Archive of SID

مجله دانش کشاورزی پایدار/ جلد ۱۹/۱ شماره ۱/ سال ۱۳۸۸

تعیین بهترین مدل ریاضی جهت پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای موجود در شرکت کشت و صنعت میثاق - استان ایلام

یحیی عجب شیرچی[۱]*، ایرج رنجبر[۱]، مصطفی ولیزاده[۲]، امیر عزیزپناه[۳] و علی عزیزپناه[٤]

تاریخ دریافت: ۸۷/٤/٤ تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۱٦

۱- دانشیاران گروه ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- استادگروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- مربی گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
٤- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه E-mail:yajabshir@tabrizu.ac.ir

چکیده

این مطالعه به‌منظور برآورد رابطه بین ساعات کارکرد انباشته و هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی برای ۲۷ دستگاه تراکتور متداول در شرکت کشت و صنعت میثاق سبز شامل دو نوع تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و یونیورسال ۶۵۰ انجام پذیرفت. اطلاعات مورد نیاز شامل هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ساعات کارکرد سالیانه در طی یک دوره پانزده ساله از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۴ جمع‌آوری شد. با انجام تجزیه رگرسیون، مدل‌های پیش‌بینی آماری یک بار به تفکیک نوع تراکتورهای موجود در شرکت برآورد گردید و این عملیات بار دیگر برای کلیه تراکتورها انجام گرفت. در ابتدای عمر تراکتورها (تا حدود ۲۰۰۰ ساعت) مدل توانی به صورت $y = ۰/۰۲۴x^{۱/۶۰۰}$ استفاده شد و برای بقیه عمر مدل درجه‌دوم به شکل $y = ۰/۰۰۵x^{۲} - ۰/۲۲x + ۵/۶۵۹$ بهترین برازش را در پیش‌بینی هزینه‌ها نشان داد. نتایج بیانگر آن بودند که هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی بر حسب درصدی از قیمت خرید برای تراکتور یونیورسال ۶۵۰ بیشتر از تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ می‌باشد. در ادامه، مقایسه‌ای نیز بین مدل نهایی به‌دست‌آمده از این تحقیق با برخی از مدل‌های ارائه‌شده در منابع داخلی و خارجی صورت پذیرفت. در پایان مشخص شد که مقدار تجمعی این هزینه‌ها به صورت درصدی از قیمت اولیه توسط مدل مزبور، تقریبا نسبت به تمامی مطالعات کمتر است. دلایل این امر در مطالعه حاضر مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: تراکتور، تعمیر و نگهداری، مدل ریاضی، هزینه

www.SID.ir

Archive of SID

Determining the Best Mathematical Model for Predicting the Repair and Maintenance Costs of the Existing Tractors in Misagh Sabz Agribusiness Co. Ilam Province

Y Ajabshirchi[1*], I Ranjbar[1], M Valizadeh[2], A Azizpanah[3] and A Azizpanah[4]

[1]Associate Professors, Dept of Agriculture Machinery, University of Tabriz, Iran
[2]Professor, Dept of Agronomy and Crop Breeding, University of Tabriz, Iran
[3]Lecturer, Dept of Agricultural Machinery University of Ilam, Iran
[4]MSc Student, Dept of Agricultural Machinery, University of Tabriz, Iran
*Corresponding author: E-mail: yajabshir@tabrizu.ac.ir

Abstract

This research was conducted in order to determine a relationship between accumulated hours and R&M costs, for 27 conventional tractors in the Misagh Sabz Agri-Industrial. Company that were divided into two models including Massy Ferguson 285 and Universal 650. Required data including the R&M costs and hours of annual usage over the fifteen year period from 1991 to 2005 was collected. By performing regression analysis of the data, mathematical prediction models were estimated for both models of tractors separately and these estimations were performed again for all of the tractors. In the first period of life (about 2000 hours) power model as $y = 0.024x^{1.600}$ and for the rest of its life quadratic model in the form of $y = 0.005x^2 - 0220x + 5.659$ showed the best fitted models. Results revealed that accumulated R&M costs in percent of purchase price were higher in Universal 650 than the Massy Ferguson 285. To verify the results obtained from this study, a comparison was made between the model presented in the current study and some other national and international studies. Finally, it was shown that accumulated R&M costs as a percent of purchase price were nearly less than that of other previous studies. The reasons are discussed in this paper.

Keywords: Cost, Mathematical model, R and M, Tractor

مقدمه

در کشاورزی پیشرفته امروز بالاخص در واحدهای زراعی مکانیزه‌ای که عنوان مسئولیت‌آور کشت و صنعت را به همراه دارند، پیش‌بینی ابعاد مختلف وضعیت آینده در سطوح جزئی و کلی گام موثری جهت بهینه‌سازی این وضعیت ایفا می‌کند.

تراکتور متداول‌ترین و مهم‌ترین منبع تولید توان در کشاورزی مکانیزه عصر حاضر است و توسعه مکانیزاسیون کشاورزی تا حدود زیادی تابع میزان و چگونگی به‌کارگیری این منبع توان می‌باشد. تراکتورهای کشاورزی جز کلیدی مکانیزه کردن کارهای زراعی را

www.SID.ir

Archive of SID

تشکیل می‌دهند. آنها توان لازم را برای ماشین‌هایی که خاک را شخم می‌زنند، محصول را می‌کارند، علف‌های هرز را کنترل و محصول را برداشت می‌کنند، فراهم می‌آورند (رنجبر و همکاران 1382). ارزیابی و پیش‌بینی مخارج استفاده از تراکتورها علاوه بر اینکه جهت برآورد دقیق هزینه‌های تولیدی و به دنبال آن تعیین درآمدهای حاصله امری لازم و اجتناب ناپذیر است، می‌تواند معیاری مناسب برای تشخیص بهترین زمان جایگزینی این ادوات و ارزیابی کیفیت مدیریت فنی باشد. هزینه‌های تعمیرات و نگهداری که بخشی از مخارج کاربرد ادوات می‌باشد گرچه بزرگترین رقم هرینه کاربرد ماشین آلات نیست ولی از اقلام مهم هزینه به شمار می‌آید. مطالعات انجام‌شده مبین این موضوع بوده‌اند که تعمیرات و نگهداری حدود 10 الی 15 درصد از کل هزینه‌های سالانه به‌کارگیری تراکتورها را در بر می‌گیرند.

به طور کلی، هزینه‌های مربوط به ماشین‌های کشاورزی و از جمله تراکتور، به دو گروه هزینه های ثابت و هزینه‌های متغیر تقسیم می‌شوند. در این میان، دسته‌ای دیگر از هزینه‌ها هم وجود دارند که مربوط به زمان بندی یا هزینه‌های عدم انجام به موقع عملیات در مزرعه هستند (دالستد و گاتیرز 1996). چگونگی تغییر هزینه‌های تعمیر و نگهداری به دلیل تصادفی بودن آنها به شدت وابسته به شرایط منطقه‌ای می‌باشد. بنابراین برای برآورد این هزینه-ها، نمی‌توان رابطه استاندارد پیشنهاد کرد ولی می توان در حد قابل قبولی توسط مدل برازش شده بر اساس داده‌های سال‌های قبل، آنها را تخمین زد (عجب‌شیرچی و همکاران 1385). هدف از برآورد مدل‌های ریاضی در تخمین هزینه-های تعمیر و نگهداری ماشین‌های کشاورزی، دستیابی به یک نتیجه قابل قبول با تقریبی مناسب، در پیش‌بینی هزینه-های آتی تعمیر و نگهداری این ماشین‌ها است، به صورتی که برای انواع و اندازه های متفاوتی از ماشین‌ها و نیز ساعات مختلف کارکرد آنها، قابل استفاده باشد.

در راستای دستیابی به یک روش استاندارد در تجزیه و تحلیل هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین‌های کشاورزی، برای نخستین بار سالنامه 1983 انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا *ASAE* مدل‌هایی را منتشر کرد، ولی مشکلاتی در زمینه به‌کارگیری این روابط وجود داشت. مشکل اول ارائه دادن دو مدل متفاوت برای هر ماشین بود که این مسأله موجب سردرگمی کاربر می‌شد. دومین مشکل استفاده از سطح تحت پوشش کاری تجمعی به عنوان سن ماشین بود که در این حالت اندازه ماشین تا حد زیادی بر میزان هزینه‌های تعمیر و نگهداری اثر می-گذارد و به همین دلیل، نتایج حاصله بسیار گمراه‌کننده است. سومین مشکل به دلیل نمونه‌های آماری کوچک بود که در نتیجه، هزینه‌های تخمین زده شده با استفاده از این روابط، با آنچه که در واقعیت وجود داشت، مغایر بود (روتز 1987).

باورز و هانت (1970) با بررسی 900 کشاورز این مدل را گزارش کردند: $TAR = LP\ (RF_1)\ (RF_2)\ (L)^{RF3}$. (TAR: کل هزینه‌های تجمعی تعمیرات در طی دوره L (دلار)، L: ساعات کارکرد تجمعی (درصدی از ساعات عمر ماشین)، LP: قیمت اولیه ماشین (دلار) و RF_1، RF_2 و RF_3: ضرایب مدل که تابعی از نوع ماشین هستند). هانت (2001) اطلاعات هزینه‌های تعمیر و نگهداری 745 دستگاه ماشین کشاورزی در طی یک دوره زمانی 8 ساله، در مزارع ذرت ایلی‌نویز را جمع‌آوری نمود. مدل‌ها برای هر نوع ماشین، با استفاده از یک معادله درجه سوم همراه با یک تابع توانی، به صورت تجربی تعیین گردید. معادله توانی برآورد شده بر حسب مساحت تحت پوشش تجمعی قرار داده شده بود.

وارد و همکاران (1985) توابعی در مورد هزینه تعمیر و نگهداری تراکتورهای جنگلی در ایرلند به دست آوردند که این تراکتورها هزینه تعمیر بالایی را در بر داشتند. بر اساس اظهارات آنها تنوع هزینه تعمیر و نگهداری بین تراکتورها چنان زیاد بود که مانع از استفاده تابع کلی در برآورد تعمیر و نگهداری برای آنها می‌شد. آنها این تفاوت-ها را به اختلاف در مورد نحوه عمل ماشین، نحوه نگهداری، نحوه استفاده و کیفیت خود ماشین نسبت دادند.

www.SID.ir

Archive of SID

روتز (1987) مدلی جامع را برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری پیشنهاد کرد. هدف او تعیین ضرایبی بود که ضمن پیش‌بینی مقادیر قابل قبولی برای هزینه‌های تعمیر و نگهداری، دارای سازگاری مناسبی با انواع مختلفی از ماشین‌ها و نیز مقادیر متنوعی از ساعات کارکرد باشند. موریس (1988) تحقیق مشابهی در انگلستان انجام داد و با جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مخارج تعمیر و نگهداری 50 تراکتور و برازش این داده‌ها بهترین تابع ریاضی که بتواند این ارتباط را بیان کند، مشخص کرد.

لارسن و گورمان (1989) داده‌های گسترده‌ای را از 2500 دستگاه تراکتور چرخ زنجیری مزارع تعاونی ایالات آریزونا، کالیفرنیا و فلوریدا در آمریکا جمع‌آوری کردند. آنها 18400 ساعت را که در طی آن هزینه تعمیرات معادل 78 درصد فهرست‌بهای ماشین می‌شد، مقداری مناسب برای مقدار عمر مفید تراکتورهای چرخ زنجیری یافتند. در همان سال تحقیق مشابهی توسط گلایم و همکاران (1989) انجام شد و تعدادی از کشاورزان اوهایو جهت جمع‌آوری داده‌های تعمیراتی مورد بررسی قرار گرفتند. انجام مقایسه بین نتایج این مطالعه و داده‌های *ASAE* مشخص کرد که مقدار ضرایب *ASAE* برای تراکتورها مقداری بزرگ است.

زیدی و همکاران (1992) در مرکز ملی حفاظت از انرژی پاکستان برای برآورد هزینه‌های تعمیر و نگهداری 93 دستگاه تراکتور یک مدل ریاضی ارائه کردند که طی آن اطلاعاتی راجع به هزینه‌های تعمیر، کارکرد، مدل، سال و قیمت خرید تراکتورها جمع‌آوری شد و با استفاده از روش‌های جبر رگرسیون، مدل مناسب تعیین شد.

در حال حاضر این نوع مطالعات ایران تنها در تعداد محدودی از مناطق انجام گرفته که نتایج آنها شاهدی بر متفاوت بودن مدل‌های ریاضی جهت پیش‌بینی و برآورد هزینه‌های تعمیرات و نگهداری است(شریفی مالوا جردی 1374، یوسف‌زاده طاهری 1376، الماسی ویگانه صالح پور 1381، آشتیانی عراقی و همکاران 1384، روحانی 1384). مدل‌های توانی برازش‌شده در این تحقیقات میزان هزینه-های تعمیر و نگهداری را کمتر از مدل‌های مشابه خارجی، به غیر از مدل شریفی که به صورت استانی انجام گرفته است، تخمین زده‌اند. این امر را می‌توان به سطوح پایین‌تر دستمزدهای تعمیراتی در ایران و اعمال مدیریت مناسب در مورد تراکتورها که اغلب در قالب شرکت‌های دولتی و نیمه دولتی مورد مطالعه قرار گرفتند، نسبت داد.

هدف از این بررسی انجام یک کار فرهنگی برای شناساندن بحث مدیریت ماشین‌ها از این جهت که هنوز این مقوله از سوی مدیر مزرعه در شرایط فعلی ناشناخته مانده و همچنین بدست آوردن بهترین مدل ریاضی به منظور پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری دو نوع تراکتور متداول در شرکت کشت و صنعت میثاق سبز می-باشد.

مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد نیاز در انجام این پژوهش شامل هزینه لوازم یدکی، دستمزد تعمیراتی و روغن و گریس برای دو نوع تراکتور متداول در شرکت کشت و صنعت میثاق سبز وابسته به مجتمع اقتصادی کمیته امداد امام خمینی (ره) واقع در استان‌های ایلام و کرمانشاه طی یک دوره زمانی پانزده ساله (1370 تا 1384) جمع‌آوری شده است. تراکتورهای مورد مطالعه شامل 18 دستگاه تراکتور مسی فرگوسن 285 و 9 دستگاه تراکتور یونیورسال 650 می-باشند که از نظر ثبت سوابق هزینه‌ها دارای وضعیت خوبی بودند.

در این شرکت هر ماشین دارای یک کد اختصاصی است که بر طبق آن، پرونده‌ای جهت ثبت موارد و هزینه-های تعمیر و سرویس تراکتورها وجود دارد. در هر پرونده علاوه بر مشخصات دستگاه، اطلاعات مربوط به کارکرد و تعمیرات تراکتورها، صورت لوازم یدکی مصرف شده، شرح تعمیرات انجام شده به همراه تاریخ آن و میزان مصارف روغن و گریس ثبت و نگهداری می‌شود. تمامی اطلاعات مورد نیاز برای انجام تحقیق، به‌صورت دستی از پرونده‌ها استخراج و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفتند. برای کسب اطمینان بیشتر در زمینه تعمیرات و

www.SID.ir

Archive of SID

میزان دستمزدها با مراجعه حضوری به تعمیرکاران و پرسش در مورد میزان و سطح دستمزدهای تعمیر و سرویس هر نوع تراکتور، اطلاعات لازم در زمینه دستمزدهای تعمیراتی متداول در منطقه کسب گردید.

به منظور مطالعه و تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقدار ساعات کارکرد سالیانه هر تراکتور مورد نیاز می‌باشد. اما ساعت‌شمار بیشتر تراکتورها از کار افتاده بود، برای دستیابی به ساعات کارکرد سالیانه هر تراکتور از تعداد و فواصل زمانی انجام سرویس‌های نگهداری استفاده شد. طبق اظهارات مسئولین شرکت، تعویض روغن موتور تراکتورها در فواصل زمانی 120 ساعته انجام می‌پذیرد. پس تعداد تعویض روغن سالیانه هر تراکتور از شمارش تعداد تاریخ‌های تعویض روغن آن به دست آمد و آنگاه با حاصل‌ضرب تعداد تعویض روغن سالیانه هر تراکتور در عدد 120، تعداد ساعات کارکرد سالیانه هر تراکتور با دقت قابل قبولی تخمین زده‌شد. برای تعیین بهترین مدل ریاضی جهت پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری این دو نوع تراکتور، ساعات کارکرد انباشته برای هر سال با جمع کردن ساعات کارکرد هر سال با سال قبل محاسبه و به عنوان متغیر مستقل مدل (X) در نظر گرفته شد. سپس هزینه تعمیر و نگهداری تجمعی به صورت درصدی از قیمت اولیه با جمع کردن هزینه تعمیر و نگهداری هر سال با سال قبل و تقسیم آنها به قیمت خرید(قیمت خرید تراکتور نیز بر حسب سال پایه تبدیل گردید) در طی مدت پانزده سال تحت مطالعه برآورد گردید و با (y) نشان داده‌شد. برای حذف اثر تورم، تمام هزینه‌ها بر حسب سال پایه یعنی 1384 تبدیل گردید. برای به‌دست آوردن اطلاعات مربوط به کلیه تراکتورها و در حالت کلی برای تراکتورهای دوچرخ محرک از میانگین وزنی برای به‌دست آوردن هر داده یعنی هزینه تعمیر و نگهداری، ساعات کارکرد در هر سال و قیمت اولیه استفاده شد.

تجزیه رگرسیون برای چهار مدل ریاضی با استفاده از نرم‌افزار SPSS، یک بار به تفکیک دو نوع تراکتور و بار دیگر برای 27 دستگاه تراکتور موجود انجام گرفت. جداول تجزیه واریانس تمامی مدل‌های آماری تشکیل و معنی دار بودن مدل‌ها و ضرایب آن‌ها توسط آماره‌های t استیودنت و F مورد آزمون قرار گرفت و بهترین مدل ریاضی با توجه به معنی دار بودن پارامترهای هر مدل، بزرگی ضرایب تبیین R^2 و تطبیق آن با روند واقعی این هزینه‌ها انتخاب گردید. تمامی نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار EXCEL ترسیم شدند.

نتایج و بحث

جدول 1 اطلاعات مربوط به ساعات کارکرد انباشته و هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی در سال‌های مختلف کارکرد تراکتورها را جهت برازش مدل به روش حداقل مربعات نشان می‌دهد. در این مطالعه، قیمت اولیه تراکتورها بر اساس قیمت خرید اعلام‌شده از سوی موسسه و اعمال نرخ متوسط تورم در طی مدت پانزده سال برای تراکتورهای مسی فرگوسن 285 و یونیورسال 650 به ترتیب 74/5 و 54میلیون ریال در نظر گرفته شد. جداول 2 و 3 نتایج برازش داده‌ها را برای چهار مدل ریاضی خطی، نمایی، توانی و درجه دوم ارائه می‌دهند.

جدول 1- متوسط ساعات کارکرد و هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی هر دستگاه تراکتور مسی‌فرگوسن 285 و یونیورسال 650

سال کارکرد	ساعات کارکرد تجمعی (100ساعت)		هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی (درصدی از قیمت اولیه)	
	مسی فرگوسن285	یونیورسال 650	مسی فرگوسن285	یونیورسال650
1	9/19	9/20	1/23	1/61
2	19/34	19/05	2/34	3/43
3	32/15	31/07	4/5	7/35
4	45/60	44/32	7/07	11/38
5	58/67	58/23	10/79	17/02
6	71/87	72/28	15/05	22/95
7	85/74	86/49	22/15	29/81
8	99/47	99/44	29/59	37/84
9	113/66	111/58	38/67	48/55
10	125/37	124/82	52/11	65/72

www.SID.ir

Archive of SID

11	138/45	133/28	70/78	76/48
12	148/16	143/31	82/73	89/95
13	156/96	152/97	93/31	105/86
14	165/96	164/04	103/46	122/64
15	174/28	173/69	113/52	140/53

جدول2- نتایج حاصل از برازش چهار مدل ریاضی برای داده‌های تراکتورهای مسی‌فرگوسن 285

مدل ریاضی	a	b	c	R^2	F
خطی	-23/2**	0/688**	-	0/90	130**
نمایی	1/829**	0/025**	-	0/96	365**
توانی	0/018*	1/638**	-	0/96	373**
درجه‌دوم	5/075*	-0/222**	/004**	0/99	1998**

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول 3- نتایج حاصل از برازش چهار مدل ریاضی برای داده‌های تراکتورهای یونیورسال 650

مدل ریاضی	a	b	C	R^2	F
خطی	-24/468**	0/806**	-	0/91	134**
نمایی	2/892**	0/024**	-	0/94	229**
توانی	0/037**	1/545**	-	0/98	720**
درجه‌دوم	6/908**	-0/220**	/005**	0/99	2112**

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

با توجه به معنی‌دار شدن F محاسبه شده می‌توان استدلال نمود که بین متغیرهای X و Y در هر چهار مدل مورد آزمایش رابطه معنی‌داری وجود دارد. بررسی مقادیر R^2 در این دو نوع تراکتور مشخص می‌کند که مدل‌های خطی و نمایی از ضرایب تبیین پایین‌تری نسبت به دو مدل توانی و درجه‌دوم برخوردار هستند. پس دو مدل آماری توانی و درجه دوم به علت ضرایب تبیین بالاتر و نیز ساختار مناسب‌تر، به دو مدل مذکور ترجیح داده شدند. مقایسه ضرایب تبیین دو مدل تراکتور موجود مشخص نمود که مدل درجه دوم دارای ضریب تبیین بزرگتری نسبت به مدل توانی می‌باشد. علاوه بر این، انجام آزمون t نشان داد که مقادیر کلیه ضرایب رگرسیون برازش‌شده در مدل با ساختار درجه دوم همانند مدل توانی معنی‌دار هستند. در عین حال برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌توان از مدل توانی به دلیل سادگی ساختار آن در محاسبات استفاده کرد، اما ضریب تبیین این مدل اندکی پایین‌تر از مدل درجه دوم است و از طرف دیگر به دلیل تطابق کامل مدل درجه دوم با روند واقعی هزینه‌ها، به ویژه در انتهای عمر ماشین، سبب گزینش مدل درجه دوم و ارجحیت آن بر مدل توانی شد. البته چون مدل درجه دوم در ابتدای عمر ماشین هزینه‌ها را کمتر از حد معمول نشان می‌دهد و همچنین در ساعت کارکرد صفر هزینه‌ای برابر مقدار ثابت تابع برآورد می‌کند، به همین دلیل در ابتدای عمر ماشین (تقریبا تا حدود 2000ساعت) از مدل توانی و برای بقیه عمر از مدل درجه دوم استفاده گردید.

- مدل پیشنهادی برای تراکتور مسی‌فرگوسن 285:

1) برای ساعات کارکرد تجمعی کمتر از 2280 ساعت:

$$y = 0/018706\ x^{1/638059}$$

2) برای ساعات کارکرد تجمعی بیشتر از 2280 ساعت:

$$y = 0/004914\ x^2 - 0/222805\ x + 5/075875$$

- مدل پیشنهادی برای تراکتور یونیورسال 650:

1) برای ساعات کارکرد تجمعی کمتر از 1970 ساعت:

$$y = 0/037674\ x^{1/545068}$$

2) برای ساعات کارکرد تجمعی بیشتر از 1970 ساعت:

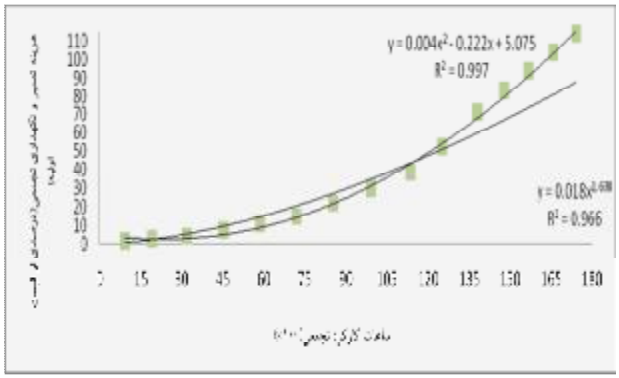
$$y = 0/005628\ x^2 - 0/220501\ x + 6/908838$$

شکل‌های1 و 2 منحنی‌های برازش‌شده جهت پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری دو مدل تراکتور مطالعه‌شده را نشان می‌دهند. در واقع ساعات کارکرد تجمعی مرزی پیشنهاد شده در بالا، همان نقطه کمینه منحنی درجه‌دوم است که با مشتق‌گیری از معادله و قرار دادن آن برابر صفر به‌دست آمده است و به ترتیب برای تراکتورهای

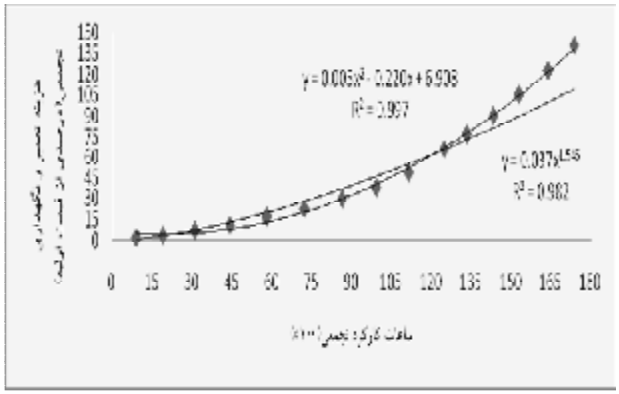
www.SID.ir

Archive of SID

مسی فرگوسن 285 و یونیورسال 650 برابر 2280 و 1970 ساعت می‌باشد.



شکل 1- منحنی برازش‌شده برای هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتور مسی‌فرگوسن 285



شکل2- منحنی برازش‌شده برای هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتور یونیورسال 650

تعیین مدل نهایی برای کلیه 27 دستگاه تراکتور موجود همانند برازش و انتخاب مدل ریاضی بهینه به تفکیک نوع تراکتورها، برآورد گردید. متغیرهای ساعات کارکرد انباشته و هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی تراکتور دوچرخ محرک به صورت میانگین وزنی از طریق داده‌های مربوط به جدول 1 محاسبه و در جدول 4 درج شد. با توجه به جدول 5 و به دلایلی که پیشتر ذکر شد، برای تمامی تراکتورها در ابتدای عمر مدل توانی و برای بقیه عمر، مدل درجه‌دوم پیشنهاد می‌گردد (شکل 3).

1) برای ساعات کارکرد تجمعی کمتر از 2150 ساعت:

$$y = 0/024587\ x^{1/600423}$$

2) برای ساعات کارکرد تجمعی بیشتر از 2150 ساعت:

$$y = 0/005138\ x^2 - 0/220602\ x + 5/659897$$

تفاوت در مقدار ضرایب تعمیراتی برای انواع مختلف تراکتورها ناشی از عواملی همچون اختلاف در نوع و ماهیت عملیات انجام‌شده، اختلاف در سطح مهارت اپراتورهای ماشین، ساعات مختلف کارکرد سالیانه، تفاوت در میزان دستمزد تعمیرات و قیمت لوازم یدکی مختص هر مدل از تراکتورها و ... می‌باشد. همان گونه که در شکل 4 نیز مشاهده می‌شود میزان هزینه‌های تعمیر و نگهداری برای دو مدل تراکتور در سال‌های اولیه کارکرد آنها تقریبا

جدول4- متوسط ساعات کارکرد و هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی برای کلیه تراکتورها

سال کارکرد	ساعات کارکرد تجمعی (100ساعت)	هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی (درصدی از قیمت اولیه)
1	9/19	1/36
2	19/24	2/70
3	31/79	5/45
4	45/17	8/51
5	85/52	12/87
6	72/01	17/68
7	85/99	24/70
8	99/46	32/34
9	112/97	41/96
10	125/19	56/65
11	136/73	72/68
12	146/54	85/14
13	155/63	97/49
14	165/32	109/85
15	174/08	122/52

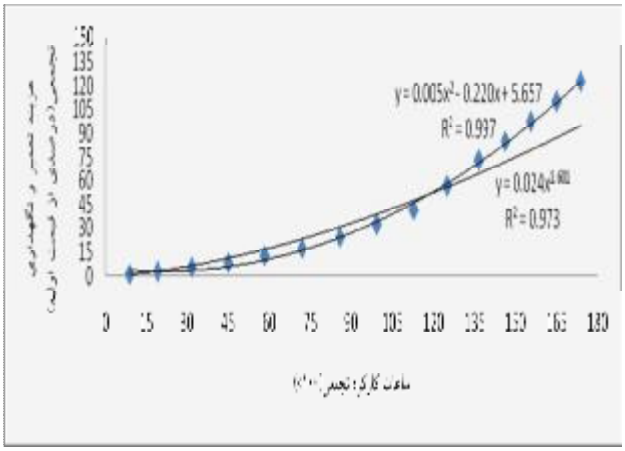
جدول5- نتایج حاصل از برازش چهار مدل ریاضی برای داده‌های کلیه تراکتورها

مدل ریاضی	a	b	c	R^2	F
خطی	-23/588**	0/727**	-	0/91	133**
نمایی	2/183**	0/025**	-	0/96	304**
توانی	0/024**	1/600**	-	0/97	479**
درجه‌دوم	5/659**	-0/220**	0/005**	0/99	2528**

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

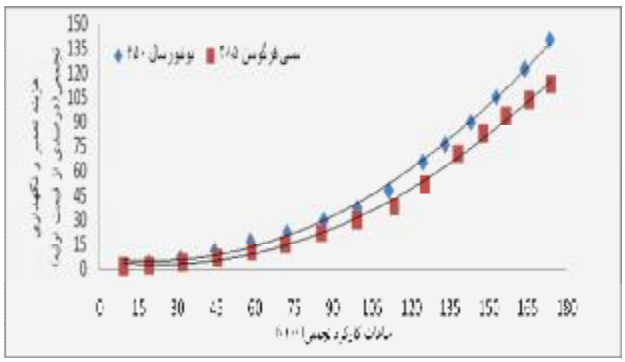
www.SID.ir

Archive of SID



شکل3- منحنی برازش‌شده برای هزینه‌های تعمیر و نگهداری کلیه تراکتورها

مشابه بوده و با افزایش میزان کارکرد، این هزینه‌ها با سرعت بیشتری افزایش می‌یابند. میزان این افزایش برای تراکتورهای یونیورسال 650 بیشتر از تراکتورهای مسی فرگوسن 285 می‌باشد. وجود این اختلاف در روند افزایش هزینه‌های تراکتورها معلول عوامل متعددی است که از مهم‌ترین و موثرترین این عوامل می‌توان به کیفیت در طراحی و ساخت و یا کمبود و گرانی لوازم یدکی بعضی از تراکتورها اشاره کرد. منحنی هزینه‌های تراکتور یونیورسال 650 از شیب تندتری نسبت به مسی‌فرگوسن 285 برخوردار است. این امر به علت تعدد بیشتر خرابی‌ها و به تبع آن نیاز به تعمیرات بیشتر، عدم دقت در زمینه تعمیر و سرویس و یا عدم تناسب عملیات زراعی با توان و کارآیی آنها می‌باشد.



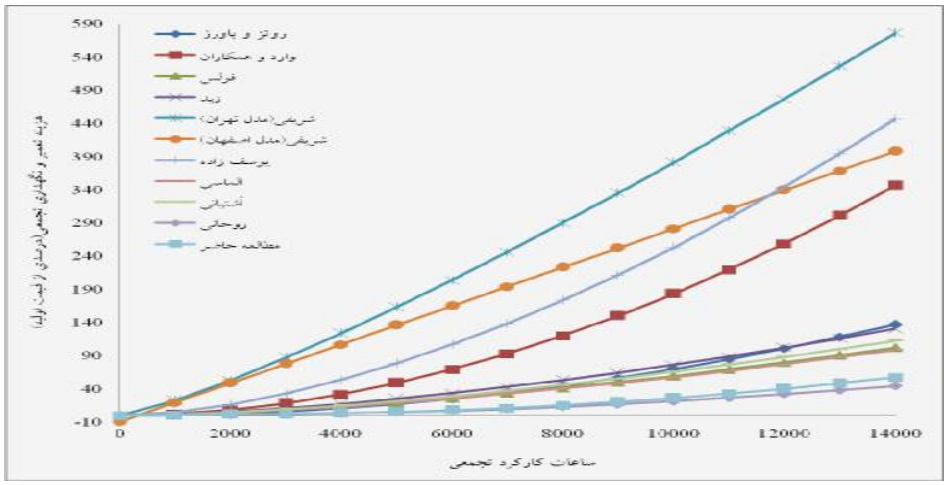
شکل 4- مقایسه منحنی‌های به‌دست آمده برای دو مدل تراکتور تحت مطالعه

جهت بررسی مدل نهایی به‌دست آمده از این تحقیق که با استفاده از اطلاعات موجود و برای دو نوع تراکتور مرسوم و متداول در منطقه استخراج گردیده، مقایسه‌ای با مدل‌های سایر منابع داخلی و خارجی در مناطق دیگر و برای انواع مختلف تراکتورها صورت گرفت. مدل ریاضی هزینه‌ها و ضرایب تعمیراتی ماشین‌های کشاورزی به عواملی همچون روش و زمان انجام تحقیق، تعداد و نوع نمونه تحت مطالعه، سیاست مدیریت و کاربرد تراکتور، سطح کیفی تعمیرات و سرویس، کیفیت مواد مصرفی، مهارت اپراتور و شرایط اقلیمی بستگی دارد. به همین دلیل، مقادیر ضرایب برآوردشده در مدل‌های مختلف و حتی ساختار کلی این مدل‌ها، به میزان زیادی متفاوت از یکدیگر هستند. شکل 5 منحنی این تحقیق راهمراه با منحنی های به وجود آمده از تحقیقات روتزوباورز (1991)، وارد و همکاران (1985)، فولس (1999)، زیدی و همکاران (1992)، شریفی مالواجردی (1374)، یوسف زاده طاهری (1376)، الماسی و صالح پور (1381)، آشتیانی (1382) و روحانی را نشان می دهد. به طوری که مشاهده می‌شود، منحنی حاصل از این تحقیق در عین حال که در سال‌های اول کارکرد مقدار هزینه‌ها را تا حدی مشابه مدل‌های دیگر تخمین می‌زند ولی در سال‌های بعد روند متفاوتی به خود می‌گیرد. یکی از دلایل این امر، ساختار متفاوت این مدل که درجه دوم است (به غیر از مدل روحانی) با سایر مدل‌ها که توانی هستند، می‌باشد. به عبارت دیگر، مدل درجه دوم از شیب کمتری نسبت به مدل توانی برخوردار است. همچنین، این مطالعه در محدوده‌ای فراتر از عمر اقتصادی تراکتورها انجام گرفته‌است و به همین دلیل مدل

www.SID.ir

Archive of SID

درجه دوم در عمل مطابقت بیشتری با هزینه‌های تعمیر و نگهداری، به ویژه در انتهای عمر ماشین، نشان داده است. مدل برازش‌شده در این مطالعه، هزینه‌های تعمیر و نگهداری را از تمامی مدل‌های خارجی و داخلی به‌جز مدل برآورد شده توسط روحانی (1384) در کشت و صنعت آستان قدس رضوی در مشهد، به میزان کمتری پیش‌بینی می‌نماید. این مسئله را می‌توان ناشی از دستمزدهای تعمیراتی پایین‌تر در ایران، بالاخص در مقایسه با سطح دستمزدها در ایالات متحده و اروپا دانست. دلیل دیگر ساختار مدل درجه‌دوم است که به طور ذاتی هزینه‌ها را پایین‌تر از حد معمول، بویژه در ابتدای عمر ماشین، نشان می‌دهد.



شکل5- مقایسه منحنی به‌دست آمده از تحقیق حاضر با تحقیقات مشابه دیگر

منابع مورد استفاده

آشتیانی‌عراقی ع‌ر، رنجبر ا و تورچی م، 1384. مدل ریاضی بهینه برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای شرکت زراعی دشت ناز مازندران. مجله دانش کشاورزی، جلد پانزدهم، شماره4، صفحه‌های 95 تا 109.

الماسی م و یگانه‌صالح‌پور ح‌ر، 1381. تعیین مدل ریاضی مناسب برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای کشاورزی مورد استفاده در کشت و صنعت نیشکر کارون. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد سی و سوم، شماره4، صفحه‌های 707 تا 716.

رنجبر ا، قاسم‌زاده ح‌ر و داوودی ش، 1382. توان موتور و تراکتور (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز.

روحانی ع، 1384. تعیین مدل ریاضی و ضرایب تعمیراتی بهینه برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای موجود در شرایط زراعی در موسسه کشت و صنعت آستان قدس رضوی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

شریفی‌مالواجردی ا، 1374. تعیین یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری سه نوع تراکتور متداول در ایران. گزارش پژوهشی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات مهندسی زراعی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی.

www.SID.ir

Archive of SID

عجب‌شیرچی ی، رنجبر ا، عباسپور مح، ولیزاده م و روحانی ع، 1385. تعیین مدل ریاضی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتور. مجله دانش کشاورزی. جلد شانزدهم، شماره3، صفحه‌های 257 تا 267.

یوسف‌زاده طاهری مر، 1376. تعیین یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری و تعیین ضرایب تعمیراتی مناسب برای تراکتورهای متداول در کشت و صنعت های منطقه پارس‌آباد مغان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد ماشین-های کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

Bowers W and Hunt D, 1970. Application of mathematical formulas to repair cost data. Transactions of the ASAE 13 (6): 806-809.

Dalsted N and Gutierrez P, 1996. The cost of owning and operating farm machinery. Agricultural and business management notes. Section 4. No 4.4. Colorado State University Cooperative Extension.

Fuls J,1999. The correlation of repair and maintenance costs of agricultural machinery with operating hours, management policy and operator skills for south Africa. Accessed july 2006, available at http://www.arc.agric.za.

Gleim JA, Persinger KM, Carpenter TG, Holmes RG and Ozkan HE, 1989. A comparison of ASAE estimated tractor and combine repair and maintenance costs of selected farmers. ASAE Paper No. 89-1024.

Hunt DR, 2001. Farm power and machinery management. Tenth edition. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

Larsen J and Gorman R, 1989. Applications and life of crawler tractors in agriculture. ASAE Paper No. 89-1617.

Morris J, 1988. Estimation of tractor repair and maintenance costs. J Agric Engng Res 41: 191-200.

Rotz CA, 1987. A standard model for repair costs of agricultural machinery. Applied Engineering in Agriculture 3 (1): 3-9.

Rotz CA and Bowers W, 1991. Repair and maintenance cost data for agricultural equipment. ASAE Paper No. 91-1531.

Ward SM, McNulty PB and Cunny MB, 1985. Repair costs of 2WD and 4WD tractors. Transactions of the ASAE 28 (4): 1074-1076.

Zaidi MA, Zafar AW and Sabir MS, 1992. A mathematical model for repair and maintenance cost of agricultural machinery. AMA 23 (3): 70-72.

www.SID.ir