

طراحی سیستم ارزیابی عملکرد مبتنی بر داده با هدف ارتقای بهره وری در صنایع تولید پیوسته

محبوبه بارورزاده¹

دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران 40201145@stu.yazd.ac.ir

حسن خادمی زارع

استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران hkhademiz@yazd.ac.ir

چکیده:

امروزه افزایش بهره‌وری در صنایع تولیدی بخصوص صنایع پیوسته اتوماتیک اهمیت ویژه‌ای یافته است. این مقاله یک سیستم نوآورانه پاداش و جریمه مبتنی بر داده برای ارتقای بهره‌وری ارائه می‌دهد. رویکرد پیشنهادی ارزیابی عملکرد تیمی را با شاخص‌های تنظیمات کاهش، توقفات، دوباره‌کاری و عدم انطباق فرایند مبتنی بر رویکرد تیمی مورد هدف قرار داده و با تلفیق روش‌های آماری انتروپی و پرامتی مبتنی بر داده، وزن‌دهی پویای شاخص‌ها در هر دوره زمانی را برای شناسایی سریع تغییرات در عملکرد و نیاز به اصلاح یا بهبود فرآیندها فراهم مینماید. این سیستم در یک کارخانه تولید رادیاتور گرمایشی پیاده‌سازی شده و با تاثیر مستقیم بر سرمایه‌های انسانی و ایجاد تعامل و تفکر تیمی پس از یک دوره 3 ماهه اولیه و اعتبارسنجی در 3 ماهه دوم نتایج افزایش 22% تولید، کاهش 20% نرخ خرابی، کاهش 1,5% محصولات معیوب و افزایش 21,5% امتیاز ممیزی فرایند را در پی داشت.

کلمات کلیدی: بهره‌وری در صنایع تولید پیوسته اتوماتیک، سیستم پاداش و جریمه، شاخص‌های کلیدی عملکرد تیمی، ارزیابی عملکرد، پرامتی

¹ نویسنده مسئول



فعالیت روانشناختی و محیط شناختی است و وابسته به نوع تولید، فرهنگ سازمانی، سطح دانش سازمانی و دسترسی به داده‌ها و سایر عوامل؛ رفتار و ساختار متفاوتی را خواهد داشت. در ادامه به برخی از این مطالعات پرداخته می‌شود.

تحقیقات در زمینه ارزیابی عملکرد صنایع پیوسته از اواسط قرن بیستم با ظهور و گسترش اتوماسیون صنعتی آغاز شد. اولین تحقیقات جدی در این زمینه به دهه 1950 و 1960 میلادی برمی‌گردد. یکی از اولین مطالعات در زمینه ارزیابی عملکرد تولید با نگاه به فرایند نگهداری و تعمیرات در صنعت پیوسته توسط لیندبرگ [4] انجام شد. آنها در یک مطالعه موردی در یک کارخانه سیمان، سیستمی را برای ارزیابی عملکرد واحدهای تولید، نگهداری و تعمیرات بر اساس شاخص‌های کلیدی عملکرد به صورت مجزا طراحی کردند. نتایج نشان داد که پس از پیاده‌سازی این سیستم، بهره‌وری یافت. توانا^[5] چارچوبی را برای ارزیابی و وزن‌دهی عوامل مختلف در بهبود کیفیت و رفع موانع بهبود مستمر تولید مبتنی بر روش فازی و سلسله مراتبی ارائه نمود. جان^[6] نشان داد رهبری مشارکتی می‌تواند اثربخشی سیستم پاداش گروهی را از طریق افزایش رضایت و انگیزه کارکنان بهبود بخشد. ابزری^[7] نیز در تحقیق خود در یک شرکت تولید مواد اولیه‌ی الیاف مصنوعی از نظرسنجی خبرگان نشان داد انگیزش مهم‌ترین عامل مؤثر بر بهره‌وری شرکت است. شاجار^[8] یک مطالعه موردی در شرکت پتروشیمی جم انجام داد. آن‌ها یک مدل ارزیابی عملکرد سازمانی را طراحی کردند. این مدل ابعاد مختلفی از عملکرد، از جمله کیفیت، ایمنی و رعایت برنامه زمانی را در نظر می‌گیرد. انوفری^[9] از یک رویکرد تحلیلی برای بررسی تأثیر سرمایه‌گذاری در شیوه‌های ناب (که شامل سیستم‌های انگیزشی می‌شود) بر عملکرد عملیاتی در صنایع تولیدی استفاده کرد و نشان داد که اجرای مناسب این شیوه‌ها می‌تواند منجر به بهبود قابل توجهی در بهره‌وری و عملکرد کلی سازمان شود. عزیز^[10] یا استفاده از روش OEE و روش‌های آماری مدلی برای ارزیابی و ارتقای بهره‌وری در تولید خط لعاب ارائه داد که منجر به کاهش حدود 9 درصدی رخ نقص در خط لعاب شد. زهرایی^[11] یک مدل شبیه‌سازی کامپیوتری و روش سطح پاسخ به عنوان ارزیابی عملکرد در خط تولید رنگ ارائه نمود که در نتیجه آن زمان خرابی به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش

در عصر رقابت شدید جهانی، افزایش بهره‌وری یکی از عوامل کلیدی موفقیت برای شرکت‌های تولیدی به ویژه در صنایع پیوسته و اتوماتیک است (آنیجا^[1]). صنایع تولیدی پیوسته و اتوماتیک یکی از صنایعی است که نیازمند توجه ویژه برای بهبود بهره‌وری می‌باشد. اتلاف منابع، هزینه‌های بالا و کاهش سودآوری از چالش‌های اصلی این صنایع در صورت عدم بهره‌وری مناسب است (باگ^[2]). رویکردهای سنتی برای افزایش بهره‌وری، اغلب بر بهبود عملکرد واحدهای انفرادی مانند تولید، نگهداری و تعمیرات (نت) یا کنترل کیفیت متمرکز بوده‌اند. اما در سیستم‌های پیچیده تولید پیوسته، این واحدها به شدت به یکدیگر وابسته هستند و عملکرد یک واحد می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر سایر واحدها داشته باشد (فرایسر^[3]). صنایع تولید پیوسته خودکار به دلیل ماهیت پیچیده و وابستگی متقابل مراحل مختلف فرآیند تولید، به شدت به عملکرد روان و بدون نقص تجهیزات و ماشین‌آلات وابسته هستند. در این میان، نقش نگهداری و تعمیرات در جلوگیری از خرابی‌ها و توقف تولید، از اهمیت حیاتی برخوردار است. هر گونه خرابی در این سیستم‌ها می‌تواند منجر به هزینه‌های هنگفت، از دست دادن زمان تولید و افت کیفیت محصول شود. چراکه در این صنایع توقف هر یک از عملیات خط منجر به توقف کل تولید می‌شود. از طرفی کیفیت محصول خروجی در انتهای خط پس از گذر از چندین عملیات مورد بررسی قرار می‌گیرد که در بسیاری از موارد رد محصول ممکن است از مواد اولیه نا مرغوب ورودی یا حتی عدم کنترل صحیح در انتهای خط باشد لذا واحد کنترل کیفیت نیز با هشدارهای به موقع و عملکرد مناسب در تولید محصول مرغوب بسیار تأثیر گذار است. لذا ساختاری که بتواند تفکر تیمی و انگیزه در کارکنان بخش‌های تولید، نگهداری و تعمیرات و کنترل کیفیت ایجاد کند، نقشی کلیدی در ارتقای بهره‌وری و سودآوری این صنایع ایفا می‌کند. همچنین رویکردهای جدید برای افزایش بهره‌وری باید بر همکاری و هماهنگی میان واحدهای ذکر شده تأکید کنند. به جهت اهمیت روزافزون موضوع ارزیابی عملکرد واحدهای تولید با استفاده از شاخص‌های عملکردی پژوهش‌های فراوانی انجام شده است چراکه ایجاد سیستم‌های ارزیابی عملکرد یک

تصمیم‌گیرندگان در صنعت الکترونیک کمک کند. آذرپور^[19] نیز از روش AHP و پرامتی برای رتبه بندی تأمین کنندگان بهره برده است.

با مرور پژوهش های پیشین شکاف تحقیقاتی به شرح زیر استنباط میگردد:

✓ فقدان مطالعات عملی و کاربردی در زمینه افزایش بهره‌وری در صنعت تولید پیوسته و اتوماتیک رادیاتورهای گرمایشی.

✓ کمبود تحقیقات در زمینه طراحی سیستم‌های انگیزشی تیمی مبتنی بر شاخص‌های عملکردی در صنایع تولیدی پیوسته.

✓ عدم توجه کافی به ابعاد سیستم مدیریت کیفیت در تعریف شاخص‌های عملکردی در مطالعات پیشین.

✓ محدودیت در استفاده از رویکردهای مبتنی بر داده برای کاهش عدم قطعیت‌های ناشی از قضاوت‌های انسانی در ارزیابی عملکرد.

✓ کمبود مطالعات جامع که ارتباط بین بهبود عملکرد منابع انسانی و افزایش بهره‌وری کلی سازمان را در صنایع تولیدی پیوسته بررسی کنند.

این پژوهش با ارائه رویکردی نوآورانه برای افزایش بهره‌وری در تولید پیوسته و اتوماتیک رادیاتورهای گرمایشی، شکاف موجود در تحقیقات پیشین را پر می‌کند. نوآوری اصلی این تحقیق، طراحی یک سیستم انگیزشی مبتنی بر شاخص‌های تیمی عملکرد است که با هدف تقویت همکاری و تعهد کارکنان در واحدهای مختلف برای دستیابی به اهداف مشترک طراحی شده است.

برخلاف مطالعات قبلی که عمدتاً به صورت نظری یا شبیه‌سازی در برخی صنایع مشابه انجام شده، این تحقیق یک راهکار عملی و سفارشی‌سازی شده برای صنعت خاص تولید رادیاتورهای گرمایشی ارائه می‌دهد. این پژوهش در تعریف شاخص‌های عملکردی، به طور ویژه به ابعاد سیستم مدیریت کیفیت توجه کرده است.

روش‌شناسی این تحقیق با بهره‌گیری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر داده، سعی در کاهش عدم قطعیت‌های ناشی از قضاوت‌های انسانی دارد. این

یافت. مطالعات پیشین در زمینه افزایش بهره‌وری در صنایع تولیدی پیوسته و اتوماتیک، عمدتاً بر رویکردهای سنتی مانند بهبود عملکرد واحدهای انفرادی مانند تولید، نگهداری و تعمیرات یا کنترل کیفیت متمرکز بوده‌اند (موجیری^[12]). با این حال، این رویکردها نادیده می‌گیرند که در سیستم‌های پیچیده تولید پیوسته، واحدها به شدت به یکدیگر وابسته هستند و عملکرد هر واحد می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر سایر واحدها داشته باشد. برخی از مطالعات از جمله گاززا^[13] به اهمیت رویکردهای یکپارچه برای افزایش بهره‌وری که بر همکاری و هماهنگی میان واحدهای مختلف تأکید می‌کنند، اشاره کرده‌اند. با این حال، این مطالعات بیشتر جنبه نظری داشته و راهکارهای عملی برای تحقق چنین همکاری و هماهنگی را ارائه نکرده‌اند.

اما چالش اصلی، شناسایی شاخص‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد تیمی در هر صنعت خاص و تعیین اهمیت نسبی آنهاست (عربیون^[14]). این مطالعه برای اولین بار از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP) برای شناسایی و وزن دهی معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با بهره‌وری در تولید پیوسته و اتوماتیک استفاده میکند. این روش با توانایی در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت‌های انسانی، می‌تواند نتایج دقیق‌تر و کاربردی‌تری را ارائه دهد (امروزنژاد^[15] و آبهان^[16]). به جهت رفع هر گونه عدم قطعیت در روش‌های مبتنی بر نظر خبرگان مقالات زیر نشان می‌دهند که ترکیب روش‌های انتروبی و پرامتی یک رویکرد کارآمد و مناسب برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره در حوزه‌های مختلف از جمله انتخاب تأمین‌کننده، ارزیابی و مدیریت زنجیره تأمین است. آگراوال^[17] به استفاده از روش PROMETHEE برای رتبه بندی و انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان پرداخت و مزایای استفاده از این روش به جای سایر روشها از جمله AHP بیان نموده است. چانگ^[18] نیز یک مدل ترکیبی مبتنی بر روش PROMETHEE و چندین معیار برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده پایدار در صنعت الکترونیک ارائه کرده است. نتیجه کار، ارائه یک رویکرد سیستماتیک و قوی برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار است که می‌تواند به

رویکرد بر اساس داده‌های واقعی که از طریق ایجاد ساختارهای موثر در ثبت و کنترل اطلاعات به دست آمده، استوار است.

انتظار می‌رود پیاده‌سازی این سیستم انگیزشی تیمی منجر به بهبود در زنجیره‌ای از شاخص‌ها از جمله کاهش توقف‌های ناخواسته و ضایعات، بهبود کیفیت محصولات، افزایش آمادگی و کارکرد مطلوب تجهیزات، افزایش رضایت شغلی و تعهد کارکنان و در نهایت شود که در نهایت به افزایش بهره‌وری کلی و به دنبال آن افزایش سودآوری و مزیت رقابتی سازمان می‌انجامد. این سیستم همچنین بستری برای یادگیری سازمانی و بهبود مستمر فرایندها فراهم می‌کند

در ادامه، تعاریف ارکان اصلی مقاله در سرفصل مفاهیم و مبانی نظری، فرمولهای ریاضی و روش تحقیق در سرفصل روش شناسی پژوهش، تمرکز بر مطالعه موردی و یافته‌های حاصل از پیاده‌سازی تحقیق در آن در سرفصل مطالعه کاربردی و یافته‌ها و در انتها به بحث و نتیجه‌گیری و پیشنهادات بهبود برای تحقیقات آتی پرداخته خواهد شد.

2- مفاهیم و مبانی نظری:

در این بخش به تعاریف برخی از اصطلاحات کلیدی و کلیدواژه‌های استفاده شده در متن پرداخته شده و سیستم تولیدی مورد بحث معرفی می‌گردد.

1-2 - بودجه: یک برنامه مالی جامع که میزان هزینه‌ها، درآمدها و سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز برای رسیدن به اهداف یک سازمان، پروژه یا برنامه را در یک بازه زمانی مشخص تعیین می‌کند. بودجه‌ها می‌توانند برای کل سازمان یا بخش‌های مختلف آن مانند تولید، فروش، منابع انسانی و غیره تهیه شوند (شاو^[20]).

2-2- کار تیمی³: فرایندی است که در آن یک گروه از افراد با مهارت‌ها و تخصص‌های مختلف برای رسیدن به یک هدف مشترک، به صورت منسجم و هماهنگ با

یکدیگر همکاری می‌کنند. کار تیمی شامل اجزای کلیدی از جمله تعامل و ارتباطات مؤثر، تعهد به اهداف گروهی، احترام به نقش‌ها و مسئولیت‌های یکدیگر، حل مسئله و تصمیم‌گیری مشارکتی، و پذیرش تنوع دیدگاه‌ها است. رهبری، اعتماد متقابل و انگیزش از عوامل مهم در موفقیت کار تیمی هستند (وفیوسی^[22]).

2-3- ارزیابی عملکرد: فرایند سیستماتیک جمع‌آوری، مقایسه و ارزیابی داده‌های مربوط به عملکرد کارکنان، فرآیندها یا سازمان‌ها در مقابل معیارها، استانداردها و اهداف از پیش تعیین شده. این فرایند می‌تواند شامل اندازه‌گیری عملکرد، شناسایی نقاط قوت و ضعف و تدوین برنامه‌های بهبود باشد (الساکارنه^[23]). وزارت امور داخلی امریکا ارزیابی عملکرد به صورت فرایند نظامندی تعریف میکند که با نظارت مستمر و ایجاد ظرفیت اجرا عملکرد را به صورت دوره‌ای اندازه‌گیری و رتبه‌بندی کند و به عملکرد مناسب پاداش دهد (امیری^[24]).

2-4- شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI):⁴ معیارهای عینی و قابل اندازه‌گیری هستند که برای ارزیابی میزان پیشرفت در دستیابی به اهداف کلیدی یک سازمان یا فرآیند استفاده می‌شوند. این شاخص‌ها شامل شاخص‌هایی مانند سودآوری، رضایت مشتری، کیفیت محصول، بهره‌وری و غیره هستند (پارمنتر^[25]).

2-5- شاخص قابلیت اطمینان تجهیزات (OEE):⁵ یک معیار کلیدی برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل تجهیزات تولیدی است که از ترکیب سه عامل دسترسی، عملکرد و کیفیت محاسبه می‌شود. OEE بیانگر درصدی از ظرفیت تولیدی است که از آن به صورت موثر استفاده می‌شود و می‌تواند برای شناسایی گلوگاه‌ها و فرصت‌های بهبود کمک کند (اسمیرنو^[21]).

2-6- روش انتروپی: یک تکنیک ریاضی برای اندازه‌گیری عدم اطمینان و عدم تعادل در توزیع اطلاعات در یک مجموعه داده‌ها. در تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش انتروپی

⁴ Key Performance Indicators
⁵ Overall Equipment Effectiveness

³ Team Working

برای تعیین وزن معیارهای مختلف بر اساس میزان اطلاعات موجود در داده‌ها استفاده می‌شود (دلگادو [26]).

2-7- روش پرامتی⁶: یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف بر اساس معیارهای متعدد است. این روش بر پایه مقایسه زوجی گزینه‌ها برای هر معیار و سپس تلفیق این مقایسات با استفاده از یک تابع ترجیح مشخص کار می‌کند. وزن‌دهی معیارها نیز بخشی از این فرآیند است. در نهایت، روش پرامتی یک رتبه‌بندی جامع و ترجیحات جزئی برای گزینه‌ها را ارائه می‌دهد. استفاده از ترکیب روش‌های انترویی و پرامتی برای وزن‌دهی و رتبه‌بندی در مقایسه با روش‌های سنتی تر مانند AHP و تاپسیس، دارای مزایای عینیت بیشتر در محاسبه وزن معیارها عدم نیاز به مقایسات زوجی پرکار، توانایی کار با داده‌های کمی و کیفی انعطاف پذیری بیشتر و در نظر گرفتن بهترین و بدترین گزینه در پرامتی است (یزدانی [27]).

2-8- تولید پیوسته و اتوماتیک: نوعی سیستم تولید که در آن تمام مراحل مختلف فرآیند تولید مانند برش، جوشکاری، مونتاژ و بسته‌بندی به صورت خودکار و بدون وقفه به هم متصل شده‌اند. این نوع سیستم‌ها معمولاً برای تولید انبوه محصولات استاندارد شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. (گروور [28]).

تولید رادیاتور گرمایشی پنلی: فرآیند صنعتی ساخت انواع رادیاتورهای گرمایشی برای ساختمان‌ها و واحدهای مسکونی که شامل مراحل مختلفی از جمله برش و خم‌کاری ورق‌های فلزی، جوشکاری، سوراخ‌کاری برای نصب شیرآلات، رنگ‌آمیزی، مونتاژ و بسته‌بندی است. این فرآیند می‌تواند به صورت پیوسته و با استفاده از خطوط تولید اتوماتیک انجام شود (کالپاکجیان [29]). خط تولید رادیاتور به طور پیوسته و اتوماتیک عملیات تولید را به ترتیب جوش نقطه ای پنل و کنوکتور، جوش طولی هر یک از طرفین، جوش عرضی هر یک از طرفین، جوش طرفین رادیاتور به همراه قطعات سه راهی و براکت و

مرحله انتهایی تست رادیاتور کامل در شرایط تعریف شده در استاندارد مربوطه است.

3- روش شناسی پژوهش

این مقاله با الهام از تحقیقات پیشین و با تکیه بر اصول مدیریت مشارکتی و نظریه‌های انگیزشی، یک سیستم جامع انگیزشی تیمی را برای صنایع تولید پیوسته خودکار ارائه می‌کند. ارزیابی تیم‌ها به صورت دوره‌ای و با استفاده از داده‌های عملکردی واقعی انجام می‌شود. نتایج ارزیابی به طور شفاف در اختیار تیم‌ها قرار می‌گیرد تا آنها از نقاط قوت و ضعف خود آگاه شوند. سپس بر اساس رتبه‌بندی تیم‌ها، پاداش‌های انگیزشی اعطا می‌شود. این پاداش‌ها می‌تواند شامل پاداش‌های مالی، مزایای شغلی، فرصت‌های آموزشی و توسعه حرفه‌ای و یا هر نوع پاداش دیگر متناسب با فرهنگ سازمانی باشد. علاوه بر پاداش، برای تیم‌هایی که عملکرد ضعیفی داشته‌اند، تدابیر انضباطی و برنامه‌های بهبود نیز در نظر گرفته می‌شود تا انگیزه لازم برای رفع نقاط ضعف و ارتقای عملکرد در آنها ایجاد شود. این سیستم تنبیه نه تنها به عنوان عامل بازدارنده، بلکه به عنوان فرصتی برای شناسایی مشکلات و حل آنها نیز عمل می‌کند. شکل 1 گردش مدل را نمایش می‌دهد و در ادامه به تفصیل هر بخش پرداخته می‌شود.

3-1- تعیین بودجه مربوط به پاداش تولید متناظر با

اهداف سازمانی در ابتدای شروع دوره

مطابق با الزامات کسب و کار، در ابتدای هر سال اهداف سازمانی توسط تیم خبره با حضور مدیران ارشد مشخص و نیازمندی‌های لازم جهت دستیابی به آنها تعیین و بودجه‌بندی مالی سازمان در حوزه منابع انسانی، تجهیزات، مواد اولیه و ملزومات تولید و .. تعیین می‌شود. مقدار بودجه از روش‌های مختلف تحلیلی جبران خدمت و استراتژی‌های متفاوت تعیین می‌شود (شاو [30]). یکی از مزیت‌های این کار آگاهی بیشتر از وضع موجود و نیز شفاف شدن مسیر پیشرفت در راستای دستیابی به اهداف سازمانی است. بالطبع سازمان‌هایی که اهداف افزایش بهره‌وری را دنبال می‌کنند بایستی در زمان هدفگذاری و

⁶ PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations)

تعیین استراتژی به انگیزه - نیروی انسانی به طور خاص توجه نمایند. در این تحقیق از هدف گذاری بر مبنای فروش و سودآوری استفاده شده است. با افزایش روند پلکانی از نقطه سر به سر مقدار تخصیص بودجه به پاداش نیز افزایش می یابد. به جهت کنترل دقیق تر، مقدار حداکثری افزایش بهره وری بر اساس ظرفیت های اسمی تعیین شده و کنترل روند پلکانی افزایش سودآوری با افزایش راندمان تولید همسو می گردد. لذا پس از محاسبات لازم در بازه های تعیین شده، درصد استفاده از بودجه حداکثری مشخص میشود که روشی پویا و انعطاف پذیر است.

3-2- تعریف شاخص های تیمی عملکردی متناظر با

اهداف و وظایف تیم، همراه با تعیین معیار پذیرش

تعیین شاخص های عملکردی یکی از چالش های سازمان ها در مدیریت عملکرد و کنترل موثر سازمان است به همین جهت پژوهش های زیادی در این حوزه به صورت نظری و بعضا کاربردی صورت پذیرفته و ادامه دار خواهد بود چراکه سیستم های بومی سازی شده به مراتب کارتر از سیستم های نظری و عمومی است. نظر به اینکه هدف از پژوهش حاضر افزایش بهره وری است برای تعیین شاخص های عملکردی از مثلث بهره وری و نیز خروجی حاصل از بررسی فازی در رتبه بندی عوامل موثر بر شاخص OEE که توسط غلامیان^[31] ارائه شده، استفاده شده است.

در صنایع تولید پیوسته اتوماتیک، با وجود کاهش تعامل مستقیم انسان با ماشین آلات، نیاز به تعامل و مشارکت بین نیروهای انسانی واحدهای تولید، نگهداری و تعمیرات، و کنترل کیفیت به مراتب بیشتر خواهد بود. این امر به دلایل مدیریت سیستم های پیچیده، حل مسائل چند بعدی، مدیریت تغییر و اشتراک دانش است. همچنین این واحدها را می توان به عنوان رؤوس مثلث بهره وری در نظر گرفت که هر یک نقش حیاتی در دستیابی به هدف مشترک افزایش بهره وری دارند. این رویکرد حاکم بر طراحی و پیاده سازی سیستم ارزیابی عملکرد تیمی در این تحقیق است.

مثلث بهره وری⁷: یک چارچوب مفهومی برای درک و بهبود بهره وری در سازمان ها است. این نظریه توسط دیوید سومانت^[32] در کتاب "مهندسی و مدیریت بهره وری" ارائه شد. طبق این نظریه، بهره وری یک سازمان تابعی از سه عامل اصلی است: کارایی⁸، اثربخشی⁹ و کیفیت¹⁰. این سه عامل رأس های مثلث بهره وری را تشکیل می دهند. برای دستیابی به بهره وری بالا، سازمان ها باید در تمام سه جنبه کارایی، اثربخشی و کیفیت عملکرد خوبی داشته باشند. این سه عامل در تعامل با یکدیگر هستند و بهبود در یک عامل می تواند بر دیگر عوامل نیز تأثیرگذار باشد (تانگن^[33]).

در کنار نظریه مثلث بهره وری، شاخص های عملکردی KPI ابزارهای مهمی برای اندازه گیری و پایش بهره وری در سازمان ها هستند. KPI ها معیارهای کمی یا کیفی هستند که برای ارزیابی پیشرفت در دستیابی به اهداف سازمانی استفاده می شوند (پارمنتر^[25]).

KPI ها باید با استراتژی ها و اهداف سازمان مرتبط، قابل اندازه گیری و دارای حد پذیرش برای کنترل و تحلیل در جهت اطمینان دستیابی به اهداف و شناسایی به موقع انحرافات باشند. در این تحقیق این شاخص ها در سه حوزه کارایی، اثربخشی و کیفیت از مثلث بهره وری و نیز توجه به شاخص های OEE به شرح زیر تعریف میشوند.

$$P = \left(\frac{pr}{pl} \right) * 100 \quad (1)$$

که در آن P درصد تحقق برنامه تولید، pr میزان محصول تولید شده و pl میزان تولید برنامه ریزی شده است. در این تحقیق از این شاخص به جهت ارزیابی بهره وری کل تیم و درصد فعال شدن بودجه پاداش استفاده میشود.

$$RP = \left(\frac{pl - pr}{pl} \right) * 100 \quad (2)$$

شاخص دیگری با نام تنظیمات کاهشی RP در این

⁷ Productivity Triangle
⁸ Efficiency
⁹ Effectiveness
¹⁰ Quality

تحقیق مورد بررسی قرار میگیرد که مکمل شاخص فوق است. این شاخص میزان تولید نشده مطابق با برنامه به دلیل کاهش متر در ساعت دستگاه توسط سرپرست تولید در زمان مشخص را نمایش میدهد که به دلایل مختلف از جمله مهارت کادر تولید، شناسایی مشکل بالقوه از سوی کادر فنی یا تولید، عدم مرغوبیت لازم مواد و متریال به دلایل تایید اجباری یا عدم مهارت کنترل کیفیت و... ایجاد میشود. این شاخص به جهت ریشه یابی مشکلات و نیز لزوم افزایش روزافزون مهارت تیم متشکل از تولید، نت و کنترل کیفیت است.

$$M = \left(\frac{mt}{at} \right) * 100 \quad (3)$$

که در آن M : درصد توقفات، mt : مدت زمان توقف و at : مدت زمان در دسترس (مطابق با برنامه) است.

با توجه به اینکه تمرکز این مقاله در ارزیابی عملکرد تیم است زمان در دسترس منطبق بر زمان برنامه ریزی شده است و از توقفات استراتژیک چشم پوشی شده است.

$$Q = \left(\frac{pq}{pr} \right) * 100 \quad (4)$$

که در آن Q : درصد محصول/ خروجی نامنطبق، pq : تعداد یا مقدار محصول/ خروجی نامنطبق و pr : تعداد یا مقدار کل محصول/ خروجی تولید شده است.

$$A = r * (Nc) \quad (5)$$

که در آن A : امتیاز عدم انطباق فرایند، Nc : تعداد عدم انطباق ها و r : شدت عدم انطباق.

این شاخص میزان انطباق اجرای دستورالعملها و روشهای کاری را متناظر با استانداردها نشان میدهد که بر گرفته از الزامات استاندارد ISO 9001 ، S5 میباشد. اندازه گیری این شاخص علاوه بر اطمینان از اجرای الزامات، اثربخشی آنها را نیز رصد نموده و در صورت هرگونه انحراف بررسیهای لازم جهت هرگونه اصلاح به موقع صورت میپذیرد. به علاوه انگیزه کارکنان را به مطالعه روشها و مشارکت در بهبود آنها تضمین مینماید.

3-3- تعیین معیار پذیرش یا حدود اهداف و شاخصها

تعیین حدود و مقادیر هدف برای شاخصهای عملکردی، یک موضوع مهم و چالش برانگیز در مدیریت عملکرد

است. این حدود و مقادیر باید به گونه ای تعیین شوند که از یک طرف قابل دستیابی و واقع بینانه باشند و از طرف دیگر، فشار و انگیزه لازم برای بهبود مستمر را ایجاد کنند.

معمولا روشهای زیر برای تعیین این حدود استفاده میشوند:

1. استفاده از دادههای گذشته و روند تاریخی عملکرد (مرر^[34]).
2. الگوبرداری از رقبا و صنعت (هارفتاف^[35]).
3. استفاده از تئوری محدودیتها و روشهای بهینهسازی (گلدرات^[36]).
4. استفاده از روش دلفی و نظرات خبرگان (دیودی^[37]).

استفاده از دادههای گذشته و روند تاریخی عملکرد یکی از رایج ترین روشها است. با بررسی عملکرد قبلی، می توان حدود و اهداف جدید را با توجه به بهترین عملکرد گذشته، میانگین عملکرد و روند بهبود تعیین کرد. در این تحقیق حدود شاخصها از ترکیب این روش و اطلاعات سازنده دستگاه و نیز توان و ظرفیت نیروی انسانی تعیین شده اند. **جدول 2**

3-4- وزن دهی شاخصها و گزینهها

به جهت اطلاع از میزان تاثیرگذاری شاخصها بر روی هدف، نیازمند تعریف وزن هستند. روشهای زیادی برای وزندگی وجود دارد که با توجه به دسترسی به دادهها و نوع آنها، وجود تیم خبرگان و اطمینان از همکاری به موقع و موثر ایشان و نیز اهداف مساله انتخاب روش صورت می پذیرد.

به جهت ترجیح بر استفاده از روشهای مبتنی بر داده، در ابتدا فرمها، نرم افزار و ساختار جمع آوری و ثبت دادهها فراهم شده و مورد آزمایش قرار گرفته و پس از یک دوره 6 ماهه وزن دهی شاخصها به روش انتروپی و در وزن دهی گزینهها بر تاثیر در شاخصها از روش پرامتی استفاده شده است. **جدول 1** شاخصها و گزینهها نمایش میدهد. گزینهها واحدهای تشکیل دهنده تیم و تاثیرگذار بر بهره‌وری و افزایش راندمان هستند. در ادامه روشهای مذکور تشریح و دادههای مطالعه موردی در فصل بعد ارائه شده است.

جدول 1: جدول شاخص‌ها و گزینه‌ها

گزینه‌ها (اعضای تیم)	شاخص‌ها (موثر بر بهره‌وری)
تولید	تحقق برنامه تولید
نت برق	تنظیمات کاهشی
نت مکانیک	توقفات
نت تاسیسات	دوباره کاری
کنترل کیفیت	عدم انطباق فرایند

الف) روش انتروپی شانون برای وزن دهی معیارها:

روش انتروپی یک تکنیک عینی برای تعیین وزن معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است که بر اساس پراکندگی داده‌ها در هر معیار عمل می‌کند. هرچه پراکندگی و اطلاعات یک معیار بیشتر باشد، وزن بیشتری به آن تعلق می‌گیرد.

ژی هانگ و همکاران^[38] روش انتروپی را به صورت کامل و با جزئیات بیشتر تشریح کرده‌اند. آنها از انتروپی شانون برای محاسبه وزن معیارها استفاده کرده‌اند که کاربرد گسترده‌تری در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره دارد.

انتروپی شانون از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \left(\frac{1}{\ln(m)} \right) \quad (5)$$

$$E_j = -K * \sum_{i=1}^m p_{ij} * \ln(p_{ij}) \quad (6)$$

که در آن:

E_j : انتروپی شانون برای معیار j

p_{ij} : نرمالیزه کردن x_{ij} از طریق $p_{ij} = x_{ij} / \sum_i x_{ij}$

m : تعداد گزینه‌ها

K : ثابت برای نرمالیزه کردن انتروپی شانون در بازه $[0,1]$

سپس درجه عدم اطمینان d_j و وزن معیار w_j از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$d_j = 1 - E_j \quad (7)$$

$$w_j = d_j / \sum_j d_j \quad (8)$$

همانطور که مشاهده می‌کنید انتروپی شانون با در نظر گرفتن احتمال وقوع داده‌ها در معیار j ، عدم اطمینان را

محاسبه می‌کند. هرچه عدم اطمینان بیشتر باشد، معیار حاوی اطلاعات بیشتری است و وزن بالاتری دریافت می‌کند.

ب) روش پرامتی برای رتبه بندی گزینه‌ها:

یک روش رتبه بندی ارجحیت برای گزینه‌ها بر اساس معیارهای چندگانه است. در این روش، ارجحیت گزینه‌ها از طریق محاسبه جریان‌های ورودی و خروجی صورت می‌گیرد (بهزادیان^[39]). پرامتی 2 یک روش رتبه بندی کامل برای تصمیم‌گیری چند معیاره است که گزینه‌ها را از بهترین به بدترین مرتب می‌کند. این روش از ترکیب دو جریان ورودی و خروجی برای هر گزینه استفاده می‌کند. مراحل اجرای پرامتی 2 عبارتند از:

1. محاسبه درجه ارجحیت $p_j(a,b)$ گزینه a نسبت به b در هر معیار j با استفاده از تابع ترجیح مناسب (خطی، گوسی، درجه 2 و ...)

2. محاسبه شاخص ارجحیت $\pi(a,b)$ از طریق میانگین وزنی درجه ارجحیت‌ها، که در این تحقیق w از روش انتروپی حاصل شده است.

$$\pi(a,b) = \sum_j w_j * p_j(a,b) \quad (9)$$

3. محاسبه جریان خروجی $q^+(a)$ و ورودی $q^-(a)$ برای هر گزینه a :

$$q^+(a) = 1 / (n-1) * \sum_x \pi(a,x) \quad (10)$$

$$q^-(a) = 1 / (n-1) * \sum_x \pi(x,a) \quad (11)$$

4. محاسبه جریان خالص $q(a)$ برای هر گزینه a :

$$q(a) = q^+(a) - q^-(a) \quad (12)$$

5. رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس مقادیر $q(a)$ از بزرگترین به کوچکترین

در این روش، علاوه بر q^+ و q^- که به ترتیب توان رقابتی و ضعف هر گزینه را نشان می‌دهند، از $q(a)$ به عنوان جریان خالص استفاده می‌شود که رتبه نهایی گزینه‌ها را مشخص می‌کند.

معیارهای رتبه بندی در پرامتی 2 عبارتند از:

- گزینه ای با بزرگترین $q(a)$ بهترین گزینه است.

- اگر $q(a)$ صفر باشد، گزینه a نه بهتر است و نه بدتر.

- اگر $q(a)$ مثبت باشد، گزینه a از گزینه‌های دیگر با $q(a)$ منفی بهتر است.

این روش امکان رتبه بندی کامل گزینه‌ها را فراهم می کند و برای حل مسائل پیچیده تصمیم گیری چند معیاره مناسب است.

4- مطالعه موردی و یافته های تحقیق

در بخش قبل فرایند ارزیابی عملکرد تشریح شد. در این بخش به ارائه داده های پیاده سازی و نتایج حاصل از آن پرداخته میشود. مطالعه موردی این تحقیق یک کارخانه تولید رادیاتور گرمایشی پنلی است که در گروه صنعت پیوسته و اتوماتیک قرار میگیرد. این کارخانه حدود 4 نوع رادیاتور را در 10 گروه سائیزی (براساس طول) تولید میکند. بزرگترین مشکل این کارخانه راندمان پایین است. با عرضه یابی انجام شده، جلسه با خبرگان و بررسی داده های گذشته مشخص شد مشکل پیش آمده به علت عدم وجود فرایند مناسب و تعامل صحیح بین واحدهای تاثیر گذار بر بهره وری و نیز عدم انتقال دانش بین این واحدها ایجاد شده است. که در جهت رفع آنها در ابتدا ساختارهای تولیدی از نیروی انسانی تا فرایندها و فرم ها و ساختارهای نرم افزاری در یک دوره 6 ماهه اصلاح شده است. و پس از آن به جهت ایجاد تعامل و تفکر تیمی میان واحدهای تولید، نت و کنترل کیفیت و نیز اطمینان از اجرای صحیح ساختارهای اصلاح شده سیستم ارزیابی عملکرد تیمی مبتنی بر داده های رکورد شده طراحی و اجرا شده است. طبق فرایند تعریف شده در شکل 1، در گام اول بودجه تعریف شده برای انگیزش کارکنان 10 میلیون تومان در نظر گرفته شده است. در گام دوم و سوم لیست شاخص های موثر با هدف بهره وری و حدود پذیرش برای پاداش و نیز حدود جریمه شاخص‌ها تعریف و در جدول 2 ارائه شده است.

جدول 2: حدود پاداش و جریمه شاخص ها

عنوان شاخص	مسئول	معیار پاداش	معیار جریمه	روش / مسئول ارزیابی
تحقق برنامه تولید	تولید- نگهداری و تعمیرات- کنترل کیفیت	92%	89%	سوابق/مسئول آمار/ تضمین کیفیت
تنظیمات کاهشی		10%	15%	
توقفات		2/5%	3%	
دوباره کاری		1/5%	2%	
عدم انطباق فرایند		300	400	سوابق/ممیزان/ تضمین کیفیت

همانگونه که قبلا گفته شد این اعداد از تحلیل های مالی، داده های گذشته، اطلاعات سازنده دستگاه، استهلاک دستگاه و توانایی و پتانسیل نیروی انسانی در نظر گرفته شده است. در گام چهارم ابتدا بایستی از وجود صحت داده ها و فرایند صحیح ثبت و درک مشترک تمام اعضا نسبت به آن اطمینان حاصل شود. در پژوهش حاضر حدود 6 ماه بررسی ساختارهای تولید، اصلاح، آموزش و ایجاد ساختار قابل اطمینان برای ثبت و تحلیل داده ها به طول انجامیده است. نمودارهای ابتدایی در حین پیاده سازی در شکل 2 نشان داده شده است. از نمودار ها نیز روند بهبود در طی اصلاح ساختارها قابل مشاهده است. پس از اتمام اصلاحات دستورالعملهای کاری، روش های اجرایی و چک لیست های ممیزی تهیه و در دوره های یک ماهه به مدت 3 ماه فرایند و نیروی انسانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

گام بعدی اندازه گیری بهره وری یا راندمان تولید است تا وضعیت پاداش یا جریمه مشخص شود. از آنجا که مدیریت متریال در تولید انواع محصول حائز اهمیت است و نیز لزوم به حرکت تیم به سوی بهبود و قابل درک بودن دستیابی به هدف برای همه اعضا، برنامه تولید مطابق با هدف گذاری تنظیم میشود و حداکثر 90 درصد آن جهت

$$R_i = S_i * B \quad (13)$$

$$R_7 = 0.5 * 10000000 = 5000000$$

اگر مقدار شاخص تحقق برنامه از 89 کمتر شود مشمول جریمه شده و امتیاز منفی بر مقدار بودجه ضرب میشود. در گام بعدی بایستی مقدار بدست آمده از بودجه پاداش ماه هفتم را به شاخص های تاثیرگذار تخصیص دهیم بنابراین نیاز به محاسبه وزن شاخص ها از روش انتروپی است. **جدول 3** داده های مربوط به عدم دستیابی به اهداف شاخص ها متأثر از هر یک از اعضای تیم را نشان میدهد. این جدول ورودی روش انتروپی برای محاسبه وزن هر شاخص در دستیابی به هدف افزایش بهره وری است.

جدول 3: داده های نرمال شده (6ماهه) و ورودی روش انتروپی

گزینه ها	تنظیمات کاهششی	توقفات	دوباره کاری	عدم انطباق فرایند
تولید	0/54	0/21	0/32	0/26
نت برق	0/16	0/30	0/30	0/23
نت مکانیک	0/21	0/38	0/22	0/26
نت تاسیسات	0/01	0/08	0/06	0/13
کنترل کیفیت	0/08	0/03	0/10	0/13

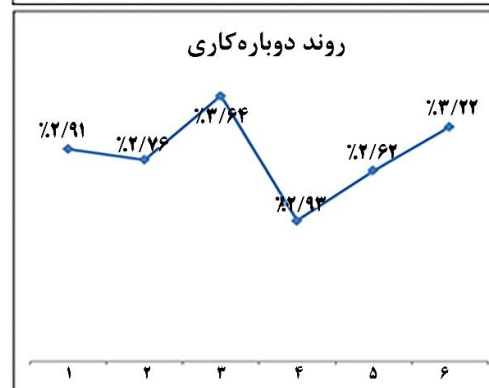
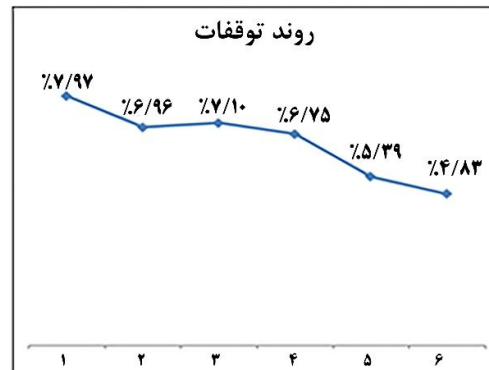
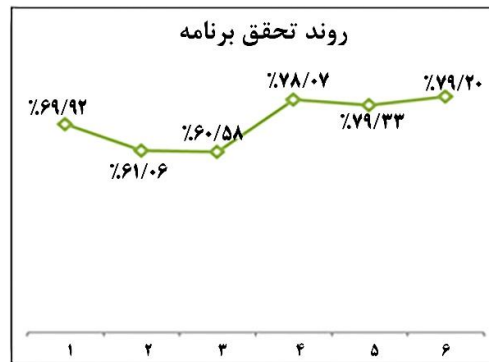
طبق خروجی انتروپی **جدول 4** شاخص توقفات بیشتری تاثیر را بر تحقق برنامه یا افزایش بهره وری دارد. تعلق گرفته به هر شاخص طبق جدول 4 به قرار زیر است:

$$r_i = w_i * p_i \quad (14)$$

$$r_1 = 2418766 . \quad r_2 = 1402812$$

$$r_3 = 903045 . \quad r_4 = 275378$$

که در آن r_i پاداش تعلق گرفته به هر یک از شاخص های توقفات، دوباره کاری و عدم انطباق ممیزی است. حال با توجه به میزان تحقق حدود پذیرش هر شاخص از جدول 2، امتیاز شاخص محاسبه و مبلغ پاداش تعلق گرفته مطابق با **جدول 5** محاسبه میشود واضح است در صورت عدم تحقق حدود پذیرش مبلغ پاداشی تعلق نگرفته و ممکن است حتی ضرایب منفی شده و جریمه منظور شود.



شکل 2: روند شاخص ها در طول پیاده سازی روش پیشنهادی

تامین سفارشات منظور میشود و در ابتدای هفته بعد بروزرسانی داده ها صورت میپذیرد. امتیاز تحقق برنامه به صورت زیر محاسبه میشود: از بازه 92 تا 100 درصد با هر یک واحد افزایش یک واحد امتیاز کسب میشود و در بازه 89 تا 83 به ازای هر واحد کاهش یک واحد امتیاز منفی لحاظ میشود. درصد مربوط به سه ماهه دوم برای این شاخص که 95,69% محاسبه و امتیاز دریافتی 50% می باشد. میزان کل مبلغ پاداش برای این ماه به صورت زیر محاسبه میشود که در آن R_i مبلغ پاداش کل ماه A ام ، S_i امتیاز تحقق برنامه ماه A ام و B ماکزیمم بودجه است.

جدول 4: خروجی روش انتروپی

گزینه ها	تنظیمات کاهشی	توقفات	دوباره کاری	عدم انطباق فرایند
تولید	-0/33	-0/33	-0/36	-0/35
نت برق	-0/30	-0/36	-0/36	-0/34
نت مکانیک	-0/33	-0/37	-0/33	-0/35
نت تاسیسات	-0/04	-0/21	-0/16	-0/26
کنترل کیفیت	-0/20	-0/11	-0/23	-0/26
مجموع ستونی	-1/20	-1/37	-1/46	-1/56
Ej	0/74	0/85	0/90	0/97
Ej-1	0/26	0/15	0/10	0/03
wj	0/48	0/28	0/18	0/06

- شاخص تنظیمات کاهشی با هر کاهش 1 درصدی از معیار پذیرش 1 امتیاز کسب مینماید.
- شاخص دوباره کاری نیز با هر کاهش 0/25 درصدی از معیار پذیرش 2 امتیاز کسب مینماید.
- شاخص دوباره کاری نیز با هر کاهش 0/5 درصدی از معیار پذیرش 2 امتیاز کسب مینماید.
- شاخص عدم انطباق ممیزی با هر 50 واحد کاهش از معیار پذیرش 2 امتیاز کسب می نماید.

بدیهی است عکس موارد فوق مطابق با جدول 2 برای جریمه صادق است.

جدول 5: میزان پاداش تعلق گرفته به هر شاخص

شاخص	جایگاه دوره	امتیاز	مبلغ پاداش
تنظیمات کاهشی	6/9	4 از 10	$0/4 * 2418765 = 967506$
توقفات	1/53	4 از 10	$0/4 * 1402812 = 561125$
دوباره کاری	1/18	4 از 12	$0/34 * 903044 = 307035$
عدم انطباق ممیزی	168	6 از 12	$0/5 * 275380 = 137690$

در گام ششم بایستی ضریب تاثیر هر یک از اجزای تیم بر هر شاخص تعیین و پاداش هر یک از اجزا مشخص گردد. به این منظور از روش پرامتی 2 استفاده شده و خروجی به قرار جدول 6 است. گرچه در جدول فوق نت تاسیسات و کنترل کیفیت را به صورت دو عامل غیر موثر نشان میدهد

اما با تحلیل داده ها متوجه میشویم فرایندها و فعالیت های این دو عضو تقریبا به حالت پایدارتری رسیده است و لذا 7 درصد باقیمانده از مجموع درصد های دیگر اعضا به نسبت میزان منفی بودن بین دو عضو تقسیم شده است. واضح است اگر در شرایطی قرار بگیریم که هر یک از اعضا به حالت پایدارتری برسند با اجرای مجدد روش های انتروپی و پرامتی وزن های متفاوتی خواهیم داشت.

جدول 6: وزن اجزا خروجی پرامتی 2

گزینه ها (اجزای تیم)	q+	q-	q+ - q-	وزن اجزا
تولید	0/58	0/05	%53	%53
نت برق	0/28	0/12	%16	%16
نت مکانیک	0/34	0/11	%23	%23
نت تاسیسات	0/01	0/51	-%50	%3
کنترل کیفیت	0/02	0/45	-%43	%5

گام هفتم محاسبه مجموع پاداش هر یک از اعضاست که در جدول 7 نمایش داده شده است. هر یک از اعضای تیم قطعا دارای گروهی از کارکنان هستند و میزان بدست آمده برای هر یک از اعضای تیم بایستی به نسبت اهمیت شغلی که در تعیین حقوق افراد موثر بوده است به افراد تخصیص داده شود.

جدول 7: محاسبه مجموع پاداش هر یک از اجزا

گزینه ها (اجزای تیم)	تنظیمات کاهشی	توقفات	دوباره کاری	عدم انطباق	مجموع پاداش اجزای تیم
تولید	512778	297396	162729	72975	1045878
نت برق	154801	89780	49126	22030	315737
نت مکانیک	222526	129059	70618	31668	453872
نت تاسیسات	29025	16834	9211	4131	59201
کنترل کیفیت	48375	28056	15352	6884	98668

5- اعتبارسنجی:

فرایند پیشنهادی به مدت 3 ماه به صورت ماهیانه و به جهت اعتبارسنجی 3 ماه بعد به صورت فصلی در شرکت تولید کننده رادیاتور گرمایشی اندازه گیری شده است که نتایج آن در شکل 3 قابل مشاهده است.

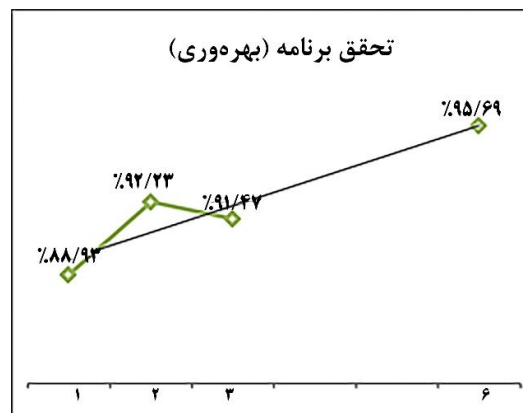
به لحاظ دستیابی به نتایج مشترک با تحقیقات صورت گرفته، براساس یافته‌های تحقیق غلامیان^[31]، با توجه به نتایج وزن فازی معیارهای شکست ابزار، خرابی ماشین آلات و تعمیرات اصلاحی به ترتیب در اولویت اول تا سوم قرار گرفتند. که در ضرایب خروجی این تحقیق نیز تنظیمات کاهشی و نگهداری و تعمیرات دارای وزن های بالاتری بودند.

به عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آتی، در صورت جمع آوری داده های حاصل از مدل ارزیابی عملکرد در چندین دوره میتوان وزن های مورد نیاز در تحقیق را از روش ماشین لرنینگ بدست آورد.

در بخش تخصیص پاداش به کارکنان نیز میتوان در صورت وجود داده های مربوط به مهارت ها، تجارب، رویکرد تیمی و عوامل مرتبط دیگر از روش های داده محور برای وزن دهی به آنها استفاده کرد.

6- منابع و مراجع:

1. Aneja, R. and Arjun, G., 2021. Estimating components of productivity growth of Indian high and medium-high technology industries: A non-parametric approach. *Social Sciences & Humanities Open*, 4(1), pp.100-180. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2021.100180>.
2. Bag, S., Gupta, S., and Foropon, C., 2019. Examining the role of dynamic remanufacturing capability on supply chain resilience in circular economy. *Management Decision*, 57(4), pp.863-885. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2018-0724>.
3. Fraser, K., Hvolby, H.-H., and Tseng, T.-L.(B)., 2015. Maintenance management models: a study of the published literature to identify empirical evidence: A greater practical focus is needed. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(6), pp.635-664. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2013-0185>.
4. Lindberg, C.F., Tan, S.T., Yan, J., and Starfelt, F., 2015. Key performance indicators improve industrial performance. *Energy Procedia*, 75, pp.1785-1790. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474>
5. Tavana, M., Sstems-haabani, A., and Valaei, N., 2021. An integrated fuzzy framework for analyzing barriers to the implementation of continuous improvement in manufacturing. *International Journal of Quality & Reliability Management*,



شکل 3: نمایش نتایج و اعتبارسنجی فرایند پیشنهادی

در زمان پیاده سازی با اصلاحات و آموزش های انجام شده نمودار تحقق برنامه یا بهره وری روند صعودی به خود گرفت و از بیشترین مقدار 78% درصد به حدود 89% رسید که خود حداقل 14 درصد افزایش بهره وری را ایجاد نمود. به مراتب در دوره 6 ماهه اجرا افزایش 8 درصدی را محقق ساخت. لذا در مجموع شاهد 22 درصد بهره وری از زمان شروع تا انتهای ارزیابی را به همراه داشت و کارخانه موفق شد با انگیزه ایجاد شده در کارکنان و تفکر تیمی و تعامل میان اعضای تاثیرگذار به حداکثر میزان بهره وری دست یابد.

4- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی:

این مقاله یک سیستم نوآورانه پاداش و جریمه مبتنی بر داده برای ارتقای بهره‌وری ارائه می‌دهد. رویکرد پیشنهادی عملکرد تیمی را با شاخص‌های تنظیمات کاهشی، توقفات، دوباره‌کاری و عدم انطباق فرایند مبتنی بر رویکرد تیمی مورد هدف قرار داده و با تلفیق روش‌های آماری انترپوی و پرامتی مبتنی بر داده، وزن‌دهی پویای شاخص‌ها در هر دوره زمانی را برای شناسایی سریع تغییرات در عملکرد و نیاز به اصلاح یا بهبود فرآیندها فراهم نمود. این سیستم در یک کارخانه تولید رادیاتور گرمایشی پیاده‌سازی شد و با تاثیر مستقیم بر سرمایه‌های انسانی و ایجاد تعامل و تفکر تیمی پس از یک دوره 3 ماهه اولیه و اعتبارسنجی در 3 ماهه دوم نتایج افزایش 22% تولید، کاهش 20% نرخ خرابی، کاهش 1,5% محصولات معیوب و افزایش 21,5% امتیاز ممیزی فرایند را در پی داشت.



32. Sumanth, D.J., 1984. Productivity engineering and management. McGraw-Hill. ISBN: 9780070624269
33. Tangen, S., 2005. 'Demystifying productivity and performance', *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(1), pp.34-46.
<https://doi.org/10.1108/1741040051057143741>.
34. Marr, B., 1st ed., 2012. Key Performance Indicators (KPI): The 75 measures every manager needs to know. Financial Times Press. ISBN: 978-0273750116
35. Horváthová, J., Mokrišová, M. and Vrábliková, M., 2021. Benchmarking—A Way of Finding Risk Factors in Business Performance. *J. Risk Financial Manag.*, 14(5), 221.
<https://doi.org/10.3390/jrfm14050221>.
36. Goldratt, E.M., 2012. The Goal: A Process of Ongoing Improvement - 30th. North River Press. ISBN-13: 978-0884271956.
37. Dwivedi, P. P. and Sharma, D. K., 2022. Application of Shannon entropy and CoCoSo methods in selection of the most appropriate engineering sustainability components. *Cleaner Materials*, 5, Article 100118.
<https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100118>
38. Zhi-hong, Z., Yi, Y. and Jing-nan, S., 2006. Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment. *Journal of Environmental Sciences*, 18(5), pp.1020-1023.
[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(06\)60032-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(06)60032-6).
39. Behzadian, M., Kazemzadeh, R.B., Albadvi, A. and Aghdasi, M., 2010. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200(1), pp.198-215.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.021>
23. Alsakarneh, A., Shatnawi, H.A., Alhyasat, W.B.A.K., Zowid, F., Alrababah, R.A.M. and Eneizan, B., 2024. The effectiveness of human resource management practices on increasing organizational performance and the mediating effect of employee engagement. *Uncertain Supply Chain Management*, 12(2), pp.1141-1154.
<https://doi.org/10.5267/j.uscm.2023.11.019>
24. Amiri, M., Taghavi-Fard, M.T. and Eftekhari, H., 2020. Presenting a linear model for evaluating the performance of decision-making units with a data envelopment analysis and common weights approach: Case study of pharmaceutical companies listed on the Tehran Stock Exchange, *Industrial Engineering and Management*, 36(1.2), pp.3-14. [In Persian]. doi: 10.24200/j65.2019.52190.1938
25. Parmenter, D., 2020. Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs, *Journal of Business Performance Management*, 24(2), pp.155-170. ISBN: 978-1-119-62077-8
26. Delgado, A. and Romero, I., 2016. Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru. *Environmental Modelling & Software*, 77, pp.108-121.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.12.011>.
27. Yazdani, M., Zarate, P., Zavadskas, E.K. and Turskis, Z., 2019. 'A Combined Compromise Solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems', *Management Decision*, 57(9), pp.2501-2519. doi: 10.1108/MD-05-2017-0458
28. Groover, M.P., 2019. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 5th ed. Pearson. ISBN-13: 978-0132393218
29. Kalpakjian, S. and Schmid, S.R., 2020. Manufacturing Engineering and Technology. 8th ed. Pearson. ISBN-13: 978-1-292-42229-9
30. Shawe, R., 2023. Budget and Organization Management. *Open Journal of Business and Management*, 11(3).
<https://doi.org/10.4236/ojbm.2023.113049>.
31. Gholamian, B. and Nili Pour Tabatabaei, S.A., 2020. 'Application of fuzzy AHP technique in identifying and ranking factors affecting equipment effectiveness (OEE)', *First National Conference on Optimization of Production and Service Systems, Rudsar*. [In Persian]. Available at: <https://civilica.com/doc/1163747>