بسم الله الرحمن الرحيم

نموذج مقترح لقرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية المتنوعة: نموذج البرمجة المختلطة

دكتور

سعيد محمود الهلباوى

قسم التكاليف ونظم المعلومات

كلية التجارة ـ جامعة طنطا

نموذج مقترح لقرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية المتنوعة: نموذج البرمجة المختلطة

١. مقدمة:

As capital budgeting decision procedures become more complex, they must allow for more aspects of the real world. [M. Weingartner(1), p. 485]

إن دراسة المشاكل المرتبطة بإعداد الموازنة الاستثمارية فى اطار ضرورة ان تعكس جوانب اكثر من الواقع اصبحت هى المحور الأساسى فى مجال بناء نماذج اتخاذ القرارات الاستثمارية خاصة فى ضوء استخدام أساليب البرمجة الرياضية والاستفادة من امكانات الحاسب الآلى فى حل هذه النماذج.

وهذا البحث يركز على مرحلة المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية Project Selection فى ضوء ماقد تفرضه نوعيات مختلفة من الظروف الواقعية فى آن واحد Simultaneously. وهو لايقتصر على المدخل الذى يستند إلى ترتيب المشروعات الاستثمارية المقترحة ranked based تبعا للقيمة المتوقعة للمنافع أو تبعا لدرجة تحقيق هذه المشروعات للاهداف، حيث يعيب هذا المدخل أن بعض العناصر يتم تقديرها ذاتيا Subjective Judgement.

وفى هذا الاطار تناولت البحوث المختلفة مشكلة المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية البديلة التى تكون متجانسة من حيث طبيعة العلاقات التشابكية بينهما، والتى تتراوح بين أن تكون العلاقة بين المشروعات الاستثمارية مانعة بالتبادل Mutual exclusive وبين أن تكون العلاقة متمثلة فى علاقة تواقف interdependencies، أو أن تكون متجانسة من حيث طبيعة المشروعات الاستثمارية البديلة ذاتها بحيث تكون كلها غير قابلة للتجزئة مثلا.

[(S. Reiter, (4)] [J. Mamer and Shogan(3)] [Khorramshahgol et al.(2)]
[A.D. Martin, (8)] [T. Venon, (7)] [M.Weingartner,(6)] [(S.Rowley,(5)]

وهذا البحث يتناول بصفة أساسية معالجة قضية هامة طالما اهملت فى الكتابات العديدة فى مجال اعداد الموازنة الاستثمارية Capital Budgeting ألا وهى المعالجة الآنية للعديد من الظروف الموقفية التى تفرضها طبيعة المشروعات الاستثمارية البديلة أو العلاقات التشابكية المتنوعة بين هذه المشروعات الإستثمارية وذلك على نماذج المفاضلة بين هذه المشروعات الإستثمارية البديلة.

والهدف الأساسى لهذا البحث يتمثل فى تطوير الأساليب المتاحة لدى القائمين ببناء النماذج الخاصة بالمفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية المتنوعة وذلك في ضوء كون هذه المشروعات الإستثمارية غير قابلة للتجزئة Indivisible Projects مع وجود مشروعات استثمارية بعينها قابلة للتجزئة Divisible Projects.

وفى اطار محاولة الباحث لعرض المشكلة الأساسية للبحث واشتقاق معالم النموذج المقترح فى هذا الصدد. فإن تناولنا لمشاكل إعداد الموازنة الإستثمارية Capital Budgeting كما وضعها وتصور حلها جزئيا كلا من لورى ـ سافج فى مقالتهم الرائدة «ثلاث مشاكل فى مجال ترشيد استخدام رأس المال» [I. Lorie and L. J. savage(9)] يمكن أن تمثل نقطة انطلاق يمكن استخدامها لمناقشة القضايا التى يحاول هذا البحث تناولها واستنادا لهذا المنطلق سيتناول البحث الجوانب الآتية:

أولا: ابعاد مشكلة لورى ـ سافج: العرض والتقويم، التطوير .

ثانيا: العلاقات التشابكية المتنوعة بين المشروعات الإستثمارية: مشكلة البحث.

ثالثا: نماذج البرمجة الرياضية فى مجال المفاضلة بين المشروعات الإستتثمارية: البرمجة الخطية والبرمجة بالإعداد الصحيحة.

رابعا: علاقات التشابك بين المشروعات الاستثمارية فى اطار نماذج البرمجة الرياضية.

خامسا: النموذج المقترح: المشاكل الناجمة عن المعالجة الآنية للعديد من الظروف الموقفية التى تفرضها طبيعة المشروعات البديلة و/أو طبيعة العلاقات التشابكية بين هذه المشروعات البديلة.

وفى اطار محاولة الباحث لاشتقاق معالم النموذج المقترح تمثل منهاج البحث فى:

أولا: محاولة الوصول إلى المحددات الأساسية التى يجب مراعاتها فى عملية بناء نموذج لقرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية. وذلك عن طريق مناقشة وتحليل لبعض الإبحاث الرائدة فى هذا المجال، وكذلك عن طريق الربط بين النماذج المختلفة المستخدمة فى إتخاذ هذا القرار وبين مقتضيات الظروف الموقفية التى قد تفرضها طبيعة المشروعات الاستثمارية ذاتها و/أو قد تفرضها طبيعة العلاقات التشابكية بين هذه المشروعات.

ثانيا: بناء النموذج التحليلى المقترح الذى يلبى إحتياجات المعالجة الآنية لكل العلاقات التشابكية بين المشروعات وكذلك يراعى طبيعة المشروعات الاستثمارية من حيث امكانية تجزئة هذه المشروعات.

ثالثا: الاستعانة بحالة افتراضية يتم فيها توصيف موقف يتميز بتنوع العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية، هذا إلى جانب تنوع طبيعة المشروعات ذاتها مع وجود المشاكل الناجمة عن قيود الموازنة عن عدة فترات. وذلك لاثبات امكانية تطبيق النموذج المقترح.

٢. أبعاد مشكلة لورى - سافج: عـــرض، تقويـــم، تطويـــر

حدد لورى - سافج ثلاثة مشاكل فى مجال ترشيد إستخـــدام رأس المال Rationing Capital كما يلى: [J. Lovie and L. Savage (9), P. 229]

١ ـ كيف يمكن استخدام تكلفة رأس المال فى المنشأة Firm's Cost of Capital فى التمييز بين المشروعات الاستثمارية المقبولة وغير المقبولة؟

٢ ـ كيف يمكن تخصيص كمية محددة من الاموال المخصصة للاستثمار على المقترحات الاستثمارية المنافسة؟ وكيف يمكن أن يتم ذلك إذا كانت التكاليف الاستثمارية المبدئية مطلوبة لفترة محاسبية واحدة، وكذلك إذا كانت مطلوبة لاكثر من فترة محاسبية واحدة؟.

٣ ـ كيف يمكن للمنشأة أن تختار الأفضل من بين عدد من المشروعات الاستثمارية المانعة بالتبادل؟

وفيما يتعلق بالمشكلة الأولى: فيرى لورى ـ سافج أن تكلفة رأس المال هى المعدل الذى يمكن استخدامه فى خصم التدفقات المستقبلية لتحديد القيمة الحالية Present Value. وفى هذه الحالة فإن قضية المفاضلة بين المشروعات الإستثمارية البديلة تصبح من البدهيات فى ضوء كون هدف المنشأة هو تعظيم صافى الثروة للمنشأة، حيث يعتبر المشروع الذى يحقق صافى قيمة حالية موجبة مقبولا.

وفيما يتعلق بالمشكلة الثانية: حيث لايتم استخدام تكلفة رأس المال فى المنشأة في عملية التمييز بين المشروعات الاستثمارية المقبولة وغير المقبولة وبدلا من ذلك يتم استخدام القدر المتاح من الاموال المخصصة للإستثمارات Capital Expenditures حيث يتم ترتيب المشروعات المختلفة تبعا لنسبة (القيمة الحالية للتدفقات المستقبلية الداخلة: التكاليف الاستثمارية المبدئية) وعلى ذلك فإن المشكلة هنا تبدأ بعد تحديد التدفقات المستقبلية الخاصة بكل مشروع على حدة وكذلك تكلفة رأس المال (معدل الخصم) وبالتالى يمكن تحديد صافى القيمة الحالية Net Present Value (NPV). أى أن المشكلة هى كيفية المفاضلة بين المشروعات الإستثمارية التى تحقق صافي قيمة حالية موجبة Positive NPV. وتتوقف درجة سهولة أو صعوبة هذه المشكلة على عدد الفترات التى يتم فيها انفاق التكاليف الاستثمارية المبدئية Outlays. [M. Weingartner (10), pp. 6-10]

١ ـ حالة التدفقات الخارجة لفترة واحدة The Single-Period Case

وفى هذه الحالة اقترح لورى ـ سافج أن يتم ترتيب المشروعات تبعا لنسبة القيمة الحالية للتدفقات المستقبلية الداخله: التكاليف الاستثمارية أى تبعا للقيمة الحالية للتدفقات المستقبلية الداخلة لكل جنيه من التكاليف الاستثمارية. وتبعا لهذا الترتيب يتم اختيار المشروعات حتى يتم استنفاذ مبلغ الحد الاقصى لمبلغ الموازنة الاستثمارية.

فإذا افترضنا أن:

هـ و : تمثل صافى القيمة الحالية للتدفقات المستقبلية الداخله للمشروع الاستمثارى (و)

أ ت و : تمثل القيمة الحالية للتدفقات الخارجة للمشروع الاستثمـــارى (و) فى الفتـــرة (ت)

ب ت: تمثل الحد الأقصى لمبلغ الموازنة الاستثمارية فى الفترة (ت) وهو محدد أيضا بالقيمة الحالية لهذا المبلغ.

فى هذه الحالة يتم ترتيب المشروعات بترتيب تنازلى تبعا لقيمة $\frac{\text{هـ و}}{\text{أ ١ و}}$

ونتوقف عندما تكون و = ر بحيث

$$\sum_{\text{و}=١}^{\text{ر}} \text{أ ١ و} < \text{ب ١} \qquad \ldots (١)$$

وبالنسبة للمشروعات المختارة فإن الكمية ت(هـ و ـ جـ ١ أ ١ و) يجب أن تكون موجبة أو مساوية للصفر، وتكون هذه الكمية سالبة بالنسبة للمشروعات المستبعدة.

وتكون قيمة جـ ١ محددة على اساس العلاقة الآتية:

$$\text{جـ}_{١} \equiv \frac{\text{هـ}_{ر}}{\text{أ}_{١ر}}$$ وذلك للمشروع الأخير المختار (ر)

٢ ـ حالة التدفقات الخارجة لعدة فترات The Multi-period Case

فى هذه الحالة تتطلب المشروعات الاستثمارية تدفقات خارجة فى عدة فترات زمنية. وفي كل فترة هناك حد أقصى لمبلغ الموازنة الاستثمارية، فإن الاجراءات التى اشار إليها لوري ـ سافج تقوم على اساس التجربة والخطأ Trial and Error للبحث عن معلمات موجبة أو مساوية للصفر لـ حـ١، حـ٢، ... حـ ن، ... حـ ق (حيث ق عدد الفترات) للمشروعات المختاره فى العلاقة الآتية التى يكون المطلوب تعظيم قيمتها:

$$\text{هـ}_{و} - \sum_{ت=١}^{ق} \text{حـ}_{ت}\ \text{أ}_{ت و}$$

وتكون هذه المعلمات سالبة بالنسبة لباقى المشروعات غير المختارة.

وبالنسبة للمشكلة الثالثة فإنه للوصول إلي اختيار افضل المشروعات الاستثمارية من بين مجموعات من المشروعات المانعة بالتبادل. فإن كل مشروع يتم اختياره من بين كل مجموعة من المشروعات المانعه بالتبادل هو المشروع الذى يؤدى إلى تعظيم $\{\text{هـ}_{و} - \sum_{و=١}^{ن} \text{حـ}_{ت}\ \text{أ}_{ت و}\}$ وذلك بشرط عدم انتهاك شرط الحد الأقصى للموازنة فى الفترة (ت). وإذا لم يتحقق هذا الشرط لبعض المجموعات من المشروعات المانعة بالتبادل فلا يتم اختيار أى مشروع من هذه المجموعات.

وقد استعان لورى ـ سافج بالحالة الآتية لبيان كيفية المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية فى حالة وجود قيود الحد الأقصى للموازنة Budget Ceiling لفترتين:

[J. Lorie and L. Savage (9), p. 234]

المشروعات	القيمة الحالية للتدفقات الداخلة (هـ و)	القيمة الحالية للتدفقات الخارجة	
		الفترة الأولى	الفترة الثانية
أ	١٤	١٢	٣
ب	٢٧	٥٤	٧
جـ	١٧	٦	٦
د	١٥	٦	٢
هـ	٤٠	٣٠	٣٥
و	١٢	٦	٦
ز	١٤	٤٨	٤
ح	١٠	٣٦	٣
ط	١٢	١٨	٣
الحد الأقصى للأموال المخصصة للاستثمار		٥٠	٢٠

وفى ضوء طريقة لورى ـ سافج فإن قيمة جـ$_{١}$ = ٠,٣٣ ، جـ$_{٢}$ = ١ وذلك فى محاولة تعظيم:

$$\text{هـ}_{و} - \sum_{ت=١}^{ق} \text{حـ}_{ت}\ \text{أ}_{ت\,و} = \text{هـ}_{و} - \text{حـ}_{١}\ \text{أ}_{١و} - \text{حـ}_{٢}\ \text{أ}_{٢و}$$

وهى موجبة بالنسبة للمشروعات أ، جـ، د، و، ط. وهذه المشروعات المختاره تستنفذ ٤٨ من ٥٠ فى موازنة الفترة الأولى، بينما تستنفذ كل الـ٢٠ فى موازنة الفترة الثانية.

٢ ـ ٢. مشكلة لورى ـ سافج: التقويم

كما رأينا أن الحل الذى اقترحه لورى ـ سافج استند إلى أن عملية المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية لاتكتفى بفحص هذه المشروعات الاستثمارية البديلة لنرى ما

إذا كانت تحقق مساهمة إيجابية فى دالة المنفعة أم لا، ولكننا يجب أن نرتب هذه المشروعات تبعا لدرجة تحقيق كل منها لهذه المساهمة الإيجابية فى دالة المنفعة المحددة لهذه الاستثمارات.

والحل الذى وضعه لورى ـ سافج للمشكلة يفترض أن كل المشروعات غير قابلة للتجزئة، كما يفترض عدم وجود علاقات تشابكية بين هذه المشروعات الإستثمارية حيث يفترض أنها مشروعات مستقلة Independent Investment Alternatives وفى ضوء تراخى هذه الفروض لن ينجح الإجراء المقترح بواسطة لورى ـ سافج. كما أن الصعوبة الاساسية فى الاستفادة من الحل الذى يقترحه لورى ـ سافج هى كيفية تحديد (حـ١، حـ٢، ... حـت، .. حـن) بطريقة سهلة. فإذا كانت الفترات التى ستحدث فيها تدفقات خارجة اكثر من فترتين، فلاشك أن عملية تحديد قيمة حـ ت ستكون صعبة جدا ولكنها ليست مستحيلة.

وفى الحقيقية أنه إذا كان لورى ـ سافج قد قدما مشكلة إعداد الموازنة الاستثمارية فى اطار جيد، فانهما فى نفس الوقت لم يقدما اضافة ملموسة فى مجال حل هذه المشكلة. فطريقة لورى ـ سافج قد تكون ملائمة فى حالة ما إذا كانت التدفقات الخارجة مرتبطة بفترة واحدة فقط أو فترتين على الأكثر.

[M. weingartner, (10), p. 12]

٢ ـ ٣. تطوير منهج لورى سافج: منهج مقترح

وفى مجال تطوير منهج لورى ـ سافج يمكن للباحث أن يقترح المنهج التالى فى مجال المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية البديلة والذى يستند إلى المنهج التحاورى Heuristic Approach

الخطوة الأولى: يتم تحديد صافى القيمة الحالية (هـ و ـ أ و) لكل المشروعات الاستثمارية (حيث و = ١، ٢، ...، ر، ....، ن) ويتم ترتيب

هذه المشروعات تبعا لصافى القيمة الحالية (هـ و - أ و) والخاصة بكل مشروع

الخطوة الثانية: يتم تحديد المشروعات الاستثمارية التى يمكن تنفيذها فى ضوء كمية الاموال المخصصة للاستثمار ويتم تحديد {ى*ر} التى تمثل ترتيب آخر مشروع تم اختياره (ر).

الخطوة الثالثة: نحدد المشروعات الاستثمارية التى لم يتم اختيارها ويكون لها ترتيب ى و > ى*ر بالإضافة إلى المشروع التالى فى الترتيب للمشروع صاحب الترتيب ى ر (أى المشروع صاحب الترتيب ى*ر+١).

الخطوة الرابعة: نحدد المشروعات الاستثمارية التى يجب استبعادها من المشروعات المختارة فى الخطوة الثانية لادخال كل مشروع استثمارى من المشروعات المحددة فى الخطوة الثالثة مع الإلتزام بقيمة الموازنة الاستثمارية. ونحدد كذلك المتبقى من كمية الأموال المتاحة فى الموازنة بدون استثمار.

الخطوة الخامسة: نحاول استثمار المتبقى فى كل حالة من الحالات المحددة فى الخطوتين الثالثة والرابعة وذلك باستثمار المتبقى فى المشروعات التى لم يتم اختيارها فى ضوء كل حالة.

الخطوة السادسة: نحسب (هَ و - أَ و) فى كل حالة من الحالات المشار إليها فى الخطوة الخامسة ونقارن بين (هـ و - أ و) المرتبطة بالاختبار المبدئى فى الخطوة الثانية مع (هَ و - أَ و) المرتبطة بالحالات البديلة السابقة. ويتم تحديد الاختيار النهائى الذى يؤدى إلى تعظيم (هـ و - أ و).

وإذا دققنا النظر فى منطقية هذه الإجراءات السابقة فإننا سنلاحظ أنها تحاول أن تأخذ فى الاعتبار الفرصة البديلة حيث من الممكن أن يفرز ذلك عن تشكيلة من المشروعات الاستثمارية أفضل من التشكيلة التى يتم تحديدها مبدئيا تبعا لصافى القيمة الحالية (هـ و ـ أ و).

٣. اختلاف طبيعة المشروعات الاستثمارية وتنوع العلاقات الشابكية بين المشروعات الاستثمارية: مشكلة البحث

٣ ـ ١ . مقدمة:

فى مجال التخطيط للاستثمارات التى تقوم بها المنشأة وكذلك فى مجال الرقابة على الاستثمارات، يجب أن نستند على تبويب معين للمشروعات الاستثمارية. فالنوعيات المختلفة من المشروعات الاستثمارية تثير مشاكل مختلفة على درجات مختلفة من الأهمية بالنسبة للمنشأة. ويمكن أن يتم بتويب المشروعات الاستثمارية بطرق عديدة منها:

(١) التبويب تبعا لإمكانية التجزئة Divisibility، حيث من الممكن أن تكون بعض المشروعات الاستثمارية قابلة للتجزئة، بمعنى أنه يمكن اختيار هذا النوع من المشروعات الاستثمارية ولكن لينفذ جزئيا. ولكن من ناحية أخرى نجد المشروعات غير قابلة للتجزئة Indivisibile projects بمعنى أنه يجب إما ترشيح هذا المشروع الاستثمارى ليتم تنفيذه كاملا أو لا يتم اختياره ضمن المشروعات الاستثمارية المختارة، حيث أن المشروع بطبيعته لا يمكن تنفيذه جزئيا.

(٢) التبويب تبعا لنوعية وكمية الموارد التى تتمتع بندرة نسبية والتى تكون مطلوبة لتنفيذ هذه المشروعات. وقد تكون هذه الموارد النادرة متمثلة فى كمية الأموال المطلوبة، المساحة، الكفاءات البشرية المطلوبة ... وهكذا.

(٣) التبويب تبعا للطريقة التى تتأثر بها المنافع المنتظرة من كل مشروع استثمارى بالمشروعات الأخرى المقترحة. فبعض المشروعات الاستثمارية تكون مستقلة، ومشروعات أخرى قد تحتاج إلى تنفيذ مشروعات استثمارية أخرى كشرط لإمكانية تنفيذها (مرتبطة أو غير مستقلة). واستثمارات أخرى تكون عديمة المنفعة إذا تم اختيار وتنفيذ مشروعات أخرى.

ففى مجال تقويم المشروعات الاستثمارية يجب أن نكون على دراية بالعلاقات التشابكية بين كل زوج من هذه المقترحات الاستثمارية.[H. Bierman and S. Smidt. (11), P. 76] وتحديد ما إذا كانت هذه المشروعات الاستثمارية مستقلة اقتصاديا Economically Independent أم غير مستقلة اقتصاديا Economically Dependent [T. Klammer, (13)] [Amey, L.K. (12)].

٣ ـ ٢ . المشروعات الاستثمارية المستقلة اقتصاديا:

Economically Independent Projects

فمشروع استثمارى ما قد يكون مستقل اقتصاديا عن مشروع استثمارى آخر إذا كانت التدفقات النقدية المستقبلية (العائد) المتوقعة من تنفيذ هذا المشروع ستكون بدون تغيير بغض النظر عن قبول أو عدم قبول أى مشروع آخر. ولكى يكون المشروع الاستثمارى (أ) مستقلا عن اقتصاديا عن المشروع الاقتصادى (ب)، فإن هناك شرطين يجب أن يتحققا وهما: [H. Bierman and S.Smidt (11), P. 76]

الشرط الأول: أن يكون من الممكن فنيا أن يتم اختيار وقبول المشروع (أ) الاستثمارى سواء تم اختيار وقبول المشروع الاستثمارى (ب) أم لا.

الشرط الثانى: صافى العائد المتوقع من المشروع الاستثمارى (أ) لا يجب أن يتأثر بقبول أو رفض المشروع الاستثمارى (ب). فإذا كانت تقديرات

التكاليف الاستثمارية اللازمة وتقديرات التدفقات النقدية المستقبلية والخاصة بالمشروع الاستثمارى (أ) ليست هى نفسها إذا تم قبول المشروع الاستثمارى (ب) أو إذا تم رفضه، فى هذه الحالة فإن المشروعين (أ) ، (ب) لا يمكن اعتبارهما مستقلين.

٣ ـ ٣ . المشروعات الاستثمارية غير المستقلة اقتصاديا:

Economically Dependent Projects

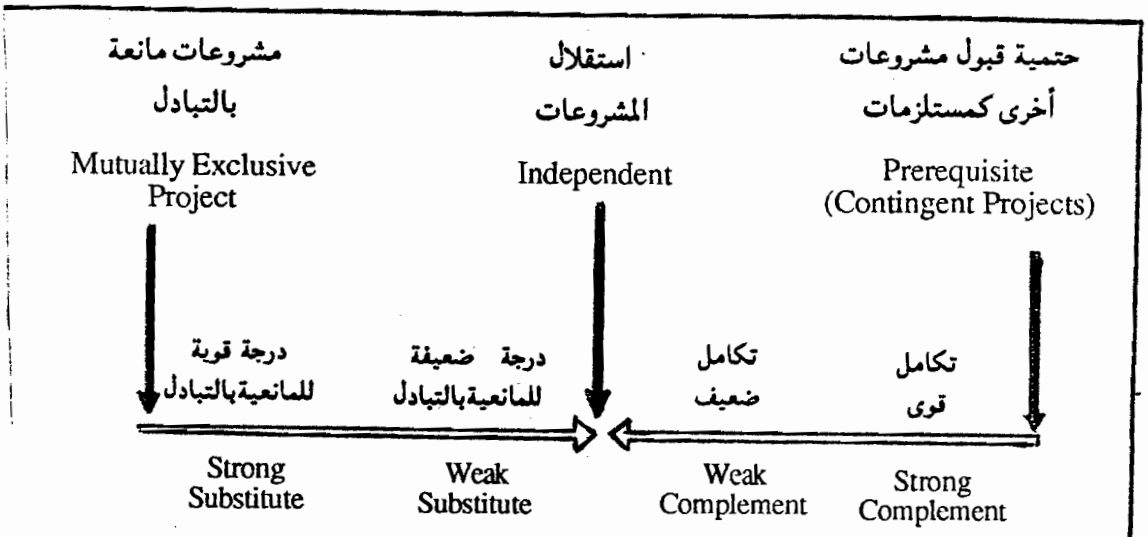
حيث يكون من المتوقع أن التدفقات المستقبلية المتوقعة من مشروع ما سوف تتأثر بقبول أو عدم قبول مشروع آخر. فى هذه الحالة فإن المشروع الاستثمارى الأول يطلق عليه غير مستقل اقتصاديا عن المشروع الثانى.

وعلاقة التواقف أو الترابط Dependency Relationship يمكن بدورها أن يتم تبويبها أو تقسيمها. فإذا كان سيترتب على اختيار وقبول المشروع الاستثمارى الثانى زيادة صافى العائد المتوقع من المشروع الاستثمارى الأول، سواء بزيادة العائد المتوقع أو بتخفيض التكاليف الاستثمارية للمشروع الاستثمارى الأول بدون تغيير فى العائد، عندئذ فإن المشروع الاستثمارى الثانى يمكن أن يطلق عليه مكمل Complement للمشروع الاستثمارى الأول. ومن هنا تظهر درجة من درجات علاقة التواقف أو الترابط بين المشروعات الاستثمارية. وأيضا يمكن أن نتصور الصورة لحالة كون المشروعين الاستثماريين متكاملين تماما. فعلى سبيل المثال إذا كان المشروع الاستثمارى الثانى مستحيل تكنولوجيا (أو فنيا) أو أنه لن يحقق أى عائد إذا لم يتم قبول المشروع الاستثمارى الأول. عندئذ يمكننا القول بأن قبول المشروع الاستثمارى الأول يعتبر من المستلزمات الأولية Prerequisite لقبول المشروع الاستثمارى الثانى.

ومن ناحية أخرى إذا كان سيترتب على اختيار وقبول المشروع الاستثمارى الثانى نقص فى صافى العائد المتوقع من المشروع الاستثمارى الأول، سواء بنقص العائد المتوقع من المشروع الاستثمارى الأول أو بزيادة التكاليف الاستثمارية أو تكاليف

تشغيل المشروع الاستثمارى الأول وبدون تغيير فى العائد. فى هذه الحالة فإن المشروع الاستثمارى الثانى يمكن أن يطلق عليه بديل Substitute للمشروع الأول. وهنا تظهر درجة من درجات المانعية بالتبادل Mutual Exclusion . وتصل هذه الدرجة منتهاها فى حالة ما إذا كان العائد المرتقب من المشروع الاستثمارى الثانى يتم على حساب العائد المتوقع من المشروع الاستثمارى الأول بحيث يختفى المشروع الثانى تماما إذا تم قبول المشروع الاستثمارى الأول، أو فى حالة ما إذا كان تنفيذ المشروع الأول مستحيل فنيا إذا تم قبول المشروع الاستثمارى الأول. عندئذ يمكن القول بأن المشروعين الاستثماريين مانعين بالتبادل Mutually Exclusive.

ومن الممكن أن نضع تصور لتدرج العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية على خط مستقيم يبدأ أحد طرفيه بتلك الحالة التى يكون فيها المشروع (أ) من المستلزمات الأولية Prerequisite لقبول المشروع الاستثمارى (ب). وبتناقص درجات التكامل نجد فى منتصف هذا الخط تلك الحالة التى يكون فيها المشروع الاستثمارى(أ) مستقل تماما عن المشروع الاستثمارى (ب). وبعد هذه النقطة تبدأ درجات المانعية بالتبادل فى ظهور آثارها وتبلغ منتهاها عند نهاية الطرف الآخر حيث المشروع (أ) والمشروع (ب) مانعين بالتبادل.



" تنويعات العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية المختلفة"

[H. Bierman and S. Smidt (11), p. 78]

ومن الممكن أن نتصور العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية وتوصيفها باختلاف درجات التكامل Degrees of Complementariness أو باختلاف درجات إمكانية الإحلال Degrees of Substitutability بين كل مشروعين أو أكثر من هذه المشروعات الاستثمارية. ولكن يلاحظ أن هذا التوصيف يكون بالنسبة لمشروع استثمارى ما فى علاقته بالمشروعات الأخرى، حيث من الممكن أن تكون العلاقة بين المشروعين (س)، (ص) علاقة متمثلة فى حتمية قبول المشروع (س) كمستلزمات أولية لإمكانية قبول المشروع (ص). فبالنسبة للمشروع (س) فإنه يعتبر مشروعا مستقلا Independent Project فى علاقته بالمشروع (ص)، بينما بالنسبة للمشروع (ص) فإنه يكون مشروع مرتبط Contingent Project. وهذا يعنى أننا لا نحتاج لأن تكون هذه العلاقات متماثلة Symmetrical فى الاتجاهين. فعلى سبيل المثال إذا افترضنا أن المشروع الاستثمارى (أ) يتمثل فى إنشاء مصنع جديد، والمشروع الاستثمارى (ب) يتمثل فى شراء وحدات تكييف لمبانى المصنع. فالمشروعين (أ) ، (ب) يربط بينهما علاقة تكاملية بدرجة معينة. ولكن هذه العلاقة لا نحتاج لأن تكون متماثلة من جانبين، فطالما أن المصنع الجديد يمكن أن يكون مربحا (بمعنى أنه يحقق نفس المستوى من العائد) بدون وحدات التكييف. ومع استخدام وحدات التكييف قد تزيد كفاءة العمال ويمكن تحقيق عائد إضافى يمكن أن نطلق عليه العائد من مشروع وحدات التكييف. ولكن وحدات التكييف ستكون عديمة المنفعة إلا إذا تم قبول المشروع (أ) الخاص ببناء المصنع ذاته. ولذلك يمكن القول بأن المشروع (أ) يعتبر ضرورى كمستلزم أساسى Prerequisite للمشروع الثانى. بينما المشروع الاستثمارى (ب) لا يعتبر ضرورى أو كمستلزم للمشروع (أ).

وفى مرحلة بناء النماذج قد يكون عدد العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية المختلفة كبير جدا. وللتعامل مع المشروعات الاستثمارية التى ترتبط بمشروعات أخرى بعلاقات تكاملية، فإن الأسلوب الفعال فى هذا المجال هو استخدام مفهوم المشروعات المركبة Compound Projects والذى ينتج عن تجميع المشروع الاستثمارى المرتبط مع المشروع المستقل الذى يرتبط به. وينتج عن ذلك أن تكون البدائل الاستثمارية المتاحة متمثلة فى مشروعات استثمارية مستقلة أو متمثلة فى مشروعات استثمارية مانعة بالتبادل [M. Weingartner (10), P.11].

فعلى سبيل المثال، بدلا من التعامل مع المشروعين (أ) ، (ب) (بناء مصنع وشراء وحدات تكييف للمصنع) يمكن إعادة صياغة الموقف يجعل البدائل مانعة بالتبادل حيث من الممكن أن يكون المقترح الاستثمارى الأول هو بناء المصنع بدون وحدات التكييف ويكون المقترح الاستثمارى الثانى هو بناء المصنع مع وحدات التكييف With and without approach.

ومن الجوانب الهامة فى قضية المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية المتنوعة، ضرورة أن تتوافر لهذه المشروعات الاستثمارية خاصية إمكانية المقارنة Comparability بين المشروعات المانعة بالتبادل. ومشكلة توفير خاصية إمكانية المقارنة بين المشروعات الاستثمارية تنبع من إمكانية أن يكون للقرارات التى يتم اتخاذها حاليا تأثيرا على ربحية المشروعات التى قد يتم دراستها مستقبلا. وهذا يعنى أن توافر إمكانية المقارنة بين مجموعة من المشروعات الاستثمارية يرتبط بكون ربحية المشروعات الاستثمارية الممكن دراستها مستقبلا غير متأثرة بقبول أو رفض المشروعات التى يتم دراستها الآن [H. Bierman and S.Smidt(11), P. 82].

٤. نماذج البرمجة الرياضية فى مجال المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية[١]

٤ـ ١ . مدخل البرمجة الخطية لمشكلة لورى ـ سافج.

Linear Programming Approach to the Lorie-Savage Problem

[M. Weingartner (10), P. 16]

إن مشكلة تخصيص الأموال المخصصة للاستثمار على المشروعات الاستثمارية المقترحة، والتى أطلقنا عليها مشكلة لورى ـ سافج، لها هيكل يتلاءم مع استخدام أسلوب البرمجة الخطية. فمن الممكن أن يقدم أسلوب البرمجة الخطية حل أفضل لمشكلة لورى ـ سامنج بل أنه من الممكن أن يقدم معلومات إضافية لها أهميتها. والتابلوه المبين فى الصفحة التالية يبين البناء الرياضى للبرمجة الخطية لمشكلة لورى ـ سافج سواء المشكلة الأصلية والمشكلة المقابلة.

وسنستخدم آ ت و ، ب ت ، هـ و بذات التوصيف السابق تقديمه عند تناول مشكلة لورى ـ سافج ونضيف على ذلك (س و) لتمثل نسبة من المشروع (و) التى يجب تنفيذها ضمن البرنامج الاستثمارى الأمثل. وعلى ذلك فإن النموذج البرمجة الخطية الخاص بالاختيار بين مجموعة من المشروعات الاستثمارية المستقلة البديلة بهدف تعظيم القيمة الحالية للتدفقات المستقبلية على أن نراعى القيود الخاصة بالحد الأقصى للأموال المخصصة للاستثمار Budget Ceilings فى الفترات المعينة حيث أنه من الممكن تعميم مشكلة لورى ـ سافج لعدد تحكمى من الفترات كالآتى:

---

١) تناولت الكثير من الدراسات والأبحاث كيفية الاستفادة من نماذج البرمجة الرياضية فى مجال علاج مشاكل اعداد الموازنات الاستثمارية وتقويم المشروعات بصفة عامة، فعلى سبيل المثال يراجع:
[W.T. Carleton, (14)] [M.Weingartner (10)] [A.D. Martin (8)]
[J.Hetrick (17)] [F.K. Wright (16)] [B. Kravitz (15)]
.[W.Baumol & R.Quandt (18)]

شكل رقم (٢) تابلوه يبين البناء الرياضى لنموذج البرمجة الخطية لمشكلة لورى ـ سافج سواء المشكلة الأصلية لها أو المشكلة المقابلة.

متغيرات قرارية للمشكلة الأصلية / للمشكلة المقابلة	س١	س٢	...	س و	...	س ن	
ظ١	$أ_{11}$	$أ_{21}$	...	$أ_{1و}$	...	$أ_{1ن}$	≥ ب١
ظ٢	$أ_{12}$	$أ_{22}$	...	$أ_{2و}$	...	$أ_{2ن}$	≥ ب٢
.	.	.		.		.	.
.	.	.		.		.	.
.	.	.		.		.	.
ظ ت	$أ_{ت1}$	$أ_{ت2}$	...	$أ_{تو}$	...	$أ_{تن}$	≥ ب ت
.	.	.		.		.	.
.	.	.		.		.	.
.	.	.		.		.	.
ظ ق	$أ_{ق1}$	$أ_{ق2}$	...	$أ_{قو}$	...	$أ_{قن}$	≥ ب ق
ح ١	١	.	...	.	...	.	≥ ١
ح ٢	.	١	...	.	...	.	≥ ١
.	.	.		.		.	
.	.	.		.		.	
.	.	.		.		.	
ح و	.	.	...	١	...	.	≥ ١
.	.	.		.		.	
.	.	.		.		.	
.	.	.		.		.	
ح ن	.	.	...	.		١	≥ ١
	≥ ص١	≥ ص٢		≥ ص و		≥ ص ن	

المطلوب تعظيم:

$$ى = \sum_{و=١}^{ن} ص_و \ س_و \quad \ldots (١/١)$$

بشرط أن:

$$\sum_{و=١}^{ن} أ_{ت و} \ س_و \geq ب_ت \quad \ldots (٢/١)$$

حيث ت = ١، ٢، ... ، ق

$$س_و \geq ١ \quad \ldots (٣/١)$$

$$س_و \leq صفر \quad \ldots (٤/١)$$

حيث و = ١، ٢، ... ، ن

ونشير إلى أن قيود الحد الأقصى للموارد المتوافرة فى الموازنة Budget Ceiling من نوعية القيد (٢) فى النموذج المشار إليه عاليه يمكن أن تتعامل مع الموارد التى يكون لها عرض محدود فى الأجل القصير (احتياجات المشروعات من رأس المال العامل) إلى جانب القيود الخاصة بندرة الاستثمارات المخصصة للموازنة Capital Expenditures.

والنموذج بهذه الصورة يكون قد عالج بعض المشاكل التى يعانى منها منهج الحل الذى وضعه لورى - سافج:

أ - عالج مشكلة إمكانية تجزئة المشروعات الاستثمارية، حيث أن نموذج البرمجة الخطية بطبيعته يبحث عن أفضل تشكيلة ولا يأخذ كل مشروع كوحدة واحدة لا تتجزأ. ولكنه فى نفس الوقت لا يضمن أن يتوافق ذلك مع طبيعة المشروعات نفسها من حيث قابلية كل مشروع للتجزئة.

ب - وهو يضمن تخصيص كل الأموال المخصصة للإستثمار على أفضل المشروعات الاستثمارية المقترحة.

جـ - هناك حدا أعلى Upper limit للمتغير القرارى (س و) بمقدار الواحد الصحيح يضمن عدم تضمين المشروع الواحد أكثر من مرة فى تشكيلة الحل الأمثل.

ولقد أثبت M. Weingartner أنه عند استخدام نموذج البرمجة الخطية فى تخصيص الموارد المتاحة على المشروعات الاستثمارية المختلفة لأعداد الموازنة الاستثمارية فإن عدد المشروعات التى سيتم ترشيحها ليتم تنفيـــذها جزئيا Fractional Projects ضمن تشكيلة الحل الأمثل لن تزيد عن عدد الفترات التى تم بناء النموذج لها والتى يمثل كل منها قيد فى النموذج. [(10), P. 19].

وهذا يستند إلى أن نموذج البرمجة الخطية سيرشح عددا من المشروعات الاستثمارية ليتم تنفيذها بالكامل، وستكون هى أفضل هذه المشروعات على الإطلاق على أساس أنها ستؤدى إلى تعظيم القيمة الحالية الممكن الحصول عليها من الموارد التى تحددها الموازنة الاستثمارية. ولكن المتبقى من القدر المتاح من المورد المحدود لا يكفى لإضافة مشروع استثمارى كامل يستوعب فقط القدر المتبقى من المورد المحدود "Left-over" fund ، ولكنها تستوعب فقط جزء من مشروع استثمارى واحد يكون هو ذلك المشروع الذى يحقق أفضل صافى قيمة حالية لكل وحدة من العنصر النادر، وذلك عقب تلك المشروعات الاستثمارية، التى تم ترشيحها ليتم تنفيذها بالكامل. وهذا يعنى أن القدر المتبقى من كل مورد محدود لن يوجه لأكثر من مشروع واحد ليتم تنفيذه جزئيا. وهذا يعنى أنه بالنسبة لحالة التدفقات الخارجة لفترة واحدة فإنه لن يكون هناك سوى مشروع واحد فقط قد يرشح لينفذ جزئيا. وفى حالة وجود فترتين للتدفقات الخارجة المحدودة بقيد الموازنة لكل فترة منها Two-period problem، من الممكن أن الأموال المتبقية فى كلا الفترتين (بعد استيعاب مجموعة المشروعات الاستثمارية التى سيتم ترشيحها لتنفذ بالكامل) أن يتم توجيهها إلى مشروع استثمارى واحد يتم

ترشيحه لينفذ جزئيا Single addional project. ولكن هذا لا يمنع من أن يتم توجيه المتبقى من المورد المحدود لكل فترة إلى مشروع استثمارى مختلف يتم تنفيذ كليهما جزئيا. ولكن لن تزيد المشروعات التى سيتم ترشيحها لتنفذ جزئيا عن مشروعين استثماريين فى هذا الموقف.

ولكن هذا الاستنتاج الذى توصل إليه M. Weingartner يرتبط فقط بحالة عدم وجود قيود تعبر عن علاقات التشابك بين المشروعات الاستثمارية المختلفة. فإدراج علاقات التشابك بين المشروعات الاستثمارية يؤدى إلى زيادة عدد المشروعات الاستثمارية التى قد يوصى الحل الأمثل لنموذج البرمجة الخطية بتنفيذها جزئيا بمقدار عدد القيود التى تعكس هذه العلاقات التشابكية. وهذا يعنى أن الحد الأقصى لعدد المشروعات التى قد يتم ترشيحها للتنفيذ جزئيا سيساوى (عدد الفترات + عدد القيود التى تعكس العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية).

ويمكن لنا بناء نموذج برمجة خطية للحالة التى سبق عرضها لمشكلة لورى - سافج وبالتالى يمكن مقارنة النتائج من حل هذا النموذج مع النتائج التى توصل إليها لورى - سافج كالآتى:

المطلوب تعظيم :

$$ى = ١٤س_{١} + ٢٧س_{٢} + ١٧س_{٣} + ١٥س_{٤} + ٤٠س_{٥} + ١٢س_{٦} + ١٤س_{٧} + ١٠س_{٨} + ١٢س_{٩}$$

بشرط أن:

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

٣س١ + ٧س٢ + ٦س٣ + ٢س٤ + ٣٥س٥ + ٦س٦ + ٤س٧ +

٣س٨ + ٣س٩ ≤ ٢٠

س١ ، س٢ ، ... ، س٩ ≤ ١

س١ ، س٢ ، ... ، س٩ ≤ صفر

وحل هذا النموذج[٢] يشير إلى اختيار المشروعات (أ)، (جـ) ، (د)، (ط) ليتم تنفيذها كاملة والمشروعات (و)، (ز) ليتم تنفيذها جزئيا {المشروع و (س٦) =٠,٩٦٩ بينما المشروع (ز) س٧ = ٠,٠٤٥}. ويتم استخدام الأموال المتاحة فى الفترتين كاملة بينما فى ضوء حل لورى ـ سافج يتم استخدام ٤٨ من ٥٠ فى موازنة الفترة الأولى. والفرق يرجع إلى أن المشروع (و) والمشروع (ز) مرشحان للتنفيذ جزئيا هنا بينما فى ضوء حل لورى ـ سافج المشروع (و) مرشح للتنفيذ كاملا والفرق = (٤٨ × ٠,٠٤٥٤) = ٢,١٨ تضاف إلى حل لورى ـ سافج ويخصم منه (٦ × ٠,٠٣ = ٠,١٨).

٤ ـ ٢ . المشكلة المقابلة وتفسير أسعار الظل لمشكلة لورى ـ سافج.

فى ضوء المشكلة المقابلة Dual Problem حيث تشير المتغيرات القرارية (ظ$_{ت}$) إلى أسعار الظل المقابلة لقيود الموازنة Budget Constraints فى المشكلة الأصلية والخاصة بالفترة (ت). كما أن هناك متغيرات قرارية أخرى (ح$_{و}$) تتمثل فى أسعار الظل المرتبطة بالقيود التى تضمن أن تكون {س$_{و}$ < ١} فى المشكلة الأصلية. وأسعار الظل المقابلة لقيود الموازنة (ظ$^{*}_{ت}$) تمثل القيمة الحالية لكل جنيه إضافى يتم إضافته للموازنة الاستثمارية الخاصة بالفترة (ت). وبافتراض الاستخدام الأمثل للمبلغ المتاح فى الموازنة (بمعنى أن قيد الموازنة قيد حاكم) فإن سعر الظل يمثل تكلفة الفرصة البديلة لكل جنيه إضافى. وبدهى أن سعر الظل (ظ$^{*}_{ت}$) سيختلف من فترة لأخرى من

---

٢) يراجع ملحق رقم (١) لتفاصيل الحل باستخدام الحاسب الآلى.

فترات الموازنة ويعتمد ذلك على مقدرة المنشأة على استخدام كل جنيه إضافى فى الاستثمارات المتاحة فى كل فترة.

ومن شكل رقم (٢) يمكن صياغة المشكلة المقابلة لمشكلة لورى ـ سافج فى ضوء استخدام نموذج البرمجة الخطية كالآتى :

المطلوب تدنية:

$$\sum_{ت=١}^{ق} ظ_ت ب_ت + \sum_{و=١}^{ن} ح_و \quad \ldots (١/٢)$$

بشرط أن:

$$\sum_{ت=١}^{ق} ظ_ت أ_{ت و} + ح_و \geq ص_و \quad \ldots (٢/٢)$$

حيث و = ١، ٢، ..... ، ن

$$ظ_ت ، ح_و \geq \text{صفر} \quad \ldots (٣/٢)$$

حيث ت = ١، ٢، ...، ق

و = ١، ٢، ... ، ن

وبإعادة صياغة القُيد (٢/٢) فى المشكلة المقابلة نجد أن قيمة $ح^*_و$ تحددها العلاقة الآتية:

$$ح^*_و \geq ص_و - \sum_{ت=١}^{ق} ظ^*_ت أ_{ت و} \quad \ldots (١/٢)$$

فطالما أن $ح_و$ مشتق من قيود الحد الأعلى للمتغيرات القرارية Upper bound Constraints الممثلة لمشروعات الاستثمارية فى المشكلة الأصلية. فعندما يتم اختيار

المشروع (و) مثلا (أى أن $س^*_و$ > صفر) فإن المتباينة (١/٣) تصبح معادلة. أى أن $ح^*_و$ تمثل الزيادة فى القيمة الحالية للتدفقات الداخلة (ص$_و$) عن مجموع التدفقات المستقبلية الخارجة Outlays مقومة بتكلفة الفرصة البديلة للموارد المحددة فى كل فترة من الفترات $\{ \sum_{ت=١}^{ن} ظ^*_ت أ_{ت و} \}$

وفى حالة رفض المشروع (و) (أى أن $س^*_و$ = صفر) ويصبح سعر الظل المقابل للقيد {س$_و$ < ١} مساويا للصفر أى أن {$ح^*_و$ = صفر} تصبح العلاقة (١/٣) على الصورة الآتية:

$$\sum_{ت=١}^{ق} ظ^*_ت أ_{ت و} - ص_و \geq صفر \quad \ldots (٢/٣)$$

حيث تكون تكلفة الفرصة البديلة للموارد المستخدمة فى تنفيذ المشروع (و) أكبر من القيمة الحالية للتدفقات الداخلة خلال الفترات المختلفة.

٤ ـ ٣ . مدخل البرمجة بالأعداد الصحيحة لمشكلة لورى ـ سافج:

Integer Programming to the Lorie-Savage problem.

[M. Weingartner (10), P. 44].

من الممكن استخدام نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة بشكل مباشر فى مشكلة لورى ـ سافج وذلك لتحديد أفضل مجموعة من المشروعات الاستثمارية التى سيوصى الحل الأمثل بترشيحها جميعها للتنفيذ كاملة Integral investment projects وذلك فى ضوء قيود الموازنة المرتبطة بعدة فترات. يكون النموذج كالآتى:

المطلوب تعظيم:

$$ى = \sum_{و=١}^{ن} ص_و \ س_و \qquad \ldots (١/٤)$$

بشرط أن :

$$\sum_{و=١}^{ن} أ_{ت و} \ س_و \geq ب_ت \qquad \ldots (٢/٤)$$

حيث ت = ١، ٢، ...، ق

$$س_و \geq ١ \qquad \ldots (٣/٤)$$

$$س_و \leq \text{صفر} \qquad \ldots (٤/٤)$$

$$\text{كل قيم } س_و \text{ أرقام صحيحة} \qquad \ldots (٥/٤)$$

ونموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة يحقق كل متطلبات بناء مشكلة لورى - سافج. كما أن البرمجة بالأعداد الصحيحة، مثلها فى ذلك مثل البرمجة الخطية، تأخذ كل التكوينات الممكنة من المشروعات الاستثمارية فى ضوء قيود الموازنة ولا تأخذ كل مشروع استثمارى على حدة كما هو الحال فى منهج لورى - سافج. والمتطلب الإضافى فى القيد (٥/٤) إلى جانب القيد (٣/٤) يجعل المتغيرات القرارية تأخذ قيما إما واحد صحيح أو صفر. ولذلك فإن نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة قد يكون ملائما أكثر عند معالجة مشكلة وجود قيود تعكس علاقات الترابط أو التوافق بين المشروعات الاستثمارية وكذلك عندما يكون من الضرورى اختيار مشروع واحد فقط من مجموعة من البدائل المانعة بالتبادل.

وإذا استخدمنا نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة لحل مشكلة لورى - سافج السابق تقديمها وحلها باستخدام نموذج البرمجة الخطية، فإننا نجد أن الحل الأمثل يرشح المشروعات الاستثمارية (أ) ،(جـ) ، (د)، (و) ، (ط) لكى يتم تنفيذها كاملة وهذه المشروعات تستنفذ ٤٨ من ٥٠ فى موازنة الفترة الأولى بينما تستنفذ كل الـ ٢٠ فى موازنة الفترة الثانية. ويلاحظ تطابق النتائج هنا مع النتائج التى أفرزها الحل باستخدام طريقة لورى - سافج ولكن هذا لا يعنى صلاحية طريقة لورى - سافج للاستخدام فى كل المشاكل وإعطائها لنتائج مماثلة للنتائج التى يمكن الحصول عليها من تطبيق نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة(٣).

وفيما يتعلق بمشكلة تفسير أسعار لظل فى ضوء نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة، فلقد سبق وناقشها جوموري وبومول عام ١٩٦٠ [(19), PP. 521-550] وحاولوا تقديم تفسير لأسعار الظل المشتقلة من نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة. فأسعار الظل هنا تنبع من القيود الإضافية التى يجب إضافتها لنحصل على حل يتضمن قيم صحيحة للمتغيرات القرارية وأسعار الظل المقابلة لهذه القيود تمثل مقياس لتكلفة الفرصة البديلة لعدم تجزئة المتغيرات القرارية Indivisibility وهى ترتبط بعملية تحجيم للقيود الأصلية فى المشكلة.

٥. علاقات التشابك بين المشروعات الاستثمارية فى إطار نماذج البرمجة الرياضية :

٥ - ١. الإطار العام:

إن تفضيلنا لاستخدام نماذج البرمجة الرياضية فى مجال المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية، بدلا من استخدام الطرق التقليدية المعروفة في مجال تقويم المشروعات (سواء طريقة فترة الاسترداد أو الطرق التى تأخذ القيمة الزمنية للنقود فى الاعتبار

---

٣) تراجع تفاصيل الحل لمشكلة لورى - سافج باستخدام نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة فى الملحق رقم (١)

مثل صافى القيمة الحالية Net present value أو المعدل العائد الداخلى (Internal rate of return لا ترجع فقط إلى كفاءة هذه النماذج فى ترتيب هذه المشروعات الاستثمارية البديلة وفقا لمعيار الأفضلية المختار فى ضوء قيود الموازنة التى قد تتعدد بتعدد الفترات التى تتطلب تدفقات خارجية. ولكن أيضا فى أن هذه النماذج يمكنها التعامل مع العلاقات التشابكية Interrelationship بين هذه المشروعات الاستثمارية فى علاقتها بقيود الموازنة المتعددة بتعدد الفترات.

فالحقيقة أن الصعوبات التى تكتنف استخدام الطرق المعروفة فى مجال تقويم المشروعات الاستثمارية تظهر عندما يتم إسقاط فرض أساسى تقوم عليها هذه الطرق وهو أن هذه المشروعات الاستثمارية مستقلة Independent ويمكن أن نلاحظ أن المشروعات التى تتضمنها مشكلة لورى ـ سافج وكذلك التى تضمنتها نماذج البرمجة الخطية والبرمجة بالأعداد الصحيحة هى مشروعات مستقلة Independent Projects.

وكما سبق أن ذكرنا أن المشروعات الاستثمارية قد تكون غير مستقلة اقتصاديا ويتراوح ذلك بين أن تكون هذه المشروعات مانعة بالتبادل وبين أن تكون بعض هذه المشروعات من المستلزمات الأولية لتنفيذ مشروعات استثمارية أخرى. وسوف نتناول فى هذا الجزء كيفية التعامل مع العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية البديلة عند بناء نماذج البرمجة الرياضية .

٥ ـ ٢. المشروعات المانعة بالتبادل Mutually Exclusive Projects

حيث يكون قبول أحد المشروعات الاستثمارية يمنع قبول باقى المشروعات الاستثمارية داخل نفس المجموعة التى ترتبط عناصرها بعلاقة المانعية بالتبادل. فإذا افترضنا أن (و) تمثل أحد المشروعات المانعية بالتبادل فى مجموعة عددها (ف) وهى إحدى المجموعات التى ترتبط عناصر كل مجموعة منها بعلاقة المانعية بالتبادل Mutual exclusion، فإن القيد الذى يعبر عن هذه العلاقة والذى يجب أن يتم إدراجه

عند بناء نموذج البرمجة الذى يتصدى لقرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات المتمثلة فى المانعية بالتبادل يكون كالآتى:

$$\sum_{و=١}^{ف} \text{س}_{و} \geq ١$$

حيث يكون هذا القيد لكل مجموعة من المشروعات التى ترتبط عناصر كل مجموعة منها بعلاقة المانعية بالتبادل. وهذا القيد يكفى لضمان ترشيح مشروع استثمارى واحد فقط من المشروعات المانعة بالتبادل إذا تم استخدام نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة. ولكنه لا يكفى فى ضوء استخدام نموذج البرمجة الخطية، فمن الممكن ترشيح أكثر من مشروع واحد من المشروعات المانعة بالتبادل وبقيم كسرية لكل منها (أى التوصيه بتنفيذ أكثر من مشروع من المشروعات المانعة بالتبادل جزئيا).

٥ - ٣ المشروعات الاستثمارية المرتبطة (المتواقفة أو الشرطية)

Contingent Projects

حيث يكون قبول مشروع استثمارى ما مرتبط أو مشروط بضرورة قبول مشروع استثمارى آخر أو أكثر من مشروع آخر. بينما قد يكون المشروع الاستثمارى الآخر مشروعا مستقلا أو قد يكون على علاقة مانعية بالتبادل مع مجموعة أخرى من المشروعات الاستثمارية. وقد يكون هذا المشروع الاستثمارى الآخر مرتبطا بدورة بتنفيذ مشروع استثمارى معين.

فإذا افترضنا أن المشروع الاستثمارى (ع) يمكن اختياره فقط إذا تم قبول المشروع الاستثمارى (غ). ولكن المشروع (غ) نفسه يعتبر مشروعات مستقلا. عندئذ يمكن التعبير عن هذه العلاقة كما يلى:

$$\text{س}_{ع} \geq \text{س}_{غ}$$

$$\text{س}_{غ} \geq ١$$

على ذلك فإنه إذا كانت س*غ = ١ (بمعنى أن المشروع (غ) مقبول فى الحل الأمثل فإن صورة القيد الفعال الخاص بالمشروع (ع) ستكون (س ع ≥ ١) وليست (س ع ≥ صفر) فهذا يتنافى مع قيد عدم السالبية المفترض فعاليته فى جميع الأحوال حيث سيتعين أن تكون س ع = صفر بالضرورة.

وفى حالة استخدام نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة، وكانت س*غ = ١ فإن س غ يمكن أن تظهر بقيمة = واحد صحيح أو = صفر. بينما إذا كانت س*غ = صفر فإن هذا يعنى أن س ع ستساوى صفر بالضرورة.

وإذا افترضنا أن المشروعين ك ، ق تمثل بدائل مشروعات استثمارية مانعة بالتبادل وأن المشروع (ع) مرتبط Contingent بأى من المشروعين (ك) أو (ق) فإن هذه العلاقة التشابكية يمكن التعبير عنها كما يلى:

$$\text{س ك} + \text{س ق} \geq 1$$

$$\text{س ع} \geq \text{س ك} + \text{س ق}$$

فإذا تم قبول أى من المشروعين (ك) أو (ق) (فى ضوء استخدام نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة) فإن القيد الثانى يصبح (س ع ≥ ١). وإذا لم يتم قبول أى من المشروعين (ك) أو (ق) فإن القيد الثانى سيصبح (س ع ≥ صفر) وهذا يعنى أن س ع = صفر وذلك فى ضوء قيد عدم السالبية. وفى ضوء استخدام نموذج البرمجة الخطية فإن القيد الأول كما سبق أن ذكرنا لا يكفى لضمان ترشيح مشروع استثمارى واحد فقط من المشروعين المانعين بالتبادل (ك)، (ق).

وإذا افترضنا أيضا أن المشروعين (ع)، (غ) مانعين بالتبادل وهما فى نفس الوقت مشروطين، أى أن قبول أى منهما مشروط بقبول أى من المشروعين (ك) ، (ق) المانعين بالتبادل أيضا. فى هذه الحالة فإن علاقات التشابك بين هذه المشروعات يمكن صياغتها كالاتى:

$$س_ك + س_ق \geq ١$$

$$س_ع + س_غ \geq س_ك + س_ق$$

ومن الممكن بناء سلسلة مرتبطة (شرطية) Contingent chains، كأن نقول مثلا أن المشروع الاستثمارى (ع) مرتبط بقبول المشروع الاستثمارى (غ) الذى بدوره مشروط بقبول المشروع (ك) الذى يرتبط بدوره بقبول المشروع (ق). فى هذه الحالة يمكن صياغة هذه العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية كالآتي:

$$س_ق \geq ١$$

$$س_ك \geq س_ق$$

$$س_غ \geq س_ك$$

$$س_ع \geq س_غ$$

وهناك طريقة اخرى للتعامل مع المشروعات المرتبطة (الشرطية) فى مجال بناء نماذج البرمجة الرياضية. فكما سبق أن اشرنا يمكن لنا أن نحاول الاستعانة بفكرة المشروعات المركبة Compound projects وذلك عن طريق تحويل هذه المشروعات الاستثمارية المرتبطة الى مشروعات مانعه بالتبادل وذلك بتجميع المشروع المرتبط قبوله بمشروع آخر مع المشروع المستقل الذى يعتبر كمستلزم اولى لقبول المشروع الأول معا في مشروع واحد (مشروع مركب). وعلي ذلك يكون التعامل مع المشروع المركب والمشروع المستقل كمشروعين مانعين بالتبادل. فإذا افترضنا أن المشروعين (ك)، (ق) مانعين بالتبادل وأن المشروع (ع) مرتبط بقبول المشروع (ك). فى هذه الحالة فإن المشروع المركب الجديد (هـ) الذى يتكون المشروع (ك) إلى جانب المشروع (ع) يمكن التعامل معه باعتباره من المشروعات المانعه بالتبادل لكلا من المشروعين (ك)، (ق)

ويكون القيد الذى يعبر عن هذه العلاقات كالآتى:

$$\text{س ك} + \text{س ق} + \text{س هـ} \geq ١$$

وفى ضوء استخدام نموذج البرمجة بالاعداد الصحيحة، اذا كانت $\text{س}_{\text{هـ}} = ١$ فهذا يعنى ترشيح المشروع المركب (هـ) الذى يعنى ترشيح المشروع (ك) وكذلك المشروع (ع) للتنفيذ معا.

٦. النمـــوذج المقتـــرح

٦ ـ ١. معالم المنهـــاج المقتـــرح:

تستند محاولة الباحث فى بناء النموذج لقرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية المتنوعة إلى:

١ ـ أنه فى مجال بناء النماذج الرياضية بصفة عامة، فإن النموذج الرياضى باعتباره يمثل ترجمة لواقع الموقف بصورة تبين كميا جميع المتغيرات التى اكتشف اثرها على الموقف وبما يعكس الاثر النسبى لكل متغير على الموقف باكمله، كما يعكس الاثر الناشئ عن احداث تغيير فى احد المتغيرات على بقية المتغيرات وعلى الموقف فى جملته.

٢ ـ أنه من الضرورى تحديد الافتراضات التى تتعلق بالعلاقات بين المتغيرات المختلفة التى تم تحديدها باعتبارها هى المتغيرات الملائمة relevant للمشكلة. حيث أنه ليس من الضرورى أن ينقل النموذج الواقع بكل تفاصيله ولكن ذلك يجب أن يتم بما لايؤدى إلى تشويه الطبيعة الأساسية للموقف الذى نحن بصدده.

٣ - بناءا على ذلك فإن المحددات الأساسية فى عملية بناء نموذج لقرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية والتى سيكون لها الإعتبار الهام فى تحديد المتغيرات الملائمة يجب أن تتضمن:

أ - ضرورة ضمان التوافق بين طبيعة المشروع الاستثمارى من حيث كونه قابل للتجزئة أو كونه غير قابل للتجزئة وبين ضمان تحقيق ذلك من خلال البناء التحليلى للنموذج المقترح استخدامه.

ب - ضرورة مراعاة قيود الندرة النسبية التى تتعرض لها بعض الموارد المطلوبة لتنفيذ المشروعات الاستثمارية مع التمييز بين درجات هذه الندره النسبية خلال الفترات التى يتم بناء الموازنة الاستثمارية لتغطيتها.

جـ - ضرورة ترجمة كافة العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية المختلفة فى مرحلة بناء النموذج المقترح استخدامه.

إن معالجة المحددات الثلاثة السابقة آنيا Simultaneously في اطار نموذج واحد هى الغايه التى يقصد الباحث تحقيقها لكى يكون متوافر للنموذج المقترح لقرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية القدرة على التعامل مع المتغيرات الاساسية الممثلة للواقع ودون تشويه لطبيعة الموقف الذى يتناوله هذا النموذج.

٥ - وعلى ذلك كانت حاجتنا في مجال بناء النموذج المقترح لقرار المفاضله بين المشروعات الاستثمارية ذوات العلاقات التشابكية المتنوعة إلى أن يضمن النموذج المقترح مايلى:

أ - يضمن أن تكون قيم متغيرات قرارية معينة (س*و) (ممثله لمشروعات استثمارية معينة) متمثله فى أرقام صحيحة غير كسرية وذلك لكون هذه المشروعات غير قابلة للتجزئة بطبيعتها، أو لكونها ضمانا لعدم انتهاك علاقة تشابكية خاصة مع مشروعات اخرى.

ب - يضمن امكانية أن تأخذ قيم متغيرات قرارية أخرى (س*ر) ارقام كسرية أو صحيحة وذلك لكون المشروعات الخاصة بها قابلة للتجزئة بطبيعتها.

جـ - يضمن عدم انتهاك لشبكة العلاقات التشابكية بين المشروعات الإستثمارية المختلفة التى تتراوح من كون هذه العلاقة معبرة عن المانعية بالتبادل بين مجموعات من هذه المشروعات إلى كون هذه العلاقة معبره عن التواقف أو الشرطية بين المشروعات الإستثمارية المختلفة.

٦ - ٢. البنـاء التحليـلى:

يستند البناء التحليلى للنموذج المقترح على استخدام نموذج البرمجة المختلطة Mixed Integer Programming الذي يتضمن تحديد بعض المتغيرات القرارية ليشترط أن تكون ذات قيم صحيحة فى الحل الأمثل وتحديد المتغيرات القرارية التى يوفر لها النموذج امكانية أن تأخذ قيم صحيحة أو كسرية في الحل الأمثل(٤) .

ويأخذ البناء التحليلى للنموذج المقترح فى الاعتبار كافة القيود التى تتناول قيود الموازنة وكذلك القيود التى تعكس علاقات التشابك المختلفة بين المشروعات الاستثمارية البديلة.

وعلى ذلك فإن النموذج المقترح يمكن أن يظهر بالصورة الآتية:

---

(٤) قام الباحث بالاستعانة ببعض المتخصصين فى مركز الحساب العلمى التابع لجامعة جنوب الينوى بالولايات المتحدة الإمريكية بتعديل نموذج SAS MPSX MACRO لكى يوفر امكانية تلبية احتياجات النموذج المقترح.

المطلوب تعظيم:

$$ى = \sum_{و=١}^{ن} ص_و \ س_و \quad \ldots (١/٥)$$

بشرط أن:

$$\sum_{و=١}^{ن} أ_{ت و} \ س_و \geq ب_ت \quad \ldots (٢/٥)$$

حيث ت = ١، ٢، ... ، ق

$$\sum_{و=١}^{ف} س_و \geq ١ \quad \ldots (٣/٥)$$

حيث مجموعة المشروعات و = ١، ٢، ... ، ف مشروعات مانعة بالتبادل. ويكون هذا القيد لكل مجموعة من المشروعات التى ترتبط عناصر كل مجموعة منها بعلاقة المانعية بالتبادل

$$س_{ع} \geq س_و \quad \ldots (٤/٥)$$

حيث أن قبول المشروع (ع) مرتبط بقبول المشروع (و)

{و ، ع = ١، ٢، ... ، ن}

$$س_و \geq ١ \quad \ldots (٥/٥)$$

حيث أن قبول المشروع (ع) مرتبط بقبول المشروع (و)

حيث {و = ١، ٢، ... ، ن}

كل قيم $س_ك$ أرقام صحيحة حيث ك = ١، ٢ ...، ر

كل قيم $س_د$ ارقام صحيحة أو كسرية حيث د = ر + ١ ، ...، ن $\quad \ldots (٦/٥)$

$$س_و \geq \text{صفر} \quad \ldots (٧/٥)$$

وبتطبيق النموذج المقترح على مشكلة لورى - سافج وبافتراض أن طبيعة المشروعات الإستثمارية التى تتضمنها مشكلة لورى - سافج مختلفة فيما يتعلق بقابليتها للتجزئة، بحيث أن المشروعات أ، د، ز، ط غير قابلة للتجزئة ويتعين أن تأخذ المتغيرات القرارية المقابلة س١، س ٤، س ٧، س ٩ قيما صحيحة بينما المشروعات ب، جـ، هـ ، و، ح قابلة للتجزئة ومن الممكن أن تأخذ المتغيرات القرارية المقابلة س ٢، س ٣، س ٥، س ٦، س ٨ قيم صحيحة أو كسرية.

ويشير الحل الأمثل للنموذج المقترح[٥] المعد لمشكلة لورى - سافج مع مراعاة الظروف الموقفية الاضافية السابق الاشارة إليها إلى:

المشروعات الاستثمارية التى يتضمنها الحل الامثل ليتم تنفيذها بالكامل:

المشروع (أ): س ١

المشروع (جـ): س ٢

المشروع (د): س ٤

المشروع (ط): س ٩

المشروعات الاستثمارية التى يتضمنها الحل الامثل ليتم تنفيذها جزئيا:

المشروع (و): س ٦ = ٩٦,٩٦٪

المشروع (ح): س ٨ = ٦,٠٦٪

٧. حالة افتراضية:

امام إدارة المنشأة (س) عشرة مشروعات استثمارية وهى بصدد اعداد الموازنة الاستثمارية. الجدول الآتى يبين القيمة الحالية للتدفقات الداخلة وكذلك القيمة الحالية للتدفقات الخارجة فى الفترات الثلاث التى تغطيها الموازنة الاستثمارية.

---

٥) يراجع تفاصيل المشكلة والحل الأمثل فى الملحق رقم (١)

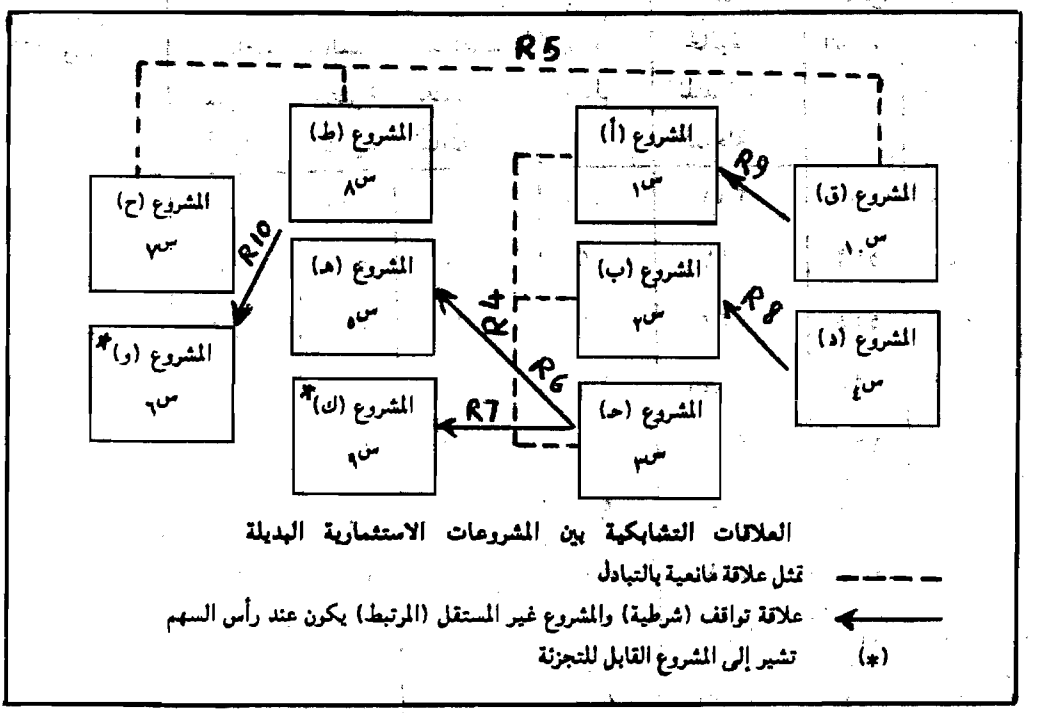
المشروعات	القيمة الحالية للتدفقات الخارجة				القيمة الحالية للتدفقات الداخلة	صافي العائد	نسبة العائد التكلفة
	الفترة الأولى	الفترة الثانية	الفترة الثالثة	اجمالى			
أ	٨٠٠	٦٢٠	٢١٠	١٦٣٠	٢٦٩٠	١٠٦٠	١,٦٥
ب	٥٣٠	٥١٠	-	١٠٤٠	١٦١٢	٥٧٢	١,٥٥
جـ	٢٧٠	٣٢٠	١٦٠	٧٥٠	١٢٧٥	٥٢٥	١,٧
د	٥١٠	٤٧٠	٢٤٠	١٢٢٠	٢١٨٥	٩٦٥	١,٧٩
هـ	٧٨٠	٤٠٠	٢٢٠	١٤٠٠	٢٥٢٠	١١٢٠	١,٨
و	٥٣٠	٤٤٠	-	٩٧٠	١٦٤٥	٦٧٥	١,٦٩٦
ح	٣٥٠	٣٠٠	٢٣٠	٨٨٠	١٥٨٤	٧٠٤	١,٨
ط	٤٤٠	٤٣٠	٣١٠	١١٨٠	٢١٠٠	٩٢٠	١,٧٨
ك	٨٧٠	٩٦٠	-	١٨٣٠	٣١٧٤	١٣٤٤	١,٧٣
ق	٢١٠	٣١٥	٣٠٠	٨٢٥	١٤٥٥	٦٢٠	١,٧٦
الحد الاقصى للأموال	٣٠٠٠	٢٦٠٠	١١٠٠				

كما أن هناك استثمارات بديلة للمتبقى تحقق صافى عائد بنسبة ٥٥٪ من التكلفة الاستثمارية فى كل سنة من السنوات الثلاث. وكل المشروعات الاستثمارية غير قابلة للتجزئة فيما عدا المشروعات الاستثمارية (و)، (ك) فإنها قابلة للتجزئة. وتتمثل العلاقات التشابكية بين المشروعات فى الآتى

١ ـ المشروعات الاستثمارية أ، ب، جـ كمجموعة فأنها أيضا مانعه بالتبادل.

٢ ـ المشروع الاستثمارى (حـ) لازم لقبول وتنفيذ المشروع (هـ)، وكذلك لقبول وتنفيذ المشروع (ك)، والمشروع (د) لازم لاختيار وقبول المشروع (ب). بينما المشروع (ق) لازم لقبول وتنفيذ المشروع (أ).

ويمكن بيان العلاقات التشابكية بين هذه المشروعات الاستثمارية فى الشكل التالى:



العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية البديلة

تمثل علاقة مانعية بالتبادل

علاقة توافق (شرطية) والمشروع غير المستقل (المرتبط) يكون عند رأس السهم

(*) تشير إلى المشروع القابل للتجزئة

بناء النموذج التحليلى:

د ع

س ١ تمثل النسبة التى يجب تنفيذها من المشروع الاستثمارى (أ)

س ٢ تمثل النسبة التى يجب تنفيذها من المشروع الاستثمارى (ب)

⋮

س ١٠ تمثل النسبة التى يجب تنفيذها من المشروع الاستثمارى (ق)

س ١١ تمثل كمية الأموال المتبقية فى الفترة الأولى للإستثمار فى الاستثمارات البديلة.

س ١٢ تمثل كمية الأموال المتبقية فى الفترة الثانية للإستثمار فى الاستثمارات البديلة.

س ١٣ تمثل كمية الأموال المتبقية فى الفترة الثالثة للإستثمار فى الاستثمارات البديلة.

دالـــة الهـــدف:

المطلوب تعظيم الدالة

ي = ١٠٦٠ س ١ + ٥٧٢ س ٢ + ٥٢٥ س ٣ + ٩٦٥ س ٤ + ١١٢٠ س ٥

+ ٦٧٥ س ٦ + ٧٠٤ س ٧ + ٩٢٠ س ٨ + ١٣٤٤ س ٩ + ٦٣٠ س ١٠

+ ٠,٥٥ س ١١ + ٠,٥٥ س ١٢ + ٠,٥٥ س ١٣

القيود المفروضة على المشكلة:

قيد الموازنة للفترة الأولى:

٨٠٠ س ١ + ٥٣٠ س ٢ + ٢٧٠ س ٣ + ٥١٠ س ٤

+ ٧٨٠ س ٥ + ٥٣٠ س ٦ + ٣٥٠ س ٧ + ٤٤٠ س ٨

+ ٨٧٠ س ٩ + ٢١٠ س ١٠ + س ١١ ≤ ٣٠٠٠

قيد الموازنة للفترة الثانية:

٦٢٠ س ١ + ٥١٠ س ٢ + ٣٢٠ س ٣ + ٤٧٠ س ٤

+ ٤٠٠ س ٥ + ٤٤٠ س ٦ + ٣٠٠ س ٧ + ٤٣٠ س ٨

+ ٩٦٠ س ٩ + ٣١٥ س ١٠ + س ١٢ ≤ ٢٦٠٠

قيد الموازنة للفترة الثالثة:

٢١٠ س ١ + ١٦٠ س ٣ + ٢٤٠ س ٤ + ٢٢٠ س ٥

+ ٢٣٠ س ٧ + ٣١٠ س ٨ + ٣٠٠ س ١٠ + س ١٣ ≤ ١١٠٠

قيد علامة المانعية بالتبادل بين المشروعات (أ)، (ب)، (جـ)

س ١ + س ٢ + س ٣ ≤ ١

قيد علامة المانعية بالتبادل بين المشروعات (ح)، (ط)، (ق)

$$س_{٧} + س_{٨} + س_{١٠} \leq ١$$

قيد علاقة الترابط بين المشروع (جـ) كمستلزم أولى لقبول المشروع (هـ)

$$س_{٥} \leq س_{٣}$$

قيد علاقة الترابط بين المشروع (جـ) كمستلزم اولى لقبول المشروع (ك)

$$س_{٩} \leq س_{٣}$$

قيد علاقة الترابط بين المشروع (د) كمستلزم أولى لقبول المشروع (ب)

$$س_{٢} \leq س_{٤}$$

قيد علاقة الترابط بين المشروع (ق) كمستلزم اولى لقبول المشروع (أ)

$$س_{١} \leq س_{١٠}$$

قيد علاقة الترابط بين المشروع (ط) كمستلزم أولى لقبول المشروع (و)

$$س_{٦} \leq س_{٨}$$

على ذلك يكون النموذج النهائى كما يلى:

المطلوب تعظيم الدالة

$$ي = ١٠٦٠ س_{١} + ٥٧٢ س_{٢} + ٥٢٥ س_{٣} + ٩٦٥ س_{٤} + ١١٢٠ س_{٥}$$
$$+ ٦٧٥ س_{٦} + ٧٠٤ س_{٧} + ٩٢٠ س_{٨} + ١٣٤٤ س_{٩} + ٦٣٠ س_{١٠}$$
$$+ ٠,٥٥ س_{١١} + ٠,٥٥ س_{١٢} + ٠,٥٥ س_{١٣} \quad ... (١/٦)$$

بشرط أن:

$$٨٠٠ س_{١} + ٥٣٠ س_{٢} + ٢٧٠ س_{٣} + ٥١٠ س_{٤}$$
$$+ ٧٨٠ س_{٥} + ٥٣٠ س_{٦} + ٣٥٠ س_{٧} + ٤٤٠ س_{٨}$$
$$+ ٨٧٠ س_{٩} + ٢١٠ س_{١٠} + س_{١١} \leq ٣٠٠٠ \quad ... (٢/٦)$$

٦٢٠ س ١ + ٥١٠ س ٢ + ٣٢٠ س ٣ + ٤٧٠ س ٤

+ ٤٠٠ س ٥ + ٤٤٠ س ٦ + ٣٠٠ س ٧ + ٤٣٠ س ٨

+ ٩٦٠ س ٩ + ٣١٥ س ١٠ + س ١٢ ≥ ٢٦٠٠ ... (٣/٦)

٢١٠ س ١ + ١٦٠ س ٣ + ٢٤٠ س ٤ + ٢٢٠ س ٥ + ٢٣٠ س ٧

+ ٣١٠ س ٨ + ٣٠٠ س ١٠ + س ١٣ ≥ ١١٠٠ ... (٤/٦)

س ١ + س ٢ + س ٣ ≥ ١ ... (٥/٦)

س ٧ + س ٨ + س ١٠ ≥ ١ ... (٦/٦)

س ٥ - س ٣ ≥ صفر ... (٧/٦)

س ٩ - س ٣ ≥ صفر ... (٨/٦)

س ٢ - س ٤ ≥ صفر ... (٩/٦)

س ١ - س ١٠ ≥ صفر ... (١٠/٦)

س ٦ - س ٨ ≥ صفر ... (١١/٦)

س ١ ، س ٢ ، س ٣ ، س ٤ ، س ٥ ، س ٧

، س ٨ ، س ١٠ أرقام صحيحة ... (١٢/٦)

س ١ ، س ٢ ، ... ، س ١٠ ≥ ١

س ١١ ≥ ٣٠٠٠

س ١٢ ≥ ٢٦٠٠

س ١٣ ≥ ١١٠٠ ... (١٣/٦)

س ١ ، س ٢ ، ... ، س ١٣ ≥ صفر ... (١٤/٦)

ويبين الجدول التالى مقارنة نتائج الحل بين استخدام النموذج المقترح الذى يستند إلى اسلوب البرمجة المختلطة Mixed Integer Programming وبين استخدام نموذج البرمجة بالاعداد الصحيحة Integer Programming[١]

	النتائج فى ضوء البرمجة بالاعداد الصحيحة	النتائج فى ضوء البرمجة المختلطة
قيمة دالة الهدف	٥٠٤٣,٩٥	٥٠٥٦,٤٣٢
المشروعات المرشحة للتنفيذ كاملة		
المشروع (جـ)	س٣ = ١	س٣ = ١
المشروع (د)	س٤ = ١	س٤ = ١
المشروع (هـ)	س٥ = ١	س٥ = ١
المشروع (ط)	س٨ = ١	س٨ = ١
المشروع (ك)	س٩ = ١	س٩ = ١
المشروعات المرشحة للتنفيذ جزئيا		
المشروع (و)	—	س٦ = ٠,٠٤٥
الاستثمار فى الاستثمارات البديلة		
فى الفترة الأولى	س١١ = ١٣٠	س١١ = ١٠٥
فى الفترة الثانية	س١٢ = ٩	س١٢ = صفر
فى الفترة الثالثة	س١٣ = ١٧٠	س١٣ = ١٧٠

١) يراجع ملحق رقم (٢) لتفاصيل حل الحالة الافتراضية فى ضوء نموذج البرمجة بالاعداد الصحيحة وكذلك فى ضوء النموذج المقترح واستخدام نموذج البرمجة المختلطة وذلك وفقا لبرنامج SAS MPSX المعدل فى مركز الحاسب الآلى التابع لجامعة جنوب إلينوى بالولايات المتحدة الأمريكية.

	النتائج فى ضوء البرمجة بالاعداد الصحيحة	النتائج فى ضوء البرمجة المختلطة
أسعـــار الـــظل		
المقابلة لقيد موازنة الفترة الأولى (R1)	٠,٥٥	٠,٥٥
المقابلة لقيد موازنة الفترة الثانية (R2)	صفر	٠,٨٧١٥٩١
المقابلة لقيد موازنة الفترة الثالثة (R3)	٠,٥٥	٠,٥٥
المقابلة لقيد العلاقة (٥/٦) (R4)	١١٥٤	٣٨,٣٦٣٦
المقابلة لقيد العلاقة ٦/٦ (R5)	٥٠٧,٥	١٢٣,٥٢٣
المقابلة لقيد العلاقة ٧/٦ (R6)	صفر	صفر
المقابلة لقيد العلاقة ٨/٦ (R7)	٨٦٥,٥	٢٨,٧٧٢٧٢٧
المقابلة لقيد العلاقة ٩/٦ (R8)	صفر	صفر
المقابلة لقيد العلاقة ١٠/٦ (R9)	صفر	صفر
المقابلة لقيد العلاقة ١١/٦(R10)	صفر	صفر

ويمكن لنا تناول أثر العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية المقبولة سواء التى تم ترشيحها للتنفيذ كاملة أو جزئيا وكذلك للمشروعات الاستثمارية غير المقبولة التى لم يتم اختيارها تماما.

جدول يبين اثر العلاقات التشابكية الخاصة بالمشروعات الاستثمارية المقبولة للتنفيذ بالكامل أو جزئيا

	المشروع (حـ) س٣	المشروع (د) س٤	المشروع (هـ) س٥	المشروع (ط) س٨	المشروع (ك) س٩	المشروع (و) جزئى س٦
صافى القيمة الحالية للمشروع	٥٢٥	٩٦٥	١١٢٠	٩٢٠	١٣٤٤	٦٧٥
ـ تكلفة الفرصة البديلة المقابلة لقيد موارد الموازنة:						
الفترة الأولى R1	١٤٨,٥	٢٨٠,٥	٤٢٩	٢٤٢	٤٧٨,٥	٢٩١,٥
الفترة الثانية R2	٢٧٨,٩٠٩١	٤٠٩,٦٤٨	٣٤٨,٦٣٦	٣٧٤,٧٨٤	٨٣٦,٧٢٧٣	٣٨٣,٥
الفترة الثالثة R3	٨٨	١٣٢	١٢١	١٧٠,٥	صفر	صفر
اجمالى	٥١٥,٤٠٩١	٨٢٢,١٤٨	٨٩٨,٦٣٦	٧٨٧,٢٨٤	١٣١٥,٢٢٧٣	٦٧٥
الصافى	٩,٥٩٠٩	١٤٢,٨٥٢	٢٢١,٣٦٤	١٣٢,٧١٦	٢٨,٧٧٢٧	صفر
ـ تكلفة الفرصة البديلة المقابلة لقيود المانعية بالتبادل:						
بين المشروعات أ، ب، جـ (R4)	٣٨,٣٦٣٦					
بين المشروعات حـ، ط، ق (R5)				١٢٣,٥٢٣		
ـ تكلفة الفرصة البديلة لعلاقات التشابك بين (حـ) ، (ك) R7	(٢٨,٧٧٢٧)				٢٨,٧٧٢٧	
ـ تكلفة الفرصة البديلة لعدم امكانية تجزئة المشروع		١٤٢,٨٥٢	٢٢١,٣٦٤	٩,١٩٣	—	—
	٩,٥٩٠٩	١٤٢,٨٥٢	٢٢١,٣٦٤	١٣٢,٧١٦	٢٨,٧٧٢٧	صفر

جدول يبين اثر العلاقات التشابكية الخاصة بالمشروعات الاستثمارية غير المقبولة للتنفيذ فى ضوء النموذج المقترح

	المشروع (أ) س١	المشروع (ب) س٢	المشروع (ح) س٧	المشروع (ق) س١٠
صافى القيمة الحالية للمشروع	١٠٦٠	٥٧٢	٧٠٤	٦٣٠
ـ تكلفة الفرصة البديلة المقابلة لقيد موارد الموازنة:				
الفترة الأولى R1	٤٤٠	٢٩١,٥	١٩٢,٥	١١٥,٥
الفترة الثانية R2	٥٤٠,٣٨٦٤	٤٤٤,٥١١٤١	٢٦١,٤٧٧	٢٧٤,٥٥١
الفترة الثالثة R3	١١٥,٥	صفر	١٢٦,٥	١٦٥
اجمالى	١٠٩٥,٨٨٦٤	٧٣٦,٠١١٤	٥٨٠,٤٧٧	٥٥٥,٠٥١
الصافى	(٣٥,٨٨٦٤)	(١٦٤,٠١١٤)	١٢٣,٥٢٣	٧٤,٩٤٩
ـ تكلفة الفرصة البديلة المقابلة لقيود علاقة المانعية بالتبادل:				
بين المشروعات أ، ب، ج (R4)	٣٨,٣٦٣٦	٣٨,٣٦٣٦		-
بين المشروعات ح، ط، ق (R5)		-	١٢٣,٥٢٣	١٢٣,٥٢٣
ـ تكلفة الفرصة البديلة لعدم امكانية تجزئة المشروع	(٧٤,٢٥)	(٢٠٢,٣٧٥)	١٢٣,٥٢٣	(٤٨,٥٧٤)
	(٣٥,٨٨٦٤)	(١٦٤٠١١٤)	١٢٣,٥٢٣	٧٤,٩٤٩
	<	<	<	<
تفسير عدم قبول المشروع	٩,٥٩٠٩	٩,٥٩٠٩	١٣٢,٧١٦	١٣٢,٧١٦

٨. خلاصـــة البحـــث:

خلص الباحث بالنتائج الآتية من هذا البحث:

(١) إن الحل الذى وضعه لورى ـ سافج لمشكلة تخصيص كمية محدودة من الاموال المخصصة للاستثمار على المشروعات الاستثمارية البديلة، يفترض أن كل المشروعات غير قابلة للتجزئة. كما يفترض عدم وجود علاقات تشابكية بين هذه المشروعات الاستثمارية، حيث يفترض انها مشروعات مستقلة. ولكن فى ضوء تراخى هذه الفروض لن ينجح الاجراء الذي اقترحه لورى ـ سافج، هذا إلى جانب صعوبة تحديد قيمة المعلمات [جـ ت] فى حالة تعدد الفترات التى ستحدث فيها تدفقات خارجة.

(٢) يقترح الباحث لتطوير منهج لورى ـ سافج فى مجال المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية البديلة إستخدام المنهج التحاورى Heuristic Approach حيث نحاول أن نحدد المشروعات التى لم يتم اختيارها في ضوء الاختيار الأولى المستند إلى معيار المفاضلة الملائم. وبعد ذلك يتم تحديد المشروعات التى يجب إستبعادها من المشروعات المختاره وذلك لادخال كل مشروع من المشروعات التى لم يتم اختيارها ولها ترتيب يسبق المشروعات المختارة، ونقارن قيمة دالة الهدف فى ضوء هذه البدائل مع قيمتها فى ضوء الحل المبدئى. ونستمر فى اجراء ذلك حتى نصل إلى أن الحل الذى بين أيدينا افضل من كل محاولتنا لادخال أى من المشروعات غير المختارة والتى يترتب عليها إستبعاد بعض المشروعات المختاره.

(٣) المشروع الاستثمارى المستقل اقتصاديا هو المشروع الذى تكون التدفقات النقدية المستقبلية المتوقعة من تنفيذه سوف لاتتغير بقبول أو عدم قبول أى مشروع استثمارى آخر. بينما المشروع الاستثمارى غير المستقل اقتصاديا هو الذى سوف تتأثر التدفقات المستقبلية المتوقعة من تنفيذه بقبول أو عدم قبول مشروع

استثمارى آخر. وتتراوح درجات عدم الاستقلال بين طرفين، يتمثل احد الطرفين فى حالة اشتراط تنفيذ احد المشروعات الإستثمارية الاخرى كمستلزم اولى Prerequisite لتنفيذ هذا المشروع المعين. بينما يتمثل الطرف الآخر فى حالة مـــا إذا كان تنفيذ المشروع مستحيل فنيا أو أن التدفقات المستقبلية المتوقعـــــة ستختفى تماما في حالة قبول وتنفيذ مشروع آخر (المانعيـــة بالتبادلMutual Exclusive)

(٤) إن درجة ملائمة نموذج البرمجة الخطية Linear Programming للتعامل مع نموذج قرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية البديلة ذوات العلاقات التشابكية المتنوعة تعتبر محدودة. وهذا علي الرغم من أنه يضمن تخصيص كل الأموال المخصصة للاستثمار علي افضل المشروعات الاستثمارية، وأيضا على الرغم مما ينادى به البعض من ان عدد المشروعات التى سيتم ترشيحها ليتم تنفيذها جزئيا ضمن تشكيلة الحل الأمثل لن تزيد عن عدد الفترات التي تم بناء النموذج لها. وحجتنا فى ذلك أنه لايوجد هناك مايضمن التوافق بين المشروعات التى تأخذ قيم كسرية وبين طبيعة هذه المشروعات نفسها من حيث قابلية كل مشروع للتجزئة. ومن ناحية أخرى فإن تحديد الحد الأقصى لعدد المشروعات التى يمكن أن تأخذ قيما كسرية بعد الفترات يعنى عدم مراعاة لوجود قيود تعكس علاقات التشابك بين المشروعات الاستثمارية. فوجود قيود العلاقات التشابكية قد يؤدى إلى زيارة عدد المشروعات التى يمكن أن تأخذ قيما كسرية.

(٥) يعيب نموذج البرمجة بالاعداد الصحيحة Integer Programming فى مجال المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية، أنه لايضمن تخصيص كل الاموال المخصصة للاستثمار. هذا بالإضافة إلا أنه ليست كل المشروعات الاستثمارية غير قابلة للتجزئة حيث سنتحمل بتكلفة الفرصة البديلة لعدم تجزئة بعض المتغيرات القرارية (المشروعات الاستثمارية) بالرغم من أن بعض هذه المشروعات قد يكون قابلا للتجزئة.

(٦) إن المعيار الملائم للمفاضلة بين النماذج المختلفة لقرار المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية هو امكانية التعامل الآنى Simultanebusls مع العديد من الظروف الموقفية التى تفرضها طبيعة المشروعات الاستثمارية البديلة و/أو العلاقات التشابكية المتنوعة بين هذه المشروعات الاستثمارية.

(٧) إن المحددات الأساسية فى عملية بناء نموذج لقرار المفاضلة بين المشروعات

أ - ضرورة ضمان التوافق بين طبيعة المشروع الاستثمارى من حيث قابليته للتجزئة وبين أن يضمن النموذج المستخدم صراحة تحقيق ذلك.

ب - ضرورة مراعاة قيود الندرة النسبية التى ترتبط بالموارد اللازمة لتنفيذ المشروعات الاستثمارية خلال الفترات المختلفة.

ج - ضرورة أن تعكس القيود المدرجة فى النموذج كافة العلاقات التشابكية بين المشروعات الاستثمارية البديلة.

ومن هنا كان تفضيل الباحث لاستخدام نموذج البرمجة المختلطة Mixed Integer Programming فى التعامل مع مشكلة المعالجة الآنية للمحددات الثلاث السابقة في اطار نموذج واحد.

(٨) فى اطار النموذج الذى يقترحه الباحث يمكن توفير التفسير الملائم لاسباب قبول بعض المشروعات الاستثمارية (سواء للتنفيذ بالكامل أو جزئيا) وكذلك لاسباب عدم قبول المشروعات الاستثمارية الأخرى. وهذا التفسير يستند إلى المعالجة الآنية لكل الظروف الموقفية المحيطة بكل مشروع استثمارى من حيث طبيعته بقابليته للتجزئة و/أو من حيث علاقاته التشابكية مع المشروعات الإستثمارية الاخرى.

REFERENCES

(1) Weingartner, H. Martin. "Capital Budgeting of Interrelated Projects: Survey and Synthesis, ***Management Science***, Vol. 12, No. 7, March 1966.

(2) Khorramshahgol, Reza, Hossem Azani, and Yvon Gousty. "An Integrated Approach to project Evaluation and selection", ***IEEE Transaction on Engineering Management***, Vol. 35, No.4, November. 1988.

(3) Mamer, John W. and Andrew W. Shogan. "A constrained capital Budgeting problem with Applications to Repair Kit Selection", ***Management Science***, Vol. 33, No. 6, June 1987.

(4) Reiter, stanley. "Choosing an Investment Program Among Interdependent Projects", ***The Review of Economic Studies***, February 1963.

(5) Rowley, C. Stevenson. "Methods of Capital Project Selection", ***Management Planning***, March-April, 1973.

(6) Weingartner, H. Martin, "Criteria for Programming Investment Project Selection", ***Journal of Industrial Economics***, November 1966.

(7) Vernon, Thomas H. "Capital Budgeting and the Evaluation Process", ***Management Accounting***, October 1972.

(8) Martin, A. D. "Mathematical Programming of Portfolio Selection", ***Management Science***, January 1955.

(9) Lorie, James H. and Leonard J. Savage. "Three Problems in Rationing Capital", ***The Journal of Business***, Vol. XXVIII, No.4, October 1955.

(10) Weingartner, H. martin, ***Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems***, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1963.

(11) Bierman, Harold and Seymour smidt. ***The Capital Budgeting Decision***, New York: The Macmillan Company, 1969.

(12) Amey, L.R., "Interdependencies in capital Bydgeting: a survey", ***Journal of Business Finance***, Autumn 1972.

(13) Klammer, Thomas. "Empirical Evidonce of the adoption of Sophisticated Capital Budgeting Techniques", ***The Journal of Business***, October 1972.

(14) Carleton, wt, "Linear Programming and Capital Budgeting Models: a new interpretation", ***Journal of Finance***, December 1969.

(15) Kravitz, Bernard J., and Robert J. Monteverde. "An O. R. Approach to Capital Budgeting", ***Management Controls***, Vol. 16, No.3, March 1969.

(16) Wright, F.K. "Investment Criteria and the Cost of Capital", ***The Jonrnal of Management Studies***, vol. 4, No.3, October 1967.

(17) Hetrick, James C. "Mathematical Models in Capital Budgeting", ***Harvard Business Review***, Vol. 39, No.1, January-February 1961.

(18) Baumol, William J. and Richard E. Quandt, "Investment and Discount Rates under Capital Rationing-A progamming Approach", ***The Economic Journal***, Vol. LXXV, No. 398, June 1965.

(19) Gomory, R. E. and W. J. Baumol, "Integer Programming and Pricing", ***Econometrica***, July 1960.

ملحق رقم (١) : نماذج البرمجة الرياضية لمشكلة لورى - سافج

(أ) استخدام نموذج البرمجة الخطية فى حل مشكلة لورى - سافج

SAS 16:07 SATURDAY, JUNE 2, 1990

OBS	_ID_	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	SET1	_TYPE_	_RANGE_
1	_UP_	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	UPPERBD	.
2	OBJ	14	17	17	15	40	12	14	10	12	.	MAX	.
3	R1	12	54	6	6	30	6	48	36	18	50	LE	.
4	R2	3	7	6	2	35	6	4	3	3	20	LE	.

SAS 16:07 SATURDAY, JUNE 2, 1990

L I N E A R P R O G R A M M I N G P R O C E D U R E

VARIABLE SUMMARY

COL	VARIABLE NAME	STATUS	TYPE	PRICE	ACTIVITY	REDUCED COST
1	X1		UPPERBD	14	1.000000	6.772727
2	X2		UPPERBD	17	0	-3.409091
3	X3		UPPERBD	17	1.000000	5.000000
4	X4		UPPERBD	15	1.000000	10.454545
5	X5		UPPERBD	40	0	-29.318182
6	X6	BASIC	UPPERBD	12	0.969697	0
7	X7	BASIC	UPPERBD	14	0.045455	0
8	X8		UPPERBD	10	0	-0.500000
9	X9		UPPERBD	12	1.000000	3.954545
10	R1		SLACK	0	0	-0.136364
11	R2		SLACK	0	0	-1.863636

SAS

L I N E A R P R O G R A M M I N G P R O C E D U R E

CONSTRAINT SUMMARY

ROW	CONSTRAINT ID	TYPE	S/S COL	RHS	ACTIVITY	DUAL ACTIVITY
1	R1	LE	10	50.000000	50.000000	0.136364
2	R2	LE	11	20.000000	20.000000	1.863636
3	OBJ	OBJECTIVE		70.272727	70.272727	0

(ب) استخدام نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة فى حل مشكلة لورى - سافج

SAS 18:19 SUNDAY, APRIL 22, 1990

OBS	_ID_	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	SET1	_TYPE_	_RANGE_
1	_UP_	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	UPPERBD	.
2	OBJ	14	17	17	15	40	12	14	10	12	.	MAX	.
3	R1	12	54	6	6	30	6	48	36	18	50	LE	.
4	R2	3	7	6	2	35	6	4	3	3	20	LE	.
5	INT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	INTEGER	.
6	UP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	UPPER	.

L I N E A R P R O G R A M M I N G P R O C E D U R E

VARIABLE SUMMARY

COL	VARIABLE NAME	STATUS	TYPE	PRICE	ACTIVITY	REDUCED COST
1	X1		INTEGER	14	1.000000	6.714286
2	X2	BASIC	INTEGER	17	0	0
3	X3		INTEGER	17	1.000000	2.428571
4	X4		INTEGER	15	1.000000	10.142857
5	X5		INTEGER	40	0	-45.000000
6	X6		INTEGER	12	1.000000	-2.571429
7	X7		INTEGER	14	0	4.285714
8	X8		INTEGER	10	0	2.714286
9	X9		INTEGER	12	1.000000	4.714286
10	R1	BASIC	SLACK	0	2.000000	0
11	R2		SLACK	0	0	-2.428571

SAS

L I N E A R P R O G R A M M I N G P R O C E D U R E

CONSTRAINT SUMMARY

ROW	CONSTRAINT ID	TYPE	S/S COL	RHS	ACTIVITY	DUAL ACTIVITY
1	R1	LE	10	50.000000	48.000000	0
2	R2	LE	11	20.000000	20.000000	2.428571
3	OBJ	OBJECTIVE		70.000000	70.000000	0

(ح) استخدام النموذج المقترح (نموذج البرمجة المختلطة) فى حل مشكلة لورى - سافج

SAS 15:24 MONDAY, APRIL 23, 1990

OBS	_ID_	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	SET1	_TYPE_	_RANGE_
1	_UP_	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	UPPERBD	.
2	OBJ	14	17	17	15	40	12	14	10	12	.	MAX	.
3	R1	12	54	6	6	30	6	48	36	18	50	LE	.
4	R2	3	7	6	2	35	6	4	3	3	20	LE	.
5	INT	1	0	0	4	0	0	7	0	9	20	INTEGER	.
6	UP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	UPPER	.

VARIABLE SUMMARY

COL	VARIABLE NAME	STATUS	TYPE	PRICE	ACTIVITY	REDUCED COST
1	X1		INTEGER	14	1.000000	6.909091
2	X2		UPPERBD	17	0	-2.696970
3	X3		UPPERBD	17	1.000000	5.000000
4	X4		INTEGER	15	1.000000	10.515152
5	X5		UPPERBD	40	0	-29.393939
6	X6	BASIC	UPPERBD	12	0.969697	0
7	X7		INTEGER	14	0	0.666667
8	X8	BASIC	UPPERBD	10	0.060606	0
9	X9		INTEGER	12	1.000000	4.181818
10	R1		SLACK	0	0	-0.121212
11	R2		SLACK	0	0	-1.878788

SAS

L I N E A R P R O G R A M M I N G P R O C E D U R E

CONSTRAINT SUMMARY

ROW	CONSTRAINT ID	TYPE	S/S COL	RHS	ACTIVITY	DUAL ACTIVITY
1	R1	LE	10	50.000000	50.000000	0.121212
2	R2	LE	11	20.000000	20.000000	1.878788
3	OBJ	OBJECTIVE		70.242424	70.242424	0

ملحق رقم (٢)

حل الحالة الافتراضية باستخدام نموذج البرمجة بالأعداد الصحيحة

OBS	_ID_	X1	X10	X11	X12	X13	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	SET1	_TYPE_	_RANGE
1	_UP_	1	1	3000.00	2600.00	1100.00	1	1	1	1	1	1	1	1	.	UPPERBD	.
2	OBJ	1060	630	0.55	0.55	0.55	572	525	965	1120	675	704	920	1344	.	MAX	.
3	R1	800	210	1.00	.	.	530	270	510	780	530	350	440	870	3000	LE	.
4	R10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	-1	.	0	LE	.
5	R2	620	315	.	1.00	.	510	320	470	400	440	300	430	960	2600	LE	.
6	R3	210	300	.	.	1.00	.	160	240	220	.	230	310	.	1100	LE	.
7	R4	1	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	1	LE	.
8	R5	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	LE	.
9	R6	.	.	.	.	.	.	-1	.	1	.	.	.	.	0	LE	.
10	R7	.	.	.	.	.	.	-1	.	.	.	.	.	1	0	LE	.
11	R8	.	.	.	.	.	1	.	-1	.	.	.	.	.	0	LE	.
12	R9	1	-1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	LE	.
13	INT	1	10	11.00	12.00	13.00	2	3	4	5	6	7	8	9	0	INTEGER	.
14	UP	1	1	3000.00	2600.00	1100.00	1	1	1	1	1	1	1	1	0	UPPER	.

SAS 16:56 SUNDAY, JUNE 3, 1990

CONSTRAINT SUMMARY

CONSTRAINT ROW	ID	TYPE	S/S COL	RHS	ACTIVITY	DUAL ACTIVITY
1	R1	LE	14	3000.000	3000.000	0.550000
2	R10	LE	15	0	-1.000000	0
3	R2	LE	16	2600.000	2589.000	0
4	R3	LE	17	1100.000	1100.000	0.550000
5	R4	LE	18	1.000000	1.000000	1154.000
6	R5	LE	19	1.000000	1.000000	507.500
7	R6	LE	20	0	0	0
8	R7	LE	21	0	0	865.500
9	R8	LE	22	0	-1.000000	0
10	R9	LE	23	0	0	0
11	OBJ	OBJECTIVE		5043.950	5043.950	0

VARIABLE SUMMARY

COL	VARIABLE NAME	STATUS	TYPE	PRICE	ACTIVITY	REDUCED COST
1	X1		INTEGER	1060	0	-649.500
2	X10		INTEGER	630	0	-158.000
3	X11	BASIC	INTEGER	0.55	130.000	0
4	X12		INTEGER	0.55	9.000000	0.550000
5	X13	BASIC	INTEGER	0.55	170.000	0
6	X2		INTEGER	572	0	-873.500
7	X3	BASIC	INTEGER	525	1.000000	0
8	X4		INTEGER	965	1.000000	552.500
9	X5		INTEGER	1120	1.000000	570.000
10	X6		INTEGER	675	0	383.500
11	X7		INTEGER	704	0	-122.500
12	X8	BASIC	INTEGER	920	1.000000	0
13	X9	BASIC	INTEGER	1344	1.000000	0
14	R1		SLACK	0	0	-0.550000
15	R10	BASIC	SLACK	0	1.000000	0
16	R2	BASIC	SLACK	0	11.000000	0
17	R3		SLACK	0	0	-0.550000
18	R4		SLACK	0	0	-1154.000
19	R5		SLACK	0	0	-507.500
20	R6	DEGEN	SLACK	0	0	0
21	R7		SLACK	0	0	-865.500
22	R8	BASIC	SLACK	0	1.000000	0
23	R9	DEGEN	SLACK	0	0	0

OBS	_ID_	X1	X10	X11	X12	X13	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	SET1	_TYPE_	_RANGE_
1	_UP_	1	1	3000.00	2600.00	1100.00	1	1	1	1	1	1	1	1	.	UPPERBD	.
2	OBJ	1060	630	0.55	0.55	0.55	572	525	965	1120	675	704	920	1344	.	MAX	.
3	R1	800	210	1.00	.	.	530	270	510	780	530	350	440	870	3000	LE	.
4	R10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	-1	.	0	LE	.
5	R2	620	315	.	1.00	.	510	320	470	400	440	300	430	960	2600	LE	.
6	R3	210	300	.	.	1.00	.	160	240	220	.	230	310	.	1100	LE	.
7	R4	1	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	1	LE	.
8	R5	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	LE	.
9	R6	.	.	.	.	.	.	-1	.	1	.	.	.	.	0	LE	.
10	R7	.	.	.	.	.	.	-1	.	.	.	.	.	1	0	LE	.
11	R8	.	.	.	.	.	1	.	-1	.	.	.	.	.	0	LE	.
12	R9	1	-1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	LE	.
13	INT	1	10	0.00	0.00	0.00	2	3	4	5	0	7	8	0	0	INTEGER	.
14	UP	1	1	3000.00	2600.00	1100.00	1	1	1	1	1	1	1	1	0	UPPER	.

SAS 22:35 THURSDAY, MAY 3, 1990

SAS

L I N E A R P R O G R A M M I N G P R O C E D U R E

CONSTRAINT SUMMARY

CONSTRAINT ROW	ID	TYPE	S/S COL	RHS	ACTIVITY	DUAL ACTIVITY
1	R1	LE	14	3000.000	3000.000	0.550000
2	R10	LE	15	0	-0.954545	0
3	R2	LE	16	2600.000	2600.000	0.871591
4	R3	LE	17	1100.000	1100.000	0.550000
5	R4	LE	18	1.000000	1.000000	38.363636
6	R5	LE	19	1.000000	1.000000	123.523
7	R6	LE	20	0	0	0
8	R7	LE	21	0	0	28.772727
9	R8	LE	22	0	-1.000000	0
10	R9	LE	23	0	0	0
11	OBJ	OBJECTIVE		5056.432	5056.432	0

VARIABLE SUMMARY

COL	VARIABLE NAME	STATUS	TYPE	PRICE	ACTIVITY	REDUCED COST
1	X1		INTEGER	1060	0	-74.250000
2	X10		INTEGER	630	0	-48.573864
3	X11	BASIC	UPPERBD	0.55	105.909	0
4	X12		UPPERBD	0.55	0	-0.321591
5	X13	BASIC	UPPERBD	0.55	170.000	0
6	X2		INTEGER	572	0	-202.375
7	X3	BASIC	INTEGER	525	1.000000	0
8	X4		INTEGER	965	1.000000	142.852
9	X5		INTEGER	1120	1.000000	221.364
10	X6	BASIC	UPPERBD	675	0.045455	0
11	X7	DEGEN	INTEGER	704	0	0
12	X8		INTEGER	920	1.000000	9.193182
13	X9	BASIC	UPPERBD	1344	1.000000	0
14	R1		SLACK	0	0	-0.550000
15	R10	BASIC	SLACK	0	0.954545	0
16	R2		SLACK	0	0	-0.871591
17	R3		SLACK	0	0	-0.550000
18	R4		SLACK	0	0	-38.363636
19	R5		SLACK	0	0	-123.523
20	R6	DEGEN	SLACK	0	0	0
21	R7		SLACK	0	0	-28.772727
22	R8	BASIC	SLACK	0	1.000000	0
23	R9	DEGEN	SLACK	0	0	0