الفصل الثامـــن

أثر 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 أن الواقع أكثر تعقيدا من أن يتم التعبير عنه تماما في صورة رياضية فان النموذج يكون عادة أقل 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، وأن 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 أكبر 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 غ

حيث أن النموذج ما هو إلا تعبير عن الواقع فإنه 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 أكبر 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 أخذ 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 أحد 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 dynamic 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 طلبه 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 أثر كبير في زيادة وانتشار التطبيقات العملية لهذا النموذج وساعد على ذلك الاستعانة بالحاسبات 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 أعداد الطائرات المطلوب شرائها من كل نوع في صورة أعداد كسرية، وكذلك عند اختيار التكوينة الأكثر ربحا من المشروعات من بين مشروعات متعددة 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 لا قرارية 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 وحدات 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 دالة الهدف فيها مكونه من جزأين يمثل احدهما العائد المتوقع من المحفظة الذي يكون في صورة خطية 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 method for Wolfe's Q.p. وهى تعتمد على استخدام مضاعفات لاجرانج وشروط كون توكر بالإضافة إلى طريقة السمبلكس.

البرمجة العشوائية Stochastic 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 أثر 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 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 يبدأ 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 واندماج كل منهكا في الآخر ليكونا معا ما يسمى بتحليل شبكات الأعمال.