



۱ پیش بینی عمر اقتصادی تراکتور با استفاده الگوریتم ژنتیک

۲ عباس روحانی^{۱*}، محمد جعفری^۲، حسن مسعودی^۳

۳ ^۱استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ^۲استادیار دانشکده مکانیک دانشگاه شاهرود، ^۳استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های

۴ کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه شهید چمران اهواز

۵ *مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، arohani@um.ac.ir

۶ چکیده

۷ جایگزینی تراکتور یکی از عوامل بسیار تاثیرگذار برای انجام به موقع عملیات زراعی می‌باشد. پیش بینی صحیح هزینه های تعمیر و
 ۸ نگهداری جزء اساسی در مدل جایگزینی تراکتور می باشد. در این مطالعه از داده های واقعی هزینه های تعمیر و نگهداری ۶۰
 ۹ تراکتور دو چرخ محرک در موسسه کشت و صنعت آستان قدس استفاده شد. تراکتورهای دو چرخ محرک به ترتیب شامل ۱۷، ۱۰،
 ۱۰ ۲۸ و ۵ تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵، فیات ۴۴۵، جاندر ۳۱۴۰ و جاندر ۴۴۵۰ بودند. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که مدل
 ۱۱ درجه دوم، بهترین مدل برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور می باشد. به ترتیب ۱۷۸۵۰، ۱۸۳۸۰، ۲۷۰۰۰ و
 ۱۲ ۲۷۴۰۰ ساعت کارکرد جمعی به عنوان عمر جایگزینی برای هر تراکتور توسط الگوریتم ژنتیک پیش بینی شد.

۱۳ **واژه های کلیدی:** الگوریتم ژنتیک، عمر اقتصادی، تراکتور

۱۴ مقدمه

۱۵ برای در دسترس بودن ماشین های کشاورزی به منظور انجام به موقع عملیات کشاورزی از قبل برنامه ریزی شده نیاز به
 ۱۶ جایگزینی ماشین های کشاورزی در بهترین زمان ممکن هستیم. این موضوع برای تراکتور بسیار اهمیت دارد زیرا آن تامین کننده
 ۱۷ توان کاری سایر ماشین های کشاورزی می باشد. بنابراین مدیر مزرعه با جایگزینی تراکتور در زمان مناسب می تواند به اهداف
 ۱۸ اقتصادی خود دست پیدا کند. افزایش سود اقتصادی بالاترین هدف مدیر مزرعه می باشد، این هدف در سایه کاهش هزینه ها از
 ۱۹ طریق کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری به کمک تعیین بهترین زمان جایگزین تراکتور محقق خواهد شد. اصول علمی و
 ۲۰ اقتصادی باید اساس تصمیمات مدیر ماشین باشد (Telsang, 2005). تعیین عمر اقتصادی بنای بسیاری از مدل های جایگزینی



- ۲۱ اقتصادی می باشند. عمر اقتصادی معادل با مدت زمان سرویس دهی بهینه ماشین می باشد. جایگزینی، بازنشستگی، بازسازی
- ۲۲ مجدد از گزینه های مورد ارزیابی مدیر پس از این زمان می باشند. تملک ماشین پس از این زمان بدون انتخاب یکی از این گزینه
- ۲۳ ها توجیه اقتصادی ندارد (Terborgh, 1994). عمر اقتصادی زمانی رخ می دهد که روند تغییرات هزینه های مالکیتی و عملیاتی
- ۲۴ به یک نقطه مشترک برسند. در این زمان از عمر ماشین شیب منحنی متوسط کل هزینه ها به صفر می رسد (Edwards,
- ۲۵ 2002). نقطه اوج منحنی متوسط سود نمایشگر عمر جایگزین اقتصادی می باشد. منحنی متوسط سود تقریباً قرینه منحنی
- ۲۶ متوسط کل هزینه ها است. مدل بیشینه سازی سود از طریق متوسط کل هزینه ها، متوسط درآمد و متوسط سود قابل توصیف
- ۲۷ می باشد (Mitchell, 1998). روش های تحلیلی می تواند مکمل توانایی های شهودی مدیر باشد. تنها زمانی باید از سیاست
- ۲۸ کمینه سازی هزینه استفاده کرد که نتوان به طور کامل و دقیق سودها را محاسبه کرد (Douglas, 1975).
- ۲۹ هدف از انجام این پژوهش پیدا کردن بهترین مدل رگسینی جهت پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری و پیش بینی عمر
- ۳۰ اقتصادی تراکتورهای مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم ژنتیک می باشد.

مواد و روش ها

- ۳۱
- ۳۲ برای انجام این تحقیق از داده های هزینه های تعمیر و نگهداری ماهانه در طی ۱۸ سال مربوط به ۶۰ تراکتور دو چرخ محرک
- ۳۳ فعال در مزرعه نمونه آستان قدس رضوی در استان خراسان رضوی برای چهار نوع تراکتور جاندیر ۳۱۴۰، جاندیر ۴۴۵۰، مسی
- ۳۴ فرگوسن ۲۸۵ و فیات ۴۴۵ به ترتیب به تعداد ۲۸، ۵، ۱۷ و ۱۰ دستگاه استفاده شد. این داده ها شامل هزینه تعمیرات (هزینه
- ۳۵ قطعات یدکی و دستمزد تعمیرات)، هزینه روغن (هزینه روانسازها و فیلترهای روغن)، هزینه سوخت (هزینه گازوئیل و فیلترهای
- ۳۶ سوخت)، هزینه تعمیر و نگهداری (مجموع هزینه تعمیرات، روغن و سوخت) و سال خرید و ساخت هر تراکتور می باشند.
- ۳۷ **استانداردسازی داده ها:** در ابتدا و قبل از محاسبه هزینه تجمعی بایستی اثر تورم بر هزینه ها را تعدیل کرد (اسکو نژاد، ۱۳۸۳). تمام
- ۳۸ این هزینه ها توسط شاخص زیر استانداردسازی شد (Mitchell, 1998):



$$CCI_t = \frac{\sum_0^t C_t}{PP_0} \times 100 \quad (1)$$

۴۰ که در این رابطه CCI_t شاخص هزینه تجمعی در زمان t ، C_t هزینه تعمیر و نگهداری در زمان t و PP_0 قیمت خرید اولیه تراکتور می باشد. این شاخص در طول عمر تقویمی تراکتور همواره روند افزایشی یا ثابت دارد. این شاخص به عنوان متغیر وابسته در روش رگرسیونی استفاده شد. شاخص هزینه تعمیر و نگهداری تجمعی برابر است با مجموع سه شاخص هزینه تجمعی سوخت، روغن و تعمیرات.

۴۳
۴۴ **طول عمر:** عموماً متغیر مستقل در مدل رگرسیونی هزینه تجمعی، عمر تراکتور است. ساعات کارکرد تجمعی (CHU)، مناسب ترین تعریفی است که می توان از عمر تراکتور داشت (Rohani et al., 2011). CHU تعداد ساعاتی که تراکتور بطور فیزیکی کار کرده است را نشان می دهد. به دلیل سالم نبودن ساعت شمار تراکتورها، تعداد ساعات کارکرد هر تراکتور بر اساس تعداد تعویض روغن موتور محاسبه گردید. برای دستیابی به عملکرد بهتر مدل سازی این هزینه ها توسط تکنیک رگرسیونی، CHU بر حسب صد ساعت محاسبه شد.

۴۵
۴۶
۴۷
۴۸
۴۹ **فرض های مدل سازی:** (۱) هزینه تعمیر و نگهداری تراکتور در ابتدای عمر آن صفر است. این فرض کاملاً قابل قبول و ضروری است، زیرا هزینه تعمیرات احتمالی قبل از بکارگیری تراکتور توسط شرکت سازنده پرداخت می شود. براساس این فرضیه ضریب عرض از مبدا مدل های رگرسیونی (β_0) صفر خواهد شد. (۲) ساعات کارکرد تجمعی تنها متغیر مستقل برای مدل های رگرسیونی است. اگرچه ممکن است متغیرهای زیادی در تخمین هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور تاثیرگذار باشند، ولی بدلیل وجود شرایط یکسان بکارگیری آنها از جمله سطح مدیریتی، شرایط آب و هوایی و نیز تا حدودی یکسان بودن سطح مهارت کاربران می توان سایر متغیرها را ثابت در نظر گرفت.

۵۰
۵۱
۵۲
۵۳
۵۴
۵۵ **تعریف تابع هزینه برای الگوریتم ژنتیک:** عمر مفید اقتصادی بر حسب ساعات کارکرد تجمعی (L^*) از طریق مدل کمینه سازی کل هزینه ها قابل محاسبه است. مدل کمینه سازی هزینه ها به عنوان تابع هزینه در الگوریتم ژنتیک استفاده می شود. کل هزینه



۵۷ های تراکتور برابر با مجموع هزینه های تعمیر و نگهداری و هزینه مالکیت می باشد. سن جایگزینی تراکتور از نظر اقتصادی برابر با

۵۸ زمانی است که کل هزینه ها کمینه شود. بنابراین عمر اقتصادی در نتیجه کمینه سازی تابع هزینه کل ساعتی بدست می آید:

$$59 \quad CC_{th} = CC_{rh} + CC_{oh} \quad (2)$$

۶۰ در این رابطه، CC_{oh} هزینه تجمعی مالکیتی ساعتی، CC_{rh} هزینه تجمعی تعمیر و نگهداری ساعتی و CC_{th} هزینه تجمعی کل

۶۱ ساعتی می باشند.

۶۲ هزینه سرمایه تجمعی به طریق زیر محاسبه شد:

$$63 \quad CC_{oh} = CC_{dh} + CC_{ih} \quad (3)$$

۶۴ برای محاسبه استهلاك از روش موازنه نزولی استفاده شد، زیرا این روش تا حد قابل قبولی می تواند به نحوی مطلوب روند کاهش

۶۵ ارزش ماشین را در طول عمر آن نشان دهد:

$$66 \quad D_n = RV_{n-1} - RV_n \quad (4)$$

$$67 \quad RV_n = PP_0 \times (1-r)^n, \quad 1 < r < 2 \quad (5)$$

$$68 \quad I_n = RV_{n-1} \times i \quad (6)$$

$$69 \quad C_{on} = D_n + I_n \quad (7)$$

۷۰ در رابطه های بالا، D_n استهلاك در سال n ام، RV_n ارزش باقیمانده ماشین در انتهای سال n ام، r نسبت استهلاك، PP_0 قیمت

۷۱ خرید ماشین، I_n سود سرمایه در انتهای سال n ام، i نرخ بهره برابر ۱۴٪ (بی نام، ۱۳۸۱)، C_{on} هزینه مالکیتی در انتهای سال n ام

۷۲ می باشد. راه حل پیش بینی عمر اقتصادی، کمینه کردن هزینه کل ساعتی می باشد.



۷۳ الگوریتم ژنتیک: الگوریتم ژنتیک براساس اصول ژنتیکی و انتخاب طبیعی بنا نهاده شده است (Gholipoor *et al.*, 2013).

۷۴ الگوریتم ژنتیک جمعیت اولیه با تعداد زیادی از راه حل‌ها را در نظر می‌گیرد و به کمک قوانین انتخابی خاصی تابع هزینه را کمینه می‌کند و یا به عبارت دیگر شایستگی را بیشینه می‌کند. GA بر اساس رابطه ۸ هر کروموزوم را به صورت یک آرایه از مقادیر متغیرها تعریف می‌کند. در اینجا هر کروموزوم معادل با متغیر CHU است، پس هر کروموزوم به صورت یک بردار تعریف می‌شود:

$$78 \quad cost = f(chromosome) = CC_{th}(CHU), \quad chromosome = [CHU] \quad (8)$$

۷۹ در این رابطه f تابع هزینه و معادل با تابع CC_{th} است. مقادیر متغیرها را به شکل باینری نشان داده می‌شوند. متغیر CHU نماینده یک ژن است که از N_b بیت تشکیل می‌شود. الگوریتم ژنتیک با گروهی از کروموزوم‌ها به عنوان جمعیت اولیه کار خود را شروع می‌کند. جمعیت دارای N_{pop} کروموزوم و ماتریسی با ابعاد $N_{pop} \times N_b$ می‌باشد که با مقادیر 0 و 1 مشخص می‌شود. جمعیت اولیه به کمک رابطه ۹ تولید می‌شود:

$$83 \quad pop = round(rand(N_{pop}, N_b)) \quad (9)$$

۸۴ هر ردیف از ماتریس جمعیت یک کروموزوم تشکیل می‌دهد. کروموزوم‌هایی که هزینه بالایی دارند از جمعیت حذف می‌شوند و کروموزوم‌های شایسته که هزینه پایینی دارند حفظ می‌شوند. پس باید در ابتدا کروموزوم‌های جمعیت را براساس هزینه آنها به ترتیب صعودی مرتب کنیم و بهترین‌ها را حفظ کرده و بقیه حذف می‌شوند. با فرض آنکه از تلاقی دو کروموزوم دو فرزند جدید تولید می‌شود. بنابراین پس از این مرحله تعداد جمعیت به حالت اولیه خود بر می‌گردد و جایگزین کروموزوم‌های کنار گذاشته شده می‌شود. در برنامه نوشته شده از روش انتخاب به شکل تلاقی تصادفی استفاده شد. در این روش اعداد تصادفی یکنواختی را برای انتخاب کروموزوم‌ها به کمک رابطه ۱۰ و ۱۱ تولید می‌شود.

$$90 \quad ma = ceil\left(\frac{N_{pop}}{2} \times rand\left(1, \frac{N_{pop}}{2}\right)\right) \quad (10) \text{ شماره ردیف مادر}$$

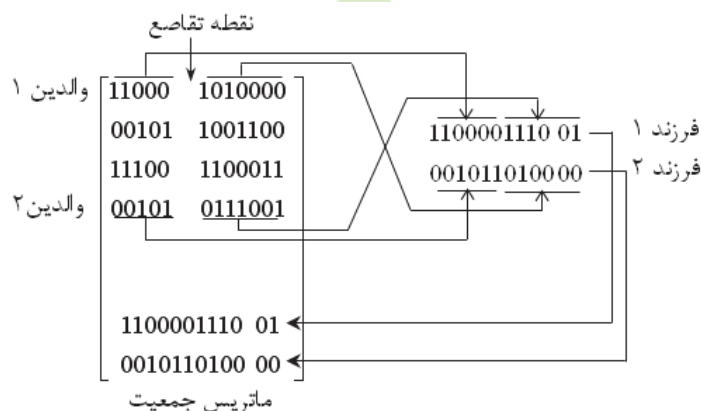


۹۱
$$pa = \text{ceil}\left(\frac{N_{pop}}{2} \times \text{rand}\left(1, \frac{N_{pop}}{2}\right)\right)$$
 (۱۱) شماره ردیف پدر

۹۲ تلاقی، تولید یک یا چند فرزند از والدین انتخاب شده طی مراحل قبلی است. رایج ترین شکل تلاقی مستلزم وجود دو پدر و مادر

۹۳ برای تولید دو فرزند است. نقطه تقاطع بطور تصادفی بین اولین و آخرین بیت های کروموزوم پدر و مادر انتخاب می‌شود. شکل ۱

۹۴ چگونگی تلاقی دو والد و تولید فرزندان جدید را نشان می‌دهد.



۹۵

۹۶ شکل ۱- تولید فرزندان جدید از تلاقی دو والد

۹۷ در نتیجه فرزندان دارای قسمت هایی از کد باینری هر دو والدین هستند. جهش‌های تصادفی به درصد خاصی از بیت ها در لیست

۹۸ کروموزوم ها اعمال می‌گردد. جهش دومین روش الگوریتم ژنتیکی برای جستجو در سطح هزینه می باشد. جهش برای جمعیت

۹۹ اولیه اعمال نمی‌گردد زیرا این منجر به همگرایی سریعتر قبل از نمونه برداری از تمام سطح هزینه می‌شود. در جهش تک نقطه

۱۰۰ بیت 1 به 0 و برعکس تغییر می کند. تغییر یک بیت در یک ژن می‌تواند مقدار متغیر را تا حدود ۵۰٪ تغییر دهد (Haupt and

۱۰۱ Haupt, 2004). کد کامپیوتری این الگوریتم در محیط برنامه نویسی نرم افزار MATLAB نسخه ۷ تهیه شد.

۱۰۲

نتایج و بحث

۱۰۳ نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی مدل های مختلف شاخص هزینه های تجمعی تعمیر و نگهداری به تفکیک نوع تراکتور در جدول

۱۰۴ ۱ آورده شده است. براساس نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی برای چهار مدل رگرسیونی در هر چهار نوع تراکتور، آماره F در تمام

۱۰۵ مدل ها معنی دار شده است و این نشان دهنده وجود رابطه معنی داری بین متغیرهای ساعات کارکرد تجمعی و هزینه های تجمعی



- ۱۰۶ در تمام مدل ها می باشد. همچنین تمام ضرایب رگرسیونی در تمام مدل ها و برای کلیه تراکتورها در سطح احتمال یک درصد
- ۱۰۷ معنی دار شده است. از آنجاکه آماره F و تمام ضرایب رگرسیونی در تمام مدل ها معنی دار هستند بنابراین تصور بر آن است که
- ۱۰۸ تمام مدل ها را می توان در پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری بکار برد ولی هدف انتخاب بهترین مدل است بنابراین برای
- ۱۰۹ انتخاب نهایی مدل از مقایسه ضریب تبیین R^2 استفاده شد. مدل نمایی در تمام تراکتورها دارای ضریب تبیین پایین تری می باشد
- ۱۱۰ لذا چنین مدلی را نمی توان برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور پیشنهاد کرد. مدل توانی نیز دارای چنین
- ۱۱۱ وضعیتی است اما مقدار ضریب تبیین برای دو مدل درجه دوم و درجه سوم اختلاف زیادی با یکدیگر ندارند. از طرف دیگر باید مدل
- ۱۱۲ انتخاب شده از قابلیت برونیابی خوبی برخوردار باشد زیرا ممکن است عمر اقتصادی در فاصله زمانی مورد مطالعه واقع نباشد. از آنجا
- ۱۱۳ که مدل درجه سوم در مقایسه با مدل درجه دوم از قابلیت برونیابی مناسبی برخوردار نیست بنابراین مدل درجه دوم بهترین مدل
- ۱۱۴ برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تمام تراکتورها می تواند باشد. مطالعه دیگری که در مورد پیش بینی هر یک از
- ۱۱۵ اجزاء هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای دو چرخ محرک انجام شد، مدل درجه سوم به عنوان بهترین گزینه انتخاب شد اما
- ۱۱۶ در این تحقیق به قابلیت برونیابی مدل ها اشاره ای نشد (روحانی و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۱- نتایج تحلیل رگرسیونی مدل های هزینه تعمیر و نگهداری

تراکتور	نوع مدل	ضرایب رگرسیونی			F	R^2
		β_1	β_2	β_3		
جان‌دیر ۳۱۴۰	درجه دوم	۰/۴۱۴**	۰/۰۰۲**	-	۴۸۲۰۰**	۰/۹۹۸
	درجه سوم	۰/۱۰۸**	۰/۰۰۶**	$10^{-5} \times -1/2$ **	۳۳۰۴۲۷**	۰/۹۹۹
	نمایی	۵/۹۲۲**	۰/۰۱۷**	-	۹۲۶**	۰/۸۱۲
	توانی	۰/۰۵۴**	۱/۵۰۵**	-	۴۰۷۲۸**	۰/۹۹۵
جان‌دیر ۴۴۵۰	درجه دوم	۰/۰۷۰**	۰/۰۰۲**	-	۳۴۱۰۰**	۰/۹۹۷
	درجه سوم	-۰/۰۷۱**	۰/۰۰۳**	$10^{-6} \times -5/2$ **	۵۰۶۴۱**	۰/۹۹۹
	نمایی	۱/۷۹۱**	۰/۰۱۹**	-	۱۴۴۲**	۰/۸۷۱



۰/۹۹۷	۳۴۱۰۰**	-	۰/۰۰۲**	۰/۰۷۰**	درجه دوم	
۰/۹۹۸	۴۷۸۱۴**	-	۰/۰۰۲**	۰/۶۴۶**	درجه دوم	
۰/۹۹۹	۱۸۳۴۹۶**	$10^{-5} \times 3/4$ **	۰/۰۱**	۰/۲۷۲**	درجه سوم	فیات
۰/۸۱۵	۸۳۷**	-	۰/۰۲۵**	۵/۵۰۸**	نمایی	
۰/۹۹۳	۲۷۷۱۰**	-	۱/۳۳۱**	۰/۱۸۹**	توانی	
۰/۹۹۹	۱۵۹۰۷۷**	-	۰/۰۰۳**	۰/۴۸۶**	درجه دوم	
۰/۹۹۹	۱۱۰۰۸۷**	$10^{-5} \times 1/5$ **	۰/۰۰۷**	۰/۳۰۵**	درجه سوم	فرگوسن ۲۸۵
۰/۸۷۱	۱۲۸۷**	-	۰/۰۲۲**	۶/۹۹۱**	نمایی	
۰/۹۸۹	۱۶۷۵۴**	-	۱/۲۶۰**	۰/۲۳۹**	توانی	

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

۱۱۹ بنابراین شکل کلی مدل پیش بینی کننده هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای مورد مطالعه به شکل زیر خواهد شد:

$$120 \quad CCI = \beta_1 CHU + \beta_2 CHU^2 \quad (12)$$

۱۲۱ شکل ۲ و ۳ روند تغییرات هزینه های تعمیر و نگهداری به ازای هر یک از ضرایب رگرسیونی برای تمام تراکتورهای مورد مطالعه

۱۲۲ نشان می دهد. ضریب رگرسیونی β_1 نشان دهنده مقدار حداقل هزینه است که مدیر برای تعمیر و نگهداری یک ماشین در طول

۱۲۳ زمان صرف می کند. بر اساس نتایج حاصل از شکل ۲، مقدار ضریب رگرسیونی β_1 را می توان به ترتیب نزولی به تراکتور فیات،

۱۲۴ مسی فرگوسن ۲۸۵، جاندیر ۳۱۴۰ و جاندیر ۴۴۵۰ اختصاص داد. چنین تغییراتی منطبق بر روند افزایشی اندازه ابعاد هندسی این

۱۲۵ تراکتورها می باشند، این بدان مفهوم است که هر اندازه ابعاد هندسی تراکتور کوچکتر باشد قابلیت بکارگیری آن در انجام انواع

۱۲۶ مختلف عملیات بیشتر است لذا هزینه تعمیرات و نگهداری آن تراکتور نیز افزایش خواهد یافت. در این تحقیق تراکتور فیات دارای

۱۲۷ ابعاد کوچکتری نسبت به سایر تراکتورهای مورد مطالعه می باشد و همین امر باعث افزایش روند تغییرات هزینه های تعمیر و

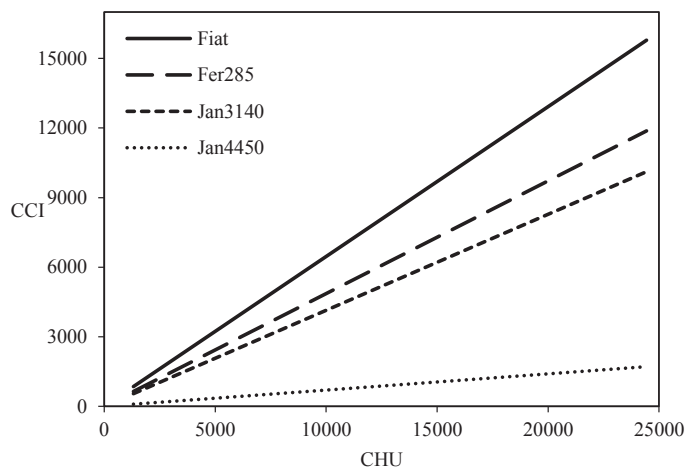
۱۲۸ نگهداری آن نسبت به سایر تراکتورها شده است. نتایج شکل ۲ نشان داد که ضریب رگرسیونی β_2 بجز تراکتور مسی فرگوسن

۱۲۹ برای سایر تراکتورها برابر می باشد. ضریب رگرسیونی β_2 نشان دهنده چگونگی رشد هزینه های تعمیر و نگهداری در طول زمان



۱۳۰ مالکیت تراکتور است. مقدار بزرگ این جزء برای تراکتور مسی فرگوسن نسبت به سایر تراکتورهای مورد مطالعه مبین رشد سریع

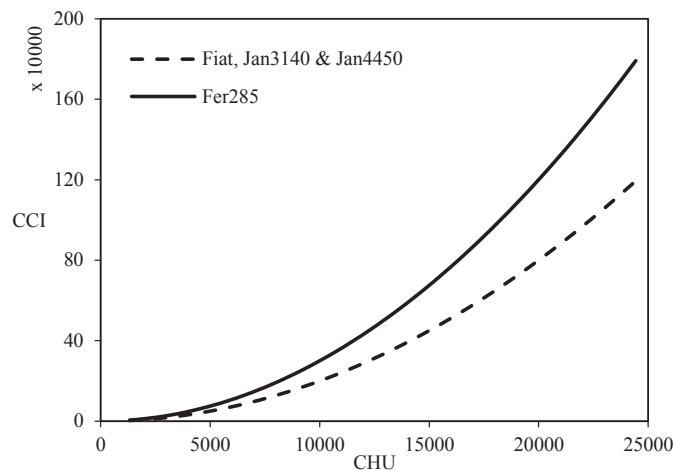
۱۳۱ هزینه های تعمیر و نگهداری مسی فرگوسن می باشد.



۱۳۲

۱۳۳

شکل ۲- تغییرات هزینه های تعمیر و نگهداری به ازای ضریب رگرسیونی β_1



۱۳۴

۱۳۵

شکل ۳- تغییرات هزینه های تعمیر و نگهداری به ازای ضریب رگرسیونی β_2

۱۳۶

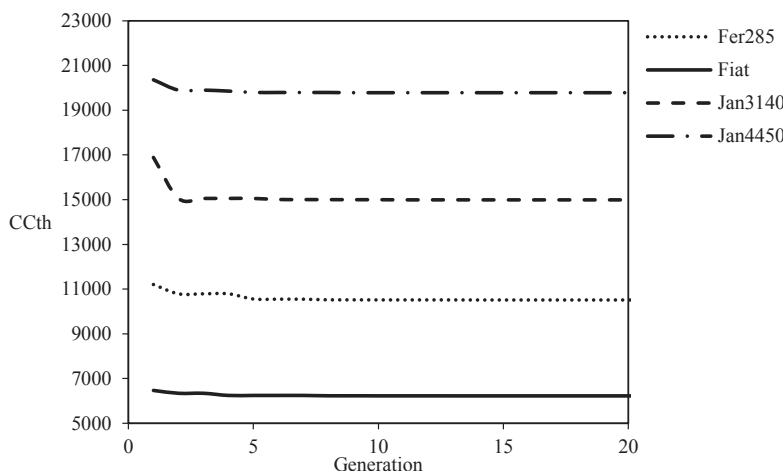
۱۳۷

تعریف تابع عمر اقتصادی: نتیجه بکارگیری رابطه های ۳ تا ۷ منتج به رابطه ۱۳ خواهد شد:

$$138 \quad . CC_{oh} = \frac{CC_d}{CHU} + \frac{CC_i}{CHU} = p_o (2+i-r) \sum_{n=1}^N \frac{(1-r)^{n-1}}{CHU_n} \quad , \quad n=1,2,\dots,N \quad (13)$$



- ۱۳۹ در اینجا CHU_n ساعات کارکرد تجمعی در سال m می باشد. همانطور که ملاحظه می شود، CC_{oh} تنها تابعی از CHU_n می باشد زیرا اگرچه سال مالکیت نیز می تواند متغیر تابع باشد ولی در حقیقت ساعات کارکرد تجمعی در هر سال قابل تغییر می باشد و
- ۱۴۰ اگر معادله بالا را بسط داده شود این موضوع بیشتر روشن خواهد شد.
- ۱۴۱
- ۱۴۲ نتایج بکارگیری الگوریتم ژنتیک: نمودار همگرایی الگوریتم ژنتیک باینری حاصل از پیدا کردن عمر اقتصادی تراکتورهای مورد مطالعه در شکل ۴ آورده شده است. این نتایج نشان می دهد که الگوریتم ژنتیک توانسته است پس از تقریباً هشت نسل پاسخ به نقطه بهینه یا همان عمر اقتصادی هر یک از تراکتورها دست پیدا کند و پس از تولید این مقدار نسل از جواب های بهینه الگوریتم ژنتیک همگرا شده است. همچنین این شکل نشان می دهد که می توان از نظر بزرگی هزینه های کل تجمعی ساعتی به ترتیب
- ۱۴۳
- ۱۴۴
- ۱۴۵
- ۱۴۶ صعودی تراکتورهای فیات، فرگوسن ۲۸۵، جاندر ۳۱۴۰ و جاندر ۴۴۵۰ در کنار یکدیگر قرار داد.



- ۱۴۷
- ۱۴۸ شکل ۴- نمودار همگرایی الگوریتم ژنتیک برای تخمین عمر اقتصادی هر تراکتور
- ۱۴۹ مقادیر عمر اقتصادی پیش بینی شده تراکتورها با استفاده از الگوریتم ژنتیک در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می شود می توان برحسب مقدار عمر اقتصادی و به ترتیب صعودی تراکتور فیات، مسی فرگوسن ۲۸۵، جاندر ۳۱۴۰ و جاندر ۴۴۵۰ را
- ۱۵۰ در کنار هم قرار داد. همچنین این روند در مورد متوسط ساعات کارکرد سالانه تراکتورها (CHU_m) و هزینه کل ساعتی در نقطه وقوع عمر اقتصادی (T^*) نیز وجود دارد یعنی تراکتور فیات دارای کمترین و تراکتور جاندر ۴۴۵۰ دارای بیشترین CHU_m و T^*
- ۱۵۱
- ۱۵۲ می باشند. حال اگر ساعات کارکرد تجمعی در انتهای عمر اقتصادی به متوسط ساعات سالانه تقسیم شود، تعداد بهینه سالهای
- ۱۵۳



- ۱۵۴ مالکیت تراکتور (L_y^*) بدست می آید. نتیجه حاصل از بررسی L_y^* نشان می دهد که تراکتورهای فیات و مسی فرگوسن ۲۸۵ و
- ۱۵۵ نیز تراکتورهای جاندر ۳۱۴۰ و جاندر ۴۴۵۰ دارای عمر اقتصادی تقریباً یکسانی هستند. این نتیجه بدان مفهوم است که اگرچه
- ۱۵۶ ساعات کارکرد تجمعی جهت تعویض تراکتور می تواند متفاوت باشد ولی متوسط ساعات کارکرد سالانه تعیین کننده عمر اقتصادی
- ۱۵۷ بر حسب سال است. بنابراین تراکتورهای فیات و مسی فرگوسن ۲۸۵ و نیز جاندر ۳۱۴۰ و جاندر ۴۴۵۰ دارای عمر اقتصادی بر
- ۱۵۸ حسب تعداد سال یکسانی هستند.

۱۵۹ **جدول ۲- مقادیر عمر اقتصادی پیش بینی شده برای تراکتورها به کمک الگوریتم ژنتیک**

فیات	فرگوسن	جاندر ۳۱۴۰	جاندر ۴۴۵۰
L_h^* (ساعت)	17850	18380	27400
CHU_m (ساعت)	1020	1055	1440
L_y^* (سال)	17.5	17.5	19
T^* (ساعت/ریال)	6223	10513	19778

- ۱۶۰ توضیحات: L_h^* عمر جایگزینی بر حسب ساعات کارکرد تجمعی، CHU_m متوسط ساعات کارکرد سالانه طی سالهای مورد مطالعه، L_y^* عمر جایگزینی بر حسب سال،
- ۱۶۱ T^* ساعت/ریال در زمان وقوع عمر اقتصادی.
- ۱۶۲ طبق مطالعه انجام شده عمر اقتصادی تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ موجود در حومه اصفهان ۱۸۳۱۶ ساعت کارکرد تجمعی
- ۱۶۳ تخمین زده شد که این با یافته های حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (Khoub Bakht et al., 2008; Khoub
- ۱۶۴ Bakht et al., 210). اما نتایج مطالعه دیگری نشان داد که عمر اقتصادی تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ بر اساس مدل
- ۱۶۵ کمینه سازی هزینه ها، ۹ سال می باشد و از آنجا که در این مطالعه اشاره ای به متوسط ساعات کارکرد سالانه نداشته است
- ۱۶۶ لذا نمی توان به طور حتم در این مورد نظری داد (Ahmadi Chenarbon et al., 2011). عمر بهینه تراکتورهای دو
- ۱۶۷ چرخ محرک بر اساس شاخص های بهره وری در مزارع سیب زمینی استان همدان ۸/۴۶ سال تعیین شد (بنائیان و



- ۱۶۸ زنگنه، ۱۳۹۰). بیان عمر اقتصادی بر حسب سال نمی تواند شکل مناسبی از گزارش زمان جایگزینی یک تراکتور باشد زیرا
- ۱۶۹ عامل مهم در تعیین عمر اقتصادی تراکتور ساعات کارکرد تجمعی طی سالهای مالکیت تراکتور می باشد.
- ۱۷۰ نتیجه گیری کلی
- ۱۷۱ تحلیل رگرسیونی نشان داد که مدل رگرسیونی درجه دوم و درجه سوم از قابلیت پیش بینی خوبی برای هزینه های تعمیر و
- ۱۷۲ نگهداری تراکتورهای مورد مطالعه برخوردار هستند. ولی بدلیل توانایی برونمایی ضعیف مدل درجه سوم نمی توان از آن به عنوان
- ۱۷۳ مدل پیش بینی کننده با هدف تخمین عمر اقتصادی استفاده کرد. تابع هزینه برای الگوریتم ژنتیک براساس مدل رگرسیونی درجه
- ۱۷۴ دوم برای هزینه های تعمیر و نگهداری و هزینه های مالکیتی ساعتی تعریف شد. الگوریتم ژنتیک براساس تابع هزینه طراحی شده
- ۱۷۵ عمر جایگزینی هر یک از تراکتورها را پیش بینی کرد. نتایج نشان داد که عمر اقتصادی را باید بر اساس ساعات کارکرد تجمعی در
- ۱۷۶ کنار متوسط ساعات کارکرد سالانه بیان کرد.
- ۱۷۷ منابع
- ۱۷۸ ۱. اسکو نژاد، م.م. ۱۳۸۳. اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی. چاپ بیستم. انتشارات دانشگاه
- ۱۷۹ صنعتی امیرکبیر. تهران.
- ۱۸۰ ۲. بنائیان، ن. و زنگنه، م. ۱۳۹۰. برآورد عمر بهینه ی تراکتور و ماشین های کشاورزی بر اساس شاخص های بهره
- ۱۸۱ وری در مزارع سیب زمینی استان همدان. مجله مهندسی بیوسیستم ایران ۲(۴۲): ۱۹۷-۲۰۴.
- ۱۸۲ ۳. بی نام. ۱۳۸۱. گزارش مشروح تجدید نظر شاخص بهای عمده فروشی کالا در ایران. اداره آمار اقتصادی بانک
- ۱۸۳ مرکزی جمهوری اسلامی ایران.
- ۱۸۴ ۴. روحانی، ع.ا. رنجبر، م.ح. عباسپور فرد، ی. عجب شیر چی و م. ولی زاده. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل های رگرسیون
- ۱۸۵ در پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتور. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی ۱۱(۳): ۸۷-۹۶.

- ۱۸۶ 5. Ahmadi Chenarbon, H., S. Minaei, and A. Arabhosseini. 2012. Replacement age
 ۱۸۷ of agricultural tractor (MF285) in Varamin region (case study). Journal of
 ۱۸۸ American Science 7(2):674-679.
- ۱۸۹ 6. Douglas, J. 1975. Construction equipment policy. McGraw-Hill, New York,
 ۱۹۰ NY.
- ۱۹۱ 7. Edwards, W. 2002. Farm machinery selection. Accessed April 2006, available at
 ۱۹۲ <http://www.extension.iastate.edu/agdm>.
- ۱۹۳ 8. Gholipoor, M., A. Rohani, and S. Torani. 2013. Optimization of traits to
 ۱۹۴ increasing barley grain yield using an artificial neural network. International
 ۱۹۵ Journal of Plant Production 7 (1):1-18.
- ۱۹۶ 9. Haupt, S.E., and R.L. Haupt. 2004. Practical genetic algorithms. John Wiley &
 ۱۹۷ Sons, Inc.
- ۱۹۸ 10. Khoub Bakht, G., H. Ahmadi, A. Akram, and M. Karimi. 2008. Determination
 ۱۹۹ of optimum life (economic life) for MF285 tractor: a case study in center region
 ۲۰۰ of Iran. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 4(1):81-85.
- ۲۰۱ 11. Khoub Bakht, G., H. Ahmadi, and A. Akram. 2010. Determination of optimum
 ۲۰۲ life for MF285 tractor based on repair and maintenance costs: a case study in
 ۲۰۳ center region of Iran. International Journal of Agricultural Technology 6(4):673-
 ۲۰۴ 686.
- ۲۰۵ 12. Mitchell, Z. W. 1998. A statistical analysis of construction equipment repair
 ۲۰۶ costs using field data and the cumulative cost model. PhD Thesis in Civil
 ۲۰۷ Engineering, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

- ۲۰۸ 13. Rohani, A., M.H. Abbaspour-Fard, and S. Abdolapour. 2011. Prediction of
 ۲۰۹ tractor repair and maintenance costs using artificial neural network. Expert
 ۲۱۰ system with applications 38: 8999-9007.
- ۲۱۱ 14. Telsang, M. 2005. Production management. S. Chand & Company LTD, India.
 ۲۱۲ 476 pages.
- ۲۱۳ 15. Terborgh, G. W. 1994. Dynamic Equipment Policy. McGraw-Hill, New York,
 ۲۱۴ NY.

۲۱۵ Prediction of tractor's economic life using genetic algorithm

۲۱۶ **A.Rohani^{1*}, M.Jaffari², H. Masoudi³**

۲۱۷ ¹Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad, College of Agriculture, Dept. of Agricultural Machinery Engineering,
 ۲۱۸ ²Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Shahrood University, ³Assistant Professor of Agricultural Machinery
 ۲۱۹ Engineering and Mechanization Department, Shahid Chamran University of Ahvaz

۲۲۰ * Email: arohani@um.ac.ir

۲۲۱ Abstract

۲۲۲ Replacement of tractor is one of the most influential factors to carry out timely farm
 ۲۲۳ operations. Accurately predict a repair and maintenance cost is an essential component
 ۲۲۴ of a model of replacement. The study was conducted using empirical data on 60 two-
 ۲۲۵ wheel drive tractors from Astan Ghodse Razavi agro-industry. The number of two-
 ۲۲۶ wheel drive tractors included Massey Ferguson 285, Fiat, Jandeer 3140 and Jandeer
 ۲۲۷ 4450 were 17, 10, 28 and 5, respectively. The regression analysis showed that the
 ۲۲۸ quadratic model was the best model for prediction of repair and maintenance costs.
 ۲۲۹ 17850, 18380, 27000 and 27400 cumulative hours of use as a replacement life were
 ۲۳۰ predicted for each of the tractor using the genetic algorithm, respectively.

۲۳۱ **Keywords:** genetic algorithm, economic life, tractor