو الخيار الأفضل؟
- هل من الأفضل لنا بناء أو شراء التطبيق؟
- إذا كنا لا نستطيع الدفع لجميع المشاريع، أي واحد ينبغي أن نختار؟
- هل نحن أفضل حالاً بتنفيذ الخيار الوحيد، أو عدم القيام بشيء؟

مثال

يقرر مدير إدارة المواد ما إذا كان يجب تنفيذ نظام جديد مبني على أساس كمبيوتري لإدارة الاتصال ومعالجة المشتريات. ليس لدى القسم سوى بضعة أجهزة كمبيوتر وكادره جاهل بالحاسوب. لقد كان على دراية بأن قوى العمل المحوسب قادرة على معالجة المزيد من الطلبات وتقديم جودة أعلى من الوثوقية والخدمة إلى "الزبائن". كما ستكون أكثر استجابة لالتزاماتها والمتطلبات التنظيمية، ويمكن أن تعمل بشكل أكثر فعالية بضبط المخزون، والتخزين في المستودعات، واللوجستيات. إن التحليل المالي للتكلفة/الفائدة مُبين فيما يلي:

التكاليف

- أجهزة حاسوب جديدة:
- ١٠ كمبيوترات مُجهزة للشبكة مع البرامج الداعمة بقيمة ١٢٢٥ دولار أمريكي لكل كمبيوتر.
- مُخَدِّم ملفات واحد (fileserver) بقيمة ١٧٥٠ دولار أمريكي.
- ٣ طابعات بقيمة ٦٠٠ دولار أمريكي لكل طابعة.
- كابلات وتركيب بقيمة ٢٣٠٠ دولار أمريكي.
- برامج دعم بقيمة ٧٥٠٠ دولار أمريكي.
- تكاليف التدريب:
- مقدمة في الحاسب- ٨ أشخاص بقيمة ٢٠٠ دولار أمريكي لكل منهم.
- مهارات لوحة المفاتيح- ٨ أشخاص بقيمة ٢٠٠ دولار أمريكي لكل منهم.
- نظام دعم- ١٢ شخصاً بقيمة - ٣٥٠ دولار أمريكي لكل منهم.

- تكاليف أخرى:
- الوقت الضائع: ٤٠ يوم عمل مُنجز من قبل شخص واحد بقيمة ١٠٠ دولار أمريكي/اليوم.
- الطلبات المفقودة من خلال التشتت: التقدير: ١٠٠٠٠ دولار أمريكي.
- الطلبات المفقودة نتيجة لعدم الكفاءة خلال الأشهر الأولى: التقدير: ١٠٠٠٠ دولار أمريكي.
- إجمالي التكلفة: ٥٥٨٠٠ دولار أمريكي.

الفوائد

- ثلاثة أضعاف القدرة البريدية: التقدير: ٢٠٠٠٠ دولار أمريكي/السنة.
- القدرة على الاستمرار في عمليات الشراء عن بعد: التقدير: ١٠٠٠٠ دولار أمريكي/السنة.
- فعالية وتحسين الوثوقية للمتابعة: التقدير: ٢٥٠٠٠ دولار أمريكي/السنة.
- تحسين خدمة الزبائن والاحتفاظ بهم: التقدير: ١٥٠٠٠ دولار أمريكي/السنة.
- تحسين دقة معلومات الزبون: التقدير: ٥٠٠٠ دولار أمريكي/السنة.
- المزيد من القدرة على إدارة محاولات الشراء: ١٥٠٠٠ دولار أمريكي/السنة.

إجمالي الفوائد: ٩٠٠٠٠ دولار أمريكي/السنة.

التصفية: ٥٥٨٠٠/٩٠٠٠٠ دولار أمريكي = ٠,٦٢ من السنة = ٧ أشهر تقريباً.

وبشكل حتمي، فإن تقديرات الفوائد التي يقدمها النظام الجديد موضوعية تماماً. وعلى الرغم من هذا، فمن المرجح أن يقوم مدير إدارة المواد بإدخال النظام الجديد، مع الأخذ في الاعتبار التصفية القليلة.

إن تحليل التكاليف/الفوائد هو أداة سهلة نسبياً ومُستخدمة بقوة وعلى نطاق واسع من أجل تقرير القيام بتغيير أم لا. ولاستخدام الأداة، استخلص أولاً كم سيكلف إجراء التغيير. بعد ذلك احسب الفائدة التي سوف تجنيها منه. عندما يتم دفع التكاليف أو الفوائد أو تلقيها طوال الوقت، احسب الزمن الذي ستستغرقه لفوائد لتسديد التكاليف. يمكن تنفيذ تحليل التكاليف/الفوائد باستخدام فقط التكاليف المالية والفوائد المالية. ومع ذلك، يمكن للمرء أن يقرر إدراج البنود غير الملموسة ضمن التحليل. كما يجب على المرء أن يضع قيمة تقديرية لهذه البنود، حيث إن هذه العملية تجلب وبشكل محتوم عنصر الموضوعية إلى العملية.

تعليم المهندس الصناعي/الإداري
The I/ME Education

" يعتمد طلاب اليوم كثيراً على الحبر. إنهم لا يعرفون كيفية استخدام السكين لشحذ قلم الرصاص. القلم والحبر لن يحلا أبداً محل قلم الرصاص". National Association of Teachers, 1907

يقوم منهاج الهندسة الصناعية بإعداد مهندسين لتصميم وتحسين وتركيب وتشغيل الأنظمة المتكاملة من الناس والمواد والمرافق التي تحتاجها الصناعة والتجارة والمجتمع. يحل المهندسون الصناعيون المشاكل التي تنشأ في إدارة الأنظمة، وتطبيق مبادئ العلوم الهندسية، والمنتجات/الخدمات وتصميم العملية، وتحليل العمل، ومبادئ العوامل البشرية، وبحوث العمليات.

يجمع المنهاج النموذجي للهندسة الصناعية بين أربعة مجالات مهنية للممارسة: المُنتَج وتصميم عملية الإنتاج، وتحليل العمل، وعلوم القرار، والعلوم الهندسية والإدارية. ويتم فسح المجال للطلاب أيضاً للتعرض إلى المجالات الأكثر تخصصاً لأنظمة التصنيع المؤتمتة وأنظمة المعلومات وإدارة الجودة وبحوث العمليات وهندسة السلامة. يتم في السنتين الجامعيتين، الأولى والثانية، تدريس أسس العلوم الأساسية، والعلوم الهندسية، والرياضيات، والعلوم الإنسانية، والعلوم الاجتماعية لتوفير معلومات أساسية كافية للمقررات التي يتم تقديمها في السنوات التالية. يتم التركيز في السنتين الأخيرتين على تطوير الخبرة في مجال الإحصاء، وبحوث العمليات، وأنظمة المعلومات، وتحليل الأنظمة، والإدارة التنظيمية، والتصنيع، والطرق الهندسية الصناعية. تركّز المقررات على المبادئ والمفاهيم الأساسية التي تنتهي إلى تصميم نظام يتعامل مع حالات حقيقية هندسية وإدارية في مؤسسة صناعية أو تجارية أو خدمة عامة. يأخذ الطلاب مقررات إلزامية واختيارية تكون ذات صلة باختيارهم الرئيسي. وبعض من هذه المقررات مُدرَج فيما يلي:

- مقدمة إلى خدمة وأنظمة الاتصالات عن بعد.
- المحاكاة.
- تحليل القرارات.
- الفيزيولوجيا الحسية الهندسية (Engineering Aestho-physiology).
- الاقتصاد الهندسي وتحليل التكلفة.
- الإحصاء الهندسي ١.
- تصميم الأنظمة الهندسية.
- تصميم وتخطيط المرافق.
- نظرية تنظيم الإدارة.
- بحوث العمليات ١ (Operations Research 1).
- دراسات برامج بحوث العمليات.
- تطوير المنتج وإدارة المعلومات المنتج.

- إدارة الإنتاج ١.
- ضبط الجودة.
- تحليل النكوص (regression) والتصميمات التجريبية.
- تحليل البيانات الإحصائية.
- برمجة خلية العمل من أجل أتمتة المصانع.
- تصميم التفاعل بين الإنسان والحاسوب.

المنظمات المهنية
Professional Organizations

يساعد عدد من المنظمات المهنية المهندسين الصناعيين/الإداريين في الحفاظ على مهاراتهم المهنية ومواكبة أحدث تقنيات حل المشاكل التي تعلّمها وطبّقها أقرانهم في تخصص معين. إن إحدى الصفحات الرئيسية للدخول على شبكة الويب هي:

دليل TechExpo للمنظمات ذات التقنية العالية (TechExpo–Directory of Hi-Tech organizations) للهندسة وعلوم الحياة/العلوم الطبية: http://www.techexpo.com/tech_soc.html

و تشمل المجتمعات الأخرى المتخصصة بمجال الهندسة الصناعية/الإدارية ما يلي:

- جمعية الأنظمة الهندسية والإدارية • Society for Engineering & Management Systems
- جمعية الأنظمة الصحية • Society for Health Systems
- جمعية علوم العمل (بيئة العمل وقياس العمل) • Society for Work Science (Ergonomics & Work Measurement)
- شعبة الدفاع والطيران • Aerospace & Defense Division
- شعبة هندسة الطاقة والبيئة والمنشآت • Energy, Environment & Plant Engineering Division
- شعبة الاقتصاد الهندسي • Engineering Economy Division
- شعبة تخطيط وتصميم المرافق • Facilities Planning & Design Division
- شعبة الخدمات المالية • Financial Services Division
- شعبة النقل اللوجستي والتوزيع • Logistics Transportation & Distribution Division
- شعبة التصنيع • Manufacturing Division
- شعبة بحوث العمليات • Operations Research Division
- شعبة هندسة الوثوقية وضبط الجودة • Quality Control & Reliability Engineering Division

- شعبة المرافق • Utilities Division
- المجموعة المهتمة بالحاسوب وأنظمة المعلومات • Computer & Information Systems Interest Group
- المجموعة المهتمة بالاستشاريين • Consultants Interest Group
- المجموعة المهتمة بصناعة الإلكترونيات • Electronics Industry Interest Group
- المجموعة المهتمة بالتصاميم الهندسية • Engineering Design Interest Group
- المجموعة المهتمة بالحكومة • Government Interest Group
- المجموعة المهتمة بالصناعات العملية • Process Industries Interest Group
- المجموعة المهتمة بالإنتاج ومراقبة المخزون • Production & Inventory Control Interest Group
- المجموعة المهتمة بالبيع بالتجزئة • Retail Interest Group

الاستنتاج
Conclusion

"إن القدوم سوية هو بداية، والبقاء معاً هو تقدم، والعمل معاً هو نجاح". Henry Ford

لقد عرَّف هذا الفصل مهني الهندسة الإكلينيكية في مجال الهندسة الصناعية/الإدارية. يعطي التعاون مع مهني الهندسة الإدارية فوائد لتطوير طريقة شاملة للتخطيط وحل المشكلات واتخاذ القرارات. ويخشى كثير من المهنيين فقدان الملكية فيما يتعلق بمهمة معينة، وهم قلقين حول إقامة شراكات متعددة التخصصات يمكنها أن تؤدي إلى صراعات في القيادة، وإستراتيجية الطريقة، وتحديد الحل. بيد أن هذه الشراكات ضرورية لتحقق بفعالية بيئات تقشف في الميزانية معقدة تدريجياً، وتتم قيادتها بالتكنولوجيا. وتتحدى من ناحية ثانية المهني الهندسي لمعالجة هذه القضايا كجزء من فريق خبراء ذوي معرفة.

بعد التخرج من الجامعة وبعد أن تم التوظيف بصفة مهندس إكلينيكي في مستشفى، جلس المهندس الإكلينيكي في أحد الأيام بجوار كبير مسؤولي التشغيل (COO) في غداء عمل. يعرف المهندس الإكلينيكي أن كبير مسؤولي التشغيل بدأ بصفة ناقل منذ ٣٠ عاماً، وأنه ارتقى في صفوف المنظمة إلى منصبه الحالي. يعتقد كبير مسؤولي التشغيل أن الشخص يحتاج فقط إلى قدرة (فطرية) وخبرة من أجل النجاح في الأعمال التجارية. ما هي الحجج التي سوف يستخدمها المهندس الإكلينيكي لإقناع كبير مسؤولي التشغيل بأن تقنيات صنع القرار التي ينجزها المهندس الإكلينيكي والمهندس الصناعي/الإداري هي ذات قيمة كبيرة؟

ينبغي أن تتضمن النقاط المأخوذة في الاعتبار ما يلي:

- إن التحليل الهندسي ذو قيمة كبيرة بشكل واضح في الحالات التكتيكية التي تكون فيها البيانات محددة جيداً.
- إن الفائدة من اتخاذ قرار واضح هي أنه يتيح الافتراضات التي يتعين بحثها بشكل صريح.
- أن طريقة "تحليلية" قد تكون أفضل (في المتوسط) من أي شخص.
- أن تقنيات المهندس الإكلينيكي والمهندس الصناعي/الإداري تجمع بين القدرة والخبرة لكثير من الناس.
- يمكن إجراء تحليل الحساسية بطريقة منهجية.
- تمكّن تقنيات المهندس الإكلينيكي والمهندس الصناعي/الإداري التعامل مع المشاكل الكبيرة جداً بالنسبة لشخص للمعالجة بشكل فعال.
- إنشاء فكرة هياكل هندسية للنموذج حول ما هو مهم وما هو غير مهم في المشكلة.
- يعلّم التدريب في مجال الهندسة أي شخص معالجة المشاكل بطريقة منطقية.
- إن استخدام معيار تقنيات المهندس الإكلينيكي والمهندس الصناعي/الإداري يمنع الحاجة إلى "إعادة اختراع العجلة" في كل مرة يواجه فيها شخص مشكلة مناسبة.
- تمكّن تقنيات النمذجة من استخدام أجهزة الكمبيوتر مع (عادة) الحزم القياسية، ومن ثم استخدام جميع مزايا التحليل المحوسب (على سبيل المثال، السرعة، زمن الحل السريع (الانقضاء)، والخرج البياني).
- تُكمِل تقنيات المهندس الإكلينيكي والمهندس الصناعي/الإداري القدرة والخبرة، وليست بديلاً لها.
- تستخدم شركات أخرى تقنيات الهندسة: هل نريد أن نُترك متخلفين؟
- إن القدرة والخبرة حيويتان شرط استخدامهما من قبل المهندسين الإكلينيكيين والمهندسين الصناعيين/الإداريين بفعالية في معالجة المشاكل الكبيرة.
- إن تقنيات المهندس الإكلينيكي والمهندس الصناعي/الإداري غير متعلقة بالزمن التنفيذي الذي يمكن أن يُستهلَك على مهام أكثر إبداعاً.

المراجع

References

Bauld TJ. The Definition of a Clinical Engineer. J Clin Eng 16:403-404, 1991.
Dyro JF. Focus On: University Hospital & Health Sciences Center SUNY at Stony Brook Biomedical Engineering Department. J Clin Eng 18(2):165-174, 1993.
Dyro JF. Management Applications Utilizing Downloaded Mainframe Data. In Semmlow JL and Welkowitz W (eds). Frontiers of Engineering and Computing in Health Care. New York, IEEE, 141-145, 1984.
HCFA. The Health Care Financing Administration (CMS). National Health Expenditures (1997).

اعتراف

Acknowledgment

إن الأمثلة هي بموافقة من JE Beasley ، الذي حصل على شهادة البكالوريوس في الرياضيات من كلية إيمانويل في كامبريدج (١٩٧١م- ١٩٧٤م) (Emmanuel College, Cambridge) والماجستير (١٩٧٤م- ١٩٧٥م) والدكتوراه (١٩٧٥م- ١٩٧٨م) في علوم الإدارة من كلية امبريال في لندن (Imperial College, London) ، وحيث هو حالياً عضو في هيئة التدريس. إن الدكتور Beasley هو أيضاً أحد كبار المحاضرين في بحوث العمليات في كلية الإدارة.