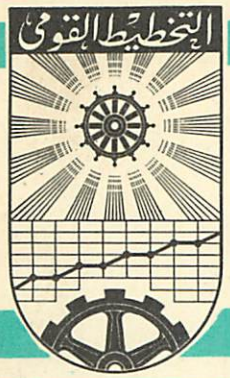
الجمهورية العربية المتحدة



معهد التخطيط القومى

مذكرة رقم ٣٢

بحوث العمليات

دكتور محمود دسوقى

(الدورة التدريبية الخامسة ـ ديسمبر سنة ١٩٦١

أول مارس سنة ١٩٦١

القاهرة

٣ شارع محمد مظهر ـ بالزمالك

١) بحوث العمليات
٢) دراسة الجدوى
٣) تخطيط اقتصادى
٤) الاستثمار

بحوث العمليات

بحوث العمليات هى دراسة مشاكل لها طبيعة خاصة باستخدام الاساليب العلمية ، ويمكن توضيح طبيعة هذه المشاكل بالامثلة الاتية :-

اذا أردنا دراسة اقتصاديات استخدام الماكينات الزراعية ، نجد أن المشكلة متعددة الجوانب ، فمن ناحية نرى أن الميكانيكية مثلا تقوم بحرث الارض بطريقة أجود وأسرع من المحاريث التى تجرها الحيوانات والماكينات بالاضافة الى ذلك تغنى عن استخدام الحيوانات لادارة المعدات مثل الساقية والمحراث ، فيمكن بذلك استغلال الثروة الحيوانية لاغراض أخرى هامة ومن ناحية أخرى ترى أن التمادى فى هذا الاتجاه يؤدى الى تفاقم مشكلة البطالة بين العمال الزراعيين ، علاوة على ما يحتاجه مثل هذا المشروع من رأس مال ضخم لاستيراد الماكينات أو تصنيعها حاليا والجزء الاكبر من هذا المال مطلوب بالعملة الاجنبية . ومن هنا يتضح لنا أنه لابد من وجود مستوى أمثل للماكينة الزراعية يحقق أحسن الحلول من الناحية العامة . كذلك يمكن الوصول الى معرفة هذا المستوى بتحليل منظم مدعم بالارقام .

ومن قطاع الحديد والصلب نأخذ المثال الاتى ، المستورد المصانع سنويا كميات كبيرة من فحم الكوك اللازم لصهر خام الحديد فى الفرن العالى ، وتضطر الى الاحتفاظ بكمية كبيرة من المخزون من فحم الكوك حتى لا يضطر المصنع الى التوقف عن الانتاج فى أى وقت من الاوقات بسبب عدم وجود الفحم ، الذى قد يتأخر وروده لاى سبب من أسباب متعددة ، وفى الوقت نفسه يوجد حد أعلى لما يجب أن يحتفظ به من المخزون حتى لا يزيد رأس المال المتعطل والمشكلة هنا هى تحديد مستوى المخزون ورأس المال المتعطل ، وبالاضافة الى تكاليف توقف المصنع عن العمل اعتبارا مقدار احتمال حدوث هذا نتيجة عن عدم وجود الفحم .

وهناك مثال آخر لمشكلة فى قطاع البترول يقوم معهد التخطيط بدراستها حاليا . هذه المشكلة تتعلق بسياسة شراء البترول الخام وتوزيعه على معامل التكرير ، ثم توزيع المنتجات على الاسواق فهناك أنواع متعددة من البترول الخام ، بعضها مستورد من مصادر مختلفة ، وبعضها مستخرج محليا ، وخواص كل نوع منها وأسعاره ومصاريف نقله معروفة . وتوزع هذه

البترول الخام وتختلف السعة وتكاليف التكرير فى كل معمل باختلاف الخام المكرر والمنتجات النهائية لكل خام معروفة وأسعارها معلومة ، وهذه المنتجات مطلوبة محليا وفى الخارج بدرجات متفاوته ، وتعتمد مصاريف نقلها على مصادرها والجهة الواردة اليها وبعض هذه المنتجات لا يمكن الانتفاع بكل ما ينتج منه محليا ، أو تصدير أكثر من كمية محدودة منه ، أو التخلص من فائضة بالحرق مثلا ، وبذلك يكون هناك حد أعلى لما يجب أن ينتج من هذه الانواع ، والمشكلة هنا هى اختيار برنامج يحدد الكميات المشتراه من كل نوع من أنواع البترول الخام ، وتوزيعها على معامل التكرير المختلفة ، ثم توزيع المنتجات على الاسواق المختلفة وبالتأمل فى هذه المشكلة نجد أن عددا لا نهائيا من البرامج يعطينا حلولا صحيحا لهذه المشكلة وكل برنامج منها يضع سياسة للشراء والتوزيع فى حدود القيود الموضوعة على سعات المعامل وانتاج بعض الانواع وغيرها من القيود . ولكننا نبحث عن ذلك الحل الذى يحقق الهدف الذى نضعه نصب أعيننا قبل البدء فى هذه الدراسة ، فاذا كان هذا الهدف هو تحقيق أقل مجموع لتكاليف الاستيراد والانتاج والتوزيع ، بحثنا عن الحل أو البرنامج الذى يعطى النهاية الصغرى لمجموع التكاليف . أما اذا كان الهدف هو تخفيض العملة الاجنبية المصرفة فى هذه العمليات ، سنبحث عن البرنامج الذى يحقق ذلك ، وغالبا ما يكون برنامجا يختلف عن ذلك الذى يعطى أقل التكاليف .

لا شك أنه يمكننا الآن استخلاص خصائص مشتركة لهذا النوع من الدراسة من الامثلة المذكورة

أولا : هذه المشاكل تتعلق بعمليات متعددة المتغيرات ، نشاطها يشتمل فى الغالب على حركة مواد ومعدات وقوى بشرية .

ثانيا : يمكن تحديد هدف بالنسبة لكل من هذه المشاكل ، مثل تخفيض تكاليف الاستيراد والتكرير والنقل فى مشكلة البترول .

ثالثا : يلزم لتحقيق ذلك الهدف دراسة منظمة بعيدة بقدر الامكان عن التخمين أو التقدير الجزافى والوسيلة المتبعة فى ذلك هى الاساليب العلمية التى انبعثت قبل ذلك فى العلوم الطبيعية وأدت الى التقدم الفكرى والتكنولوجى الباهر الذى نرى مظاهره فى أكثر من ناحية فى مدينتنا الحديثة .

وقبل أن نتعرض لتفاصيل الطرق المتبعة لحل هذه المشاكل ، سنستعرض بسرعة هذا العلم الحديث . ففى بداية الحرب العالمية الثانية ، تنبه العسكريون الانجليز الى النقص الفظيع فى كفاءة أجهزة الرادار التى كانت فى ذلك الوقت اختراعا حديثا . فعهدوا الى استاذ فى جامعة مانشستر يدعى بدراسة هذه المشكلة . فبادر الى تكوين مجموعة من الخبراء لهم تخصصات مختلفة — فمنهم علماء الرياضة والمساحة والمهندسون وضباط الجيش وغيرهم — ليدرسوا المشكلة من وجهاتها المتعددة . وكانت هذه المجموعة هى نواة لمجموعات بحوث العمليات فى الجيش والبحرية والطيران البريطانى . وسرعان ما اقتبست القوات المسلحة بأمريكا نفس الوسائل وقامت بدراسات كثيرة منها دراسة خط السير الذى يجب أن تجتازه سفينة معرضة لهجوم بحرى . فخط السير المستقيم يساعد السفينة على تسديد مدافعها المضادة للطائرات ، بينما يعطى خط السير المتعرج فرصة أكثر للسفينة أن تتجنب الهجوم الجوى . وبعد الدراسة وجمع البيانات عن الحالات السابقة وجدوا أن السفن الكبيرة يجب أن تتبع مسارا متعرجا ، بينما يجب على السفن الصغيرة أن تسير على خط مستقيم وقد ساعد اتباع هذه القاعدة على تخفيض نسبة السفن المصابة من ٤٧٪ الى ٢٩٪ .

ومن الملحوظ على جميع الدراسات التى تمت أثناء الحرب الآتى :—

أولا : قيام مجموعة أو فريق من العلماء ذوى تخصصات متعددة بالدراسة .

ثانيا : استعمال الطرق الرياضية فى حل هذه المشاكل . ولو أنها كانت طرقا مبسطة وعقب انتهاء الحرب امتد استخدام بحوث العمليات الى مشاكل مدنية مشابهة للامثلة التى ذكرناها عند بدء هذا الحديث عندما اكتشف الدارسون صلاحية هذه الوسائل فى حل تلك المشاكل . كذلك اتسع استخدام بحوث العمليات فى الدراسات العسكرية .

ويمكن تتبع أساليب بحوث العمليات باستعراض طريقة حل مشكلة البترول السالفة الذكر . والخطوة الاولى هى تحديد الهدف ولنفرض أن الهدف المراد الوصول اليه هو تحقيق أكبر ربح فى حدود نفقات معينة من العملة الاجنبية . وهذا الربح هو الفرق بين الدخل من بيع المنتجات والخامات وبين تكاليف الخامات وتكريرها ونقلها .

والخطوة الثانية هى جمع البيانات الخاصة بالاسعار والتكاليف والانتاج والاحتياجات . وتعرف التغييرات المؤثرة على العملية ويرمز اليها برموز تميزها وتنقسم التغيرات الى نوعين

متغيرات يمكن التحكم فيها مباشرة (فى حدود) أى متغيرات مطلقة ، مثل الكميات المستوردة من خام البترول والكميات الموزعة منها على معامل التكرير ، ومتغيرات لا يمكن التحكم فيها مباشرة ، وهذه بالتالى نوعان نوع يتحدد قيمته بتحديد المتغيرات المطلقة ، أى متغيرات تابعة ، مثل مجموع الانتاج من أى منتج ، ونوع آخر لا تحدده المتغيرات المطلقة ، ويمكن التنبؤ بقيمته أو تقديرها ، مثل الطلب على المنتجات المختلفة وهذه تؤخذ فى عمليتنا هذه كمقادير ثابته . وتحدد العلاقات بين هذه المتغيرات بعضها ببعض ، وهى نوعان ، الاول معادلات حيث يساوى الطرف الايمن الذى يضم المتغيرات الطرف الايسر الذى يحتوى على مقدار ثابت أو متغير تابع ، ومثال على المعادلات العلاقة التى تحدد أن مجمل الانتاج من أى نوع من منتجات البترول وهو متغير تابع يساوى مجموع انتاج جميع معامل التكرير من هذا المنتج باستخدام جميع الخامات المكررة بها ، وهذه تعتمد على كميات الخامات الموزعة على كل معمل من معامل التكرير وهى متغيرات مطلقة . والنوع الثانى متباينات وتنص على أن الطرف الايمن يجب ألا يزيد (أو يجب ألا يقل) عن الطرف الايسر ، ومثال ذلك أن جميع أى ما يكرره أى معمل من جميع الخامات يجب ألا يزيد عن سعته لتكرير هذه الخامات ومن حسن الحظ أن المعادلات والمتباينات فى هذه العملية من الدرجة الاولى (أى خطية) لان ذلك يسهل العمليات المطلوبة لحل المشكلة . وسنطلق على هذه المجموعة من المعادلات والمتباينات اسم القيود ، لانها تفرض حدود أعلى قيم المتغيرات بالرغم من أنها لا تحدد قيمتها بالضبط ، وتضم هذه المجموعة القيد الموضوع على النقد الاجنبى ، فمجموع النقد الاجنبى المنصرف لشراء ونقل البترول الخام ناقصا النقد الاجنبى الوارد من تصدير المنتجات والخامات يجب أن يزيد عن الحد المقرر له (وهو مقدار ثابت) ، وكذلك تضم المجموعة قيود الصادرات التى تحدد أن مجموع الصادر من كل منتج (وهو متغير مطلق) يجب الا يزيد عن سعة استيعاب السوق الخارجى لهذا المنتج (وهو مقدار ثابت معلوم) .

وبالاضافة على القيود المذكورة ، يجب التعبير عن الهدف المراد الوصول اليه بصورة دالة يطلق عليها اسم " دالة التفضيل " فاذا كان هدفنا هو الوصول الى أقصى ربح ممكن كانت دالة التفضيل تساوى الربح أى مجموع الدخل من بيع المنتجات والخامات ، مطروحا منه مجموع تكاليف شراء الخامات المختلفة ونقلها وتكريرها . ودالة التفضيل لحسن الحظ أيضا من

الدرجة الاولى (أى خطية) وبتعريف دالة التفضيل نكون قد أتممنا رسم الصورة الرياضية التى تمثل المشكلة المراد دراستها ، وسنطلق على هذه الصورة اسم النموذج الرياضى . والمطلوب الان ايجاد الحل لمجموعة المعادلات والمتباينات الذى يعطى النهاية العظمى لدالة التفضيل . أو بمعنى آخر ايجاد أكبر قيمة للربح فى حدود القيود الموضوعة على العملية ، وايجاد قيمة المتغيرات (المطلقة على وجه الخصوص) التى تعطى هذه القيمة من الربح .

والخطوة التالية هى اختيار النموذج الرياضى لمعرفة ما اذا كان يمثل حقيقة النواحى المختلفة للمشكلة ـ ويكون الاختبار بادخال بيانات سابقة فى المعادلات والمتباينات المختلفة وملاحظة اذا كان التعويض بهذه البيانات سيعطى نتائج صحيحة للمعادلات والمتباينات ، فاذا أخذنا مثلا بيانات السنة الماضية الخاصة بالانتاج الكلى فى تلك السنة فى أحد معامل التكرير ، وعوضنا بهذه البيانات فى المتباينة الخاصة بالسعة الانتاجية للمعمل ، ووجدنا أن البيانات تحقق المتباينة ولا تخالفها ، دل ذلك على أن التركيب الرياضى للمتباينة التى تمثل القيد الموضوع على السعة الانتاجية لمعمل التكرير المأخوذة منه البيانات صحيح . أما اذا وجدنا تعارضا بين البيانات والنموذج . وكنا متأكدين من صحة البيانات فيلزم تعديل النموذج ليطابق البيانات ، فالواقع دائما هى الاساس والنظرية توضع لتصف الواقع ، ولا يمكن تغيير الواقع ليطابق النظرية .

بعد ذلك يبدأ حل النموذج الرياضى . ونظرا لزيادة عدد المتغيرات المجهولة عن عدد المعادلات ، وعدم قدرة المتباينات على تحديد قيم المجهولات نجد أن هناك عددا لا نهائيا من الحلول لهذه العلاقات . ولكننا ـ كما ذكرنا سابقا ـ نريد الحل الذى يعطى النهاية العظمى لدالة التفضيل ، وهو عادة حل واحد فقط من مجموعة هذه الحلول الممكنة . ويطلق عليه اسم الحل الامثل ومما هو جدير بالذكر أن هذا النوع من النماذج الرياضية الذى يتكون من قيود عبارة عن معادلات أو متباينات خطية أو كليهما ، ومن دالة تفضيل خطية يراد النهاية الكبرى أو الصغرى لها فى حدود هذه القيود ، يطلق عليه اسم البرامج الخطية . وللوصول الى الحل الامثل تتبع واحدة من طرق متعددة لن تدخل فى تفاصيلها بل سنذكرها بصفة عامة فحينما يكون عدد المتغيرات اثنان فقط تصلح الطريقة البيانية . أما اذ زاد عدد المتغيرات

المجهولة عن ذلك فتتبع طريقة الـSimplex أو Miltiplex وكلتا هاتين الطريقتين تعتمدان على ايجاد حل مبدئى للمعادلات والمتباينات لا يحقق بالضرورة أكبر ربح ، ثم الانتقال من ذلك الحل الى آخر يزيد عن قيمة الربح وهكذا حتى نصل الى الحل أو البرنامج الذى لا يمكن بعده زيادة الربح . وهذا هو الحل الامثل الذى يعطى النهاية العظمى لدالة التفضيل (الربح) فى حدود القيود الموضوعة (المعادلات والمتباينات) . ويمكن حل مسائل البرامج الخطية بطريقة الـSimplex أو Miltiplex يدويا اذ كان عدد المتغيرات والعلاقات كبير ، مثل مشكلة البترول فيلزم استخدام ماكينات حاسبة الكترونية ذات سرعات عالية .

ومما سبق يتبين أنه يمكن تلخيص خطوات الدراسة فى بحوث العمليات فى الآتى :-

أولا : تحديد المشكلة الخاصة بالعملية المدروسة ويشمل ذلك تحديد أهداف الهيئة التى تقوم الدراسة لصالحها - وتحديد مجال النشاط فى البحث .

ثانيا : جمع البيانات اللازمة وتصنيفها .

ثالثا : بناء نموذج رياضى لوصف المشكلة .

رابعا : اختيار النموذج الرياضى وتعديله اذ لزم .

خامسا: حل النموذج الرياضى .

سادسا: تنفيذ الحل .

وقد يتراءى الى الظن أن المشكلة تنتهى عند الخطوة الخامسة حيث أن التنفيذ بعد ذلك سهل . ولكن هذا ليس صحيحا ، فيلزم للتطبيق عدة خطوات واعتبارات هامة . فمثلا يجب أن تعرض المشكلة وحلها بأسلوب مبسط سهل ، وتوضح الاقتراحات الخاصة بالتنفيذ على شكل قواعد وارشادات بسيطة يسهل فهمها وتطبيقها على القائمين بالتنفيذ . كذلك يلزم تحديد الظروف التى يمكن أن يستمر فيها تطبيق الحل والظروف التى يجب عندها تعديل النموذج الرياضى ولتسهيل تطبيق اقتراحات مجموعة بحوث العمليات يجب تخصيص من يكون مسئولا عن هذا التطبيق .

من الواضح أن خطوات الدراسة السالفة الذكر هى نفس خطوات الدراسة فى أى بحث علمى والاختلاف فى التفاصيل فقط .

ومن المشاكل الزراعية التى قامت وحدة بحوث العمليات بدراستها والتى طبق عليها

نموذج البرامج الخطية مشكلة التحديد الامثل للمساحات المحصولية فى المناطق المختلفة بالاقليم المصرى • فقد قسمت المناطق الزراعية بالاقليم الى ثلاث مناطق شمالية ووسطى وجنوبية ، وجمعت البيانات عن انتاجية الفدان فى كل منطقة من المحاصيل الرئيسية مثل القطن (والبرسيم التحريش) والقمح والبرسيم المستديم (والبقوليات) والارز الذرة الشامية والذرة الرفيعة والبصل وأسعار هذه المحاصيل • وأدخلت القيود الاتية فى الاعتبار :-

١ - عند التقيد بالدورة الزراعية الثلاثية فالمساحة المزروعة قطنا يجب ألا تتعدى $\frac{1}{3}$ مساحة الزمام المزروعة فى أى منطقة •

٢ - الحد الاعلى للمساحات المزروعة من المحاصيل المختلفة ومايفى بالاستهلاك المحلى مضافا اليه امكانيات التصدير •

٣ - بالنسبة للارز فالحد الاعلى هو ما تعليه كمية المياه المتاحة ، وقد حدد الحد الاعلى للمساحة من واقع بيانات السنوات الماضية •

وقد وصلت الوحدة الى قرارات وتركيبات لها أهمية فى هذه المشكلة •

وأرجو ألا يترامى الى الاذهان أن البرامج الخطية هى النموذج الوحيد المستعمل فى بحوث العمليات • فهناك عمليات من أنواع أخرى نذكر نوعا منها فى المثال الآتى يقوم قسم العدد فى ورشة انتاج بتخزين وتجهيز العدد والآلات اللازمة للانتاج • يتوجه العمال الى هذا القسم فى فترات متفاوته لاستبدال أو تجهيز عددهم ، فاذا زاد عدد الموجودين أمام شباك الخدمة فى هذا القسم اضطر بعض العمال الى الانتظار مما يؤدى الى تعطيلهم عن الانتاج ، فاذا أردنا أن نقلل وقت الانتظار فانه يمكننا زيادة عدد القائمين على خدمة العدد ، وهذا من ناحية يزيد تكاليفهم • والمطلوب فى هذا النوع من المشاكل تحديد العدد الامثل للقائمين بالخدمة بحيث تكون التكاليف الكلية أقل ما يمكن • والمواقف المشابهة هى خدمة العملاء فى المصرف ومحطات البنزين • وفى جميع الحالات يدخل فى الاعتبار التوزيع الاحتمالى أ (الاحصائى لقدوم العمال أو العملاء ، وكذلك التوزيع الخاص بالوقت اللازم لخدمة الوافدين أن لم يكن هذا مقدارا ثابتا محددا • والنموذج الذى يصف هذه المواقف هو نظرية الصفوف وتوجد عشرات من المقالات العلمية وعدد غير بسيط من الكتب التى تناولت هذه النظرية بالشرح والتحليل •

والمشكلات المشابهة لمشكلة الفحم تدخل ضمن مشاكل التخزين ، وهذا نوع آخر من النماذج الرياضيـــــة .

والدراسات التى تتعلق باستبدال المعدات والماكينات بأخرى حديثة تطبق عليها نماذج الاستبدال .

أما المواقف التى تجابه فيها الهيئة التى يقوم البحث لحسابها منافسا رشيدا قد يكون تحقيق مصالحة على حساب مصالح الهيئة ، فيجوز الاستعانة فيها بنماذج المنافسة ، ومثال ذلك حالة الشركة التى تتقدم فى عطاء لتنفيذ عملية ، فاذا خفضت القيمة التى تتقدم بها فقد تفوز بالعطاء ولكن بربح بسيط جدا ، أما اذا رفعت القيمة فقد تربح ربحا مرتفعا فى حالـــة كسب العطاء ولكنها قد لا تفوز به .

وبالرغم من تعدد النماذج فان الهيكل العام للمشكلات بحوث العمليات لا يخـــرج عن اتخاذ قرار لتحقيق هدف ما عن طريق اختيار خطة شاملة من مجموعة خطط ممكنة (أى الخطة المثلى) ـ هذه الخطة يدخل فى الاعتبار عند اختيارها ما قد يتوقع من تصرفـــات الطبيعة (وهنا يدخل دور الاحتمالات والاحصاء فى وصف المتغيرات التى تحركها الطبيعـــة وما قد يتخذه المنافسون من خطط مضادة ـ واختيار الخطة يكون باختيار قيم المتغـــيرات التى يمكن التحكم فيها (أى المطلقة) .

ولعله يمكن تلخيص المميزات الخاصة بعلم بحوث العمليات بالآتـــــى :ـ

١ ـ أن الاساليب العلمية طبقت على عمليات لم يسبق معالجتها بها ، وأن هذه العمليات معقدة وتحتوى على متغيرات متعددة تضم على وجه العموم مواد ومعدات وقوى بشرية . ولا تخضع هذه العمليات لنفس درجة التحكم الذى يمكن الوصول اليه فى التجارب المعملية ، مما يزيد صعوبة معالجتها . كذلك تضم العمليات عناصر لها أهداف متعارضة قد يؤدى تحقيق هدف منها التضحية بآخر .

٢ ـ أن الدراسة تتم بواسطة فريق من الباحثين لهم خبرات فى قطاعات مختلفة حتى يمكنهم فهم الجوانب المتعددة للمشكلة .

٣ ـ أن مجال الدراسة لا يقتصر على الآثار المباشرة للمشكلة ، بل أن الدراسة لا بد أن تتبع آثار المشكلة على نواحى النشـــاط المختلفة للهيئة صاحبـــة المشكلة

حتى تصل الى الحل الذى يحقق أهداف الهيئة بوجه عام وليس هدفا لقسم من أقسامها قد يتعارض مع أهدافها العامة .

يحقق أهداف الهيئة بوجه عام وليس هدفا لقسم من أقسامها قد يتعارض مع أهدافها العامة .

ولا يعنى اهتمام بحوث العمليات بالمقاييس الكمية عدم اعترافها بالتقديرات النوعية أو الكيفية بل أن هناك أمثلة كثيرة لمشكلات كان من الصعب تعريف مقاييس كمية فيها ، واكتفى فيها بالتعيين عن علاقات كيفية بين المتغيرات المختلفة .

ولا يفوتنا هنا أن نشير الى تطبيق بحوث العمليات على الاختيار الامثل للاستثمارات فى القطاعات المختلفة والذى قامت وحدة بحوث العمليات بمعهد التخطيط بمجهودات فى سبيله ، وسيعرض الدكتور صلاح حامد هذه الدراسات فى محاضرة قادمة ان شاء الله .