

تحلیل رگرسیونی و ارایه مدل نرخ خرابی و عوامل مؤثر بر آن در تراکتورهای برخی شهرهای استان خوزستان

فاطمه افشارنیا^{۱*}، محمدمین آسودار^۲ و عباس عبدشاهی^۳

* نویسنده مسؤول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان (afsharniaf@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۲۸

چکیده

عملکرد مؤثر یک سیستم به برنامه‌ریزی قابل قبول فعالیت‌های سرویس و تعمیرات آن سیستم وابسته است. برنامه‌ریزی مدیریتی مؤثر به تخمین دقیق پارامترهای سیستم نگهداری مربوط می‌شود. برای بررسی نرخ خرابی تراکتورها در استان خوزستان مطالعه‌ای از طریق پرسشنامه و مصاحبه مستقیم با تعداد ۳۰۰ کاربر تراکتور در چهار منطقه از استان روی چهار مدل تراکتور انجام گرفت و متغیرهای سابقه رانندگی، سطح تحصیلات، وضعیت گواهینامه، گذراندن دوره‌های آموزشی کار با تراکتور، محل کار (منطقه و شهر)، نوع سرویس و نگهداری، شرایط نگهداری، فاصله تا اولین تعمیرگاه، فاصله محل پارکینگ تراکتور تا محل کار، سن دستگاه، ساعات استفاده سالیانه از آن و تعداد خرابی هر دستگاه تراکتور در نظر گرفته شدند. تحلیل رگرسیونی که با برآورد تابع نمای صورت گرفت، نشان داد که تنها متغیرهای سن تراکتور، ساعات استفاده سالانه و نوع سرویس و نگهداری بر نرخ خرابی هر چهار مدل تراکتور مؤثرند و به ازای یک درصد افزایش در سن تراکتور و ساعات استفاده سالیانه، نرخ خرابی به ترتیب به میزان ۰/۶ و ۰/۲۴ درصد افزایش می‌یابد؛ همچنین، نرخ خرابی تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵، مسی فرگوسن ۳۹۹ و یونیورسال، نسبت به تراکتور جاندر ۳۱۴۰ به ترتیب به میزان ۰/۳۸۳، ۰/۴۵۳ و ۰/۱۴۳ درصد بالاتر بود. علاوه بر این، تراکتورهایی که سرویس و نگهداری منظمی داشتند نسبت به آن‌هایی که تحت سرویس و نگهداری نامنظم بودند، ۰/۲۵۲ درصد خرابی کمتری داشتند.

کلیدواژه‌ها: مدل رگرسیونی، عوامل مؤثر، نرخ خرابی، تراکتور، خوزستان

مقدمه

ضروری به نظر می‌رسد. تعیین ظرفیت و تعداد بهینه ماشین‌های مورد نیاز و برنامه‌ریزی کاری آنها و همچنین فراهم کردن قطعات یدکی و تعیین زمان بهینه جایگزینی به منظور حفظ قابلیت دسترسی ماشین از عوامل ضروری می‌باشند (روحانی و همکاران، ۱۳۸۸). تحلیل رگرسیونی این امکان را برای محقق فراهم می‌کند تا تغییرات متغیر وابسته را از طریق متغیرهای مستقل پیش‌بینی و سهم هر یک از متغیرهای مستقل را در تبیین

امروزه تراکتور یکی از منابع توان در کشاورزی مکانیزه و بخش بزرگی از هزینه‌های ثابت مزرعه تلقی می‌شود و توسعه مکانیزاسیون کشاورزی تا حد زیادی تابع میزان و چگونگی به کارگیری این منبع توان می‌باشد. اثر توان تراکتور در کشاورزی قابل ملاحظه است، لذا توجه به احتمال خرابی، زمان تعمیر و علل آن و کاربرد ابزارهای پیش‌بینی‌کننده دقیق،

آنجایی که مطالعات بسیار محدودی در زمینه تغییرات نرخ خرابی ماشین‌های کشاورزی در سال‌های اخیر صورت گرفته است، این مطالعه می‌تواند یک دیدگاه جدید برای آنالیز و استفاده در تصمیم‌های چند متغیره مدیریتی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی در این مطالعه استان خوزستان و جامعه آماری مورد پژوهش با استناد به جدول مورگان شامل: ۱۰۲ تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹، ۶۰ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵، ۴۹ تراکتور جان‌دیر ۳۱۴۰ و ۸۹ تراکتور یونیورسال (در مجموع ۳۰۰ دستگاه تراکتور) می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز در انجام این تحقیق از طریق پرسشنامه و مصاحبه رو در رو با کاربران این تراکتورها در مناطق کشاورزی چهار شهرستان استان خوزستان شامل: دزفول، شوش، اهواز و بهبهان جمع‌آوری شده است. عمده‌ترین اطلاعات جمع‌آوری شده شامل: نوع تراکتور، وضعیت گواهی‌نامه، محل کار (منطقه و شهر)، سطح تحصیلات کاربر، دوره‌های آموزشی کار با تراکتور (آموزش دیده و آموزش ندیده)، سابقه رانندگی، نوع سرویس و نگهداری (منظم و نامنظم)، شرایط نگهداری (بدون سایبان، سایبان بخشی و سایبان کامل)، فاصله تا اولین تعمیرگاه و فاصله محل پارکینگ تراکتور تا محل کار، سن دستگاه، ساعات استفاده سایبانه از آن و تعداد خرابی هر دستگاه تراکتور می‌باشد. برای اندازه‌گیری نرخ خرابی از رابطه (۱) استفاده شده است (حاج شیرمحمدی، ۱۳۸۳):

$$MTBF = \frac{T}{n} \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{MTBF}$$

در اینجا:

MTBF: متوسط فاصله زمانی بین دو خرابی متوالی

L: نرخ خرابی

T: کل زمان سیکل (ساعت)

n: تعداد خرابی‌ها در یک سیکل زمانی

متغیر وابسته تعیین کند (کلاتتری، ۱۳۸۹). تکنیک‌های رگرسیونی اولین بار توسط انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری استفاده شدند (باورز و هانت، ۱۹۷۰؛ سبیر و همکاران، ۱۹۹۰). با برقراری یک برنامه مؤثر نگهداری و تعمیرات، میزان هزینه‌های سرویس و نگهداری و میزان توقف ماشین به میزان قابل قبولی کاهش می‌یابد، به طوری که موجب افزایش ارزش افزوده قابل توجهی در فعالیت‌های تولیدی می‌گردد (خدابخشیان کارگر و همکاران، ۱۳۸۷). تراکتورها دارای دو نوع هزینه شامل هزینه‌های مالکیت و هزینه‌های کاربری می‌باشند. هزینه‌های تعمیر و نگهداری ۱۰ تا ۱۵ درصد کل هزینه‌های ماشینی هستند (خدابخشیان و شاکری، ۲۰۱۰؛ وفایی و همکاران، ۱۳۸۶؛ خوب بخت و همکاران، ۲۰۱۰؛ الماسی و یگانه، ۱۳۸۱) و با برقراری یک برنامه مؤثر سرویس و نگهداری می‌توان تا ۵۰ درصد مخارج تعمیرات را کاهش داد (خدابخشیان کارگر و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به این که معدود کارهای مطالعاتی انجام شده در زمینه تعمیر و نگهداری تراکتورهای کشاورزی در ایران معطوف به بیان درصد و فراوانی خرابی قسمت‌های مختلف تراکتور و برآورد ضرایب تعمیراتی بوده است؛ کارهای استنباطی در این زمینه توسعه نیافته و فقط در حد بررسی همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته بوده است. این مطالعه برای اولین بار در ایران به دنبال بررسی سهم، نقش و اثر عوامل مختلف فنی بر از کارافتادگی و خرابی تراکتور از طریق تحلیل رگرسیونی و مدل‌سازی می‌باشد. از این رو، بررسی و مطالعه نرخ خرابی تراکتور با لحاظ روش‌های مختلف نگهداری، سن تراکتور، ساعات کارکرد، نوع سرویس و نگهداری (منظم و نامنظم)، نوع کاربری و ارائه مدلی مناسب در شرایط ایران ضروری به نظر می‌رسد و یافتن زمان مناسب تعمیر و شرایط مناسب نگهداری قبل از نیاز به تعمیرات اساسی، می‌تواند در کاهش هزینه‌های تعمیر و نیز هزینه‌های فرصت از دست رفته در اثر نبود تراکتور در موقع لازم، بسیار مؤثر باشد. از

1- Bowers and Hunt

2- Sabir *et al.*

3- Khodabakhshian and Shakeri

4- Khob Bakht *et al.*

جدول ۱- متوسط سن، ساعات استفاده سالیانه، تعداد و نرخ خرابی در تراکتورهای مورد مطالعه (N=300)

نوع تراکتور	متوسط سن تراکتور (سال)	متوسط ساعات استفاده سالیانه	میانگین تعداد خرابی	نرخ خرابی (تعداد در ساعت)
مسی فرگوسن ۲۸۵	۱۱/۶۱ ± ۰/۸۷	۱۰۷۹/۱۶ ± ۶۰/۳۶	۱۴/۳۵ ± ۱/۱۳	۰/۰۱۲۲ ± ۰/۰۰۰۵۳
مسی فرگوسن ۳۹۹	۹/۷۴ ± ۰/۳۸	۱۲۲۷/۳۷ ± ۳۸/۵۵	۱۶/۴۲ ± ۰/۸۴	۰/۰۱۲۷ ± ۰/۰۰۰۴۱
جاندر ۳۱۴۰	۲۵/۰۴ ± ۰/۵۷	۱۴۶۰/۶۱ ± ۶۲/۲۵	۲۲/۴۵ ± ۱/۷۹	۰/۰۱۴۵ ± ۰/۰۰۰۶۳
یونیورسال (U650)	۲۳/۰۲ ± ۰/۳۶	۱۲۴۲/۱۳ ± ۳۰/۰۴	۲۰/۰۹ ± ۰/۹۴	۰/۰۱۵۵ ± ۰/۰۰۰۴۴

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها مقدار ساعات کارکرد سالیانه هر تراکتور مورد نیاز بود. از آنجا که کنتور (ساعت شمار) اغلب تراکتورها از کار افتاده بودند و همچنین با توجه به این نکته که در سایر موارد هم که کنتور سالم بود، عدد آن صرفاً نشان دهنده ساعات کارکرد سالیانه تراکتورها نبود از دو روش زیر استفاده شد:

(۱) با استفاده از تعداد ساعات کارکرد روزانه و شبانه، تعداد روزها و شب‌های کاری در هفته، تعداد ماه‌های کاری در سال، تعداد ساعات کارکرد سالیانه محاسبه گردید (سی و سامر^۱، ۲۰۱۱).

(۲) با توجه به این که تعویض روغن موتور این تراکتورها بعد از تعداد ساعات مشخصی انجام می‌شود، با ضرب کردن تعداد دفعات تعویض روغن در تعداد ساعات مشخص شده جهت تعویض روغن موتور، ساعات متوسط کارکرد سالیانه به دست آمد (آشتیانی عراقی، ۱۳۸۴).

جهت بررسی عوامل مؤثر بر نرخ خرابی تراکتور از مدل نشان داده شده در رابطه (۲) استفاده گردید که با یک تابع مناسب برآورد خواهد شد.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

در این رابطه y نرخ خرابی تراکتور (تعداد خرابی در ساعت)، x_1, x_2, \dots, x_n عوامل مؤثر بر نرخ خرابی تراکتور می‌باشند. برای انجام محاسبات مربوط به مقایسه میانگین، همبستگی و برآورد پارامترهای تابع از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰) استفاده گردید.

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به متوسط سن، ساعات استفاده سالیانه، تعداد و نرخ خرابی تراکتورهای مختلف در جدول ۱ آمده است. محاسبات نشان می‌دهد که بیشترین میانگین نرخ خرابی به تراکتورهای یونیورسال و پس از آن جاندر ۳۱۴۰ اختصاص دارد. متوسط نرخ خرابی در تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ و مسی فرگوسن ۳۹۹ تقریباً یکسان بود.

در بررسی رابطه متغیرهای کمی با نرخ خرابی تراکتور از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید (جدول ۲). متغیرهای گذراندن دوره آموزشی، وضعیت گواهینامه، نوع سرویس و نگهداری، وضعیت بیمه و خدمات پس از فروش با استفاده از آزمون t و متغیرهای شرایط نگهداری و شهرستان محل کار نوع کار و نوع جاده تا محل کار با استفاده از آزمون F مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۳). با بررسی مقادیر ضریب همبستگی پیرسون در جدول ۲ مشخص شد که بین سن تراکتور و ساعات استفاده سالیانه با نرخ خرابی همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. به طوری که با افزایش سن تراکتور و ساعات استفاده سالیانه، نرخ خرابی تراکتورها افزایش یافت. این یافته با نتایج لین^۲ (۲۰۰۷)، آق‌خانی و رفیعی خراسانی (۱۳۸۷) و جاکوبز و همکاران^۳ (۱۹۸۳) که نرخ خرابی در تراکتورهای مسن‌تر را نسبت به تراکتورهای با سن کمتر،

2- Lane

3- Jacobs et al.

1- Say and Sumer

تجربه و مهارت کافی، کمتر گزارش دادند، تأیید می‌کند. مقدار ضریب همبستگی سطح تحصیلات در کلیه تراکتورها بیشتر از سابقه رانندگی بود؛ بنابراین، ارتباط سطح تحصیلات با نرخ خرابی تراکتور بیش از سابقه رانندگی است. فاصله تا اولین تعمیرگاه هیچ رابطه معنی داری بر نرخ خرابی نشان نداد، زیرا ناکافی بودن تعمیرگاه ها و کمبود مکانیک‌های محلی تنها سبب طولانی تر شدن تعمیر و هزینه‌های بالا مخصوصاً در قطعات تعویضی و حمل و نقل می‌شود (پامان و همکاران، ۲۰۰۸) و رابطه‌ای با نرخ خرابی ندارد؛ اما افزایش فاصله محل پارکینگ تراکتور تا محل کار سبب افزایش معنی داری در نرخ خرابی گردید. به نظر می‌رسد که طولانی تر شدن مسیر جابه‌جایی تا مزارع مخصوصاً در جاده‌های خاکی و ناهموار به دلیل اتلاف وقت در مسیر رفت و آمد و کاربرد بیش از اندازه تراکتور سبب افزایش خرابی‌ها می‌گردد. هزینه‌های تعمیر و نگهداری سالانه نیز با افزایش نرخ خرابی تراکتور به طور معنی داری (سطح احتمال یک درصد) افزایش یافت.

مقادیر آماره‌های F و t در جدول ۳ نشان می‌دهد که بین متوسط نرخ خرابی افرادی که دوره‌های آموزشی کار با تراکتور را گذرانده بودند با افرادی که این دوره‌ها را نگذرانده بودند، در تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ و یونیورسال (U650) اختلاف معنی داری در سطح یک درصد و در تراکتورهای مسی فرگوسن ۳۹۹ در سطح پنج درصد وجود دارد، به طوری که میانگین نرخ خرابی در افراد آموزش ندیده بیش از افراد آموزش دیده بود.

این نتایج با یافته‌های آق‌خانی و رفیعی خراسانی (۱۳۸۷) که اختلاف مشهود در خرابی تراکتور بین دو گروه آموزش دیده و آموزش ندیده و نیز آدکویا و اوتونو^۲ (۱۹۹۰) که دلیل فرکانس بالای خرابی‌ها را کاربرد نادرست و نابجای تراکتور گزارش دادند، مطابقت دارد؛ اما این اختلاف در مورد تراکتور جان‌دیر ۳۱۴۰ معنی دار نشد. عدم معنی داری گواه این مطلب است که خرابی

بیشتر گزارش دادند، مطابقت دارد. نتایج مربوط به ساعات استفاده سالانه نیز با یافته‌های سی و سامر (۲۰۱۱) و پامان^۱ و همکاران (۲۰۰۸) که گزارش دادند متوسط تعداد و نرخ خرابی با افزایش ساعات استفاده سالیانه افزایش می‌یابد، همخوانی دارد. مقدار ضریب محاسبه شده سن در کلیه تراکتورها بیش از ساعت استفاده سالانه بود. زیرا یک سال سن تراکتور برابر با متوسط ساعات استفاده سالانه هر تراکتور است و یک سال افزایش در سن تراکتور موجب افزایش ساعات به میزان متوسط در یک سال می‌گردد و به همین دلیل، ارتباط سن با نرخ خرابی تراکتور بیش از ساعات استفاده سالانه است. محاسبات نشان داد که بین متغیر سابقه رانندگی و نرخ خرابی در تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵، مسی فرگوسن ۳۹۹ و یونیورسال (U650) رابطه منفی و معنی داری در سطح پنج درصد وجود داشت. این رابطه در مورد سطح تحصیلات در کلیه تراکتورهای مورد مطالعه با علامت منفی در سطح پنج درصد معنی دار بود؛ زیرا بی‌سوادی و مقاطع تحصیلی پایین‌تر، توانایی کاربران تراکتور را برای مطالعه دفترچه راهنما و فهم کلیه دستورات و آموزش‌ها محدود می‌نماید (پامان و همکاران، ۲۰۱۲). رابطه به‌دست آمده بیانگر این مطلب است که با افزایش سابقه رانندگی و سطح تحصیلات، نرخ خرابی کاهش می‌یابد؛ اما در مورد سابقه کاربران تراکتور جان‌دیر ۳۱۴۰ مقدار ضریب همبستگی پیرسون معنی دار نبود؛ این عدم معنی داری، مقاوم بودن تراکتور جان‌دیر ۳۱۴۰ را در مقابل عدم مهارت راننده و طرز استفاده آن می‌رساند؛ اما دیگر تراکتورها به تجربه کاری کاربر تراکتور واکنش نشان دادند. این مطلب نشان می‌دهد که خرابی در تراکتورهای با کاربران دارای تجربه کاری بیشتر به خاطر توانایی آن‌ها در تعمیرات یا بازرسی‌های عمده، کمتر است (پامان و همکاران، ۲۰۱۲). این نتایج یافته‌های پامان و همکاران (۲۰۰۸) را که فرکانس خرابی‌های تراکتور را در کاربران دارای

جدول ۲- بررسی همبستگی متغیرهای مورد بررسی و نرخ خرابی تراکتورهای مورد مطالعه (N=۳۰۰)

متغیر	ضرایب همبستگی پیرسون			
	یونیورسال	جان‌دیر ۳۱۴۰	مسی فرگوسن ۳۹۹	مسی فرگوسن ۲۸۵
سن تراکتور (سال)	۰/۸۱۷**	۰/۷۷۴**	۰/۷۵۸**	۰/۸۶۹**
ساعات استفاده سالیانه	۰/۶۹۱**	۰/۶۳۶**	۰/۵۱۰**	۰/۶۲۸**
هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه	۰/۳۲۲**	۰/۶۹۴**	۰/۲۹۵**	۰/۶۰۱**
فاصله تا اولین تعمیرگاه	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{ns}	۰/۰۹۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
فاصله محل پارکینگ تراکتور تا محل کار	۰/۲۱۱*	۰/۲۹۴*	۰/۲۰۳*	۰/۲۵۸*
سابقه رانندگی	-۰/۲۰۹*	-۰/۲۶۱ ^{ns}	-۰/۱۹۹*	-۰/۲۸۲*
سطح تحصیلات	-۰/۲۱۱*	-۰/۲۹۹*	-۰/۲۳۱*	-۰/۳۰۱*

***، * و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

بیش از دیگر مناطق استان بود؛ زیرا درصد رطوبت و شدت گرمای آفتاب از شمال به جنوب استان افزایش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های لین (۲۰۰۷) که گزارش داد مقادیر خرابی در مناطق جنوبی بریتانیا نسبت به شمالی بیشتر بود و در منطقه جنوب شرقی به حداکثر مقدار خود رسید، همخوانی دارد.

نرخ خرابی تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵، مسی فرگوسن ۳۹۹ و جان‌دیر ۳۱۴۰ در شرایط مختلف نگهداری با هم اختلاف معنی‌داری داشتند؛ اما این مقادیر در مورد تراکتور یونیورسال (U650) اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد؛ زیرا هر چند نقش پارکینگ به طور مشخص در میزان خرابی‌های مختلف تراکتور به خوبی دیده نشده است؛ ولی به نظر می‌رسد با نگهداری تراکتور در زیر سایبان و یا در پارکینگ، قطعات و قسمت‌های مختلف تراکتور از گزند عوامل طبیعی در امان می‌باشند که این امر در نهایت منجر به افزایش عمر و دوام آن‌ها می‌گردد بدان سبب که نگهداری ماشین‌ها در هوای روباز باعث ترک خوردگی و پارگی قطعات می‌شود (سی و سامر، ۲۰۱۱). نظر به این که استان خوزستان از مناطق گرم و خشک ایران می‌باشد، شدت گرما و نور آفتاب و نیز اخیراً پدیده گرد و غبار می‌تواند عامل بسیاری از فرسودگی‌ها و خرابی‌ها باشد. در مورد وضعیت بیمه می‌توان گفت که چون فقط یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ دارای بیمه بود، انجام آزمون

تراکتور جان‌دیر ۳۱۴۰ به آگاهی کاربر و طرز استفاده صحیح از آن مانند سابقه رانندگی بستگی ندارد. داشتن گواهینامه و نداشتن آن هیچ اختلاف معنی‌داری در نرخ خرابی تراکتور ایجاد نکرد، زیرا اکثر کاربران فاقد گواهینامه بودند. میانگین نرخ خرابی تراکتورهای دارای سرویس و نگهداری منظم به طور معنی‌داری و در سطح یک درصد کمتر از تراکتورهای دارای سرویس و نگهداری نامنظم بود. بازبینی و نگهداری پیشگیرانه و به موقع، نه تنها به کاهش خرابی‌های بزرگ و از دست رفتن زمان کمک خواهد کرد، بلکه در شناسایی خرابی‌هایی که می‌توانند با تعمیرات نسبتاً جزئی برطرف شوند، بسیار مؤثر خواهد بود (گریسو و پیتمن^۱، ۲۰۰۹). این نتایج با گزارش آنک^۲ (۱۹۹۴) و اماری و همکاران^۳ (۲۰۰۶) که دلیل اصلی خرابی‌ها را نگهداری ضعیف معرفی کردند، همخوانی دارد.

اختلاف در شهرستان محل کار، تنها موجب اختلاف معنی‌داری در نرخ خرابی تراکتور جان‌دیر ۳۱۴۰ و تراکتور یونیورسال (U650) گردید، در تراکتورهای مسی فرگوسن نیز پایین بودن مقدار نرخ خرابی در شهرستان‌های شمالی نسبت به جنوبی استان مشهود بود. نرخ خرابی در جنوب شرقی استان (شهرستان بهبهان)

1- Grisso and Pitman
2- Aneke
3- Amari et al.

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر نرخ خرابی در چهار مدل تراکتور به ازای سطوح مختلف متغیرهای ورودی با استفاده از آزمون‌های آماری F و t

متغیر	سطوح متغیر	مسی فرگوسن ۲۸۵		مسی فرگوسن ۳۹۹		جان‌دیر ۳۱۴۰		یونیورسال	
		میانگین	مقدار آماره	میانگین	مقدار آماره	میانگین	مقدار آماره	میانگین	مقدار آماره
گذراندن دوره آموزشی	آموزش دیده	۰/۰۰۸۸	۴/۱۴۴**	۰/۰۱۱۳	۲/۳۴۴*	۰/۰۱۲۲	۱/۹۵۳ ^{ns}	۰/۰۱۲	۲/۹۵۵**
	آموزش ندیده	۰/۰۱۳۳		۰/۰۱۳۴		۰/۰۱۵۲		۰/۰۱۵۹	
وضعیت گواهینامه	دارد	۰/۰۱۰۸	۰/۷۷۷ ^{ns}	۰/۰۱۱۶	۱/۴۰۲ ^{ns}	۰/۰۱۳۴	۱/۵۷۴ ^{ns}	۰/۰۱۴	۰/۵۰۱ ^{ns}
	ندارد	۰/۰۱۲۳		۰/۰۱۳		۰/۰۱۵۲		۰/۰۱۵۵	
سرویس و نگهداری	نامنظم	۰/۰۱۴۵	۸/۲۵**	۰/۰۱۳۸	۵/۷۲۴**	۰/۰۱۶	۹/۴۰۵**	۰/۰۱۶۲	۵/۹۱۴**
	منظم	۰/۰۰۸۲		۰/۰۰۸۹		۰/۰۰۹۲		۰/۰۰۸۹	
شرایط نگهداری	بدون سایبان	۰/۰۱۳۶		۰/۰۱۳۵		۰/۰۱۶۹		۰/۰۱۶۱	
	سایبان بخشی	۰/۰۱۰۹	۳/۵۰۷*	۰/۰۱۱۸	۳/۳۵۹**	۰/۰۱۵۳	۴/۶۲*	۰/۰۱۵۹	۱/۹۲۲ ^{ns}
	سایبان کامل	۰/۰۱۰۸		۰/۰۱۰۹		۰/۰۱۲۷		۰/۰۱۴۱	
	دزفول	۰/۰۱۰۷		۰/۰۱۱۵		۰/۰۱۱۶		۰/۰۱۴۹	
محل کار (شهرستان)	شوش	۰/۰۱۲۴	۱/۵۵ ^{ns}	۰/۰۱۲۹	۲/۶۷ ^{ns}	۰/۰۱۳۴	۷/۶۰۷**	۰/۰۱۴۹	۳/۱۰۱*
	اهواز	۰/۰۱۳۸		۰/۰۱۳		۰/۰۱۶۳		۰/۰۱۸۴	
وضعیت بیمه	بهبهان	۰/۰۱۳۲		۰/۰۱۶۴		۰/۰۱۸۳		۰/۰۱۸۷	
	دارد	-		۰/۰۰۷	۱/۳۶۸ ^{ns}	-		-	
	ندارد	۰/۰۱۲۲		۰/۰۱۲۷		۰/۰۱۴۵		۰/۰۱۵۵	
خدمات پس از فروش	دارد	۰/۰۰۶۲	۲/۱۶۶*	۰/۰۰۹۵	۷/۶۹۵**	-		-	
	ندارد	۰/۰۱۲۴		۰/۰۱۴۵		-		-	

***، * و NS به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

خرابی به شمار می‌آید (سی و سامر، ۲۰۱۱؛ کومار و گراس^{۱۳}، ۱۹۷۷؛ بیلنتون و آلان^{۱۴}، ۱۹۹۲). با توجه به این مطالعه، هم این مدل دارای R² بالاتری نسبت به دیگر مدل‌ها بود و هم علائم ضرایب موافق انتظار بود و به همین خاطر، مدل‌سازی در این مطالعه مطابق با تابع نمایی و از طریق رگرسیون انجام شد. ارائه مدل و تجزیه واریانس برای هر نوع تراکتور به طور جداگانه صورت گرفت. در تجزیه رگرسیونی هر چهار تراکتور، از بین کلیه متغیرهایی که همبستگی معنی‌داری با نرخ خرابی نشان دادند که تنها اثر سن تراکتور، ساعت استفاده سالانه و نوع سرویس و نگهداری معنی‌دار شد. بنابراین، مدلی مطابق رابطه (۳) برای محاسبه نرخ خرابی ارائه شد:

$$Y = a_0 \exp(a_1 A + a_2 H + a_3 S) + U \quad (3)$$

ممکن نبود. در مورد خدمات پس از فروش نیز، فقط تراکتورهای مسی فرگوسن نو دارای خدمات پس از فروش بودند و این موضوع سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری در نرخ خرابی این تراکتورها گردید. تراکتورهای جان‌دیر ۳۱۴۰ و یونیورسال (U650) فاقد این خدمات بودند و بنابراین، نرخ خرابی تراکتورهای مسی فرگوسن هم به نوع کاربری و هم به شرایط محل نگهداری حساسیت نشان داد؛ اما نرخ خرابی تراکتورهای جان‌دیر ۳۱۴۰ بیشتر از نوع کاربری، به شرایط محل نگهداری و برعکس، نرخ خرابی تراکتورهای یونیورسال (U650) بیشتر از شرایط محل نگهداری به نوع کاربری بستگی داشت. به نظر می‌رسد که علت این امر نوع طراحی کارخانه سازنده باشد.

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون داده‌های مربوط به چهار نوع تراکتور در جدول ۴ برای تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵، مسی فرگوسن ۳۹۹، جان‌دیر ۳۱۴۰، یونیورسال و کلیه تراکتورها ارائه گردیده است. تابع نمایی رایج‌ترین تابع در ارزیابی نرخ‌های

13- Kumar and Gross
14- Billinton and Allan

در اینجا Y: نرخ خرابی (تعداد خرابی بر ساعت)، A: سن تراکتور، H: ساعت استفاده سالانه، S: نوع سرویس و نگهداری (S=۰ سرویس و نگهداری نامنظم و S=۱ سرویس و نگهداری منظم)، U: مقدار خطا و a_0, a_1, a_2 و a_3 = ضرایب ثابت می‌باشند. در این مطالعه اثر ساعات استفاده سالانه، نوع سرویس و نگهداری و سن تراکتور در معادلات به دست آمده از تجزیه رگرسیونی در هر چهار مدل تراکتور مشهود است. علاوه بر این، شرکت سازنده هر تراکتور (نوع تراکتور) نیز، نشان‌دهنده طرح، کیفیت و قابلیت اطمینان آن دستگاه می‌باشد (لک و برقی، ۱۳۸۹). پارامتر تعیین کننده قابلیت اطمینان نرخ خرابی است (سی و سامر، ۲۰۱۱). از این رو، تأثیر نوع تراکتور بر نرخ خرابی به عنوان مهم‌ترین عامل در قابلیت اطمینان دستگاه در جدول ۴ به خوبی نشان داده شده است. مطابق جدول ۴ به ازای یک سال افزایش در سن تراکتور، مقدار نرخ خرابی هر کدام از تراکتورهای مسی - فرگوسن ۲۸۵، مسی فرگوسن ۳۹۹، جاندر ۳۱۴۰ و یونیورسال (U650) به ترتیب به میزان $3/79 \times 10^{-4}$ ، $6/19 \times 10^{-4}$ ، $3/76 \times 10^{-4}$ و $6/66 \times 10^{-4}$ واحد افزایش و به ازای یک ساعت افزایش در ساعات استفاده سالانه مقادیر نرخ خرابی این تراکتورها به ترتیب به میزان $3/114 \times 10^{-6}$ ، $2/54 \times 10^{-6}$ ، $2/36 \times 10^{-6}$ و $3/79 \times 10^{-6}$ واحد افزایش می‌یابد. مقادیر محاسبه شده کشش در این جداول گویای این مطلب است که به ازای یک درصد افزایش در سن تراکتورها، نرخ خرابی آنها به ترتیب به میزان ۰/۳۶، ۰/۴۷۵، ۰/۶۵ و ۰/۹۸ درصد افزایش و به ازای یک درصد افزایش در ساعات استفاده سالانه، نرخ خرابی آنها به ترتیب به میزان ۰/۲۷۵، ۰/۲۴۵، ۰/۲۳۷ و ۰/۳ درصد افزایش می‌یابد. علاوه بر این، آن دسته از تراکتورهایی که سرویس و نگهداری منظمی داشتند نسبت به آنهایی که تحت سرویس و نگهداری نامنظم بودند، به ترتیب

۰/۲۸۹، ۰/۱۹، ۰/۳۵ و ۰/۳۶۴ درصد دارای خرابی کمتری بودند. بنا بر نتایج به دست آمده، تأثیر سن تراکتور بر نرخ خرابی در تمامی تراکتورهای مورد مطالعه بیش از ساعات استفاده سالانه است. با توجه به ضرایب محاسبه شده در جدول ۴، در ازای استفاده از هر کدام از تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵، مسی فرگوسن ۳۹۹ و یونیورسال (U650) مقدار نرخ خرابی به ترتیب، به میزان ۰/۳۸۳، ۰/۴۵۳ و ۰/۱۴۳ درصد افزایش یافت. این مورد گویای این مطلب است که تأثیر استفاده از تراکتورهای مسی فرگوسن بر نرخ خرابی بیش از تراکتورهای جاندر و یونیورسال می‌باشد و در این میان تأثیر تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ بر نرخ خرابی بیش از تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ است، زیرا تراکتورهای با بالاتر بیش از تراکتورهای کوچکتر مستهلک می‌شوند (فولوسا ریرا و گوادل‌الاجارا المدا، ۲۰۰۷). فرکانس خرابی ماشین‌های کشاورزی عمدتاً تحت تأثیر ساعات کار سالانه، سیاست‌های تعمیر و نگهداری و محیط کار قرار می‌گیرد (سی و سامر، ۲۰۱۱). سرویس مرتب ماشین‌های کشاورزی و بازرسی پیوسته از آنها و انجام هر نوع تعمیر جزئی می‌تواند از بسیاری خرابی‌های حین کار بکاهد و نیز تعمیرات معمولی ماشین‌های کشاورزی که به صورت رضایت‌بخشی نگهداری شوند، بستگی به سال‌های عمر دستگاه دارد (مدرس رضوی، ۱۳۸۷). این یافته‌ها، نتایج جاکوبز و همکاران (۱۹۸۳) را که بیان داشتند خرابی و شکستگی در ماشین‌ها به خاطر نقص در طراحی، آسیب فیزیکی یا فرسودگی طبیعی در اثر افزایش سن، کم توجهی و نبود نگهداری برنامه‌ریزی شده و منظم بیشتر می‌شود، تأیید می‌کند.

جدول ۴- نتایج حاصل از برآورد رگرسیون گام به گام داده‌های مربوط به تراکتورهای مورد مطالعه

نوع تراکتور	ضرایب رگرسیون	ضرایب استاندارد نشده	شیب	کش
	عرض از مبدأ	۰/۰۰۷۸ ^{**}	-	-
مسی فرگوسن ۲۸۵	سن تراکتور	۳/۱۱۱×۱۰ ^{-۲} ^{**}	۳/۷۹×۱۰ ^{-۴}	۰/۳۶
	ساعات استفاده سالانه	۲/۵۵۳×۱۰ ^{-۴} ^{**}	۳/۱۱۴×۱۰ ^{-۶}	۰/۲۷۵
	نوع سرویس و نگهداری	-۰/۲۸۹ ^{**}	-	-
		$F = ۱۵/۷۶^{**}$ و $R^2 = ۰/۸۸۲$		
	عرض از مبدأ	۰/۰۰۶۱ ^{**}	-	-
مسی فرگوسن ۳۹۹	سن تراکتور	۴/۸۷۷×۱۰ ^{-۲} ^{**}	۶/۱۹×۱۰ ^{-۴}	۰/۴۷۵
	ساعات استفاده سالانه	۲/۰۰۲×۱۰ ^{-۴} ^{**}	۲/۵۴×۱۰ ^{-۶}	۰/۲۴۵
	نوع سرویس و نگهداری	-۰/۱۹ ^{**}	-	-
		$F = ۱۲/۸۱۶^{**}$ و $R^2 = ۰/۷۶$		
	عرض از مبدأ	۰/۰۰۶۴ ^{**}	-	-
جان‌دیر ۳۱۴۰	سن تراکتور	۲/۵۹۹×۱۰ ^{-۲} ^{**}	۳/۷۶×۱۰ ^{-۴}	۰/۶۵
	ساعات استفاده سالانه	۱/۶۲۷×۱۰ ^{-۴} [*]	۲/۳۶×۱۰ ^{-۶}	۰/۲۳۷
	نوع سرویس و نگهداری	-۰/۳۵ ^{**}	-	-
		$F = ۱۴/۶۸۹^{**}$ و $R^2 = ۰/۸۹$		
	عرض از مبدأ	۰/۰۰۴۸ ^{**}	-	-
یونیورسال (U۶۵۰)	سن تراکتور	۴/۲۹۱×۱۰ ^{-۲} ^{**}	۶/۶۶×۱۰ ^{-۴}	۰/۹۸
	ساعات استفاده سالانه	۲/۴۴۴×۱۰ ^{-۴} ^{**}	۳/۷۹×۱۰ ^{-۶}	۰/۳
	نوع سرویس و نگهداری	-۰/۳۶۴ ^{**}	-	-
		$F = ۲۱/۹۴۴^{**}$ و $R^2 = ۰/۸۴۹$		
	عرض از مبدأ	۰/۰۰۴۸ ^{**}	-	-
کلیه تراکتورهای مورد مطالعه	سن تراکتور	۳/۶۶۲×۱۰ ^{-۲} ^{**}	۵×۱۰ ^{-۴}	۰/۶
	ساعات استفاده سالانه	۱/۹۵×۱۰ ^{-۴} ^{**}	۲/۶۷×۱۰ ^{-۶}	۰/۲۴
	نوع سرویس و نگهداری	-۰/۲۵۲ ^{**}	-	-
		$F = ۵۱^{**}$ و $R^2 = ۰/۷۹۴$		
	تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵	۰/۳۸۳ ^{**}	-	-
	تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹	۰/۴۵۳ ^{**}	-	-
	تراکتور یونیورسال (U۶۵۰)	۰/۱۴۳ ^{**}	-	-

***، * و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

نتیجه‌گیری

می‌باشد و در این میان، اثر سن و نوع سرویس و نگهداری در همه تراکتورها جز تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ بیش از ساعات استفاده سالیانه بود. در مورد تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ اثر سن و ساعات استفاده سالیانه بیش از نوع سرویس و نگهداری بود. بالاتر بودن ضرایب رگرسیون مربوط به نوع تراکتور در تراکتورهای مسی فرگوسن نسبت به دیگر تراکتورها نشان داد که بالا بودن متوسط نرخ خرابی در تراکتورهای یونیورسال و جان‌دیر در اثر افزایش سن و فرسودگی آنهاست، اما دلیل آن در تراکتورهای مسی فرگوسن به طراحی کارخانه سازنده

کلیه متغیرهای مورد بررسی شامل نوع تراکتور، محل کار، سطح تحصیلات کاربر، دوره‌های آموزشی کار با تراکتور، سابقه رانندگی، نوع سرویس و نگهداری، شرایط نگهداری، فاصله محل پارکینگ تراکتور تا محل کار، سن دستگاه و ساعات استفاده سالیانه از آن با خرابی تراکتورها رابطه معنی‌داری دارند، اما نرخ خرابی تنها توسط سه متغیر سن تراکتور، ساعت استفاده سالیانه و نوع سرویس و نگهداری و از طریق توزیع نمایی در هر چهار نوع تراکتور قابل بررسی

برمی گردد. علاوه بر این، اثر استفاده از تراکتور مسی فرگوسن بالاترین از تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ می باشد. ۳۹۹ بر نرخ خرابی به دلیل مستهلک شدن تراکتورها با توان

منابع

۱. آشتیانی عراقی، ع. ر. ۱۳۸۴. مدل ریاضی بهینه برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای شرکت زراعی دشت ناز مازندران. مجله علمی - پژوهشی دانش کشاورزی، (۱۵): ۴-۱۱۲-۱۰۱.
 ۲. آق خانی، م. ح. و رفیعی خراسانی، م. ۱۳۸۷. تحلیل و بررسی خرابی ها و عیوب تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ به روش آماری. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. ۶ و ۷ شهریور ماه ۱۳۸۷. دانشگاه فردوسی مشهد، ص. ۹-۱.
 ۳. الماسی، م. و یگانه، ح. م. 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، جلد ۳۳ (۴): ۷۰۷-۷۱۶.
 ۴. حاج شیر محمدی، ع. ۱۳۸۳. برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات. اصفهان. انتشارات غزل. چاپ نهم. ۴۸۷ صفحه.
 ۵. خدابخشیان کارگر، ر.، شاکری، م. و برادران مطیع، ج. ۱۳۸۷. مهندسی نت پیشگیرانه و پایش وضعیت در ماشین های راه سازی. پنجمین کنفرانس بین المللی نگهداری و تعمیرات. ۷ و ۸ آبان ماه ۱۳۸۷. تهران. انجمن نگهداری و تعمیرات ایران. ص. ۴۴-۵۴.
 ۶. روحانی، ع. رنجبر، الف، عجب شیرچی، ی.، عباسپورفرد، م. ح. و ولیزاده، م. ۱۳۸۸. پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور دو چرخ محرک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن با رگرسیون. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۶ (۱): ۲۲۵-۲۳۵.
 ۷. کلانتری، خ. ۱۳۸۹. پردازش و تحلیل داده ها در تحقیقات اجتماعی - اقتصادی. تهران. انتشارات فرهنگ صبا. ۳۸۸ ص.
 ۸. لک، م. ب. و برقی، س. ع. م. ۱۳۸۹. انتخاب تراکتور مناسب بر مبنای تصمیم گیری چند معیاری - مطالعه موردی استان همدان. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. ۲۴ و ۲۵ شهریور ماه ۱۳۸۹. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج).
 ۹. مدرس رضوی، م. ۱۳۸۷. مدیریت ماشین های کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. چاپ اول. ۲۷۹ ص.
 ۱۰. وفایی، م. ر.، مشهدی میغانی، ح. و برقی، ع. م. ۱۳۸۶. تعیین مدل ریاضی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای نیولند مدل TM155 و الترا ۸۴۰۰ در استان های مرکزی و فارس. مجله یافته های نوین کشاورزی، (۲): ۱۹۰-۱۹۹.
11. Adekoya, L.O., and Otono, P.A. 1990. Repair and maintenance costs of agricultural tractors in Nigeria. *Tropical Agriculture*, 67(2):119-122.
 12. Amari, V., McLaughlin, L., and Pham, H. 2006. Cost-effective condition-based maintenance using Markov decision processes. *Reliability and Maintainability Symposium 2006 (RAMS '06)*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Conference Publications: 464-469.

13. Aneke, D.O. 1994. A survey of farm power problem in Nigeria. *Applied Engineering in Agriculture*, 10(5): 623-626.
14. Billinton, R. and Allan, R.N. 1992. *Reliability evaluation of engineering systems (concepts and techniques)*. Plenum Press, New York, 453 p.
15. Bowers, W., and Hunt, D.R. 1970. Application of mathematical formula to repair cost data. *Transactions of the ASAE*, 13: 806-809.
16. Fenollosa Ribera, M.L. and Guadalajara Olmeda, N. 2007. An empirical depreciation model for agricultural tractors in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(2): 130-141.
17. Grisso, R. D. and Pitman, R. 2009. Five strategies for extending machinery life. Extension Engineer, Biological Systems Engineering Department. University of Nebraska, USA.
18. Jacobs, C.O., Harrell, W.R. and Shinn, G.C. 1983. *Agricultural power and machinery*. McGraw-Hill Inc., New York.
19. Khob Bakht, G., Ahmadi, H., and Akram, A. 2010. Determination of optimum life for MF285 tractor based on repair and maintenance costs: a case study in center region of Iran. *Journal of Agricultural Technology*, 6(4): 673-686.
20. Khodabakhshian, R., and Shakeri, M. 2011. Prediction of repair and maintenance costs of farm tractors by using of preventive maintenance. *International Journal of Agriculture Sciences*, 3(1): 39-44.
21. Kumar, R.J., and Gross, R. 1977. A study of combine harvester reliability. *Transactions of the ASAE*, 20(1): 30-34.
22. Lane, P. 2007. *Evaluation of the mechanical condition of agricultural vehicles*. BAGMA Cranfield University. 37 p.
23. Paman, U., Uchida, S., Inaba, S., and Kojima, T. 2008. Causes of tractor breakdowns and requisite solutions a case study of small tractor use in Riau Province, Indonesia. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development (AJSTD)*. 25 (1): 27-36.
24. Paman, U., Uchida, S., and Inaba, S. 2012. Operators' capability and facilities availability for repair and maintenance of small tractors in Riau Province, Indonesia: a case study. *Journal of Agricultural Sciences*. 4(3): 71-78.
25. Sabir, M.S., Zaidi, M.A., and Sheikh, G.S. 1990. Mathematical model for repair and maintenance costs of agricultural machinery. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 27(1): 30-33.
26. Say, S.M., and Sumer, S.K. 2011. Failure rate analysis of cereal combined drills. *African Journal of Agricultural Research*, 6(6): 1322-1329.