

مدیریت ماشین آلات راهسازی و معدنی با استفاده از مدل تجمیع هزینه ها

مهندس مسعود حاتمی

کارشناس مرکز تحقیقات شرکت تولید تجهیزات سنگین (هپکو) - ایران

E-mail: hatami@hepcoir.com

مهندس خدیجه مفاخری

رئیس طرح و برنامه شرکت تولید تجهیزات سنگین (هپکو) - ایران

E-mail: mafakheri@hepcoir.com

خلاصه مقاله

امروزه مدیریت ماشین آلات راهسازی از آنجایی که با مؤلفه های پیچیده ای روبروست، از مشاغل مشکل مدیریتی به شمار می رود. مؤلفه ها و متغیرهایی مانند: مدیریت منابع، حسابداری، مهندسی، تدوین خط مشی و پیش بینی وضعیت حال و آینده. هدف از این تحقیق، شناسایی و تشریح ابزاری است که بوسیله آن یک مدیر ماشین آلات راهسازی و معدنی بتواند در یک حاشیه امنیت مناسب اقدام به تصمیم گیری در خصوص: خرید ماشین - بازسازی ماشین - تعمیرات - جایگزین نمودن - اسقاط نمودن و غیره نماید. امید است بوسیله چشم اندازی که این تحقیق فراروی مدیران ماشین آلات قرار می دهد، بتواند با مشاهده نقاط بحرانی تعمیر و نگهداری ماشین آلات راهسازی و معدنی، مناسبترین تصمیم را اتخاذ نمایند. غالباً مالک ماشین با تصمیمات اقتصادی پرهزینه و دشواری روبروست. هزینه هایی از قبیل: هزینه های مالکیت و نگهداری، هزینه های تعمیرات، پیش بینی زمان جایگزینی ماشین، و غیره. هدف این تحقیق، شناسایی و تبیین یک مدل رگرسیون می باشد تا به وسیله آن بتوان هزینه های تعمیرات ماشین را برحسب ساعات کارکرد، پیش بینی نمود. اطلاعات بدست آمده در این تحقیق از ۲۷۰ ماشین راهسازی که مربوط به ۴ شرکت متفاوت می باشند، استخراج شده است و در این خصوص ۱۹ مدل خطی و غیر خطی متناسب با این داده ها مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت یک معادله از ۱۹ مدل فوق، به عنوان بهترین مدل، انتخاب گردید. در پایان تحقیق و با استفاده از اطلاعات مذکور دو برنامه کامپیوتری در نرم افزار صفحه گسترده طراحی گردیده که با استفاده از آنها می توان زمان بازسازی و عمر بهینه اقتصادی ماشین را پیش بینی نمود.

ABSTRACT

The management of heavy construction equipment is a difficult task. Equipment managers are often called upon to make complex economic decisions involving the machines in their charge. These decisions include those concerning acquisitions, maintenance, repairs, rebuilds, replacements, and retirements. . The equipment manager must also be able to forecast internal rental rates for their machinery. Repair and maintenance expenditures can have significant impacts on these economic decisions and forecasts. The purpose of this research was to identify a regression model that can adequately represent repair costs in terms of machine age in cumulative hours of use. The study was conducted using field data on 270 heavy construction machines from four different companies.

کلیدی: ماشین آلات راهسازی (Construction Equipment) - ماشین آلات معدنی (Mine Equipment) مدل مجموع هزینه ها (CCM) - شاخص مجموع هزینه ها (CCI)

۵. داده های اخذ شده از ماشین آلات عموماً بسته به نوع و گروه ماشینها طبقه بندی می شوند.
۶. داده های جمع آوری شده با استفاده از روشهای قابل اطمینان جمع آوری شده اند.
۷. سعی هر شرکت بر این است که خدمات یکسانی برای ماشین آلات خود ارائه نماید.
۸. مجموع ساعات کارکرد ماشین آلات به عنوان متغیر رگرسیون بکار می رود.
۹. مجموع هزینه های تعمیر و نگهداری به عنوان یک متغیر وابسته از مرکز منحنی توزیع نرمال معادله رگرسیون در محدوده بالای ساعات کارکرد استخراج می شود.
۱۰. واریانس این متغیر وابسته، فرض می شود که در بازه زمانی طول عمر ماشین و در مواردی که داده های کافی ارائه نشده باشد، ثابت است.
۱۱. مجموع هزینه های تعمیرات برای هر ماشین وقتی صفر می باشد که ساعات کارکرد ماشین صفر باشد.
۱۲. داده های جمع آوری شده ماشین آلات در حالت کلی: به طور کلی می توان گفت که هیچ ابزارآزمایی را نمی توان یافت که به وسیله آن و بدون هیچگونه نقص بتوان، نتایج دقیقی از یک مسأله علمی را مشاهده نمود. از این رو فقط می توان گفت نتایج این تحقیق می تواند تا مقدار زیادی به واقعیت نزدیک باشد، نه دقیقاً.

اقتصاد ماشین آلات

آنچه که در مباحث قبلی اشاره گردید، در واقع سه مرحله کلی از چرخه حیات ماشین آلات راهسازی می باشد: خرید، استفاده و فروش.

در فرایند خرید، به عنوان اولین مرحله، یک مدیر هنگامی مبادرت به این تصمیم می گیرد که امکان هزینه نمودن سرمایه زیادی را در این بخش داشته باشد. تصمیم به راه اندازی و استفاده از ماشین بلافاصله بعد از خرید ماشین و به هدف راه اندازی هر چه از زانتر ماشین، کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری و افزایش بهره وری، صورت می گیرد. به عنوان آخرین مرحله، فرایند فروش موقعی صورت می پذیرد که در چرخه حیات ماشین به نقطه ای برسیم که، از آن نقطه به بعد، نگهداری ماشین، توجیه اقتصادی نداشته باشد.

به صورت مجزا شاید درک هر یک از تصمیمات فوق آنقدر مشکل نباشد، اما پیچیدگی ها و متغیرهای مرتبط با هر یک کار را قدری مشکل می کند. شاید برای خرید یک ماشین جدید، هزینه های اپراتوری و کاهش عمر مفید یک دستگاه ناچار بهای سنگینی را بخواهیم پرداخت کنیم. به عنوان مثال ممکن است با افزایش هزینه بهره برداری از دستگاه به این نتیجه برسیم که باید تصمیم به فروش بگیریم، اما تصمیمات تعمیراتی در سطح بعدی اتخاذ می شود. وقتی که ماشین با یکی از اجزاء آن آسیب ببیند در این حالت ماشین مجدداً بایستی به حالت حاضر به کار درآید.

تصمیم به بازسازی و نوسازی مجدد ماشین موقعی اتخاذ می شود که به پایان عمر مفید کاری ماشین نزدیک می شویم، در این حالت مدیریت مطلوب ماشین آلات، اقتضاء می نماید تا تصمیم به جایگزینی ماشین نمائیم. غالباً چنین تصمیماتی چند وجهی می باشند. چرا که مستقیماً تحت تأثیر کمیت های سرمایه گذاری و سود آوری قرار دارند. در این بخش به دو دسته از این تصمیمات خواهیم پرداخت:

دسته اول عبارتست از آن دسته تصمیماتی که ماهیت عملیاتی دارند، مانند: چگونه می توان کارایی ماشین آلات را افزایش داد؟ و دسته دوم تصمیمات: آنهایی هستند که ماهیت مکانیکی دارند، مثلاً چگونه می توان از کارایی ماشین اطمینان حاصل

خواهیم نمود، سپس با وارد شدن به مفاهیم تخصصی تر موضوع را ادامه خواهیم داد. در ابتدای بحث لازم است با موضوع هزینه ها آشنا شویم.

هزینه های مالکیت، هزینه هایی هستند که با گذشت زمان همچنان وجود خواهند داشت، مانند هزینه های بیمه و مالیات. هزینه های مالکیت و نگهداری بهترین مثالی است که مانند یک تقویم شرح می دهد که در چه مقاطعی از ماشین استفاده نمی شود. در یک بازه زمانی طولانی تر میتوان به یک مقطع زمانی برخورد نمود که، میانگین هزینه نگهداری ماشین در کمترین سطح خود می باشد و برعکس آن می توان به محدوده ای برخورد نمود که میانگین هزینه های یک ماشین در یک مقطع کوتاه به صورت نسبی زیاد می باشد.

در فرایند راه اندازی ماشین آلات ما با هزینه ای روبرو هستیم که به آن هزینه های راه اندازی (عملیاتی) می گویند، و عبارتست از هزینه هایی که به صورت روزانه و در خلال استفاده از دستگاه بایستی پرداخت شود. اگر دستگاه در حالت بیکاری باشد، این هزینه صفر می باشد و اگر دستگاه به مدت زیادی روزانه کار نماید، این هزینه به صورت تصاعدی بالا خواهد رفت لذا این هزینه ها می توانند، بهترین تعریف برای واحد انجام کار باشند. برخی از این هزینه ها کم ولی دائمی هستند، مانند هزینه سوخت و هزینه نگهداری ولی از طرفی برخی دیگر از این هزینه ها که مبلغ بیشتری را شامل می شوند، هزینه های دوره ای هستند مانند: هزینه خرید تایرها، هزینه تعمیرات دوره ای و بازسازی. میانگین هزینه های بهره برداری در زمانی کمینه می باشد که دستگاه نو باشد. به تدریج هر چه عمر دستگاه بیشتر شود، این هزینه ها بیشتر خواهد شد. افزایش هزینه های نگهداری، همزمان با افزایش هزینه های بهره برداری، ما را با مفهوم عمر اقتصادی بیشتر آشنا می سازد. این مفهوم به صورت تئوریک بیانگر عمر بهینه ماشین می باشد و عبارتست از مدت زمانی که در آن، ترکیب میانگین هزینه های نگهداری و راه اندازی در کمترین حد قرار داشته باشند. برای تجزیه تحلیل دقیق عمر اقتصادی، بایستی به درک صحیحی از رفتار متغیرهای هزینه های مرتبط با نگهداری و راه اندازی نائل شویم.

اهداف تحقیق

در این تحقیق سعی ما بر آن است تا به اهداف زیر نائل شویم:

۱. اطلاعات مربوط به تعمیر و نگهداری ماشین آلات راهسازی را جمع آوری و قاعده مند نمائیم.
۲. با استفاده از یک متدولوژی تحلیلی موارد زیر را مشخص نمائیم:
 - استفاده از اطلاعات جمع آوری شده
 - نمایش رگرسیون های مهم در توابع هزینه های تعمیرات و عمر ماشین
 - تعیین مقادیر معنی دار این رگرسیون
۳. تعیین یک متدولوژی جهت ترکیب معادلات رگرسیون جهت تشریح فرضیه سوم (CCM) در این صورت می توان به صورت جبری شاخص مجموع هزینه (CCI) را بدست آورد:

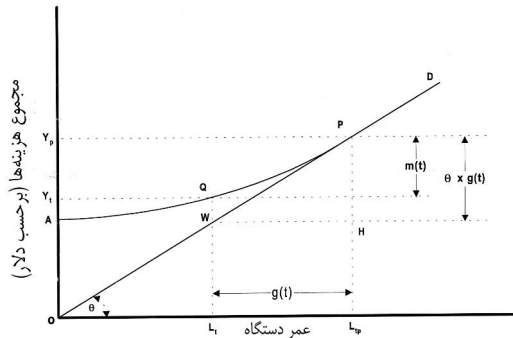
$$CCI_t = \frac{\text{مجموع هزینه ها}}{\text{قیمت خرید}}$$

۴. تفسیر اینکه چگونه می توان از CCM برای فرایند تصمیم سازی ماشین آلات اقتصادی بهره گرفت.

فرضیات

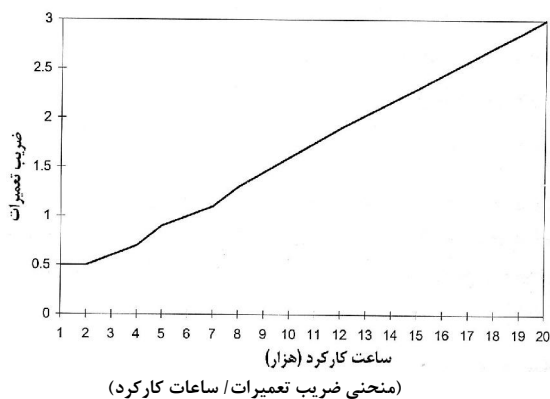
در اینجا به فرضیاتی اشاره خواهیم نمود که قبل از شروع تحقیق لازم است یادآوری نمائیم. شرح تفصیلی این فرضیات شامل موارد زیر می باشد:

محدوده مالی که صرف تعمیرات یک ماشین می‌شود، در یک بازه زمانی چقدر است و چه ارتباطی بین این هزینه و نوع ماشین، عمر ماشین و موقعیت جغرافیایی کارکرد ماشین وجود دارد؟



(۴) تئوری نیکولز (Nichols): هربرت نیکولز در سال ۱۹۷۶ در کتاب خود با نام حرکت زمین (Moving The Earth) به صورت تحلیلی، مدلی را ارائه نمود که هزینه تعمیرات را پیش‌بینی می‌نمود.

وی در این کتاب بیان نمود که هزینه تعمیرات در ساعت را با استفاده از فاکتورهای: نوع ماشین، مجموع ساعات کارکرد، سالهای مفید کاری، حرارت و شرایط کارکرد، کیفیت نگهداری، نوع استفاده، سبک اپراتوری و سرعت کار می‌توان بدست آورد. این فاکتورها را ابتدا در یکدیگر ضرب و سپس در یک هزارم قیمت خرید ماشین ضرب می‌کنیم تا هزینه یک ساعت بدست آید. ضریب هزینه تعمیرات نیکولز به عنوان یک تابع خطی با گذشت ساعات کارکرد، افزایش می‌یابد.



هریک از نظریه‌های فوق شاید به تنهایی نتوانند پاسخگویی جنبه‌های متفاوت و ترکیب نمودن آنها در یک مجموعه، به پاسخگویی جنبه‌های متفاوت موضوع باشند، اما تئوری مجموع هزینه‌ها، به پاسخگویی به سؤال فوق می‌پردازد. این تئوری در سال ۱۹۸۰ توسط آقای پروفیسور مایک وورستر (Mike Vorster-1980) ارائه گردید.

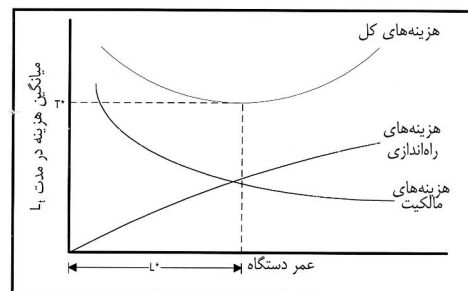
معرفی مدل مجموع هزینه‌ها: این مدل برخلاف سایر مدل‌ها، با دارا بودن ویژگی نمایش گرافیکی، این امکان را فراهم می‌کند، که در خصوص نحوه تغییرات مجموع هزینه‌ها، میانگین هزینه‌ها و هزینه‌های بحرانی، به درک بهتری نائل شویم. از این مدل همچنین می‌توان مفاهیم کمینه کردن هزینه‌ها و یا بیشینه کردن سود

نمود؟ در این مقاله سعی ما بر آن است که بر روی مباحث اقتصادی ماشین آلات تمرکز بیشتری نمایم.

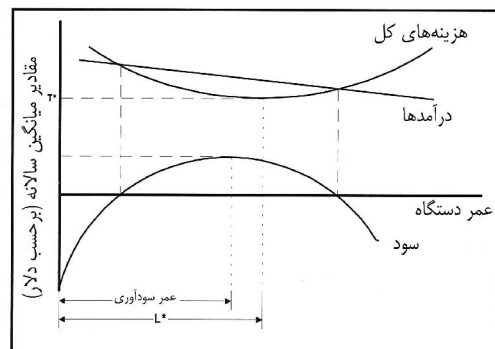
ارزیابی و تبیین تئوری‌های مربوط به برآورد هزینه تعمیرات ماشین آلات راهسازی و معدنی

(۱) تئوری کاهش هزینه: این تئوری را می‌توان به راحتی به صورت یک نمودار گرافیکی نمایش داد. همانطوریکه در فصل اول این کتاب بیان گردید، هزینه‌های مرتبط با ماشین‌آلات را عموماً می‌توان به دو دسته کلی تقسیم‌بندی نمود: هزینه‌های مالکیت (هزینه‌های اولیه) و هزینه‌های راه‌اندازی (هزینه‌های ثانویه). میانگین هزینه مالکیت که برای هر ماشین پرداخت می‌شود به ازای گذشت زمان، کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر بیشترین هزینه‌ای که برای مالکیت یک ماشین پرداخت می‌شود، در هنگام خرید به مالک آن تحمیل می‌شود. با گذشت زمان، قیمت خرید ماشین در یک گستره زمانی سرشکن خواهد شد، بنابراین میانگین هزینه‌های مالکیت سیری نزولی خواهد داشت.

میانگین هزینه‌های راه‌اندازی، با گذشت زمان دارای یک سیر صعودی خواهد بود. به عبارت دیگر یک ماشین نو، به ندرت ممکن است نیاز به تعمیرات داشته باشد، اما یک ماشین در حین انجام کار ممکن است، نیاز به تعمیرات مکرر داشته باشد.



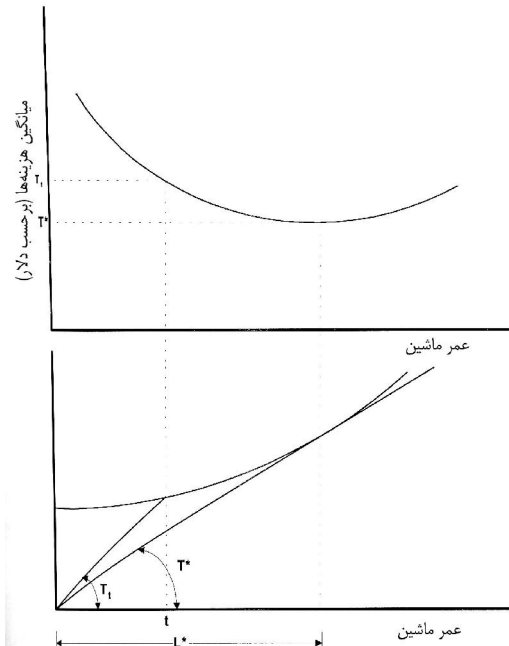
(۲) تئوری بیشینه کردن سود: تئوری دیگری که در خصوص راه‌حل، چگونگی جایگزینی ماشین‌آلات ارائه گردیده، تئوری بیشینه کردن سود می‌باشد که توسط هارولدها تلینگ (Hotelling-1925) ارائه گردید. در شکل زیر این تئوری به صورت یک نمودار گرافیکی بیان گردیده است.



در این شکل سه منحنی ترسیم گردیده است، منحنی هزینه کل، منحنی درآمدها و منحنی سود. میانگین درآمدها براساس درآمدهای حاصله از دارایی‌های یک شرکت بدست می‌آید و میانگین سود از اختلاف بین میانگین درآمدها و میانگین هزینه‌ها، بدست می‌آید. بهینه‌ترین نقطه عمر اقتصادی ماشین وقتی است که: منحنی سود در بیشینه‌ترین حالت خود قرار دارد.

(۳) تئوری محدوده تعمیرات: این تئوری که با تئوری‌های پیشین ماهیتاً تفاوت دارد در سال ۱۹۶۷ توسط آقای هاستینگ مطرح شد (Hastings 1967) و به تئوری محدوده تعمیرات معروف است. این تئوری مشخص می‌کند که:

را استخراج نمود. مدل مجموع هزینه‌ها همچنین به روشنی، سه مرحله عمر اقتصادی ماشین شامل: خرید، راه‌اندازی و فروش را نیز نمایش می‌دهد.

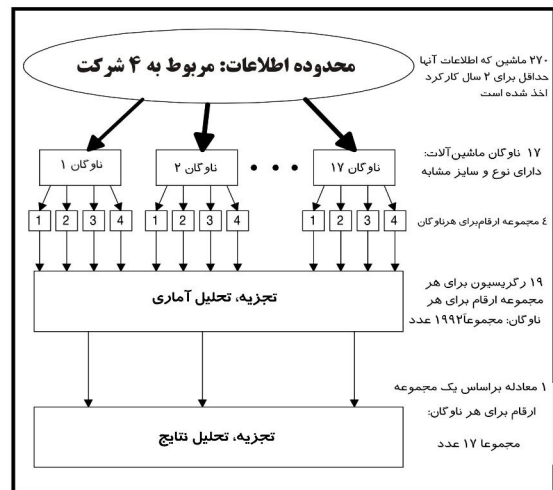


{مدل مجموع هزینه‌ها و کمینه‌کردن هزینه‌ها (Vorster- 1980)}

بهینه‌ترین نقاط در دو تابع فوق به وسیله مماس هندسی منحنی هزینه‌ها بدست می‌آید. در روش کمینه کردن هزینه، با استفاده از یک مماس افقی بر روی منحنی میانگین هزینه‌ها، مقدار بهینه هزینه (T^*) و عمر بهینه اقتصادی دستگاه (L^*) بدست می‌آید. در مدل مجموع هزینه‌ها، جهت تعیین خط مماس، از مرکز مختصات خطی مماس بر منحنی ترسیم می‌کنیم.

برای تعیین مقدار T^* بایستی شیب خط مماس را در نقطه تماس بدست آوریم. برای محاسبه میانگین هزینه‌ها راه‌اندازی (Tt) در یک زمان معین (t) در مدل کمینه کردن هزینه به روش زیر عمل می‌کنیم: از نقطه t و به صورت عمودی خطی افقی ترسیم می‌کنیم تا محور هزینه را در یک نقطه قطع نماید، شیب خط فوق بیانگر مقدار (Tt) می‌باشد.

در خصوص محورهای مختصات نمودار فوق لازم به ذکر است که مقادیر اعداد محور افقی (عمر دستگاه) می‌تواند با استفاده از ساعات کارکرد دستگاه و مقادیر اعداد محور عمودی بیانگر مجموع هزینه‌های مالکیت و راه‌اندازی می‌باشند.



متدولوژی تحقیق

تجزیه و تحلیل اطلاعات: هدف از این بخش، انتخاب یک مدل آماری برای تجزیه، تحلیل اطلاعات مربوط به شاخص مجموع هزینه‌ها و مجموع ساعات کارکرد در ماشین آلات می‌باشد. مطابق الگوی فوق با استفاده از چهار مجموعه اعدادی که از ۱۷ ناوگان ماشین آلات بدست می‌آوریم، می‌توان به یک معادله رگرسیون مناسب، دست یابیم. اکنون در این بخش با انتخاب یک مدل آماری و با استفاده از ارقامی که از فصل قبلی استخراج نمودیم، به بحث و بررسی در خصوص حوزه‌های اصلی زیر خواهیم پرداخت:

- تجزیه، تحلیل مقدماتی اطلاعات
- تجزیه، تحلیل اولیه اطلاعات
- انتخاب مدل آماری
- انتخاب مجموعه ارقام
- بررسی نتایج و عملکرد مدل آماری

شرکت اول				شرکت دوم				شرکت سوم				شرکت چهارم			
ناوگان اول				ناوگان دوم				ناوگان اول				ناوگان دوم			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
9	10	11	12	9	10	11	12	9	10	11	12	9	10	11	12
13	14	15	16	13	14	15	16	13	14	15	16	13	14	15	16
17	18	19	20	17	18	19	20	17	18	19	20	17	18	19	20
21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24
25	26	27	28	25	26	27	28	25	26	27	28	25	26	27	28
29	30	31	32	29	30	31	32	29	30	31	32	29	30	31	32
33	34	35	36	33	34	35	36	33	34	35	36	33	34	35	36
37	38	39	40	37	38	39	40	37	38	39	40	37	38	39	40
41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44	41	42	43	44
45	46	47	48	45	46	47	48	45	46	47	48	45	46	47	48
49	50	51	52	49	50	51	52	49	50	51	52	49	50	51	52
53	54	55	56	53	54	55	56	53	54	55	56	53	54	55	56
57	58	59	60	57	58	59	60	57	58	59	60	57	58	59	60
61	62	63	64	61	62	63	64	61	62	63	64	61	62	63	64
65	66	67	68	65	66	67	68	65	66	67	68	65	66	67	68
69	70	71	72	69	70	71	72	69	70	71	72	69	70	71	72
73	74	75	76	73	74	75	76	73	74	75	76	73	74	75	76
77	78	79	80	77	78	79	80	77	78	79	80	77	78	79	80
81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84	81	82	83	84
85	86	87	88	85	86	87	88	85	86	87	88	85	86	87	88
89	90	91	92	89	90	91	92	89	90	91	92	89	90	91	92
93	94	95	96	93	94	95	96	93	94	95	96	93	94	95	96
97	98	99	100	97	98	99	100	97	98	99	100	97	98	99	100

رگرسیون‌های مقدماتی

در ادامه تحقیق، کلیه مجموعه اعداد نهایی و مدل‌های انتخابی را مورد بررسی و تجزیه، تحلیل قرار می‌دهیم. در این راستا همه مدل‌های انتخابی را طی فرآیند‌های آماری مختلف، پالایش نمودیم. در ابتدای فصل تعداد احتمالات موجود شامل ۱۲۷۲ رگرسیون تقلیل یافت و در نهایت یک مدل به عنوان بهترین گزینه، انتخاب گردید.

از بین چهار مجموعه اعداد تحت بررسی، یک مجموعه اعداد انتخاب گردید. مدل نهایی منتخب یا:

$$CCI = 1 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon$$

را بایستی با استفاده از جفت ارقام مربوط به هر ماشین در محدوده بازده‌های زمانی ۵۰۰ ساعت کارکرد، مورد بررسی قرار داد.

که در آن:

شاخص مجموع هزینه ها $CCI =$

$X =$ مجموع ساعات کارکرد $1000 /$

ضرایب معین حاصله از رگرسیون $\beta_1, \beta_2 =$

همانطوریکه در معادله فوق مشاهده می شود این معادله از دو مؤلفه $\beta_1 X$ و $\beta_2 X^2$ تشکیل شده است که در آن $\beta_1 X$ جزء ثابت هزینه های تعمیرات می باشد. این مؤلفه بیانگر این است که یک شرکت چگونه هزینه های ضروری مربوط به یک ناوگان ماشین آلات خود را کنترل و مدیریت می کند. مقادیر کم این مؤلفه حاکی از این مطلب است که، یک شرکت پول زیادی را به هزینه های تعمیر و نگهداری فعالیت های روزمره خود اختصاص نمی دهد. در مقابل، مقدار زیاد این مؤلفه گویای این است که یک شرکت مقدار پول ثابتی را به ناوگان ماشین آلات خود اختصاص داده است.

مؤلفه $\beta_2 X^2$ در معادله، نشانگر این است که، یک شرکت چگونه نرخ رشد هزینه هایش را کنترل می کند. مقدار زیاد این مؤلفه، دلالت بر رشد سریع هزینه ها دارد و مقدار کم آن حاکی از مدیریت مطلوب هزینه ها می باشد. این رشد هزینه ها عامل تعیین کننده ای جهت تعیین عمر اقتصادی بهینه (L^*) هر ناوگان می باشد. مسأله جالب توجه در این خصوص، این است که رابطه معنی داری را می توان بین این دو مؤلفه در هر ناوگان مشاهده نمود به این صورت که در هر ناوگان، مشاهده نمود به این صورت که در هر ناوگان، به ازای کاهش مقدار $\beta_1 X$ شاهد افزایش $\beta_2 X^2$ می باشیم.

در پایان نتیجه می گیریم که:

« هرچه یک شرکت در طول حیات خود، در بخش مربوط به تعمیر و نگهداری ماشین آلات خود سرمایه گذاری نماید، باعث می شود که در اثر افزایش عمر اقتصادی ماشین آلات، نرخ رشد هزینه های شرکت کاهش یابد.»

نتیجه گیری:

هدف این تحقیق شناسایی و تبیین یک مدل رگرسیون می باشد تا به وسیله آن بتوان هزینه های تعمیرات ماشین را برحسب ساعات کارکرد، پیش بینی نمود. اطلاعات بدست آمده در این تحقیق از ۲۷۰ ماشین راهسازی که مربوط به ۴ شرکت متفاوت می باشند، استخراج شده است و در این خصوص ۱۹ مدل خطی و غیر خطی متناسب با این داده ها مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت یک معادله از ۱۹ مدل فوق، به عنوان بهترین مدل، انتخاب گردید.

لازم به ذکر است که در پایان تحقیق یک برنامه کامپیوتری ارائه گردیده است که مدیران ماشین آلات، با استفاده از آن برنامه و اطلاعات بدست آمده از ماشین آلات خود می توانند، از آن به عنوان ابزاری جهت اخذ تصمیمات اقتصادی بهتر، بهره مند شوند. متأسفانه به دلیل محدودیت های موجود امکان معرفی این برنامه در متن مقاله میسر نگردید. علاقمندان این بحث جهت دریافت اطلاعات تکمیلی و دریافت رایگان این برنامه، می توانند با آدرس نویسندگان مقاله مکاتبه نمایند.

REFERENCES:

Collier, C. A., Jacques, D. E. (1984). "Optimum equipment life by minimum life-cycle costs," *Journal of Construction Engineering and Management*, 110 (2), 248-265.

Cost Reference Guide for Construction Equipment. (1996). K-III Directory Corporation, San Jose, CA.

Cox, E. A. (1971). "Equipment Economics." *Handbook of Heavy Construction*, J. A. Havers and F. W. Stubbs, eds., McGraw-Hill, New York, NY.

Douglas, J. (1970). "Replace For More Profit." *Construction Methods and Equipment*, Mar. & Apr. 1970.

Douglas, J. (1975). *Construction Equipment Policy*. McGraw-Hill, New York, NY.

Fabricant, S. (1976). "Economic Calculation Under Inflation: The Problem in Perspective."

Economic Calculation Under Inflation, Liberty Press, Indianapolis, IN.

Green Guide for Construction Equipment. (1996) K-III Directory Corporation, San Jose, CA.

Hanke, J. E., Reitsch, A. G. (1995). *Business Forecasting*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Harris, F. C., and Olomolaiye, P. O. (1993). "A theoretical model for determining equipment service life." *Building Research and Information*, E. & F. N. Spon, 21(4), 243-245.

Jaafari, A., Mateffy, V. K. (1990). "Realistic Model for Equipment Replacement", *Journal of*

Construction Engineering and Management, ASCE, 116 (3), 514-532.

Montgomery, D. C., Peck, E. A. (1992). *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley & Sons, New York, NY.