



## نمونه مطالعاتی هزینه چرخه عمر برای جایگزینی دستگاه UPS در یک سازمان نظامی

محمد حسین رهنمایی<sup>۱</sup>، محمود محمودی<sup>۲</sup>، محمدرضا حمیدی<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> رئیس هیئت مدیره شرکت مهندسی مشاور ایتسن

<sup>۲</sup> سرنظر پروژه ارائه خدمات مشاوره ای و نظارت بر نگهداشت (نگهداری و تعمیر) تجهیزات مخابرات و الکترونیک شرکت

مهندسی مشاور ایتسن

<sup>۳</sup> مشاور نگهداری و تعمیرات شرکت مهندسی مشاور ایتسن

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳

### چکیده:

در این مطالعه یک دستگاه UPS پر ظرفیت موجود در صنایع نظامی کشور که از سال ۱۳۸۲ در حال بهره برداری بوده و به دلیل افزایش استهلاک و میزان کارکرد دارای مشکلات قابل توجهی شده است، انتخاب گردیده است. دلیل این انتخاب، حساسیت بالا در نگهداری تجهیزات الکترونیکی نظامی و افزایش قابلیت اطمینان این گونه تجهیزات در زمان نیاز بوده است. پس از برگزاری جلسات طوفان فکری و بررسی سناریوهای مختلف توسط خبرگان سازمان دو گزینه نهایی گردید: الف) استفاده از دستگاه UPS فعلی و انجام تعمیرات اساسی در صورت امکان. ب) خرید یک دستگاه UPS جدید با تکنولوژی به روزتر و جایگزینی آن با دستگاه فعلی. برای انتخاب یکی از گزینه های بالا از روش هزینه یابی چرخه عمر (LCC<sup>۲</sup>) به منظور تعیین گزینه بهتر از منظر صرفه اقتصادی استفاده شده است. پس از بررسی و انجام محاسبات با ملاحظه هزینه های سرمایه گذاری و نگهداشت هر دو گزینه نتیجه حاصله از مطالعه، حاکی از آن بود که هزینه یکنواخت سالیانه (EUAC<sup>۳</sup>) استفاده از دستگاه UPS فعلی بیشتر از هزینه یکنواخت سالانه جایگزینی و خرید دستگاه UPS جدید و خارج از سرویس کردن سیستم فعلی است.

واژه های کلیدی: هزینه یابی چرخه عمر (LCC)، هزینه یکنواخت سالیانه (EUAC)، ارزش فعلی،، UPS،

MTBF.

\* ایمیل نویسنده مسئول: [m.hamidi@itcen.ir](mailto:m.hamidi@itcen.ir)

2 Life cycle cost

3 Equivalent uniform annual cost





## ۱- مقدمه:

امروزه اقتصاد جهانی به واسطه فشارهای گوناگون بازار، تصمیمات اتخاذی در سیستمهای مهندسی (علی الخصوص سیستمهای گران قیمت) براساس هزینه های تدارک اولیه گرفته نمی شوند؛ بلکه براساس هزینه های چرخه عمر آنها گرفته می شود. تجربیات گذشته نشان می دهد که هزینه های مالکیت سیستم مهندسی اغلب بیشتر از هزینه ی اکتساب است. در واقع بر طبق مطالعات مختلف، هزینه مالکیت (هزینه های عملیاتی و لجستیکی) حدوداً ۱۰ تا ۱۰۰ برابر هزینه اکتساب اصلی می باشد. هزینه یابی چرخه عمر یک سیستم را می توان به صورت مجموع همه هزینه های تحمیلی در طی چرخه عمر آن تعریف نمود (یعنی، کل هزینه اکتساب و مالکیت). عبارت هزینه یابی چرخه عمر برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ در گزارشی با عنوان "هزینه یابی چرخه عمر در تهیه و تدارک تجهیزات"<sup>۱</sup> استفاده شد. این گزارش در موسسه مدیریت تدارکات در واشنگتن دی سی برای معاون وزیر دفاع به منظور کاربرد در تاسیسات و تدارکات وزارت دفاع ایالات متحده تهیه شد. در نتیجه ی این سند، دپارتمان دفاع سه دستورالعمل را برای تدارک هزینه یابی چرخه عمر با عنوان "راهنمای تدارکات هزینه یابی چرخه عمر"<sup>۲</sup>، "هزینه یابی چرخه عمر در تدارکات تجهیزات- کتاب مرجع"<sup>۳</sup> و "راهنمای هزینه یابی چرخه عمر برای خرید سیستم"<sup>۴</sup> منتشر نمود. در سال ۱۹۷۱، دپارتمان دفاع حکم ۵۰۰۰،۱ با عنوان "استفاده از سیستم های دفاعی اصلی"<sup>۵</sup> منتشر نمود که به الزامات مربوط به تدارکات هزینه یابی چرخه عمر برای کسب و استفاده از سیستم های اصلی مربوط می شود [۱].

برخی از سیستم های حسابداری سنتی منجر به تصمیمات سرمایه گذاری نادرست می شوند؛ یکی از روشهای مناسب برای حل این مشکل استفاده از هزینه یابی دوره عمر تجهیزات است که در تصمیم گیری ها، نتایج مناسبی ارائه نموده است. روش هزینه چرخه عمر یک دید گسترده تری را نسبت به سیستم های حسابداری سنتی در نظر می گیرد.

در خصوص تجهیزات الکترونیکی یکی از عمده ترین دلایل خرابی، عدم کیفیت مناسب برق ورودی به این تجهیزات و قطعی های پیاپی برق می باشد، لذا برای پیشگیری از بروز خرابی ها و نیز تداوم فعالیت های سازمان، از UPS ها به عنوان یکی از ارکان اصلی استابیلایزینگ و تولید برق برای تجهیزات حساس الکترونیکی استفاده می شود که علاوه بر تامین انرژی در مواقع قطعی منبع برق شهری و دیزل ژنراتور، وظیفه تامین برق در دامنه فرکانسی و ولتاژی مناسب را بدون ایجاد کوچکترین آسیب به تجهیزات متصل شده فراهم می کنند [۲].

## ۲- کاربردها و مدل های هزینه های چرخه عمر

در مقالات، موارد زیادی از کاربرد هزینه های چرخه عمر در زمینه های مختلف و از مناظر گوناگون معرفی شده است. از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) زمان مناسب برای بهبود و نوسازی جرثقیل ها (روزنفلد و همکاران) [۱۰].

ب) ارزیابی گزینه های فروش، تعمیر و از رده خارج سازی (هامر و همکاران) [۱۱].

ج) محاسبه هزینه چرخه عمر به عنوان ابزاری برای بازاریابی محصولات صنعتی (براون) [۱۲].

د) تخمین عمر مفید موتورهای توربین گازی (لی و همکاران) [۱۳].

1 Life Cycle Costing in Equipment Procurement

2 Life Cycle Costing Procurement Guide

3 Life Cycle Costing in Equipment Procurement—Casebook

4 Life Cycle Costing Guide for System Acquisitions

5 Acquisition of Major Defense Systems



ه) تحلیل هزینه های اقتصادی آبگرمکن خورشیدی (کول و همکاران) [۱۴] و (فرایس و همکاران) [۱۵] و (تاسدمیروگلا) [۱۶].

و) مدیریت از رده خارج کردن کامپیوترها (اهلووالیا و همکاران) [۱۷].

ز) زمان بهینه جایگزینی یخچال های خانگی (کیم و همکاران) [۱۸].

ح) مقایسه برای انتخاب ماده شیمیایی مناسب از نظر هزینه چرخه عمر (سالیوان) [۱۹]، سیستم های بیوالکتروشیمیایی (پانت و همکاران) [۲۰].

همچنین روش های توسعه یافته ای نیز برای مدل هزینه چرخه عمر معرفی شده اند، از جمله:

ط) هزینه چرخه عمر ساده شده (کامبیک و همکاران) [۲۱].

ی) ارزیابی هزینه چرخه عمر (کاتو و همکاران) [۲۲] و (پیتراپرتوزا و همکاران) [۲۳] و (ری مارتینز و همکاران) [۲۴] و (سانسون و همکاران) [۲۵].

ترکیب روش هزینه چرخه عمر با روش های ریاضی و هوشمند در مقالات مورد توجه قرار گرفته است که از جمله می توان به ترکیب آن با روش هایی چون موارد زیر اشاره کرد:

ک) بهینه سازی چند معیاره (اهلووالیا و همکاران) [۱۷] و ارزیابی چند معیاره (فلورس آلسینا و همکاران) [۲۶].

ل) تحلیل حساسیت و تحلیل عدم قطعیت (آکیلونرس و همکاران) [۲۷] و (کول و همکاران) [۱۴].

م) آنالیز زنجیره ارزش (داهل استروم و همکاران) [۲۸].

ن) بهینه سازی و شبیه سازی (گاستافسون) [۲۹] و (هلایلا و همکاران) [۳۰].

س) سیستم خبره فازی (کامیناریس و همکاران) [۳۱].

ع) مدل های فازی (کسو و همکاران) [۳۲].

ف) الگوریتم ژنتیک (مونگو و همکاران) [۳۳].

ص) تحلیل آثار و حالات خرابی (رهی و همکاران) [۳۴] و (استمبر) [۳۵].

ق) روابط تخمین هزینه (استمپفل و میر) [۳۶].

ر) پیش بینی هزینه های چرخه عمر برای محصولات جدید (ویلسون) [۳۷].

ش) در (وان نورتویجک) فرمول های ساده برای محاسبه واریانس هزینه چرخه عمر تنزیل شده ارائه شده است [۳۸].

### ۳- کاربردهای هزینه چرخه عمر در ایران

علیرضا آشتیانی، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود "تعیین عمر اقتصادی سه مدل تراکتور کشاورزی در ایران (آشتیانی؛ مطالعه موردی شرکت زراعی دشت ناز مازندران)" را مورد بررسی قرار داده است [۳۲].

عدلی و همکاران، طی مقاله ای به مطالعه عمر مفید کمباین های متداول در منطقه مغان پرداخته اند [۳۳].

مدرس یزدی و همکاران، "طراحی زنجیره تأمین مبتنی بر نوع و چرخه عمر محصول" را مورد مطالعه قرار داده اند [۳۴].





همچنین مصطفی یوسفی و همکاران "بهینه سازی زمان جایگزینی و تعویض تجهیزات با استفاده از هزینه چرخه عمر (مطالعه موردی: ناوگان اتوبوسرانی شرکت جوانسیر ایثار) را مورد بررسی قرار داده است [۳۵].

#### ۴- شرح تجهیز مورد مطالعه

UPS موجود در سازمان مورد بررسی از تجهیزات حساس بوده که به عنوان منبع تولید برق مصرفی مرکز مخابرات در مواقع اضطراری و نیز استابیلایزر برق مورد نیاز تجهیزات مورد استفاده قرار می گیرد.

این تجهیز تولید سال ۲۰۰۳ میلادی است و نماینده شرکت سازنده مسئولیت پشتیبانی و خدمات پس از فروش در داخل کشور را بر عهده دارد. این دستگاه UPS در سال ۱۳۸۲ هجری شمسی خریداری و راه اندازی و مدت پنج سال است که به دلیل رشد و ارتقا سیستم ها و ورود تکنولوژی های جدید در منابع تغذیه، تولید آن متوقف شده است و همین امر ریسک نبود قطعات یدکی و از دسترس خارج شدن دستگاه در زمان نیاز به برق اضطراری را افزایش داده و مشکلات امنیتی و تاخیرات لجستیکی را به همراه دارد [۷].

همانگونه که پیش تر عنوان شد، به دلیل عمر بالای دستگاه که بالغ بر ۱۴ سال است و عدم وجود بانک اطلاعاتی و داده های نگهداری و تعمیرات قبل از استقرار سیستم مکانیزه (قبل از سال ۱۳۹۵) به صورت سیستمی، سوابق کامل تعمیراتی تجهیز در دسترس نبوده است. لیکن از سال ۱۳۹۵ تاکنون سوابق نگهداری و تعمیرات موجود بوده و بیانگر بروز سه خرابی در مدار فرمان دستگاه در سال ۱۳۹۶، یک خرابی در مدار الکترونیکی در سال ۱۳۹۷ و یک خرابی در نرم افزار و چهار خرابی دیگر در سال ۱۳۹۸ بوده است [۸].

عدم وجود اسناد فنی، Manual، نقشه های مداری و مقدر نبودن انجام تعمیرات در محل سازمان، منجر به این شده است که رفع عیب از دستگاه پس از بروز خرابی، نیازمند ارسال دستگاه به شرکت پشتیبان و صرف زمان زیاد به دلیل نبود قطعه در بازار، صرف هزینه تعمیرات گران قیمت برای تعمیر، بروز ریسک ایجاد اشکالات در سیستم های مخابراتی تا زمان تهیه و نصب ماژول های امنیتی تا تعمیر قطعات و ارسال و نصب دوباره بر روی تجهیز باشد. این روند در هر مورد خرابی متوسط هزینه عملیاتی برابر با مبلغ ۳۵,۰۰۰,۰۰۰ ریال دارد ( هزینه های ریسک عدم آماده به کاری تجهیز و هزینه های مرتبط با آن در این قیمت لحاظ نشده است) [۸].

این دستگاه دارای ۳۲ باتری ۱۰۰ آمپر ساعت با کابینت باتری مربوطه می باشد که همه این باتری ها در سال ۱۳۹۳ تعویض شده اند و در حال حاضر مجدداً همگی نیازمند تعویض هستند [۸].

علاوه بر اینها قابل ذکر است که UPS های جدید بروز رسانی نرم افزاری شده اند به این معنی که خطاهای بیشتری را در سیستم شناسایی می کنند و به صورت LOG روی نمایشگر این خطاها را به کاربر نمایش داده و این امکان را برای تیم نگهداری و تعمیرات فراهم می کنند که تصمیمات لازم را در صورت مشاهده هر گونه خطا اتخاذ نموده و اقدام اصلاحی مورد نیاز را انجام دهند. شرکت تامین کننده UPS جدید متعهد شده است تا سه سال در صورت نیاز قطعات یدکی مورد نیاز را تامین کند و به دلیل به کار رفتن تکنولوژی روز در ساخت اجزای UPS تامین قطعات مورد نیاز با مشکل مواجه نخواهد شد.

در UPS تحت بهره برداری سازمان نظامی مورد بررسی به دلیل قدیمی بودن و عدم قابلیت بروز رسانی نرم افزار، قابلیت کشف خطاهای احتمالی که در سیستم بروز می کند، وجود ندارد [۸]. با توجه به این که در استانداردهای مربوطه، MTBF<sup>۱</sup> مربوط به دستگاه UPS ۲۰۰۰۰ هزار ساعت معادل ۸۳۳ روز در نظر گرفته شده است و سابقه ۳ ساله ای که از سوابق تعمیراتی تجهیز در نرم افزار CMMS موجود است، این موضوع روشن می شود که MTBF تجهیز فعلی حداقل الزامات

<sup>1</sup> Mean Time Between Failures



استاندارد مربوطه را کسب نکرده و بروز خرابی در این دستگاه از حد استاندارد بیشتر بوده است. با توجه به سوابق خرابی، برای تجهیز فعلی خواهیم داشت:

$$MTBF = 118 \text{ Day } 951/8 \text{ تجهیز موجود در سازمان}$$

علاوه بر نکات ارائه شده تعویض خازن های AC در این دستگاه از جمله موارد بهینه سازی است که باید در کمتر از دو سال آینده در دستور کار قرار گرفته و از آنجایی که این خازن ها از نوع خاص هستند، در بازار موجود نبوده و نیازمند به سفارش دهی به تولید کنندگان خازن است تا با مشخصات مورد نیاز سازمان تولید شوند.

مورد دیگری از خرابی ها که جزء خرابی پنهان دستگاه است، خرابی در زمان قطعی برق و عدم انجام عمل سوئیچینگ بین مدارها است که به دلیل استهلاک دستگاه بروز این خرابی نمی تواند دور از ذهن باشد. (مطابق نظر پرسنل واحد نگهداری و تعمیرات)

#### ۵- روش تحقیق:

مطابق با سند پیکرشناسی مدیریت دارایی ها<sup>۱</sup> مراحل چرخه عمر یک تجهیز به شرح زیر است [۴۰]:



نمودار شماره ۱- مراحل چرخه عمر دارایی

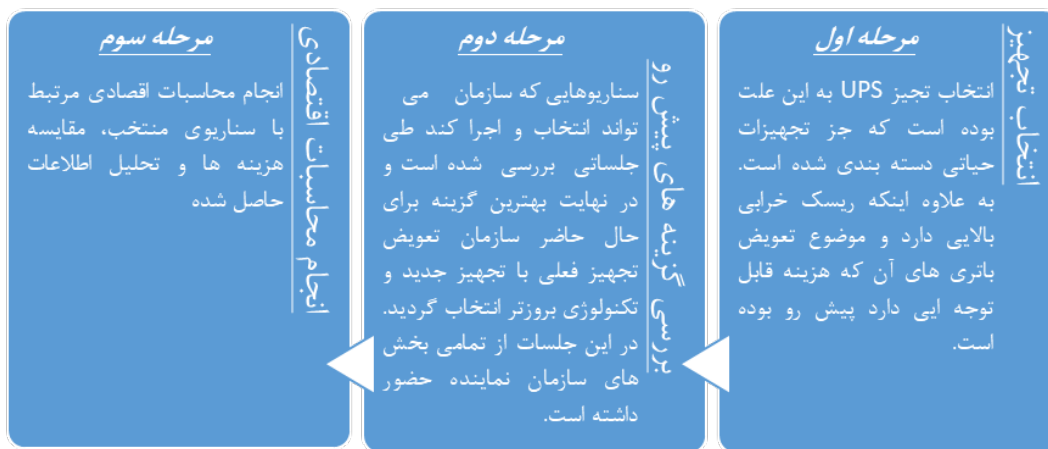
بر اساس چرخه بالا تجهیز<sup>۲</sup> UPS فعلی در مرحله بهره برداری و نگهداشت قرار دارد و به دلیل هزینه های بالای نگهداشت و تکنولوژی قدیمی آن تصمیم به انجام آنالیز جهت مقایسه با تجهیز UPS جدید گرفته شده است تا در صورتی که از منظر





اقتصادی به صرفه باشد اسقاط شده با به فروش برسد.

فرآیند مقایسه تجهیز UPS فعلی و جدید براساس نمودار زیر انجام گرفته است:



نمودار شماره ۲- مراحل انجام پروژه

در مطالعه حاضر تجهیز UPS فعلی مذکور انتخاب و هزینه های آن در طی سه سال بررسی شده است و با استفاده از روش ارزش فعلی و هزینه یکنواخت سالیانه با دستگاه UPS جدید به عنوان گزینه رقیب مورد مقایسه قرار گرفته و بر اساس نتایج بدست آمده تصمیم به تعمیر یا جایگزینی گرفته می شود.

تجهیز رقیب ساخت خارج از کشور و دارای توان  $42/5 \text{ kW}$  بوده و در آنالیز مورد استفاده واقع شده است.

## ۶- آنالیز هزینه ها

آنالیز هزینه های مربوط به تجهیز فعلی و رقیب در جداول ۱ و ۲ و نمودارهای ۳ و ۴ آمده است.

در این آنالیز هزینه های مربوط به عدم آماده بکاری، هزینه هایی که در صورت بروز خاموشی مرکز تلفن در حوزه امنیتی و پدافندی بروز خواهد کرد به عنوان هزینه های مستقیم (هزینه فرصت از دست رفته نوع ۱) در نظر گرفته شده است که به شرح زیر است:

- هزینه از قطع سراسری تلفن و قطع ارتباط واحدهای سازمانی با یکدیگر و قطع ارتباط با خارج سازمان و به تبع اختلال در انجام فعالیت های کاری روزانه

- هزینه از سرویس خارج شدن سایر تجهیزاتی که به تجهیز UPS متصل هستند

درآمد ناشی از استفاده تلفن توسط شرکتهای خصوصی و پیمانکاران، بصورت هزینه های غیر مستقیم (هزینه فرصت از دست رفته نوع ۲) مورد توجه بوده است. مجموع هزینه های ذکر شده در جدول شماره ۱ براساس اطلاعات ثبت شده در نرم افزار CMMS و دفاتر ثبتی واحد تعمیرات (به صورت پراکنده و محدود) بدست آمده است و در بخشی از آن نظر افراد خبره در خصوص میزان خرابی های احتمالی است. پیش بینی هزینه خرابی UPS جدید که جدول شماره ۲ آورده شده است براساس تخمین افراد خبره مجموعه، توضیحات بخش فنی شرکت سازنده و پرس جو از سازمان دیگری که این نوع

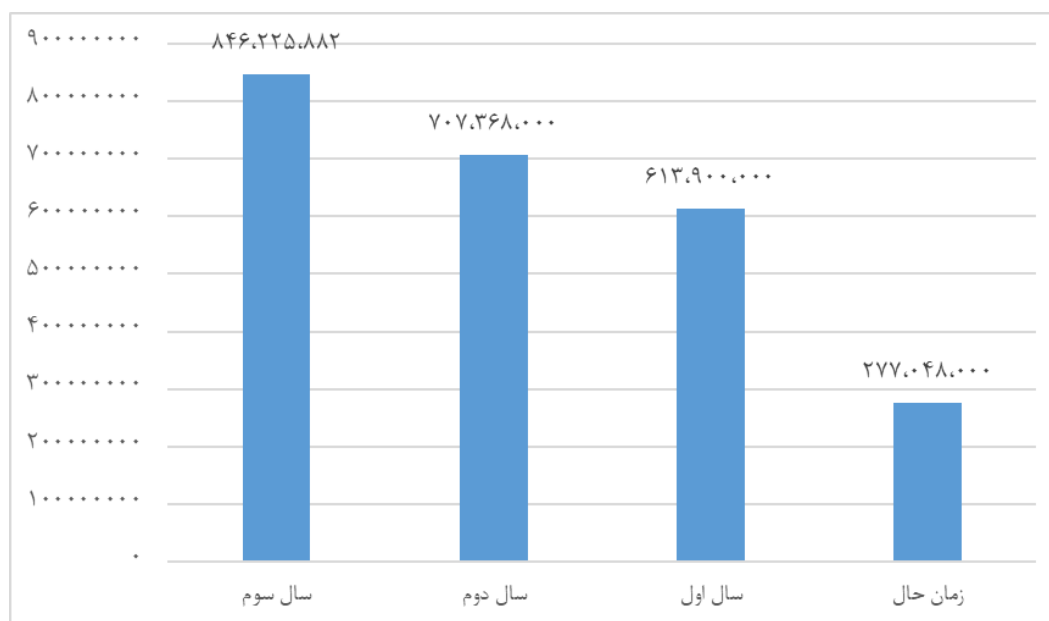


تجهیز را در خدمت دارد، بوده و با تجمع این داده ها اعداد جدول محاسبه شده است.  
جدول شماره ۱- آنالیز هزینه های UPS موجود (هزینه ها به ریال است)

شرح هزینه	زمان حال	سال اول	سال دوم	سال سوم
سرویس PM	۰	۵۰/۴۰۰/۰۰۰	۵۶/۴۴۸/۰۰۰	۶۳/۲۲۱/۷۶۰
تعویض باتری	۲۷۴/۰۰۰/۰۰۰	۰	۰	۴۰/۹۷۳/۷۲۲
تعویض خازن های AC	۵۸/۰۴۸/۰۰۰	۰	۰	۰
خرابی های اتفاقی	۰	۸۷/۵۰۰/۰۰۰	۹۸/۰۰۰/۰۰۰	۱۰۹/۷۶۰/۰۰۰
هزینه فرصت از دست رفته ۱	۰	۳۳۶/۰۰۰/۰۰۰	۳۷۶/۳۲۰/۰۰۰	۴۲۱/۴۷۸/۴۰۰
هزینه فرصت از دست رفته ۲	۰	۱۸۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۰۱/۶۰۰/۰۰۰	۲۲۵/۷۹۲/۰۰۰
ارزش اسقاط	۵۵/۰۰۰/۰۰۰	۴۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۵/۰۰۰/۰۰۰	۱۵/۰۰۰/۰۰۰
جمع	۲۷۷/۰۴۸/۰۰۰	۶۱۳/۹۰۰/۰۰۰	۷۰۷/۳۶۸/۰۰۰	۸۴۶/۲۲۵/۸۸۲

نکته ۱: زمان حال، زمان شروع مطالعات است.

نکته ۲: هزینه تعویض خازن طی قراردادی با شرکت سازنده در زمان شروع مطالعات پرداخت و بعنوان هزینه های اولیه در نظر گرفته شده است.



نمودار شماره ۳- آنالیز هزینه UPS موجود



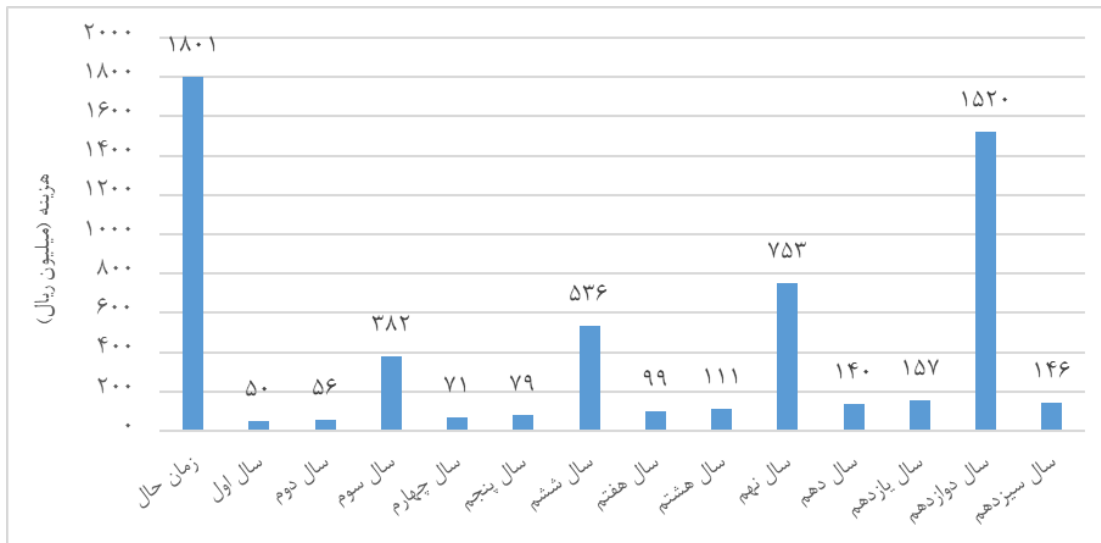




جدول شماره ۲- آنالیز هزینه UPS رقیب (میلیون ریال)

شرح هزینه	زمان حال	اول سال	دوم سال	سوم سال	چهارم سال	پنجم سال	ششم سال	هفتم سال	هشتم سال	نهم سال	دهم سال	یازدهم سال	دوازدهم سال	سیزدهم سال
سرویس PM	۰	۵۰	۵۶	۶۳	۷۱	۷۹	۸۹	۹۹	۱۱۱	۱۲۵	۱۴۰	۱۵۷	۱۷۵	۱۹۶
ماژول UPS	۴۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کابینت ماژول	۷۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کابینت باتری و باتری ها	۴۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تعویض خازن AC	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۴	۰	۰
خرابی اتفاقی طبق MTBF سازنده	۰	۰	۰	۴۹	۰	۰	۶۹	۰	۰	۹۷	۰	۰	۱۳۶	۰
هزینه فرصت از دست رفته نوع ۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۳	۰	۰	۳۲	۰	۰	۴۵	۰
هزینه فرصت از دست رفته نوع ۲	۰	۰	۰	۲۵۳	۰	۰	۳۵۵	۰	۰	۴۹۹	۰	۰	۷۰۱	۰
نصب و راه اندازی	۱۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ارزش اسقاط	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۰
جمع	۱۸۰۱	۵۰	۵۶	۳۸۲	۷۱	۷۹	۵۳۶	۹۹	۱۱۱	۷۵۳	۱۴۰	۱۵۷	۱۵۲۰	۱۴۶

نکته ۱: به دلیل خاص بودن دستگاه و سیاست های سازمان امکان فروش آن تا قبل از سال ۱۳ وجود ندارد.



نمودار شماره ۴- آنالیز هزینه UPS رقیب

#### ۷- محاسبات هزینه های ثابت سالیانه

با استفاده از تکنیک های هزینه یابی چرخه عمر، تصمیم گیری برای حفظ و یا تعویض دستگاه را انجام می دهیم: برای هر دو تجهیز هزینه های ثابت سالیانه را محاسبه می کنیم [۹].

مقدار ارزش فعلی هزینه های تجهیز فعلی و جایگزین (UPS جدید) را طبق فرمول  $P = \sum_0^n F \left( \frac{P}{F}, 13\%, n \right)$  محاسبه می کنیم.

$$P_{\text{فعلی}} = 2,058,546,969 \quad P_{\text{جایگزین}} = 1,495,259,976$$

به دلیل آنکه پیش بینی هزینه های تجهیز UPS فعلی برای ۳ سال محاسبه شده است، از طریق مقایسه ارزش فعلی هزینه ها نمی توان آن را با تجهیز UPS جدید مقایسه نمود. علت آن یکسان نبودن افق پیش بینی هزینه ها است. به همین خاطر بایستی از روش مقایسه هزینه-های ثابت سالیانه کمک گرفت.

محاسبات ارزش ثابت سالیانه برای ۳ سال آینده به صورت زیر است:

$$EUAC_{\text{فعلی}} = 2,058,546,969 \times 0.4235 = 871,794,641$$

$$EUAC_{\text{جایگزین}} = 1,495,259,976 \times 0.4235 = 633,242,600$$

و در صورتی که هزینه های ثابت سالیانه برای تجهیز UPS جدید برای ۱۳ سال آینده محاسبه گردد مقدار آن برابر است با:

$$EUAC_{\text{جایگزین}} = 1,495,259,976 \times 0.1634 = 244,325,480$$

همانگونه که مشاهده می شود هزینه های ثابت سالیانه برای ۳ و ۱۳ سال برای تجهیز UPS جدید کمتر از هزینه های تجهیز UPS فعلی است. لذا انتخاب تجهیز جایگزین، گزینه بهتری خواهد بود. به عبارت دیگر خرید یک UPS جدید به صرفه و صلاح خواهد بود.





## ۸- بحث و نتیجه گیری:

شناخت مدیران نسبت به عمر اقتصادی تجهیز و هزینه چرخه عمر از طریق تمرکز بر روی هزینه های به کارگیری بلند مدت تجهیزات، علاوه بر اعمال مدیریت صحیح هزینه ها می تواند به عنوان ابزاری برای تفکر و تصمیم گیری، مورد استفاده قرار گیرد. مدل هزینه چرخه عمر (LCC)، کل هزینه های دوره عمر یک تجهیز را محاسبه می کند. هزینه تدارک و خرید تجهیزات، تنها بخشی از کل هزینه چرخه عمر می باشد، بیشتر هزینه ها، مربوط به هزینه دوران بهره برداری و بخش اعظم آن نیز به خاطر خرابی هایی است که در طول این دوره رخ می دهد. تحلیل LCC در انتخاب تجهیزات و یا در تعویض و جایگزینی تجهیزات (به دلیل عمر زیاد یا جایگزینی با فناوری جدید) اهمیت زیادی داشته و برای مقایسه و انتخاب یا تعیین زمان جایگزینی، ضروری است [۶].

در این مقاله سعی شده موضوع هزینه های چرخه عمر به زبان ساده بیان گردد و این موضوع نشان داده شود که می توان با محاسبات نه چندان پیچیده (هزینه کم و کوتاه ترین زمان) در تصمیم گیری ها با اطمینان بیشتری عمل نمود و در تعریف پروژه های هزینه های چرخه عمر نیاز به انتخاب تجهیزات پیچیده و خاص سازمان نیست. نکته مهم، جاری سازی این تفکر است که برای هرگونه تصمیم گیری در خصوص تجهیزات جدا از اهمیت آن تجهیز برای سازمان، از ابزارهای پشتیبان تصمیم گیری مانند روش هزینه های چرخه عمر بایستی بهره گرفت.

به طور معمول در بیشتر سازمان ها اشتیاق به تغییر در روند کارهای روزمره و تعویض تجهیزاتی که عمر اقتصادی آن سالهاست به پایان رسیده، پایین است. علت این مقاومت را می توان در عدم قطعیت نسبت به آینده جستجو کرد و تمایل به این موضوع که تجهیز تا زمانی که روشن می شود باید از آن استفاده کرد! بدون توجه به هزینه هایی که برای سازمان دارد. یعنی تمرکز بر هزینه های کوتاه مدت به جای هزینه های بلند مدت.

در خصوص تجهیز UPS مورد بررسی در زمانی که نیاز به تعویض باتری و صرف هزینه بوده است، واحد تعمیرات و دستگاه نظارت فرصت را مغتنم شمرده و با بررسی گزینه ها، مدیریت را ترغیب به تعویض تجهیز فعلی با تجهیز به روزتر نموده و همانگونه که از نتایج محاسبات مشخص است خرید تجهیز جدید در دراز مدت به صرفه تر است و هزینه های سالیانه کمتری را دارا می باشد.

نکته ی دیگری که از نتایج این بررسی می توان به آن اشاره کرد نبود اطلاعات صحیح در خصوص آمارهای خرابی تجهیزات در سازمان است. که بایستی پس از درک اهمیت اطلاعات بهره داری و نگهداشت تجهیزات نسبت به جمع آوری اقدامات عملی صورت پذیرد.



## ۹- منابع و مآخذ

۹-۱- فارسی:

- [۱]. بی.اس دیلون، هزینه یابی دوره عمر دارایی ها و تجهیزات، رضانی، سعید و همکاران چاپ اول، مرکز مهندسی قابلیت اطمینان و مدیریت دارایی آیریم، (۱۳۹۶).
- [۲]. فلاح خورسند، موسی؛ علی قربانی و وحید یزدانی، فناوری تخمین هارمونیک در منابع تغذیه سیستم های کامپیوتری با استفاده از الگوریتم ترکیبی RA، دومین کنگره سراسری فناوریهای نوین ایران با هدف دستیابی به توسعه پایدار، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، موسسه آموزش عالی مهر اروند، (۱۳۹۴).
- [۳]. آشتیانی، علیرضا، تعیین عمر اقتصادی ۳ مدل تراکتور کشاورزی در ایران، مطالعه موردی شرکت زراعی دشت ناز مازندران، پایاننامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۸۳).
- [۴]. عدلی، اکبر و همکاران، بررسی عمر مفید کمباین های متداول در منطقه مغان، مجله دانش کشاورزی، شماره ۱۳ صفحه ۳۱-۳۶، (۱۳۸۲).
- [۵]. مدرس یزدی و همکاران، طراحی زنجیره تأمین مبتنی بر نوع و چرخه عمر محصول، دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۸۵).
- [۶]. یوسفی، مصطفی و همکاران، بهینه سازی زمان جایگزینی و تعویض تجهیزات با استفاده از هزینه چرخه عمر (مطالعه موردی: ناوگان اتوبوسرانی شرکت جوان سیر ایثار)، (۱۳۹۰).
- [۷]. اطلاعات تجهیزات مندرج در سیستم مکانیزه سازمان مورد بررسی.
- [۸]. دستورکارهای تعمیراتی UPS مورد مطالعه در سامانه CMMS سازمان مورد بررسی.
- [۹]. دیلن بالیبر، هزینه یابی چرخه عمر برای مهندسی، دژانگاه و همکاران، چاپ اول، گروه مهندسی مشاور ایتسن، (۱۳۹۵).
- ۹-۲- انگلیسی:

- [10]. Rosenfeld Y., A. Shapira A., "Automation of existing tower cranes: economic and technological feasibility." *Automation in Construction* 7(4), pp. 285-298, (1998).
- [11]. Hamer K., Arevalo E., "Assessment of Treatment and Disposal Options", *Sustainable Management of Sediment Resources*. B. Dr. Giuseppe and P. Ing. Leonardo, Elsevier, Vol )2(, pp. 133-159, (2007).
- [12]. Brown R. J., "A new marketing tool: Lifecycle costing", *Industrial Marketing Management* 8(2), pp. 109-113, 1979.
- [13]. Li Y. G., Nilkitsaranont P., "Gas turbine performance prognostic for condition-based maintenance", *Applied Energy*, 86(10), pp.2152-2161, (2009).
- [14]. Colle S., de Abreu S. L., "Uncertainty in economical analysis of solar water heating and photovoltaic systems", *Solar Energy* 70(2), pp.131-142, (2001).
- [15]. Fraisse G., Bai Y., "Comparative study of various optimization criteria for SDHWS and a





- suggestion for a new global evaluation", *Solar Energy* 83(2), pp. 232-245,( 2009).
- [16]. Tasdemiroglu E., "Incentives for solar water heating systems", *Energy* 10(1), pp. 1-15, (1985).
- [17]. Ahluwalia P. K., Nema A. K., "A life cycle based multi-objective optimization model for the management of computer waste", *Resources, Conservation and Recycling* 51(4), pp. 792-826, (2007).
- [18]. Kim H. C., Keoleian G. A., "Optimal household refrigerator replacement policy for life cycle energy, greenhouse gas emissions, and cost", *Energy Policy* 34(15), pp. 2310-2323, (2006).
- [19]. Sullivan J. M., *Economic Factors for the Production of Metallocene and Per fluorinated Boron Cocatalysts. Metallocene Catalyzed Polymers*. Norwich, NY, William Andrew Publishing, pp. 1-10, (1998).
- [20]. Pant D., Singh A., "An introduction to the life cycle assessment (LCA) of bio electrochemical systems (BES) for sustainable energy and product generation: Relevance and key aspects", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [21]. Kaebemick H., Sun M., "Simplified Lifecycle Assessment for the Early Design Stages of Industrial Products", *CIRP Annals –Manufacturing Technology* 52(1), pp. 25-28,(2003).
- [22]. Kato K., Ito K., *Modern tribology in life cycle assessment. Tribology and Interface Engineering Series*. M. P. G. D. D. Dowson and A. A. Lubrecht, Elsevier, Volume 48: 495-506,(2005).
- [23]. Pietrapertosa F., Cosmi C., "Life Cycle Assessment, Externed and Comprehensive Analysis for an integrated evaluation of the environmental impact of anthropogenic activities", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(5), pp. 1039-1048,(2009).
- [24]. Rey Martínez F. J., Velasco Gómez E., "Life cycle assessment of a semi-indirect ceramic evaporative cooler vs. a heat pump in two climate areas of Spain", *Applied Energy* 88(3), pp. 914-921, (2011).
- [25]. Sonesson U., Björklund A., "Environmental and economic analysis of management systems for biodegradable waste", *Resources, Conservation and Recycling* 28 (1- 2), pp. 29-53, 2000.
- [۲۶]. Flores-Alsina X., Gallego A., "Multiple objective evaluation of wastewater treatment plant control alternatives", *Journal of Environmental Management* 91(5), pp. 1193-1201,(2010).
- [27]. Aquilonius K., Hallberg B., "Sensitivity and uncertainty analyses in external cost assessments of fusion power", *Fusion Engineering and Design* 58-59: 1021-1026,(2001).
- [28]. Dahlström K., Ekins P., "Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK iron and steel flows", *Ecological Economics* 58(3), pp. 507-519,(2006).
- [29]. Gustafsson S.-I., "Optimization an simulation of building energy systems", *Applied Thermal Engineering* 20(18), pp.1731-1741,(2000).
- [30]. Heilala J., Montonen J., "Life Cycle and Unit Cost Analysis for Modular Re-Configurable



Flexible Light Assembly Systems", Intelligent Production Machines and Systems. D. T. Elsevier Science Ltd: 395-400,(2006).

[31]. Kaminaris S. D., Tsoutsos T. D., "Assessing renewables-to-electricity systems: a fuzzy expert system model", Energy Policy 34(12), pp. 1357-1366,( 2006).

[32]. Xu Z., Khoshgoftaar T. M. T. M., "Identification of fuzzy models of software cost estimation", Fuzzy Sets and Systems 145(1), pp. 141-163,( 2004).

[33]. Monga A., Zuo M. J., "Optimal design of series-parallel systems considering maintenance and salvage value", Computers & Industrial Engineering 40(4), pp. 323-337,(2001).

[34]. Rhee S. J., Ishii K., "Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability", Advanced Engineering Informatics 17(3-4), pp. 179-188.

[35]. Stember L. H., "Reliability considerations in the design of solar photovoltaic power systems", Solar Cells 3(3), pp. 269-285,(1981).

[36]. Stampfl E., Meyer L., "Assessment of existing and future launch vehicle liquid engine development", Acta Astronautica 17(1), pp. 11-22,(1998).

[37]. Wilson R. L., "Operations and support cost model for new product concept development", Computers & Industrial Engineering 11(1-4), pp. 128-131,(1986).

[38]. van Noortwijk J. M., "Explicit formulas for the variance of discounted life-cycle cost", Reliability Engineering & System Safety 80(2), pp. 185-195, (2003).

[39]. 944-1986 - IEEE Recommended Practice for the Application and Testing of Uninterruptible Power Supplies for Power Generating Stations.

[40]. The Institute of Asset Management, Asset Management - An Anatomy,(2015).





## Integration of Lean Thinking and Sustainable Development in HSE Management in construction

Farshid Farokhizadeh<sup>1</sup>, Fariba Shokohi\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instructor and Researcher, Faculty of Defense Science & Engineering, Imam Hussein Officers and Guard Training University, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> M.Sc. Student, Department of Technical & Engineering, Faculty of Civil Engineering, Islamic Azad University South Branch of Tehran, Iran. (fa.shokohi@gmail.com).

Received: 2020/08/21 Accepted: 2020/09/16

### Abstract:

The present study reviews existing recent literature to integrate lean thinking and sustainable development in the field of safety, health and environment (HSE) in construction industry. Then objectives, tools, indicators and concepts interaction are studied. Therefore, the purpose of this study is to review of latest ISI articles published in prestigious international journals in English and some Persian search-engines in order to obtain reach and update literature, to fill the gap and improve the functional level of safety, health and environment in the country.

Construction operations have many direct and indirect effects on the environment. With the growth of economy and population, necessity of designing projects that adhere to the principles of lean construction and sustainable development to protect the environment and the executive factors of projects throughout the construction life cycle is felt. Sustainable Development (SD) seeks to improve the performance of industry by increasing economic, social and environmental values and interacts with lean thinking (LT), especially to ensure community health. Although the major correlation between lean and sustainable indicators has been proven in recent studies, recognition of lean and sustainability in HSE plan, needs further explore. The result of this study is development of literature and helping to clarify the perspective of construction factors, diagnosis and analysis of variables and indicators of the three pillars of research by providing an integrated full stop

**Keywords:** Integration, Lean, Sustainable Development, Construction, HSE.

---

\* Corresponding author mail: : fa.shokohi@gmail.com

