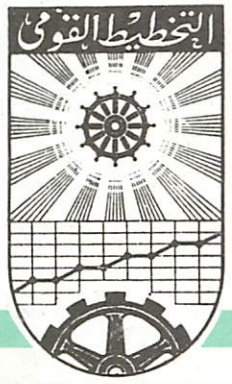
جمهورية مصر العربية



معهد التخطيط القومى

مذكرة خارجية رقم (١٤١٤)

بعض الجوانب الديناميكية لتقييم المشروعات مع اشارة خاصة لقطاع الكهرباء

اعداد

د. حسين حسنى

اكتوبر ١٩٨٥

القاهرة
طريق صلاح سالم مدينة نصر

المحتويـــات

	صفحة
(١) مقدمـــة	١
(٢) بعض الخصائص الاقتصادية والفنية لمشروعات توليد الطاقـــة الكهربائية	٤
٢ـ١ انخفاض معامل الحمل	٤
٢ـ٢ عدم القابلية للانقسام	١٠
٢ـ٣ طول فترة التفريخ	١١
٢ـ٤ الطبيعة الاحتكارية	١٢
٢ـ٥ تعدد البدائل	١٣
(٣) معايير الخصم والاعتبارات الديناميكية	١٧
٣ـ١ الخصم فكرة مجردة	١٧
٣ـ٢ طبيعة المفاضلة بين البدائل فى اطار ديناميكى ...	١٨
٣ـ٣ أثر الزمن ليس حياديا	٢١
٣ـ٤ معيار نيتزمان	٢٦
(٤) التقييم فى اطار نموذج استثمارى	٣٢
٤ـ١ العلاقة بين عناصر مشكلة التقييم	٣٢
٤ـ٢ النموذج الاستثمارى	٣٨
٤ـ٣ دالة المسار الأمثل للتوسع فى القدرة المركبة	٤٣
٤ـ٤ تحليل الحساسية	٤٩
نتائـــج	
المراجـــع	٥٧

١ ـ مقدمة

وضع الفكر التنموى لاستخدام معايير الخصم فى تقييم المشروعات الاستثمارية فى الدول النامية قواعد منهجية ، اقتضاها لضمان سلامة هذا التقييم . وتتحصل بعض هذه القواعد فى وجوب استخدام هذه المعايير على أساس من الحساب الاجتماعى ، وفى اطار من التخطيط القومى طويل الأجل . فتقييم المشروعات تبعا لهذا الفكر هو مهمة تخطيطية بالدرجة الأولى .

ويتحصل البعض الآخر من هذه القواعد المنهجية ، فى وجوب قيام معايير التقييم على فروض واقعية تتلاءم مع الطبيعة الديناميكية للاستثمار فى المدة الطويلة كما تعكسها الخصائص الاقتصادية والفنية للمشروعات محل التقييم . فنتائج التقييم لا تتوقف فحسب على نوع الأسعار المستخدمة وانما أيضا على الطريقة المتبعة فى تقدير تيارات المنافع والتكاليف الاجتماعية خلال الزمن .

فالتسليم فرضا بأن المنافع والتكاليف المتحققة عن المشروع تزيد بمعدل ثابت مع الزمن ـ وان كان فيه ميزة التبسيط ـ الا أنه يتناقض مع الطبيعة الديناميكية للاستثمار طويل الأجل لا سيما فى مشروعات الطاقة الكهربائية . فغالبا ما تكون هذه المشروعات قادرة على تحقيق وفورات الحجم ويتسبب اغفال مثل هذه الخاصية فى تقدير فاعلية الاستثمار فى هذه المشروعات بأقل من الحقيقة . كما أن التسليم بثبات معدلات الاهلاك بجميع المشروعات ، هو افتراض غير سليم على الأقل بالنسبة لبعض المشروعات التى تزيد فيها معدلات الاهلاك بزيادة عمر الآلات والمعدات وهو ما يصدق على محطات التوليد بصفة عامة . وينطوى مثل هذا الافتراض الأخير على تقدير فاعلية الاستثمار بأكثر من الحقيقة .

ويعنى البحث ببيان أمرين ، أولهما : أن بعض معايير الخصم لا تقدم حلولا مثلى للمشكلات الاستثمارية فى قطاع الكهرباء لأنها تقوم على فروض استاتيكية تغفل أثر الزمن على التقييم الاقتصادى لعناصر التكلفة والعائد . وثانيهما : أن التحليل الديناميكى للاستثمار يمثل اطارا أفضل لتقييم فاعلية الاستثمار فى هذا القطاع .

ويرجع الاهتمام الخاص الذى يوليه الباحث لتقيم مشروعات توليد الطاقة الى عدة اعتبارات : أولها : أن لهذه المشروعات أهمية بالغة باعتبارها من مشروعات رأس المال الاجتماعى . وثانيها : ان الاعتبارات الديناميكية تحتل دورا هاما فى مجال تقييم هذه المشروعات يحكم مالها من خصائص اقتصادية وفنية . أما الاعتبار الثالث فهو اغفال معظم الدراسات التى تناولت تقييم هذه المشروعات للقواعد المنهجية التى تتطلبها الفكر التخوى فى ذلك ، فمشروعات الطاقة الكهربائية يجرى تقييمها غالبا باستخدام معايير الخصم المجردة دون مراعاة للشروط التى تطلبها الفكر الاقتصادى لذلك . والأمثلة متعددة ، فأغلب الدراسات التى اهتمت بتبرير البديل النووى للاقتصاد المصرى قد استخدمت صيغا بسيطة للخصم فى قالب قريب الى التحليل المالى [1] . كما أن الدليل الذى أصدرته وكالة الطاقة الذرية الدولية للاسترشاد به عند المفاضلة بين العطاءات النووية ، يخلو أيضا من أى اشارة واضحة لوجوب تأسيس هذا الاختيار على استخدام شروط لهذه المعايير [2] اشارة النماذج

---

(١) أنظر : على فهمى الصعيدى ، حتمية البرنامج النووى المصرى ، ورقة مقدمة لندوة ترشيد انتاج واستخدام الطاقة الكهربائية ، يناير ١٩٨٤ ، وأيضا :

H. Sirry, M. Ali, H. El Fouly and A. Mariy, Nuclear Versns Fossile Requirements for A.R. of Egypt's Electric Power Until Year 2000, Nuclear Plants Outhority. 1981.

(٢) انظر : IAEA, Economic Evaluation of Bids for Nuclear Power Plants, A Guide book, Technical Report Series, No. 175, Vienna, 1976.

المبرمجة لتخطيط التوسعات في قطاع الطاقة الكهربائيـــة والتي وضعها خبراء الطاقة في الدول المتقدمة ويجـــرى الترويج لها في الدول النامية باحسن حالا ، فهـــي تعتمد أيضا على أساليب الخصم العادية التي لا تلبي الشروط المنهجية المطلوبة (١).

ويضم البحث ثلاثة أقسام : نقوم في الأول منها باستعراض أهم الخصائـــص الاقتصادية والفنية لمشروعات توليد الطاقة الكهربائية وذلك بغرض التعرف على الطبيعة الديناميكية للاستثمار طويل الأجل في هذه المشروعات ، ونتناول في الثاني تحليل تأثير بعـــض الفروض الاستاتيكية التي تقوم عليها بعض معايير الخصم على نتائج تقيـــيم المشروعات ، مشيرين في أثناء ذلك الى أهمية أخذ الاعتبارات الديناميكية في الاعتبار. أما في الجزء الثالث والأخير ، فاننا نقترح من أجل التنسيق بين القرارات التخطيطية — أن نستخدم في صياغة المشكلة الاستثمارية على المستوى القطاعي نفس الأسلـــوب المستخدم في صياغتها على مستوى المشروعات ، وهو اسلوب تحليل العائد والتكاليـــف الاجتماعية . ونقترح كاطار لهذه الصياغة نموذجا استثماريا طويل الأجل بقطاع الكهرباء يقوم على اساس بعض المفاهيم المستمدة من نظرية رأس المال .

---

(١) انظر :

O.B. Falls, "A Survey of the Market for Nuclear Power In Developing Countries", Evergy Policy, Vol. 1, No. 3, 1973 PP. 230-301.

٢ ـ بعض الخصائص الاقتصادية والفنية لمشروعات

توليد الطاقة الكهربائية

تتصف مشروعات توليد الطاقة الكهربائية عن غيرها من المشروعات الزراعية والصناعية ببعض الخصائص الفنية والاقتصادية المميزة التى تعكس طبيعة الانتاج فيها ، والتى يفيد الالمام بها فى تطوير المعايير المستخدمة فى تقييمها بما يتلاءم مع طبيعة هذه المشروعات ، ومن أهم هذه الخصائص ما يأتى :

(٢ ـ ١) انخفاض معامل الحمل :

والخاصية الأولى التى تميز محطات التوليد هى عدم انتظام ساعات تشغيل هذه المحطات ليس فقط على مدار ساعات اليوم الواحد وانما أيضا على مدار أيام الأسبوع وفصول السنة . ويرجع ذلك لتغير الأحمال من ناحية ولعدم قابلية الطاقة المولدة للتخزين على نطاق واسع وبشكل اقتصادى من ناحية أخرى ويحتم ذلك توليد ونقل وتوزيع القدرة الكهربائية فى نفس لحظة طلبها وبالمقدار الكافى فقط لتغذية هذه الأحمال المتغيرة . كيما يتحقق الاتزان اللحظى بين قيمة الأحمال وقيمة القدرة المركبة بالمحطات (١) .

ويترتب على هذه الخاصية أن تتأثر اقتصاديات تشغيل ونتائج تقييم مشروعات التوليد بالعوامل التالية :

---

(١) انظر : فاروق غلاب ، وحمدى الشاعر ، التشغيل الاقتصادى للشبكة الكهربائية المصرية الموحدة ، ندوة ترشيد انتاج واستخدام الطاقة الكهربائية ، يناير ١٩٨٤ ، ص ٢ .

أ — انخفاض معامل الحمل (١) فى هذه المشروعات بالقياس الى الصناعات الأخرى التى يمكن فيها تخزين الناتج .

ب — يؤثر معامل الحمل تأثيرا عكسيا على متوسط التكلفة الثابتة ، ومن ثم على التكلفة المتوسطة للتوليد . فانخفاض هذا المعامل بنسبة واحدة ، يؤدى فى وحدات التوليد التى ترتفع فيها نسبة التكاليف الثابتة الى زيادة التكلفة المتوسطة للتوليد بنسبة أكبر . أما فى وحدات التوليد التى تنخفض فيها نسبة التكاليف الثابتة فان ذلك يؤدى الى زيادة التكلفة المتوسطة بنسبة أقل . وهذا ما يوضحه الجدول التالى :

جدول (١)

تأثير معامل الحمل على تكلفة الوحدة من الطاقة المولدة
فى مشروعين أحدهما نووى والآخر تقليدى *

معامل الحمل	المشروع النووى		المشروع التقليدى	
	التكلفة المتوسطة للكيلووات ساعة (بالديسى)	% من التكلفة الكلية عند معامل حمل = ١٠٠ %	للكيلووات ساعة (بالديسى)	% من التكلفة الكلية عند معامل حمل = ١٠٠ %
١٠٠	٥٤٠ر	—	٥٤٥ر	—
٨٠	٦٣٦ر	١٧٫٨	٥٧٧ر	٥ر٩
٦٠	٧٩٤ر	٤٧٫٠	٦٢٩ر	١٥ر٤
٤٠	١ر١١٢	١٠٥ر٩	٧٣٤ر	٣٤ر٧

(١) يعرف معامل الحمل (Load Factor) بأنه العلاقة بين الكيلوات المستهلكة فعلا ، وتلك التى كان يمكن استهلاكها عند أقصى معدل للطلب ، انظر :

E. Vennard, Management of The Electric Energy Business, McGrow Hill, 1979, pp. 17-19.

(*) هذا الجدول مأخوذ عن :

K.D. George, "The Economics of Nuclear and Conventional Coal Fired stations in U K.", Oxford Economic Papers, Oct., 1960. p.300.

ويتضح من الجدول أن معامل مرونة تكاليف التوليد النووى للتغيرات فى معامل الحمل يزيد بمقدار ثلاث أضعاف المعامل المناظر له فى التوليد التقليدى . ويرجع ذلك كما ذكرنا الى ارتفاع نسبة التكاليف الثابتة فى النوع الأول من التوليد عنها فى النوع الثانى .

حـ — تؤدى زيادة الأحمال غير المتوقعة الى نقص فى الطاقة المولدة وانخفاض مستوى القول الكلى للنظام (١) . مما يزيد معه بالتالى احتمال وقوع أضرار اقتصادية جسيمة لكل الوحدات الاقتصادية وبصفة خاصة الوحدات الصناعية اذا ما انقطع التيار أو انخفض مستوى الجهد (٢) . لهذا فمن الضرورى أن يتوافر مستوى ملائم من الطاقة الاحتياطية لمشروعات التوليد لدرء مثل هذه الاحتمالات .

وتتيح الطاقات الاحتياطية وفرا اجتماعيا خارجيا تشارك فى الحصول عليه مشروعات التوليد نفسها وكذلك كل الوحدات الاقتصادية الأخرى . ويتمثل هذا الوفر الاجتماعى فى تأمين هذه الوحدات ضد خسائر انقطاع التيار التى تعتبر تكاليفها الاجتماعية الحدية أعلى بكثير من التكاليف الاجتماعية الحدية لهذه الطاقات الاجتماعية .

د — تتوقف الكفاءة الاقتصادية لنظام التوليد على طريقة توزيع مهام التوليد على الوحدات المختلفة . فعندما تخصص الوحدات الأكثر كفاءة للحمل الأساسى

---

(١) يقاس مستوى القول بقسمة عدد المستهلكين / ساعة اظلام على عدد المستهلكين ساعة / سنة ، راجع
Vennard op. cit. pp. 102-103

(٢) أنظر فى أسلوب تقدير تكلفة انقطاع التيار وعدم انتظامه بالجهد المقرر :
M. Munasinghe, "Costs Incurred By Residential Electricity Consumers Due To Failures", Journal Of Consumer Research, Vol. 6, March 1980. pp. 361-362.
وأنظر أيضا لنفس المؤلف :
---------- The Economics of Power System Reliability Planning John Hopkins University Press, Baltimore, 1979.

والوحدات الأقل كفاءة لمقابلة أحمال الذروة فان ذلك يؤدى غالبا لرفع كفاءة نظام التوليد ككل (١) .

هـ - ان توقيت تشغيل المحطات يؤثر على كفاءة نظام التوليد . فعندما تكون الزيادة فى الطلب على الطاقة صغيرة فان اضافة وحدة توليد ذروية منخفضة التكاليف وتأجيل شراء وحدة حمل أساسى - الى حين بلوغ الطلب مستوى أعلى قد يساعد على تقليل تكاليف توليد الطاقة .

ويوضح الشكل (١) مثل هذا الموقف حيث نقيس فيه على المحور الأفقى الطاقة الكهربائية المولدة ونقيس على الناحية الأخرى مقدار فائض الطاقة معرفا بأنه الفرق بين الطاقة المطلوب توليدها (Dt) والطاقة التوليدية القصوى للوحدات القائمة . وعلى المحور الرأسى نقيس الزمن .

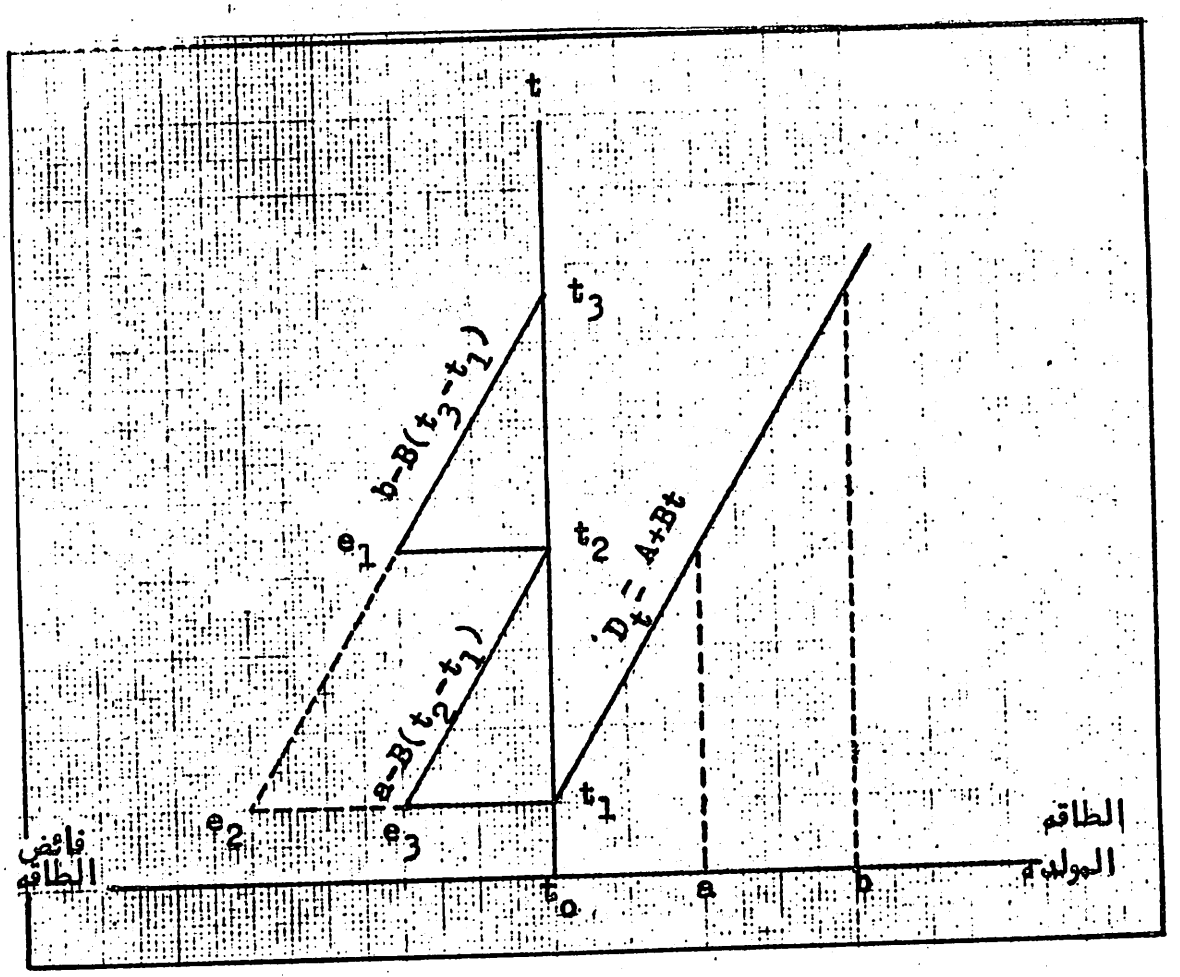
فاذا كان الطلب على الطاقة يزيد سنويا بمعدل ثابت هو (B) وفقا للدالة (٢) الخطية ($D_t = A + Bt$) ، وكانت وحدات التوليد القائمة فى الزمن (t_1) مشغلة بأقصى طاقاتها ، فمن الضرورى وقتئذ التوسع فى الطاقة التوليدية عن طريق ادخال وحدات جديدة فى الزمن (t_1) ، لمقابلة الزيادة المنتظمة فى الطلب على الطاقة . ويعتبر (t_1) هو الزمن الذى تبلغ فيه الطاقة الفائضة للوحدات القائمة صفرا .

---

(١) يطلق على الوحدات الأكثر كفاءة اسم وحدات العمل الأساسى ، وعلى الوحدات الأقل كفاءة اسم وحدات الذروة .

(٢) الخطية افتراض غير واقعى ولكن مأخوذ به لسهولته فى بعض الدراسات ، انظر مثلا :

Cairo University - MIT, Long Term Investment Planning of the Egyptian Electric Power System Preinvestment Survey for Capacity Expansion, June 1978, p. 6.



شكل (١)

أثر التوقيت على كفاءة نظام التوليد

واذا كانت البدائل المتاحة لهذا الفرض هما وحدتين أحدهما بخارية وتبلغ سعتها التوليدية (b) وأخرى غازية وتبلغ سعتها التوليدية (a) حيث (a = 1/2 b) فيمكن المفاضلة بينهما على أساس أثر كل منهما على حجم الطاقة الفائضة فى الوحدات القائمة واعتبار الوحدة الأفضل هى التى تجعل مقدار الطاقة التوليدية غير المستغلة أقل ما يمكن .

فادخال الوحدة البخارية سيؤدى — كما يظهر فى المربع الأيسر من الشكل — الى ظهور فائض غير مستغل فى طاقة هذه الوحدة فى أى زمن (t) واقع بين (t_1), (t_3) ومقداره $b - B(t-t_1)$

أما اذا أدخلت الوحدة الغازية بدلا من الوحدة البخارية فى نفس الزمن (t_1) فان ذلك يؤدى الى ظهور فائض غير مستغل فى طاقة هذه الوحدة فى أى زمن (t) واقع بين (t_1), (t_2) ومقداره $a - B(t-t_1)$

ومقارنة الأثر فى الحالتين نجد أن فائض الطاقة المتحقق فى الوحدة الغازية مقداره أقل ومدته أقصر . فعلى حين يستمر فائض الطاقة فى الوحدة البخارية لعدد من السنوات يعادل $(t_1t_2=b/B)$ فانه يستمر فى الوحدة الغازية لنصف هذه المدة فقط $(t_1t_3= 2t_1t_2)$ وعلى حين يبلغ مقدار الطاقة الفائضة فى الوحدة البخارية المقدار $b - B(t - t_1)$ فانه يبلغ فى الوحدة الغازية $a - B(t - t_1)$. ومع ضرورة ادخال وحدة غازية أخرى فى الوقت (t_2) — مع استمرار معدل الزيادة فى الطلب على ما هو عليه — فان تشغيل وحدتين غازيتين على مدى الفترة من (t_1) الى (t_3) سيكون أفضل من ادخال وحدة بخارية واحدة خلال نفس هذه الفترة والسبب فى ذلك أن مقدار فائض الطاقة المتحقق عن الوحدتين الغازيتين معا — ويقاس بمجموع المثلثين $(a_3 t_1 t_2 + a_1 t_2 t_3)$ — سيكون أقل

من فائض الطاقة المتحقق عن الوحدة البخارية خلال نفس الفترة والذى يبلغ $(e_1 t_1 t_3)$ بفارق يعادل المساحة $(e_2 e_3 t_1 - e_1 t_2 t_3 + e_3 t_1 t_2 = e_2 e_3 t_2 e_1)$

وهكذا نجد أن اضافة وحدة غازية صغيرة هو أفضل من اضافة وحدة بخارية كبيرة .

(٢ـ٢) عدم القابلية للانقسام :

تعتبر ضخامة حجم الاستثمارات التى تتطلبها مشروعات التوليد وعدم قابليتها للانقسام بمثابة الخاصية الثانية المميزة لها . فالوحدة من القيمة المضافة تتطلب فى هذه المشروعات قدرا أكبر من رؤوس الاموال عن غيرها من المشروعات مما يجعل هذه المشروعات تستأثر بنصيب أكبر من الاستثمارات القومية .

وترجع عدم قابلية الاستثمارات للانقسام فى هذه المشروعات لاعتبارين :

أولهما : أن وحدات التوليد من الحجم الاقتصادى لا تقل قدرتها المركبة عادة عن حد معين ، وثانيهما : أن هناك تكامل ضرورى بين الاستثمار فى التوليد وفى كل من النقل والتوزيع . فالكفاءة الاقتصادية لمشروعات التوليد تتوقف على حجم الوفورات الاقتصادية والفنية التى تحققها وحدات التوليد الكبيرة نسبيا وعلى تحقيق نوع من التوازن فى توزيع الاستثمارات بين التوليد والنقل والتوزيع (١) .

وتتسبب غالبا ضخامة هذه الاستثمارات وعدم قابليتها للانقسام فى احداث تقلبات حادة فى التكاليف الحدية فى الاجل القصير . فعادة ما يعقب ادخال هذه المشروعات أن يكون معدل الطلب محدود بالقياس الى معدل التوليد الاقصى

---

(١) تقدر بعض الدراسات ان الاستثمارات فى قطاع الكهرباء يجب أن تتوزع على مراحل التوليد ، النقل ، التوزيع ، وكهربة الريف بالنسب ٤ : ٢ : ١ : ١ راجع :

P. Pachauri, "Electric Power And Economic Deve.opment: The Case of India", Energy Policy, Vol. 10, No. 3, Sept., 1982, p. 199.

في هذه الوحدات التي لا تقل طاقتها عن حد معين . ويحدث نتيجة لذلك أن ترتفع في المدة القصيرة تكاليف الانتاج الحدية . ومن ثم سعر الكيلووات الاضافي بسبب تحميل التكاليف الثابتة على حجم محدود من الطلب . ولكن مع مضي الوقت وزيادة الطلب ، تبدأ التكلفة الحدية في الانخفاض حتى تصل الى أدنى مستوى لها بعد أن يزيد الطلب بما يكفي لتشغيل هذه الوحدات بأقصى طاقتها التوليدية وبما يحقق وفورات النطاق . ويشير هذا التقلب الحاد في التكلفة الحدية لمشروعات التوليد صعوبات بالغة عند تطبيق صيغ الخصم لعدم انتظام تيار النفقات والمنافع .

(٢ــ٣) طول فترة التفريخ :

وتشير الخاصية الثالثة الى ما تتميز به أغلب مشروعات التوليد من طول فترة التفريخ وهي الفترة التي تنقضي ما بين بدء تنفيذ المشروع ووقت بدء التشغيل . وتتفاوت هذه الفترة من وحدة لأخرى فعلى حين يستغرق تنفيذ المحطات الحرارية من ٣ الى خمس سنوات . قد تصل هذه الفترة بالنسبة لمحطات القوى ذات الطاقات التوليدية الهائلة كالمحطات المائية والنووية الى عشر سنوات . ويتسبب طول فترة التفريخ في صعوبة تقدير مختلف عناصر المنافع والنفقات المتوقعة عقب انتهاء فترة التفريخ وحتى نهاية عمر المشروع فالبدء بتنفيذ هذه المشروعات اليوم يجب أن يسبقه تنبؤ دقيق بما ستكون عليه هذه العناصر بعد عشر سنوات ، مثل أسعار الوقود وأسعار الفائدة ، تكلفة العمرات ومعدلات التضخم ومعدلات الطلب . وكلها من قبيل التنبؤات التي قد تشوبها العديد من الاخطاء نظرا لطول الفترة المتنبأ بها . مما قد يضطر معه المخططون الى استخدام أكثر التقديرات احتمالا .

(٢-٤) الطبيعة الاحتكارية :

أما الخاصية الرابعة فهي ما تتصف به مشروعات التوليد من طبيعة احتكارية تجد سببها في اتجاه النفقات المتوسطة للانتاج نحو الانخفاض خلال مراحل الانتاج المختلفة (١) وتجد تعبيرا عنها في قدرة المشروع الواحد بحكم ضخامة طاقته الانتاجية على تغطية أقليم جغرافي واسع . كما تجد سندها القانوني في فكرة حق الامتياز . وقد استتبعت هذه الطبيعة الاحتكارية تدخل الدول اما بتأميم هذه المشروعات أو باخضاعها لاشراف دقيق من جانبها وقد تمخض تدخل الدولة في هذه الصناعة عن فقدان مؤشرات السوق التقليدية كالأسعار والأرباح والتكاليف فاعليتها في تحريك رؤوس الأموال نحو هذه الصناعة (٢) وباتت الحاجة ماسة لأن يقوم المجتمع باتخاذ القرارات المتعلقة بهذه الصناعة بأسلوب تخطيطي وعلى هدى من استراتيجية قومية واضحة في مجال قطاع الطاقة عموما .

---

(١) انظر :

Phillip G. Le Bel, Energy Economics and Technology, the Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1982, P. 280.

(٢) انظر :

A. Kisselgoff and F. Modigliani, "Private Investment In The Electric Power Industry and the Acceleration Principle", Review of Economics and Statistics, Vol. 39, No. 4, Nov. 1957, p. 363.

(٢ـ٥) تعدد البدائل :

تشير هذه الخاصية الى أثر التقدم السريع فى تكنولوجيا الطاقة على زيادة عدد البدائل المطروحة للتقييم من هذه المشروعات . فمن الوحدات الحرارية ما يعمل بالفحم أو بالغاز أو بالسولار أو بالمازوت . ومن المحطات النووية ما يستخدم الوقود المخصب ومنها ما يستخدم اليورانيوم الخام . ويستتبع عادة اختلاف نوع الوقود اختلافات أخرى جوهرية فى هيكل التكاليف وخواص التشغيل وبالتالى فى نمط استخدام هذه المحطات .

فالوحدات المائية والنووية وبعض المحطات الحرارية التى يتطلب اعادة تشغيلها بعد ايقافها وقتا وتكلفة كبيرين عادة ما يجرى تشغيلها معظم الوقت لمقابلة الأحمال الأساسية . على حين تشغل بعض الأنواع الأخرى من الوحدات الغازية لمقابلة الأحمال الدورية والموسمية وطلب الذروة .

وتتصف هذه المحطات الأخيرة بأنها أصغر من الوحدات الحرارية وتقتضى تكاليف رأسمالية أقل وان كانت تكاليف الوقود فيها مرتفعة نسبيا وهو ما يوضحه الجدول التالى الذى يبين التكاليف الثابتة ، تكاليف الوقود ، وتكاليف التشغيل والصيانة كنسب من التكاليف الكلية لتوليد الكهرباء من المحطات الغازية .

جـدول (٢)

نسب التكاليف فـــى الوحدات الغازية (١)

(٪)

التكلفة	ساعات التشغيـــل السنويـــة					
	٢٠٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠٠	٦٠٠٠	٦٥٠٠	٧٠٠٠
تكاليف ثابتة	٢٦ر٥	٢٢ر٩	٢٠	١١ر٧	١٠ر٨	١٠ر٣
تكاليف الوقود	٦٤ر٠	٦٨ر٦	٧٢ر٥	٨٤ر٨	٨٦	٨٦ر٧
تكاليف التشغيل والصيانة	٩ر٠	٨ر٥	٧ر٥	٣ر٥	٣ر٢	٣
التكاليف الكلية	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

ويتضح من الجدول (٢) أن تكاليف الوقود لها تأثير هام على تكاليف التوليد الكلية فى هذا النوع فى المحطات لا سيما عندما ترتفع ساعات التشغيل . غير أنه من الملاحظ أن تكاليف الوقود يمكن أن تزيد بشكل محسوس ، اذا ما انخفضت معدلات الكفاءة الحرارية فى المحطات.وعموما تتصف الوحدات الغازية بانخفاض كفاءتها وارتفاع تكاليف تشغيلها وصيانتها بالمقارنة بالمحطات البخارية التقليدية . (٢)

---

(١) المصدر : حمدى الشاعر ، طلعت الطبلاوى ، محمد الجزار ، عزة شاهين ، ماهر عزيز ترشيد تشغيل المحطات الغازية ، ندوة ترشيد انتاج واستخدام الطاقة الكهربائية ، يناير ١٩٨٤ ، ص٨ .

(٢) نفس المرجع ، ص ١٠ — ١١ .

ويترتب على تعدد البدائل مع اختلاف خصائصها الاقتصادية والفنية أن تختلف نتائج تقيمها تبعا لعاملين ، الأول : هو نوع الفروق ومداها بين البدائل المختلفة ، والثاني الوزن الذى يعطيه معيار التقييم المستخدم لكل نوع من هذه الفروق .

فالمحطات الحرارية التى تعمل بالمازوت أو السولار ستتأثر نتائج تقيمها بزيادة أسعار المنتجات البترولية حيث تمثل تكلفة الوقود حوالى ٧٥٪ [1] من تكاليف الانتاج الكلية على حين لا تتأثر نتائج تقييم المحطات النووية بهذه الزيادة .

كما أنه يترتب على اختلاف هيكل التكاليف بين الوحدات المختلفة ان تعتمد نتائج المقارنات بينها بدرجة كبيرة على مستوى سعر الفائدة . فالأخذ بسعر فائدة منخفض ينطوى على ترجيح للمشروعات المائية والنووية التى ترتفع فيها نسبة التكاليف الثابتة بينما ينطوى الأخذ بسعر مرتفع للفائدة على ترجيح للمشروعات الحرارية التى ترتفع فيها نسبة تكاليف التشغيل .

ويصور جدول (٣) درجة تأثير التغير فى سعر الفائدة على تكلفة انتاج الوحدة من الطاقة المولدة فى مشروعين أحدهما نووى وترتفع فيه نسبة التكاليف الثابتة والآخر تقليدى وترتفع فيه نسبة تكاليف التشغيل .

---

(١) حمدى الشاعر ، المرجع السابق ، ص ٨ .

جـدول (٣)

تأثير التغير فى سعر الفائدة على تكلفة انتاج الكيلووات ساعة فى مشروعين أحدهما نووى والآخر تقليـــدى (١)

سعر الفائدة	المشـــروع النووى		المشروع التقليـــدى	
	التكلفة الكلية للكيلووات ساعة	٪ من التكلفة عند سعر فائدة = ٣٪	التكلفة الكليـة للكيلووات ساعة	٪ من التكلفة عند سعر فائدة = ٣٪
٣	٥٨٨ر	—	٥٥٤ر	—
٤	٦٢٢ر	٥ر٧	٥٦٥ر	١ر٩
٥	٦٦٠ر	١٢ر٢	٥٧٧ر	٤ر١
٦	٧٠٠ر	١٩ر٠	٥٩٠ر	٦ر٤

ويظهر من الجدول أن معامل مرونة التكاليف للتغير فى سعر الفائدة هـــو أعلى بدرجة كبيرة فى المشروع النووى عنه فى المشروع الحرارى .

---

(١) هذا الجدول مأخوذ عن المصدر التالى :

K. D. George, op. Cit. , p. 299.

٣ـ معايير الخصم والاعتبارات الديناميكية

تحتل الاعتبارات الديناميكية ـ بمقتضى الخصائص السابقة ـ أهمية خاصة في مجال التخطيط الاستثماري طويل الأجل لقطاع الكهرباء . فانخفاض معامل الحمل ، طول فترة التفريغ ، وطول العمر الانتاجي لوحدات رأس المال في مشروعات هذا القطاع كلها خصائص تجعل للقرارات التخطيطية بعدا زمنيا واضحا يتعين أخذه في الاعتبار عند اجراء المفاضلة بين البدائل من هذه المشروعات .

(٣ـ١) الخصم فكرة مجردة :

ويؤثر الزمن على قرارات الاستثمارات التخطيطية عموما من خلال ما يحمله على التكاليف والمنافع من قيم متفاوته بانقضائه . فنتيجة النشاط الاستثماري لا تظهر في الحال وانما بعد وقت معين ويترتب على ذلك أمران : الأول أن قيمة الموارد الاقتصادية ليست مستقلة عن الزمن كما هو مفترض في التحليل الاستاتيكي وانما متوقفة عليه ، والثاني : أن قيمة نفس القدر من الموارد الاستثمارية في الفرص البديلة تختلف من وقت لآخر .

والخصم لا يعدو أن يكون أسلوبا لمقارنة القيم الاقتصادية في أزمنة مختلفة ، عن طريق ايجاد النظائر الحالية للقيم المستقبلية ، ولا ترتبط بالضرورة فكرة الخصم بمفهوم معين للنقود أو سعر الفائدة وانما بقدرة الموارد الاستثمارية على تحقيق عائد آجل . فالنقود ليست سوى أساس عام لمقارنة قيم الموارد الاقتصادية الحقيقية ولا يستمد منها الخصم سبب وجوده ، وانما يستمده من فكرة المقايضة بين قيم اقتصادية حاضرة وأخرى آجلة .

ومع التسليم من حيث المبدأ بأهمية فكرة الخصم فى مجال تقييم المشروعات ، الا أن الأخذ بها لا يخلع بصورة تلقائية على معيار التقييم مضمونا ديناميكيا لأنه لا يقصد بالخصم — وعلى ما ذكرنا — سوى تخليص المقارنات من الاعتماد على عنصر الزمن عن طريق رد مختلف القيم الى أساس زمنى واحد ، على حين ينصرف المضمون الديناميكى الى التعبير عن تيارات التكاليف والمنافع كدوال صريحة فى الزمن .

ويتعذر بوجه عام تحديد التوقيت الأمثل للمشروعات — مع ما لهذا التحديد من أهمية بالنسبة لمشروعات التوليد — من غير أن نخلع على معايير التقييم المضمون الديناميكى المشار اليه . فعلى حين يعطى التحليل الاستاتيكى اجابة من نوع واحد اما بقبول أو رفض مشروع معين ، فان التحليل الديناميكى يجعل من أفضلية مشروع ما مسألة نسبية متوقفة على الزمن ، وقابلة لأن تتأثر بتأجيل المشروع أو التعجيل به . تبعا لما اذا كان مضى المدة سيجلب تغيرا فى القيمة الحاضرة للمنافع أكثر أو أقل من التغير فى القيمة الحاضرة للنفقات (١) .

(٣—٢) المفاضلة بين البدائل فى اطار ديناميكى :

تكتسب الأفضلية التى تتقرر للمشروعات معنا جديدا فى اطار التحليل الديناميكى . فالمشروع الأفضل فى هذا الاطار ليس الذى يحقق أقصى قيمة حالية للمنافع الصافية أو أدنى قيمة حاضرة للتكاليف — بالقياس الى نقطة زمنية معينة

---

(١) انظر كل من :

Stephen A. Marglin, Approaches to Dynamic Investment Planning, North Holland Publishing Company, Amestrdam, 1963, pp. 10-11.

Joe Bain, "Criteria for Undertaking Water Resouces Development," American Economic Review, 50 (1960) p. 310.

تناظر لحظة تقييمه — وانما هو المشروع الذى لو أجل زمنيا لكان مجموع القيم الحالية الصافية — خلال الفترة التى يستغرقها البرنامج الاستثمارى — أقل عن ذى قبل ٠

ولتوضيح ذلك المفهوم نجرى المفاضلة بين مشروعان للتوليد أحدهما نووى والآخر مائى يتساويان فى السعة التوليدية وفى تكاليف الانشاء التى تبلغ للمحطة الواحدة ١٥٠ مليون جنيه غير قابلة للزيادة حتى لو تأجل تنفيذ أى منهما بعض الوقت ٠

فاذا قدر النفع الممكن تحقيقه عن المشروع النووى فى الفترة سنة ١٩٨٠ وحتى سنة ٢٠٠٠ بعشرة ملايين جنيه سنويا يرتفع بعدها الى مائة مليون جنيه سنويا لحين نهاية عمر المشروع المقدر له أربعون عاما (أى حتى عام ٢٠٢٠) ٠ (بسبب حدوث طفرة فى الطلب على الطاقة الكهربائية بسبب انشاء سلسلة من المدن العمرانية الجديدة مثلا)٠

واذا قدر النفع الممكن تحقيقه عن المشروع المائى بخمسة وعشرون مليون جنيها سنويا ، تستمر من تاريخ انشائه وحتى أجل غير مسمى (حيث تفترض أن عمر المشروع المائى لا نهائى) واذا بلغت الميزانية الاستثمارية المدرجة فى عام ١٩٨٠ — ١٥٠ مليون جنيه ، وكان سعر الفائدة ثابت ويعادل ٥٪ ٠

فان القيمة الحالية للمنافع الاجمالية المتحققة عن المشروع النووى (خلال الفترة من ١٩٨٠ — ٢٠٠٠) = ١٠ × ٠٫٠٥ × [١ — (١٫٠٥)^-٢٠] = ١٢٤٫٦٢ مليون جنيه كما أن القيمة الحالية للمنافع الاجمالية المتحققة عن نفس المشروع (خلال الفترة من ٢٠٠٠ — ٢٠٢٠)= ١٠٠ × ٠٫٠٥ × ١٫٠٥^-٢ = ٧٥٣٫٧٨ مليون جنيه ٠ أى أن مجموع القيم الحالية للمنافع الاجمالية المتحققة عن المشروع النووى خلال الفترتين معا = ١٢٤٫٦٢ + ٧٥٣٫٧٨ = ٨٧٨٫٤٠ مليون جنيه ٠

فاذا ما طرحنا من هذا الرقم الأخير تكاليف انشاء هذا المشروع وتبلغ ١٥٠ مليون جنيه ، فاننا نحصل على القيمة الحالية الصافية المتحققة عن المشروع النووى طوال عمره الانتاجى وتبلغ ٧٢٨ر٤٠ مليون جنيه . واذا ما قمنا بحساب القيمة الحالية للمنافع الصافية المتحققة عن المشروع المائى بدء من نفس السنة التى أجرينا فيها الحساب السابق لوجدناها تعادل ٣٥٠ مليون جنيه (٢٥ × ٥ —١ — ١٥٠ = ٣٥٠) .

ويتضح اذن أن من الأفضل البدء فى عام ١٩٨٠ بانشاء المحطة النووية وذلك تأسيسا على أن القيمة الحالية للمنافع الصافية والمتحققة عنها ومقدارها (٧٢٨ر٤) — هى أكبر من نظيرتها فى المحطة المائية والتى تبلغ ٣٥٠ مليون جنيه . ولما كان المخطط يهتم عادة — بوضع برنامج متوسط وطويل الأجل للتوسعات فى الطاقة التوليدية وكان معلوما لديه أن الطلب على الطاقة سيتطلب فى سنة ١٩٨٥ انشاء محطة أخرى فقد ينتهى بوضع خطة متوسطة الأجل للتوليد تقوم على البدء بتنفيذ المحطة النووية فى عام ١٩٨٠ والمحطة المائية فى عام ١٩٨٥ .

وعلى هذا الأساس فانه يمكن تقدير القيمة الحالية للمنافع الصافية للبرنامج الاستثمارى ككل عن طريق حساب القيمة الحالية للمنافع الصافية للمشروع المائى فى عام ١٩٨٥ باعتبارها الفرق بين القيمة الحالية للمنافع الاجمالية له ، وتساوى (٢٥ × ٠٥ر — ١ × ٠٥ر١ — ٥ = ٣٩١ر٥) ، وبين القيمة الحالية لتكاليف انشائه وتساوى (١٥٠ × ٠٥ر١ — ٥ = ١١٧ر٤٥) وبذلك يبلغ مجموع القيمة الحالية للمنافع الصافية الصافية المتحققة عن المشروعين معا فى اطار هذا البرنامج الزمنى للاستثمارات (٧٢٨٠ر٤ + ٢٧٤ر٠٥) = ١٠٠٢ر٤٥ مليون جنيه .

(٣-٣) أثر الزمن ليس حياديا :

ولكن هل يعتبر هذا البرنامج أفضل البرامج الممكنة أم أن هناك برنامج آخر أفضل منه ؟ للتحقق من ذلك نقوم بتقييم البرنامج الزمنى البديل الذى يعجل فيه بانشاء المشروع المائى فى عام ١٩٨٠ ويؤجل فيه المشروع النووى الى عام ١٩٨٥ .

فى هذا البرنامج البديل يحقق المشروع النووى من تاريخ بدء تشغيله فى عام ١٩٨٥ وحتى عام ٢٠٠٥ قيمة حالية للمنافع الاجمالية = (= ١٠ × ٠٥ر-١ × ٠٥ر١-١٥ × ٠٥ر١-٥ = ٢٨ر٨١) مليون جنيه ، ثم يحقق فى العشرين سنة الأخرى من عمره الانتاجى ابتداء من عام ٢٠٠٥ وحتى عام ٢٠٢٥ ما يعادل (-١ × ٠٥ر-١ × ٠٥ر١-٢٠ = ٧٥٣ر٧٨ مليون جنيه) . أى أن المشروع النووى سيحقق لو بدء تشغيله عام ١٩٨٥ قيمة حالية للمنافع الاجمالية مجموعها (= ٢٨ر٨١ + ٧٨ر٧٥٣ = ٠٦ر٨٣٥) مليون جنيه .

فاذا ما طرحنا من هذا الرقم الأخير القيمة الحالية لتكاليف انشاء هذا المشروع والتى تبلغ (١٥٠ × ٠٥ر١-٥ = ٤٥ر١١٧) لكانت القيمة الحالية للمنافع المتحققة عن المشروع النووى (اذا ماانفذ فى عام ١٩٨٥) - ٠٦ر٨٣٥ مليون جنيه (= ٤٥ر١١٧ + ٦١ر٧١٨) .

فاذا ما أضفنا ما تحقق عن المشروع المائى من قيمة حالية للمنافع الصافية ، وتبلغ مقدار ثابت (لأن عمر هذا المشروع لا نهائى) لكان البرنامج الاستثمارى البديل الذى يبدأ فيه المشروع المائى قبل النووى محققا لقيمة أكبر من المنافع الصافية يبلغ مجموعها ٦١ر٧١٨ + ٣٥٠ = ٦١ر١٠٨٦ وهى تزيد عن القيمة الحالية للمنافع الصافية المتحققة عن البرنامج الأول بـ ٦٥ مليون جنيه .

فالذى يحدد التوزيع الزمنى الأمثل للاستثمارات ، ليس هو المستوى المطلق للمنافع الصافية وانما هو الكسب أو الخسارة النسبية فى هذه المنافع الناجم عن تأجيل أو تعجيل بأحد المشروعات . وعلى ذلك فليس المهم أن ينفوق أحد المشروعات على غيره تفوقا مطلق فى نقطة زمنية واحدة وانما يجب أن يحقق التتابع الزمنى للمشروعات — على مدار كل الفترات الزمنية للاقتصاد القومى — أقصى قيمة للمنافع الصافية . فالنمط الاستثمارى الأمثل هو الذى يؤدى الخروج عليه بتقديم أو تأخير أحد المشروعات الى نقص مجموعة القيم الحالية للمشروعات المدرجة جميعا فى اطار برنامج واحد وعلى امتداد كل الفترات التى يشملها الأجل التخطيطى . وعلى ذلك يجب أن يكون المعيار المستخدم فى صياغة البرنامج الاستثمارى قادرا على تمييز المشروع الأفضل باعتباره المشروع الذى يترتب على تأجيله حدوث نقص صافى فى المنافع الحالية للبرنامج ككل .

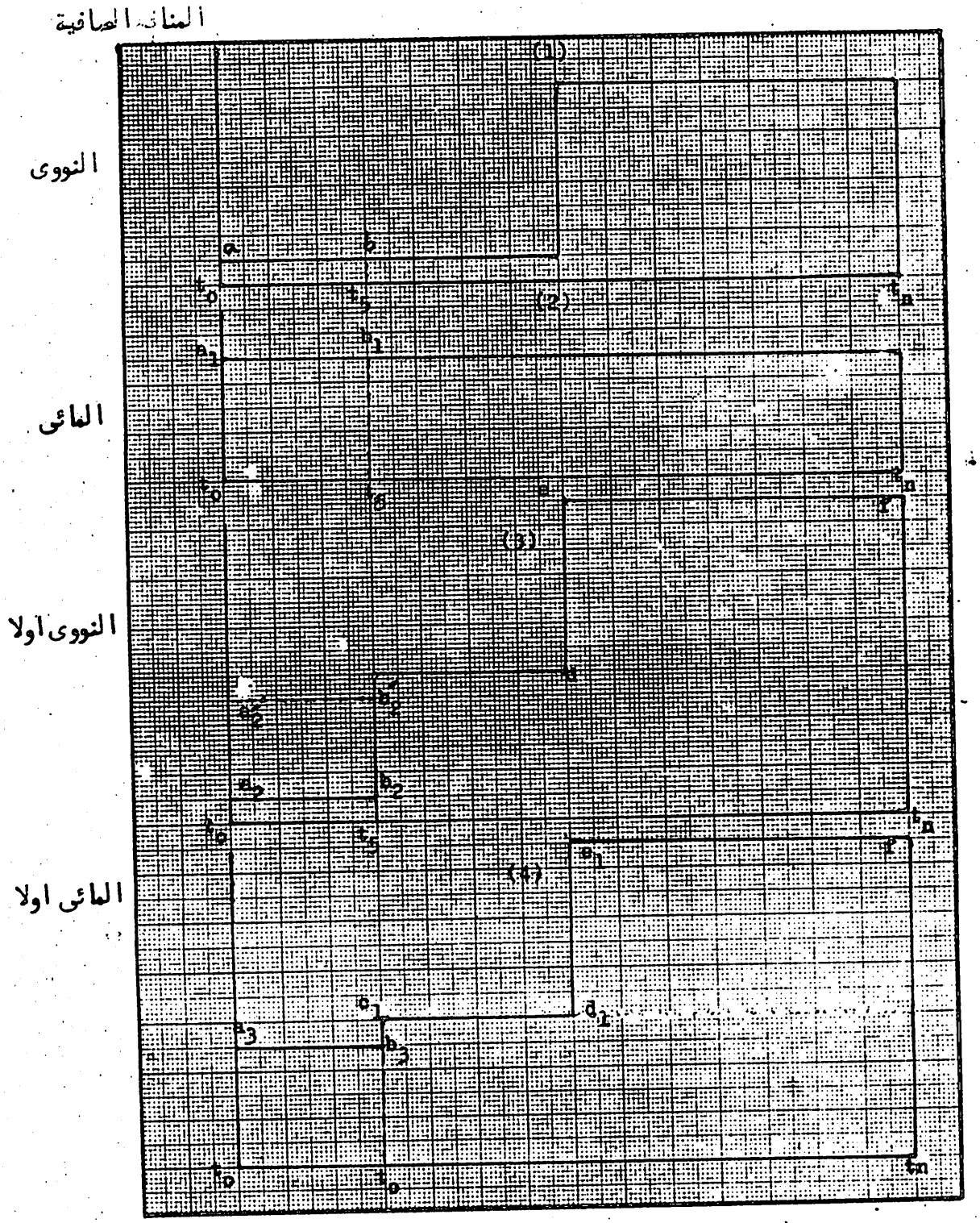
فاذا كان المشروع النووى فى المثال السابق يتفوق تفوقا مطلقا فى الفترة الزمنية الأولى فليس فى ذلك مبرر كاف لتقديمه على المشروع الآخر . لأن العبرة ليست فى تفوق أحد المشروعات تفوقا مطلقا على غيره من المشروعات وانما العبرة فى تفوقه بشكل نسبى على امتداد الفترات الزمنية الأخرى التى يشملها الأجل التخطيطى . فاذا كان تأجيل المشروع النووى يسبب خسارة مقدارها ١٠ مليون جنيه فى القيمة الحالية للمنافع الصافية المتحققة وكان تأجيل المشروع المائى يرتب خسارة مقداره ٧٥ مليون جنيه فان تأجيل المشروع النووى يكون أفضل من التعجيل به . فأنسب وقت للقيام بالاستثمار هو الذى تتساوى عنده الخسارة الحدية فى المنافع الناجمة عن تأجيل المشروع بفترة زمنية واحدة مع الوفر الحدى المتحقق عن تأجيل هذه التكاليف بعض الوقت .

ويصور الشكل (٢) الفكرة السابقة بوضوح . فالمنحنى المنكسر فى الجزء (١) يعبر عن المسار الزمنى للمنافع الصافية المتحققة عن المشروع النووى ويعبر الخط الأفقى فى الجزء (٢) عن المسار الزمنى للمنافع الصافية المتحققة عن المشروع المائى ونلاحظ أن المحور الأفقى فى الرسمين (١) ، (٢) يقيس الزمن من (to) الى (tn) وعلى ذلك يمكن جمع الرسمين معا فى الشكلين (٣) ، (٤) ففى الرسم (٣) نجمع المنافع الصافية المتحققة للمشروعين جمعا رأسيا فى اطار برنامج استثمارى تتقرر فيه ادراج المشروع النووى فى الزمن (to) وتأجيل المشروع المائى للتنفيذ فى الزمن $(t5)$ ويقيس الرسم (٤) المنافع الصافية المتحققة عن البرنامج الاستثمارى البديل الذى يدرج فيه المشروع المائى فى الزمن (to) ، ويؤجل المشروع النووى للزمن $(t5)$. ويظهر من مقارنة المساحتين الواقعتين تحت الخط المنكسر فى الشكلين (٣) ، (٤) . ان البرنامج الذى يبدأ فيه المشروع المائى أولا ، يحقق قيمة أكبر للمنافع الصافية عن البرنامج الآخر . فالفرق بين المساحتين يمثل $(a_2 \acute{a}_2 b\ b_2)$ وهو ما يعادل الفرق فى قيمة المنافع الصافية المتحققة للمجتمع بين البرنامجين مضروبة فى عدد سنوات الفترة التخطيطية الأولى .

فتأجيل المشروع النووى الى الزمن $(t5)$ بدلا من (to) ، يؤدى الى خسارة فى صافى المنافع المتحققة مقدارها $(a_1\ b_1\ t_5\ to)$ هذا بينما يؤدى تأجيل المشروع (ب) الى خسارة أكبر منها مقدارها

$$(a_1\ b_1\ t_5\ t_o - a\ b\ to\ t_5 = a_2\ b_2\ \acute{b}_2\ \acute{a}_2)$$

ويتضح من التحليل المتقدم أن عدم اتساق النتائج التى تعطيها بعض معايير الخصم اذا ما طبقت عند أكثر من نقطة زمنية ، انما يرجع الى ما تقوم عليه هذه المعايير من افتراض استاتيكى مؤداه أن للزمن تأثير حيادى على جميع التيارات حيث يترك أثرا متعادلا تظل معه الأفضلية النسبية للمشروعات ثابتة . ويعتبر هذا الافتراض



شكل (٢)

أثر التوقيت على كفاءة البرنامج الاستثمارى

فى الواقع غير سليم بالنظر الى اعتبارين أولهما : أن الطبيعة الديناميكية للاستثمار فى هذه المشروعات قد تجعل لكل من المنافع والنفقات مسارات زمنية مختلفة . وثانيهما أن تتابع تنفيذ المشروعات على الفترات الزمنية المختلفة يجعلها مرتبطة ببعضها البعض من خلال الوفورات الخارجية وقوانين المنفعة .

نخلص اذن بأن معايير الخصم الاستاتيكية التى تستهدف رد القيم الاقتصادية الى نقطة واحدة فى الزمن لا تعطى نتائج مثلى فى الحالة التى يؤثر فيهما الزمن على تيارات المنافع والنفقات للمشروعات المختلفة تأثيرا متفاوتا بحيث يجعل لهذه التيارات مسارات زمنية مختلفة (١) .

ويثور ازاء احتمال تعارض نتائج بعض معايير الخصم تساؤل هام حول كيفية تطوير طريقة استخدام هذه المعايير حتى تأتى نتائجها متسقة وشاملة لمختلف لمسألة التوقيت . أو بعبارة أخرى كيف نضمن أنه اذا تقررت بمقتضى أحد هذه المعايير أولوية المشروع (a) للتنفيذ فى الزمن (t^*) ، فانه ليس هناك أى وقت آخر للتنفيذ يحقق لهذا المشروع ومن ثم للبرنامج الاستثمارى القطاعى ككل قيمة أكبر للمنافع الصافية الاجتماعية ، وأنه ليس هناك بديل آخر يبدأ فى نفس هذا الزمن يحقق قيمة أكبر لهذه المنافع .

والواقع أنه يمكن الحصول على أفضل الحلول لهذه المشكلة عن طريق استخدام النماذج الديناميكية التى يجرى فيها التعبير عن معيار التقييم كدالة هدف ، وعن المنافع والنفقات الاجتماعية كدوال صريحة فى الزمن . فيمكن ابتداءا أن نفترض أن تكاليف التوليد تتغير مع الزمن وفقا للدالة التالية (٢) .

---

(١) انظر : Marglin, op. cit., pp. 10-15.

( ) استخدمت هذه الدالة بشكل عام فى المفاضلة بين المشروعات الاستثمارية التى تتفاوت فيها نسب التكاليف الثابتة بشكل واضح .

انظر : P.J. Buckley and M. Casson, "The Optimal Timing of A Foreign Direct Investment" Economic Journal, March 1981, pp. 80-83.

$$C_i^*(t) = \phi_i(t)\, C_i(t)\, exp\left[-\int_o^t (T)\, dT\right] \qquad ٣-٣$$

$$(\phi(o) = 1 \ , \ d\phi / dt \quad o)$$

حيث تشير $C_i(t)$ الى تكاليف المحطة (i) فى الزمن (t) ، مخصومة بسعر الفائدة (r) ، الذى يتوقف بدوره على الزمن ويشير $\phi_i(t)$ الى المعدل الذى ينخفض به التكاليف بمرور الوقت .

اما عن وجه الملائمة فى استخدام هذا النوع من الدوال ، فانما يرجع الى أنه يحقق عدة مزايا فهو أولا يأخذ بفكرة الخصم ، ويسمح ثانيا ، بانخفاض تكاليف التوليد بشكل ديناميكى فى الزمن ، وثالثا لا يفترض ، وعلى عكس معظم الدوال الأخرى ثبات سعر الفائدة .

ويمكن صياغة شروط التوقيت الأمثل لمشروعات التوليد من خلال موقف تفترض فيه أن أحد الوحدات الفازية التى أوشك عمرها على الانتهاء ويرمز لها بالرمز (i) جارى تشغيلها فعلا منذ عدة سنوات ، وانها تتكلف سنويا نفقات تشغيل مقدارها $C_i^*(t)$ ولكنها لا تتكلف نفقات ثابتة بالنظر الى أنها محطة قد جرى انشائها بالفعل . الا أنه مع اقتراب عمرها الافتراضى على الانتهاء فانه يتعين اختيار التوقيت الأمثل لادخال وحدة توليد جديدة نرمز لها بالرمز (j) .

ولما كانت الوحدة (j) تتكلف قدرا يعتد به من التكاليف الثابتة فسنعتبر أن تكاليف هذه الوحدة مكونة من شقين الأول ثابت ومقداره $F_j^*(t)$ والآخر جارى ومقداره $C_j^*(t)$

كما نفترض أن المجتمع حريص فى اختياره لميعاد ادخال الوحدة (j) للخدمة على تعظيم صافى القيمة الحالية للفرق بين تكلفة الوحدتين فى الصورة التالية :

$$NPV(t) = C_i^*(t) - C_j^*(t) - F_j^*(t) \qquad ٣-٤$$

حيث

$$C_i^*(t) = \int_t^{\infty} C^*(T)\, dt, \ldots\ldots$$

$$C_j^*(t) = \int_t^{\infty} C_i(T)\, dt,$$

$$F_j^*(t) = \exp\left[-\int_0^t r(T)\, dT\right] F_j(t)$$

وتتضمن هذه الصورة أن من بين الشروط الضرورية لتعظيم صافى القيمة الحالية للفرق بين تكلفة الوحدتين الشرط التالى :

$$C_i^*(t) - C_j^*(t) = -dF_j^*/dt \ldots\ldots \qquad ٣-٥$$

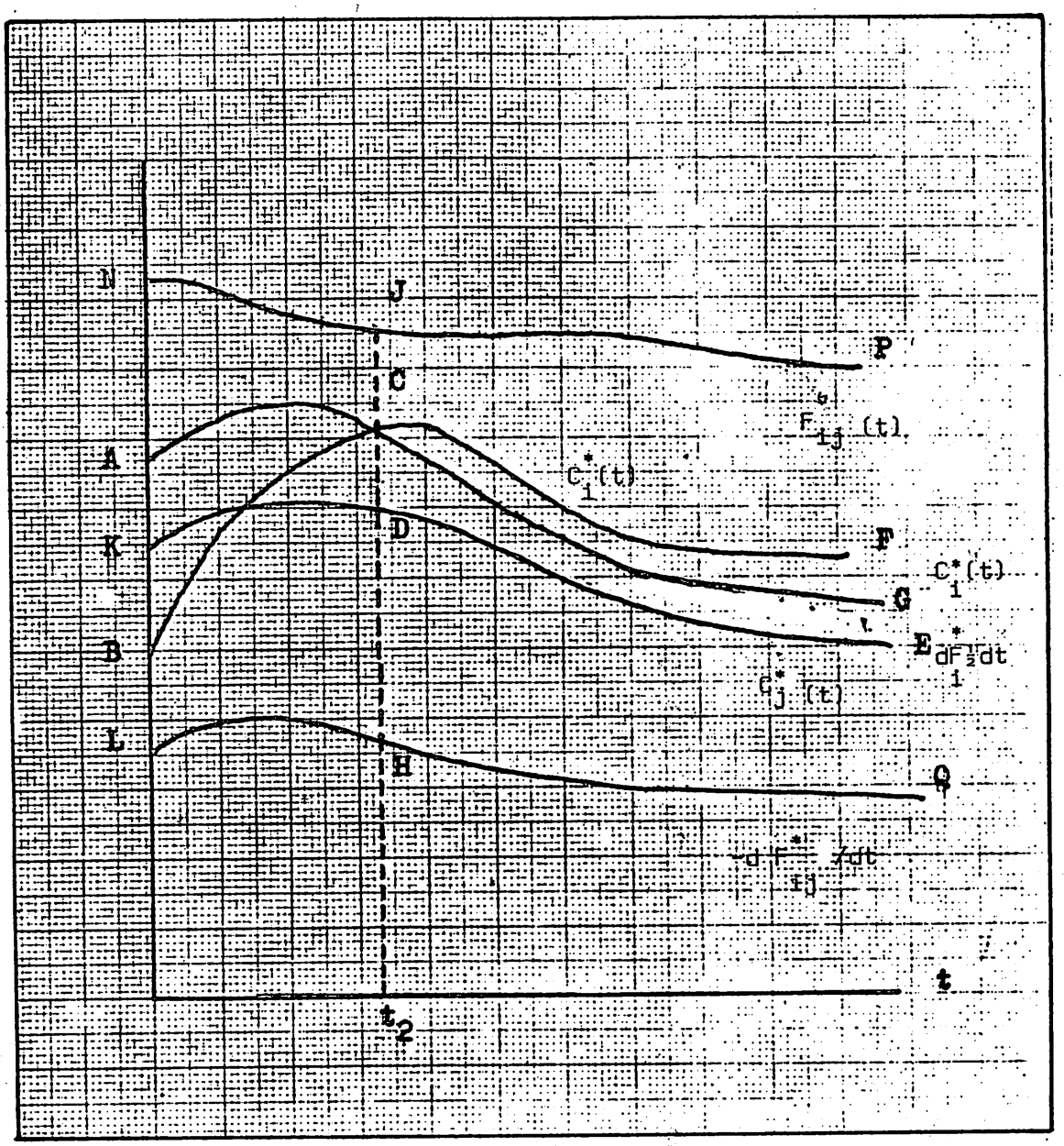
ويحذف $\exp\left[\int_0^t r(T)\, dt\right]$ من طرفى المعادلة (٥) نحصل على

$$\phi(t)\, C_i(t) - \phi_j(t)\, C_j(t) = r(t)\, F_{ij}(t) - df_j/dt \qquad ٣-٦$$

ويشير الشرط الذى تعبر عنه المعادلة (٦) الى أنه يجب تأجيل ادخال الوحدة (J) الى ذلك الوقت الذى تتعادل عنده القيمة الحالية لتكاليف تشغيل المشروع (i) مع القيمة الحالية للوفر الرأسمالى المتحقق من عدم ادخال (j)

ويعبر الشكل[1] (٣) عن الشروط السابقة بيانيا حيث يقيس الوفر الصافى فى نفقات التشغيل بالفرق بين ارتفاع المنحنى (BCF) ، والمنحنى (KDE) . كما يقيس الوفر فى التكاليف الثابتة المتحقق عن تأجيل ادخال الوحدة (J) بارتفاع المنحنى (LHQ) أما القيمة الحالية لمقدار الوفر أو نفقات التشغيل والناجمة عن ايقاف المحطة (i) والذى يساوى $(C_i^*(t) - C_j^*(t))$ فانه يقاس على الرسم بالمساحة CDEF .

(١) فكرة هذا الشكل مقتبسة عن نفس المرجع السابق ، ص ٨٣



شكل (٣)

شـرط التوقيـت الامثـل

ويتضح من الشكل (٣) أن التوقيت الأمثل لادخال المشروع (j) هو الوقت (t_2) الذى يتساوى عنده الوفر فى التكاليف الثابتة الناجمة عن تأجيل (j) والذى يقاس بالمساحة العمودية (HI) مع القيمة الحالية للوفر فى تكاليف التشغيل الناجمة عن توقف العمل بالوحدة (i) .

(٤٠٣) معيار فيتزمان :

يستخدم هذا المعيار فى جدولة مشروعات التوسع فى الطاقة التوليدية زمنيا عن طريق اختبار المشروع الذى يقابل الطلب النهائى على الطاقة الكهربائية بأقل تكلفة مخصومة ممكنة . فالمهم من وجهة نظر هذا المعيار أن يتم اختيار مشروعات التوليد المختلفة بترتيب أمثل يحقق أدنى قيمة لدالة التكاليف التى تعبر عن القيمة الحالية لجميع نفقات مشروعات التوليد والتى تأخذ الصورة التالية [1] :

$$\int_0^{\infty} F_{i(h)} \quad (t - T_h)\, e^{-rt} \quad dt \qquad ٣-١$$

حيث تشير $F(t-T)$ لدالة تكاليف المشروع (i) ، (T) لتاريخ بدء الانتاج و (t) لتاريخ بدء تنفيذ المشروع .

ويتخذ هذا المعيار صيغة تطبيقية من خلال تعريف نفقة الاسترداد لمشروع التوليد (i) ويرمز لها بالرمز (C_i) على أنها المدفوعات الافتراضية للوحدة من الناتج التى تجعل المشروع يبلغ نقطة التعادل ويمكن تقدير نقطة الاسترداد هذه بالصيغة التالية التى اقترحها الأستاذ فيتزمان [2]

$$C_i = \frac{r^2 \gamma_i}{B(1 - e^{-r\,K/B}} \qquad ٣-٢$$

---

(١) انظر : Cairo University, Mit, op. cit. p. 9

(٢) نفس المرجع ، ص ١٠ .

حيث يشير (r) الى سعر الخصم ، (B) لمعدل الزيادة فى الطلب على الطاقة الكهربائية ، (K) الطاقة التوليدية القصوى . وتبعا لذلك يعتبر المشروع الأفضل هو الذى يحقق أقل قيمة لـ (C_i) .

ويحقق هذا المعيار على الأقل ثلاث مزايا واضحة الأولى : أن له نفس فكرة معيار معدل العائد ، والثانية : أنه يأخذ فى اعتباره تأثير حجم المشروع على نفقة انتاج الطاقة ، والثالثة : سهولة تطبيقه عند المفاضلة بين عدد كبير من المشروعات ومع ذلك يؤخذ على هذا المعيار بعض المآخذ أولها : أنه لا يعطى نتائج مثلى الا اذا كانت دالة المسار الزمنى للطاقة المولدة هى دالة خطية وكان سعر الخصم ثابتا : وثانيها : أنه يؤسس خطة التوسعات فى الصناعة على أساس من المفاضلة بين فرادى المشروعات دون أن يعطى لاستراتيجية التخطيط القطاعى مدلولا واضحا وكأن المعيار على هذا النحو يفترض وجود مستوى تخطيطى واحد هو مستوى المشروعات بينما يشير الواقع الى أهمية الربط بين التخطيط عند مستوياته المختلفة ضمانا لسلامة القرارات التخطيطية واتساقها . وأخيرا لا يأخذ هذا المعيار فى اعتباره التأثير الناشىء عن اختلاف هياكل تكاليف مشروعات التوليد على قرارات الاستثمار . وسوف نرى فى الأجزاء المقبلة من هذا البحث كيف يتسنى على الأقل من حيث المبدأ اسقاط البعض من هذه الفروض من خلال بعض النماذج الأخرى التى يمكن استخدامها فى غرض تقييم مشروعات التوليد .

(٤) تقييم المشروعات فى اطار نموذج استثمارى مقترح

(٤-١) العلاقة بين عناصر مشكلة التقييم :

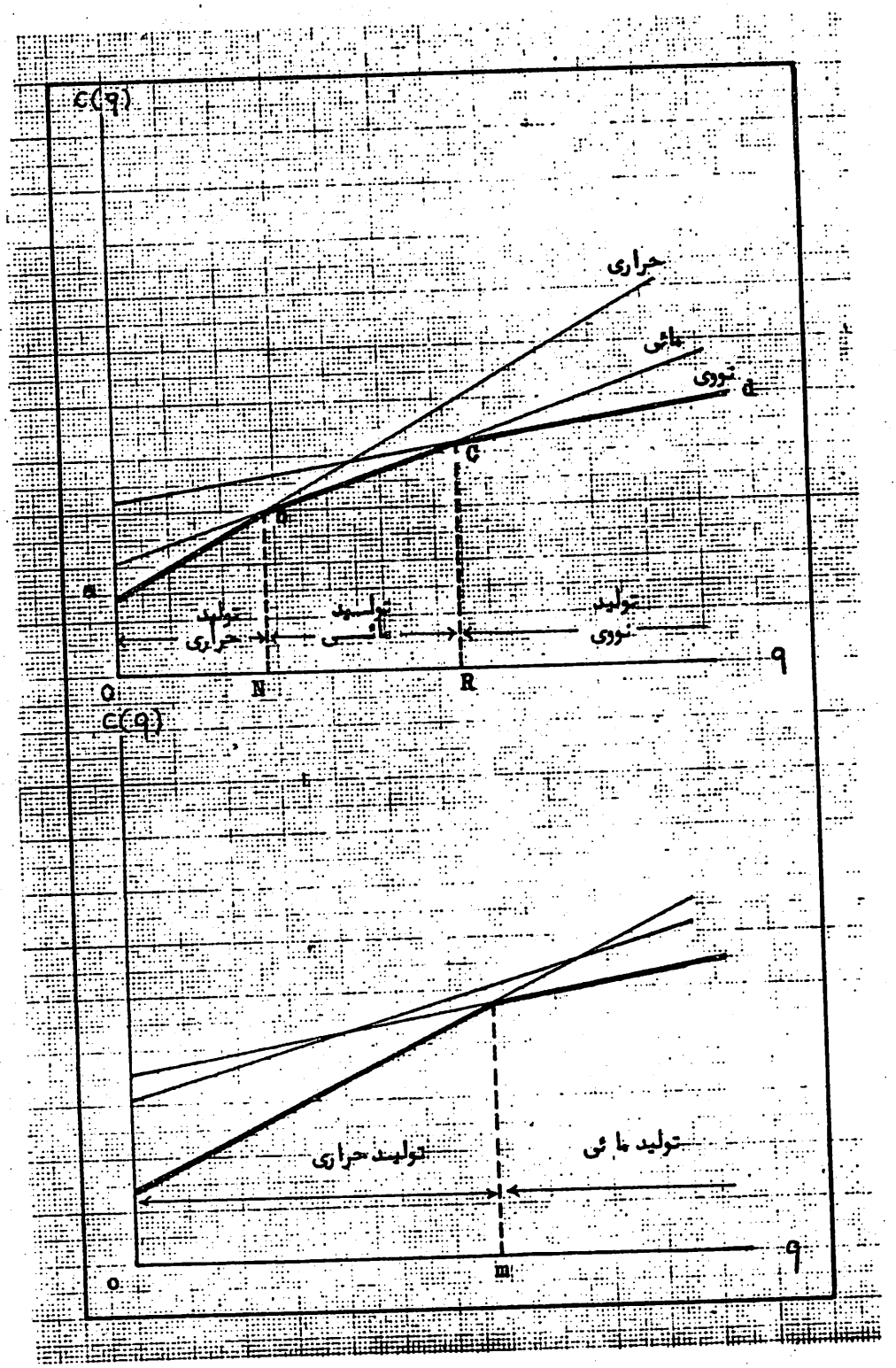
مما سبق ، يتضح أن معايير الخصم التى تقوم على فروض استاتيكية لا تعطى قياسا دقيقا لفاعلية الاستثمار فى مشروعات التوليد . وذلك لأن فروض مثل ثبات سعر الفائدة ، ثبات معدل الطلب وثبات الغلة ، تتناقض فى الحقيقة مع ما يشهد به الواقع من أن تأثير الزمن غير حياديا على تيارات المنافع والتكاليف . فضلا عن أن هذه الفروض الاستاتيكية لا تساعد على تحقيق التكامل والاتساق بين العناصر المختلفة للتقييم . وهو ما يتحقق من خلال اعطاء قرارات التقييم بعد زمنيا .

والحقيقة أن الارتباط بين عناصر تقييم المشروع الاستثمارى وثيق لدرجة يصعب معها اتخاذ أى قرار فى شأن أى عنصر منها بمعزل عن العناصر الاخرى . فالقرار الخاص بنوع التوليد يرتبط بالقرار الخاص بمستوى التوليد وبقرار التوقيت . ويتضح ذلك عند اجراء المفاضلة بين ثلاث بدائل للتوليد وهم : (١) وحدة حرارية ، (٢) وأخرى مائية ، (٣) وثالثة نووية .

فاذا ما افترضنا أن تكاليف التوليد الكلية تزيد فى كل وحدة مع زيادة مستوى التوليد وفقا للدالة التالية :

$$C_i = a_i \quad b_i \, q \qquad ٤-١$$

حيث تشير (a_i) الى التكاليف الثابتة للمحطة (i) ، وتشير (b) الى التكلفة الحدية للتوليد ، (q) الى مستوى التوليد لكان من الواضح كما يظهر فى الشكل



شكل (٤)

تحديد انسب أنواع التوليد بدلالة المنحنى الغلافى

(٤) ان المشروع الحرارى هو أفضل المشروعات لتوليد ما لا يتجاوز (ON) ، وأن الوحدة الثانية أفضل من الوحدة الأولى عندما يكون المطلوب توليد طاقة أكبر من (ON) وأقل من (OR) ، ولكنها ليست أفضل من الوحدة الثالثة التى تنخفض فيها تكاليف التوليد عند المستويات المرتفعة التى تتجاوز (OR) ومن الواضح أن أى وحدة تزيد فيها تكاليف الانتاج عند نفس مستويات التوليد هى وحدة مستبعدة تماما . وهو ما يصوره الشكل(٤ــ ب)الذى يتم فيه استبعاد المشروع المائى تماما . ويشير انكسار المنحنى الغلافى (abcd) فى هذا الشكل الى أنه ليس هناك نوع واحد من المحطات يلائم جميع مستويات التوليد .

ولكن يلاحظ أنه طالما كانت المتغيرات فى المعادلة (٤ ــ ١) بدون بعد زمنى ، فمن الصعب تحديد المشروع الأفضل بشكل قاطع ، فى ضوء هذه المعلومات . لأن أفضلية أى مشروع ليس مسألة مطلقة ، بل تتوقف على مستوى التوليد فاذا ما ارتبط مستوى التوليد بالزمن ، أصبحت أفضلية المشروع متوقفة بدورها على الزمن . كما أنه من الصعب بدون هذا البعد الزمنى أن نتعرض على الاطلاق لقضايا التوقيت بما تشتمل عليه من تحديد الوقت الأمثل لادخال أى محطة للخدمة ، ومن تحديد التتابع الزمنى الأمثل لمجموعة من وحدات التوليد فى اطار برنامج طويل الأجل .

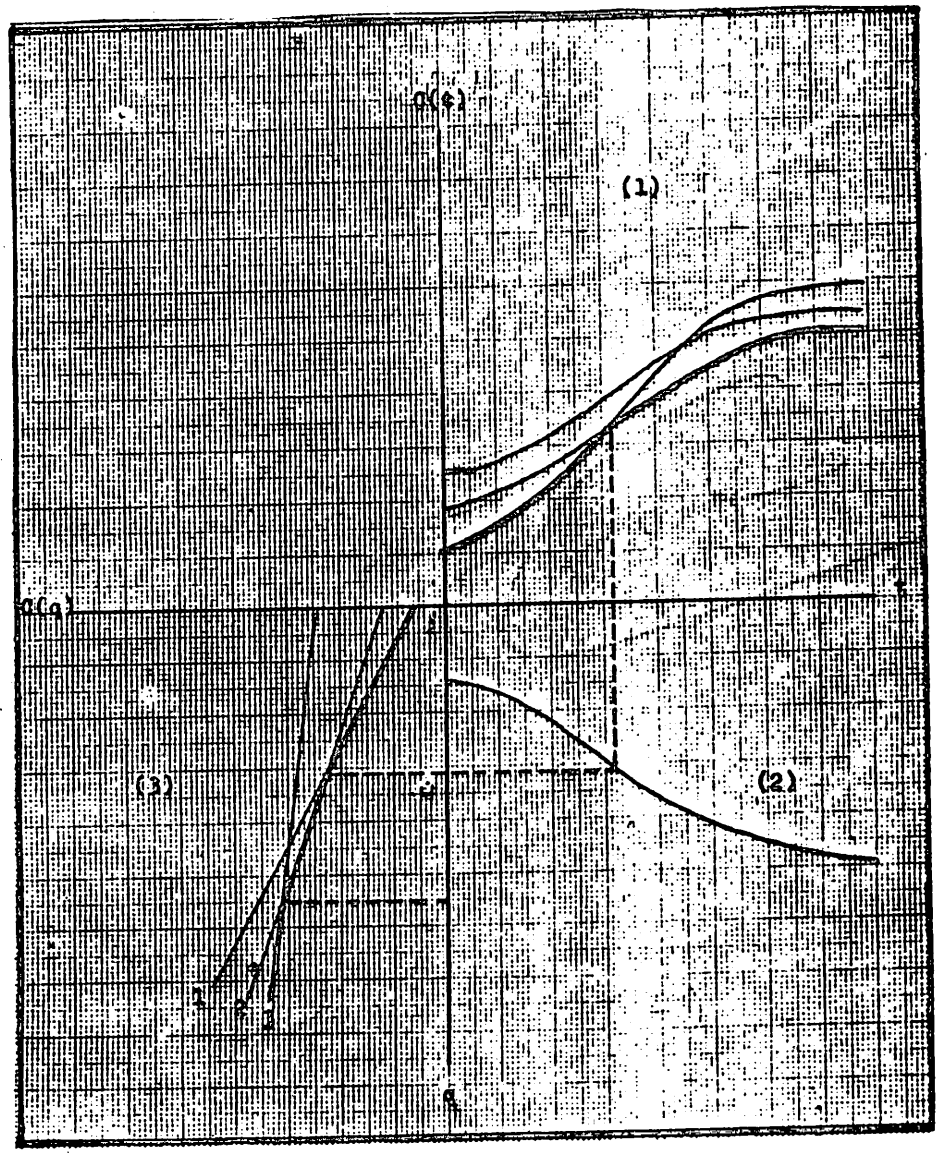
يتضح اذن مدى أهمية ادخال الزمن فى دوال التكاليف على النحو المشار اليه فى المعادلة (٣ــ٣) . كما أنه من المهم أيضا ايجاد علاقة بين مستويات التوليد المرغوب فيها والزمن فى الصورة :

$$q = q(t) \qquad ٤ــ٢$$

فاذا ما تم ذلك أصبح ممكنا ليس فقط تحديد المشروع الأفضل ، وانما أيضا التوقيت الأمثل لكل مشروع وذلك عن طريق حل المعادلات (٣ـ٣) ، (٤ـ١) ، (٤ـ٢) . ويوضح الشكل (٥) فكرة هذا الحل بيانيا . ويظهر على الشكل أنه يمكن اختيار أفضل أنواع وأحجام ومواقيت التوليد عن طريق حل معادلتى المسار الزمنى للتكاليف والمسار الزمنى للطاقة المرغوب فى توليدها بعد تحديدها تحديدا كافيا . كذلك يظهر فى الشكل أن التوقيت الأمثل لادخال التوليد المائى هو الزمن (t_1) ، وهو بالتحديد ذلك الزمن الذى تبلغ عنده الطاقة المطلوب توليدها مستوا يجعل البديلين الحرارى والمائى عند نفس المستوى من الكفاءة الاقتصادية .

وبالمثل فان التوقيت الأمثل لادخال التوليد النووى هو الزمن (t_2) الذى تبلغ عنده الطاقة المطلوب توليدها مستوا يجعل البديل النووى متكافىء اقتصاديا مع البديل المائى .

وسنحاول فى هذا الجزء ، ايجاد علاقة بين مستويات التوليد المرغوب فيها اجتماعيا والزمن . وذلك عن طريق اشتقاق دالة المسار الزمنى للقدرة الكهربائية المركبة ، من نموذج استثمارى طويل الأجل لقطاع الكهرباء . وهى الدالة التى تفسر الكيفية التى تتغير بها هذه القدرة المركبة خلال الزمن ، ويقوم هذا النموذج على بعض المفاهيم الأساسية المستمدة من نظرية رأس المال لفيشر ، والتى نعتبر بمقتضاها أن الرصيد الموجود لدى المجتمع من الطاقة المركبة ، هو بمثابة أصل رأسمالى له تيار من المنافع الاجتماعية الصافية وسنحاول بعد اتمام هذا الاشتقاق أن نستخدم هذه الدالة — بشكل تجريبى — وبدون حل النموذج بالكامل ، فى اجراء التقييم بين عدد من البدائل فى ظل مجموعة من الافتراضات الخاصة بالمعلمات والدوال الأخرى . ويشير ابتداءا الجدول (٤) الى أهم المتغيرات التى يضمها النموذج الاستثمارى المقترح .



شكل (٥)

التحديد المشترك لعناصر مشكلة التقييم

جـــدول (٤)

المتغيرات والمعلمات الرئيسية لنموذج استثمارى مقترح لقطـــاع الكهربـــاء

الرمـــز	البيـــــان	وحدة القياس
ى	رصيد الـقدرة الكهربائية المركبة	بوحدة ميجاوات
ل*	اجمالى المنافع الاجتماعية	بوحدات نقدية
ل	صافى المنافع الاجتماعية	" "
ر	مقدار العائد الاجتماعى على وحدة الميجاوات المركبة .	" "
ف	مقدار اهتلاك الرصيد القائم من القدرة المركبة	بوحدة ميجاوات
ق	مقدار الاضافة الاجمالية للرصيد القائم من القدرة المركبة	" "
ك	رأس المال	بوحدات عينية
ع	العمـــل	" "
ث	معدل الأجر	بوحدات نقدية
$أ_0$، $أ_1$، $أ_2$	معلمات دالة الانتاج	
$ى_0$	الرصيد الابتدائى للقدرة المركبة	بوحدة ميجاوات
د	سعر الخصم الاجتماعى	%
ث	الزمـــن	بوحدة زمنيـــة (سنة مثلا)

(٤ـ٢) النموذج الاستثمارى :

يتيح لنا التمييز بين القدرة المركبة والقدرة المولدة [١] ، أن ننظر ـ من خلال مفهوم فيشر عن رأس المال [٢] ـ الى القدرة المركبة على أنها أصل رأسمالى . يتصف : أولا : بقدرته على خلق تيار من المنافع الاجتماعية لفترة زمنية طويلة تغطى العمر الانتاجى لوحدات التوليد ، ثانيا : بتجانسة وسهولة قياسه الى حد كبير ، وثالثا : بوجود علاقة بينه وبين القدرة المولدة [٣] .

---

(١) تقاس الطاقة الانتاجية لمشروعات الكهرباء ، بالكيلوات المركبة (kilowatts installed) ويقاس المعدل الفعلى لاستخدام الطاقة الانتاجية فى السنة (t) بأنه نسبة الكيلوات ساعة المباعة خلال هذه السنة ويرمز لها بالرمز (P) الى القدرة بالكيلوات ويرمز لها بالرمز (S) أى أن المعدل الفعلى لاستخدام الطاقة الانتاجية = (P/S) ولا يزيد نظريا هذا المعدل عن ٠٨٧٦٠ ويقاس المعدل الأمثل لاستخدام الطاقة الانتاجية فى لحظة معينة بأنه أقصى قدر من الكيلوات ساعة ترغب مشروعات الكهرباء فى بيعها بالنسبة لكل كيلوات قدره فى ظل ظروف الطلب والتكنولوجيا القائمة فى هذه اللحظة . راجع :

Kisselgoff, op. cit. p. 366.

وكذلك :

Al. Stoyster and R. T. Eynon, The Conceptual Basis of the Electric Utility Submodel of project Independence Evatuation System, Applied Mathematical Modelling, Vol. 3, August 1973, P. 245.

(٢) انظر :

Mark Blaug, Economic Theory In Retrospect, Second edition, Heinemann, London, 1968, p. 554.

(٣) يمكن تحويل القدرة المركبة الى قدرة مولدة بدلالة كل من معدل الفقد ومعدل الاستهلاك ومعدل الحمل وفقا للصيغة التالية :

القدرة الكهربائية الصافية المولدة (كيلوات ساعة / سنة)

= ٨٧٦٠ × معامل الحمل × مقدار القدرة المركبة (كيلووات)

ويستحوز المجتمع فى أى وقت (ت) على رصيد معلوم من القدرة الكهربائية المركبة (ى) ، ويعتبر هذا الرصيد هو أساس الطاقة الكهربائية المولدة . ويتحقق للمجتمع عن تشغيل هذا الرصيد نفعا اجتماعيا اجماليا هو ($ل^{*}_{ت}$) [1] بمعدل يبلغ (ر) عن كل وحدة من وحدات هذا الرصيد . ويشير هذا المعدل الى مقدار العائد الاجتماعى المتحقق عن الوحدة من القدرة المركبة . وعلى ذلك يمكن تصوير المنفع الاجمالى المتحقق عن الرصيد الموجود من الطاقة المركبة فى المعادلة (١) التى تقيس العائد على الاستثمار فى انشاء محطات توليد جديدة أو توسيع المحطات القائمة على أنه نسبة المنافع الاجتماعية الى قيمة رأس المال :

$$ل^{*}_{ت} = ر \; ى_{ت} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

ويتسنى للمجتمع ، زيادة رصيده من القدرة الكهربائية المركبة ، زيادة صافية بالمقدار ($ى_{ت}$) ، عن طريق انتاج عدد جديد من الوحدات المركبة ($ق_{ت}$) ، يفوق فى مقداره عدد الوحدات التى سبق اهتلاكها . فاذا ما رمزنا لمعدل الاهتلاك بالرمز (ف) ، فمعنى ذلك أن ($ق_{ت}$) يجب أن تزيد عن ($ى_{ت}$) بالمقدار ($ف \; ق_{ت}$) فاذا ما استلزم انتاج ($ق_{ت}$) عملا مقداره ($ع_{ت}$) ، ورأسمالا مقداره ($ك_{ت}$) ، فانه يمكن تحديد الاضافة الاجمالية للرصيد القائم من القدرة المركبة ، وفقا لدالة كوب دوجلاس المألوفة فى الصورة التالية :

$$ق_{ت} = أ_{٥} \; ك_{ت}^{أ_{١}} \; ع_{ت}^{أ_{٢}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٢)$$

---

(١) تقترب ($ل^{*}_{ت}$) فى سياق هذا النموذج كثيرا من مفهوم الدخل الاجتماعى القطاعى بأكثر مما تقترب من مفهوم القيمة المضافة . انظر :

Arie Kuyvenhoven, New Industrial Planning Techniques: Macro, Sectoral and Project Linkage, Industry and Development, No. 5, p. 25.

حيث تأخذ المعلمات أ٥ ، أ١ ، أ٢ قيما موجبة ، ويقل مجموع (أ١ + أ٢) عن الواحد الصحيح .

ويلاحظ أنه اذا كانت المعادلة (١) تقيس اجمالى المنافع الاجتماعية المتحققة عن الاستثمار فى التوليد ، فان المعادلة (٢) تقيس ما يتضمنه ذلك الاستثمار من تكلفة اجتماعية حقيقية ممثلة فى مقادير محددة من عنصرى الانتاج المشار اليهما . وعلى ذلك فانه لاجراء المقابلة بين المعادلتين ، يمكن تحويل المعادلة (٢) الى دالة تكاليف اجتماعية . وذلك باستخدام الأسعار الاجتماعية لعنصرى العمل ورأس المال . ويمكن من ثم أن نقارن بين اجمالى المنافع والتكاليف الاجتماعية بتقدير مقدار النفع الاجتماعى الصافى المتحقق عن الاستثمار فى قطاع الكهرباء ونرمز له بالرمز (ل ت) وذلك وفقا للمعادلة التالية :

$$ل_ت = ر\ (ى_ت - ك_ت) - ث ع_ت \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (٣)$$

حيث (ث) هو السعر الاجتماعى للعمل ، (ر) هو معدل العائد الاجتماعى على الاستثمار ، والذى سبق تعريفه فى المعادلة (١) . ويتضمن استخدام (ر) كسعر اجتماعى لرأس المال وجوب ألا يقل معدل العائد الاجتماعى عن الاستثمار فى قطاع الكهرباء عن العائد المتحقق عن وجوه الاستثمار الأخرى ، كما يجب الا يقل هذا المعدل عن معدل التفضيل الزمنى للمجتمع ، وذلك حتى لا يحدث زيادة أو نقص فى استثمارات هذا القطاع . فالمجتمع مقيد اذن فى انفاقه الاستثمارى على الطاقة الكهربائية بالعلاقة بين المنافع المتحققة له ، عن زيادة رصيده من الطاقة المركبة ، والنفقات الاجتماعية التى يتكبدها فى سبيل زيادة هذا الرصيد .

ولما كان من المنطقى أن نفترض أن (ل ت) تأخذ دائما فى المعادلة السابقة قيما موجبة ، فيمكن أن نضع لذلك الشرط الرياضى التالى :

$$ل_ت = و^{٢}(ت) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٤)$$

$$ت \geqslant ت_{ه}$$

حيث و(ت) هى دالة حقيقية فى الزمن قابلة للتفاضل • وتتضمن المعادلة (٤) أن ($ى_ت \geqslant ك_ت$) حيث (ر) ، (ث) ، ($ع_ت$) تأخذ جميعها قيما موجبة •

واذا ما افترضنا — تمشيا مع الواقع الذى يشهد بارتفاع تكاليف العمرات وعمليات الاحلال والتحديد — ان الرصيد القائم من القدرة المركبة يتعرض للاهتلاك[1] سنويا بمعدل ثابت هو (ف) ، فان الزيادة الصافية الى هذا الرصيد ($ى^{٥}_ت$) — التى تعبر عن المشتقة التفاضلية للدالة ($ى_ت$) — تتحدد على النحو الذى توضحه المعادلة التالية :

$$ى^{٥}_ت = ق_ت - ف\ ى_ت \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٥)$$

$$صفر < ف < ١$$

وتتضمن هذه المعادلة أن الرصيد القائم من القدرة المركبة يزيد سنويا زيادة صافية بمقدار أقل من ($ق_ت$) ، حيث أن جزءا منه ويعادل ($ف\ ى_ت$) يذهب لمقابلة الاهتلاك فى الرصيد القائم •

---

(١) يعتبر الاهتلاك من عوائق التوليد ويتوقف من بين أمور أخرى على العمر الافتراضى لوحدات التوليد وعلى ظروف التشغيل • وقد قدرت بعض الدراسات أن متوسط معدلات الاهتلاك فى قطاع الكهرباء هى (٠ر٢٧٢) للمبانى والمنشئات ، (٠ر٠٦٨٠) للمعدات الرأسمالية • انظر :

Lei & Johansen, A Multi-Sectoral Study of Economic Growth, North Holland Publishing Company, 1960, p. 79

ومن الطبيعى حتى يتسنى تحديد حجم الرصيد الامثل من الطاقة المركبة ، فى الفترات الزمنية المختلفة ، أن نعبر عن المنافع الاجتماعية الصافية — المتحققة عن رصيد الطاقة المركبة — كدالة فى الزمن . كما يلزم كذلك أن تكون جميع المتغيرات دوال متصلة فى الزمن ، وأن يكون من الممكن تحديد الأجل التخطيطى لأى عدد من السنين ($ت_ن$) .

فالمجتمع محكوم فى سعيه نحو الاستثمار فى قطاع الكهرباء بهدف تعظيم القيمة الحالية للنفع الاجتماعى الصافى المتحقق عن هذا الاستثمار فى حدود القيود المختلفة التى تفرضها المعادلات السابقة . وبتعبير رياضى فالمجتمع يحرص فى انفاقه الاستثمارى على تعظيم القيمة الحالية للنفع الاجتماعى الصافى وفقا للدالة التالية :

$$ص = \int_{ت_ه}^{ت_ن} هـ^{-دت} \left[ر(ى_ت - ك_ت) - ث_{ع_ت} \right] - م_{1ت} \left(ع_{ت} - أ_ه ك_{ت}^{أ_1} ع_{ت}^{أ_2} + ف_{ى_ت} \right)$$

$$- م_{2ت} \left[(ى_ت - ك_ت) - ث_{ع_ت} - و^2 (ت) \right] ك_ت \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٦)$$

وتعبر هذه الدالة عن القيمة الحالية للنفع الصافى المتحقق عن الاستثمار فى قطاع التوليد وفيها تشير ($م_{1ت}$) ، ($م_{2ت}$) الى معاملات لاجرانج ، (د) الى سعر الخصم الاجتماعى[1] .

وتحتل دالة الهدف فى المعادلة (٦) ، موضعا هاما فى النموذج الاستثمارى المقترح . حيث تعتبر هذه الدالة هى أداة التقييم المستخدمة فى تبرير الانفاق الاستثمارى ، على مستوى القطاع . ويتم وفقا لها تقييم هذا الانفاق الاستثمارى ، بدلالة آثاره الصافية على الرفاهة الاجتماعية ، حسبما تتحدد بالعلاقة الديناميكية بين المنافع والنفقات الاجتماعية لهذا الانفاق .

(١) انظر فى أسلوب تضمين القيود فى دالة الهدف .

A.P. Sage, Optimum Systems Control, N.Y : Prenticeh- Hall, 1968.

ويتضح من المعادلة (٦) أن القيمة الحالية للمنافع الصافية المتحققة عن الاستثمار فى الزمن (t) هى تكامل الفرق بين القيمة الحالية للمنافع الاجمالية والقيمة الحالية لتكاليف هذا الاستثمار ، فيما بين الفترة t_o ، t_n بعد خصم كل من هذه التيارات بالسعر (r) .

وتنطوى فكرة معدل الخصم على وجوب اعطاء قيمة زمنية للمنافع المتحققة عن الاستثمار فى التوليد يجرى بموجبها فرض ضريبة على الاستهلاك المعجل مراعاة لحق الأجيال المقبلة فى اقتسام هذه المنافع . فاذا اعتبرنا أن مستقبل الجيل المقبل متوقف على السرعة التى يستنفذ بها الجيل الحالى موارده الطبيعية . فانه يلزم الابطاء من هذه السرعة عن طريق تغريم هذا الاستهلاك المعجل بمعدل مناسب ويعبر هذا المعدل عن العلاقة التى يقيمها المجتمع بين الاستهلاك الجارى والاستهلاك فى المستقبل .

وتعطى المشتقة التفاضلية الأولى لدالة الهدف بالنسبة للزمن مقدار التغير الحدى فى القيمة الحالية للنفع الاجتماعى الصافى الناجم عن تأجيل أو تعجيل القيام بالاستثمار فى التوليد بوحدة زمنية واحدة ، وكمحصلة للمتغيرات التى تحدث فى القيمة الحالية للمتغيرات المستقلة فى الفترات الزمنية المختلفة .

(٤-٣) دالة المسار الأمثل للتوسع فى القدرة المركبة :

تحدد دالة المسار الأمثل للاستثمارات فى التوليد فى قطاع الكهرباء ، حجم الرصيد من القدرة المركبة الذى يحقق أقصى قيمة لدالة الهدف التى توضحها المعادلة (٦) وذلك فى الفترات الزمنية المختلفة التى يغطيها الأجل التخطيطى والتى تمتد من ($ت_{ه}$) الى ($ت_{ن}$) . ويمكن اشتقاق دالة المسار الأمثل للاستثمار فى

التوليد عن طريق صياغة الشروط الضرورية [1] لهذا التعظيم من واقع المعـــادلات السابقة وذلك على النحو التالى :

$$ر\ هـ^{-د\ ت} - ف_{م_{1ت}} - ر_{م_{2ت}} + م_{1ت} = \text{صفر} \quad ، \qquad (٧)$$

$$م_{1ت}\ أ_{1}\ ه_{1}\ أ_{1-1}\ أ_{2}\ ك_{ت}\ ع_{ت} = ر\ (هـ^{-د\ ت} - م_{2ت}) \quad ، \qquad (٨)$$

$$م_{1ت}\ أ_{1}\ ه_{2}\ أ_{1}\ أ_{2-1}\ ك_{ت}\ ع = ث\ (هـ^{-د\ ت} - م_{2ت}) \quad ، \qquad (٩)$$

$$ى_{ت}^{ه} = أ_{1}^{ه}\ ك_{ت}\ أ_{1}\ ع_{ت}^{أ_{2}} - ف_{ى_{ت}} \qquad (١٠)$$

$$ر\ (ى_{ت} - ك_{ت}) - ث\ ع_{ت} = و_{2}\ (ت) \qquad (١١)$$

$$٢\ و\ (ت)\ م_{2ب} = \text{صفر} \qquad (١٢)$$

وتعبر هذه الشروط الضرورية عن المشتقة التفاضلية الجزئية الأولى لدالـــة الهدف ، بالنسبة لكل قيد من القيود التى تتضمنها المعادلات الخمس الأولى . ويتضح من هذه الشروط ، أن المنافع الاجتماعية المتحققة عن الرصيد المتاح من الطاقـــة

---

(١) انظر :

Michael Athans and Peter L. Falb, Optimal Control, McGraw-Hill, N.Y., 1966, p. 293.

المركبة تتزايد مع الوقت ولكن بمعدل متناقص . كما يتضح أيضا أن الانفاق الاستثمارى لا يكون مبررا الا اذا تساوت المنافع الاجتماعية المتحققة عند حد مع التكاليف الاجتماعية الحدية لهذا الانفاق وهى عبارة عن مقدار ما ضاع على المجتمع من رفاهية بسبب الامتناع عن انتاج أى شىء آخر بخلاف القدرة المركبة .

ويمكن بقسمة المعادلتين (٨) ، (٩) وبالتعويض فى المعادلة (١١) بـ و = صفر أن نحصل على المعادلات الثلاث التالية :

$$\frac{أ_1 \, ع_ت}{أ_2 \, ك_ت} = \frac{ر}{ت} \quad ، \qquad (١٣)$$

$$ى_ت = ك_ت + \frac{ت}{ر} \, ع_ت \quad ، \qquad (١٤)$$

$$ى_ت = أ_ه \, ك_ت^{أ_1} \, ع_ت^{أ_2} - ف ى_ت \qquad (١٥)$$

ويتضمن ذلك أن

$$ك_ت = \frac{أ_1}{\frac{1}{1_2} + \frac{1}{1_1}} \, ى_ت \qquad (١٦)$$

$$ع_ت = \frac{أ_2}{\frac{أ_1}{1_1} + \frac{أ_2}{1_2}} \left(\frac{ر}{ت} ى_ت \right) \qquad (١٧)$$

وبالتعويض عن (١٦) ، (١٧) فى المعادلة (١٥) نحصل على المعادلة التالية :

$$ى_ت^{\Delta} - ن\, ى_ت^{1-\Delta} + ف ى_ت = صفر \qquad (١٨)$$

$$حيث\ ن = أ_0 \left(\frac{أ_1}{1-\Delta}\right)^{1-\Delta} \left(\frac{ر\, أ_2}{ث\, أ_1}\right)^{ب 2}$$

$$0 = 1 - أ_1 - أ_2$$

وتعتبر المعادلة (١٨) معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى فى ($ى_ت$) . يعطى حلها المسار الزمنى الأمثل للاستثمار فى قطاع الكهرباء ويكون هذا الحل على النحو التالى :

باعادة ترتيب الحدود فى المعادلة (١٨) وأخذ تكامل الطرفين نحصل على :

$$- \frac{1}{ف\ \Delta} لو (ن - ف ى_ت^{\Delta}) = ت + س \qquad (١٩)$$

حيث س هو ثابت التكامل . ولتحديد قيمة هذا الثابت نفترض عند ($ت = ت_0$) أن ($ى_ت = ى_0$) ونعوض بذلك فى المعادلة (٢٠) لنحصل على :

$$س = - \frac{1}{ف\ \Delta} لو (ن - ف ى_0^{\Delta}) \qquad (٢٠)$$

ثم بالتعويض بقيمة س فى المعادلة (١٩) وباعادة ترتيب الحدود نحصل على المعادلة التالية :

$$ى_ت = \left[\frac{ن}{ف} + (ى_0^{\Delta} - \frac{ن}{ف}) هـ^{-ف \Delta ت}\right]^{1/\Delta} \qquad (٢١)$$

وتعبر المعادلة (٢١) عن المسار الزمنى الأمثل للتوسعات فى القدرة المركبة بدلالة معلمات النموذج والقدرة الابتدائية المركبة .

ويظهر من المعادلة (٢١) أن المعدل الأمثل للاستثمار فى قطاع الكهرباء هو ذلك المعدل الذى يعظم الفرق بين المنافع الاجتماعية الاجمالية والتكاليف الاجتماعية بعد خصمها بالسعر (د) . ويعتبر هذا المعدل دالة موجبة فى (ك) وسالبة فى (ف) . فالمجتمع يميل لزيادة رصيده من القدرة المركبة الى أن تتساوى القيمة الحالية للتكاليف الاجتماعية للوحدة الحدية ، من هذا الرصيد ، مع القيمة الحالية للمنافع الاجتماعية المتحققة عنها . عندئذ يصبح حجم الاستثمار الأمثل هو الذى يحقق المساواة ، بين معدل العائد الاجتماعى على الاستثمار فى قطاع الكهرباء مع سعر الخصم الاجتماعى ، الذى يجرى الأخذ به فى القطاعات الأخرى .

وتعبر الدالة (٢١) عن مسار خطة التوسعات فى الطاقة المركبة لقطاع الكهرباء ككل . ويمكن من خلالها التعرف على مستوى الطاقة المركبة الذى يبلغه القطاع بعد خمس أو عشر أعوام ، باعتباره المستوى الذى ينبغى أن تنمو اليه القدرة المركبة . كما يتسنى أيضا من خلال نفس الدالة ، معرفة مقدار القدرة المركبة (ى ه) الذى يتعين توافره ابتداء حتى يبلغ رصيد القدرة المركبة فى وقت محدد مستوا معينا مرغوبا فيه .

وفى هذا النموذج ـ يتعادل أثر الزيادة فى المنافع الاجتماعية للتغير فى الرصيد القائم من القدرة المركبة مع أثر انخفاض التكاليف الاجتماعية لهذا التغير . فكلاهما يشجع على زيادة الانفاق الاستثمارى ، على التوسع فى التوليد . فهذه العلاقة هى لب تفسير النمو فى هذه الطاقة المركبة مع الوقت وشرط تحققه ، فمتى أتخذ المجتمع قرارا استثماريا بالتوسع فى الطاقة المركبة ، فان المنافع الاجتماعية المتحققة عن زيادة الرصيد القائم من القدرة المركبة ، يجب أن تفوق ما تتطلبه هذه الزيادة من تكاليف اجتماعية . وما أن يتلاشى الفرق بين المنافع الاجتماعية والتكاليف

الاجتماعية ، حتى يتوقف الرصيد الموجود فى القدرة المركبة عن الزيادة . وهو مايحدث فى الأجل البعيد جدا عند ى = (ن ف) ^ ١/٥ وهى نتيجة لا مناص عنها طالما زادت المنافع الاجتماعية بمعدلات متناقصة وزادت التكاليف الاجتماعية بمعدلات متزايدة وبقيت المعلمات الأخرى فى النموذج على حالها . فهناك اذن مستوى معلوم من الطاقة المركبة لايمكن تجاوزه وهو مايصدق فى المدى البعيد جدا ويصوره شكل (٦) .

(٤ — ٤) تحليل الحساسية :

ويوضح الجدول (٥) تأثير التغير فى معلمات النموذج على مسار التوسع فى الطاقة المركبة فى المدة الطويلة كنوع من تحليل الحساسية للنموذج . ويعتبر هذا التحليل بمثابة اختبار فى آن واحد لصحة الفروض التى يقوم عليها النموذج ولمدى تعرض نتائجه للاخطاء بسبب سوء التقدير . كما يكشف هذا التحليل أيضا عن مدى تأثير مختلف العوامل على مسار التوسع فى القدرة المولدة .

فالمقارنة بين الحالات (١) ، (٢) ، (٣) الواردة فى الجدول (٥) توضح أن الزيادة فى معدل العائد (ر) يؤدى اما الى زيادة الاستثمار فى الطاقة المركبة أو التعجيل به زمنيا ، فزيادة هذا المعدل يؤدى الى زيادة القيمة الحالية للمنافع الاجتماعية بأكثر مما تؤدى الى زيادة القيمة الحالية للنفقات .

يلخص الشكل (٧) هذه النتيجة كما يوضح أن تأثير هذا العامل يبدو ضئيلا فى الفترات القصيرة نسبيا ، ولكنه يزداد وضوحا عبر فترة زمنية طويلة نسبيا .

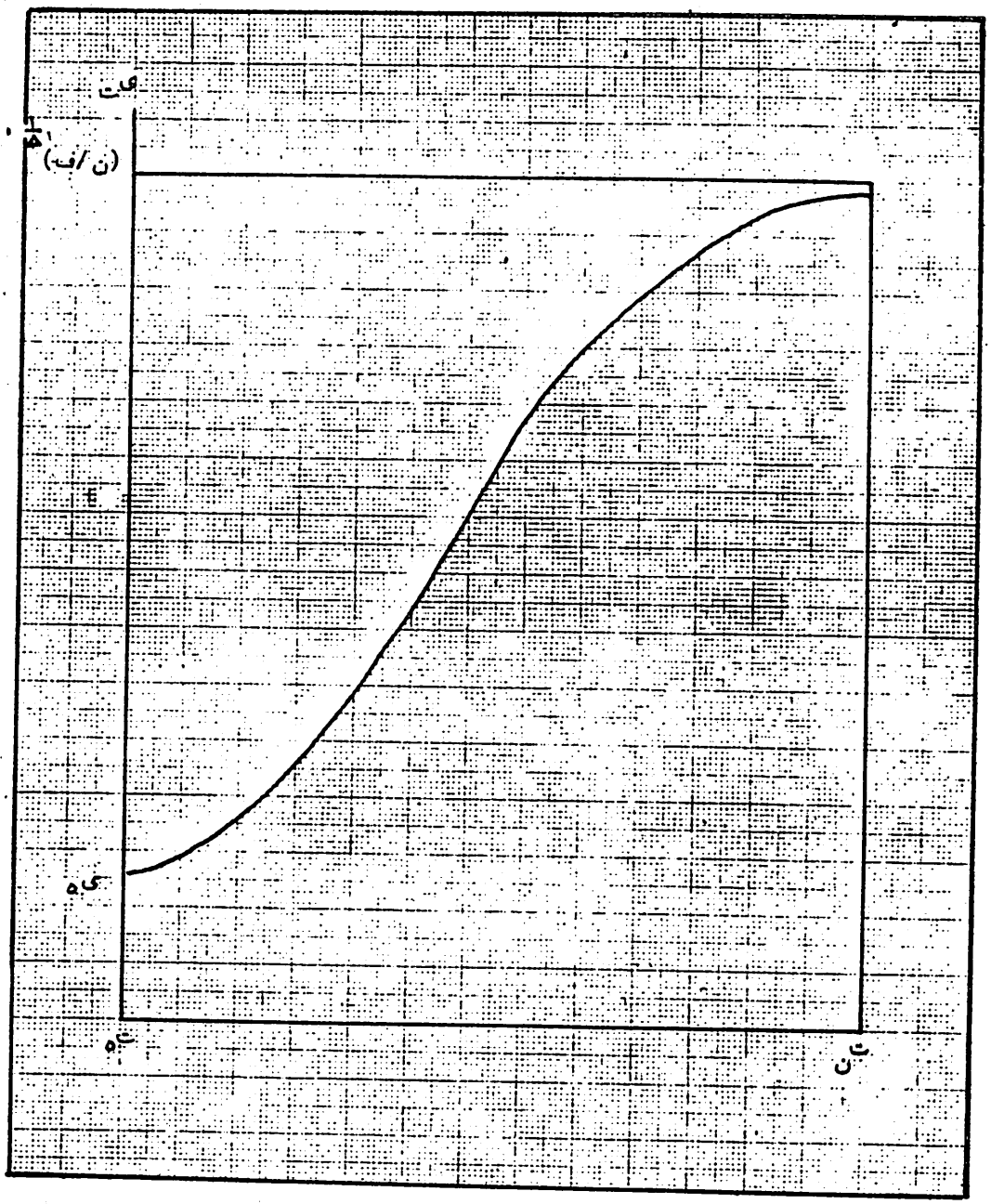
كما يتبين بمقارنة الحالتين (٤) ، (٥) أن زيادة أسعار عناصر الانتاج مع بقاء كل شىء آخر على ماهو عليه يؤدى الى الاقلال من هذا الاستثمار أو تأجيله بعض الوقت كما يتبين بمقارنة الحالتين (٦) ، (٧) أن زيادة الاهتلاك تؤدى الى نقص الانفاق الاستثمارى أو تأجيله . كما يكشف الجدول أيضا عن ارتفاع حساسية معدل الاستثمار بصفة خاصة للتغيير فى معاملات دالة الانتاج فى قطاع الكهرباء ، وللتقدم الفنى بصفة عامة . وتعبر الاشكال (٨) ، (٩) ، (١٠) ، (١١) عن نتائج هذه المقارنة بيانيا .

ت	حالة (١)	حالة (٢)	حالة (٣)	حالة (٤)	حالة (٥)	حالة (٦)	حالة (٧)	حالة (٨)	حالة (٩)	حالة (١٠)
	= ار أ = ١ أ١ = أ٢ = ٤٥ر ث = ١ ف = ٠٥ر ى٥ = ١٠٠	= ٠٩٨ر أ = ١ أ١ = أ٢ = ٤٥ر ث = ١ ف = ٠٥ر ى٥ = ١٠٠	= ١٠٢ر أ = ١ أ١ = أ٢ = ٤٥ر ث = ١ ف = ٠٥ر ى٥ = ١٠٠	ث = ١٠٢ر = ار أ = ١ أ١ = أ٢ = ٤٥ر ف = ٠٥ر ى٥ = ١٠٠	ث = ٩٨ر = ار أ = ١ أ١ = أ٢ = ٤٥ ف = ٠٥ر ى٥ = ١٠٠	ف = ٠٥١ر = ١ أ = ١ أ١ = أ٢ = ٤٥ر ث = ١ ى٥ = ١٠٠	ف = ٠٤٩ر = ١ أ = ١ أ١ = أ٢ = ٤٥ر ث = ١ ى٥ = ١٠٠	= ١٠٢ = ١ أ = ١ أ١ = أ٢ = ٤٥ر ث = ١ ف = ٠٥ر	أ١ = ٣٥ر = ١ أ = ١ = أ٢ = ٤٥ ث = ١ ف = ٠٥ر ى٥ = ١٠٠	أ٢ = ٣٥ر = ١ أ = ١ أ١ = ٤٥ر ث = ١ ف = ٠٥ر ى٥ = ١٠٠
٥	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١	١٠٧ر٢٢٣	١٠٦ر٥٦٣	١٠٧ر٣٠١	١٠٥ر٨٩٦	١٠٧ر٣٢٧	١٠٦ر٥٦٣	١٠٧ر٢٣٣	١٠٩ر٩٥١	١٠٣ر٠٤٤	١٠٤ر٠٦٢
٢	١١٤ر٨٥٧	١١٤ر١٤٤	١١٥ر١٤٦	١١٣ر٤٣٥	١١٥ر١٤٣	١١٤ر١٤٤	١١٤ر٨٥٧	١١٧ر٧٤٨	١٠٦ر٣٤٨	١٠٨ر٤٥٦
٣	١٢٢ر٩٦٦	١٢٢ر٢٠٨	١٢٣ر٢٧٠	١٢١ر٤٥٤	١٢٣ر٤٦٨	١٢١ر٤٥٤	١٢٣ر٧٢٨	١٢٦ر٠٤٠	١٠٩ر٧٣٦	١١٢ر٩٩٠
٥	١٤٠ر٧٤٦	١٣٩ر٨٩٠	١٤١ر١٧٦	١٣٩ر٠٣٩	١٤١ر٦٩٣	١٣٩ر٠٣٩	١٤١ر٦٠٧	١٤٣ر٣٤٢	١١٦ر٣٢١	١٢٢ر٠٤٧
٧	١٦٠ر٨٠٨	١٥٩ر٨٤٣	١٦١ر١٩٦	١٥٨ر٨٨٤	١٦١ر٠٩٩	١٥٧ر٩٢٩	١٦٢ر٧٥٤	١٦٣ر٧٣٥	١٢٣ر٤٥٤	١٣١ر٩٢٣
١١	٢٠٦ر٣٩٣	٢٠٣ر٩٨٣	٢٠٨ر٣٩٩	٢٠٣ر٩٨٣	٢٠٨ر٣٩٩	٢٠١ر٥٩٩	٢١١ر٢٨٩	٢١٠ر٠٥٦	١٣٧ر٧٣٧	١٥١ر٩١٧
١٥	٢٦٣ر٢٩٤	٢٦٠ر٢٩٤	٢٦٥ر٨٦٩	٢٦٠ر٢٩٤	٢٦٥ر٨٦٩	٢٥٤ر٣٨٥	٢٧٠ر٩٣٢	٢٦٧ر٨٥٤	١٥٢ر٧٥٣	١٧٣ر٣٣٦
٢٠	٣٥١ر١٤٠	٣٤٥ر٣٢٢	٣٥٥ر٦٦٠	٣٤٤ر٩٣٧	٣٥٥ر٦٦٠	٣٣٧ر٦٩٩	٣٦٧ر٠٨٩	٣٥٩ر٠٣٥	١٧٢ر٤١١	٢٠٢ر٢٩٧
∞	٦٢٧٨٢١ر١٨٤	٥٧٣٨٥٦ر٣٠٣	٦٨٩٨٩٩ر٧٤٥	٥٧٦٩١١ر١٦١	٦٨٩٨٩٩ر٧٤٥	٥١٥٠٣٢ر٠٤١	٧٦٨٣٧٨ر٥٨	٦٣٢٣٧٦ر٠٩٣	١١٥٨ر٥٦٢	٢٠٦٤ر١١١

جدول (٥)

القدرة المركبة فى السنوات المختلفة بدلالة قيم افتراضية لمعلمات النموذج

(بالميجاوات)



شكل (٦)

دالة المسار الأمثل لرصيد القدرة المركبة

ويحقق النموذج المقترح الربط بين أهداف السياسة التخطيطية القومية في مجال قطاع الكهرباء والطاقة وبين معايير تقييم المشروعات في هذا القطاع . فهذا النموذج القطاعي يقوم أيضا على استخدام معيار التكلفة والعائد وهو نفس المعيار المستخدم على مستوى المشروعات . ويتحقق بفضل هذا التماثل المنهجي تفاعلا ايسر بين المستويات التخطيطية المختلفة .

وبناء على ذلك يمكن تحديد مضمون معالم الاستراتيجية القومية بالنسبة للمشروعات . فعندما تتضمن هذه الاستراتيجية اتجاها نحو الاسراع بالتقدم الفني في مجال انتاج الطاقة الكهربائية ، فانه يمكن حساب أثر ذلك على حجم الاستثمارات الموزعة على المشروعات من خلال تغير معلمات دالة الانتاج في المعادلة (٢) وحساب أثر ذلك على المسار الزمني وعلى توقيت الاستثمارات في هذا القطاع .

كذلك يمكن التحقق من مدى مطابقة المسار الفعلي للتوسع في الطاقة المركبة مع المسار المرغوب فيه لهذا التوسع حسبما يتحدد من واقع النموذج .

ويمكن من واقع النموذج السابق استخدام المعادلة (٢١) مع المعادلتين [1] (٣-٣) ، (٤-١) في تحديد انسب أنواع التوليد والتوقيت الأمثل لكل نوع .

فاذا ما افترضنا أن هناك ثلاث بدائل للتوليد هي (١) ، (٢) ، (٣) تتغير في كل منها تكاليف التوليد الكلية في علاقتها بكل من مستوى التوليد وبالزمن وفقا للمعادلات الواردة في جدول (٦) .

---

(١) المعادلتين (٣-٣) ، (٤-١) مفترضتين من قبل وغير مشتقتين من النموذج . راجع ص ٢٠٦ ، ص ٣١ .

جـدول (٦)

معادلات التكاليف المفترضة (١)

نوع التوليد	$C_i(q)$	$C_i(t)$
حرارى	$C_1(q) = 7.796 + 0.413\,q$	$C_1(t) = 23.317\, e^{0.165\,t}$
مائـى	$C_2(q) = 0.275 + 0.360\,q$	$C_2(t) = 52.414\, e^{0.049\,t}$
نـــووى	$C_3(q) = 26.404 + 0.311\,q$	$C_3(t) = 76.615\, e^{0.015\,t}$

واذا ما افترضنا أن القدرة المركبة المرغوب فيها تتحدد وفقا للمعادلة (٢) :

$$q(t) = \left[3.8 + 2.216\, e^{-0.005t}\right]^{10} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (٢٢)$$

فانه يمكن تحديد الكفاءة النسبية لهذه البدائل خلال الزمن من واقع الجدول التالى :

---

(١) المعلمات الواردة بالجدول ليست مقدرة فعليا ، وانما مفترضة .

(٢) حصلنا على المعادلة (٢٢) عن طريق التعويض فى المعادلة (٢١) بالقيم التاليـــة
ى$_{ه}$ = ١٠٠ ، ر = ١٠ر ، أ$_{ه}$ = ١ ، أ$_{١}$ = أ$_{٢}$ = ٤٥ر ، ث = ١ ، ف = ٥٠ر
وتعتبر هذه الصورة معقولة عموما فى ضوء ماكشفت عنه بعض الدراسات من أن القدرة المركبة تنمو بشكل أسى فى العديد من الدول راجع

E.J. Maunders and B.M.Nel, An Economic Comparison of Alternative Generation Strategies, in Nuclear Energy Costs and Economic Development, IAEA, Vienna, 1977 p. 536.

جـــدول (٧)

التكاليف فى علاقتها بمستوى التوليـــــد
لثلاث بدائل مفترضـــة (*)

t	q(t)	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$C_3(t)$	$C_1(q)$	$C_2(q)$	$C_3(q)$
١	١٠٧ر٢	٢٧ر٥	٥٥ر٠	٧٧ر٨	٥٢ر١	٥٤ر٩	٥٩ر٨
٢	١١٤ر٨	٣٢ر٤	٥٧ر٩	٧٩ر٠	٥٥ر٣	٥٧ر٧	٦٢ر٠
٣	١٢٢ر٩	٣٨ر٣	٦٠ر٨	٨٠ر٢	٥٨ر٦	٦٠ر٦	٦٤ر٧
٤	١٣١ر٥	٤٥ر٢	٦٣ر٩	٨١ر٤	٦٢ر٢	٦٣ر٧	٦٧ر٤
٥	١٤٠ر٧	٥٣ر٣	٦٧ر٢	٨٢ر٧	٦٥ر٩	٦٧ر٠	٧٠ر٢
٦	١٥٠ر٥	٦٢ر٩	٧٠ر٨	٨٤ر٠	٦٩ر٩	٧٠ر٦	٧٣ر٣
٧	١٦٠ر٨	٧٤ر٣	٧٤ر٣	٨٥ر٣	٧٤ر٣	٧٤ر٣	٧٦ر٥
٨	١٧١ر٨	٨٧ر٧	٧٨ر١	٨٦ر٦	٧٨ر٨	٧٨ر٢	٧٩ر٩
٩	١٨٣ر٤	١٠٣ر٥	٨٢ر١	٨٨ر٠	٨٣ر٦	٨٢ر٤	٨٣ر٦
١٠	١٩٣ر٤	١٢٢ر١	٨٦ر٣	٨٩ر٣	٨٧ر٧	٨٦ر٠	٨٦ر٧
١١	٢٠٦ر٣	١٤٤ر١	٩٠ر٧	٩٠ر٧	٩٣ر١	٩٠ر٧	٩٠ر٧
١٢	٢٢٠ر١	١٧٠ر١	٩٥ر٣	٩٢ر١	٩٨ر٨	٩٥ر٧	٩٥ر٠
١٣	٢٣١ر٩	٢٠٠ر٧	١٠٠ر٢	٩٣ر٥	١٠٣ر٧	٩٩ر٩	٩٨ر٧
١٤	٢٤٧ر١	٢٣٦ر٨	١٠٥ر٤	٩٥ر٠	١١٠ر٠	١٠٥ر٤	١٠٣ر٤
١٥	٢٦٣ر٢	٢٧٩ر٥	١١٠ر٧	٩٦ر٥	١١٦ر٧	١١١ر٢	١٠٨ر٤

(*) جرى حساب الأرقام الواردة بهذا الجدول من واقع المعادلات الواردة بجدول (٦) ، والمعادلة (٢٢) .

ويتضح من جدول (٧) ما يأتى :

أ ـ تعتبر الوحدة الحرارية أكثر كفاءة فى توليد المستويات المختلفة من الطاقة التى لا تتجاوز ١٦٠٫٨ ميجاوات .

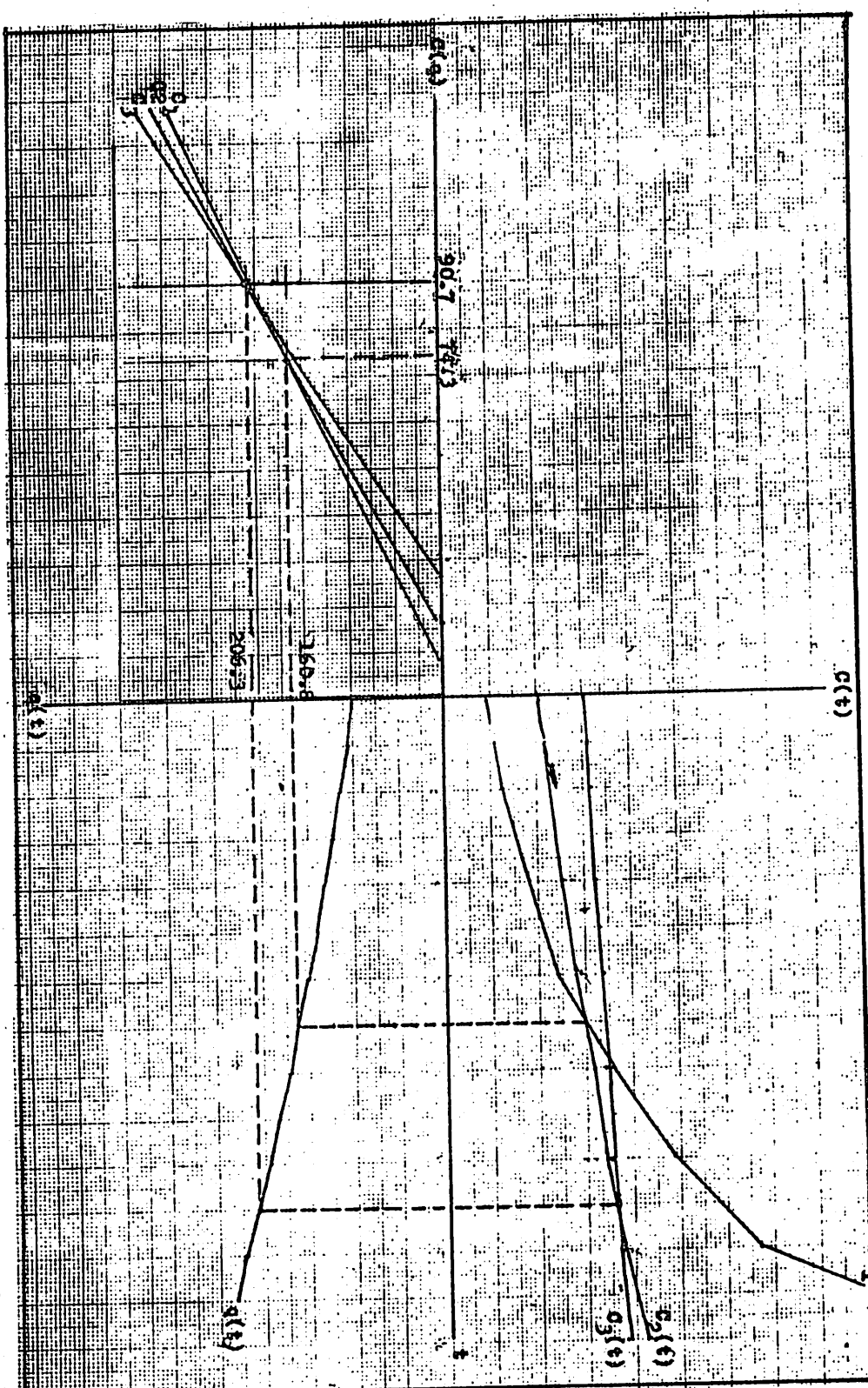
ب ـ يمكن الاستمرار فى الاعتماد بصفة رئيسية على الوحدة الحرارية لسبعة سنوات ، وهى المدة التى تظل الوحدة الحرارية أكفأ من الوحدات الأخرى .

حـ ـ بعد انقضاء سبع سنوات يكون من الملائم التحول الى التوليد المائى .

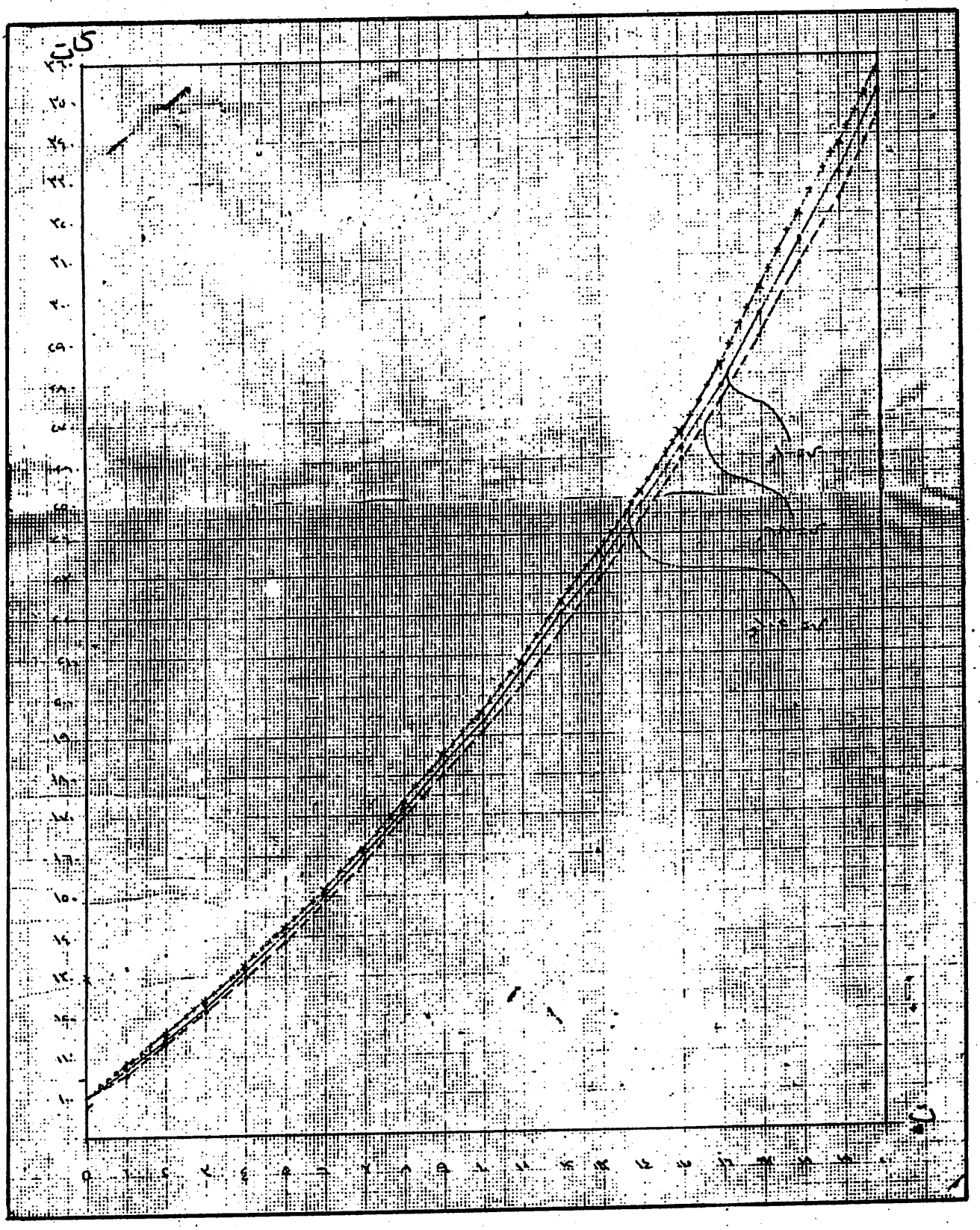
د ـ استمرار نمو الرصيد المرغوب فى الاستحواز عليه من القدرة المركبة ، يعطى للمشروع النووى ميزة واضحة عند مستويات التوليد التى تزيد عن ٢٠٦٫٣ ميجاوات .

هـ ـ من غير الملائم التعجيل بادخال التوليد النووى قبل انقضاء احدى عشر سنة من بداية الفترة التخطيطية لأن الأنواع الأخرى من التوليد تحقق تكلفة أقل .

ويصور (شكل ١٢) هذه النتائج المستقاة من (جدول ٦) بيانيا . ويلاحظ بطبيعة الحال أن شكل (١٢) له نفس الملامح العامة المميزة لشكل (٥) .

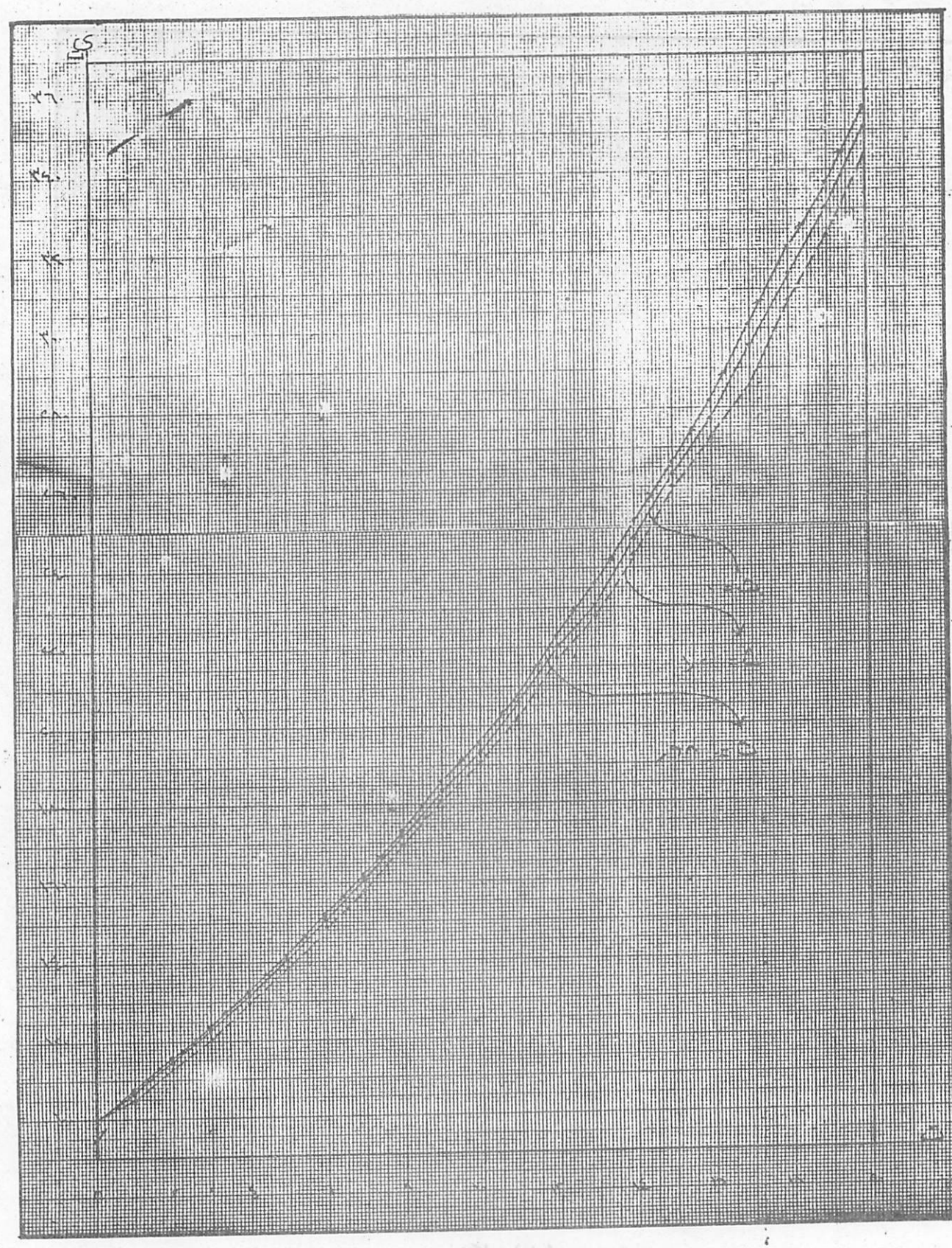


شكل (٧)



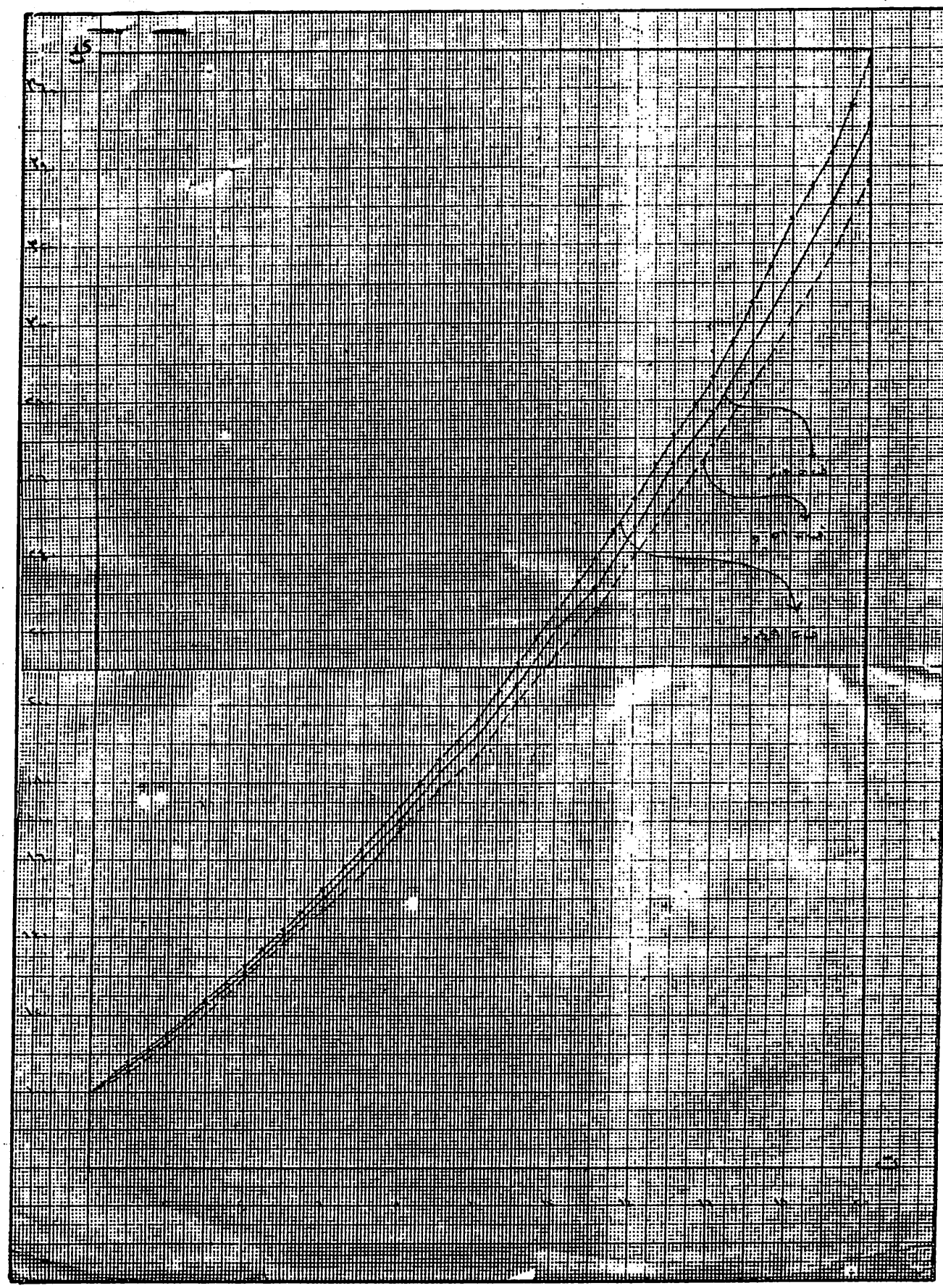
شكل (٨)

أثر التغير في (ر) على (ى ن)



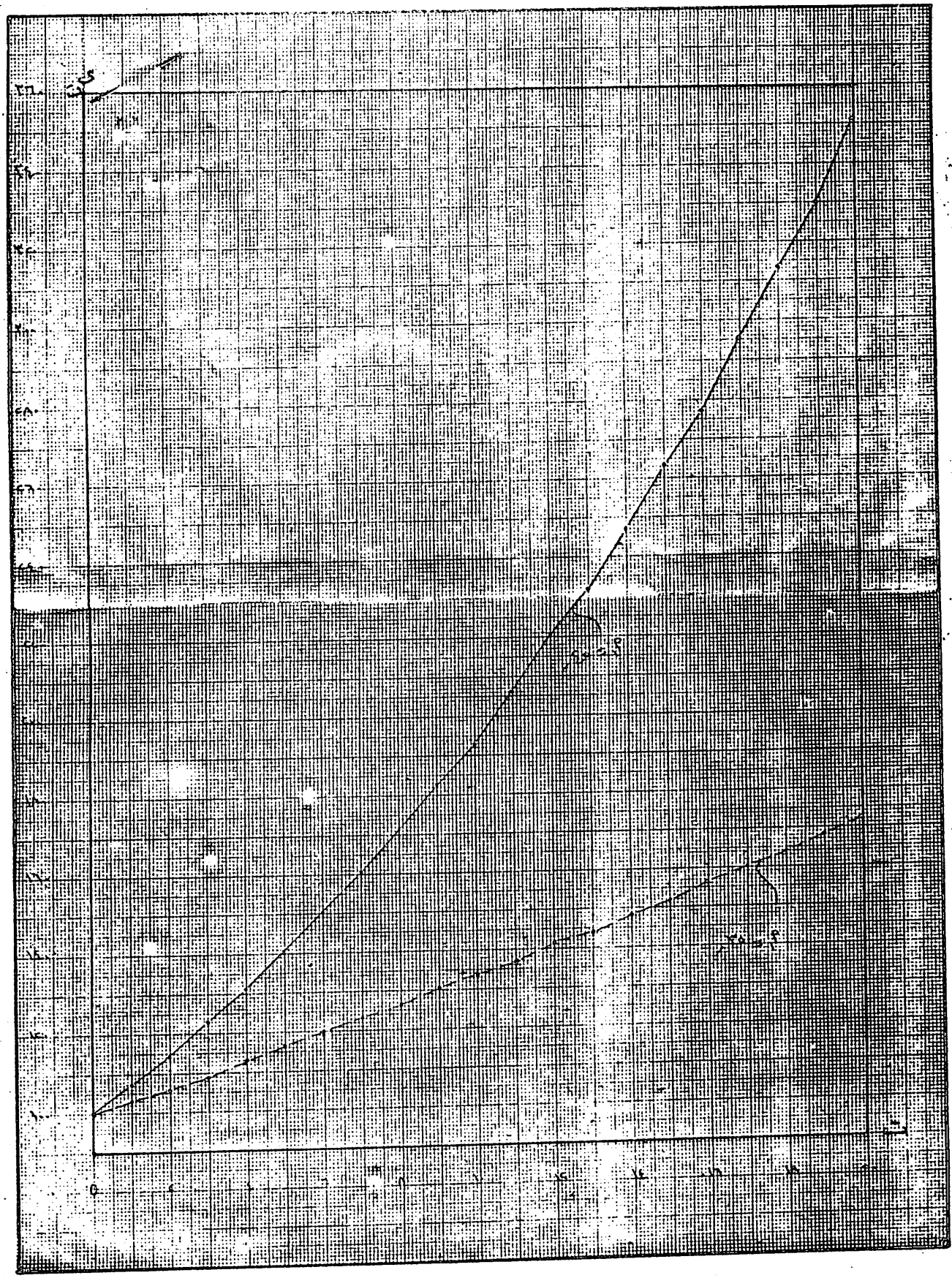
شكل (٩)

أثر التغير فى (ث) على (ى ت)



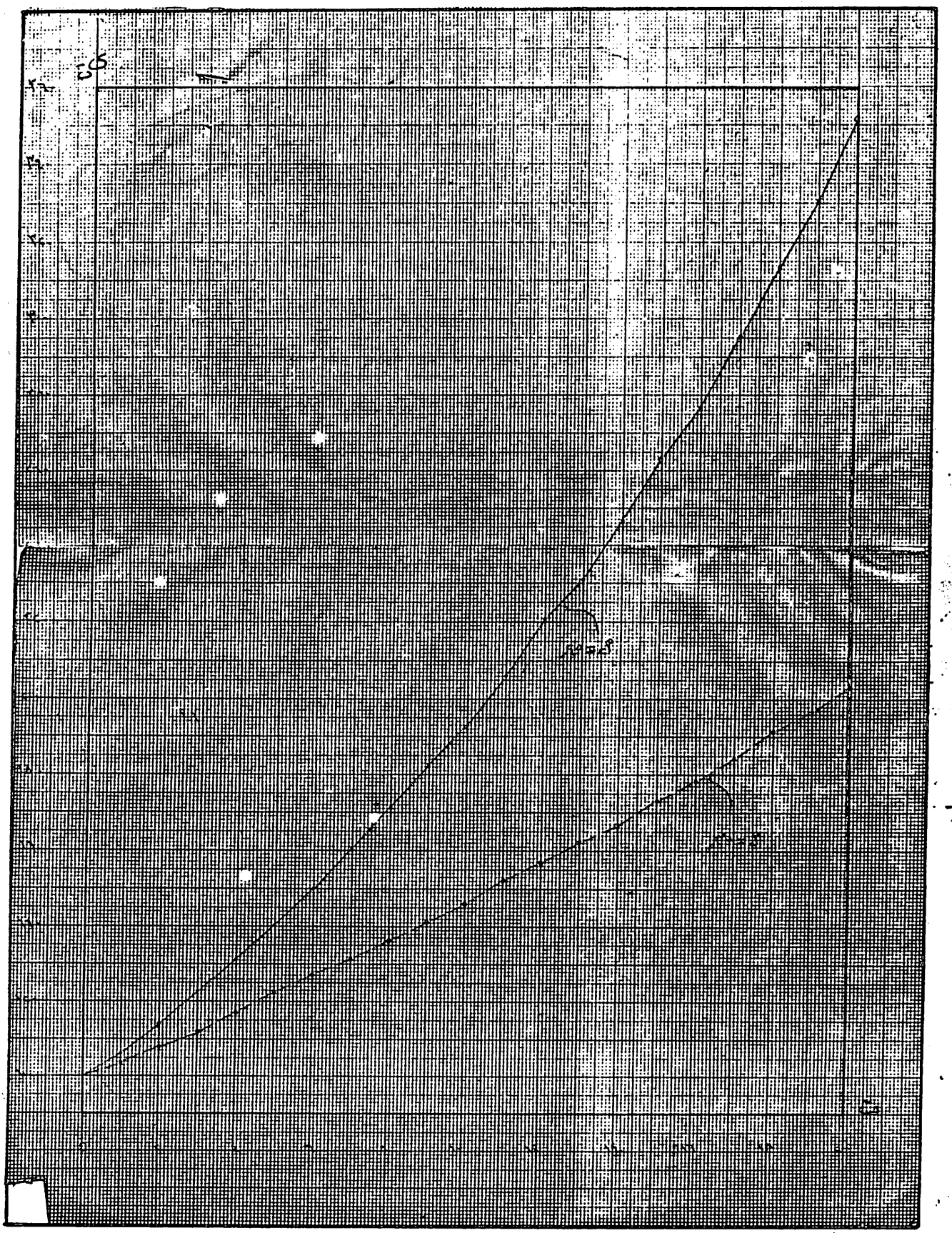
شكل (١٠)

أثر التغير في (ف) على (ى)



شكل (١١)

أثر التغير فى أ، على (ى ت)



شكل (١٢)

أثر التغير فى ($أ_٢$) على ($ى_ت$)

((خاتمـــــة))

اذا كان من المعروف أن عيوب الأسعار ، تحد من دلالة نتائج تقييم المشروعات ، فان الدراسة الحالية تكشف عن وجود مصدر آخر لتحيز هذه النتائج ونقص دلالتها . ويتمثل هذا المصدر فى قصور صيغة الخصم عن الاحاطة بالطبيعة الديناميكية للاستثمار فى المدة الطويلة . فحتى لو افترضنا ضمنيا أن الأسعار المستخدمة هى أسعار اجتماعية ، فان استخدام صيغ الخصم المألوفة فى تقييم المشروعات الاستثمارية الضخمة كمشروعات توليد الطاقة الكهربائية ـ لا يعطى بالضرورة قياسا دقيقا لفاعلية الاستثمار . وتعتبر هذه المشكلة مستقلة عن مشكلة نوع الأسعار المستخدمة فهى تتعلق بتعيين نموذج التقييم وتحديد معياره . فنتيجة تقييم المشروعات لا تتوقف فقط على نوع الأسعار المستخدمة وانما أيضا على ملائمة المنهج لطبيعة الظاهرة .

والمشكلة هنا لا تتعلق بفكرة الخصم ، وانما بطريقة قياس تيارات المنافع والنفقات الاجتماعية . فالقياس هنا سابق على الخصم وليس لاحق له . فاذا ما قام هذا القياس على فروض استاتيكية أصبح قياسا استاتيكيا مضللا لا يعكس الطبيعة الديناميكية للاستثمار فى المدة الطويلة . وتتأكد هذه الطبيعة الديناميكية بشكل واضح فى مشروعات التوليد من خلال استعراض خصائصها الاقتصادية والفنية . ومعيار التقييم الاستاتيكى الذى ينطوى على قياسا من هذا النوع لا يحيط بالآثار الديناميكية للمشروع فى المدة الطويلة ومثله فى ذلك مثل المنظار الذى يعجز عن رصد الأجسام المتحركة لأنه لا يدور على قاعدته وليس له زاوية انفراج . فعدم الدقة فى قياس فاعلية الاستثمار هو نتيجة اذن لمحاولة قياس ظاهرة ديناميكية بمعيار استاتيكى خلافا للبديهية المعروفة بأنه لا يمكن رصد أى جسم متحرك بواسطة أى منظار ما لم يكن لهذا المنظار زاوية انفراج . وان قدرته على الرصد تتوقف على مقدار هذه الزاوية .

وتخلص الدراسة الى انه يمكن من الناحية النظرية تحسين نتائج تقييم المشروعات اذا ما جرى بوجـــــه عـــام تطوير اساليب التحليل المستخدمة فى الاتجاهات التالية :

أ ـ قياس تيارات المنافع والنفقات الاجتماعية بشكل ديناميكى ، عن طريق ادخـــال الزمن فى الدوال التى تعبر عن هذه التيارات .

ب ـ ربط المشروع الاستثمارى الواحد بغيره من المشروعات فى اطار البرنامـــــج الاستثمارى ، بحيث يتم تقييم المشروع الواحد من خلال أثره على النفع الاجتماعى الصافى المتحقق عن البرنامج ككل .

حـ ـ اعطاء الأفضلية الاستثمارية معنا ديناميكيا جديدا يتفق مع اطار التحليـــل الديناميكى . فالمشروع الأفضل فى هذا الاطار ليس الذى يحقق قيمة حالية أكبر للمنافع الصافية أو قيمة حالية أقل للتكاليف عن غيره من المشروعات . وانمـــا هو المشروع الذى لو أجل زمنيا لكان مجموع القيمة الحالية الصافية للبرنامـــــج الاستثمارى أقل عن ذى قبل .

د ـ اعطاء بعد زمنى للقرارات التخطيطية بما يساعد على تحديد التوقيت الأمثـــل لكل مشروع ، وعلى تحديد النمط الزمنى الأمثل للاستثمار فى البرنامج . معرفـا على انه النمط الذى يؤدى الخروج عليه بتقديم او تأخير أحد المشروعـــات الى نقص مجموع القيم الحالية للبرنامج ككل .

هـ ـ ربط القرارات التخطيطية على مستوى المشروع ، مع القرارات التخطيطية علـــى المستويين القطاعى والقومى . وذلك باعادة صياغة البرنامج الاستثمارى القطاعى بنفس المنهج المتبع فى تقييم المشروعات ، وهو منهج تحليل التكلفة والعائد .

و ـ التعبير بشكل صريح عن معيار التقييم فى صورة دالة هدف فى داخل نمـــوذج استثمارى قابل للحل .

المراجـــــع

1. Alhans, M. and Falb. P. L, Optimal Control, Mcgraw-Hill, N.Y., 1966.

2. Bain, J. "Criteria For Undertaking Water Resource Development" American Economic Review, 50 (1960).

3. Cairo University MIT, Long Term Investment Planning of the Egyptian Electric Powers System Preinvestment Survey for Capacity Expanaion June, 1978.

4. Falls, O. B. "A survey of the Market for Nuclear Power In Developing Countries, Energy Policy, Vol. 1, No. 3, 1973.

5. George, K. D. The Economics of Nuclear and Conventional Coal Tired Stations in U.K." Oxford Economic Papers, Oct., 1960.

6. I A E A, Economic Evaluation of Bids for Nuclear Power Plants, A Guide book Technical Report Series, No. 175, Vienna 1976.

7. Kisselgoff, A and Modig Liani, F. "Private Investment in the Electric Power Industry and the acceleration Principle"' Review of Economics and Statistics Vol. 39, No. 4, 1957.

8. Lebel, P. G. Energy Economics and Technology, The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1982.

9. Marglin, S.A. Approaches To Dynamic Investment Planning, North Holland Publishing Company, Amestrdam, 1963.

10. Munasinghe, M. "Costs Incurred by Residential Electricity Consumers Due To Faulures"; Journal of Consumer Research, Vol. 6, March 1980.

11. ----------, The Economics of Power System Reliability Planning, John Hopkins University Press, Baltimore, 1975.

11. Stoyster, AL. and Eynon, R. "The conceptual Basis of the Electric submodel of project Independence Evaluation System", Applied Mathematical Modelling, Vol. 3, August,, 1973.

12. Taylor, L. "Two Generalizations of Discounting in R.S. Eckaus, D. S. Rosenstein - Rodan (eds.), Analysis of Development Problems, North Holland Publishing Company.

13. Vennard, E. Management of the Electric Energy Business, McGraw-Hill, 1979.

14. Weitzman, M. "Investment Criteria for Lumpy capacity expansion," Presented for the development Research Center of the World Bank, May 1977.

15. أعمال ندوة ترشيد انتاج واستخدام الطاقة الكهربائية ٥ يناير ١٩٨٤

ملخـــــص

يسعى البحث للتعرف ، بصفة عامة ، على شروط صلاحية منهج التكلفة والعائد فى قياس فاعلية الاستثمار فى المشروعات الضخمة ، كمشروعات توليد الطاقة الكهربائيـــة . وهى المشروعات التى تقضى خصائصها الاقتصادية والفنية بأن لها طبيعة ديناميكيـــة . وهى الطبيعة التى يبرزها الجزء الاول مـــن خلال استعراض اهم الخصائص الاقتصادية الفنية لمشروعات توليد الطاقة الكهربائية .

ويدلل الباحث فى الجزء الثانى على أن اغفال هذه الطبيعة الديناميكية ـ عنـد تقييم هذه المشروعات ـ هو مصدر كبير للتحيز ، وعدم الدقة فى قياس فاعلية الاستثمار . فمن خلال المقارنة بين مشروعين للتوليد ، تنتظم فى احدهما تيارات المنافع والتكاليف ، دون ان تنتظم فى للمشروع الاخر ، تبين أن كفاءة البرامج الاستثمارية المؤلفة منهما تتأثر بشكل واضح بتواريخ بدء كل مشروع .

ويخلص الباحث عـن هذا الجزء الى أنه اذا كان للاختلاف فى توقيت المشـروع أن يغير من كفاءة الاستثمارية ، فان تحديد التوقيت الامثل لكل مشروع ، هو جزء لا يتجـزأ عن قرار اختياره ويتعين من ثم ، أن يقترن ، من خلال معيار التقييم اختيار مشروع التوليـد بتحديد التوقيت الامثل له . ويوضح الباحث كيف يتسنى تحديد التوقيت الامثل لمشروعـات التوليد من خلال التعبير عن التكاليف والمنافع الاجتماعية لهذه المشروعات كدوال فـــى الزمن ، كما يقدم الباحث صياغة عامة لشروط التوقيت الامثل بالنسبة لبعض هذه الدوال .

ولما كان تقييم المشروعات هو مهمة تخطيطية ، فقد اهتم البحث فى جزءه الاخير بمحاولة ايجاد اسلوب لربط القرارات الاستثمارية على مستوى المشروعات بقرار تحديد حجـم الاستثمار على مستوى قطاع الكهرباء ككل . ويعتمد أسلوب الربط على استخدام منهج التكلفة والعائد فى تحديد الاستثمار القطاعى فى اطار نموذج استثمارى مقترح . وينظر الباحـث فى اطار هذا النموذج الى القدرة المركبة على انها اصل رأسمالى . ويتحدد المعـدل الامثل للزيادة فى هذا الرصيد عند ذلك المستوى الذى يعظم فى الازمنة المختلفـة القيمة الحالية للفرق بين تكاليفه الاجتماعية ونفقاتـه الاجتماعية فاذا ماتحدد المسـار

الامثل للقدره المركبة جازاعتبار هذا المسار هدفا قطاعيا تخطيطيا طويل الاجل . يمكن ان تتحدد في ظله مقدار الزيادة في القدرة المركبة خلال الفترة التخطيطية .

ويمكن تحديد هذا المسار الامثل من خلال دالة مشتقة من هذا النموذج امكن تسميتها بدالة المسار الزمني للتوسع الامثل في القدره المركبه على مستوى قطاع التوليد ككل . وقد اجرى الباحث على هذه الدالة تحليلا للحساسية كشف عن سلامة العلاقات النظرية المفترضه في النموذج ، كما كشف عن حساسية هذا المسار بشكل واضح للتغير في معلمات دالة انتاج الطاقة الكهربائية ، وبدرجة اقل للمعلمات الاخرى .

Abstract

The paper seeks to find out how far lumpy projects-such as power projects-are carefully evaluated by traditional cost-benefit analysis. These projects are rather unconventional in view of their techno-economic charactersistics. These characteristics are spelled out in the first part of the paper.

To illustrate the inadequacy of the simple discounting formuli on a project selection criterion, a hypothetical two power projects exercise has been undertaken. The economic evaluation results are found inconsistant whenever discounting referred to different start up dates. Then the conclusion is reached that simple discounting formuli are not valid enough as a yardstick for power project selection.

In view of the dynamic nature of power projects, it is suggested that project selection methodology could be improved through reformulating cost and demand as functions of time By means of these time functions, the impact of certain techno-economic characteristics of these projects are adequalety reflected within the same framework of cost-benefit analysis. By means of the suggested time functions the issue of optimal time of power expansion is envistigated. A simple approach is presented in which power station introduction date is endogenously determined. This conclusion has a particular relevance. To nuclear stations whose investment effeciency depend on their introduction time.

The notion of an expansion time path function has been determined and given a certain meaning within a sectoral investment model. In the model, aggregate installed capacity has been visualized as a capital stock. Via this model the investment decisions at the sectoral level is basically explained by the same methodology of cost benefit analysis which apply at the project level as well.

To perform a sensitivity analysis, the computation of sectorial capacity expansion function is done under varying conditions within the framework of the suggested investment model. For this kind of analysis, a number of computations are performed with all parameters except one being held constant to show the leverage of every simple parameter from such an analysis, it has been shown that the production coefficients influence the expansion path strongly.

The advantages of linking investment decisions at both the sectoral and project levels by one basic methodology is stressed. The advantages are that it eleminates the possible in consistancies steming from different separate techniques for each planning level. It also provides a common langue for micro and macro planners, so that various phases of the planning work are more related.

مطبعة معهد التخطيط القومي
القاهرة