تعیین مدل ریاضی و ضرایب تعمیراتی مناسب برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای متداول در کشت و صنعتهای منطقه پارس‌آباد مغان

محمد رضا یوسف زاده طاهری[1]

چکیده

بمنظور تعیین یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای متداول در کشت و صنعتهای منطقهٔ پارس‌آباد مغان این مطالعه انجام شد. هدف از این تحقیق بدست آوردن روش ریاضی جهت برآورد هزینه‌های تعمیر و نگهداری بازاء ساعات کارکرد سالانهٔ تراکتورها بود. برای انجام این تحقیق تعداد ۸۵ دستگاه تراکتور شامل : ۲۴ دستگاه تراکتور یونیورسال ۶۵۰، ۴۰ دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۲۱ دستگاه تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ ، از کشت و صنعت پارس بروش نمونه‌گیری، بصورت تصادفی انتخاب شدند. پرسشنامه‌هایی تهیه و اطلاعات لازم در خصوص هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورها برای مدت نه سال (از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۵) جمع‌آوری گردید. داده‌های جمع‌آوری شده بوسیلهٔ تجزیه رگرسیون (روش کمترین مربعات) و با پنج نوع مدل : معکوس، خطی، نمائی، ضربی و درجه دوم مورد آزمایش قرار گرفت. از بین مدلها، مدل ضربی بهترین و مناسبترین برازش را برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری، بدست داد. در نهایت مدل ریاضی مناسب بدست آمده با برخی از مدلهای موجود در سایر منابع تحقیقاتی مقایسه شد. یافته‌ها حاکی از آن است که پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری توسط مدل بدست آمده در این مطالعه نسبت به منابع خارجی مورد دسترس بالاتر میباشد، اما نسبت به تحقیق مشابه انجام شده در سطح استان تهران کمتر است. بالا بودن هزینه‌ها را احتمالاً میتوان به ضعف مدیریت، گرانی و در دسترس نبودن دائمی لوازم یدکی، انجام تعمیرات ناقص و نامطلوب و نیز استفاده از تراکتور در مدتی طولانی‌تر از عمر مفید آن نسبت داد.

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحققیقات کشاورزی ومنابع طبیعی آذربایجان شرقی

واژه‌های کلیدی : هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتور، مدل ریاضی، ضرائب تعمیراتی، ساعات کارکرد سالانه، قیمت اولیه تراکتور.

مقدمه:

بدون شک کاربرد تراکتور در اجرای عملیات مکانیزه کشاورزی، نقش اساسی و ارزنده‌ای داشته و از اهمیت فوق‌العادی برخوردار میباشد. اهمیت مسئله زمانی بیشتر نمود پیدا میکند که توجه داشته باشیم حدود ۱۵-۱۰ درصد از کل هزینه‌های سالانهٔ تراکتور مربوط به هزینه‌های تعمیر و نگهداری آن میشود [۱۵].

با توجه به اینکه هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتور بخش قابل توجهی از هزینه‌های ماشینی عملیات کشاورزی را در مورد یک محصول به خود اختصاص داده است، بنابراین بدیهی است که با بالا رفتن هزینه های تعمیر، هزینه‌های ماشین افزایش پیدا کرده و احتمالاً همین مسئله باعث افزایش هزینهٔ تولید محصولات کشاورزی میگردد [۳و۵].بنابراین تحقیق روی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور و پیش‌بینی آن هزینه‌ها توسط مدل ریاضی، دارای اهمیت خاصی است که هدف این تحقیق میباشد.

لارسون و باورز (*Larson and Bowers, 1965*) اطلاعات مربوط به هزینه‌های تعمیر ۱۱۰۰ دستگاه تراکتور موجود در بخش غرب مرکزی آمریکا را بصورت گسترده جمع‌آوری کردند و از روی این اطلاعات قادر به تخمین و برآورد هزینهٔ تعمیر در مورد نمونه‌های انتخابی شدند [۱۲].

باورز و هانت (*Bowers and Hunt, 1970*) این تحقیقات را با مطالعات بعدی دنبال کردند و نهایتاً نتیجه گرفتند که تابع هزینهٔ تعمیر بعنوان یک راهنمای کلی میتواند مفید و قابل استفاده باشد ولی بوسیلهٔ آن نمیتوان هزینهٔ تعمیر را برای هر ماشینی بطور دقیق برآورد و پیش‌بینی نمود. البته آنها استفاده از تابع تعمیر را در مورد تراکتورها مناسب‌تر ارزیابی کردند [۹].

کالپین (*Culpin ,1975*) هزینهٔ تعمیر سالانه را بصورت درصدی از قیمت خرید اولیه براساس نوع ماشین و میزان کارکرد سالیانهٔ آن محاسبه و بیان نمود [۱۰].

هانت (*Hunt,1983*) هزینه‌های تعمیر ماشینهای کشاورزی را در سه حالت بیان نمود: ۱- هزینه بازاء یک ساعت کار ماشین بر حسب پوند در ساعت۲- هزینهٔ ثابت بازاء واحد سطح مزرعه بر حسب پوند در هکتار۳-هزینه یک ساعت کار ماشین براساس درصدی از قیمت خرید ماشین در هر زمان مشخص از عمر ماشین و هزینهٔ تعمیرات بر حسب درصدی از قیمت خرید. وی عقیده دارد که بدلیل تغییر هزینهٔ تعمیر براساس ساعات کارکرد، روش سوم مناسب‌تر است زیرا این روش اثرات سطوح متفاوت تورم را نیز دربر میگیرد[۱۱].

وارد و همکاران (*Ward et al., 1985*) توابعی در مورد هزینهٔ تعمیر تراکتورهای دو چرخ و چهار چرخ محرک بدست آوردند. هزینهٔ کل تعمیر مصرف شده در طول عمر این تراکتورها دو تا سه برابر بیشتر از هزینه‌های گزارش شده بوسیلهٔ دیگر محققان بود [۱۶].

تحقیقات انجام شده در انگلستان توسط موریس (*Morris, 1987,1988*) روی ۵۰ تراکتور که اطلاعات مربوط به ساعات کارکرد ماهانه و هزینه‌های تعمیر و نگهداری آنها استخراج شده بود، نشان داد که دستمزد تعمیرات ۵۵ درصد و هزینهٔ لوازم یدکی ۴۵ درصد کل هزینه‌ها را شامل می‌شوند. همچنین وی نتیجه گرفت که تابع ضربی بدست آمده از هزینه‌های تعمیر متوسط بازاء ساعات کارکرد، بهترین پیش‌بینی را برای هزینه‌های تعمیر بدست میدهد [۱۳ و ۱۴].

در تحقیقی مشابه، رتز (*Rotz ,1987*) نتیجه گرفت که مدل و پارامترهای آن باید مستقل از تغییر قیمتها در اثر تورم باشد و هزینه‌های تعمیر اگر بصورت تابعی از قیمت خرید اولیهٔ ماشین مدل‌بندی شود میتواند هزینه‌های تعمیر را به تغییر قیمتها مربوط سازد. مدل بدست آمده در این تحقیق هزینه‌های تعمیر را بصورت تابع توانی از کارکرد ماشین در ۱۰۰ ساعت کار تخمین میزد [۱۵].

مرکز ملی حفاظت انرژی پاکستان (*Zaidi et al. 1992*) اطلاعات مربوط به هزینهٔ تعمیر، کارکرد سالانه، مدل و سال خرید ۹۳ تراکتور را جمع‌آوری نمود و با تجزیهٔ رگرسیون داده‌ها مدل ضربی را برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورها ارائه داد و نتیجه گرفت که مدل ریاضی بدست آمده هزینه‌ها را در مراحل اولیهٔ عمر تراکتور خیلی کم و در مراحل بعدی عمر با افزایش مناسب تخمین میزند [۱۷].

شریفی (۱۳۷۳) برای بدست آوردن روشی جهت برآورد هزینه‌های تعمیر و نگهداری بازاء ساعات کارکرد تراکتور، تحقیقی را در سطح استان تهران انجام داد. وی ۹۰ دستگاه تراکتور را بروش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب و سپس اطلاعات لازم در مورد ساعات کارکرد سالانه، هزینه لوازم یدکی، دستمزد تعمیرات و هزینهٔ روغن و گریس تراکتورها را جمع‌آوری نمود. در نهایت داده‌های جمع‌آوری شده را بوسیلهٔ روش کمترین مربعات و با سه مدل خطی، ضربی و نمائی مورد آزمایش قرار داد و مدل ضربی را به عنوان بهترین جواب برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری معرفی نمود[۵].

مواد و روشها :

در این طرح تعداد ۸۵ دستگاه تراکتور شامل : ۲۴ دستگاه تراکتور یونیور سال ۶۵۰، ۴۰ دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۲۱ دستگاه تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ مورد مطالعه قرار گرفتند.

اطلاعات مربوط به هزینه‌های سالانه تعمیر و نگهداری هر کدام از تراکتورها با مطالعهٔ پرونده‌هائی که با کدهائی مشخص (کد مخصوص مربوط به هر تراکتور) نامگذاری و در بخش مکانیزاسیون مرکزی شرکت مذکور بایگانی شده بودند، جمع‌آوری گردید.قیمت‌های لوازم یدکی از طریق مراجعه به نمایندگیهای فروش واقع در منطقه که منابع تامین‌کننده لوازم مورد نیاز شرکتها بودند و همچنین میزان دستمزد تعمیرات برای تعمیر هر قسمت تراکتور با سوال از تعمیرکاران خود شرکت که تعمیرگاههائی در خارج از شرکت نیز داشتند، بدست آمد.

در این مطالعه از روش شریفی که خود از روش وارد و مرکز ملی حفاظت انرژی پاکستان پیروی نموده بود، برای تعیین مدل ریاضی مناسب پیش‌بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورها استفاده گردید.

بدلیل عدم وجود تراکتورهائی با سنهای مختلف در کشت و صنعت مورد مطالعه و اینکه همهٔ تراکتورهای موجود در سال ۱۳۶۶ بصورت نو خریداری شده و در زمان انجام این تحقیق (سال ۱۳۷۶) همگی ۹ سال سن داشتند، بنابراین برای تعیین مدل ریاضی مناسب هزینه‌های تعمیر و نگهداری هر کدام از تراکتورهای یونیورسال ۶۵۰، مسی‌فرگوسن ۲۸۵ و جاندیر ۳۱۴۰، از روش گروه‌بندی تراکتورها بر اساس سال کارکرد آنها استفاده شد. بدین ترتیب که تعداد تراکتور با توجه به سال مورد استفاده از آنها برای هر گروه مشخص، سپس برای هر گروه ساعات کارکرد متوسط استخراج و هزینهٔ متوسط تعمیرات سالانه محاسبه گردید. همچنین کل ساعات کارکرد تجمعی (X) هر گروه بوسیلهٔ جمع‌کردن ساعات کارکرد متوسط برای تمام تراکتورهای آن گروه و برای تمام سالها تعیین شد. همین روش برای بدست آوردن هزینه‌های تعمیرات تجمعی (Y) مورد استفاده قرار گرفت، بدین ترتیب که هزینهٔ متوسط تعمیرات برای تمام سال‌ها برای هر گروه جمع زده شد. نتایج گروه‌بندی و طبقه‌بندی ساعات کارکرد و هزینه‌های تعمیر تجمعی سالانه تراکتورها بصورت جدول‌هایی تهیه شد و نهایتاً با تجزیهٔ رگرسیون و تجزیه واریانس داده‌های این جداول توسط نرم‌افزار کامپیوتری *SAS* و*Quattro pro* وبا استفاده از پنج مدل رگرسیون شامل مدلهای خطی($y=a+bx$)، معکوس ($\frac{1}{y} = a + bx$)، نمائی ($y = Exp(a+bx)$)، درجهٔ دوم ($y=a+bx+cx^2$) وضربی ($y=ax^b$)، مدل ریاضی مربوط به هر یک از انواع تراکتورها تعیین گردید. برای ساعات کارکرد تجمعی و هزینهٔ تعمیرات تجمعی (بصورت درصدی از قیمت اولیه) هر کدام از تراکتورها، بهترین مدل رگرسیون با منحنی مربوطه برازش گردید. جداول تجزیهٔ رگرسیون و تجزیه واریانس نیز برای هر یک از مدلها تهیه شد. مقادیر لازم از این جداول استخراج و با توجه به آنها مدل مناسب برای هر یک از انواع تراکتورها تعیین گردید.

برای تعیین مدل ریاضی مناسب هزینه‌های تعمیر و نگهداری کلیهٔ تراکتورها، ابتدا از بین نمونه های تراکتورهای یونیورسال ۶۵۰ و مسی‌فرگوسن ۲۸۵، ۲۱ نمونه از هر کدام بطور تصادفی انتخاب گردید تا تعداد نمونه‌های آنها با تعداد نمونه‌های تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ که کمترین تعداد را دارا بود، مساوی شود. سپس برای هر گروه ۲۱ تایی از این سه نوع تراکتور، میانگین ساعات کارکرد و هزینه تعمیرات سالانه محاسبه گردید. از اطلاعات بدست آمده ساعات کارکرد و هزینهٔ تعمیرات تجمعی (از سال ۱۳۶۶ تا سال ۱۳۷۵) بطور جداگانه برای هر سه نوع تراکتور استخراج شد. در نهایت میانگین ساعات کارکرد تجمعی سالانه (X) و مجموع هزینه تعمیرات تجمعی سالانه تراکتورها به عنوان ساعات کارکرد و هزینه تعمیرات تجمعی برای تمام ۶۳ نمونه تراکتور انتخاب شده محاسبه گردید. همچنین قیمت اولیه کل تراکتورها از مجموع قیمتهای اولیه سه نوع تراکتور بدست آمد تا هزینه تعمیرات تجمعی بصورت درصدی از این قیمت (Y) حاصل آید. سپس برای تعیین مدل ریاضی کل تراکتورها تجزیهٔ رگرسیون روی داده‌های بدست آمده، انجام گرفت. سرانجام جهت تعیین مدل ریاضی مناسب پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری برای کل تراکتورها، از سایر مراحل تعیین مدل برای تک‌تک انواع تراکتورها تبعیت گردید.

نتایج :

گروه‌بندی و طبقه بندی ساعات کارکرد و هزینه های تعمیر تجمعی برای کل تراکتورها براساس سن (سال مورد استفاده از آنها) درجدول شمارهٔ ۱ وفرم نهایی مدلهای ریاضی پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورها در جدول شمارهٔ ۲ آورده شده است.

جدول شماره ۱-گروه‌بندی و طبقه‌بندی ساعات کارکرد و هزینه‌های تعمیر تجمعی ۶۳ تراکتور نمونه ۶۵۰-U و ۲۸۵-MF و ۳۱۴۰ – JD براساس سن (سال)

سن تراکتور (سال)	ساعات کارکرد تجمعی برای هر واحد تراکتور (۱۰۰ ساعت)	هزینه تعمیر تجمعی (درصدی از قیمت اولیه)
۱	۱۳/۹۳	۸/۹۹
۲	۲۸/۷۴	۳۰/۴۷
۳	۴۴/۷۸	۶۴/۳۴
۴	۶۱/۴۲	۱۰۹/۵۴
۵	۷۸/۹۵	۱۶۷/۲
۶	۹۶/۸۸	۲۳۶/۰۴
۷	۱۱۴/۸۲	۳۱۴/۲۶
۸	۱۳۳/۱۳	۴۰۳/۲۳
۹	۱۵۳/۰۷	۵۱۰/۱۴

جدول شماره ۲- فرم نهایی مدلهای ریاضی پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورها.

نوع تراکتور	مدل ریاضی ارائه شده

تراکتور یونیورسال ۶۵۰	$Y= ۰/۱۱۲۳۰۴۸ (\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۷۳۸۶۸۳}$ $R^۲ = ٪ ۹۹/۹۸$
تراکتور مسی‌فرگوسن ۲۸۵	$Y=۰/۰۸۵۴۴ (\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۷۵۸۱}$ $R^۲ = ٪ ۹۹/۹۸$
تراکتور جاندیر ۳۱۴۰	$Y= ۰/۱۲۳۵۸۸ (\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۶۳۳۰۷}$ $R^۲ = ٪ ۹۹/۹۸$
کل تراکتورها	$Y= ۰/۱۰۶۲۸۵۲۵ (\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۶۸۴۸۶۴}$ $R^۲ \approx ٪۱۰۰$

جداول شمارهٔ ۳ و۴ بترتیب نتایج تجزیهٔ رگرسیون و آنالیز واریانس ساعات کارکرد تجمعی و هزینهٔ تعمیرات تجمعی را برای کل تراکتورها نشان میدهد. مقادیر $R^۲$ ، r ، F و همچنین ضرایب هر یک از مدلهای رگرسیون (a، b و c) در این جدول آورده شده است. مطابق جدول شمارهٔ ۴ مشاهده میگردد که تابع معکوس $R^۲$ کمتری نسبت به سایر مدلها دارد، بنابراین بعنوان یک مدل غیر مناسب کنار گذاشته میشود. از بین توابع ریاضی باقی مانده، تابع ضربی در سطح ۱ درصد، F معنی‌داری دارد ضمن آنکه بیشترین مقادیر $R^۲$ ، r و F را در مقایسه با مقادیر مشابه توابع دیگر داراست. این نتایج بیانگر دقت بالای رابطهٔ رگرسیون و همبستگی بیشتر بین دو متغیر مستقل و وابسته در مدل ضربی میباشد. بعلاوه مقادیر $R^۲$ ، گسترش تغییرات را در متغیر وابسته (هزینه‌های تعمیر تجمعی) بعلت تغییر در متغیر مستقل (ساعات کارکرد تجمعی) نشان میدهد.

جدول شماره ۳- تجزیه رگرسیون داده‌های مربوط به کلیهٔ تراکتورها.

متغیر وابسته : هزینه‌های تعمیرات تجمعی (۷)		متغیر مستقل : ساعات کارکرد تجمعی (X)		
مدل	فرم ریاضی مدل	a $(RF_۱)$	b $(RF_۲)$	c
خطی	$y=a+bx$	-۸۶/۱۴۶۶۵۳**	۳/۶۰۹۵۶۰**	-
نمائی	$y=Exp(a+bx)$	۲/۶۶۰۲۹۱**	۰/۰۲۶۳۱۶**	-
معکوس	$\frac{1}{y} = a + bx$	۰/۰۶۲۳۶۷*	-۰/۰۰۰۵۱۶**	-
ضربی	$y=ax^b$	۰/۱۰۶۲۸۵۴۵**	۱/۶۸۴۸۶۴**	-
درجهٔ دوم	$y=a+bx+cx^۲$	-۱۰/۴۹۹۹۴۲**	۱/۰۱۳۶۱۳**	۰/۰۱۵۶۷۵**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری بر حسب درصدی از قیمت خرید اولیه برای کل تراکتورها توسط مدلهای مختلف رگرسیون بدست آمده برای آنها، در دامنهٔ کارکرد از صفر تا ۱۰۰۰۰ ساعت در جدول شمارهٔ ۵ نشان داده شده است.

مدل ریاضی بدست آمده برای کل تراکتورها بفرم $Y= ۰/۱۰۶۲۸ (\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۶۸۴۸۶۴}$ (مدل ضربی)، بمنظور تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری در هر زمان از عمر تراکتور مورد استفاده قرار میگیرد. شکل شمارهٔ ۱ منحنی رگرسیون

هزینهٔ تعمیر را برای کل تراکتورها نشان میدهد. مطابق این شکل درجهٔ بالایی از همبستگی بین متغیر مستقل (ساعات کارکرد تجمعی) و متغیر وابسته (هزینه‌های تعمیر تجمعی) وجود دارد. این همبستگی بصورتی است که افزایش هزینه تعمیرات تجمعی نسبت به ساعات کارکرد تراکتور را بیان میکند.

جدول شمارهٔ ۴- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کلیهٔ تراکتورها.

مدل	منابع خطا	درجهٔ آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	F	R^2 (٪)	ضریب همبستگی (r)
$y=a+bx$	مدل	۱	۲۳۷۵۸۷/۰۱۶۳۸	۲۴۰/۰۹۰**	۹۶/۷۶	۰/۹۸۳۶۶۶۶
	باقیمانده	۷	۹۸۹/۵۷۴۸۸			
$Y=Exp(a+bx)$	مدل	۱	۱۲/۶۲۸۹۲	۶۲/۲۶۶**	۸۸/۴۵	۰/۹۴۰۴۷۸۶
	باقیمانده	۷	۰/۲۰۲۸۲			
$\frac{1}{y} = a + bx$	مدل	۱	۰/۰۰۴۸۶	۶/۶۴۸*	۴۱/۳۸	۰/۶۴۳۲۷۲۸۸
	باقیمانده	۷	۰/۰۰۰۷۳			
$y=ax^b$	مدل	۱	۲/۶۴۹۷۴	/۲۴** ۴۰۸۲۹۷۷۹۵	≈ ۱۰۰/۰۰	≈ ۱/۰۰
	باقیمانده	۷	۰/۰۰۰۰۱			
$y=a+bx+cx^2$	مدل	۲	۱۲۲۲۴۶/۵۲۶۲	۳۴۹۴۷/۵۱۹**	۹۹/۹۹	۰/۹۹۹۹۴۹۹
	باقیمانده	۶	۳/۴۹۸۰۰			

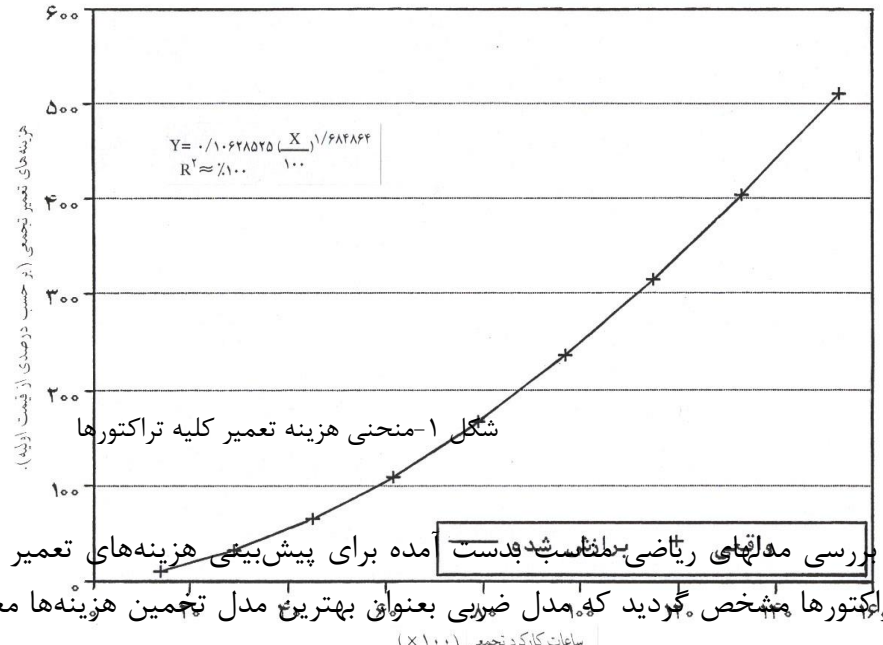
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول شمارهٔ ۵ – تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری (درصدی از قیمت اولیه) توسط مدلهای ریاضی بدست آمده برای کل تراکتورها.

ساعات کارکرد تجمعی	مدلهای هزینه‌های تعمیر تجمعی			
	خطی	نمائی	ضربی	درجهٔ دوم
	$Y=-۸۶/۱۴۶۶+۳/۶۰۹۵(\frac{X}{۱۰۰})$	$Y=Exp(۲/۶۶+۰/۰۲۶۳\frac{X}{۱۰۰})$	$Y=۰/۱۰۶۲۸(\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۶۸۴۸۶۴}$	$Y=\frac{۱۰/۱۴۹۹۹+۱/۰۱۳۶(\frac{X}{۱۰۰})}{+۰/۰۱۵۶۷(\frac{X}{۱۰۰})^۲}$
۰	-۸۶/۱۴۶	۱۴/۳۰۰	۰	-۱۰/۴۹۹
۵۰۰	-۶۸/۰۹۹	۱۶/۳۱۱	۱/۶۰۰	-۵/۰۴۰
۱۰۰۰	-۵۰/۰۵۱	۱۸/۶۰۵	۵/۱۴۴	۱/۲۰۴
۱۵۰۰	-۳۲/۰۰۳	۲۱/۲۲۲	۱۰/۱۸۶	۸/۲۳۱
۲۰۰۰	-۱۳/۹۵۵	۲۴/۲۰۶	۱۶/۵۳۹	۱۶/۰۴۲
۲۵۰۰	۴/۰۹۲	۲۷/۶۱۰	۲۴/۰۸۹	۲۴/۶۳۷
۳۰۰۰	۲۲/۱۴۰	۳۱/۴۹۳	۳۲/۷۵۱	۳۴/۰۱۶
۳۵۰۰	۴۰/۱۸۷	۳۵/۹۲۲	۴۲/۴۶۳	۴۴/۱۷۸
۴۰۰۰	۵۸/۲۳۶	۴۰/۹۷۳	۵۳/۱۷۷	۵۵/۱۲۴
۴۵۰۰	۷۶/۲۸۳	۴۶/۷۳۶	۶۴/۸۵۰	۶۶/۸۵۴
۵۰۰۰	۹۴/۳۳۱	۵۳/۳۰۸	۷۷/۴۴۷	۷۹/۳۶۸
۵۵۰۰	۱۱۲/۳۷۹	۶۰/۸۰۵	۹۰/۹۳۸	۹۲/۶۶۵

۱۰۶/۷۴۷	۱۰۵/۲۹۷	۶۹/۳۵۶	۱۳۰/۴۲۷	۶۰۰۰
۱۲۱/۶۱۲	۱۲۰/۴۹۹	۷۹/۱۰۹	۱۴۸/۴۷۵	۶۵۰۰
۱۳۷/۲۶۰	۱۳۶/۵۲۵	۹۰/۲۳۴	۱۶۶/۵۲۲	۷۰۰۰
۱۵۳/۶۹۳	۱۵۳/۳۵۴	۱۰۲/۹۲۴	۱۸۴/۵۷۰	۷۵۰۰
۱۷۰/۹۰۹	۱۷۰/۹۷۰	۱۱۷/۳۹۸	۲۰۲/۶۱۸	۸۰۰۰
۱۸۸/۹۰۹	۱۸۹/۳۵۷	۱۳۳/۹۰۸	۲۲۰/۶۶۶	۸۵۰۰
۲۰۷/۶۹۳	۲۰۸/۴۹۹	۱۵۲/۷۳۹	۲۳۸/۷۱۴	۹۰۰۰
۲۲۷/۲۶۰	۲۲۸/۳۸۵	۱۷۴/۲۱۸	۲۵۶/۷۶۲	۹۵۰۰
۲۴۷/۶۱۱	۲۴۹/۰۰۰	۱۹۸/۷۱۸	۲۷۴/۸۰۹	۱۰۰۰۰

مطابق جدول شمارهٔ ۵، مدل ضربی بازاء ساعات کارکرد ۵۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ ساعت هزینه‌های تعمیر را بترتیب برابر ۷۷/۴۴۷، ۱۷۰/۹۷۰ و ۲۴۹ درصد قیمت خرید اولیهٔ کل تراکتورها پیش‌بینی میکند. این مدل در مقایسه با سایر مدلهای موجود در این جدول، هزینه‌های تعمیر و نگهداری را در مراحل اولیه عمر تراکتور خیلی کم و در مراحل بعدی عمر با افزایش مناسب پیش‌بینی میکند. همچنین در مدل ضربی، هزینه‌های تعمیر و نگهداری، هر چه تراکتور به پایان عمر خود نزدیک میشود، روند افزایشی یکنواخت‌تری دارد.



شکل ۱-منحنی هزینه تعمیر کلیه تراکتورها

بحث :

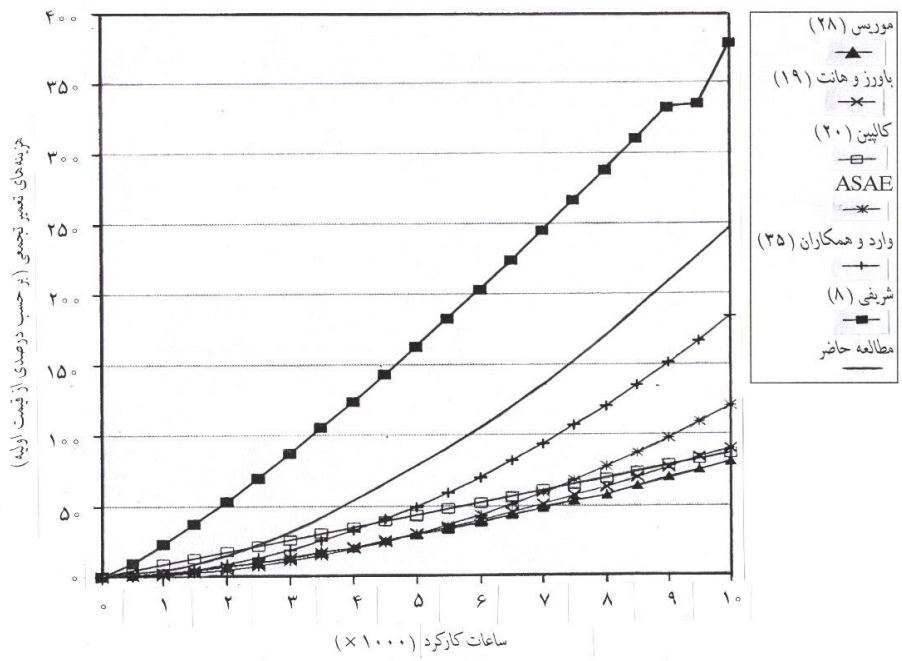
در بررسی مدلهای ریاضی مناسب بدست آمده برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تک‌تک انواع و نیز کل تراکتورها مشخص گردید که مدل ضربی بعنوان بهترین مدل تخمین هزینه‌ها معرفی شده است. این امر با نتایج تحقیقات دیگران (۵، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۶ و ۱۷) مطابقت دارد. دلیل مناسبت زیاد این مدل برای پیش‌بینی هزینه‌ها این است که مدل ضربی هزینه‌ها را در مراحل اولیه عمر تراکتور خیلی کم و در مراحل بعدی عمر با افزایش مناسب پیش‌بینی میکند. از طرف دیگر این مدل روند تغییرات هزینه‌های تعمیر در طول عمر تراکتورها را نسبت به واقعیت دقیق‌تر نشان میدهد.

جدول شماره ۶ تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورها بر حسب درصدی از قیمت خرید اولیه در سطوح ۵۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ ساعت کارکرد را برای معادلهٔ رگوسیون بدست آمده در این مطالعه و برخی معادلات موجود در منابع مورد دسترس خارجی نشان میدهد. مشاهده میشود که هیچیک از این مدلهای ریاضی دقیقاً شبیه هم نیستند. زیرا نه تنها اختلاف مدل و هزینه‌ها به روش مطالعه و زمان جمع‌آوری داده‌ها بستگی دارد بلکه هزینه‌های تعمیر و نگهداری از کشوری به کشور دیگر و نیز از ناحیه‌ای به ناحیهٔ دیگر حتی با داشتن شرایط جغرافیائی مشابه از نظر نوع خاک، آب و هوا، نوع محصول و سیاست مدیریت و کاربرد تراکتور متفاوت است.

مقادیر هزینه‌های تعمیر و نگهداری در سطوح کارکرد ۵۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ ساعت برای مدل بدست آمده در این تحقیق به ترتیب ۷۷/۴۴۷، ۱۷۰/۹۷ و ۲۴۹ درصد قیمت خرید اولیه تراکتور و بیشتر از مقادیر بدست آمده در همان سطوح کارکرد توسط محققین خارجی (۸، ۹،۱۰،۱۳ و ۱۶) و کمتر از مقادیر حاصل شده توسط شریفی (۵) میباشد. شکل شمارهٔ ۲ این مقایسه را بصورت نمودار نشان میدهد. مطابق این شکل با مقایسهٔ منحنی هزینه تعمیر حاصل از مدل انتخاب شده در این مطالعه با منحنی مدلهای قابل دسترس در سایر منابع خارجی نتیجه میگیریم که این مدل هزینه‌های تعمیر را بالاتر پیش‌بینی میکند. ولی این مدل هزینه‌های تعمیر را در مقایسه با مدل بدست آمده در سطح استان تهران کمتر پیش‌بینی میکند. علت بالابودن کلی هزینه‌ها را می‌توان احتمالاً به انجام تعمیرات ناقص و نامطلوب، استفاده از تراکتورها در بیش از ساعات کارکرد عمر مفید آن، رکود بیش از حد تراکتورها، در دسترس نبودن دائم لوازم یدکی ودر نتیجه بالابودن روزهای رکودکاری، کمبود کار و ضعف مدیریت استفاده از ماشینها نسبت داد.

جدول شماره ۶- مقایسه مدل ریاضی بدست آمده برای پیش‌بینی هزینه تعمیر و نگهداری مربوط به کلیهٔ تراکتورها با برخی از مدلهای سایر منابع

منبع	مدل	هزینه تعمیر و بر حسب درصدی از قیمت خرید اولیه		
		۵۰۰۰ (ساعت)	۸۰۰۰ (ساعت)	۱۰۰۰۰ (ساعت)
وارد و همکاران (۱۷)	$Y=۰/۰۴۲(\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۸۹۵}$	۴۹	۱۲۰	۱۸۳
(۸) $ASAE$	$Y=۱/۲(\frac{X}{۱۰۰۰})^{۲}$	۳۰	۷۷	۱۲۰
کالپین (۱۰)	$Y=۰/۰۸۸۶۵X^{۱/۰۰}$	۴۳	۶۹	۸۶
باورز و هانت (۹)	$Y=۰/۰۷۶(\frac{X}{۱۲۰})^{۱/۶}$	۳۰	۶۳	۸۹
موریس (۱۳)	$Y=(۰/۰۹۹۶X^{۱/۴۷۷۵})۱۰^{-۳}$	۲۹	۵۷	۸۰
شریفی (۵)	$Y=۱/۳۵۷۲۳(\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۲۲۲۴۵}$	۱۶۲	۲۸۸	۳۷۸
مطالعهٔ حاضر	$Y=۰/۱۰۶۲۸۵۲۵(\frac{X}{۱۰۰})^{۱/۶۸۴۸۶۴}$	۷۷/۴۴۷	۱۷۰/۹۷	۲۴۹



شکل۲-مقایسه منحنی هزینه‌های تعمیر و نگهداری بدست آمده در این تحقیق با منحنی‌های بدست آمده در برخی از منابع دیگر

منابع :

۱-برقعی، علیمحمد (بی‌تا)، "مکانیزاسیون کشاورزی" (جزوهٔ درسی)، انتشارات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

۲-بهروزی لار، منصور (۱۳۶۹)، "مدیریت تراکتور و ماشینهای کشاورزی" (ترجمه)، انتشارات شمارهٔ ۱۸۵۶ دانشگاه تهران.

۳-رنجبر، ایرج (بی‌تا)، "مکانیزاسیون کشاورزی" (جزوهٔ درسی دورهٔ کارشناسی)، انتشارات دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز.

۴-رنجبر، ایرج (بی‌تا)، "مکانیزاسیون کشاورزی" (جزوهٔ درسی دورهٔ کارشناسی ارشد)، انتشارات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

۵- شریفی مالوا جردی، احمد (۱۳۷۳)، "تعیین مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری سه نوع تراکتور متداول در ایران"، پایاننامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی.

۶-شفیعی، سید احمد (۱۳۷۱)، "اصول ماشینهای کشاورزی" ج ۱، انتشارات شمارهٔ ۲۱۳۵ دانشگاه تهران.

۷-ولیزاده، مصطفی و محمد مقدم (۱۳۷۵)، "طرحهای آزمایشی در کشاورزی" (تالیف)، انتشارات پریور.

8-ASAE Standards.(1995). "Agricultural machinery management data" . ASAE DATA : D 497.2.

9-Bowers, w. and D. Hunt . (1970). "Application of mathematical formulas to repair cost data". Transaction of the ASAE. 13 (16) : 806-809.

10-Culpin, C.P. (1975). "Profitable farm mechanization". (3rd Edition). Grosby. Lockwood staples. London.

1-Hunt, D. (1983). "Farm power and machinery management" (18th Edition). Iowa State University Press, Ames, U.S.A.

2-Larson, W.E. and W. Bowers. (1965). "Engineering analysis of machinery costs". Transaction of the ASAE, paper 65:192,st. Joseph, Michigan.

3-Mossis, J. (1987). "Tractor depreciation, repair and holding cost : A case study". Silso college, Silso, Bedford, UK,

4-Morris, J. (1988). "Estimation of tractor and maintenance cost". J. Agric. Engin. Res. 41 : 191-200.

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

6-Ward, S.M.,P.B.Mcnulty and M.B. Cunney. (1985). "Repair costs of 2 and 4 WD tractors". Transaction of the ASAE, 28 (4): 1074-1076.

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