

## تأثیر وجود سطوح ثابت یا متغیر درختواره تجهیز در فرایند نگهداری و تعمیرات سیستم ERP

احسان روح‌اللهی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> کرمان، کرمان، شرکت فولاد بوتیای ایرانیان، مرکز تحقیق و توسعه، امور خدمات فنی مهندسی

### چکیده

با رشد شرکت‌ها و صنایع از نظر تعداد نیروی انسانی، تعداد محصول تولیدی، ظرفیت تولید و تکنولوژی تجهیزات، پیچیدگی فرایندهای مرتبط در راستای مدیریت صحیح مجموعه‌ها افزایش می‌یابد. در این شرایط بکارگیری یک سیستم یکپارچه که بتواند مرزهای مشترک بین فرایندهای مختلف را بخوبی پوشش دهد، بیش از پیش اهمیت می‌یابد. سیستم ERP<sup>۲</sup> به معنی سیستم برنامه ریزی منابع سازمان است. منابع هر سازمان شامل تمامی دارایی‌های آن سازمان می‌باشد. یکی از مهمترین دارایی‌های فیزیکی هر مجموعه تجهیزات تولیدی و جانبی است که می‌بایست جهت تداوم تولید، کیفیت و سودآوری تمام تلاش خود را در نگهداری آن‌ها بکاربرد. اصلی‌ترین فرایند مرتبط با این دارایی‌ها فرایند نگهداری تعمیرات می‌باشد. این فرایند با پایش مداوم وضعیت تجهیزات بر پایه اصول و استراتژی‌های هر مجموعه، وظیفه حفاظت و ضمانت آماده بکاری تجهیزات را بر عهده دارد. درختواره تجهیزات ستون و رکن اصلی فرایند نگهداری تعمیرات به منظور پایش سیستمی و حفظ تاریخچه‌ی امور تعمیراتی تجهیزات می‌باشد. در این مقاله به بررسی نوع درختواره از منظر تعداد سطوح شکست و اثرات آن بر فرایند نگهداری تعمیرات خواهیم پرداخت.

**کلمات کلیدی:** سیستم ERP، درختواره تجهیز، نگهداری و تعمیرات.

<sup>۱</sup> Roohollahi.ehsan@gmail.com

<sup>۲</sup> Enterprise Resource Planning

## مقدمه

سیستم های اطلاعاتی<sup>۱</sup> سیستم های اجتماعی هستند که با اثر متقابل انسان و تکنولوژی به تعامل رسیده اند. یک سیستمک اطلاعاتی، شامل یک سیستم برنامه ریزی منابع سازمان (ERP)، یک سیستم کاربر محور<sup>۲</sup> است که به منظور ایجاد اطلاعات مفید جهت حمایت استراتژی، عملیات، آنالیز مدیریت و تصمیمات کلان در یک سازمان طراحی شده است [۱].

ظهور مفهوم ERP را باید دهه ۱۹۶۰ میلادی دانست که عمده تاکیدها در این دوره مربوط به افزایش درآمد و تقویت کسب و کار از طریق یکپارچه سازی فرایندها و عملکردها بود (شکل ۱). در سال ۱۹۷۲ پنج تن از مدیران IBM جهت تکمیل و پیاده سازی مفاهیم ERP از سمت خود استعفا دادند و شرکتی با عنوان SAP را بعنوان نخستین شرکت توسعه و اجرای سیستم ERP بود را تاسیس کردند.

راهکار جامع برنامه ریزی منابع سازمان قادر است اطلاعات موجود در سازمان را در تمام حوزه های فعالیت سازمان بطور یکپارچه و منسجم جمع آور کرده و این اطلاعات و نتایج حاصل از آن را در اختیار ذی نفعان و استفاده کنندگان آن در سطوح مختلف سازمان قرار دهد. هدف اصلی این فناوری، نفوذ فناوری اطلاعات در تمامی فعالیت های یک سازمان است تا منابع مختلف بتوانند با تبادلات منطقی میان خود، خروجی یکپارچه ای را ارائه کنند.

بر اساس نظر المشاری [۲] سیستم های ERP یکی از ابتکاری ترین پیشرفت های فناوری اطلاعات در دهه ۱۹۹۰ میلادی است. المشاری همچنین ادعا می کند که بسیاری از سازمان ها اکنون سیستم های ERP را پذیرفته اند که امروزه آنها را تبدیل به پیشگامان راه حل های فناوری اطلاعات می کند.

این سازگاری در سطح جهانی از مزایای سیستم های ERP است که شامل اشتراک بهتر اطلاعات در داخل سازمان، بهبود برنامه ریزی و کیفیت تصمیم گیری، هماهنگی نرم ترین واحدها و در نتیجه کارایی بالاتر و زمان سریعتر به درخواست و نیاز سازمان است.

وانگ [۳] سیستم ERP را بصورت سیستمی بیان می کند که فعالیت های اصلی شرکت ها و عملکردهای مختلف شرکت را با در نظر گرفتن بهترین روش ها به منظور تسهیل تصمیم گیری، کاهش هزینه ها و کنترل بهتر مدیریتی سازمان را ادغام می کند. همچنین چانگ و همکاران [۴] سیستم ERP را یک تکنولوژی مدیریتی می دانند.

اطلاعات یکپارچه، متحد الشکل، مقتضی و به روز شده برای وجود هر شرکت و سازمان حیاتی است. این اطلاعات به فرد شایسته این قدرت را می دهد تا به موقع تصمیم گیری کند. این اتفاق تنها زمانی ممکن

<sup>1</sup> Information Systems

<sup>2</sup> User-Interfaced

است که کل سازمان اطلاعات یکسانی را به اشتراک بگذارد و از یک منظر به آن بنگرد. عدم یکپارچگی اطلاعات می تواند اثر مخربی بر سازمان به ویژه فرایند نگهداری و تعمیرات داشته باشد. به عنوان مثال اگر رکوردها و سوابق امور نگهداری یک تجهیز بطور صحیح روی تجهیز مذکور ثبت و ذخیره نشود ممکن است اجرای اقدامات تعمیرات پیشگیرانه<sup>۱</sup> آن دچار تناوب غیر استاندارد شود؛ بطوریکه اگر بر اساس اطلاعات نادرست مربوط به آن تجهیز، تعمیرات پیشگیرانه در بازه ای زودتر از بازه مقرر و استاندارد اجرا گردد شاهد اتلاف سرمایه در مواد اولیه و نیروی انسانی خواهیم بود؛ و در صورت اجرای عملیات تعمیرات پیشگیرانه در بازه های دیرتر از مقرر امکان زیان سازمان بواسطه خرابی تجهیز افزایش می یابد. لازم به ذکر است تحلیل خرابی نیز در صورت عدم وجود اطلاعات تعمیراتی صحیح بر روی تجهیزات امکان پذیر نمی باشد.

### روش تحقیق

به منظور افزایش بهره وری از سیستم های ERP در مازول نگهداری تعمیرات، درختواره تجهیزات از پارامترهای اولیه و اصلی سیستم تلقی می گردد. درختواره تجهیزات علاوه بر فرایند نگهداری تعمیرات در سایر فرایندها از جمله امور مالی، انبارها، بازرگانی، برنامه ریزی و غیره نیز از ارکان پایه در سیستم ERP محسوب می گردد؛ اما با توجه به رسالت این مقاله اثر آن در فرایند نگهداری و تعمیرات مورد بررسی قرار می گیرد.

تعریف یک مرز شفاف برای تجهیزات به جمع آوری، الحاق و تحلیل داده های استخراج شده بهبود می بخشد و سبب کمک کردن تشکیل درخت در سطوح مختلف می گردد. به این منظور بایستی برای هر کلاس تجهیز یک مرز تعریف گردد.

### نتایج و بحث

#### طبقه بندی تجهیزات بر اساس سطوح ثابت

یک طبقه بندی سیستماتیک تجهیزات در گروه های عمومی بر اساس فاکتورهای متداول صورت می گیرد. این فاکتورها می توانند مکان، کاربرد، عملکرد زیر بخش یک تجهیز و ... باشند. ساختار طبقه بندی تجهیزات بصورت سلسله مراتب به عنوان "هرم ساختار سلسله مراتبی طبقه بندی تجهیزات"<sup>۲</sup> در شکل ۲ آورده شده است [۵].

<sup>۱</sup> Preventing Maintenance

<sup>۲</sup> Taxonomy Classification with taxonomic levels

در ساختار تعریف شده در استاندارد ISO 14224 (شکل ۲)، پنج طبقه ابتدایی نشان دهنده وضعیت مکانی یا فرایندی تجهیزات است و به نوعی مفهوم انتزاعی دارند. سطح شش الی هشت این طبقه بندی سطوحی می باشند که در این تحقیق مورد بررسی بیشتر قرار می گیرند. این سطوح مربوط به واقعیت فیزیکی تجهیز و زیر تجهیزات آن می باشد. در سیستم های ERP، در اکثر مواقع سطوحی در درختواره تجهیز قرار می گیرند که قابل تعمیر بوده و یا اینکه بتوان بصورت مدون برنامه PM بر روی آن انجام داد. با این حساب می توان گفت که سطح نهم درختواره تجهیزات که شامل قطعات غیر قابل تعمیر (از جمله پیچ و بلبرینگ و فیوز و غیره) می باشد و می توان در فازهای ابتدایی استقرار سیستم ERP سازمان از حضور آن ها در درختواره تجهیزات صرف نظر کرد.

#### واحد تجهیز

تجهیز بخصوصی در یک کلاس تجهیز که با مرز آن تعریف می شود. یک واحد تجهیز مستقیماً (بدون واسطه) به یک فرایند سرویس می دهد [۵]. هر واحد تجهیز میبایست در دسته، کلاس و نوع تجهیز مربوط به خود قرار گیرد. در شکل ۳ این دسته بندی برای واحد تجهیز نوار نقاله عریض به تصویر کشیده شده است.

#### زیر واحد

مجموعه ای از آیتم ها که عملکرد بخصوصی را برای یک واحد تجهیز در مرز اصلی آن فراهم مینماید زیر واحد می نامند. زیر واحد، زیر سیستمی ضروری برای عمل کردن تجهیز است [۵]. (برای مثال واحد روغنکاری در تجهیز کمپرسور)

#### آیتم قابل نگهداشت

آیتم قابل نگهداشت یک قطعه یا مجموعه ای از قطعات را تشکیل می دهد که معمولاً پایینترین سطح در سلسله مراتب تجهیزات در تعمیر و نگهداری است. به عبارت دیگر، یک آیتم قابل نگهداشت گروهی از قطعات تجهیز است که به عنوان یک مجموعه به طور متداول بر روی آن نگهداری و تعمیرات صورت می پذیرد [۵]. آیتم قابل نگهداشت به یک واحد تجهیز سرویس داده و مستقیماً بر روی فرایند تأثیرگذار نمیشد. به عبارت دیگر ممکن است آیتم قابل نگهداشت جزء یک کلاس و نوع تجهیز باشد ولی واحد تجهیز نباشد. (به عنوان مثال پمپ روغن واحد هیدرولیک تجهیز آسیای گلوله ای آیتی قابل نگهداشت می باشد).

در این طبقه بندی سطوح تمام شاخه های درختواره بصورت ثابت و هر تجهیز در سه سطح شکست (واحد تجهیز، زیر واحد و آیتم قابل نگهداشت) گسترده خواهد شد. به عنوان مثال طبقه بندی و شکست زیر تجهیزات یک کمپرسور در شکل ۴ آورده شده است [۵].

#### طبقه بندی تجهیزات بر اساس سطوح متغیر

در این نوع طبقه بندی، سطح شکست تجهیزات می تواند بر اساس اندازه و تعداد زیر تجهیزات و یا درجه اهمیت زیر تجهیزات تا هر سطح دلخواه ادامه یابد. در این طبقه بندی وضعیت سطوح شکست مربوط به موقعیت مکانی تجهیزات با روش قبل یکسان است. حتی تعاریف موجود جهت سطوح (واحد تجهیز، زیر واحد و آیتم قابل نگهداشت) یکسان خواهد بود و تنها تفاوت این مسئله است که می توان به تعداد دلخواه مابین این سطوح، زیر واحد و یا زیر تجهیز افزود و تعریف کرد (شکل ۵).

در شکل ۶ نمایی از تشکیل درخت تجهیز سرند میله ای کارخانه گندله سازی در دو روش سطوح ثابت و سطوح متغیر آورده شده است. در این شکل به منظور سادگی و کاستن تعدد زیر تجهیزات تنها زیر واحد Drive unit نشان داده شده است.

#### مقایسه درختواره تجهیزات با سطوح ثابت و متغیر

همانطور که پیش تر اشاره شد شایان ترین مزیت ایجاد درختواره تجهیزات با استفاده از سطوح ثابت، یکسان بودن شاخه ها و گستردگی و توزیع یکسان تجهیزات درختواره می باشد اما این روش که مطابق با استاندارد ISO14224 [۵] می باشد نیز دارای معایبی هست.

در هنگام استفاده از درختواره تجهیز با سطوح ثابت در برخی از تجهیزات کارخانجات که دارای زیر تجهیز متعددی هستند کاربر اصولاً به مشکلاتی بر خواهد خورد. یکی از این مشکلات یافتن آیتم مورد نظر از داخل درختواره است. بعنوان مثال در صورتیکه سرند میله را در درختواره با سطوح ثابت مدل کنیم تمامی موتورها، گیربکس ها و کوپلینگ های آن مستقیماً در زیر واحد Drive Unit قرار میگیرد (شکل ۶-الف) و در صورتیکه که کاربر بخواهد آیتم خاصی را درون آن پیدا کند بایستی زمان بیشتر صرف کند و احتمال خطا نیز بالاتر میرود. یکی دیگر از معایب درختواره با سطح شکست ثابت در زمان برنامه ریزی برنامه تعمیرات پیشگیرانه قابل مشاهده است. در صورتیکه کاربر بخواهد برنامه نگهداری تعمیرات تجهیزات را ایجاد نماید، مجبور است روی تمام زیر تجهیزات (موتور، گیربکس و کوپلینگ) برنامه تعمیرات پیشگیرانه مربوط به خود را الصاق نماید که علاوه بر زمان بر بودن این فرایند، واحد مجری بایستی به ازای هر تجهیز گزارش جداگانه ثبت نماید که این اقدام اصولاً در صنعت چندان قابل قبول نبوده و نیازمند حجم

نیروی انسانی نسبتاً زیادی است. از طرف دیگر میتوان برنامه تعمیرات پیشگیرانه را به سطح بالاتر یعنی Drive Unit تخصیص داد که با توجه به یکسان نبودن تجهیزات پایین دست و عدم امکان گزارش گیری نسبتاً دقیق، قابل قبول نمی باشد.

در صورتیکه بتوان در مدل کردن تجهیز سرند میله ای از درختواره با سطوح متغیر استفاده کرد (شکل ۶-ب) میتوان در پایین دست Drive Unit از سطوح مجازی ( Gearboxes, Couplings, Electrical Motors) استفاده نمود و زیر تجهیزات یکسان را در پایین دست سطح مرتبط قرار داد. یکی از معایب این طرح، تشکیل درختواره با شاخه های غیر متقارن است؛ بطوریکه در تجهیزات با پیچیدگی بیشتر و یا زیر تجهیزات متعدد، تعداد سطوح شکست افزایش می یابد. در عوض این طبقه بندی ها باعث میشود که کاربر در یافتن زیر تجهیز مورد نظر با چالش کمتری مواجه باشد. در زمان تخصیص برنامه تعمیرات پیشگیرانه نیز می توان برنامه را به سطح بالا دستی زیر تجهیزات متعدد تخصیص داد، با این کار علاوه بر کم کردن ثب گزارشات سیستمی توسط واحد مجری، دریافت گزارش قابل قبول از نحوه انجام تعمیرات پیشگیرانه بر یک دسته یکسان از تجهیزات امکان پذیر می باشد.

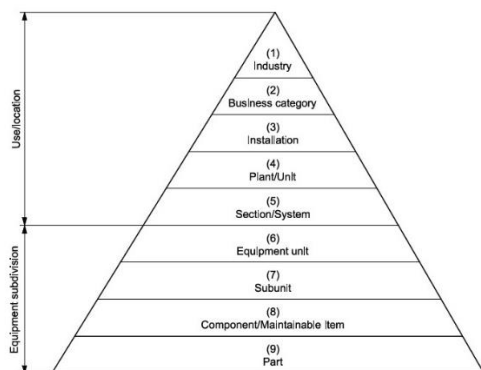
### نتیجه گیری

با توجه به بررسی های صورت گرفته و معایب و مزایایی که در هر کدام از مدل های ذکر شده وجود دارد، می توان گفت در واحدهای صنعتی که بصورت هلدینگ اداره میشود و دارای کارخانجات زیادی است استفاده از مدل درختواره تجهیزات با سطوح شکست ثابت (۳ سطح) گزینه بهتری باشد. در این نوع واحدها یکپارچگی کارخانجات پایین دست از اهمیت بالایی برخوردار است، بالطبع استفاده از درختواره با سطوح ثابت (مطابق استاندارد ISO 14224) تقارن و یکسان سازی بیشتری را ایجاد کرده و از چند سلیقهگی پرهیز خواهد کرد. اما در واحدهایی که با گستردگی کمتری روبرو هستند و با مدیریت فردی راهبری می شوند استفاده از درختواره با سطوح متغیر در اولویت قرار دارد.

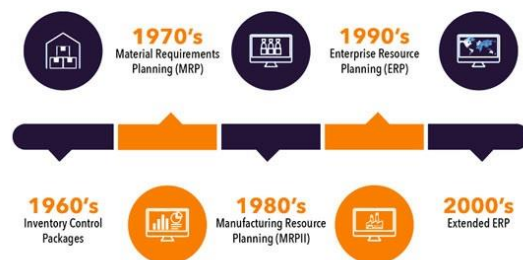
### مراجع

- [1] S.Matende, P.Ogao, "Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation: A case for User participation", Procedia Technology, 2013, 9, pp. 518 – 526.
- [2] Al-Mashari, "Enterprise resource planning (ERP) systems: A research agenda", Industrial Management & Data Systems, 2003, Vol. 103/1, pp. 22-27.
- [3] Wu, J., Wang, "Measuring ERP success: The key-users' viewpoint of the ERP to produce a viable IS in the organization" Computer in Human Behavior, 2007, Vol. 23, pp. 1582–1596.

- [4] Chang, M., Cheung, W., Cheng, C., Yeung, “Understanding ERP system adoption from the user’s perspective”, Int. J. Production Economics, 2008, Vol. 113, pp. 928–942.
- [5] BS EN ISO14224:2016, Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries — Collection and Exchange of Reliability and Maintenance Data for Equipment.



شکل ۲- هرم ساختار سلسله مراتبی طبقه بندی تجهیزات بر اساس سطوح ثابت [۵].



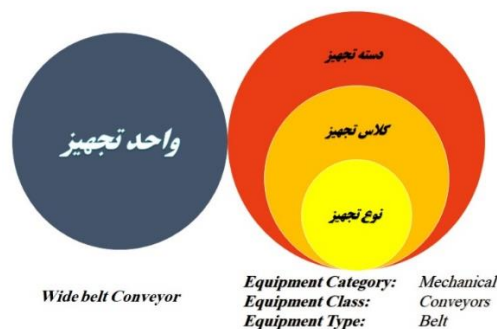
شکل ۱- تاریخچه گسترش ERP.

Equipment unit		Compressors				
Subunit	Power transmission	Compressor	Control and monitoring	Lubrication system	Shaft seal system	Miscellaneous
Maintainable items	Gearbox/variable drive Bearings Belt/sheave Coupling to the driver Coupling to the driven unit Lubrication Seals	Casing Rotor with impellers Balance piston Interstage seals Radial bearing Thrust bearing Shaft seals Internal piping Valves Antisurge system <sup>b</sup> Piston Cylinder liner Packing	Actuating device Control unit Cables and junction boxes Internal power supply Monitoring Sensors <sup>a</sup> Valves Wiring Piping Seals	Oil tank with heating system Pump Motor Check valves Coolers Filters Piping Valves Lube oil	Oil tank with heating Reservoir Pump Motor Gear Filters Valves Seal oil Dry gas seal Mechanical seal Scrubber	Base frame Piping, pipe support and bellows Control valves Isolation valves Check valves Coolers Silencers Purge air Magnetic-bearing control system Flange joints

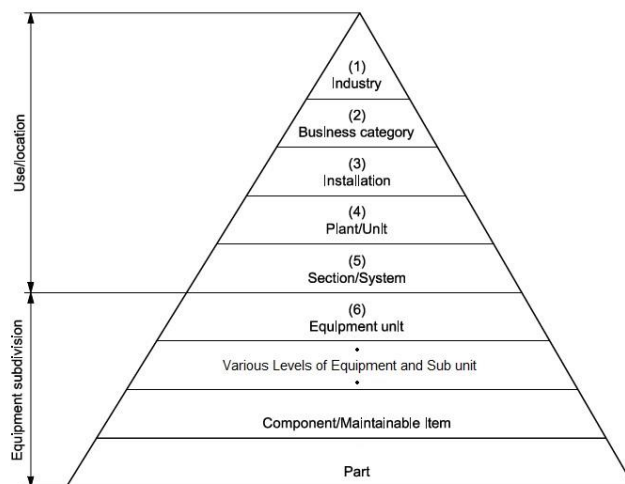
<sup>a</sup> Specify type of sensor, e.g. pressure, temperature, level, etc.

<sup>b</sup> Including recycle valves and controllers.

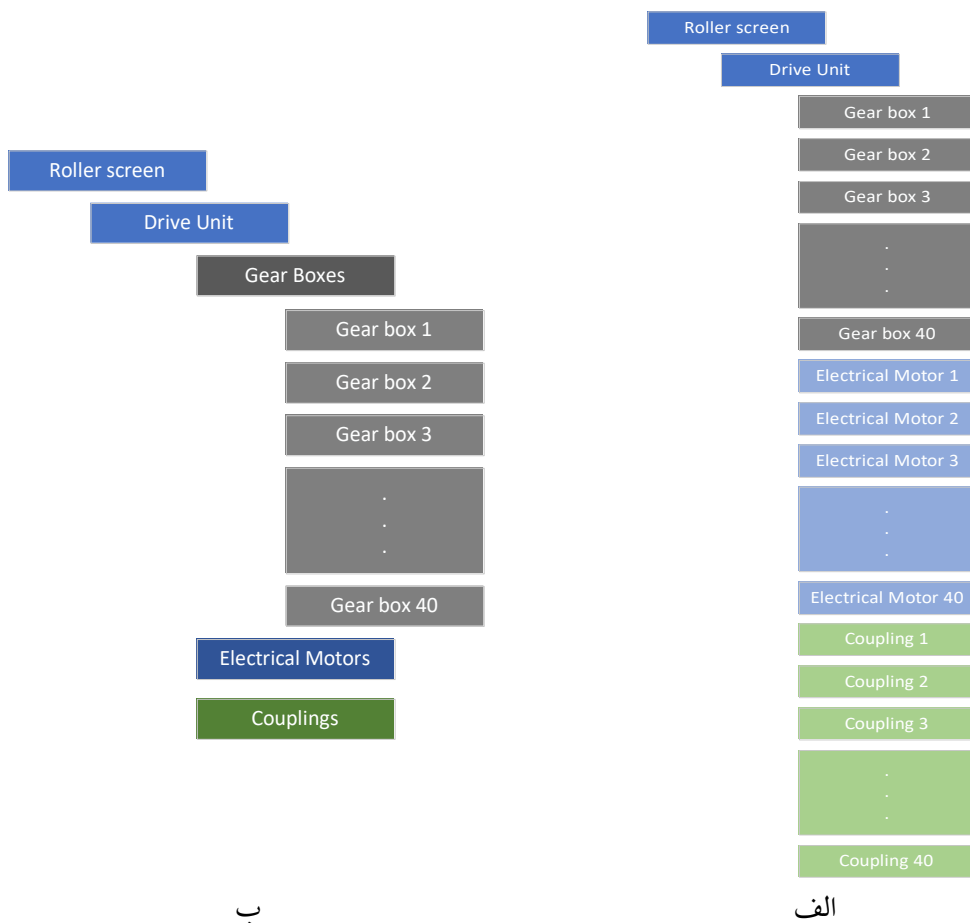
شکل ۴- طبقه بندی و شکست زیر تجهیزات یک کمپرسور [۵].



شکل ۳- دسته، کلاس و نوع تجهیز برای واحد تجهیز نوار نقاله عریض.



شکل ۵- هرم ساختار سلسله مراتبی طبقه بندی تجهیزات بر اساس سطوح متغیر.



شکل ۶- درختواره تجهیز سرند میله ای با مدل الف) سطوح ثابت ب) سطوح متغیر.