

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع

التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية

د. أكرم الجامع أ. جميلة الهادي الحنيش م. محمد علي قصوده
المعهد العالي للعلوم والتقنية - جامعة الزاوية - كلية الهندسة - انتلاف الشركات المصرية - مهندس
الزاوية قسم الهندسة المدنية تنفيذ قسم الكباري

Mohamedeqsoda@gmail.com

j.hnaish@zu.edu.ly

Aljama.akram@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-1781-9462>

Application of the Transportation Model in Linear Programming to Reduce Ready-Mix Concrete Supply Costs in Construction Projects: A Case Study of Al-Maidan

Mosque Project in Al-Zawiya City

¹Dr. Akram Al-Jamaa, ² Ms. Jamila Al-Hadi Al-Hnaish, ³Eng. Mohamed Ali Qasouda

¹Higher Institute of Science and Technology – Zawiya

²University of Zawiya – Faculty of Engineering – Civil Engineering Department

³Egyptian Companies Consortium – Execution Engineer (Bridges Section)

تاريخ الاستلام: 2026/8/10 تاريخ المراجعة: 2026/8/12 تاريخ القبول: 2026/8/30 - تاريخ النشر: 2026/9/18

المخلص

تُعد إدارة المواد من الركائز الأساسية لنجاح مشاريع التشييد، إذ تؤثر بصورة مباشرة في تكلفة المشروع ومدة تنفيذه وجودة مخرجاته. وتمثل عمليات النقل أحد أهم الأنشطة اللوجستية المرتبطة بإدارة المواد، لما لها من تأثير ملحوظ على تكاليف التوريد وكفاءة استخدام الموارد. يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية توظيف نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد، من خلال دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية في ليبيا.

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الكمي التطبيقي، حيث تم جمع البيانات المتعلقة بالطاقت الإنتاجية وتكاليف التوريد لأربع شركات متخصصة في إنتاج الخرسانة الجاهزة داخل مدينة الزاوية، بالإضافة إلى تحديد الاحتياجات الفعلية للمشروع من أعمال القواعد والأعمدة والأسقف الخرسانية. وتم بناء مصفوفة نقل متوازنة وتطبيق عدد من أساليب حل مشكلة النقل، شملت طريقة الركن الشمالي الغربي وطريقة أقل تكلفة، بهدف تحديد خطة التوريد ذات التكلفة الأقل.

أظهرت النتائج أن الاعتماد على نموذج النقل يسهم بصورة فعالة في خفض تكاليف التوريد مقارنة بأسلوب التوريد التقليدي من مصدر واحد. فقد بلغت تكلفة التوريد التقليدية 431,500 دينار ليبي، في حين انخفضت إلى 255,225 دينار ليبي باستخدام طريقة الركن الشمالي الغربي، وإلى 249,895 دينار ليبي باستخدام طريقة أقل تكلفة، محققة وفراً مالياً قدره 181,605 دينار ليبي. كما بينت النتائج أن استخدام نماذج البرمجة الخطية يوفر أداة فعالة لدعم اتخاذ القرار وتحسين إدارة الموارد في مشاريع التشييد.

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية

وتوصي الدراسة بضرورة تبني أساليب بحوث العمليات ونماذج البرمجة الخطية في تخطيط عمليات التوريد والنقل، والتوسع في استخدام النماذج الكمية لدعم القرارات اللوجستية في قطاع البناء والتشييد. **الكلمات المفتاحية:** البرمجة الخطية، نموذج النقل، إدارة المواد، الخرسانة الجاهزة، مشاريع التشييد، تقليل التكلفة.

Abstract

Materials management is one of the fundamental factors influencing the success of construction projects, as it directly affects project cost, execution time, and overall performance. Transportation activities represent a critical component of construction logistics due to their significant impact on procurement costs and resource utilization efficiency. This study investigates the application of the transportation model in linear programming to minimize the supply cost of ready-mix concrete in construction projects through a case study of Al-Maidan Mosque Project in Al-Zawiya City, Libya.

The study employed descriptive, analytical, and quantitative approaches. Data were collected from four ready-mix concrete suppliers operating in Al-Zawiya City, including production capacities, supply costs, and project demand requirements for foundations, columns, and slabs. A balanced transportation matrix was developed, and transportation problem-solving techniques, including the North-West Corner Method and the Least Cost Method, were applied to identify the most cost-effective supply plan.

The results demonstrated that the transportation model significantly reduces supply costs compared with the conventional procurement strategy based on a single supplier. The traditional supply cost amounted to LYD 431,500, while the cost decreased to LYD 255,225 using the North-West Corner Method and to LYD 249,895 using the Least Cost Method, achieving a total saving of LYD 181,605. The findings confirm the effectiveness of linear programming models as decision-support tools for improving resource management and logistics planning in construction projects.

The study recommends the adoption of operations research techniques and linear programming models in planning procurement and transportation activities, as well as expanding the use of quantitative decision-support tools within the construction sector.

Keywords: Linear Programming, Transportation Model, Materials Management, Ready-Mix Concrete, Construction Projects, Cost Reduction.

1. المقدمة

يشهد قطاع التشييد والبناء نمواً متزايداً في مختلف دول العالم، ويعد من القطاعات الحيوية التي تسهم بصورة مباشرة في التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وتعتمد كفاءة تنفيذ المشاريع الإنشائية على حسن إدارة الموارد المتاحة، وخاصة المواد الإنشائية التي تمثل نسبة كبيرة من إجمالي تكلفة المشروع. وتعد إدارة المواد من أهم وظائف إدارة المشاريع، إذ تشمل عمليات التخطيط والشراء والنقل والتخزين والمناولة والتوزيع، والتي تهدف إلى ضمان توفير المواد بالكميات المطلوبة وفي الوقت المناسب وبأقل تكلفة ممكنة (Kerzner, 2022).

وتشير الدراسات إلى أن تكاليف المواد والنقل تمثل نسبة كبيرة من التكلفة الكلية للمشاريع الإنشائية، وأن أي تحسين في عمليات التوريد والنقل ينعكس مباشرة على أداء المشروع وربحيته (Project Management Institute, 2021). كما أن سوء التخطيط اللوجستي يؤدي إلى ارتفاع معدلات الهدر والتأخير وزيادة المصروفات التشغيلية، الأمر الذي يستدعي استخدام أساليب علمية تدعم اتخاذ القرار وتحسن استغلال الموارد المتاحة.

وتعد البرمجة الخطية من أهم أدوات بحوث العمليات المستخدمة في معالجة المشكلات المتعلقة بتخصيص الموارد واتخاذ القرارات المثلى في المجالات الصناعية والهندسية والاقتصادية (Taha, 2017). ويُعد نموذج النقل أحد التطبيقات الأساسية للبرمجة الخطية، حيث يهدف إلى تحديد الكميات المثلى المنقولة من مصادر العرض إلى مراكز الطلب بأقل تكلفة ممكنة مع مراعاة القيود المرتبطة بالعرض والطلب (Hillier & Lieberman, 2021).

وقد تناولت العديد من الدراسات استخدام نماذج النقل في معالجة المشكلات اللوجستية وتحسين كفاءة سلاسل الإمداد. فقد أوضحت دراسة Singh وآخرين (2020) أن تطبيق نموذج النقل يساهم في تقليل تكاليف التوزيع وتحسين استغلال الموارد المتاحة. كما توصلت دراسة Kumar و Sharma (2021) إلى أن نماذج النقل توفر حلولاً فعالة للمشكلات المرتبطة بتوزيع المنتجات بين مصادر الإنتاج ومراكز الاستهلاك. وأشارت دراسة Alenezi (2022) إلى أهمية استخدام البرمجة الخطية في دعم القرارات اللوجستية في المشاريع الهندسية وتحقيق وفورات مالية ملموسة.

وعلى الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت تطبيقات نموذج النقل في المجالات الصناعية والخدمية، فإن الدراسات التطبيقية المتعلقة بقطاع التشييد في البيئة الليبية ما تزال محدودة، وخاصة فيما يتعلق بتوريد الخرسانة الجاهزة للمشروعات الإنشائية. ومن هنا تنبع أهمية هذه الدراسة التي تسعى إلى تطبيق نموذج النقل على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية بهدف تحديد خطة توريد تحقق أقل تكلفة ممكنة مقارنة بأسلوب التوريد التقليدي المعتمد على مصدر واحد.

وتتمثل مشكلة الدراسة في ارتفاع تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة وما يترتب عليها من زيادة في التكلفة الإجمالية للمشروع، في ظل وجود عدة مصادر للتوريد تختلف في أسعارها وطاقاتها الإنتاجية. وتهدف الدراسة إلى توظيف نموذج النقل في البرمجة الخطية لتحديد الكميات المثلى الواجب توريدها من كل شركة بما يحقق أقل تكلفة ممكنة ويلبي متطلبات المشروع.

وتتميز هذه الدراسة عن الدراسات السابقة بتركيزها على مشروع إنشائي حقيقي داخل البيئة الليبية، واستخدام بيانات فعلية من شركات الخرسانة الجاهزة بمدينة الزاوية، بالإضافة إلى إجراء مقارنة كمية بين أساليب مختلفة لحل مشكلة النقل وتقييم أثرها على خفض تكاليف التوريد.

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية

2. المشكلة البحثية:

الهدر الحاصل في موارد المشروع ومواد البناء وزيادة كلف النقل والتخزين من خلال استخدام ادارة المواد وتقنيات النقل واستخدام الخلطة الخرسانية كنموذج وكعامل لمواد البناء لما لها من أهمية وتأثير كبير من الناحية الاقتصادية لشركات البناء، حيث ان النقل يدفع بعملية تطور العملية الانتاجية.

3. أهمية البحث:

تبرز أهمية البحث من خلال التعرف على أهمية إدارة الموارد وأسبابها وكيفية معالجة الهدر الحاصل بها بالإضافة لإيجاد اقل كلف ممكنة لمشكلة نقل مواد البناء بشكل عام والخلطة الخرسانية بشكل خاص لمشروع مبنى جامع الميدان الزاوية مع تحديد الوحدات والكميات المثلى التي ستنتقل من الخلطة أو الشركة إلى موقع البناء مبين حدود الطلب والعرض باستخدام البرمجة الخطية ومشاكل النقل.

4. أهداف البحث:

يهدف البحث إلى ما يلي:

- تطبيق نموذج رياضي لحل مشكلة نقل الخلطة الخرسانية مع تحديد أقل كلفة اجمالية لنقل المنتج من مضاد التجهيز الي مصادر الاستهلاك وتحديد الكميات باستخدام نماذج حل مشاكل النقل.
- تلافى الهدر الحاصل في مواد البناء والتقليل من كلف النقل والتخزين

5. حدود الدراسة:

- حدود موضوعية تتمثل في ادارة الموارد في مشروع التشييد ومشاكل النقل والخلطات والخلطات الخرسانية
- حدود مكانية مدينة الزاوية متمثلة في مشروع مبنى جامع ميدان الزاوية وشركات الخلطات الخرسانية بالمدينة متمثلة في أربع شركات.
- زمنيه سنة 2024.

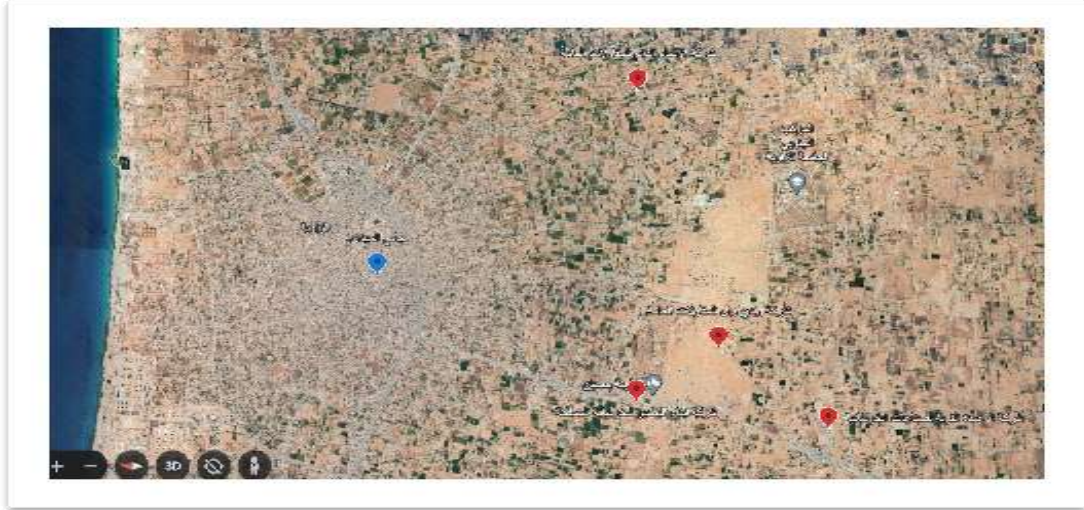
6. المنهجية :

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لدراسة المفاهيم النظرية المتعلقة بإدارة المواد والبرمجة الخطية ونماذج النقل، بالإضافة إلى المنهج الكمي التطبيقي من خلال تطبيق نموذج النقل على حالة دراسية واقعية تتمثل في مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية. كما تم استخدام البيانات الفعلية الخاصة بالطاقت الإنتاجية لشركات الخرسانة الجاهزة وتكاليف التوريد من أجل بناء نموذج رياضي يساعد في تحديد خطة التوريد الأقل تكلفة

1.6 مجتمع الدراسة وعينة البحث :

تكون مجتمع الدراسة من شركات إنتاج الخرسانة الجاهزة العاملة داخل مدينة الزاوية، حيث تم اختيار أربع شركات تمثل مصادر العرض الرئيسية للخرسانة الجاهزة في المنطقة، وسيتم الإشارة إليها هنا بشركة A و شركة B و شركة C وشركة D. والصورة الجوية رقم (1) التالية توضح مواقع هذه الشركات داخل المدينة .

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية



صورة رقم (1) توضح موقع الشركات داخل الزاوية

أما مركز الطلب فيتمثل في مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية، والذي يمثل أحد المشاريع الإنشائية الكبرى الجاري تنفيذها داخل المدينة خلال فترة الدراسة.

2.6 جمع البيانات :

تم جمع البيانات من خلال:

- الزيارات الميدانية لشركات الخرسانة الجاهزة.
 - المقابلات الشخصية مع مسؤولي الشركات.
 - مراجعة كشوفات الإنتاج اليومية.
 - الاطلاع على مستخلصات المشروع وكراسات الحصر.
 - الحصول على أسعار توريد الخرسانة الجاهزة لكل شركة.
- وقد شملت البيانات الطاقة الإنتاجية المتاحة لكل شركة، وأسعار توريد الخرسانة الجاهزة لمختلف العناصر الإنشائية، بالإضافة إلى الكميات المطلوبة للمشروع.

7. التعريف بمشروع الدراسة :

يقع مشروع جامع الميدان في مركز مدينة الزاوية وتبلغ مساحة الموقع حوالي 13,459 م²، بينما تبلغ المساحة المسقوفة حوالي 4,430 م². ويتكون المشروع من مبنى جامع رئيسي ومرافق خدمية وإدارية ومكتبة إسلامية ومرافق للوضوء والخدمات والصورة الجوية رقم 2 توضح موقع المشروع. وبالرجوع إلى مستندات المشروع تبين أن الاحتياجات الخرسانية الرئيسية تتمثل في: القواعد والسملات: 350 م³، الأعمدة الخرسانية: 300 م³، الأسقف الخرسانية: 600 م³. وبذلك يبلغ إجمالي الطلب الكلي 1,250 م³ من الخرسانة الجاهزة.

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع
جامع الميدان بمدينة الزاوية



الصورة رقم (2) توضح موقع المشروع

8. النموذج الرياضي لمشكلة النقل :

يعد نموذج النقل أحد التطبيقات الأساسية للبرمجة الخطية، ويهدف إلى تحديد الكميات المثلى التي يتم نقلها من مصادر العرض إلى مراكز الطلب بأقل تكلفة إجمالية ممكنة (Taha, 2017). ولتكن:

X_{ij} = كمية الخرسانة المنقولة من المصدر i إلى مركز الطلب j .

C_{ij} = تكلفة نقل أو توريد الوحدة الواحدة من المصدر i إلى مركز الطلب j .

a_i = الكمية المتاحة لدى المصدر i .

b_j = الكمية المطلوبة في مركز الطلب j .

فإن دالة الهدف يمكن تمثيلها كما يلي:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}.$$

وتخضع دالة الهدف للقيود التالية: فإن دالة الهدف يمكن تمثيلها كما يلي:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}.$$

وتخضع دالة الهدف للقيود التالية:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad i=1,2,\dots,m \quad (\text{قيود العرض})$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad j=1,2,\dots,n \quad (\text{قيود الطلب})$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (\text{شرط توازن العرض مع الطلب})$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (\text{قيود عدم السالبة})$$

1.8 افتراضات نموذج النقل :

اعتمدت الدراسة على مجموعة من الافتراضات الأساسية المتعارف عليها في نماذج النقل، وهي:

1. تجانس المنتج المنقول (الخرسانة الجاهزة).

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية

2. ثبات أسعار التوريد خلال فترة الدراسة.

3. إمكانية تقسيم الكميات المطلوبة بين أكثر من مصدر.

4. ثبات الطاقة الإنتاجية لكل شركة خلال فترة التنفيذ.

5. توازن العرض والطلب بعد إضافة مصدر وهمي عند الحاجة.

2.7 إعداد مصفوفة النقل والجانب التطبيقي:

إن شركات الخلطات الخرسانية هي التي توفر الخرسانة المختلطة مسبقا والتي يمكن استخدامها مباشرة في مواقع البناء وهذه الشركات تقدم خدمات متنوعة تشمل توريد الخرسانة الجاهزة مباشرة الي الموقع وبالإضافة الي تقديم حلول تقنية ومساعدة فنية للمشاريع الانشائية.

وكما سبق وتطرقنا لهذه الشركات الموجودة داخل مدينة الزاوية وتم تميزهم داخل الخوارزمية لمصفوفة النقل كما هو موضح بالجدول رقم (1) الآتي:

جدول (1) يوضح رموز شركات الخلطات داخل مصفوفة النقل

التسلسل	رمز الشركة
1	A
2	B
3	C
4	D

وتبين بعد التواصل مع الشركة المنفذة أنها تورد كل المواد من شركة واحدة وهي شركة (A) وبعد جمع المعلومات التي تم طرحها خلال التعريف بالمصادر ومراكز الاستهلاك الطلب ووضعها في مصفوفة النقل , وتم إعداد مصفوفة النقل اعتماداً على الأسعار المتاحة والطاقة الإنتاجية لكل شركة، كما هو موضح في الجدول رقم (2).

جدول (2) مصفوفة تكاليف التوريد والطاقة الإنتاجية

العرض supply	أسقف	اعمدة	القواعد والسملات	المستهدف الشركات
300	340	350	350	A
80	335	350	350	B
77	325	335	335	C
300	315	325	325	D
493	0	0	0	E
1250	600	300	350	الطلب Demand
1250				

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية

ونظراً لأن إجمالي الطلب أكبر من إجمالي العرض المتاح تم استخدام مصدر تكميلي (وهي) لتحقيق شرط التوازن الرياضي اللازم لتطبيق نموذج النقل ممثل في الشركة E.

9. التطبيق والمناقشة :

1.9 تطبيق طريقة الركن الشمالي الغربي

تم تطبيق طريقة الركن الشمالي الغربي باعتبارها إحدى الطرق التقليدية للحصول على حل أولي مقبول لمشكلة النقل. وتعتمد هذه الطريقة على البدء من الخلية الواقعة في الركن الشمالي الغربي لمصفوفة النقل وتخصيص أكبر كمية ممكنة وفق قيود العرض والطلب كما هو موضح بالمصفوفة بالجدول رقم (3).

جدول (3) مصفوفة نتائج الركن الشمالي الغربي

المستهدف الشركات	القواعد والسجلات		اعمدة		أسقف		العرض supply
A	300	350		350		340	0
B	50	350	30	350		335	0
C		335	77	335		325	0
D		325	193	325	107	315	0
E		0		0	493	0	0
Demand الطلب	0		0		0		1250 1250

و بالتعويض في دالة الهدف يكون مبلغ توريد ونقل الخلطة من المصادر للموقع حسب الطلب وحسب طريقة الركن الشمالي الغربي وفق الآتي:

$$T.C = (300*350) + (50*350) + (30*350) + (77*335) + (193*325) + (107*315) = 255225 \text{ L.D}$$

2.9 تطبيق طريقة أقل تكلفة:

تعتمد طريقة أقل تكلفة على اختيار الخلية ذات أقل تكلفة في المصفوفة وتخصيص أكبر كمية ممكنة لها قبل الانتقال إلى الخلايا التالية. وكما هو موضح بالجدول رقم (4) مصفوفة أقل تكلفة .

جدول (4) مصفوفة أقل تكلفة

المستهدف الشركات	القواعد والسجلات		اعمدة		أسقف		العرض supply
A	80	350		350	220	340	0
B		350		350	80	335	0
C	77	335		335		325	0
D		325		325	300	315	0
E	193	0	300	0		0	0
Demand الطلب	0		0		0		1250 1250

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية

و بالتعويض في دالة الهدف يكون مبلغ توريد ونقل الخلطة من المصادر للموقع حسب الطلب وبطريقة أقل تكلفة وفق الآتي:

$$T.C = (80*350) + (220*340) + (80*335) + (77*335) + (300*315) = 249895 \text{ L.D}$$

3.9 طريقة الغرامات (فوجل):

تهدف هذه الطريقة على تقليل تكاليف النقل قدر الإمكان وبهذه الطريقة يتم حساب الغرامات وهي الفرق بين أقل تكلفتين في كل صف وعمود واختيار الصف أو العمود الذي له أكبر غرامة لتخصيص أكبر كمية ممكنة ولكنها فشلت لتشابه الغرامات مما لا يسمح باتخاذ قرار صائب وكما هو موضح بالمصفوفة التالية بجدول رقم (5) :

جدول (5) مصفوفة الغرامات (فوجل)

المستهدف الشركات	القواعد والسمات	اعمدة	أسقف	العرض supply	1غ	2غ	3غ
A	350	350	340	300	10	10	
B	350	350	80 335	80	15		
C	335	335	325	77	10	10	
D	325	325	315	300			
E	0	0	0	493			
الطلب Demand	350	300	600				
1غ	10	10	10				
2غ	10	10	10				
3غ							

10. النتائج :

اعتمد المشروع قبل تطبيق النموذج على التوريد من شركة واحدة، حيث بلغت التكلفة الإجمالية 431,500 دينار ليبي. وأظهرت النتائج أن الكميات المخصصة وفق طريقة الركن الشمالي حققت تكلفة إجمالية بلغت: 255,225 دينار ليبي. ويمثل هذا المبلغ انخفاضاً ملحوظاً مقارنة بطريقة التوريد التقليدية المعتمدة على شركة واحدة. وبينما أظهرت النتائج أن تكلفة التوريد الإجمالية انخفضت إلى: 249,895 دينار ليبي. وفق طريقة أقل تكلفة وهو ما يمثل أقل تكلفة بين الحلول التي تم اختبارها في هذه الدراسة. وتبين النتائج أن استخدام نموذج النقل أدى إلى تحقيق وفر مالي كبير مقارنة بأسلوب التوريد التقليدي. فقد بلغ مقدار الوفر المحقق باستخدام طريقة الركن الشمالي الغربي: 176,275 دينار ليبي. بينما بلغ الوفر المحقق باستخدام طريقة أقل تكلفة: 181,605 دينار ليبي.

1.10 مناقشة النتائج :

تشير النتائج إلى أن الاعتماد على نموذج النقل في تخطيط عمليات التوريد يسهم بشكل مباشر في تخفيض التكاليف اللوجستية المرتبطة بمشاريع التشييد. ويمكن تفسير ذلك بأن النموذج يوزع الكميات المطلوبة على مصادر التوريد المختلفة وفقاً لمبدأ الحد الأدنى للتكلفة، بدلاً من الاعتماد على مصدر واحد.

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع جامع الميدان بمدينة الزاوية

وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة التي أكدت فاعلية نماذج البرمجة الخطية في دعم القرارات اللوجستية وتحسين استخدام الموارد المتاحة (Hillier & Lieberman, 2021؛ Taha, 2017). كما توضح النتائج أهمية تنويع مصادر التوريد والاستفادة من الفروقات السعرية بين الموردين، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على التكلفة النهائية للمشروع وربحية الجهات المنفذة.

11. الخلاصة :

توصلت الدراسة إلى مجموعة من الاستنتاجات الرئيسية، أهمها:

1. يعد نموذج النقل من الأدوات الفعالة في معالجة مشكلات التوريد والنقل في مشاريع التشييد.
2. أسهم تطبيق البرمجة الخطية في تخفيض تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة بصورة ملحوظة مقارنة بالطريقة التقليدية المعتمدة على مورد واحد.
3. حققت طريقة أقل تكلفة أفضل النتائج بين طرق الحل المستخدمة في الدراسة.
4. أثبتت الدراسة إمكانية توظيف نماذج بحوث العمليات في دعم القرارات الهندسية والإدارية داخل مشاريع التشييد.
5. يؤدي تحسين إدارة المواد والنقل إلى رفع كفاءة استخدام الموارد وتقليل الهدر المالي.

12. التوصيات :

7. اعتماد نماذج النقل ضمن أنظمة إدارة المشاريع في قطاع التشييد.
8. استخدام البرمجة الخطية عند إعداد خطط التوريد للمواد الإنشائية.
9. عدم الاعتماد على مورد واحد عند توفر بدائل تحقق تكلفة أقل.
10. تطوير قواعد بيانات خاصة بأسعار المواد ومصادر التوريد لتسهيل عمليات اتخاذ القرار.
11. إجراء دراسات مستقبلية باستخدام أساليب التحسين المتقدمة مثل MODI و Stepping Stone للتحقق من أمثلية الحلول.
12. التوسع في تطبيق نماذج بحوث العمليات على بقية عناصر المشروع مثل العمالة والمعدات والمخزون.

13. المراجع :

أولاً: المراجع العربية

- أبو النجا، محمد أحمد (2019). إدارة المشروعات الهندسية والتشييد. القاهرة: دار الكتب العلمية.
- البكري، ثامر ياسر (2020). بحوث العمليات وتطبيقاتها في الإدارة والهندسة. عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.
- الحسيني، عبد الرحمن محمد (2021). الإدارة اللوجستية وسلاسل الإمداد في المشروعات الإنشائية. القاهرة: دار الفكر العربي.
- الخطيب، محمود عبد الكريم (2018). إدارة المواد والمخزون في المشاريع الإنشائية. عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.
- السعدي، أحمد سالم (2022). تطبيقات البرمجة الخطية في اتخاذ القرارات الهندسية. مجلة العلوم الهندسية والتقنية، 14(2)، 55-68.
- الشنطي، خالد عبد السلام (2020). دور إدارة المواد في تحسين أداء مشاريع البناء. مجلة الجامعة للأساتذة، 25(3)، 112-128.

استخدام نموذج النقل في البرمجة الخطية لتقليل تكاليف توريد الخرسانة الجاهزة في مشاريع التشييد: دراسة تطبيقية على مشروع
جامع الميدان بمدينة الزاوية

الطاهر، علي محمد (2021). تطبيقات بحوث العمليات في قطاع التشييد والبناء. مجلة البحوث الهندسية،
18(1)، 77-92.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). Introduction to Operations Research (11th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Kerzner, H. (2022). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (13th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Kumar, R., & Sharma, S. (2021). Optimization of Transportation Problems in Construction Supply Chains. International Journal of Supply Chain Management, 10(4), 45–54.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2024). Production and Operations Analysis (9th ed.). Long Grove, IL: Waveland Press.
- PMI – Project Management Institute. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Pennsylvania, USA: PMI.
- Render, B., Stair, R. M., Hanna, M. E., & Hale, T. (2022). Quantitative Analysis for Management (14th ed.). Pearson Education.
- Singh, A., Verma, P., & Gupta, R. (2020). Application of Transportation Models in Logistics Cost Optimization. International Journal of Industrial Engineering Research, 11(2), 78–88.
- Stevenson, W. J. (2021). Operations Management (14th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Taha, H. A. (2017). Operations Research: An Introduction (10th ed.). Pearson Education.
- Taylor, B. W. (2023). Introduction to Management Science (14th ed.). Pearson.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2023). Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management (15th ed.). Pearson.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2022). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation (8th ed.). Pearson.
- Panneerselvam, R. (2022). Operations Research (3rd ed.). PHI Learning.
- Ahuja, R. K., Magnanti, T. L., & Orlin, J. B. (2019). Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications. Pearson.
- Winston, W. L. (2020). Operations Research: Applications and Algorithms (5th ed.). Cengage Learning.
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2018). Linear Programming and Network Flows (5th ed.). Wiley.