دور البرمجة الخطية وتحليل الحساسية في تحقيق التوزيع الأمثل للمنتجات الصناعية في المؤسسات الاقتصادية الجزائرية

The Role of linear programming and sensitivity analysis in achieving the optimal distribution of industrial products in Algerian economic institutions

اسليماني محمد[1]

[1] جامعة يحي فارس بالمدية، الجزائر، esselimani@windowslive.com

تاريخ الاستلام: 2021/10/12 تاريخ القبول: 2022/01/13 تاريخ النشر: 2022/03/15

ملخص:

نظرا للتطورات الحاصلة في مجال الاقتصاد ونظم المعلوماتية والاتصال وغيرها، لم تعد الطرق التقليدية في اتخاذ القرارات الإدارية مجدية وفعالة إذ ظهرت توجهات حديثة في الإدارة تركز على ضرورة الاعتماد على التقنيات والأساليب الكمية وبحوث العمليات كتقنية البرمجة الخطية، حيث تعتبر هذه التقنيات من نتائج الحرب العالمية الثانية التي ظهرت لأول مرة في بريطانيا لإدارة العمليات الحربية، ومسألة توزيع ونقل المنتجات هي واحدة من هذه المشاكل التي تعالجها علوم اتخاذ القرار وبحوث العمليات.

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز دور وفعالية تطبيق الأساليب الكمية في تحسين إدارة نقل وتوزيع المنتجات في المؤسسات الصناعية الجزائرية من خلال التطرق أولا إلى مفهوم الأساليب الكمية وتطورها التاريخي، ثانيا البرمجة الخطية وقضية تحقيق الأمثلية وأخيرا دراسة حالة مشكلة توزيع ونقل الاسمنت لعدد من مصانع المنتجة لهذه السلعة إلى عدد من المستعملين (مشاريع الانجاز المتواجدة في مدن مختلفة) ثم القيام بتحليل حساسية دالة الهدف للتغيرات التي تحدث في العرض والطلب، ولقد توصلت الدراسة إلى جملة من الاستنتاجات والتوصيات وهي متضمنة في متن الدراسة.

كلمات مفتاحية: الأساليب الكمية، مسألة البرمجة الخطية، تحليل الحساسية، مشكلة نقل وتوزيع الاسمنت.

تصنيفات JEL : C44

Abstract:

Due to developments in the economy, information systems, communication and others, traditional methods of administrative decision-making are no longer feasible and effective, with recent trends in management focusing on the need to rely on quantitative techniques and methods and process research such as written programming, as these techniques are the results of the Second World War, which first emerged in Britain to manage war operations, and the issue of product distribution and transport is one of these problems addressed by decision-making science and operational research.

This study aims to highlight the role and effectiveness of the application of quantitative methods in improving the management of the transport and distribution of products in Algerian industrial enterprises by first addressing the concept of quantitative methods and their historical development, secondly linear programming and the issue of optimization and finally examining the case of the problem of the distribution and transfer of cement to a number of factories producing this commodity to a number of users (achievement projects located in different cities), and the study reached a number of conclusions and recommendations included in the study board**Keywords:** Quantitative methods, the issue of linear programming, sensitivity analysis the problem of the transport and distribution of cement..

Jel Classification Codes: C44.

المؤلف المرسل: اسليماني محمد

1. مقدمة:

ظهرت الحاجة لاستخدام الأساليب الكمية وبحوث العمليات في الإدارة نتيجة لضخامة المؤسسات الحديثة، حيث أصبحت المشاكل الإدارية فيها على درجة عالية من التعقيد وأصبحت الأساليب التقليدية التي تعتمد على التجربة والخطأ والخبرة الذاتية لمتخذ القرار غير فعالة، كما أن نتائج القرارات إن لم تكن محسوبة ومقدرة تقديرا صحيحا فسوف يترتب عليها خسائر لا يمكن تعويضها.

وبغية تحقيق التوزيع والنقل الأمثل للمنتجات في المؤسسات الصناعية وتدنية تكاليف النقل، ليس أمام المؤسسات الصناعية الجزائرية إلا أن تبحث عن تطبيق أفضل المداخل التي تواكب تطورات محيطها، ومن أهمها البرمجة الخطية التي تعتمد على المعلومات الكمية القابلة للقياس والمدعمة للحقائق، وبالتالي فهي تعتبر إحدى الوسائل التي تساعد المسيرين على اتخاذ القرارات المناسبة.

مشكلة البحث:

مما سبق يمكن حصر مشكلة البحث في التساؤل الرئيسي الآتي:

كيف تساهم البرمجة الخطية وتحليل الحساسية في تحقيق التوزيع الأمثل لمشكلة نقل الاسمنت لعدد من المصانع في منطقة الوسط؟

وانطلاقا مما تقدم، جاءت هذه الدراسة لإبراز فعالية تطبيق تقنية البرمجة الخطية في تحقيق التوزيع الأمثل للمنتجات الصناعية في المؤسسات الصناعية الجزائرية (دراسة حالة مشكلة نقل وتوزيع الاسمنت) من خلال ثلاثة محاور رئيسية هي:

- أولا: مفهوم الأساليب الكمية وتطورها التاريخي؛
- ثانيا: البرمجة الخطية؛
- ثالثا: دراسة حالة مشكلة نقل وتوزيع الاسمنت لعدد من المصانع باستخدام البرمجة الخطية وتحليل الحساسية.

2. مفهوم الأساليب الكمية وتطورها التاريخي

1.2. مفهوم الأساليب الكمية:

هناك العديد من التعاريف لعلم الأساليب الكمية وبحوث العمليات فقد عرفت بأنها "مجموعة من الأدوات أو الطرق التي تستخدم من قبل متخذ القرار لمعالجة مشكلة، والمفروض توفر القدر الكافي من البيانات المتعلقة بالمشكلة، كما يمكن تعريفها أيضا بأنها النماذج الرياضية أو الكمية التي من خلالها يتم تنظيم كافة مفردات المشكلة الإدارية أو الاقتصادية والتعبير عنها بعلاقات رياضية (سهيلة سعيد، 2007، صفحة 15)، وتعرف الأساليب الكمية أيضا على أنها أسلوب رياضي يتم من خلاله معالجة المشاكل الاقتصادية والإدارية والتسويقية بمساندة الموارد المتاحة من البيانات والأدوات والطرق التي تستخدم من قبل متخذي القرار لمعالجة المشاكل (نصر، 2006، صفحة 23)، أما التعريف الذي اعتمدته جمعية بحوث العمليات البريطانية فهو " استخدام الأساليب العلمية لحل المعضلات المعقدة في إدارة أنظمة كبيرة من القوى العاملة ، المعدات ، المواد أولية ، الأموال في المصانع والمؤسسات الحكومية وفي القوات المسلحة " (جزاع، 1986، صفحة 19).

وتقوم الأساليب الكمية وبحوث العمليات على المعالجة الكمية لدراسة مشاكل اتخاذ القرار في مجال الإدارة، فالقياس يتطلب ضرورة التعبير الكمي عن العناصر والآليات والعلاقات الداخلة في الأداء (السلمي، 2002، صفحة 24).

هناك العديد من تقنيات ونماذج بحوث العمليات ولعل أبرزها والمستخدمة في حل مشاكل توزيع ونقل المنتجات تتمثل في البرمجة الخطية، نظرية الشبكات، البرمجة الديناميكية، وتوفر هذه النماذج فوائد كثيرة لمتخذ القرار أهمها:

- طرح البدائل لحل مشكلة معينة وذلك لاتخاذ القرار المناسب اعتمادا على العوامل والظروف المتوفرة.

– إعطاء صورة عن تأثير البيئة الخارجية على الاستراتيجية المتبعة فمثلا العرض والطلب هي من ظروف الخارجية التي تؤثر على الإنتاج وعلى القرارات المتخذة في مجال النقل.

– صياغة الأهداف والنتائج ومدى تأثر هذه الأهداف بكافة العوامل والمتغيرات وسهولة معالجة الروابط بين هذه المتغيرات رياضيا للحصول على كميات رقمية يسهل تحليلها (anderson, 1985, p. 264).

– تسعى هذه الأساليب إلى البحث عن القواعد والأسس الجديدة للعمل الإداري، وذلك للوصول إلى أفضل المستويات من حيث الجودة الشاملة، ومقاييس المواصفات العالمية، وتساعد أيضا على تركيز الاهتمام على الخصائص الهامة للمشكلة دون الخوض في تفاصيل الخصائص التي لا تؤثر على القرار، ويساعد هذا في تحديد العناصر الملائمة للقرار واستخدامها للوصول إلى الأفضل، كما تعتبر وسيلة مساعدة في اتخاذ القرارات الكمية باستخدام الطرق العلمية الحديثة.

– يعتبر علم بحوث العمليات من الوسائل العلمية المساعدة في اتخاذ القرارات بأسلوب أكثر دقة وبعيد عن العشوائية الناتجة عن التجربة والخطأ. (ماضي، 2006، صفحة 71)

– تعتبر بحوث العمليات فن وعلم في آن واحد فهي تتعلق بالتخصيص الكفء للموارد المتاحة وكذلك قابليتها الجديدة في عكس مفهوم الكفاءة والندرة في نماذج رياضية تطبيقية، كما أنها تساعد على تناول مشاكل معقدة بالتحليل والحل والتي يصعب تناولها في صورتها العادية وكذلك تساعد على توفير تكلفة حل المشاكل المختلفة وذلك بتخفيض الوقت اللازم للحل (العيد.، 2003، صفحة 259).

وهناك العديد من الأساليب المستخدمة في بحوث العمليات كل حسب المسألة أو الإشكالية المراد حلها فمنها أسلوب البرمجة الخطية والبرمجة بأعداد صحيحة، أسلوب نماذج النقل، أسلوب شبكات الأعمال، أسلوب السيطرة على المخزون، أسلوب تحليل ماركوف وأسلوب خطوط الانتظار وغيرها، والجدول التالي يوضح أكثر أساليب بحوث العمليات كل حسب استخداماته في المؤسسة.

الجدول 1: أساليب بحوث العمليات المستخدمة في المؤسسات.

الوظائف / الأساليب	الإنتاج وإدارة العمليات	النقل والتسويق	التخزين	إدارة الموارد البشرية	الإدارة المالية
البرمجة الخطية	تخطيط الإنتاج	التوزيع الأمثل للمنتجات		الاستغلال الأمثل للموارد البشرية	توزيع الموارد الحالية بشكل أمثل
نماذج النقل	تداول بين خطوط الإنتاج	تسويق المصانع	نقل المشتريات من المخزن		
شبكات الأعمال	تنفيذ المشاريع	تدفق الموارد والسلع			
تحليل القرار	طرح منتج حديث		تحديد مصدر الشراء الأفضل		تحديد أفضل الفوائد المستثمرة
السيطرة على المخزون			تحديد حجم الدفعة الاقتصادية		

المصدر: (عبود، 2008، صفحة 19)

2.2. التطور التاريخي للأساليب الكمية:

تعتبر الأساليب الكمية وبحوث العمليات من العلوم التي ساهمت أثناء الحرب العالمية الثانية (1936) في انتصار القوات البرية والجوية والبريطانية وكانت الفكرة آنذاك أن تحسين استخدام الأسلحة والمهمات الموجودة يعطي نتائج أفضل مما لو لم يتم استخدام هذه الأساليب (مخلوف، 1995، صفحة 11).

ويرجع الفضل الكبير للعالم G . Denticing الذي اكتشف خوارزمية Simplex ذات الإمكانيات المتقدمة في حل مشاكل البرمجة الخطية ، هذا بالنسبة لاستخدام علم بحوث العمليات الحربية في بريطانيا أما في أمريكا فقد كان كل من B. james رئيس لجنة بحوث الدفاع القومي و B .rannivar رئيس لجنة الأسلحة والمعدات الجديدة وراء استخدام بحوث العمليات من خلال إجراء دراسات مماثلة للدراسات البريطانية وذلك بتكوين فريق خاص لمعالجة بعض المشاكل المعقدة ، كمشكلة نقل المعدات والمواد المختلفة وتوزيعها على مختلف الوحدات العسكرية المنتشرة في مناطق مختلقة من العالم (سويني، 2006، صفحة 119).

وفي أكتوبر 1942 بعث الجنرال spaatz القائد العام للقوات الجوية الثامنة برسالة إلى القادة العموميين للقوات الجوية يوصي فيها بوجوب ضم مجموعات من العلماء لتحليل العمليات في وحداتهم ، ومن خلال ذلك شكل أول فريق لهذا الغرض في بريطانيا ثم تبعها السلاح البحري الأمريكي فشكل بدوره فريقين في مشروعين ضخمين : معمل المعدات البحرية ، الأسطول العاشر برئاسة كل من : M.philip وJ.ELLISA ، ونظرا للنجاح الذي تحقق في اليوم واصل القادة العسكريون اهتمامهم بهذا العلم من خلال وكالة بحوث العمليات والتي تحولت فيما بعد إلى مؤسسة بحوث العمليات ، هذا ما شجع على استخدام هذا العلم في العديد من الدول الأخرى وعلى رأسها كندا التي شكلت فريقا مهمته إنتاج المعدات العسكرية من خلال الاستخدام الأمثل للموارد المتوفرة (مرجان، 2002، صفحة 31).

3. البرمجة الخطية

1.3. تعريف البرمجة الخطية:

تعتبر البرمجة الخطية تقنية رياضية تبحث عن حل لمشكلة معينة بحيث تساهم في إيجاد الحل الأمثل وذلك عن طريق تخصيص الموارد المحدودة المستعملة من أجل استخدامات مختلفة مع الأخذ بعين الاعتبار الالتزامات أو القيود التي قد تكون عدد ساعات العمل، الكمية الواجب إنتاجها أو توزيعها من منتج معين، كمية المواد الأولية المتوفرة وغيرها، ومن بين المشاكل التي تعالجها البرمجة الخطية هي تحديد تشكيل المنتجات، جدولة الإنتاج وتخطيط المخزون السلعي، تنظيم مسيرة خطوط تجميع السلع والمنتجات، إعداد جداول تشغيل الآلات، تحليل مشكلات المرور، مشكلات النقل، مشكلات القطاع الزراعي، مشكلات القطاع العسكري، تقييم الوظائف وغيرها (لعويسات، 2003، صفحة 86).

يتكون مصطلح البرمجة الخطية من كلمتين، البرمجة **Programming** وتعني استخدام أسلوب منطقي وعلمي في تحليل المشكلات وعلاجها، أما الخطية **Linear** فتعني وجود علاقة ثابتة بين متغيرات أساسية داخلة في تركيب النموذج، وتعتبر مرحلة صياغة وتكوين النموذج الخطي (أو صياغة المشكلة) من أهم وأصعب المراحل وفيها يتم تحويل مشكلة اقتصادية ما إلى نموذج رياضي يمكن حله باستعمال البرمجة الخطية.

2.3. صياغة وتكوين البرنامج الخطي:

هناك العديد من المواقف فيها الحاجة إلى تخصيص كميات من الموارد المحدودة على الاستخدامات البديلة لهذه الموارد، ويهتم أسلوب البرمجة الخطية بعملية توزيع هذه الموارد على تلك الاستخدامات بطريقة مثالية، أي وفقا لمعيار أفضلية معين، وتتنوع المواقف التي

تنشا فيها الحاجة إلى استخدام البرمجة الخطية، فتستخدم في تخصيص أو توزيع وسائل الإنتاج على المنتجات، توزيع وقود الطائرات على الطلعات الجوية، تخطيط الاستثمارات، برمجة نقل المنتجات، جدولة الإنتاج، حل نماذج المباريات إلى جانب العديد من المشكلات التي تساهم البرمجة الخطية في إيجاد حلول لها.

وللبرمجة الخطية سمات وشروط أساسية حتى يمكن وصفها ووضعها في شكل نموذج رياضي وهي:

- أن يكون هناك هدف يتم العمل على تحقيقه كإيجاد أقصى ربح ممكن أو تدنية التكاليف أو تقليلها، ويعبر عن هذا الهدف بدالة تسمى دالة الهدف أو الدالة الاقتصادية.
- أن تكون هناك موارد محدودة ولها استخدامات متعددة ويعبر عن كيفية وطريقة استخدامها بالقيود الفنية.

فإذا افترضنا أن لدينا (n) متغير وعبرنا عن العلاقات بين المتغيرات والموارد المتوفرة أو شروط الإنتاج مثلا بمعادلات أو متباينات عددها (m) فان الشكل العام لهذه القيود الفنية يكون كالتالي:

$$a_{1j}.x_1 + a_{2j}.x_2 + a_{3j}.x_3 + \ldots. + a_{nj}.x_n \leq = \geq b_i$$

حيث تمثل bi الكمية المتوفرة من المورد أو المادة الأولية، أما xi فهي متغيرات النموذج والتي نسعى للبحث عن قيمها وتمثل الكميات المنتجة مثلا من سلع معينة.

وتمثل a_{1j} الكمية المستخدمة من المورد bi لإنتاج وحدة واحدة من المنتج الأول، وتمثل a_{2j} الكمية المستخدمة من المورد bi لإنتاج وحدة واحدة من المنتج الثاني وهكذا.

وهناك قيود تسمى قيود عدم السلبية والتي تعني عدم السماح بوجود قيم سالبة في النموذج الخطي ويعبر عنها كالتالي: $x_i \geq 0$.

وأخيرا هناك الدالة الاقتصادية والتي تسمى أيضا دالة الهدف وتكون إما دالة تعظيم أو دالة تدنية ونعبر عنها كما يلي: $Z = c_1.x_1 + c_2.x_2 + c_3.x_3 + \ldots. + c_n.x_n$ (Max أو Min)

حيث تمثل Z قيمة الربح مثلا إذا كانت الدالة هي دالة تعظيم، أما في حالة تدنية فقد تكون Z عبارة عن تكلفة مثلا، وتمثل قيم cj سعر بيع الوحدة الواحدة أو هامش الربح إذا كانت الدالة الاقتصادية هي دالة تعظيم وتمثل في حالة التدنية تكلفة إنتاج الوحدة الواحدة (Wagner, 1997, p. 83).

ويكون البرنامج الخطي الكامل للبرمجة الخطية كما يلي:

$(\max \& \min)\ Z = \sum c_j\, x_j$ تمثل دالة الهدف

$$\begin{cases} bi \quad \leq = \geq \sum a_{ij}\ .\ x_j & \text{تمثل القيود الفنية} \\ x_j \geq 0 & \text{تمثل قيد عدم السلبية} \end{cases}$$

3.3. حل مسائل البرمجة الخطية:

بعد تكوين وصياغة البرنامج الخطي تأتي مرحلة حل هذا البرنامج، حيث يمكن حل مسائل البرمجة الخطية باستعمال الطريقة البيانية كما يمكن حلها باستعمال طريقة السمبلكس.

- **حل مسائل البرمجة الخطية باستعمال الطريقة البيانية:** تعتبر أبسط الطرق لحل مشكلة البرمجة الخطية هي طريقة الرسم أو الطريقة البيانية والتي تستعمل في حل المسائل التي تحتوي على متغيرين فقط.

إن خطوات حل البرنامج الخطي باستعمال هذه الطريقة تتلخص في الخطوات التالية: (الفضل، 2006، صفحة 149)

- رسم المستقيمات التي تمثل المعادلات أو المتباينات والتي تعبر عن القيود الفنية في معلم متعامد.
- تحديد المنطقة التي يتحقق فيها كل قيد فني على حدا، أي تحديد المجال الهندسي الذي يتحقق فيه القيد الفني.

- تحديد المنطقة المشتركة بين القيود الفنية أي المنطقة التي تتحقق فيها كل القيود الفنية بما فيها قيود عدم السلبية وعادة ما تكون هذه المنطقة محصورة بين عدة نقاط.
- من أجل تحديد أبعد نقطة تعظم دالة الهدف أو أدنى نقطة تجعل دالة الهدف عند قيمتها الدنيا يمكن استعمال طريقتين:

الأولى: نقوم بتعويض إحداثيات رؤوس منطقة الحلول الممكنة في دالة الهدف ونختار القيمة الكبرى في حالة التعظيم، إما في حالة التدنية فنحتار أقل قيمة.

الثانية: نقوم برسم شعاع ينطلق من المبدأ إلى النقطة التي إحداثياتها عبارة عن معاملات متغيري دالة الهدف.

- نقوم برسم مستقيم يعامد هذا الشعاع ويمر بالمبدأ (0.0) حيث يمثل هذا المستقيم دالة الهدف عندما تكون معدومة.
- نقوم بإزاحة هذا المستقيم بشكل عمودي على الشعاع، فإذا كان شرط الأمثلية لدالة الهدف هو تعظيم فان الحل الأمثل هو الذي يحقق القيود الفنية وفي نفس الوقت يعطي أعظم قيمة لـ Z أي ابعد نقطة عن المبدأ وتنتمي إلى منطقة الحلول الممكنة وتلامس المستقيم الذي يعامد الشعاع، أما في حالة دالة الهدف دالة تدنية فان الحل الأمثل هو الذي يحقق القيود الفنية وفي نفس الوقت يعطي اقل أو أدنى قيمة لـ Z أي أقرب نقطة من المبدأ وتنتمي إلى منطقة الحلول الممكنة وتلامس المستقيم الذي يعامد الشعاع.
- ثم بتعويض قيم (إحداثيات) تلك النقطة في دالة الهدف نجد قيمة Z وهي القيمة المثلى لدالة الهدف.

– حل مسائل البرمجة الخطية باستعمال طريقة السمبلكس: في معظم الأحيان لا تتضمن مسائل البرمجة الخطية متغيرين فقط، فقد تكون ثلاثة أو أربعة أو أكثر، لذلك تظهر الحاجة إلى طريقة لحل مسائل البرمجة الخطية التي تتضمن أكثر من متغيرين، وتعتبر طريقة السمبلكس الطريقة المثلى والكفؤة لحل هذا النوع من المسائل، سنتطرق في البداية لحل مسائل البرمجة لخطية باستعمال طريقة السمبلكس للنماذج من الشكل:

$$(\max \&\min)\ Z = \sum c_j\, x_j$$

$$\begin{cases} bi \quad \leq \quad \sum a_{ij} \,.\, x_j \\ x_j \geq 0 \end{cases}$$

أي النماذج التي تكون قيودها الفنية في شكل أصغر أو تساوي، ومن أجل حل أي نموذج من الشكل السابق نتبع الخطوات التالية:

–نحول القيود الفنية من الشكل ($\leq$) أقل أو يساوي إلى شكل معادلات وذلك بإضافة متغير يسمى متغير الفرق ونرمز له بـ (Si) إلى الطرف الأيسر، فتصبح المتراجحة أو المتباينة من الشكل: $\sum aij \,.\, xj + Si = 0$ ثم نضيف متغيرات الفرق إلى دالة الهدف ولكن بمعاملات صفر، فتصبح : $\sum cj\, xj + 0S_1 + + 0S_2 + 0S_3 + \ldots\ldots + 0S_n$.

- ننقل هذه المعطيات إلى جدول نسميه جدول الحل الابتدائي والذي يكون على الشكل التالي:

	متغيرات الفرق	المتغيرات الأساسية	
الحل	$S_1\ S_2\ S_3 \ldots\ldots\ldots S_n$	$x_1\ x_2\ x_3 \ldots\ldots\ldots x_n$	متغيرات دالة الهدف
	$0 \quad 0 \quad 0 \ldots\ldots\ldots 0$	$-C1\ -C2\ -C3 \ldots\ldots\ldots -Cn$	معاملات دالة الهدف
b1	$0 \ldots\ldots\ldots 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1$	$a_{11}\ a_{12}\ a_{13} \ldots\ldots\ldots a_{1n}$	متغيرات الحل الابتدائي Si
b2	$0 \ldots\ldots\ldots 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0$	$a_{21}\ a_{22}\ a_{23} \ldots\ldots\ldots a_{2n}$	
…	……	……	
bm	$1 \ldots\ldots\ldots 0 \quad 0 \quad 0$	$a_{m1}\ a_{m2}\ a_{m3} \ldots\ldots\ldots a_{mn}$	

–نضرب معاملات دالة الهدف في $(1-)$، ثم نبدأ في حل النموذج بالبحث عن الحل الابتدائي ثم الحل النهائي.

-يعبر الحل الابتدائي عن حالة اللانشاط والتي تعني أن قيم xi تساوي صفر، وفي هذه الحالة كل متغيرات دالة الهدف تساوي صفر وبالتالي فان دالة الهدف تساوي صفر.

-متغيرات الفرق في جدول الحل الابتدائي تساوي قيم الطرف الأيمن وهي كمية الموارد المتاحة (bi)، وهذا يعني أن $S_1 = b_1$ ، $S_2 = b_2$ ،..... $S_m = b_m$ ويكون الحل الابتدائي مقبولا إذا كانت دالة الهدف تساوي صفر، وتكون معاملات متغيرات الفرق في القيود الفنية تشكل مصفوفة الوحدة (مصفوفة أحادية)، ثم تأتي مرحلة البحث عن الحل الأمثل حيث إذا كان الحل الابتدائي مقبولا فنعتمد عليه أو ننطلق منه في البحث عن حل أمثل ونتبع في ذلك الخطوات التالية:

-نبدأ بإدخال المتغيرات الأساسية واحدا تلو الآخر إلى قاعدة الحل، حيث أن معيار الإدخال هو أقل قيمة سالبة في حالة دالة الهدف دالة تعظيم، أما في حالة دالة الهدف دالة تدنية فان المعيار هو أكبر قيمة موجبة.

-عند إدخال أي متغير إلى قاعدة الحل يجب أن يخرج متغير من متغيرات الحل الابتدائي، ولمعرفة أي المتغيرات الابتدائية يخرج من قاعدة الحل نقوم بحساب النسبة (bi/aij) ونختار من بين القيم المتحصل عليها أقل نسبة لا سلبية.

-من المعلوم أن معاملات متغيرات الحل الابتدائي تكون مصفوفة الوحدة فيما بينها، وبالتالي عند إخراج متغير من متغيرات الحل الابتدائي فلابد أن المتغير الذي يدخل يأخذ قيم المتغير الذي يخرج حيث يصبح يكون مصفوفة أحادية مع باقي المتغيرات في قاعدة الحل. (ياسين، 2006، صفحة 167)

-نتوقف عن البحث عن حل أمثل عندما تصبح كل معاملات دالة الهدف موجبة أو صفر في دالة الهدف دالة تعظيم، أو تصبح كلها سالبة أو صفر في حالة دالة الهدف دالة تدنية.

4. دراسة حالة مشكلة نقل وتوزيع الاسمنت باستخدام البرمجة الخطية تحليل الحساسية

تعتبر طريقة البرمجة الخطية إحدى مجالات التطبيق الهامة في الأساليب الكمية حيث هي كباقي أساليب وطرق بحوث العمليات، وسنحاول تطبيقها على مشكلة نقل الاسمنت في منطقة الوسط.

1.4. طبيعة المسألة والحل الأمثل:

الجدول التالي يعطي البيانات عن تكاليف نقل الكيس الواحد بـ دج وقد تم حسابها بضرب سعر نقل الكيس الواحد للكيلومتر وهو 0.302 دج للكيلومتر في المسافة بين منطقة وجود المصنع ومنطقة وجود المشاريع (المدينة) وقد أخذت المسافات بين مناطق تواجد المصانع ومراكز المدن من برمجية Google earth، فنتحصل على تكاليف النقل الموجودة في الجدول أدناه.

أما العرض فهو عبارة عن الكمية المنتجة من قبل المصنع، في حين الطلب هو عبارة عن الكمية المطلوبة من قبل المشاريع.

هذه المعطيات تم الحصول عليها من مديرية التجارة لولاية المدية وقد تم معالجتها والتصرف فيها بعض الشيء.

الجدول 2: يبين العرض والطلب على الاسمنت والتكاليف الوحدوية بالدينار.

		مصانع الاسمنت في الوسط					الطلب (ألف وحدة)
		عين الكبيرة (معسكر) S 1	سور الغزلان (البويرة) S 2	حمام الضلعة (المسيلة) S 3	مفتاح (البليدة) S 4	واد سلي (شلف) S 5	
المنطقة	المدية D 1	113	34	80	24	56	6500
	البليدة D 2	98	43	70	17	49	9500
	عين الدفلى D 3	118	73	92	36	31	10000
	تيزي وزو D 4	62	48	88	29	106	6000
	الجلفة D 5	105	74	63	90	111	4000
	الشلف D 6	4	64	105	75	139	4200
	(ألف) العرض	7000	5000	8000	3000	10000	

المصدر: مديرية التجارة لولاية المدية.

والقيم الموجودة في الجدول هي عبارة عن تكاليف النقل للوحدة الواحدة فمثلا القيمة 34 دج وهي C_{ij} والمضللة في الجدول هي عبارة عن تكلفة نقل الوحدة الواحدة من مصنع سور الغزلان إلى مدينة المدية، وهكذا بالنسبة لباقي القيم الموجودة في الجدول، وإذا رمزنا إلى الكمية التي يجب نقلها من المصنع إلى المدينة بـ x_{ij} إذن تكون تكلفة نقل الكمية x_{ij} من المصنع إلى المدينة هي x_{ij} . C_{ij} وتكون التكلفة الكلية لنقل كل الكميات من المصانع إلى المدن التي بها مشاريع هي :

$$Z_n = \sum_{i=1} \sum_{j=1} x_{ij} \, . \, C_{ij}$$

ويكون إذن المشكل المطلوب حله هو إيجاد اقل تكلفة نقل كلية ممكنة لهذا المنتج (الاسمنت) أو بمعنى آخر إيجاد أرخص شبكة نقل كلية ممكنة بين المصانع والمدن والتي تجعل التكلفة الكلية للنقل اقل ما يمكن وهذا يتطلب إيجاد قيم الكميات التي يجب نقلها والتي تجعل دالة الهدف اقل ما يمكن في ظل القيود الفنية، كما يمكن ملاحظة ان الطلب أكبر من العرض: 40200 وحدة في جانب الطلب مقابل 33000 وحدة في جانب العرض أي النموذج مفتوح، هذه احدى الحالات الخاصة في مسائل النقل ومن اجل حلها نفترض مصدر (مصنع) وهمي يقوم بعرض كمية مقدارها بقيمة الفرق بين القيمتين (402000- 33000 = 7200 وحدة) حيث يتم تغطية هذا النقص في الواقع من مصادر أخرى.

الان يمكن كتابة البرنامج الخطي الكامل لهذه المشكلة كما يلي:

Z min = 113x11 + 34x12 +80x13 + 24x14+ 56x15+ 98x21+ ……+ 139x65

x11 + x12 +x13 + x14+ x15 = 6500

x21 + x22 +x23 + x24+ x25 = 9500

x31 + x32 +x33 + x34+ x35 = 10000

x41 + x42 +x43 + x44+ x45 = 6000

x51 + x52 +x53 + x54+ x55 = 4000

x61 + x62 +x63 + x64+ x65 = 4200

x11 + x21 +x31 + x41+ x51 = 7000

x12 + x22 +x32 + x42+ x522 = 5000

x13 + x23 +x33 + x43+ x53 = 8000

x14+ x24 +x34 + x44+ x54 = 3000

x15 + x25 +x35 + x45+ x55 = 10000

x16 + x26 +x36 + x46+ x56 = 3000

xij ≥ 0

ويمكن استخدام البرنامج الجاهز win qsb لمعالجة هذه المسألة.

Solution for Cement transportation costs: Minimization (Transportation Problem)

12-06-2019	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Source 1	Destination 4	2800	62	173600	0
2	Source 1	Destination 6	4200	4	16800	0
3	Source 2	Destination 1	5000	34	170000	0
4	Source 3	Destination 2	7000	70	490000	0
5	Source 3	Destination 5	1000	63	63000	0
6	Source 4	Destination 1	500	24	12000	0
7	Source 4	Destination 2	2500	17	42500	0
8	Source 5	Destination 3	10000	31	310000	0
9	Unfilled_Demand	Destination 1	3000	0	0	0
10	Unfilled_Demand	Destination 4	4200	0	0	0
	Total Objective Function			Value =	1547900	

بعد الحصول على النتائج يمكن قراءتها مخرجات البرنامج win qsb كما يلي:

أنه يمكن تزويد المنطقة الأولى (Destination 1) بـ 5000 وحدة من المصدر (source 2) بتكلفة قدرها 170000 دج، و بـ 500 وحدة من(source 4) بتكلفة قدرها 170000 دج، تزويد المنطقة الثانية (Destination 2) بـ 7000 وحدة من المصدر (source 3) بتكلفة قدرها 490000 دج، و بـ 2500 وحدة من(source 4) بتكلفة قدرها 425000 دج ، تزويد المنطقة الثالثة (Destination 3) بـ 10000 وحدة من المصدر (source 5) فقط بتكلفة قدرها 310000 دج، تزويد المنطقة الرابعة (Destination 4) بـ 2800 وحدة فقط من المصدر (source 1) بتكلفة قدرها 173600 دج، تزويد المنطقة الخامسة (Destination 5) بـ 1000 وحدة من المصدر (source 3) بتكلفة قدرها 630000 دج، تزويد المنطقة السادسة

(Destination 6) بـ 4200 وحدة من المصدر (source 1) بتكلفة قدرها 168000 دج، وتكون التكلفة الكلية المثلى لنقل جميع المنتجات من المصانع إلى المدن التي بها مشاريع هي1547900 دج وهي أدنى تكلفة نقل كلية ممكنة.

هذه النتائج تكون صحيحة ومفيدة في حالة النموذج الساكن، أي في حالة عدم حدوث تغيرات في العرض والطلب وكذلك في حالة عدم تغير تكاليف النقل.

2.4. تحليل حساسية دالة الهدف للتغيرات التي تحصل في العرض والطلب (التغيرات في الجانب الأيمن من القيود الفنية):

إن النتائج التي توصلنا اليها في السابق تعتبر صالحة في حالة النموذج الساكن، بمعنى تكون صحيحة في حالة عدم تغير تكاليف النقل من المصادر الى المستعملين وكذلك في حالة ثبات العرض والطلب ولكن في الواقع فان هذه القيم متغيرة باستمرار وخاصة فيما يتعلق بالعرض والطلب (أي الكمية التي يمكن للمصانع انتاجها) وكذلك بالنسبة للطلب (الكمية التي تستعملها مشاريع الإنجاز).

ولذلك فان دراسة أو تحليل الحساسية هو بمثابة دراسة تأثير التغيرات في مكونات المشكلة (المدخلات) على النموذج الرياضي الذي يمثل المشكلة وحله (المخرجات)، ولغرض القيام بهذا العمل يمكن إعادة حل النموذج الخطي بعد إضافة التغيرات التي حدثت في النموذج الا ان هذه الطريقة ليست عملية وتتطلب الكثير من الوقت خاصة إذا كانت تحدث تغيرات كثيرة.

وبما ان نموذج النقل يعتبر حالة خاصة من البرمجة الخطية سوف نقوم بدراسة تحليل حساسية نموذج النقل أي بدراسة التغيرات التي تحدث على تكلفة النقل (دالة الهدف) عندما تتغير كميات العرض والطلب، وللعلم فان هناك مجالا تتغير فيه قيم الطرف الأيمن من البرنامج الخطي (العرض والطلب) بحيث تبقى قيم متغيرات النموذج المقابل (النموذج الثنائي) مستقرة، حيث داخل هذا المجال يبقى النموذج صحيحا مادامت قيم متغيرات النموذج الثنائي مستقرة اما خارج هذا المجال فان النموذج ككل يصبح غير صالح لدراسة المشكلة ويجب إعادة بناء نموذج خطي اخر للمشكلة.

من اجل حساب قيم مجال تغير الطرف الأيمن من القيود الفنية (العرض والطلب) نقوم بضرب قيم العمود الأيمن في جدول الحل النهائي الأمثل في −1 ثم نقوم بقسمة هذه القيم على قيم العمود الذي نريد تقييم مجال تغيره، ثم من بين هذه القيم نختار اقل قيمة موجبة وأكبر قيمة سالبة وسنوضح ذلك كما يلي.

بالنسبة لعنصر الطلب الأول (6500 وحدة):

$$\begin{cases} b1: \quad -6500/-M = +\infty \\ -3000/1 = -3000 \\ -10000/-1 = 10000 \\ -1000/0 \quad \text{غير معرفة} \\ -4000/1 = \mathbf{-4000} \\ -7000/0 \quad \text{غير معرفة} \\ -5000/0 \quad \text{غير معرفة} \\ -2000/-1 = \mathbf{2000} \\ -3000/-1 = 3000 \\ -3000/0 \quad \text{غير معرفة} \\ 0/0 \quad \text{غير معرفة} \end{cases}$$

من بين هذه القيم قلنا اننا نختار أكبر قيمة سالبة وهي **-4000** واقل قيمة موجبة وهي **2000** أي أن:

$$-4000 \leq b1 \leq 2000$$

$$-4000 + 6500 \leq b1 \leq 2000 + 6500$$

$$2500 \leq b1 \leq 8500$$

وهذا معناه ان قيمة الطلب 6500 الخاصة بالمنطقة الأولى يمكن لها ان تتغير داخل هذا المجال بدون التأثر على النموذج ككل أي ان النموذج يبقى صالح ولمعرفة مقدار التأثير على قيمة دالة الهدف أي مقدار التغير في التكلفة الاجمالية لنقل كل المنتجات من المصادر الى المستعملين يكفي ان نضرب سعر الظل الذي هو عبارة عن قيمة المتغير الأول المقابل ام متغير النموذج الثنائي في مقدار الزيادة او النقصان في الكمية المطلوبة من قبل المنطقة الأولى ونضيف هذا المقدار او ننقصه من قيمة دالة الهدف فنتحصل على التكلفة الجديدة وهكذا بالنسبة لباقي الكميات المطلوبة وكذلك بالنسبة للكميات المعروضة.

5. خاتمة:

تواجه المؤسسات الاقتصادية الجزائرية متغيرات كثيرة تضطرها إلى تطوير أدائها من خلال استخدام أساليب حديثة في الإدارة أهمها الأساليب الكمية بهدف تحقيق الفعالية الاقتصادية، ومن هنا يبرز دور استخدام الأساليب الكمية وبالخصوص البرمجة الخطية وتحليل الحساسية في تحسين أداء المؤسسات الاقتصادية الجزائرية وتطويره، وذلك بهدف زيادة قدرة المؤسسة على مواجهة تحديات المحيط، مما يؤدي إلى تنمية ميزتها التنافسية وبلوغها الأداء الأفضل.

وفي ضوء النتائج المتوصل إليها، توصي الدراسة بما يأتي:

- ضرورة تحسين مستوى أداء المؤسسات الاقتصادية الجزائرية؛
- تطوير أساليب إدارة المؤسسة تماشيا مع تطورات محيطها؛
- مراجعة مدى التطبيق الفعلي للأساليب الكمية المتاحة؛
- ضرورة تحديث الوسائل المستخدمة في تسييرها من خلال استخدام طرق أكثر تطورا مع احتياجات المؤسسة؛
- الاهتمام بمدى فعالية تطبيق الأساليب الكمية في تسييرها؛
- توسيع مجال استعمال البرامج المعلوماتية المساعدة على الاستخدام الفعال للمعلومات المتاحة بالمؤسسة؛
- الانفتاح على المحيط الخارجي والتعاون مع الجامعات ومراكز البحث التطبيقي؛
- ضرورة تدريب الموارد البشرية على كيفية تطبيق هذه الأساليب في واقع المؤسسة الجزائرية.

6. قائمة المراجع:

باللغة العربية:

1- ابراهيم مخلوف. (1995). *التحليل الكمي في الإدارة*. المملكة العربية السعودية: جامعة الملك سعود.

2- اندرسون سويني. (2006). *الاساليب الكمية في الادارة*. المملكة العربية السعودية: دار المريخ.

3- جلال إبراهيم العيد. (2003). *إدارة الأعمال، مدخل اتخاذ القرارات وبناء المهارات الإدارة والمديرين، وظائف الإدارة والمهارات*. مصر: دار الجامعة الجديدة للنشر .

4- جمال الدين لعويسات. (2003). *الإدارة وعملية اتخاذ القرار*. الجزائر: دار هومة للطباعة والنشر.

5- ذياب جزاع. (1986). *بحوث العمليات* . العراق: جامعة بغداد.

6- سعد غالب ياسين. (2006). *نظم مساند القرارات*. الاردن: دار المناهج للنشر والتوزيع.

7- سليمان مرجان. (2002). *بحوث العمليات*. ليبيا: دار الكتب الوطنية بن غازي .

8- سهيلة سعيد. (2007). *الجديد في الأساليب الكمية وبحوث العمليات*. الاردن: دار حامد.

9- علي السلمي. (2002). *إدارة التميز، نماذج وتقنيات الإدارة في عصر المعرفة*. مصر: دار غريب.

10- كاسر نصر. (2006). *الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية*. الاردن: دار حامد.

11- محمد صالح الحناوي، محمد توفيق ماضي. (2006). *بحوث العمليات في تخطيط و مراقبة الإنتاج*. مصر: الدار الجامعية .

12- مؤيد الفضل. (2006). *المنهج الكمي في إدارة الأعمال*. الاردن: الوراق للنشر والتوزيع.

13- نجم عبود. (2008). *مدخل للأساليب الكمية مع تطبيق باستخدام ميكروسوفت اكسل*. الاردن: الوراق للنشر والتوزيع.

بالغة الأجنبية:

14- anderson, d. (1985). *David Anderson and other, An introduction to management science, Quantitative approaches to decision making, west publishing co.,*

15- *Minnesota, USA, 1985, p264.* usa: west publishing .

Wagner, H. M. (1997). *Principles of Operations Research with Applications to Managerial Decision.* usa: Prentice hall international editions.