

استخدام معادلة الانحدار الخطى لإيجاد نموذج مثالي لتقدير إنتاج الكتل الصخرية من المحاجر

راضية عبد السلام إسماعيل وغيث خليفة بشيش ومحمد سالم بالخير

كلية الهندسة - جامعة طرابلس - ليبيا

E-mail: g_beshish@yahoo.com

ABSTRACT

In Libya, there are many quarries that produce limestone, for example the quarry in Suk Alkamees Emisahil. The lack of use of advanced technology for planning and design of blasting methods led to the under production of raw material. Significantly lower amounts of raw material are generated from the blasting operation than the amount needed by the company. There is also an important issue of producing large sized rock blocks that are not suitable to go through the equipment. These oversized rocks blocks need to be reduced in size leading to a significant increase in the cost of production.

The objective of this study is to find methods to control the size of the rock blocks that are blasted which would be cost effective. This is done by studying the relation between the drilling and blasting variables as explanatory variables and the weekly production as response variables of limestone by using the linear regression techniques with the help of the statistical computer program software (MINITAB). The best fit regression equation that will help in making a best estimate of the weekly production of limestone was provided by undertaking a complete set of statistical tests indicating best subset as well stepwise techniques. The results of this study indicate that there is a linear relation between the weekly production of rock blocks and the other variables taken into consideration in this study that affects the end product of the blasting. This result also depicts the importance of the elements that influence the weekly production that must be taken into consideration when designing blasting cycle.

المخلص

تنتج العديد من المحاجر في ليبيا الحجر الجيري على سبيل المثال محجر سوق الخميس إمسحيل. وقد تسبب عدم إتباع الأساليب الحديثة في تخطيط وتصميم دورة التفجير في إنتاج كميات متفاوتة من المادة الخام حيث كانت هذه الكميات قليلة ولا تتناسب مع الكميات التي يطلبها المصنع. بالإضافة إلى إنتاج كتل صخرية كبيرة لا تتناسب مع مواصفات الآلات والمعدات المستخدمة في الإنتاج مما يستوجب إعادة تكسيورها مرة أخرى، وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة تكلفة الاستخراج. تهدف هذه الدراسة إلى إمكانية التوصل إلى نتائج تفيد في التحكم في أحجام وكميات الكتل الصخرية بأقل تكلفة ممكنة، وذلك بدراسة العلاقة بين متغيرات الحفر والتفجير وإنتاجية المحجر الاسبوعية. وباستخدام تقنية معادلات الارتداد وبمساعدة البرنامج الإحصائي (MINITAB)، تم التوصل إلى نموذج لمعادلة الانحدار للتنبؤ بالإنتاجية الاسبوعية للمادة الخام في المحجر. أشارت نتائج الدراسة إلى وجود علاقة خطية تربط بين الإنتاجية الاسبوعية للمحجر وكل المتغيرات المستقلة المستخدمة في هذه الدراسة. كذلك لوحظ أن بعض المتغيرات المستقلة والمتمثلة في (X_1 وهو عدد الأمتار المحفورة طولياً، X_4 وهو عدد ثقوب الحفر المتفجرة في الأسبوع، X_7 وهو عدد صفوف

أبار التفجير X_8 وهو الزمن بالملي ثانية) لها تأثير كبير على نواتج التفجير. كما بينت نتائج التحليل أهمية العناصر ذات التأثير على إنتاجية المحجر الأسبوعية والتي يجب مراعاتها وأخذها بعين الاعتبار عند تصميم دورة التفجير.

الكلمات المفتاحية: الكتل الصخرية؛ الحفر والتفجير؛ المحجر؛ معادلات خط الانحدار.

المقدمة

تتواجد الخامات الفلزية والغير فلزية في العديد من المناطق داخل ليبيا، وهذه الخامات لها أهمية كبرى في النهضة العمرانية التي تشهدها بلادنا [1]. ويعتبر الحجر الجيري من أكثر الخامات انتشارا حيث له قيمة اقتصادية عالية، ومن أهم الصناعات التي يدخل فيها خام الحجر الجيري كمادة أساسية هي صناعة الإسمنت، حيث يمثل ما يزيد عن 75% من المواد الداخلة في تركيبه. ويعتمد استخراج المواد الأولية على عدة عمليات من أهمها عملية التفجير حيث تعتبر هي الأساس في كل العمليات التي تجري على الصخور المراد استثمارها ومن خلال تقييم بعض المحاجر في ليبيا اتضح أنها تعاني من مشكلة نواتج التفجير المتمثلة في:

- الكميات المتفاوتة من المادة الخام.
- الكتل الضخمة التي لها مردود سلبي على مجريات العمل داخل المحجر.
- توقف المحجر عن عمليات التفجير بسبب بعض الظروف مما يترتب عليه توقف عملية الإنتاج بسبب عدم الحصول على المادة الخام من المحجر.

المشاكل التي يُعاني منها المحجر

من خلال الزيارات الميدانية والبيانات المتحصل عليها من إدارة المحجر وجد أن الطاقة الإنتاجية حوالي 5000 طن يوما من الحجر الجيري و1000 طن يوما من مادة الطين. كما تم ملاحظة العديد من المشاكل والتي من أهمها:

- يعاني محجر سوق الخميس إمسجل من تكون ما يُعرف بالعتبة (وهي عبارة عن منحدر متكون من عدت درجات) بعد عملية التفجير كما هو مبين في شكل (1) [2].
- إنتاج الكتل كبيرة الحجم تحتاج إلى تكسير ثانوي كما في شكل (2).



الشكل 1: تكون العتبة بعد عملية التفجير



الشكل 2: الكتل الضخمة الناتجة بعد عملية التفجير

- تحميل آلات النقل بالحمولة الزائدة من المادة الخام ينشأ عنه مشاكل ميكانيكية تؤدي إلى سقوط الخام في الطريق الواصل بين المحجر والمصنع ينتج عنه زيادة في نسبة الفاقد من المادة الخام كما هو مبين في الشكل (1) و(2).

أهداف الدراسة

- تهدف هذه الدراسة إلى:
- تحديد أهم العناصر (المتغيرات) التي تؤثر في عملية التفجير وإنتاجية المصنع.
- تحديد العلاقة بين الإنتاجية وعملية التفجير باستخدام معادلات الانحدار الخطي (Linear Regression Analysis).
- إيجاد علاقة تربط بين الإنتاجية (Y) (Response Variable) وبعض المتغيرات المستقلة (X₁, X₂, X₃,.....X₈) (Explanatory Variables) يمكن استخدامها لتحسين العملية الإنتاجية والتنبؤ بقيمتها المستقبلية.

تجميع البيانات وعينة الدراسة

تم الحصول على البيانات الخاصة بالعناصر التي تؤثر على نواتج التفجير بأسلوب المسح الميداني، والمقابلة الشخصية مع العاملين بالمحجر (إداريين ومهندسين)، كذلك تم اعتماد طريقة المقابلة الشخصية مع المسؤولين والمهندسين في إدارة محجر سوق الخميس إمسيحل للحصول على المعلومات المستخدمة في هذه الدراسة.

يتكون مجتمع الدراسة من جميع المتغيرات التي تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم دورة التفجير، علماً بأن العينة عبارة عن بيانات أسبوعية أخذت من المحجر خلال الفترة الزمنية من سنة 2006 إلى 2009 م، ترتبط هذه البيانات بعملية الحفر والتفجير وهي الإنتاجية الأسبوعية للمحجر بالطن (Y)، عدد الأمتار المحفورة طولياً بالمتر (X₁)، عدد خراطيش الجيلاتين في الأسبوع (X₂)، قطر البئر بالمليمتر (X₃)، عدد ثقوب الحفر المتفجرة في الأسبوع (X₄)، كمية الانفجور بالكيلو جرام (X₅)، عمق البئر بالمتر (X₆)، عدد صفوف آبار التفجير (X₇)، زمن التأخير بالملي ثانية (X₈)، طول شحنة القاعدة بالمتر

(X₉)، طول شحنة العمود بالمتر (X₁₀)، طول الحشوة بالمتر (X₁₁)، المسافة بين الثقوب بالمتر (X₁₂)، المسافة بين صفوف آبار التفجير بالمتر (X₁₃)، كما هو مبين بالجدول (1).

الجدول 1: المتغيرات المستخدمة في عمليتي الحفر والتفجير

الإنتاجية الأسبوعية للمحجر بالطن	Y
عدد الأمطار المحفورة طويلاً	X ₁
عدد خراطيش الجيلاتين في الأسبوع	X ₂
قطر البئر بالمليمتراً	X ₃
عدد ثقوب الحفر المتفجرة في الأسبوع	X ₄
كمية الأنفو بالكيلو جرام	X ₅
عمق البئر بالمتر	X ₆
طول شحنة القاعدة بالمتر	X ₇
طول شحنة العمود بالمتر	X ₈
طول الحشوة بالمتر	X ₉
المسافة بين الثقوب بالمتر	X ₁₀
المسافة بين صفوف آبار التفجير بالمتر	X ₁₁
عدد صفوف آبار التفجير	X ₁₂
التأخير بالملي ثانية	X ₁₃

المعالجة الإحصائية للبيانات

لتحقيق أهداف الدراسة، تمت عملية جمع البيانات وتحديد رموزها كما هو مبين بالجدول (1) و (2) باستخدام منظومة MINITAB [3].

تحليل البيانات

تم إدخال البيانات عن طريق استخدام برنامج MINITAB، حيث تم استبعاد خمس متغيرات مستقلة في التحليل المبدئي وهي (طول شحنة القاعدة بالمتر، طول شحنة العمود بالمتر، طول الحشوة بالمتر، المسافة بين الثقوب بالمتر، المسافة بين صفوف آبار التفجير بالمتر لأنها متغيرات ثابتة القيمة). الجدول (2) يوضح المتغيرات المستخدمة في التحليل الإحصائي وفقاً لترقيمها الجديد.

الجدول 2: المتغيرات المستخدمة بعد استبعاد المتغيرات ذات القيم الثابتة.

الإنتاجية الأسبوعية للمحجر بالطن	Y
عدد الأمطار المحفورة طويلاً	X ₁
عدد خراطيش الجيلاتين	X ₂
كمية الأنفو بالكيلو جرام	X ₃
عدد ثقوب الحفر المتفجرة في الأسبوع	X ₄
قطر البئر بالمليمتراً	X ₅
عمق البئر بالمتر	X ₆
عدد صفوف آبار التفجير	X ₇
الزمن بالملي ثانية	X ₈

من النتائج المستخرجة من الحاسب تم الحصول على المعلومات الإحصائية الوصفية الآتية:

أولاً: التحليل الإحصائي الوصفي للبيانات

تمت معالجة بعض القيم المتطرفة قبل إجراء التحليل الاستقرائي للبيانات، كما وجد أن المتوسط الأسبوعي لإنتاجية المادة الخام كان خلال فترة الدراسة 21,833 طن/أسبوع والتي من المفترض أن تكون 3×10^4 طن/أسبوع كطاقة تصميمية للمحجر مما يدل على وجود مشكلة في إنتاجية المادة الخام في المحجر. أما بالنسبة للانحراف المعياري لكمية الإنتاج في الأسبوع فكانت 8,920 طن أسبوعياً وهذا يدل على وجود اختلاف كبير وعدم تجانس في كمية المادة الخام خلال فترة الدراسة. كذلك وجود التواء موجب بسيط بمقدار 0.47 كدليل على عدم الانتظام الطبيعي الكامل في توزيع البيانات، وهذا يعني أن بعض المتغيرات يوجد بها العديد من القيم المنخفضة المتطرفة. كما أسفرت نتائج التحليلات أن عدد كبسولات الجيلتين، التي استخدمت خلال فترة الدراسة تراوحت بين 350 و 1,433 كبسولة.

كما لوحظ أن متوسط كمية الانفو المستخدمة في الأسبوع كانت 3,036 كيلوجرام، بينما الكمية الكلية للانفو المستخدمة خلال فترة الدراسة تراوحت ما بين 328 و 5,613 كيلوجرام، مسجلة قيمة انحراف معياري 1,132 كيلو جرام، وهذا يعتبر مقبولاً إلى حد ما ويدل على أن البيانات ليست متشتتة عن وسطها الحسابي، أي أن توزيع البيانات خلال فترة الدراسة كان متجانساً. لوحظ أيضاً أن المتوسط الحسابي لأقطار الآبار المراد وضع المتفجرات بها حوالي 88.2 م للمتر وهذا يؤكد أن أفضل إنتاجية أسبوعية للمادة الخام يمكن الحصول عليها باستخدام هذا القطر، بالإضافة إلى أن المتوسط الحسابي لعمق الآبار التي تحضر لوضع المتفجرات حوالي 7.145 متر، حيث تبين بأن هذا العمق أعطى أفضل إنتاجية أسبوعية للمادة الخام. لوحظ كذلك أن أفضل إنتاجية أسبوعية للمادة الخام يمكن الحصول عليها باستخدام 6 صفوف والذي استنتج من المتوسط الحسابي لعدد الصفوف المستخدمة في توزيع ثقبو التفجير. الانحراف المعياري لعدد الصفوف في الأسبوع كان صغيراً نسبياً حيث بلغ 1.1452 طن.

ثانياً: دراسة وتحليل الارتباط

لدراسة درجة الارتباط بين الإنتاجية الأسبوعية للمحجر والمتغيرات المستقلة تم إعداد مصفوفة الارتباط (Correlation Matrix) المدرجة بالملحق (أ-1). تمت دراسة وبحث العلاقة بين الإنتاجية الأسبوعية للمحجر والمتغيرات المستقلة وذلك بالاستعانة بمعامل ارتباط Pearson، حيث وجد أن هناك علاقة ارتباط قوية موجبة بين المتغير التابع Y والإنتاجية الأسبوعية للمحجر وعدد الأمتار المحفورة ($r_{YX1}=0.804$)، وعدد كبسولات الجيلتين ($r_{YX2}=0.811$) وعدد ثقبو الحفر ($r_{YX4}=0.856$)، أي أن الإنتاجية الأسبوعية للمحجر ستزيد بزيادة هذه المتغيرات. كما توجد علاقة ارتباط قوية عكسية بين Y والإنتاجية الأسبوعية للمحجر وعمق البئر $r_{YX6}=-0.63$ مما يعني أن الإنتاجية سوف تقل بزيادة عمق البئر، كما يمكن ملاحظة وجود علاقة ارتباط ضعيفة بين Y والإنتاجية الأسبوعية للمحجر وباقي المتغيرات المستقلة (كمية الانفو X_3 وقطر البئر المحفور X_5 وعدد صفوف آبار التفجير X_7 وزمن التأخير بالملي ثانية X_8)، وهذا يدل على أن لهذه المتغيرات تأثير ضعيف على الإنتاجية الأسبوعية للمحجر.

أما علاقة المتغيرات بعضها ببعض فقد لوحظ وجود علاقة قوية بين عدد كبسولات الجيلتين X_2 وعدد الأمتار المحفورة X_1 ، كما لوحظ أيضاً وجود علاقة بين

عدد ثقوب الحفر X_4 وعدد الأمتار المحفورة X_1 ، وكذلك بين عدد كبسولات الجيلتين X_2 وعدد ثقوب الحفر X_4 ، كما توجد علاقة ارتباط عكسية وقوية بين عدد الثقوب X_4 وعمق البئر X_6 وبين عدد الصفوف X_7 وزمن التأخير X_8 مما قد يشير باحتمالية كبيرة لحذف بعض من هذه المتغيرات، لأن وجود علاقة ارتباط قوية بين المتغيرات قد تسبب مشكلة في تقدير إنتاج الكتل الصخرية، لتخلص من هذه المشكلة ينصح عادة بزيادة عدد الأمتار المحفورة وتقليل عدد الثقوب. عند تقليص حجم الواجهة (تقليل عدد الثقوب) وزيادة عدد الأمتار المحفورة طويلاً سوف يتم التخلص من الكتل الضخمة والتي بدوره يقلل من تكاليف التفجيرات الثانوية. لتأكد من صحة معادلة الانحدار المستخدمة للتنبؤ بقيمة الإنتاجية الأسبوعية للمحجر، تم تطبيق المعايير والاختبارات الإحصائية التالية: [5،4]

- متوسط مربعات المتبقيات (MSE).
- القيمة المئوية لمعامل التحديد ($R^2\%$).
- اختبار F الكلية للنموذج.
- اختبار رسومات المتبقيات. بالإضافة إلى مدى مشاركة كل من المتغيرات المستقلة في التنبؤ بالقيمة الإنتاجية للمحجر عن طريق استخدام تقنيات (Best Subset & Stepwise Techniques)

ثالثاً: نموذج معادلة الانحدار

من خلال تطبيق التحليل الإحصائي الاستنتاجي وباستخدام منظومة Minitab تم الحصول على المعادلة التالية: [6،7]

$$Y = - 7489 + 2.80 X_1 + 2.05 X_2 - 0.023 X_3 + 52.6 X_4 - 30.2 X_5 - 263 X_6 + 1223 X_7 + 4170 X_8$$

$$S = 3656.46 \quad R^2 = 82.5\% \quad F=80.04 \quad (1)$$

تفسير معادلة الانحدار

- بناءً على المعلومات الإحصائية الكاملة لهذا النموذج والمدرجة بالملحق (أ-2) تشير معادلة الانحدار إلى أن:
- كمية الإنتاج الأسبوعية للمحجر من المادة الخام سوف تنخفض بمقدار 7,489 طن في الأسبوع في حالة توقف عمليات التفجير في المحجر.
 - كمية الإنتاج الأسبوعية للمحجر يتوقع أن تزيد بمقدار 2.8 طن عند زيادة عدد الأمتار المحفورة طويلاً كما يتوقع أن تزيد بمقدار 2.05 طن عند زيادة عدد كبسولات الجيلتين وحدة واحدة، وبالمثل بالنسبة لبقية المتغيرات الأخرى.
 - من خلال قيمة معامل التحديد R^2 نلاحظ أن نموذج الانحدار للمتغيرات المستقلة استطاع أن يفسر 82.5 % من التغيرات الكلية الحاصلة في تحديد كمية الإنتاج الأسبوعية المتوسطة للمحجر من المادة الخام والباقي 17.5 % غير مفسر وذلك لتأثير عوامل أخرى وبالتالي فإن

معادلة الانحدار التقديرية السابقة يمكن الاعتماد عليها نسبياً في تقدير كمية الإنتاج الأسبوعية من المادة الخام إذا ما توفرت معلومات عن المتغيرات المستقلة.

- قيمة F_{cal} (80.04) المحسوبة بالبرنامج أكبر بكثير من قيمة F_{tab} (1.94) الجدولية عند درجة حرية 8 وبمستوى مخاطرة $\alpha = 0.05$ ، إذا نرفض الفرضية الصفرية ونقبل الفرض البديل، أي أنه يمكن القول بأننا على ثقة 95% مع احتمال وجود خطأ قدره 5%، بأن هذا النموذج يفسر العلاقة بين الإنتاجية الأسبوعية للمحجر وكل المتغيرات المستقلة وبالتالي فإن كل المتغيرات المستقلة تؤثر على الإنتاجية الأسبوعية للمحجر.
- وجد كذلك أن $MSE = 13,369,681$ صغيرة نسبياً إذا ما تم مقارنتها بقيمة $MSR = 1,070,087,484$ وبالتالي فإن الخطأ المعياري لميل خط الارتداد يعتبر صغيراً ($S = 3,656.46$).
- من خلال رسم العلاقات بين Standardized Residuals وكل من القيم المتوقعة للإنتاجية (Y) والمتغيرات المستقلة (X_1, \dots, X_8)، وجد أن الأشكال الطبيعية، وهذا يدل على أن النموذج يعتبر أفضل نموذج رياضي طبقاً للبيانات المتوفرة والتحليل الإحصائي المستخدم. ولقد تم إرفاق رسم المتبقيات للقيم المتوقعة للإنتاجية بالملحق (أ-3) وترتيبها للتأكد من عدم الاحتياج لتحويل النموذج أو تعديله.

نموذج معادلة الارتداد النهائي

بعد التأكد من أن نموذج الارتداد السابق لا يحتاج إلى تحويل رياضي أو زيادة أي متغيرات أو معالجة خاصة، يأتي البحث في ما إذا كان بالإمكان حذف بعض المتغيرات الغير مؤثرة في تقدير القيمة الإنتاجية الأسبوعية للمحجر وذلك باستخدام طريقة (Stepwise Regression و Best) [8] Subsets بناءً على المعايير التالية:

أكبر قيمة لمعامل التحديد (R^2 %)

أقل قيمة للانحراف المعياري ($S_{Y.X}$)

أقرب قيمة معامل C_p لعدد معاملات نموذج المعادلة $P \approx (C_p)$.

بعد الإطلاع على تحليل (Stepwise Regression & Best subsets) والموضح في الملحق (أ-4) لوحظ أن أفضل نموذجين يمكن الحصول عليهما (مع الأخذ في الاعتبار المعايير السابقة) هما:

- النموذج الذي يحتوي على المعاملات المستقلة (X_1, X_4, X_7, X_8)
- النموذج الذي يحتوي على المعاملات المستقلة (X_1, X_4, X_5, X_7, X_8). مع استثناء النموذج الأساسي الذي يحتوي على كل المتغيرات المستقلة.

الجدول 3: النماذج المقترحة من اختبار Stepwise Regression و Best Subsets

Modal	$100R^2$	$S_{Y.X}$	C_p
$F(X_1, X_4, X_7, X_8)$	82.4	3615	1.9
$F(X_1, X_4, X_5, X_7, X_8)$	82.4	3621	3.3

الجدول (3) بين أن الفروق للنموذجين بين القيم $(S_{Y.X})$ و $(R^2\%)$ صغيرة جدا وبالتالي فإن استخدام النموذجين يؤدي تقريبا إلى نفس النتائج إلا أن النموذج الثاني $(C_p = 3.3)$ يعطى نتائج أفضل بقليل من النموذج الأول $(C_p=1.9)$. لذا يمكن القول بأن النموذج الأول مناسباً للتنبؤ بقيمة الإنتاجية الأسبوعية للمحجر لاحتوائه على أقل متغيرات مما يجعله أقل جهدا وتكلفة بإضافة إلى أن المتغير X_5 لديه ارتباط ضعيف جدا بالإنتاجية الأسبوعية وبناء على ذلك فإن النموذج المختار هو الذي يحتوي على المتغيرات المستقلة (X_1, X_4, X_7, X_8) .

نموذج معادلة الانحدار النهائي

بعد إدخال المتغيرات التالية (X_1, X_4, X_7, X_8) إلى برنامج Minitab تم الحصول على نموذج الانحدار النهائي كالتالي:

$$Y = - 11910 + 2.75 X_1 + 60.6 X_4 + 1166 X_7 + 4117 X_8 \quad S = 3615.87 \quad R^2\% = 82.4\% \quad (2)$$

$$F = 163.46$$

من معادلة الانحدار السابقة و المدرجة في الملحق (أ-5) وجد أن:

- قيمة الحد الثابت $\beta_0 = -1,1910$ وهي معنوية عند مستوى المخاطرة $\alpha = 0.05$ ، وتدل على أنه في حالة توقف عمليات التفجير فإن المحجر سوف يخسر 1,1910 طن من المادة الخام أسبوعيا. وهذا يدل على التأثير الكبير للمتغيرات المستقلة (الأمطار المحفورة طوليا وعدد الثقوب المحفورة زمن التأخير) في الإنتاجية الأسبوعية للمحجر.
- وجد أن $R^2\% = 82.4\%$ تساوي $R^2\%$ مما يدل أن نموذج الانحدار يمكن استخدامه في تقدير الإنتاجية الأسبوعية للمحجر في وجود قيم المتغيرات المستقلة.
- بما أن قيمة F_{cal} المحسوبة أكبر من F_{tab} الجدولية، إذا فهناك علاقة خطية قوية بين الإنتاجية الأسبوعية للمحجر والمتغيرات المستقلة.

النتائج

استناداً إلى نتائج التحليلات الإحصائية، تم الحصول في هذه الورقة البحثية على الاستنتاجات الآتية:

- بينت رسومات اختبارات المتبقيات أن جميع المتغيرات قد توزعت بشكل طبيعي بعد حذف القيم الشاذة، وهذا مما يدل على أن توزيع التباين للنموذج ثابت لجميع المتغيرات التوضيحية وكذلك القيم المتوقعة للإنتاجية.
- بينت قيمة معامل التحديد $(R^2\% = 0.82)$ بأن نموذج الانحدار يمكن استخدامه في تقدير الإنتاجية الأسبوعية للمحجر.
- القيمة المحسوبة (F_{cal}) أكبر بكثير من القيمة الجدولية (F_{tab}) ، وهذا يبين وجود علاقة خطية قوية تبين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة.
- بعد إجراء الاختبارات تم استخلاص أفضل نموذج يحتوى على أهم المتغيرات التي تؤثر على الإنتاجية الأسبوعية للمحجر وهو:

$$Y = -11910 + 2.75X_1 + 60.6X_4 + 1166X_7 + 4117X_8$$

وهذا يفسر بأن معادلة خط الانحدار المقترح تفسر بما قيمته 82.4% من إجمالي الاختلاف الحاصل في البيانات.

التوصيات

- تطبيق النموذج المقترح لمعادلة الانحدار للحصول على أفضل إنتاجية من المادة الخام.
- يجب أن يراعى المحجر أهمية العناصر التي تؤثر على إنتاجية المحجر الأسبوعية والتي توصلت إليها الدراسة، وأخذها بعين الاعتبار عند تصميم دورة التفجير.
- دعم المحجر بالكفاءات المتخصصة في عمليات التفجير وخاصة في مجال حفر الثقوب وتحميل وقيادة آلات النقل وفي عمليات شحن ودك الثقوب بالمتفجرات.

المراجع

- [1] الرفاعي، أ. زنداح، ع. التاجوري و أ. الشريف، "إنتاج المواد الخام" 2005.
- [2] الكتيبات التفسيرية، "لوحة طرابلس"، مركز البحوث الصناعية، 1975.
- [3] ادوارد مينيك، زوريانا كورزيجا، "الإحصاء في الإدارة مع التطبيقات على الحاسب الآلي"، دار المريخ 2007.
- [4] عز حسن عبد الفتاح "التحليل الإحصائي باستخدام SPSS"، القاهرة، 2005.
- [5] جولي بالانت "التحليل الإحصائي باستخدام برامج SPSS" الطبعة الثانية، دار الفروق للنشر والتوزيع، القاهرة 2006.
- [6] فاخر عاقل، أسس البحث العلمي في العلوم السلوكية، ط2، بيروت، دار العلم. للملايين، 1982.
- [7] جبار الصمد عبد الستار، "البحث العلمي وتطبيقات الإحصاء الرياضي"، دار شموع الثقافة، 2002.
- [8] عاطف عدلي العبد ود. زكي أحمد عزمي "الأسلوب الإحصائي واستخداماته في بحوث الرأي العام والإعلام"، دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، 1993.

الملاحق

الملحق (أ)

الملحق (أ-1) نتائج مصفوفة الارتباط للمتغيرات موضوع الدراسة

Correlations: Y, X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, X₈

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	0.804 0.000							
X2	0.811 0.000	0.859 0.000						
X3	0.434 0.000	0.495 0.000	0.512 0.000					
X4	0.856 0.000	0.864 0.000	0.952 0.000	0.516 0.000				

X5	-0.044	-0.055	-0.066	-0.059	-0.045		
	0.588	0.502	0.420	0.470	0.579		
X6	-0.629	-0.549	-0.512	-0.267	-0.720	-0.082	
	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.314	
X7	-0.203	-0.216	-0.158	-0.114	-0.195	0.091	0.229
	0.013	0.008	0.052	0.163	0.017	0.265	0.005
X8	0.373	0.338	0.295	0.135	0.331	-0.036	-0.307
	0.000	0.000	0.000	0.097	0.000	0.663	0.000

الملحق (أ-2) نموذج معادلة الانحدار لجميع المتغيرات

Regression Analysis: Y versus X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, X₈

The regression equation is

$$Y = -7489 + 2.80 X_1 + 2.05 X_2 - 0.023 X_3 + 52.6 X_4 - 30.2 X_5 - 263 X_6 + 1223 X_7 + 4170 X_8$$

145 cases used, 7 cases contain missing values

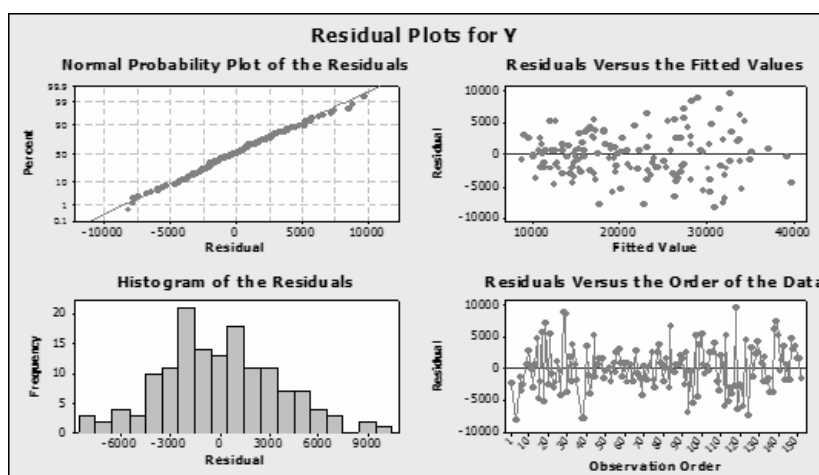
Predictor	Coef	SECoef	T	P
Constant	-7489	6975	-1.07	0.005
X1	2.796	1.194	2.34	0.021
X2	2.049	6.813	0.30	0.764
X3	-0.0235	0.3212	-0.07	0.942
X4	52.60	22.17	2.37	0.019
X5	-30.16	34.80	-0.87	0.388
X6	-263.5	522.7	-0.50	0.615
X7	1222.9	500.3	2.44	0.016
X8	4170	1212	3.44	0.001

S = 3656.46 R-Sq = 82.5% R-Sq(adj) = 81.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	8	8560699875	1070087484	80.04	0.000
Residual Error	136	1818276580	13369681		
Total	144	10378976455			

الملحق (أ-3) رسم المتبقيات للقيمة المقدرة للإنتاجية الأسبوعية



الملحق (أ-4) نتائج تحليل طريقة (Stepwise Regression and Best subset)

Stepwise Regression: Y versus X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, X₈

Backward elimination. Alpha-to-Remove: 0.05
 Response is Y on 8 predictors, with N = 145

Step	1	2	3	4	5
Constant	-7489	-7509	-8411	-9858	-11910
X1	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
T-Value	2.34	2.35	2.42	2.39	2.42
P-Value	0.021	0.020	0.017	0.018	0.017
X2	2.0	2.1			
T-Value	0.30	0.31			
P-Value	0.764	0.756			
X3	-0.02				
T-Value	-0.07				
P-Value	0.942				
X4	52.6	52.3	58.6	60.6	60.6
T-Value	2.37	2.42	7.53	9.56	9.58
P-Value	0.019	0.017	0.000	0.000	0.000
X5	-30	-30	-29	-26	
T-Value	-0.87	-0.87	-0.84	-0.78	
P-Value	0.388	0.386	0.400	0.437	
X6	-263	-270	-143		
T-Value	-0.50	-0.53	-0.46		
P-Value	0.615	0.598	0.643		
X7	1223	1227	1222	1201	1166
T-Value	2.44	2.48	2.48	2.45	2.40
P-Value	0.016	0.014	0.014	0.015	0.018
X8	4170	4182	4172	4175	4117
T-Value	3.44	3.49	3.50	3.51	3.47
P-Value	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
S	3656	3643	3631	3621	3616
R-Sq	82.48	82.47	82.44	82.36	
R-Sq(adj)	81.45	81.59	81.71	81.81	81.86
Mallows C-p	9.0	7.0	5.1	3.3	1.9

Best Subsets Regression: Y versus X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, X₈

Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows		S	X XXXXXXXX												
			C-p	S		1	2	3	4	5	6	7	8					
1	79.7	79.6	16.3	3835.1														
1	72.7	72.5	70.9	4451.2	X													
2	80.9	80.6	9.5	3739.1					X									X
2	80.7	80.5	10.5	3752.2	X				X									
3	81.6	81.3	5.5	3676.2	X				XX									
3	81.6	81.2	5.6	3677.4					X									XX
4	82.4	81.9	1.9	3615.9	X				XXX									
4	81.7	81.2	6.9	3681.2					X	XXX								
5	82.4	81.8	3.3	3621.0	X				XXXX									
5	82.4	81.7	3.8	3627.5	X				XXXX									
6	82.5	81.7	5.1	3631.2	X				XXXXX									
6	82.4	81.7	5.3	3633.6	X				XXXXX									
7	82.5	81.6	7.0	3643.2	X				XXXXXX									

7	82.5	81.6	7.1	3644.3	X	XXXXXX
8	82.5	81.5	9.0	3656.5	X	XXXXXX

الملحق (أ-5) نموذج معادلة الانحدار النهائي

Regression Analysis: Y versus X₁, X₄, X₇, X₈

The regression equation is

$$Y = -11910 + 2.75 X_1 + 60.6 X_4 + 1166 X_7 + 4117 X_8$$

145 cases used, 7 cases contain missing values

Predictor	Coef	SECoef	T	P
Constant	-11910	4765	-2.50	0.014
X1	2.749	1.138	2.42	0.017
X4	60.637	6.331	9.58	0.000
X7	1166.3	486.8	2.40	0.018
X8	4117	1186	3.47	0.001

S = 3615.87 R-Sq = 82.4% R-Sq(adj) = 81.9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	8548540245	2137135061	163.46	0.000
Residual Error	140	1830436210	13074544		
Total	144	10378976455			

Source	DFSeq	SS
X1	1	7072515818
X4	1	1307283895
X7	1	11237901
X8	1	157502631