Nile Valley University Publications
Nile Journal for Agricultural Sciences (NJAS)
(ISSN: 1 – 13)
Volume 11, NO. 1, 2026
nilevalley.edu.sd

Development and Validation of Predictive Model for Tractor Fuel Consumption in the Gezira Scheme, Sudan

Ahmed O. Elattaya[1], Lotfie A. Yousif[2] and Abdelkarim D. Elfadil[3]

1 Post Graduate Student, University of Gezira, Wad Medani, Sudan
2 Agricultural Research Corporation (ARC), Agricultural Engineering Research Program Wad Medani, Sudan
3 Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Gezira, Wad Medani, Sudan
* Corresponding Author : lotfie.yousif@gmail.com
Received: 2. Jan. 2026 Accepted :8 Feb. 2026 Published:20 April 2026

Abstract

Accurate estimation of tractor fuel consumption is essential for effective machinery management, cost control, energy efficiency assessment and environmental impact evaluation in irrigated agricultural systems. The Gezira irrigated scheme in Sudan operates a heterogeneous tractor fleet characterized by wide variations in engine power, age and operational efficiency, resulting in highly variable fuel consumption rates. This study aimed to develop, verify, validate and compare a predictive model for tractor diesel fuel consumption under the specific operational and environmental conditions of the Gezira scheme. Field experiments were conducted using eight tractors with engine powers ranging from 56.0 to 190.3 kW coupled with different implements. Actual fuel consumption (L/h) was measured using an auxiliary fuel tank method. Five regression models; linear, logarithmic, exponential, polynomial and power were developed using tractor engine power as the independent variable. Model performance was evaluated using the coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE) and t-test analysis. Among the tested models, the power model ($\mathbf{Y = 0.0679\ X^{1.2203}}$) exhibited the best overall performance, combining high explanatory power (R^2), low RMSE, statistical robustness and physical interpretability. The model was successfully verified using experimental data and validated using independent datasets collected from Gezira, Al-Rahad, and El Suki irrigated schemes. Results showed no statistically significant differences were observed between predicted and measured fuel consumption values ($p > 0.05$). Comparative analysis demonstrated that the developed power model outperformed the commonly used linear PTO-based model

reported in the literature, particularly at medium and high engine power levels. Sensitivity analysis further confirmed the robustness of the model and highlighted the exponent coefficient as the most influential parameter. The developed model provides a reliable and practical tool for estimating tractor fuel consumption, supporting farm planning, and mechanization management in Sudanese irrigated agriculture.

Keywords: *Tractor fuel consumption, Engine power, Predictive modeling, Agricultural mechanization, Gezira irrigated* scheme.

تطوير نموذج تنبؤي لاستهلاك وقود الجرارات في مشروع الجزيرة، السودان، والتحقق من صحته

أحمد عثمان العطايا[1] ، لطفي أ. يوسف[2] ، وعبد الكريم دفع الله الفاضل[3]

1 طالب دراسات عليا، جامعة الجزيرة، ود مدني، السودان

2 هيئة البحوث الزراعية، برنامج بحوث الهندسة الزراعية، ود مدني، السودان

3 قسم الهندسة الزراعية، كلية العلوم الزراعية، جامعة الجزيرة، ود مدني، السودان

*: ممثل المولفينlotfie.yousif@gmail.com

المستخلص:

يُعدّ التقدير الدقيق لاستهلاك وقود الجرارات أمرًا بالغ الأهمية للإدارة الفعّالة للآلات، والتحكم في التكاليف، وتقييم كفاءة الطاقة، وتقييم الأثر البيئي في النظم الزراعية المروية. يعتمد مشروع ري الجزيرة في السودان على أسطول جرارات متنوع يتميز باختلافات واسعة في قدرة المحرك وعمره وكفاءته التشغيلية، مما ينتج عنه معدلات استهلاك وقود متغيرة للغاية. هدفت هذه الدراسة إلى تطوير نموذج تنبؤي لاستهلاك وقود الديزل في الجرارات، والتحقق من صحته، ومقارنته، وذلك في ظل الظروف التشغيلية والبيئية الخاصة بمشروع الجزيرة. أُجريت تجارب ميدانية باستخدام ثمانية جرارات بقدرات محركات تتراوح بين 56.0 و190.3 كيلوواط، مزودة بمعدات زراعية مختلفة. تم قياس استهلاك الوقود الفعلي (لتر/ساعة) باستخدام طريقة خزان الوقود الإضافي. طُوّرت خمسة نماذج انحدار: خطي، لوغاريتمي، أسي، متعدد الحدود، ونموذج القوة، باستخدام قدرة محرك الجرار كمتغير مستقل. قُيّم أداء النموذج باستخدام معامل التحديد(R^2) ، وجذر متوسط مربع الخطأ(RMSE) ، واختبار .t من بين النماذج المختبرة، أظهر نموذج القدرة ($Y = 0.0679\ X^{1.22^{03}}$) أفضل أداء شامل، إذ جمع بين قدرة تفسيرية عالية(R^2) ، وانخفاض متوسط الجذر التربيعي للخطأ(RMSE) ، ومتانة إحصائية، وقابلية تفسير فيزيائية. وقد تم التحقق من صحة النموذج بنجاح باستخدام بيانات تجريبية، وتم التحقق من صحته باستخدام مجموعات بيانات مستقلة جُمعت من مشاريع الري في الجزيرة والرهد والسوكي. وأظهرت النتائج عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين قيم استهلاك الوقود المتوقعة والمقاسة .($p > 0.05$) وأظهر التحليل المقارن أن نموذج القدرة المُطور يتفوق على النموذج الخطي الشائع الاستخدام والقائم على مأخذ الطاقة (PTO) والمذكور في الأدبيات، لا سيما عند مستويات قدرة المحرك المتوسطة والعالية. كما أكد تحليل الحساسية متانة النموذج، وأبرز معامل الأس باعتباره المعلمة الأكثر تأثيرًا. يوفر النموذج المُطور أداة موثوقة وعملية لتقدير استهلاك وقود الجرارات، مما يدعم تخطيط المزارع وإدارة الميكنة في الزراعة المروية السودانية.

الكلمات المفتاحية: *استهلاك وقود الجرارات، قوة المحرك، النمذجة التنبؤية، الميكنة الزراعية، مشروع ري الجزي*