تخطيط الإنتاج في صناعة الورق باستخدام أساليب المحاسبة الإدارية – دراسة تطبيقية في إحدى منشآت صناعة الورق

د. محمد بكر عربي
كلية التجارة – الإسماعلية
جامعة قناة السويس

مشكلة البحث وأهميته وهدفه:

تواجه إدارة المنشأة الصناعية العديد من المشاكل الإدارية، وتعتبر مشكلة الفاقد والعاطل واحدة من أهم تلك المشاكل. "ولو بحثنا حقيقة ما يسمى بالوحدات المتعثرة لوجدنا أن ورائها أصلاً الفاقد والعاطل بمعناهما الواسع"[١]. وهما عادة نتيجة عدم استخدام الأساليب العلمية في عملية التخطيط، وعدم استخدام الطاقات المتاحة الاستخدام الأمثل، "الأمر الذي يؤدي إلى وقوع خسائر وليس تكلفة وعدم تحقيق الإيرادات الكافية، وبالتالي السيولة اللازمة حتى لمواجهة التكاليف والمصروفات الدورية".[٢]

والمنشأة موضوع البحث[*] عانت في السنوات القليلة الماضية من خسائر متباينة، وتعتبر عملية تخطيط برنامج الإنتاج السنوي وتحديد الحجم الاقتصادي الأمثل منه، من المشاكل الأساسية بالنسبة لها، لما لهذه المشكلة من تأثير على ما تحققه من ربح أو خسارة.

كما تعتبر عملية تحديد الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج (التصنيع) الواحدة من المشاكل ذات الأثر الواضح على ربحية المنشأة.

ولما كانت المحاسبة الإدارية تركز على توفير المعلومات اللازمة لعملية التخطيط، والرقابة، واتخاذ القرارات لتخصيص الموارد وإستغلالها على أفضل وجه، وأن المحاسبة الإدارية وهي بصدد توفير المعلومات ترتكز وتتأثر بأساليب المعرفة الأخرى، وأن التنبؤات والتقديرات وتكاليف الفرصة المضاعة تلعب دوراً رئيسياً في مجال المحاسبة الإدارية.[٣] فإن الباحث ارتكز على أسلوبين من الأساليب الرياضية في التغلب على مشكلتي المنشأة موضوع البحث.

(*)المنشأة متخصصة في صناعة الورق وطلبت عدم ظهور أسمها حرصاً على سمعتها ومركزها.

وقد طبقت هذه الأساليب وبنجاح في الدول المتقدمة لحل العديد من المشاكل في المجالات الصناعية والزراعية والعسكرية، إلا أن هذه الأساليب لم ينتشر تطبيقها في مصر حتى الآن بصورة مرضية، وأن كان العديد من البحوث المحاسبية أشارت إلى ضرورة استخدام الأساليب الكمية في حل المشاكل الإدارية، إلا أن أغلب هذه البحوث نظرية وتفترض حالات عملية لإختبار النماذج التي تقترحها. وقد ندرت البحوث التي تناولت التطبيق الفعلي لهذه النماذج. وهذا هو هدف البحث، والذي يتمثل في استخدام نموذجي البرمجة الخطية والإنتاج والبيع التدريجي في تخطيط برنامج الإنتاج السنوي وتحديد الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج (التصنيع) الواحدة - مشكلتي المنشأة موضوع البحث - في صناعة الورق، وذلك بهدف تخفيض التكلفة وزيادة الأرباح.

ولن يتعمق الباحث في عرض وتحليل للنماذج الرياضية المذكورة - طرق إثباتها، مزاياها وعيوبها واستخداماتها -، ولكنه سوف يقتصر على التطبيق الفعلي لهذه النماذج.

ولهذا سوف يتناول الباحث هذا البحث من خلال النقاط التالية:

(١) طبيعة نشاط المنشأة.
(٢) استخدام نموذج البرمجة الخطية لتحديد برنامج الإنتاج السنوي الأمثل.
(٣) استخدام نموذج الإنتاج والبيع التدريجي لتحديد الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج (التصنيع) الواحدة.
(٤) نتائج البحث وتوصياته.

أولاً: طبيعة نشاط المنشأة:

تقوم المنشأة موضوع البحث بإنتاج ثلاثة أصناف رئيسية من المنتجات هي:

١ - منتجات الورق.
٢ - منتجات المقوي (الكارتون).
٣ - منتجات مصنعة.

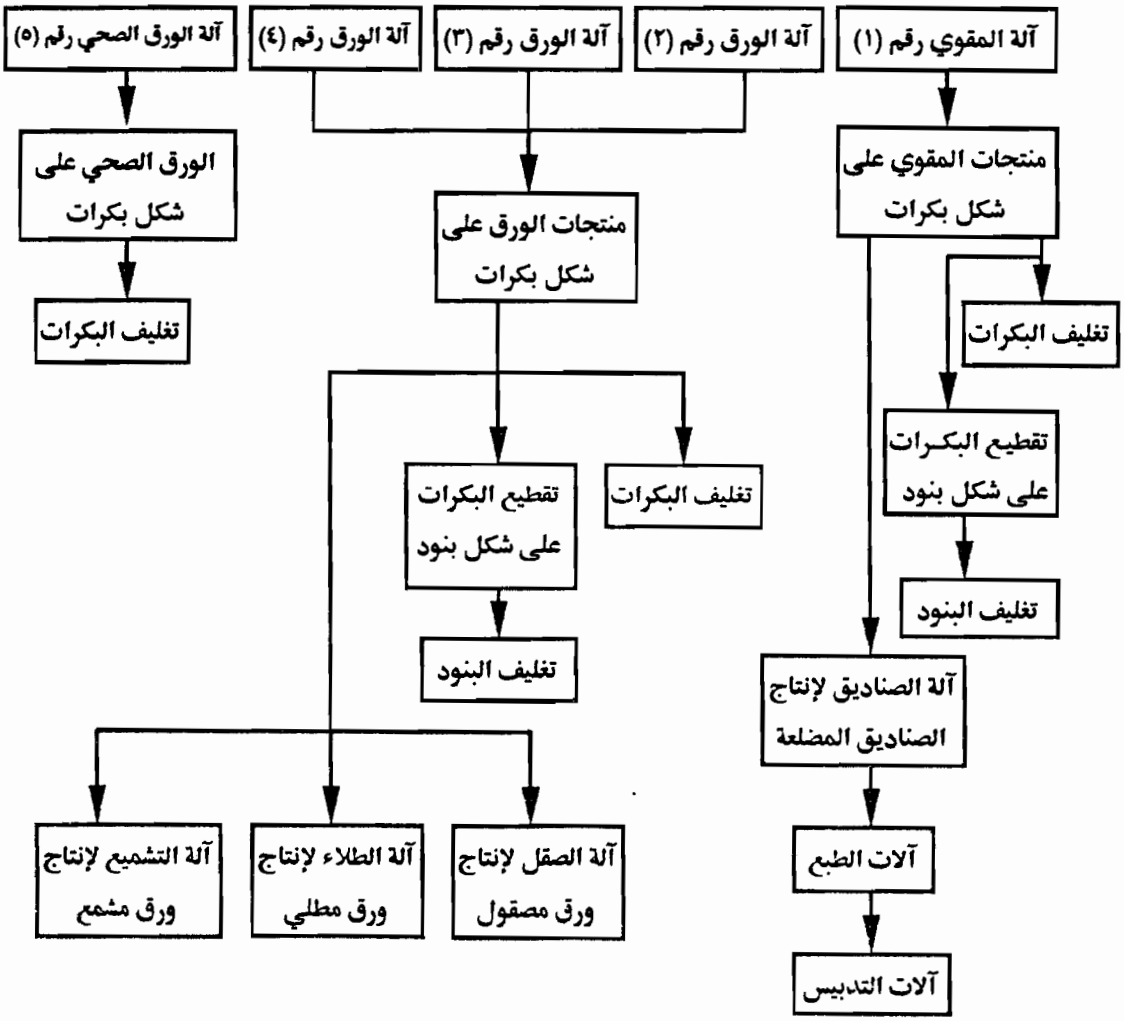
وتشتمل منتجات الصنف الأول والثاني على الورق المقطع (البنود) والبكرات، أما منتجات الصنف الثالث فتشمل منتجات الورق والمقوى التي تجرى عليها بعض العمليات التكميلية كالورق المصقول والمشمع والصناديق المضلعة، ويمكن للمنشأة أن تنتج أكثر من (١٠٠) منتج، إلا أن خطتها الحالية تتضمن إنتاج (٣٢) منتجاً مبينة في الجدول رقم (١).

وتحصل المنشأة على المواد الأولية اللازمة للتصنيع بالشراء من السوق المحلي، أو بالاستيراد من الخارج.

وتحتوي الأقسام الإنتاجية بالمنشأة على ثلاث آلات لتصنيع الورق، وآلة لتصنيع المقوى (الكارتون)، وآلة لتصنيع الورق الصحي، بالإضافة إلى بعض الآلات الأخرى التي تقوم بالعمليات التكميلية كآلة الصناديق، وآلة الصقل، وآلة التشميع وغيرها.

ويوضح الشكل التالي مراحل التصنيع المختلفة والآلات المستخدمة في كل منها:

الآلات المستخدمة ومراحل التصنيع في المنشأة



ثانياً: استخدام نموذج البرمجة الخطية لتحديد برنامج الإنتاج السنوي الأمثل:

تتعدد الأساليب الكمية الممكن تطويرها لتناسب استخدامات المحاسبة الإدارية، وخاصة تلك الأساليب التي تمكن من تحليل البيانات المالية والمحاسبية بطريقة تساعد الإدارة على القيام بوظائفها بشكل أفضل، "وتعتبر البرمجة الخطية أحد أهم الأساليب الكمية لبحوث العمليات. وهي أسلوب تحليلي يستخدم للوصول إلى مجموعة تكوينية مثالية من المصادر والإمكانيات المتاحة والمحدودة، وذلك ضمن مجموعة كبيرة من التكوينات والتي يمكن أن تحقق هدفاً إدارياً محدداً".(٤)

ويمكن تطبيق نماذج البرمجة الخطية على أي نشاط توجد به علاقة خطية ما بين متغيراته، وحيث توجد قيود على استعمال موارد معينة تعتبر كمتغير، وحينئذ يمكن تحديد أقصى وأدنى علاقة بين الموارد. "وتعتبر نماذج البرمجة الخطية أهم النماذج التي تستخدم في تحديد الحجم الأمثل لبعض الأعمال والأنشطة، ولتوزيع الموارد النادرة الخاصة بمنشأة ما أفضل توزيع ممكن".(٥)

ولهذا يمكن استخدام نماذج البرمجة الخطية في حل الكثير من المشاكل التي تواجه المنشآت الصناعية. وتأتي في مقدمة هذه المشاكل مشكلة تحديد برنامج الإنتاج السنوي الأمثل في المنشأة موضوع البحث.

وقد تم وضع عدد من نماذج البرمجة الخطية لحل هذه المشكلة، من بينها:

(١) نموذج يأخذ في الاعتبار الطاقة المستخدمة فعلاً، والكميات المتاحة من المواد الأولية، إضافة إلى قيود الطلب، أي أن هذا النموذج يعكس الظروف السائدة حالياً في المنشأة.

(٢) نموذج يأخذ في الاعتبار الطاقة التصميمية للآلات وقيود الطلب، ويستبعد القيود المتعلقة بالمواد الأولية على أساس أنه يمكن توفيرها من السوق المحلي أو الخارجي، أي أن هذا النموذج يفترض إمكانية تحسين الظروف السائدة في المنشأة، وذلك عن طريق وضع نظم أفضل لتشغيل الآلات وصيانتها.

وسنعرض في هذا البحث النموذج الثانـــي.

صياغة النموذج المستخدم:

نموذج البرمجة الخطية، يتكون من دالة الهدف والقيود.

صياغة دالة الهدف:

أن اختيار دالة الهدف يعتمد بالدرجة الأولى على وجهة نظر إدارة المنشأة موضوع البحث، وقد تبين للباحث أن إدارة المنشأة تستهدف تحديد برنامج الإنتاج الذي يؤدي إلى تعظيم الأرباح، وذلك لتغطية الخسائر التي حدثت في السنوات السابقة.

ولصياغة هذا الهدف رياضياً كان من الضروري تحديد الربح الذي يتحقق من بيع طن واحد من مختلف المنتجات، وهذا ما يبينه الجدول رقم (١).

جدول رقم (١)

أنواع المنتجات ومواصفاتها ورموزها وسعر بيع وتكلفة وربح الطن الواحد

المنتجات	المواصفات		الرمز	سعر بيع الطن	تكلفة الطن	ربح الطن
	الوزن جم/م٢	النوع			جنية	جنية
ورق كتابة وطباعة	٦٠	بكرة	س١	٢٩٥	٢٦٩,٠٣٠	٢٥,٩٧٠
ورق كتابة وطباعة	٦٠	بند	س٢	٣٢٠	٢٩١,٥٠٥	٢٨,٤٩٥
ورق كتابة وطباعة	٨٠	بند	س٣	٣٢٢,٥٠٠	٢٩٤,٠٠٥	٢٨,٤٩٥
ورق الأوفسيت	٦٠	بكرة	س٤	٢٦٧	٢٥٤,٩٣٠	١٢,٠٧٠
ورق الأوفسيت	٦٠	بند	س٥	٢٨٧	٢٧٤,٠١٠	١٢,٩٩٠
ورق الأوفسيت	١٠٠	بند	س٦	٢٨٢	٢٦٩,٠١٠	١٢,٩٩٠
ورق بوند أبيض	٤٥	بند	س٧	٤٢١	٣٨٢,٤٢٠	٣٨,٥٨٠
ورق بوند ملون	٤٥	بند	س٨	٦٣٦	٥٧٧,٠٣٥	٥٨,٩٦٥
ورق رايز أبيض	٣٠	بند	س٩	٨٧٣	٧٩٤,٤٣٠	٧٨,٥٧٠
ورق رايز ملون	٣٠	بند	س١٠	٨٩٥	٨١٤,٨٥٠	٨٠,١٥٠
ورق رونيو	٧٠	بند	س١١	٢٧٤,٧٥٠	٢٦٢,٣٠٥	١٢,٤٤٥
ورق رسم	١٠٠	بكرة	س١٢	٢٧٠	٢٥٧,٩٣٠	١٢,٠٧٠
غلاف دفتري	١٢٥	بكرة	س١٣	٢٧١	٢٦٠,٣٩٠	١٠,٦١٠

تابع جدول رقم (١)(*)

المنتجات	المواصفات		الرمز	سعر بيع الطن	تكلفة الطن	ربح الطن
	الوزن جم/م٢	النوع		جنية	جنية	جنية
ورق ليجر	١٠٠	بند	س١٤	٣٢٥	٢٩٦,٥٠٥	٢٨,٤٩٥
ورق لاينر	١٤٠	بكرة	س١٥	٢٤١	٢٣٠,٣٩٠	١٠,٦١٠
مقوي دوبلكس	٣٢٠	بكرة	س١٦	٢٤٦,٧٥٠	٢٣٠,٤٩٠	١٦,٢٦٠
مقوي دوبلكس	٣٢٠	بند	س١٧	٢٦١,٥٠٠	٢٤٤,٣٢٠	١٧,١٨٠
مقوي دوبلكس	٣٥٠	بكرة	س١٨	٢٤٦,٧٥٠	٢٣٠,٤٩٠	١٦,٢٦٠
مقوي دوبلكس	٥٠٠	بكرة	س١٩	٢٤٢,٢٥٠	٢٢٥,٩٩٠	١٦,٢٦٠
مقوي دوبلكس	٥٥٠	بند	س٢٠	٢٨٥,٥٠٠	٢٦٦,٧٧٠	١٨,٧٣٠
مقوي دوبلكس	٢٧٠ – ٣٠٠	بند	س٢١	٢٦٢,٧٥٠	٢٤٥,٥٧٠	١٧,١٨٠
مقوي أساس	٢٢٠ – ٣٠٠	بكرة	س٢٢	١٨٩,٢٥٠	١٧٧,٢٣٠	١٢,٠٢٠
مقوي لاينر	٢٤٠	بكرة	س٢٣	٢٢٣	٢١٢,٩١٠	١٠,٠٩٠
مقوي مانيلا	٢٤٠	بند	س٢٤	٣١٧	٢٩٦,٠٢٥	٢٠,٩٧٥
مقوي عادي	٤٠٠	بند	س٢٥	١٩٠	١٧٤,٣٣٥	١٥,٦٦٥
ورق مصقول	١٠٠	بكرة	س٢٦	٣٥٢,٥٠٠	٣٠٦,٧٣٥	٤٥,٧٦٥
ورق مصقول	١٠٠	بند	س٢٧	٣٦٢,٥٠٠	٣٣٠,٩٤٥	٣١,٥٨٥
ورق مطلي وجهين	١٦٠	بند	س٢٨	٥٥٤,٥٠٠	٥٠٥,٦٧٠	٤٨,٨٣٠
ورق مشمع	٦٠	بكرة	س٢٩	٣٣٣,٥٠٠	٣١١,٢٦٥	٢٢,٢٣٥
الصناديق	١٣٥	طبقات	س٣٠	٣٤٦	٣٠٣	٤٣
الصناديق	٢٤٠	طبقات	س٣١	٣٤٠	٢٩٧,٩٧٥	٤٢,٠٢٥
ورق صحي	١٢ – ٣٠	بكرة	س٣٢	٤٤٣	٣٥٠	٩٣

وطبقاً للبيانات الواردة في الجدول رقم (١) فإن دالة الهدف تأخذ الشكل التالي:

(*) تم استخراج البيانات الأساسية بهذا الجدول والجداول الأخرى المذكورة في البحث من التقارير والقوائم المالية والفواتير والايصالات والمستندات الخاصة بالمنشأة موضوع البحث.

المطلوب تعظيم ص = ٢٥,٩٧٠س١ + ٢٨,٤٩٥س٢ + ٢٨,٤٩٥س٣ + ١٢,٠٧٠س٤

+١٢,٩٩٠س٥ +١٢,٩٩٠س٦ + ٣٨,٥٨٠س٧ + ٥٨,٩٦٥س٨

+٧٨,٥٧٠س٩+ ٨٠,١٥٠س١٠+ ١٢,٤٤٥س١١ +١٢,٠٧٠س١٢

+ ١٠,٦١٠س١٣ + ٢٨,٤٩٥س١٤ + ١٠,٦١٠س١٥ +

١٦,٢٦٠س١٦ + ١٧,١٨٠س١٧ + ١٦,٢٦٠س١٨ +

١٦,٢٦٠س١٩ + ١٨,٧٣٠س٢٠ + ١٧,١٨٠س٢١ +

١٢,٠٢٠س٢٢ + ١٠,٠٩٠س٢٣ + ٢٠,٩٧٥س٢٤ +

١٥,٦٦٥س٢٥ + ٤٥,٧٦٥س٢٦ + ٣١,٥٨٥س٢٧ +

٤٨,٨٣٠س٢٨ + ٢٢,٢٣٥س٢٩ + ٤٣س٣٠ +

٤٢,٠٢٥س٣١ + ٩٣س٣٢

حيـــــــــث:

* ص تمثل إجمالي الربح السنوي بالجنية.
* س$_{ر}$ تمثل الكمية التي سوف تنتج سنوياً بالطن من المنتج (ر).
* (ر) = ١، ٢، ٣، ... ... ٣٢.

قيود النمـــوذج:

النموذج ركز على القيود الآتيـــــة:

(١) قيود الطاقـــــة.

(٢) قيود الطلـــــب.

(١) قيود الطاقة:

تطلبت الصياغة الرياضية لقيود الطاقة تحديد الطاقة التصميمية(*) لكل آلة، والوقت القياسي اللازم لإنتاج الطن الواحد.

ويبين الجدول رقم (٢) أنواع الآلات الرئيسية والمنتجات والطاقة التصميمية السنوية، ومعدل الوقت القياسي لكل منها، وقد تم حساب معدل الوقت القياسي كما يلي:

(*) استخدم الباحث المصطلحات المستخدمة في المنشأة موضوع البحث.

$$\text{معدل الوقت القياسي لإنتاج الطن الواحد} = \frac{٣٠٠ \times ٢٤}{\text{الطاقة التصميمية السنوية}}$$

وذلك على أساس أن هذه الآلات تعمل لمدة (٣٠٠) يوم في السنة وبمعدل ثلاث ورديات في اليوم.

جدول رقم (٣)

أنواع الآلات والمنتجات والطاقة التصميمية السنوية ومعدل الوقت القياسي

رقم الآلة	المنتجات	الوزن جم/م٢	الطاقة التصميمية السنوية (طن)	معدل الوقت القياسي (ساعة/طن)
١	مقوي دوبكس متعدد الطبقات، مقوي اعتيادي، مقوي لاينر، مقوي مانيلا، مقوي أساس.	٢٠٠-٦٠٠	١٦٥٠٠	٠,٤٤
٢	ورق أبيض كتابة وطباعة، ورونيو، ورق أسمر أكياس، تغليف لاينر ورق ملون للغلاف الدفتري	٦٠-١٠٠ ٦٠-١٥٠ مختلفة	٢٤٣٠٠	٠,٣٠
٣	ورق كتابة وطباعة	٦٠ - ١٠٠	١٩٢٠٠	٠,٣٨
٤	ورق استنساخ (رايز)	٣٠ - ٦٠	٩٢٠٠	٠,٧٧
٥	ورق صحي	١٢ - ٣٠	٤٨٠٠	١,٥٠

ونظراً لأن آلات الورق أرقام (٢)، (٣)، (٤) يمكنها تصنيع نفس المنتجات، فقد كان من الضروري توحيد هذه الآلات ومعاملتها كآلة واحدة. وتعتمد عملية التوحيد هذه على إختيار إحدى هذه الآلات واعتبارها كآلة قياسية وتحويل ساعات تشغيل الآلات الأخرى إلى ساعات تشغيل قياسية باستخدام ما يسمى بمعاملات التكافؤ أو التحويل، والتي تم حسابها بقسمة معدل أداء الآلة القياسية على معدل أداء الآلة المطلوب تحويلها.. ويوضح الجدول رقم (٣) هذه العملية.

جدول رقم (٣)

تحويل ساعات التشغيل على آلات الورق إلى ساعات تشغيل قياسية

الآلـــة	معدل الوقت القياسي (ساعة/ طن)	معدل التكافؤ أو التحويل	ساعات التشغيل القصوى في السنة قبل التحويل(*) (ساعـة)	ساعات التشغيل القصوى في السنة بعد التحويل (ساعة قياسية)(**)
آلة الورق (٢)	٠,٣٠	٠,٣٨ / ٠,٣٠ = ١,٢٥	٧٢٠٠	٩٠٠٠
آلة الورق (٣)	٠,٣٨	٠,٣٨ / ٠,٣٨ = ١	٧٢٠٠	٧٢٠٠
آلة الورق (٤)	٠,٧٧	٠,٣٨ / ٠,٧٧ = ٠,٤٨	٧٢٠٠	٣٤٥٦
		المجمـــــــــوع		١٩٦٥٦

ويوجد بالمنشأة موضوع البحث آلات أخرى، وقد تبين عدم توفر أي بيانات عن طاقاتها التصميمية، لذا ارتكز الباحث على تقديرات قسم التصنيع، وعلى البيانات المتوافرة عن السنوات السابقة.

ويبين الجدول رقم (٤) المنتجات ومعدل الوقت القياسي لإنتاج الطن الواحد من كل منها، ونوع وعدد الآلات وساعات التشغيل القصوى في السنة.

(*) ساعات التشغيل القصوى في السنة قبل التحويل= ٣٠٠يوم × ٢٤ساعة × عدد الآلات.

(**) الساعات القياسية = معدل التكافؤ × ساعات التشغيل القصوى في السنة.

جدول رقم (٤)

المنتجات ومعدل الوقت القياسي لإنتاج الطن الواحد من كل منها ونوع وعدد الآلات وساعات التشغيل الفعلي في السنة

المنتجات	المواصفات		الرمز	نوع الآلات ومعدل الوقت القياسي لإنتاج طن واحد من كل منتج (ساعة/طن)											
	الوزن جم/م٢	النوع		المقوى	الورق	الورق الصحي	التقطيع	تغليف البنود بدوي	تغليف البكرات	الطلاء	السقل	التشميم	الصناديق	التدبيس	الطبع
ورق كتابة وطباعة	٦٠	بكرة	س١		٠,٣٨				٠,١٢						
ورق كتابة وطباعة	٦٠	بند	س٢		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق كتابة وطباعة	٨٠	بند	س٣		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق الأوفسيت	٦٠	بكرة	س٤		٠,٣٨				٠,١٢						
ورق الأوفسيت	٦٠	بند	س٥		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق الأوفسيت	١٠٠	بند	س٦		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق بوند أبيض	٤٥	بند	س٧		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق بوند ملون	٤٥	بند	س٨		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق رايز أبيض	٣٠	بند	س٩		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق رايز ملون	٣٠	بند	س١٠		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق رونيو	٧٠	بند	س١١		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق رسم	١٠٠	بكرة	س١٢		٠,٣٨				٠,١٢						
غلاف دفتري	١٢٥	بكرة	س١٣		٠,٣٨				٠,١٢						

تابع جدول رقم (٤)

المنتجات	المواصفات		الرمز	نوع الآلات ومعدل الوقت القياسي لإنتاج طن واحد من كل منتج (ساعة/طن)										
	الوزن جم/م٢	النوع		الماكوي	الورق	الورق الصحي	التقطيع	تغليف البلود بيدوي	تغليف البكرات	الطلاء	العقل	التشييم	الصابيل	التدبيس	الطبع
ورق ليجـــر	١٠٠	بند	س١٤		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق لايـــز	١٤٠	بكرة	س١٥		٠,٣٨				٠,١٢						
مقوي دوبلكس	٣٢٠	بكرة	س١٦	٠,٤٤					٠,١٢						
مقوي دوبلكس	٣٢٠	بند	س١٧	٠,٤٤			٠,٧٨	٠,٤٨							
مقوي دوبلكس	٣٥٠	بكرة	س١٨	٠,٤٤					٠,١٢						
مقوي دوبلكس	٥٠٠	بكرة	س١٩	٠,٤٤					٠,١٢						
مقوي دوبلكس	٥٥٠	بند	س٢٠	٠,٤٤			٠,٧٨	٠,٤٨							
مقوي دوبلكس	٢٧٠-٣٠٠	بند	س٢١	٠,٤٤			٠,٧٨	٠,٤٨							
مقوي أســاس	٢٢٠-٣٠٠	بكرة	س٢٢	٠,٤٤					٠,١٢						
مقوي لايـــز	٢٤٠	بند	س٢٣	٠,٤٤			٠,٧٨	٠,٤٨							
مقوي مانيـــلا	٢٤٠	بند	س٢٤	٠,٤٤			٠,٧٨	٠,٤٨							
مقوي عـــادي	٤٠٠	بند	س٢٥	٠,٤٤			٠,٧٨	٠,٤٨							
ورق مصقـــول	١٠٠	بكرة	س٢٦		٠,٣٨				٠,١٢		٠,٨				
ورق مصقـــول	١٠٠	بند	س٢٧		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨			٠,٨				

تابع جدول رقم (٤)

المنتجات	المواصفات		الرمز	نوع الآلات ومعدل الوقت القياسي لإنتاج طن واحد من كل منتج (ساعة/طن)									
	الوزن جم/م٢	النوع		المقوى	الورق	الورق الصحي	التقطيع	تفليف البنود يدوي	تفليف البكرات	الطلاء	الصقل	التشميع	الصادبق	التدبيس	الطبع
ورق مطلي وجهين	١٦٠	بند	س٢٨		٠,٣٨		٠,٧٨	٠,٤٨		٤			٠		
ورق تشميع	٦٠	بكرة	س٢٩		٠,٣٨				٠,١٢			١,٦			
صناديق	٤٨٧	طبقات	س٣٠	٠,٤٤					٠,١٢				٠,٨٩	٠,٨٨	٢,١٥
صناديق	٧٠٠	طبقات	س٣١	٠,٤٤					٠,١٢				٠,٨٩	٠,٨٨	٢,١٥
ورق صحي	١٢ – ٣٠	بكرة	س٣٢			١,٥			٠,١٢						
عدد الآلات				١	٣	١	٤	—	٢	١	١	١	١	٢	٢
عدد الورديات في اليوم				٣	٣	٣	٢	٢	٢	١	١	١	٣	٢	٣
ساعات التشغيل القصوى في السنة				٧٢٠٠	١٩٦٥٦	٧٢٠٠	١٩٢٠٠	٥٧٦٠٠	٩٦٠٠	٢٤٠٠	٢٤٠٠	٢٤٠٠	٧٢٠٠	٦٧٢٠	١٤٤٠

عدد ساعات التشغيل القصوى في السنة = ٣٠٠ يوم × عدد الورديات في اليوم × عدد ساعات العمل في الوردية × عدد الآلات.

وفيما يلي بعض قيود الطاقة التي تم صياغتها وفقاً للبيانات الموضحة في الجدول رقم (٤):

* **قيد آلات الورق:**

$$٠,٣٨ (س_{١} + س_{٢} + س_{٣} + س_{٤} + س_{٥} + س_{٦} + س_{٧} + س_{٨} + س_{٩} + س_{١٠} + س_{١١} + س_{١٢} + س_{١٣} + س_{١٤} + س_{١٥} + س_{٢٦} + س_{٢٧} + س_{٢٨} + س_{٢٩}) \geq ١٩٦٥٦$$

ساعـــة.

* **قيد آلة المقوى:**

$$٠,٤٤ (س_{١٦} + س_{١٧} + س_{١٨} + س_{١٩} + س_{٢٠} + س_{٢١} + س_{٢٢} + س_{٢٣} + س_{٢٤} + س_{٢٥} + س_{٣٠} + س_{٣١}) \geq ٧٢٠٠$$ ساعة.

* **قيد آلة الورق الصحي:**

$$١,٥ س_{٣٢} \geq ٧٢٠٠$$ ساعـــة.

وهكذا بالنسبة لبقية الآلات.

(٢) قيود الطلـــب:

توضح قيود الطلب الكميات التي يمكن إنتاجها سنوياً من المنتجات المختلفة، طبقاً لاحتياجات السوق. وقد إرتكز الباحث على رأي المسئولين في إدارة التسويق بالمنشأة موضوع البحث عند تقدير هذه الكميات. ويتلخص هذا الرأي في أنه يمكن وضع قيود الطلب في صورة متباينات أكبر من أو يساوي، بحيث يكون الطرف الأيسر لها مساوياً لـ(٩٠٪) من تقديرات المنشأة. وهذا يعني أن الحل الأمثل سيؤدي إلى إنتاج (٩٠٪) على الأقل من الكميات التي قدرتها المنشأة.

ويبين الجدول رقم (٥) المنتجات المختلفة وحجم الإنتاج السنوي المتوقع لكل منها، طبقاً لتقديرات المنشأة موضوع البحث:

جدول رقم (٥)

أنواع المنتجات وحجم الإنتاج السنوي المتوقع،

طبقاً لتقديرات المنشأة(*)

المنتجات	الرمز	حجم الإنتاج السنوي المتوقع (طن)
ورق كتابة وطباعة	س١	١٠٥٠٠
ورق كتابة وطباعة	س٢	٨٢٣
ورق كتابة وطباعة	س٣	١٣٠٠
ورق الأوفسيت	س٤	٢٦١٠
ورق الأوفسيت	س٥	٦٦٥٠
ورق الأوفسيت	س٦	٤٠٠٠
ورق بوند أبيض	س٧	١٠٠
ورق بوند ملون	س٨	٦٠٠
ورق رايز أبيض	س٩	١٠٠
ورق رايز ملون	س١٠	٢٥٠
ورق رونيو	س١١	١٣٠٠
ورق رسم	س١٢	٦٥٠
غلاف دفتري	س١٣	٢١٧
ورق ليجر	س١٤	٢٥٠٠
ورق لاينر	س١٥	٧٠٠٠
مقوي دوبلكس	س١٦	١٣٣٥
مقوي دوبلكس	س١٧	١٠٠٠
مقوي دوبلكس	س١٨	٦٠٠
مقوي دوبلكس	س١٩	٥٠٠

(*) لم تظهر الفترة المعدة عنها هذه الجداول لإخفاء معالم المنشأة موضوع البحث.

تابع جدول رقم (٥)

المنتجات	الرمز	حجم الإنتاج السنوي المتوقع (طن)
مقوي دوبلكس	س٢٠	٣٠٠
مقوي دوبلكس	س٢١	١٣٥٠
مقوي أساس	س٢٢	١٦٠٠
مقوي لاينر	س٢٣	٦٧٠
مقوي مانيلا	س٢٤	٥٠٠
مقوي عادي	س٢٥	٦٦٠
ورق مصقول	س٢٦	٥٢٠
ورق مصقول	س٢٧	٤٣٧
ورق مطلي وجهين	س٢٨	٥٠٠
ورق مشمع	س٢٩	١٢٠
مقوي الصناديق	س٣٠	٢٩٢٥
مقوي الصناديق	س٣١	٤١٤٦
ورق صحي	س٣٢	٢٣٠٠

وبناء على الجدول رقم (٥) يمكن أن تأخذ قيود الطلب الشكل الآتي:

- قيد ورق الكتابة والطباعة ($س_1$):

$$س_1 \leq ٩٤٥٠^{(*)}$$

- قيد ورق الكتابة والطباعة ($س_2$):

$$س_2 \leq ٧٤١^{(*)}$$

- قيد ورق الأوفسيت ($س_4$):

$$س_4 \leq ٢٣٤٩^{(*)}$$

(*) عبارة عن (٩٠٪) من حجم الإنتاج السنوي المتوقع، طبقاً لتقديرات المنشأة موضوع البحث.

وهكذا بالنسبة لبقية المنتجـــــــات.

نتائج حل النموذج:

استخدم في حل النموذج الحاسب الآلـــــي.

كما استخدم البرنامج الجاهز (Simplex) وهو مكتوب بلغة (Basic)، ويعتمد على طريقة السمبلكس ذات الوجهين.

وقد تبين بعد إدخال بيانات النموذج إلى الحاسب عدم إمكانية الحل، نتيجة عدم كفاية ساعات العمل اليدوية المتاحة سنوياً في قسم تغليف البنود لإنتاج الحد الأدنى المطلوب طبقاً لقيود الطلب. ولهذا اقترح زيادة عدد عمال القسم من (١٢) إلى (٢٢) عاملاً. وبذلك يرتفع عدد ساعات العمل المتاحة سنوياً من (٥٧٦٠٠) ساعة إلى (١٠٥٦٠٠) ساعة.

ويبين الجدولان (٦)، (٧) النتائج النهائية للحل التي تم الحصول عليها بعد إجراء التعديل المشار إليه في الفقرة السابقة. ويشتمل الجدول رقم (٦) على الكميات المثلى الواجب إنتاجها سنوياً لتحقيق أقصى ربح، وكذلك تكاليف الظل المتعلقة بهذه المنتجات. حيث تبين تكاليف الظل مدى ما سيطرأ من تغير في قيمة دالة الهدف (الربح السنوي) نتيجة زيادة الكمية المنتجة من كل منتج بمقدار وحدة واحدة.

كما يتضمن الجدول رقم (٧) الطاقات الفائضة وأسعار الظل الخاصة بها، حيث تمثل أسعار الظل مقدار الارتفاع الذي يمكن أن يتحقق في قيمة دالة الهدف (الربح السنوي)، نتيجة زيادة ساعات التشغيل على الآلات والمعدات التي تم استخدام ساعات تشغيلها بالكامل مقدار ساعة تشغيل واحدة.

جدول رقم (٦)

الكميات المثلى المطلوب إنتاجها وتكاليف ظلها

المنتجات	الرمز	الكمية المثلى (طن)	تكلفة الظل (جنية)
ورق كتابة وطباعة	س١	٢١٧١٣,٦٣٦	صفر
ورق كتابة وطباعة	س٢	٧٤١	-٥١,٦٥٥
ورق كتابة وطباعة	س٣	١١٧٠	-٥١,٦٥٥
ورق الأوفسيت	س٤	٢٣٤٩	-١٣,٩
ورق الأوفسيت	س٥	٥٩٨٥	-٦٧,١٦
ورق الأوفسيت	س٦	٣٦٠٠	-٦٧,١٦
ورق بوند أبيض	س٧	٩٠	-٤١,٥٧
ورق بوند ملون	س٨	٥٤٠	-٢١,١٨٥
ورق رايز أبيض	س٩	٩٠	-١,٥٨
ورق رايز ملون	س١٠	٦٩٧٢	صفر
ورق رونيو	س١١	١١٧٠	-٦٧,٧٠٥
ورق رسم	س١٢	٥٨٥	-١٣,٩
غلاف دفتري	س١٣	١٩٥	-١٥,٣٦
ورق ليجر	س١٤	٢٢٥	-٥١,٦٥٥
ورق لاينر	س١٥	٦٣٠٠	-١٥,٣٦
مقوي دوبلكس	س١٦	٣٦٥٣,٩٦٢	صفر
مقوي دوبلكس	س١٧	٩٠٠	-٥٣,٢٦
مقوي دوبلكس	س١٨	٥٤٠	صفر
مقوي دوبلكس	س١٩	٤٥٠	صفر

تابع جدول رقم (٦)

المنتجات	الرمز	الكمية المثلى (طن)	تكلفة الظل (جنية)
مقوي دوبلكس	س٢٠	٢٧٠	-٥١,٧١
مقوي دوبلكس	س٢١	١٢١٥	-٥٣,٢٦
مقوي أساس	س٢٢	١٤٤٠	-٤,٢٤
مقوي لاينر	س٢٣	٦٠٣	-٦٠,٣٥
مقوي مانيلا	س٢٤	٤٥٠	-٤٩,٤٦٥
مقوي عادي	س٢٥	٥٩٤	-٥٤,٧٧٥
ورق مصقول	س٢٦	٢٦٠٧	صفر
ورق مصقول	س٢٧	٣٩٣	-٦٨,٣٦
ورق مطلي وجهين	س٢٨	٤٥٠	-٣١,٣٢
ورق مشمع	س٢٩	١٠٨	-٣,٧٣٥
مقوي الصناديق	س٣٠	٢٩٦٦,٦٧٤	صفر
مقوي الصناديق	س٣١	٣٧٣١,٣٩٩	-٠,٩٧٥
ورق صحي	س٣٢	٤٨٠٠	صفر

جدول رقم (٧)

الطاقة الإنتاجية الفائضة وأسعار ظلها(*)

نوع المورد (مصدر الطاقة)	الطاقة الفائضة سنوياً (ساعة)	سعر الظل (جنية)
آلة المقوي	صفر	٣٦,٩٥٥
آلات الورق	صفر	٦٨,٣٤٢
آلة التقطيع	٢٠٤٠	صفر
تغليف البنود (يدوي)	صفر	١١,٢٨٨
آلات تغليف البكرات	٣٢٠٦,٩١١	صفر
آلة الطلاء	٦٠٠	صفر
آلة الصقل	صفر	٢٤,٧٤٤
آلة التشميع	٢٢٢٧,٢	صفر
آلة الصناديق	١٢٣٩,٠٧	صفر
آلات التدبيس	٨٢٦,٠٧	صفر
آلات الطبع	صفر	١٢,٤٣٧

وقبل تحليل نتائج حل النموذج المستخدم يود الباحث الإشارة إلى أن كل من تكاليف الظل وأسعار الظل ليست مستمدة من البيانات التكاليفية أو السوقية للموارد النادرة(**)، ولكنها مجرد نتيجة تفرضها الكفاءة الاقتصادية، ولذلك يطلق عليها الاقتصاديون مجموعة من المسميات مثل: الأسعار الوهمية، القيمة الضمنية، القيمة الذاتية، الأسعار الضمنية[٦] . ويفضل الباحث المسمى الأخير "الأسعار الضمنية"، وهي تتولد عن نموذج البرمجة الخطية ويتم الحصول عليها من الجدول النهائي للسمبكس، حيث تظهر في شكل معاملات للمتغيرات الراكدة.

(*) لم تذكر السنة المعد عنها الجدول لإخفاء معالم المنشأة موضوع البحث.

(**) الموارد النادرة هي التي تظهر في شكل مجموعة من القيود الرياضية.

وأن الأسعار الضمنية تقيس الأرباح الإجمالية الممكن تحقيقها لو إمكن الحصول على وحدة إضافية من الموارد النادرة بنفس التكلفة السابقة، أو الأرباح الإجمالية الممكن ضياعها إذا نقصت وحدة من تلك الموارد[٧]. وقد يختلف السعر الضمني للوحدة الزيادة عنه للوحدة النقص بالنسبة للمورد النادر الواحد، إذا كانت هذه الوحدة سوف تحول المورد من نادر إلى زائد أو العكس.[٨]

ولما كانت الأسعار الضمنية تقيس الفرق بين الأرباح الممكن تحقيقها من حجم النشاط المتاح والأرباح الواجب تحقيقها اقتصادياً، فإنه يمكن القول بإن هذه الأسعار تقيس الضياع الاقتصادي الناتج عن قصور الإمكانيات المتاحة عن تحقيق أهداف المنشأة على أسس اقتصادية سليمة.

ولما كانت الأسعار الضمنية تقيس مدى مساهمة الوحدة من الموارد النادرة في قيمة دالة الهدف (الربح السنوي) التي يحددها الحل الأمثل للمشكلة[٩]. ولما كان الحل الأمثل لأي مشكلة هو أفضل الحلول المتاحة، أي الذي يحقق أكبر قدر من المكاسب الممكنة. فإنه يمكن القول بأن هناك علاقة بين الأسعار الضمنية وتكلفة الفرصة المضاعة، والتي تعبر عن قيمة المكاسب الضائعة نتيجة إختيار بديل معين. هذه العلاقة تظهر في أن الأسعار الضمنية تحدد مقدار تكلفة الفرصة المضاعة للوحدة من الموارد النادرة، ويتضح ذلك من نموذج البرمجة الخطية في تحديد الحل الأمثل، حيث نجد عند إختيار تشكيلة المنتجات باستخدام هذا النموذج تجرى مقارنة بين:[١٠]

(أ) تكلفة الفرصة المضاعة لكمية الموارد النادرة المستخدمة في إنتاج وحدة المنتج (وهي عبارة عن مجموع حاصل ضرب وحدات الموارد النادرة × الأسعار الضمنية لهذه الموارد).

(ب) الأرباح الإجمالية التي تحققها الوحدة من نفس المنتج، وبناء على نتيجة هذه المقارنة يتم إختيار المنتجات إلى تفوق الأرباح الإجمالية التي تحققها الوحدة منها تكلفة الفرصة المضاعة لكمية الموارد النادرة المستخدمة في إنتاج تلك الوحدة، والعكس.

وفيما يلي تحليل نتائج حل النموذج

من الجدولين السابقين (٦)، (٧) يمكن أن نستخلص الآتي:

(١) أن مجموع الأرباح التي تحققها المنشأة سنوياً طبقاً لنموذج البرمجة الخطية المستخدم تمثل نسبة (١٦٣,٦٪) من الربح المخطط.

(٢) أن الكميات المثلى الواجب إنتاجها سنوياً تساوي الحد الأدنى لقيود الطلب، فيما عدا خمس منتجات، فقد زادت الكميات الواجب إنتاجها منها عن الحد الأدنى. والمنتجات الخمس هي:

أ - ورق كتابة وطباعة ($س_{١}$).

ب - ورق رايز ملـــون ($س_{١٠}$).

ج - مقوي دوبلكـــس ($س_{١٦}$).

د - ورق مصقـــول ($س_{٢٦}$).

هـ - الصناديـــــق ($س_{٣٠}$).

(٣) أن زيادة الكمية المنتجة من بعض المنتجات يمكن أن تؤدي إلى نقص الأرباح التي تحققها المنشأة. وهذه المنتجات هي التي تقابلها تكاليف ظل سالبة. فمثلاً زيادة الكمية المنتجة من ورق الكتابة والطباعة ($س_{٢}$) بمقدار طن واحد، سيؤدي إلى تخفيض الأرباح بمقدار (٥٢) جنية، وهكذا بالنسبة للمنتجات الأخرى.

(٤) أن هناك فائض في طاقات بعض الآلات يمكن أن تستغله إدارة المنشأة، ويتركز هذا الفائض في الآلات الآتية:

أ - آلة التقطيـــــع (٢٠٤٠) ساعة سنوياً.

ب -آلة تغليف البكرات (٣٢٠٧) ساعة سنوياً.

ج - آلة الطـــــلاء (٦٠٠) ساعة سنوياً.

د - آلة التشميـــــع (٢٢٢٧) ساعة سنوياً.

هـ - آلة الصناديـــــق (١٢٣٩) ساعة سنوياً.

و - آلة التدبيـــــس (٨٢٦) ساعة سنوياً.

(٥) أن إدارة المنشأة يمكنها تحقيق مزيد من الأرباح، وذلك بزيادة الطاقة الإنتاجية للآلات والأيدي العاملة التي استغلت طاقتها بالكامل، والتي تتمثل في:

أ - آلة المقوي.

ب - آلة الورق.

ج - آلات الصقل.

د - آلة الطبع.

هـ - تغليف البنود.

فمثلاً يمكن زيادة الأرباح بمقدار (٦٨) جنية عن طريق زيادة الطاقة الإنتاجية لآلات الورق ساعة واحدة، وهكذا بالنسبة لبقية الآلات.

(٦) من الضروري تعديل هذا النموذج كلما طرأت ظروف جديدة على المنشأة، كأن تضاف منتجات جديدة أو تتغير معاملات دالة الهدف (الأرباح). ويمكن في هذه الحالة تطبيق أسلوب تحليل الحساسية أو البرمجة البارامترية للتوصل إلى الحل الأمثل.

ثالثاً: استخدام نموذج الإنتاج والبيع التدريجي لتحديد الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج (التصنيع) الواحدة:

أن تجاوز كمية الإنتاج – في المرة الواحدة – للحجم الأمثل يترتب عليه زيادة المخزون، وبالتالي ارتفاع تكلفة التخزين، وتجميد وتعطيل جزء من موارد المنشأة المستثمرة فيه، بالإضافة إلى تعرضه لمخاطر متعددة. أما نقص كمية الإنتاج – في المرة الواحدة – عن الحجم الأمثل فله تكلفة فرصة ضاعة متمثلة في الأرباح الضائعة نتيجة عدم تلبية احتياجات العملاء. ويتطلب تحديد هذا النوع من التكلفة قدر مناسب من الحكم والتقدير الشخصي.[١١]

وتقوم المنشأة موضوع البحث بالإنتاج في صورة دفعات إنتاج. لهذا كان من الضروري تطبيق واحد أو أكثر من نماذج تحديد الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج، وذلك بهدف تدنية تكاليف الإعداد لعملية الإنتاج والتخزين السنوية.

ونظراً لأن هناك العديد من النماذج الرياضية التي يمكن استخدامها لتحديد الحجم الاقتصادي لدفعة الإنتاج، فإن نقطة البداية في التطبيق هي إختيار النموذج المناسب الذي يتفق مع الحالة موضوع البحث. كما أن إختيار أي نموذج يتوقف على مجموعة عوامل من بينها:

(أ) طبيعة النظام الإنتاجي. (ب) مدى توفر البيانات اللازمة.

ولما كان نظام الإنتاج في المنشأة موضوع البحث يتصف بالإستمرارية بينما يجرى البيع تدريجياً، إضافة إلى عدم إمكانية تحديد – بالضبط – تكلفة النفاذ بسبب نقص البيانات، فقد تم إختيار نموذج الإنتاج والبيع التدريجي.

ويأخذ هذا النموذج الشكل الآتـــــي:[١٢]

$$س = \sqrt{\frac{٢ ح ك_{١}}{ك_{٢} \left[\frac{ح_{٢}}{ح_{١}} - ١ \right]}}$$

$$ك = \sqrt{٢ ح ك_{١} ك_{٢} \left[\frac{ح_{٢}}{ح_{١}} - ١ \right]}$$

حيـث: س = الحجم الاقتصادي لدفعة الإنتاج.

ح = الكمية المطلوب إنتاجها سنوياً.

$ك_{١}$ = تكلفة إعداد دفعة الإنتاج الواحدة.

$ك_{٢}$ = تكلفة تخزين الوحدة الواحدة في السنة.

$ح_{١}$ = معدل الإنتاج اليومي بالوحدات.

$ح_{٢}$ = معدل المبيعات اليومية بالوحدات.

ك = مجموع تكلفة الإعداد للإنتاج والتخزين السنوية.

مشكلات التطبيـــــــق:

على الرغم من بساطة الصياغة الرياضية لهذا النموذج إلا أن تطبيقه عملياً يثير بعض المشكلات، تتركز في النقاط التالية:

(١) تحديد تكلفة إعداد دفعة الإنتاج الواحدة.

(٢) تحديد تكلفة تخزين الوحدة الواحدة في السنة.

(٣) تحديد المعدلات اليومية للإنتاج والبيع.

والسبب الرئيسي لظهور هذه المشكلات هو عدم توفر المعلومات اللازمة للتطبيق لدى أغلب المنشآت الصناعية. لهذا ينبغي احتساب هذه التكلفة والمعدلات من واقع البيانات المتاحة في المنشأة موضوع البحث كما يلي:

(أ) تكلفة الإعداد لدفعة الإنتاج ($ك_1$):

تشتمل تكلفة الإعداد لدفعة الإنتاج على العناصر الآتية:[١٣]

أ - التكاليف الهندسية الخاصة بتهيأة وإعداد خطوط الإنتاج أو الآلات.

ب -التكاليف الخاصة بإعداد وإصدار أوامر التشغيل.

ج - تكاليف الطلب الخاصة بتجهيز المواد الأولية لدفعة الإنتاج.

د - الربح المفقود خلال ساعات التوقف التي تستلزمها عملية التهيئة والإعداد.

وبعد إجراء بعض العمليات الحسابية تبين أن عناصر التكاليف الثلاثة الأولى تبلغ (٨٥) جنية لكل مزيج، وقد إضيف إلى هذه القيمة الربح المفقود (الضائع) خلال ساعات التوقف، وذلك لتحديد تكلفة تهيأة وإعداد دفعة الإنتاج الواحدة لكل منتج. ويوضح الجدول رقم (٨) نتائج احتساب هذه التكلفة.

جدول رقم (٨)

أنواع المنتجات والربح المفقود وتكلفة إعداد دفعة الإنتاج الواحدة

المنتجات(*)	الوزن الأساسي جم/م^2	الإنتاج المفقود خلال ساعات التوقف (طن)	الربح المفقود خلال ساعات التوقف(***) جنيه	تكلفة تهيأة وإعداد دفعة الإنتاج(**) جنية
(١) ورق كتابة وطباعة	٦٠	٧,٣٢٠	٣٨٠	٤٦٥
(٢) ورق كتابة وطباعة	٨٠	٧,٣٢٠	٤١٧	٥٠٢
(٣) ورق الأوفسيت	٦٠	٧,٣٢٠	١٧٦	٢٦١
(٤) ورق الأوفسيت	١٠٠	٧,٣٢٠	٣٨٠	٤٦٥
(٥) ورق بوند أبيض	٤٥	٧,٣٢٠	٥٦٥	٦٥٠
(٦) ورق بوند ملون	٤٥	٧,٣٢٠	٨٦٣	٩٤٨
(٧) ورق رايز أبيض	٣٠	٧,٣٢٠	١١٥٠	١٢٣٥
(٨) ورق رايز ملون	٣٠	٧,٣٢٠	١١٧٣	١٢٥٨

(*) تم دمج بعض منتجات الورق مع بعضها الآخر لتشابهها وانخفاض الكمية المطلوب إنتاجها.

(**) الأرقام الظاهرة في هذا العمود هي حاصل جمع (٨٥) مع الربح المفقود خلال ساعات التوقف.

(***) عبارة عن حاصل ضرب ربح الطن × الإنتاج المفقود خلال ساعات التوقف.

تابع جدول رقم (٨)

المنتجات	الوزن الأساسي جم/م٢	الإنتاج المفقود خلال ساعات التوقف (طن)	الربح المفقود خلال ساعات التوقف جنيه	تكلفة تهيأة وإعداد دفعة الإنتاج جنيه
(٩) ورق رونيو	٧٠	٧,٣٢٠	١٦١	٢٤٦
(١٠) ورق رسم	١٠٠	٧,٣٢٠	١٧٦	٢٦١
(١١) غلاف دفتري	١٢٥	٧,٣٢٠	١٥٥	٢٤٠
(١٢) ورق ليجر	١٠٠	٧,٣٢٠	٤١٧	٥٠٢
(١٣) ورق لاينر	٤٠	٧,٣٢٠	١٥٥	٢٤٠
(١٤) مقوي دوبلكس	٣٢٠	٢,٢٩٢	٧٥	١٦٠
(١٥) مقوي دوبلكس	٣٥٠	٢,٢٩٢	٧٥	١٦٠
(١٦) مقوي دوبلكس	٥٠٠	٢,٢٩٢	٧٥	١٦٠
(١٧) مقوي دوبلكس	٥٥٠	٢,٢٩٢	٨٥	١٧٠
(١٨) مقوي دوبلكس	٢٧٠-٣٠٠	٢,٢٩٢	٧٨	١٦٣
(١٩) مقوي أساس	٢٢٠-٣٠٠	٢,٢٩٢	٥٥	١٤٠
(٢٠) مقوي لاينر	٢٤٠	٢,٢٩٢	٥٠	١٣٥
(٢١) مقوي مانيلا	٢٤٠	٢,٢٩٢	٩٦	١٨١
(٢٢) مقوي عادي	٤٠٠	٢,٢٩٢	٦٥	١٥٠
(٢٣) مقوي الصناديق	١٣٥	٢,٢٩٢	٥٠	١٣٥
(٢٤) مقوي الصناديق	٢٤٠	٢,٢٩٢	٥٠	١٣٥
(٢٥) الورق الصحي	١٢-٣٠	٠,٦٦٧	--	٨٥

(٣) تحديد تكلفة تخزين الوحدة الواحدة في السنة (ك٣):

بالنسبة لتحديد تكلفة تخزين الوحدة الواحدة في السنة، فقد تم احتساب متوسط مخزون الإنتاج التام، والذي بلغ (٤٢٧٣,٠٧٩) طناً، طبقاً للبيانات الموضحة في الجدول رقم (٩)، وبقسمة تكلفة مخازن الإنتاج التام والتي بلغت (٧٩٠٢٢,٥٠) جنية على متوسط المخزون، وجد أن تكلفة تخزين الطن الواحد في السنة تساوي (١٨,٤٩٣) جنيهاً.(*)

(*) افترض الباحث تساوي تكلفة تخزين الطن الواحد من المنتجات المختلفة، نظراً لأن جميع المنتجات تخضع لظروف تخزين متشابهة.

وقد إجرى أحد الباحثين[١٤] دراسة على عدة صناعات، وخلص منها إلى أنه يمكن للمنشآت زيادة أرباحها إذا إمكنها تدنية تكاليف مخزونها، وأن أي تخفيض في تكلفة المخزون يحقق زيادة في الأرباح أكثر من تلك التي تتحقق نتيجة تدنية عناصر تكاليف التشغيل الأخرى.

جدول رقم (٩)

متوسط مخزون الإنتاج التام خلال عام ١٩٩٣م

الشهـــــر	رصيد أول الشهر (طـــن)	رصيد آخر الشهر (طـــن)	متوسط المخزون الشهري (طـــن)
ينايـــــر	٣٣٨٠,١٩٠	٣١٥١,٦٧٩	٣٢٦٥,٩٣٥
فبرايـــر	٣١٥١,٦٧٩	٣٩٥٧,٤٥٥	٣٥٥٤,٥٦٧
مـــارس	٣٩٥٧,٤٥٥	٣٥٩٨,٦٣٨	٣٧٧٨,٠٤٧
إبريـــل	٣٥٩٨,٦٣٨	٤٩٥٠,٢٤٩	٤٢٧٤,٤٤٥
مايـــو	٤٩٥٠,٢٤٩	٤٩٣٨,٦٧٩	٤٤٤٤,٤٦٤
يونيـــو	٤٩٣٨,٦٧٩	٥١٦٤,٠٧٦	٥٠٥١,٣٧٨
يوليـــو	٥١٦٤,٠٧٦	٤٨٥٢,٨١٩	٥٠٠٨,٤٤٨
أغسطـــس	٤٨٥٢,٨١٩	٥٥٧٦,٢٦٨	٥٢١٤,٥٥٤
سبتمبـــر	٥٥٧٦,٢٦٨	٤٤٢٥,٧٤٥	٥٠٠١,٠٠٧
أكتوبـــر	٤٤٢٥,٧٤٥	٣٣٢٨,٦٨١	٣٨٧٧,٢١٣
نوفمبـــر	٣٣٢٨,٦٨١	٤١٥٥,٢٠٣	٣٧٤١,٩٤٢
ديسمبـــر	٤١٥٥,٢٠٣	٣٩٧٤,٧١٣	٤٠٦٤,٩٥٨
المجمـوع			**٥١٢٧٦,٩٤٨**

متوسط مخزون الإنتاج التام = ٥١٢٧٦,٩٤٨ ÷ ١٢ = ٤٢٧٣,٠٧٩ طناً.

(٣) تحديد المعدلات اليومية للمبيعات والإنتاج (ح٢، ح١):

تم تحديد المعدلات اليومية للمبيعات والإنتاج، وذلك بقسمة كل من الكمية المطلوب إنتاجها سنوياً من كل منتج والطاقة التصميمية السنوية للآلات على عدد أيام العمل في السنة (٣٠٠ يوم). ويبين الجدول رقم (١٠) أنواع المنتجات والكمية المطلوب إنتاجها سنوياً، ومعدل المبيعات اليومية (ح٢)، ومعدل الإنتاج اليومي (ح١) لكل منتج.

جدول رقم (١٠)

أنواع المنتجات والكمية المطلوب إنتاجها والمعدلات اليومية للمبيعات والإنتاج

المنتجات	الوزن جم/م^{٢}	الكمية المطلوب إنتاجها (طن) ح	معدل المبيعات اليومية (طن) ح$_{٢}$	معدل الإنتاج اليومي (طن) ح$_{١}$
(١) ورق كتابة وطباعة	٦٠	١١٣٢٣ (*)	٣٧,٧٤	١٧٥,٦٧
(٢) ورق كتابة وطباعة	٨٠	١٣٠٠	٤,٣٣	١٧٥,٦٧
(٣) ورق الأوفسيت	٦٠	٩٣٨٠ (**)	٣١,٢٧	١٧٥,٦٧
(٤) ورق الأوفسيت	١٠٠	٥٤٥٧ (***)	١٨,١٩	١٧٥,٦٧
(٥) ورق بوند أبيض	٤٥	١٠٠	٠,٣٣	١٧٥,٦٧
(٦) ورق بوند ملون	٤٥	٦٠٠	٢	١٧٥,٦٧
(٧) ورق رايز أبيض	٣٠	١٠٠	٠,٣٣	١٧٥,٦٧
(٨) ورق رايز ملون	٣٠	٢٥٠	٠,٨٣	١٧٥,٦٧
(٩) ورق رونيو	٧٠	١٣٠٠	٤,٣٣	١٧٥,٦٧
(١٠) ورق رسم	١٠٠	٦٥٠	٢,١٧	١٧٥,٦٧
(١١) غلاف دفتري	١٢٥	٢١٧	٠,٧٢	١٧٥,٦٧
(١٢) ورق ليجر	١٠٠	٢٥٠	٠,٨٣	١٧٥,٦٧
(١٣) ورق لاينر	١٤٠	٧٠٠٠	٢٣,٣٣	١٧٥,٦٧
(١٤) مقوي دوبلكس	٣٢٠	١٤٣٥ (****)	٤,٧٨	٥٥
(١٥) مقوي دوبلكس	٣٥٠	٦٠٠	٢	٥٥
(١٦) مقوي دوبلكس	٥٠٠	٥٠٠	١,٦٧	٥٥
(١٧) مقوي دوبلكس	٥٥٠	٣٠٠	١	٥٥
(١٨) مقوي دوبلكس	٢٧٠-٣٠٠	١٣٥٠	٤,٥٠	٥٥
(١٩) مقوي أساس	٢٢٠-٣٠٠	١٦٠٠	٥,٣٣	٥٥

(*) س$_{١}$ + س$_{٢}$ علماً بأن هذا العمود يتضمن حجم الإنتاج المتوقع طبقاً لتقديرات المنشأة جدول رقم (٥).

(**) س$_{٤}$ + س$_{٥}$ + س$_{٢٩}$.

(***) س$_{٦}$ + س$_{١٢}$ + س$_{١٤}$ + س$_{٢٦}$ + س$_{٢٧}$.

(****) س$_{١٦}$ + س$_{١٧}$.

تابع جدول رقم (١٠)

المنتجات	الوزن جم/م^{٣}	الكمية المطلوب إنتاجها (طن) ح	معدل المبيعات اليومية (طن) ح$_{٢}$	معدل الإنتاج اليومي (طن) ح$_{١}$
(٢٠) مقوي لاينر	٢٤٠	٦٧٠	٢,٢٣	٥٥
(٢١) مقوي مانيلا	٢٤٠	٥٠٠	١,٦٧	٥٥
(٢٢) مقوي عادي	٤٠٠	٦٦٠	٢,٢٠	٥٥
(٢٣) الصناديق	١٣٥	٢٨٦٧	٩,٥٦	٥٥
(٢٤) الصناديق	٢٤٠	٤٢٠٤	١٤,٠١	٥٥
(٢٥) الورق الصحي	١٢-٣٠	٢٣٠٠	٧,٦٧	١٦

نتائج تطبيق النموذج:

يوضح الجدولان (١١)، (١٢) الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة إنتاج (تصنيع) كل منتج من منتجات الورق والمقوي وعدد دفعات الإنتاج في السنة ومجموع تكلفة الإعداد للإنتاج والتخزين في السنة في المنشأة موضوع البحث، وذلك طبقاً لنموذج الإنتاج والبيع التدريجي.

جدول رقم (١١)

نتائج تطبيق نموذج الإنتاج والبيع التدريجي على منتجات الورق

المنتجات	الوزن جم/م٢	تكلفة إعداد دفعة الإنتاج جنية $ك_1$	تكلفة تخزين الطن الواحد (جنية) $ك_2$	$\left[1-\frac{ع_2}{ع_1}\right]$	الحجم الاقتصادي لدفعة الإنتاج (طن)	عدد دفعات الإنتاج في السنة	مجموع تكلفة الإعداد والتخزين في السنة (جنية)
(١) ورق كتابة وطباعة	٦٠	٤٦٥	١٨,٤٩٣	٠,٧٨٥	٨٥١	١٣	١٢٣٥٩
(٢) ورق كتابة وطباعة	٨٠	٥٠٢	١٨,٤٩٣	٠,٩٧٥	٢٦٩	٥	٤٨٤٩
(٣) ورق الأوفسيت	٦٠	٢٦١	١٨,٤٩٣	٠,٨٢٢	٥٦٨	١٧	٨٦٢٩
(٤) ورق الأوفسيت	١٠٠	٤٦٥	١٨,٤٩٣	٠,٨٩٦	٥٥٣	١٠	٩١٦٦
(٥) ورق بوند أبيض	٤٥	٦٥٠	١٨,٤٩٣	٠,٩٩٨	٨٤	١	١٥٤٨
(٦) ورق بوند ملون	٤٥	٩٤٨	١٨,٤٩٣	٠,٩٨٩	٢٤٩	٢	٤٥٦١
(٧) ورق رايز أبيض	٣٠	١٢٣٥	١٨,٤٩٣	٠,٩٩٨	٢١٨	٢	٤٠١٧
(٨) ورق رايز ملون	٣٠	١٢٥٨	١٨,٤٩٣	٠,٩٩٥			
(٩) ورق رونيو	٧٠	٢٤٦	١٨,٤٩٣	٠,٩٧٥	١٨٨	٧	٣٣٩٦
(١٠) ورق رسم	١٠٠	٢٦١	١٨,٤٩٣	٠,٩٩٨	١٣٦	٥	٢٤٩١
(١١) غلاف دفتري	١٢٥	٢٤٠	١٨,٤٩٣	٠,٩٩٦	٧٥	٣	١٣٨٥
(١٢) ورق ليجر	١٠٠	٥٠٢	١٨,٤٩٣	٠,٩٩٥	١١٧	٢	٢١٤٨
(١٣) ورق لاينر	٤٠	٢٤٠	١٨,٤٩٣	٠,٨٦٧	٤٥٨	١٥	٧٣٣٦
(١٤) الورق الصحي	١٢-٣٠	٨٥	١٨,٤٩٣	٠,٥٢١	٢٠١	١٢	١٩٣٥
المجموع							٦٣٨٣٠

جدول رقم (١٣)

نتائج تطبيق نموذج الإنتاج والبيع التدريجي على منتجات المقوى

المنتجات	الوزن الأساسي جم/م٢	تكلفة إعداد دفعة الإنتاج (جنيه) ك١	تكلفة تخزين الطن الواحد (جنيه) ك٢	[١ − ك٢/ك١]	الحجم الاقتصادي لدفعة الإنتاج (طن)	عدد دفعات الإنتاج في السنة	مجموع تكلفة الإعداد والتخزين في السنة (جنية)
(١) مقوي دوبلكس	٣٢٠	١٦٠	١٨,٤٩٣	٠,٩١٣	١٦٤	٩	٢٧٧٧
(٢) مقوي دوبلكس	٣٥٠	١٦٠	١٨,٤٩٣	٠,٩٦٤	١٠٣	٦	١٨٤٥
(٣) مقوي دوبلكس	٥٠٠	١٦٠	١٨,٤٩٣	٠,٩٧٠	٩٤	٥	١٦٩٠
(٤) مقوي دوبلس	٥٥٠	١٧٠	١٨,٤٩٣	٠,٩٨٢	٧٥	٤	١٣٦٢
(٥) مقوي دوبلكس	٢٧٠-٣٠٠	١٦٣	١٨,٤٩٣	٠,٩١٨	١٦١	٨	٢٧٣٥
(٦) مقوي أساس	٢٢٠-٣٠٠	١٤٠	١٨,٤٩٣	٠,٩٠٣	١٦٣	١٠	٢٧٣١
(٧)مقوي لاينر	٢٤٠	١٣٥	١٨,٤٩٣	٠,٩٥٩	١٠١	٧	١٧٨٨
(٨) مقوي ما نيلا	٢٤٠	١٨١	١٨,٤٩٣	٠,٩٧٠	١٠٠	٥	١٨٠١
(٩) مقوي عادي	٤٠٠	١٥٠	١٨,٤٩٣	٠,٩٦٠	١٠٥	٦	١٨٦٩
(١٠) مقوي الصناديق	١٣٥	١٣٥	١٨,٤٩٣	٠,٧٤٥	٢٢٥	١٣	٣٤٣١
(١١) مقوي الصناديق	٢٤٠	١٣٥	١٨,٤٩٣	٠,٧٤٥	٢٨٦	١٥	٣٩٤٦
المجموع							٣٥٩٧٥

ويلاحظ على الجدولين رقم (١١)، (١٢) الآتـــي:

(١) أن الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج (التصنيع) لكل منتج تم التوصل إليها طبقاً لنموذج الإنتاج والبيع التدريجي، والذي يتكون من شقين:

الأول: لحساب الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج (التصنيع) وهو:

$$س = \sqrt{\frac{٢ \text{ ح ك}_١}{\left[١ - \frac{\text{ح}_٢}{\text{ح}_١}\right] \text{ك}_٢}} \quad (*)$$

وكمثال فإن الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج من ورق الكتابة والطباعة.

$$٨٠\text{جم/م}^٢ = \sqrt{\frac{٢ \times ١٣٠٠ \times ٥٠٢}{\left[١ - \frac{٤,٣٣}{١٧٥,٦٧}\right] ١٨,٤٩٣}} = ٢٦٩ \text{ طناً}$$

الثاني: لحساب مجموع تكلفة الإعداد للإنتاج والتخزين السنوية وهو:

$$ك = \sqrt{٢ \text{ ح ك}_١ \text{ ك}_٢ \left[١ - \frac{\text{ح}_٢}{\text{ح}_١}\right]} \quad (*)$$

وكمثال فإن مجموع تكلفة الإعداد للإنتاج والتخزين السنوية لورق الكتابة والطباعة

$$٨٠\text{جم/م}^٢ \text{ (س}_٢) = \sqrt{٢ \times ١٣٠٠ \times ٥٠٢ \times ١٨,٤٩٣ \left[١ - \frac{٤,٣٣}{١٧٥,٦٧}\right]} = ٤٨٤٩ \text{ جنية}$$

(٢) أن عدد دفعات الإنتاج في السنة عبارة عن:

$$\frac{\text{كمية الإنتاج المتوقع إنتاجها في السنة}}{\text{الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج}} \quad \text{..... مع التقريب إلى أقرب رقم صحيح}$$

(*) تمت الإشارة إلى الرموز سابقاً عند بدء الحديث عن النموذج.

رابعاً: نتائج البحث وتوصياته

تمثلت مشكلة البحث في إن إحدى المنشآت الصناعية المتخصصة في صناعة الورق حققت خسائر في عدة سنوات، بسبب:

(أ) سوء تخطيط برنامج الإنتاج السنوي.
(ب) عدم تحديد الحجم الاقتصادي لدفعة الإنتاج (التصنيع).

مما أدى إلى زيادة الإنتاج وتراكم المخزون أحياناً، وبالتالي زيادة تكاليف التخزين وتعطيل جزء من الأموال المستثمرة في المخزون، بالإضافة إلى فقد وتلف المخزون. وأحياناً أخرى أدى إلى نقص الإنتاج وعدم تلبية احتياجات العملاء، وبالتالي فقد أرباح الكميات التي لم يتم توفيرها، بالإضافة إلى ما قد يترتب على عدم الوفاء باحتياجات العملاء من أضرار.

وظهرت أهمية البحث من خلال مدى إمكانية استخدام بعض الأساليب الرياضية في التغلب على هذه المشاكل، ولهذا هدف البحث إلى:

(أ) استخدام نموذج البرمجة الخطية لتحديد برنامج الإنتاج السنوي الأمثل.
(ب) استخدام نموذج الإنتاج والبيع التدريجي لتحديد الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج (التصنيع).

وقد تم استخراج البيانات الخاصة بهذه النماذج من التقارير والقوائم المالية والفواتير والإيصالات والمستندات الخاصة بالمنشأة موضوع البحث، هذا بالإضافة إلى الزيارات الميدانية التي قام بها الباحث والتي اتخذت في بدايتها طابع المساعدة في حل مشاكل المنشأة.

وقد تبين من خلال نتائج تطبيق النماذج المشار إليها أن:

(١) الأرباح الإجمالية التي يمكن أن تحققها المنشأة سنوياً طبقاً لنموذج البرمجة الخطية، تمثل نسبة (١٦٣,٦٪) من الربح المخطط.

(٢) الكميات المثلى الواجب إنتاجها سنوياً تساوي الحد الأدنى لقيود الطلب، فيما عدا خمس منتجات، زادت الكميات الواجب إنتاجها منها عن الحد الأدنى.

(٣) هناك فائض في طاقات بعض الآلات يمكن أن تستغله إدارة المنشأة.

(٤) إدارة المنشأة يمكنها تحقيق مزيداً من الأرباح، وذلك بزيادة الطاقة الإنتاجية للآلات التي استغلت طاقتها بالكامل.

(٥) زيادة الكمية المنتجة من بعض المنتجات عن الكميات المثلى الواجب إنتاجها سنوياً، تؤدي إلى نقص الأرباح التي تحققها المنشأة، وهذه المنتجات هي التي تقابلها تكاليف ظل سالبة.

(٦) إدارة المنشأة تستطيع تخفيض تكاليف الإعداد لدفعات الإنتاج (التصنيع) والتخزين باستخدامها لنموذج الإنتاج والبيع التدريجي في تحديد الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعات الإنتاج، وتحديد تكاليف الإعداد والتخزين السنوية.

ولهذا يستطيع الباحث أن يوصـــــــي بـ:

(١) ضرورة استخدام نموذج البرمجة الخطية لتحديد برنامج الإنتاج السنوي الأمثل في صناعة الورق.

(٢) ضرورة استخدام نموذج الإنتاج والبيع التدريجي لتحديد الحجم الاقتصادي الأمثل لدفعة الإنتاج (التصنيع) في صناعة الورق.

إذ أن استخدام تلك الأساليب يعود بالفائدة على المنشأة الصناعية، وقد تمثل ذلك في إمكانية زيادة الأرباح السنوية نتيجة تطبيق نموذج البرمجة الخطية، وإمكانية تخفيض التكاليف السنوية للإعداد لدفعات الإنتاج والتخزين نتيجة تطبيق نموذج الإنتاج والبيع التدريجي.

المراجـــــــع

(١) د. محمد محمد الجزار، الفاقد والعاطل جذور تعثر الوحدات، التكاليف، الجمعية العربية للتكاليف، العدد الثالث، السنة الثامنة عشر، سبتمبر ١٩٨٩م، ص ٥.

(٢) المرجع السابق، ص ٥.

(٣) تشارلز ت. هورنجون، محاسبة التكاليف "مدخل إداري"، ترجمة وتعريب د. أحمد حامد حجاج، دار المريخ، الرياض: المملكة العربية السعودية، ١٩٨٧م، ص ١٩.

(٤) د. محمد عصام الدين زايد، استخدام أسلوب المسار الحرج باعتباره أحد أساليب المحاسبة الإدارية، مجلة الاقتصاد والإدارة، مركز البحوث والتنمية، كلية الاقتصاد والإدارة، جامعة الملك عبدالعزيز، العدد الرابع، يناير ١٩٧٧م، ص ٧٨.

(٥) د. بكر محمد نور قوته، استخدام الأساليب التحليلية في مراجعة الأداء الإداري، مجلة الاقتصاد والإدارة، مركز البحوث والتنمية، كلية الاقتصاد والإدارة، جامعة الملك عبدالعزيز، العدد الخامس عشر، أغسطس ١٩٨٢م، ص ١٥.

(٦) أ. أحمد إسماعيل فرج الزياتي، استخدام البرامج الخطية في تطوير بيانات التكاليف، التكاليف، الجمعية العربية للتكاليف، العدد الثالث، السنة الثانية، سبتمبر ١٩٧٣م، ص ١٥٠.

(٧) المرجع السابق، ص ١٥٠.

(8) Jay E. Strum, "Noteon Two - Sided Shadow Prices", Journal of Accounting Research, 1979, p.160.

(٩) أ. أحمد إسماعيل فرج الزياتي، استخدام البرامج الخطية في تطوير بيانات التكاليف، مرجع سبق ذكره، ص ١٥٢.

(١٠) المرجع السابق، ص ١٥٢.

(١١) د. طه الطاهر إبراهيم إسماعيل، آثار التخفيض في قيمة العملة وتقويم أسعار الصرف على نموذج الكمية الاقتصادية وسلوك الشراء، التكاليف، الجمعية العربية للتكاليف، العدد الثاني والثالث، السنة التاسعة عشر، مايو وسبتمبر ١٩٩٠م، ص ٣٧.

12) a - James E. Shamblin and G.T. Stevens, Operations Research, Mc Graw-Hill, Inc., New York, 1984, p.122.

b - E.S. Buffa, Operations Management, John Willy and Sons, Inc., New York, 1982, p.244.

13) a - R. I. Levin and C. A. Kirkpatrick, Quantitative Approaches to Management, Mc Graw-Hill, Inc., New York, 1981, p.154.

b- J. F. Magee and D. M. Boodman, Production Planning and Inventory Control, Mc Graw-Hill, Inc., New York, 1987, p.36.

(14)L. Chadwick, Increased Profits from Materials Management, the Accountant, May 1984, pp. 5-6.