مدل‌سازی ریاضی هزینه‌های نگهداری و تحلیل عمر اقتصادی ماشین‌های برداشت نیشکر

رضا حسام‌پور[۱]، عادل حسین‌پور[۲]، کبری حیدربیگی[*۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲. استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه

۳. استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام

*نویسنده مسئول: k.heidarbeigi@ilam.ac.ir

چکیده

از عوامل مهم در مدیریت ماشین‌ها، تخمین عمر مفید ماشین است. تصمیم به جایگزینی یک ماشین کشاورزی، علاوه بر امر مدیریتی یک امر اقتصادی در سیستم‌های مکانیزه کشاورزی نیز می‌باشد. هزینه‌های تعمیر و نگهداری که متاثر از عمر ماشین، ساعات کارکرد و نحوه استفاده از آن می‌باشد، در تعیین عمر بهینه اقتصادی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در راستای بهینه-سازی استفاده از سرمایه و ماشین و به منظور برآورد عمر مفید ماشین‌های برداشت نیشکر، با لحاظ نمودن هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی و مدل‌های هزینه‌ای مناسب، مطالعه‌ای بر روی ۲۴ دستگاه ماشین برداشت نیشکر موجود در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی استان خوزستان انجام پذیرفت. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل هزینه‌های تعمیر و نگهداری، ساعات کارکرد سالیانه و همچنین قیمت اولیه ماشین‌های برداشت نیشکر می‌باشد. میزان سود سرمایه و استهلاک تجمعی و درنتیجه هزینه‌های سرمایه‌ای و تعمیر و نگهداری تجمعی برای ماشین برداشت نیشکر محاسبه شد. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که ماشین‌های برداشت نیشکر موجود در شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی استان خوزستان، دچار کهنگی شده‌اند و استفاده از این ماشین‌ها از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه نیست.

کلمات کلیدی: ماشین برداشت نیشکر، سن جایگزینی، عمر اقتصادی.

مقدمه

برای در دسترس بودن ماشین‌های کشاورزی به منظور انجام دادن به موقع عملیات کشاورزی از قبل برنامه‌ریزی شده نیاز به جایگزینی ماشین‌های کشاورزی در بهترین زمان ممکن ضروری است. رسیدن به این هدف با کاهش هزینه‌ها، از جمله کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری از طریق تعیین بهترین زمان جایگزینی ماشین محقق خواهد شد (روحانی و همکاران، ۱۳۹۳). تصمیم‌گیری‌های مدیر ماشین باید براساس تصمیم‌گیری‌های مدیر ماشین باشد (تلسنگ، ۲۰۰۵). 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، ۲۰۰۲). عمر اقتصادی معادل با مدت زمان سرویس‌دهی بهینه ماشین است، پس از این مدت زمان، جایگزینی و یا بازسازی از گزینه‌های مورد ارزیابی مدیر است. تملک ماشین پس از این مدت زمان بدون انتخاب یکی از این گزینه‌ها توجیه اقتصادی ندارد (تربورگ، ۱۹۹۴). برای تعیین عمر 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. اصولا هزینه‌های کل تجمعی به ازای هر واحد کار برای هر یک ماشین، تا نقطه معینی از عمر آن، دارای حالتی نزولی است و از آن نقطه به بعد روندی صعودی پیدا خواهد کرد. سالی که حداق هزینه کل تجمعی را داشته باشد، از نظر اقتصادی، بهترین زمان برای جایگزینی کردن ماشین می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱). موسوی‌پور و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی به مقایسه دو روش اضطراری معمول و پایش وضعیت روغن برای نگهداری و تعمیر ماشین‌های برداشت نیشکر پرداختند. نتایج نشان داد که به‌کارگیری روش پایش وضعیت روغن نسبت به روش-های اضطراری نگهداری و تعمیرات باعث افزایش ۲۲ درصدی دستگاه‌های آماده به‌کار و کاهش ۱۳ درصدی در تعداد دستگاه‌های تحت تعمیر گردید. در پژوهشی دیگر که مدل‌سازی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای موجود در شرکت کشت و صنعت میثاق استان ایلام بر روی دو نوع تراکتور مسی‌فرگوسن ۲۸۵ و یونیورسال ۶۵۰ انجام شده است، با انجام تجزیه رگرسیون، مدل-های پیش‌بینی اماری یک‌بار به تفکیک نوع تراکتورهای موجود در شرکت و بار دیگر برای کلیه ترکتورهای انجام پذیرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که در ابتدای عمر تراکتورها مدل توانی، مدلی مناسب برای پیشی‌بینی میزان هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌باشد و با افزایش عمر تراکتورها، مدل درجه دوم بهترین برازش را در پیش‌بینی میزان این هزینه‌ها دارد و همچنین میزان هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی برحسب درصدی از قیمت خرید برای تراکتورهای یونیورسال ۶۵۰ بیشتر از مسی-فرگوسن ۲۸۵ می‌باشد (عجب‌شیرچی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین در پژوهشی به بررسی و پیش‌بینی میزان هزینه‌های ماشین-های برداشت نیشکر موجود در کشت و صنعت نیشکر امام خمینی ره پرداخته شد، اطلاعات مورد نیاز در پژوهش از تعداد ۲۵ ماشین برداشت نیشکر موجود در این شرکت جمع‌آوری شد، برازش داده‌ها در هفت مدل خطی، نمایی، لگاریتمی، توانی، معکوس، درجه دوم و درجه سوم انجام شد و درنهایت مدل درجه دوم با ضریب تعیین ۹۹/۹ درصد به عنوان مدل مناسب برای پیش‌بینی میزان این هزینه‌ها در این شرکت معرفی شد (کیانپور و نصیریان، ۱۳۹۰).

شرکت کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی استان خوزستان یکی از هفت طرح کشت و صنعت بزرگ نیشکر با مساحتی در حدود ۱۲،۰۰۰ هکتار در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۸ دقیقه در اراضی شرق رودخانه کارون و در ۲۵ کیلومتری جنوب شرق جاده اهواز–آبادان واقع شده است. قابلیت تولید این مجموعه تولیدی، ۱،۰۰۰،۰۰۰ تن نیشکر در هر فصل زراعی و تولید ۱۰۰،۰۰۰ تن شکر خام و ۱۷۵،۰۰۰ تن شکر تصفیه شده می‌باشد. با توجه به این‌که هزینه‌های تعمیر و نگهداری بخش زیادی از هزینه‌های ماشینی واحدهای مکانیزه را تشکیل می‌دهند و همچنین در یک سیستم کشاورزی مکانیزه هزینه انجام نشدن به‌موقع عملیات را نیز باید به این هزینه‌ها اضافه کرد (مصری‌گندشمین، ۱۳۸۹)، که نشان‌دهنده اهمیت زیاد ماشین‌های برداشت نیشکر و هزینه‌های مربوط به این ماشین‌ها می‌باشد. میزان هزینه‌های تعمیرات ارتباط مستقیمی با سطح مدیریت و روش نگهداری ماشین‌ها، کیفیت قطعات مصرفی، میزان مهارت اپراتور ماشین، پایین بودن کیفیت تعمیرات و غیره دارد (مصری‌گندشمین، ۱۳۸۹؛ الماسی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به این‌که در کشت و صنعت دعبل خزاعی استان خوزستان هیچ‌گونه پژوهشی در زمینه پیش‌بینی میزان هزینه‌های ماشین‌های برداشت نیشکر و همچنین تخمین عمر اقتصادی این ماشین‌ها با توجه به شرایط مدیریتی این کشت و صنعت صورت نگرفته است، پژوهش حاضر با هدف تعیین بهترین مدل ریاضی و بهترین زمان اقتصادی جایگزینی ماشین برداشت نیشکر در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی استان خوزستان است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این مطالعه از اطلاعات مربوط به ۲۴ دستگاه ماشین برداشت نیشکر موجود در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی استان خوزستان استفاده شد. در این شرکت هر کدام از ماشین‌های برداشت نیشکر دارای یک کد اختصاصی هستند، که پرونده مربوط به هریک در واحد دفتر فنی شرکت موجود است. اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش شامل نوع و تعداد ماشین‌های نیشکر موجود در شرکت، قیمت اولیه و سال خرید ، ارزش لوازم یدکی به‌کار رفته در تعمیر و نگهداری سالیانه ماشین‌های برداشت نیشکر، 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 ماشین‌های برداشت و کارکرد سالیانه برحسب ساعت هستند، که از طریق مصاحبه و بازدید، پرونده‌های ماشین‌ها، امور حسابداری صنعتی شرکت جمع‌آوری شدند. ماشین‌های برداشت نیشکر موجود در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی خوزستان در سال ۱۳۸۰ خریداری شده‌اند. در این تحقیق برای حذف اثر تورم در میزان هزینه سال‌های مختلف (اعم از هزینه‌های لوازم یدکی، دستمزدها و هزینه‌های مصرفی)، کلیه قیمت‌ها برمبنای سال ۱۳۹۳ تبدیل گردیدند. برای تعیین ساعات کارکرد سالیانه ماشین‌های برداشت، چون در طول این‌سال‌ها استمراری در ثبت دقیق ساعات کارکرد ماشین‌ها نبود، از تعداد دفعات تعویض روغن موتور در عرض یک‌سال استفاده شد. تعویض روغن موتور ماشین‌های برداشت نیشکر در هر ۸۰ ساعت کاری انجام می‌گیرد، بنابراین هربار تعویض روغن موتور معادل ۸۰ ساعت کار ماشین در نظر گرفته شد و از آن‌جا

که حجم مخزن روغن ۴۲ لیتر می‌باشد، مقدار روغن مصرفی در یک سال را بر حجم روغن موتور تقسیم نموده و آن‌گاه با ضرب کردن عدد به دست آمده در ۸۰، تعداد ساعات کارکرد سالیانه هر ماشین با دقت قابل قبولی تخمین زده شد (آشتیانی عراقی و همکاران، ۱۳۸۵). به منظور به‌دست آوردن بهترین مدل ریاضی جهت پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین‌های تحت مطالعه، در ابتدا کل هزینه‌های صرف شده برای امور تعمیر و نگهداری ماشین‌ها در سال اول کارکرد، اعم از هزینه قطعات یدکی، مواد مصرفی و نیز دستمزد تعمیرات برای هر ماشین به صورت جداگانه محاسبه شد. با توجه به این‌که در دفترچه راهنما ماشین برداشت نیشکر عمر مبنا بین ۱۰۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ ساعات کارکرد ذکر شده است و میانگین ساعات کارکرد ماشین در این مطالعه هزار ساعت در سال در نظر گرفته شده است ، بنابراین ۱۲ سال به عنوان عمر کاری در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که این عمر مبنا تعیین کننده گستره تغییرات زمانی در فرمول ریاضی مورد نظر خواهد بود و تاثیری در نتایج حاصل از فرمول استخراج شده نخواهد داشت (ASAE, 2000). داده‌ها در پایان سال دوم کارکرد، شامل هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی و ساعات کارکرد تجمعی ماشین‌ها بود که از جمع‌کردن هزینه‌ها و ساعات کارکرد سال دوم با سال اول به دست آمد. روند جمع‌کردن داده‌های مربوط به هر سال با داده‌های سری پیش از آن تا اتمام داده‌های آخرین سال مورد مطالعه ، ادامه یافت. با استفاده از هزینه‌های تجمعی تعمیرات و نگهداری و قیمت خرید ماشین‌های نو، مقادیر درصدی هزینه‌های تعمیر تجمعی بر مبنای قیمت خرید اولیه محاسبه شد. مدل‌های ریاضی که برازش داده‌ها روی آن‌ها صورت گرفت عبارتند از:

جدول ۱. مدل‌های ریاضی مورد بررسی.

مدل خطی	$Y= a + bx$
مدل درجه دوم	$Y= a + bx + cx^2$
مدل درجه سوم	$Y= a + bx + cx^2 + dx^3$
مدل نمایی	$Y= Exp\ (a + bx)$
مدل لگاریتمی	$Y= a + b\ Ln\ x$

که در آن X، ساعات کارکرد تجمعی به عنوان ورودی (متغیر مستقل) و Y، بیانگر هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی برحسب درصدی از قیمت خرید اولیه به عنوان خروجی (متغیر وابسته) می‌باشد. بهترین مدل ریاضی با توجه به مقادیر ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استخراج شد. برازش مدل‌ها و تجزیه رگرسیون داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS انجام شد. در این پژوهش از روش تعادل نزولی برای محاسبه استهلاک استفاده شده است. روش ارزش تخمینی واقعی-ترین راه تعیین استهلاک است (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷). اما به دلیل اینکه ارزش تخمینی ماشین‌های برداشت نیشکر در سال-های گذشته قابل برآورد نبود، در نتیجه روش تعادل نزولی به روش تخمینی ترجیح داده شد. قیمت اولیه یک دستگاه ماشین

برداشت نیشکر بر مبنای تعدیل تورم بر مبنای قیمت سال ۱۳۹۳ معادل ۴/۴۰۰ میلیارد ریال (۴۴۰ میلیون تومان) و ضریب استهلاک با توجه به شرایط منطقه برابر با ۱/۵ در نظر گرفته شد (خوب‌بخت و همکاران، ۲۰۰۹). در این مطالعه از رابطه‌های(۱) و (۲) برای محاسبه میزان استهلاک در سال‌های مختلف استفاده شد.

$$RV_n = P\left(1 - \frac{Rd}{Lu}\right)^{yn} \quad (۱)$$

$$D_n = RV_n - RV_{n-1} \quad (۲)$$

که در آن:

D_n: میزان استهلاک در سال n ام (ریال)

RV_n: ارزش باقی‌مانده ماشین در سال n ام (ریال)

RV_{n-1}: ارزش باقی‌مانده ماشین در سال n-1 ام (ریال)

Lu: عمر کاری ماشین (سال)

P: قیمت اولیه ماشین (ریال)

Rd: ضریب استهلاک با توجه به شرایط منطقه

با توجه به این‌که استهلاک با روش تعادل نزولی محاسبه شد، میزان استهلاک در سال‌های اول عمر ماشین بیشتر و با افزایش عمر ماشین روند کاهشی پیدا می‌کند. همچنین از رابطه (۳) برای محاسبه هزینه سودسرمایه استفاده شد (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷).

$$I_n = RV_n\, I_r \quad (۳)$$

که در آن:

I_n: سود سرمایه در سال n ام (ریال)

I_r: نرخ بهره واقعی

RV_n: ارزش باقی‌مانده ماشین در سال n ام (ریال)

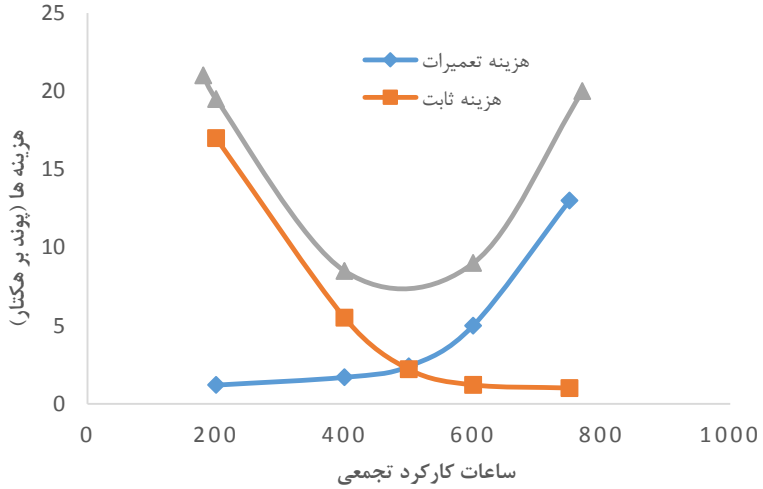
برای محاسبه سود سرمایه باید نرخ بهره واقعی (I_r) محاسبه گردد که نرخ بهره متداول را با توجه به نرخ تورم تنظیم می‌کنند. نرخ تورم ۱۵/۶ درصد و بهره متداول ۱۸ درصد نظر گرفته شد (آمار بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۳). در نهایت سود سرمایه با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷).

$$I_r = \frac{I_p - I_g}{1 + I_g} \quad (۴)$$

که در آن:

I_g، نرخ تورم کلی (٪) و I_p، نرخ بهره متداول (٪) است.

مقادیر سالانه استهلاک و سودسرمایه تجمعی با جمع مقادیر استهلاک و سودسرمایه در سال مربوطه و سال قبل از آن به‌دست آمد. شکل (۱) نشان‌دهنده بهترین زمان تعویض ماشین از لحاظ اقتصادی است.



شکل ۱. تأثیر متقابل هزینه تعمیرات و هزینه ثابت در جایگزینی ماشین (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷).

نتایج و بحث

جدول ۲، تجزیه واریانس مدل‌های برازش شده را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان F به دست آمده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. در این جدول F محاسبه شده برای هر مدل، معنی‌داری هر مدل و پارامترهای آن با استفاده از آزمون t در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد توسط نرم‌افزار SPSS صورت پذیرفت.

جدول ۲. تجزیه واریانس مدل‌های برازش شده.

مدل	منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F
	رگرسیون	۱	۴۳۵۹/۵۵۱	۲۶۲۷/۴۹**
خطی	انحراف از رگرسیون	۱۲	۱/۶۵۹	

	کل	۱۳		
	رگرسیون	۲	۲۱۸۹/۳۲۱	۲۹۳۷۷/۷**
درجه دوم	انحراف از رگرسیون	۱۱	۰/۰۷۵	
	کل	۱۳		
	رگرسیون	۳	۱۴۵۹/۵۴	۱۷۸۰۵/۱**
درجه سوم	انحراف از رگرسیون	۱۰	۰/۰۸۲	
	کل	۱۳		
	رگرسیون	۱	۳۷۱۵/۹۳۵	۶۷/۲۰۳**
لگاریتمی	انحراف از رگرسیون	۱۲	۵۵/۲۹۴	
	کل	۱۳		
	رگرسیون	۱	۷/۹۹۴	۱۱۹/۴۷۷**
نمایی	انحراف از رگرسیون	۱۲	۰/۰۶۷	
	کل	۱۳		

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد.

* معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد.

جدول ۳ نتایج حاصل از مدل‌های برازش شده را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که میزان ضریب تبیین به‌دست آمده برای مدل‌های درجه دوم و درجه سوم با هم برابر است، آن مدلی مناسب‌تر است که ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) آن کوچکتر باشد. ریشه میانگین مربعات به‌دست آمده برای مدل‌های درجه دوم و درجه سوم به ترتیب ۰/۲۷۳ و ۰/۲۸۶ می‌باشد. با توجه به کوچکتر بودن مقدار به‌دست آمده برای مدل درجه دوم، این مدل برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری مدل مناسب‌تری می‌باشد.

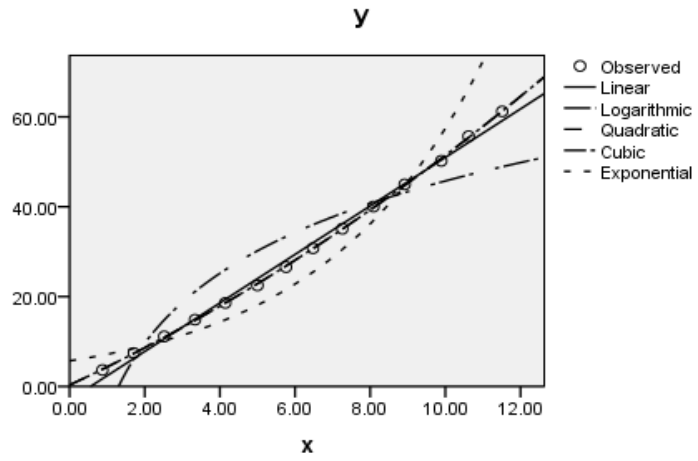
جدول ۳. نتایج حاصل از برازش پنج مدل ریاضی.

مدل	ساختار ریاضی	a	b	c	d	ضریب تبیین
خطی	$Y= a + bx$	-۳/۰۰۵**	۵/۳۹۸**	-	-	۰/۹۹۵
نمایی	$Y= Exp (a + bx)$	۵/۶۹۶**	۰/۲۳۱**	-	-	۰/۹۵۳
لگاریتمی	$Y= a + b Ln x$	-۵/۹۳۰$^{n.s}$	۲۲/۴۳۹**	-	-	۰/۸۴۸
درجه دوم	$Y= a + bx + cx^2$	۰/۳۲۲$^{n.s}$	۳/۹۰۶**	۰/۱۲۱**	-	۱
درجه سوم	$Y= a + bx + cx^2 + dx^3$	۰/۳۱۷$^{n.s}$	۳/۹۱۰**	۰/۱۲۰$^{n.s}$	۲/۲۹۵$^{n.s}$	۱

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد.

* معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد.

شکل ۲، نشان‌دهنده منحنی برازش شده پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین برداشت نیشکر است.



شکل ۲. منحنی برازش شده پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری.

مدل درجه دوم (۵)، جهت تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین‌های برداشت نیشکر در کشت و صنعت دعبل خزاعی خوزستان می‌باشد

$$Y = 0.322 + 3.906 \left(\frac{X}{1000}\right) + 0.121 \left(\frac{X}{1000}\right)^2 \quad (۵)$$

که در آن:

X= ساعات کارکرد تجمعی (هزار ساعت کارکرد)

Y= هزینه تعمیرات و نگهداری تجمعی برحسب درصدی از قیمت اولیه ماشین برداشت نیشکر می‌باشد.

نرخ تورم ۱۵/۶ درصد و بهره متداول ۱۸ درصد در نظر گرفته شد (آمار بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۳). همچنین قیمت اولیه یک دستگاه ماشین برداشت نیشکر برمبنای تعدیل تورم برمبنای سال ۱۳۹۳ معادل ۴۰۰/۴ میلیارد ریال و ضریب استهلاک با توجه به شرایط منطقه برابر با ۱/۵ در نظر گرفته شد (خوب‌بخت و همکاران، ۲۰۰۹). جدول ۴، نتایج محاسبه هزینه-های تعمیرات تجمعی، هزینه‌های تجمعی استهلاک، سودسرمایه تجمعی و نیز کل هزینه تعمیرات و نگهداری تجمعی ماشین برداشت نیشکر را جهت تعیین مناسب‌ترین زمان جایگزینی آن بر مبنای مدل پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد

جدول ٤. هزینه‌های تجمعی ماشین برداشت نیشکر.

سن (سال)	تعمیرات تجمعی (میلیون ریال)	استهلاک تجمعی (میلیون ریال)	سود سرمایه تجمعی (میلیون ریال)	کل هزینه‌های تجمعی (میلیون ریال)
۱	۱۶۱/۱۸	۵۵۰	۵۵۶/۶۲۶۴۵۵	۱۲۶۷/۸۰۶۴۵۵
۲	۳۲۷/۴۷	۱۰۳۱/۲۵	۱۰۴۳/۶۷۴۶۰۳	۲۴۰۲/۳۹۴۶۰۳
۳	۴۹۰/۱۲	۱۴۵۲/۳۴۳۷۵	۱۴۶۹/۸۴۱۷۳۳	۳۴۱۲/۳۰۵۴۸۳
۴	۶۵۴/۰۸	۱۸۲۰/۸۰۰۷۸۱	۱۸۴۲/۷۳۷۹۷۱	۴۳۱۷/۶۱۸۷۵۲
۵	۸۱۸/۹۴	۲۱۴۳/۲۰۰۶۸۴	۲۱۶۹/۰۲۲۱۸	۵۱۳۱/۱۶۲۸۶۳
۶	۹۸۹/۹۹	۲۴۲۵/۳۰۰۵۹۸	۲۴۵۴/۵۲۰۸۶۲	۵۸۶۹/۸۱۱۴۶
۷	۱۱۷۰/۳۴	۲۶۷۲/۱۳۸۰۲۳	۲۷۰۴/۳۳۲۲۰۹	۶۵۴۶/۸۱۰۲۳۳
۸	۱۳۵۳/۸۲	۲۸۸۸/۱۲۰۷۷	۲۹۲۲/۹۱۷۱۳۸	۷۱۶۴/۸۵۷۹۰۹
۹	۱۵۴۵/۷۸	۳۰۷۷/۱۰۵۶۷۴	۳۱۱۴/۱۷۸۹۵۱	۷۷۳۷/۰۶۴۶۲۵
۱۰	۱۷۶۲/۴۶	۳۲۴۲/۴۶۷۴۶۵	۳۲۸۱/۵۳۳۰۳۷	۸۲۸۶/۴۶۰۵۰۲
۱۱	۱۹۸۰/۵۱	۳۳۸۷/۱۵۹۰۳۲	۳۴۲۷/۹۶۷۸۶۲	۸۷۹۵/۶۳۶۸۹۴
۱۲	۲۲۱۰/۶۷	۳۵۱۳/۷۶۴۱۵۳	۳۵۵۶/۰۹۸۳۳۵	۹۲۸۰/۵۳۲۴۸۷
۱۳	۲۴۵۲/۱۹	۳۶۲۴/۵۴۳۶۳۴	۳۶۶۸/۲۱۲۴۹۸	۹۷۴۴/۹۴۶۱۳۲
۱۴	۲۶۹۴/۹۷	۳۷۲۱/۴۷۵۶۷۹	۳۷۶۶/۳۱۲۳۹۱	۱۰۱۸۲/۷۵۸۰۷

در جدول ۵ ساعات کارکرد سالیانه و تجمعی و هزینه متوسط کل در هر ساعت نشان داده شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود هزینه متوسط کل در ساعت روند نزولی دارد و بهترین زمان برای جایگزینی ماشین زمانی است که این هزینه‌ها به کمترین مقدار خود رسیده و دوباره شروع به افزایش نماید. در این مطالعه هزینه متوسط کل در هر ساعت، تا پایان سال مورد مطالعه یعنی سال چهاردهم حالت نزولی دارد، در دفترچه راهنما ماشین‌های برداشت نیشکر موجود در کشت و صنعت دعبل خزاعی استان خوزستان میزان عمر مفید این ماشین‌ها ۱۲ سال و میانگین ساعات کارکرد ۱۰۰۰ ساعت در سال ذکر شده است اما با توجه به این‌که میانگین ساعات کارکرد ماشین‌های برداشت موجود در این کشت و صنعت کمتر از ۱۰۰۰ ساعت است این ماشین‌ها قبل از فرسودگی، دچار کهنگی شده‌اند. تغییرات هزینه‌های کل (مجموع هزینه‌های سرمایه‌ای تجمعی، استهلاک تجمعی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجمعی) بیشتر به دلیل تاثیرات متقابل هزینه‌های سرمایه‌ای در سال‌های اولیه عمر ماشین‌ها که روند نزولی داشته، می‌باشد و با افزایش ساعات کاکرد تجمعی چون هزینه‌های تعمیر و نگهداری افزایش می‌یابد، این هزینه نیز روند صعودی پیدا می‌کند.

جدول ۵. کارکرد سالیانه، کارکرد تجمعی و هزینه متوسط کل در هر ساعت.

سال	کارکرد سالیانه (ساعت)	کارکرد تجمعی (ساعت)	هزینه متوسط کل در هر ساعت(ریال)
۱	۸۷۵	۸۷۵	۱۴۴۸۹۲۱/۶۶۳
۲	۸۳۳/۸	۱۷۰۸/۸	۱۴۰۵۸۹۵/۷۱۸
۳	۸۰۸/۱	۲۵۱۶/۹	۱۳۵۵۷۵۷/۲۷۴
۴	۸۰۹/۷	۳۳۲۶/۶	۱۲۹۷۹۰۷/۳۹۹
۵	۸۱۷/۵	۴۱۴۴/۱	۱۲۳۸۱۸۵/۰۹۸
۶	۸۵۴/۱	۴۹۹۸/۲	۱۱۷۴۳۸۵/۰۷۱
۷	۷۶۱	۵۷۵۹/۲	۱۱۳۶۷۵۶/۸۸۲
۸	۷۱۷/۶	۶۴۷۶/۸	۱۱۰۶۲۳۴/۲۳۷
۹	۷۸۱/۸	۷۲۵۸/۶	۱۰۶۵۹۱۶/۹۳
۱۰	۸۲۶/۱	۸۰۸۴/۷	۱۰۲۴۹۵۵/۸۴۳
۱۱	۸۳۲/۳	۸۹۱۷	۹۸۶۳۸۹/۶۹۳۲
۱۲	۹۷۳/۶	۹۸۹۰/۶	۹۳۸۳۱۸/۴۵۲۶
۱۳	۷۲۷/۹	۱۰۶۱۸/۵	۹۱۷۷۳۲/۸۳۷۲
۱۴	۸۹۱/۶	۱۱۵۱۰/۱	۸۸۴۶۸۰/۲۴۳۴

نتیجه‌گیری

مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین‌های برداشت نیشکر موجود در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی خوزستان، مدل درجه دوم می‌باشد. در دفترچه راهنما ماشین‌های برداشت نیشکر موجود در کشت و صنعت دعبل خزاعی استان خوزستان میزان عمر مفید این ماشین‌ها ۱۲ سال و میانگین ساعات کارکرد ۱۰۰۰ ساعت در سال ذکر شده است اما با توجه به این‌که میانگین ساعات کارکرد ماشین‌های برداشت موجود در این کشت و صنعت کمتر از ۱۰۰۰ ساعت است این ماشین‌ها قبل از فرسودگی، دچار کهنگی شده‌اند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مساعدت و همکاری شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی استان خوزستان، به خصوص جناب آقای مهندس عسکری که در جمع‌آوری و تکمیل این تحقیق ما را یاری نمودند تقدیر و تشکر می‌نماییم.

منابع

روحانی،ع.، خجسته پور، م.، و گلزاریان، م. ر. ۱۳۹۳. پیش بینی عمر اقتصادی تراکتور با استفاده الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی: چهار نوع تراکتور رایج در استان خراسان رضوی). *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*, ۱۵ (۳).

کریمی، ش.، مصری گندشمین، ت.، خادم‌الحسینی، ن. ۱۳۹۱. مدل‌سازی ریاضی هزینه‌های نگهداری و تحلیل عمر مفید اقتصادی تراکتورهای کشاورزی (مطالعه موردی استان آذربایجان غربی). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲(۴).

موسوی‌پور، ع.، شیخ‌داودی، م.ج.، غنیان، م.، و سعیدی، ن. ۱۳۹۱. مقایسه دو روش اضطراری معمول و پایش وضعیت روغن برای نگهداری و تعمیر ماشین‌های برداشت نیشکر. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، ۳۵(۱).

عجب‌شیرچی، ی.، رنجبر، ا.، ولیزاده، م.، عیزیزپناه، ا.، و عزیزپناه، ع. ۱۳۸۸. تعیین بهترین مدل ریاضی جهت پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای موجود در شرکت کشت و صنعت میثاق–استان ایلام. مجله دانش کشاورزی پایدار ۱۹(۱).

کیان‌پور، ا.، و نصیریان، ن.، ۱۳۹۰. تعیین مدل ریاضی مناسب برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری هاروسترهای نیشکر. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. پیام‌نور.

مصری‌گندشمین، ت.، کریمی، ش.، ۱۳۸۹. پیش‌بینی هزینه‌های نت تراکتورهای فعال در شرکت‌های خصوصی مکانیزاسیون استان آذربایجان شرقی به روش هوشمند. ششمین کنفرانس نگهداری و تعمیرات ایران.

آشتیانی عراقی، ع.، رنجبر، الف.، تورچی، م. ۱۳۸۵. مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری، فصلنامه دانش کشاورزی. ۱۵(۴) صفحات ۱۰۱–۱۱۲.

الماسی، م.، کیانی، ش.، لویمی، ن. ۱۳۸۷. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی، انتشارات جنگل. چاپ چهارم.

آمارنامه بانک ملی مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۳. https://www.bmi.ir/

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

Telsang, M. 2005. Production Management. S. Chand & Company LTD, India

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

Terborgh, G. W. 1994. Dynamic Equipment Policy. McGraw-Hill, New York.

Khoub Bakht., Ahmadi, H., Akram, A., and Karimi, M. 2009. Repair and Maintenance Cost Models for Mf285 Tractor: A Case Study in Central Region of Iran. Advances in Biological Research, 3(1-2), 19-23.