نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد 22 شماره 4/ سال 1391

مدل‌سازی ریاضی هزینه‌های نگهداری و تحلیل عمر مفید اقتصادی تراکتورهای کشاورزی (مطالعه موردی استان آذربایجان‌غربی)

شرمین کریمی[1*]، ترحم مصری گندشمین[2] و نصرت الله خادم‌الحسینی[3]

تاریخ دریافت: 89/3/24 تاریخ پذیرش: 91/3/1

1-دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

2- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

3- استادیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

*مسئول مکاتبه Sharmin_karimi2000@yahoo.com

چکیده

از عوامل مهم در مدیریت ماشین‌ها، تخمین عمر مفید ماشین است. تصمیم به جایگزینی یک ماشین کشاورزی، علاوه بر امر مدیریتی یک تصمیم اقتصادی در سیستم‌های مکانیزه کشاورزی نیز می‌باشد. هزینه‌های تعمیر و نگهداری که متأثر از عمر تراکتور، ساعات کارکرد و نحوه استفاده از آن می‌باشد، در تعیین عمر بهینه اقتصادی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در کشورهای صنعتی، برای جلوگیری از هدررفت سرمایه، هزینه‌های نگهداری و عمر مفید ماشین‌های کشاورزی سالانه تعیین شده و به صورت جداولی ارائه می‌گردد. در راستای بهینه‌سازی استفاده از سرمایه و ماشین و به منظور برآورد عمر مفید تراکتورهای کشاورزی، با لحاظ نمودن هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی و مدل‌های هزینه‌ای مناسب، مطالعه‌ای روی تراکتورهای متداول در استان آذربایجان‌غربی، شامل تراکتورهای مسی‌فرگوسن 285، مسی‌فرگوسن 399 و یونیورسال (U650) انجام پذیرفت. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل هزینه‌های تعمیر و نگهداری، ساعات کارکرد سالانه و همچنین قیمت اولیه تراکتورها می‌باشد. میزان سودسرمایه و استهلاک انباشته و در نتیجه هزینه‌های سرمایه‌ای و تعمیر و نگهداری انباشته برای هر مدل تراکتور محاسبه شد و عمر اقتصادی تراکتورها تعیین گردید. در نهایت منحنی‌های هزینه سرمایه‌ای در مقابل سن کارکرد تراکتورها به سال، رسم شد. اصولاً، هزینه کل تجمعی به ازای هر واحد کار برای یک تراکتور، تا نقطه معینی از عمر آن، دارای حالتی نزولی است و از آن نقطه به بعد، روندی صعودی پیدا خواهد کرد. سالی که حداقل هزینه کل تجمعی را داشته باشد، از نظر اقتصادی، بهترین زمان برای جایگزین کردن ماشین می‌باشد. پایان سال نهم، دهم و سیزدهم به ترتیب برای تراکتورهای یونیورسال (U650)، مسی فرگوسن 399 و مسی فرگوسن 285 به عنوان زمان بهینه برای جایگزینی این مدل تراکتورها، پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: استان آذربایجان‌غربی، تراکتور، سن جایگزینی، عمر مفید اقتصادی

Determining and analyses Economic useful Life for Agricultural tractors in the West Azerbaijan province

Sh Karimi[1*], T Mesri Gundoshmian[2] and N Khadem Alhossein[3]

Received: June 14, 2010 Accepted: May 21, 2012
[1]PhD Student of Agricultural Mechanization Engineering, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran.
[2]Assist Prof, Agricultural Machinery Engineering Department, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
[3]Agricultural Mechanization Engineering Department, ramin niversity, ahvaz, khoozestan, Iran
* Corresponding Author: Sharmin_karimi2000@yahoo.com

Abstract

Estimating useful life of agricultural machines is the main factor in applications of these devices. Decision making about replacement of used farm equipment is one of the important items in farm machinery management. Repair and maintenance costs are related to tractor age and using hours. The useful life for all agricultural machines set was produced the tables in developed countries. This study was conducted to estimate useful life for agricultural tractors to estimate the repair and maintenance cost and suitable mathematical model in the West Azerbaijan province. The popular model in this area includes three models Massey Ferguson 285, Massey Ferguson 399 and universal U650. Obtained data was including, repair and maintenance costs, annual usage in the hours and initial purchase price. Amount of accumulated depreciation and capital and profits as accumulated capital costs and maintenance tractors calculated for each model and economic life of tractor, respectively.

Keywords: Economic useful life, Replacement age, Tractor, West Azerbaijan province

مقدمه

توسعه مکانیزاسیون کشاورزی تا حدود زیادی تابع میزان و چگونگی بکارگیری منبع تولید توان می‌باشد. تراکتور به عنوان متداول‌ترین و مهم‌ترین منبع تولید توان در کشاورزی مکانیزه محسوب شده و کاربرد آن در اجرای عملیات کشاورزی مکانیزه ، نقش اساسی و ارزنده‌ای دارد (رنجبر 1375). نگهداری و ثبت دقیق هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات کشاورزی، بخش تفکیک ناپذیری از مدیریت ماشین‌های کشاورزی است. مدیران، به علت زمان محدود در دسترس برای انجام عملیات به دنبال ماشین‌هایی با قابلیت اطمینان بالا می‌باشند تا تعداد خرابی ماشین کاهش و قابلیت در دسترس بودن آن افزایش یابد. از آنجا که هزینه‌های تعمیر و نگهداری به‌شدت وابسته به شرایط موجود از قبیل آب و هوا و سطح کیفی مدیریت و غیره است، داده‌های بدست آمده از این هزینه‌ها دارای انحراف معیار بالایی بوده و تقریبا هیچ مدل ریاضی نمی‌تواند بطور خیلی دقیق روند تغییرات آن را پیش‌بینی کند علیرغم آن هزینه‌های تعمیر و نگهداری با افزایش عمر ماشین روند صعودی پیدا می‌کند و نقش بسیار مهمی در تعیین عمر مفید اقتصادی ماشین ایفا می‌کند (لازاروس 2002).

هزینه‌های تعمیر و نگهداری در ابتدای عمر ماشین تقریبا صفر می‌باشد، زیرا هم ماشین نو بوده و هم می‌تواند از خدمات گارانتی استفاده کند ولی با افزایش عمر، ماشین نیاز به تعمیرات بیشتری داشته که روند آن صعودی است. در محدوده خارج از عمر مفید هزینه‌های تعمیر و نگهداری به شدت بالا می‌رود. از طرف دیگر ماشین مرتباً بر اثر خرابی‌های مکرر ناشی از فرسودگی بیش از حد متوقف می‌شود و از کار خود باز می‌ماند و نمی‌تواند وظیفه خود را در موعد مقرر انجام دهد. این امر موجب افزایش قابل ملاحظه در هزینه‌های به موقع نبودن انجام عملیات مکانیزه و در نتیجه غیراقتصادی شدن تولید می‌شود (عدلی و همکاران 1382). برای تعیین عمر مفید اقتصادی یا به عبارتی سن جایگزینی یک ماشین کشاورزی، دانستن مقدار هزینه‌های استهلاک و سود سرمایه سالیانه و نیز هزینه‌های تعمیر و نگهداری آن ماشین ضروری است. با تقسیم این سه هزینه به صورت تجمعی بر کارکرد تجمعی ماشین، هزینه کل تجمعی در هر واحد کار ماشین به دست می‌آید. اصولاً، هزینه کل تجمعی به ازای هر واحد کار برای یک تراکتور، تا نقطه معینی از عمر آن، دارای حالتی نزولی است و از آن نقطه به بعد، روندی صعودی پیدا خواهد کرد. سالی که حداقل هزینه کل تجمعی را داشته باشد، از نظر اقتصادی، بهترین زمان برای جایگزین کردن ماشین می‌باشد (وارد 1985).

در این مطالعه با استفاده از نتایج مدل‌های ریاضی تعیین شده جهت برآورد هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای متداول در استان آذربایجان غربی و نیز سایر داده‌ها، عمر مفید برای تراکتورهای متداول استان محاسبه شده است. نتایج حاصل از این تحقیق مدیران را قادر می‌سازد تا در مورد تعویض و جایگزینی ماشین‌آلات به موقع برنامه‌ریزی و اقدام کنند. همچنین با تعیین عمر مفید ماشین‌ها محاسبه شاخص‌های مکانیزاسیون از جمله سطح مکانیزاسیون به سهولت انجام می‌گیرد که در نتیجه با بکارگرفتن ماشین‌آلات در محدوده عمر مفید آنها از هزینه‌های ناشی از خراب شدن ماشین‌ها در فصل کار و خسارت‌های ناشی از عدم انجام بموقع عملیات پیشگیری خواهد شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه سعی شد از شرکت‌های خصوصی مکانیزاسیون کشاورزی در سطح استان استفاده شود. در این میان شرکت‌هایی محدود، اطلاعات مربوط به هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورها را ثبت کرده بودند که در این تحقیق از اطلاعات این شرکت‌ها استفاده شد. برای انجام این تحقیق پرسشنامه‌هایی تهیه و اطلاعات لازم در خصوص هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورها جمع‌آوری گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده عبارتند از: نوع و تعداد تراکتورهای موجود در شرکت، قیمت اولیه و سال خرید تراکتورها، ارزش لوازم یدکی به کار رفته در تعمیر و نگهداری سالانه تراکتورها، هزینه روغن و گریس مصرف شده در عملیات تعمیر و نگهداری، میزان دستمزد پرداخت شده جهت انواع تعمیرات اساسی و غیراساسی و نیز سرویس و نگهداری، هزینه مربوط برای کاربران تراکتورها و کارکرد بر حسب ساعت در دوره‌های زمانی مشخص. برای این منظور ابتدا آمار مربوط به انواع تراکتورهای موجود در این شرکت‌ها و تعداد هر نوع تراکتور و هزینه‌های تعمیر و نگهداری طی دوره‌های مختلف کارکرد هر تراکتور استخراج گردید. سپس اطلاعات مربوط به مصارف سوخت و روغن با احتساب نوع روغن مصرفی از امور مالی حسابداری صنعتی شرکتها دریافت شد. از این میان هزینه‌های تعمیر و نگهداری، 3 مدل تراکتور مسی‌فرگوسن 285، مسی‌فرگوسن 399 و یونیورسال (U650)، که از نظر تعداد، قدمت کاری و دقت ثبت داده‌ها، وضعیت بهتری داشتند، مورد بررسی قرار گرفتند. 45 دستگاه تراکتور

تحت مطالعه، از نظر سنی، دارای وضعیت یکسانی نبودند بنابراین در زیر گروه‌های سنی زیر قرار گرفتند:

الف: زیر گروه سنی 18 سال شامل 17 دستگاه تراکتور

ب: زیر گروه سنی 6 سال شامل 7 دستگاه تراکتور

ج: زیر گروه سنی 8 سال شامل 7 دستگاه تراکتور

د: زیر گروه سنی 4 سال شامل 9 دستگاه تراکتور

ه: زیر گروه سنی 2 سال شامل 5 دستگاه تراکتور

برای حذف تاثیر تورم در میزان هزینه سال‌های مختلف (اعم از هزینه‌های لوازم یدکی، دستمزدها و هزینه‌های مواد مصرفی)، کلیه قیمت‌ها بر مبنای قیمت سال مالی 1386 محاسبه گردید. قیمت اولیه تراکتورها نیز همگی بر مبنای قیمت‌های سال 1386 و از بنگاه توسعه ماشین‌های کشاورزی استخراج گردید. برای پیدا کردن ساعات کارکرد سالیانه این تراکتورها از تعداد دفعات تعویض روغن در عرض یک سال استفاده شد. با توجه به اینکه تعویض روغن موتور این تراکتورها بعد از تعداد ساعات مشخصی انجام می‌شود، با تقسیم کردن مصرف روغن موتور سالیانه بر حجم مخزن روغن تراکتور، تعداد دفعات تعویض روغن در عرض یک سال به دست آمده و در نهایت با ضرب کردن این عدد در تعداد ساعات مشخص شده جهت تعویض روغن موتور، ساعات متوسط کارکرد سالیانه به دست آمد (آشتیانی‌عراقی 1384).

برازش مدلهای آماری و برآورد ضرایب آنها، یک بار به تفکیک مدل هر تراکتور و یک بار دیگر نیز برای کلیه 45 دستگاه تراکتور موجود در نمونه تحت مطالعه، به صورت یکجا انجام گردید. به منظور به دست آوردن بهترین مدل ریاضی جهت پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای تحت مطالعه، در ابتدا کل هزینه‌های صرف شده برای امور تعمیر و نگهداری تراکتورها در سال اول کارکرد، اعم از هزینه قطعات یدکی، مواد مصرفی و نیز دستمزد تعمیرات، برای هر تراکتور به صورت جداگانه محاسبه شد.

در مورد ساعات کارکرد تراکتورها، تاثیر جانبی وجود نداشته و با محاسبه مقادیر متوسط کارکرد سالانه در هر گروه و جمع کردن این ساعات کارکرد متوسط برای سال‌های مختلف، مقدار تجمعی ساعات کارکرد مشخص می‌شود. عمر مبنا جهت محاسبه درصد ساعات کار تجمعی بر حسب آن عمر، با توجه به مقادیر ارائه شده در سایر تحقیقات و نیز مقدار توصیه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی، برابر 10,000 ساعت در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که این عمر مبنا تعیین‌کننده گستره تغییرات زمانی در فرمول ریاضی مورد نظر خواهد بود و تاثیری در نتایج حاصل از فرمول استخراج شده نخواهد داشت (ASAE، 2000).

سری بعدی داده‌ها شامل هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی و ساعات کارکرد تجمعی تراکتورها در پایان سال دوم کارکرد آنها بود که از جمع کردن هزینه‌ها و ساعات کارکرد سال دوم با سری اول داده‌ها که مربوط به سال پیش از آن یعنی سال اول بودند، به دست آمد. این روند، یعنی جمع کردن داده‌های مربوط به هر سال با داده‌های سری پیش از آن، تا اتمام داده‌های آخرین سال مطالعه شده، ادامه یافت (موریس، 1988). با استفاده از هزینه‌های تجمعی تعمیرات و نگهداری و قیمت خرید تراکتور نو، مقادیر درصدی هزینه‌های تعمیر تجمعی بر مبنای قیمت خرید اولیه محاسبه شد. جهت برازش داده‌ها با مدل‌های ریاضی و تجزیه رگرسیون، از چهار مدل ساده و دو مدل توانی به ترتیب ذیل استفاده شد:

1. مدل خطی $Y = a + bx$
2. مدل نمایی $Y = Exp\ (a + bx)$
3. مدل معکوس $1/Y = a + bx$
4. مدل توانی $Y = ax^b$
5. مدل درجه دوم $Y = a + bx + cx^2$
6. مدل درجه سوم $Y = a + bx + cx^2 + dx^3$

در ساختارهای مذکور حرف x بیانگر متغیر مستقل ساعات کارکرد تجمعی و حرف Y بیانگر متغیر وابسته

هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی بر حسب درصدی از قیمت اولیه ماشین می‌باشد. با تجزیه رگرسیون برای هر مدل، با استفاده از مقادیر داده‌های موجود، مناسب‌ترین مدل ریاضی با مقایسه مقادیر ضریب تبیین (R^2)، ضریب همبستگی و F مربوط به هر مدل، استخراج گردید. برازش مدل‌ها و تجزیه رگرسیون داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS انجام شد.

هزینه استهلاک و روش محاسبه آن

هزینه استهلاک سالیانه، با استفاده از روش تعادل نزولی (کاهش با درصد ثابت)، بر طبق روابط (1) و (2) محاسبه گردید (هانت 2001).

$$D_n = V_{n-1} - V_n \qquad [1]$$

$$V_n = P(1-r)^n \qquad [2]$$

که در آنها:

D_n: میزان استهلاک سرمایه در سال n ام بر حسب ریال

V_n: ارزش باقی مانده ماشین در پایان سال n ام

P: قیمت اولیه ماشین

n: عمر ماشین در سال محاسبه

r: ضریب استهلاک

مزیت استفاده از این فرمول در مقایسه با سایر روش‌ها مانند روش مجموع ارقام سال‌های عمر مفید این است که در روش‌های مزبور نیاز به اطلاعاتی مانند عمر مفید تراکتور و قیمت ماشین اسقاطی می‌باشد که در این مطالعه در دسترس نبودند. نسبت استهلاک یا ضریب استهلاک به عمر مفید ماشین، با استناد به ارقام اعلام شده از سوی بانک کشاورزی، 0/15 برآورد شد.

سود سرمایه و روش محاسبه آن

محاسبه سود سرمایه، با استفاده از رابطه (3) انجام گرفت (هانت 2001).

$$I = i \times V_n \qquad [3]$$

که در آن:

Vn : ارزش ماشین در ابتدای سال n ام (ریال)

I : سود سرمایه سالیانه در سال n ام

i : نرخ بهره رایج

نرخ بهره قابل استناد، نرخ رایج در سیستم بانکی کشور درنظر گرفته شد که مقدار آن برای سال 1386 معادل 16% گزارش شده است.

مقادیر سالانه استهلاک و سود سرمایه برای سال‌های مختلف کارکرد تراکتورمحاسبه شد. بعد از محاسبه استهلاک و سود سرمایه هر یک از تراکتورها در سال اول عمر کاری آنها، سری بعدی داده‌ها شامل هزینه های استهلاک و سود سرمایه تراکتورها در پایان سال دوم کارکرد آنها بود که از جمع کردن سال دوم با سری اول داده‌ها که مربوط به سال پیش از آن یعنی سال اول بودند، به دست آمد. این روند، یعنی جمع کردن داده‌های مربوط به هر سال با داده‌های سری پیش از آن، تا اتمام داده‌های آخرین سال مطالعه شده، ادامه یافت و به این ترتیب هزینه های استهلاک و سود سرمایه انباشته بدست آمد. هزینه های سرمایه ای نیز از مجموع هزینه های استهلاک و سود سرمایه هر سال بدست آمد. در نهایت برای داشتن هزینه سرمایه‌ی انباشته، مقادیر مربوط به هزینه سرمایه‌ای سال آخر با سال ما قبل خود جمع شد و این روند تا سال اول کارکرد تراکتورها ادامه یافت. هزینه سرمایه‌ای انباشته بر عکس هزینه‌های تعمیر و نگهداری روند نزولی داشته و در سال‌های اولیه عمر ماشین بیشتر از سال‌های انتهایی می‌باشد. برای انجام این محاسبات از روش وارد و همکاران (1985) و یگانه (1381) استفاده شد. نتایج حاصل، بصورت جداولی تهیه شد. همچنین مقدار هزینه‌های تعمیر و نگهداری سالیانه تراکتورها تعیین شده و پس از آن، تک‌تک این هزینه‌ها تا آخرین سال مطالعه، به صورت تجمعی مرتب شدند.

منحنی‌های هزینه سرمایه‌ای در مقابل سن کارکرد تراکتورها به سال استخراج گردید. همچنین با داشتن مقادیر تجمعی هزینه‌های تعمیرات، منحنی این هزینه‌ها به دست آمد و سپس منحنی هزینه کل بر حسب سال-های کارکرد تراکتور که از مجموع هزینه سرمایه‌ای و هزینه تعمیرات تجمعی به دست می‌آید، استخراج شد. با بررسی روند تغییرات منحنی هزینه کل بدست آمده، نقطه کمینه این منحنی به عنوان نقطه سر به سر برای تعیین عمر مفید هر سه نوع تراکتور انتخاب گردید (ASAE 2000).

نتایج و بحث

در این تحقیق با استفاده از نتایج مدل‌های ریاضی ارائه شده در مطالعات قبلی، هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای متداول در استان آذربایجان‌غربی برآورد شد (کریمی 1387). این اطلاعات به صورت جداول 1، 2 و 3 و برای ساعات کارکرد انباشته از 1,000 تا 20,000 ساعت، ارائه شده است.

عمر مفید و سن مناسب جایگزینی تراکتورهای مسی‌فرگوسن 285

مدل توانی (4) جهت تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری این نوع از تراکتورها به شکل ذیل برازش شد:

$$Y = 0/4567\left(\frac{X}{100}\right)^{0/0197} \qquad [4]$$

در این رابطه Y هزینه‌های تعمیر و نگهداری انباشته به صورت درصدی از قیمت اولیه ماشین است. با توجه به مدل و ضرایب تعمیراتی به دست آمده برای این نوع از تراکتورها، هزینه‌های تعمیر و نگهداری انباشته برای سال‌های مختلف کارکرد، محاسبه شد. مدل این تحقیق هزینه‌های تعمیر و نگهداری را از مدل‌های مشابه خارجی کمتر پیش‌بینی می‌کند. دلیل عمده پایین بودن هزینه‌های پیش‌بینی شده نسبت به مدل‌های خارجی مشابه را می‌توان به پایین بودن دستمزد تعمیراتی در ایران نسبت داد. ضریب a بیانگر مقادیر کمی هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین‌های کشاورزی بوده و ضریب b نشانگر چگونگی بروز این هزینه‌ها در طول عمر ماشین‌آلات است. در نتیجه کاهش یا افزایش ضریب b در یک ساختار، باعث تغییر وقوع اکثر هزینه‌های معمول در اوایل عمر ماشین می‌شود، یعنی در صورت کاهش این ضریب اکثر هزینه‌ها در اوایل کارکرد ماشین به آن تحمیل می‌شود. با توجه به مدل ارائه شده برای کلیه تراکتورها، مقدار ضریب b به دست آمده در این تحقیق، پائین‌تر از سایر منابع بوده و به همین علت وقوع اکثر هزینه‌ها در اوایل عمر ماشین اتفاق افتاده است. نتیجه فوق تحقیقات طاهری (1376)، شریفی (1378)، یگانه (1381) و آشتیانی‌عراقی (1384) که به وجود رابطه توانی بین هزینه‌های تعمیرات و نگهداری تجمعی و ساعات کارکرد تجمعی تاکید داشتند را هر چه بیشتر تایید می‌کند.

همچنین در برازش این مدل، هزینه‌های استهلاک سالانه و هزینه‌های تعمیر و نگهداری بر مبنای قیمت پایه سال 86 تعیین شد تا اثرات تورم خنثی شود. قیمت تراکتور مسی‌فرگوسن 285 در سال 1386 بر اساس اطلاعات مربوط به بنگاه توسعه ماشین‌های کشاورزی 107,000,000 ریال بود. سود سرمایه با اعمال نرخ بهره 16% مصوب سال 86 بانک کشاورزی محاسبه شد. نتیجه محاسبات و اطلاعات مربوطه و با احتساب مقدار هزینه‌های کل و ساعات کارکرد به صورت تجمعی در جدول (1) درج شده است.

با توجه به جدول (1) مشاهده می‌شود که هزینه‌های کل انباشته تا سال سیزدهم کارکرد، روند نزولی داشته و از سال سیزدهم عمر به بعد، روند صعودی پیدا می‌کند. تغییرات هزینه‌های کل (مجموع هزینه‌های سرمایه‌ای انباشته و هزینه‌های تعمیر و نگهداری انباشته) بیشتر به دلیل تاثیرات متقابل هزینه‌های سرمایه‌ای در سال‌های اولیه عمر تراکتور، روند نزولی داشته و با افزایش ساعات کارکرد انباشته،

چون هزینه‌های تعمیر و نگهداری افزایش می‌یابد، این هزینه نیز روند صعودی پیدا می‌کند.

عمر مفید و سن مناسب جایگزینی تراکتورهای یونیورسال (U650)

تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری این نوع از تراکتورها با استفاده از فرمول (5) انجام گرفت:

$$Y = 0/847485\left(\frac{X}{100}\right)^{1/007788} \qquad [5]$$

نرخ بهره برای محاسبه سود سرمایه 16% در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه تراکتورهای یونیورسال (U650) در سال 1369 خریداری شده‌اند و این نوع از تراکتورها دیگر در کشور تولید نمی‌شوند، بنابراین قیمت این نوع از تراکتورها با توجه به نرخ تورم و اثر آن در قیمت تراکتور به دست آمد (عدلی، 1382). در مورد تراکتور مسی‌فرگوسن 285 قیمت آن در سال 1369، 2,100,000 ریال و در سال 1386، 107,000,000 ریال بوده است. بنابراین طی این 17 سال طبق رابطه (6)، نرخ تورم برای اصلاح قیمت تراکتور 25/86 درصد اعمال شد.

$$(1+i)^{17} = \frac{107000000-2100000}{2100000} = 49/95$$
$$i = 49/95 \qquad [6]$$

قیمت تراکتور یونیورسال (U650) در سال 1369، 2500000 ریال بوده است. بنابراین با توجه به نرخ تورم 25/86 درصدی، قیمت سال 86 معادل 124750000 ریال برآورد شد. جدول (2) با در نظر گرفتن این اطلاعات تنظیم گردید. با توجه به جدول (2) مشاهده می‌شود که هزینه‌های کل انباشته تا سال نهم کارکرد روند نزولی داشته و از سال دهم یکنواخت شده و پس از آن روند صعودی به خود می‌گیرد.

از آنجایی که از نظر اقتصادی، سال دارای حداقل مقدار هزینه کل تجمعی بهترین زمان جهت جایگزینی ماشین محسوب می‌شود، پایان سال نهم برای تراکتورهای یونیورسال (U650) به عنوان زمان بهینه برای جایگزینی این مدل تراکتور، پیشنهاد می‌گردد.

عمر مفید و سن مناسب جایگزینی تراکتورهای مسی‌فرگوسن 399

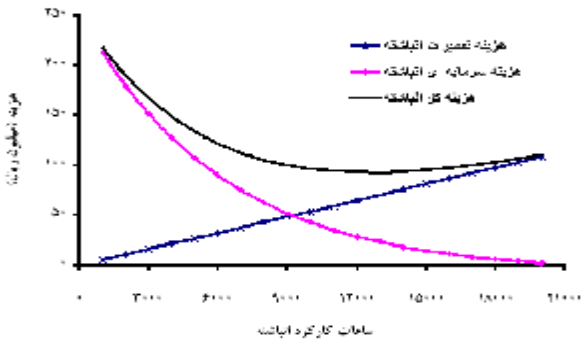
تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری این نوع از تراکتورها با استفاده از فرمول (8) انجام گرفت:

$$Y = 0/391456\left(\frac{X}{100}\right)^{0/12351} \qquad [7]$$

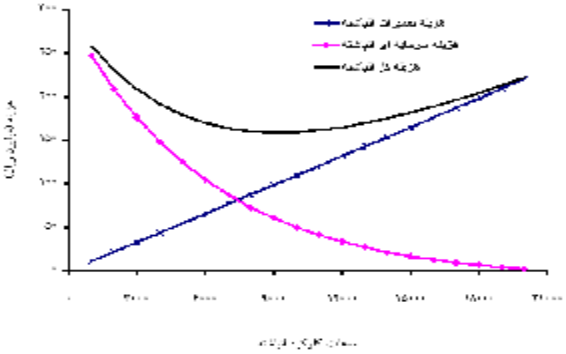
با داشتن این اطلاعات و نرخ بهره 16 درصدی هزینه‌های سرمایه‌ای، هزینه‌های سرمایه‌ای انباشته، هزینه‌های تعمیر و نگهداری انباشته و هزینه کل برای ساعات کارکرد تجمعی 1000 تا 20000 ساعت محاسبه شد. اطلاعات به دست آمده در جدول (3) گنجانده شده است.

با توجه به جدول (3) مشاهده می‌شود که هزینه‌های کل انباشته تا سال دهم کارکرد روند نزولی داشته و از سال دهم به بعد یکنواخت شده و پس از آن روند صعودی به خود می‌گیرد. با در نظر گرفتن هزینه‌های سرمایه‌ای انباشته و هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی و همچنین کارکرد متوسط سالانه این نوع از تراکتورها، لازم است که پس از پایان سال دهم تراکتور کهنه تعویض شده تا ضمن کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، استفاده از ماشین اقتصادی و مقرون به صرفه گردد. در نهایت منحنی‌های هزینه تعمیر و نگهداری انباشته، هزینه سرمایه‌ای انباشته و هزینه کل انباشته نیز رسم گردید. منحنی هزینه‌های انباشته به ازای ساعات کارکرد تجمعی در مقاطع زمانی اولیه کارکرد ماشین نو، کاملا حالت نزولی پیدا می‌کند و در یک زمان مشخص به حد کمینه می‌رسد و سپس دوباره حالت صعودی به خود می‌گیرد. در این مقطع زمانی مشخص، تراکتور باید تعویض شده و با تراکتور نو جایگزین گردد تا هزینه‌های ایجاد شده، سیستم تولیدی را غیراقتصادی نکند (وارد، 1985). شکل‌های 1، 2 و 3

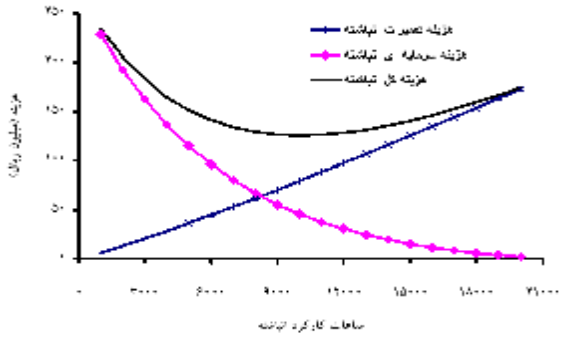
منحنی‌های تغییرات هزینه‌های تعمیر و نگهداری انباشته و سرمایه انباشته به ازای ساعات کارکرد انباشته، برای تعیین عمر مفید تراکتورهای مسی‌فرگوسن 285، یونیورسال 650 و مسی فرگوسن 399 را نشان می‌دهند. با توجه به شکل (1) اگر در نقطه کمینه منحنی هزینه‌های کل انباشته، خطی به موازات محور Y رسم کنیم، نقطه تقاطع این خط با محور X بیانگر سن مناسب تعویض تراکتور مسی‌فرگوسن 285 خواهد بود. بنابراین سن مناسب جایگزینی بعد از سال سیزدهم می‌تواند باشد. با توجه به اینکه طبق استاندارد ASAE (2006)، عمر مفید تراکتورهای دو چرخ محرک 12 سال پیش‌بینی شده است، بنابراین بالا رفتن هزینه‌های تعمیر و نگهداری و ساعات کارکرد این سری از تراکتورها، دلیل روشنی است بر اینکه هر چه سریعتر این سری از تراکتورها از بخش کشاورزی خارج گشته و تراکتورهای نو جایگزین شوند. اما در عمل مشاهده می‌شود که با وجود مقرون به صرفه نبودن کار با این سری از تراکتورها، کشاورزان همچنان به علت ضعف اقتصادی از این تراکتورها در مزارع خود استفاده می‌کنند. از نظر اقتصادی، بهترین زمان جهت جایگزینی ماشین سالی است که مقدار هزینه کل تجمعی حداقل باشد. که با توجه به شکل (2) پایان سال نهم برای تراکتورهای یونیورسال (U650) به عنوان زمان بهینه برای جایگزینی این مدل تراکتور، پیشنهاد می گردد.



شکل 1- منحنی تعیین عمر مفید تراکتورهای مسی‌فرگوسن 285



شکل 2- منحنی تعیین عمر مفید تراکتورهای یونیورسال (U650)



شکل 3- منحنی تعیین عمر مفید تراکتورهای مسی‌فرگوسن 399

عوامل متعددی در استفاده بیش از اندازه از تراکتورهای مسی‌فرگوسن 285 و یونیورسال (U650) درمنطقه، در مقایسه با عمر مفید پیشنهادی، تاثیرگذار است. ارزان بودن نیروی کارگری در جامعه و بالا بودن قیمت ماشین، باعث شده است که جایگزینی نیروی کارگری به جای ماشین در مزارع کشاورزی امری طبیعی بنماید. نتیجه این جایگزینی نشان ازگران بودن سرمایه از نیروی کار بوده که این عامل اقتصادی را علت اصلی در افزایش سن جایگزینی می‌توان استدلال کرد. عامل مهم دیگری که وجود دارد، عدم وجود قطعات یدکی مناسب با قیمت مطلوب در کشور است. به علت گران بودن لوازم یدکی، کشاورزان از تراکتور کمتر استفاده کرده و در نتیجه از تمام توان آن استفاده به عمل نمی‌آید. این عامل می‌تواند ضرایب تعمیراتی مربوطه را کاهش دهد. در ایران، هزینه عدم انجام به موقع عملیات کشاورزی و خسارات ناشی از تأخیر در اجرای بموقع عملیات زراعی مورد توجه قرار نگرفته و

بنابراین بروز زیان‌های مالی که در اثر پایین آمدن قابلیت اعتماد ماشین و در نتیجه خرابی‌های مکرّر ایجاد می‌گردد، توسط کشاورز برآورد نمی شود. با توجه به این عوامل، جایگزینی در زمان بهینه سبب جلوگیری از اینگونه خسارات می‌گردد(یگانه 1381).

جهت افزایش طول عمر مفید اقتصادی و همچنین کاربرد بهینه ماشین‌های کشاورزی، استفاده از قطعات و مواد مصرفی با کیفیت مطلوب و بهینه، اجرای مداوم عملیات سرویس و نگهداری و تعمیرات پیشگیری، انجام عملیات تعمیراتی استاندارد و بموقع، اجرای آموزش‌های تخصصی برای اپراتورهای ماشینهای کشاورزی پیشنهاد می‌گردد.

جدول 1- داده‌های برازش شده برای تعیین عمر مفید تراکتورهای مسی‌فرگوسن 285

سن تراکتور (سال)	ساعات کارکرد انباشته	هزینه استهلاک انباشته (میلیون ریال)	هزینه سود سرمایه انباشته (میلیون ریال)	هزینه سرمایه‌ای انباشته (میلیون ریال)	هزینه تعمیر و نگهداری انباشته (میلیون ریال)	کل هزینه‌های انباشته (میلیون ریال)
1	1000	05/16	17/12	562309/212	113459132/5	6757682/217
2	2000	6925/29	672/31	392309/179	36752463/10	7598337/189
3	3000	28862/41	0412/44	197809/151	67600281/15	8738118/166
4	4000	14533125/51	55502/54	232484/127	0201283/21	2526123/148
5	5000	52353156/59	491767/63	8619578/106	39091833/26	2528761/133
6	6000	64500183/66	08800195/71	54701046/89	78305353/31	330064/121
7	7000	69825155/72	54480166/77	82930525/74	19300433/37	0223096/112
8	8000	84351382/77	03308141/83	31925581/62	61825357/42	9375094/104
9	9000	21698675/82	6981192/87	6857138/51	0569137/48	74262749/99
10	10000	93443874/85	66340132/91	64720308/42	50751591/53	15471899/96
11	11000	09427293/89	03389112/95	96446897/34	96888422/58	93335319/93
12	12000	78013199/91	89880745/97	43414498/28	44005551/64	8742005/92
13	13000	06311219/94	3339863/100	88336959/22	92022636/69	80359595/92
14	14000	00364536/96	4038884/102	1652105/18	40871622/75	57392672/93
15	15000	65309856/97	1633051/104	15477528/14	90494112/80	0597164/95
16	16000	05513377/99	6588094/105	74590534/10	40839445/86	15429979/97
17	17000	2468637/100	929988/106	848365896/7	91863246/91	76699836/99
18	18000	2598342/101	0104898/108	385457365/5	43526322/97	8207206/102
19	19000	120859/102	9289163/108	291985115/3	957938/102	2499231/106
20	20000	8527302/102	7095789/109	512533701/1	4863445/108	9988782/109

جدول2- داده‌های برازش شده برای تعیین عمر مفید تراکتورهای یونیورسال (U650)

سن تراکتور (سال)	ساعات کارکرد انباشته	هزینه استهلاک انباشته (میلیون ریال)	هزینه سود سرمایه انباشته (میلیون ریال)	هزینه سرمایه‌ای انباشته (میلیون ریال)	هزینه تعمیر و نگهداری انباشته (میلیون ریال)	کل هزینه‌های انباشته (میلیون ریال)
1	1000	18/7125	96/19	8238136/247	76367496/10	258/5874885
2	2000	34/618125	926/36	1513136/209	64387374/21	230/7951873
3	3000	48/13790625	3471/51	2796886/176	56849195/32	208/8481805
4	4000	59/62972031	605035/63	3388073/148	52205656/43	191/8608639
5	5000	69/39776227	0242797/74	5890582/124	49719597/54	179/0862542
6	6000	77/70059793	8806377/82	4017715/104	48955913/65	169/8913307
7	7000	84/75800824	4085421/90	24257785/87	49626626/76	163/7388441
8	8000	90/756807	8072608/96	6572632/72	51526784/87	160/172531
9	9000	95/85578595	246171/102	25974576/60	54502967/98	158/8047754
10	10000	100/1899181	869245/106	72185593/49	5843597/109	159/3062156
11	11000	103/8739303	798859/110	76464957/40	6323049/120	161/3969545
12	12000	107/0053408	139030/114	15102417/33	6880856/131	164/8391097
13	13000	109/6670397	978175/116	67944258/26	7510521/142	169/4304946
14	14000	111/9294837	391449/119	17859823/21	8206546/153	174/9992529
15	15000	113/8525612	442731/121	50288053/16	896422/164	181/3993025
16	16000	115/487177	186322/123	52852048/12	9779457/175	188/5064662
17	17000	116/8766004	668373/124	150314444/9	0648681/187	196/2151825
18	18000	118/0576104	928117/125	278839312/6	1568737/198	204/435713
19	19000	119/0614688	998900/126	838085449/3	253682/209	213/0917674
20	20000	119/9147485	909065/127	763444666/1	3550418/220	222/1184865

جدول 3- داده‌های برازش شده برای تعیین عمر مفید تراکتورهای مسی‌فرگوسن 399

سن تراکتور (سال)	ساعات کارکرد انباشته	هزینه استهلاک انباشته (میلیون ریال)	هزینه سود سرمایه انباشته (میلیون ریال)	هزینه سرمایه‌ای انباشته (میلیون ریال)	هزینه تعمیر و نگهداری انباشته (میلیون ریال)	کل هزینه‌های انباشته (میلیون ریال)
1	1000	25/17	4/18	4548181/228	982611403/5	4374295/234
2	2000	9125/31	04/34	8048181/192	03469894/13	8395171/205
3	3000	375625/44	334/47	5023181/162	55612715/20	0584453/183
4	4000	96928125/54	6339/58	7451931/136	39953409/28	1447272/165
5	5000	97388906/63	238815/68	8516369/114	49140492/36	3430418/151
6	6000	6278057/71	40299275/76	24211405/96	78695184/44	0290659/141
7	7000	13363485/78	34254384/83	42401966/80	25579759/53	6798173/133
8	8000	66358962/83	24116226/89	97863943/66	87588529/61	8545247/128
9	9000	36405118/88	25498792/94	55006623/55	63042121/70	1804874/126
10	10000	3594435/92	51673973/98	83577901/45	50616294/79	341942/125
11	11000	75552698/95	1392288/102	57863488/37	49238296/88	0710178/126
12	12000	64219793/98	2183445/105	56006236/30	58020275/97	1402651/128
13	13000	0958682/101	8355928/107	59427572/24	7621448/106	3564206/131
14	14000	181488/103	0602539/110	52335708/19	0318198/116	5551769/135
15	15000	9542648/104	9512158/111	21307624/15	383701/125	5967772/140
16	16000	4611251/106	5585334/113	54933752/11	8129575/134	362295/146
17	17000	7419563/107	9247534/114	435159608/8	3153284/144	750488/152
18	18000	8306629/108	0860404/116	788108383/5	887026/153	6751344/159
19	19000	7560634/109	0731343/117	538114843/3	5246592/163	062774/167
20	20000	5426539/110	9121642/117	625620333/1	2251734/173	8507938/174

منابع مورد استفاده

آشتیانی‌عراقی ع ر، 1384. مدل ریاضی بهینه برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای شرکت زراعی دشت ناز مازندران. مجله علمی- پژوهشی دانش کشاورزی. جلد 15(4) صفحات: 112-101.

رنجبر الف، قاسم‌زاده ح ر، داوودی ش، 1375. توان موتور و تراکتور (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز. 670 صفحه.

عجب‌شیرچی ی، رنجبر الف، روحانی ع، 1385. تعیین مدل ریاضی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتور. مجله علمی- پژوهشی دانش کشاورزی. جلد 16(3) صفحات: 257-267.

عدلی الف، رنجبر الف، 1382. تعیین و تحلیل عمر مفید کمباین‌های متداول در منطقه مغان. مجله علمی- پژوهشی دانش کشاورزی. جلد 13(1) صفحات: 36-31.

شریفی الف، برقعی ع م، 1378. یک مدل ریاضی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای متداول در استان تهران. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. وزارت کشاورزی. جلد 4(15) صفحات: 23-13.

کریمی ش، 1387. تعیین مدل ریاضی مناسب برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای کشاورزی در استان آذربایجان‌غربی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیزاسیون. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین. 120 صفحه.

یگانه صالح‌پور 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 33(4) صفحات: 716-707.

یوسف‌زاده طاهری م ر، 1376. تعیین یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری و تعیین ضرایب تعمیراتی مناسب برای تراکتورهای متداول در کشت و صنعت‌های منطقه پارس‌آباد مغان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیزاسیون. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. 118 صفحه.

ASAE Standards, 2000. EP496. Agricultureal machinery management engineering practice. ASAE, St. Joseph, MI, USA.

ASAE Standards, 2006. EP496.2. Agricultural machinery management data. ASAE, St. Joseph, MI, USA.

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

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

Morris J, 1988. Estimation of tractor repair and maintenance cost. Journal of Agricultural Engineering Research. 41: 191-200.

Ward SM, McNulty PB, Cunney MB, 1985. Repair costs of 2 and 4 WD tractors. Transaction of the ASAE. 28: 1074-1076.