تعیین مدل ریاضی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور

یحیی عجب شیرچی[۱*]، ایرج رنجبر[۱]، محمد حسین عباسپور[۱]، مصطفی ولیزاده[۲] و عباس روحانی[۳]

چکیده

چگونگی تغییر هزینه های تعمیر و نگهداری بدلیل تصادفی بودن آنها بشدت وابسته به شرایط منطقه ای می باشد. بنابراین برای برآورد هزینه‌هایی مانند هزینه استهلاک ، نمی توان رابطه استاندارد پیشنهاد کرد ولی می توان در حد قابل قبولی توسط مدل برازش شده براساس داده های سالهای قبل ، آنها را تخمین زد. مطالعه حاضر بمنظور برازش رابطهٔ بین ساعات کارکرد تجمعی و هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی برای ۴۲ دستگاه تراکتور دو چرخ محرک که بطور فعال در عملیات زراعی در موسسه کشت و صنعت آستان قدس رضوی مشغول به کار بودند در چهار مدل مختلف تراکتور مسی فرگوسن۲۸۵ ، جاندیر۳۱۴۰ ، جاندیر۴۴۵۰ و فیات انجام پذیرفت . با انجام تجزیه رگرسیونی و براساس معنی دار بودن ضرایب رگرسیونی و بزرگ بودن ضریب تبیین ، برای تراکتور های مسی فرگوسن ۲۸۵ و جاندیر۳۱۴۰ مدل نمایی برای ابتدای عمر و مدل درجه دوم برای بقیه عمر آنها و برای تراکتور جاندیر ۴۴۵۰ مدل توانی و برای فیات مدل نمایی پیشنهاد شد . در نهایت برای کلیه تراکتور های دو چرخ محرک مدل توانی در اوایل عمر و مدل درجه دوم برای بقیه عمر آنها مناسب ترین مدلها تشخیص داده شدند . مقایسه منحنی های برازش شده نشان دهنده این موضوع است که هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی بر حسب درصدی ازقیمت اولیه به ترتیب صعودی شامل جاندیر ۴۴۵۰، جاندیر ۳۱۴۰، مسی فرگوسن ۲۸۵ و فیات می باشند. این موضوع شاید یکی از عوامل نشان دهنده ترتیب کاهش کیفیت طراحی و ساخت و نیز قابلیت اطمینان آنها است.

واژه های کلیدی: کارکرد تجمعی ، مدل ریاضی ، هزینه تعمیر و نگهداری.

مقدمه

در شرایطی که کشورهای اروپایی در مرحله کشاورزی دقیق می باشند ، کشور ما هنوز در مراحل اولیه مکانیزاسیون قرار دارد. این موضوع شاید بواسطه عدم توجه به امور زیر بنایی و نبود متغیرهای تصمیم گیری صحیح می باشد.از آنجا که هدف هر مدیر کسب بیشترین درآمد است ، اطلاع دقیق از هزینه ها نقش اصلی را در بسیاری از تصمیمات مطلوب مدیریت ماشینها ایفا می کند(۱۲و۱۵).از میان تمام هزینه های مربوط به ماشین ، هزینه های تعمیر و نگهداری بسیار متغیر بوده و به چگونگی دقت مالک یا مدیر در نگهداری از ماشین آلات بستگی دارد . اساسا تعمیر و نگهداری در جهت حفظ قابلیت اطمینان ماشین و کاهش هزینه های خرابی و از کار افتادگی ماشین و نیز افزایش عمر مفید ماشین انجام می شود(۹و۱۲).خرابی یعنی تغییر غیر منتظره در نحوه انجام وظیفه ماشین به واسطه خرابی مکانیکی و هزینه لازم برای برگرداندن ماشین به حالت عملیاتی بعد از فرسودگی ، شکستگی قطعات و تصادفات را هزینه تعمیر و نگهداری گویند(۹).مدیران اغلب به دنبال ماشین های با قابلیت اطمینان بالا می باشند تا تعداد خرابی ماشین کاهش و قابلیت دسترسی به آن افزایش یابد.از آنجاکه هزینه های تعمیر و نگهداری بشدت وابسته به شرایط موجود از قبیل آب و هوا و سطح کیفی مدیریت

تاریخ پذیرش ۸۵/۱۰/۲

۱- گروه ماشین های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲- گروه ماشین های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

۴- دانشجوی دکتری گروه ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

*مسئول مکاتبه E-mail:yajabshir@tabrizu.ac.ir

و غیره است ، داده های بدست آمده از این هزینه ها دارای انحراف معیار بالایی بوده بطوریکه تقریبا هیچ مدل ریاضی بطور خیلی دقیق نمی تواند روند تغییرات آنها را پیش بینی کند . اما از آن جهت که هزینه های تعمیر و نگهداری با افزایش عمر ماشین روند صعودی پیدا می کند پس عامل بسیار مهمی در تعیین عمر بهینه و مفید ماشین می باشد (۴،۳و۱۳).هزینه های تعمیر و نگهداری در ابتدای عمر ماشین تقریبا صفر می باشد زیرا هم ماشین نو است و هم می تواند از خدمات گارانتی استفاده کند و با افزایش عمر ، ماشین نیاز به تعمیرات بیشتری دارد پس این هزینه ها روند صعودی پیدا می کنند(۳و۱۶). در سالنامه انجمن مهندسین کشاورزی امریکا (ASAE) برای اولین بار در سال ۱۹۸۲ مدلهایی جهت پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری ماشین های کشاورزی ارائه شد ولی این مدل-ها دارای مشکلاتی از قبیل ارائه دو مدل متفاوت برای هر ماشین بودند که این موضوع موجب سردرگمی کاربر در استفاده از آنها می شد که دلیلی بر غیر استاندارد بودن آنها بود .علاوه بر این، در بعضی از مدل‌ها از سطح پوشش عملیاتی تجمعی بعنوان سن ماشین استفاده شده بود که در این حالت اندازه ماشین تا حد زیادی موجب اریب یا خطا در میزان برآورد هزینه ها توسط مدل می شد. در نهایت به دلیل کوچک بودن نمونه آماری، مدل‌های بدست آمده قابل تعمیم برای سایر ماشین‌ها نبودند (۱۴) .مدل‌های روتز و فولس مهمترین مدل هائی هستند که تا کنون برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور پیشنهاد شده است. مدل توانی جهت برآورد هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور در سال ۱۹۹۱ انجام شد (۱۴). این مدل می توانست به طور واقعی و مطلوب ، روند تغییر هزینه ها را در طول عمر ماشین نشان دهد($Crm = RF_1 (P)(h)^{RF_2}$). هزینه تعمیر و نگهداری تجمعی(Crm)در این مدل به صورت تابعی از قیمت اولیه ماشین (P) و ساعات کارکرد تجمعی ماشین بر حسب هزار ساعت (h) در نظر گرفته شد. ضرایب تعمیر و نگهداری (RF_1 و RF_2) در این مدل ریاضی به نوع ماشین و شرایط موجود بستگی دارند.مدل مذبور وقتی می تواند هزینه ها را بطور دقیق پیش بینی کند که حداقل یک چهارم از عمر ماشین سپری شده باشد و همچنین از قیمت خرید ماشین بجای فهرست بهای آن بعنوان قیمت اولیه ماشین و نیز از ساعات کارکرد تجمعی بجای سطح پوشش عملیاتی تجمعی بعنوان سن ماشین در مدل استفاده شود. چرا که استفاده از سطح پوشش عملیاتی بعنوان سن ماشین منجر به تاثیر غیر واقعی اندازه ماشین در برآورد هزینه ها توسط مدل و نیز منجر به ایجاد هزینه های تعمیراتی بیشتری بخصوص در انتهای عمر ماشین بزرگتر می شود.یکی دیگر از مشکلات مدل روتز اثر سرعت انجام عملیات در برآورد هزینه یک عملیات منفرد در مزرعه بود که برای رفع این مشکل بایستی سن ماشین بر حسب حاصلضرب ساعات کارکرد ماشین در سرعت مزرعه ای محاسبه شود.در سال ۱۹۹۹ فولس(۱۱) مدلی را بر پایه مدل توانی روتز پیشنهاد کرد با این تفاوت که پارامتر جدید F را برای لحاظ نمودن تاثیر سیاستهای مدیریتی و مهارت کاربر در تخمین هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور به مدل اضافه کرد و دو محدوده عمر را برای تراکتور پیشنهاد نمود. محدوده اول ساعات کارکرد تجمعی تا ۱۲۰۰۰ ساعت ومحدوده دوم عمر بقیه ساعات کارکرد تراکتورها که با تعمیر اساسی و کلی شروع می شود ،شامل می گردد. روند تغییر هزینه در محدوده اول عمر از معادله $C_1 = F.m.H^d$ و محدوده دوم عمر از معادله $C_2 = F.m.H^{d-1}$ تبعیت می کند. C_1 و C_2 معادل Crm و m و d به ترتیب معادل RF_1 و RF_2 در مدل روتز می باشد.ضریب m کمیت هزینه ها و ضریب d توزیع و چگونگی وقوع هزینه ها را در طول عمر ماشین تحت تاثیر قرار می دهد. برای ماشین هایی مانند کمباین که دارای قطعات متحرک

افزایش می یابد که این امر منجر به افزایش d می گردد. هر چه d به سمت یک میل کند هزینه تعمیر و نگهداری رابطه خطی با ساعات کارکرد ماشین پیدا می کند.فولس مقدار F را با توجه به سطوح مختلف از مهارت کاربر ، مدیریت و نیز برنامه سرویس دهی ماشین از ۱/۱۵ تا ۱/۵ تعیین نمود وعنوان کرد که گستره عمر دوم محدود دو سوم محدوده اول عمر (۸۰۰۰ ساعت) ماشین می باشد.

از آنجا که موفقیت مدیر مزرعه در تصمیم گیری مناسب ، مستلزم داشتن متغیرهای تصمیم گیری از جمله مدل هزینه های تعمیر و نگهداری و ضرایب مربوط به آن جهت پیش بینی هزینه های ماشین آلات و عمر مفید می باشد ، لذا این مطالعه با هدف تعیین مدل ریاضی جهت پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای دو چرخ محرک مرسوم در شرایط استان خراسان رضوی انجام گرفت .

مواد و روشها

از آنجا که هیچکدام از کشاورزان منفرد سوابق هزینه های تراکتور خود را ثبت نمی کنند پس مؤسسهٔ کشت و صنعت آستان قدس رضوی واقع در شهر مشهد برای انجام این مطالعه انتخاب گردید که از بین ۷۰ دستگاه تراکتور در شش مدل مختلف ، چهار مدل تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ ، جاندیر ۳۱۴۰ ، جاندیر ۴۴۵۰ و فیات و از این مدلها به ترتیب ۱۲ ، ۱۵ ، ۵ و ۹ دستگاه تراکتور که تمامی آنها در واحد های زراعی مشغول به فعالیت بودند و همچنین از نظر ثبت سوابق هزینه ها در وضعیت بهتر قرار داشتند ، انتخاب شدند.اطلاعات مورد نیاز شامل هزینه لوازم یدکی و مواد مصرفی ،دستمزد تعمیراتی ، سوخت و روغن وساعات کارکرد سالیانه هر تراکتور می باشد.

الف : هزینه های تعمیر و نگهداری

در این مؤسسهٔ هزینه های هر تراکتور بر اساس کد شناسایی مربوط به آن تراکتور ثبت و ذخیره می شود و بیشتر تعمیرات ، بجز تعمیراتی مانند تراشکاری سر سیلندر و غیره که به مهارت و ماشین خاصی نیاز دارد در داخل مزرعه انجام می گردید، پس هزینه تعمیر و نگهداری شامل دو قسمت هزینه های داخل مزرعه که شامل هزینه لوازم یدکی و مواد مصرفی و هزینه های خارج مزرعه که شامل هزینه دستمزد تعمیر ، لوازم یدکی و مواد مصرفی می باشد.از انجا که تعمیرکارها استخدام رسمی یا قراردادی بودند و حقوق ماهیانه دریافت می کردند پس برای محاسبه دستمزد تعمیرات داخل مزرعه مجموع حقوق سالیانه چهار تعمیر کار در طی سالهای تحت مطالعه (۱۳۷۱ تا ۱۳۸۱) به تعداد کل تراکتورهای موجود تقسیم شد و به طور متوسط هزینه دستمزد تعمیراتی سالانه هر تراکتور محاسبه و به هزینه های داخل مزرعه اضافه گردید.

ب:ساعات کارکرد سالیانه

از آنجاکه کنتور (ساعت شمار) اغلب تراکتورها در حین تعمیر یا کار در مزرعه از کار افتاده بودند و همچنین کنتور تراکتور صرفا ساعات کارکرد تجمعی را نشان می دهد، بنابر این برای محاسبه ساعات کارکرد سالیانه هر تراکتور عدد ۸۰ (فواصل زمانی تعویض روغن) در تعداد تعویض روغن سالیانه هر تراکتور ضرب گردید چرا که طبق اظهارات مسوول بخش تعویض روغن تعمیرگاه مرکزی مؤسسه ، تعویض روغن موتور تراکتور های در حال کار در فواصل زمانی ۸۰ ساعت انجام می گردد و تعداد تعویض روغن سالیانه هر تراکتور نیز از شمارش تعداد تاریخهای تعویض روغن هر تراکتور بدست آمد.

ج:روش تعیین مدل ریاضی

ساعات کارکرد تجمعی هر مدل تراکتور در طی سالهای تحت مطالعه برحسب ۱۰۰ ساعت محاسبه و به عنوان متغیر مستقل مدل در نظر گرفته شد و هزینه تعمیرو نگهداری تجمعی بر حسب درصدی از قیمت اولیه در طی سالهای تحت مطالعه محاسبه (جدول ۱) و به

تعمیرو نگهداری تجمعی بر حسب درصدی از قیمت اولیه در طی سالهای تحت مطالعه محاسبه (جدول ۱) و به عنوان متغیر وابسته مدل منظور شد. به دلیل تورم پولی ، هزینه ها در طی مدت یازده سال تحت مطالعه دارای قدرت خرید مساوی نمی باشند ، بنابراین برای حذف اثر تورم ، تمام هزینه ها بر حسب سال پایه (۱۳۸۱) تبدیل گردید (فو۱۰) ومتوسط نرخ تورم برای سالهای تحت مطالعه تقریبا ۲۱ درصد (۵) در نظر گرفته شد. برای بدست آوردن داده های مربوط به تراکتورهای دو چرخ محرک یعنی هزینه تعمیر و نگهداری ، ساعات کارکرد در هر سال و قیمت اولیه از میانگین وزنی با توجه به تعداد هر مدل تراکتور استفاده شددر نهایت با استفاده از نرم افزار SPSS ،تجزیه رگرسیون برای دو متغیر X و Y در قالب چهار مدل ریاضی خطی ، نمایی ، توانی و درجه دوم ، یک بار به تفکیک هر مدل تراکتور و بار دیگر برای کلیه تراکتورهای دو چرخ محرک انجام گرفت. معنی دار بودن مدل‌ها و ضرایب رگرسیونی آنها با آماره های t استیودنت و یا F مورد آزمون قرار گرفت و بهترین مدل با توجه به معنی‌دار بودن ضرایب رگرسیون هر مدل و بزرگی ضرایب تبیین (R^2) انتخاب گردید (۷). تمام نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL ترسیم شد.

نتایج و بحث

الف : برازش مدل های ریاضی به تفکیک نوع تراکتورها و تراکتور دو چرخ محرک

قیمت تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ بر اساس قیمت خرید تراکتور جدید توسط مؤسسه در سال ۱۳۸۱ ۵۷ میلیون ریال در نظر گفته شد و قیمت سایر تراکتورها بر اساس متوسط نرخ تورم در طی یازده سال و قیمت اولیه (سال اول) به ترتیب برای تراکتورهای جاندیر ۳۱۴۰، جاندیر ۴۴۵۰ و فیات به مقدار ۹۷، ۳۰۰، ۲۱ میلیون ریال محاسبه گردید. براساس نتایج جدول ۲، معنی‌دار شدن F نشان می‌دهد که رابطه معنی‌داری بین متغیر X و Y در تمام مدل‌ها وجود دارد. با بررسی مقدار ضرایب

جدول ۱- متوسط ساعات کارکرد و هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی هر دستگاه تراکتور.

سال کارکرد	ساعات کارکرد تجمعی(۱۰۰ ساعت)			هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی (درصدی از قیمت اولیه)			
	مسی فرگوس	جاندیر ۳۱۴۰	جاندیر ۴۴۵۰	فیات	مسی فرگوسن	جاندیر ۳۱۴۰	جاندیر ۴۴۵۰	فیات
۱	۸/۶	۱۰/۲۴	۱۲/۲	۸/۷	۱/۵	۰/۸۷	۰/۲۴	۳/۴
۲	۱۹/۲۳	۲۳/۱۶	۲۵	۱۸/۶۴	۲/۴۶	۱/۶۸	۰/۷	۵/۲۶
۳	۲۹/۳۳	۳۹/۷۶	۳۸/۶	۲۹/۰۴	۳/۵۵	۲/۹۸	۲/۰۵	۸/۱۴
۴	۴۰/۱۴	۵۵/۲	۵۰/۷۶	۴۰/۵۸	۵/۸۷	۴/۳۷	۲/۹۳	۱۱/۰۴
۵	۴۷/۴۳	۶۷/۷۶	۶۱/۴۸	۴۸/۶۴	۷/۸۴	۶/۲۹	۳/۵۷	۱۴/۶۵
۶	۵۴/۹۲	۷۷/۵۲	۷۱/۸۸	۵۶/۳۴	۱۰/۱۹	۸/۷۴	۵/۰۲	۱۹/۹۱
۷	۶۳/۵۵	۹۲/۶۴	۸۷/۵۶	۶۵/۰۲	۱۲/۲۳	۱۳/۸۲	۶/۳۴	۲۸/۳۱
۸	۷۲/۰۸	۱۰۷/۹۲	۱۰۰/۶۸	۷۵/۰۴	۲۰/۳۶	۱۹/۵۵	۹/۶۱	۳۳/۷۸
۹	۷۹/۱	۱۲۲/۲۸	۱۱۳/۴۸	۸۳/۶۸	۲۵/۳۹	۲۷/۲۳	۱۲/۲۳	۳۸/۸۵
۱۰	۸۲/۵۱	۱۳۷/۲۲	۱۲۶/۶	۹۰/۳۶	۲۸/۵۱	۳۳/۷۲	۱۶/۶۸	۴۵/۶۵
۱۱	۹۰/۲	۱۵۱/۳۶	۱۴۰/۳۶	۹۸	۳۱/۸۷	۴۰/۶۶	۱۸/۴۵	۵۳/۱۳

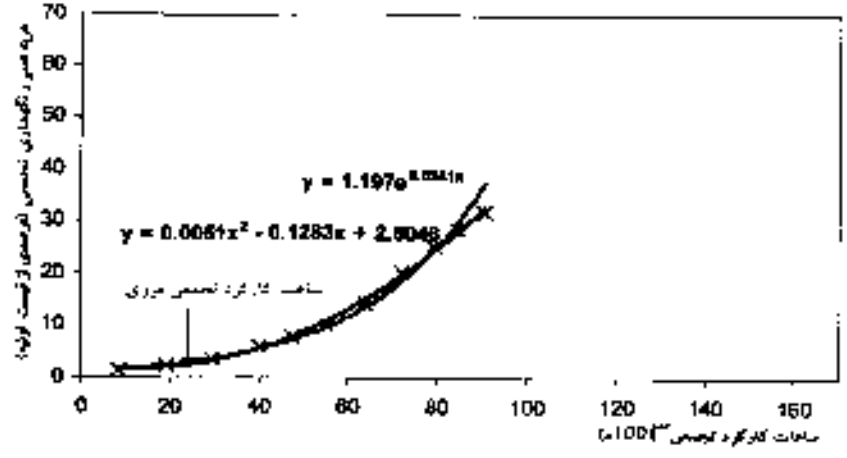
جدول۲ - نتایج حاصل از برازش چهار مدل ریاضی و آزمون F به تفکیک نوع تراکتورها.

مدل ریاضی	تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵						تراکتور جاندیر ۴۴۵۰					
	a	b	c	R^2	F		a	b	c	R^2	F	
خطی	-۶/۹۳۳ *	۰/۳۸۷ **	-	۰/۹۱۲	۹۵**		-۳/۸۲۵**	۰/۱۲۵**	-	۰/۹۳۲	۱۲۴**	
نمایی	۱/۱۹۷**	۰/۰۳۸**	-	۰/۹۹۴	۱۲۷۱**		۰/۲۰۳۳**	۰/۰۳۰۵**	.	۰/۹۰۷	۲۹۹**	
توانی	۰/۰۴۷	۱/۳۸۷**	.	۰/۹۲۹	۱۱۹**		۰/۰۰۲۵۲**	۱/۷۸۸**	-	۰/۹۹۳	۱۴۲۹**	
درجه دوم	۲/۶۰۴ *	-۰/۱۲۸ **	**۰/۰۰۵	۰/۹۹۷	۱۵۲۲**		۰/۲۴۴۹	-۰/۱۰۳۶	**۰/۰۰۱	۰/۹۹۲	۸۸**	
	تراکتور جاندیر ۳۱۴۰						تراکتور فیات					
خطی	-۸/۳۸۱*	۰/۲۸۲۹**	-	۰/۹۰۸	۸۸**		-۷/۷۲۹۹*	۰/۵۶۵۲**	-	۰/۹۵۲	۱۷۸**	
نمایی	۰/۹۲۷۸**	۰/۰۲۷۰**	-	۰/۹۷۹	۱۹۱**		۳/۰۹۳**	۰/۰۳۰۸**	-	۰/۹۸۱	۹۶۹**	
توانی	۰/۰۱۶۸	۱/۴۸۹۵**	-	۰/۹۳۳	۱۴۸**		۰/۱۷۳۴*	۱/۲۰۲۷**	-	۰/۹۵۱	۱۷۵**	
درجه دوم	*۱/۷۲۶	-۰/۰۷۳۴**	**۰/۰۰۲۲	۰/۹۹۸	۴۲۹**		۲/۲۲۴	۰/۰۲۲۵	**۰/۰۰۲۸	۰/۹۹۶	۲۶۹**	

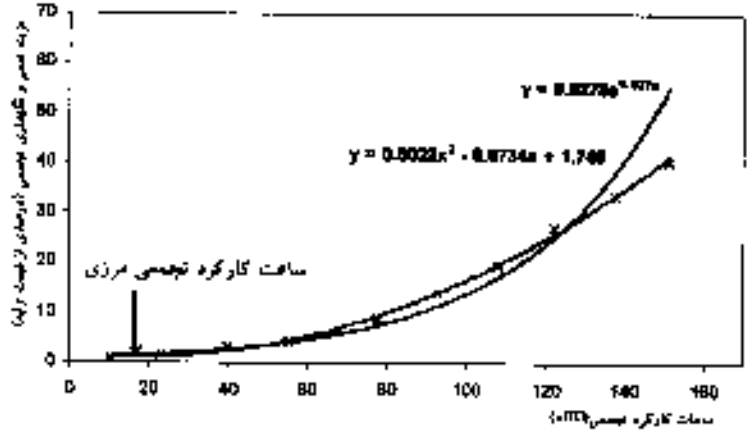
توضیحات:مدل خطی $y = a + bx$ ، مدل نمایی $y = \exp(a + bx)$ ، مدل توانی: $y = ax^b$ ، مدل درجه دوم: $y = a + bx + cx^2$.

x:ساعات کارکرد تجمعی بر حسب ۱۰۰ ساعت ، y هزینه تعمیر و نگهداری تجمعی بر حسب درصدی از قیمت اولیه.

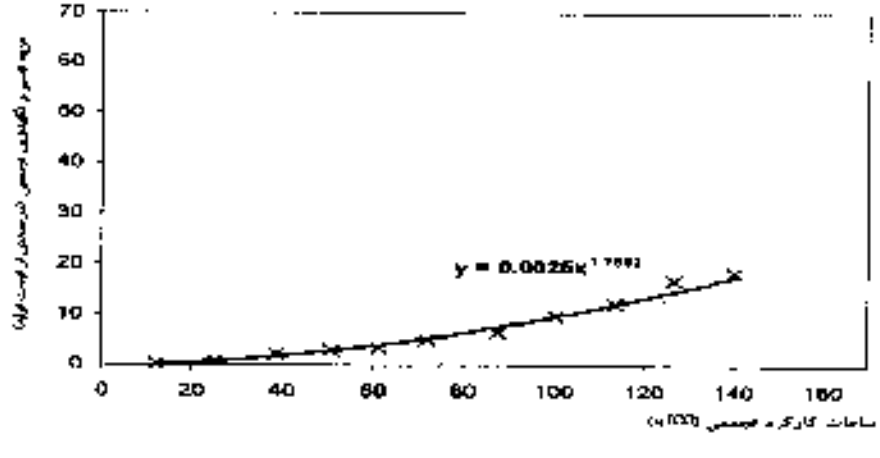
*معنی دار در سطح احتمال پنج درصد ، ** معنی دار در سطح احتمال یک درصد. R^2: ضریب تبیین.



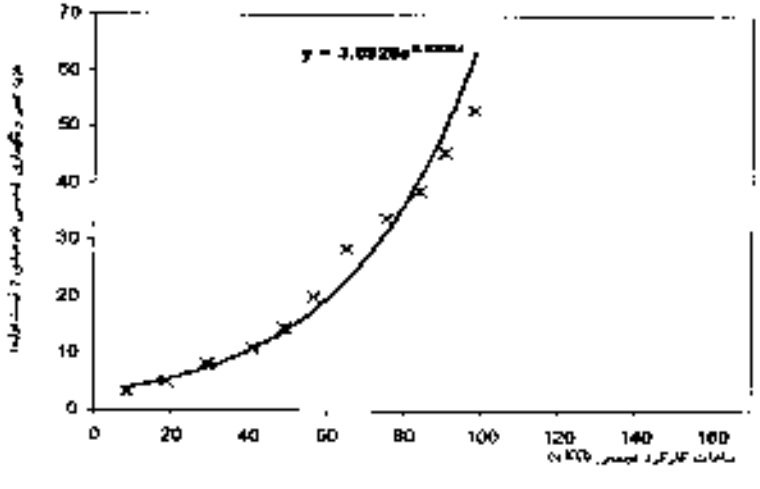
شکل ۱- منحنی های برازش شده برای هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵.



شکل۲- منحنی های برازش شده برای هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور جاندیر ۳۱۴۰.



شکل۳- منحنی های برازش شده برای هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور جاندیر ۴۲۵۰.



شکل۴- منحنی های برازش شده برای هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور غیات.

تبیین R^2 و معنی‌دار شدن ضرایب رگرسیون، مدل درجه دوم برای تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ و جاندیر ۳۱۴۰ انتخاب شد زیرا دارای ضریب تبیین بالاتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد و همچنین ضرایب رگرسیون آن نیز در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار است و از آنجا که منحنی درجه دوم تا نقطه کمینه خود روند نزولی دارد بنابراین نمی‌تواند بطور واقعی توزیع هزینه ها را در ابتدای عمر تراکتور نشان دهد. بنابراین در حالت کلی برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری این تراکتورها میشود از مدل توانی استفاده کرد ولی چون این مدل از ضریب تبیین پایین تری برخورداراست پس پیشنهاد می شود برای پیش بینی هزینه ها در ابتدای عمر از مدل نمایی استفاده گرددو برای بقیه عمر تراکتور مدل درجه دوم مورد استفاده قرار گیرد . به طور کلی مدلهای پیشنهادی برای تراکتورهای مورد مطالعه به شرح زیر هستند:

مدل‌های پیشنهادی برای تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵:

۱) برای ساعات کارکرد تجمعی کمتر از ۱۲۶۰ ساعت

$$y = 1.197\ e^{0.0381\ x}$$

۲) برای ساعات کارکرد تجمعی بیشتر از ۱۲۶۰ ساعت

$$y = 2.6046 - 0.1283x + 0.0051x^2$$

مدل‌های پیشنهادی برای تراکتور جاندیر ۳۱۴۰:

۱) برای ساعات کارکرد تجمعی کمتر از ۱۶۷۰ ساعت

$$y = 0.9278\ e^{0.027\ x}$$

۲)برای ساعات کارکرد تجمعی بیشتر از ۱۶۷۰ ساعت

$$y = 1.746 - 0.0734x + 0.0022x^2$$

مدل پیشنهادی برای تراکتور جاندیر ۳۳۵۰:

برای تراکتور جاندیر ۳۳۵۰ مدل توانی به دلیل معنی دار شدن ضرایب آن در سطح احتمال یک درصد و همچنین ضریب تبیین بالاتر آن نسبت به سایر مدل‌ها انتخاب گردید:

مدل پیشنهادی برای تراکتور فیات:

$$y = 0.0025\ x^{1.6852}$$

برای تراکتور فیات ، مدل نمایی انتخاب گردید زیرا مقدار ضریب تبیین مدل نمایی نسبت به مدل خطی و توانی بیشتر بود اگر چه ضریب تبیین آن اندکی کمتر از مدل درجه دوم است ولی ضرایب رگرسیون a و b مدل درجه دوم معنی دار نیستند ، بنابراین مدل نمایی برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری برای تراکتور فیات پیشنهاد گردید:

$$y = 3.0928\ e^{0.0308\ x}$$

شکل‌های ۱ تا ۴ مدل‌های برازش شده را به تفکیک مدل تراکتورها نشان می دهد. ساعت کارکرد تجمعی مرزی در حقیقت همان نقطه کمینه منحنی درجه دوم است که با مشتق‌گیری از معادله و قرار دادن آن برابر صفر بدست آمده است که به ترتیب برای تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ و جاندیر ۳۱۴۰ برابر ۱۲۶۰ و ۱۶۷۰ ساعت می باشد.

متغیرهای ساعات کارکرد تجمعی و هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی تراکتور دو چرخ محرک به صورت میانگین وزنی از طریق داده های مربوط به جداول قبلی محاسبه و در جدول ۳ درج شده است. چنانکه ملاحظه می شود با افزایش ساعات کارکرد، هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی به عنوان درصدی از قیمت اولیه نیز افزایش می یابد. با توجه به نتایج بدست آمده در جدول۴، معنی دار شدن F برای کلیه تراکتورهای دو چرخ محرک برای تمام مدل‌ها نشان می‌دهد که رابطه معنی داری بین دو متغیر X و Y وجود دارد (جدول ۴) . مدل درجه دوم به دلیل داشتن بیشترین ضریب تبیین و معنی دار بودن تمام ضرایب رگرسیون آن از میان مدل‌های موجود ، برای تراکتور دوچرخ محرک انتخاب گردید ولی بدلیل آنچه که قبلا شرح داده شد برای اوایل عمر بهتر است از مدل توانی استفاده گردد (شکل۵). بنابراین دو مدل برای تراکتورهای دو چرخ محرک پیشنهاد می گردد:

۱) برای ساعات کارکرد تجمعی کمتر از ۱۲۸۰ ساعت

$$y = 0.024x^{1.4759}$$

۲)برای ساعات کارکرد تجمعی بیشتر از ۱۲۸۰ ساعت

$$y = 1.6598 - 0.0691x + 0.0027x^2$$

جدول ۳- متوسط ساعات کارکرد و هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی تراکتور دو چرخ.

سال کارکرد	ساعات کارکرد تجمعی (۱۰۰ ساعت)	هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی (درصدی از قیمت اولیه)
۱	۹/۶۳	۰/۸۸
۲	۲۱/۱۹	۱/۶۳
۳	۳۴/۰۶	۲/۹۸
۴	۴۶/۸۷	۴/۴۲
۵	۵۶/۶۱	۵/۹۵
۶	۶۵/۳	۸/۱۳
۷	۷۷/۰۹	۱۱/۷۶
۸	۸۸/۹	۱۶/۵۴
۹	۹۹/۵۸	۲۱/۶۶
۱۰	۱۰۹/۵۹	۲۶/۷۲
۱۱	۱۱۹/۷۳	۳۱/۰۲

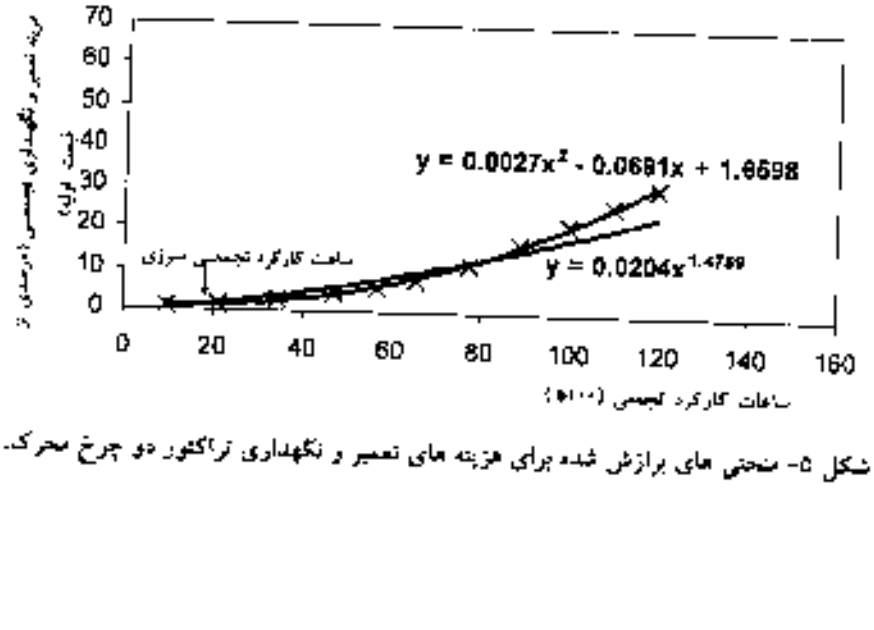
جدول۴ – نتایج حاصل از برازش چهار مدل ریاضی و آزمون F تراکتور دو چرخ.

تراکتور دو چرخ محرک					
مدل ریاضی	a	b	c	R^2	F
خطی	-۶/۴۳۳*	۰/۲۷۸**	-	۰/۹۱۶۲	۹۸**
نمایی	۰/۸۸۶**	۰/۰۳۱۸**	-	۰/۹۸۰۹	۲۳۱۲**
توانی	۰/۰۲۰۲*	۱/۳۷۵۹**	-	۰/۹۵۵	۱۹۱**
درجه دوم	۱/۶۵۹۸*	-۰/۰۶۹۱ **	۰/۰۰۲۷**	۰/۹۹۵۹	۴۶۲**

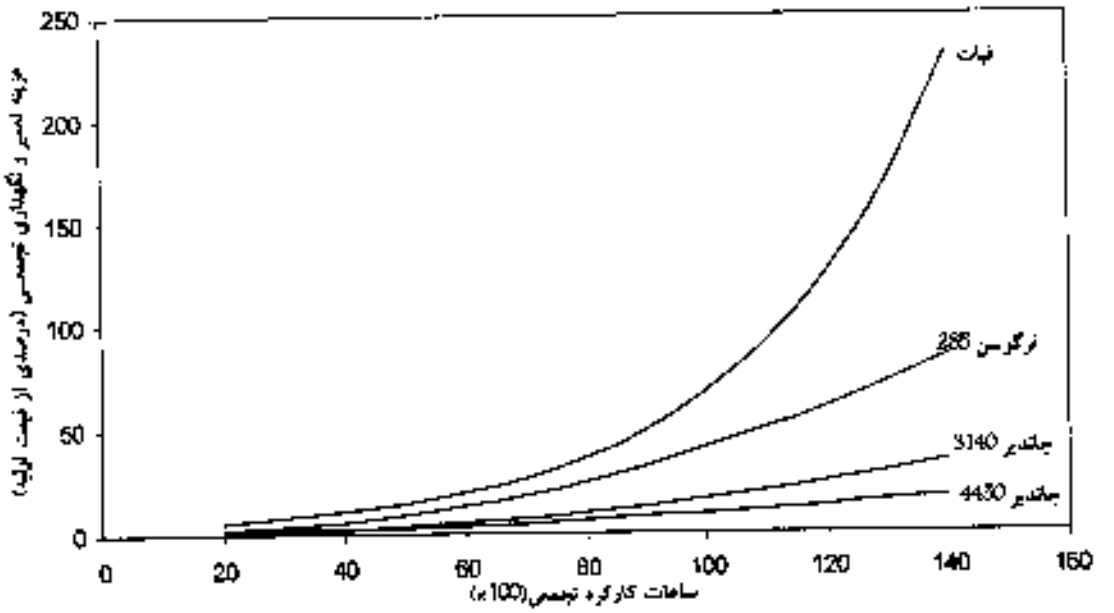
ب- مقایسه مدل: همانطور که در (شکل ۶) مشاهده می-شود منحنی هزینه های مربوط به تراکتور فیات بطور قابل توجهی از سایر تراکتورها بالاتر می باشد و در مقابل آن منحنی تراکتور جاندیر ۴۴۵۰ درکمترین سطح نسبت به بقیه تراکتورها قرار دارد. شکل این منحنی احتمالا تراکتور ها را بر حسب کیفیت آنها مرتب می کند چراکه هزینه تعمیر و نگهداری برآورد شده بیشتر در تراکتور فیات بیانگر این واقعیت است که این تراکتور نسبت به سایر تراکتورها از کیفیت پایین تر برخوردار بوده است. این موضوع نشان می دهد که وقوع خرابیهای عمده در این مدل تراکتور نسبت به بقیه بیشتر و زودتر اتفاق می افتد و این عوامل را می توان ناشی از کیفیت طراحی و ساخت پایین آن و یا بی توجهی کاربر به انجام به موقع سرویسها و یا هر دو عامل دانست. تراکتور جاندیر ۴۲۵۰ علی رغم انجام عملیات سنگینی مانند خاک ورزی و زیرشکنی از هزینه تعمیر و نگهداری کمتری (برحسب درصدی از قیمت اولیه) نسبت به سایر تراکتورها برخوردار است. این موضوع می‌تواند یکی از عوامل نشان دهنده کیفیت بالای آن در طراحی و ساخت و همچنین داشتن قابلیت اطمینان بالای آن باشد. لذا شاید بتوان تراکتورها را بر حسب افزایش کیفیت به این شرح مرتب کرد: ۱)فیات ۲) فرگوسن ۲۸۵ ۳)جاندیر ۳۱۴۰ ۴) جاندیر ۴۲۵۰

در حالت کلی مدل برازش شده برای پیش بینی هزینه تعمیر و نگهداری ماشین آلات کشاورزی به عواملی از قبیل روش و زمان انجام مطالعه، تعداد، قدمت و نوع نمونه مورد مطالعه، نحوه مدیریت و برنامه ریزی قیمت اولیه ماشین، قیمت قطعات یدکی، هزینه دستمزد تعمیرات، انجام سرویس ماشین ها، سطح کیفی تعمیرات و سرویس های انجام شده و کیفیت قطعات یدکی و مواد مصرفی شرایط کاری نوع عملیات، مهارت کاربر و شرایط آب و هوایی در منطقه مورد مطالعه بستگی دارد (۱۱، ۱۴، ۱۶ و ۱۷). به همین دلیل مدل‌های برآورد شده در مناطق و شرایط مختلف ممکن است بسیار متفاوت از هم باشند.

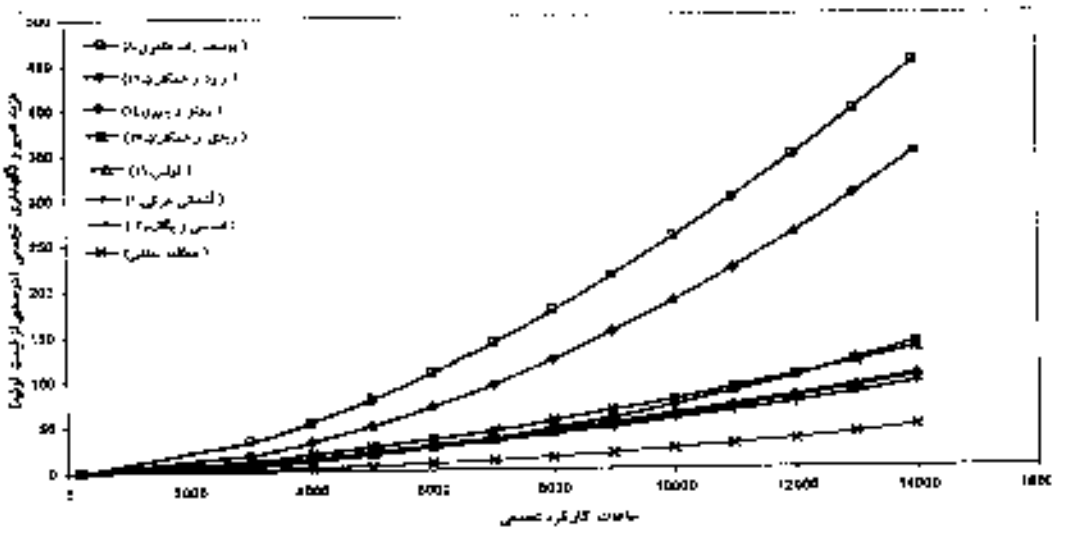
مدل برازش شده در این مطالعه (شکل ۷) از نظر ساختاری متفاوت از کلیه مدل‌های دیگر است چراکه این مدل، یک مدل درجه دوم است ولی سایر مدل‌ها، مدل توانی می باشند. همچنین هزینه های برآورد شده توسط این مدل کمتر از سایر مدل‌های داخلی و خارجی می‌باشد (۲،۱، ۸، ۱۱، ۱۴، ۱۶ و۱۷). این موضوع ممکن است به دلیل متفاوت بودن ساختار مدل باشد زیرا مدل درجه دوم از شیب کمتری نسبت به مدل توانی برخوردار است. حصول مدل درجه دوم در عمل احتمالا به سبب بکارگیری قطعات با کیفیت بالا و هزینه خرید کم به لحاظ یارانه بالا از سوی کشت و صنعت آستان قدس و همچنین بخاطر بکارگیری تعمیر کار بصورت قراردادی یا استخدامی دائم، با سطح دستمزد پایین و همچنین تامین نیازهای مالی از طریق اعتبارات کم بهره بانکی یا حتی بدون بهره باشد.



شکل ۵- منحنی های برازش شده برای هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور دو چرخ محرک.



شکل۶- مقایسه منحنی های برازش شده برای هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور های دو چرخ محرک مورد مطالعه.



شکل۷- مقایسه منحنی های هزینه های تعمیر و نگهداری تجمعی برازش شده در این مطالعه با سایر تحقیقات.

منابع مورد استفاده

۱- آشتیانی عراقی، ع. ر.- ۱۳۸۴ . مدل ریاضی بهینه برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای شرکت زراعی دشت ناز مازندران .مجله دانش کشاورزی دانشگاه تبریز، جلد ۱۵، شماره ۲ ، صفحات ۱۰۱- ۱۱۲.

۲- الماسی، م. و ح. ر. یگانه-۱۳۸۱، تعیین مدل ریاضی مناسب برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای کشاورزی مورد استفاده در کشت و صنعت نیشکر کارون-مجله علوم کشاورزی ایران. جلد۳۳، شماره۴، صفحات ۷۱۶-۷۰۷.

۴- بهروزی لار، م.- ۱۳۸۰ مدیریت تراکتور و ماشینهای کشاورزی (ترجمه). چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران.

۵- بی نام-۱۳۸۱. گزارش مشروح تجدید نظر شاخص بهای عمده فروشی کالا در ایران . اداره آمار اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

۶- سلطانی، غ. ر.- ۱۳۷۵ . اقتصاد مهندسی . چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز.

۷- ولی زاده ، م. و م. مقدم- ۱۳۸۱ . طرحهای آزمایشی در کشاورزی(۱) . چاپ هفتم. انتشارات پریور تبریز.

۸- یوسف زاده طاهری، م. ر.- ۱۳۷۶ . تعیین یک مدل ریاضی برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری و تعیین ضرایب تعمیراتی مناسب برای تراکتورهای متداول در کشت و صنعتهای منطقه پارس آباد مغان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

9- ASAE Standards. 2000. S322. 1: Uniform Terminology for Agricultural Machinery Management. ASAE.

10- Bartholomew, R. B.1981.Farm machinery costing under inflation Transactions of ASAE Vol. 24(1), pp:843-845.

11- Fuls,J.1999.The Correlation of repair and maintenance costs of agricultural machinery with operating hours management policy and operator skills for South Africa . Agekon Intenet Seminar. http://www.arc.agric.za

12- Hathaway, L. R.1984. Fundamentals of machine operation (FMO); preventive maintenance. Third Edition. Deere & Company,Moline.IL.USA

13- Lazarus, W. 2002. Farm machinery economic cost estimation for 2002.University of Minnesota Extension Service.

14- Rotz, C. A.,W. Bowers.1991.Repair and maintenance cost data for agricultural equipment. Transaction of ASAE 3(1):3-9.

15- Schintkey,G., D. Lattz, J. Siemens. 2002. Machinery cost estimation : Tractors,farm business management handbook.FBM 0204 University of Illinois.USA.

16- Ward, S. M., P. B. McNulty, M. B.Cunny.1985. Repair costs of 2WD and 4WD tractors. Transaction of ASAE 28(4):1074-1076.

17- Zaidi, M. A., A.W.Zafar, M. S. Sabir.1992. A mathematical model for repair and maintenance cost of agricultural machinery. AMA,Vol. 23(3):70-72.