جامعة القاهرة
كلية التجارة
قسم المحاسبة

استخدام البرمجة الحركية في إحداث تصحيح في إعداد الموازنة التخطيطية للاستثمارية

بحث مقدم من الطالب

محمد زكي حميد محمد

للحصول على درجة الماجستير في المحاسبة

إشراف

الأستاذ الدكتور / عبد المنعم محمد عبد المنعم
أستاذ ورئيس قسم المحاسبة
ومعاونة
الأستاذ الدكتور / عبد المنعم عوض الله
أستاذ المحاسبة المساعد
كلية التجارة — جامعة القاهرة

١٩٨٣

مقدمـــــــة

طبيعة مشكلة البحث .

تتمثل المشكلة الاقتصادية أساسا فى نقص القدر المعروض من الموارد الاقتصادية عن المطلوب منها . فالموارد الاقتصادية تتسم بالندرة وهى الخاصية التى تشيـــــر الى تزاحم الاستخدامات الممكنة للموارد على الكميات المتاحة منها مما يترتب عليـــــه ضرورة ترشيد عملية تخصيص مثل هذه الموارد المحدودة للاستخدامات غير المحـــدودة نسبيـا .

وتبرز مشكلة الندرة النسبية للموارد الاقتصادية بشكل واضح فى مجال تخطيـط الانفاق الاستثمارى ، حيث يواجه متخذ القرار بعدد من المقترحات الاستثماريـــــة المرغوب فيها اقتصاديا ، غير أن تنفيذها جميعا يتطلب - غالبا - قدر من المـــــوارد يفوق المتاح منها ، ومن ثم تتنافس البدائل الاستثمارية فيما بينها على هذه الموارد المحدودة ، مما يفرض على متخذ القرار القيام بالمفاضلة بينها لاختيار التوليفة المثلـى منها فى حدود الموارد المخصصة للانفاق الاستثمارى .

وتتميز قرارات الانفاق الاستثمارى بعدد من الصفات والخصائص التى تجعـــــل ترشيدها اكثر أهمية اذا ما قورن بترشيد قرارات الانفاق الجارى . فالانفاق الاستثمـارى يترتب عليه تجميد جزء كبير من الموارد الاقتصادية فى أوجه استثمار معينة ومن ثـــــم التضحية بأوجه الاستثمار الاخرى . ويعنى هذا أن الفشل فى اتخاذ القرار الاستثمارى يؤدى الى حرمان المنظمة - لآجال طويلة - من العوائد (المنافع) التى كان يمكـــن تحقيقها من أوجه الاستثمار الاخرى . ويتعذر فى ذات الوقت استرداد المـــــوارد المستثمرة دون تحمل المنظمة لخسائر رأسمالية جسيمة . أى أن نجاح أو فشل المنظمـــة فى المستقبل يتوقف - الى حد كبير - على مدى صحة وسلامة القرارات الاستثمارية الـــــتى تتخذ فى الوقت الحالى . وتمتد الاثار المترتبة على مايتخذ من قرارات استثماريه داخل المنظمة الى المستوى القومى . فالوحدات الاقتصادية تشكل الخلايا التى يتكون منهـا الاقتصاد القومى ، ومن ثم تتأثر سلامة الاقتصاد القومى بمدى نجاح أو فشل الوحـدات الاقتصادية المكونة له . وتأسيسا على ماسبق فان الامر يتطلب توخى الدقة والحـــــذر

الكافيين قبل اتخاذ القرار الاستثمارى ، مما يبرز مدى أهمية ترشيد قـــــرارات الانفاق الاستثمارى اذا ما قورن بترشيد قرارات الانفاق الجارى .

ويواجه متخذ القرار الاستثمارى بعدد من المعوقات (بعضها أو كلهـــا) التى تزيد من تعقد مشكلة الترشيد أهمها : أولا خاصية عدم قابلية بعـــــض الاستثمارات للتجزئه . قد يؤدى السعى نحو تحقيق أعظم منفعة على المـــــوارد المستثمرة الى ادراج أجزاء من مشروعات استثمارية (مقترحات استثمارية) ضمـــن التوليفة المثلى . غير أن هذه التجزئة قد تتعارض - من الناحية العملية - مـــع طبيعة بعض الاستثمارات ، حيث قد يكون من غير المقبول عمليا تنفيذ اجزاء مـــن استثمارات . ويتطلب الامر فى هذه الحالة أن يتم اختيار الاستثمار بالكامـــل أو يرفض بالكامل . ثانيا خاصية ندرة الموارد وتعدد القيود المفروضة عليها ويقصد بهذا (تعدد القيود) أحد أمرين أو كلاهما معا . أولهما تعدد أنواع المـــوارد المحدودة اللازمة لتنفيذ الاستثمار . فقد يتطلب التنفيذ توافر قدر معين من المواد الخام المحلية أو الاجنبية ، وعمالة على مستويات مختلفة من المهارة سواء محليـــة أو اجنبية ، وقدر معين من العملة المحلية وآخر من العملة الاجنبية . . . . الخ . مع وجود حد أقصى لما هو متاح من كل مورد . وثانيهما تعدد الفترات المالية التى يستغرقها تنفيذ الاستثمار مع وجود حد أقصى لما هو متاح من الموارد فى كل فتـرة مالية من فترات التنفيذ . وتخلق هذه الخاصية عقبة امام متخذ القرار تزيد من تعقد مشكلة الترشيد ، حيث يتطلب الامر فى هذه الحالة اختيار توليفة الاستثمـــارات المثلى التى لا يتطلب تنفيذها تجاوز القدر المتاح (الحد الاقصى) من كل مـــورد خلال كل فترة من فترات التنفيذ . ثالثا خاصية عدم استقلال بعض الاستثمـــارات عن بعضها البعض . يرجع عدم استقلال بعض الاستثمارات الى وجود واحدة او أكثر من العلاقات الفنية او العلاقات الاقتصادية أو العلاقات الاحصائية بين البدائـــل الاستثمارية . وتأخذ العلاقات التى قد توجد بين الاستثمارات أحد شكلين ، فاما أن تكون علاقة ارتباط او علاقة تعارض . وتشكل خاصية عدم استقلال بعض الاستثمارات مشكلة تزيد من تعقد عملية الترشيد . حيث يكون من غير المقبول عمليـــا ادراج استثمارات متعارضة ضمن التوليفة المثلى - كما انه يكون من غير المستساغ ان تتضمـــن

تشكيلة الاستثمارات المختارة مقترح استثمارى تابع لمقترح استثمارى آخر لم يدرج بذات التشكيلة ، لذا ، يتطلب الامر فى هذه الحالة الاخذ فى الحسبان ما قد يوجد بين الاستثمارات (التى يتم المفاضلة بينها) من علاقات . رابعا خاصية عدم توافر المعرفة التامة . يتطلب تخطيط الانفاق الاستثمارى اعداد تنبوءات تتغلغل لآجال طويلة فى المستقبل . ومن المعلوم انه كلما زادت الفترة الزمنية التى يعد عنها التنبوء ، زادت درجة مخاطر عدم التأكد التى تحيط بما يتم اعداده من تنبوءات - ويتطلب الامر فى هذه الحالة أن يكون متخذ القرار على علم بدرجة المخاطر التى ينطوى عليها كل بديل استثمارى ، حتى يمكنه اختيار تشكيلة الاستثمارات التى تنطوى على قدر من مخاطر عدم التأكد يتلائم مع ميول متخذ القرار واستعداداته لتحمل المخاطر .

وعلى الرغم من أهمية مشكلة ترشيد استخدامات رأس المال فى حالة الموارد المحدودة الا أن كثير من الحلول التى اقترحت لهذه المشكلة لم توفق فى تقديم الحل الفعال لها فى ضوء مختلف معوقاتها . فالاجراء الذى قدمه المدخل التقليدى يقوم على تجزئة المشكلة الاصلية - عند معالجتها - مما يفقدها ترابطها وتكاملها ، حيث يفتقر الاجراء التقليدى الى النظرة الشاملة التى تستند الى اساس موضوعى ، كما يتطلب الاسلوب التقليدى اجراء عمليات حسابية معقدة قد يتعذر القيام بها مع تزايد حجم المشكلة وتشابك متغيراتها . ويعنى هذا كله عدم فاعلية الدور الذى يؤديه الاجراء التقليدى لمعالجة مشكلة الترشيد - فى حين يتمتع اسلوب البرمجة الخطية على اعتباره احد الاساليب الكمية الهامة التى تناولت مشكلة الترشيد) بكفاءة حسابية عالية تمكنه من التعامل مع كثير من المشاكل العملية المعقدة ذوات المتغيرات المتشابكة ، كما يمتاز الاسلوب بقدرته على الاخذ فى الحسبان جميع متغيرات المشكلة فى آن واحد ، مما يحقق النظرة الشاملة للمشكلة ويحفظ لها تكاملها وترابطها . غير أن اسلوب البرمجة الخطية فى صورته التقليدية يستند الى عدد من الفروض ، من بينها ما قد يشكل عائقا يحول دون فاعلية تطبيق الاسلوب عمليا على مشكلة ترشيد استخدامات رأس المال مثل فرض قابلية المتغيرات للتجزئة ، وفرض التأكد ، وفرض قابلية المتغيرات للاحلال محل بعضها البعض . ففرض قابلية المتغيرات للتجزئة يشكل عقبة عندما تتعارض عملية التجزئة مع طبيعة البدائل الاستثمارية

التى يتم المفاضلة بينها . وفرض التأكد قد لا يتوافر لمعلومات نموذج الترشيد مما قد يجعل الحل النهائى للمشكلة يبعد كثيرا عن الواقع . كما ان فرض قابلية المتغيرات للاحلال محل بعضها البعض يتجاهل ماقد يوجد بين المقترحات الاستثمارية من علاقات (سواء تعارض أو ارتباط) مما قد يجعل توليفة الاستثمارات التى يرشحها النموذج غير مقبولة عمليا .

وتأسيسا على ماسبق تظهر الحاجة الى البحث عن اسلوب علمى اكثر ملاءمة لمشكلة ترشيد استخدامات رأس المال فى ظل مختلف معوقاتها ، والاسلوب العلمى المقترح لبحث هذه المشكلة هو أسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة فى ظل ظروف عدم التأكد .

هدف البحث .

يقع على المحاسبة عبء توفير البيانات الملائمة لاتخاذ القرار السليم لمشكلة الترشيد فى ظل المعوقات المرتبطة بها . لذا ، يهدف هذا البحث الى مناقشة مدى فاعلية استناد المحاسبة الى كل من المدخل التقليدى واسلوب البرمجة الخطية فى صورته التقليدية لترشيد اتخاذ القرار السليم . كما يهدف البحث الى مناقشة مدى ملاءمة الاسلوب المقترح لتقديم المعالجة الفعالة لمشكلة الترشيد فى ظل مختلف تعقيداتها ، مع بيان مدى امكانية التطبيق العملى لاسلوب البحث وذلك من خلال الشق الميدانى لهذا البحث .

منهج البحث والدراسة .

يرتكز منهج البحث والدراسة فى هذه الرسالة على دعامتين : تتمثل الدعامة **الاولى** فى الدراسة النظرية ، حيث يتناول الباحث من خلالها بالدراسة والتحليل **مدى** ملاءمة استخدام اسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة فى مجال تخطيط الانفاق **الاستثمارى** فى ظل ظروف عدم التأكد . كما تتناول الدراسة النظرية ايضا مناقشة **مدى** فاعلية الاساليب التقليدية فى تقديم الحل المناسب لمشكلة ترشيد استخدامات **راس المال** المستثمر فى حالة الموارد المحدودة فى ظل مختلف معوقاتها .

أما الدعامة الثانية فتتمثل فى دراسة ميدانية ، الغرض منها توضيح مدى امكانية التطبيق العملى لاسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة فى مجال تخطيط الانفاق الاستثمارى فى ظل ظروف عدم التأكد ، ويتم ذلك من خلال تحليل البيانات التى تيسر للباحث الحصول عليها من جهاز تأجير المعدات التابع لشركة المقاولين العرب (عثمان احمد عثمان وشركاه) .

وتأسيسا على ماسبق فان منهج البحث والدراسة المقترح يقوم على الربط بين التحليل النظرى للفكر المحاسبى فى مجال استخدام البرامج الخطية فى ترشيد استخدامات رأس المال المستثمر فى حالة الموارد المحدودة واعتبارات الواقع العملى لامكانية تطبيق الدراسة النظرية لاسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة .

حدود البحث :

(١)- يختص هذا البحث أساسا بدراسة وتحليل مشكلة ترشيد استخدامات رأس المال فى حالة الموارد المحدودة أو مايطلق عليه Capital Rationing وفى حقيقة الامر لا تظهر الحاجة الى ترشيد القرار الاستثمارى فى حالة ندرة الموارد فقط ، وانما تظهر ايضا فى حالة عدم ندرة الموارد وهو ما يطلق عليه Capital Rationalization غير أن الحاجة الى ترشيد القرار الاستثمارى فى حالة ندرة الموارد تكون اكثر أهمية اذا ما قورنت بحالة عدم ندرة الموارد حيث لا تحتمل الموارد المحدودة أى اسراف أو سوء تخطيط .

٢ - يقتصر هذا البحث على دراسة وتحليل مدى امكانية استخدام اسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة لترشيد استخدامات رأس المال فى ظل ظروف عدم التأكد . وعلى ذلك لا يتناول الباحث بالدراسة والتحليل اسلوب البرمجة الحركية Dynamic Programming أو اسلوب البرمجة غير الخطية Non Linear Programming ذلك أن اسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة (على اعتباره امتدادا لاسلوب البرمجة الخطية) يعد الافضل من الناحية

العملية اذا ما قورن بأساليب البرمجة الرياضية الاخرى وذلك كما سيتضح من ثنايا هذا البحث .

التبويب العام للبحث .

يتناول الباب الاول دراسة تحليلية لمشكلة ترشيد استخدامات رأس المال في حالة الموارد المحدودة ، والاهمية النسبية لترشيد كل من قرارات الانفاق الاستثمارى وقرارات الانفاق الجارى ، مع التطرق لاهم المعوقات التي تزيد من تعقد مشكلة الترشيد وذلك لتحديد مدى أهمية الحاجة لاستخدام اكثر الاساليب فاعلية فى تقييم واختيار البدائل الاستثمارية ، ويختتم هذا الباب بمناقشة مدى فاعلية المدخل التقليدى فى تقديم الحل المناسب لها .

ويتناول الباب الثانى دراسة تحليلية للمدخل الكمى واهميته فى مجال ترشيد القرارات كبديل للمدخل التقليدى ، ودراسة نموذج البرمجة الخطية فى صورته التقليدية (على اعتباره احد ادوات المدخل الكمى التى تناولت المشكلة) لبيان مدى فاعليته فى تقديم الحل المناسب للمشكلة فى ظل معوقاتها المختلفة ، ومناقشة أهم الاراء التى اقترحت للتغلب على اهم نقاط الضعف التى قد تبرز عند تطبيق الاسلوب على مشكلة الترشيد . كما يتطرق الباحث بالدراسة والتحليل الى اسلوب البرمجة الخطيه بوحدات صحيحة كاسلوب علمى حديث لتقييم واختيار البدائل الاستثمارية . لذا ، يتم دراسة فروض الاسلوب، والشروط الواجب توافرها فى المشكلة حتى يمكن تطبيق الاسلوب ودراسة وتحليل أهم المزايا التى يحققها تطبيق النموذج المقترح على مشكلة الترشيد ، وما ينطوى عليه من حدود وكيفية التغلب عليها بما يحقق امكانية استخدامه بفاعلية .

ويتناول الباب الثالث دراسة ميدانية لطبيعة نشاط جهاز تاجير المعدات التابع لشركة المقاولين العرب عثمان احمد عثمان وشركاه ، ودراسة أهم مشكلات الاستثمار فى هذا الجهاز لبيان مدى امكانية تطبيق اسلوب البحث على مشكلة ترشيد رأس المال التى يواجه بها القائمون على تخطيط الانفاق الاستثمارى للجهاز .

الباب الثانى

دراسة تحليلية للمداخل الكمية لترشيـــــــد استخدامات رأس المال المستثمـــر

المحتويات :

٢ / ١ تمهيـــد .

٢ / ٢ برمجة المقترحات الاستثمارية بوحدات صحيحة ـ فرض عدم القابلية للتجزئـــة .

٢ / ٣ برمجة المقترحات الاستثمارية فى ظروف عدم التأكد ـ فرض عـــدم التأكـــد .

٢/١ تمهيـــد :

يعمل النظام المحاسبى فى ظل مناخ يتسم بالتغير الدائم ، ويتطلب الأمر بالتالى أن يقوم المحاسب بتطوير الأدوات والأساليب المحاسبية ، وأن يعمل علـى استحداث أساليب علمية أكثر فاعلية للحفاظ على الدور المهم الذى يؤديـــه لمستخدمى البيانات المحاسبية ولا سيما ادارة المنظمة (١) .

وهناك اتجاه متزايد نحو الأخذ بالأساليب الكمية الحديثة عند القيام باعداد المعلومات اللازمة لترشيد القرارات الادارية (٢) .

وتعتبر أساليب بحوث العمليات أكثر الأساليب الكمية انتشارا فى مجال ترشيد القرارات الادارية ويرجع ذلك - أساسا - الى عدة مؤثرات أهمها :

أ - التطور الملموس فى أساليب التحليل المستخدمة فى المجال الاقتصادى مثل الاستعانة بالبرامج الخطية ، أساليب المحاكاة ، صفوف الانتظار أساليب شبكات المسار الحرج واسلوب "بيرت" وغيرها من الاساليـــب عند ترشيد اتخاذ القرارات الادارية .

---

(١) ويعلق - فى هذا الصدد Richard Mattessich بقوله :
"يجب أن لا تعزل المحاسبة عن قوى التطور فى عالمنا ، فالتطـــــورات التكنولوجية والرياضية والعلمية فى حالة عمل مستمر للتأثير فى كل نظريـــات وتطبيقات المحاسبة" .

Richard Mattessich, "Accounting and Analytical Methods", (Richard D.Irwin,Inc.,Georgetown ,1964),p.3.

(٢) ويرى Patrick J. Robinson
"ان من أبرز مظاهر التطور فى تطبيقات أساليب التحليل الكمى ، يتمثل فى استخدام هـــــذه الاساليب لتطوير الطرق المحاسبية التقليدية حتى يمكنها مد متخذى القرارات فى الوحدة المحاسبية ببيانات أكثر ملائمة لنماذج اتخاذ القرارات التـى يستخدمونها بصدد اتخاذهم القرارات الادارية الخاصة بالعمليات الخاضعة لتحكمهم" .

Patrick J. Robinson, "Operations Research II-Rawn of Scientific Management," (The Canadian Chartered Accountant,May,1960), p.45.

ب - ظهور الحاسبات الالكترونية وانتشار استخدامها مما ترتب عليه امكانية انجاز الكثير من العمليات الحسابية المعقدة فى وقت قصير نسبيا مما شجع على استخدام بعض الأساليب الكمية المتقدمة والتى لم يكن من الممكن التوسع فى استخدامها فى ظل التشغيل اليدوى للبيانات .

وتحقق أساليب بحوث العمليات النظرة الشاملة للمشكلة ،فيمكن باستخدامها القيام بدراسة المشكلة بمختلف جوانبها وأبعادها مما يساعد متخذ القرار على المفاضلة بين البدائل على أساس موضوعى (١) . كما تقدم بحوث العمليات منهجا علميا لتحليل مشكلات تعدد البدائل فى التخطيط واتخاذ القرارات حيث لا يقتصر البحث عن حل معين للمشكلة وانما يشمل حصر مختلف الحلول الممكنة ثم اختيار أفضلها مما يجعل النتائج التى يتم التوصل اليها تتصف بالموضوعية الى درجة كبيرة.(٢) وأساليب بحوث العمليات تساعد كثيرا متخذ القرار على الاختيار من بين البدائل فى ظل ظروف عدم التأكد . كذا يوضح تحليل الحساسية - كأداة من أدوات بحوث العمليات - لمتخذ القرار مدى تأثر ناتج القرار النهائى نتيجة لتغير الفروض - كلها أو بعضها - التى يقوم عليها نموذج ترشيد القرار . ويفيد هذا التحليل فى معرفة القرارات التى تكون نتائجها أكثر حساسية للتغير فى الظروف المفترضة (٣) . مما قد يتطلب جمع مزيد من المعلومات المناسبة لاتخاذ القرار .

---

(١) د . على السلمى ، " بحوث العمليات لاتخاذ القرارات الادارية " ، (دار المعارف بمصر ، القاهرة ، (١٩٧١) ، ص ١٢٢ .

(٢) انظر على سبيل المثال :

-Harvey M. Wagner, "Principles of Operations Research with Applications to Managerial Decisions, (Prentice-Hall, N.J., 1969), p.25.

(٣)

-Pouliquen L.Y., "Risk Analysis in Project Apprasial", (The International Bank for Reconstruction and Development, Paper No.11, U.S.A., 1970), p.10.

وتعتبر **المشكلات** المتعلقة بالانفاق الاستثمارى من المجالات **المهمة** التى يثمر فيها كثيرا تطبيق أساليب بحوث العمليات [١] ، لا سيما أساليب البرمجة الرياضية Mathematical Programming حين تعجز الموارد المخصصة للانفاق الاستثمارى عن مواجهة متطلبات تنفيذ جميع المقترحات الاستثمارية المرغوب فيها مما يتطلب ترشيد عملية تخصيص مثل هذه الموارد المحدودة على استخداماتها غير المحدودة نسبيا عن طريق التأكد من أن الاستخدامات التى لم يتم تخصيص موارد لها ليست فى النهاية أفضل من الاستخدامات المختارة فعلا . ويمكن القول بأن أساليب بحوث العمليات ـ خاصة البرمجة الرياضية ـ تختص أساسا بالبحث عن الأمثلية فى المجالات المختلفة [٢] . وتنقسم البرمجة الرياضية الى ثلاثة أقسام رئيسية هى ، البرمجة الخطية Linear Programming ، البرمجة غير الخطية Non-Linear Programming ، البرمجة الحركية Dynamic Programming

وعلى الرغم من أن أساليب البرمجة الرياضية ـ بأنواعها الثلاثة ـ تختص أساسا **بالمشكلات** ذوات الحلول البديلة لاختيار الحل الأمثل من بينها لا سيما مشكلة ترشيد استخدامات رأس المال ، الا أن الباحث سوف يقصر تركيزه فى هذا البحث على أسلوب البرمجة الخطية فقط مع التعرض لأهم المحاولات التى بذلت لتطوير الأسلوب بما يجعله أداة أكثر فاعلية عند ترشيد اتخاذ القرارات الادارية .

ويمكن تعريف أسلوب البرمجة الخطية فى هذا المجال على أنه طريقة لتوزيع الموارد الاقتصادية المحدودة بطريقة رشيدة لاشباع مجموعة من الاستخدامات المتنافسة في ظل قيود معينة من اجل تحقيق هدف معين. [٣] حيث يختص هذا

---

(١) - Hanssmann F., "Operations Research Techniques for Capital Investment (John Wiley & Sons, Inc., N.Y., 1966), pp. 4-22.

(٢) - Paik C.M., "Quantitative Methods for Managerial Decisions" (Tata, Mc.-Graw-Hill Publishing Co., Ltd., N. Delhi, 1973), p.118.

(٣) - Robert J. Thierauf and Richard A. Grosse, "Decisions Making Through Operations Reserch", (John Wiley & Sons, Inc., 1970), p.224.

الاسلوب ـ أساسا ـ بحل المشكلات التى تنطوى على العديد من البدائل لاختيار البديل الامثل من بينها (١) .

ويهدف نموذج البرمجة الخطية (كتعبير رياضى عن مجموعة من العلاقات التى تربط بين عدد من متغيرات المشكلة) الى ايجاد القيمة المثلى لهذه المتغيرات بما يحقق أقصى أو أدنى قيمة لدالة خطية مقيدة بمجموعة من القيود الخطية فى ظل فروض معينة (٢) .

وبالرغم من نجاح أسلوب البرمجة الخطية كأداة ترشيدية مهمة لحل كثير من المشكلات ، فان الأسلوب تشوبه بعض نقاط الضعف نتيجة لاستناده الى مجموعة من الفروض من بينها ما قد يشكل عائقا يحول دون فاعلية تطبيق الاسلوب فى كثير من الحالات العملية مثل فرض قابلية المتغيرات القرارية للتجزئة ، فرض التأكد ، فرض الخطية (٣) . غير أن الباحث يؤيد وجهة النظر التى ترى أن فرض الخطية لا يعد (على الرغم من أن هذا الفرض ربما لا يمثل الواقع تماما فى بعض الحالات العملية) أحد معوقات فاعلية الاسلوب (٤) . لذا ، سوف يقسم هذا الباب الى فصلين ، يتناول الفصل الأول النقاط الاتية : فرض قابلية المتغيرات للتجزئة وتأثيره على فاعلية اسلوب البرمجة الخطية عندما يتعارض هذا الفرض مع طبيعة كل أو بعض متغيرات المشكلة ، أهم المحاولات التى بذلت للتغلب على ما قد يظهر من حلول كسرية (عندما يكون من غير المرغوب فيه ظهور حلول كسرية)

---

(١) - Guiseppe M. Ferrero," Operations Modeled for Business and Industry", (South-Western Publishing Co.,Ginginnati, 1964),p.236.

(٢) -Eck R.D." An Introduction to Quantitative Methods for Business Application",(Wadsworth Publishing Co.,Inc.,Belmont,California,1979),p.40.

(٣) - Harold Bierman Jr.,Charles P.Bonini and Warren H.Hausman, "Quantitative Analysis for Business Decisions",(Richard D. Irwin,Inc.,Georgetown,1981),p.246.

(٤) سوف يتناول الباحث هذا الموضوع بشىء من التفصيل فى الفصل الثانى عند التطرق لحدود الأسلوب .

والانتقادات الموجهة اليها ، أسلوب البرمجة بوحدات صحيحة مع الاستعانة بمثال يوضح كيف يمكن لنموذج البرمجة بوحدات صحيحة التخلص من الحلول الكسرية التى قد يتضمنها الحل النهائى للمشكلة .

ويتناول الفصل الثانى النقاط الاتية : فرض التأكد وتأثيره على فاعلية أسلوب البرمجة الخطية عندما لا يتوافر لمدخلات النموذج المعرفة التامة ، أهم الطرق التى اقترحت لمواجهة مخاطر عدم التأكد والانتقادات الموجهة اليها ، أسلوب البرمجة بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد حيث يتم الاستعانة بكل من نظرية الاحتمالات ومقاييس التشتت لتحليل مخاطر عدم التأكد التى قد تحيط بكل أو بعض مدخلات النموذج مع الاستعانة بمثال يحاول الباحث من خلاله توضيح كيف يتم هذا التحليل بما يسهم فى تحقيق فاعلية التطبيق العملى للأسلوب .

٢ / ٢ برمجة المقترحات الاستثمارية بوحدات صحيحة ـ فرض عدم القابلية للتجزئة

٢ / ٢ / ١ مشكلة عدم القابلية للتجزئة .

يعتبر فرض قابلية متغيرات المشكلة للتجزئة أحد الفروض التى يستند اليها نموذج البرمجة الخطية ، ويسمح فرض القابلية للتجزئة بظهور قيم كسرية لبعض المتغيرات القرارية (أو كلها) ضمن الناتج النهائى للمشكلة . فأسلوب البرمجة الخطية لا يشترط أن تظهر متغيرات المشكلة بقيم صحيحة (١) . وقد يمثل فرض القابلية للتجزئة عائقا يحد من فاعلية تطبيق الأسلوب عمليا عندما تتعارض طبيعة المشكلة مع عملية التجزئة ، مثل مشكلة التخطيط الأمثل لحركة الطيران ، مشكلة توزيع الأفراد على الوظائف المختلفة ، مشكلة تخطيط الانفاق الاستثمارى عندما لا تقبل المقترحات الاستثمارية التجزئة ، لأنه ربما لا يكون من المقبول عمليا ظهور بعض المتغيرات القرارية (أو كلها) بقيم كسرية فى الناتج النهائى للمشكلة .

ويرى Alfred Rappaport أنه يمكن تطبيق طريقة التقريب للتغلب على مشكلة القيم غير الصحيحة للمتغيرات القرارية التى قد تظهر ضمن الناتج النهائى لمشكلة البرمجة الخطية (٢) . ويتم التخلص ـ وفقا لطريقة التقريب ـ من القيمة الكسرية بعدة أساليب ، منها أن يتم حذف الكسر (مثال ذلك اذا كانت قيمة أحد المتغيرات التى ظهر بها فى الناتج النهائى للمشكلة عبارة عن (٢ $\frac{١}{٣}$) فانه يتم تقريب القيمة بحذف الكسر لتصبح قيمة المتغير (٢) فقط . ومن هذه الاساليب أيضا أن يتم تقريب القيمة الكسرية للعدد الصحيح الاكبر ، فمثلا اذا كانت قيمة المتغير (٤ $\frac{٣}{٤}$) فيتم التخلص من الكسر عن طريق تقريب القيمة للعدد الصحيح الاكبر فتصبح قيمة المتغير = ٥ .

وطريقة التقريب ـ بالاسلوب السالف ذكره ـ تمتاز بالبساطة والسهولة فى

---

(١) - Harvey M. Wagner, Op. Cit. p.445.

(٢) - Alfred Rappaport, "Integer Programming and Mangerial Analysis", Accounting Review, (Vol.XLIV.No.2.April,1969), p. 227.

التطبيق . فهذه الطريقة لا تتطلب القيام بعمليات حسابية معقدة وبالتالي لا تحتاج الى بذل جهد كبير لعلاج المشكلة . غير أن تطبيق هذه الطريقة قد ينتج عنه أحد أمرين أولهما أن يصبح الحل الأمثل بعد تقريبه غير ممكن (وذلك اذا كان التقريب فى اتجاه القيمة الصحيحة الكبرى) ، وثانيهما أن يظل الحل الامثل ممكنا (اذا كان التقريب فى اتجاه القيمة الصحيحة الصغرى) ولكن ليس هناك ما يضمن أن الحل غير الكسرى ـ الجديد ـ هو الحل الأمثل لمشكلة البرمجة الخطية [1] . ويتضح ذلك فيما يلى :

بالنسبة للحالة الأولى :

قد ينتج عن تقريب القيمة الكسرية الى القيمة الصحيحة الكبرى تحول الحل الأمثل الكسرى من حل ممكن الى حل صحيح غير ممكن . ذلك أن التقريب فى هذه الحالة قد يؤدى الى تجاوز بعض أو كل القيود الهيكلية للنموذج [2] . فمثلا لو فرض وجود مشكلة البرمجة الخطية التالية :

الهدف : ى = ٣ س$_{١}$ + ٤ س$_{٢}$ ..... أكبر مايمكن

بشرط : ٢ س$_{١}$ + ٢ س$_{٢}$ ≤ ١١

− ٢ س$_{١}$ + ٢ س$_{٢}$ ≤ ٥

صفر ≤ س$_{١}$ ، س$_{٢}$ ≤ ١

وكان الحل الامثل الكسرى لهذه المشكلة يتمثل فى س$_{١}$ = ١ $\frac{١}{٢}$ ، س$_{٢}$ = ٤ فان التخلص من القيمة الكسرية للمتغير س$_{١}$ وفقا لطريقة التقريب ـ عن طريق

---

(١) -Frederick S.Hillier and Gerald J.Lieberman," Introduction to the Techniques of Operations Research",(Department of Industrial Ingineering,Stanford University,1966),p.94.

(٢) د . محمد عبد العزيز أبورمان ، " البرمجة الخطية ، النظرية والتطبيق " الطبعة الاولى ، (١٩٨٠) ، ص ٤١٠ .

تقريب هذه القيمة الى القيمة الصحيحة **الكبرى** أى لتصبح (٢) يترتب عليه زيادة الموارد اللازمة للتنفيذ عن القدر المتاح منها بالاضافة الى ضرورة تعديل قيمة $س_٢$ على الرغم من أنها جاءت أصلا فى الحل على هيئة عدد صحيح .

بالنسبة للحالة الثانية :

قد ينتج عن طريقة التقريب أن يصبح الحل الكسرى الأمثل حلا صحيحا دون التأكد من أن الحل الجديد يمثل الحل الأمثل لمشكلة البرمجة الخطية فمثلا لو فرض وجود مشكلة البرمجة الخطية التالية :

الهدف : $ى = س_١ + ٥ س_٢$ ..... أكبر ما يمكن

بشروط :

$$س_١ + ١٠ س_٢ \leq ٢٠$$

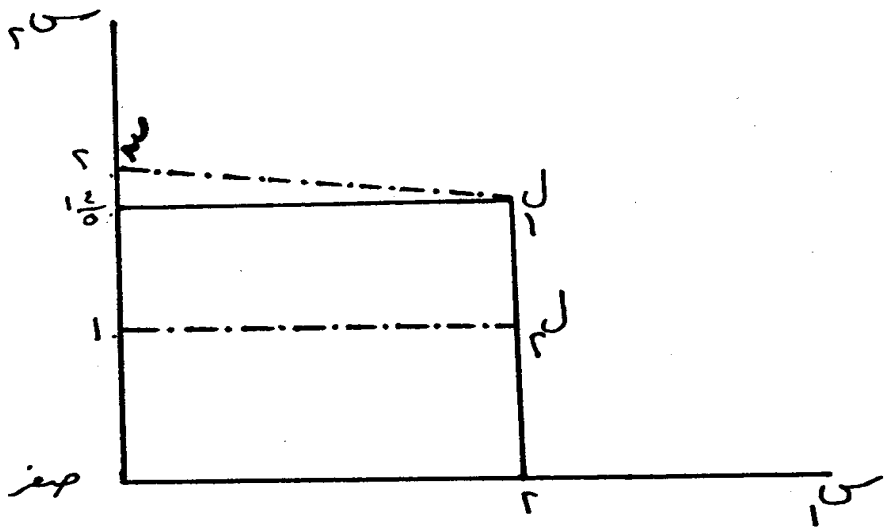
$$س_١ \leq ٢$$

$$صفر \leq س_١ ، س_٢ \leq ١$$

وكان الحل الأمثل لهذه المشكلة يتمثل فى $س_١ = ٢$ ، $س_٢ = \frac{٤}{٥}١$ ، $ى = ١١$ فان التخلص من القيمة الكسرية للمتغير $س_٢$ عن طريق حذف الكسر أى تصبح قيمة $س_٢$ (١) فقط ، قد ينتج عنه ابتعاد الحل الجديد عن الحل الامثل للمشكلة[١] ويمكن توضيح ذلك عن طريق تمثيل هذه المشكلة بيانيا كالاتى :

---

(١) - Robert J. Thierauf and Robert C.Klekamp," Decision Making through Operations Research" ,(John Wiley and Sons,Inc., N.Y.,1974),p.385.



شكل رقم (١)

يتضح من هذا التمثيل البيانى لمشكلة البرمجة الخطية مايلى :

١ - النقطة (ل١) تمثل الحل الكسرى الامثل للمشكلة . حيث تكون قيمة كل من س١ ، س٢ : (٢) ، (١ ٤/٥) على التوالى ، وتكون قيمة ى (٢ × ١ + ١ ٤/٥ × ٥ = ١١) .

٢ - النقطة (ل٢) تمثل الحل غير الكسرى - وفقا لطريقة التقريب - للمشكلة ، حيث تكون قيمة س١ = ٢ ، قيمة س٢ = ١ ، وتكون قيمة ى (٢ × ١ + ١ × ٥ = ٧) .

٣ - النقطة (ل٣) تمثل حلا غير كسرى أيضا - بخلاف الذى تقدمه طريقة التقريب حيث تكون قيمة س١ = صفر ، قيمة س٢ = ٢ ، وتكون قيمة ى (صفر × ١ + ٢ × ٥ = ١٠) .

يتضح - اذن - من التمثيل البيانى السابق أن طريقة التقريب ربما لا يمكنها تقديم الحل الفعال لمشكلة القيم الكسرية التى قد تظهر ضمن الناتج النهائى للمشكلة عندما تتعارض هذه القيم الكسرية مع طبيعة النشاط أو المشكلة . فهناك حلول أخرى - غير الحل الذى يمكن لطريقة التقريب أن تقدمه - وقد يكون من بينها ما هو أفضل من ذلك الذى تقدمه طريقة التقريب . كما انه - من ناحية أخرى

قد يتعذر القيام باختيار جميع الحلول غير الكسرية الاخرى لمعرفة ما اذا كان الحل الذى تقدمه طريقة التقريب أفضل الحلول غير الكسرية أم لا خاصة عندما تتضمن المشكلة عشرات أو مئات القيود والمتغيرات . فمثلا اذا كان الحل الامثل الكسرى لمشكلة برمجة خطية يتمثل فى س$_{١}$ = ٢٫٤ ، س$_{٢}$ = ٣٫٥ فان اختيار مثالية الحل الصحيح الذى يمكن لطريقة التقريب أن تقدمه معناه حصر مختلف الحلول الصحيحة التى تقدمها هذه الطريقة والتى تتمثل فى أربع توليفات وهى (٢ ، ٣) ، (٢ ، ٤) ، (٣ ، ٣) ، (٣ ، ٤) . أى أن عدد الحلول الصحيحة التى تقدمها طريقة التقريب عبارة عن (٢^{ن}) ، واذا كانت ن = ١٠ فان الامر يتطلب اعداد واختبار ١٠٢٤ توليفة . وغير خاف مدى الصعوبات التى قد تصاحب تطبيق طريقة التقريب كوسيلة للتغلب على ما قد يظهر من الحل النهائى للمشكلة من قيم كسرية غير مرغوب فيها . ويضاف الى هذا أنه حتى مع القيام باختبار كافة الحلول الصحيحة التى يمكن أن تقدمها طريقة التقريب فانه ليس هناك ما يضمن التوصل الى الحل الامثل للمشكلة . (١)

٢/٢/٢ اسلوب البرمجة الصحيحة .

مما تقدم تتضح الحاجة الى الاخذ بأسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة أو ما يطلق عليها البرمجة العددية "Integer Linear Programming" عندما تتعارض عملية التجزئة مع طبيعة المشكلة المراد حلها . فأسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة يهدف الى ايجاد القيم الصحيحة (غير الكسرية) للمتغيرات القرارية التى تحقق مثالية دالة الهدف من بين كل القيم الصحيحة الممكنة (٢) . ويستند

---

(١) - Don T. Philips & Ravindran James Solberg A., "Operations Research: Principles and Practice", (John Wiley & Sons, Inc., New York- London, 1976), p.176.

(٢) - Harrey M.Wagner, Op.Cit., p.445.

ذلك الى أن أسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة يعتبر امتدادا لاسلوب البرمجة الخطية مع وجود قيد اضافى يضمن ظهور كل أو بعض المتغيرات التى تشتمل عليها المشكلة - ضمن الناتج النهائى - فى شكل قيم صحيحة (صفر ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ..... الخ) [١] ، ويعنى هذا أن فروض القابلية للتجزئة يمثل محور الاختلاف بين نموذج البرمجة الخطية ونموذج البرمجة الخطية بوحدات صحيحة . لذلك يمكن وفى ضوء التعريف السابق لأسلوب البرمجة الخطية اشتقاق تعريف لاسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة على أنه طريقة علمية لحل المشاكل التى تنطوى على العديد من البدائل لاختيار الحل الامثل من بينها على أن تكون متغيرات الحل الامثل (كلها أو بعضها) قيما صحيحة . [٢]

وفيما يلى الفروض الاساسية التى يستند اليها نموذج البرمجة الخطية بوحدات صحيحة .

---

(١) - Charles R.Carr and Charles W. Hawe," Quantitative Decsiion Procedures in Management and Economics Deterministic Theory and Application,(Mc-Graw-Hill,Inc.,N.Y.,1964),p.213.

(٢) - William J.Baumol," Economic Theory and Operations Analysis," (Prentice-Hall,Inc.,N.J.,1972),pp.464-468.

١ ـ فرض الخطيـة :

يقصد بفرض الخطية ثبات نسبة التغير بين متغيرات المشكلة [١] ، بحيـث أنه اذا ما تم التعبير عن هذه العلاقات برسم بيانى فانها تأخذ شكل خطـوط مستقيمة وليس منحنيات كما هو الحال بالنسبة للعلاقات غير الخطية .

٢ ـ فرض عدم السلبية :

يشترط ـ وفقا لهذا الفرض ـ اما أن تأخذ المتغيرات القرارية قيما موجبـة أو صفرا ، حيث أن ظهور قيم سالبـة يعد أمرا غير مقبول [٢] .

٣ ـ فرض التأكد :

ويقصد بهذا الفرض أن تكون كل معاملات المشكلة معلومة بدرجة تامة مـن التأكد [٣] . حيث يفترض توافر المعرفة الكاملة لدى متخذ القرار عن المستقبـل ، بحيث يمكن لمتخذ القرار أن يحدد قيمة واحدة مؤكدة للبيانات التى يشتمل عليها النموذج [٤] .

٤ ـ فرض عدم قابلية المتغيرات للتجزئة :

يمثل هذا الفرض محور الاختلاف بين أسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة وأسلوب البرمجة الخطية . فهذا الفرض يحل ـ فى حالة أسلوب البرمجة بوحـدات صحيحة ـ محل فرض القابلية للتجزئة . ويتطلب هذا الفرض أن تأخذ بعض المتغيرات القرارية (أو كلها) قيما موجبة صحيحة أو صفرية . [٥] وعلى ذلك تقسم نمـاذج

---

(١) - George B.Dantzing, "Linear Programming and Extensions", (Princeton University Press, N.J., 1963), p.32

(٢) - Ibid., p.32.

(٣) - Frederick S. Hiller and Gerald J.Lieberman, Op.Cit., p.49.

(٤) - Eck R.D., Op.Cit., p.58

(٥) - Harvey M. Wagner, Op.Cit., p.445.

البرمجة الخطية بوحدات صحيحة الى نوعين أساسيين أولهما يطلق عليه نموذج البرمجة العددية الصافية "A Pure Integer Programming Model" وهو نموذج البرمجة الذى تكون كل متغيراته مقيدة بأن تظهر فى الناتج النهائى للمشكلة بقيم صحيحة . وثانيهما يطلق عليه نموذج البرمجة العددية المختلطة "A Mixed Integer Programming Model" وهو نموذج البرمجة الخطية الذى تكون بعض وليس كل متغيراته مقيدة بأن تظهر فى الناتج النهائى بقيم صحيحة (١) .

ويتكون نموذج البرمجة الخطية بصفة عامة من الاركان التالية :

١ - دالة الهدف او التفضيل : Objective or Preference Function

وهى دالة متعددة المتغيرات تعالج على انها معيار أو أساس ايجاد الحل الأمثل للمشكلة ، الذى يتمثل فى النهاية اما فى ايجاد الحد الاقصى أو الحد الأدنى لمتغيرات دالة الهدف أو مايطلق عليها أحيانا المتغيرات القرارية "Decision Variables" (٢) .

٢ - القيود الهيكلية : Structural Constraints

وتعبر القيود الهيكلية عن العلاقات والنهايات التى تحد من الانطلاق اللانهائى فى تحقيق متغيرات دالة الهدف ، ومن أمثلتها قيود الموارد المتاحة بنسب تقل عن الاحتياجات الفعلية . ويتم التعبير عن هذه العلاقات فى شكل متباينات أو معادلات (٣) .

٣ - قيود عدم السلبية : Non-Negativity Constraints

تختص نماذج البرمجة الرياضية بقيود عدم السلبية . "فالبرمجة تعنى التخطيط لتنفيذ شئ ما ، لا تنفيذ أقل من لا شئ " (٤) . لذا ، تدرج قيود عدم السلبية

---

(١) - Eck R.D., Op.Cit., p. 154.

(٢) - Ibid, p.40.

(٣) د . محمد فخرى مكى ، مرجع سابق ، ص ٥٢ .

(٤) د . عبد العزيز أبورمان ، مرجع سابق ، ص ٤٥ .

بنماذج البرمجة لضمان ظهور قيم المتغيرات اما موجبة أو مساوية للصفر ، حيث يكون من غير المسموح به ظهور قيم سالبة ضمن الناتج النهائى للمشكلة (١) . أما بالنسبة لنموذج البرمجة الخطية بوحدات صحيحة فانه - على اعتباره امتدادا لنموذج البرمجة الخطية - يشتمل بالاضافة الى الأركان السابقة على قيد اضافى يطلق عليه قيد العددية .

٤ - قيد العددية : Integrality Constraint

يتضمن نموذج البرمجة العددية قيدا يضمن عدم ظهور قيم كسرية لبعض أو كل المتغيرات القرارية . فاما أن تكون قيمة المتغير مساوية للصفر أو أن تكون عددا صحيحا وهو ما يعرف بقيد العددية . وهناك نوع آخر من البرمجة العددية يسمى مشكلة الصفر أو الوحدة "A Zero- One Integer Programming Problem" ويمثله نوع خاص من نماذج البرمجة العددية الصافية ، حيث يجب أن تكون قيمة المتغير اما مساوية للصفر أو الواحد الصحيح (٢) .

كما أنه قد يكون من غير المرغوب فيه بالنسبة لبعض المشكلات ظهور بعض متغيراتها أو كلها ضمن الناتج النهائى أكثر من مرة واحدة . ويتطلب الامر فى هذه الحالة ادراج قيد بالنموذج يضمن تحقيق ذلك يطلق عليه قيد الوحدة العليا .

٥ - قيد الوحدة العليا : Upper Unit Constraint

يدرج هذا القيد بنموذج البرمجة الخطية لضمان عدم تكرار ظهور بعض (أو كل) متغيرات المشكلة .. أى أن ادراج هذا القيد بالنموذج يعد أمرا هاما عندما يكون تكرار ظهور متغيرات المشكلة غير مسموح به . لذا ، تشترط هذه القيود أن تكون قيمة المتغير فى الناتج النهائى اما واحدا صحيحا أو صفرا (٣) .

---

(١) - George B. Dantzing, Op.Cit., p.32.
(٢) - Eck R.D., Op.Cit., 154.
(٣) - Martin Weingartner H., Op.Cit., p.17.

ويتخذ نموذج البرمجة الخطية فى شكله العام الصوره الآتية :

الهدف :

ايجاد قيم كل من $س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ ، ..... ، $س_ن$

التى تعظم الدالة :

$$ى = ق_1 س_1 + ق_2 س_2 + ق_3 س_3 + ... + ق_ن س_ن$$

بشرط أن :

$$ل_{11} س_1 + ل_{21} س_2 + ل_{31} س_3 + ... + ل_{1ن} س_ن \leq ك_1$$

$$ل_{12} س_1 + ل_{22} س_2 + ل_{32} س_3 + ... + ل_{2ن} س_ن \leq ك_2$$

. . . . . .

. . . . . .

$$ل_{م1} س_1 + ل_{م2} س_2 + ل_{م3} س_3 + ... + ل_{من} س_ن \geq ك_ع$$

$$س_1 ، س_2 ، س_3 ، ..... ، س_ن \geq صفر \ (1).$$

حيث إن :

ى = القيمة الكلية لدالة الهدف .

$س_1 ، س_2 ، س_3 ، ... ، س_ن$ = متغيرات دالة الهدف المطلوب ايجاد القيم المثلى لها.

$ق_1 س_1 ، ق_2 س_2 ، ق_3 س_3 ، ... ق_ن س_ن$ = مدى مساهمات متغيرات دالة الهدف فى تحقيق الهدف النهائى للقرار.

$ل_{11} س_1 ، ل_{21} س_2 ، ... ، ل_{1ن} س_ن$ = معاملات متغيرات القيد (وهى تعبر عن الكمية اللازمة من المورد (ل) للمتغير (س)) .

---

(1) -Paik C.M., Op. Cit., P.120.

ولما كان نموذج البرمجة العددية يعد امتدادا لنموذج البرمجة الخطية حيث يتضمن قيدا اضافيا يضمن ظهور بعض (أو كل) المتغيرات القرارية بقيم صحيحة أو أن تكون مساوية للصفر ، فان نموذج البرمجة العددية - كأداة ترشيدية لاستخدامات رأس المال - يتضمن (بالاضافة الى الأركان السابقة لنموذج البرمجة الخطية) قيدين اضافيين الأول يطلق عليه قيد العددية والثانى يطلق عليه قيد الوحدة العليا الذى لا يسمح بتكرار ظهور المتغير الواحد أكثر من مرة واحدة فى الناتج النهائى للمشكلة ، وعلى ذلك يتخذ نموذج البرمجة العددية - كأداة ترشيدية لرأس المال - الشكل الاتى :

الهدف :

ايجاد قيم كل من $س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ ، ..... ، $س_ن$.

التى تعظم الدالة :

$$ى = ق_1 س_1 + ق_2 س_2 + ق_3 س_3 + ... + ق_ن س_ن$$

بشرط أن :

$$ل_{11} س_1 + ل_{21} س_2 + ل_{31} س_3 + ... + ل_{1ن} س_ن \leq ك_1$$

$$ل_{12} س_1 + ل_{22} س_2 + ل_{32} س_3 + ... + ل_{2ن} س_ن \leq ك_2$$

.....

.....

$$ل_{م1} س_1 + ل_{م2} س_2 + ل_{م3} س_3 + ... + ل_{من} س_ن \leq ك_ع$$

$$صفر \leq س_1 ، س_2 ، س_3 ، ..... ، س_ن \leq 1$$

$س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ ، ..... ، $س_ن$ أعداد صحيحة .

ويشترط لتطبيق نموذج البرمجة الخطية بوحدات صحيحة على مشكلة ما أن يتوافر عدد من الشروط أهمها (١) .

١ - وجود هدف محدد :

من الأمور المهمة أن يكون الهدف الذى يسعى متخذ القرار الى تحقيقه محددا وواضحا ويمكن التعبير عنه فى شكل دالة رياضية يطلق عليها دالة الهدف . ويهدف عادة حل مشكلة البرمجة الى تحقيق القيم المثلى لمعاملات متغيرات دالة الهدف .

٢ - ندرة الموارد المتاحة :

تظهر الحاجة الى الاستعانة بأسلوب البرمجة الخطية - أساسا - عندما تعجز الموارد المتاحة عن الوفاء بجميع متطلبات استخداماتها البديلة . فالندرة النسبية للموارد الاقتصادية المتاحه تمثل احدى السمات الأساسية لمشكلة البرمجة الخطية بحيث لا يستطيع متخذ القرار أن يتخذ ما يرغب من قرارات دون مراعاة الموارد المتاحة لها .

٣ - القياس الكمى لعناصر المشكلة .

٣ - يعد أسلوب البرمجة الخطية أحد الأساليب الكمية التى تهدف أساسا الى البحث عن الحل الأمثل . ويتطلب الامر - من ثم - حصر جميع البدائل الممكنة والمفاضلة بينها لاختيار أفضلها . ويعنى هذا أنه يجب أن تكون جميع العناصر المكونة للمشكلة قابلة للقياس الكمى .

٤ - الاختيار البديل :

يختص اسلوب البرمجة الخطية - أساسا - بالتعامل مع المشاكل ذوات الحلول البديلة . حيث تظهر مشكلة المفاضلة بين البدائل المختلفة الممكنة لاختيار أفضلها. لذا ، يعتبر تعدد طرق استخدام الموارد المتاحة للوصول الى الهدف المحدد أحد السمات المهمة التى تتميز بها مشكلة البرمجة الخطية .

---

(١) Robert J. Thierauf and Richard A. Grosse, Op.Cit., pp.223-225.

٥ - الخطيـــة :

يجب أن تكون كافة العلاقات بدالة الهدف والقيود خطية أى أن تكون المعادلات التى يشتمل عليها نموذج البرمجة للتعبير عن الهدف والقيود من الدرجة الأولى بحيث اذا أمكن تمثيلها بيانيا تأخذ شكل خطوط مستقيمة .

٦ - عدم قابلية المتغيرات القرارية للتجزئة :

يختص أسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة - أساسا - بالتعامل مع المشكلات التى تتعارض طبيعتها مع عملية التجزئة . ويتطلب تطبيق النموذج الرياضى أن تكون المتغيرات التى تشتمل عليها المشكلة لا تقبل التجزئة ، مما يتطلب ادراج قيد يضمن عدم ظهور كل (أو بعض) المتغيرات القرارية ضمن الناتج النهائى بقيم كسرية .

٢ / ٢ / ٣ طرق حل مشكلة البرمجة الصحيحة .

يمكن تقسيم الطرق التى قدمت لحل مشكلة البرمجة الخطية بوحدات صحيحة بصفة رئيسية الى ثلاث طرق هى : طريقة الفرع والحد " Branch and Bound Method" ، وطرق الحصر "Enumeration Methods" ، وطرق الحذف (القطع) " Cutting Plane Methods" ويتطرق الباحث بالدراسة والتحليل مع شيء من التفصيل لهذه الطرق المختلفه على النحو التالى :

١ - طريقة الفرع والحد : Branch and Bound Method

قدم Land-Doig أسلوبا رياضيا لحل كل من مشكلتى البرمجةالصحيحة الصافية والمختلطة وهو مايعرف بطريقة الفرع والحد .

وتقوم فكرة الحل وفقا لهذه الطريقة على حقيقة أساسية وهى أن عدد الحلول الممكنة لمشكلة البرمجة قد يكون كبيرا ولكنه محدود Finite طالما أن المشكلة الاصلية محدودة . ويمكن - وفقا لهذه الطريقة - التوصل الى الحل الامثل الصحيح للمشكلة عن طريق حصر الحلول الصحيحة الممكنة مع تجاهل الحلول الممكنة التى تبعد عن الحل الامثل ، ويتأتى ذلك عن طريق تحديد حدود قصوى (أو دنيا لمشكلة التخفيض) متتالية فى المراحل المتتابعة لحل المشكلة . (١)

وتتم عملية حصر الحلول الصحيحة الممكنة للمشكلة ابتداء من الحل الامثل الكسرى للمشكلة الاصلية ، حيث تبدأ عملية التفريع " Exploration" لاحد متغيرات الحل الامثل ذوات القيم الكسرية عن طريق اعداد فرعين للمتغير الواحد أحدهما يمثل القيمة الكبرى للمتغير وثانيهما يمثل القيمة الصغرى له . فمثلا اذا كان المتغير $س_1$ يمثل أحد المتغيرات الكسرية للحل الامثل لمشكلة برمجة

---

(١) - Land A.H.,and A.G.Doig,"An Automatic Method for Solving Discrete Programming Problems",(Econometrica Vol.,28,No.2, 1960).

خطية ، وكانت قيمته لـ ٣ ، وبفرض أنه قد تم اختياره لاجراء التفريع عليه ، فان فرعى هذا المتغير هما ٣ ، ٤ . ثم يتم ايجاد الحل الامثل للمشكلة المناظرة في ظل الفرعين الجديدين . ويطلق على المتغير س في هذه الحالة بالعقدة أو الجذر "Node" ثم يتم فحص المتغيرات التى يتضمنها ما يتم التوصيل اليه من حل جديد للمشكلة لمعرفة ما اذا كان يتضمن متغيرات ذوات قيم كسرية أم لا . فاذا كانت قيم جميع متغيرات الحل الجديد صحيحة ، فان الاجراء ينتهى عند هذا الحد والا يتطلب الامر تحديد (اختيار) متغير ذى قيمة كسرية جديد واعداد فرعين جديدين له ثم حل المشكلة المناظرة ثم فحص الحل الجديد لتحديد ما اذا كانت هناك حاجة الى اختيار عقدة جديده واجراء تفريع جديد لها أم لا . وهكذا تستمر اضافة فروع جديدة لشجرة الحلول طالما كان هناك حلول كسرية غير مرغوب فيها حتى تختفى المتغيرات ذوات القيم الكسرية من الحل النهائى للمشكلة . (١)

وكما هو واضح من خلال التطرق السابق فان ما يتم التوصل اليه من حل وفقا لطريقة الفرع والحد يتوقف أساسا على النتائج التى تم التوصل اليها من خلال مراحل الحل المتتابعة للمشكلة . أى أن حل المشكلة يتطلب الاحتفاظ (تخزين) النتائج التى يتم التوصل اليها فى المراحل المختلفة لحل المشكلة وهذا يعد أحد الانتقادات المهمة التى وجهت لهذه الطريقة حيث أن عملية الاحتفاظ بنتائج المراحل السابقة حتى يمكن التقدم بالحل خطوة أو خطوات نحو الامام يؤدى الى ارهاق الحاسب مما يضع عقبة هائلة تحول دون امكانية تطبيق الطريقة على نطاق واسع عمليا . الا انه - من ناحية أخرى - قد نجح Dakin R.J. فى ادخال بعض التعديلات على الاجراء الحسابى لطريقة الفرع والحد بغرض تبسيطه وجعله اكثر ملاءمة للتطبيق على المشاكل العملية باستخدام الحاسبات الالكترونية . (٢)

---

(١) - Hamdy A. Taha," Operations Research-An Introduction", "(The Macmillan Co.,New York,1971),pp.315-325

(٢) - Ibid.,p.325.

٢ - طرق الحصر : Enumeration Methods

تختص طرق الحصر أساسا بحل مشكلة الصفر ـ واحد "Zero-One Problem" وهى الحالة الخاصة من مشكلة البرمجة الخطية بوحدات صحيحة الصافية . أى عندما يشترط عند حل المشكلة ظهور المتغيرات القرارية ضمن الناتج النهائى بقيمة مساوية للواحد الصحيح أو الصفر .

ويمكن تقسيم طرق الحصر وفقا للكيفية التى يتم بها حصر الحلول المختلفة للمشكلة الى طريقتين رئيسيتين هما :

اولا طريقة الحصر الصريح Explicit Enumeration Method

وتتلخص فكرة الحل وفقا لهذه الطريقة فى القيام بحصر الحلول المتاحة للمشكلة سواء كانت حلولا ممكنة أو حلول غير ممكنة ، ثم يتم بعد ذلك استبعاد الحلول غير الممكنة . ويمكن بعد ذلك تقييم الحلول الممكنة الصحيحة والمفاضلة بينها لاختيار أفضلها الذى يحقق مثالية دالة الهدف .

ثانيا طريقة الحصر الضمنى Implicit Enumeration Method

قدم Egon Balas أسلوبا رياضيا اكثر تطورا (من حيث الكفاءة الحسابية) من طريقة الحصر الصريح لحل مشكلة البرمجة الصفر ـ واحد ، وهو الاسلوب الذى يطلق عليه أحيانا "Balas' Zero-one Algorithm"(1)

وتتشابه طريقة الحصر الصريح مع الاجراء الذى قدمه Balas من حيث أن كليهما يبدأ بعملية حصر مختلف الحلول المتاحة للمشكلة سواء كانت ممكنة أو غير ممكنة . غير أنه وفقا لاجراء Balas يتم حصر الجزء الاكبر من الحلول ضمنيا فى حين يتم حصر الجزء الاصغر من الحلول صراحة .

---

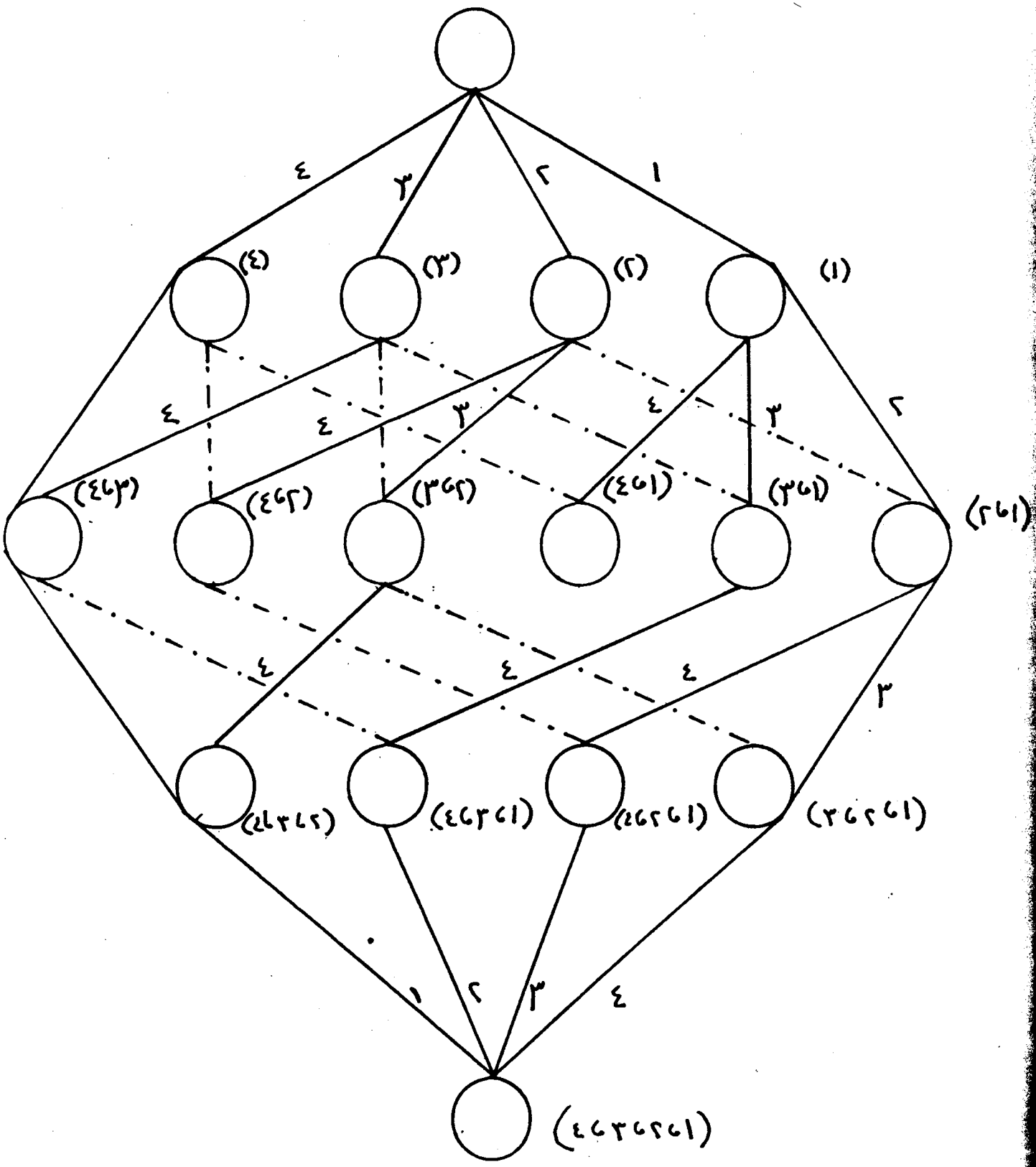
(1) - Hamdy A. Taha, Op.Cit., p.325.

وتتلخص فكرة الحل وفقا لطريقة الحصر الضمنى فى القيام بايجاد حل جزئى للمشكلة ، ثم يتم بعد ذلك حصر الحلول الاخرى ضمنيا باتباع احدى طريقتين : الطريقة الاولى يطلق عليها طريقة الحصر الضمنى لعدم الامكانية "By Infeasibility" حيث يتمثل جوهر الفكرة لهذه الطريقة فى أنه اذا كان الحل الجزئى للمشكلة غير ممكن (بمعنى أن الحل الذى تم التوصل اليه يؤدى الى تجاوز بعض أو كل القيود المفروضة على المشكلة) ، واذا لم يؤدى دخول أى متغير من المتغيرات الموجودة خارج الحل الجزئى فى الحل الجديد الى تحقق جميع القيود المفروضة على المشكلة ، فان معنى ذلك أن جميع الحلول الاخرى قد تم حصرها ضمنيا . والطريقة الثانية : تعرف بطريقة الحصر الضمنى بالامكانية "By Feasibility" وترتكز الفكرة الاساسية لهذه الطريقة على أنه اذا كان الحل الجزئى ممكنا ، واذا ظل الحل الجزئى ممكنا على الرغم من دخول المتغيرات التى خارج الحل الامثل فى الحل الجديد بقيمة مساوية للصفر ، فان هذا يعنى أنه قد تم حصر الحلول الاخرى ضمنيا .

ويمكن توضيح فكرة الحل وفقا لهذه الطريقة عن طريق الاستعانة بما يعرف بشبكة الحلول "The Solutions Network" (الشكل رقم ٣) والتى تشتمل على مختلف الحلول البديلة المتاحة لمشكلة الصفر ـ واحد فى ظل فرض وجود أربع متغيرات فقط للمشكلة . (١)

---

(١) - Plane D.R. and C.McMillan, "Discrete Optimization", (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1971).


٤
٣
٢
١
(٤)
(٣)
(٢)
(١)
٤
٤
٣
٤
٣
٢
(٤٦٣)
(٤٦٢)
(٣٦٢)
(٤٦١)
(٣٦١)
(٢٦١)
٤
٤
٤
٣
(٤٦٣٢)
(٤٦٣١)
(٤٦٢١)
(٣٦٢١)
٠
١
٢
٣
٤
(٤٦٣٢١)

شكل رقم (٢)

الملاحظات على الشكل رقم (٢) :

١ - ترمز الدوائر الصغيرة الموضحة بالشكل رقم (٢) الى الحلول الجزئية المختلفة للمشكلة .

٢ - الارقام الموجودة بين الاقواس تمثل المتغيرات التى يتضمنها الحل الجزئى وكل منها قيمته تساوى الواحد الصحيح ، وعلى ذلك فان المتغيرات التى لا يتضمنها القوس تمثل متغيرات خارج الحل وقيمة كل منها يساوى الصفر .

٣ - الارقام التى بدون أقواس تمثل المتغيرات التى ستدخل الحل الجديد بقيمة مساوية للواحد الصحيح .

٣ - طرق الحذف (القطع) Cutting Plane Methods

قدم R.E. Gomory طرق لمعالجة كل من مشكلتى البرمجة الصحيحة الصافية والمختلطة عرفت بطرق الحذف (القطع) . كما يطلق عليها ايضا طرق المحذوفات لجوموری "Gomory Cutting Plane Algorithms" حيث ترتكز فكرة الحل وفقا لهذه الطرق على القيام أولا بحصر منطقة الحلول الممكنة للمشكلة (الكسرية وغير الكسرية) ، وبعد ذلك يتم التخلص من الحلول الكسرية غير المرغوب فيها عن طريق تطبيق طريقة تضمن استبعادها بالحذف (أو بالقطع) .

وتعتبر طرق الحذف التى قدمها جوموری من أفضل الطرق المتاحة لحل مشكلة البرمجة الخطية بوحدات صحيحة ، ذلك أن تطبيق هذه الطرق يؤدى الى تحقيق الحل الامثل الصحيح للمشكلة فى عدد محدود من الخطوات .[1]

ووفقا لهذه الطرق يتم البدء بحل المشكلة على أنها مشكلة برمجة خطية عادية فان تحققت قيود عدم الكسرية تلقائيا (دون أخذها فى الاعتبار) ينتهى الامر عند هذا الحد . أما اذا ظهرت قيم كسرية ضمن الحل الامثل للمشكلة فانه يتم اضافة قيود عدم الكسرية الواحد تلو الاخر حتى تختفى القيم الكسرية من الحل النهائى للمشكلة وحينذاك يكون قد تم تحقيق الحل الامثل الصحيح [2] .

---

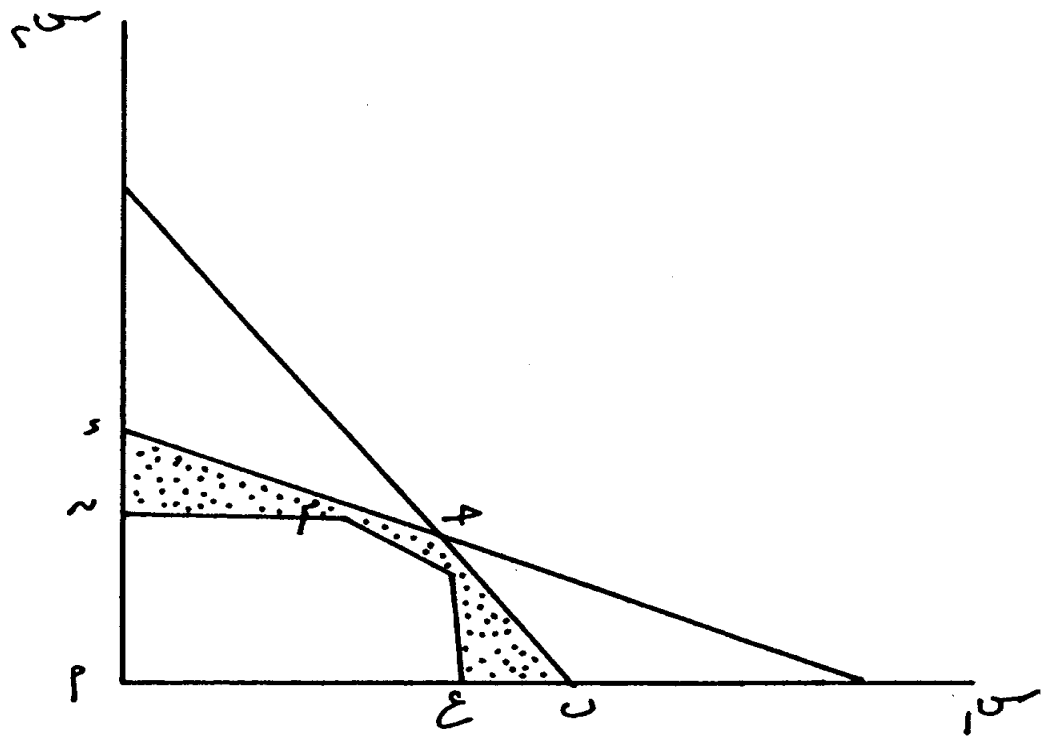
(١) -Hamdy A.Taha,Op.Cit.,p.304.

كما يمكن الرجوع (فيما يتعلق بالنظرية والبرهان الرياضى الذى يثبت محدودية الخطوات اللازمة لتطبيق طرق الحذف للتوصل الى الحل الامثل الصحيح للمشكلة) الى
-Garfinkei and G.L. Nem Hauser, "Integer Programming", (A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons,1972).

(٢) لمزيد من التفاصيل المتعلقة باجراءات تطبيق طرق الحذف يمكن الرجوع على سبيل المثال الى :

- Hamdy A. Taha,Op.Cit.,pp.304-315.

ويوضح الشكل البيانى رقم (٣) أثر اضافة كل قيد من قيود عدم الكسريـــة (وفقا لطرق الحذف) على منطقة الحلول الممكنة للمشكلة التى يقدمها أسلـــوب البرمجة الخطية المعتاد . (١)



الشكل رقم (٣)

(١) Robert J. Thierauf and Robert C. Klehamp, Op.Cit., p.386.

فى الشكل رقم (٣) ، تمثل المساحة أ ب جـ د منطقة الحلول الممكنة لمشكلة برمجة خطية ، ولكن سرعان ما تنكمش هذه المساحة بعد اضافة قيود عدم الكسرية لتقتصر منطقة الحلول الممكنة لمشكلة البرمجة الخطية بوحدات صحيحة على الشكل المظلل أ ع ل م ن . أى أن اضافة قيود عدم الكسرية قد أدت الى استبعاد المساحة ذات النقاط - وهى تمثل منطقة الحلول الكسرية - من منطقة الحلول الكلية الممكنة ، ومن ثم تبقى منطقة الحلول الممكنة الصحيحة فقط . ويمثل كل رأس من رؤوس هذا الشكل الجديد نقطة غير كسرية . ويعنى هذا أن حل المشكلة سيكون غير كسرى ، حيث أن حل المشكلة يكمن فى احدى هذه الرؤوس .

ويمكن معالجة ماقد يظهر ضمن الحل النهائى من قيم كسرية جبريا عن طريق اضافة قيود عدم الكسرية (قيود جوموري) الى النموذج ، ثم يتم تشغيل بيانات المشكلة الجديدة . فاذا اختفت القيم الكسرية فى الحل الجديد يكون قد تم التوصل الى الحل الأمثل الصحيح . اما اذا لم تختف القيم الكسرية ، فان الامر يتطلب اضافة قيود اضافية حتى يتم القضاء نهائيا على هذه القيم الكسرية فى الحل النهائى .

وتشتق قيود جوموري من معادلات المتغيرات الأساسية ذوات القيم الكسرية لمشكلة البرمجة الخطية [1] . ويمكن الاستعانة بالمثال المبسط التالى لتوضيح كيفية اشتقاق قيود جوموري . ويفترض فى بيانات هذا المثال أن المتغير الأساسى س$_{١}$ كانت قيمته التى ظهر بها فى الحل النهائى لمشكلة البرمجة الخطية $\frac{٢}{٣}$ ٥ وأن هذا الصف بأكمله فى المرحلة الأخيرة لحل النموذج كان كالاتى :-

$$س_{١} + ٣ س_{٢} - \frac{١}{٣} س_{٣} + ٤ س_{٤} - \frac{٤}{٥} س_{٦} - \frac{١}{٢} س_{٧} = ٥ \frac{٢}{٣}$$

فيتم فى ضوء البيانات السابقة - تكوين قيد عدم الكسرية كالاتى :

---

(١) - William J. Baumol, "Economic Theory and Operation Analysis", (Prentice-Hall, Inc., N.J., 1970), p.158.

١ - كتابة معامل كل متغير من المتغيرات السابقة فى صورة عدد صحيح وكسر غير سالب .

$$(١ + \text{صفر})\, س_{١} + (٣ + \text{صفر})\, س_{٢} + (-١ + \frac{٢}{٣})\, س_{٣} + (٤ + \text{صفر})\, س_{٤} + (-١ + \frac{١}{٥})\, س_{٦} + (-١ + \frac{١}{٢})\, س_{٧} = ٥ + \frac{٢}{٣}$$

٢ - يتم نقل المعاملات غير الكسرية الى الجانب الأيسر من المعادلة :

$$\frac{٢}{٣} س_{٣} + \frac{١}{٥} س_{٦} + \frac{١}{٢} س_{٧} = \frac{٢}{٣} (٥ - س_{١} - ٣ س_{٣} + س_{٣} - ٤ س_{٤} + س_{٦} + س_{٧})$$

وعندما تكون قيم كل المتغيرات أعدادا صحيحة غير سالبة فانه يكون من الواضح أن الطرف الايمن من المعادلة الاخيرة سوف يكون غير سالب[1] ويكون الطرف الايسر بالضروره عباره عن :

$$\frac{٢}{٣} + \text{عدد صحيح}$$

أى أن $\frac{٢}{٣} س_{٣} + \frac{١}{٥} س_{٦} + \frac{١}{٢} س_{٧} = \frac{٢}{٣} + \text{عدد صحيح}$

، $\frac{٢}{٣} س_{٣} + \frac{١}{٥} س_{٦} + \frac{١}{٢} س_{٧} <$ صفر

أى انه ، لكى تكون قيم المتغيرات أعدادا صحيحة غير سالبة ، فانه يشترط أن يكون :

$$\frac{٢}{٣} س_{٣} + \frac{١}{٥} س_{٦} + \frac{١}{٢} س_{٧} < \frac{٢}{٣}$$

وهذا هو القيد الجديد الذى يجب اضافته الى النموذج ثم يستكمل الحل .

وفى حالة ظهور أكثر من متغير واحد كسرى ، فانه يمكن اتباع احدى الطرق التى قدمها جوموري والتى من بينها .

١ - الطريقة التتابعية :

يتم - وفقا لهذه الطريقة - اختيار المتغير ذى القيمة الكسرية الاكبر ، ويتم بعد ذلك تكوين قيد عدم الكسرية لهذا المتغير ثم استكمال الحل حتى يتم القضاء على القيمة الكسرية .

(١) - Robert J. Thierauf and Robert C.Klekanp, Op.Cit., p.388.

٢ - الطريقة الكليـة :

يتم - وفقا لهذه الطريقة - أخذ كل المتغيرات ذوات القيم الكسرية دفعـة واحدة ، حيث يتم اعداد قيد لكل متغير . وتدرج هذه القيود بالنموذج ويستكمل الحل حتى يتم التخلص من القيم الكسرية .

وتعتبر الطريقة التتابعية أكثر انتشارا من الطريقة الكلية لأن اضافة القيـود الجديدة يتم فى نطاق محدود ومن ثم يظل حجم المشكلة محدودا نسبيا (١) .

ويمتاز مدخل البرمجة الرياضية بالقدرة على التعامل مع المشاكل التى قد تكون متغيراتها غير مستقلة (٢) . أى أنه يمكن لهذا المدخل أن يأخذ فى الحسبـان ماقد يوجد بين المتغيرات القرارية من علاقات ارتباط أو تعارض ، كما هو الحـال بالنسبة لمشكلة ترشيد استخدامات رأس المال . فمثلا اذا كانت توجد مجموعـة استثمارات متعارضة عددها س ن فانه يمكن الاخذ فى الحسبان هذه العلاقة عـن طريق اضافة قيد للنموذج الرياضى كالاتى (٣) :

$$\text{محـ} \quad س_{ن} \leq ١$$

ويضمن القيد السابق عدم ظهور اكثر من استثمار واحد ضمن التوليفة المختارة والتى قد يكون أساسها مجموعة استثمارات متعارضة مع بعضها .

واذا كان هناك استثماران وليكن س ٢ ، س ٨ وأن قبول الاستثمـار س ٨ يتوقف على قبول الاستثمار س ٢ . بينما الاستثمار س ٢ مستقل ، فانه يمكن الاخـذ فى الحسبان هذه العلاقة عن طريق اضافة القيدين التاليين للنموذج :

$$س_{٢} \leq ١$$

$$س_{٨} \leq س_{٢}$$

---

(١) د . محمد عبد العزيز أبورمان ، مرجع سابق ، ص ٤٢٢ .

(٢) Martin Weingartner H., Op.Cit., p.32.

(٣) Ibid. pp.32-34.

ويعنى ذلك ، أنه اذا تم قبول الاستثمار س٢ (أى اذا كان الاستثمار س٢ = ١ فى الناتج النهائى) ، فانه يمكن قبول الاستثمار س٨ . أما اذا تم رفض الاستثمار س٢ (أى اذا كان الاستثمار س٢ = صفر) ، فانه يتم رفض الاستثمار س٨ أيضا .

واذا كان الاستثماران س١ ، س٣ متعارضين ، ويعتمد قبول أحدهما على قبول أحد الاستثمارين المتعارضين س٦ أو س٨ ، فانه يمكن أخذ هذه العلاقة فى الحسبان عن طريق اضافة القيدين التاليين للنموذج .

$$س_٦ + س_٨ \leq ١$$

$$س_١ + س_٣ \leq س_٦ + س_٨$$

أما اذا كان قبول الاستثمار س١ يعتمد على قبول الاستثمار س٣ ، والذى بدوره يعتمد على قبول الاستثمار س٥ ، فانه يمكن أخذ هذه العلاقة فى الحسبان عن طريق اضافة القيود :

$$س_٥ \leq ١$$

$$س_٣ \leq س_٥$$

$$س_١ \leq س_٣$$

وهكذا يمكن اضافة القيود التى تحد من امكانية مزج واحلال البدائل الاستثمارية بعضها محل الاخر للنموذج الرياضى ، وبذا تظل القابلية للاحلال (التى يتطلبها تطبيق النموذج) قائمة ولكن مع الأخذ فى الاعتبار مختلف العلاقات التى توجد بين الاستثمارات .

الخطية

واذا كان يمكن لنموذج البرمجة الخطية أن يأخذ فى الحسبان ماقد يوجد بين المقترحات الاستثمارية من علاقات ارتباط أو تعارض ، فان نموذج البرمجة بوحدات صحيحة يمكنه التعامل مع هذه العلاقات بشكل أكثر فاعلية . ذلك أن نموذج البرمجة الخطية يسمح بظهور قيم كسرية للمتغيرات القرارية مما قد يترتب عليه ادراج مشروعين

متعارضين لا يزيد مجموع قيمتيهما على الواحد . فمثلا اذا كان الاستثماران س ٢ ، س ٣ متعارضين ، فانه يمكن أخذ هذه العلاقة فى الاعتبار عند اعداد النموذج باضافة قيد يحقق اختيار أحد الاستثمارين س ٢ أو س ١٢ كالاتى :

$$س_{٢} + س_{١٢} \leq ١$$

غير أنه طالما كان من المسموح به ظهور قيم كسرية ، فان اضافة القيد السابق للنموذج قد لا يضمن عدم ظهور الاستثمارين معا بقيمتين لا يزيد مجموعهما على الواحد (١) . فمثلا قد يظهر $س_{٢} = \frac{١}{٣}$ ، $س_{١٢} = \frac{٢}{٣}$. فى حين يختلف الأمر فى حالة تطبيق نموذج البرمجة الصحيحة حيث يوجد قيد العددية الذى لا يسمح بظهور قيم كسرية ضمن الناتج النهائى للمشكلة . أى أن اضافة القيد السابق يؤدى الى الحصول على أحد الحلول الممكنة التالية :

الحل الاول : $س_{٢} = ١$ ، $س_{١٢} =$ صفر

الحل الثانى : $س_{٢} =$ صفر ، $س_{١٢} = ١$

الحل الثالث : $س_{٢} =$ صفر ، $س_{١٢} =$ صفر

ويعنى هذا ان وجود القيد السابق فى ظل نموذج البرمجة الصحيحة يؤدى اما الى اختيار $س_{٢}$ ورفض $س_{١٢}$ أو قبول $س_{١٢}$ ورفض $س_{٢}$ أو رفض الاستثمارين $س_{٢}$ ، $س_{١٢}$ معا .

---

(١) ويرى Martin Weingartner H. أن ظهور أجزاء من مشروعات متعارضة قد يعد ميزة . فمثلا اذا كان الحل الأمثل لاحدى مشكلات البرمجة يتضمن تنفيذ ثلثى كوبرى من الحديد وثلث كوبرى من الخشب فان هذه النتيجة قد تعد ميزة يمكن للفنيين الاستفادة بها للتفكير فى تصميم كوبرى جديد يجمع بين ميزتى متانة الحديد والانخفاض النسبى فى تكاليف الخشب . غير أنه قد لا يكون الأمر كذلك بالنسبة لكثير من المشاكل العملية ، حيث قد يكون من غير المقبول عمليا أن يتضمن حل مشكلة البرمجة مشروعين متعارضين .

Martin Weingartner H., Op.Cit., p.33.

يتضح مما سبق أن فرض القابلية للتجزئة الذى يستند اليه نموذج البرمجة الخطية قد يتعارض مع طبيعة كل أو بعض متغيرات مشكلة البرمجة . حيث قد يكون من غير المقبول عمليا ظهور حلول كسرية ضمن الناتج النهائى الذى يقدمه نموذج البرمجة الخطية . كما أن محاولة التغلب على مشكلة الحلول الكسرية بتقريبها ربما لا يحقق العلاج الفعال للمشكلة ، فليس هناك ما يضمن أن يظل الحل الأمثل الكسرى بعد تقريبه حلا أمثل ، ومن ناحية أخرى قد يكون من المتعذر حصر واختبار كل الحلول غير الكسرية الأخرى لتحديد ما اذا كان الحل غير الكسرى الذى تم التوصل اليه بالتقريب أفضل الحلول غير الكسرية (بمعنى أنه الحل الأمثل الصحيح) أم أن هناك حلا أمثل آخر .

فى حين يمكن لنموذج البرمجه بوحدات صحيحة أن يتعامل مع المشكلات التى تتميز بعدم قابلية متغيراتها (كلها أو بعضها) للتجزئة . حيث يؤدى اضافة قيد العددية للنموذج الى انكماش منطقة الحلول الممكنة (الكسرية وغير الكسرية) لتقتصر على الحلول الصحيحة فقط بما يضمن عدم ظهور حلول كسرية ضمن الناتج النهائى لمشكلة البرمجة . ولما كانت عملية التجزئة قد تتعارض مع طبيعة المقترحات الاستثمارية ، لذا تعد مشكلة ترشيد استخدامات رأس المال المستثمر من أهم مجالات تطبيق أسلوب البرمجة الصحيحة . (١)

---

(١) Harvey M.Wagner, Op.Cit., p.229.

٢ / ٣ برمجة المقترحات الاستثمارية فى ظروف عدم التأكد - فرض عدم التأكد :

يمكن تقسيم النماذج الكمية لترشيد اتخاذ القرار - من حيث درجة توافر المعلومات عن متغيرات النموذج - الى نوعين : اولهما يعرف بنماذج التاكد (النماذج اليقينية) وثانيهما يطلق عليه نماذج عدم التأكد . ويستند النوع الأول - أساسا - الى فرض توافر المعلومات الكاملة عن المستقبل بما يسمح بتحديد نوع الظروف (حالة الطبيعة) التى سوف تسود مستقبلا ، ويمكن - بالتالى - تحديد قيمة واحدة مؤكدة لمعاملات متغيرات كل من مدخلات ومخرجات النموذج (١) . فى حين يفترض وفقا لنماذج عدم التأكد أن متخذ القرار يواجه بعدد من حالات الطبيعة التى قد تتحقق احداها مستقبلا دون أن يعلم أيا منها على نحو دقيق سوف يتحقق . وبالتالى لا يستطيع أن يحدد قيمة واحدة لكل من مدخلات ومخرجات النموذج ، مما يعنى تعدد القيم التى يمكن التعبير بها عن معلومات النموذج وكل منها يتوقف تحققه على تحقق حالة الطبيعة المرتبطة بها (٢) .

ويعتبر نموذج البرمجة الخطية بشكله التقليدى أحد النماذج اليقينية حيث يفترض أن متخذ القرار على علم تام بكافة العوامل المسببة للقرار والنتائج المترتبة عليه دون وجود أى مجال للمصادفة (٣) . غير أن هذا الوضع المثالى من المعرفة التامة قد لا يتوافر دائما لعدة اسباب منها مثلا تشابك العلاقات فيما بين متغيرات النموذج وكذلك الافتقار للأساليب الرياضية المتقدمة التى تمكننا من تمثيل الواقع المعقد (٤) .

وترتبط المعلومات اللازمة لاعداد نموذج البرمجة الخطية لترشيد استخدامات رأس المال المستثمر بالمستقبل . مما يعنى تعذر الجزم تماما بما يمكن أن يحدث

---

(١) - Paik C.M. ,Op.Cit.,p.183.

(٢) - Ibid.,pp.184-185.

(٣) - George C. Philippatos,Op.,Cit.,p.165.

(٤) د . محمد فخرى مكى ، مرجع سابق ، ص ١٤٠ .

فيه حيث يتسم الواقع العملى بالحركة السريعة والتغير الدائم بما يجعل المستقبل غير معلوم على وجه اليقين [١] . مما قد يجعل اتخاذ قرار الترشيد ينطوى على قدر كبير من مخاطر عدم التأكد ، حيث قد تبعد النتائج التى يقدمها نموذج البرمجة عن حقيقة الواقع .

ويمكن تقسيم المحاولات التى بذلت لتحليل مخاطر عدم التأكد الى نوعين : يحاول أولهما تحسين نوعية ما يتخذ من قرارات وفقا للنماذج اليقينية فى ظروف عدم التأكد عن طريق القيام بتحليل الحساسية . ويرى ثانيهما التخلى عن النماذج اليقينية والاستعانة بنماذج عدم التأكد [٢] . كما يمكن تقسيم نماذج عدم التأكد - من حيث الكيفية التى يتم بها معالجة مخاطر عدم التأكد - الى مجموعتين : الأولى تحاول الاستعانة بنظرية الاحتمالات (حيث يفترض توافر احتمالات موضوعية أو احتمالات شخصية) . والثانية تحاول الابتعاد بقدر الامكان (حيث لا يتوافر احتمالات موضوعية وعدم رغبة متخذ القرار فى اعداد احتمالات شخصية) عن الأخذ بأسلوب التوزيعات الاحتمالية [٣] .

٢/٣/١ تحليل الحساسية Sensitivity Analysis

تمثل القيم التى يتضمنها نموذج البرمجة الخطية تنبوءات مستقبلية لأحداث وعلاقات . أى أن هذه القيم قد تختلف عن الواقع مما قد يؤثر على الحل الذى يتم التوصل اليه [٤] . ومن ثم يتطلب الامر القيام بدراسة أثر التغير فى قيم ثوابت النموذج على الحل الأمثل (أو بمعنى آخر تحديد مدى حساسية أو عدم حساسية القرارات لما قد يطرأ على ثوابت النموذج من تغيرات) وهذا ما يطلق عليه تحليل الحساسية .

---

(١) د . عبد الحى مرعى ، " الموازنة التخطيطية فى النظام المحاسبى الموحد ووسائل التحليل الكمى " ، (مؤسسة شباب الجامعة ، الاسكندرية ، ١٩٧٢) ، ص ٧ .

(٢) Harvey M.Wagner, Op.Cit., p.653.

(٣) Paik C.M. ,Op.Cit., pp.277-288.

(٤) Eck R.D. ,Op.Cit., p.121.

ويفيد تحليل الحساسية ـ كثيرا ـ عند القيام بدراسة التغيرات فى قيم النموذج وتحديد المدى الذى يمكن لقيم النموذج (أو بعضها) أن تتغير خلاله دون أن يتحول الحل الأمثل الى حل غير أمثل . لذلك ، تتضمن غالبية البرامج الالكترونية الجاهزة لحل نماذج البرامج الخطية اليقينية تحديد تلقائى لنطاق التغيرات فى معالم النموذج التى يظل معها الحل الامثل دون تغير (١) .

كما تعتبر دراسات تحليل الحساسية أداة هامة فى يد متخذ القرار لتحسين نوعية ما يتخذ من قرارات وفقا للنماذج اليقينية فى ظل ظروف عدم التأكد . غير أن دراسة التغيرات ـ فى ظل أسلوب تحليل الحساسية ـ تتم على أساس فردى ، حيث تتم دراسة أثر تغير الثوابت مع بقاء العوامل الأخرى على حالها ، مما قد يشكل عائقا يحول دون فاعلية تطبيق الأسلوب . ذلك أن التغير الذى يمكن أن يطرأ على بيانات النموذج قلما يقتصر على قيمة واحدة فقط لثوابت النموذج (٢) .

ولقد اقترح Ronald J. Hufner عرض الصور المختلفة للخطة فى ظل تغير قيم أكثر من متغير واحد . فلجأ الى عرض الصور المختلفة فى ضوء تغير قيم متغيرين عن طريق اعداد جدول بحيث تمثل أعمدته مختلف قيم المتغير الأول ، بينما تمثل صفوفه مختلف القيم المتوقعة للمتغير الثانى . وبذلك فان كل خلية تمثل ناتج الخطة ـ وفقا لاقتراحه ـ وفى حالة تغير قيم ثلاث متغيرات يتم اعداد عدد من الجداول حسب التغيرات المتوقعة للمتغير الثالث بحيث يمثل الجدول الاول الصور المختلفة للخطة فى ظل مختلف قيم المتغيرين الاول والثانى فى ضوء قيمة معينة للمتغير الثالث . ويوضح الجدول الثانى الصور المختلفة للخطة فى ظل مختلف قيم المتغيرين الاول والثانى فى ضوء قيمة ثانية للمتغير الثالث وهكذا حتى يتم عرض عدد من الجداول بعدد التغيرات المتوقعة للمتغير الثالث (٣) .

---

(١) -Harvey M. Wagner, Op.Cit., p.129.

(٢) -Ronald J.Hufner ." Analyzing and Reporting Sensitivity Data" (The Accounting Review, Oct., 1971), pp. 717-732.

(٣) - Ibid., pp. 717-732.

وغير خاف مدى الصعوبات والمشكلات التى يمكن أن تترتب على تطبيق أسلوب تحليل الحساسية بشكل تفصيلى مما يضع عقبة هائلة تحد من فاعلية تطبيقه على نطاق واسع .

٢ / ٣ / ٢ مقاييس تحليل المخاطر بدون التوزيعات الاحتمالية (١)

اقترحت عدة مقاييس لتحليل المخاطر دون الاستعانة بالتوزيعات الاحتمالية وفيما يلى أهم هذه المقاييس :

أ ـ مقياس اكبر الارباح فى أسوأ الظروف Maximin Criterion

يتطلب تطبيق هذا المقياس تحديد المنافع المتوقعة لمختلف البدائل بافتراض أن أسوأ الظروف سوف تسود مستقبلا ، ثم يتم بعد ذلك اختيار أفضل بديل من بينها "The Best of the Worst" ، وهو ذلك البديل الذى يتوقع أن يحقق أفضل منفعة (أو عائد) فى ظل أسوأ الظروف . ويمكن توضيح هذا المقياس بالاستعانة ببيانات المثال التالى :

جدول رقم (٢)

البدائل	حالات الطبيعة ن١	ن٢	ن٣	أدنى (أسوأ) عائد للبديل
س١	١٥	١٢	١٨	١٢
س٢	٩	١٤	١٠	٩
س٣	١٣	٤	٢٦	٤

البديل الأمثل ـ وفقا لهذا المقياس ـ هو س١ لأنه يحقق أكبر منفعة (عائد) بافتراض تحقق أسوأ الظروف .

---

(١) - Paul Loomba N., Op.Cit., p.114.

ب- مقياس أكبر الأرباح فى ظل أفضل الظروف Maximax Criterion

وفقا لهذا المقياس يتم أولا تحديد المنافع المتوقعة لمختلف البدائل بافتراض ان أفضل الظروف هى التى سوف تسود مستقبلا ، ثم يتم بعد ذلك تحديد أفضل بديل من بينها "The Best of the Best" وهو ذلك البديل الذى يتوقع أن يحقق أفضل منفعة (أو عائد) فى ظل أفضل الظروف .

وبالتطبيق على بيانات المثال السابق يتضح مايلى :

جدول رقم (٣)

البدائل	حالات الطبيعة			افضل (أقصى) عائد للبديل
	ن١	ن٢	ن٣	
س١	١٥	١٢	١٨	١٨
س٢	٩	١٤	١٠	١٤
س٣	١٣	٤	٢٦	٢٦

يتضح من بيانات الجدول السابق أن البديل الامثل هو س٣ حيث أنه يحقق اكبر عائد فى ظل أفضل الظروف .

ويلاحظ أن المعيارين السابقين يعكسان حالتين مطلقتين من التفاؤل والتشاؤم ، وأنه يجب تعديلهما بحيث يأخذان فى الاعتبار درجة التفاؤل والتشاؤم من وجهة نظر متخذ القرار ، ويمكن أن يتم ذلك عن طريق قيام متخذ القرار بتحديد معامل التفاؤل Coefficient of Optimism. الذى يعبر عن وجهة نظره ودرجة ترجيحه لحدوث كل حالة (١) . فمثلا لو فرض أن معامل التفاؤل الذى يرى متخذ القرار أنه مناسب ٦ر٠ فان تحديد البديل الامثل (فى ضوء عمودى أقصى وأدنى قيمة للجدولين السابقين) يتم كالاتى :

(١) - Ibid., p. 115.

جدول رقم (٤)

درجة الترجيح / البدائل	أكبر قيمة ٦ ر	أقل قيمة ٤ ر	القيمة المرجحة
س ١	١٨	١٢	١٨ × ٦ر + ١٢ × ٤ر = ١٥ر٦
س ٢	١٤	٩	١٤ × ٦ر + ٩ × ٤ر = ١٢
س ٣	٢٦	٤	٢٦ × ٦ر + ٤ × ٤ر = ١٧ر٢

وعلى ذلك فان البديل س ٣ يمثل البديل الأمثل لأنه يحقق أكبر قيمة مرجحة .

جـ - مقياس الأرباح المضاعة (الأسف) Criterion of Regret

وفقا لهذا المقياس يتم أولا اعداد مصفوفة الارباح المضاعة The Regret Matrix وذلك عن طريق تحديد أكبر قيمة بكل عمود من أعمدة مصفوفة النتائج السابقة ، ثم يتم طرح كل قيمة من قيم كل عمود -على حده- من القيمة الكبرى بكل عمود ، فمثلا يمكن تحديد مصفوفة الارباح المضاعة فى ضوء البيانات السابقة كالاتى :

جدول رقم (٥)

البدائل	حالات الطبيعة ن ١	ن ٢	ن ٣
س ١	صفر	٢	٨
س ٢	٦	صفر	١٦
س ٣	٢	١٠	صفر

يتضح من بيانات مصفوفة النتائج أنه من بين بدائل العمود الأول يعتبر البديل س$_{١}$ أفضلها بافتراض تحقق حالة الطبيعة ن$_{١}$ ، ومن ثم فان قيام متخذ القرار باختيار البديل س$_{١}$ لن ينتج عنه - لو تحققت حالة الطبيعة ن$_{١}$ - أى أرباح مضاعة . أما فى حالة اختيار س$_{٢}$ فسوف تكون هناك أرباح مضاعة - لو تحققت حالة الطبيعة ن$_{١}$ - مقدارها ١٥ - ٩ = ٦ . كما يؤدى اختيار البديل س$_{٣}$ - أيضا لو تحققت حالة الطبيعة ن$_{١}$ - الى وجود أرباح مضاعة قدرها ١٥ - ١٣ = ٢ . وبتطبيق نفس الخطوات على باقى أعمدة المصفوفة يتم الحصول على مصفوفة الأرباح المضاعة السابقة . ثم يتم بعد ذلك - أى بعد الانتهاء من اعداد مصفوفة الارباح المضاعة - تحديد أكبر أرباح مضاعة لكل بديل ومن ثم يمكن اختيار البديل الأمثل ، وهو - وفقا لهذا المقياس - ذلك البديل الذى يحقق أقل خسارة ممكنة فى أسوأ الظروف ، وذلك كما يلى :

جدول رقم (٦)

البدائل	حالات الطبيعة			اكبر أرباح مضاعة
	ن$_{١}$	ن$_{٢}$	ن$_{٣}$	
س$_{١}$	صفر	٢	٨	٨
س$_{٢}$	٦	صفر	١٦	١٦
س$_{٣}$	٢	- ١	صفر	١٠

أى أن البديل س$_{١}$ يعد - وفقا لهذا المقياس - أفضل البدائل ، حيث يمكن أن يترتب على اختياره أقل خسارة فى ظل أسوأ الظروف .

د - مقياس تساوى الاحتمالات Equal-Probability Criterion

يفترض متخذ القرار وفقا لهذا المقياس (نظرا لعدم توافر بيانات تمكنه من اعداد احتمالات موضوعية لترجيح تحقق حالات الطبيعة المتوقعة) تساوى احتمالات تحقق جميع حالات الطبيعة المتوقعة . ويقوم من ثم متخذ القرار باعداد متوسط مرجح للعائد المتوقع من كل بديل فى ظل مختلف حالات الطبيعة المتوقعة ، وعلى ذلك يتحدد البديل الامثل على أنه ذلك البديل الذى يمكن أن يحقق أكبر عائد متوقع . ويمكن توضيح كيفية تطبيق هذا المقياس بالاستعانة بالبيانات التالية :

جدول رقم (٧)

البدائل	حالات الطبيعة			القيمة المتوقعة
	ن ١	ن ٢	ن ٣	
	الاحتمال ١/٣	١/٣	١/٣	
س ١	١٥	١٢	١٨	١٥ ← البديل الامثل
س ٢	٩	١٤	١٠	١١
س ٣	١٣	٤	٢٦	١٤ ١/٣

ويتضح من البيانات السابقة أن القيمة المتوقعة للبديل س ١ عبارة عن

$$\frac{١}{٣} \times ١٥ + \frac{١}{٣} \times ١٢ + \frac{١}{٣} \times ١٨ = ١٥$$

وبالنسبة للبديل الثانى س ٢ :

$$\frac{١}{٣} \times ٩ + \frac{١}{٣} \times ١٤ + \frac{١}{٣} \times ١٠ = ١١$$

وبالنسبة للبديل الثالث س ٣ :

$$\frac{١}{٣} \times ١٣ + \frac{١}{٣} \times ٤ + \frac{١}{٣} \times ٢٦ = ١٤ \frac{١}{٣}$$

أى أن البديل س ١ هو أفضل البدائل لأنه يمكنه أن يحقق أكبر قيمة متوقعة .

الانتقادات التى وجهت لمقاييس تحليل المخاطر دون الاستعانة بنظرية الاحتمالات :

وجهت عدة انتقادات للمقاييس السابق ذكرها فيما يلى أهمها :

أ - يفترض وفقا لبعض المقاييس السابقة أن متخذ القرار لا يستطيع فى ظروف عدم التأكد أن يقوم باعداد توزيعات احتمالية (او أنه لا يرغب فى ذلك) لحالات الطبيعة المتوقعة ، ويعد هذا الفرض أحد الانتقادات المهمة التى وجهت لهذه المقاييس (١) . ذلك أنه - من ناحية أولى - تساعد الخبرات التى يكتسبها متخذ القرار نتيجة للممارسة العملية على اعداد ترجيحات لحدوث حالات الطبيعة وهو ما تتجاهله بعض المقاييس ، كما أنه - من ناحية ثانية - تعتبر الترجيحات التى يتم اعدادها لحالات الطبيعة مقياسا مفيدا عند القيام باتخاذ القرار ، ذلك أن هذه الترجيحات تعكس - غالبا - وجهة نظر متخذ القرار ومعتقداته الذاتية فيما يتعلق بتوقعات حدوث كل حالة من حالات الطبيعة مما يجعل عملية اتخاذ القرار تتفق مع معتقداته وتوقعاته (٢) .

ب - يفترض أيضا وفقا لبعض المقاييس السابق ذكرها أن متخذ القرار يعمل من خلال أحد حالتين متطرفتين من التفاؤل أو التشاؤم ، حيث يفترض أن متخذ القرار اما أن يكون متفائلا بالكامل واما أن يكون متشائما تماما ، ويؤدى تطبيق أحد هذه المقاييس اما الى اختيار البديل الذى يحقق أكبر الارباح (سواء فى أسوأ أو أحسن الظروف) واما الى اختيار البديل الذى يحقق أدنى خسارة فى أسوأ الظروف . ويعنى هذا أن النموذج يتجاهل درجات التفاؤل والتشاؤم(٣) ، ذلك أن ترشيحه للبدائل فى الحالتين يتجاهل باقى حالات الطبيعة مما يجعل اتخاذ القرار ينطوى على قدر من عدم التأكد .

جـ - يفترض - بالاضافة الى ماسبق - وجود مباراة يشترك فيها عدد من المتنافسين كل منهم يفكر ويناور ويخطط ضد الطرف الاخر ، ولا يتوافر - غالبا - هذا الغموض

---

(١) - Eck R.D., Op.Cit., p.397.
(٢) - Bierman and Smidt, Op.Cit., p.199.
(٣) - Eck R.D., Op.Cit., pp.397-398.

عند القيام بعملية ترشيد استخدامات رأس المال . ذلك أن الطبيعة لا تعتبر خصما لأنها لا تفكر ولا تناور أو تخطط ضد المنظمة . لذا ، قد يكون من غير الملائم الاستعانة بهذه المقاييس في مجال تخطيط الانفاق الاستثماري (١) .

د - يلاحظ على المقاييس السابقة أنها وان كانت قد حاولت الابتعاد بقدر الامكان عن تطبيق نظرية الاحتمالات عند تحليل مخاطر عدم التأكد ، الا أنها قد أخذت في النهاية بصورة أو بأخرى بتلك النظرية . فالنموذج الخاص بمقياس تساوى الاحتمالات - مثلا - يعتمد على ما يتم اعداده من احتمالات شخصية (ذاتية) كما يعكس البعض الاخر من تلك المقاييس وجهة نظر الادارة وتوقعاتها فيما يتعلق بترجيحات حدوث حالات الطبيعة ولكن بصورة متطرفة ، فمقياس " أكبر الأرباح بفرض تحقق أفضل الظروف " يعكس وجهة نظر متفائلة لمتخذ القرار لذا فهو يرجح حدوث أفضل حالات الطبيعة مما يعني أن احتمال تحقق أفضل حالات الطبيعة - وفقا لوجهة نظر متخذ القرار في هذه الحالة - يساوى الواحد الصحيح ، أما بالنسبة لمقياس " أكبر الأرباح بفرض تحقق أسوأ الظروف " فانه يعكس وجهة نظر متشائمة لمتخذ القرار جعلته يعتقد أن حالة الطبيعة المتوقعة ستكون سيئة ، أى أنه يرجح أن تسود أسوأ حالات الطبيعة في المستقبل . وهذا يعنى أن احتمال تحقق أسوأ حالات الطبيعة - وفقا لوجهة نظر متخذ القرار - يساوى الواحد الصحيح .

٢/٣/٣ تحليل مخاطر عدم التأكد بالاستعانة بنظرية الاحتمالات .

تظهر الحاجة الى الاستعانة بالنماذج الاحتمالية لترشيد ما يتخذ من قرارات في حالة عدم توافر المعلومات الكاملة عن المستقبل ، حيث تتجاهل النماذج اليقينية مخاطر عدم التأكد مما قد يجعل ناتج القرار يبعد كثيرا عن دائرة الواقع

---

(١) د . حنفي زكي عيد ، " دراسة الجدوى للمشروعات الاستثمارية " ، (دار القاهرة للنشر والتوزيع ، القاهرة ، ١٩٧٨) ، ص ١٩٥ .

كما أن كلا من تحليل الحساسية ومقاييس تحليل المخاطر دون الاستعانة بنظرية الاحتمالات لم يستطع تقديم المعالجة الفعالة لمشكلة عدم التأكد . فالنماذج الاحتمالية تعترف بتوافر المعرفة الجزئية فقط بحقائق الكون . لذا ، تختص النماذج الاحتمالية -أساسا -بالتعامل مع المشكلات التى تنطوى معاملات متغيراتها (كلها أو بعضها) على مخاطر عدم التأكد وهى ما يطلق عليها متغيرات عشوائية Random variables ، حيث يمكن الاخذ فى الحسبان أثر مخاطر عدم التأكد على مدخلات النموذج .

ويعتمد -أساسا -اعداد النماذج الاحتمالية على النظرية الرياضية للاحتمالات Mathematical Theory of Probability حيث تعتبر النظرية الرياضية للاحتمالات أداة فعالة تساعد كثيرا على اتخاذ القرار فى ظروف عدم التأكد (١) .

ويمكن تقسيم الاحتمالات الى مجموعتين أساسيتين أولاهما الاحتمالات الموضوعية Objective Probabilities وهى تستخدم فى التعبير عن درجة ترجيح وقوع الحدث فى المستقبل عندما يكون قد سبق وقوعه فى الماضى حيث يفترض توافر معلومات عن نتائج تجارب سابقة وعدد مرات النجاح ومرات الفشل فيها لدى متخذ القرار . وثانيتهما الاحتمالات الشخصية (الذاتية) Subjective Probabilities وهى تستخدم أيضا فى التعبير عن درجة ترجيح وقوع الحدث فى المستقبل . ولكنها تختلف عن الاحتمالات الموضوعية من حيث كونها لا تعتمد على أحداث وتجارب سابقة ، حيث يفترض عدم وقوع الحدث فى الماضى مما يجعل متخذ القرار يعتمد على خبراته ومعتقداته الذاتية عند التعبير عن درجة ترجيح وقوع الحدث فى المستقبل (٢) .

---

(١) ←

-Harold Bierman J.R., Charles P. Bonini and Warren H. Hausman, Op.,Cit.,p.17.

(٢) ←

-Ibid,pp.17-18.

وتعتبر طريقة القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية Expected Values of Random Variables من الطرق التى يتم استخدامها لايجاد حل تقريبى لمشكلة البرمجة الاحتمالية (١) . ويتطلب تطبيق هذه الطريقة عند اعداد نماذج البرمجة الاحتمالية ـ احلال كل المعاملات التى تصيبها مخاطر عدم التأكد بقيمتها المتوقعة سواء كانت هذه المعاملات تتعلق بدالة الهدف أو الطرف الايسر من النموذج أو مصفوفة المعاملات . فاذا فرض أن (ر ١) تمثل معامل المتغير الاول (س ١) فى دالة الهدف لمشكلة ما ، وأن (س ١) متغير عشوائى يمكن أن يأخذ القيم ر١١ ، ر٢١ ، ر٣١ ، ..... رن ١ وأن ح١ ، ح٢ ، ح٣ ... ، حن هى احتمالات حدوث هذه القيم فان القيمة المتوقعة لمعامل المتغير العشوائى (س ١) تكون عبارة عن :

ق (ر ١) = ر١١ ح١ + ر٢١ ح٢ + ر٣١ ح٣ + ... + رن١ حن .

حيث أن :

ق (ر ١) = القيمة المتوقعة للمعامل (ر ١)

وبمجرد انجاز عملية احلال كل المعاملات التى تصيبها مخاطر عدم التأكد بقيمتها المتوقعة تتحول مشكلة البرمجة اليقينية ـ التى تستند الى فرض توافر المعرفة التامة ـ الى مشكلة برمجة تأخذ فى حسبانها مخاطر عدم التأكد ، وهى مايطلق عليها " البرنامج اليقينى المعادل " Deterministix Equivalent .

ويمكن الاستعانة ببيانات المثال التالى لتوضيح كيف يمكن تطبيق طريقة القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية عند القيام بتحويل مشكلة برمجة يقينية الى مشكلة برمجة يقينية معادلة . حيث يفترض ضمن بيانات المثال أن صياغة نموذج مشكلة برمجة يقينية كانت على النحو التالى :

---

(١) د . محمد عبد العزيز أبورومان ، مرجع سابق ، ص ٥٥٥ .

دالة الهدف :

ى = ر١١ س١ + ر٢٢ س٢ أكبر ما يمكن .

بشـــوط :

س١ ≤ ٣٠

س٢ ≤ ١٥

س١ + س٢ ≤ ب٣

صفر ≤ س١ ، س٢ ≤ ١

س١ ، س٢ أعداد صحيحـــة .

ويفرض أن س١ ، س٢ ، ب٣ متغيرات عشوائية تأخذ التوزيعات التالية :

ر١١ = ٣٠ ، ح (ر١١) = ٠ر٦٠

ر٢١ = ٦٠ ، ح (ر٢١) = ٠ر٤٠

ر١٢ = ٨٠ ، ح (ر١٢) = ٠ر٧٠

ر٢٢ = ٥٠ ، ح (ر٢٢) = ٠ر٣٥

ب١٣ = ٦٠ ، ح (ب١٣) = ٠ر٥٠

ب٢٣ = ٢٠ ، ح (ب٢٣) = ٠ر٥٠

فان القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية (ر$_{١}$) ، (ر$_{٢}$) ، (ب$_{٣}$) تصبح عبارة عن :

ق (ر$_{١}$) = ٣٠ × ٦٠ر + ٦٠ × ٤٠ ر = ٤٢

ق (ر$_{٢}$) = ٨٠ × ٧٠ر + ٥٠ × ٣٠ ر = ٧١

ق (ب$_{٣}$) = ٦٠ × ٥٠ر + ٢٠ × ٥٠ر = ٤٠

ويكون البرنامج اليقينى المعادل للمشكلة اليقينية كالاتى :

دالة الهدف :

ى = ٤٢ س$_{١}$ + ٧١ س$_{٢}$ أكبر ما يمكن

بشرط أن :

س$_{١}$ ≤ ٣٠

س$_{٢}$ ≤ ١٥

س$_{١}$ + س$_{٢}$ ≤ ٤٠

صفر ≤ س$_{١}$ ، س$_{٢}$ ≤ ١

س$_{١}$ ، س$_{٢}$ اعداد صحيحة .

غير أن القيمة المتوقعة للمتغير العشوائى ليست سوى متوسط مرجح لما يمكن أن تكون عليه قيمة المتغير فى المستقبل (١) . فليس هناك ما يضمن تحقق هذه القيمة بالذات مستقبلا . فالقيمة التى يمكن أن تتحقق مستقبلا قد تختلف عن القيمة المتوقعة . وهنا يكون من الضرورى أن يتعرف متخذ القرار على المدى الذى يمكن أن تختلف فيه القيمة التى يمكن أن تتحقق مستقبلا عن القيمة المتوقعة (٢) . أى أنه

---

(١) -Paul Loomba N.,Op.Cit.,p.107.

(٢) د . محمد فتحى على ، "الاحصاء فى اتخاذ القرارات التجارية"، (مكتبة عين شمس ، القاهرة ، ١٩٨٠) ، ص ١١٨ .

يتعين - حتى يكون تحليل المخاطر سليما - أن تتم الاستعانة بمقاييس التشتت ، حتى يتم الأخذ فى الحسبان درجة تشتت القيم التى يمكن أن تتحقق مستقبلا حول القيمة المتوقعة (١) .

وتبرز - كثيرا - أهمية الاستعانة بمقاييس التشتت عند القيام بالمفاضلة بين عدد من البدائل ذوات القيم المتوقعة المتساوية . فتساوى القيم المتوقعة للبدائل ليس معناه بالضرورة أنها متساوية أيضا من حيث درجة المخاطر التى ينطوى عليها كل بديل ، ذلك أن القيمة المتوقعة لكل بديل ليست قيمة مؤكدة . وتتطلب - من ثم - عملية المفاضلة بين البدائل فى هذه الحالة معرفة درجة التشتت المتعلقة بكل بديل حتى يمكن معرفة درجة المخاطر التى ينطوى عليها كل منها (٢) . وبذا يستطيع متخذ القرار أن يختار البديل ذو درجة المخاطر التى يرى أنها تتلائم مع ميوله نحو تقبل المخاطر وقدراته (استعداداته) على تحمل الخسائر . ويمكن الاستعانة ببيانات المثال التالى :

بفرض أن متخذ القرار بصدد المفاضلة بين البديلين (س) ، (ص) فى ضوء البيانات التالية عن كل بديل :

البديل الاول (س)

صافى التدفق النقدى	الاحتمال
صفر	٠١ر
١٨٠٠	١٦ر
٣٦٠٠	٦٦ر
٥٤٠٠	١٦ر
٧٢٠٠	٠١ر

---

(١) - Harold Bierman J.R. ,Charles P. Bonini and Warren H. Hausman,Op.Cit. ,p.36.

(٢) - Paik C.M. ,Op.Cit. ,pp.263-266.

البديل الثانى (ص)

صافى التدفق النقدى	الاحتمال
صفر	٠ر١
٣٦٠٠	٠ر٨
٧٢٠٠	٠ر١

ففى ضوء البيانات السابقة عن البديلين (س) ، (ص) ووفقا لطريقة القيمة المتوقعة ، فان القيمة المتوقعة لكل بديل عبارة عن :

القيمة المتوقعة للبديل (س) .

(صفر × ٠ر١) + (١٨٠٠ × ٠ر١٦) + (٣٦٠٠ × ٠ر٦٦) + (٥٤٠٠ × ٠ر١٦) + (٧٢٠٠ × ٠ر١) = ٣٦٠٠

القيمة المتوقعة للبديل (ص) .

(صفر × ١ر) + (٣٦٠٠ × ٠ر٨) + (٧٢٠٠ × ١ر) = ٣٦٠٠

وبناء على التحليل السابق فان البديلين (س) ، (ص) متساويان من حيث القيمة المتوقعة . غير أنه قد يثار التساؤل عما اذا كان البديلان متساويين أيضا من حيث درجة المخاطر التى ينطوى عليها كل منهما . وللاجابة عن هذا التساؤل ، فان الأمر يتطلب القيام بمزيد من التحليل للمخاطر الكامنة بكل بديل . فالقيمة المتوقعة ليست قيمة مؤكدة ، وبالتالى فان تساوى القيمتين ليس معناه بالضرورة تساوى درجة المخاطر التى ينطوى عليها كل بديل . لذا ، يتطلب الامر تحديد درجة تشتت التوزيع لكل بديل . ويمكن قياس درجة تشتت التوزيع لكل بديل بعدة طرق غير أن أهمها جميعا هى طريقة الانحراف المعيارى (١) . كالاتى :

---

(١) د . أحمد رجب عبد العال ، د . على أحمد أبوالحسن ، "المدخل الكمى فى المحاسبة الادارية" ، (مؤسسة شباب الجامعة ، الاسكندرية ، ١٩٧٨) ، ص ٢٦١ .

أولا ـ قياس درجة التشتت للبديل الاول (س) .

جدول رقم (٨)

صافى التدفق النقدى	الاحتمال	الانحراف	مربع الانحراف	مربع الانحراف × الاحتمال	التباين	الانحراف المعيارى
صفر	٠١ر	- ٣٦٠٠	١٢٩٦٠٠٠٠	١٢٩٦٠٠		
١٨٠٠	١٦ر	- ١٨٠٠	٣٢٤٠٠٠٠	٥١٨٤٠٠	١٢٩٦٠٠٠	١١٣٨
٣٦٠٠	٦٦ر	صفر	صفر	صفر		
٥٤٠٠	١٦ر	١٨٠٠	٣٢٤٠٠٠٠	٥١٨٤٠٠		
٧٢٠٠	٠١ر	٣٦٠٠	١٢٩٦٠٠٠٠	١٢٩٦٠٠		

ثانيا : قياس درجة التشتت للبديل الثاني (ص) .

جدول رقم (٩)

صافي التدفق النقدي	الاحتمال	الانحراف	مربع الانحراف	مربع الانحراف × الاحتمال	التباين	الانحراف المعياري
صفر	١ر	- ٣٦٠٠	١٢٩٦٠٠٠٠	١٢٩٦٠٠٠	٢٥٩٢٠٠٠	٢٦١٠
٣٦٠٠	٨ر	صفر	صفر	صفر		
٧٢٠٠	١ر	٣٦٠٠	١٢٩٦٠٠٠٠	١٢٩٦٠٠٠		

يتضح مما سبق أنه على الرغم من أن البديلين (س) ، (ص) ، متساويان من حيث القيمة المتوقعة لكل منهما ، الا أنهما غير متساويين من حيث درجة التشتت . فدرجة التشتت للبديل (س) أقل من درجة التشتت للبديل (ص) . ومن ثم فان درجة المخاطر التى ينطوى عليها البديل (ص) أكبر من درجة المخاطر الكامنة بالبديل (س) . ويعنى هذا أن الاعتماد على القيمة المتوقعة فقط ـ دون معرفة درجة التشتت المتعلقة بكل بديل ـ قد لا يفيد فى اجراء المفاضلة بين البدائل عندما تتساوى القيم المتوقعة لها . أيضا لا تعطى القيمة المتوقعة تحليلا كاملا وسليما للمخاطر التى ينطوى عليها كل بديل مما قد يؤثر على كفاءة وفاعلية اتخاذ القرار .

ويمكن فى ظل أسلوب البرمجة الخطية أخذ درجة التشتت (التباين) فى الاعتبار ـ عند حل مشكلة البرمجة الخطية بطريقة القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية ـ عن طريق اضافة قيد جديد ضمن مجموعة القيود الهيكلية يحدد المستوى المسموح به للتباين الكلى فى الحل [1] . أو بمعنى آخر يمنع ظهور ـ ضمن الناتج النهائى ـ أى متغيرات تزيد درجة تباين قيمتها المتوقعة عن مستوى معين .

فاذا فرض أن (س) متغير عشوائى ، فان التباين والانحراف المعيارى لهذا المتغير يحسب كالاتى :

$$\text{التباين} = \sigma^2 = \text{ق}(\text{س})^2 - [\text{ق}(\text{س})]^2$$

$$\text{الانحراف المعيارى} = \sigma(\text{س}) = \sqrt{\text{ق}(\text{س})^2 - [\text{ق}(\text{س})]^2}$$

حيث :

σ^2(س) = تباين القيمة المتوقعة للمتغير العشوائى (س) .

σ (س) = الانحراف المعيارى للمتغير العشوائى (س) .

ق = القيمة المتوقعة للمتغير العشوائى .

---

(١) د . محمد عبد العزيز أبورمان ، مرجع سابق ، ص ٥٦٢ .

أما اذا كان (س) ، (ص) متغيران عشوائيين وكل منهما مستقل عن الاخر فـــان :

ق(س + ص) = ق(س) + ق(ص)

ويمكن الاستعانة بالمثال التالى لتوضيح كيف يمكن تطبيق طريقة القيم المتوقعـــة للمتغيرات العشوائية عند حل مشكلة البرمجة الخطية مع التحكم فى التباين الكلـــى وذلك عن طريق اضافة قيد ضمن مجموعة القيود الهيكلية يحدد المستوى المسموح بـه للتباين الكلى فى الحل .

بفرض أن مشكلة برمجة خطية كانت على النحو التالى :

دالة الهدف :

ى = ر١ س١ + ر٢ س٢ + ر٣ س٣ أكبر مايمكن

بشـــوط :

٣ س١ + ٤ س٢ + ٢ س٣ ≤ ١٢

٢ س١ + ٦ س٢ + ٤ س٣ ≤ ٢٠

صفـــر ≤ س١ ، س٢ ، س٣ ≤ ١

س١ ، س٢ ، س٣ أعداد صحيحـــة .

وبفرض أيضا أن المعاملات ر١ ، ر٢ ، ر٣ متغيرات عشوائية تأخذ التوزيعـــات التاليـــة :

ر١١ = ٥	ح (ر١١) = ١٠ر
ر٢١ = ١٥	ح (ر١٢) = ٢٠ر
ر٣١ = ٢٠	ح (ر٣١) = ١٥ر
ر٤١ = ٢٥	ح (ر٤١) = ٣٥ر
ر٥١ = ٤٠	ح (ر٥١) = ٢٠ر

$ر_{١٢} = ٥$	$ح(ر_{١٢}) = ٠٫٢٥$
$ر_{٢٢} = ٤$	$ح(ر_{٢٢}) = ٠٫٢٥$
$ر_{٣٢} = ٨$	$ح(ر_{٣٢}) = ٠٫٢٥$
$ر_{٤٢} = ٢$	$ح(ر_{٤٢}) = ٠٫٢٥$
$ر_{١٣} = ١٠$	$ح(ر_{١٣}) = ٠٫٠٥$
$ر_{٢٣} = ١٢$	$ح(ر_{٢٣}) = ٠٫٠٣$
$ر_{٣٣} = ١٥$	$ح(ر_{٣٣}) = ٠٫٠٤$
$ر_{٤٣} = ٢٢$	$ح(ر_{٤٣}) = ٠٫٠٥$
$ر_{٥٣} = ٢٠$	$ح(ر_{٥٣}) = ٠٫٠٢$
$ر_{٦٣} = ١٨$	$ح(ر_{٦٣}) = ٠٫٠٤$

ويفرض أن الانحراف المعيارى المسموح به فى الحل النهائى ١٥ فان صياغة البرنامج اليقينى المعادل مع الأخذ فى الاعتبار درجة تشتت توزيع المفردات يتم كالاتى :

$ق(ر_{١}) = ٥ \times ٠٫١٠ + ١٥ \times ٠٫٢٠ + ٢٠ \times ٠٫١٥ + ٢٥ \times ٠٫٣٥ + ٤٠ \times ٠٫٢٠ = ٢٣٫٢٥$

$ق(ر_{١}^{٢}) = ٢٥ \times ٠٫١٠ + ٢٢٥ \times ٠٫٢٠ + ٤٠٠ \times ٠٫١٥ + ٦٢٥ \times ٠٫٣٥ + ١٦٠٠ \times ٠٫٢٠$

$= ٦٤٦٫٢٥$

$\sigma^{٢}(ر_{١}) = ٦٤٦٫٢٥ - (٢٣٫٢٥)^{٢} = ١٠٥٫٦٩$

$\therefore \sigma(ر_{١}) = ١٠$ تقريبا .

$ق(ر_{٢}) = ٥ \times ٠٫٢٥ + ٤ \times ٠٫٢٥ + ٨ \times ٠٫٢٥ + ٢ \times ٠٫٢٥ = ٤٫٧٥$

ق ($ر_2^2$) = ٢٥ر٠ × ٢٥ر٠ + ١٦ × ٢٥ر٠ + ٦٤ × ٢٥ر٠ + ٤ × ٢٥ر٠ = ٢٧ر٢٥

∴ ق ($ر_2$) = ٢٧ر٢٥ − (٤ر٧٥)^2 = ٤ر٦٩

∴ ق ($ر_2$) = ٢ تقريبـــا .

ق ($ر_3$) = ١٠ × ٠٥ر٠ + ١٢ × ٠٣ر٠ + ١٥ × ٠٤ر٠ + ٢٢ × ٠٥ر٠ + ٢٠ × ٠٢ر٠
+ ١٨ × ٤٥ر٠ = ١٦ر٤٦

ق ($ر_3^2$) = ١٠٠ × ٠٥ر٠ + ١٤٤ × ٠٣ر٠ + ٢٢٥ × ٠٤ر٠ + ٤٨٤ × ٠٥ر٠ + ٤٠٠ × ٠٢ر٠
+ ٣٢٤ × ٤٥ر٠ = ٢٧٧ر٣٢

∴ ق ($ر_3$) = ٢٧٧ر٣٢ − (١٦ر٤٦)^2 = ٦ر٣٩

∴ ق ($ر_3$) = ٢ر٥ تقريبـــا

ويكون البرنامج البقينى المعادل فى صورته كالاتى :

دالة الهدف : ى = ٢٣ر٢٥ $س_1$ + ٤ر٧٥ $س_2$ + ١٦ر٤٦ $س_3$ أكبر ما يمكـــن

بشرط :

$٣ س_1 + ٤ س_2 + ٢ س_3 \leq ١٢$

$٢ س_1 + ٦ س_2 + ٤ س_3 \leq ٢٠$

$١٠ س_1 + ٢ س_2 + \frac{٥}{٢} س_3 \leq ١٥$

صفر $\leq$ $س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ $\leq$ ١

$س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ أعداد صحيحه .

يتضح من خلال ما تطرق اليه الباحث فى فصلى الباب الثانى من هذا البحث الاتـــى :-

أ - ان فرض القابلية للتجزئة الذى يستند اليه نموذج البرمجة الخطية ربمـــا لا يتلائم مع طبيعة بعض أو كل متغيرات مشكلة ترشيد استخدامات رأس المـال فى حالة عجز الموارد المتاحة عن تلبية متطلبات تنفيذ جميع البدائـــل الاستثمارية المرغوب فيها اقتصاديا (وهى المشكلة التى يتناولها البحـث) كما أن محاولة تقريب الحل الكسرى غير المرغوب فيه ربما لا يتحقق معها الحل الأمثل للمشكلة ، وفى ذات الوقت قد يتعذر اختبار جميع الحلول غير الكسرية الاخرى للتأكد من أنه ليس هناك حل غير كسرى آخر أفضل من الحل الـــذى تقدمه طريقة التقريب خاصة عندما تشتمل المشكلة على عشرات أو مئات القيـــود والمتغيرات . فى حين يستطيع نموذج البرمجة الخطية العددية أن يتعامـل بشكل فعال مع مشكلات ترشيد رأس المال التى تتسم طبيعة بعض أو كـــل متغيراتها بعدم القابلية للتجزئة . حيث يدرج بالنموذج قيد عدم الكسريـــة أو ما يطلق عليه قيد العددية الذى يضمن عدم ظهور قيم كسرية لبعض أو كـــل متغيرات المشكلة ضمن الناتج النهائى لمشكلة البرمجة .

ب - يمثل فرض التأكد أحد الركائز الأساسية لنموذج البرمجة الخطية التقليدى . وربما يشكل هذا الفرض عقبة قد تحول دون التوصل الى الحل الواقعى لمشكلـــة الترشيد عندما لا يتوافر لمعلومات النموذج المعرفة التامة بما سيكون عليـــه المستقبل . مما قد يجعل اتخاذ القرار ينطوى على قدر كبير من مخاطر عـــدم التأكد . كما أن كلا من المحاولات التى بذلت لتحسين نوعية ما يتخذ مـــن قرارات وفقا للنماذج اليقينية (التى تستند الى فرض التأكد) فى ظروف عـــدم التأكد والمحاولات التى تعتمد على مقاييس نظرية المباراة Game Theory لم تستطع تقديم التحليل السليم لمخاطر عدم التأكد . وذلك اما لتعذر التطبيق العملى لبعض المحاولات خاصة عندما تتعدد متغيرات النموذج التى يحيـــط بها مخاطر عدم التأكد أو بسبب تركيز البعض الاخر من المحاولات على حالـــة

واحدة فقط من حالات الطبيعة مع تجاهل الحالات الأخرى حيث يفترض أن متخذ القرار اما أن يكون متفائلا تماما أو متشائماً تماما مما لا يسمح باعداد التحليل السليم لمخاطر عدم التأكد التى ينطوى عليها اتخاذ قرار الترشيد .

فى حين يستطيع نموذج البرمجة الخطية العددية فى ظروف عدم التأكد مع الاستعانة بمقاييس التشتت أن يقدم معالجة أكثر فاعلية لمشكلة عدم التأكد حيث يتم الاستعانة بنظرية الاحتمالات وطريقة القيمة المتوقعة عند استبدال المتغيرات التى تحيط بها مخاطر عدم التأكد بقيمتها المتوقعة . كما يمكن أيضا فى ظل هذا النموذج الذى تناوله البحث قياس درجة التشتت لمتغيرات النموذج حيث تتاح الفرصة أمام الادارة لتختار البدائل الاستثمارية التى تنطوى على قدر من المخاطر بما يتلائم مع ميولها ودرجة استعدادها لتحمل المخاطر حيث يمكن الأخذ فى الحسبان درجات تباين البدائل الاستثمارية عند اعداد النموذج عن طريق اضافة قيد يوضح درجة تباين كل استثمار وأيضا التباين الكلى المسموح به لما يتم اختياره من توليفة البدائل الاستثمارية المثلى .

٢ / ٤ مزايا الاسلوب المقترح وحدوده ومناقشته من خلال معوقات الترشيد

٢ / ٤ / ١ مزايا اسلوب البحث :

تتعدد مزايا أسلوب هذا البحث ، حيث لا تقتصر المزايا التى يمكن تحقيقها نتيجة للتطبيق العملى للأسلوب عند حد المعالجة الفعالة لكل من مشكلتى عدم القابلية للتجزئة (عندما يتعارض فرض القابلية للتجزئة مع طبيعة متغيرات المشكلة) وعدم التأكد (عندما لا يتوافر لمعلومات النموذج المعرفة التامة) بل تمتد مزايا الأسلوب لتشتمل على تلك المزايا التى يمكن لأسلوب البرمجة الخطية التقليدى أن يقدمها . فأسلوب البحث يعد امتدادا لأسلوب البرمجة الخطية ، لذا ، يحقق تطبيق أسلوب البحث تلك المزايا التى يحققها تطبيق أسلوب البرمجة الخطية التقليدى والتى أهمها :

أولا : تحقيق الاستخدام الأمثل للموارد .

تتمثل المشكلة الاساسية التى تناولها البحث فى كيفية تخصيص الموارد المحدودة على الاستخدامات غير المحدودة نسبيا بما يحقق الاستخدام الامثل للموارد المتاحة ،

أو ما يعرف بترشيد استخدامات رأس المال المستثمر في حالة الموارد المحـــدودة . ويمكن أن يتم هذا بصفة عامة عن طريق التأكد من أن الاستخدامات التي لم يتـــم تخصيص موارد لها ليست في النهاية أفضل من الاستخدامات المختارة فعـــلا . ويعني هذا ضرورة حصر مختلف البدائل الممكنة لاختيار أفضلها ، حيث تعتبـــر الاحاطة بتلك البدائل من أهم العوامل المطلوبة لاتخاذ القرار السليم ، فاتخـــاذ القرارات الخاطئة قد يرجع في كثير من الاحيان الى الفشل في رؤية البدائل الاخرى .

ويعد أسلوب البرمجة الخطية أحد الاساليب الكمية التي تبحث عن البديـــل الأمثل في ظل وجود عدد كبير من المتغيرات والعديد من العلاقات والعوامـــل المتشابكة والمعقدة (١) . حيث لا يقتصر هذا الاسلوب - شأنه في ذلك شـــأن الأساليب الكمية لبحوث العمليات - على البحث عن حل معين ، ولكن يشمل البحـــث عن مختلف الحلول الممكنة ثم اختيار أفضلها . لذا ، يعتبر الاسلوب أداة فعالـــة لترشيد استخدامات الموارد الاقتصادية على أفضل نحو بما يحقق في النهايـــة الاستخدام الامثل لها .

ثانيا : توفير الاساس الموضوعي لكثير من القرارات الادارية :

يعتبر أسلوب البرمجة الخطية أحد الاساليب الكمية التي تطبق منطق الاسلوب العلمي كطريقة للتفكير والتحقيق المنظم القائم على الدراسة المحكمة لعدد مـــن الافتراضات عن طبيعة العلاقات بين الظواهر بهدف التعرف على مدى صحتها ، كما ينطلق أسلوب البرمجة الخطية - كأسلوب علمي - من مفهوم النظام المتكامل حيث يـــرى المشكلة عبارة عن كل لا ينفصل (٢) . لذا ، يؤدي تطبيق الاسلوب الى اتاحة الفرصة لدراسة وتحليل المشكلة بمختلف أبعادها وجوانبها على أساس موضوعي (وليس عـــن طريق الخبرة الفردية أو الحكم الشخصي) مما يجعل النتائج التي يتم التوصل اليهـا

---

(١) - Robert J. Thierauf and Richard A. Grosse, Op.Cit., pp. 261-265.

(٢) د . علي السلمي ، مرجع سابق ، ص ١١٢ .

تتصف بالشمولية والموضوعية بدرجة عاليه . لذا ، يمثل أسلوب البرمجة الخطية الأساس الفعال لتحسين كفاءة القرارات الادارية بما يسهم فى تحقيق هدف (أو أهداف) المنظمة بكفاءة عالية .

ثالثا ـ مرونة الحل الرياضى .

قد تتأثر النتائج التى يتم التوصل اليها باستخدام أسلوب البرمجة الخطية نتيجة لما قد يطرأ على مدخلات النموذج من تغييرات . فقد تظهر الحاجة بعد التوصل الى الحل الأمثل الى اضافة قيد جديد لم يكن واردا عند تحضير المشكلة أو قد يكتشف ـ بعد الوصول الى الحل الأمثل ـ اغفال أحد المتغيرات أثناء تحضير المشكلة .

ويمكن باستخدام أسلوب البرمجة الخطية تعديل الحل الرياضى (اذا تطلب الأمر ذلك) لملاءمة التغييرات الجديدة التى قد تطرأ على بعض ثوابت النموذج سواء ما كان متعلقا بدالة الهدف أو القيود الهيكلية أو كليهما . ذلك أن "أسلوب البرمجة الخطية يحمل فى داخله بذور الاصلاح التى تشكل أداة لتهذيب ما قد يحوط استخدامه من شوائب" (١) .

ولتوضيح الاجراء الذى يتبع فى حالة الرغبة فى تعديل الحل الذى يتم التوصل اليه ـ لظهور بيانات جديدة ـ دون الحاجة الى اعادة حل المشكلة كلها مرة ثانية ، يفترض الاتى :

أ ـ بفرض أن الصياغة الرياضية لمشكلة برمجة خطية كانت كالاتى :

الهدف :

$ى = ٣س_١ + ٥س_٢$ ..... أكبر ما يمكن .

القيود :

$$س_١ \leq ٤$$

$$٣س_١ + ٢س_٢ \leq ١٨$$

$$س_١ ، س_٢ \geq صفر$$

(١) د . محمد عبد العزيز أبورمان ، مرجع سابق ، ص ٣٧٣ .

فان الجدول الاخير الذى يتضمن الحل الأمثل لهذه المشكلة يكون كالاتى :

جدول رقم (٥١)

٠	$س_3$	١	٠	١	٠	٤
٥	$س_2$	$\frac{3}{2}$	١	٠	$\frac{1}{2}$	٩
		$\frac{9}{2}$	٠	٠	$\frac{5}{2}$	٤٥

ب- ويفرض -أيضا - أن النموذج كان يجب أن يكون على صورته الاتية :

الهدف :

ى = ٣ $س_1$ + ٥ $س_2$ + ٧ $س_5$ ..... أكبر مايمكن

القيود :

$س_1$ + $س_5$ ≥ ٤

٣ $س_1$ + ٢ $س_2$ + ٢ $س_5$ ≥ ١٨

$س_1$ ، $س_2$ ، $س_5$ ≤ صفر

ويتطلب الأمر فى هذه الحالة تحديد ما اذا كان الحل الذى تم التوصل اليه مازال أمثل أو أن يتم التقدم (بدءا من الجدول الاخير) نحو الحل الامثل مع الاخذ فى الاعتبار المتغير الاضافى الجديد (١) . لذا ، يتكون الاجراء المتبع من الخطوات التالية :-

١ - يتم فى الخطوة الاولى تعديل قيم عمود المتغير الجديد ، وذلك بايجاد حاصل ضرب هذه القيم فى مصفوفة مقلوب الاساس كالاتى :

$$\begin{pmatrix} ١ & ٠ \\ \frac{1}{2} & ٠ \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} ١ \\ ٢ \end{pmatrix} = \begin{matrix} ١ \\ ١ \end{matrix}$$

(١) د . محمد عبد العزيز أبورمان ، مرجع سابق ، ص ٣٧٨ .

٢ - يتم فى الخطوة الثانية حساب ى ٥ - ر ٥ كالاتى :

(٠ ٥) ($\frac{١}{١}$) -٧ = -٢

وبما أن ى ٥ - ر ٥ سالبة ، اذن فالحل (بعد الأخذ فى الحسبان المتغير الجديد) الذى تم التوصل اليه لم يعد بالحل الامثل مما يتطلب ادراج القيم الجديدة لعمود المتغير الجديد بالجدول الاخير ثم المضى قدما نحو استخراج الحل الامثل الجديد .

٣ - يتم فى الخطوة الثالثة - بناء على ماسبق - ادراج القيم الجديدة لعمود المتغير الجديد بالجدول ثم التقدم بالحل خطوة (أو خطوات أخرى) حتى يتم التوصل الى الحل الامثل الجديد كالاتى :

جدول رقم (١١)

		٣ س ١	٥ س ٢	٠ س ٣	٠ س ٤	٧ س ٥	
٠	س ٣	١	٠	١	٠	١	٤
٥	س ٢	$\frac{٣}{٢}$	١	٠	$\frac{١}{٢}$	١	٩
		$\frac{٩}{٢}$	٠	٠	$\frac{٥}{٢}$	-٢	٤٥
٧	س ٥	١	٠	١	٠	١	٤
٥	س ٢	$\frac{١}{٢}$	١	-١	$\frac{١}{٢}$	٠	٥
		$\frac{١٣}{٢}$	٠	٢	$\frac{٩}{٢}$	٠	٥٣

٢ / ٤ / ٢ حدود اسلوب البحث

بالرغم من تعدد المزايا التى يحققها أسلوب البرمجة الخطية بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد ـ على اعتباره امتدادا لأسلوب البرمجة الخطية ـ الا أن الاسلوب ينطوى على بعض الحدود التى قد تشكل صعوبات عند القيام بتطبيقه على بعض المشكلات العملية . وتتمثل أهم الحدود التى ينطوى عليها الاسلوب فى الاتى :

أولا ـ فرض الخطية :

يفترض وفقا لنموذج البرمجة الخطية أنه يمكن التعبير عن المتغيرات المختلفة للمشكلة فى شكل علاقات خطية (أو مستقيمة) بسيطة .

وتستند الخطية الى عدد من الافتراضات الاقتصادية مثل افتراض وجود المنافسة الكاملة فى أسواق كل من السلع الاستهلاكية وعناصر الانتاج . ويعنى هذا افتراض ثبات أسعار كل من المنتجات النهائية ومستلزمات الانتاج . وتستند ـ أيضا ـ الخطية الى فرض ثبات غلة الحجم ، أى ثبات نسبة التغير فى مستوى الانتاج والتغير فى مستوى عناصر الانتاج . أى أنه يفترض ـ بناء على ماسبق ـ ثبات نسبة التغير فى كل من التكاليف والايرادات مع تغير مستوى الانتاج ، مما يترتب عليه ظهور كل من دالة الهدف والقيود الهيكلية فى شكل علاقات خطية بسيطة . (١)

ويعتبر فرض الخطية الذى يستند اليه نموذج البرمجة الخطية أحد الانتقادات الموجهة لأسلوب البرمجة الخطية ، ذلك أن علاقات دالة الهدف أو علاقات القيود الهيكلية (أو كليهما) لكثير من المشاكل العملية تكون غير خطية (٢) . أى أن فرض الخطية لا يعكس سوى جزء فقط من حقيقة الواقع ، مما قد يتطلب الاستعانه بأساليب أخرى . ويمكن لاسلوب البرمجة غير الخطية التعامل مع المشكلات التى تتميز

---

(١) -Eck R.D. ,Op.Cit.,p.58.

(٢) د . محمد على الليثى ، " مقدمة فى الاقتصاد الرياضى " ، (دار الجامعات المصرية ، الاسكندرية ، ١٩٦٨) ، ص ١٤٥ .

بوجود علاقات غير خطية بين متغيراتها (١) . كذلك يمكن لأسلوب البرمجة الحركية أن يأخذ فى الاعتبار العلاقات غير الخطية التى قد توجد بين متغيرات دالة الهدف أو القيود (أو كليهما) لمشكلات البرمجة (٢) .

أسلوب البرمجة غير الخطية Non-Linear Programming

يعتبر فرض عدم الخطية من أهم السمات التى يتميز بها أسلوب البرمجة غير الخطية عن سائر أساليب البرمجة الرياضية الأخرى . ويقصد بفرض عدم الخطية أنه يمكن التعبير عن العلاقات بدالة الهدف أو بالقيود (أو كليهما) فى شكل منحنيات ، وليس فى شكل خطوط مستقيمة كما هو عليه الحال بالنسبة لأسلوب البرمجة الخطية . لذلك يعرف أسلوب البرمجة الخطية بأنه أسلوب رياضى لمعالجة المشكلات التى تتميز بعدم الخطية فى القيود أو دالة الهدف أو كليهما (٣) .

ويتخذ نموذج البرمجة غير الخطية - فى شكله العام - الشكل الاتى : (٤)

الهدف :

ايجاد قيم كل من $س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ ، .... ، $س_ن$ التى تعظم الدالة .

$$ى = د (س_1 ، س_2 ، س_3 ، ..... ، س_ن)$$

بشرط أن :

$$ل_1 (س_1 ، س_2 ، س_3 ، ..... س_ن) \leq ك_1$$

$$ل_2 (س_1 ، س_2 ، س_3 ، ..... س_ن) \leq ك_2$$

.....

.....

$$ل_م (س_1 ، س_2 ، س_3 ، ..... ، س_ن) \leq ك_ع$$

$$س_1 ، س_2 ، س_3 ، ..... ، س_ن \geq صفر$$

---

(١) -Bierman, Bonini and Hausman, Op.Cit., p.247.

(٢) -Robert J. Thierauf and Richard A Grosse, Op.Cit., p.373.

(٣) - George B. Dantzing, Op.Cit., p.570.

(٤) - Paik C.M. , Op.Cit., p.119.

ويعكس فرض "عدم الخطية" حقيقة الواقع لكثير من المشكلات العملية ، وتقترب - من ثم - النتائج التى يتم التوصل اليها نتيجة تطبيق نموذج البرمجة غير الخطية من الواقع . غير أن أساليب البرمجة غير الخطية المتاحة محدودة للغاية ، كما أنها لا تتمتع بكفاءة حسابية عالية نتيجة لحداثة نظرية البرمجة غير الخطية (١). ويتطلب - من ثم - تطبيق نموذج البرمجة غير الخطية أن يكون حجم المشكلات محدودا نسبيا مما يجعل الاسلوب غير ملائم لحل كثير من المشكلات المعاصرة ذوات المتغيرات المتعددة والمتشابكة خاصة مشكلات ترشيد استخدامات رأس المال .

أسلوب البرمجة الحركية Dynamic Programming

تنقسم نماذج البرمجة الرياضية من حيث معالجة - أو عدم معالجة - عنصر الزمن داخل النموذج الى نوعين الأول يطلق عليه نماذج البرمجة الساكنة "Static Models" والثانى يطلق عليه نماذج البرمجة الحركية "Dynamic Models" . وتتعلق متغيرات النماذج الحركية بفترات زمنية مختلفة ، بينما تتعلق متغيرات النماذج الساكنة - عادة - بنفس الفترة الزمنية ، وهذا يمكن اعتبارها حالة محددة من النماذج الحركية (٢) .

وتختص نماذج البرمجة الحركية - أساسا - بالتعامل مع المشكلات التى يدخل عنصر الزمن ضمن متغيراتها ، أو ما يطلق عليها المشاكل متعددة المراحل "Multi-Stage Problems" حيث يهدف أسلوب البرمجة الحركية الى تعظيم دالة الهدف عن طريق تحديد سلسلة القرارات المثلى لمختلف مراحل المشكلة. ويعنى هذا أن أسلوب الحل يتطلب تجزئة المشكلة الاصلية الى مشكلات جزئية "Subproblems" أو مراحل متتابعة "Stages" ، ثم اتخاذ قرار فى كل مرحلة . لذلك يعرف أسلوب البرمجة الحركية على أنه أداة رياضية تهدف الى تعظيم

---

(١) -Lawrence L,Lapin,"Quantitative Methdos for Business Decisions",(Harcourt Broce Jovanovich Inc.N.Y., 1976),p.519.

(٢) د . محمد فخرى مكى ، مرجع سابق ، ص ١٥ .

نواتج القرارات متعددة المراحل (١) .

ويعتبر أسلوب البرمجة الحركية -من حيث المفهوم- أفضل أساليب البرمجة الرياضية ، حيث يستطيع أن يأخذ فى الحسبان كثيرا من العلاقات التى قد توجد بين المتغيرات التى تشتمل عليها المشكلة ، بما فى ذلك العلاقات غير الخطية(٢). غير أنه -من الناحية العملية- يفقد الاسلوب الكثير من مزاياه . فتطبيق نموذج البرمجة الحركية يتطلب أن يكون حجم المشكلة صغيرا نسبيا ، ذلك أن اتخاذ قرار فى مرحلة ما يتوقف -بدرجة كبيرة- على ما يتم التوصل اليه من نتائج قرارات المراحل السابقة ، ويعد هذا من أهم نواحى القصور فى نماذج البرمجة الحركية(٣). أى أن تشغيل بيانات مشكلة البرمجة الحركية يتطلب الاحتفاظ بنتائج المراحل السابقة حتى يمكن اتخاذ قرار المرحلة اللاحقة مما يؤدى الى ارهاق الحاسب واستغراق وقت طويل نسبيا للتشغيل بالاضافة الى ارتفاع تكلفة الحصول على الحل بدرجة عالية نسبيا مما قد يخلق عوائق خطيرة عند القيام بحل مشاكل البرمجة الحركية المتوسطة والضخمة الحجم (٤) . ويعلق فى هذا الصدد الاستاذ Harvey M. Wagner بقوله :

" اذا كانت هناك مشكلة برمجة تحتوى على (ن) من المتغيرات وأن كل متغير منها مقيد بأن يظهر فى الناتج النهائى للمشكلة اما بواحد صحيح أو أن تكون قيمته صفرا . فان الحلول الممكنة لهذه المشكلة تكون (٢ن) . واذا كانت ن = ١٠٠ وهى لا تعتبر مشكلة برمجة خطية كبيرة الحجم ، فان عدد الحلول الممكنة يتطلب اجراء عمليات حسابية تفوق طاقة أى حاسب اليكترونى متاح ، ومن ثم فان مدخل تعدد المراحل يتعذر تطبيقه اذا لم يكن عدد المتغيرات صغيرا جدا " (٥).

---

(١) - Hamdy,A.Taha," Operations Research,Am Itroduction", (The MacMillan Company,New York,1971,),p.19:

(٢) - Robert J. Thierauf and Richard A Grosse,op.cit,p.373

(٣) د . عبد الحى مرعى ، مرجع سابق ، ص ٢٧٦ .

(٤) - Hamdy A.Taha,Op.Cit.,p.214.

(٥) - Harvey M. Wagner,Op.Cit.,p.340.

وبالرغم من أن فرض الخطية قد لا يعكس تماما حقيقة الواقع لبعض المشكلات العملية . غير أنه يعتبر - من ناحية أولى - مجرد تقريب خطى لعلاقات غير خطية لغرض تيسير دراسة المشاكل الاقتصادية ، حيث يعتمد بناء وحل المشاكل الخطية على أبسط أشكال الدوال الرياضية . كما وجد عمليا أن كثيرا من المتغيرات الاقتصادية ليست حساسة جدا لمثل هذا التبسيط (١) كما أن - من ناحية أخرى - العلاقات بين المتغيرات التى تشتمل عليها المشكلة ، اذا لم تكن خطية بصفة مطلقة فانها فى الاغلب الاعم سوف تكون شبه خطية Semi Linear وفى هذه الحالة يظل أسلوب البرمجة الخطية قادرا على التعامل معها . أما فى الحالات التى تبدو فيها العلاقة غير خطية Non Linear فانه يمكن تحويلها - غالبا - الى شبه خطية ، حيث يمكن تقسيم الدالة غير الخطية الى أجزاء بحيث يمثل كل جزء منها خطا مستقيما (٢) . ويعنى هذا أنه يمكن - غالبا - التغلب على ماقد يتسبب فيه فرض الخطية من عقبات عند تطبيق النموذج عمليا . وهذا يعتبر أسلوب البرمجة الخطية الأفضل عمليا اذا ماقورن بأساليب البرمجة الرياضية الاخرى خاصة وأن الأسلوب يتمتع بكفاءة حسابية عالية ربما لا تتوافر لأساليب البرمجة الرياضية الأخرى . مما يجعله قادرا على التعامل بكفاءة عالية مع الكثير من المشاكل العملية الضخمة لا سيما مشاكل ترشيد استخدامات رأس المال المستثمر فى حالة الموارد المحدودة .

---

(١) د . محمد فخرى مكى ، مرجع سابق ، ص ١٣ .

(٢) د . محمد عبد العزيز ابورمان ، مرجع سابق ، ص ٧٠ .

ثانيا ـ مشكلة الاعتلال :

من المعلوم ـ عند تطبيق طريقة السمبلكس ـ أن تحديد المتغير المرشح للخروج يتم على أساس اختيار المتغير ذى خارج القسمة الأصغر . أما فى حالة تطابق أكثر من متغير ـ وفقا لمعيار الترشيح للخروج ـ فان اختيار أحدهما للخروج سوف يؤدى الى ظهور باقى المتغيرات التى حدث التطابق بالنسبة لها فى الحل الجديد بمستوى صفر . ويعنى هذا ضرورة دخول المتغير الجديد ـ عندما يوصى صف اختيار المثالية باستمرار الحل ـ بمستوى صفر تحقيقا لقيد عدم السلبية . ذلك أن دخول المتغير الجديد فى الحل بأى قيمة موجبة يدفع واحدا أو أكثر من المتغيرات فى الحل لتصبح سالبة . وبناء على ماسبق فان الانتقال من الحل السابق الى الحل الحالى لن يؤدى الى أى تغيير فى قيمة دالة الهدف وهذا ما يطلق عليه مشكلة الاعتلال "Degneracy" (١) .

ويمكن الاستعانة ببيانات الجدول التالى للتعرف على هذه المشكلة :

جدول رقم (١٢)

		٣ س١	٥ س٢	٠ س٣	٠ س٤	٠ س٥	
٠	س٣	١	٠	١	٠	٠	٤
٠	س٤	٠	١	٠	١	٠	٦
٠	س٥	٣	٢	٠	٠	١	١٢
ى ط ـ ر ط		٣-	٥-	٠	٠	٠	٠

(١) د . محمد عبد العزيز أبورمان ، مرجع سابق ، ص ٢٨٥ .

يتضح من الجدول السابق أن المتغير المرشح للدخول هو $س_{٢}$. أما بالنسبة للمتغير المرشح للخروج فيوجد أحد اختيارين : $س_{٤}$ أو $س_{٥}$ حيث يتساوى خارج القسمة فى قيمته الدنيا بالنسبة لكليهما . أى ان كلا المتغيرين سوف يصلان الى الصفر معا عندما تزداد قيمة المتغير $س_{٢}$ الى ست وحدات وعلى ذلك اذا تم اختيار ـ فرضا ـ $س_{٤}$ ليخرج من الحل فيكون الجدول الجديد كالاتى :

جدول رقم (١٣)

	$س_{١}$	$س_{٢}$	$س_{٣}$	$س_{٤}$	$س_{٥}$	
$س_{٣}$	١	٠	١	٠	١	٤
$س_{٢}$	٠	١	٠	١	٠	٦
$س_{٥}$	٣	٠	٠	ـ ٢	١	٠
ى ط ـ ر ط	ـ ٣	٠	٠	٥	٠	٣٠

وكما هو واضح من الجدول السابق لم يتحقق الحل الامثل حيث تظهر قيمة سالبة فى صف اختبار المثالية . ويعتبر المتغير المرشح للدخول هو $س_{١}$. غير أن دخول المتغير $س_{١}$ فى الحل بأى قيمة موجبة سيترتب عليه ظهور المتغير $س_{٥}$ بقيمة سالبة مما يتعارض مع قيد عدم السلبية . لذا ، لابد أن يدخل $س_{١}$ فى الحل بقيمة مساوية للصفر . أى أن $س_{٥}$ سيخرج ليدخل بدلا منه $س_{١}$ ويكون الجدول الجديد كالاتى :

جدول رقم (١٤)

		٣ س١	٥ س٢	٠ س٣	٠ س٤	٠ س٥	
٠	س٣	٠	٠	١	٢/٣	-١/٣	٤
٥	س٢	٠	١	٠	١	٠	٦
٣	س١	١	٠	٠	-٢/٣	١/٣	٠
ى ط-ر ط		٠	٠	٠	٣	١	٣٠

ويلاحظ على الجدول الجديد أن دخول المتغير س١ بقيمة مساوية للصفر لم يؤد الى أى تغيير فى قيمة ى (قيمة دالة الهدف) . لذا ، يوصف الحل فى هذه الحالة بأنه معتل Degenerate أو ما يطلق عليه فى بعض الحالات انتكاس الحل .

كما يمكن أن تدخل خطوات حل المشكلة - فى بعض حالات الاعتلال - فى حلقات دائرية تتكرر فيها نفس المجموعة من المتغيرات التى سبق اختفاؤها وبهذا تتكرر خطوات الحل دوريا دون أن تطرأ زيادة ما على قيمة دالة الهدف وهو ما يطلق عليه ظاهرة الارتداد الدائرى "Cycling" .

غير أنه يمكن معالجة مواقف الاعتلال أو الدائرية التى قد تظهر بعدة طرق مختلفة . حيث تتوافر لغالبية الحاسبات الالكترونية - عادة - القدرة على معالجة مثل هذه المواقف تلقائيا دون الحاجة الى برمجتها مباشرة فى النموذج [1] . ومن

---

(1) " Hayhurst F." Mathematical Programming Management and Business", (Arnold E., London, 1976), p.12.

الطرق المستخدمة لمعالجة حالات الاعتلال أو حالات دائرية الحل ، استخدام فكرة النهايات واعطاء المتغيرات الاساسية التى تساوى الصفر فى عمود الثوابت قيما ضئيلة للغاية وجعلها تقترب من الصفر وان كانت ليست صفرا . ويمكن أيضا استخدام طريقة التحريف لتشارنز "Charanes Purturbation Method" وطريقة السمبلكس المعممة "The Generalized Simplex Method"

ويمكن تلخيص الناحية الاجرائية لهاتين الطريقتين فى الاتى :-

فى كل صف من الصفوف التى حدث فيها التطابق يتم قسمة الارقام الموجودة فى نفس الصف فى أعمدة المتغيرات الاضافية أولا (ثم الاعمدة الاصلية ان استلزم الامر) على الرقم الاساسى فى هذا الصف ، وتجرى عملية المقارنة عقب اجراء كل من عمليات القسمة هذه ويستمر فيها حتى تتكسر حدة التطابق فنختار للخروج ذلك الصف الذى حدث فيه أقل خارج للقسمة (١) .

كما يعلق الدكتور محمد عبد العزيز أبورمان على مشكلة الارتداد (دائرية الحل) بقوله : "ان الخوف من حدوث الارتداد فى حالة كون المشكلة معتلة انما هو خوف لا محل له من الناحية العملية . فالواقع أن الخبرة الطويلة فى التعامل مع الآلاف المؤلفة من مشكلات البرمجة الخطية فى الحياة العملية أوضحت أن كل مشكلة تقريبا تتصف بالاعتلال فى مرحلة ما من مراحل حلها . وعلى الرغم من ذلك فلم تحدث حتى الان حالة ارتداد واحدة . كل المعروف حتى الان عن المواقف التى حدث فيها ارتداد هما حالتين تم اعدادهما أكاديميا لأغراض بيداجوجية بحتة .

---

(١) لمزيد من التفاصيل عن الطرق المستخدمة لعلاج الاعتلال والارتداد يمكن الرجوع الى :

-Gupta P.and Hlira D.,"Operations Researdh",(Chand and Co.,New-Delhi,1979),p.62

-Ibid,p.80.

- د . محمد عبد العزيز أبورمان ، مرجع سابق ، ص ص ٣٠٠ - ٣٠٦ .

ولقد قام باعداد احدى هاتين الحالتين بيل Beal
أما الحالة الاخرى فقد قام باعدادها Hoffman

وفيما عدا هاتين الحالتين فيبدو أن الارتداد ظاهـــــرة نادرة جدا في الحياة العمليـة حتى أن معظم برامـــــج الحاسبات الالكترونية لحل مشكلات البرمجة الخطيـــــة لا تعيرها اهتماماً (١) .

يتضح ـ اذن ـ مما سبق أن مشكلة الاعتلال لا تشكل عائقا أمام تطبيـــــق الاسلوب كأداة ترشيدية هامة معاصرة لكثير من القرارات الادارية . ولا تؤثر ـ من ثم ـ هذه المشكلة على فاعلية الدور الذى يؤديه الاسلوب لتحسين نوعية ما يتخـذ من قرارات .

---

(١) المرجع السابق ، ص ٣٠٠ .

ثالثا : تعدد الأهداف فى مشكلة البرمجة :

تعتبر دالة الهدف أو التفضيل لنموذج البرمجة الخطية العددية فى ظروف عدم التأكد (على اعتباره امتدادا لنموذج البرمجة الخطية المعتادة) معيار أو أساس ايجاد الحل الأمثل للمشكلة الذى يتمثل فى النهاية فى ايجاد الحد الأقصى أو الحد الأدنى لمتغيرات دالة الهدف . أى أن دالة الهدف بطبيعتها أحادية البعد حيث أنها ذات قدرة على التعبير عن هدف واحد للمشكلة . غير أن المنظمة قد تواجه ببعض المشاكل التى تتضمن العديد من الاهداف أو ما يطلق عليه تعدد الأهداف فى مشكلة البرمجة " Multiple Objectives " مما يجعل الأسلوب قاصرا عن التعبير عما تصبوا اليه المنظمة من أهداف متعددة (١) . ذلك أنه - وفقا لهذا الأسلوب - يتم ترتيب أهداف المنظمة حسب أهميتها بحيث يتم اختيار أحدها ليكون الهدف الرئيسى واعتبار باقى الأهداف الأخرى أهدافا ثانوية . وتختص دالة الهدف بالتعبير عن الهدف الرئيسى وحده (وحده) . فى حين يتم التعبير عن الأهداف الثانوية فى صورة قيود تحدد مستويات اشباع معينة (دنيا أو قصوى) لكل من هذه الأهداف .

ويناسب أسلوب برمجة الأهداف " Gool Programming " المواقف التى تتميز . بوجود أهداف متعددة . حيث يدرج بدالة الهدف لنموذج برمجة الأهداف واحد أو أكثر من القيود الواردة فى المشكلة بحيث يصبح هذا القيد (أو مجموعة القيود) جزءا من الهدف . ومن ثم يعتبر اختيار مجموعة الأهداف متغيرا أيضا ضمن متغيرات دالة الهدف . لذا . يمتاز - من حيث المفهوم - هذا الأسلوب بقدرته على التعامل مع المواقف التى تتصف بتعدد الأهداف التى تعقد من عملية التخطيط . ومن ثم يمكنه مد متخذى القرارات بالآثار المحتملة نتيجة الاختيار بين مجموعة الاهداف . غير أنه - من الناحية العملية - ما زالت برامج الحاسبات الالكترونية لحل مشكلة برمجة الاهداف فى حاجة الى تطوير لجعلها أكثر فاعلية من الناحية الحسابية . كما أن الصورة التى تبدو عليها دالة الهدف (لمشكلة برمجة الأهداف) ما زالت فى حاجة الى اعادة التعبير عنها فى شكل يسهل الاجراءات

---

(١) - ECK R.D.,Op .Cit., p. 57.

الحسابية للمشكلة . وحتى اذا أمكن التغلب على هذه المشكلات فان المعلومات المحاسبية التى يمكن اشتقاقها من نموذج برمجة الأهداف مازالت محدودة جدا . فالمعلومات التى يمكن اشتقاقها من هذا البرنامج تعد غير صالحة لأغراض التحليل الحدى الذى صار أساسا لدراسات محاسبية عديدة .(١)

ويظل - بناء على ما سبق - أسلوب البرمجة العددية فى ظل ظروف عدم التأكد الأسلوب الأقوى من الناحية النظرية والعملية نظرا للكفاءة الحسابية العالية التى يتمتع بها الأسلوب مما جعله يحقق نجاحا كبيرا فى مختلف الميادين ... كما أنه بمقارنة مزايا الأسلوب وما ينطوى عليه من قيود يتضح أن مزاياه تفوق حدوده (٢).

---

(١) د. محمد عبد العزيز أبورمان ، مرجع سابق ، ص ص ٥٨٠ - ٥٩٣ .

(٢) - Robert j. Thierauf and Richard A Grosse,Op.,Cit. ,p. 265

٢ / ٤ / ٣ مناقشة أسلوب البحث من خلال معوقات (مشاكل) الترشيد :

قد يبدو من المناسب مناقشة الاسلوب الذى تناوله هذا البحث من خلال معوقات الترشيد التى تطرق لها الباحث فى الباب الاول للوقوف على مدى مساهمة الاسلوب فى تحقيق الترشيد السليم لاستخداماث رأس المال فى حالة الموارد المحدوده على النحو التالى :

أولا - عدم قابلية بعض الاستثمارات للتجزئه :

قد يؤدى السعى وراء تحقيق أعظم منفعه على استخدامات الموارد المتاحة المحدودة الى ظهور قيم كسرية لبعض أو كل متغيرات المشكلة ضمن الحل النهائى لها . غير أن هذا الحل النهائى للمشكلة ربما لا يتصف بالامثلية وذلك فى حالة تعارض هذه القيم الكسريه (التى يتضمنها الناتج النهائى) مع طبيعة بعض أو كل متغيرات المشكله ، حيث قد يتعذر التطبيق العملى للحل الذى يتم التوصل اليه . ويعد عدم قابلية بعض الاستثمارات للتجزئه (فى مجال ترشيد الانفاق الاستثمارى) أحد المعوقات المهمة لمشكلة الترشيد . فقد تتعارض طبيعة بعض الاستثمارات مع عملية التجزئة ، حيث يكون من غير المقبول عمليا تنفيذ أجزاء من مشروعات استثمارية ومن ثم لا يكون من المستساغ فى هذه الحاله ظهور قيم كسرية لمشروعات استثمارية ضمن الحل النهائى لمشكلة الترشيد . ويتطلب الامر - حينئذ - اما أن يتم اختيار الاستثمار كاملا أو يرفض بالكامل .

ولقد حاول المدخل التقليدى (الذى تطرق اليه الباحث من خلال الباب الاول) التغلب على هذه العقبة أثناء قيامه بترشيد الانفاق الاستثمارى عن طريق اختيار استثمارات كاملة استنادا الى ترتيبها التنازلى وفقا لمعيار أفضلية معين حتى تستنفذ الاموال المخصصة للانفاق الاستثمارى . ويمتاز الاجراء الذى قدمه المدخل التقليدى (لمعالجة عدم القابلية للتجزئة) بالسهولة ، كما أنه يضمن عدم ادراج أجزاء من استثمارات ضمن التشكيلة المختاره . غير أن هذا الاجراء ربما لا تتحقق معه المعالجة الفعاله للمشكلة مما قد يؤثر فى النهاية على أمثلية الحل

الذى يقدمه المدخل التقليدى ، حيث تتم عملية تقييم الاستثمارات والمفاضلة بينها على أساس تقييم كل استثمار على حده (بمفرده) وليس على أساس المفاضلة بين توليفات استثمارية ، مما يجعل عملية الترشيد تفقد تكاملها وترابطها بما لا يضمن فى النهاية أن تكون التوليفه المختاره (وفقا للاجراء التقليدى) هى التوليفة المثلى .

ولقد نجح أسلوب البرمجه الخطيه فى توفير النظره الشاملة لعملية الترشيد مما يجعلها تحتفظ بتكاملها وترابطها . ان أسلوب البرمجة الخطيه يقوم بحصر مختلف التوليفات الاستثمارية البديله (التى تمثل حلولا ممكنه) ثم يفاضل بينها لاختيار أفضلها مما يجعل الحل الذى يقدمه النموذج يتصف بالامثلية . غير أن اسلوب البرمجة يستند الى فرض قابلية المتغيرات للتجزئة . ويعنى هذا السماح بظهور قيم كسريه لبعض أو كل متغيرات المشكلة مما قد يحد من فاعلية الاسلوب عندما يتعارض ذلك مع طبيعة متغيرات المشكلة المراد حلها . كما أن طريقة تقريب الحل الكسرى ربما لا تحقق المعالجة الفعاله لمشكلة القيم الكسرية غير المرغوب فيها . حيث قد يترتب على التقريب اما تجاوز بعض القيود الهيكلية أو أن يصبح الحل الامثل الكسرى بعد تقريبه غير أمثل ، وفى ذات الوقت قد يتعذر اختبار مختلف الحلول غير الكسرية الاخرى للتأكد من أنه ليس هناك حل غير كسرى آخر أفضل من الحل الذى تقدمه طريقة التقريب .

فى حين يمكن لاسلوب البرمجة الخطيه العددية (البرمجه الخطية بوحدات صحيحة) أن يتعامل مع المشكلات التى تتعارض طبيعة بعض أو كل متغيراتها مع عملية التجزئه حيث يدرج بالنموذج قيد عدم الكسرية (قيد العددية) . ان وجود قيد العددية ضمن مجموعة قيود النموذج يضمن عدم ظهور أى قيم كسرية يكون من غير المرغوب فيه ظهورها ضمن الحل النهائى للمشكلة ، حيث يؤدى اضافة قيد عدم الكسرية الى انكماش منطقة الحلول الممكنه (الحلول الصحيحة والحلول الكسرية) لتقتصر منطقة الحلول الممكنة على الحلول الصحيحة فقط واستبعاد الحلول الممكنة الكسرية . ويعنى هذا أن عملية المفاضله سوف تتم بين توليفات استثمارية بديلة وكل توليفة تشتمل على مجموعة من الاستثمارات الكاملة

(وحدات صحيحة) . لذا ، لا تظهر أى قيم كسرية (عندما يكون من غير المرغوب فيه ظهور أجزاء من مشروعات استثمارية) لمتغيرات مشكلة الترشيد ضمن الحل الامثل للمشكلة .

ثانيا - تعدد القيود المفروضة على الموارد .

يتطلب - غالبا - تنفيذ مجموعة البدائل الاستثمارية توافر العديد من عناصر الانتاج مثل رؤوس الاموال والعماله والخامات . . . . الخ . كما أنه قد يستغرق تنفيذ الاستثمارات أكثر من فتره ماليه . وتنشأ فى هذه الحاله مشكلة تعدد القيود المفروضة على الموارد . وتضع هذه المشكلة عقبة تؤدى الى تعقد عملية ترشيد رأس المال ، حيث يتطلب الامر اختيار توليفة البدائل الاستثمارية التى لا تؤدى الى تجاوز القدر المتاح من كل عنصر فى كل فترة ماليه .

ولقد حاول المدخل التقليدى التغلب على هذه العقبه عن طريق التأكد بعد كل عملية اختيار للبدائل الاستثمارية (وفقا لترتيبها التنازلى) من أن اختيار الاستثمار لم يؤد الى تجاوز أى من القيود المفروضة على الموارد . وغير خاف مدى الصعوبات والتعقيدات الحسابيه التى قد تصل الى حد يتعذر معه القيام بها عمليا عندما يتزايد عدد المتغيرات والقيود (كما هو الحال بالنسبه لكثير من المشكلات العملية) ليصل فى بعض الحالات الى العشرات بل والمئات .

فى حين يستطيع أسلوب البرمجة الخطية (والذى يعد أسلوب البحث امتدادا له) أن يأخذ فى الاعتبار عند اعداد النموذج كافة المتغيرات والقيود والعلاقات والتعبير عنها فى شكل متباينات أو معادلات بما يحقق فى النهاية الحل الامثل للمشكلة بكفاءة حسابيه عاليه .

ثالثا : مشكلة العلاقات التى قد توجد بين الاستثمارات .

قد يرجع عدم استقلال المشروعات الاستثمارية الى وجود علاقات ارتباط أو تعارض بينها . كما ان عدم الاستقلال قد يكون متعلق بالناحية الاقتصادية

أو الناحية الفنية أو الناحية الاحصائية . ويشكل عدم استقلال الاستثمارات أحد المعوقات الرئيسية أمام القائمين بعملية الترشيد ، حيث قد يؤدى تجاهل ماقد يوجد بين الاستثمارات من علاقات الى خلق صعوبات عند التنفيذ كما فى حالة ادراج مشروعين متعارضين اقتصاديا ضمن توليفه استثمارية واحدة أو عدم ادراج مشروعين استثماريين يوجد بينهما علاقة ارتباط فنى فى توليفه واحده .

وقد حاول المدخل التقليدى التغلب على هذه المشكلة عند تقييم الاستثمارات والمفاضله بينها عن طريق تصفية ماقد يوجد بين الاستثمارات من علاقات . فيتم فى حالة وجود علاقة التعارض مثلا المفاضله بين الاستثمارات المتعارضه (وفقا لمعيار أفضلية معين) لاختيار أفضلها واستبعاد البدائل الاخرى ثم يدرج الاستثمار (الذى تم اختياره) بقائمة الاستثمارات وفقا لترتيبه التنازلى . كما يتم فى حالة وجود علاقة الارتباط ادماج الاستثمارات المرتبطة مع بعضها البعض بحيث تكون استثمارات مركبه ثم توضع فى ترتيبها التنازلى بالقائمة . غير أن هذا الاجراء التقليدى لم ينجح فى تقديم المعالجة الفعاله لمشكلة عدم استقلال الاستثمارات ، ذلك أن عملية التقييم والمفاضلة تتم على أساس كل استثمار على حده وليس على أساس المفاضله بين توليفات استثمارية . لذا ، لا يضمن هذا الاجراء التقليدى الحل الامثل للمشكلة .

ويمكن لاسلوب البرمجه الخطيه أن يأخذ فى الحسبان مختلف العلاقات التى قد توجد بين الاستثمارات عند اعداد النموذج فى شكل متباينات ، أى أن معالجة هذه المشكلة (عدم الاستقلال) تتم داخل النموذج كجزء متكامل مع المشكلة بجميع أبعادها وجوانبها وليس كجزء منفصل فى بداية حل المشكلة . غير أن أسلوب البرمجة الخطيه لا يضمن توفير المعالجة الفعالة لهذه العلاقات ضمن الناتج النهائى للمشكلة . فطالما كان من المسموح به وفقا لاسلوب البرمجة الخطيه ظهور قيم كسرية لبعض أو كل متغيرات المشكلة ، فليس هناك اذن ما يمنع ظهور (مثلا) أجزاء من استثمارات متعارضه لا تزيد فى

مجموعها على الواحد الصحيح . ولتوضيح ذلك يمكن الاستعانة بمثال مبسط كالاتى :

بفرض ان هناك (بين البدائل الاستثمارية التى يتم المفاضلة بينها) بديلين استثماريين متعارضين $س_1$ ، $س_2$ فانه وفقا لاسلوب البرمجة الخطية يمكن الاخذ فى الاعتبار هذه العلاقة عن طريق اضافة قيد يضمن عدم ظهور الاستثمارين معا كالاتى :

$$س_1 + س_2 \leq 1$$

غير أنه ليس هناك ما يمنع ظهور $س_1$ بقيمة تساوى $\frac{1}{2}$ وظهور $س_2$ بقيمة تساوى $\frac{1}{2}$ ومجموعهما معا لا يزيد على الواحد الصحيح . أى أن وجود القيد لم يمنع ظهور $س_1$ ، $س_2$ معا .

فى حين يمكن لاسلوب البرمجة الخطية العددية تقديم المعالجة الفعالة لهذه المشكلة نظرا لوجود قيد عدم الكسرية (قيد العددية) حيث يؤدى ادراج قيد العلاقة المتعارضة فى حالة البرمجة العددية الى الحصول على أحد الحلول الاتية :

$س_1$ = صفر	$س_2$ = ١
$س_1$ = ١	$س_2$ = صفر
$س_1$ = صفر	$س_2$ = صفر

ويعنى هذا الحصول (نتيجة وجود القيد) على أحد الحلول التالية : اما أن يتم اختيار $س_1$ بالكامل ورفض $س_2$ أو اختيار $س_2$ ورفض $س_1$ أو رفضهما معا .

رابعا : مشكلة عدم التأكد

تتعلق البيانات اللازمة لترشيد استخدامات رأس المال بالمستقبل حيث تعتبر مشكلة الترشيد من المشاكل التخطيطية طويلة الاجل ، لذا ، فهى تحتاج الى

تمهيد

اعداد تنبوءات تمتلا لآجال طويلة فى المستقبل . ويعنى هذا ـ أولا ـ أن البيانات اللازمة لاتخاذ القرار تكون غير معلومه على وجه اليقين كما يعنى ـ ثانيا ـ أن النتائج التى يتم التوصل اليها قد تبعد كثيرا عن الواقع. لذلك تعتبر مشكلة عدم التأكد من أهم وأخطر المشكلات التى تواجه القائم بعملية الترشيد .

وقد ركز المدخل التقليدى على ثلاثة مشكلات للترشيد (عدم القابلية للتجزئة ـ تعدد القيود على الموارد ـ عدم استقلال الاستثمارات عن بعضها) مما يعنى تجاهله لمشكلة عدم التأكد . لذا ، ينطوى قرار الترشيد الذى يستند الى المدخل التقليدى على قدر كبير من مخاطر عدم التأكد .

كما يفترض وفقا لاسلوب البرمجة الخطيه فى شكله التقليدى توافر المعرفة الكاملة بالمستقبل عند اعداد النموذج . غير أن هذا الفرض لا يعكس ـ غالبا ـ الواقع مما يجعل ما يتخذ من قرارات استنادا الى نموذج البرمجة الخطية فى شكله التقليدى ينطوى على قدر كبير من مخاطر عدم التأكد .

فى حين يعترف الاسلوب الذى تناوله هذا البحث بتوافر المعرفة الجزئية فقط لكثير من حقائق الكون . ومن ثم يأخذ الاسلوب فى الحسبان أثر مخاطر عدم التأكد على معلومات النموذج بشكل يسمح باعداد تحليل لمخاطر عدم التأكد ، حيث يتم الاستعانة بكل من نظرية الاحتمالات وطريقة القيمة المتوقعة لاستبدال معاملات المتغيرات العشوائية للنموذج (المعاملات التى يحيط بها عدم التأكد) بقيمها المتوقعة . كما يتم الاستعانة (فى ظل اسلوب البحث) بمقاييس التشتت لتحديد درجات تباين البدائل الاستثمارية ومن ثم توفير الاساس السليم عند المفاضلة بين البدائل الاستثمارية فى حالة تساوى قيمها المتوقعة كما يمكن أيضا التحكم فى درجة التباين الكلى للتوليفة التى يتم اختيارها عن طريق اضافة قيد للنموذج بحيث يتم اختيار البدائل الاستثمارية التى تحقق أفضل استخدام للموارد المتاحة على ألا تزيد درجات تباينها

عن درجة التباين التى يسمح بها متخذ القرار والتى يرى أنها تتناسب مع ميوله واستعداده لتحمل المخاطر .

يتضح -اذن -من خلال مناقشة الدور الذى يؤديه اسلوب البحث (أسلوب البرمجه الخطيه بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد) لمعالجة معوقات ترشيد استخدامات رأس المال المستثمر فى حالة الموارد المحدودة أن الاسلوب يسهم بدور فعال فى معالجة مختلف معوقات الترشيد على نحو أفضل من غيره من أساليب البرمجة من حيث المفهوم والتطبيق . لذا ، يعد الاسلوب (على اعتباره امتدادا لاسلوب البرمجة العددية) من أنجح المحاولات التى قدمت لحل مشكلة ترشيد استخدامات رأس المال بفاعلية كبيرة . (٢)

---

(١) Jamcs C.T. Mao, Op.Cit. 2p.228.