مجلة جامعة الملك سعود، م ٨، العلوم الزراعية (٢)، ص ص ٢٤٧ - ٢٥٩، الرياض (١٤١٦هـ/ ١٩٩٦م).

نماذج خطية متعددة لتقدير تكاليف الإصلاح والصيانة للجرارات الزراعية بالمملكة العربية السعودية

صالح عبدالرحمن السحيباني

قسم الهندسة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية

(ورد البحث في ١٤١٥/٩/١٦هـ؛ وقُبل للنشر في ١٤١٦/٥/٣هـ)

ملخص البحث. دُرست العلاقة بين التكاليف التراكمية للإصلاح والصيانة وكل من عدد ساعات التشغيل السنوية وقدرة وعمر وسعر الجرار ومعدل تكاليف الإصلاح والصيانة لوحدة القدرة ـ ساعة (الطاقة مُقاسة ك. وات ـ ساعة). وقد استخدمت في هذه الدراسة معلومات كاملة ودقيقة لشركة حائل للتنمية الزراعية (هادكو).

وقد أوضح التحليل أن متوسط عدد ساعات التشغيل السنوية انخفض من ١٥٥٨ إلى ١٣٣٨ بزيادة عمر الجرار (بالسنين) وأيضًا ازدادت ساعات التشغيل السنوية بزيادة قدرة الجرار فيما عدا الجرارات الضخمة حيث إنها كانت مخصصة للعمليات التي تحتاج إلى قدرة كبيرة فقط. وبناءً على تأثير العوامل المختلفة في تكاليف الإصلاح والصيانة، فقد تم تطوير نماذج خطية متعددة لتقدير تكاليفَ الإصلاح والصيانة، بدلالة المعادلة التالية:

$$ATC = F(N,P, AHRY, kW)$$

حيث:

ATC تكاليف الإصلاح والصيانة التراكمية

N عمر الجرار بالسنين

P سعر الجرار

AHRY عدد ساعات التشغيل التراكمية

kW قدرة الجرار.

تم مقارنة النماذج المستنبطة مع نماذج أُسية، وقد أظهرت النتائج بأنه لا يوجد فارق كبير للجرارات ذات القدرة الأقل من ٨٠ك. وات وعمر ٦ سنوات أو أقل. وللحالات الأخرى تراوح الفرق من ـ ٨,٨ ٦٨ إلى ٨٪ من التكلفة الحقيقية باستخدام النماذج الأسية، بينما انخفض الفرق إلى ٢٪ من التكلفة الحقيقية، حينما استخدمت النماذج الخطية المتعددة للجرارات نفسها.

المقدمـــة

يعتمد تشيغل الجرارات الزراعية على مجموعة متباينة من العناصر التي تؤثر تأثيراً مباشراً على تكاليف التشغيل. وتختلف تكاليف الإصلاح والصيانة باختلاف بعض العوامل الاقتصادية والفنية وأيضًا باختلاف ظروف التشغيل ومكانه. وقد وجد Inns [١] أن تكلفة إصلاح الجرارات الزراعية وصيانتها تمثل ٥٣٪ من التكاليف الكلية السنوية في الدول النامية، بينما لا تتجاوز ٨٪ في الدول المتقدمة. ونتيجة لهذا الاختلاف الكبير فقد اهتم العديد من الباحثين بدراسة تكاليف الإصلاح والصيانة للجرارات في مناطق عديدة من العالم.

تركزت معظم الدراسات التي أجريت في الفترة السابقة على استنباط نماذج أسية لتقدير تكاليف الإصلاح والصيانة التراكمية اعتمادًا على عدد ساعات التشغيل التراكمية وسعر شراء الجرار، كما في الدراسات التي قام بها كل من: السحيباني ووهبي [٢]، Bower & Hunt [٣]، Fairbanks & Larson [٤]، Rotgard Bowers [٥]، ASAE [٦].

وقام عبدالمطلب Abdelmotaleb [٧] باستنباط معادلة خطية متعددة لتقدير تكاليف الإصلاح والصيانة التراكمية للجرارات تحت الظروف المصرية، يدخل في عناصرها كل من عمر الجرار وقدرته وسعر الشراء، وقد أوضح أن هذا النموذج يعطي تقديرًا أفضل لتكاليف الإصلاح والصيانة مقارنة بنموذج الجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين الذي يعطي قيمًا أقل من الحقيقة، حيث تراوحت الاختلافات بين ٦٠٠ إلى ٧٠٠٪ بين النموذجين نظرًا لاختلاف ظروف التشغيل.

كما قام Henderson [٨] بتقدير تكاليف تشغيل الجرارات المملوكة للقطاع الخاص والقطاع الحكومي في الأردن باستخدام معادلة خطية بسيطة تعتمد على عدد ساعات التشغيل السنوية فقط لتقدير تكاليف التشغيل في الساعة. وبينت هذه الدراسة زيادة متوسط تكاليف الإصلاح والصيانة في الساعة بزيادة عمر الجرار، حيث بلغت ٢,٣٨٪ من تكاليف التشغيل الكلية في الساعة عند عمر ١٢ عامًا للجرار.

ونظرًا لوجود اختلافات كبيرة بين النماذج الأسية في تقدير تكاليف الإصلاح والصيانة للجرارات، فقد هدفت هذه الدراسة إلى تحليل عناصر التشغيل والصيانة واستنباط نموذج خطي متعدد يعتمد في التقدير على عمر الجرار وقدرته وسعر الشراء وعدد ساعات التشغيل،

وذلك باستخدام البيانات الفعلية لتكاليف الإصلاح والصيانة المأخوذة من شركة حائل للتنمية الزراعية بالمملكة العربية السعودية.

المواد وطرق البحث

استخدمت في هذه الدراسة البيانات الخاصة بتكاليف الإصلاح والصيانة للجرارات الزراعية من واقع السجلات الفعلية الخاصة بشركة حائل للتنمية الزراعية (هادكو) بمنطقة حائل بالمملكة العربية السعودية. حيث تحتفظ هذه الشركة بمعلومات دقيقة مُخزنة في الحاسب الآلي عن أعمال الإصلاح والصيانة التي أجريت للجرارات على مدار العام بدءًا من العام المالي ١٩٨٨/٨٧م إلى العام المالي ١٩٩٣/٩٢م.

أخذت البيانات الخاصة بعدد ٣٩ جرارًا زراعيًا بأنواع وقدرات مختلفة وذلك من إجمالي ٨٣ جرارًا تمتلكها الشركة. وكان العامل المُحدد في اختيار الجرارات هو استمراريتها في الخدمة إلى جانب عدم وجود أي خلل أو عطل في عداد ساعات تشغيلها. كما أُخذت بيانات عن بعض الجرارات التي تم فيها إصلاح أو استبدال عداد ساعات التشغيل بعد معرفة فترة التوقف عن العمل مع أخذ ذلك في الاعتبار. استخدم الحاسوب الشخصي في تفريغ البيانات الخاصة بكل جرار، وشملت تلك البيانات مايلي:

١ ـ تاريخ شراء الجرار.
٢ ـ عمر الجرار بالسنوات (N).
٣ ـ سعر شراء الجرار بالريال السعودي (P).
٤ ـ عدد ساعات التشغيل الإجمالية (AHRY).
٥ ـ قدرة الجرار بالكيلووات (kW).
٦ ـ التكاليف السنوية للإصلاح والصيانة.
٧ ـ التكاليف السنوية لقطع الغيار.
٨ ـ التكاليف السنوية للعمالة المستخدمة لعمليات الإصلاح والصيانة.

تم حساب متوسط عدد ساعات التشغيل السنوية وذلك بقسمة القراءة الأخيرة لعداد ساعات تشغيل الجرار على عدد سنوات عمره، حيث إن العمليات في الشركة موسمية ومحددة حسب جدول زمني معين. كما تم حساب التكاليف الكلية للإصلاح والصيانة

(ATC) ، تم أيضًا تقدير المعامل (CI) ـ معدل تكاليف الإصلاح والصيانة السنوية لوحدة القدرة ـ ساعة، وذلك بقسمة التكاليف السنوية للإصلاح والصيانة على قدرة الجرار ومتوسط عدد ساعات تشغيله السنوية. وتم دراسة العلاقة بين هذا المعامل وكُلٍّ من القدرة وعدد ساعات التشغيل السنوية لجميع الجرارات. كما دُرست أيضًا العلاقة بين التكاليف السنوية للإصلاح والصيانة وكُلٍّ من: متوسط ساعات التشغيل السنوية، قدرة الجرارات، عمر الجرارات، أعداد الجرارات.

استخدمت حزمة (SAS) والطريقة الإحصائية للانحدار الخطي المُتعدد في تحليل البيانات السابقة لتحديد أفضل نموذج لتقدير التكاليف التراكمية للإصلاح والصيانة للجرارات الزراعية حيث تم عمل التحليل السابق بطريقتين:

١ ـ تصنيف على حسب عمر الجرار، وذلك للجرارات ذات العمر الأقل أو يساوي ٦ سنوات أو أكبر من ذلك.

٢ ـ تصنيف على حسب قدرة الجرارات، وذلك للجرارات ذات القدرة الأقل أو يساوي ٨٠ك. وات أو أكبر من ذلك.

النتائج والمناقشة

دُرست العلاقة بين التكاليف التراكمية للإصلاح والصيانة وكُلٍّ من عدد ساعات التشغيل السنوية وقدرة الجرار وعمره. يوضح الجدول رقم ١ متوسط عدد ساعات التشغيل السنوية والتكاليف التراكمية للإصلاح والصيانة ونسبة تكلفة العمالة وقطع الغيار وقيمة معامل التكلفة لوحدة القدرة وساعات التشغيل تبعًا لعمر الجرار. حيث يتضح تساوي ساعات التشغيل السنوية للجرارات ذات العمر ٤ سنوات فأقل، ثم انخفاض متوسط عدد ساعات التشغيل السنوية من ١٥٥٨ إلى ١٣٣٨ ساعة سنويًا بزيادة عمر الجرار فيما عدا الجرارات التي لها متوسط عمر تشغيلي ٥ سنوات، حيث بلغ متوسط ساعات تشغيلها سنويًا ١٧٧٥ ساعة. وتتراوح قدرة هذه الجرارات ما بين ٨٥ إلى ٩٠ كيلووات، وتناسب هذه الجرارات معظم عمليات الخدمة. وقد توصل وهبي وبابعير[٩] إلى النتيجة نفسها تقريبًا، حيث انخفضت ساعات التشغيل مع الجرارات ذات القدرة الأعلى من ٢٠٠ كيلووات.

جدول رقم ١ . متوسط عناصر تكلفة الإصلاح والصيانة تبعًا لعمر الجرار.

عمر الجرار، سنة	ساعات التشغيل السنوية	التكاليف الكلية التراكمية (ريال)	العمالة (٪)	القطع (٪)	C_1 ريال/ ك. وات ـ ساعة	تكاليف الإصلاح والصيانة ريال/ ساعة	ريال/ سنة
١	١٥٥٨,٣	٢٩٧,٧٦	٣٩,١	٦٠,٩	٠,٠٠٢٣	٠,٤١	٦٤٢,٠٣
٢	١٥٥٩,٤	١٩٤١,٤٠	٢٣,٧	٧٦,٣	٠,٠١٦٥	٠,٨٥	١٣٣٠,١٨
٣	١٥٥٩,٤	٤٨٥١,٤٨	١٥,١	٨٤,٩	٠,٠٢٨٣	١,٢٧	١٩٧٢,٦٥
٤	١٥٥٠,٥	٧٢١٥,٠٠	١٣,٣	٨٦,٧	٠,٠٢١١	١,٣٤	٢٠٨٠,٨٠
٥	١٧٧٥,٥	٢٢٢٨٦,٦٠	١٠,٩	٨٩,١	٠,٠٥٠٤	٢,٧١	٤٨١٨,٧١
٦	١٤٧٩,٩	١٤٠٤٩,٨٠	٢٦,٢	٧٣,٨	٠,٠٣٥٢	١,٦٧	٢٤٦٥,٤٨
٧	١٤٠٧,١	٢٥٣٤٦,٥٠	٢٠,٣	٧٩,٧	٠,٠٥٦٦	٢,٦١	٣٦٧٣,٨٦
٨	١٤٠٧,١	٤٢٣٣١,٢٠	١٧,١	٨٢,٩	٠,٠٥٠٠	٣,٨١	٥٣٥٩,٥٣
٩	١٤٠٧,١	٨٤٣٤٣,٨٠	١٠,٣	٨٩,٧	٠,١٢٨١	٦,٧٤	٩٤٧٨,٠٢
١٠	١٣٣٨,٦	١٠٨٤٧٤,٠٠	١٠,٥	٨٩,٥	٠,٠٧٣٢	٨,١٢	١٠٨٦٤,٠٨

كما يوضح الجدول أيضًا زيادة متوسط التكاليف التراكمية للإصلاح والصيانة بزيادة عمر الجرار، وتمثل هذه التكاليف أجور العمالة وقطع الغيار. ويلاحظ أن متوسط نسبة تكلفة العمالة في نهاية العام التشغيلي الأول هي ٣٩,١٪ من متوسط التكلفة الكلية للإصلاح والصيانة، بينما تنخفض النسبة إلى ١٠,٥٪ في نهاية العام التشغيلي العاشر للجرارات، ومن ثم يقابلها زيادة في متوسط نسبة تكلفة قطع الغيار. ويمكن تفسير ذلك باحتياج الجرارات ذات العمر الأكبر إلى عمليات صيانة وإصلاح ذات تكلفة عالية في قطع الغيار، وعلى وجه التحديد في حالة إجراء عمرات كاملة للجرارات بينما تنحصر التكاليف في السنوات الأولى للجرار في إجراء عمليات الصيانة الدورية واستبدال قطع الغيار سريعة الاستهلاك مما يقلل نسبة تكلفة قطع الغيار في الأعوام الأولى من التشغيل.

ويتضح من الجدول أيضًا زيادة المعامل (التكلفة لوحدة القدرة ـ ساعة تشغيل) مع زيادة عمر الجرار، باستثناء السنوات الخامسة والثامنة والعاشرة التي تغيرت بزيادة أو نقص غير متوقع مقارنة مع السنوات الأخرى وذلك نتيجة للتغير غير النمطي في قيم متوسط القدرة وساعات التشغيل السنوية، حيث إن الجرارات القديمة ذات قدرات مرتفعة وساعات تشغيلها منخفضة مع زيادة تكلفة الإصلاح والصيانة.

يوضح جدول رقم ٢ تأثير قدرة الجرارات على عناصر التشغيل وتكلفة الإصلاح والصيانة. حيث تتزايد ساعات التشغيل مع زيادة قدرة الجرار باستثناء الجرارات ذات القدرة الكبيرة (٢٤٢,٤ك. وات). حيث إن هذه الجرارات هي الأقدم، ولذلك تم تخصيصها لأعمال موسمية محدودة نظرًا لارتفاع تكلفة الإصلاح والصيانة كما يوضحها الجدول رقم ١. وقد تُشكل هذه الجرارات عبئًا ماليًا نظرًا لارتفاع تكلفة صيانتها مقارنة بالجرارات الأحدث عمرًا التي تعمل لساعات أكثر. كما يلاحظ من الجدول عدم وجود اتجاه واضح بين القدرة والمعامل C_1. ويتضح أن C_1 مرتبط بعمر الجرار أكثر من ارتباطه بالقدرة. ويوضح شكل رقم ١ العلاقة بين مدى ساعات التشغيل السنوية للجرار وكل من متوسط التكاليف التراكمية للإصلاح والصيانة وعدد الجرارات. ويلاحظ من الشكل انخفاض التكاليف مع زيادة عدد ساعات التشغيل، حيث وُجد أن حوالي ٧٢٪ من عدد الجرارات التي تم دراستها يعمل في المدى ما بين ١٣٥٠ إلى ١٦٥٠ ساعة سنويًا. كما يوضح الشكل رقم ٢ العلاقة بين قدرة الجرارات وكل من متوسط ساعات التشغيل السنوية وأعداد

الجرارات حسب قدرتها . ويلاحظ أيضًا ارتفاع عدد ساعات التشغيل السنوية للجرارات التي تتراوح قدرتها ما بين ٥٧ إلى ٢٠١ك . وات بينما تنخفض للجرارات الأقل أو الأكبر من هذا المدى . وقد يفسر انخفاض ساعات التشغيل للجرارات منخفضة القدرة بعدم قيامها بأداء العمليات الزراعية وقد تكون مخصصة لأغراض نقل المواد الزراعية (كجرار خدمات) .

جدول رقم ٢ . علاقة قدرة الجرارات مع عناصر تكاليف الإصلاح والصيانة .

القـدرة (كيلو وات)	ساعات التشغيل (ساعة/ سنة)	تكاليف الإصلاح والصيانة (ريال/ ساعة)	(ريال/ سنة)	التكاليف الكلية التراكمية ريـال	C_1 ريال/ك . وات ساعة
٥٢,٢	٩٣٤,٩	١,٩٩	١٨٥٦,٠٠	٥٨٤١,٢٩	٠,٠٦١
٥٧,٤	١٤٦١,٣	٠,٧٤	١٠٤٣,٨٥	٢٢٧٦,٠٩	٠,٠١٣
٨٥,٠	٢٠٨٠,٦	١,٣٨	٢٨٢٦,٠١	٨٤٦٣,٤٥	٠,٠٢٤
٨٨,٠	١٧٧٨,٩	١,٩٥	٣٤٤١,٢٣	١٢٥٨١,٦٧	٠,٠٣٩
٨٩,٥	١٧٧٢,١	١,١٤	٢٠٨٠,٩٣	٦٩٥٤,٠٩	٠,٠١٧
٢٠٢,٣	١٨١٧,٣	١,٠٥	١٩١١,٥٨	٣١٦٥,٤٣	٠,٠٠٥
٢٤٢,٤	١٤٠٠,٧	٤,٧٨	٦٥٤١,٨٤	٥٦١٩٢,٦١	٠,٠٧٤

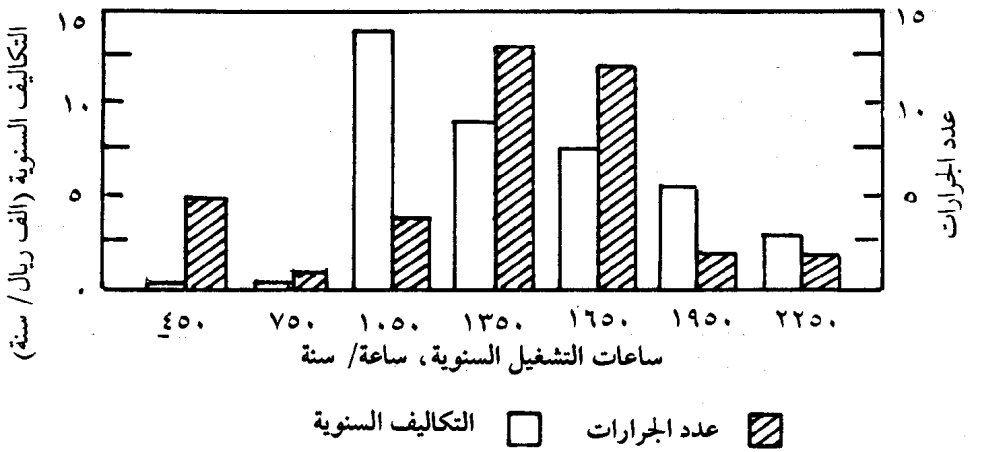
نماذج تكاليف الإصلاح والصيانة

يتضح من المناقشة السابقة تداخل مجموعة كبيرة من العوامل في تحديد تكلفة الإصلاح والصيانة للجرارات . كما يتضح أن تقسيم الجرارات إلى مجاميع تبعًا لعمرها أو لقدرتها قد يبسط من العوامل المؤثرة في تحديد شكل النموذج ومن ثم إمكانية تقدير تكاليف الإصلاح والصيانة بصورة أفضل . بناء على ما تقدم تم استنباط ثلاثة نماذج خطية متعددة لتقدير تكاليف الإصلاح والصيانة حسب عمر الجرارات وقدرتها التي تمت دراستها على النحو التالي :

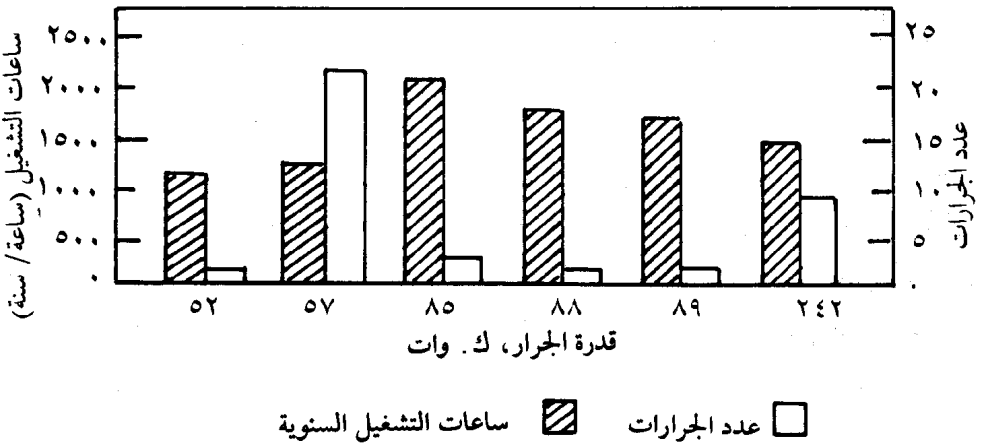
١ ـ نموذج للجرارات الأقل من ٦ سنوات وقدرة أقل من ٨٠ كيلووات :

$$ATC = 108739.5 + 5223.1\,(N) - 1.035\,(P) - 2.544\,(AHRY) \quad \ldots\ldots (١)$$

$$(R^2 = 0.681)$$



شكل رقم ١ . العلاقة بين متوسط ساعات التشغيل السنوية وكل من تكاليف الإصلاح والصيانة وعدد الجرّارات .



شكل رقم ٢ . العلاقة بين متوسط قدرة الجرارات وساعات التشغيل السنوية وعدد الجرّارات .

٢ ـ نموذج للجرارات الأقل من ٦ سنوات وقدرة أكبر من ٨٠ كيلووات :

$$ATC = -4400.3 + 2.79\,(AHRY) + 0.138(P) - 299.4\,(kW) \quad \ldots\ldots\ldots (٢)$$

$$(R^2 = 0.711)$$

٣ ـ نموذج للجرارات الأقل من ٦ سنوات وقدرة أكبر من ٨٠ كيلووات :

$$ATC = -153344.5 + 25842.92\,(N) \quad \ldots\ldots\ldots (٣)$$

$$(R^2 = 0.736)$$

ولم تتوافر الحالة الرابعة ضمن الجرارات التي تمت دراستها، والتي تمثل جرارات أكبر من ٦ سنوات وقدرة أقل من ٨٠ كيلووات. ويلاحظ اشتمال النموذجين ١، ٢ على عناصر التكاليف الأساسية والتي تشمل ساعات التشغيل الكلية للجرار. القدرة وسعر الشراء، وبذلك تؤدي إلى إظهار التأثير المعنوي لهذه العناصر بدلاً من الاعتماد فقط على عمر الجرار أو ساعات تشغيله كما في النماذج الأسية السابق دراستها.

ويوضح الجدول رقم ٣ مقارنة بين النماذج الخطية المستنبطة أعلاه، ونماذج أسية سبق استنباطها [٢].

يتضح من الجدول رقم ٣ أنه بالنسبة للجرارات الأقل من ٦ سنوات و٨٠ ك. وات، لا يوجد فرق كبير بين النماذج الخطية أو الأسية. ويمكن أن يكون السبب الرئيسي في ذلك هو انخفاض تكلفة الإصلاح والصيانة للجرارات الأقل عمرًا من ٦ سنوات (الجديدة).

أما بالنسبة للحالة الثانية وهي تمثل الجرارات الأقل من ٦ سنوات وأكبر من ٨٠ ك. وات وكذلك الحالة الثالثة وهي تمثل الجرارات الأكبر من ٦ سنوات وأكبر من ٨٠ ك. وات فإنه يفضل استخدام النماذج الخطية المتعددة لكونها تقدر التكاليف بدقة كبيرة جدًا مقارنة بالنماذج الأسية وهذا يتفق مع ما ذكره Abdelmotaleb [٧] و Henderson [٨] بأن تقدير النماذج الأسية أقل دقة من النماذج الخطية.

يمكن تلخيص النتائج فيمايلي :

١ ـ تتأثر تكاليف الإصلاح والصيانة بعدة عوامل من أهمها عمر الجرار، وعدد ساعات التشغيل، والقدرة.

٢ ـ تناقصت ساعات التشغيل السنوية مع زيادة عمر الجرار، ويرجع ذلك إلى زيادة تكلفة الإصلاح والصيانة كلما زاد عمر الجرار.

٣ ـ تزيد ساعات التشغيل السنوية بزيادة قدرة الجرارات إلا أن الجرارات الأكبر قدرة تقل ساعات تشغيلها نظرًا لارتفاع تكلفة الإصلاح والصيانة بسبب ارتفاع قيمة قطع الغيار.

٤ ـ استنبطت ثلاث نماذج خطية متعددة لتقدير التكاليف التراكمية لإصلاح وصيانة الجرارات تبعًا لعمر وقدرة وسعر الجرارات وساعات تشغيلها. واختلفت هذه النماذج عن النماذج الأسية المنشورة في العديد من المراجع في إظهار تأثير بعض عناصر التشغيل مثل ساعات التشغيل السنوية وسعر الشراء وقدرة الجرار. حيث وجد أن النماذج الأسية أقل دقة في تقدير التكاليف من النماذج الخطية، وقد تراوحت الفروقات لهذه الدراسة بين ـ ٦٨ إلى ٨٪ من التكلفة الحقيقية بينما لم تتجاوز ٢٪ بالنسبة للنماذج الخطية.

المراجـــع

[١] Inns, F.M. "Operational Aspects of Tractor Use in Developing Countries - A Case for The Small Tractor." *The Agricultural Engineer,* (summer 1978), 52-54.

[٢] السحيباني، صالح ووهبي، محمد فؤاد. «نماذج تكاليف الإصلاح والصيانة للجرارات الزراعية في المملكة العربية السعودية.» *مجلة الإمارات للعلوم الزراعية*، المجلد السابع (١٩٩٥)، ١٩٣ - ٢١٤.

[٣] Bowers, W. and Hunt, D.R. "Application of Mathematical Formulas to Cost Repair Data." *Transaction of the ASAE,* 13 No.6 (1970), 806-809.

[٤] Fairbanks, G.E; Larson, G.H. and Chung, D.S. "Cost of Using Farm Machinery." *Transaction of the ASAE,* 14 No.1 (1971), 98-101.

[٥] Rotz, C.A. and Bowers. W. "Repair and Maintenance Cost Data for Agricultural Equipment.," *ASAE,* paper No: 91-1531 (1991).

[٦] ASAE Standards "Agricultural Machinery Management Data." *ASAE,* Ep 496.1 (1993).

[٧] Abdelmotaleb, I.A. "Repair and Maintenance Cost Anaylysis of Farm Machines under Egypt Conditions:" *Misr J. of Agr.* Proceeding of the International Conference on Technological Techniques for Handling Products. Faculty of Agriculture, Cairo University, (1993), 22.

[٨] Henderson, H.D. and Fanah. S. "Tractor Costs and Use Data in Jordan." *Transaction of the ASAE,* 27, No.4 (1984), 1003-1008.

[٩] وهبي، محمد فؤاد وبابعير، أحمد صالح. «تكاليف تشغيل الجرارات بالمملكة العربية السعودية.» *مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الزراعية*. جامعة عين شمس، القاهرة، م٢، ع١، (١٩٩٤م)، ١٥٣-١٦٣.

Multi-linear Repair and Maintenance Cost Models for Tractors in Saudi Arabia

Saleh A. Al-Suhaibani

Agricultural Engineering Department, College of Agriculture, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

(Received on 16/9/1415; accepted for publication on 3/5/1416 A.H.)

Abstract. The relationship between the cumulative costs for repair, maintenance, the annual operating hours, tractor power and price, tractor age (years), and the rate of annual cumulative costs per kW-h was studied. Complete and accurate data recorded by Hail agricultural development company (HADCO) for 39 tractors were used in this study.

The analysis showed that the average annual operating hours reduced from 1558 to 1338 as the tractor age (years) increased. Also the average annual operating hours increases with the tractor power except for huge tractors where their use was limited for high draft operations only. Based on the effect of different factors on the repair and maintenance costs, multi-linear models were developed to estimate tractor repairs and maintenance costs represented by the following function.

$$ATC = f(N,P,AHRY,kW)$$

Where:

[ATC: accumulated repir and maintenance costs, N,P,AHRY,KW tractor age (years), tractor price, accumulated opeating hours and tractor power respectively.

The multi-linear models compared with exponential models which were developed in previous study. The comparison showed that there is no difference between the two models for tractors with power less than 80 kW and age of 6 years or less. But for other cases the difference from the actual costs ranged between −68.8 to 8% when the exponential models used, while the estimated cost was less than 2% of the actual costs when multi-linear models used for the same tractors.