الوحدة الرابعة

الأساليب الكمية في اتخاذ القرار

ظهرت الحاجة ملحة لاستخدام أساليب التحليل الكمي في الإدارة نتيجة لضمانة حجم المشروعات والمؤسسات الحديثة حيث أصبحت المشكلات الإدارية فيها على درجة عالية من التعقيد، وصارت الأساليب التقليدية التي تعتمد على الخبرة الذاتية لمتخذ القرار والتجربة والخطأ غير فعالة، ومن ناحية أخرى فان نتائج القرارات أن لم تكن محسوبة ومقدرة تقديرا صحيحا قد يترتب عليها إضرار وخسائر لا يمكن تعويضها.

وتستخدم تعبيرات أخرى للإشارة إلى التحليل الكمي في الإدارة مثل بحوث العمليات وعلم القرار والأساليب الكمية وغيرها، وتتناول بصفة عامة تطبيق الطريقة العلمية بالاستعانة بالطرق الكمية لمعالجة مشاكل اتخاذ القرارات في مجال الإدارة، وتستخدم تعبير بحوث العمليات كمرادف لتعبير التحليل الكمي في الإدارة وهو عنوان المقرر.

ويلاحظ أن فكرة تطبيق الطريقة العلمية لحل المشكلات الإدارية المختلفة يرجع تاريخها إلى حركة الإدارة العلمية Scientific management movement التي اعتمدت على جهد كثير من العلماء في أوائل القرن الحالي الذين كرسوا جهدهم لحل المشاكل الناتجة عن نمو الصناعة من ناحية ونقص العمالة من ناحية أخرى وذلك في الولايات المتحدة، وكان أبرزهم فرديك تيلور Fredrick W. Taylor وسعت هذه الحركة إلى إحلال الأساليب العملية محل التجربة والخطأ والخبرة الذاتية في اتخاذ القرارات الإدارية، وقد ساهمت هذه الحركة في تطور الفكر الإداري واستخدام الطرق الكمية في زيادة كفاءة العمل والآلات. وكانت أساسا لكثير من المفاهيم والمبادئ التي تستخدم حتى الآن في مجال قياس الوقت والحركة time and motion ومعدلات الأداء work standards وغيرها.

وحتى الحرب العالمية الثانية، لم تكن لبحوث العمليات شخصية مميزة، ولكن كانت هناك محاولات فردية غير مترابطة في إطار ما نسميه الآن بحوث العمليات لعل أبرزها محاولة ايرلنج A.K. Erlang عام 1910 لدراسة بعض مشكلات الاتصالات باستخدام الأساليب الرياضية والإحصائية، وقد ساهمت هذه الدراسة في وضع أسس نظرية الصفوف Queuing Theory فيما بعد وهناك أيضا محاولة توماس أديسون Thomas Edison خلال الحرب

العالمية الأولى لدراسة كيفية حماية السفن التجارية من الغواصات المعادية، ومحاولة هارس F.W. Harris لتطبيق بعض النماذج الرياضية في ضبط المخزون، وكانت هناك أيضا محاولات لاستخدام الأساليب الرياضية والإحصائية في مجالات الهندسة الصناعية والتسويق وغيرها.

ولكن هذه المحاولة لم تستند إلى فلسفة محددة أو منهج معروف.

وكانت البداية الحقيقية لبحوث العمليات في الحرب العالمية الثانية حينما تكونت أو لجنة أطلق عليها اسم لجنة بحوث العمليات في قيادة القوات الجوية البريطانية عام 1935، وذلك من علماء وباحثين متخصصين في مجالات مختلفة لدراسة كيفية تحسين نظم الرادار، وتكونت لجان بحوث عمليات أخرى لدراسة الاستخدام الأكثر كفاءة للموارد الحربية المتاحة من المعدات والرجال، وقد اثبت تطبيق بحوث العمليات نجاحا كبيرا في مجال تطوير العمليات العسكرية وزيادة كفاءتها. وكان لذلك اثر في اهتمام الولايات المتحدة بتكوين لجان مشابهة، فقد قامت جامعة برن ستون Princeton University ومعهد ماساشوسيتش للتكنولوجيا MIT بتدريب عدد كبير من الباحثين في هذا المجال وأسهمت هذه اللجان في معالجة الكثير من مشكلات الحرب.

وقد تبين بعد الحرب أن كثيرا من الأساليب التي استخدمت في المجال العسكري يمكن أن تطبق في مجال الإدارة وذلك لمعالجة مشكلات ما بعد

الحرب وتعويض النقص في الإنتاج بسبب تحويل جزء من الطاقة الإنتاجية التي وجهت أثناء الحرب إلى خدمة المجال العسكري وتدمير كثير من المصانع. وقد ساهم العلماء والباحثون الذين اجتذبتهم مراكز البحوث والمؤسسات الحكومية والجامعات من الذين كانوا يعملون في لجان بحوث العمليات العسكرية في تطوير هذه الأساليب لمعالجة المشكلات الإدارية، وساعد استخدام الحاسبات الإلية وتطورها على تسهيل تطبيقها وانتشارها.

ومن أهم أساليب بحوث العمليات التي ظهرت في أوائل الخمسينيات أسلوب البرمجة الخطية Linear Programming بسبب جهود دانتزج (Dantzig، 1963) في هذا المجال وتستخدم البرمجة الخطية لمعالجة كثر من المشاكل في المجال الإداري والصناعي مثل التكوينة المثلى من المواد الخام والتكوينة المثلى من المنتجات وكيفية توزيع المنتجات من المصانع إلى الأسواق وغيرها.

وبدأ استخدام أسلوب تقويم ومراجعة البرامج وطريقة المسار الحرج منذ أواخر الخمسينيات في تخطيط المشروعات الكبيرة ومتابعة تنفيذها وأثبت هذان الأسلوبان فعالية كبيرة في تخفيض زمن وتكلفة تنفيذها. وكان أبرز تطبيق لأسلوب تقويم ومراجعة البرامج في البرنامج المعروف باسم برنامج بولا ريس في البحرية الأمريكية وذلك لإطلاق الصواريخ بواسطة غواصات متحركة ويتكون هذا البرنامج من عدد كبير جداً من الأنشطة

المرتبطة التي نفذ بعضها في أكثر من سنة وتم إنجازه قبل الوقت المحدد بسنتين مع تخفيض كبير في التكلفة بفضل تطبيق هذا الأسلوب.

وكان ابرز تطبيق لطريقة المسار الحرج بواسطة شركة دوبونت الأمريكية في مشروع تجديد وصيانة احد مصانع الكيماويات في الشركة.

ويلاحظ أن كبر حجم المشروعات وزيادة المنافسة بينها والاتجاه نحو استخدام الأساليب التقنية الحديثة، والوقت القصير الذي يجب أن يتم فيه اتخاذ بعض القرارات المهمة وظهور الحاسبات الآلية ذات الكفاءة العالية، كل هذه العوامل أدت إلى سرعة تطبيق أساليب بحوث العمليات لاتخاذ القرارات في المجال الإداري.

وقد تم تطوير هذه الأساليب حتى تناسب المشاكل التي تستخدم لمعالجتها، فعلى سبيل المثال طورت أساليب لمعالجة مشاكل طوابير الانتظار وضبط المخزون واتخاذ القرارات في الحالات غير المؤكدة واتخاذ القرارات في المواقف التنافسية وغيرها.

وقد قامت كثير من المنشآت بإعداد بعض العاملين بها للعمل في مجال بحوث العمليات، واهتمت الجامعات ومراكز البحث العلمي بإدخال أساليب بحوث العمليات في خططها الدراسية والبحثية.وظهرت برامج لمنح الدرجات العلمية الجامعية في بحوث العمليات، وتأسس عدد كبير من الجمعيات العلمية

التي تعقد الندوات لمناقشة الأبحاث الجديدة في هذا المجال مثل جمعية بحوث العمليات في انجلترا operational research society وجمعية بحوث العمليات الأمريكية the operation research society of America (ORSA) وجمعية بحوث العمليات المصرية وغيرها. كما صدرت مجلات دورية متخصصة لنشر الأبحاث الجديدة في هذا المجال منها مجلة بحوث العمليات ربع السنوية The operational Research Quarterly التي تصدرها جمعية بحوث العمليات في انجلترا، ومجلة بحوث العمليات operations Research التي تصدرها جمعية بحوث العمليات الأمريكية، ومجلة Interfaces التي تصدرها جمعية بحوث العمليات الأمريكية بالاشتراك مع معهد علوم الإدارة، وكذلك مجلة علوم القرار Decision Sciences التي يصدرها المعهد الأمريكي لعلوم القرار ويلاحظ أن بحوث العمليات نشأت وتطورت نتيجة للحاجة الملحة إلى حل مشكلات معينة سواء في المجال العسكري أو في المجال المدني، فهي مرتبطة بالمجال التطبيقي.

ومن الخصائص المميزة لبحوث العمليات إنها تعتمد على منهج متكامل لتحليل المشكلات ودراستها وذلك بالتعرف على الجوانب المختلفة التي تحكم المشكلة المدروسة والأهداف المراد تحقيقها والبدائل التي تؤدي إلى الوصول إلى هذه الأهداف... الخ، وذلك باستخدام الطرق الكمية الملائمة.

ويتم اتخاذ القرار المناسب في ضوء نتائج التحليل الكمي من ناحية وبناء على التقدير أو الحكم الشخصي judgment لمتخذ القرار من ناحية أخرى، وذلك لأن الحكم الشخصي لمتخذ القرار يأخذ في الاعتبار أيضا العوامل التي لم تتم صياغتها صياغة كمية.

وتتطلب دراسة بحوث العمليات وتطبيقها في المجال الإداري خلفية في العلوم المرتبطة بطبيعة المشكلة محل الدراسة مثل العلوم الإدارية والاقتصادية وكذلك خلفية في الطرق الكمية التي يمكن استخدامها مثل الإحصاء والرياضيات، ويلاحظ أن لجان بحوث العمليات التي تكونت أثناء الحرب العالمية الثانية وبعدها كانت تضم متخصصين في مجالات مختلفة حسب طبيعة المشكلات التي تعالجها، فكانت تضم متخصصين في العلوم العسكرية والتكتيك الحربي والعلوم الإدارية والاقتصادية والهندسية من ناحية، ومتخصصين في الإحصاء والرياضيات والعلوم الطبيعية من ناحية أخرى.

مدخل بحوث العلميات في معالجة مشكلات الإدارة:

يمكن توضيح مدخل بحوث العمليات في معالجة مشكلة الإدارة وفكرة بناء النماذج فيما يلي:

1- تحديد المشكلة وصياغتها Problem formulation

ويتطلب ذلك تحديد الأهداف المراد تحقيقها والبدائل المتاحة والمتغيرات التي يتحكم فيها متخذ القرار والقيود التي يتم بناء عليها صياغة القرار مثل متطلبات الإنتاج والموارد المالية المتاحة... الخ، ويتطلب ذلك أيضا تحديد معيار اتخاذ القرار أي معيار الاختيار بين البدائل المختلفة، ويتمثل هذا المعيار في تعظيم العائد أو تخفيض التكلفة أو تخفيض الوقت... الخ حسب طبيعة المشكلة المدروسة، وينتج عن ذلك توصيف كامل للمشكلة ويكون أساسا لصياغتها صياغة كمية مناسبة.

2- بناء نموذج رياضي Model construction

أي صياغة المشكلة صياغة كمية أو رياضية مناسبة، وتأخذ هذه الصياغة صورا مختلفة حسب طبيعة المشكلة والمعيار المستخدم لاتخاذ القرار، والنموذج الرياضي هو عرض مبسط للواقع في صورة رياضية. وحيث إن الواقع أكثر تعقيدا من أن يتم التعبير عنه تماما في صورة رياضية فان النموذج يكون عادة اقل تعقيدا من الواقع.

3- إيجاد حل للنموذج Solution generation

يتم بناء النماذج عادة من معادلات ومتباينات ودوال رياضية... الخ نحصل على حل رياضي دقيق للمشكلة المدروسة، ويعرف الحل في هذه الحال بالحل التحليلي analytical solution ويمكن كتابته في صورة إجراءات وخطوات algorithm الخوارزمية نسبة إلى العالم العربي محمد بن موسى الخوارزمي

وإذا لم نتمكن من تصميم الصياغة الرياضية المناسبة للمشكلة المدروسة أو إيجاد حل للنموذج الرياضي الناتج فإننا نستخدم أسلوب المحاكاة Simulation وذلك لأن هذا الأسلوب لا يتضمن دوال رياضية محددة ولكن يعتمد على إجراء تجارب لتمثيل أداء الموقف المدروس وسلوكه وذلك وفقا لقيم عشوائية تمثل الظواهر أو المتغيرات الاحتمالية التي تحكم سير الموقف، وتعرف المحاكاة في هذا الحالة بمحاكاة مونت كارلو Monte Carlo Simulation وتخضع نتائج المحاكاة في هذه الحالة لاختبارات الاستدلال الإحصائية مثل تقدير فترة موثوق هذه النتائج وتحديد العدد الأمثل لتجارب المحاكاة الذي يقابل الحجم الأمثل للعينة، ويعتمد ذلك على أن نتائج المحاكاة تمثل نتائج عينة مسحوبة من المجتمع، وان كل محاولة من محاولات المحاكاة تمثل مشاهدة في العينة.

وقد تكون الصياغة الرياضية للنموذج معقدة لدرجة إنها ممكن أن تؤدى إلى حل دقيق أو قد تكون إجراءات الحل طويلة وغير عملية، لذلك تستخدم الطريقة التقريبية heuristic method التي تعتمد على إجراء تقريبات متتالية، وفي كل تقريب يتم الانتقال من نقطة ممكنة للحل إلى نقطة أخرى بهدف تحسين قيمة معيار النموذج مثل زيادة قيمة الربح أو تخفيض قيمة التكلفة أو الوقت .. الخ وذلك حتى نصل إلى النقطة التي تقابل اكبر تحسين ممكن. وتكون هذه النقطة قريبة من النقطة المقابلة للحل التحليلي أو قد تساويها، ومن الأمثلة على ذلك الطريقة المعروفة بطريقة تقريب فوجل Vogel Approximation Method لحل مشكلة النقل، وسنعرض هذه الطريقة ضمن الطريقة المختلفة لحل مشكلة النقل.

4- اختبار النموذج والحل Validation

حيث إن النموذج ما هو إلا تعبير عن الواقع فانه يجب مقارنة النتائج التي يصل إليها والتي تعرف بالحل النظري بما يحدث فعلا في الواقع، ويساعد ذلك على تقويم حل النموذج وتحديد ما إذا كان مناسبا valid أو غير مناسب.

فعلى سبيل المثال، إذا كان النموذج يبحث في تحقيق اكبر ربح بإيجاد التكوينة المثلى من المنتجات في مصنع معين فإننا نقارن الكميات التي ينتجها

المصنع فعلا من كل منتج بالكميات التي نتجت من الحل، أي الكميات المثلى وإذا كان المصنع ينتج ثلاثة منتجات مثلا فقد يشير الحل إلى أن إنتاج منتج واحد أو منتجين يكون أفضل، ولكن هذا الحل قد لا يرضى متخذ القرار لأن العميل قد يتحول عن الشراء من المصنع إذا لم يشتر منه المنتجات الثلاثة معا وفي هذه الحالة يجب إعادة صياغة النموذج مع اخذ ذلك في الاعتبار، وإذا ثبتت صلاحية النموذج وإمكانية تطبيقه يتم التعرف على التحسن الذي يمكن أن يطرأ على النظام المدروس نتيجة تطبيق الحل النظري في الواقع، فيتم مثلا التعرف على مقدار الزيادة في العائد أو الخفض في التكلفة أو في الوقت... الخ ومن ناحية أخرى، قد يكون من الضروري التعرف على مدى حساسية الحل للتغيرات التي قد تحدث في احد ثوابت النموذج، فقد يتغير معدل ربح المنتجات المدروس نتيجة تغير تكلفة المواد الأولية أو تكلفة المواد الداخلية في العملية الإنتاجية أو سعر المنتج وفي هذه الحالة يتم رفع مقدار الزيادة اللازمة في ربح الوحدة من منتج معين لا يوجد في الخطة الإنتاجية المثلى حتى يمكن أن يدخل في هذه الخطة، ومقدار النقص اللازم في ربح الوحدة من منتج معين موجود في الخطة الإنتاجية المثلى حتى يستبعد من هذه الخطة.

كما قد تتغير كمية الموارد المتاحة نتيجة نقص أو تأخير في وصول بعض المواد الأولية، وفي هذه الحالة يجب معرفة الحدود التي يمكن أن تزيد أو

تنخفض بها الكمية المتاحة من مورد معين بحيث تبقى الأهمية بالنسبة لهذا المورد أو القيمة الحدية له والتي تعرف بسعر ظله – ثابتة. وسنتناول ذلك عند عرض موضوع الثنائية وأسعار الظل وتحليل الحساسية في الفصل الرابع من الباب الأول.

5- **تنفيذ الحل** Implementation

في ضوء نتيجة حل النموذج وبناء على الحكم الشخصي لمتخذ القرار الذي يأخذ في الاعتبار الظروف الأخرى المحيط بالمشكلة التي لم يتم صياغتها صياغة كمية، يتخذ القرار ثم تحول عناصر هذا القرار إلى إجراءات تنفيذية تبلغ للمسئولين عن تنفيذها.

ويلاحظ أن المراحل السابقة تتفق مع مراحل تطبيق الطريقة العلمية في البحث والتي تعتمد بصفة عامة على تحديد المشكلة ووضع الفروض والبدائل الممكنة لحلها وتقويم نتائج هذه البدائل واختيار البديل المناسب. ويتفق ذلك مع طبيعة بحوث العمليات التي تستند إلى تطبيق الطريقة النماذج:بالاستعانة بالطرق الكمية وذلك لاتخاذ القرار المناسب.

وعند بناء النموذج الرياضي يمكن التفرقة بين الأنواع الآتية من النماذج:

النماذج الوصفية والنماذج القرارية

Descriptive and normative models

يهتم النموذج الوصفي ببيان طريقة أداء النظام المدروس وخصائصه المميزة، ويمكن أن يتنبأ بخصائصه في المستقبل ولكن لا يهتم بتحديد التصرف الأمثل، وذلك بعكس النموذج القراري الذي يهتم بإيجاد التصرف الأمثل أي تحديد ما يجب أن يكون، ويمكن أن يحتوي النموذج القراري على نماذج جزئية وصفية. **وتتكون أغلب النماذج القرارية من ثلاثة عناصر رئيسية:**

1- **المتغيرات القرارية والمؤشرات:**

المتغيرات القرارية هي الكميات غير المعروفة التي يحددها الحل وتخضع لإدارة متخذ القرار، مثل الكميات المطلوب إنتاجها من منتجات مختلفة أو كميات المطلوب نقلها من منطقة إنتاجية معينة إلى مركز استهلاكي معين... الخ أو الثوابت هي الكميات المعروفة الثابتة التي يتم بناء عليها تحديد الكميات غير المعروفة أو المتغيرات، مثل كمية المستخدم من مورد معين لإنتاج وحدة واحدة من منتج ما، أو معدل ربح أو تكلفة منتج معين، أو معدل تكلفة النقل من المصنع إلى سوق معين.... الخ.

2- **القيود** Constraints

وهى تمثل المحددات الطبيعية التي تحصر المتغيرات في حدود معينة feasible values ويعبر عنها عادة في صورة دوال رياضية أو نماذج جزئية وصفية، فإذا افترضنا أن x2 وx1 متغيرات قرارية تمثل الكمية التي يجب إنتاجها من منتجين معينين وان a2 وa1 مؤشرات تعبر عن كمية المادة الخام اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من كل منتج وان b هي كمية المادة الخام المتاحة، فان القيد المقابل هو:

$$a1X1+a2X2<b$$

3- **دالة الهدف** Objective function

يعبر عن فعالية النموذج كدالة في المتغيرات القرارية بوساطة دالة الهدف، فإذا كان الهدف هو تعظيم الربح فان دالة الهدف تعبر عن الربح بدلالة المتغيرات لإقراره فمثلا إذا كان معدل الربح للمنتج الأول 4 والمنتج الثاني 5 فان دالة الهدف هي تعظيم الدالة.

$$Z=4X1+5X2$$

حيث تشير X1 إلى كمية المنتج الأول، وتشير X2 إلى كمية المنتج الثاني وبصفة عامة ينتج الحل الأمثل للنموذج عندما تحقق قيم المتغيرات القرارية أفضل قيمة لدالة الهدف مع مراعاة ظروف الموقف المدروس التي يعبر عنها بواسطة القيود.

النموذج المحدد والنموذج الاحتمالي:

في النماذج المحددة، تكون مؤشرات النموذج محددة أي لا يحجل فيها العنصر الاحتمالي بعكس الحال في النماذج غير المحددة أو الاحتمالية التي تتضمن عدمك التأكد بالنسبة لمؤشر أو أكثر فيها، ويلاحظ انه إذا كان النموذج الاحتمالي قراريا، فان النتائج قراريا فان النتائج التي نحصل عليها منه تكون في صورة قيم متوقعة.

النموذج الخطي والنموذج غير الخطي

إذا كانت جميع علاقات النموذج خطية يكون النموذج خطيا مثل البرمجة الخطية أما إذا كانت علاقة أو أكثر من علاقات النموذج غير خطيه فيكون النموذج غير خطي مثل البرمجة غير الخطية ونماذج الصفوف والمخزون.

النماذج الساكنة والنماذج الديناميكية Static and dynamic models

النموذج الساكن هو الذي يبقى مؤشراته بدون تغيير أثناء عملية الحل ويعرف عند نقطة زمنية محددة وذلك بعكس النموذج الديناميكي الذي تتغير مؤشراته خلال الفترة محل الدراسة. ويتم حل النموذج الخطي من خلال سلسلة متتابعة من المراحل stages مثل البرمجة الديناميكية dynmamic programming وعمليات ماركوف Markov processes ونعرض فيما يلي باختصار الأساليب والنماذج الرئيسية لبحوث العمليات وذلك لبيان طبيعة

كل منها والمشكلات التي تعالجها.

نموذج البرمجة الخطية:

تعتبر البرمجة الخطية من أهم نماذج بحوث العمليات وأكثرها استخداما في الحياة العملية، وتستخدم بصفة عامة لبيان الاستخدام الأكثر كفاءة لمجموعة من الأنشطة التي يمكن القيام بها بواسطة طرق بديلة وذلك في ظل إمكانيات وموارد محدودة مثل إيجاد المزيج من المنتجات التي ينتجها مصنع معين لتحقيق اكبر ربح طبقا للمتاح من العمل والمواد الخام أو طريقة نقل منتجات من مناطق إنتاجية معينة إلى مراكز استهلاكية معينة بحيث ستقوم كل منطقة إنتاجية بتوزيع منتجاتها ويشبع كل مركز استهلاكي طلبة بأقل ما يمكن من تكاليف النقل... الخ.

والبرنامج الخطي نموذج قراري يتكون كما ذكرنا من المتغيرات القرارية والمؤشرات والقيود ودالة الهدف، وجميع علاقاته خطية ولا يدخل العنصر الاحتمالي في مؤشراته ولذلك فهو نموذج محدد.

وقد كان لاستخدام طريقة السمبلكس التي طورها دانتزج عام 1947م لحل البرنامج الخطي اثر كبير في زيادة وانتشار التطبيقات العملية لهذا النموذج وساعد على ذلك الاستعانة بحاسبات الآلية المتطورة في حله بحيث يمكن معالجة برنامج يتكون من مئات من المتغيرات بسهولة.

برمجة الأهداف Goal programming

تعبر دالة الهدف في البرنامج الخطي عن هدف واحد فقط مثل تعظيم الربح أو تخفيض التكلفة ويواجه متخذ القرار في الحياة العملية كثيرا من المواقف الإدارية التي تتضمن تحقيق أهداف متعددة قد تكون متنافسة مثل تخفيض التكلفة وتحسين مستوى خدمة العمل وقد تكون ذات وحدات قياس مختلفة مثل تعظيم الربح وتعظيم عدد المستهلكين... الخ ويمكن دراسة هذه المواقف باستخدام أسلوب برمجة الأهداف وهو امتداد لأسلوب البرمجة الخطية.

ويتم صياغة برنامج الأهداف بتحديد الأهداف goals المراد تحقيقها والقيم المقابلة لكل هدف والتي تعرف بالقيم المستهدفة target values ثم يعبر عن كل هدف بقيد يعرف بقيد الهدف في صورة معادلة تحتوى على متغيرين يمثل احدهما الكمية الزائدة عن القيمة المستهدفة ويمثل الآخر الكمية الناقصة، ويعرف هذين المتغيرين بالمتغيرين الانحرافين deviation variables ويتم صياغة دالة الهدف في صورة تصغير مجموع متغيرات الانحرافات ويمكن تقدير معامل يقابل كل هدف يسمى معامل أولوية a priority factor يعكس درجة تفضيل متخذ القرار للهدف، وتشمل القيود الهيكلية لبرنامج الأهداف قيود البرنامج الأصلي بالإضافة إلى قيود الأهداف، ويتم حله باستخدام طريقة السمبلكس وذلك بعد تعديلها حتى تأخذ في الاعتبار معاملات الأولوية.

البرمجة الرقمية Integer programming

يلاحظ أن المتغيرات القرارية في البرنامج الخطي متغيرات مستمرة وعلى ذلك فإنه يمكن أن تكون قيم الحل الأمثل في صورة كسرية، ويناسب ذلك كثيرا من المواقف الإدارية ولكن قد لا يناسب مواقف معينة، فمثلا عند اختيار التكوينة الأقل تكلفة من أنواع الطائرات المطلوب شرائها طبقا للتكلفة ووقت الصيانة والطاقة الاستيعابية لكل نوع ليس من المناسب أن تكون إعداد الطائرات المطلوب شرائها من كل نوع في صورة إعداد كسرية، وكذلك عند اختيار التكوينة الأكثر ربحا من المشروعات من بين مشروعات متعدد طبقا للموارد المالية المتاحة بحيث يقابل كل متغير قراري مشروعا معينا يتم اختياره عندما تكون قيمته واحد ولا يتم اختياره عندما تكون قيمته صفر.

ويتم دراسة هذه المواقف باستخدام أسلوب البرمجة الرقمية الذي ينقسم إلى ثلاثة أقسام بحسب نوع المتغيرات القرارية التي يتضمنها البرنامج.

1- **البرمجة الرقمية العامة General I.P**: وهى التي تكون قيم جميع المتغيرات القرارية فيها في صورة صحيحة.

2- **البرمجة الرقمية المزدوجه Binary integer programming** : وهى التي تكون قيم المتغيرات لاقرارية فيها أما صفر أو واحد.

3- **البرمجة الرقمية المختلطة Mixed integer programming**: وهى التي تكون قيم بعض المتغيرات القرارية مستمرة وبعضها الآخر في صورة أرقام صحيحة.

ويلاحظ أن بعض مواقف البرمجة الرقمية لها هيكل خاص وأمكن اقتراح طرق خاصة بحلها مثل مشكلة النقل ومشكلة التعيين، ولحل البرامج الرقمية التي تحتوى على متغيرين قرارين فقط يمكن استخدام الطريقة البيانية، ولكن عندما يكون عدد المتغيرات أكثر من اثنين يتم أولا حل البرنامج باستخدام طريقة السمبلكس ثم تستخدم أحدى طرق الحل المعروف لإيجاد قيم المتغيرات القرارية في صورة صحيحة مثل طريقة القطع cutting method وهى تتضمن الحذف المتتالي لأجزاء من منطقة الحلول الممكنة الممثلة للقيود بإضافة قيود جديدة وكذلك طريقة التفرع والحد branch and bound method وتتخلص في أن نأخذ أيا من المتغيرات غير الصحيحة وليكن xk ونفرض قيدين: $XK > C+1$ و $xk < c$ حيث c يشير للجزء الصحيح في قيمة المتغير xk. ونحل البرنامج الجديد باستخدام طريقة السمبلكس، فإذا كانت قيم الحل في صورة صحيحة نستمر في ذلك مع استبعاد الحلول غير الممكنة والحلول التي تعطي قيما غير صحيحة ويعيب طرق حل البرنامج الرقمي إنها تتطلب عددا كبيرا من الخطوات خاصة مع زيادة عدد المتغيرات القرارية.

البرمجة غير الخطية Non-linear programming

في نموذج البرمجة الخطية تكون دالة الهدف وجميع القيود الهيكلية في صورة خطية ويعني ذلك أن معاملات المتغيرات في دالة الهدف وكذلك في القيود الهيكلية تكون متناسبة مع قيمة المتغير المقابل، فعلي سبيل المثال إذا كان ربح الوحدة من منتج معين 10 ريال فإن ربح 5 وحدات هو 50 ريالا وربح 100 وحدة هو 1000 ريال وهكذا، ومن ناحية أخرى إذا كان المطلوب 7 وحدات من مورد معين لإنتاج وحدة من منتج معين فإنه يلزم 70 وحدة من المورد لإنتاج 10 وحاجات من هذا المنتج ويلزم 700 وحدة من المورد لإنتاج 100 وحدة من هذا المنتج وهكذا.

ويستخدم هذا النموذج في صياغة وحل عدد كبير من المواقف الإدارية، ولكن يلاحظ أن هناك مواقف كثيرة في مجالات تخصيص الموارد وتخطيط الاستثمار وغيرها ينتج من صياغتها علاقة أو أكثر من العلاقات في صورة غير خطية ويسمى النموذج في هذه الحالة البرنامج غير الخطي، ويعتمد حله بصفة عامة على حساب التفاصيل لإيجاد قيم المتغيرات القرارية التي تحقق النهايات العظمى أو الصغرى لدالة الهدف وذلك باستخدام مضاعفات لاجرانج lagrange multipliers ومضاعات لاجرانج إذا كانت القيود الهيكلية في صورة متباينات.

البرمجة التربيعية quadratic programming

تصاغ كثير من المواقف الإدارية بحيث تكون دالة الهدف في صورة تربيعية والقيود الهيكلية في صورة خطية والمتغيرات القرارية غير سالبة، ويعرف النموذج الناتج بنموذج البرمجة التربيعية وهو حالة خاصة من نموذج البرمجة اللاخطية مثل نموذج سلوك المستهلك consumer behavior model الذي تكون فيه دالة المنفعة (دالة الهدف) في صورة تربيعية ودالة الميزانية في صورة خطية وكذلك نموذج المنشأة The firm model عندما تكون كمية الطلب دالة خطية في السعر وبالتالي تكون دالة العائد (دالة الهدف) في صورة تربيعية والقيود المرتبطة بالإنتاج (القيود الهيكلية) في صورة علاقات خطيه ونماذج توزيع المحافظ portfolios models التي تكون دالته الهدف فيها مكونه من جزأين يمثل احدهما العائد المتوقع من المحفظة الذي يكون في صورة خطيه ويمثل الآخر تباين قيمة المحفظة الذي يكون في صورة تربيعية، وكذلك نماذج توزيع الموارد على المشروعات على المستوى القطاعي والإقليمي وغيرها.

ومن طرق الحل المعروفة في هذا المجال طريقة السمبلكس simplex Wolfe's method for Q.p. وهى تعتمد على استخدام مضاعفات لاجرانج وشروط كون توكر بالإضافة إلى طريقة السمبلكس.

البرمجة العشوائية Styochastic Programming

في البرنامج الخطي نفرض أن مؤشرات النموذج (معاملات المتغيرات في دالة الهدف وفي القيود الهيكلية والطرف الأيمن للقيود الهيكلية لا تتغير، ولكن في الحياة العملية قد يتغير بعض أو جميع هذه المؤشرات نتيجة لعوامل خارجة عن إرادة متخذ القرار مثل تغير معدلات الربح أو التكلفة أو تغير معدلات استخدام الموارد في العملية الإنتاجية أو تغير الموارد المتاحة نتيجة تأخر وصولها... الخ ولذلك يكون من المفيد دراسة اثر التغير في هذه المؤشرات على الحل الأمثل والذي يعرف بتحليل الحساسية. وإذا أمكن وصف مؤشر أو أكثر من مؤشرات النموذج باستخدام متغيرات عشوائية فإن النموذج الناتج يعرف بالبرنامج العشوائي، ومن الطرق الأخرى لحله طريقة البرمجة المقيدة العشوائية chance constrained programming حيث تقدر القيم المتوقعة لدالة الهدف وتعامل معاملات المتغيرات القرارية في القيود الهيكلية أو الطرف الأيمن لها أو كليهما كمتغيرات عشوائية ذات توزيعات احتمالية معينة.

تحليل شبكات الأعمال باستخدام أسلوب تقويم البرامج ومراجعتها وطريقة المسار الحرج

من أهم الطرق المستخدمة في مجال التنسيق بين أوقات تنفيذ أنشطة المشروع ومتابعة سيرها أسلوب تقويم ومراجعة البرامج وطريقة المسار الحرج.

ويعتمد أسلوب تقويم ومراجعة البرمجة على تقسيم المشروع المدروس إلى عدد من الأنشطة المستقلة ثم رسم شبكة أعمال المشروع على أساس أن كل نشاط يمكن أن بدأ وينتهي مستقلا عن غيره ولكن في تتابع معروف، أي أن لكل نشاط مجموعة من الأنشطة التي تسبقه ومجموعة أخرى تليه زمنيا ويهتم أسلوب تقويم ومراجعة البرامج بالوقت المتوقع لانتهاء المشروع، ويمكن أن يدخل العنصر الاحتمالي في تقدير أوقات تنفيذ أنشطة المشروع، وفي هذه الحالة يكون النموذج احتماليا.

وتأخذ طريقة المسار الحرج في الاعتبار بالإضافة إلى عنصر الوقت عنصر التكلفة، وذلك على أساس أن الأوقات المقدرة لتنفيذ أنشطة المشروع مرتبطة بمستوى معين من الموارد، وأنه يمكن زيادة تكلفة تنفيذ بعض الأنشطة لتخفيض زمن تنفيذ المشروع. وتحدد هذه الطريقة الخطط البديلة لتخفيض زمن تنفيذ المشروع بأقل تكلفة ممكنة.

وقد تم تطوير أسلوب تقويم ومراجعة البرامج وطريقة المسار الحرج واندمج كل منهكا في الآخر ليكونا معا ما يسمى بتحليل شبكات الأعمال.

نظرية القرارات Decision theory

تهتم نظرية القرارات بتقديم الإطار العام للتحليل الكمي للمواقف التي يكون على متخذ القرار فيها أن يختار بين بدائل مختلفة في ظل عنصر الشك

incertitude وتتناول الخصائص الهيكلية والسمات المشتركة لاتخاذ القرارات بصفة عامة.

ويمكن تقسيم مواقف اتخاذ القرارات إلى قسمين:

1- **اتخاذ القرارات في ظل عدم التأكد uncertainty** أي في حالة عدم إمكانية تقدير التوزيع الاحتمالي للأحداث المدروسة وفي هذه الحالة تستخدم معايير معروفة مثل معيار اكبر القيم الصغرى للعائد maximin payoff criterion، ويضمن استخدام هذا المعيار الحصول على عائد معين كحد أدنى بصرف النظر عن الحدث الذي يتحقق.

2- **اتخاذ القرارات في ظل المخاطرة risk** في حالة إمكانية تقدير التوزيع الاحتمالي للأحداث سواء من التكرارات النسبية لحدوث هذه الإحداث في الماضي أو من التقدير الشخصي للخبير أو الخبراء المهتمين بالمشكلة، ويمكن أيضا الاستفادة من المعلومات التجريبية التي يمكن الحصول عليها بواسطة اختبار أو دراسة أو استقصاء.... الخ وباستخدام نظرية بايز Baye`s Theorem يتم مزج نتيجة التقدير الشخصي أو التكرارات النسبية للأحداث في الماضي والتي تعرف بالاحتمالات التجريبية experimental Probabilities للحصول على ما يسمى بالاحتمالات المعدلة revised probabilities التي تستخدم مع عناصر اتخاذ القرار الأخرى في

اتخاذ القرار المناسب، وذلك بتطبيق معيار اكبر عائد نقدي متوقع ومن المشكلات التي تعالجها نظرية القرارات على سبيل المثال مشكلة اختيار مجال معين من مجالات متاحة للاستثمار مع اختلاف العائد من كل مجال حسب ظروف السوق ومشكلة اتخاذ القرار الخاص بإنتاج منتج جديد في حالة الشك في مدى الطلب عليه، ومشكلة اتخاذ القرار الخاص بالنقيب أو عدم التنقيب عن النفط أو الذهب... الخ في حالة الشك في وجوده وغير ذلك من المشكلات المشكوك في الإحداث المرتبطة بها.

نظرية المباريات الإستراتيجية Theory of games of strategy

تهتم نظرية المباريات الإستراتيجية بدراسة المواقف التنافسية حينما يكون لدينا أكثر من متخذ قرار، والمفهوم الأساسي الذي تعتمد عليه النظرية هو مفهوم الإستراتيجية وهى التكوينة الممكنة من التصرفات في الحالات التي يوجد فيها متخذ القرار لذلك سميت بالمباريات الإستراتيجية وذلك تميزا لها عن المباريات ضد الطبيعة Games against nature والتي تدخل في إطار الأسلوب السابق والمعيار الذي يعتمد عليه التحليل في نظرية المباريات الإستراتيجية هو معيار اصغر القيم العظمى The minimax criterion

ومن المشكلات التي يعالجها هذا الأسلوب على سبيل المثال مشكلة تحديد الإستراتيجية التي يختارها طرف معين لتحقيق أقصى عائد أمام طرف

أو إطراف أخرى منافسة كاختيار الكمية التي تعرضها مؤسسة من منتج معين لتحقيق أقصى ربح ممكن أمام الكمية المعروضة من مؤسسة أو مؤسسات أخرى منافسة. ومن المشكلات المهمة التي يعالجها هذا الأسلوب أيضا كيفية توزيع العائد عند اتحاد طرف معين مع طرف أو إطراف أخرى، ويمكن أن يكون الطرف مؤسسة أو شركة أو دولة حسب طبيعة المشكلة.

نماذج الصفوف Queuing models

نماذج الصفوف في دراسة المواقف التي تتسم بنقاط الاختناق وطوابير الانتظار، ويتكون طابور الانتظار عندما تتطلب وحدات أو عملاء الخدمة ولا تحصل عليها في الحال وذلك بسبب عدم توازن الطلب على الخدمة وطاقة مركز الخدمة مثل الآلات التي تحتاج إلى إصلاح في مركز الصيانة في المصنع أو العملاء الذين يسددون مشترياتهم في السوق التجاري، أو الطلبة عند التسجيل للفصل الدراسي اللاحق، أو الطائرات التي تهبط في أحدى ممرات المطار أو مرضى المستشفى الذين ينتظرون دورهم في الفحص... الخ.

ولا تقتصر الصفوف على نموذج واحد مثل البرمجة الخطية ولكن توجد نماذج عديدة تقابل مواقف عديدة للصفوف، وتشترك هذه النماذج في أنها تصل الصف وتبين خصائص تشغيله operating characteristics مثل متوسط عدد الوحدات المنتظرة للخدمة ومتوسط الوقت الذي تنتظره

الوحدة للحصول على الخدمة.الخ.. ولإيجاد هذه الخصائص يتم تقدير مؤشرين أساسيين هما نمط وصول العملاء ونمط أداء الخدمة، ويمكن بتغيير نمط الخدمة الحصول على مجموعات مختلفة من خصائص التشغيل، ومجموعة خصائص التشغيل التي تناسب ظروف متخذ القرار وإمكانياته هي التي تحدد أفضل تنظيم أو أداء للخدمة. ونماذج الصفوف في معظم المواقف العملية نماذج احتمالية لأن نمط الوصول ونمط الخدمة غالبا ما يدخل فيهما العنصر الاحتمالي.

نماذج المخزون Inventory models

يعتبر مجال ضبط المخزون احد المجالات المهمة لبحوث العمليات حيث أن تطبيق بحوث العمليات في هذا المجال اثبت نجاحا كبيرا في تخفيض التكلفة في مختلف الوحدات سواء كانت تجارية أو صناعية أو خدمات، ويرجع السبب في ذلك إلى زيادة الأهمية النسبية للاستثمارات المرتبطة بالمخزون، فالتحسن البسيط في ضبط المخزون يمكن أن يؤدى إلى توفير كبير في التكلفة.

والمخزون موارد عاطلة كان يمكن أن تستخدم في زيادة الإنتاج ولكنها تستخدم للحماية من الظروف غير المتوقعة مثل الحاجة إلى قطع غيار لمواجهة التلف المفاجئ لبعض أجزاء الآلات في المصنع أو الطلب غير المنتظم على

منتج معين من المستهلكين أو التوريد غير المنتظم للمواد الأولية بسبب الإنتاج الموسمي لها أو بسبب سوء الحالة الجوية... الخ، ويستخدم المخزون كذلك لتخفيض تكلفة الطلبيات أو للاستفادة من الخصم على المشتريات بكميات كبيرة أو للحماية من زيادة الأسعار... الخ ويمكن التعرف على طبيعة مشكلة التخزين بالنظر إلى موقف مدير الإنتاج والمبيعات في مؤسسة معينة والذي يعمل على زيادة كمية المخزون من المواد الولية والمواد المصنعة وقطع الغيار... الخ، بينما يرى المدير المالي أن خفض مستويات المخزون يعني انخفاض تكلفة التخزين والاستفادة من الموارد الموجهة للمخزون ويهتم القرار في هذه الحالة بالموازنة بين تكلفة التخزين وتكلفة تعطل الآلات وبالتالي تعطل الإنتاج أو المبيعات المفقودة... الخ

يهتم نموذج التخزين بقرارين أساسيين هما كمية الطلبية والزمن بين كل طلبية وأخرى، وذلك بفرض أن الطلب على المنتج والزمن بين كل طلبية وأخرى يمكن أن يكون احتماليا أو محدداً .

عمليات ماركوف Markov processes

وهى عمليات احتمالية تستخدم في تمثيل الأنظمة التي تتحول من حالة state إلى حالة أخرى وذلك بهدف تحليل الحركة الحالية لنظام معين للتنبؤ بحركته في المستقبل.

وقد شاع استخدام عمليات ماركوف في السنوات الأخيرة في الإدارة خاصة في مجال التسويق للتنبؤ بسلوك المستهلكين تجاه صنف معين وتحولهم من صنف لأخر وكذلك في دراسة حركة السكان وتخطيط الإنتاج والمخزون ونماذج صفوف الانتظار وصيانة الآلات.. الخ.

وتعتمد عمليات ماركوف على فرض ثبات احتمالات تحول الحالة من فترة زمنية إلى فترة زمنية أخرى وعلى وجود فترات زمنية متساوية يتم حساب التحول بينها ويمكن أن يكون عدد حالات التحول محدودا وهو ما يعرف بسلاسل ماركوف Markov chains أو مستمر (غير محدود) وهو ما يعرف بعمليات ماركوف المستمرة Continuous Markov processes

ومن الخصائص المهمة لتحليل ماركوف أن متجه احتمالات الحالة وهو الذي يعين النسبة التي تؤول إليها كل حالة يؤول إلى الثبات بعد فترة من الوقت وعند ثباته يتحقق شرط الاستقرار steady state condition.

البرمجة الديناميكية Dynamic programming

تستخدم البرمجة الديناميكية لإيجاد الحل الأمثل في المواقف متعددة الخطوات والتي تتضمن مجموعة من القرارات المرتبطة وذلك باستخدام منهج الاستنتاج من الخلف للأمام ولصياغة البرنامج الديناميكي لمشكلة معينة يتم تجزيئها إلى خطوات stages ترتبط بمعيار معين حسب طبيعة

الموقف محل الدراسة، وعند كل خطوة تعرف مجموعة من الحالات states ويتفرع من كل حالة مجموعة القرارات الممكنة ويحدد مقياس الفعالية في صورة تكلفة أو ربح أو وقت أو أي مقياس آخر ويسمى دالة العائد والقرار الأمثل في كل حالة هو الذي يحقق القيمة المثلى لدالة العائد في الحالة السابقة.

وقد طبق أسلوب البرمجة الديناميكية بنجاح في مجال تحليل شبكات الأعمال وضبط الإنتاج والمخزون وفي دراسة مواقف كثيرة مرتبطة بتخصيص الموارد.

Arab group