الفصل الثاني

عموميات في البرمجة الخطية

البرمجة الخطية هي الاستخدام الرياضي الذي يهدف الى تعظيم Maximization أو تقليل Minimization دالة الهدف Objective Function في ظل قيود خطية هيكلية Linear Structural Constraints وقيود عدم السلبية Nonnegativity Constraints.

والبرمجة الخطية عبارة عن اسلوب او طريقة لتحديد الاستخدام الامثل للموارد المحدودة النادرة بالنسبة للانشطة والمنتجات المتنافسة تحت افتراضات معينة مثل التأكد Certainty والخطية Linearity وثبات التكنولوجيا (الفن الانتاجي) وثبات الربح لوحدة المنتج.

ويعتبر جورج دانتزج Dantzig J. B. اول من وضع الصياغة الرياضية Mathematical Formulation لمشاكل الامثلية التي يطبق فيها اسلوب البرمجة الخطية كما امكنه تقديم طريقة السمبلكس Simplex Method عام ١٩٤٧.

وقد استخدمت البرمجة الخطية اثناء الحرب العالمية الثانية في تحديد البرامج المناسبة للتدريب والصيانة والتجديد للقوات الجوية الامريكية بالاضافة الى تحليل انسب الطرق الجوية ثم تطور استخدامها بعد ذلك لحل المشاكل الاقتصادية.

ويعتبر اسلوب البرمجة الخطية من الاساليب الواسعة الانتشار في التطبيق العملي لحل المشاكل الاقتصادية واتخاذ قرارات بشأنها حيث يتم تطبيقها بنجاح في حل المشاكل على نطاق واسع بمجال ادارات الشركات والاعمال الحكومية والصناعة والزراعة والتعليم والنقل. هذا بالاضافة الى ان البرمجة الخطية كأسلوب لاتخاذ القرارات لها استخدامها العريض في مجال الانتاج والتمويل والتسويق والبحوث والمجالات الادارية حيث يمكن حل معظم هذه المشاكل باستخدام البرمجة الخطية.

أولا : بعض المصطلحات والمشاكل الخاصة بالبرمجة الخطية :

يمكن استخدام اسلوب البرمجة الخطية بنجاح فى مجال النقل البحرى فى حل مجموعة المشاكل الآتية :—

أ — مشاكل خاصة بشركات الملاحة :

فباستخدام اسلوب البرمجة الخطية يمكن حل مجموعة المشاكل الآتية والخاصة بشركات الملاحة :—

١ — مشكلة الاستثمار فى السفن واختيار انسب نوعيات السفن وتشغيلها على الخطوط الملاحية (فى حالة شركة ملاحة تحت الانشاء) او تدعيم سفن الاسطول الحالى بسفن جديدة وتشغيلها على الخطوط الملاحية (فى حالة شركة ملاحة قائمة) .

٢ — حل المشكلة الخاصة بتدعيم خط ملاحى بسفن جديدة للعمل عليه .

٣ — حل المشكلة الخاصة بنقل التجارة الخارجية للدولة على سفن وطنية وسفن مستأجرة .

٤ — مشكلة التشكيلة المثلى لشحنة السفينة والاستفادة القصوى من حمولة السفينة وحجم الفراغات بها .

٥ — حل مشكلة التشغيل الامثل لسفن الاسطول وتوزيعها على الخطوط الملاحية المختلفة حسب فترة التشغيل والحمولة الصافية لكل سفينة وتحديد عدد الرحلات لكل سفينة .

٦ — تحديد المسار الامثل للسفن على الموانى الواقعة على خطوط ملاحية لنقل الشحنات المختلفة .

٧ — مشكلة التخصيص الامثل للعمالة على السفن بجانب مشكلة التخصيص الامثل للسفن للعمل على الخطوط الملاحية .

ب — مشاكل خاصة بالموانى البحرية :

يمكن حل مجموعة المشاكل الآتية :

١ — مشكلة الاستثمار فى الموانى العامة والموانى التخصصية .

٢ ـ مشكلة الاستثمار فى الارصفة العامة والارصفة متعددة الاغـــــــراض Multipurpose berths.

٣ ـ الاستثمار فى شراء معدات الشحن والتفريغ ووسائل النقل واختيار انسـب الوحدات.

٤ ـ حل مشكلة الاستثمار فى المخازن العامة والصوامع والثلاجات .

٥ ـ حل مشكلة التشغيل الامثل لمعدات الشحن والتفريغ ووسائل النقـــل و المخازن.

٦ ـ مشكلة التوزيع الامثل للعمالة على ارصفة الميناء والساحات والمخازن.

جـ ـ مشاكل خاصة بالترسانات :

باستخدام اسلوب البرمجة الخطية يمكن حل المشاكل الآتية فى الترسانات:

١ ـ مشكلة التوزيع الامثل للسفن المراد اصلاحها على ترسانات الاصلاح .

٢ ـ مشكلة التقطيع الامثل للالواح .

٣ ـ مشكلة التشغيل الامثل للالات والمعدات .

٤ ـ مشكلة التخصيص الامثل للعمالة للمهن المختلفة .

ولاستخدام اسلوب البرمجة الخطية هناك بعض الافتراضات التى يجـــب مراعاتها من بينها الآتى :

١ ـ نفترض ان متخذ القرار Decison-Maker سواء على مستوى الادارة العليا او الادارة التنفيذية للشركات الملاحية والموانى والترسانات متأكـد بالكامل بمعنى انه يعمل فى ظل ظروف محددة Deterministic Conditions سواء من ناحية الفن الانتاجى المستخدم او المـــوارد المحدودة التى يمتلكها مثل السفن ومعدات الشحن والتفريغ ووســـائل النقل والالات والمعدات والاستراتيجيات (برامج الانتاج المختلفـــة) وكذا الارباح المنتظر تحقيقها بمعنى ان كل استراتيجية يستخدمهـــا متخذ القرار يكون لها عائد موحد Unique Payoff .

٢ ـ كذلك نفترض ان كل علاقات المشكلة المطلوب حلها باستخدام اســـلوب البرمجة الخطية هى علاقات خطية Linear بين الموارد المحـــدودة

والمدخلات المختلفة بحيث تتغير قيمة المخرجات (الانتاج) تبعا لتغير المدخلات (تكلفة التشغيل) . ومعنى هذا انه اذا زاد حجم النقل على السفن تزداد ايرادات النقل كما تزداد تكلفة التشغيل واذا نقص حجم النقل تنقص الايرادات وتكلفة التشغيل ، كما انه بالنسبة للاوناش مثلا اذا زادت ساعات عمل تشغيلها تزداد عدد دورات هذه الاوناش. وبالنسبة لتقطيع الالواح فى الترسانة اذا كان هناك الواح صلب بمقاسات يراد تقطيع الواح منها بمقاسات معينة فكلما زاد عدد الالواح المقطعة كلما زاد اجمالى الهالك نتيجة التقطيع ، وبالاضافة الى ما سبق يظهر هذا الافتراض واضحا فى مشكلة تخطيط وجدولة الانتاج Production Planning & Scheduling Problem .

٣ — كما يفترض اسلوب البرمجة الخطية ايضا ثبات ربح الوحدة المنتجة وثبات تكلفة تشغيلها بصرف النظر عن مستوى الانتاج خلال فترة الخطة .

٤ — وبالاضافة الى ما سبق نفترض ان المتغيرات القرارية Decision Variables مستمرة بمعنى انه يمكننا انتاج وحدات كسرية من الانتاج ويعرف هذا الفرض بفرض قابلية العدد للكسر divisibility وان كان هذا الافتراض غير عملى بالنسبة لبعض الحلول مثل مشكلة شراء سفن جديدة او اوناش او انشاء مخازن حيث يتطلب الحل وحدات صحيحة وفى هذه الحالة يمكن حل المشكلة باستخدام اسلوب البرمجة الخطية العددية Integer Linear Programming .

٥ — ونحتاج الى اتخاذ قرار واحد خلال فترة الخطة مما يعنى ان البرمجة الخطية عبارة عن نموذج ساكن Static Model على عكس البرمجة الديناميكية Dynamic Programming حيث تحل المشكلة على عدة مراحل بمعنى اننا نتخذ قرارا فى كل مرحلة Phase من مراحل الحل .

٦ — نفترض ايضا ان كل المتغيرات لها قيم لا سالبة Nonnegative Values كما نفترض ان كافة بيانات المشكلة وقيودها وكذلك الهدف المنشود قابلة جميعا للقياس الكمى .

٧ — وأخيرا نفترض ان هناك بدائل Alternatives يمكن من بينهـــا الاختيار مثل البديل الخاص بتطوير ميناء بحرى بدلا من انشـاء ميناء جـديد .

وهناك بعض المصطلحات الاساسية فى البرمجة الخطية منها على سبيـل المثال الآتى :—

١ — اصطلاح البرمجة Programming والذى يشير الى الاجراء النظامـى الذى نصمم بواسطته برنامج او خطة العمل، وتتكون البرمجة من سلسلـة من التعليمات وقواعد التقدير لحل مشكلة على الحاسب الآلى او حلهـا يدويا ويسمى اسلوب البرمجة الخطية بالبرامج حيث يتكون من مجموعـة من البرامج والحلول الممكنة Feasible Solutions نختار مـن بينها الحل الامثل Optimal Solution .

٢ — البرنامج Program ومن امثلة البرنامج المثال الخاص بجدولة الانتـاج وتشكيلة المنتج ويمكن ان نصمم عددا من البرامج المختلفة، ويحاول متخـذ القرار ان يتعرف على هذه البرامج التى تعتبر مثلى من وجهة نظر قيـاس الفاعلية، ويعتبر البرنامج امثلا Optimal اذا أدى الى تعظيم او تقليـل معيار الكفاءة مثل الربح والانتاج وتكلفة التشغيل .

٣ — النشاط Activity يعتبر النشاط من وجهة النظر الاقتصادية طريقـة محددة لانجاز الانتاج فنشاط اسطول النقل البحرى مثلا هو نقـل التجارة الخارجية، ويشير النشاط الى التنافس مع الانشطة الاخرى عـلى الموارد المحدودة وتقيس اى كمية محددة من الانتاج مستوى نشاطـه كما ان الموارد عادة ما تكون محدودة خلال فترة الخطة فى شـكل طاقات متاحة Available Capacities .

مشاكل البرمجة الخطية :

تتفق معظم المراجع الخاصة ببحوث العمليات بأن هناك بعض المشـاكل التى يمكن حلها باستخدام اسلوب البرمجة الخطية منها على سبيل المثال :

١ ـ مشكلة الانتاج او تشكيلة الانتاج The Product-Mix Problem

٢ ـ مشكلة النقـل The Transportation Problem

٣ ـ مشكلة التخصيـص The Assignment Problem

٤ ـ مشكلة التوطـين The Allocation Problem

٥ ـ مشكلة التوزيـع The Distribution Problem

٦ ـ مشكلة اختيار المسار Route Selection Problem

٧ ـ مشكلة التغذيـة The Diet(Nuitrition) Problem

ومن الطبيعى اننا لن نستخدم كل هذه النماذج فى مجال النقل البحـرى اذ ان هناك مشاكل لاتهم النقل البحرى بدرجة ملحة فمن غير المعقول استخـدام مشكلة التغذية لطاقم السفينة حيث يضيع ربان السفينة وقته فى حساب عـدد الملليجرامات من فيتامين (أ) وفيتامين (ب ، جـ) لاعداد وجبة غـذائيـة لطاقم السفينة ، خاصة وان هناك ثلاث وجبات يوميا ويترك عمله الاساسى والخـاص باختيار شحنات من الموانى ونقلها الى موانى اخرى وتنفيذ خطة النقل الخاصـة بسفينته والتى تعتبر واجبة التنفيذ والتحقيق، ولذلك فان ما يهمنا من هـذه المشاكل فى قطاع النقل البحرى هو الآتى :

١ ـ مشكلة الانتاج او تشكيلة الانتاج ، وتظهر هذه المشكلة فعلا ومن امثلتهـا فى النقل البحرى الآتى :

أ ـ مشكلة اختيار الشحنات للسفينة بمعنى اختيار الخطة المثلى لشحـن السفينة بالبضائع المختلفة .

ب ـ مشكلة التشكيلة المثلى للالواح المستخدمة فى بناء واصلاح السـفن بحيث يتم تقطيع مقاسات معينة للالواح باقل فاقـد .

جـ ـ مشكلة التشغيل الامثل للالات والمعدات بورش الترسانات .

٢ ـ مشكلة النقل خاصة المتعلقة بنقل الشحنات داخل الميناء او نقلها مـن الميناء الى المحافظات المختلفة وتحديد المسار الامثل باقل مسافة مقطوعة او باقل تكلفة نقل لسيارات النقل .

٣ ـ مشكلة التوزيع والاستخدام الامثل للموارد مثل توزيع السفن على الخطـوط

الملاحية وتوزيع الاوناش على الارصفة والشحنات على المخازن والسفن المراد اصلاحها على الترسانات ... الخ .

٤ ـ مشكلة التخصيص الخاصة بتوظيف عمالة من نوعيات معينة لشغل وظائف معينة بحيث تخصص وظيفة واحدة فقط لكل عامل سواء بالنسبة لعمالة البحر او لعمالة البر، هذا بالاضافة الى تطبيق هذه المشكلة على السفن حيث تخصص كل سفينة للعمل على خط ملاحى فقط بحيث اذا عملت السفينة على خط ملاحى واحد فانها لاتعمل على الخطوط الملاحية الاخرى .

الهيكل العام لمشكلة البرمجة الخطية :

يتكون الهيكل العام لاى مشكلة من مشاكل البرمجة الخطية اساسا من ثلاثة مكونات Components هى :ـ

١ ـ دالة هدف خطية Linear Objective function وقد تكون دالة الهدف عظمى Maximum تتمثل فى تحقيق اكبر مجموع للارباح نتيجة تشغيل السفن على الخطوط الملاحية المختلفة او تتمثل فى الوصول الى اكبر مجموع لدورات تشغيل الاوناش فى الميناء، وقد تكون دالة الهدف دنيا Minimum تتمثل فى تشغيل سفن الاسطول على الخطوط الملاحية المختلفة باقل مجموع لتكلفة التشغيل .

وبالنسبة لاى مشكلة من مشاكل البرمجة الخطية يجب ان يكون لدى متخذ القرار هدف قابل للقياس Measurable Objective او معيار للفاعلية يستخدمه فى حل مشكلته .

٢ ـ قيود هيكلية خطية Linear Structural Constraints وقد تكون هذه القيود اقل من او يساوى $\leq$ Less than or equal to وقد تكون اكبر من او يساوى $\geq$ Greater than or equal to وسواء اكانت القيود اقل من او يساوى او اكبر من او يساوى فانها تسمى متباينات Inequalities كما قد تكون القيود التساوى Equality . وقد تكون القيود ممثلة فى موارد يملكها المشروع مثل السفن والاوناش

وسيارات النقل يكون المطلوب استغلالها امثل استغلال ،كما قد تكون القيود ممثلة فى فترات تشغيل للسفن والاوناش او حمولات متاحة على الخطوط الملاحية او على الارصفة لنقلها ... الخ .

ويشترط ان يكون الاستخدام او التشغيل فى حدود هذه القيود .

٣ — القيود اللاسالبة Nonnegativity Constraints

يشترط فى حل أى مشكلة من مشاكل البرمجة الخطية وضع القيود اللاسالبة فى المشكلة بحيث ان المجهول الذى تريد الوصول اليه يكون اما مساويا للصفر او اكبر من الصفر على النحو الآتى (س ≥ صفر) وقد يكون وحدات كسرية ولكنها اكبر من الصفر وقد يكون الحل وحدات صحيحة اذا وضعنا شرط ان تكون (س = ١) سواء فى مشكلة التخصيص Assignment Problem أو وضعنا شرط ان تكون قيم (س) وحدات صحيحة كما هو الحال فى البرمجة الخطية العددية .

ثانيا : النموذج العام للبرمجة الخطية :

لحل اى مشكلة برمجة خطية فى مجال النقل البحرى نترجم المشكلة المطلوب حلها الى نموذج رياضى Mathematical Model ويكون للنموذج اهمية خاصة حيث توضح المشكلة فى صياغة رياضية تسمح بعمل تحليل اقتصادى للحصول على الحل الامثل . ويشترط فى النموذج ان يعبر عن الواقع بحيث يعكس الجوانب الهامة للمشكلة المدروسة . ويتكون النموذج الرياضى من شقين : الشق الاول خاص بدالة الهدف والشق الثانى خاص بالقيود الموضوعة لتحقيق هذا الهدف ويختلف عدد القيود باختلاف النموذج كما يلزم للنموذج بيانات خاصة بالمشكلة وحاسب آلى لحله .

وتنحصر مراحل بناء النموذج الرياضى فى الآتى :

المرحلة الاولى : تحديد المشكلة Statement of the Problem او ما يطلق عليها صياغة المشكلة Problem Formulation بمعنى اننا يجب ان نحدد ماهى المشكلة المطلوب حلها ؟ والمشاكل الخاصة والمطلوب حلها باستخدام اسلوب البرمجة الخطية فى مجال النقل البحرى

عديدة منها على سبيل المثال الآتى :

١ — مشكلة خاصة بتكوين خطة تشغيل سفن الاسطول على الخطوط الملاحية المختلفة وجدولة المسارات الخاصة بحركة السفن على الخط الملاحى وموانيه .

٢ — مشكلة خاصة بتحديد الحجم الامثل للاسطول .

٣ — مشكلة نقل التجارة الخارجية على سفن وطنية وسفن اجنبية .

٤ — وقد تكون المشكلة هى تكوين خطة مثلى لشحنة السفينة .

٥ — كما ان المشكلة بالنسبة لشركة ملاحية تحت الانشاء هى اختيار نوعيات السفن من بين العديد من النوعيات ثم اختيار الخطوط الملاحية التى ستعمل عليها هذه السفن .

٦ — مشكلة خاصة بتكوين خطة الاستثمار لشراء اوناش من نوعيات معينة ووسائل نقل وتشغيلها بين الارصفة والمخازن .

٧ — مشكلة التخزين واختيار مناطق داخل وخارج الميناء وتحديد مواقع هذه المخازن .

٨ — مشكلة التخصيص الامثل للعمالة على السفن وعلى ارصفة الميناء والمخازن وتخصيص السفن للعمل على خطوط ملاحية .

٩ — مشكلة خاصة بتحديد البرنامج الانتاجى الامثل للميناء والترسانة .

ومن الطبيعى ان يكون هناك بديل او اكثر لحل المشكلة اذ انه اذا لم يكن هناك الا بديلا واحدا فليس هناك الا حل واحد . ومثال ذلك انه بالنسبة لشركة ملاحة قائمة لديها اسطول من نوعيات مختلفة من السفن ويراد تشغيل هذا الاسطول على خطوط ملاحية وبالنسبة لبدائل هذه المشكلة اما ان تعمل كل السفن على خط ملاحى واحد ومن ثم تنقل كل صادرات وواردات الدولة على الخطوط الملاحية الاخرى على سفن اجنبية او تعمل هذه السفن على خطوط ملاحية متعددة وتشترك فى نقل التجارة الخارجية للدولة ولو بنسبة ضئيلة .

كما انه بالنسبة للمشكلة الخاصة بشراء سفن لشركة ملاحية تحت التأسيس فان بدائل هذه المشكلة اما ان نشترى سفن من نوعيات متجانسة الحمولة

٧٠٠٠ طن مثلا او نشترى نوعيات مختلفة من السفن،كذلك فانه اما ان نشترى سفن بضاعة او نشترى سفن بضاعة وسفن ركاب وناقلات بترول ويتوقف ذلك على الشكل القانونى للشركة والنشاط الذى ستمارسه ٠

المرحلة الثانية : بناء دالة الهدف Building the objective function

وهو ما يطلق عليه تحديد الهدف من دراسة المشكلة واختيار المعيار الامثل Optimum Criterion الذى سيتم على اساسه حل المشكلة موضوع الدراسة،وبشرط ان تكون دالة الهدف خطية Linear Objective Function- ومن اهم المشاكل التى تواجه المختصين عن ادارة الشركات الملاحية مشكلة اختيار المعيار الذى يستخدم لتشغيل اسطول النقل البحرى وقد يكون هذا المعيار واحدا من الآتى :

١ ـ تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة لتحقيق اكبر ربح ممكن :

والربح الذى نقصده هنا هو الذى ينتج بسبب خفض تكلفة التشغيل الحقيقية لسفن الاسطول على الخطوط المختلفة وهو تعبير صادق عن تحسن فى كفاءة تشغيل الاسطول،والمفروض ان ينتج عن تشغيل سفن الاسطول فائض ربح للاسباب الآتية :

أ ـ ان هذا الربح ضرورى ويعتبر عاملا هاما من عوامل تكوين رأس المال اللازم لشراء سفن جديدة فى المستقبل لرفع درجة مساهمة الاسطول الحالى فى نقل البضائع المتاحة على الخطوط المختلفة وتحقيق مزيد من الارباح ٠

ب ـ ويعتبر الربح موردا هاما من موارد التمويل الذاتى لشركة الملاحة ويستخدم لتمويل استثمارات الشركة وتزداد اهميته كلما زادت الكفاءة الانتاجية ٠

جـ ـ كما يعتبر الربح مؤشرا هاما لمعرفة ما اذا كان تشغيل السفن يتم بطريقة اقتصادية سليمة ومعرفة تكاليف الانتاج ٠ومعنى ذلك ان الربح يمكن أن

يلعب دورا معينا فى الحكم على كفاءة التشغيل .

الا ان هناك قيودا موضوعة على استخدام الربح كمعيار لتشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة فقد يظهر الربح من تشغيل السفن نتيجة عدم تفهم المختصين بتشغيل الاسطول للاوضاع التكاليفية والتلاعب المقصود فى عناصر تكلفة التشغيل للسفن كمخصصات الاهلاك وتقييم المخزون السلعى او بقصد تدعيم المركز المالى للشركة لرفع قيمة الاسهم فى سوق الاوراق المالية وتحقيق مكاسب رأسمالية او بغرض ارضاء المستويات الادارية العليا .

كذلك قد يتحقق الربح نتيجة احتكار ادارة الشركة لسفن النقل او نتيجة ظهور تكتلات احتكارية فى سوق السفن . ومعنى ذلك ان الربح قد يتحقق نتيجة رفع سعر النقل نتيجة للمركز الاحتكارى للشركة وهذا الربح لا يعبر عن كفاءة ادارة الشركة فى تشغيل سفنها على الخطوط المختلفة .

لذلك فانه عند اختيار الربح كمعيار لتشغيل سفن الاسطول ان يكون ناتجا حقيقيا من خفض تكلفة التشغيل نتيجة استخدام ادارة المشروع لأسس علمية ونتيجة مجهودات العاملين على هذه السفن .

٢ — تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة بأقل تكلفة تشغيل :

يؤدى الاعتماد على استخدام معيار تشغيل سفن الاسطول بأقل تكلفة تشغيل الى خفض تكلفة الانتاج لقطاعات الاقتصاد القومى التى تستفيد من ذلك ، فلاشك ان ذلك ينتج عنه خفض فى تكلفة نقل البضائع من اماكن استيرادها الى اماكن تصنيعها او استهلاكها مما يؤثر بصفة عامة على خفض تكلفة الانتاج .

ويمكن الاعتماد على معيار اقل تكلفة تشغيل فى حالة ما اذا كانت سفن الاسطول تحقق خسائر سنوية ويستلزم الامر ضرورة خفض تلك الخسائر الى ادنى حد ممكن . ويعبر الوفر فى خفض تكلفة التشغيل للاسطول للسنة الحالية عن السنة السابقة مثلا بافتراض ثبات عدد سفن الاسطول وحجم الحمولة السنوية المنقولة عن تحسن فى التشغيل .

وعند استخدام معيار اقل تكلفة تشغيل يستلزم الامر تحديد عناصر التكاليف تحديدا سليما حتى يمكن الحكم على كفاءة التشغيل . ومعنى ذلك ان تقييم كفاءة

تشغيل الاسطول باستخدام هذا المعيار تتم بالمقارنة بين سنتين متتاليتين وقد تتم المقارنة بين التكلفة الفعلية لتشغيل الاسطول والتكلفة المعيارية فى فترة زمنية واحدة (سنة او رحلة مثلا)،ولاشك ان المقارنة الاخيرة لها اهميتها فهى تهدف الى خفض تكلفة التشغيل باستمرار مما يؤدى الى تحسن مستمر فى كفاءة تشغيل الاسطول •

ومعنى ذلك ان استخدام معيار تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة بأقل تكلفة تشغيل يستلزم تحديد تكلفة التشغيل المعيارية ثم مقارنة التكلفة الفعلية مع المعيارية بغرض تحديد درجة كفاءة تشغيل السفن والتى تزداد كلما اقتربت تكلفة التشغيل الفعلية مع تكلفة التشغيل المعيارية •

٣ — تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة لنقل اكبر حمولة ممكنة :

قد يكون الهدف من تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة نقل اكبر حمولة ممكنة بصرف النظر عن تحقيق ارباح او تشغيل الاسطول بأقل تكلفة •

وبناء على ذلك اذا كان الهدف هو نقل التجارة الخارجية بأقل تكلفة نقل على سفن وطنية واجنبية فقد يتضح انه يمكن تحقيق هدف اقل تكلفة نقل اذا تم نقل كل التجارة الخارجية على سفن اجنبية بفرض ان تكلفة نقل الطن عليها اقل من تكلفة نقله على سفن وطنية ولا يكون للاسطول الوطنى اى نصيب فى نقل التجارة الخارجية •

الا ان المنطق العملى يرفض مثل هذا الحل فانه من الخطورة الاعتماد كلية على السفن الاجنبية لنقل التجارة الخارجية الوطنية لمجرد ان تكلفة النقل للطن الواحد على تلك السفن اقل منها فى حالة النقل على سفن وطنية • لذلك يقتضى المنطق ان يشترك الاسطول الوطنى فى نقل التجارة الخارجية حسب طاقة سفنه على النقل • ومعنى ذلك ضرورة رفع درجة مساهمة الاسطول الوطنى فى نقل البضائع المتاحة على الخطوط الملاحية المختلفة •ويمكن تحقيق ذلك بزيادة عدد رحلات السفن على الخطوط المختلفة بزيادة فترة التشغيل لكل نوع من انواع السفن وخفض فترات التعطلات والتوقف وزيادة معدل التحميل للسفن وخفض زمن

مكوث السفن فى الموانى ٠

واستخدام معيار اكبر حمولة كلية قد يكون مقبولا اذا امكن التحكم فى تكلفة التشغيل وخفضها باستمرار او اذا نتج عن الحمولة الكلية ربحا او فى حالات الحصار الاقتصادى او ارتفاع اسعار النوالين للنقل على السفن الاجنبية او فى حالة عدم استطاعة السفن الاجنبية نقل كل الحمولات المتاحة على الخطوط المختلفة ٠

وعلى كل اذا نتج عن تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة نقل اكبر حمولة ممكنة بأقل تكلفة تشغيل او تحقيق ربح من هذا النقل يعتبر هذا المعيار مقبولا ويمكن استخدامه فى تشغيل السفن على الخطوط المختلفة ٠

٤ — تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة لتحقيق اكبر ايراد من العملات الاجنبية :

قد يكون الهدف من تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة تحقيق اكبر ايراد من العملات الاجنبية باعتبار ان العملات الاجنبية قد تمثل اكثر العناصر ندرة وباعتبار ان احدى مشاكل الدول النامية — فى اغلب الاحيان — هو وجود عجز فى الموارد المالية لتمويل التنمية ٠

ويترتب على استخدام هذا المعيار تشغيل السفن على الخطوط التى تحقق اكبر ايرادات من العملات الاجنبية ويمكن الاعتماد على هذا المعيار فى حالة توافر عدد كبير من سفن الاسطول الوطنى يساهم بنسبة كبيرة فى نقل التجارة الخارجية ويمكن نقل النسبة الباقية على السفن الاجنبية وذلك على اساس ان تكلفة النقل على السفن الاجنبية تكون اقل من او متساوية مع تكلفة النقل على السفن الوطنية ٠ولكن قد يحدث ان تشغيل السفن الوطنية على الخطوط المختلفة ينتج عنه تحقيق ايرادات من العملات الاجنبية وان كانت الدولة تدفع للسفن الاجنبية نوالين بالعملات الاجنبية تفوق ما تحصل عليه من ايرادات من العملات الاجنبية وبذلك يكون من المستحسن نقل الجزء الاكبر من التجارة الخارجية على سفن وطنية وتوفير دفع نوالين بالعملات الاجنبية للسفن الاجنبية،ومعنى ذلك انه من الاولى للدولة ان تنقل تجارتها الخارجية على سفنها الوطنية ٠

٥ — تشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة لتحقيق اكبر قيمة مضافة :

تتحقق القيمة المضافة الصافية Net value added بان تطرح من قيمة الانتاج الاجمالى مستلزمات الانتاج السلعية والخدمية مضافا اليها الاهلاك . وتمثل القيمة المضافة الصافية العناصر الاربعة : الاجور والفائدة والايجار والربح . والقيمة المضافة الصافية هى الدخل القومى ، ومعنى ذلك ان استخدام هذا المعيار لتشغيل سفن الاسطول على الخطوط المختلفة يظهر مدى مساهمة تشغيل سفن الاسطول فى زيادة الدخل القومى .

وتزداد القيمة المضافة نتيجة التحسن فى تشغيل سفن الاسطول تشغيلا امثلا خاصة اذا امكن التحكم فى مستلزمات الانتاج السلعية والخدمية ودون تغيير سعر النقل للحمولات المختلفة. وقد تزيد القيمة المضافة نتيجة التحميل الجيد للبضائع على سفن الاسطول او نتيجة خفض زمن التعطلات والتوقف لسفن الاسطول وزيادة فترة التشغيل .

الا ان مقارنة ارقام القيم المضافة لعدد من السنوات لسفن الاسطول لا يمكننا من الحكم على مدى تطور كفاءة تشغيل هذه السفن فى حالة ما اذا كانت الزيادة فى القيمة المضافة راجعة الى ارتفاع ايرادات نقل الحمولات بسبب القوة الاحتكارية لملاك السفن او ظروف مفاجئة غير متوقعة ادت الى زيادة الطلب على خدمات السفن او نتيجة انخفاض اسعار المستلزمات السلعية والخدمية او انقاص المبلغ المخصص لاهلاك السفن .

ويختلف معيار المشكلة من شركة ملاحية الى شركة ملاحية اخرى كما يتوقف على شكل ملكية الشركة سواء اكانت الشركة من شركات القطاع العام أو من شركات القطاع الخاص او من المشروعات المشتركة Joint Ventures .

وقد تكون هناك اهداف متعددة لشركة الملاحة تتمثل فى الرغبة فى تحقيق اكبر قدر من ايرادات النولون بجانب الرغبة فى نقل اكبر جزء من تجارة الدولة على سفنها وزيادة معاملات التحميل Loading Factors للسفن

وعلى ذلك يمكن اختيار هدفا واحدا ووضع الهدفين الاخيرين فى قيود المشكلة. وعلى سبيل المثال يمكن ان يكون هدف الشركة نقل اكبر قدر من البضائع على سفنها بشرط ان يكون حجم النقل لهذه البضائع خاضع للشروط الآتية :

١ — ألا يقل نولون نقل الطن الواحد من الحمولة عن سعر معين ٦٠ جنيه للطن الواحد مثلا .

٢ — ألا يقل معامل تحميل هذه السفن عن ٨٠٪ مثلا .

ويكون من المهم بيان كيفية اختيار هذه الاهداف التى ستوضع على شكل قيود Constraints ثم نختار اقل مستوى مقبول لهذه القيود .

المرحلة الثالثة : جمع البيانات الخاصة بالمشكلة Data Collection

وبالنسبة لمشكلة تشغيل سفن الاسطول على الخطوط الملاحية المختلفة يلزم تحديد بيانات خاصة بالسفن والخطوط.وننبه الى ان نجاح شركات الملاحة فى تكوين خطة لتشغيل السفن على الخطوط الملاحية يعتمد فى المقام الاول على توافر البيانات بشرط ان تكون هذه البيانات صحيحة وهذه البيانات هى :—

١ — بيانات خاصة بالسفن مثل الحمولة الصافية لكل سفينة بالطن وحجم الفراغات بالمتر المكعب لكل طن وسرعة السفينة وفترة التشغيل لها (زمن الابحار وزمن المكوث بالموانى لعمليات الشحن والتفريغ والعمليات المساعدة كالمناورات والتموين وخلافه) وعدد الرحلات فى السنة ،ومعاملات التحميل ومعاملات التستيف Stowage Factors .

٢ — بيانات خاصة بنوالين نقل الطن من البضائع لكل نوع من البضائع ولكل خط ملاحى وتكلفة التشغيل الثابتة والمتغيرة خاصة تكلفة الوقود للسفينة اثناء الابحار واثناء المكوث بالموانى بجانب البيانات الخاصة بصافى الايرادات.

٣ — بيانات خاصة بالخطوط الملاحية والحمولات المتاحة للنقل والموانى الواقعة على كل خط ملاحى ومسافات الابحار بين هذه الموانى .. الخ .

وتختلف البيانات الخاصة بكل مشكلة فتزيد حسب حجم المشكلة.ويتوقف الوصول الى حل امثل للمشكلة على مدى صحة هذه البيانات . وقد يلاحظ البعض

ان هذه البيانات التى ذكرناها بسيطة الا ان الملاحظة انها كثيرة للغاية ولنا ان نتصور ان لدينا اسطول نقل بحرى يتكون من ٦٠ سفينة مثلا تعمل على عشرة خطوط ملاحية.وفى هذه الحالة سيكون لدينا مصفوفة Matrix او جدول يحتوى على ٦٠٠ مربع عبارة عن حاصل ضرب عدد السفن x عدد الخطوط الملاحية ٦٠ x ١٠ = ٦٠٠ هذا بجانب انه سيكون هناك ٦٠ صفا خاصا بفترات تشغيل السفن ، ١٠ أعمدة خاصة بالخطوط الملاحية والحمولات المتاحة للنقل عليها .

فاذا كانت المشكلة خاصة بتحديد عدد رحلات كل سفينة على الخطوط الملاحية خلال فترة الشهور الثلاثة القادمة فانه يلزم ان تكون لدينا البيانات الآتية لحل المشكلة بالنسبة لكل مربع من المربعات الستمائة :—

١ — عدد ايام الرحلة للسفينة على كل خط ملاحى .
٢ — الحمولة المنقولة لكل سفينة فى الرحلة الواحدة على كل خط ملاحى .
٣ — صافى الايراد للسفينة عن الرحلة الواحدة على كل خط ملاحى .
٤ — تكلفة التشغيل للسفينة عن الرحلة الواحدة على كل خط ملاحى .

كما يلزم ان يكون لدينا ٦٠ سطرا حيث نخصص سطر لكل سفينة يوضع فى يمين الجدول الذى سنعرضه خاص بفترة تشغيل كل سفينة خلال فترة الشهور الثلاثة الآتية ، هذا بالاضافة الى انه سيكون لدينا عشرة أعمدة خاصة بالخطوط الملاحية والحمولات المتاحة للنقل عليها ويصبح الجدول بالصورة الآتية : —

جدول رقم (١)

الخطوط الملاحية / انواع السفن	الخط الملاحى الاول	الخط الملاحى	الخط الملاحى العاشر	فترة التشغيل لكل سفينة باليوم
السفينة رقم (١)	تكلفة التشغيل للرحلة بالجنيه صافى الربح للرحلة بالجنيه الحمولة المنقولة فى الرحلة بالطن عدد ايام الرحلة باليوم •	....	تكلفة التشغيل للرحلة بالجنيه صافى الربح للرحلة بالجنيه الحمولة المنقولة فى الرحلة بالطن عدد ايام الرحلة باليوم •	٨٥
السفينة رقم (٢)	تكلفة التشغيل للرحلة بالجنيه صافى الربح للرحلة بالجنيه • الحمولة المنقولة فى الرحلة بالطن • عدد ايام الرحلة باليوم •	....	تكلفة التشغيل للرحلة بالجنيه • صافى الربح للرحلة بالجنيه • الحمولة المنقولة فى الرحلة بالطن • عدد ايام الرحلة باليوم	٨٠
السفينة رقم (٠٠)	.....	....	.....	٠٠
السفينة رقم (٦٠)	تكلفة التشغيل للرحلة بالجنيه صافى الربح للرحلة بالجنيه الحمولة المنقولة فى الرحلة بالطن عدد ايام الرحلة باليوم •	....	تكلفة التشغيل للرحلة بالجنيه • صافى الربح للرحلة بالجنيه الحمولة المنقولة فى الرحلة بالطن • عدد ايام الرحلة باليوم	٨٧
الحمولة المتاحة على الخطوط الملاحية	الحمولة المتاحة على الخط الاول ٣٠٠ ٠٠٠ طن	....	الحمولة المتاحة على الخط العاشر ٤٢٠ ٠٠٠ طن	—

المرحلة الرابعة : بناء قيود المشكلة Building the Constraints

يكون بناء قيود المشكلة خاصا بالموارد المتاحة فى المشكلة (السفـــن) والحمولات المطلوب نقلها من الخطوط الملاحية ،وتكون قيود المشكلة الخاصـــة بتشغيل سفن الاسطول على الخطوط الملاحية المختلفة كالآتى :ـ

قيود خاصة بفترة تشغيل كل سفينة : بمعنى انه اذا كان لدينـــا ٦٠ سفينة ومحدد لكل سفينة فترة تشغيلها خلال الثلاثة اشهر القادمة فانه يكـــون لدينا ٦٠ قيدا ٠ ولنأخذ مثال عن القيد الخاص بفترة تشغيل السفينة الأولـــى ومعلوم ان فترة تشغيلها خلال الفترة القادمة هى ٨٥ يوما ومعنى ذلك ان القيـد الخاص بفترة تشغيل هذه السفينة سيكون كالآتى :ـ

عـدد ايام الرحلة باليوم × عـدد الرحلات اثناء فترة التشغيل على الخط الملاحى الاول + ٠٠٠ + عـدد ايام الرحلة باليوم × عـدد الرحلات اثناء فـترة التشغيل على الخط العاشر بحيث لايجب ان يزيد مجموع الايام عن ٨٥ يومـــا او يساوى ٨٥ يوما ولا يجب ان يزيد حاصل الضرب عـن ٨٥ يوما وهكذا لكـــل السفن ٠

قيود خاصة بالحمولات المتاحة على كل خط ملاحى :

معروف ان لدينا عشرة خطوط ملاحية وسنختار من بين الستين سفينة سفنـا تعمل على الخطوط الملاحية المختلفة ومعروف ان الحمولة المتاحة للنقل على الخـط الملاحى الاول هى ٣٠٠ ٠٠٠ طن ولذلك يكون القيد الخاص بالخط الملاحـــى الاول كالآتى :ـ

الحمولة المنقولة للسفينة الاولى على الخط الملاحى الاول × عدد رحـــلات السفينة الاولى على الخط الملاحى الاول + ٠٠٠ + الحمولة المنقولة للسفينة رقـم ٦٠ على الخط الملاحى الاول × عـدد رحلات السفينة رقم ٦٠ على الخط الملاحى الاول بحيث يجب ان يكون مجموع الناتج من الحمولة المنقولة بواسطة السفن المختلفة اقل من او يساوى الحمولة المتاحة للنقل على الخطوط الملاحية اى اقل مـــن او يساوى ٣٠٠ ٠٠٠ وهكذا بالنسبة لكل السفن ولكل الخطوط الملاحية ٠

قيود لاسالبة Nonnegative Constraints

سيكون المجهول فى هذه المشكلة الذى نريد التوصل اليه هو عدد الرحلات التى تنجزها كل سفينة على الخطوط الملاحية المختلفة.ويشترط ان تكون المجاهيل (عدد الرحلات) اما تساوى صفر او اكبر من الصفر ولكنها لاتكون اقل من صفر اى لايكون الناتج سالبا بمعنى اننا اذا رمزنا لعدد رحلات السفينة الاولى على الخط الملاحى الاول بالرقم س١١ ولعدد رحلات السفينة رقم ٦٠ على الخط الملاحى العاشر بالرمز س١٠٦٠ فان هذا الشرط بالنسبة لكل السفن يكون س١١ ≥ صفر، ٠٠٠٠ س١٠٦٠ ≥ صفر

المرحلة الخامسة : حل المشكلة على الحاسب الالكترونى : Preparation for Solution by Computer .

يلاحظ ان هذه المشكلة التى نحن بصددها بها ٦١ سطرا كل منها خاص بسفينة من السفن الستين وبها عشرة اعمدة كل عمود خاص بالخطوط الملاحية المختلفة.ومعنى ذلك اننا يكون لدينا ٦٠٠ مربع عبارة عن حاصل ضرب عدد السفن فى عدد الخطوط اى ٦٠ × ١٠ = ٦٠٠

بالاضافة الى ذلك فكل مربع به اربع بيانات رقمية عن كل سفينة تعمل على كل خط وهذه البيانات هى :—

١ — عدد ايام الرحلة لكل سفينة على كل خط ملاحى .
٢ — الحمولة المنقولة لكل سفينة فى الرحلة الواحدة على كل خط ملاحى .
٣ — تكلفة التشغيل للسفينة عن الرحلة الواحدة على كل خط ملاحى .
٤ — صافى الايراد للسفينة عن الرحلة الواحدة على كل خط ملاحى .

وعلاوة على ذلك سيكون لدينا ٦٠ فترة تشغيل لكل نوع من انواع السفن بالاضافة الى ١٠ أنواع من الحمولات المتاحة على الخطوط الملاحية العشرة .

ولذلك فان حل هذه المشكلة بالطريقة اليدوية هو مضيعة للوقت ويكون من الافضل حلها على الحاسب الالكترونى.ويلزم ان تكون هناك اكثر من طريقة لحل المشكلة بحيث تتوافر فى هذه الحلول شروط تناسب قيود المشكلة وامكانية تنفيذها

فى حدود القيود الموجودة •

المرحلة السادسة : تكوين خطة التشغيل للاسطول على الخطوط الملاحية Operation Plan.

بحل هذه المشكلة على الحاسب الالكترونى واستخراج بيانات الحل يمكن تكوين خطة تشغيل السفن على الخطوط الملاحية المختلفة • ويلاحظ ان الحل لا ينتهى باختيار السفن وتشغيلها على الخطوط بل يستلزم الامر ان يوضع قرار التشغيل موضع التنفيذ، ولكى يكون تنفيذ الخطة فعالا يجب اشتراك القائمين على تنفيذ القرار فى عملية اتخاذ القرار حيث تؤدى المشاركة الى تحسين نوعية القرار النهائى، وبذلك يستلزم الامر رسم خطة التشغيل المثلى لسفن الاسطول على الخطوط الملاحية المختلفة بحيث توضح الخطة الخطوط الملاحية التى ستعمل عليها كل سفينة وعدد الرحلات التى ستنجزها والحمولات التى ستنقلها من الخطوط الملاحية وكذا بيان كيفية تنفيذ خطة التشغيل لكل سفينة وتكلفة التشغيل وصافى الربح لكل منها •

وتعتبر خطة التشغيل فى هذه الحالة واجبة التنفيذ لتحقيق هدف الشركة، ويشترط فى الخطة ان تكون واقعية بحيث توضح ان تشغيل السفن قد تم بطريقة مثلى، ويلزم عمل رقابة على تنفيذ الخطة ومقارنة النتائج الفعلية مع اهداف الخطة وتحليل الانحرافات واسبابها •

طرق البرمجة الخطية :

تنقسم طرق البرمجة الخطية حسب المشاكل التى نعالجها الى الآتى :—

أ — مشاكل عامة للبرمجة الخطية :

وتحل هذه المشاكل باستخدام الطرق الآتية :—

١ — الطريقة البيانية Graphical Method وتستخدم هذه الطريقة لحل المشاكل التى لا يزيد فيها عدد المجاهيل عن مجهولين حيث نمثل احد المجاهيل بيانيا على المحور الافقى والآخر على المحور الرأسى للرسم البيانى •

٢ — طريقة السمبلكس Simplex Method وتستخدم لحل المشاكل العامة التى يزيد فيها عدد المجاهيل عن مجهولين.وتستخدم فى حل المشاكل الخاصة بالاستخدام الامثل للموارد ،كما تستخدم لحل المشكلة الثنائية Dual Problem وتستخدم ايضا فى تحليل الحساسية Sensitivity Analysis . وبالاضافة الى ما سبق تستخدم لحل المشاكل العامة للبرمجة الخطية العددية Integer Linear Programming فى جزء من الحل .

ب — مشاكل خاصة للبرمجة الخطية :

وتحل هذه المشاكل باستخدام الطرق الآتية :

١ — طريقة النقل The Transporation Problem وتستخدم فى حل المشاكل الخاصة بالنقل من اماكن التجميع الى اماكن التوزيع (مثل نقل الحمولات من الموانى الى المحافظات الداخلية للدولة) كما يمكن استخدامها فى حل المشاكل الخاصة بنقل الركاب بالسفن .

٢ — طريقة التوزيع The Distribution Problem وتعتبر احدى الحالات الخاصة لمشكلة النقل وتستخدم فى النقل البحرى بنجاح كبير خاصة بالنسبة لتوزيع السفن على الخطوط الملاحية وتوزيع الاونش على الارصفة والحمولات على المخازن والسفن المراد اصلاحها على ترسانات الاصلاح ... الخ .

٣ — طريقة التخصيص The Assignment Method والتى تعتبر ايضا احدى الحالات الخاصة لمشكلة النقل وتستخدم لتخصيص العمالة البحرية على السفن وعمالة الميناء على الارصفة والمخازن وعمالة الترسانات على الورش المختلفة بحيث تخصص لكل وظيفة عامل واحد كما ان العامل الواحد لا ينجز الا عملا واحدا فقط ،كما تستخدم لتخصيص السفن للعمل على الخطوط الملاحية بحيث تعمل كل سفينتين على خط ملاحى واحد فقط .