بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة القاهرة
كلية التجارة
قسم المحاسبة

سيادة الأستاذ الدكتور / عمرو غنايم ... حفظه الله
اسمحوا لى سيادتكم أن أهدى لكم هذه
النسخة من رسالة الدكتوراه .. متمنيا لسيادتكم
دوام التوفيق .. وتفضلوا سيادة الرئيس
بقبول وافر الاحترام والتقدير من مصر
الغالية .

محمد زكى عيد
١٩٨٧/١١/٢٥

١٥٠

استخدام أسلوب برمجة الأهداف لوحدات صحية لإعداد البرامج الاستثمارى فى ظروف عدم التأكد

بحث مقدم من :

محمد زكى عيد محمد
المدرس المساعد بكلية العلوم الإدارية - أكاديمية السادات

للحصول على درجة دكتور الفلسفة فى المحاسبة

اشراف

لفضيلة الأستاذ الدكتور / منير محمود سالم
أستاذ المحاسبة ووكيل الكلية

ومشاركة

لفضيلة الأستاذ الدكتور / محمد صبرى العطار
أستاذ المحاسبة بالكلية

كلية التجارة — جامعة القاهرة
١٩٨٧

الفصل الثاني

أسلوب برمجة الأهداف

٢/١ تمهيد

٢/١/١ أسلوب البرمجة الخطية.

٢/١/٢ معالجة مشكلة تعدد الأهداف في ظل دالة الهدف ذات البعد الأوحد.

٢/٢ برمجة البدائل الاستثمارية في ظل تعدد الأهداف

٢/٢/١ استخدام أسلوب برمجة الأهداف لمعالجة مشكلة تعدد الأهداف.

٢/٢/٢ تحليل التعارض بين الأهداف المتعددة ومعالجته في ظل نموذج برمجة الأهداف.

١/٢ تمهيـــــد :

شهدت السنوات الاخيرة اتجاها متزايدا من جانب المحاسبين نحو تطبيق الطريقة العلمية . والاعتماد على الاساليب الكمية والنماذج الرياضـــية لتوفير المعلومات الكمية المناسبة والملائمة لترشيد اتخاذ القرارات . ويعلق البعض فى هذا الصدد قائلا :

"ان من ابرز مظاهر التطور فى تطبيقات أساليب التحليل الكمى يتمثل فى استخدام هذه الاساليب لتطوير الطرق المحاسبيـــة التقليدية حتى يمكنها مد متخذى القرارات فى الوحـــدة المحاسبية ببيانات أكثر ملاءمة لنماذج اتخاذ القرارات التى يستخدمونها بصدد اتخاذهم القرارات الادارية الخاصـــة بالعمليات الخاضعة لتحكمهم (١)."

فالمناخ الذى يعمل من خلاله النظام المحاسبى - كنظام للمعلومات - يتسم بالتغير الدائم والتطورات السريعة . لذا كان لزاما على المحاسب أن يقوم بتطوير الادوات والاساليب المحاسبية ، وان يعمل على استحـــداث اساليب علمية أكثر فعالية للحفاظ على الدور المهم الذى يؤديه لمستخدمى البيانات المحاسبية ولاسيما ادارة المنظمة . ويعلق البعض أيضا فى هـــذا الصدد قائلا :

" يجب ان لا تعزل المحاسبة عن قوى التطور فى عالمنـــا ، فالتطورات التكنولوجية والرياضية والعملية فى حالة عمـــل مستمر للتأثير فى كل من نظريات وتطبيقات المحاسبة ". (٢)

وتعتبر اساليب بحوث العمليات أكثر الاساليب الكمية انتشارا فـــى مجال ترشيد القرارات الادارية ، الامر الذى تطلب ضرورة الملم المحاســـب

---

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

(٢) - Mattessich,Richard, "Accounting and Analytical Methods", (Homewood, Illinois Richard D.Unwin, Inc. 1964), P.3.

بالأساليب الكمية حتى يمكنه تلبية متطلبات بحوث العمليات والاستفادة منها في ذات الوقت لحل مشكلات الادارة من خلال منهج علمى منظم ومتكامل . ويعلق البعض فى هذا الصدد بقوله :

" ان المحاسب يمكن أن يساهم بصورة أفضل فى ترشيد الادارة عند اتخاذ القرارات اذا تفهم بحوث العمليات ومنهجها العلمى وتوسع الى ابعد من حدوده الحالية ".(١)

ويرجع انتشار واتساع تطبيق أساليب بحوث العمليات (فى الفترة الاخيرة) فى مجال ترشيد القرارات الادارية الى عدة مؤشرات أهمها :

أ ـ تزايد وتعقد المشكلات الادارية المعاصرة نتيجة للثورة الصناعية ، وظهور المشروعات الصناعية الضخمة وما صاحب ذلك من التوسع فى الميكنة والوسائل الالية ، وتقسيم العمل وتفويض السلطات . الامر الذى دفع ببعض العلماء والباحثين الى دراسة تلك المشكلات وايجاد أفضل الحلول لها باستخدام أساليب بحوث العمليات (٢).

ب ـ التطور الملموس فى أساليب التحليل المستخدمة فى المجال الاقتصادى مثل الاستعانة بالبرامج الخطية ، واساليب المحاكاة ، وصفوف الانتظار، وأساليب شبكات المسار الحرج ، وأسلوب " بيرت " وغيرها من الاساليب عند ترشيد اتخاذ القرارات الادارية .

ج ـ ظهور الحاسبات الالكترونية وانتشار استخدامها مما ترتب عليه امكانية انجاز الكثير من العمليات الحسابية المعقدة فى وقت قصير نسبيا ، مما شجع على استخدام بعض الاساليب الكمية المتقدمة التى لم يكن من الممكن التوسع فى استخدامها فى ظل التشغيل اليدوى للبيانات(٣).

---

(١) دكتور محمد صبرى العطار ، مرجع سابق ، ص ٣٩ .

(٢) المرجع السابق ، ص ٢٩

(٣) دكتور محمد فخرى مكى ، " نماذج البرامج الخطية فى التطبيق الاقتصادى" (مكتبة المدينة ـ الزقازيق ، ١٩٨٠) ، ص ٧

وتحقق أساليب بحوث العمليات النظرة الشاملة للمشكلة ، فيمكن باستخدامها القيام بدراسة المشكلة بمختلف جوانبها وأبعادها مما يساعد متخذ القرار على المفاضلة بين البدائل على اساس 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 مزيدا من المعلومات المناسبة لاتخاذ القرار .

وتعتبر مشكلة ترشيد الاستخدامات المختلفة للموارد المخصصة للانفاق الاستثمارى من المجالات المهمة التى يثمر فيها كثيرا تطبيق اساليب بحوث العمليات لاسيما اساليب البرمجة الرياضية (٤). فتطبيق اساليب البرمجة الرياضية يفيد كثيرا عندما تعجز الموارد المخصصة للانفاق الاستثمارى عن مواجهة متطلبات تنفيذ جميع المقترحات الاستثمارية المرغوب فيها اقتصاديا مما يتطلب ترشيد عملية تخصيص مثل هذه الموارد المحدودة نسبيا على استخداماتها غير المحدودة نسبيا ، ويتحقق ذلك عن طريق التأكد من أن الاستخدامات التى لم يتم تخصيص موارد لها ليست فى النهاية أفضل من

---

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

(٢) - *Wagner, Harvey M., "Principles of Operations Research with application to Managerial Decisions", (Prentice-Hall, N.Y., 1969), p.25*

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

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

الاستخدامات المختارة فعلا . ويمكن القول بأن أساليب بحوث العمليات - خاصة البرمجة الرياضية - تختص أساسا بالبحث عن الامثلية فى المجالات المختلفة (١).

وتنقسم أساليب البرمجة الرياضية الى ثلاثة اقسام أساسية هى : البرمجة الخطية ، والبرمجة غير الخطية ، والبرمجة الحركية . وعلى الرغم من أن أساليب البرمجة الرياضية بأنواعها الثلاثة تختص أساسا بالمشكلات ذوات الحلول البديلة لاختيار الحل الامثل من بينها لاسيما مشكلة ترشيد استخدامات الموارد المخصصة للانفاق الاستثمارى ، الا ان الباحث سوف يقصر تركيزه فى هذا البحث على أسلوب البرمجة الخطية فقط مع التعرض لاهم المحاولات التى بذلت لتطوير الاسلوب بما يجعله أداة أكثر فعالية عند ترشيد اتخاذ القرارات الادارية .

---

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

١/١/٢ أسلوب البرمجة الخطية :

يعد أسلوب البرمجة الخطية أكثر أساليب بحوث العمليات استخداما بعد أن ثبت نجاحه فى ايجاد الحل الفعال لكثير من المشكلات الادارية ذوات المتغيرات والقيود الكثيرة والمتشابكة . ويمكن تعريف اسلوب البرمجة الخطية - من الناحية الاقتصادية - على أنه طريقة لتوزيع الموارد الاقتصادية المحدودة بطريقة رشيدة لاشباع مجموعة من الاستخدامات المتنافسة فى ظل قيود معينة من أجل تحقيق هدف معين (١). فالاسلوب يختص أساسا بحل المشكلات التى ينطوى حلها على العديد من البدائل لاختيار البديل الامثل من بينها (٢). وعلى ذلك لا يقتصر الدور الذى يمكن أن يؤديه أسلوب البرمجة الخطية كوسيلة فنية من وسائل تحقيق التنمية الاقتصادية على مجرد ايجاد حلا معينا للمشكلة المراد حلها وانما يتضمن حصر مختلف الحلول الممكنة للمشكلة ثم تقييمها جميعا لاختيار افضلها وهو ما يعرف بالحل الامثل للمشكلة .

ويهدف نموذج البرمجة الخطية - كتعبير رياضى عن مجموعة من العلاقات التى تربط بين عددا 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 (٣). ويشتمل نموذج البرمجة الخطية على ثلاثة أركان أساسية أولهما دالة الهدف : وهى تمثل معيار التفضيل عند المفاضلة بين الحلول الممكنة للمشكلة تمهيدا لاختيار أفضلها . وثانيهما القيود الهيكلية : وهى مجموعة القيود التى تحد من الانطلاق اللانهائى فى تحقيق دالة الهدف . وثالثهما قيود عدم السلبية : وهى القيود التى تضمن عدم ظهور قيم سالبه لأى متغيرات فى الحل النهائى للمشكلة .

---

(١) - *Thierauf, Robert J. and Gross, Richard A., "Decisions Making through Operations Research", (John Wiley & Sons, Inc., 1970), p. 224.*

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

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

ويتخذ نموذج البرمجة الخطية ـ عند تطبيقه فى مجال ترشيد الموارد الاقتصادية المخصصة للانفاق الاستثمارى ـ الشكل التالى :(١)

١ ـ دالة الهدف :

تحقيق أقصى قيمة ممكنة للدالة :

$$ف = \sum_{ى=١}^{\bar{ى}} ف_ى س_ى$$

٢ ـ قيود الموارد :

$$\sum_{ن=١}^{ع} أ_{تى ر} س_ى \leq ك_{ت ر}$$

(ر = ١ ، ٢ ، ٣ ، ..... ، $\bar{ر}$)

٣ ـ قيد عدم السلبيـــة :

$$س_ى \geq صفـــر$$

---

(١) - *Clark,John J., Hindelang, Thomas J., and Prichard,Robert E., op.cit. p. 236.*

ـ يفترض فى الصياغة السابقة غياب مشكلة عدم قابلية بعض المقترحـــات الاستثمارية للتجزئة . ومن ثم لم يتضمن النموذج قيد العدوية (قيد عـــدم الكسرية) وهذا ما سيتطرق اليه الباحث بشىء من المناقشة والتحليل فى اجزاء تالية من هذا البحث ـ كما يفترض أن تكرار تنفيذ المقترح الاستثمارى(بمعنى ظهور بعض أو كل المتغيرات القرارية فى الناتج النهائى لحل المشكلة بقيـــم تزيد على الواحد الصحيح) أمر مرغوب فيه عمليا . ومن ثم لم يتضمن النموذج قيد الوحدة العليا وسوف يتناول الباحث كل ذلك بشىء من التفصيل خـــلال الاجزاء التالية من البحث.

حيث أن :

ف : ترمز لصافى القيمة الحالية لدالة الهدف . وهى تمثل صافى القيمة الحالية لتشكيلة البدائل الاستثمارية المثلى(١).

س ى : ترمز للنسبة التى يتم قبولها (قبول تنفيذها) من المشروع (ى).

ف ى : ترمز لصافى القيمة الحالية للمشروع (ى) .

أ ت ى ر: ترمز لمقدار الاحتياجات (أ) اللازمة من المورد (ت) خلال الفترة (ر) لتنفيذ النسبة التى يتم قبولها من المشروع (ى).

ك ت ر : ترمز للحد الاقصى المتاح (ك) من كل مورد (ت) من الموارد اللازمة للتنفيذ خلال كل فترة (ر) من الفترات التى يستغرقها تنفيذ ما يتم قبوله من مشروعات .

ويمكن حل المشكلة التى أشارها لورى وسافاج - عند مناقشتهما مشكلة الترشيد - بتطبيق اسلوب البرمجه الخطية عن طريق اعداد الصياغة الرياضية للمشكلة على النحو التالى :

١ - دالة الهدف : تحقيق اقصى قيمة ممكنة للدالة :

$$١٤ س + ١٧ س_{٢} + ١٧ س_{٣} + ١٥ س_{٤} + ٤٠ س_{٥} + ١٢ س_{٦} + ١٤ س_{٧} + ١٠ س_{٨} + ١٢ س_{٩}$$

٢ - القيود :

$$١٢ س_{١} + ٥٤ س_{٢} + ٦ س_{٣} + ٦ س_{٤} + ٣٠ س_{٥} + ٦ س_{٦} + ٤٨ س_{٧} + ٣٦ س_{٨} + ١٨ س_{٩} \leq ٥٠$$

(قيد التمويل فى العام الاول)

$$٣ س_{١} + ٧ س_{٢} + ٦ س_{٣} + ٢ س_{٤} + ٣٥ س_{٥} + ٦ س_{٦} + ٤ س_{٧} + ٣ س_{٨} + ٣ س_{٩} \leq ٣٢$$

(قيد التمويل فى العام الثانى)

٣- قيود الوحدة العليا :

$$س_{١}، س_{٢}، س_{٣}، س_{٤}، س_{٥}، س_{٦}، س_{٧}، س_{٨}، س_{٩} \leq ١$$

---

(١) يفترض ان معيار التفضيل والمفاضلة الذى يراه متخذ القرار مناسبا هو صافى القيمة الحالية.

(٢) المثال الذى اورده لورى وسافاج فى هذا الصدد والذى يتم حله حاليا باستخدام البرمجة الخطية ورد فى الفصل الاول من هذا البحث ص/٣١.

٤ - قيود عدم السلبية :

س١ ، س٢ ، س٣ ، س٤ ، س٥ ، س٦ ، س٧ ، س٨ ، س٩ ≤ صفر

ويتمثل الحل الامثل لهذه المشكلة فى قبول التنفيذ الكامل (١٠٠/٠) للمشروعات س١ ، س٣ ، س٤ ، حين يوصى حل النموذج بقبول تنفيذ جزئين فقط من المشروعين س٦ ، س٧ مقدارهما ٩٧ /٠ ، ٤ر٥ /٠ على التوالى. ويتطلب تنفيذ هذه التشكيلة انفاق جميع المبالغ المخصصة للانفاق الاستثمارى بالفترتين ، وتحقيق أقصى صافى قيمة حالية وهو ٢٧٤ر٧٠

ويمتاز أسلوب البرمجة الخطية - كأسلوب لتوزيع الموارد النادرة على أفضل استخداماتها - بقدرة هائلة على التعامل مع كثير من المشكلات العملية الضخمة والمعقدة بكفاءة حسابية عالية . فاذا كان الاسلوب الذى افترضه لورى وسافاج لحل مشكلة الترشيد يستند الى مجموعة من الاجراءات التى يتطلب تنفيذها القيام بعمليات حسابية معقدة تحتاج الى جهد كبير يستغرق الكثير من الوقت حتى بالنسبة للمثال الذى أورداه ، فان حل ذات المثال بتطبيق نموذج البرمجة الخطية لا يستغرق سوى بضع ثوان من وقت الحاسب الالى(١). غير أنه - من ناحية أخرى - يفترض عند اعداد نموذج البرمجة الخطية وجودهدفا وحيدا محددا (كهدف تحقيق أقصى عائد ممكن ، أو هدف تحقيق أقل تكلفة) يسعى متخذ القرار لتحقيقه آخذا فى الحسبان كافة القيود المفروضة على الموارد المتاحة) . أو يفترض امكانية - وبسهولة - ترجمة الاهداف المتعددة والمتعارضة فى شكل نقدى ومن ثم امكانية ادراج جميع الاهداف فى دالة الهدف ذات البعد الاوحد(٢).

وفرض الهدف الاوحد الذى يستند اليه أسلوب البرمجة الخطية يتناسب كثيرا مع النظرية التقليدية لاعداد الموازنة الاستثمارية . ذلك أن تحقيق

---

(١) - *Ibid.* p. 238.

(٢) - *Keown, Arthur J. and Taylor, Bernard W., "A chance -constraind Goal Programming Model for Capital Budgeting in the Production Area", (Jrnl of the operational Research Society, U.K., V: 31-Jul. 1980), p.579.*

اقصى ثروة ممكنة للمساهمين يعد بمثابة الهدف الاوحد لهذه النظرية ، الامر الذى جعل من النظرية الاقتصادية الكلاسيكية مناخا ملائما لتطبيق نموذج البرمجة الخطية (١) .

وعلى ان هدف تحقيق اقصى ربحية ممكنة - كهدف وحيد للمنشأة وفقا للنظرية الاقتصادية الكلاسيكية - قد ساد لفترة طويلة (ليس فقط لكونه مقياسا لنجاح المنشأة فى زيادة المكاسب الخاصة لاصحابها ، وانما لكونه أيضا مؤشرا لمساهمة تلك المنشأة فى تحقيق الكفاءة الاقتصادية للمجتمع) ، الا أن هذا الهدف الاوحد يعتبر محدودا للغاية سواء من الناحية النظرية أو من الناحية العملية (٢) . حيث يرى كثير من الكتاب فى السنوات الاخيرة أن هدف تحقيق أقصى ربح ليس بالهدف الاوحد للمنشأة . فالمنشأة قد تعطى أولويات أكبر للاهداف غير الاقتصادية أو قد تسعى الى تحقيق أقصى ربح فى نفس الوقت الذى تسعى فيه الى تحقيق أهدافا غير اقتصادية مثل التركيز على المسئوليات الاجتماعية والمساهمة فى خدمة المجتمع والعلاقات العامة . كما أن بعض تلك الاهداف قد يتعارض مع بعضه البعض . وسواء كان ظهور تلك الاهداف واعتناقها نتيجة ضغوط من خارج المنشأة أو نتيجة رغبة الادارة ذاتها فان الحقيقة هى أن الاهداف غير الاقتصادية قائمة وموجودة وتكتسب أهمية تتزايد يوما بعد الآخر (٣) .

٢/١/٢ معالجة مشكلة تعدد الاهداف فى ظل دالة الهدف ذات البعد الاوحد :

يمكن ايجاز أهم المحاولات التى اقترحت لمعالجة مشكلة تعدد الاهداف من خلال نموذج البرمجة الخطية فى اجرائين اساسيين أولهما : يتمثل فى التعبير عن الهدف الرئيسى (من وجهة نظر متخذ القرار) من خلال دالة الهدف

(١) *Ibid, P.579*

(٢) يمكن الرجوع على سبيل المثال الى:

أ) *Bhaskar, K., op.cit., p.28*

ب) *Amey, L.R., " The Efficiency of Business Enterprises", (George Allen and Unwin Ltd., London, 1969), pp. 153-160.*

ج) *Ronald, N.M., "Efficiency in Government Through Systems Analysis", (Rand Corporation, John Wiley & Sons Inc., N.Y., 1966), p.131*

(٣) دكتور محمد صبرى العطار ، مرجع سابق ، ص ١٧٨ .

بينما يتم التعبير عن الاهداف الثانوية (من وجهة نظر متخذ القرار أيضا) فى صورة قيود والتى قد تتخذ صورة الحدود الدنيا أو الحدود القصوى أو كلاهما حسب طبيعة هذه الاهداف . فعلى سبيل المثال قد يكون الهدف الرئيسى تحقيق أقصى صافى قيمة حالية ممكن ، ويكون تحقيق حد أدنى من الايرادات هدفا ثانويا . أو يكون الهدف الرئيسى تحقيق اقصى ايراد ممكن باعتباره المؤشر الدال على نصيب المنشأة من السوق الكلية ، وفى هذه الحالة فان تحقيق حد أدنى من الفائض سوف يكون هدفا ثانويا يعبر عنه فى صلب مجموعة القيود الواردة فى المشكلة . أو يكون الهدف الرئيسى هو تحقيق اقصى فائض ممكن مع ضرورة انتاج حد أدنى من واحد أو أكثر من منتجات بعينها ، نتيجة الارتباط بعقود مسبقة أو لأن هذه المجموعة من المنتجات من الاصناف الشعبية التى تلتزم الدولة بتوفير كميات معينة منها أو غير ذلك من الاسباب . أو يكون الهدف الرئيسى هو تحقيق أدنى مستوى تكلفة ممكن مع الالتزام بتحقيق بعض خصائص معينة فى المنتج أو مجموعة المنتجات كأهداف ثانوية (١). وفى جميع هذه الاحوال يتم التعبير عن الهدف الرئيسى فى دالة الهدف ، ويتم التعبير عن الهدف الثانوى (أو مجموعة الاهداف الثانوية) فى صورة قيود تحدد الحدود الدنيا أو الحدود القصوى أو الاثنين معا لهذه الاهداف الثانوية .

فلو فرض أن متخذ القرار الاستثمارى يواجه بأربع مشروعات استثمارية (ولتكن $س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ ، $س_4$) كل منها مرغوب فيه اقتصاديا ، غير أن الموارد المخصصة للانفاق الاستثمارى تكفى لتنفيذ مشروعا واحدا فقط . وبفرض أن متخذ القرار يرغب فى تحقيق أقصى ربحية ممكنة وفى ذات الوقت يرغب فى تحقيق حد أدنى من النمو وليكن(٤) . وبفرض أيضا أنه أمكن تلخيص بيانات هذه الحالة المفترضة فى الجدول رقم (٧) كالاتى :(٢)

---

(١) دكتور محمد عبد العزيز ابو رمان ، " البرمجة الخطية ـ النظرية والتطبيق" ، (دار النهضة العربية ، القاهرة ، ١٩٨٠) ، ص ص ٥٧٦ ـ ٥٧٧ .

(٢) يعكس هذا المثال الرقمى المبسط الرسم البيانى الذى اورده الباحث فى الفصل الاول من هذا البحث ص (٨) لتوضيح التعارض بين هدفى الربحية والنمو. فعلى سبيل المثال يعكس كل من المشروعين ($س_1$) ، ($س_4$) حالتين متطرفتين لتحقيق كلا الهدفين ـ حيث يحقق ($س_1$) أقصى ربحية بينما يحقق ($س_4$) أقصى نمو. ويتارجح المشروعان ($س_2$) ، ($س_3$) بين الحالتين المتطرفتين .

المشروعـــات	$س_1$	$س_2$	$س_3$	$س_4$
هدف الربحـــية	٥	٤	٣	٢
هدف النمـــــو	١	٤	١٠	١٢

جـــدول رقم (٧)

فى ضوء بيانات المثال المبسط السابق يمكن اعداد نموذج البرمجـــة الخطية على النحو التالى :

١ - دالة الهـــدف :

المطلوب تحقيق اقصى قيمة حالية للدالـة :

$ف = ٥ س_1 + ٤ س_2 + ٣ س_3 + ٢ س_4$

٢ - القيـــــود :

$س_1 + س_2 + س_3 + س_4 \leq ١$ (قيد التعارض بين المشروعـــات)

$س_1 + ٤ س_2 + ١٠ س_3 + ١٢ س_4 \leq ٤$ (قيد هدف النمـــــــو)

٣ - قيد عدم السلبيـــة :

$س_1 ، س_2 ، س_3 ، س_4 \geq$ صفـر

ويتمثل حل المشكلة فى قبول تنفيذ المشروع الاستثمارى $س_2$ بالكامل .

ان معالجة الاهداف المتعددة ضمن قيود نموذج البرمجة الخطية يعنى أن الاهداف التى أدرجت ضمن القيود لها أولوية مطلقة على الهدف الوحيد الذى تم التعبير عنه فى دالة الهدف . كما يفترض أيضا أثناء معالجة مشكلة تعـــدد الاهداف أن جميع الاهداف المدرجة ضمن القيود متساوية فى الاهمية . كما أن هذا الاجراء يفشل فى تحقيق المواءمة بين الاهداف المتعارضة ومن ثم لا يمكنه تحقيق مستويات مرضية منها جميعا فى آن واحد(١) . ففى المثال السابق يتمتع

(١) يقصد بالتعارض بالتعارض فى هذه الحالة أن محاولة النهوض بمستوى أيا من الهدفين يؤدى الى الاضرار بالمستوى الذى يمكن تحقيقه للهدف الاخر .

هدف النمو (وهو الهدف الثانوى من وجهة نظر متخذ القرار وتم ادراجه ضمن قيود النموذج) بالاولوية المطلقة تجاه هدف الربحية (وهو الهدف الرئيسى من وجهة نظر متخذ القرار والذى تم التعبير عنه فى دالة الهدف) . الامر الذى ترتب عليه رفض أى مشروع استثمارى لا يحقق قيد هدف النمو ، وبالتالى الفشل فى تحقيق المواءمة بين هدفى الربحية والنمو .

والاجراء الثانى لمعالجة مشكلة تعدد الاهداف من خلال نموذج البرمجة فى شكله التقليدى (الذى يشتمل على دالة الهدف الاحادية البعد) يتمثل فى محاولة ادماج دوال الاهداف المتعددة فى دالة واحدة تعد بمثابة هيكل تفضيل متكامل . ويتطلب ذلك قيام متخذ القرار باعداد هيكلا لاولويات الاهداف المتعددة ، ويتم بعد ذلك التعبير عن كافة الاولويات الممنوحة لمختلف الاهداف فى دالة الهدف ذات البعد الواحد . فى حين يتم ادراج جميع الاهداف ضمن قيود نموذج البرمجة الخطية . الامر الذى يعنى أن الاهتمام سوف ينحصر فى البحث عن المشروع (أو المشروعات) التى تحقق مثالية دالة الهدف .

فلو فرض – بالاضافة الى بيانات المثال السابق – أن الأولوية الممنوحة لهدف الربحية = ٣ ، والاولوية الممنوحة لهدف النمو = ١ ،فانه يمكن اعداد نموذج البرمجة الخطية على النحو التالى :

١ – دالة الهدف :

المطلوب تحقيق أقصى قيمة للدالة :

$$ى = ٣ ن_{١} + ن_{٢}$$

٢ – القيود :

$$س_{١} + س_{٢} + س_{٣} + س_{٤} \leq ١ \quad \text{(قيد تعارض المشروعات)}$$

أو

$$٥ س_{١} + ٤ س_{٢} + ٣ س_{٣} + ٢ س_{٤} - ن_{١} = \text{صفر} \quad \text{(قيد هدف الربحية)}$$

$$س_{١} + ٤ س_{٢} + ١٠ س_{١} + ١٢ س_{٤} - ن_{٢} = \text{صفر} \quad \text{(قيد هدف النمو)}$$

٣ – قيد عدم السلبية :

$$س_{١} ، س_{٢} ، س_{٣} ، س_{٤} ، ن_{١} ، ن_{٢} \geq \text{صفر}$$

حيث أن :

ن ١ ، ن ٢ = الهدف الاول ، الهدف الثانى على التوالى .

ويتمثل حل هذه المشكلة فى قبول تنفيذ المشروع س ٣ بالكامل حيث أن قيمة هذا المشروع وفقا لدالة الهدف = ١٩ وهى القيمة الكبرى اذا ما قورنت بقيم المشروعات الاخرى .

ويمتاز الاجراء الاخير بقدرته على التعامل مع مشكلة الاهداف المتعددة استنادا الى هيكل الاولويات الذى يتم اعداده لتلك الاهداف ، الامر الذى يعنى قدرته على توفير معالجة أفضل لمشكلة تعدد الاهداف اذا ما قورن بالاجراء الاول . حيث تنحصر الاولويات الممنوحة للاهداف وفقا للاجراء الأول على نوعين فقط أولهما أولوية مطلقة وهى تمنح للاهداف المدرجة كقيود وثانيهما اولوية ذات مرتبة أقل وهى تمنح للهدف الذى يتم التعبير عنه بدالة الهدف . كما يمتاز الاجراء الاخير - أيضا - بقدرته على تحقيق المواءمة بين مختلف الاهداف . فعلى الرغم من أن كلا الاجرائين استندا الى أسلوب البرمجة الخطية ، الامر الذى يعنى منح أولوية مطلقة للقيود على دالة الهدف . الا انه فى ظل الاجراء الاخير يتم الاخذ فى الحسبان كل الاهداف المتعددة عند اعداد دالة الهدف ذات البعد الواحد ، غير انه - من ناحية أخرى - فى ظل الاجراء الاخير ينحصر الاهتمام اما فى تحقيق اقصى قيمة ممكنة للهدف أو تحقيق أدنى قيمة ممكنة . وعلى ذلك يتعذر الحصول على المعالجة الفعالة لمشكلة تعدد الاهداف اذا ما تم تحديد مستويات معينة للاهداف ، يرغب متخذ القرار فى تحقيقها دون توافر الامكانيات اللازمة لبلوغ تلك الاهداف .

وتأسيسا على ما سبق ، يتضح أن محاولة معالجة مشكلة تعدد الاهداف من خلال دالة الهدف ذات البعد الواحد ربما لا يمكنها توفير المعالجة الفعالة للمشكلة . ومن ثم تظل الحاجة الى نموذج آخر أكثر مرونة قائمة وهذا ما يناقشه الجزء التالى من البحث .

٢/٢ برمجة البدائل الاستثمارية فى ظل تعدد الاهداف :

ان حقيقة تعدد أهداف الادارة ، وتعارض بعض هذه الاهداف مع بعضه البعض يعد من أهم السمات المميزة لطبيعة المناخ الذى تتعامل من خلاله كثير من المنظمات فى العصر الحالى . كما ان الادارة قد تتعمد تحديد مستويات لبعض (أو كل) الاهداف يتعذر - بل قد يستحيل - بلوغها فى ظل الموارد والامكانيات المتاحة ، وذلك لتحفيز المستويات التنفيذية على بذل اقصى الجهود ولتقييم أداء المسئولين .

وفى ظل تعدد الاهداف وتعارض بعضها مع البعض ، والمعلومات غير الكاملة ، والموارد المحدودة ، اصبحت العملية الادارية فى جوهرها تتمثل فى محاولة التوفيق والمواءمة بين تلك الاهداف بغرض تحقيق مستويات مرضية منها (١) .

كما ان نموذج البرمجة الخطية الذى يشتمل على دالة الهدف ذات البعد الاوحد غير قادر على معالجة المشكلات التى تنطوى على العديد من الاهداف بشكل فعال - اضافة الى ان المحاولات التى بذلت للتغلب على مشكلة تعدد الاهداف فى ظل هذا النموذج ذات فعالية محدودة للغاية . فمن ناحية أولى: يترتب على محاولة ادراج أحد الاهداف بدالة الهدف ، وادراج باقى الاهداف كقيود عدم التوصل الى الحل الامثل الشامل للمشكلة . ذلك ان الاهداف المدرجة كقيود تمنح أولوية مطلقة ، ومن ثم يتم التعامل مع تلك الاهداف على أنها قيود لا يجوز تجاوزها . غير انه قد يجوز - فى حقيقة الامر - احداث تخفيضا ضئيلا فى المستوى المستهدف لاحد الاهداف للسماح بقبول مشروع استثمارى يمكنه تقديم مساهمة كبيرة نسبيا - اذا ما قورنت تلك المساهمة بمقدار التخفيض فى المستوى المستهدف للهدف الاخر - فى تحقيق هدف معين (٢) .

---

(١) - Lee, S.M, "Goal Programming For Decision Analysis", (Auerback Publishers Inc., Philadelphia, 1972), p. XI.

(٢) - Bhaskar, K., op. cit., p.32.

ومن ناحية ثانية : لا توفر المحاولات التى بذلت لمعالجة مشكلة تعدد الاهداف ، الطريقة المرنة لتحليل ومعالجة الاهداف المتعارضة (كما فى حالة تعدد سياسات توزيع الارباح والرغبة فى اختيار احداها فقط) . الامر الذى قد يسفر عن التوصل الى حل غير ممكن عمليا ، اذا ما تم تطبيق هذه المحاولات لمعالجة مشكلة الاهداف المتعددة والمتعارضة . ومن ناحية ثالثة : عندما تحدد الادارة مستويات معينة لبعض الاهداف لا تستطيع تحقيقها فى ظل الموارد والامكانيات المتاحة ، فانه يتعذر التعامل مع مشكلة البرمجة الخطية فى هذه الحالة بتطبيق نموذج البرمجة الخطية الذى يشتمل على دالة الهدف ذات البعد الواحد ، ذلك ان مثل هذه المشكلات ليس لها حل فى ظل نموذج البرمجة الخطية (١). كما انه ـ ولسوء الحظ ـ يؤدى تواجد بعد الاهداف المتعارضة المقاسة بوحدات غير متجانسة الى عرقلة عملية ترجمة جميع الاهداف المتعددة والمتعارضة الى الشكل النقدى . ومن ثم تعذر ادراج جميع الاهداف فى دالة الهدف ذات البعد الاوحد (٢).

وعندما تتعدد الاهداف وتتعارض مع بعضها (سواء كان التعارض يتمثل فى أن محاولة النهوض بأحد الاهداف يقابله الاضرار بالاهداف الاخرى ، أو كان التعارض يتمثل فى تعذر قبول أكثر من هدف واحد ، أو الاثنين معا) ، بالاضافة الى احتمال وجود مستويات لبعض الاهداف يتعذر (أو يستحيل) بلوغها فى ظل الامكانيات المتاحة . وفى ذات الوقت لم تحقق المحاولات التى بذلت لمعالجة مشكلة تعدد الاهداف فى ظل دالة الهدف ذات البعد الاوحد سوى القليل من التقدم نحو الحل الفعال للمشكلة . الامر الذى يتطلب ضرورة توافر اسلوبا أكثر فعالية ومرونة يسمح بتعدد أبعاد دالة الهدف لتلائم المواقف التى تتميز بتعدد الاهداف وتعارضها والتى قد يحدد لها مستويات يفوق تحقيقها القدر المتاح من الموارد .

---

(١) يرجى الرجوع الى المثال الذى أورده كل من تشارنز وكوبر لتوضيح مثل هذه المشكلات .

(٢) Charnes, A. and Cooper, W.W. " Management Models and Industrial Application of Linear Programming", (John Wiley & Sons, Inc., N.y., Vol. III 1961), pp. 215 - 222.
Keown, Arthur J. and Taylor, Ben ard W., op.cit., P. 579.

١/٢/٢ استخدام أسلوب برمجة الاهداف لمعالجة مشكلة تعدد الاهداف :

يعتبر أسلوب برمجة الاهداف – والذى يعد امتدادا لاسلوب البرمجة الخطية مع وجود اختلاف بينهما ، يحقق الغرض منه – أحد أساليب بحوث العمليات المهمة ، والذى ظهر – أساسا – من أجل تقديم المعالجة الفعالة لمشكلة تعدد الاهداف (عندما تشتمل مشكلة البرمجة الخطية على أهداف رئيسية متعددة وأهداف فرعية متعددة) ، وفى ذات الوقت يمكن للاسلوب معالجة مشكلة البرمجة الخطية التى تتضمن هدفا رئيسيا وأهدافا فرعية متعددة) ، مع توافر القدرة والمرونة لدى هذا الاسلوب لمعالجة وتحليل مشكلة تعارض بعض الاهداف مع بعضها البعض . وفى ذات الوقت لا تتأثر فعالية المعالجة التى يمكن لاسلوب برمجة الاهداف تقديمها لمشكلة تعدد الاهداف ، وتعارض بعض هذه الاهداف مع بعضه البعض ، اذا ما تعددت (لم تتجانس) وحدات قياس تلك الاهداف (١) .

فدالة الهدف لنموذج برمجة الاهداف ذات أبعاد متعددة ، الامر الذى يعنى امكانية ادراج مختلف متغيرات الانحرافات المتعلقة بجميع الاهداف بدالة الهدف . وبالتالى قدرة الاسلوب على التعامل بفعالية مع مشكلة تعدد الاهداف . كما ان المعالجة الفعالة لمشكلة تعارض بعض الاهداف المتعددة مع بعضه البعض تتطلب اعداد أولويات وترجيحات لمختلف الاهداف ، بحيث ان الاهداف التى فى المرتبة الادنى يتم تحقيقها بعد تحقيق الاهداف التى تعلوها مرتبة . ويمكن لدالة الهدف لنموذج برمجة الاهداف أن تشتمل على أوزان ترتيب طبقا لاولوية الهدف ، أو الاثنين معا ، الامر الذى يعكس قدرة أسلوب برمجة الاهداف على التعامل مع مشكلة التعارض بين الاهداف المتعددة والتغلب عليها بشكل فعال . هذا بالاضافة الى انه لا يشترط عند اعداد دالة الهدف لنموذج برمجة الاهداف توافر وحدة قياس واحدة لجميع الاهداف ، فدالة الهدف للنموذج يمكنها أن تشتمل على وحدات قياس غير متجانسة (فيمكن قياس بعض الاهداف باستخدام وحدة النقد ، وقياس البعض الاخر من الاهداف باستخدام وحدة قياس مختلفة وليكن عدد الوحدات وهكذا) . وعلى ذلك

---

(١) - Nesa, Wu. and Coppins, Richard, op.cit. pp.358-359.

وحدات قياس

لا يشكل عدم تجانس وحدات قياس الاهداف أى مشكلة ، كما انه لا يؤثر على فعالية المعالجة التى يمكن لهذا الاسلوب تقديمها لمشكلة تعدد الاهداف وتعارضها بعضها مع البعض الاخر .

ويهدف نموذج برمجة الاهداف الى الاختيار من بين مختلف الحلول الممكنة للمشكلة ، ذلك الحل الذى يحقق نتيجة تكون أقرب ما يمكن لذلك المستوى أو الهدف الذى حددته الادارة سلفا . ذلك ان أهم ما يميز نموذج برمجة الاهداف هو ان دالة الهدف تحتوى على الاقل على واحد من القيود الواردة فى المشكلة بحيث يصبح هذا القيد (أو مجموعة القيود) جزءا من الهدف (سواء كانت مشكلة حد أقصى أو حد أدنى) ، وعندما يدرج واحد أو أكثر من مجموعة القيود فى دالة الهدف ليصبح هو هدفا فى حد ذاته (وليس مجرد قيد على المشكلة) ، فان الانظار تتحول من مجرد تحديد القيمة القصوى أو القيمة الدنيا الى الوصول الى نتيجة أقرب ما يمكن لذلك المستوى أو الهدف الذى حددته الادارة سلفا . وهذا ما يعرف بمفهوم " أقرب ما يمكن " وهو من أبرز المفاهيم التى يستند اليها اسلوب برمجة الاهداف (١) .

ويشتمل نموذج برمجة الاهداف على أربعة اركان أساسية أولهما دالة الهدف : وهى تتضمن الانحرافات (موجبة أو سالبة أو الاثنين معا وفقا للمستويات المستهدفة سلفا) التى تعبر عن مختلف أهداف متخذ القرار ، والتى يراد تخفيضها الى أدنى حد ممكن . وقد تشتمل دالة الهدف على هيكل الاولويات (وهو ما سوف يتطرق له الباحث بعد قليل) التى تضعها الادارة على تحقيق الاهداف المختلفة . ثانيهما قيود الموارد : وهى تبين كميات الموارد اللازمة لتنفيذ كل متغير من المتغيرات القرارية والكميات المتاحة من الموارد لدى متخذ القرار . وثالثهما قيود الاهداف : وهى تبين

---

(١) يمكن الرجوع على سبيل المثال الى :

أ) - *Mao, James C.T., op.cit. p.109.*

ب) دكتور محمد عبد العزيز ابو رمان، مرجع سابق ، ص ٥٧٩

المستويات التى يرغب متخذ القرار فى تحقيقها بالنسبة لكل هدف من الاهداف ، كما تشتمل على كل من مساهمات مختلف المتغيرات القرارية فى تحقيق المستويات المستهدفة وأيضا الانحرافات الموجبة والانحرافات السالبة بالنسبة لمختلف الاهداف . ورابعها قيود عدم السلبية : ووجود هذه القيود بالنموذج يعد امرا مهما لضمان عدم ظهور أى متغيرات قرارية أو متغيرات انحراف (سواء انحرافات فائض أو انحرافات قصور) بقيم سالبة ، فاما أن تكون قيمة المتغير (سواء متغير قرارى أو متغير انحراف) موجبة أو مساوية للصفر (١).

وبمقارنة المكونات الاساسية لكل من نموذج البرمجة الخطية (الذى أورده الباحث فى الفصل الثانى من هذا البحث) ، ونموذج برمجة الاهداف يتضح أن الاختلاف بين النموذجين يتمثل اساسا فى كل من دالة الهدف ، والقيود الهيكلية . فدالة الهدف للنموذج الاول تشتمل على المتغيرات القرارية التى يراد تحقيق اقصى (أو ادنى) قيمة لها ، فى حين تشتمل دالة الهدف للنموذج الثانى على متغيرات الانحرافات التى تعبر عن مختلف الاهداف . كما ان القيود الهيكلية للنموذج الاول تتمثل فى القيود المفروضة على الموارد (الحدود القصوى المتاحة من كل نوع من الموارد بكل فترة) فى حين تشتمل القيود الهيكلية لنموذج برمجة الاهداف على كل من قيود الموارد وقيود الاهداف التى تعكس المستويات التى ترغب الادارة فى تحقيقها مع تبيان مقدار مساهمة كل متغير قرارى فى تحقيق المستويات المستهدفة والانحرافات المتعلقة بقيود الاهداف .

وتتطلب صياغة دالة الهدف لنموذج برمجة الاهداف حصر مختلف أهداف متخذ القرار ، مع التعرف على المستويات التى يراد تحقيقها للاهداف المختلفة حتى يتسنى الاختيار لكل هدف متغيرا انحرافيا يعبر عنه . ويمكن ايجاز الانواع المختلفة لمتغيرات الانحرافات التى يمكن اختيار احدها

---

(١) دكتور محمد صبرى العطار ، مرجع سابق ، ص ص ١٨٠ - ١٨١ .

للتعبير عن الهدف (فى دالة الهدف) فى خمسة أنواع اساسية أولهما : تخفيض (ح$^{+}$ + ح$^{-}$) ويمكن استخدام هذا النوع من متغيرات الانحرافات للتعبير عن الرغبة فى تحقيق المستوى المستهدف تماما . وثانيهما : تخفيض (ح$^{-}$) ويستخدم هذا النوع فى حالة الرغبة فى التوصل الى نتيجة تزيد على المستوى المحدد سلفا للهدف أو تحقيقه تماما . وثالثهما : تخفيض (ح$^{+}$) ويستخدم هذا النوع من متغيرات الانحرافات للتعبير عن الرغبة فى التوصل الى نتيجة أقل من المستوى المستهدف أو تحقيقه تماما . ورابعهما : تخفيض (ح$^{+}$ - ح$^{-}$) ويستخدم هذا النوع فى حالة الرغبة فى التوصل الى أدنى مستوى للهدف - وخامسهما : تخفيض (ح$^{-}$ - ح$^{+}$) ويستخدم هذا النوع فى حالة الرغبة فى التوصل الى أقصى مستوى للهدف (١) .

كما يتطلب اعداد نموذج برمجة الاهداف ان تشتمل المعادلات التى تمثل قيود الاهداف على كل من متغير انحراف الفائض (ح$^{+}$) ، ومتغير انحراف القصور (ح$^{-}$) . وهما المتغيران اللذان يعكسان تجاوز تحقيق الهدف أو التوصل الى نتيجة أقل من المستوى المرغوب فيه للهدف على التوالى . وقد تظهر متغيرات الانحرافات ضمن الناتج النهائى لحل المشكلة بقيمة مساوية للصفر (ح$^{+}$ = ح$^{-}$ = صفر) . الامر الذى يعنى التوصل الى المستوى الذى حددته الادارة سلفا . أو أن يظهر أحد المتغيرين بقيمة مساوية للصفر والاخر بقيمة موجبة تعكس مقدار الانحراف (سواء فائض أو قصور) عن المستوى المرغوب فى تحقيقه للهدف .

وتؤدى متغيرات الانحرافات (التى تتطلبها صياغة كل من دالة الهدف وقيود الاهداف) دورا حيويا بالنسبة لنموذج برمجة الاهداف . فظهور هذه المتغيرات فى كل من دالة الهدف وقيود الاهداف يحقق عملية الربط بين الاهداف المدرجة كقيود فى النموذج ودالة الهدف لهذا النموذج .

---

(١) - Clark, John J., Hindelang, Thomas J. and Prichard, Robert E., op.cit., pp. 260-261.

ونموذج برمجة الاهداف الذى يتم اعداده لمشكلة تتضمن العديد من الاهداف يمكن أن تأخذ الصياغة التالية :(١)

دالة الهدف : تحقيق أدنى قيمة ممكنة للدالة

$$\sum_{ن=1}^{م} ح_ن^+ + ح_ن^- \quad (٢)$$

القيود :

أ - قيود الاهداف

$$\sum_{ى=1}^{ى^-} ق_ى س_ن - ح_ن^+ + ح_ن^- = ل_ن$$

ب - قيود الموارد :

$$\sum_{ت=1}^{ع} أ_ت ى ر س_ى \leq ك_ت ر \quad (٣)$$

$$(ر = ١ ، ٢ ، ٣ ، .. .. ، \bar{ر})$$

قيود عدم السلبية :

$$ح_ن^+ ، ح_ن^- ، س_ى \geq صفر$$

---

(١) - Ijiri Y., "Managemnent Goals and Accounting for control" (North-Holland Publishing Co., Amesterdam, 1965), p.5.

(٢) يفترض عند صياغة دالة الهدف عدم وجود أولويات للاهداف . أو يفترض أن الاهداف ذات أولويات تحقيق متساوية .

(٣) سبق الاشارة الى معنى رموز هذا القيد فى ص٤٨

حيث أن :

$ح^{+}_{ن}$ ، $ح^{-}_{ن}$: يرمزان لمتغيرى انحراف الفائض ($ح^{+}$) فى حالة تجاوز ما يتم التوصل اليه من نتائج للمستوى المحدد سلفا للهدف (ن) . وانحراف القصور ($ح^{-}$) فى حالة عدم بلوغ النتائج التى تم التوصل اليها للمستوى المحدد سلفا للهدف (ن) .

م : ترمز لعدد الاهداف التى تصبوا الى تحقيقها الادارة .

$ق_{ن}$ $س_{ى}$: ترمز لمقدار المساهمة (ق) فى تحقيق الهدف (ن) فى حالة قبول تنفيذ المتغير القرارى ($س_{ى}$) .

$ل_{ن}$: ترمز للمستوى (ل) المراد تحقيقه بالنسبة لكل هدف (ن) من مجموعة الاهداف (م) .

٢/٢/٢ تحليل التعارض بين الاهداف المتعددة ومعالجته فى ظل نموذج برمجة الاهـــداف :

كان يفترض عند اعداد الصياغة السابقة لنموذج برمجة الاهـــداف (فى حالة تعدد الاهداف الرئيسية) أن الاهداف المتعددة تتناسق مع بعضها البعض . ومن ثم تم ادراج مختلف الاهداف بدالة الهدف للنموذج على قـــدم المساواة من حيث رغبة متخذ القرار فى تحقيقها جميعا على قد رالامكـــان دون تفضيل احدها على الاخر . غير ان هذه الحالة لا تتحقق كثيرا فى الحياة العملية ، فالحالة الاكثر شيوعا هى وجود أهداف متعددة يتعارض بعضهـــا مع البعض الاخر بمعنى أن يكون تحقيق بعضها متعارضا مع تحقيق البعض الاخر الامر الذى يتطلب قيام متخذ القرار باعداد هيكل للاولويات يعكس رغباتـــه ووجهة نظره فيما يتعلق بمدى أهمية تحقق كل واحد من الاهداف .

ويعد كل من هيكل الترجيح المتوازن للاهداف ، وهيكل الترجيح غيـــر المتوازن للاهداف من أنظمة الترجيح المختلفة التى تعد بمثابة سلـــم الافضلية الذى يعكس مفهوم متخذ القرار للتفاوت بين الاهداف المتعـــددة والمتعارضة . ومن ثم فان هذه الانظمة تتيح لمتخذ القرار قدرا كبيرا من المرونة فى التعامل مع متغيرات الواقع ومتطلباته العديدة والمتغيرة (١) .

أولا : هيكل الترجيح المتوازن للاهداف :

ان السمة الاساسية المميزة لهذا النوع من أنظمة الترجيح تتمثـــل فى عدم التفرقة من حيث الاهمية بين كل من حالة القصور عن بلوغ الهـــدف وحالة التفوق عليه ، فمتخذ القرار يركز اهتمامه (فى ظل هذا النوع من أنظمة الترجيح) على التفرقة بين مدى أهمية تحقيق كل من الهدف (س) ، والهدف (ص) دون التفرقة بين مدى أهمية تحقق أيا من الهدفين ســـواء بالزيادة (الانحراف الموجب) أو بالنقص (الانحراف السالب) . الامـــر الذى يعنى أن متخذ القرار – فى ظل هيكل الترجيح المتوازن للاهـــداف –

---

(١) دكتور محمد عبد العزيز ابو رمان ، مرجع سابق ، ص ٥٨٨ .

يعطى قدرا واحدا من الاهمية لكل من حالة القصور عن بلوغ الهدف (انحراف القصور) ، وحالة تجاوز الهدف (انحراف الفائض) . ويمكن لمتخذ القرار فى ظل هذا النوع من أنظمة الترجيح اتباع أحد نظاميين أولهما ، الترجيح المطلق للاهداف . وثانيهما : الترجيح النسبى للاهداف

١ - الترجيح المطلق للاهداف :

يتطلب تطبيق هذا النظام قيام متخذ القرار باعداد ترتيبا تنازليا للاهداف التى يرغب فى تحقيقها استنادا الى أهمية كل منها من وجهة نظره . فالهدف الاول فى الترتيب التنازلى يكون له أولوية مطلقة على الاهداف الاخرى ويجب تحقيقه أولا ، وبتحقيق نتيجة تكون أقرب ما يمكن للهدف الاول فان الهدف الثانى يجب الوفاء به بقدر الامكان وهكذا بالنسبة لباقى الاهداف . فمثلا لو فرض أن أمام متخذ القرار ثلاثة أهداف هى الربح ، نصيب المنظمة من الطاقة الكلية للسوق ، درجة السيولة . وبفرض أن الاهداف الثلاثة على التوالى تعكس مدى أهمية كل منها من وجهة نظر متخذ القرار ، وبفرض ان متخذ القرار قد حدد المستويات التى يرغب فى تحقيقها للاهداف الثلاثة على النحو التالى : ٢٠ ، ١٢ ، ١٥ على التوالى . فان هذا الترتيب التنازلى للاهداف معناه :

أ - المطلوب تحقيق مستوى للربح يكون أقرب ما يمكن للقيمة ٢٠ بصرف النظر عن الهدفين الاخرين .

ب - فى ظل مستوى للربح أقرب ما يمكن للقيمة ٢٠ المطلوب تحقيق مستوى أقرب ما يكون للقيمة ١٢ كنصيب للمنظمة من الطاقة الكلية للسوق وبصرف النظر عن درجة السيولة .

جـ - فى ظل مستوى للربح أقرب ما يكون الى القيمة ٢٠ ، ومستوى لنصيب المنظمة من الطاقة الكلية للسوق أقرب ما يكون الى القيمة ١٢ ، المطلوب تحقيق درجة من السيولة أقرب ما تكون الى القيمة ١٥ .

أى أن الترتيب السابق للاهداف يعطى لمستوى الربح أولوية مطلقة على ما عداه من الاهداف الاخرى ، يليه نصيب المنظمة من الطاقة الكلية للسوق ، ثم درجة السيولة .

وتعتبر طريقة المقارنة الثنائية احدى الطرق التى يمكن تطبيقها لاعداد الترتيب التنازلى للاهداف استنادا الى أهميتها من وجهة نظر متخذ القرار(١). ويتطلب تطبيق هذه الطريقة قيام متخذ القرار بالمقارنة بين كل هدفين (من الاهداف التى يسعى لتحقيقها) لتحديد ايهما أكثر أهمية، وبمجرد الانتهاء من المقارنات المتعلقة بالتباديل الممكنة من الاهداف فانه يصبح من الممكن اعداد الترتيب التنازلى الكامل للاهداف . فلو فرض وجود خمسة أهداف أمام متخذ القرار هى (ن١ ، ن٢، ن٣، ن٤، ن٥) ، فان عدد مرات المقارنة الواجب القيام بها = ١٠ ، وبفرض أن أهمية كل هدف بالنسبة للاخر وفقا لوجهة نظر متخذ القرار كانت كالآتى (٢):

ن١ > ن٢ ن٢ > ن٣ ن٣ < ن٤ ن٤ < ن٥

ن١ > ن٣ ن٢ > ن٤ ن٣ > ن٥

ن١ > ن٤ ن٢ > ن٥

ن١ > ن٥

ولمعرفة أولويات الاهداف الخمسة يتطلب الامر اعادة ترتيب الاهداف بما يوحد اتجاه علامة المقارنة ، لتصبح جميعها فى اتجاه واحد وذلك كالاتى :

ن١ > ن٢ ن٢ > ن٤

ن١ > ن٣ ن٥ > ن٢

ن١ > ن٤ ن٣ > ن٤

ن١ > ن٥ ن٥ > ن٣

ن٣ > ن٢ ن٥ > ن٤

---

(١) يمكن الرجوع على سبيل المثال الى :

أ - *Morris, W.T., The Analysis of Management Decisions," (Richard D. Irwin, Inc., Home wood, III, 1969) pp.164-165.*

ب - *Lee, S.M., op. cit., pp.358-359.*

(٢) عدد التباديل الممكنة عبارة عن $\frac{م (م - ١)}{٢}$.حيث م = عدد اهداف متخذ القرار .

أى أن عمليات المقارنة التى تمت لكل هدفين من الاهداف قد أسفرت عن حصول كل هدف على عدد معين من مرات الاهمية النسبية كالاتى :

$ن_1 = ٤$ ، $ن_5 = ٣$ ، $ن_3 = ٢$ ، $ن_2 = ١$ ، $ن_4 =$ صفر . وبالتالى يمكن ترتيب الاهداف الخمسة كالاتى :

الترتيب (الاولوية)	الاهداف
١	$ن_1$
٢	$ن_5$
٣	$ن_3$
٤	$ن_2$
٥	$ن_4$

ويمكن أن تأخذ دالة الهدف فى مشكلة برمجة الاهداف ـ وفقا للترتيب السابق للاهداف ـ الصياغة التالية :

تخفيض : $ض_1 (ح^+_1) + ض_2 (ح^-_5) + ض_3 (ح^+_3 - ح^-_3) + ض_4 (ح^+_2 + ح^-_2)$

$+ ض_5 (ح^-_4 - ح^+_4)$ أقل ما يمكن

حيث أن :

$ض_1 \ll ض_2$ (١)

$ض_2 \ll ض_3$

$ض_3 \ll ض_4$

$ض_4 \ll ض_5$

---

(١) تعنى العبارة $ض_1 \ll ض_2$ أن $ض_1$ تفوق بكثير $ض_2$ عند اجراء أى مقارنة بينهما . وبالتالى اعطاء الهدف $ن_1$ الاولوية المطلقة على الهدف $ن_5$ (وهو الثانى فى الترتيب) وهكذا بالنسبة لباقى الاهداف . مع مراعاة أن هذه الصياغة افترضها الباحث على سبيل المثال لتوضيح كيفية الاخذ فى الحسبان هيكل الاولويات عند اعداد دالة الهدف لنموذج برمجة الاهداف .

٢ ـ الترجيح النسبى للاهداف :

يعد الترجيح النسبى للاهداف النوع الثانى لنظام الترجيح المتوازن للاهداف . وفى ظل هذا النوع من الترجيح للاهداف تحل الاوزان الرقمية محل القيم الرمزية (التى يستند اليها الترجيح المطلق للاهداف) معبرا عنها على هيئة ض١ ، ض٢ ، ض٣ ، .... الخ . فلو فرض ان متخذ القرار قد أعد هيكل الترجيح النسبى للاهداف الخمسة الواردة بالمثال السابق متضمنا الاوزان الرقمية التالية :

ن١ = ١٠ ، ن٥ = ٩ ، ن٣ = ٧ ، ن٢ = ٥ ، ن٤ = ٢ ، فان دالة الهدف لمشكلة برمجة الاهداف يمكن أن تأخذ الشكل التالى :

تخفيس : ١٠ (ح١+) + ٩ (ح٥-) + ٧ (ح٣+ - ح٣-) + ٥ (ح٢+ + ح٢-)

+ ٢ (ح٤- - ح٤+) أقل ما يمكن

ثانيا : هيكل الترجيح غير المتوازن للاهداف :

فى ظل نظام الترجيح غير المتوازن للاهداف ، لا يقتصر الامر عند حد ترتيب الاهداف المختلفة وفقا لاولويات معينة وتخصيص أوزان مطلقة أو رقمية تعكس هذه الاولويات بصرف النظر عن التفرقة بين حالة القصور عن بلوغ الهدف أو التفوق عليه (كما هو الحال فى ظل نظام الترجيح المتوازن للاهداف) ، وانما يتطلب الامر ـ أيضا ـ تخصيص أوزانا مختلفة لتعبر عن سيكولوجية متخذ القرار بالنسبة لكل من حالة تخطى الهدف وحالة القصور عن بلوغه ذلك أن البعض يرى وجود فارقا سيكولوجيا جوهريا بين حالتى تحقيق الربح ، وتحقيق الخسارة . فارقا سيكولوجيا جوهريا بين كل من حالة تجاوز مستوى الهدف ، وحالة القصور عن بلوغ المستوى المحدد للهدف (١) . الامر الذى يتطلب ضرورة اعطاء أوزانا مختلفة لكل من حالة القصور عن تحقيق المستوى

---

(١) Ijiri, Y., op. cit., p.10.

المحدد للهدف ($ح^-$) ، وحالة تخطى المستوى المستهدف ($ح^+$) ، فاذا كان تجاوز تحقيق الهدف له الاهمية الكبرى ، فان المتغيرات ($ح^-$) تعطى الاوزان الكبرى حتى يتسنى تخفيض انحرافات القصور ($ح^-$) الى أدنى حد ممكن . أما اذا كان تحقيق نتيجة أقل من مستوى الهدف المحدد سلفا له الاهمية الكبرى ، فان متغيرات انحرافات الفائض ($ح^+$) تعطى الاوزان الكبرى حتى تتاح الفرصة لتخفيضها الى أدنى حد ممكن . كما يفيد نظام الترجيح غير المتوازن فى حالة رغبة متخذ القرار فى التمييز بين متغيرين(أو اكثر) لهما (لهم) مستوى واحد من الاولوية من خلال اعطاء أوزان رقمية تتلاءم مع سيكولوجية متخذ القرار تجاه المستوى الذى يمكن أن يتحقق عنده كل متغير . فمثلا اذا كانت المنشأة تعطى لهدف المبيعات الاولوية الثالثة وأنها تبيع منتجين . يشير ($ح^-_2$) الى الانحراف السالب الخاص بمبيعات المنتج الاول ، ويشير ($ح^-_3$) الى الانحراف السالب الخاص بمبيعات المنتج الثانى . وبفرض أن أهمية هدف المبيعات الخاص بالمنتج الاول – مع وجهة نظر متخذ القرار – يعادل ضعف أهمية هدف المبيعات الخاص بالمنتج الثانى ، فانه يمكن التعبير عن ذلك بدالة هدف نموذج برمجة الاهداف كالاتى(١) :

$$و_2 ح^-_2 + و_3 ح^-_3$$

حيث أن $و_3$ تشير الى عامل الاولوية الثالث

وينحصر تاثير الاخذ فى الحسبان هيكل أولويات الاهداف (سواء بنظام الترجيح المتوازن ، أو نظام الترجيح غير المتوازن) أثناء اعداد نموذج برمجة الاهداف على دالة الهدف . وصياغة دالة الهدف لمشكلة برمجة الاهداف التى تنطوى على أهداف متعارضة يمكن أن تاخذ الشكل التالى(٢) :

---

(١) دكتور محمد صبرى العطار ، مرجع سابق ، ص ١٩٠ .

(٢) سبق اعداد نموذج برمجة الاهداف لمشكلة برمجة الاهداف التى تتضمن العديد من الاهداف التى كان يفترض عدم تعارضها . أو كان يفترض أن الاهداف المتعددة ذات أولويات تحقيق متساوية . ص ٦٠ من الفصل الثانى.

$$\sum_{ن=1}^{م} \left[ح^{+}_{ن} \; و^{+}_{ن} \; ح^{+}_{ن} + ح^{-}_{ن} \; و^{-}_{ن} \; ح^{-}_{ن} \right]$$

حيث أن :

ح ن = أوزان الترجيح التى تعكس سيكولوجية متخذ القرار تجاه كل من حالة القصور عن بلوغ الهدف (ح⁻) ، وحالة التفوق عليه (ح⁺) .

و ن = أوزان ترتيب (اعطاء أولويات) الاهداف وفقا لاهمية كل منها من وجهة نظر متخذ القرار . سواء تم اعداد الترتيب بتطبيق نظام الاولويات المطلقة ، أو بتطبيق نظام الاولويات النسبية .

ولتبيان (بيانيا) أثر وجود هيكلا للاولويات من عدمه على الحل الامثل لمشكلة برمجة الاهداف ، قد يكون من المناسب الاستعانة بمشكلة برمجة الاهداف المفترضة الاتية :

١ ـ يفترض أن متخذ القرار الاستثمارى فى منظمة ما بصدد تقييم المشروعين س١ ، س٢ والمفاضلة بينهما .

٢ ـ يفترض أن الجدول التالى يبين متطلبات تنفيذ كلا المشروعين ، وصافى القيمة الحالية وأيضا صافى الدخل لكل منهما :

المشروعات	الانفاق الاستثمارى للفترة (١)	الانفاق الاستثمارى للفترة (٢)	عدد ساعات الاشراف الادارى	صافى القيمة الحالية	صافى الدخل للفترة (١)	صافى الدخل للفترة (٢)	صافى الدخل للفترة (٣)
س١	٢٥	٢٠	٥	١٤	١٠	١١	١٢
س٢	٤٠	١٥	١٦	٦٠	٤	٧	١١

جدول رقم (٨)

٣ ـ يفترض أن المبالغ المخصصة للانفاق الاستثمارى خلال فترتى التنفيذ ٣٠ ، ٢٠ على التوالى كما يفترض أن ساعات الاشراف الادارى المتاحة ٢٠ .

٤ – يفترض أن متخذ القرار الاستثمارى يرغب فى تحقيق صافى دخل سنوى لا يقل عن ٦ ، ٨ ، ١٠ خلال سنوات العمر الاقتصادى على التوالى . كما يفترض أن متخذ القرار يرغب أيضا فى تحقيق صافى قيمة حالية يزيد على ١٠ .

فى ضوء البيانات السابقة يمكن اعداد الصياغة الرياضية لنموذج برمجة الاهداف على النحو التالى :

دالة الهدف :

$$\text{تخفيض الانحرافات} = \bar{ح}_1 + \bar{ح}_2 + \bar{ح}_3 + (\bar{ح}_4 - \dot{ح}_4)$$

قيود الاهداف :

$$١٠ س_1 + ٤ س_2 + \bar{ح}_1 - \dot{ح}_1 = ٦$$

$$١١ س_1 + ٧ س_2 + \bar{ح}_2 - \dot{ح}_2 = ٨$$

$$١٢ س_1 + ١١ س_2 + \bar{ح}_3 - \dot{ح}_3 = ١٠$$

$$١٤ س_1 + ٦٠ س_2 + \bar{ح}_4 - \dot{ح}_4 = ١٠$$

قيود الموارد :

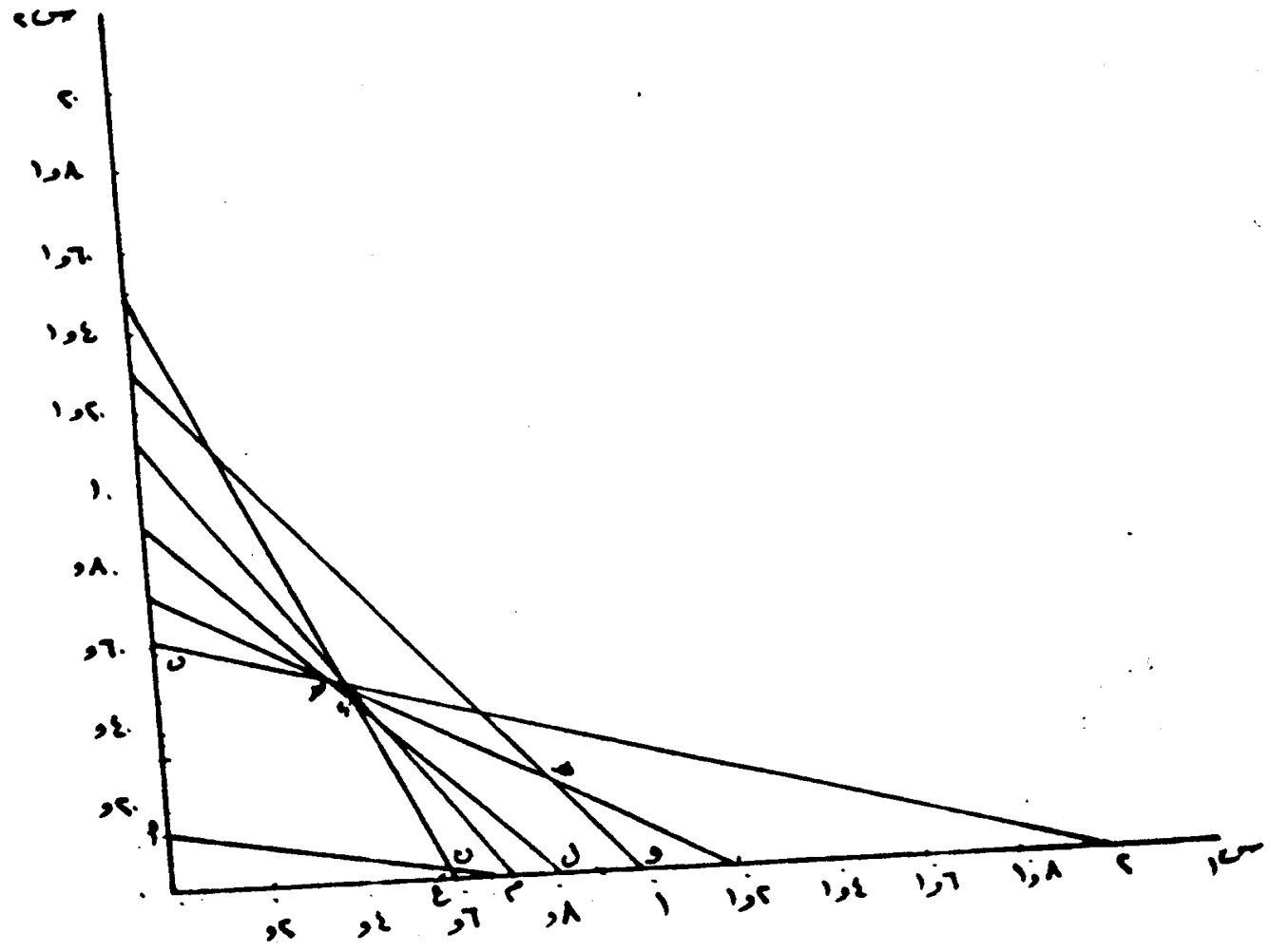
$$٢٥ س_1 + ٤٠ س_2 \geq ٣٠$$

$$٢٠ س_1 + ١٥ س_2 \geq ٢٠$$

$$٥ س_1 + ١٦ س_2 \geq ٣٠$$

$$س_1 ، س_2 ، \dot{ح}_1 ، \bar{ح}_1 ، \ldots ، \dot{ح}_4 ، \bar{ح}_4 \leq \text{صفر}$$

وفى ضوء الصياغة الرياضية السابقة يمكن تمثيل مشكلة برمجة الاهداف على النحو الموضح بالشكل البيانى رقم (٢)


س٢
٢٠
١٫٨٠
١٫٦٠
١٫٤٠
١٫٢٠
١٫٠٠
٠٫٨٠
٠٫٦٠
٠٫٤٠
٠٫٢٠
ن
ل
و
ع
م
ن
٠٫٢
٠٫٤
٠٫٦
٠٫٨
١٫٠
١٫٢
١٫٤
١٫٦
١٫٨
٢
س١

شكل رقم (٢)

ويتمثل الحل الامثل للمشكلة (بفرض عدم وجود أولويات للاهداف) فى س١ = ٧١٤ر ، س٢ = صفر وهو ما تعبر عنه النقطة (م) الموضحة بالشكل البيانى رقم (٢) ، ذلك أنه عند النقطة (م) يكون مجموع الانحرافات أقل ما يمكن (١) .

أما لو فرض أن متخذ القرار الاستثمارى يعطى للاهداف الثلاث المتعلقة بتحقيق صافى الدخل الاولويات ١ ، ٢ ، ٣ خلال الفترات الثلاث على التوالى ويعطى للهدف الرابع المتعلق بصافى القيمة الحالية الاولوية رقم ٤ ، فان الحل الامثل فى هذه الحالة يتمثل فى س١ = ٤١٥ر ، س٢ = ٤٩ر وهو ما تعبر عنه النقطة (د) ذلك أنه عند النقطة (د) يمكن تحقيق قيمة مقدارها ١١ر٦ وهى أقرب قيمة ممكنة للمستوى المرغوب فى تحقيقه للهدف الاول. كما أنه فى ظل مستوى يمكن تحقيقه للهدف الاول مقداره ١١ر٦ يمكن تحقيق قيمة مقدارها ٧ر٩٩٥ وهى أقرب قيمة ممكنة للمستوى المرغوب فى تحقيقه للهدف الثانى . أيضا يمكن القول بأنه فى ظل مستوى يمكن تحقيقه للهدف الاول مقداره ١١ر٦ ،ومستوى يمكن تحقيقه للهدف الثانى ومقداره ٧ر٩٩٥ يمكن تحقيق قيمة مقدارها ١٠ر٣٧ وهى أقرب قيمة ممكنة للمستوى المرغوب فيه للهدف الثالث . وأخيرا فى ظل كل من مستوى للهدف الاول مقداره ١١ر٦ ، ومستوى للهدف الثانى مقداره ٧ر٩٩٥ مستوى للهدف الثالث مقداره ١٠ر٣٧ ، يمكن تحقيق قيمة مقدارها ٣٥ر٢١ وهى أقرب قيمة ممكنة للهدف الرابع (٢).

---

(١) قيم الانحرافات عند النقاط الممثلة للحلول الممكنة لمشكلة برمجة الاهداف عبارة عن :

أ = ٢٠ر٣٠٦ د = ٢٤ ل = (١ر٧٧) ع = ٤ر١٦

ب = ١٧ر٢٥ هـ = ٦ر٤ م = ١٦ر

جـ = ٢٤ر٢٨ و = (١٣) ن = ١ر٠

ولمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع الى :

د. محمد صبرى العطار ، مرجع سابق ، ص ص ٢١٦ - ٢٣٠

٢ - لمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع الى :

Clark, John J., hindelang, Thomas J. and Pritchard, Robert E., op. cit., pp. 262 - 266.

ويمكن تطبيق نموذج برمجة الاهداف لحل المشكلة التى أثارها كل من لورى وسافاج (تلك المشكلة الواردة بالفصل الاول من هذا البحث والتى تم حلها بتطبيق نموذج البرمجة الخطية فى الفصل الثانى) ، غير انه يفترض وجود خمسة أهداف (وليس هدفا وحيدا كما افترض لورى وسافاج وهو صافى القيمة الحالية) هى : أولا تحقيق صافى دخل لا يقل عن ٨ فى السنة الاولى . ثانيا تحقيق صافى دخل لا يقل عن ١٦ فى السنة الثانية . ثالثا تحقيق زيادة فى حجم المبيعات لا تقل عن ٠٨ر فى السنة الاولى . رابعا تحقيق زيادة فى حجم المبيعات لا تقل عن ٠٨ر فى السنة الثانية . خامسا تحقيق صافى قيمة حالية يزيد على ٠٤٠ كما يفترض أن الجدول رقم (٩) يبين مساهمات المشروعات الاستثمارية فى تحقيق أهداف متخذ القرار على النحو التالى(١) :

البدائل الاستثمارية	صافى الدخل		زيادة المبيعات		صافى القيمة الحالية
	السنة (١)	السنة (٢)	السنة (١)	السنة (٢)	
س ١	٢	٤	٠٢ر	٠٣ر	١٤
س ٢	٢	٤ر٢	٠١ر	٠٣ر	١٧
س ٣	١ر٦	٢ر٥	٠٢ر	٠٢ر	١٧
س ٤	١ر٢	٢ر٨	٠١ر	٠٢ر	١٥
س ٥	٣	٥	٠٣ر	٠٤ر	٤٠
س ٦	١ر١	١ر٤	٠١ر	٠١ر	١٢
س ٧	١ر٥	٣	٠١ر	٠٢ر	١٤
س ٨	١ر٢	١ر٨	٠١ر	٠١٥ر	١٠
س ٩	١ر٣	٢ر٤	٠١ر	٠١٨ر	١٢

جدول رقم (٩)

(١) مساهمات مختلف المشروعات الاستثمارية فى تحقيق هدف صافى القيمة الحالية وردت فى الفصل الاول .

وهدفى

وبفرض أن متخذ القرار قد أعطى لكل من هدفى صافى الدخل (فى السنتين الاولى والثانية) وهدفى زيادة المبيعات (فى السنتين الاولى والثانية) وهدف صافى القيمة الحالية الاولويات : الاولى والثانية والثالثة على التوالى. وبفرض - أيضا - أن متخذ القرار يرى اعطاء كل من هدف صافى الدخل وهدف زيادة المبيعات خلال السنة الاولى وزنا ترجيحا ضعف الوزن الترجيحى الذى يعطى لكل من هدف صافى الدخل وهدف زيادة المبيعات خلال السنة الثانية . فانه - وفى ظل البيانات المفترضة السابقة - يمكن اعداد الصياغة التالية لمشكلة برمجة الاهداف .

دالة الهدف :

تخفيض الانحرافات المرجحه = $و_1 (٢ ح^-_1 + ح^-_2) + و_2 (٢ ح^-_3 + ح^-_4) + و_3 (ح^-_5 - ح^+_5)$

فى ظل القيود التالية :

أ - قيود الموارد

$١٢ س_1 + ٥٤ س_2 + ٦ س_3 + ٦ س_4 + ٣٠ س_5 + ٦ س_6 + ٤٨ س_7 + ٣٦ س_8 + ١٨ س_9 \geq ٥٠$

$٣ س_1 + ٧ س_2 + ٦ س_3 + ٢ س_4 + ٣٥ س_5 + ٦ س_6 + ٤ س_7 + ٣ س_8 + ٢ س_9 \geq ٢٢$

ب - قيود الاهداف

هدف صافى الدخل للسنة (١)

$٢ س_1 + ٢ س_2 + ٦ر١ س_3 + ٢ر١ س_4 + ٣ س_5 + ١ر١ س_6 + ٥ر١ س_7 + ٢ر١ س_8 + ٣ر١ س_9 + ح^-_1 - ح^+_2 = ٨$

هدف صافى الدخل للسنة (٢)

٤ س١ + ٢ر٤ س٢ + ٥ر٢ س٣ + ٨ر٢ س٤ + ٥ س٥ + ١ر٤ س٦ + ٣ س٧ +
١ر٨ س٨ + ٢ر٤ س٩ + ح٢ـ - ح٢+ = ١٦

هدف زيادة المبيعات للسنة (١)

٠ر٠٢ س١ + ٠ر٠١ س٢ + ٠ر٠٢ س٣ + ٠ر٠١ س٤ + ٠ر٠٣ س٥ + ٠ر٠١ س٦ +
٠ر٠١ س٧ + ٠ر٠١ س٨ + ٠ر٠١ س٩ + ح٣ـ - ح٣+ = ٠ر٠٨

هدف زيادة المبيعات للسنة (٢)

٠ر٠٣ س١ + ٠ر٠٣ س٢ + ٠ر٠٢ س٣ + ٠ر٠٢ س٤ + ٠ر٠٤ س٥ + ٠ر٠١ س٦ +
٠ر٠٢ س٧ + ٠ر١٥ س٨ + ٠ر١٨ س٩ + ح٤ـ - ح٤+ = ٠ر٠٨

هدف صافى القيمة الحالية

١٤ س١ + ١٧س٢ + ١٧س٣ + ١٥س٤ + ٤٠س٥ + ١٢س٦ + ١٤س٧ +
١٠ س٨ + ١٢س٩ + ح٥ـ - ح٥+ = ٤٠

قيود الوحدة العليا

س١ ، س٢ ، س٣ ، س٤ ، س٥ ، س٦ ، س٧ ، س٨ ، س٩ ≤ ١

قيود عدم السلبية

س١ ، س٢ ، س٣ ، س٤ ، س٥ ، س٦ ، س٧ ، س٨ ، س٩ ،
ح١ ، ح٢ ، ..... ، ح٥ ، ح٥ ≤ صفر

ويتمثل الحل الامثل لمشكلة برمجة الاهداف فى قبول التنفيذ الكامل (١٠٠/٠) للمشروعات س١ ، س٣ ، س٤ ، س٩ . وقبول تنفيذ ٩٧/٠ فقط من المشروع س٦ مع قبول تنفيذ ٥ر٠٤/٠ فقط من المشروع س٧ . وتحقق هذه التشكيلة الاستثمارية مجتمعة صافى دخل فى الفترة الاولى مقداره ٧ر٢٣١ ، وصافى دخل فى الفترة الثانية مقداره ١٣ر٢٠٩ ، وتحقق نمو فى مبيعات

الفترة الاولى مقداره ٠٦٩٩ر ، ونمو فى مبيعات الفترة الثانية مقداره ٠٩٨٨ر كما تحقق هذه المجموعة الاستثمارية التى يرشحها الحل الامثل لمشكلة برمجة الاهداف صافى قيمة حالية مقداره ٧٠ر١٢٩ ٠

على أن أسلوب برمجة الاهداف قد نجح فى تقديم المعالجة الفعالة لمشكلة تعدد الاهداف التى تواجه بها غالبية المنظمات فى الواقع العملى ، حيث تتعدد أبعاد دالة الهدف لنموذج برمجة الاهداف بما يسهم فى التعامل مع جميع الاهداف فى آن واحد ، كما ان الاسلوب لديه من المرونة ما يسمح باعداد هيكلا للاولويات والترجيحات بما يضمن المعالجة الفعالة لحالات التعارض التى قد تتواجد بين الاهداف وتحقيق مستويات مرضية منها جميعا ٠ الامر الذى مفاده أفضلية أسلوب برمجة الاهداف من حيث قدرته على التعامل بفاعلية مع مشكلة تعدد الاهداف اذا ما قورن بالمحاولات التى بذلت لمعالجة المشكلة فى ظل دالة الهدف ذات البعد الواحد ٠ غير ان أسلوب برمجة الاهداف (باعتباره امتدادا لاسلوب البرمجة الخطية) ينطوى على فرض قابلية المتغيرات القرارية للتجزئة الامر الذى يعنى السماح بظهور قيم كسرية لبعض (أو كل) المتغيرات القرارية ضمن الناتج النهائى لحل مشكلة برمجة الاهداف التى اشتمل عليها المثال السابق ٠ فأسلوب برمجة الاهداف لا يشترط أن تظهر المتغيرات القرارية بقيم صحيحة ، وانما ينحصر الاهتمام فى البحث عن قيم المتغيرات القرارية التى تحقق مثالية دالة الهدف دون الالتفات الى كون تلك المتغيرات القرارية جاءت على هيئة قيم كسرية أو قيم عددية صحيحة ٠٠

وقد يثير الحل الامثل الكسرى الذى قد يقدمه نموذج برمجة الاهداف عقبة قد تحول دون امكانية التطبيق العملى الفعال للنموذج وذلك عندما تتعارض عملية التجزئة مع طبيعة بعض أو كل المتغيرات القرارية للمشكلة ٠ وهنا قد يثار التساؤل عن مدى امكانية التغلب على المشكلات التى يثيرها الحل الامثل الكسرى الذى يقدمه النموذج سالف الذكر (الذى يستند الى فرض قابلية جميع المتغيرات القرارية للتجزئة) بشكل فعال عندما تتعارض التجزئة مع طبيعة بعض أو كل المتغيرات القرارية للمشكلة ٠ وهذا ما سيتم مناقشته بشىء من التحليل والدراسة وذلك من خلال الجزء التالى من البحث ٠

الفصل الثالث

أسلوب برمجة الأهداف بوحدات صحيحة

١/٣ تمهيد

١/١/٣ التقريب كوسيلة لمعالجة الحلول الكسرية غير المرغوب فيها.

٢/٣ برمجة الأهداف فى ظل كل من عدم قابلية البدائل الاستثمارية للتجزئة وعدم استقلالها.

١/٢/٣ استخدام أسلوب برمجة الأهداف بوحدات صحيحة لمعالجة مشكلة عدم القابلية للتجزئة.

٢/٢/٣ استخدام أسلوب برمجة الأهداف بوحدات صحيحة لمعالجة مشكلة عدم الاستقلال.

١/٣ تمهـــــيد :

تلائم عملية التجزئة بعض المشروعات الاستثمارية (وهى أقلية) مثـــل ظهور مشروعا لافران الصهر بقيمة كسرية ضمن الناتج النهائى لحل مشكـــــلة برمجة الاهداف ، وهو الامر الذى يمكن ترجمته عمليا بتنفيذ عددا من أفـــران الصهر يقل عن ذلك العدد الذى كان يعتزم تنفيذه فيما لو كان النموذج قـــد أوصى بتنفيذ المشروع كاملا . غير ان طبيعة البعض الاخر من المشروعـــــات الاستثمارية (وهى أغلبية) تتعارض مع عملية التجزئة . كما فى حالـــــة اعداد البرنامج الاستثمارى لكل من شركات الطيران ، شركات الملاحة البحريـة ، هيئات السكك الحديدية ، وشركات تأجير معدات البناء والتشييد (مثـــــل الاوناش ، واللودرات البلدوزرات ، محطات خلط الخرسانات) . حيث يتعذر عمليا تنفيذ نصف طائرة أو ثلث سفينة أو ثلثى عربة سكة حديد أو ثلاثة ارباع ونش وهكذا .. وعندما تتعارض عملية التجزئة مع طبيعة المشروعات الاستثمارية فان فرض القابلية للتجزئة يشكل عائقا ربما يحول دون امكانية التطبيـــــق العملى الفعال لنموذج برمجة الاهداف لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل .

١/١/٣ التقريب كوسيلة لمعالجة الحلول الكسرية غير المرغوب فيها :

يرى البعض أنه فى المواقف العملية التى تدعو فيها الحاجة الى عـــدم ظهور قيم كسرية لبعض (أو كل) المتغيرات القرارية فى الناتج النهائـــى لحل المشكلة يمكن التغاضى عن هذا الشرط والقيام بتحضير المشكلة على النحو المعتاد دون تضمينها قيدا (أو قيود) تحتم عدم كسرية الاعداد التى تبـــدو عليها قيم المتغيرات القرارية فى الحل الامثل ، وذلك تفاديا للتعقيـــــدات الحسابية وعندما تظهر متغيرات قرارية فى الحل الامثل بقيم كسرية فانه يمكن التخلص من هذه القيم الكسرية غير المرغوب فيها بتقريبها (١) .

---

(١) يمكن الرجوع الى :

Rappaport, Alfred, Integer Programming and Managerial Analysis", Accounting Review, Vo. XLIV, No.2, April, 1969).

Nesa, Wu, Coppins, Richard, op. cit., pp.399-400.

ويتم وفقا لاجراء التقريب التخلص من القيم الكسرية غير المرغوب فيها بعدة صور 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 يمكن تقريب القيمة بحذف الكسر لتصبح قيمة المتغير (٢) فقط . ومن هذه الصور 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) .

والتقريب كوسيلة لمعالجة الحلول الكسرية غير المرغوب فيها يمتاز بالبساطة والسهولة فى التطبيق . فالتقريب ،لا يتطلب القيام بعمليات حسابية معقدة وبالتالى لا يحتاج الى بذل جهد كبير لمعالجة المشكلة . غير أن التقريب قد ينتج عنه احدى حالتين : اولاهما أن يصبح الحل الامثل بعد تقريبه غير ممكن (وذلك اذا كان التقريب فى اتجاه القيمة الصحيحة الكبرى) ، وثانيتهما أن يظل الحل الامثل ممكنا (اذا كان التقريب فى اتجاه القيمة الصحيحة الصغرى) ولكن ليس هناك ما يضمن أن الحل الجديد (غير الكسرى) هو الحل الامثل لمشكلة برمجة الاهداف .

فلو فرض وجود الصياغة الرياضية لمشكلة برمجة الاهداف على النحو التالى :

دالة الهدف : تخفيض الانحرافات = $ح^{+} + ح^{-}$

القيود :

قيد الهدف : $س_{١} + ٢ س_{٢} + ح^{-} - ح^{+} = ٨$

قيود الموارد :

$$س_{١} + س_{٢} \geq ٤$$

$$٣ س_{١} + س_{٢} \geq ١٠$$

$$س_{١} + ٤ س_{٢} \geq ١٢$$

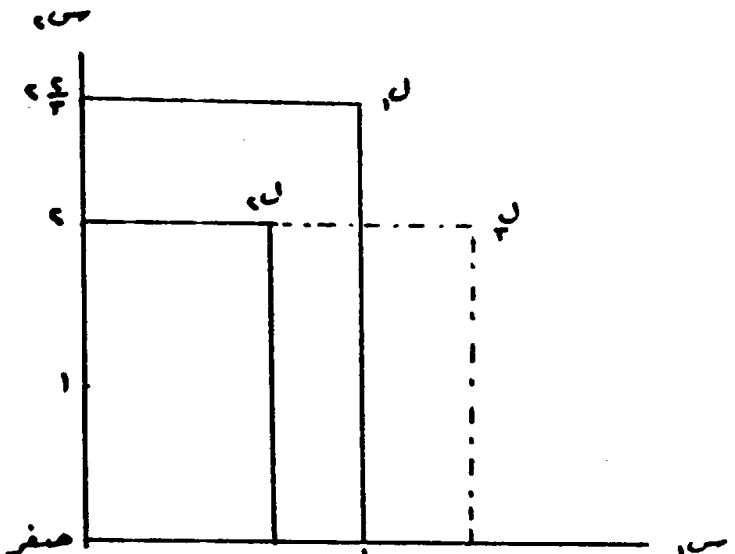
$$س_{١} ، س_{٢} ، ح^{+} ، ح^{-} \geq \text{صفر}$$

وكان الحل الامثل للمشكلة عبارة عن :

$س_1 = \frac{1}{3}$ ، $س_2 = \frac{2}{3}$ ، $س_4 = 3\frac{1}{3}$ ، $\bar{ح} = 1\frac{1}{3}$ ، $ح^+ = س_3 = س_5$

= صفـــــر

وأن هذه التشكيلة يمكن أن تحقق قيمة أقرب ما تكون لمستوى الهدف مقدارهـــا ٦٧٠ر٦ . فان التخلص من القيمتين الكسريتين للمتغيرين $س_1$ ، $س_2$ عـــــن طريق التقريب الى القيمة الصحيحة الكبرى أى لتصبح قيمة كل من $س_1$ ، $س_2$ (٢) ، (٣) على التوالى يترتب عليه عجز الموارد المتاحة عن تلبيـــــة متطلبات التنفيذ ومن ثم يصبح الحل الجديد غير ممكن ، اما فى حالـــــة التخلص من القيمتين الكسريتين للمتغيرين $س_1$ ، $س_2$ عن طريق التقريب الـى القيمة الصحيحة الصغرى أى لتصبح قيمة كل من $س_1$ ، $س_2$ (١) ، (٢) على التوالى قد ينتج عنه ابتعاد الحل الجديد عن الحل الامثل للمشكلة (١). ويمكن توضيح ذلك من خلال التمثيل البيانى لمشكلة برمجة الاهداف على النحو الموضح بالشكل البيانى رقم (٣) :



شكل رقم (٣)

---

(١) يمكن الرجوع الى

Thieraut,Robert J. and Klekamp,Robert C.," Decision Making Through Operations Research," (John Wiley and Sons, Inc., N.Y., 1974), P. 385.

Lee,Sang M., op. cit., pp.334-336.

يتضح من التمثيل البيانى السابق ما يلى :

١ - النقطة (ل$_{١}$) تمثل الحل الامثل الكسرى لمشكلة برمجة الاهداف حيث تكون قيمة كل من س ، س هما $\frac{١}{٣}$ ١ ، $\frac{٢}{٣}$ ٢ على التوالى .

وتكون القيمة القابلة للتحقيق لمستوى الهدف مقدارها ٦ر٦٧٠

$$\left[١ \frac{١}{٣} + (٢ \times ٢ \frac{٢}{٣}) \right] ، .$$

٢ - النقطة (ل$_{٢}$) تمثل الحل غير الكسرى الذى يقدمه التقريب حيث تكون قيمة كل من س$_{١}$ ، س$_{٢}$ هما ١ ، ٢ على التوالى . وتكون القيمة القابلة للتحقيق لمستوى الهدف مقدارها ٥ ، $\left[١ + (٢ \times ٢) \right]$.

٣ - النقطة (ل$_{٣}$) تمثل حلا غير كسرى ايضا بخلاف الذى يقدمه التقريب حيث تكون قيمة كل من س$_{١}$ ، س$_{٢}$ هما ٢ ، ٢ على التوالى . وتكون القيمة القابلة للتحقيق لمستوى الهدف مقدارها ٦ ، $\left[٢ + (٢ \times ٢) \right]$.

يتضح من خلال النقاط الثلاث السابقة أن التقريب ربما لا يمكنه توفير المعالجة الفعالة لمشكلة عدم القابلية للتجزئة . فهناك العديد من الحلول غير الكسرية وقد يكون من بينها ما هو أفضل من ذلك الحل الناتج عن عملية التقريب . وفى ذات الوقت قد يتعذر حصر واختبار جميع الحلول غير الكسرية لمعرفة ما اذا كان الحل الناتج عن عملية التقريب أفضل الحلول غير الكسرية أم لا خاصة عندما تتضمن المشكلة عشرات أو مئات القيود والمتغيرات . فعلى سبيل المثال اذا كان الحل الامثل الكسرى لمشكلة برمجة الاهداف يتمثل فى س$_{١}$ = ٢ر٤ ، س$_{٢}$ = ٣ر٥ فان اختبار مثالية الحل غير الكسرى الناتج عن عملية التقريب معناه حصر مختلف الحلول الصحيحة التى تتمثل فى أربع توليفات هى (٢س$_{١}$ ، ٣س$_{٢}$) ، (٢س$_{١}$ ، ٤س$_{٢}$) ، (٣س$_{١}$ ، ٣س$_{٢}$) ، (٣س$_{١}$ ، ٤س$_{٢}$) الامر الذى يعنى أن عدد الحلول الصحيحة عبارة عن ٢^{ن} . واذا كانت ن = ١٠ فان الامر يتطلب اعداد واختبار ١٠٢٤ توليفة . وغير خاف مدى الصعوبات التى قد تصاحب القيام بعمليات التقريب كوسيلة لمعالجة القيم الكسرية غير المرغوب فيها . كما أنه حتى مع القيام باختبار كافة الحلول الصحيحة التى يمكن أن تسفر عنها عملية التقريب فانه ليس هناك

ما يضمن التوصل الى الحل الامثل للمشكلة (١) .

ومن ناحية أخرى ، يتعذر - غالبا - الاخذ فى الحسبان هيكل الاولويات الذى يعكس وجهة نظر متخذ القرار ازاء مختلف الاهداف وذلك عند القيام بعملية تقريب الحل الامثل الكسرى الذى يقدمه نموذج برمجة الاهداف حيث يتركز الاهتمام على مجرد التخلص من القيم الكسرية غير المرغوب فيها بغض النظر عما اذا كان التقريب فى الاتجاه الذى يحفظ لهيكل الاولويات سلامته من عدمه . الامر الذى مفاده أن عملية التقريب ربما تسفر عن حل غير كسرى لا تتجاوز متطلبات تنفيذه المتاح من الموارد ، غير انه يتجاهل الاولويات التى منحها متخذ القرار للاهداف . ومن ثم ليس هناك ما يضمن عدم اختلاف درجات الاولوية للاهداف فى ظل الحل الجديد عما كانت عليه بهيكل الاولويات الذى أعده متخذ القرار سلفا . وفى ذات الوقت ربما يتعذر القيام بحصر مختلف الحلول غير الكسرية الاخرى واختبارها لمعرفة ما اذا كان الحل غير الكسرى الناتج عن عملية التقريب . أفضل الحلول غير الكسرية (من حيث قدرته على الحفاظ على الاولويات الممنوحة للاهداف) أم لا كما سبق ذكره . فلو فرض وجود مشكلة برمجة أهداف تتضمن ثلاثة أهداف ولتكن $هـ_1$ ، $هـ_2$ ، $هـ_3$. وبفرض أن متخذ القرار يعطى الاولويات التالية : الاولى ، الثانية ، الثالثة للاهداف الثلاثة على التوالى . وبفرض أن الرموز $أ_1$ ، $أ_2$ ، $أ_3$ تعكس المستويات التى حددها متخذ القرار للاهداف الثلاثة على التوالى . فان الامر يقتضى - فى هذه الحالة - أولا السعى نحو تحقيق قيمة تكون أقرب ما يمكن من المستوى $أ_1$ وبصرف النظر عن الهدفين $هـ_2$ ، $هـ_3$. ثانيا فى ظل قيمة تكون أقرب ما يمكن للمستوى $أ_1$ ، وبصرف النظر عن الهدفين $هـ_2$ ، $هـ_3$. ثانيا فى ظل قيمة تكون أقرب ما يمكن للمستوى $أ_1$ يكون المطلوب تحقيق قيمة تكون أقرب ما يمكن من المستوى $أ_2$ وبصرف النظر عن الهدف $هـ_3$.

Philips, Don T. and Ravindran, Solberg James A., "Operations Research: Principles and Ptractices.", (John Wiley & Sons, Inc. N.Y. London, 1976), p. 176.

ثالثا فى ظل قيمة تكون أقرب ما يمكن للمستوى $أ_1$ ، قيمة تكون أقرب ما يمكن للمستوى $أ_2$ يكون المطلوب تحقيق قيمة تكون أقرب ما يمكن للمستوى $أ_3$. الامر الذى يعنى أن متخذ القرار قد أعطى الاولوية المطلقة للهدف $هـ_1$ على ما عداه من الاهداف الاخرى ، ويليه الهدف $هـ_2$ ثم الهدف $هـ_3$.

وعلى ذلك فان محاولة تقريب الحل الامثل الكسرى لمشكلة برمجة الاهداف ـ بفرض أنه جاء كذلك ـ للتخلص من القيم الكسرية غير المرغوب فيها ربما أسفرت عن حل غير كسرى يحقق (مثلا) الهدف $هـ_3$ أولا ثم الهدف $هـ_2$ ثم الهدف $هـ_1$ وهو ما يتعارض تماما مع وجهة نظر متخذ القرار فليس مع التقريب ما يضمن بأن الحل الجديد قد وضع الاهداف $هـ_1$ ، $هـ_2$ ، $هـ_3$ على درجات من الاولوية تتفق مع درجات الاولوية الواردة بهيكل الاولويات الذى قام متخذ القرار باعداده سلفا .

وتأسيسا على ما سبق يظل فرض قابلية المتغيرات القرارية للتجزئة الذى يستند اليه أسلوب برمجة الاهداف عقبة تحد كثيرا من فعالية تطبيق النموذج الرياضى عندما تتعارض عملية التجزئة مع طبيعة بعض (أو كل) المتغيرات القرارية لمشكلة برمجة الاهداف . ومن ثم تظهر الحاجة الى استخدام أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة ، وهذا ما سيتم مناقشته فى الجزء التالى من هذا الفصل .

٢/٣ برمجة الاهداف فى ظل كل من عدم قابلية البدائل الاستثمارية للتجزئة وعدم استقلالها :

عندما تتعارض عملية التجزئة مع طبيعة بعض (أو كل) المتغيرات القرارية للمشكلة ، فان فرض القابلية للتجزئة الذى يستند اليه أسلوب برمجة الاهداف يضع عقبة هائلة تحول دون امكانية التطبيق العملى الفعال للنموذج . كما ان الاستناد الى التقريب كوسيلة لمعالجة مشكلة القيم الكسرية غير المرغوب فيها فى ظل تطبيق نموذج برمجة الاهداف قد يؤدى الى افساد الحل الامثل وخاصة عندما تكون قيم المتغيرات القرارية فى الناتج النهائى لحل مشكلة برمجة الاهداف صغيرة كما هو الحال بالنسبة لاعداد

البرنامج الاستثمارى الامثل حيث تكون - غالبا - قيمة كل متغير قرارى مساوية للصفر أو الواحد الصحيح(١) .

١/٢/٣ استخدام أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة لمعالجة مشكلة عدم القابلية للتجزئة :

يعتبر أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة امتدادا لاسلوب برمجة الاهداف مع وجود اختلاف بينهما يحقق الغرض منه . حيث يمثل فرض القابلية للتجزئة محور الاختلاف بين الاسلوبين ، فمشكلة برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى حقيقة الامر لا تخرج عن كونها مشكلة برمجة أهداف مع وجود قيد اضافى يضمن ظهور بعض (أو كل) المتغيرات القرارية التى تشتمل عليها المشكلة على هيئة قيما صحيحة (صفر ، ١ ، ٢ ، ٣ وهكذا) . فالمطلوب بالنسبة لمشكلات البرمجة بوحدات صحيحة ايجاد تلك القيم غير الكسرية التى تحقق مثالية دالة الهدف من بين كل القيم غير الكسرية الممكنة .

ويهدف نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة الى الاختيار من بين مختلف الحلول الصحيحة (غير الكسرية) الممكنة للمشكلة ذلك الحل الذى يحقق نتيجة تكون أقرب ما يمكن لذلك المستوى أو الهدف الذى حددته الادارة سلفا(٢). ويمكن تقسيم نماذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة الى نوعين أساسيين أولهما يطلق عليه نماذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة الصافية ، حيث تكون كل المتغيرات القرارية مقيدة بأن تظهر فى الحل الامثل للمشكلة بقيم صحيحة . وثانيهما يطلق عليه نماذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة المختلطة ، حيث يكون بعض المتغيرات القرارية فقط (وليس كلها) مقيدا بأن يظهر فى

---

(١) *Jensen, Robert E., Sensitivity Analysis and Integer Linear Programming", (Accounting Review, Vol. XLIII, No. 3, July, 1968), p.440.*

(٢) *Lee, Sang M. and Morris, Richard L., "Integer Goal Programming Methods", (studies in the Management Sciences, Vol. 6, 1977), p.273.*

الناتج النهائى لحل المشكلة بقيم صحيحة (١) .

ويمكن لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة ـ عند تطبيقه فى مجال ترشيد الموارد الاقتصادية المخصصة للانفاق الاستثمارى ـ ان يأخذ الصياغة الرياضية التالية (٢) :

دالة الهدف : تحقيق أدنى قيمة ممكنة للدالة .

$$\text{م} \quad \sum_{\text{ن}=1} \left[\text{ح}^{+}_{\text{ن}} \, \text{و}^{+}_{\text{ن}} + \text{ح}^{+}_{\text{ن}} + \text{ح}^{-}_{\text{ن}} \, \text{و}^{-}_{\text{ن}} + \text{ح}^{-}_{\text{ن}} \right]$$

القيـــــود :

أ) **قيود الاهداف :**

$$\sum_{\text{ى}=1}^{\text{ق}} \text{ق}_{\text{ن}} \, \text{س}_{\text{ى}} - \text{ح}^{+}_{\text{ن}} + \text{ح}^{-}_{\text{ن}} = \text{ل}_{\text{ن}} \qquad [\text{ن} = 1، 2، \ldots\ldots، \text{م}]$$

ب) **قيود الموارد :**

$$\sum_{\text{ن}=1}^{\text{ع}} \text{أ}_{\text{ت ى}} \, \text{ر} \, \text{س}_{\text{ى}} \leq \text{ك}_{\text{ت ر}}$$

$$(\text{ر} = 1، 2، 3، \ldots\ldots \text{ر})$$

قيـــــود العددية : $\text{س}_{\text{ى}}$ قيما صحيحـــة

قيود عدم السلبيـــة : $\text{ح}^{+}_{\text{ن}} \, ، \text{ح}^{-}_{\text{ن}} \, ، \text{س}_{\text{ى}} \geq$ صفـــر

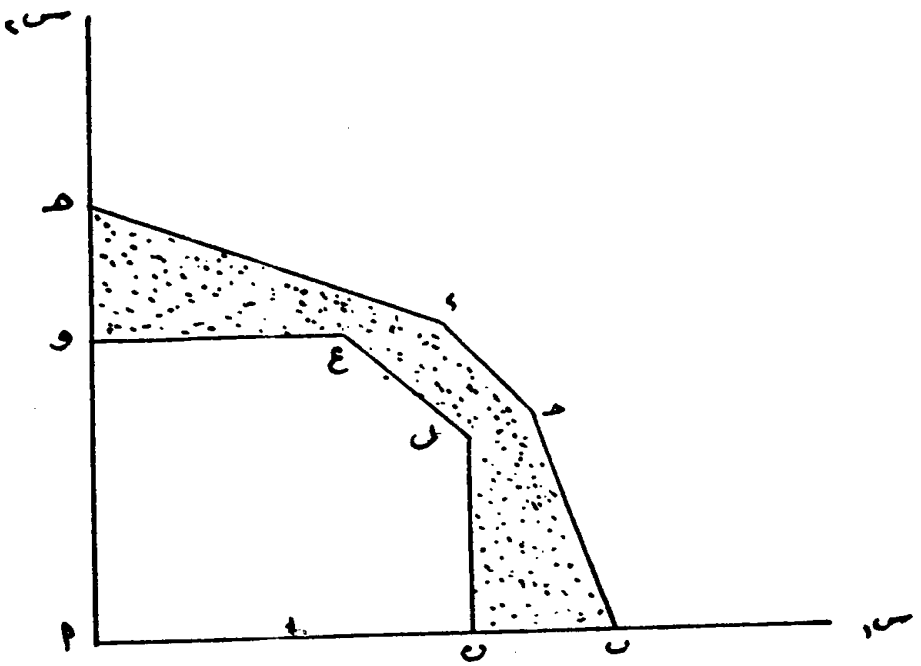
---

(١) *Eck, R. D., op. cit., p.154.*

(٢) هذه الصياغة مستمدة من صياغة نموذج برمجة الاهداف الوارد فى ص ٦٠ من الفصل الثانى ومن صياغة دالة الهدف فى ظل هيكل الاولويات الواردة فى ص ٦٨ من ذات الفصل .

وبمقارنة

وبمقارنة نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة ، بنموذج برمجة الاهداف يتضح أن الفرق بينهما يتمثل فى قيد عدم الكسرية (قيد العددية) الذى يضمن عدم ظهور قيم كسرية غير مرغوب فيها ضمن الحل الامثل للمشكلة ، لذلك عدد الحلول الممكنة فى ظل نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة أقل من مثيله فى ظل نموذج برمجة الاهداف . ففى ظل نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة يؤدى وجود قيد العددية الى انكماش منطقة الحلول الممكنة ويجعلها تقتصر على الحلول غير الكسرية فقط ، فى حين تشتمل منطقة الحلول الممكنة فى ظل نموذج برمجة الاهداف على كل من الحلول غير الكسرية وأيضا الحلول الكسرية الممكنة لحل المشكلة . الامر الذى يعنى أن القيمة الكلية القابلة للتحقيق لهدف ما فى ظل نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة تكون أقل من مثيلتها فى ظل نموذج برمجة الاهداف . ويمكن الاستعانة بالشكل البيانى رقم (٤) لتبيان أثر وجود قيد العددية على منطقة الحلول الممكنة للمشكلة (١) .



شكل رقم (٤)

(١) Lee, sang M., op. cit., pp. 336 - 337 .

فى الشكل رقم (٤) تمثل المساحة أ ب ح د هـ منطقة الحلول الممكنة (صحيحة وكسرية) لمشكلة برمجة الاهداف . وقد ترتب على اضافة قيود العددية انكماش تلك المنطقة لتقتصر على الحلول الصحيحة فقط والتى تمثلها المنطقة الجديدة أ ن ل ع و ـ أى أن اضافة قيود العددية نتج عنها استبعاد المساحة ذات النقاط ـ وهى تمثل منطقة الحلول الكسرية ـ من منطقة الحلول الكلية الممكنة لتبقى منطقة الحلول الممكنة الصحيحة فقط . كما ان كل رأس من رؤوس الشكل الجديد (أ ن ل ع و) تمثل حلا ممكنا صحيحا للمشكلة الامر الذى يعنى أن حل المشكلة سيكون غير كسرى ، حيث ان حل المشكلة يكمن فى احدى هذه الرؤوس .

٢/٢/٣ استخدام أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة لمعالجة مشكلة عدم الاستقلال :

يعتبر فرض القابلية للاحلال أحد الفروض التى يستند اليها نموذج برمجة الاهداف .[1] ويقصد بهذا الفرض امكانية احلال جميع المتغيرات القرارية للمشكلة محل بعضها البعض حتى يمكن حصر مختلفه الطرق البديلة لمزج تلك المتغيرات حيث يمثل كل بديل حلا ممكنا ومن ثم يصبح عصب المشكلة تحديد واختيار ذلك البديل (المزج) الذى يحقق مثالية دالة الهدف . لذلك يعد قابلية المتغيرات القرارية لمشكلة ما للاحلال محل بعضها البعض أحد الشروط الواجب توافرها حتى يمكن حل المشكلة بتطبيق نموذج برمجة الاهداف . أى أنه يشترط قابلية البدائل الاستثمارية للاحلال محل بعضها البعض حتى يمكن تطبيق نموذج برمجة الاهداف لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل .

غير ان القابلية للاحلال ربما لا تتوافر عند اعداد البرنامج الاستثمارى الامثل لعدم استقلال بعض البدائل الاستثمارية عن بعضها البعض لوجود علاقة (علاقات) ارتباط أو تعارض بينها سواء من الناحية الاقتصادية ، أو الناحية

---

(١) ـ فى ذلك شأن سائر نماذج البرمجة الرياضية ، وسيتم مناقشة ذلك بشىء من التفصيل فى نهاية الفصل الرابع من هذا البحث .

أسلوب برمجة الاهداف لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل من عدمه . فى حقيقة الامر ، ليس هناك ما يضمن توفير المعالجة الفعالة لمشكلة عدم الاستقلال فى ظل نموذج برمجة الاهداف الذى يستند الى فرض قابلية المتغيرات القرارية للتجزئة . ففى ظل فرض القابلية للتجزئة ليس هناك ما يمنع ظهور اجزاء من مشروعات متعارضة ، (بالرغم من الاخذ فى الحسبان علاقات التعارض عند اعداد نموذج برمجة الاهداف) فى الحل النهائى للمشكلة بمجموع لا يزيد على الواحد الصحيح . فلو فرض (مثلا) وجود تعارض بين البديلين الاستثماريين س١ ، س٨ ، وبفرض أن علاقة التعارض قد أخذت فى الحسبان عند اعداد نموذج برمجة الاهداف عن طريق ادراج القيد التالى :

$$س_{١} + س_{٨} \leq ١$$

فليس هناك ما يمنع ظهور $س_{١} = \frac{١}{٣}$ ، $س_{٨} = \frac{٢}{٣}$

ويرى البعض أن ظهور اجزاء من مشروعات استثمارية متعارضة فى الحل الامثل قد يعد ميزة . فمثلا اذا كان الحل للامثل لاحدى المشكلات يتضمن تنفيذ ثلثى قنطرة من الحديد ، وثلث قنطرة من الخشب فان هذه النتيجة قد تعد ميزة يمكن للفنيين الاستفادة بها للتفكير فى تصميم قنطرة جديدة تجمع بين ميزتى متانة الحديد والانخفاض النسبى فى تكاليف الخشب(١). غير انه ربما لا يكون الامر كذلك بالنسبة لكثير من المشكلات العملية حيث ربما يكون من غير المقبول عمليا ظهور مشروعات متعارضة . كما إن التجزئة فى حد ذاتها (بغض النظر عن التعارض غير المرغوب فيه) ربما تتعارض مع طبيعة البدائل الاستثمارية .

ان نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة يوفر المناخ الملائم لمعالجة مشكلة عدم استقلال بعض المشروعات الاستثمارية عن بعضها البعض بشكل فعال . فالنموذج لا يسمح بظهور المتغيرات القرارية فى الحل النهائى لمشكلة برمجة الاهداف بوحدات صحيحة بقيم كسرية غير مرغوب فيها ، الامر الذى

---

(١) *Wiengarthener, Martin H., op. cit., p. 33.*

يتيح الفرصة لقيود التعارض أو الارتباط (أو كلاهما) لكى تحقق النتائج المرجوة منها . فلو فرض وجود علاقة التعارض بين $س_{١}$ ، $س_{٨}$ فى ظل نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة ، لن يكون المجال متاح لظهور $س_{١}$ ، $س_{٨}$ معا فى الحل النهائى للمشكلة بمجموع لا يزيد على الواحد الصحيح كما هو الحال بالنسبة لنموذج برمجة الاهداف ، حيث يترتب على ادراج القيد

$$س_{١} + س_{٨} \leq ١$$

فمن مجموعة قيود نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة الحصول على أحد الحلول التالية :

الحل الاول : $س_{١} = ١$ ، $س_{٨} =$ صفر

الحل الثانى: $س_{١} =$ صفر ، $س_{٨} = ١$

الحل الثالث: $س_{١} =$ صفر ، $س_{٨} =$ صفر

ويعنى هذا أن وجود القيد السابق فى ظل نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة يؤدى اما الى اختيار $س_{١}$ و رفض $س_{٨}$ أو قبول $س_{٨}$ ، و رفض $س_{١}$ أو رفض الاستثمارين معا .

واذا فرض وجود مشروعين استثماريين $س_{١٠}$، $س_{٨}$ وبفرض أن المشروع $س_{١٠}$ يمكن قبوله منفردا (أى يفترض أنه متغيرا مستقلا) . فى حين يفترض أن المشروع $س_{٨}$ يتوقف قبوله على قبول المشروع $س_{١٠}$. فان هذه العلاقة يمكن أخذها فى الحسبان . كالاتى :

$$س_{١٠} \leq ١$$

$$س_{١٠} \leq س_{٨}$$

ويعنى ذلك أنه اذا كان المشروع $س_{١٠} = ١$ ، فان المشروع $س_{٨} = ١$. أما لو تم رفض المشروع $س_{١٠}$ (أى لو كانت قيمته فى الحل النهائى مساوية للصفر) سوف يتم رفض المشروع $س_{٨}$.

واذا فرض أن الاستثمارين $س_{٤}$ ، $س_{٦}$ متعارضان . وفى ذات الوقت يتوقف قبول المشروع $س_{٢}$ على قبول احدهما ، فان هاتين العلاقتين يمكن

أخذهما فى الحسبان كالاتى :

$$س_{٤} + س_{٦} \geq ١$$

$$س_{٤} + س_{٦} \leq ٢ س$$

وبفرض أن المشروع $س_{١٥}$ يعتمد قبوله على قبول المشروع $س_{١٦}$ ، والذى يعتمد قبوله على قبول المشروع $س_{١٧}$ ، فان هذه العلاقات يمكن أخذها فى الحسبان كالاتى :

$$س_{١٧} \geq ١$$

$$س_{١٧} \leq س_{١٦}$$

$$س_{١٦} \leq س_{١٥}$$

وإذا فرض وجود علاقة تكامل بين كل من $س_{٦}$ ، $س_{٩}$ من ناحية أولى (بمعنى أن قبول كل منهما يعتمد على قبول الاخر) وبين $س_{١٢}$ ، $س_{١٥}$ من ناحية أخرى . فى هذه الحالة يمكن اعداد مزجين ، الاول يتكون من $س_{٦} + س_{٩}$ ويرمز له (مثلا) $س_{٩٦}$. والثانى يتكون من $س_{١٢} + س_{١٥}$ ويرمز له (مثلا) $س_{٥٢}$. ولو فرض أن متخذ القرار يرغب فى تنفيذ أحد المتغيرين $س_{٩٦}$ ، $س_{٥٢}$ على الاقل ، فانه يمكن التعبير عن ذلك من خلال القيد التالى:

$$س_{٩٦} + س_{٥٢} \leq ١$$

وبفرض أن قبول مشروعا استثماريا وليكن $س_{٤٠}$ يعتمد على قبول مشروعين استثماريين معا وليكن $س_{١٩}$ ، $س_{٢٠}$ (لا يقصد بذلك أن $س_{١٩}$ ، $س_{٢٠}$ مكملان لبعضهما) ، فان هذه العلاقة يمكن أخذها فى الحسبان عند اعداد النموذج على النحو التالى(١) :

$$٢ س_{٤٠} \geq س_{١٩} + س_{٢٠}$$

على أن هناك اختلافا جوهريا بين كل من مشكلة عدم القابلية للتجزئة من جانب بعض البدائل الاستثمارية ، ومشكلة عدم استقلال بعض المشروعات

---

(١) *Clark, John J., Hindelang, Thomas J. and Pritchard, Robert E., op. cit., pp. 257 - 258.*

الاستثمارية عن بعضها البعض . غير أن كلتا المشكلتين تمثلان مناخا طيبا يثمر فيه كثيرا تطبيق نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة . لذلك قد يكون من المناسب الاستعانة بمثال يشتمل على المشكلتين معا على النحو التالى :

١) يفترض أن الجدول رقم (١٠) يشتمل على صافى القيمة الحالية لكل بديل استثمارى ، ومدى مساهمة كل بديل فى زيادة حصيلة المنظمة من النقد الاجنبى ، وصافى الدخل الذى يمكن أن يحققه كل بديل ، اضافة الى التكاليف الاستثمارية المطلوبة لكل بديل استثمارى خلال كل فترة من فترات التنفيذ(١) :

البدائل الاستثمارية	التكاليف الاستثمارية			صافى القيمة الحالية	مدى المساهمة فى زيادة حصيلة النقد الاجنبى		صافى الدخل
	الفترة (١)	الفترة (٢)	الفترة (٣)		الفترة (١)	الفترة (٢)	
س ١	٤٠	٨٠	—	٢٤	٠٢ر	٠٣ر	١٠
س ٢	٥٠	٦٥	٥	٣٨	٠١ر	٠٢ر	١٥
س ٣	٤٥	٥٥	١٠	٤٠	٠٢ر	٠٣ر	١٧
س ٤	٦٠	٤٨	٨	٤٤	٠١ر	٠٢ر	١٩
س ٥	٦٨	٤٢	—	٢٠	٠٣ر	٠٤ر	٨
س ٦	٧٥	٥٢	٢٠	٦٤	٠١ر	٠٢ر	٢٢
س ٧	٣٨	٩٠	١٤	٢٧	٠١ر	٠٢ر	١٢
س ٨	٢٤	٤٠	٧٠	٤٨	٠١ر	٠٢ر	٢٠
س ٩	١٢	٦٦	٢٠	١٨	٠١ر	٠٢ر	٩
س ١٠	٦	٨٨	١٧	٢٩	٠٣ر	٠٤ر	١٤
س ١١	—	٧٢	٦٠	٣٢	٠٣ر	٠٤ر	١٥
س ١٢	—	٥٠	٨٠	٣٨	٠٢ر	٠٣ر	١٥
س ١٣	—	٣٤	٥٦	٢٥	٠٢ر	٠٣ر	١٠
س ١٤	—	٢٢	٧٦	١٨	٠٤ر	٠٤ر	٩
س ١٥	—	١٢	١٠٤	٢٨	٠١ر	٠٢ر	١٢

جدول رقم (١٠)

١) ادخل الباحث عدة اضافات على المثال الذى ورد فى المرجع :

Ibid ., pp.252 - 258.

٢) يفترض أيضا أن المبالغ المخصصة للانفاق الاستثمارى خلال فترات التنفيذ الثلاث كانت كالاتى :

٣٠٠ ، ٥٤٠ ، ٣٨٠ على التوالى .

٢) كما يفترض وجود العلاقات التالية بين البدائل الاستثمارية :

أ - يرغب متخذ القرار الاستثمارى فى اختيار مشروعين استثماريين على الاكثر من بين مجموعة البدائل الاستثمارية س٣ ، س٤ ، س٨ .

ب - يرغب متخذ القرار الاستثمارى فى اختيار واحدا من المشروعين الاستثماريين المتعارضان س٥ ، س٩ .

جـ - يعتمد قبول تنفيذ المشروع س٦ على قبول تنفيذ كلا من المشروعين الاستثماريين س١ ، س١٤ .

د - يمكن تاجيل تنفيذ المشروع الاستثمارى س١ لفترة واحدة - ومن ثم تاجيل الانفاق الاستثمارى المتعلق بتلك الفترة - غير ان هذا التاجيل يؤدى الى تخفيض صافى القيمة الحالية للمشروع س١ ليصبح ٢٢ بدلا من ٢٤ . وانخفاض صافى الدخل ليصبح ٨ بدلا من ١٠ .

هـ - يمكن اعداد مزجين استثماريين الاول : يتكون من المشروعين س٢ ، س٣ . والثانى : يتكون من المشروعين س١٠ ، س١٣ (حيث يمكن أن يتكامل البديلان الاستثماريان معا) . ويرى متخذ القرار الاستثمارى أن هذا المزج يمكن أن يحقق وفرا فى التكاليف الاستثمارية لكل مزج مقداره ٠/٠١٠ مع امكانية تحقيق زيادة فى صافى القيمة الحالية لكل مزج مقداره ٠/٠١٢ . هذا اضافة الى امكانية تحقيق زيادة فى حصيلة النقد الاجنبى خلال الفترة الاولى مقدارها ٠٢ر ، ٠١ر للمزجين على التوالى . وخلال الفترة الثانية زيادة مقدارها ٠٣ر ، ٠٢ر على التوالى .

و - يرى متخذ القرار الاستثمارى ضرورة اختيار أحد المزجين السابقين على الاقل .

٤) يفترض وجود أربعة أهداف الاول : تحقيق أقصى صافى قيمة حالية . الثانى : ألا تقل مساهمة البدائل الاستثمارية التى يتم قبولها فى زيادة حصيلة النقد الاجنبى عن ٩ر١ خلال الفترة الاولى . الثالث : ألا تقل مساهمة البدائل الاستثمارية فى زيادة حصيلة النقد الاجنبى عن ٢ر٢ خلال الفترة الثانية . الرابع : ألا يقل صافى الدخل عن ١٨٠ .

٥) يرى متخذ القرار الاستثمارى اعطاء الاولوية الاولى للهدفين الثانى والثالث (المساهمة فى زيادة حصيلة النقد الاجنبى) . والاولوية الثانية للهدف الاول (صافى القيمة الحالية) ، والاولوية الثالثة للهدف الرابع (صافى الدخل) . كما يرى متخذ القرار الاستثمارى اعطاء وزنا ترجيحا للهدف الثانى ضعف الوزن الترجيحى للهدف الثالث .

بفحص الفروض السابقة للمثال السابق تظهر الحاجة الى متغيرات قرارية جديدة (بالاضافة الى المتغيرات القرارية الحالية من $س_1$ حتى $س_{15}$) تتمثل فى $س_{16}$ ، $س_{17}$ ، $س_{18}$ ، فالمتغير القرارى $س_{16}$ تظهر الحاجة اليه ليعبر عن امكانية تأجيل المشروع $س_1$ لفترة واحدة . كما يشير المتغير القرارى $س_{17}$ الى قبول المزج الاستثمارى المكون من المشروعين الاستثماريين $س_2$ ، $س_3$. أما المتغير القرارى $س_{18}$ يعكس المزج الاستثمارى المكون من المشروعين الاستثماريين $س_{10}$ ، $س_{12}$.

وفى ضوء كل من بيانات المثال السابق والمتغيرات القرارية الجديدة التى تفرضها طبيعة المشكلة يمكن اعداد الصياغة الرياضية لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة على النحو التالى :

دالة الهدف : تحقيق أدنى قيمة للانحرافات :

$$و_1 (٢ ح^-_2 + ح^-_3) + و_2 (ح^-_1 - ح^+_1) + و_3 (ح^-_4)$$

قيمة الاهداف :

أ - هدف صافى القيمة الحالية :

$$٢٤ س_{١} + ٣٨ س_{٢} + ٤٠ س_{٣} + ٤٤ س_{٤} + ٢٠ س_{٥} + ٦٤ س_{٦} + ٢٧ س_{٧} + ٤٨ س_{٨} +$$
$$١٨ س_{٩} + ٢٩ س_{١٠} + ٣٢ س_{١١} + ٣٨ س_{١٢} + ٢٥ س_{١٣} + ١٨ س_{١٤} + ٢٨ س_{١٥} +$$
$$٢٢ س_{١٦} + ٣٦٫٨٧ س_{١٧} + ٦٠٫٤٨ س_{١٨} + ح^{-}_{١} - ح^{+}_{١} = ١٠٠$$

ب ـ هدف المساهمة فى زيادة حصيلة النقد الاجنبى فى الفترة الاولى :

$$٠٫٠٢ س_{١} + ٠٫٠١ س_{٢} + ٠٫٠٢ س_{٣} + ٠٫٠١ س_{٤} + ٠٫٠٣ س_{٥} + ٠٫٠١ س_{٦} + ٠٫٠١ س_{٧} +$$
$$٠٫٠١ س_{٨} + ٠٫٠١ س_{٩} + ٠٫٠٣ س_{١٠} + ٠٫٠٣ س_{١١} + ٠٫٠٢ س_{١٢} + ٠٫٠٢ س_{١٣} +$$
$$٠٫٠٤ س_{١٤} + ٠٫٠١ س_{١٥} + ٠٫٠٢ س_{١٦} + ٠٫٠٥ س_{١٧} + ٠٫٠٦ س_{١٨} + ح^{-}_{٢} - ح^{+}_{٢} = ١٫٩$$

جـ ـ هدف المساهمة فى زيادة حصيلة النقد الاجنبى للفترة الثانية :

$$٠٫٠٣ س_{١} + ٠٫٠٢ س_{٢} + ٠٫٠٣ س_{٣} + ٠٫٠٢ س_{٤} + ٠٫٠٤ س_{٥} + ٠٫٠٢ س_{٦} + ٠٫٠٢ س_{٧} +$$
$$٠٫٠٢ س_{٨} + ٠٫٠٢ س_{٩} + ٠٫٠٤ س_{١٠} + ٠٫٠٤ س_{١١} + ٠٫٠٣ س_{١٢} + ٠٫٠٣ س_{١٣} +$$
$$٠٫٠٤ س_{١٤} + ٠٫٠٢ س_{١٥} + ٠٫٠٣ س_{١٦} + ٠٫٠٨ س_{١٧} + ٠٫٠٩ س_{١٨} + ح^{-}_{٣} - ح^{+}_{٣} = ٢٫٢$$

د ـ هدف صافى الدخل :

$$١٠ س_{١} + ١٥ س_{٢} + ١٧ س_{٣} + ١٩ س_{٤} + ٨ س_{٥} + ٢٢ س_{٦} + ١٢ س_{٧} + ٢٠ س_{٨}$$
$$٩ س_{٩} + ١٤ س_{١٠} + ١٥ س_{١١} + ١٥ س_{١٢} + ١٠ س_{١٣} + ٩ س_{١٤} + ١٢ س_{١٥} +$$
$$٨ س_{١٦} + ٣٢ س_{١٧} + ٢٤ س_{١٨} + ح^{-}_{٤} - ح^{+}_{٤} = ١٨٠$$

قيود الموارد :

أ ـ قيد التمويل للفترة الاولى :

$$٤٠ س_{١} + ٥٠ س_{٢} + ٤٥ س_{٣} + ٦٠ س_{٤} + ٦٨ س_{٥} + ٧٥ س_{٦} + ٣٨ س_{٧} + ٢٤ س_{٨} +$$
$$١٢ س_{٩} + ٦ س_{١٠} + ٨٥ س_{١١} + ٨٥٫٥ س_{١٧} + ٤٫٥ س_{١٨} \leq ٣٠٠$$

ب ـ قيد التمويل للفترة الثانية :

$$٨٠ س_١ + ٦٥ س_٢ + ٥٥ س_٣ + ٤٨ س_٤ + ٤٢ س_٥ + ٥٢ س_٦ + ٩٠ س_٧ + ٤٠ س_٨ +$$
$$٦٦ س_٩ + ٨٨ س_{١٠} + ٧٢ س_{١١} + ٥٠ س_{١٢} + ٣٤ س_{١٣} + ٢٢ س_{١٥} + ٤٠ س_{١٦} +$$
$$١٠٨ س_{١٧} + ٨ر١٠٩ س_{١٨} \leq ٣٨٠$$

جـ - قيد التمويل للفترة الثالثة :

$$٥ س_٢ + ١٠ س_٣ + ٨ س_٤ + ٢٠ س_٦ + ١٤ س_٧ + ٧٠ س_٨ + ٢٠ س_٩ + ١٧ س_{١٠} +$$
$$٦٠ س_{١١} + ٨٠ س_{١٢} + ٥٦ س_{١٣} + ٧٦ س_{١٤} + ١٠٤ س_{١٥} + ٨٠ س_{١٦} + ٥ر١٣ س_{١٧}$$
$$٧ر٦٥ س_{١٨} \leq ٣٨٠$$

قيود العلاقات بين البدائل الاستثمارية :

أ) $س_٣ + س_٤ + س_٨ \leq ٢$

ب) $س_٥ + س_٩ \leq ١$

جـ) $٢ س_٦ \leq س_١ + س_{١٤}$

د) $٢ س_٦ \leq س_{١٦} + س_{١٤}$

هـ) $س_١ + س_{١٦} \leq ١$

و) $س_٢ + س_٣ + س_{١٧} \leq ١$

ز) $س_{١٠} + س_{١٣} + س_{١٨} \leq ١$

ح) $س_{١٧} + س_{١٨} \leq ١$

قيود العددية :

$س_١ ، س_٢ \ldots \ldots ، س_{١٨}$ أعداد صحيحة . $[س_١، س_٢، \ldots، س_{١٨} \leq ١]$

قيود عدم السلبية :

$$س_١ ، س_٢ \ldots \ldots ، س_{١٨} ، ح_١^+ ، ح_١^- ، ح_٤^+ ، ح_٤^- \geq \text{صفر}$$

على أن نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة قد حقق نجاحا عظيما في توفير المعالجة الفعالة لكل من مشكلة عدم قابلية بعض البدائل الاستثمارية للتجزئة ، ومشكلة عدم استقلال بعض البدائل الاستثمارية عن بعضها البعض ،

اضافة الى نجاحه فى التعامل بكفاءة مع مشكلة تعدد الاهداف ومعالجتها بشكل فعال . الا أن النموذج يعد أحد نماذج البرمجة الرياضية اليقينية التى تستند اساسا الى فرض توافر المعلومات الكاملة عن المستقبل ، حيث يفترض أن متخذ القرار على علم تام بكافة العوامل المسببة للقرار والنتائج المترتبة عليه دون وجود أى مجال للمصادفة . ومن ثم يفترض أن متخذ القرار فى موقف يسمح له بتحديد نوع حالة الطبيعة التى سوف تسود مستقبلا وبالتالى امكانية تحديد قيمة واحدة موكدة لمعاملات كل من مدخلات ومخرجات النموذج (١).

وكما هو معلوم ، ترتبط معاملات مدخلات نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة بما ينطوى عليه المستقبل من أحداث ، أى ان اعداد النموذج الرياضى يعتمد أساسا على ما يتم اعداده من تنبوءات وتقديرات لظروف المستقبل والذى لا يمكن الجزم تماما بما يخفيه من ظروف وأحداث . فالعلاقات بين متغيرات النموذج - غالبا - متشابكة ومعقدة . كما أن متخذ القرار يفتقر للاساليب الرياضية المتقدمة التى تمكنه من تمثيل الواقع المعقد . وغير خاف انه كلما تغلغلت التنبوءات لآفاق بعيدة فى المستقبل أدى ذلك الى زيادة تاثير عوامل عدم التأكد . الامر الذى يعكس بوضوح التعارض مع الوضع المثالى من المعرفة التامة الذى يستند اليه نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة . فالتنبوءات والتقديرات التى يتم اعدادها عن المستقبل لا تخلو حتما من تاثير عوامل عدم التأكد بشكل يتفاوت بتفاوت درجات التغلغل فى آفاق المستقبل لاسيما بعد أن أصبحت الحركة السريعة والتغيرات المتلاحقة من أهم السمات المميزة للواقع العملى مما جعل المستقبل غير معلوم على وجه اليقين . ويعنى ذلك ان فرض التأكد الذى يستند اليه نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة قد يضع عقبة تحد من فعالية التطبيق العملى للنموذج حيث قد تبعد النتائج النهائية التى يتم التوصل اليها عن دائرة الواقع (٢).

---

(١) *Keown, Arthur J. and Taylor, Bernard W., op.cit., p.579.*

(٢) *Lin, W.T., "Application of Goal Programming in Accounting," (Jrnl of business Finance & Accounting, UK., Vol.6, Winter 1979) p.559.*

الامر الذى يستلزم ضرورة الاخذ فى الحسبان مخاطر عدم التأكد عند اعداد نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة وهذا ما سيتم مناقشته فى الفصل التالى من البحث .

الفصل الرابع

أسلوب برمجة الأهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد

٤/١ تمهيد

٤/٢ استخدام أسلوب التوزيعات الاحتمالية لتحليل مخاطر عدم التأكد

٤/٢/١ القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية.

٤/٢/٢ القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية مع الأخذ فى الحسبان التباين الكلى.

٤/٣ الفروض التى يستند إليها أسلوب برمجة الأهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد.

٤/٤ الشروط اللازمة لإمكانية استخدام أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد.

٤/٥ الأركان الأساسية لنموذج برمجة الأهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد.

٤/٦ إعداد البرنامج الاستثمارى الأمثل كمشكلة برمجة أهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد.

٤/٧ الصياغة الرياضية لنموذج برمجة الأهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد.

٤/٨ حالة مفترضة لتبيان كيفية تطبيق نموذج برمجة الأهداف بوحدات صحيحة لإعداد البرنامج الاستثمارى فى ظروف عدم التأكد.

٤/٩ حدود الأسلوب المقترح فى هذا البحث.

١/٤ تمهـــــيد :

غير خافٍ حقيقة توافر المعرفة الجزئية فقط بكثير من حقائق الكـــون، الامر الذى يدعو الى التخلى عن قطاع البرمجة اليقينية والاستعانة بالبرمجة فى ظروف عدم التاكد أو ما يطلق عليها احيانا قطاع البرمجة الاحتماليـــة. فالنماذج الاحتمالية تعترف بتوافر المعرفة الجزئية فقط بحقائق الواقـــع العملى . لذا تختص هذه النماذج أساسا بالتعامل مع المشكلات التى تنطوى معاملات متغيراتها (كلها أو بعضها) على مخاطر عدم التاكد أو ما يطلـــق عليها متغيرات عشوائية . حيث تساعد هذه النماذج متخذ القرار على الاخـذ فى الحسبان أثر مخاطر عدم التاكد على مدخلات النموذج بما يسهم فى النهاية فى التوصل الى نتائج تكون أقرب ما يكون لدائرة الواقع .

ويرى البعض أنه يمكن معالجة مشكلة عدم التاكد من خلال نمـــــاذج البرمجة الرياضية عن طريق اعداد ما يطلق عليها " قيود التصادفية" التى يتم ادراجها بالنموذج ، ثم يتم ايجاد القيود اليقينية المعادلة لها(١). وقيود التصادفية يتم اعدادها للقيود الهيكلية (عندما تنطوى مصفوفـــة المعاملات الفنية أو قيم الطرف الايسر – أو الاثنتان معا على قيم عشوائية) اطرادها كما يتم اعدادها ايضا لقيود الاهداف (عندما تنطوى معاملات المتغيـــرات القرارية أو المستويات المحددة سلفا والمرغوب تحقيقها لمجموعة الاهـداف – أو الاثنين معا على قيم عشوائية) .

---

(١) *Andrew, Hogan J., James, Morris C. and Howard, Thompson E., "Decision Problems under Risk and Chance constraind Programming: Dilemmas in the Transition," (Management Science, vo. 27, no.6, June 1981), pp.698-705.*

وجدير بالذكر يعد كل من تشارنز وكوبر من الرواد الاوائل فى أسلـوب معالجة مشكلة عدم التاكد من خلال نموذج البرمجة الرياضية عن طريق قيـــود التصادفية . يرجى الرجوع على سبيل المثال الى :

أ – *Charnes, A. and Cooper, W.W., "Chance Constraind Programming", Management Science, 6, 1959), pp. 73-80.*

ب – *Charnes, A and Cooper, W.W., "Chance Constraind and Normal deviates," (J. Am. Stat. Assoc., 57, 1962), pp. 134-148.*

ويتطلب اعداد قيود التصادفية التعرف على المتغيرات التى تنطوى على مخاطر عدم التاكد (سواء كانت بالقيود الهيكلية أو قيود الاهـــــداف) ، والتوزيعات الاحتمالية والانحراف المعيارى لكل قيمة متوقعة . كما يتطلب اعداد قيود التصادفية ضرورة التعرف على المستويات الدنيا التى يمكـــن لمتخذ القرار قبولها لاحتمالات بلوغ الاهداف أو تحقيق القيود . ومن ثـــم التعرف على المستويات العليا (الحدود القصوى) التى يمكن لمتخذ القرار السماح بها لاحتمالات عدم بلوغ الاهداف أو عدم تحقيق القيود(١). وبفـــرض وجود القيد التالى ضمن مجموعة القيود الهيكلية لنموذج برمجة رياضية :

$$\sum_{ت=1}^{ع} أ_{ت\,ى\,ر}\, س_{ى} \geq ك_{ت\,ر}$$

$$(ر = ١ ، ٢ ، ٣ ، \ldots \ldots \ldots ، ر^{-})$$

حيث يفترض أن كلا من أ ت ى ر ، ك ت ر متغيران عشوائيان(٢). وبفرض أن أدنى مستوى يمكن لمتخذ القرار قبوله لاحتمال تحقق القيد = α ، فان القيد السابق (والذى يمكن أن يطلق عليه قيد يقينى) يمكن اعادة صياغته كقيد تصادفى (قيد ينطوى على وجهة نظر متخذ القرار فيما يتعلق بدرجة المخاطر التى تتناسب مع قدراته واستعداداته لتحمل المخاطر) على النحو التالى :

$$\text{الاحتمال}\left[\sum_{ت=1}^{ع} أ_{ت\,ى\,ر}\, س_{ى} \geq ك_{ت\,ر}\right] \leq \alpha$$

(١) يرجى الرجوع فى ذلك الى

أ - *Keown,Arthur J.and Taylor,Bernard W., op.cit., p.583.*

ب - *De,P.K., Acharya,D. and Sahu,K.C., A Chance Constraind Goal Programming Model for Capital Budgeting", (J.opt Res. Soc. vol. 33, 1982) , pp. 635-637.*

(٢) سبق شرح رموز هذا القيد فى الفصل الثانـــى من هذا البحث ، ص٤٨.

ويتطلب الامر فى هذه الحالة تحويل القيد التصادفى السابق الى قيد يقينى معادل (أى جعل القيد التصادفى فى شكل يقترب من الشكل الذى كان عليه القيد اليقينى مع الاخذ فى الحسبان مخاطر عدم التاكد) على النحو التالى :

$$\text{ق} \left(\sum_{\text{ت}=1}^{\text{ع}} \text{أ}_{\text{ت ى ر}} \text{س}_{\text{ى}} \right) + \text{ض}^{-1} (\alpha_{\text{ت ر}}) \left[\text{ض} \left(\sum_{\text{ت}=1}^{\text{ع}} \text{أ}^{2}_{\text{ت ى ر}} \text{س}_{\text{ى}} - \text{ك}^{2}_{\text{ت ر}} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \leq$$

$$\text{ق} (\text{ك}_{\text{ت ر}})$$

حيث أن :

ق ، ض : عبارة عن القيمة المتوقعة ومعامل الانحراف على التوالى .

ض^{-1} : عبارة عن مقلوب ض ، والتى تشير بدورها الى دالة التوزيع الاحتمالى الطبيعى المعيارى المتجمع لما يلى(١) :

$$\frac{\left[\left(\sum_{\text{ت}=1}^{\text{ع}} \text{أ}_{\text{ت ى ر}} \text{س}_{\text{ى}} - \text{ك}_{\text{ت ر}} \right) - \text{ق} \left(\sum_{\text{ت}=1}^{\text{ع}} \text{أ}_{\text{ت ى ر}} \text{س}_{\text{ى}} - \text{ك}_{\text{ت ر}} \right) \right]}{\left[\text{ق} \left(\sum_{\text{ت}=1}^{\text{ع}} \text{أ}_{\text{ت ى ر}} \text{س}_{\text{ى}} - \text{ك}_{\text{ت ر}} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

وفى هذا الصدد قد يكون من المناسب الاستعانة بمثال مبسط لمحاولة تبيان استخدام قيود التصادفية ، حيث يفترض فى هذا المثال أن متخذ القرار الاستثمارى فى منظمة ما يواجه بخمسة مقترحات استثمارية كل منها مقبول اقتصاديا ، غير ان الموارد المخصصة للانفاق الاستثمارى لا تسمح بقبول تنفيذها جميعا . ومن ثم يفترض أن متخذ القرار بصدد تقييم هذه البدائل

---

(١) لمزيد من التفصيلات يمكن الرجوع على سبيل المثال الى :

أ - *Keown, Arthur J. and Taylor, Bernard W., op.cit. pp. 583-584.*

ب - *Hogan, Andrew J., Morris, James G. and Thompson, Howard E., op. cit., pp. 702-705.*

والمفاضلة بينها لاختيار التشكيلة الاستثمارية التى تحقق أهداف المنظمة (أو تحقيق مستويات مرضية منها جميعا فى آن واحد) . وبفرض أن تحقيق صافى قيمة حالية لا يقل عن ١٠٠ ٠٠٠ جنيها يعد أحد أهداف المنظمة . وبفرض أن المقترحات الاستثمارية محل التقييم والمفاضلة هى س١ ، س٢ ، س٣ ، س٤ ، س٥ . وبفرض أن صافى القيمة الحالية لكل مقترح استثمارى عبارة عن : ٤٩ر٣ ، ٣٩ر٣ ، ٥٠ر٨ ، ٣٢ر١ ، ٣٢ر٥ على التوالى . فى هذه الحالة (تجاهل مشكلة عدم التأكد) يتم التعبير (كما سبق الاشارة اليه تفصيلا) عن ذلك الهدف بانحراف القصور (ح$^-$) الذى يتم ادراجه بدالة الهدف (حيث يفترض عدم وجود أولويات أو أوزان ترجيحية للاهداف) حيث يتم السعى نحو تخفيض قيمة متغير الانحراف لادنى مستوى ممكن . كما يتم التعبير عن الهدف فى شكل قيد يدرج ضمن مجموعة قيود الاهداف على النحو التالى :

$$٤٩ر٣\ س_١ + ٣٩ر٣\ س_٢ + ٥٠ر٨\ س_٣ + ٣٢ر١\ س_٤ + ٣٢ر٥\ س_٥ + ح_١^- - ح_١^+ = ١٠٠$$

أما فى حالة الاخذ فى الحسبان مخاطر عدم التأكد عن طريق اعداد قيود التصادفية ، فان الامر يقتضى ضرورة التعرف على وجهة نظر متخذ القرار الاستثمارى فيما يتعلق بادنى مستوى (α) يقبله لاحتمال تحقق المستوى المرغوب فيه لهدف صافى القيمة الحالية السابق . (حيث يفترض امكانية اعداد التوزيعات الاحتمالية للمتغيرات القرارية التى تنطوى على مخاطر عدم التأكد ، واحتساب القيمة المتوقعة لكل متغير قرارى ، اضافة الى احتساب الانحراف المعيارى لكل قيمة متوقعة ، واحتساب دالة التوزيع الاحتمالى الطبيعى المعيارى المتجمع) . وبفرض أن قيمة (α) كانت ٨ر٠ فان اعادة صياغة قيد هدف صافى القيمة الحالية السابق كقيد تصادفى يسفر عن الصياغة التالية :

$$\text{الاحتمال}\left[٤٩ر٣\ س_١ + ٣٩ر٣\ س_٢ + ٥٠ر٨\ س_٣ + ١ر٢\ ٢\ س_٤ + ٣٢ر٥ س_٥ \leq ١٠٠\right] \geq ٨ر٠$$

ويمكن تحويل القيد التصادفى لهدف صافى القيمة الحالية (بتطبيق الصياغة الرياضية المتعلقة بتحويل القيد التصادفى الى قيد يقينى معادل والسابق الاشارة اليها) الى قيد يقينى معادل (أى جعل القيد

التصادفى الذى ينطوى على وجهة نظر متخذ القرار فيما يتعلق بقدراته واستعداداته لتحمل المخاطر ، فى صورة تقترب من الصورة التى كان عليها القيد اليقينى ولكن مع الاخذ فى الحسبان مخاطر عدم التأكد) يأخذ الشكل التالى :

$$٤٥ر٥٨\ س_١ + ٣٧ر٣٢\ س_٢ + ٤٧ر٤٧ س_٣ + ٣٠ر٢٣\ س_٤ + ٣١ر٣٧\ س_٥ \leq ١١٠ر٥٥$$

وباضافة متغيرى الفائض والتصور للقيد اليقينى المعادل السابق يصبح قيد هدف صافى القيمة الحالية على الشكل التالى(١) :

$$٤٥ر٥٨\ س_١ + ٣٧ر٣٢\ س_٢ + ٤٧ر٤٧\ س_٣ + ٣٠ر٢٣\ س_٤ + ٣١ر٣٧\ س_٥ + ح^-_١ - ح^+_١ = ١١٠ر٥٥$$

على أن استخدام قيود التصادفية لمعالجة مشكلة عدم التأكد يتيح الفرصة لامكانية الاخذ فى الحسبان مخاطر عدم التأكد داخل نماذج البرمجة الرياضية بصفة عامة - وأيضا نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة - الامر الذى يترتب عليه تحسين نوعية ما يتخذ من قرارات استنادا الى هذه النماذج، حيث تقترب كثيرا النتائج التى يتم التوصل اليها نتيجة تطبيق نموذج البرمجة من دائرة الواقع مما يجعل درجة المخاطر التى ينطوى عليها اتخاذ القرار فى الحدود الملائمة لميول متخذ القرار ودرجة استعداداته لتقبل وتحمل مخاطر عدم التأكد .

غير أن معالجة مشكلة عدم التأكد عن طريق اعداد قيود التصادفية قد يثير العديد من العقبات التى قد تجعل التطبيق العملى غير يسير أو تحد من فعالية هذه المعالجة . فمثلا يلاحظ أن الكيفية التى يتم بها تحويل

---

(١) لمزيد من التفصيلات المتعلقة بالخطوات التفصيلية والتمهيدية التى سبقت الصياغة الرياضية المستخدمة فى تحويل القيد التصادفى الى قيد يقينى معادل والتى اوردها الباحث سلفا . اضافة الى تفصيلات متعلقة بما يقترحه نازلاند لتقريب العلاقات التى اصبحت غير خطية بعد التوصل الى القيد اليقينى المعادل ومحاولة جعلها تقترب من الخطيه ، يمكن الرجوع فى كل ذلك الى :

١- *Naslund, B., "A model of Capital Budgeting under risk", J. Busin-vol. 39, 1966) pp. 257-271.*

٢- *Hillier, F.S., "The Derivation of Probabilistic information for the evaluation of Risky Investments", (Mgmt Sci., Vol. 9, 1968) pp. 443-457.*

القيود التصادفية الى قيود يقينية معادلة تسفر غالبا عن علاقات غير خطية بين متغيرات المشكلة حتى ولو كانت العلاقات بين متغيرات المشكلة فى الاصل خطية ، وتشير عدم الخطية (التى يتسبب فيها تطبيق قيود التصادفية) عقبة قد تحد كثيرا من امكانية التطبيق للنموذج الرياضى الذى يستند الى فرض الخطية حتى بالنسبة للمشكلات ذوات الحجم الصغير نسبيا . اضافة الى انه ليس هناك طريقة عامة لحل مشكلات البرمجة غير الخطية ، فالكثير من طرق حل مشكلة البرمجة غير الخطية مازالت تحت الدراسة والتطوير لتمكينها من التعامل بمزيد من الفعالية مع المشكلات العملية التى تتسم فى واقع الامر بتعدد متغيراتها وتشابكها بما يسهم فى اتاحة الفرصة لامكانية التطبيق العملى لاساليب البرمجة غير الخطية (ومن بينها أسلوب برمجة الاهداف غير الخطية) على نطاق واسع (١).

ومن ناحية أخرى ـ وبفرض امكانية التغلب على مشكلة عدم الخطية وتحويل العلاقات غير الخطية الى علاقات شبه خطية ـ فان اعداد قيود التصادفية وتحويلها الى قيود يقينية معادلة مع معالجة مشكلة عدم الخطية الناتجة من عملية التحويل (من تصادف الى يقينى معادل) وما يتطلبه كل ذلك من اعداد للتوزيعات الاحتمالية ، واحتساب دالة التوزيع الاحتمالى الطبيعى المعيارى ، والقيم المتوقعة ، والانحراف المعيارى لكل قيمة متوقعة ، يتطلب كل ذلك القيام بعمليات رياضية كثيرة ومعقدة تسبق اعداد النموذج الرياضى ، اضافة الى تكرار كل هذا الجهد كلما تغيرت القيمة الممنوحة لـ (α) والتى يتم تحديدها بشكل مبدئى ثم يتم تعديل قيمتها

---

(١) يمكن الرجوع فى ذلك على سبيل المثال الى :

أ ـ - *Lee,S.M. and Olson,D.L., A Gradient Algorithm for Chance Constraind Non Linear Goal Programming," (European Jrnl of Operational Research, vol. 22, Dec. 1985), pp. 359-369.*

ب ـ - *De,P.K., Acharya,D. and Sahu,K.C., op.cit. p. 635.*

- *Clark,John J., Hindeland,Thomas J. and Pritchard,Robert E., op.cit., p. 306.*

جـ ـ - *Nesa, Wu. and Coppins,Richard, op.cit., p. 440.*

د ـ

تدريجيا ، وما يتبع ذلك من اعداد صياغة جديدة للنموذج (أو على الاقل التعديل فى بعض أجزائه) وهكذا . ومن ثم تكرار حل ذات المشكلة (نتيجة لتعدد الصيغ التى يتم اعدادها للنموذج الرياضى لذات المشكلة) باستخدام الحاسب الالى ، ومن ثم يتم الحصول على الحل بتكاليف باهظة . الامر الذى مفاده ، ان معالجة مشكلة عدم التأكد عن طريق اعداد قيود التصادفية يعتبر فعال من الناحية النظرية ، اما من الناحية العملية فان الامر يحتاج لمزيد من البحث والدراسة لتطوير هذه الخطوة وجعلها أكثر فعالية من الناحية العملية .

٢/٤ استخدام أسلوب التوزيعات الاحتمالية لتحليل مخاطر عدم التأكد :

يمكن الاستعانة بالنظرية الرياضية للاحتمالات لاعداد نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد ، فالنظرية الرياضية للاحتمالات تعتبر بحق اداة فعالة تساعد كثيرا على اتخاذ القرارات فى ظروف عدم التأكد(١) . ويمكن تقسيم الاحتمالات الى مجموعتين اساسيتين أولاهما : الاحتمالات الموضوعية ، وهى تستخدم فى التعبير عن درجة ترجيح وقوع الحدث فى المستقبل عندما يكون قد سبق وقوعه فى الماضى . حيث يفترض توافر معلومات لدى متخذ القرار عن نتائج تجارب سابقة وعدد مرات النجاح وعدد مرات الفشل فيها . ثانيتهما : الاحتمالات الشخصية (الذاتية) وهى تستخدم ايضا فى التعبير عن درجة ترجيح وقوع الحدث فى المستقبل ولكنها تختلف عن النوع الاول من حيث كونها لا تعتمد على أحداث وتجارب سابقة ، حيث يفترض عدم وقوع الحدث فى الماضى مما يجعل متخذ القرار يعتمد أساسا على خبراته ومعتقداته الذاتية للتعبير عن درجة ترجيح وقوع الحدث فى المستقبل(٢) .

---

(١) *bierman,harold J.R., Bonini,Charles P. and Hausman,Warren H., op. cit., p. 17.*

(٢) *Ibid., pp.17-18.*

كما يمكن تقسيم الاحتمالات سواء كانت موضوعية أو شخصية – من حيث كون احتمال تحقق حدث معين يعتمد على احتمال تحقق حدث آخر من عدمه – الى قسمين أساسيين أولهما : احتمالات مستقلة وهى تفيد فى التعبير عن درجة الترجيح لكل حدث من مجموعة أحداث ، حيث لا يعتمد احتمال تحقق أى حدث فى المجموعة على احتمالات تحقق باقى احداث المجموعة . ثانيهما : احتمالات شرطية وهى تفيد فى التعبير عن درجة الترجيح لكل حدث من مجموعة أحداث حيث يعتمد احتمال تحقق الحدث على احتمال تحقق واحد (أو أكثر) من باقى احداث المجموعة (١) .

١/٢/٤ القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية :

تعتبر طريقة القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية من الطرق التى يمكن استخدامها لايجاد حل تقريبى لمشكلة البرمجة الاحتمالية ، ويتطلب تطبيق هذه الطريقة لاعداد نموذج البرمجة الاحتمالية احلال كل المعاملات التى تصيبها مخاطر عدم التأكد بقيمتها المتوقعة سواء كانت هذه المعاملات تتعلق بقيود الاهداف ، أو الطرف الايسر من النموذج ، مصفوفة المعاملات . فاذا فرض أن $س_{1}$ متغير قرارى مستقل من الناحية الاحصائية (أى يفترض أن احتمال تحقق معامل هذا المتغير لا يتأثر باحتمالات تحقق معاملات غيره من المتغيرات القرارية)(٢) ، وبفرض أن $ر_{1}$ تمثل معامل المتغير $س_{1}$ ، وأن $س_{1}$ متغير عشوائى يمكن أن يأخذ المعاملات $ر_{11}$ ، $ر_{21}$ ، $ر_{31}$ ..... $ر_{1ن}$ وأن $ح_{1}$ ، $ح_{2}$ ، $ح_{3}$ ، ..... ، $ح_{ل}$ تمثل احتمالات تحقق هذه فان القيمة المتوقعة لمعامل المتغير العشوائى $س_{1}$ تكون عبارة عن :

$$ق(ر_{1}) = \sum_{ل=1}^{ع} ر_{1} \; ح_{ل}$$

---

(١) *Clark, Jo hn J., Hindelang, Thomas J. and Pritchard, Robert E., op.cit., p.286.*

(٢) يتركز اهتمام الباحث فى هذا الجزء من البحث على العلاقة الاحصائية نظرا لارتباطها الوثيق بالنقطة محل البحث المتعلقة بالتوزيعات الاحتمالية . كما ان الباحث تطرق فى الاجزاء السابقة من هذا البحث للعلاقات الاقتصادية والفنية وكيفية معالجتها من خلال نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة .

حيث أن :

ق (ر $_{١}$) : ترمز للقيمة المتوقعة لمعامل المتغير س $_{١}$.

ع : ترمز لعدد القيم التى يمكن أن يأخذ احداها معامل المتغير س $_{١}$

أما لو فرض أن س $_{١}$ ، س $_{٣}$ ، س $_{٣}$ متغيرات قرارية عشوائية وأن احتمال تحقق معامل س $_{٢}$ يعتمد على احتمال تحقق معامل س $_{١}$ وأن احتمال تحقق معامل س $_{٣}$ يعتمد على احتمال تحقق معامل س $_{٢}$. الامر الذى يعنى افتراض خضوع المتغيرات الثلاثة للتوزيعات الاحتمالية الشرطية ومن ثم فان القيمة المتوقعة لهذه التوليفة تكون عبارة عن :

$$ق (ر^{-}) = \sum_{ن = ١}^{م} ر_{ن} \; ح_{ن}$$

حيث أن :

ق (ر$^{-}$) : ترمز للقيمة المتوقعة لمعامل التوليفة المكونة من المتغيرات الثلاثة .

ر $_{ن}$: ترمز لمجموع معاملات المتغيرات القرارية التى تقع على قناة التوزيع الاحتمالى (ن) فى التوزيع الاحتمالى $\sum_{س = ١}^{و} ر_{ن س}$

ر $_{ن س}$: ترمز لمعامل المتغير (س) فى قناة التوزيع الاحتمالى (ن)

و : ترمز لعدد المتغيرات القرارية .

ح $_{ن}$: ترمز للاحتمال المشترك لقناة واحدة من قنوات التوزيعات الاحتمالية .

ويمكن الاستعانة ببيانات المثال التالى لتوضيح كيفية تطبيق طريقة القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية لتحويل مشكلة برمجة الاهداف بوحدات صحيحة اليقينية الى مشكلة برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد حيث يفترض فى المثال أن الصياغة الرياضية لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة اليقينية كانت على النحو التالى(١)

---

(١) استمد الباحث فكرة هذا المثال من المثال الذى ورد فى :

Ibid., p. 287

دالة الهدف :

تخفيض الانحرافات = $ح_{1}^{-} - ح_{1}^{+}$

قيد الهدف :

$ر_{1} س_{1} + ر_{2} س_{2} + ر_{3} س_{3} + ر_{4} س_{4} + ر_{5} س_{5} + ح_{1}^{-} - ح_{1}^{+} = ٢٠$

قيود الموارد :

$س_{1} + س_{2} + س_{3} + س_{4} + س_{5} \leq ٣٠$

$٢ س_{3} + س_{4} + ٣ س_{5} \leq ٢٥$

$س_{3} \leq ١٥$

$س_{1} + ٣ س_{2} \leq ب_{4}$

$س_{1} ، س_{2} ، س_{3} ، س_{4} ، س_{5}$ اعدادا صحيحة $\geq$ صفر

صفر $\geq$ $ح_{1}^{-} ، ح_{1}^{+}$

وبفرض أن $س_{1} ، س_{2} ، س_{3} ، س_{4} ، س_{5} ، ب_{4}$ متغيرات عشوائية تأخذ التوزيعات التالية :

أ ـ بالنسبة للمتغيرات $س_{1} ، س_{2} ، ب_{4}$

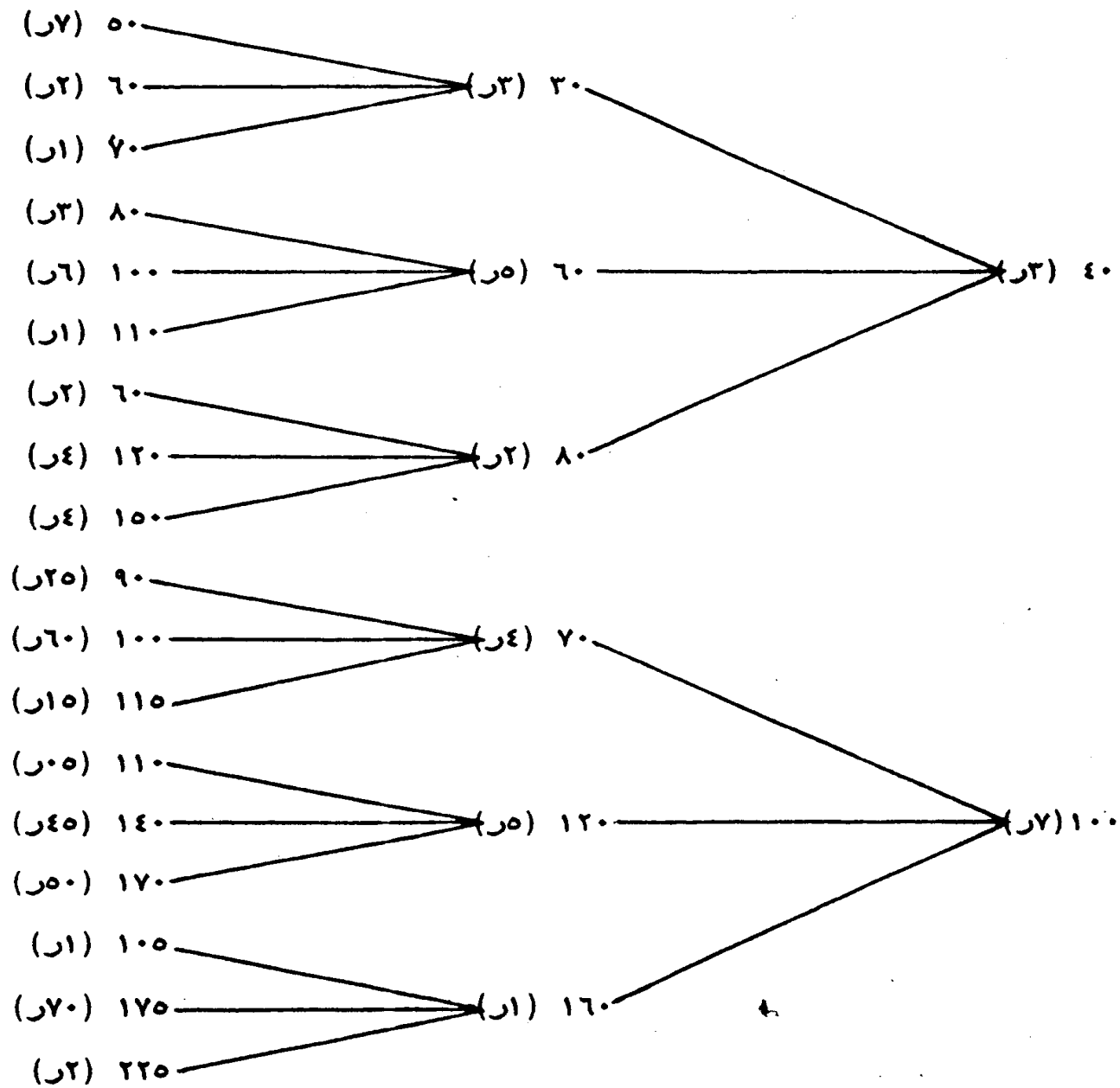
$ر_{11}$ = ٣٠	ح ($ر_{11}$) = ٦ر
$ر_{21}$ = ٦٠	ح ($ر_{21}$) = ٤ر
$ر_{12}$ = ٨٠	ح ($ر_{12}$) = ٧ر
$ر_{22}$ = ٥٠	ح ($ر_{22}$) = ٣ر
$ب_{14}$ = ٦٠	ح ($ب_{14}$) = ٥ر
$ب_{24}$ = ٢٠	ح ($ب_{24}$) = ٥ر

ب ـ بالنسبة للمتغيرات $س_{3} ، س_{4} ، س_{5}$

يفترض بالنسبة لهذه المتغيرات وجود علاقات ارتباط احصائى بينها ، حيث يفترض أن احتمال تحقق معامل المتغير $س_{4}$ يعتمد على احتمل تحقق معامل المتغير $س_{3}$. كما يفترض أن احتمال تحقق معامل المتغير $س_{5}$ يعتمد على

احتمال تحقق معامل المتغير $س_{٤}$. الامر الذى يعنى وجود احتمالات شرطية تحكم توزيعات احتمالات تحقق معاملات المتغيرات $س_{٣}$ ، $س_{٤}$ ، $س_{٥}$ فى ظل حالات الطبيعة المختلفة على النحو التالى :

المتغير العشوائى	المتغير العشوائى	المتغير العشوائى
$ر_{ن_{٣}}$ ح $[ر_{ن_{٣}}]^{س_{٣}}$	$ر_{ن_{٤}}$ ح $[ر_{ن_{٤}} / ر_{ن_{٣}}]^{س_{٤}}$	$ر_{ن_{٥}}$ ح $[ر_{ن_{٥}} / ر_{ن_{٤}}]^{س_{٥}}$



فان القيمة المتوقعة للمتغيرات العشوائية السابقة تكون عبارة عن :

أولاً

ـ : القيم المتوقعة للمتغيرات س١ ، س٢ ، س٣ ، ب٤

ق (ر١) = ٣× ٦ر + ٦٠ × ٤ر = ٤٢

ق (ر٢) = ٨٠ × ٧ر + ٥٠ × ٣ر = ٧١

ق (ر٣) = ٤٠ × ٣ر + ١٠٠ × ٧ر = ٨٢

ق (ب٤) = ٦٠ × ٥ر + ٢٠ × ٥ر = ٤٠

ثانياً

يا : القيمة المتوقعة للمتغيرات س٣ ، س٤ ، س٥

من الملاحظ أن هذه المتغيرات يحكمها توزيعات احتمالات شرطية ، الامر
ر الذى يعنى عدم استقلال كل من س٤ ، س٥ وذلك من الناحية الاحصائية
حصائية (١). لذا ، يتطلب الامر التعامل مع هذه المتغيرات كتوليفة واحدة تحسب
سب لها قيمة متوقعة واحدة على النحو التالى :

---

(١) يعلق البعض فى هذا الصدد بأن تبويب المقترحات الاستثمارية من حيث كونها
نها احداث مستقلة وأحداث غير مستقلة من الناحية الاحصائية يفيد عند تحليل فى ظل
اظر عدم التأكد باستخدام نظرية الاحتمالات . فالمقترحات الاستثمارية غير المستقلة
ستقلة احصائيا تعامل على أنها أحداث غير مستقلة بينما تعامل المقترحات
قترحات الاستثمارية المستقلة احصائيا على أنها احداث مستقلة .

— *Biermand and Smidt , op. cit., p. 76 - 78*

قنوات التوزيعات الاحتمالية	المتغير س٣ ر ن٣	ح ر ن٣	المتغير س٤ ر ن٤	ح ر ن٤ / ر ن٣	المتغير س٥ ر ن٥	ح ر ن٥ / ر ن٤	ر ن = ∑ ر س ن ، س = ٣ ، ٥	ح ن	ر ن × ح ن
١	٤٠	٣ر	٣٠	٣ر	٥٠	٧ر	١٢٠	٠٦٣ر	٧ر٦٥
٢	٤٠	٣ر	٣٠	٣ر	٦٠	٢ر	١٣٠	٠١٨ر	٢ر٣٤
٣	٤٠	٣ر	٣٠	٣ر	٧٠	ار	١٤٠	٠٠٩٠ر	١ر٢٦
٤	٤٠	٣ر	٦٠	٥ر	٨٠	٣ر	١٨٠	٠٤٥ر	٨ر١٠
٥	٤٠	٣ر	٦٠	٥ر	١٠٠	٦ر	٢٠٠	٠٩٠ر	١٨ر٠٠
٦	٤٠	٣ر	٦٠	٥ر	١١٠	ار	٢١٠	٠١٥ر	٣ر١٥
٧	٤٠	٣ر	٨٠	٢ر	٦٠	٢ر	١٨٠	٠١٢ر	٢ر١٦
٨	٤٠	٣ر	٨٠	٢ر	١٢٠	٤ر	٢٤٠	٠٢٤٠ر	٥ر٧٦
٩	٤٠	٣ر	٨٠	٢ر	١٥٠	٤ر	٢٧٠	٠٢٤٠ر	٦ر٤٨
١٠	١٠٠	٧ر	٧٠	٤ر	٩٠	٢٥ر	٢٦٠	٠٧٠ر	١٨ر٢٠
١١	١٠٠	٧ر	٧٠	٤ر	١٠٠	٦٠ر	٢٧٠	١٦٨ر	٤٥ر٣٦
١٢	١٠٠	٧ر	٧٠	٤ر	١١٥	١٥ر	٢٨٥	٠٤٢ر	١١ر٩٧
١٣	١٠٠	٧ر	١٢٠	٥ر	١١٠	٠٥ر	٣٣٠	٠١٧٥ر	٥ر٧٧٥
١٤	١٠٠	٧ر	١٢٠	٥ر	١٤٠	٤٥ر	٣٦٠	١٥٧٥ر	٧٦ر٧٠
١٥	١٠٠	٧ر	١٢٠	٥ر	١٧٠	٥٠ر	٣٩٠	١٧٥ر	٦٨ر٢٥
١٦	١٠٠	٧ر	١٦٠	ار	١٠٥	ار	٣٦٥	٠٠٧ر	٢ر٥٥٥
١٧	١٠٠	٧ر	١٦٠	ار	١٧٥	٧ر	٤٣٥	٠٤٩ر	٢١ر٣١٥
١٨	١٠٠	٧ر	١٦٠	ار	٢٢٥	٢ر	٤٨٥	٠١٤ر	٦ر٧٩
									٢٩١ر٨١٥

جـــــدول رقم (١١)

$$ق(\bar{ر}) = \frac{\sum_{ن=1}^{18} ر_ن ح_ن}{}$$

$$= ٢٩١ر٨١٥$$

وبناء عليه ، يمكن اعداد الصياغة الرياضية لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة في ظروف عدم التأكد على النحو التالى :

دالة الهدف :

$$\text{تخفيض الانحرافات} = \bar{ح}_{١} - \overset{+}{ح}_{١}$$

قيد الهدف :

$$٤٢\,س_{١} + ٧١\,س_{٢} + ٨٢\,س_{٣} + ٨١٥ر٢٩١\,س_{٦} + \bar{ح}_{١} - \overset{+}{ح}_{١} = ٢٠$$

قيود الموارد :

$$س_{١} + س_{٢} + س_{٣} + ٣\,س_{٦} \leqslant ٣٠$$

$$٢\,س_{٣} + ٦\,س_{٦} \leqslant ٢٥$$

$$س_{٣} \leqslant ١٥$$

$$س_{١} + ٣\,س_{٢} \leqslant ٤٠$$

قيد التعارض بين $س_{٣}$ ، $س_{٦}$

$$س_{٣} + س_{٦} \leqslant ١ \quad (١)$$

$$\text{صفر} \leqslant س_{١} ، س_{٢} ، س_{٣} ، س_{٦} \quad \text{اعداد صحيحة}$$

$$\bar{ح}_{١} ، \overset{+}{ح}_{١} \leqslant \text{صفر}$$

---

(١) يمثل المتغير الجديد $س_{٦}$ مزجا يتكون من $س_{٣}$ ، $س_{٤}$ ، $س_{٥}$. ويعد المتغير $س_{٣}$ متغيرا مستقلا (من الناحية الاحصائية) فى حين يعد $س_{٤}$ ، $س_{٥}$ متغيرين تابعين (من الناحية الاحصائية) للمتغير $س_{٣}$. الامر الذى نتج عنه ظهور كل من $س_{٣}$ ، $س_{٦}$ ،كما تطلب الامر فى هذه الحالة ادراج قيدا لمنع التعارض الذى نشأ بعد عملية المزج بين $س_{٣}$ ، $س_{٦}$ لضمان عدم ظهورها معا فى الحل النهائى للمشكلة .

٢/٢/٤ القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية مع الاخذ فى الحسبان التبيان الكلى :

ان القيمة المتوقعة للمتغير العشوائى ليست سوى متوسطا مرجحا لما يمكن أن تكون عليه قيمة المتغير فى المستقبل . ومن ثم ليس هناك ما يضمن تحقق هذه القيمة بالذات مستقبلا ، فالقيمة التى يمكن أن تتحقق مستقبلا قد تختلف عن القيمة المتوقعة ، الامر الذى يجعل من الاهمية بمكان أن يتعرف متخذ القرار على المدى الذى يمكن أن تختلف فيه القيمة التى يمكن أن تتحقق مستقبلا عن القيمة المتوقعة . أى أنه يتعين – حتى يكون تحليل مخاطر عدم التأكد سليما – أن يتم الاستعانة بمقاييس التشتت حتى يتم الاخذ فى الحسبان درجة تشتت القيم التى يمكن أن تتحقق مستقبلا حول القيمة المتوقعة .

وبفرض أن ق (س$_{١}$) تمثل القيمة المتوقعة للمتغير العشوائى س$_{١}$ ، فان التباين والانحراف المعيارى لهذا المتغير عبارة عن :

$$\sigma^{٢}_{ر} = ق\ (\ ر_{١}\ )^{٢} - \left[ق\ (\ ر\ )\right]^{٢}$$

$$\sigma_{ر} = \sqrt{ق\ (\ ر_{١}\ )^{٢} - \left[ق\ (\ ر\ )\right]^{٢}}$$

حيث ان :

$\sigma^{٢}_{ر}$: ترمز لتباين القيمة المتوقعة لمعامل المتغير س$_{١}$.

$\sigma_{ر}$: ترمز للانحراف المعيارى للقيمة المتوقعة لمعامل المتغير س$_{١}$

وبفرض أن س$_{١}$ ، س$_{٢}$ متغيرين عشوائيان وكل منهما مستقل عن الاخر فان :

$$\sigma^{٢}(\ س_{١} + س_{٢}\ ) = \sigma^{٢}(\ س_{١}\ ) + \sigma^{٢}(\ س_{٢}\ )$$

أما فى حالة عدم استقلال المتغيرات العشوائية من الناحية الاحصائية مع خضوع معاملاتها للتوزيعات الاحتمالية الشرطية فان :

$$\sigma_{\bar{r}} = \sqrt{\sum_{n=1}^{m} (r_n - \bar{r})^2 \, h_n}$$

حيث أن :

$\sigma_{\bar{r}}$ = الانحراف المعيارى للقيمة المتوقعة .

م = عدد قنوات التوزيعات الاحتمالية .

h_n = الاحتمالات المشتركة لقنوات التوزيعات الاحتمالية والتى تمثل فى ذات الوقت مجموع حاصل ضرب جميع الاحتمالات المشتركة فى ترجيح مختلف القيم المتوقعة على كل قناة من قنوات التوزيع الاحتمالى .

وتبرز كثيرا أهمية الاستعانة بمقاييس التشتت عند القيام بالمفاضلة بين عدد من البدائل ذوى القيم المتوقعة المتساوية . فتساوى القيم المتوقعة للبدائل ليس معناه بالضرورة انها متساوية أيضا من حيث درجة المخاطر التى ينطوى عليها كل بديل . ذلك أن درجات تشتت التوزيع لمختلف البدائل ربما تكون غير متساوية بالرغم من تساوى القيم المتوقعة لهذه البدائل . الامر الذى يتطلب معرفة درجة التشتت المتعلقة بكل بديل حتى يمكن معرفة درجة المخاطر التى ينطوى عليها كل منها . وبذلك يستطيع متخذ القرار أن يختار البديل ذى درجة المخاطر التى يرى انها تتلاءم مع ميوله نحو تقبل المخاطر وقدراته (استعداداته) على تحمل المخاطر . ويمكن الاستعانة ببيانات المثال التالى لتبيان كيفية تقييم بديلين والمفاضلة بينهما فى حالة تساوى القيمة المتوقعة لكل منهما لاختيار احدهما فقط(١) .

---

(١) يمكن الرجوع الى :

- *Bierman, Harold J.R., Bonini, Charles P. and Hausman, Warren H.*, op. cit., p.36 .
- *Paik, C.M.*, op. cit., pp.263 - 266.
- *Loomba, Paul N.*, op. cit., p 107.

صافى التدفق النقدى للبديل (س)	الاحتمال	صافى التدفق النقدى للبديل (ص)	الاحتمال
صفر	٠١ر	صفر	١ر
١٨٠٠	١٦ر	٣٦٠٠	٨ر
٣٦٠٠	٦٦ر	٧٢٠٠	١ر
٥٤٠٠	١٦ر		
٧٢٠٠	٠١ر		

فى ضوء البيانات السابقة ووفقا لطريقة القيمة المتوقعة فان القيمة المتوقعة لكل بديل تكون :

القيمة المتوقعة للبديل (س)

صفر × ٠١ر + ١٨٠٠ × ١٦ر + ٣٦٠٠ × ٦٦ر + ٥٤٠٠ × ١٦ر + ٧٢٠٠ × ٠١ر = ٣٦٠٠

القيمة المتوقعة للبديل (ص)

صفر × ١ر + ٣٦٠٠ × ٨ر + ٧٢٠٠ × ١ر = ٣٦٠٠

الامر الذى يعنى أن 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 يكون من الضرورى القيام بمزيد من التحليل للمخاطر الكافية بكل منهما . لذا يتطلب الامر تحديد درجة تشتت التوزيع لكل بديل على النحو التالى :

البديل (س)

$$ق(ر)^{٢} = (صفر)^{٢} \times ٠١ر + (١٨٠٠)^{٢} \times ١٦ر + (٣٦٠٠)^{٢} \times ٦٦ر + (٥٤٠٠)^{٢} \times ١٦ر + (٧٢٠٠)^{٢} \times ٠١ر = ١٤ ٢٥٦ ٠٠٠$$

$$ق^{٢}ر = ١٤ ٢٥٦ ٠٠٠ - (٣٦٠٠)^{٢} = ١ ٢٩٦ ٠٠٠$$

$$ق ر = \sqrt{١ ٢٩٦ ٠٠٠} = ١١٣٨ \text{ تقريبا}$$

البديـــل (ص)

$ق(ر)^{٢}$ = (صفر)^{٢} × ١ر + (٣٦٠٠)^{٢} × ٨ر + (٧٢٠٠)^{٢} × ١ر = ٠٠٠ ٥٥٢ ١٥

$ع_{ر}^{٢}$ = ٠٠٠ ٥٥٢ ١٥ − (٣٦٠٠)^{٢} = ٠٠٠ ٥٥٢ ١٥ تقريبا

$ع_{ر}$ = $\sqrt{٢٥٩٢٠٠}$ = ١٦١٠

يتضح مما سبق أنه بالرغم 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) . الامر الذى يعنى أن الاعتماد على القيمة المتوقعة فقط دون معرفة درجة التشتت المتعلقة بكل بديل ربما لا يفيد فى اجراء المفاضلة بين البدائل لاسيما عندما تتساوى القيم المتوقعة لها . أيضا لا تعطى القيمة المتوقعة تحليلا كاملا او سليما للمخاطر التى ينطوى عليها كل بديل مما قد يؤثر على كفاءة وفعالية اتخاذ القرار .

وفى ظل أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد – وهو الاسلوب المقترح تطبيقه فى هذا البحث لاعداد البرنامج الاستثمارى – يمكن الاخذ فى الحسبان درجة التشتت عن طريق اضافة قيدا جديدا لمجموعة القيود الهيكلية يحدد المستوى المسموح به للتباين الكلى فى الحل النهائى للمشكلة . حيث يضمن القيد الجديد عدم ظهور أى متغيرات قرارية تزيد درجة تباين قيمتها المتوقعة على مستوى معين بما يسهم فى النهاية فى التوصل الى التوليفة التى تنطوى متغيراتها على درجة من المخاطر تتلاءم مع ميول متخذ القرار واستعداداته لتحمل المخاطر . كما يمكن الاخذ فى الحسبان درجة التشتت عن طريق ادراج هدفا جديدا لمجموعة الاهداف يتعلق بتحقيق مستوى معين من درجة التباين الكلى(أو تخفيض التباين الكلى لادنى قيمة ممكنة) ومن ثم ادراج الانحراف الملائم بدالة الهدف . اضافة الى ادراج قيدا جديدا لهدف تخفيض التباين الكلى لمجموعة قيود الاهداف . الامر الذى يتيح الفرصة للتوصل الى التوليفة التى تنطوى متغيراتها على درجة من التباين الكلى أقرب ما تكون للمستوى الذى حدده متخذ القرار سلفا .

قد يكون من المناسب فى هذا الصدد الاستعانة بالمثال الذى أورده الباحث عند التطرق لطريقة القيم المتوقعة للمتغيرات العشوائية لتبيان مدى امكانية التحكم فى التباين الكلى عند حل مشكلة برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد ، وذلك عن طريق اضافة قيدا ضمن مجموعة القيود الهيكلية يحدد المستوى المسموح به للتباين الكلى فى الحل(١) :

$$ك ر_1^2 = ق(ر_1)^2 - [ق(ر_1)]^2$$

$$ق(ر_1) = ٣٠ \times ٦ر + ٦٠ \times ٤ر = ٤٢$$

$$ق(ر_1)^2 = ٩٠٠ \times ٦ر + ٣٦٠٠ \times ٤ر = ١٩٨٠$$

$$ك ر_1^2 = ١٩٨٠ - (٤٢)^2 = ٢١٦$$

$$ك ر_1 = \sqrt{٢١٦} = ١٤ر٦٩٧ \text{ تقريبا}$$

$$ر_2^2 = ق(ر_2)^2 - [ق(ر_2)]^2$$

$$ق(ر_2) = ٨٠ \times ٧ر + ٥٠ \times ٣ر = ٧١$$

$$ق(ر_2)^2 = ٦٤٠٠ \times ٧ر + ٢٥٠٠ \times ٣ر = ٥٢٣٠$$

$$ك ر_2^2 = ٥٢٣٠ - (٧١)^2 = ١٨٩$$

$$ك ر_2 = \sqrt{١٨٩} = ١٣ر٧٤٨ \text{ تقريبا}$$

$$ك ر_3^2 = ق(ر_3)^2 - [ق(ر_3)]^2$$

$$ق(ر_3) = ٤٠ \times ٣ر + ١٠٠ \times ٧ر = ٨٢$$

$$ق(ر_3)^2 = ١٦٠٠ \times ٣ر + ١٠٠٠٠ \times ٧ر = ٧٤٨٠$$

$$ك ر_3^2 = ٧٤٨٠ - (٨٢)^2 = ٧٥٦$$

$$ك ر_3 = \sqrt{٧٥٦} = ٢٧ر٤٩٥ \text{ تقريبا}$$

(١) المثال ورد ص ١٠٥

$$\sigma_{ر_٦} = \sqrt{\sum_{ن=١}^{١٨} (ر_ن - \bar{ر})^٢ ح_ن}$$

أى أن الامر يتطلب احتساب كل من $(ر_ن - \bar{ر})^٢$ ، $(ر_ن - \bar{ر})^٢ ح_ن$ حتى يمكن احتساب الانحراف المعيارى للقيمة المتوقعة للمتغير $س_٦$ ، وذلك من خلال الجدول رقم (١٢) ٠

قيم التوزيعات الاحتمالية	$س_ن$	$ر_ن - \bar{ر}$	$(ر_ن - \bar{ر})^٢$	$ح_ن$	$(ر_ن - ر)^٢ ح_ن$
١	١٢٠	- ١٧١ر٧٢٥	٢٩٤٨٩ر٤٧٦	٠٦٣ر	١٨٥٧ر٨٣٧
٢	١٣٠	- ١٦١ر٧٢٥	٢٦١٥٤ر٩٧٦	٠١٨ر	٤٧٠ر٧٩٠
٣	١٤٠	- ١٥١ر٧٢٥	٢٣٠٢٠ر٤٧٦	٠٠٩ر	٢٠٧ر١٨٤
٤	١٨٠	- ١١١ر٧٢٥	١٢٤٨٢ر٤٧٦	٠٤٥ر	٥٦١ر٧١١
٥	٢٠٠	- ٩١ر٧٢٥	٨٤١٣ر٤٧٦	٠٩٠ر	٧٥٧ر٢١٣
٦	٢١٠	- ٨١ر٧٢٥	٦٦٧٨ر٩٧٦	٠١٥ر	١٠٠ر١٨٥
٧	١٨٠	- ١١١ر٧٢٥	١٢٤٨٢ر٤٧٦	٠١٢ر	١٤٩ر٧٩٠
٨	٢٤٠	- ٥١ر٧٢٥	٢٦٧٥ر٤٧٦	٠٢٤ر	٦٤ر٢١١
٩	٢٧٠	- ٢١ر٧٢٥	٤٧١ر٩٧٦	٠٢٤ر	١١ر٣٢٧
١٠	٢٦٠	- ٣١ر٧٢٥	١٠٠٦ر٤٧٦	٠٧٠ر	٧٠ر٤٥٣
١١	٢٧٠	- ٢١ر٧٢٥	٤٧١ر٩٧٦	١٦٨ر	٧٩ر٢٩٢
١٢	٢٨٥	- ٦ر٧٢٥	٤٥ر٢٢٦	٠٤٢ر	١ر٨٩٩
١٣	٣٣٠	٣٨ر٢٧٥	١٤٦٤ر٩٧٦	٠١٧٥ر	٢٥ر٦٣٧
١٤	٣٦٠	٦٨ر٢٧٥	٤٦٦١ر٤٧٦	١٥٧٥ر	٧٣٤ر١٨٢
١٥	٣٩٠	٩٨ر٢٧٥	٩٦٥٧ر٩٧٦	١٧٥ر	١٦٩٠ر١٤٦
١٦	٣٦٥	٧٣ر٢٧٥	٥٣٦٩ر٢٢٦	٠٠٧ر	٣٧ر٥٨٥
١٧	٤٣٥	١٤٣ر٢٧٥	٢٠٥٢٧ر٧٢٦	٠٤٩ر	١٠٠٥ر٨٥٩
١٨	٤٨٥	١٩٣ر٢٧٥	٣٧٣٥٥ر٢٢٦	٠١٤ر	٥٢٢ر٠٩٧٣
				١	٨٣٤٨ر٢٧٤

جـــــدول رقم (١٢)

وبناء عليه يكون الانحراف المعيارى للقيمة المتوقعة للمتغير س٦ عبارة عن :

ك ر ٦ = $\sqrt{٨٣٤٨ر٢٧٤}$ = ٩١ر٧٧

فلو فرض أن الانحراف المعيارى المسموح به فى الحل النهائى ١٢٥ ، فان قيد التحكم فى التباين الكلى يأخذ الشكل التالى :

١٤ر٦٩٧ س١ + ١٣ر٧٤٨ س٢ + ٢٧ر٤٩٥ س٣ + ٩١ر٢٠ س٦ ≤ ١٢٥

ويتم ادراج القيد السابق بمجموعة القيود الهيكلية لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد السابق التطرق اليه . ويضمن هذا القيد التوصل الى توليفة من البدائل تنطوى على قدر من المخاطر يتلاءم مع ميول متخذ القرار واستعداداته لتحمل المخاطر .

أما اذا فرض أن تخفيض درجة التباين الكلى (تخفيض مخاطر عدم التأكد) لادنى قيمة ممكنة يمثل أحد الاهداف التى يصبوا متخذ القرار الى تحقيقها ، فان صياغة النموذج الرياضى لمشكلة برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد يمكن ان تأخذ الشكل التالى :

دالة الهدف : تخفيض الانحرافات = ($\bar{ح}_1$ − $ح^+_1$) + ($\bar{ح}_2$ − $ح^-_2$)

قيود الاهداف :

٤٢ س١ + ٧١ س٢ + ٨٢ س٣ + ٢٩١ر٧٢٥ س٦ + $\bar{ح}_1$ − $ح^+_1$ = ٢٠

١٤ر٦٩٧ س١ + ١٣ر٧٤٨ س٢ + ٢٧ر٤٩٥ س٣ + ٩١ر٧٧ س٦ +
$\bar{ح}_2$ − $ح^+_2$ = ١٠٠

قيود الموارد :

س١ + س٢ + س٣ + س٦ ≤ ٣٠

٢ س٣ + ٦ س٦ ≤ ٢٥

س٣ ≤ ١٥

س١ + ٣ س٢ ≤ ٤٠

قيد التعارض بين س٣ ، س٦

س + س ≤ ١

صفر ≤ س١ ، س٢ ، س٣ ، س٦ اعداد صحيحة

صفر ≤ ح١+ ، ح١- ، ح٢+ ، ح٢- آنفا

يتضح من خلال ما تطرق اليه الباحث ، وفى ضوء مشكلات اعداد البرنامج الاستثمارى الامثل فى ظروف عدم التأكد السابق مناقشتها فى الفصل الاول من هذا البحث (والتى تتلخص فى تعدد الاهداف ، وعدم القابلية للتجزئة ، وندرة الموارد وتعدد القيود المفروضة عليها ، وعدم الاستقلال ، وعدم التأكد) ، يتضح من كل ذلك عدة نقاط أهمها :

١ - ان أسلوب البرمجة الخطية يعد الافضل اذا ما قورن بالمدخل التقليدى لاعداد البرنامج الاستثمارى فى ظروف عدم التأكد من حيث فعالية المعالجة التى نجح اسلوب البرمجة الخطية فى توفيرها لمشكلة ندرة الموارد وتعدد القيود المفروضة عليها . ففى ظل أسلوب البرمجة الخطية يمكن الاخذ فى الحسبان مختلف القيود التى قد تفرض على كل نوع من أنواع الموارد اللازمة للتنفيذ خلال كل فترة من الفترات التى يستغرقها التنفيذ والتعبير عنها فى شكل معادلات أو متباينات (أو الاثنين معا) والتعامل معها بكفاءة حسابية عظيمة ، ربما يفتقر اليها المدخل التقليدى متمثلا فى أسلوب الترتيب أو أسلوب لورى وسأفاج .

غير أنه - من ناحية أخرى - يستند أسلوب البرمجة الخطية الى فرض أحادية دالة الهدف الذى لا يعكس حقيقة الواقع بالنسبة لكثير من المنظمات . فالواقع العملى يؤكد أن للمنظمة أهدافا متعددة حيث قد تعطى المنظمة أولويات أكبر للاهداف غير الاقتصادية ، أو قد تسعى المنظمة الى تحقيق أقصى ربحية فى نفس الوقت الذى تسعى فيه الى تحقيق اهدافا غير اقتصادية . كما ان الاهداف قد يتناسق بعضها البعض ويتعارض بعضها مع البعض الاخر ، وبذا تحولت المشكلة

الادارية فى جوهرها الى محاولة للتوفيق بين هذه الاهداف وتحقيق مستويات مرضية منها جميعا . وفى ذات الوقت قد ينتج عن محاولة معالجة مشكلة تعدد الاهداف فى ظل دالة الهدف ذات البعد الواحد منح الاهداف المدرجة ضمن القيود اولوية مطلقة على الهدف الاوحد الذى يتم اختياره ليدرج بدالة الهدف . كما قد يتعذر - فى ظل أحادية البعد لدالة الهدف - تحقيق المواءمة بين الاهداف المتعارضة . اضافة الى أنه قد يتعذر التوصل الى حل للمشكلة فى ظل دالة الهدف ذات البعد الواحد وذلك اذا ما رغب متخذ القرار فى تحقيق مجموعة من الاهداف بمستويات معينة دون توافر الامكانيات اللازمة لبلوغ تلك المستويات . أى أنه ليس هناك ما يضمن التوصل الى معالجة فعالة لمشكلة تعدد الاهداف فى ظل أسلوب البرمجة الخطية ، وذلك بالرغم من كون مشكلة تعدد الاهداف تعد جوهر العملية الادارية كما أن هذه المشكلة تعد من أبرز المشكلات التى يواجه بها متخذ القرار الاستثمارى وهو بصدد تخطيط الانفاق الاستثمارى .

٢ - ان دالة الهدف لنموذج برمجة الاهداف ذات أبعاد متعددة ، الامر الذى يعنى قدرة أسلوب برمجة الاهداف على التعامل مع مشكلة تعدد الاهداف وتوفير المعالجة الفعالة لها . فتعدد أبعاد دالة الهدف أتاح الفرصة للتعبير عن جميع الاهداف بالانحرافات الملائمة وادراجها بدالة الهدف . كما ان الاسلوب لديه من المرونة ما يسمح باعداد هيكل للاولويات والترجيحات ومن ثم امكانية التعامل مع الاهداف المتعارضة وتحقيق مستويات مرضية منها جميعا فى آن واحد ، اضافة الى أن اعداد نموذج برمجة الاهداف لا يشترط تجانس وحدات القياس لجميع الاهداف . الامر الذى يوضح أن اسلوب برمجة الاهداف يعد الافضل من حيث قدرته على التعامل مع مشكلة تعدد الاهداف بشكل فعال اذا ما قورن بالمحاولات التى بذلت لمعالجة المشكلة فى ظل دالة الهدف ذات البعد الواحد ، غير انه

ـ من ناحية أخرى ـ يستند أسلوب برمجة الاهداف الى فرض قابلية جميع المتغيرات القرارية للتجزئة . وهذا الفرض ربما يتعارض مع طبيعة بعض أو كل المتغيرات القرارية (البدائل الاستثمارية) فى حالة استخدام الاسلوب لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل . كما ان محاولة تقريب الحل الامثل الكسرى غير المرغوب فيه ربما لا يتحقق معها الحل الامثل لمشكلة برمجة الاهداف . وفى ذات الوقت قد يتعذر حصر واختيار جميع الحلول غير الكسرية الاخرى لمعرفة ما اذا كان هناك حلا غير كسرى أفضل من ذلك الحل الذى ينتج عن عملية التقريب من عدمه لاسيما عندما تشتمل المشكلة على عشرات أو مئات من القيود والمتغيرات . كما يستند أسلوب برمجة الاهداف الى فرض قابلية جميع المتغيرات القرارية للاحلال محل بعضها البعض . وهذا الفرض ربما يتعارض مع كثير من مواقف عدم الاستقلال بين المتغيرات القرارية كما هو الحال عند استخدام اسلوب برمجة الاهداف لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل ، حيث قد توجد علاقات ارتباط أو علاقات تعارض (أو الاثنتان معا) بين البدائل الاستثمارية التى يتم تقييمها والمفاضلة بينها . وفى ذات الوقت يتعذر ضمان فعالية الاخذ فى الحسبان العلاقات التى قد توجد بين البدائل الاستثمارية عن طريق ادراج القيود التى تعكس هذه العلاقات فى ظل نموذج برمجة الاهداف ، ذلك أن فرض القابلية للتجزئة يمثل تهديدا لفعالية مثل هذه الاجراءات كما سبق مناقشته بشىء من التفصيل .

٣ ـ ان اسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة يستند الى فرض عدم قابلية المتغيرات القرارية (بعضها أو كلها) للتجزئة . حيث يدرج بالنموذج قيد عدم الكسرية (قيد العددية) الذى يضمن عدم ظهور قيم كسرية لبعض أوكل المتغيرات القرارية ضمن الناتج النهائى لمشكلة برمجة الاهداف . واستناد أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة لفرض عدم القابلية للتجزئة يعنى أمران ، الاول : انمعالجة

ان معالجة

مشكلة عدم القابلية للتجزئة من جانب بعض (أو كل) البدائل الاستثمارية تتم أثناء حل مشكلة برمجة الاهداف وليس بعد التوصل الى الحل الامثل الكسرى ثم تقريبه . الثانى : القدرة على التعامل مع مشكلة عدم استقلال بعض البدائل الاستثمارية عن بعضها البعض ، حيث يضمن فرض عدم القابلية للتجزئة فعالية القيود التى تعكس العلاقات بين البدائل الاستثمارية والتى يتم ادراجها بنموذج برمجة الاهداف .

غير أنه - من ناحيه أخرى - يستند أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة الى فرض التأكد . ومن ثم افتراض تواجد متخذ القرار فى وضع مثالى من المعرفة الكاملة بما سيكون عليه المستقبل ، الامر الذى قد يجعل اتخاذ القرار ينطوى على قدر كبير من مخاطر عدم التأكد ، حيث قد تبعد النتائج التى يتم التوصل اليها بتطبيق نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة عن دائرة الواقع .

٤ - ان أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد يستند الى فرض عدم توافر المعلومات الكاملة عن المستقبل . حيث يعد النموذج الرياضى لهذا الاسلوب أحد نماذج البرمجة الرياضية غير اليقينية التى تعترف بتوافر المعلومات غير الكاملة عن كثير من حقائق الكون الذى تعد التطورات السريعة والمتلاحقة فى جميع جوانبه تقريبا من أهم سماته ، ومن ثم يتم الاستعانة بالنظرية الرياضية للاحتمال ، وطريقة القيم المتوقعة ، اضافة الى مقاييس التشتت من أجل اعداد تحليلا للمخاطر الكامنة باتخاذ القرار بما يسهم فى النهاية فى التوصل الى توليفة من البدائل الاستثمارية تنطوى على قدر من مخاطر عدم التأكد يتلاءم (أو يكون اقرب ما يمكن) مع ميول متخذ القرار ودرجة استعداده لتحمل المخاطر الامر الذى يعنى قدرة هذا الاسلوب على التعامل مع مشكلة عدم التأكد مما يجعل النتائج التى يتم التوصل اليها أقرب ما تكون لدائرة

الواقع . اضافة الى قدرة الاسلوب على التعامل بفعالية مع كل من مشكلة تعدد الاهداف ، ومشكلة ندرة الموارد وتعدد القيود المفروضة عليها ، ومشكلة عدم القابلية للتجزئة ، ومشكلة عدم الاستقلال . الامر الذى مفاده ملاءمة استخدام أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل فى ظروف عدم التأكد .

٣/٤ الفروض التى يستند اليها أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد :

يستند أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد ، وهو الاسلوب الذى يقترح الباحث استخدامه لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل فى ظروف عدم التأكد ، الى الفروض الاساسية التالية (١) :

١/٣/٤ فرض الخطية :

يشترك فى هذا الفرض كل من أسلوب البرمجة الخطية ، وأسلوب برمجة الاهداف ، وأسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة ، والاسلوب المقترح.ويقصد بهذا الفرض ثبات نسبة التغير بين متغيرات المشكلة بحيث أنه اذا ما تم التعبير عن هذه العلاقات برسم بيانى فانها تأخذ شكل خطوط مستقيمة وليس منحنيات كما هو الحال بالنسبة للعلاقات غير الخطية والتى تختص قطاعات برمجة رياضية أخرى بالتعامل معها مثل البرمجة غير الخطية .

---

(١) يمكن الرجوع الى المراجع التالية :

- *Dantzing, George B., op. cit., , p.32*
- *Hillier, Frederick S. and Lieberman, Gerald J., op. cit., p.49.*
- *Eck, R.D. op. cit., p.58*
- *Wagner, Harvey M., op.cit., p.445.*
- *Eck, R.D., op.cit., p.154.*

٢/٣/٤ فرض القابلية للاحلال :

يشترك فى هذا الفرض كل من أسلوب البرمجة الخطية ، وأسلوب برمجة الاهداف ، وأسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة ، والاسلوب المقترح . ويقصد بهذا الفرض قابلية جميع المتغيرات القرارية للاحلال محل بعضها البعض ، أى يفترض عدم وجود أى علاقات من أى نوع بين المتغيرات القرارية . وذلك حتى يمكن مزج البدائل مع بعضها البعض لاعداد مختلف التوليفات الممكنة تمهيدا لتقييمها والمفاضلة بينها لاختيار التوليفة التى تحقق مثالية دالة الهدف .

٣/٣/٤ فرض عدم القابلية للتجزئة :

يشترك فى هذا الفرض كل من أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة ، والاسلوب المقترح . ويحل هذا الفرض محل فرض القابلية للتجزئة الذى يستند اليه كل من أسلوب البرمجة الخطية ، وأسلوب برمجة الاهداف ويقصد بهذا الفرض أن تأخذ المتغيرات القرارية (كلها أو بعضها) قيما موجبة صحيحة (أو صفرية) . . وعلى ذلك يمكن تقسيم نماذج البرمجة بوحدات صحيحة الى نوعين أساسيين أولهما يطلق عليه نموذج البرمجة العددية الصافية ، وهو نموذج البرمجة الذى تكون كل متغيراته مقيدة بأن تظهر فى الناتج النهائى للمشكلة بقيم صحيحة . وثانيهما يطلق عليه نموذج البرمجة العددية المختلطة ، وهو نموذج البرمجة الذى تكون بعض (وليس كل) متغيراته مقيدة بأن تظهر فى الناتج النهائى بقيم صحيحة .

٤/٣/٤ فرض تعدد الاهداف :

يشترك فى هذا الفرض كل من أسلوب برمجة الاهداف ، واسلوب برمجة بوحدات صحيحة ، والاسلوب المقترح . ويحل هذا الفرض محل فرض الهدف الاوحد الذى يستند اليه أسلوب البرمجة الخطية . ويتطلب فرض تعدد الاهداف تعدد أبعاد دالة الهدف للنموذج الرياضى حتى يمكن التعامل مع

مختلف الاهداف فى آن واحد . كما يتطلب هذا الفرض القدرة على تحليل التعارض الذى قد يتواجد بين الاهداف المتعددة وذلك من خلال اعداد هيكل للاولويات واعطاء الترجيحات التى تتناسب مع سيكولوجية متخذ القرار .

٥/٣/٤ فرض عدم التأكد :

يعتبر فرض عدم التأكد محور الاختلاف بين أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة ، والاسلوب المقترح ، كما يعد هذا الفرض أحد محاور الاختلاف بين كل من أسلوب البرمجة الخطية ، وأسلوب برمجة الاهداف من ناحية ، والاسلوب المقترح من ناحية أخرى ، فالنموذج الرياضى للاسلوب المقترح يعد أحد نماذج البرمجة الرياضية غير اليقينية التى تنطلق من حقيقة عدم توافر المعلومات الكاملة لدى متخذ القرار عن المستقبل . ومن ثم فمتخذ القرار - غالبا - غير قادر على تحديد قيمة واحدة مؤكدة لمدخلات النموذج . وبالتالى تتعدد قيم معاملات كل متغير ويعتمد تحقق كل قيمة على تحقق حالة الطبيعة المرتبطة بها .

٦/٣/٤ : فرض عدم السلبية :

يعد هذا الفرض فرضا مشتركا بين سائر أساليب البرمجة الرياضية ، حيث يتطلب هذا الفرض اما ان تأخذ المتغيرات القرارية قيما موجبة أو تكون مساوية للصفر فى الناتج النهائى للمشكلة . وبالنسبة للاسلوب المقترح يتطلب هذا الفرض عدم ظهور قيم سالبة لاى من المتغيرات القرارية أو الانحرافات . فالانحراف (انحراف الفائض أو انحراف القصور) اما أنه يظهر فى الحل بقيمة مساوية للصفر وهو ما يعنى النجاح فى تحقيق المستوى المحدد للهدف ، أو تكون قيمة الانحراف فى الحل النهائى للمشكلة موجبة ، الامر الذى يعنى تعذر تحقيق (تحقيقا صحيحا) المستوى المحدد سلفا .

٤/٤ الشروط اللازمة لامكانية استخدام أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد :

تتوقف امكانية استخدام أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد لحل مشكلة معينة من عدمه على توافر شروط معينة فى

تلك المشكلة أهمها (١) :

١/٤/٤ الشروط المشتركة :

ويقصد بالشروط المشتركة تلك الشروط الواجب توافرها فى مشكلة ما حتى يمكن حل هذه المشكلة باستخدام الاسلوب المقترح (اضافة الى الشروط الخاصة التى سترد بعد قليل) أو غيره من أساليب البرمجة الرياضية وهى كما يلى :

١/١/٤/٤ الندرة النسبية للموارد :

يختص الاسلوب المقترح - شأنه فى ذلك شأن سائر أساليب البرمجة الرياضية - بالمشكلات التى تتسم بقصور المتاح من الموارد عن بلوغ متطلبات تنفيذ كل ما هو مرغوب فيه . فالحاجة الى استخدام هذا الاسلوب تبدو ملحة عندما تفرض قيودا على ما يمكن استخدامه من الموارد اللازمة لتنفيذ ما يتم اختياره من بدائل ، حيث لا تستطيع الادارة أن تتخذ ما تشاء من قرارات دون الاخذ فى الحسبان القدر المتاح من الموارد .

٢/١/٤/٤ تعدد الاختيارات البديلة :

لا تبدو هناك حاجة الى استخدام أساليب البرمجة الرياضية فى حالة غياب تعدد الطرق (البدائل) الممكنة لمزج الموارد الاقتصادية المتاحة ، فالاسلوب المقترح - شأنه فى ذلك شأن سائر أساليب البرمجة الرياضية - يختص (كذلك) بالمشكلات ذوات الحلول البديلة ، حيث تتعدد بدائل استخدام الموارد المتاحة لتحقيق الاهداف المنشودة ، ومن ثم تصبح المشكلة هى حصر مختلف التوليفات الممكنة وتقييمها والمفاضلة بينها لاختيار المزج الذى يحقق مثالية دالة الهدف .

---

(١) يمكن الرجوع فى ذلك الى :

- *Thierauf, Robert J. and Grass, Richard A., op.cit., pp. 223 - 225.*
- *Ferrero, Guiseppe M., op.cit., pp. 296 - 298.*

٣/١/٤/٤ قابلية عناصر المشكلة للقياس الكمى :

يعتبر شرط قابلية عناصر المشكلة للقياس الكمى ومن ثم امكانية التعبير الكمى عن كافة العلاقات والمتغيرات التى تربط بين اجزاء المشكلة أمرا مهما لامكانية تطبيق اساليب التحليل الكمى بصفة عامة . فالتحليل الكمى يستند أساسا الى قابلية العوامل المختلفة للقياس حتى يمكن المقارنة بين هذه العوامل .

٤/١/٤/٤ قابلية علاقات ومتغيرات المشكلة للصياغة الرياضية :

يتطلب تطبيق أساليب التحليل الكمى اعداد صياغة رياضية لترجمة العلاقات والمتغيرات المختلفة من أجل وصف المشكلة الحقيقية (أو مايعرف بالتجريد فى التحليل الكمى) تمهيدا للتعامل معها باستخدام أحد الاجراءات الرياضية للتوصل الى النتائج الرياضية التى تسهم فى تفسير الواقع .

٢/٤/٤ الشروط الخاصة :

ويقصد بالشروط الخاصة تلك الشروط الواجب توافرها بالاضافة الى الشروط المشتركة فى مشكلة ما حتى يمكن حل هذه المشكلة باستخدام الاسلوب المقترح .

١/٢/٤/٤ الخطية :

ينتمى الاسلوب المقترح الى قطاع البرمجة الخطية من حيث خطية العلاقات التى تربط بين متغيرات المشكلة . ومن ثم يتطلب تطبيق الاسلوب المقترح على مشكلة ما ثبات نسبة التغير بين متغيرات المشكلة بحيث اذا ما تم التعبير عن هذه العلاقات برسم بيانى فانها تأخذ شكل خطوط مستقيمة وليس منحنيات كما هو الحال بالنسبة للعلاقات غير الخطية والتى يلائمها أساليب برمجة رياضية أخرى مثل قطاع البرمجة غير الخطية .

٢/٢/٤/٤ تعدد أهداف المنظمة :

ان دالة الهدف ذات الابعاد المتعددة التى يشتمل عليها النموذج الرياضى للاسلوب المقترح تعد احدى الثمار المهمة التى أسفرت عنها جهود الباحثين لمعالجة مشكلة تعدد الاهداف وتحليل (والاخذ فى الحسبان) ماقد يوجد بينها من تعارض ، وذلك بعد أن أخفقت المحاولات التى بذلت لمعالجة هذه المشكلة فى ظل دالة الهدف ذات البعد الواحد . ومن ثم يعد توافر تعدد الاهداف فى مشكلة ما (اضافة الى الشروط الاخرى) مناخا مناسبا يثمر فيه كثيرا تطبيق الاسلوب المقترح .

٣/٢/٤/٤ عدم القابلية للتجزئة :

تتعارض عملية التجزئة مع طبيعة المتغيرات القرارية لكثير من مشكلات تخطيط الانفاق الاستثمارى حيث يكون أساس الاختيار هو أن يتم اما اختيار البديل الاستثمارى بالكامل أو يرفض بالكامل . ومن ثم يعد توافر شرط عدم القابلية للتجزئة من الامور المهمة التى تبرر كثيرا ظهور الحاجة الى استخدام الاسلوب المقترح .

٤/٢/٤/٤ عدم توافر المعلومات الكاملة عن المستقبل :

يعد النموذج الرياضى للاسلوب المقترح أحد نماذج البرمجة الرياضية غير اليقينية . حيث يستند النموذج الى فرض عدم توافر المعلومات الكاملة عن المستقبل . ومن ثم تخلق المواقف العملية التى تتسم بعدم توافر التأكد من نوع حالة الطبيعة التى سوف تسود مستقبلا مبررا قويا (اضافة الى باقى الشروط) للجوء الى الاسلوب المقترح من أجل تحليل مخاطر عدم التأكد التى ينطوى عليها اتخاذ القرار وبما يسهم فى التوصل الى نتائج تكون أقرب ما يمكن من دائرة الواقع .

٤/٥ الاركان الاساسية لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكـــد :

يتكون النموذج الرياضى لاسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فىظروف عدم التاكد (وهو الاسلوب المقترح) من أركان أساسية أهمها :

١/٥/٤ دالة الهدف أو التفضيل :

وهى دالة ذا ت أبعاد متعددة تعالج على أنها معيار أو أســـاس ايجاد الحل الامثل للمشكلة والذى يتمثل (غالبا) فى ايجاد الحـــد الادنى لانحرافات القصور ، أو انحرافات الفائض (أو الاثنين معا) التى تشتمل عليها دالة الهدف . وفى حالة وجود أهداف متعارضة ، تشتمـــل دالة الهدف على هيكل الاولويات الذى يتم اعداده لاغراض تحليل التعـــارض بين الاهداف بما يسهم فى النهاية فى تحقيق المواءمة والتوفيق بيـــن الاهداف وتحقيق مستويات مرضية منها جميعا فى آن واحد .

٢/٥/٤ قيود الاهداف :

تعكس قيود الاهداف التى يشتمل عليها النموذج كافة أنواع الاهـداف التى يسعى الى تحقيقها متخذ القرار (والتى سبق التعبير عنها فى شكل انحرافات بدالة الهدف) والمستوى الواجب تحقيقه لكل منها . اضافة الى مساهمات مختلف المتغيرات القرارية فى تحقيق المستويات المحددةللاهداف المختلفة ، والانحرافات عن الاهداف المختلفة .

٣/٥/٤ قيود الموارد :

ويقصد بها مجموعة المعاملات والمتباينات التى تعكس الكميـــات اللازمة من كل نوع من أنواع الموارد خلال كل فترة من الفترات اللازمـــة لتنفيذ المتغيرات القرارية التى يتم تقييمها والمفاضلة بينهـــا . كما تبين هذه القيود كميات الموارد المتاحة من كل نوع خلال كل فتـــرة من فترات التنفيذ .

٤/٥/٤ قيود عدم السلبية :

يعتبر ظهور أى من المتغيرات القرارية أو الانحرافات ضمن الناتج النهائى للمشكلة بقيم سالبة غير ذى معنى وذلك من ناحيتين ، الناحية الاولى : النموذج الرياضى اما انه يوصى بتنفيذ شىء معين ومن ثم تكون قيمة هذا الشىء موجبة ، أو يوصى بالامتناع عن تنفيذه ومن ثم تكون قيمته سالبة ، ومن الناحية الثانية : يسفر حل المشكلة عن ظهور الانحرافات (سواء انحرافات القصور أو انحرافات الفائض) اما بقيم موجبة ، الامر الذى يعنى عدم امكانية بلوغ ما هو مستهدف سلفا . أو تكون الانحرافات مساوية للصفر وهو ما يعنى النجاح فى التوصل الى المستويات المحددة مقدما للاهداف . وبناء عليه يصبح وجود قيود عدم السلبية أمرا مهما لضمان عدم ظهور متغيرات قرارية أو انحرافات بقيم سالبة فى الحل الامثل للمشكلة .

٥/٥/٤ قيود الوحدة العليا :

تظهر الحاجة الى هذه القيود – أساسا – فى حالة عدم رغبة متخذ القرار فى ظهور بعض (أو كل) المتغيرات القرارية ضمن الناتج النهائى للمشكلة بقيمة تزيد على الواحد الصحيح (أى عندما يكون تكرار المتغير القرارى أمرا غير مرغوب فيه) . وعلى ذلك فان ادراج هذه القيود بالنموذج يضمن ظهور المتغير القرارى فى الحل الامثل اما بقيمة مساوية للصفر أو بقيمة لا تزيد على الواحد الصحيح .

٦/٥/٤ قيود العددية :

يعتبر ادراج هذه القيود بالنموذج أمر مهم عندما تتعارض عملية التجزئة مع طبيعة كل أو بعض المتغيرات القرارية التى يتم تقييمها والمفاضلة بينها . فهذه القيود تمنع ظهور أى قيم كسرية غير مرغوب فيها . الامر الذى يعنى أن قيمة المتغير القرارى فى الناتج النهائى للمشكلة اما أن تكون عددا صحيحا أو تكون مساوية للصفر .

٦/٤ اعداد البرنامج الاستثمارى الامثل كمشكلة برمجة أهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد :

قد يبدو من المناسب فى هذا الجزء من البحث التطرق بالمناقشة لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل كمشكلة برمجة أهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد وذلك فى ضوء كل من الفروض والمكونات والشروط الواجب توافرها لتطبيق أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد على النحو التالى :

١/٦/٤ دالة الهدف :

تتمثل دالة الهدف ، فى حالة استخدام أسلوب برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل ، فى انحرافات الفائض أو انحرافات القصور (أو الاثنين معا) المتعلقة بكافة الاهداف التى يسعى متخذ القرار الاستثمارى الى تحقيقها جميعا فى آن واحد (أو تحقيق مستويات مرضية منها) والتى قد تتمثل فى هدف تحقيق أعلى معدل للعائد الداخلىعلى الاستثمار ، وهدف اختيار البدائل الاستثمارية التى تحقق أقصى صافى قيمة حالية أو أعلى دليل ربحية ، وهدف تحقيق حد أدنى من الايرادات السنوية ، وهدف تحقيق أقصى معدلات للنمو ، وهدف تحقيق صافى دخل سنوى لا يقل عن مستوى معين، وهدف تحقيق سيولة نقدية لا تقل عن مستوى معين ، وهدف تحقيق مستوى معين من المبيعات وهدف عدم تجاوز مخاطر عدم التأكد التى ينطوى عليها اتخاذ القرار الاستثمارى لمستوى معين وغيرها من الاهداف التى يكشف عنها حقيقة الواقع وطبيعة المناخ العملى الذى يعمل من خلاله متخذ القرار الاستثمارى .

ويمكن التعبير عن الاهداف المتعددة والمتعارضة ، التى يمكن أن يواجه بها متخذ القرار الاستثمارى ، فى شكل دالة رياضية لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد تأخذ

الصياغة التالية (١) :

$$\text{تخفيض} \sum_{ن=1}^{م} \left[ح^{+}_{ن}\, و_{ن} + ح^{+}_{ن} + ح^{-}_{ن}\, و_{ن} - ح^{-}_{ن} \right] \text{لادنى قيمه ممكنة}$$

٢/٦/٤ قيود الاهداف :

يتم التعبير عن مجموعة الاهداف التى يسعى الى تحقيقها متخذ القرار الاستثمارى (تلك الاهداف التى سبق ادراج الانحرافات المتعلقة بها بدالة الهدف) فى شكل قيود توضح مساهمات مختلف البدائل الاستثمارية فى تحقيق كل هدف من الاهداف المنشودة . أضافة الى المستوى المحدد لكل هدف ، وانحرافى الفائض والقصور لكل هدف . ويمكن صياغة قيود الاهداف لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد على النحو التالى(٢) :

$$\sum_{ى=1}^{ق} ق_{ن\, س_{ى}} - ح^{+}_{ن} + ح^{-}_{ن} = ل_{ن}$$

حيث أن :

$ق_{ن\, س_{ى}}$: ترمز لمقدار المساهمة (ق) فى تحقيق الهدف (ن) فى حالة قبول تنفيذ المشروع الاستثمارى ($س_{ى}$) .

٣/٦/٤ قيود الموارد

يتم التعبير عن مجموعة القيود المفروضة على الموارد فى شكل معادلات ومتباينات تعكس احتياجات تنفيذ كل بديل استثمارى من كل نوع من

---

(١) يفترض وجود هيكل للاولويات لتحليل التعارض بين الاهداف . اضافة الى أن شرح رموز الدالة قد ورد فى ص ٦١ ، ص٦٨ ، من الفصل الثانى .

(٢) معظم رموز هذا القيد تم شرحه فى ص ٦١ من الفصل الثانى .

الانواع المختلفة للموارد اللازمة للتنفيذ (وهو ما يعكس تعدد الموارد اللازمة للتنفيذ) خلال كل فترة من فترات التنفيذ (وهو ما يعكس تعدد فترات التنفيذ) . اضافة الى الكميات المتاحة لدى المنظمة من كل نوع من الموارد خلال كل فترة من فترات التنفيذ . وتضمن هذه القيود عدم تجاوز ما هو متاح من الموارد (نقد محلى) نقد أجنبى ، عمالة بمستويات مختلفة من المهارة ، خامات ومواد أولية محلية وأخرى أجنبيه وهكذا) لدى المنظمة خلال كل فترة من فترات التنفيذ . ويمكن أن تأخذ قيود الموارد الشكل التالى(١) :

$$\sum_{\text{ن}=1}^{\text{ع}} \text{أ}_{\text{ت ى ر}} \, \text{س}_{\text{ى}} \leq \text{ك}_{\text{ت ر}}$$

(ر = ١ ، ٢ .. .. .. ، $\bar{\text{ر}}$)

٤/٦/٤ قيود عدم السلبية :

تضمن هذه القيود عدم ظهور أى بديل استثمارى أو متغير انحراف بقيمة سالبة فى الناتج النهائى لحل المشكلة . وتأخذ هذه القيود الشكل التالى :

$$\text{س}_{\text{ى}} \, , \, \text{ح}^{+}_{\text{ن}} \, , \, \text{ح}^{-}_{\text{ن}} \geq \text{صفر}$$

(ى = ١ ، ٢ ... . ، $\bar{\text{ى}}$)

(ن = ١ ، ٢ ... . ، م)

٥/٦/٤ قيود الوحدة العليا :

قد يكون من غير المرغوب فيه عمليا تنفيذ المقترح الاستثمارى ذاته أكثر من مرة واحدة . الامر الذى يتطلب وجود قيود الوحدة العليا التى تقيد بعض (أو كل) المشروعات الاستثمارية وتمنع المشروع الاستثمارى من الظهور فى الناتج النهائى لحل المشكلة بقيمة تزيد على الواحد الصحيح . ويمكن لهذه القيود أن تأخذ الشكل التالى :

$$\text{س}_{\text{ى}} \leq ١ \qquad (\text{ى} = ١ ، ٢ ، \ldots .. \ldots ، \bar{\text{ى}})$$

---

(١) رموز هذا القيد تم شرحها فى ص٤٨ من الفصل الثانى .

٦/٦/٤ قيد العددية :

اذا كانت بعض المشروعات الاستثمارية تقبل بطبيعتها عملية التجزئة ، فان طبيعة البعض الاخر للمشروعات الاستثمارية تتعارض مع عملية التجزئة . وفى الحالة الاخيرة تظهر الحاجة الى قيود العددية التى تقيد عملية اختيار البدائل الاستثمارية بحيث تكون قاعدة الاختيار هى اما أن يتم اختيار المقترح الاستثمارى بالكامل أو يرفض بالكامل .

٧/٤ الصياغة الرياضية لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد :

بعد أن تطرق الباحث بشىء من المناقشة والتحليل لكل من المكونات الاساسية لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد، واعداد البرنامج الاستثمارى الامثل (بصفة عامة) ودون تحديد قطاع استثمار معين) كمشكلة برمجة أهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد ، قد يكون من المناسب اعداد الصياغة المتكاملة للنموذج على النحو التالى (١) :

دالة الهدف :

$$\text{تقليل} \sum_{ن=1}^{م} \left[ح^{+}_{ن} \, و^{+}_{ن} \quad ح^{+}_{ن} + ح^{-}_{ن} \, و^{-}_{ن} \quad ح^{-}_{ن} \right] \text{ لادنى قيمة ممكنة}$$

قيود الاهداف :

$$\sum_{ى=1}^{\bar{ى}} ق_{ن} \, س_{ى} - ح^{+}_{ن} + ح^{-}_{ن} = ل_{ن}$$

$$(ن = 1 ، 2 \, .. \, .. \, .. \, م)$$

قيود الموارد :

$$\sum_{ى=1}^{ع} ا_{تى ر} \, س_{ى} \leq ك_{ت ر}$$

$$(ر = 1 ، 2 ، 3 ، .. \, .. \, .. \, ، \bar{ر})$$
$$(ى = 1 ، 2 ، 3 ، .. \, .. \, .. \, ، \bar{ى})$$

قيود عدم السلبية :

$$س_{ى} ، ح^{+}_{ن} ، ح^{-}_{ن} \geq \text{صفر}$$

قيود الوحدة العليا وقيود العددية :

$$س_{ى} \leq 1 \quad \text{وأعدادا صحيحة .}$$

---

(١) افترض الباحث عند اعداد هذه الصياغة أن ظهور أى مشروع استثمارى فى الناتج النهائى لحل المشكلة بقيمة تزيد على الواحد الصحيح يعتبر امرا غير مرغوب فيه .

٨/٤ حالة مفترضة لتبيان كيفية تطبيق نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة لاعداد البرنامج الاستثمارى فى ظروف عدم التأكد :-

بعد أن تطرق الباحث للصياغة الرياضية بالرموز لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد - وهو النموذج المقترح فى هذا البحث لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل فى ظروف عدم التأكد - قد يكون من المناسب الاستعانة ببيانات حالة مفترضة لاعداد صياغة رياضية رقمية للنموذج سالف الذكر . وتشتمل الحالة المفترضة على النقاط التالية :

أولا :برغب متخذ القرار الاستثمارى فى منظمة ما فى القيام بتقييم مجموعة من المقترحات الاستثمارية والمفاضلة بينها لاختيار البرنامج الاستثمارى الذى يحقق الاهداف الاتية :

أ) تخفيض مخاطر عدم التأكد التى تنطوى عليها المقترحات الاستثمارية للبرنامج الاستثمارى الذى يتم اختياره الى المستوى الذى يتناسب مع ميول متخذ القرار الاستثمارى واستعداداته لتحمل مخاطر عدم التأكد علما بأن مستوى المخاطر الذى يراه متخذ القرار الاستثمارى ملائما له هو ألا يزيد التباين الكلى الذى ينطوى عليه ما يتم اختياره من برنامج استثمارى على ١ر٠٧٨ .

ب) تخفيض التلوث الناتج عن التشغيل ، بحيث لا يزيد مجموع النقاط التى يفترض انها تعبر عن مقدار التلوث الذى تتسبب فيه البدائل الاستثمارية على ١٠ .

جـ - ان تحقق تشكيلة البدائل الاستثمارية للبرنامج الاستثمارى أقصى قيمة حالية ممكنه .

د) أن تحقق المقترحات الاستثمارية التى يشتمل عليها البرنامج الاستثمارى صافى دخل فى الفترة الاولى لا يقل عن ٨ ، وألا يقل صافى الدخل فى الفترة الثانية عن ١٦ .

هـ) أن تسهم البدائل الاستثمارية التى يمكن للبرنامج الاستثمارى أن يتضمنها فى تحقق نمو نصيب المنظمة فى الاسواق بمعدل لا يقل عن ٠٨ر فى كل فترة من الفترتين ٠

علما بالاتى :

١) يعطى متخذ القرار الاستثمارى الاولوية الاولى لهدفى تحقيق صافى الدخل فى الفترتين ٠ والاولوية الثانية لهدفى تحقيق النمو فى نصيب المنظمة فى الاسواق فى الفترتين ٠ والاولوية الثالثة لهدف صافى القيمة الحالية ٠ والاولوية الرابعة لهدف تخفيض مخاطر عدم التاكد ٠ والاولوية الخامسة : لهدف تخفيض التلوث ٠

٢) يرى متخذ القرار الاستثمارى اعطاء وزنا ترجيحيا (يعكس الاهمية النسبية) لكل من هدف صافى الدخل وهدف النمو فى الفترة الاولى مساويا لضعف الوزن الترجيحى لكل من هدف صافى الدخل وهدف النمو فى الفترة الثانية ٠

ثانيا: يفترض وجود مجموعة القيود الاتية (علما بأن التنفيذ يستغرق فترتين ماليتين) :

أ ـ المبالغ بالعملة المحلية المخصصة للانفاق الاستثمارى كحد أقصى خلال فترتى التنفيذ ٥٠ ، ٢٠ على التوالى ٠

ب ـ المبالغ بالعملة الاجنبية المخصصة للانفاق الاستثمارى كحد أقصى خلال فترتى التنفيذ ٢٥ ، ١٠ على التوالى ٠

جـ ـ رأس المال العامل المتاح كحد أقصى لدى المنظمة ٢٥ ٠

د ـ عدد ساعات الاشراف الادارى التى يمكن للمنظمة توفيرها للبدائل الاستثمارية الجديدة (كحد أقصى ١٢٠ ساعة)٠

ثالثا: يفترض وجود مجموعة من العلاقات بين البدائل الاستثمارية التى سيتم تقييمها والمفاضلة بينها على النحو التالى :

أ ـ يمكن قبول تنفيذ احد المشروعين الاستثماريين (س٦) أو (س٧)٠ (وليس الاثنين معا) ٠

ب - اذا تم قبول تنفيذ المشروع الاستثمارى (س٦) ، فان الامر يقتضى ضرورة رفض المشروع (س٢) .

جـ - اذا تم قبول تنفيذ المشروع الاستثمارى (س٧) ، فان الامر يقتضى ضرورة قبول المشروع (س٨) .

د - يوجد تعارض بين المشروعين (س١) ، (س٤) . وكذلك الحال بالنسبة للمشروعين (س٣) ، (س٥) . غير أن قبول تنفيذ أحد المشروعين الاستثماريين (س٣) ، (س٥) يتوقف على قبول أحد المشروعين الاستثماريين (س١) ، (س٤) .

رابعا: لا تقبل جميع البدائل الاستثمارية بطبيعتها عملية التجزئة . فاما أن يتم قبول تنفيذ المقترح الاستثمارى بالكامل أو يرفض بالكامل.

خامسا: لا يرغب القائم بتخطيط الانفاق الاستثمارى فى تكرار التنفيذ بالنسبة لاى مقترح استثمارى بمعنى أنه لا يرغب فى ظهور أى مقترح استثمارى فى الحل النهائى للمشكلة بقيمة تزيد على الواحد.

سادسا: يشتمل الجدول رقم (١٣) على احتياجات التنفيذ لكل مقترح استثمارى من العملة المحلية ، العملية الاجنبيه ، رأس المال العامل ، وساعات الاشراف الادارى ، كما يشتمل أيضا الجدول على صافى الدخل ، معدل النمو ، صافى القيمة الحالية ، التباين المتعلق بكل مقترح استثمارى ، ومقدار التلوث (معبرا عنه فى شكل نقاط) الناتج عن كل بديل استثمارى .

البدائل الاستثمارية	احتياجات التنفيذ من العملة المحلية		احتياجات التنفيذ من العملة الاجنبية		رأس المال العامل	ساعات الاشراف الادارى	صافى الدخل معدل النمو				صافى القيمة الحالية	(١) التباين	التلوث
	فترة (١)	فترة (٢)	فترة (١)	فترة (٢)			فترة (١)	فترة (٢)	فترة (١)	فترة (٢)			
س ١	١٢	٣	٦	٢	٥	٢٠	٢	٤	٠٢ر	٠٣ر	١٤	٠٦٣ر	١ر٢
س ٢	٥٤	٧	٢٧	٤	١١	٨٠	٢	٤ر٢	٠١ر	٠٣ر	١٧	٠٣٢ر	٦ر٣
س ٣	٦	٦	٣	٣	٧	١٨	١ر٦	٢ر٥	٠٢ر	٠٢ر	١٧	١٢٦ر	٢ر٧
س ٤	٦	٢	٣	١	٤	١٤	١ر٢	٢ر٨	٠١ر	٠٢ر	١٥	٠٤٥ر	٢ر٢
س ٥	٣٠	٣٥	١٥	١٥	٨	٨٨	٣	٥	٠٣ر	٠٤ر	٤٠	٠٧١ر	٨ر٨
س ٦	٦	٦	٣	٣	٥	١٦	١ر١	١ر٤	٠١ر	٠١ر	١٢	٢٣٢ر	٢
س ٧	٤٨	٤	٢٤	٢	١٢	٧٤	١ر٥	٣	٠١ر	٠٢ر	١٤	٢٦٣ر	٥ر٧
س ٨	٣٦	٣	١٨	٢	٩	٦٠	١ر٢	١ر٨	٠١ر	٠١٥ر	١٠	٤٦٠ر	٥ر٩
س ٩	١٨	٣	٩	٢	٦	٢٨	١ر٣	٢ر٤	٠١ر	٠١٨ر	١٢	٤٠٤ر	٣ر٢

جـــــدول رقم (١٣)

من خلال بيانات الحالة المفترضة ، واستنادا الى الصياغة الرياضية بالرموز السابق التطرق اليها لنموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد ، يمكن اعداد الصياغة الرياضية الرقمية للنموذج ذاته على النحو التالى :

(١) يفترض الباحث لاغراض التبسيط أن التباينات الواردة بجدول (١٣) قد تم احتسابها بذات الطريقة التى تطرق اليها الباحث سلفا .

دالة الهدف :

تخفيض الانحرافات المرجحة

$$ح_{1} (٢ ح^{-}_{1} + ح^{-}_{2}) + ح_{2} (٢ ح^{-}_{3} + ح^{-}_{4}) + ح_{3} (ح^{-}_{5} - ح^{+}_{5}) + ح_{4} (ح^{+}_{6}) + ح_{5} (ح^{+}_{7})$$

قيود الاهـــــداف :

هدف صافى الدخل فى الفترة الاولى :

$$٢ س_{1} + ٢ س_{2} + ١٫٦ س_{3} + ٢٫١ س_{4} + ٣ س_{5} + ١٫١ س_{6} + ١٫٥ س_{7} + ٢٫١ س_{8} + ٣٫١ س_{9} + ح^{-}_{1} - ح^{+}_{1} = ٨$$

هدف صافى الدخل فى الفترة الثانية :

$$٤ س_{1} + ٤٫٢ س_{2} + ٢٫٥ س_{3} + ٢٫٢ س_{4} + ٥ س_{5} + ١٫٤ س_{6} + ٣ س_{7} + ٤٫٢ س_{8} + ٢٫٤ س_{9} + ح^{-}_{2} - ح^{+}_{2} = ١٦$$

هدف النمو فى الفترة الاولى :

$$٠٫٢ س_{1} + ٠٫١ س_{2} + ٠٫٢ س_{3} + ٠٫١ س_{4} + ٠٫٣ س_{5} + ٠٫١ س_{6} + ٠٫١ س_{7} + ٠٫١ س_{8} + ٠٫١ س_{9} + ح^{-}_{3} - ح^{+}_{3} = ٨٫$$

هدف النمو فى الفترة الثانية :

$$٠٫٣ س_{1} + ٠٫٣ س_{2} + ٠٫٢ س_{3} + ٠٫٢ س_{4} + ٠٫٤ س_{5} + ٠٫١ س_{6} + ٠٫٢ س_{7} + ٠٫١٥ س_{8} + ٠٫١٨ س_{9} + ح^{-}_{4} - ح^{+}_{4} = ٠٫٨$$

هدف صافى القيمة الحالية :

$$١٤ س_{1} + ١٧ س_{2} + ١٧ س_{3} + ١٥ س_{4} + ٤٠ س_{5} + ١٢ س_{6} + ١٤ س_{7} + ١٠ س_{8} + ١٢ س_{9} + ح^{-}_{5} - ح^{+}_{5} = ٤٠$$

هدف تخفيض المخاطـــر :

$$٠٫٦٣ س_{1} + ٠٫٣٢ س_{2} + ١٫٢٦ س_{3} + ٠٫٤٥ س_{4} + ٠٫٧١ س_{5} + ٢٫٣٢ س_{6} + ٣٫٦٣ س_{7} + ٤٫٦٠ س_{8} + ٤٫٠٤ س_{9} + ح^{-}_{6} - ح^{+}_{6} = ١٫٠٧٨$$

التلوث

هدف تخفيض التلوث :

$$٢ر١ س_١ + ٣ر٦ س_٢^{٢} + ٢ر٧ س_٣ + ٢ر٢ س_٤ + ٨ر٨ س_٥ + ٢ س_٦ + ٥ر٧ س_٧ + ٩ر٥ س_٨ + ٣ر٢ س_٩ + ح_٧^{-} - ح_٧^{+} = ١٠$$

قيود الموارد :

قيد الموازنة (العملة المحلية) فى الفترة الاولى :

$$١٢ س_١ + ٥٤ س_٢ + ٦ س_٣ + ٦ س_٤ + ٣٠ س_٥ + ٦ س_٦ + ٤٨ س_٧ + ٣٦ س_٨ + ١٨ س_٩ \leq ٥٠$$

قيد الموازنة (العملة المحلية) فى الفترة الثانية :

$$٣ س_١ + ٧ س_٢ + ٦ س_٣ + ٢ س_٤ + ٣٥ س_٥ + ٦ س_٦ + ٤ س_٧ + ٣ س_٨ + ٣ س_٩ \leq ٢٠$$

قيد الموازنة (العملة الاجنبية) فى الفترة الاولى :

$$٦ س_١ + ٢٧ س_٢ + ٣ س_٣ + ٣ س_٤ + ١٥ س_٥ + ٣ س_٦ + ٢٤ س_٧ + ١٨ س_٨ + ٩ س_٩ \leq ٢٥$$

قيد الموازنة (العملة الاجنبيه) فى الفترة الثانية :

$$٢ س_١ + ٤٥ س_٢ + ٣ س_٣ + ١ س_٤ + ١٥ س_٥ + ٣ س_٦ + ٢ س_٧ + ٢ س_٨ + ٢ س_٩ \leq ١٠$$

قيد راس المال العامـــــل :

$$٥ س_١ + ١١ س_٢ + ٧ س_٣ + ٤ س_٤ + ٨ س_٥ + ٥ س_٦ + ١٢ س_٧ + ٩ س_٨ + ٦ س_٩ \leq ٢٥$$

قيد ساعات الاشراف الادارى :

$$٢٠ س_{١} + ٨٠ س_{٢} + ١٨ س_{٣} + ١٤ س_{٤} + ٨٨ س_{٥} + ١٦ س_{٦} + ٧٤ س_{٧} +$$
$$٦٠ س_{٨} + ٢٨ س_{٩} \leq ١٢٠$$

$س_{٦} + س_{٧}$	$\leq$	١	مجموعة القيود التى تعكس العلاقات بين البدائل الاستثمارية
$س_{٦} + س_{٢}$	$\leq$	١	
$س_{٨}$	$\leq$	$س_{٨}$	
$س_{١} + س_{٤}$	$\leq$	١	
$س_{٣} + س_{٥}$	$\leq$	$س_{١} + س_{٤}$	

قيود عدم السلبية :

$$س_{١} ، س_{٢} ، س_{٣} ، س_{٤} ، س_{٥} ، س_{٦} ، س_{٧} ، س_{٨} ، س_{٩} ، ح_{١} ،$$
$$ح_{٢} ، ح_{٣} ، ح_{٤} ، ح_{٥} ، ح_{٦} ، ح_{٧} \geq صفر$$

قيود الوحدة العليا :

$$س_{١} ، س_{٢} ، س_{٣} ، س_{٤} ، س_{٥} ، س_{٦} ، س_{٧} ، س_{٨} ، س_{٩} \leq ١$$

قيود العددية :

$$س_{١} ، س_{٢} ، س_{٣} ، س_{٤} ، س_{٥} ، س_{٦} ، س_{٧} ، س_{٨} ، س_{٩}$$ أعداد صحيحة

٩/٤ حدود البحث :

يعد نموذج برمجة الاهداف بوحدات صحيحة فى ظروف عدم التأكد - وهو النموذج الذى يقترح الباحث تطبيقه لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل - احد نماذج قطاع البرمجة الخطية حيث يفترض أن جميع الدوال يمكن التعبير عنها فى شكل خطى . وفى حقيقة الامر يستند فرض الخطية الى مجموعة من الفروض الاقتصادية مثل افتراض وجود المنافسة الكاملة فى أسواق كل من السلع الاستهلاكية وعناصر الانتاج . ومن ثم يفترض ثبات أسعار كل من المنتجات النهائية ومستلزمات الانتاج . كما يستند فرض الخطية الى فرض ثبات غلة الحجم ، حيث يفترض ثبات نسبة التغير فى مستوى الانتاج والتغير فى مستوى عناصر الانتاج (١) .

وفى حقيقة الامر ، لا يعكس فرض الخطية حقيقة الواقع بالنسبة لبعض الحالات العملية ، حيث قد تكون العلاقات بين متغيرات المشكلة غير خطية . ومن ثم تأخذ الدوال شكل منحنيات اذا ما تم التعبير عنها بيانيا . الامر الذى مفاده عدم امكانية التعبير - فى هذه الحالة - عن جميع الدوال بشكل خطى . ومن ثم يؤدى تطبيق النموذج الخطى الى الحصول على نتائج ربما لا تمثل حقيقة الواقع . الامر الذى قد يبدو معه أنه من المناسب الاستعانة باساليب البرمجة غير الخطية والتخلى عن أساليب البرمجة الخطية . أو الاستعانة بأسلوب البرمجة الحركية بدلا من أساليب البرمجة الخطية التى ربما لا تمثل حقيقة الواقع تماما فى بعض الاحيان .

وقد يثار التساؤل عن مدى فعالية كل من أسلوب برمجة الاهداف غير الخطية (على اعتباره أحد أساليب البرمجة غير الخطية) وأسلوب البرمجة الحركية وذلك من الناحيتين النظرية والعملية . وهذا ما سيحاول الباحث ايضاحه على النحو التالى :

---

(١) *Eck, R. D., op. cit., p. 58.*

١/٩/٤ أسلوب برمجة الاهداف (أو بوحدات صحيحة) غير الخطية :

يلائم أساليب البرمجة غير الخطية بصفة عامة المواقف التى تتسم العلاقات التى تربط بين متغيراتها بعدم الخطية (١) . كما ان فرض عدم الخطية يعكس حقيقة الواقع للمشكلات العملية ذوات العلاقات غير الخطية ، ومن ثم تقترب النتائج التى يتم التوصل اليها نتيجة تطبيق نموذج البرمجة غير الخطية من الواقع . غير أنه – من ناحية أولى – توجهت الغالبية العظمى من الجهود التى بذلت فى مجال البرمجة غير الخطية نحو حل نماذج البرمجة غير الخطية ذوات الهدف الاوحد . وفى ذات الوقت وعلى الرغم من كثرة وتعدد أساليب البرمجة غير الخطية الا أنها فى كثير من الاحيان تستند الى أساس ضعيف بحيث لا يتحقق معها فى كثير من المشكلات الحل الامثل للمشكلة . كما أن أساليب البرمجة غير الخطية التى حاولت الاهتمام بنماذج برمجة الاهداف (وهى أقلية) لا توفر طريقة عامة للحل . فليس هناك اتفاق عام حول طريقة لحل مشكلات برمجة الاهداف غير الخطية (وذلك على العكس من حل مشكلات البرمجة الخطية والتى يستخدم فيها طريقة السمبلكس أو طريقة السمبلكس المعدلة وهكذا وهى طرق عامة تنطوى على اتفاق عام تقريبا من جانب المهتمين بهذا المجال) .(٢) اضافة الى أن تطبيق هذه الاساليب ينطوى على تعقيدات حسابية هائلة ، لذلك فقد تم تطبيقها على المشكلات ذوات الحجم الصغير للغاية . الامر الذى ربما يتعذر معه امكانية التطبيق العملى لهذه الاساليب على المشكلات الضخمة ذوات المتغيرات المتعددة والمتشابكة (٣) .

ومن ناحية اخرى ، يعتبر فرض الخطية مجرد تقريب خطى لعلاقات غير خطية لغرض تيسير دراسة المشكلات الاقتصادية . ولقد وجد عمليا أن كثيرا

---

(١) *Bierman, Bonini and Hausman, op.cit., p.247.*

(٢) *Ignizio, James P. " Goal Programming and Extensions", (Lexington Books, D.C. Heath and Company, London, 1976), p. 155.*

(٣) يمكن الرجوع فى هذا الصدد الى

- *Lawrence, Lapin. L., "Quantitative Methods for Business Decisions, (Harcourt Broce Jovanovich, Inc., N.Y., 1976), p. 519.*
- *Nesa , Wu and Coppins, Richard, "Linear Programming and Extensions," (Mc Graw-Hill Book Co., N.Y., 1981) p. 440.*

من المتغيرات الاقتصادية ليست حساسة جدا لمثل هذا التبسيط(١) . اضافة الى ان العلاقات بين المتغيرات التى تشتمل عليها المشكلة ان لم تكن خطية فانها سوف تكون شبه خطية ومن ثم يظل نموذج البرمجة الذى يستند الى فرض الخطية قادرا على التعامل معها . كما انه فى الحالات التى تبدو فيها العلاقات غير خطية ، يمكن - غالبا - تحويل العلاقات غير الخطية الى علاقات شبه خطية (٢).

وبناء عليه ، يظل النموذج الرياضى الذى يستند الى فرض الخطية الاكثر فعالية على الاقل من الناحية العملية اذا ما قورن بنموذج البرمجة غير الخطية وذلك بالرغم من كون الاول ربما لا يعكس حقيقة الواقع لبعض المشكلات العملية . حيث يمتاز النموذج الاول بكفاءته الحسابية العالية التى لا تتوافر للنموذج الثانى ، مما جعل النموذج الاول قادرا على التعامل مع الكثير من المشكلات العملية الضخمة وتقديم المعالجات الفعالة لها .

٢/٩/٤ أسلوب البرمجة الحركية :

على أن أسلوب البرمجة الحركية يعد احدى الثمار المهمة التى أسفرت عنها جهود الباحثين التى بذلت من جانبهم من اجل أخذ عنصر الزمن فى الحسبان خلال عملية اعداد النموذج الرياضى وحل مشكلة البرمجة ، حيث يختص هذا الاسلوب اساسا بمعالجة المشكلات التى يدخل عنصر الزمن ضمن متغيراتها او ما يطلق عليها المشكلات ذوات المراحل المتعددة (٣) . غير ان الاسلوب لديه من المرونة والكفاءة ما يمكنه من التعامل أيضا مع المشكلات التى تتسم بعض او كل العلاقات بين متغيراتها بعدم الخطية (٤)

ويعتبر أسلوب البرمجة الحركية أفضل اساليب البرمجة الرياضية - وذلك من حيث المفهوم - حيث يمكنه الاخذ فى الحسبان كثيرا من العلاقات التى قد توجد بين متغيرات المشكلة بما فى ذلك العلاقات غير

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

(٢) يمكن الرجوع فى هذا الصدد الى :
أ - د. محمد عبد العزيز ابو رمان ، مرجع سابق ، ص ٧٠
ب - Keown, Arthur J. and Taylor, Bernard W., op. cit., pp. 579 - 588
ج - De, P.k, Acharya D. and Sahu, K.C., op. cit., pp. 635 - 637.

الخطية . غير انه من الناحية العملية يتطلب تطبيق الاسلوب أن يكون حجم المشكلة صغيرا نسبيا ، ذلك أن اتخاذ قرار فى مرحلة ما يتوقف بدرجة كبيرة على ما يتم التوصل اليه من نتائج قرارات المرحلة السابقة ويعد ذلك من أبرز نواحى الضعف التى ينطوى عليها الاسلوب (١) . ويعنى ذلك انه فى حالة استخدام الحاسب الالى لحل مشكلة البرمجة الحركية ، فان الامر يتطلب الاحتفاظ فى ذاكرة الحاسب بنتائج المراحل السابقة مما يستغرق وقت طويل نسبيا لتشغيل الحاسب ومن ثم تصبح تكاليف الحصول على الحل باهظة جدا مما يخلق عوائق خطيرة ربما تحول دون امكانية تطبيقه على المشكلات المتوسطه او الضخمة الحجم (٢) .

ويعلق البعض فى هذا الصدد بقوله :

" اذا كانت هناك مشكلة برمجة تحتوى على (ن) من المتغيرات وان كل متغير منها مقيد بأن يظهر فى الناتج النهائى للمشكلة اما بواحد صحيح أو أن تكون قيمته صفرا . فان الحلول الممكنة لهذه المشكلة تكون (٢ ^ن) . 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 (٣).

الامر الذى قد يبدو معه أن الاسلوب المقترح تطبيقه فى هذا البحث لاعداد البرنامج الاستثمارى الامثل الاكثر فعالية وذلك من الناحية العملية اذا ماتم مقارنته بغيره من أساليب البرمجة الرياضية .

---

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

(٢) Taha, Hamdy A. op. cit., p.214.

(٣) Wagner, Harvey M., op. cit., 340.

(٣) Taha, Hamdy A., op. cit., p. 19 .

(٤) Thierauf, Robert J. and Gross, Richard A., op.cit., p.373.