تعیین مدل ریاضی هزینه های نگهداری و تعمیر ماشین های برداشت نیشکر فعال در کشت و صنعت دعبل خزاعی خوزستان

مهرداد صفرپور[1] ، حسین نوید[2] ، ترحم مصری گندشمین[3]
[1] فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه تبریز
[2] استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز
[3] استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
(mehrdadesafarpoor@yahoo.com)

چکیده

یکی از مهمترین هدف‌های یک مدیر کاهش هزینه‌های مالی و بالا بردن سود می‌باشد. لازمه محاسبه هزینه های موجود، دسترسی به آمار دقیق هزینه‌های ماشین می‌باشد. به طور کلی هزینه‌های ماشین‌های کشاورزی به دو گروه هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر تقسیم می‌شوند. گروه دیگری از هزینه‌های ماشین‌های کشاورزی، هزینه فرصت از دست رفته و یا هزینه به موقع انجام نشدن عملیات مزرعه می‌باشد [Dalsted et al, 1996]. مطالعه‌ی حاضر با هدف برآورد رابطه بین ساعات کارکرد تجمعی و هزینه‌های نگهداری و تعمیر تجمعی (بر حسب درصدی از قیمت اولیه) تعداد 24 دستگاه ماشین برداشت نیشکر فعال در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی خوزستان انجام پذیرفت . اطلاعات مورد نیاز شامل هزینه‌های نگهداری و تعمیر و ساعات کارکرد سالیانه در طی یک دوره ی ده ساله از سال 1380 تا 1389 جمع‌آوری گردید. داده‌ها توسط برنامه-های آماری SPSS16 برای تجزیه و تحلیل های آماری و تعیین مدل مناسب ردازش گردیدند . برای تعیین مدل مناسب از آزمون‌های آماری Z، F و ضریب تبیین R^2استفاده گردید. در این مطالعه مناسب‌ترین مدل ریاضی برای ماشین‌های برداشت نیشکر مدل توانی به‌صورت $y = 0.543(\frac{x}{1000})^{1.159}$ محاسبه گردید.

کلمات کلیدی: ماشین برداشت نیشکر، هزینه نگهداری و تعمیرات، بهترین مدل ریاضی

مقدمه

بسیاری از تصمیم‌گیری‌های مناسب در مدیریت مزرعه مانند برنامه‌ریزی برای تولید محصول و همچنین مدیریت ماشین‌های کشاورزی نیاز به اطلاعات دقیق از هزینه‌های ثابت و متغیر دارند. یکی از مهمترین هدف‌های یک مدیر کاهش هزینه‌های مالی و بالا بردن سود می‌باشد. لازمه محاسبه هزینه‌های موجود، دسترسی به آمار دقیق هزینه - های ماشین می‌باشد. در بین هزینه‌های مالکیت ماشین، هزینه‌های متغیر ماشین که تابعی از ساعات کاری و مدیریت ماشین می‌باشند، حائز اهمیت هستند. از بین هزینه‌های متغیر، هزینه‌ی نگهداری و تعمیر به علت غیرقابل پیش‌بینی بودن، داشتن طبیعتی تصادفی و متأثر شدن از نحوه ی مدیریت ماشین از اهمیت بیشتری برخوردار است. هزینه‌ی نگهداری و تعمیرات، بخش مهمی از هزینه های کل ماشین را تشکیل می دهد. پیش‌بینی هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ماشین‌ها در واحدهای مکانیزه‌ی کشاورزی از چند جنبه حائز اهمیت است؛ اول این که ماشین یکی از مهم‌ترین کالاهای سرمایه‌ای در کشاورزی محسوب می‌شود و سنجش دقیق سودآوری آن با لحاظ کردن اقلام هزینه امکان‌پذیر است. دوم این‌که برای تعیین نقطه‌ی سربه‌سر جهت جایگزینی ماشین کارکرده با ماشین نولازم است که عمر مفید (اقتصادی) ماشین‌ها تعیین گردد و سوم این‌که با این پیش‌بینی می توان علل افزایش

نامطلوب این هزینه‌ها را در صورت ایجاد، مرتفع نمود [الماسی و یگانه، 1381]. وجود یک حسابرسی مداوم و به تبع آن، به دست آوردن یک مدل ریاضی متناسب با شرایط کاری، اقلیمی و مدیریتی هر منطقه می تواند در پیش - بینی هزینه‌های ماشین در آینده مؤثر باشد و امر مدیریت را تا حد بسیار زیادی تسهیل نماید . مدل تعمیراتی به مواردی مانند فناوری به‌کار رفته در طراحی و ساخت ماشین، سطح مدیریت اعمالی و حتی شرایط اقلیمی و منطقه‌ای وابسته است[Rotz and Bowers, 1991]. برای داشتن یک مدل استاندارد، پارامترهای مدل باید مستقل از تغییر قیمت‌ها در اثر تورم و طراحی ماشین باشد. مطالعاتی که در این زمینه انجام شده نشان می‌دهد که بهترین واحد در این زمینه، روند و شیب تغییرات هزینه های نگهداری و تعمیرات بر حسب ساعات استفاده از ماشین می باشد [Wahby and Al Suhaibani, 1995]. به دلیل طبیعت تصادفی و غیر قابل انتظار بودن تعمیرات، مقدار و چگونگی هزینه های نگهداری و تعمیر به‌شدت وابسته به کیفیت مدیریت، مهارت کاربران و شرایط آب و هوایی است [Mitchell, 1998]. این عوامل، لزوم پیش‌بینی هزینه‌های نگهداری و تعمیر ماشین های کشاورزی را روشن می‌سازد. اولین تلاش‌ها جهت نهادینه کردن مدل های ریاضی و محاسبه ضرایب تعمیراتی ماشین‌های کشاورزی، به دهه‌ی 1940 در ایالات متحده آمریکا باز می گردد .اطلاعات قابل دسترس در مورد استفاده از ماشین‌ها به‌وسیله ریچی گردآوری شد و به‌صورت داده‌های ASAE در اولین چاپ سالانه مهندسان کشاورزی ASAE در سال 1954 منتشر شد [Rotz, 1987a]. کامل‌ترین و معتبرترین ساختار ریاضی و ضرایب موجود در این زمینه، معادله و ضرایب بیان شده توسط ASAE می‌باشد. کل هزینه‌های تعمیرات در طول عمر یک ماشین، به‌صورت درصدی از قیمت ماشین نو گزارش شده است . در این سالنامه، عمر مفید ماشین نیز بر حسب "تعداد سال‌های کارکرد ماشین" و کل ساعات کارکرد ماشین بیان گردیده است [Rotz and Bowrs, 1991]. باورز و هانت (1970)، با بررسی 1980 مزرعه مدلی به‌صورت $TAR = ILP(RC_1)(RC_2)(L)^{RC3}$ ارائه دادند که *TAR* : هزینه تعمیر کل تجمعی بر حسب دلار، L: ساعات تجمعی، درصدی از ساعات طول عمر،ILP: قیمت خرید اولیه ماشین، برحسب دلار، RC_1 ، RC_3RC_2 : ضرایب مدل که تابعی از نوع ماشین می‌باشد [Bowers and Hunt, 1970]. موریس (1988) مطالعه‌ای را برروی تعداد 50 تراکتور در انگلستان انجام داد و بهترین روش را برای برآورد هزینه‌های تعمیر سالیانه به صورت درصدی از قیمت اولیه ماشین با در نظر گرفتن نوع و ساعات کارکرد ماشین، بیان کرد [Morris, 1988]. لارسن و گورمان (1989) با جمع آوری داده‌هایی از تعداد 2500 دستگاه تراکتور چرخ‌زنجیری مزارع تعاونی ایلات آریزونا، کالیفرنیا و فلوریدا، 18400 ساعت کار را به عنوان عمر مفید تراکتورهای چرخ‌زنجیری بیان کردند که در طی آن هزینه‌ی تعمیرات معادل 78٪ قیمت اولیه تراکتور ها می - شد[Larsen and Gorman, 1989]. زیدی و همکاران (1992) در مرکز ملی حفاظت انرژی پاکستان برای برآورد هزینه نگهداری و تعمیر 93 دس تگاه تراکتور از طریق رگرسیون یک مدل ریاضی به صورت $y = 0.0669(\frac{x}{100})^{1.59}$ ارائه نمودند که در آن y: هزینه‌ی تعمیرات تجمعی برحسب درصدی از قیمت اولیه تراکتورو x: ساعات کارکرد تجمعی می‌باشد و نتیجه گرفتند که مدل مذکور هزینه ها را در مراحل اولیه ی عمر تراکتور خیلی کم و در مراحل بعدی عمر با افزایش مناسب، تخمین می‌زند. [Zaidi et al., 1992]. در سال های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای در مناطق مختلف ایران در این زمینه انجام شده است که از آن جمله می توان به مطالعات صورت گرفته توسط شریفی مالواجردی (1373)، یوسف‌زاده طاهری (1376)، الماسی و یگانه (1381)، آشتیانی عراقی و همکاران (1384) و روحانی وهمکاران (1384) اشاره کرد. این مطالعه با هدف بررسی و تعیین بهترین مدل ریاضی هزینه‌های نهداری و تعمیر ماشین‌های برداشت نیشکر اجرا گردید.

مواد و روشها

اطلاعات مورد نیاز در انجام این مطالعه شامل هز ینه لوازم یدکی، دستمزد تعمیراتی، هزینه روغن و هزینه سوخت مصرفی برای ماشین‌های برداشت نیشکر فعال در شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی خوزستان طی یک دوره زمانی ده ساله (1380تا 1389) جمع‌آوری شده است . این کشت و صنعت دارای تعداد 24 دستگاه ماشین برداشت نیشکر می‌باشد که هر یک از این ماشین ها دارای یک کد اختصاصی می‌باشند که بر طبق آن، پرونده ای جهت ثبت هزینه‌های نگهداری و تعمیرات وجود دارد که به شیوه‌ی جالبی در دفتر واحد فنی تجهیزات مکانیکی شرکت ثبت شده و قابل دسترسی و مطالعه می باشند . این گزارش ها، در دو گروه گزارش سروی س و گزارش تعمیرات تنظیم شده که دارای اطلاعات کاملی نظیر تاریخ انجام سرویس های تعویض روغن موتور، تعویض روغن گیربکس، تعویض روغن هیدرولیک، گریس کاری‌ها و همچنین تاریخ انجام تعمیرات، نوع تعمیر انجام شده، روغن و قطعات مصرفی و زمان ورود و خروج ماشین برداشت نیشکر از تعمیرگاه می باشد .برای محاسبه ساعات کارکرد سالیانه ماشین هرچند ساعات کارکرد ماشین های برداشت نیشکر در بعضی دوره ها ثبت شده است اما از آن‌جا که در این سال‌ها استمراری در ثبت داده‌ها وجود نداشته است از این‌رو بهترین روش جهت محاسبه ساعات کارکرد ماشین برداشت نیشکر از طریق داده های موجود برای روغن موتور مصرفی است. در واحد تجهیزات مکانیکی کشت و صنعت تعویض روغن برای ماشین های برداشت نیشکر در فواصل 80 ساعته صورت می گیرد . بنابراین هر بار تعویض روغن موتور معادل 80 ساعت کار ماشین برداشت نیشکر در نظر گرفته شد . و از آنجا که حجم مخزن روغن 42 لیتر می‌باشد، مقدار روغن مصرفی در یک سال را بر حجم مخزن روغن موتور تقسیم نموده و آنگاه با ضرب کردن عدد به‌دست آمده در 80، تعداد ساعات کارکرد سالیانه هر ماشین با دقت قابل قبولی تخمین زده شد. برای تعیین بهترین مدل ریاضی جهت پیش بینی هزینه‌های نگهداری و تعمیر ماشین برداشت نیشکر، ساعات کارکرد تجمعی برای هر سال با جمع کردن ساعات کارکرد هر سال با سال قبل به دست آمد و به عنوان متغیر مستقل (x) در نظر گرفته شد. هزینه‌ی نگهداری و تعمیرات که برابر با مجموع هزینه های تعمیرات داخل مزرعه و خارج از مزرعه و همچنین هزینه‌ی روغن و سوخت می‌باشد، برای هریک از ماشین‌های برداشت نیشکر و برای هر سال محاسبه گردید، سپس هزینه ی نگهداری و تعمیر تجمعی به صورت درصدی از قیمت اولیه با جمع کردن هزینه‌ی نگهداری و تعمیر هر سال با سال قبل و تقسیم آن به قیمت اولیه محاسبه و به عنوان متغیر وابسته (y) در نظر گرفته شد. برای حذف اثر تورم، تمام هزینه‌ها بر حسب سال پایه یعنی 1389تبدیل گردید. تجزیه رگرسیون به روش کمترین مربعات روی داده های نهایی (x و y) برای شش مدل ریاضی توسط نرم افزار SPSS16 انجام گرفت. جداول تجزیه واریانس تمامی مدل‌های آماری تشکیل و معنی دار بودن مدل ها و ضرایب آن‌ها توسط آماره-های t استیودنت و F مورد آزمون قرار گرفت و بهترین مدل ریاضی با توجه به معنی‌دار بودن پارامترهای هر مدل، بزرگی ضریب تبیین (R^2) و تطبیق آن با روند واقعی این هزینه‌ها انتخاب گردید.

نتایج و بحث

جدول 1 میانگین ساعات کارکرد تجمعی و هزینه های نگهداری و تعمیرات تجمعی 24 دستگاه ماشین برداشت نیشکر در طول سال های مورد مطالعه را جهت برازش مدل های مختلف و تعیین مناسب ترین مدل ریاضی با استفاده از روش رگرسیون نشان می دهد. در این مطالعه، قیمت او لیه ماشین برداشت نیشکر با توجه به اعمال نرخ

متوسط تورم در طی مدت ده سال برابر 2/3 میلیارد ریال (230 میلیون تومان)در نظر گرفته شد. جدول 2 نتایج برازش داده‌ها را برای شش مدل خطی، درجه دوم، درجه سوم، نمایی، معکوس و توانی ارائه می دهد.

جدول1- میانگین ساعات کارکرد و هزینه‌های نگهداری و تعمیر تجمعی 24 دستگاه ماشین برداشت نیشکر

سال	متوسط ساعات کارکرد تجمعی (1000 ساعت)	متوسط هزینه نگهداری و تعمیر تجمعی (برحسب درصدی از قیمت اولیه)
1380	0/875	1/024099588
1381	1/7088	2/087413022
1382	2/5169	3/29844033
1383	3/3366	4/596516366
1384	4/1441	6/103490286
1385	4/9982	7/181040379
1386	5/7592	8/118876553
1387	6/4768	9/57074272
1388	7/2586	11/477879
1389	8/0847	14/58825413

جدول2- تجزیه رگرسیون هزینه‌های تعمیرات تجمعی (برحسب درصدی از قیمت اولیه) و ساعات کارکرد تجمعی

متغیر مستقل: ساعات کارکرد تجمعی(x)			متغیر وابسته: هزینه‌های عمیرات تجمعی(y)				
خلاصه مدل			پارامترهای تخمینی				
مدل	فرم ریاضی مدل	R^2 (درصد)	F	a (RF_1)	b (RF_2)	c	d
خطی	$y = a + b_x$	97/5	307/079**	-1/102$^{n.s}$	1/751**		
درجه دوم	$y = a + bx + cx^2$	99/0	364/602**	0/528$^{n.s}$	0/763**	0/110*	
درجه سوم	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	99/7	634/754**	-1/186$^{n.s}$	2/580*	-0/369*	/036* 0
نمایی	$y = ae^{bx}$	92/9	105/335**	1/212**	0/328**		
معکوس	$y = a + b\frac{1}{x}$	58/3	11/195*	10/405**	-10/417*		
توانی	$y = ax^b$	99/6	1884/537**	1/147**	1/159**		

**: معنی‌داری در سطح یک درصد *: معنی‌داری در سطح پنج درصد n.s: عدم معنی‌داری

معنی‌دار شدن F محاسبه شده گویای این می باشد که حداقل یکی از متغیرهای مستقل (در اینجا فقط ساعات کارکرد تجمعی) در پیش‌بینی متغیر وابسته (هزینه نگهداری و تعمیرات تجمعی) اثر معنی‌داری دارد.. نتایج آزمون

t استیودنت بر برابری ضرایب مدل ها با صفر نشان داد که فرض ضریب ثابت (a) در مدل‌های خطی، درجه دوم و همچنین درجه سوم با صفر رد نشده است و بنابراین نمی توان به ضرایب مذکور در مدل اعتماد کرد .با توجه به موارد فوق و اینکه ضریب تبیین مدل توانی و مدل نمایی به ترتیب برابر 99/6و 92/9 درصد به‌دست آمده است بنابراین آزمون نکویی برازش و آزمون ضرایب رگرسیون برای انتخاب یکی از این دو مدل به عنوان مدل ریاضی مناسب برای پیش بینی هزینه نگهداری و تعمیر ماشین های برداشت نیشکر مورد مطالعه انجام شد. باقیمانده‌ها در هر دو مدل توزیع نرمال دارند، اما از آنجائی که مدل توانی نسبت به مدل نمایی انطباق مناسب تری با داده های واقعی دارد و همچنین دارای ضریب تبیین بزرگتری نسبت به مدل نمایی می باشد لذا مدل توانی به عنوان مناسب‌ترین مدل ریاضی پیش بینی هزینه های نگهداری و تعمیر ماشین های برداشت نیشکر فعال در کشت و صنعت دعبل خزاعی خوزستان انتخاب گردید.

فرم نهایی مدل ریاضی پیش‌بینی هزینه‌های نگهدرای و تعمیرات به‌صورت زیر به دست آمد:

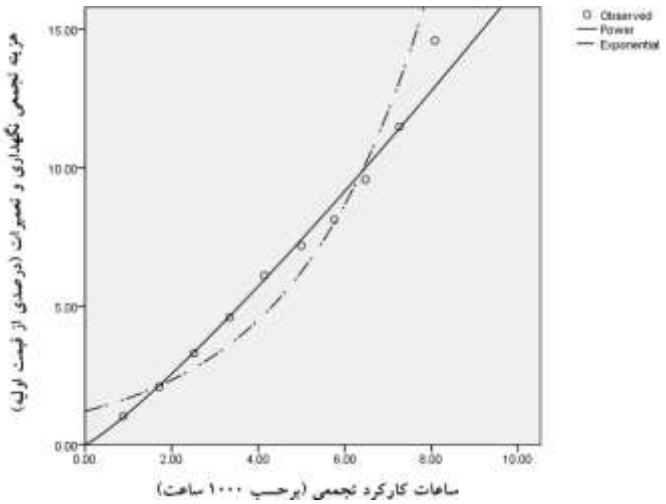
$$y = 1.147(\frac{x}{1000})^{1.159}$$

که در آن

x : ساعات کارکرد تجمعی

y : هزینه نگهداری و تعمیرات تجمعی بر حسب درصدی از قیمت اولیه ماشین برداشت نیشکر می باشد.

شکل 1 منحنی‌های برازش شده جهت پیش بینی هزینه های نگهداری و تعمیر ماشین برداشت نیشکر را نشان می‌دهد.



شکل1- منحنی مقایسه داده‌های واقعی با مدل‌هایتوانی و نمایی در پیش‌بینی هزینه‌های تجمعی نگهداری و تعمیرات

جهت بررسی مدل نهایی به دست آمده از این تحقیق که با استفاده از اطلاعات موجود و برای ماشین برداشت نیشکر موجود در منطقه استخراج گردیده، مقایسه ای با مدل های سایر منابع داخلی و خارجی که برای انواع مختلف تراکتورها انجام شده بود، صورت گرفت . مدل ریاضی هزینه ها به عواملی همچون روش و زمان انجام تحقیق، تعداد و نوع نمونه تحت مطالعه، سیاست مدیریت و کاربرد ماشین، سطح کیفی تعمیرات و سرویس، مهارت اپراتور و شرایط اقلیمی بستگی دارد [عجب‌شیرچی و همکاران، 1388]. جدول 3 مدل ریاضی به‌دست آمده در این مطالعه رادر سطوح 1000، 2000 و 5000 ساعت کارکرد با برخی از مدل های به‌دست آمده از منابع خارجی

مانند مطالعه باورز و هانت (1970)، وارد و همکاران (1985)، روتز (1987) و زیدی و همکاران (1992) و برخی منابع داخلی مانند مطالعه شریفی مالواجردی (1373)، طباطبایی و همکاران (1380)، الماسی و یگانه (1381) و عجب‌شیرچی و همکاران (1388) را نشان می‌دهد. با بررسی و مقایسه این مدل ها مشاهده می گردد که هیچ یک از مدل های به‌دست آمده دقیقاً شبیه هم نیستند . این مسأله مربوط به اختلاف در روش مطالعه، زمان و مکان جمع‌آوری داده‌ها می‌باشد به نحوی که هزینه های نگهداری و تعمیرات از کشوری به کشور دیگر و از منطقه ای به منطقه دیگر (با توجه به تغییرات جغرافیایی و اقلیمی و همچنین روش های مدیریتی و کاربرد ماشین) تغییر می-کند.

جدول3- مقایسه هزینه‌های نگهداری و تعمیرات منطقه مورد مطالعه با برخی منابع داخلی و خارجی

منبع	مدل ریاضی	هزینه تعمیر بر حسب درصدی از قیمت خرید		
		1000 ساعت	2000 ساعت	5000 ساعت
کالپین	$y = 0.00865x^{1}$	8/6	17/3	43/2
باورز و هانت	$y = 0.076\left(\frac{x}{120}\right)^{1.6}$	2/3	6/8	29/7
وارد و همکاران	$y = 0.042\left(\frac{x}{120}\right)^{1.895}$	2/3	8/7	49/3
روتز	$y = 1.0\left(\frac{x}{1000}\right)^{2}$	1/0	4/0	25/0
ASAE	$y = 1.2\left(\frac{x}{1000}\right)^{2}$	1/2	4/8	30/0
موریس	$y = (0.0996x^{1.4775})10^{-3}$	2/7	7/5	29/1
زیدی و همکاران	$y = 0.0669\left(\frac{x}{100}\right)^{1.59}$	2/6	7/9	33/9
وهبی و سهیبانی	$y = 1.2\left(\frac{x}{1000}\right)^{2.141}$	1/2	5/3	37/6
مطالعه حاضر	$y = 1.147\left(\frac{x}{1000}\right)^{1.159}$	1/147	2/561	7/41

منابع

آشتیانی عراقی، ع. و ا. رنجبر. و م. تورچی، (1384)، مدل ریاضی بهینه برای پیش بینی هزینه های تعمیر و نگهداری، فصلنامه دانش کشاورزی، 15(4) صفحات 101-112

الماسی، م. و ح. یگانه، (1381)، 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، 33(4) صفحات 707-716

روحانی، ع. ی عجب‌شیرچی. ا رنجبر، م ح عباس‌پور و م ولیزاده، (1384)، تعیین مدل ریاضی و ضرایب تعمیراتی بهینه برای پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای موجود در شرایط زراعی در مؤسسه کشت و صنعت آستان قدس رضوی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه تبریز

شریفی مالواجردی ا، (1373)، تعیین یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه های تعمیر و نگهداری سه نوع تراکتور متداول در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

طباطبایی فر ا. م احمدی. ع برقعی، (1380)، تعیین مدل ریاضی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای مسی فرگوسن و یونیورسال 650 در استان کرمانشاه، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، 11(3) صفحات 12-1

عجب‌شیرچی ی. ا رنجبر. م ولیزاده. ا عزیزپناه و ع عزیزپناه، (1388)، تعیین بهترین مدل ریاضی جهت پیش‌بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای موجود در کشت و صنعت میثاق استان ایلام، مجله دانش کشاورزی پایدار، 19(1) صفحات 81-71

یوسف‌زاده طاهری م ر، (1376)، تعیین یک مدل ریاضی برای پیش بینی هزینه‌های تعمیر و نگهداری و تعیین ضرایب تعمیراتی مناسب برای تراکتورهای متداول در کشت و صنعت های منطقه پارس‌آباد مغان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشگاه تبریز

Bowers W and Hunt D R, (1970), Application of Mathematical Formulas to Repair Cost data, Transactions of the ASAE, 13(6), 806-809

Dalsted N and Gutierrez P, (1996), The cost of owning and operating farm machinery, Agricultural and business management notes, Section 4, No 4,4, Colorado State University Cooperative Extension.

Hunt D, (1995), Farm Power and Machinery Management, 9th ed, Iowa State University Press, Ames, Iowa

Larsen J, R Gorman, (1989), Application and life of crawler tractors in Agriculture, ASAE paper, 89-1617

Mitchell Z W, (1998), A Statistical analaysis of Construction Equipment Repair Costs Using Field data & The Cumulative Cost model, PhD Thesis, Faculty of TheVirginaPolytechnic Institute and State University

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

Rotz C A, (1987a), A Standard model for Repair Costs of Agricultural Machinery, Applied Engineering in Agriculture, Vol, 3(1): 3-9

Rotz C A and Bowers W, (1991), Repair and Maintenance Cost data for Agricultural Equipment. ASAE Paper No, 91-1531

Wahby M F and S A AL-Suhaibani, (1995), Multi Linear models for Repair and Maintenance Costs for Combines in Saudi Arabia, Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo, 46(3): 379-390

Ward S M, P B Mcnulty and C M Bunney, (1985a), Repair Costs of 2 and 4WD Tractors, Transactions of the ASAE, 28(4): 1047-1076

Zaidi M A, A W Zafar and M S Sabir, (1992), A Mathematical Model for Repair and Maintenance Cost of Agricultural Machinery, AMA, Vol, 23(3):70-72