

## ارزیابی بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان سیستم: مطالعه موردی کارخانه تولیدی آرد

فاطمه افشارنیا<sup>۱\*</sup> و افشین مرزبان<sup>۲</sup>

### چکیده

آرد گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک و مهم‌ترین ماده اولیه نان، طی یک پروسه فرآوری در کارخانه و به‌صورت مکانیزه تولید می‌شود. افزایش بهره‌وری در بخش‌های مختلف از جمله واحد نگهداری و تعمیرات این فرآیند مکانیزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای بسیاری از سیستم‌ها، مقوله نیروی انسانی به‌عنوان با اهمیت‌ترین سرمایه سیستم می‌باشد که بر روی کارایی و عملکرد سیستم تأثیر چشمگیری دارد. در این تحقیق روند بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات کارخانه آرد شعله با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان سیستم مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری بهره‌وری از شاخص کارایی و ضریب اثربخشی کلی تعمیرکار استفاده شد و آمار خرابی کارخانه آرد در دو بخش بوجاری و آسیاب در طی ده سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. طبق نتایج از کل خرابی‌های کارخانه تولیدی آرد، ۴۴/۵۹ درصد مربوط به واحد آسیاب و ۵۵/۴۱ درصد مربوط به واحد بوجاری بود. بیشترین خرابی‌های واحد بوجاری به‌ترتیب مربوط به قسمت‌های مارپیچ (۲۲/۷٪)، بارریز (۱۶/۸٪) و بالابر (۱۱/۲٪) و در واحد آسیاب مربوط به والس (۲۱/۹٪)، مارپیچ‌ها (۱۱/۸٪) و الک (۹/۸٪) بود. کارایی نیروی انسانی واحد تعمیرات با نرخ خرابی در تجهیزات کارخانه ارتباط مستقیم و اثربخشی نیروی انسانی با قابلیت اطمینان تجهیزات کارخانه ارتباط مستقیمی را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری، تعمیرات، کارخانه آرد، نیروی انسانی.

**ارجاع:** افشارنیا ف. و مرزبان ا. ۱۳۹۸. ارزیابی بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان سیستم: مطالعه موردی کارخانه تولیدی آرد. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۸(۱): ۶۷-۷۶.

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز.  
۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز.

\* نویسنده مسئول: [phd.afsharnia@asnruk.ac.ir](mailto:phd.afsharnia@asnruk.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۷

## مقدمه

بهره‌وری از نظر مفهومی به معنای استفاده مؤثر و کارآمد از منابع در فرآیند تولید است ( Nasrollahniya et al., 2014). پایین بودن بهره‌وری عوامل تولید در اکثر کشورهای در حال توسعه از مشخصات اقتصادی این کشورهاست، در این کشورها (در حال توسعه) کمبود نیروی انسانی ماهر و کارآمد، نبود تجهیزات و تکنولوژی مناسب و عوامل دیگر دست به دست یکدیگر داده است تا بهره‌وری در سطح پائین نگه داشته شود و این عوامل به خودی خود موجب شده است که این کشورها از رشد اقتصادی مناسبی برخوردار نبوده و از لحاظ اقتصادی دارای یک نظام اقتصادی وابسته باشند ( Teimouri & Musavi, 2018). اولین گام برای افزایش بهره‌وری به خصوص بهره‌وری صنعت، افزایش بهره‌وری نیروی کار است. تجربه شرکت‌های بزرگ نشان می‌دهد که بهره‌وری متعلق به شرکت‌هایی است که باور کرده‌اند سرمایه‌های انسانی بزرگترین سرمایه آنهاست، بنابراین در راهیابی که موجب افزایش بهره‌وری نیروی کار می‌شود سرمایه‌گذاری کرده‌اند و انگیزه‌های لازم را در سرمایه انسانی خود به وجود آورده‌اند (Jafari, 2010).

بهره‌وری نگهداری یکی از مهمترین مسائلی است که اقتصاد فعالیتهای تولیدی را کنترل می‌کند ( Parida & Kumar, 2009). فعالیتهای نگهداری با تعداد زیادی از ورودی‌ها و خروجی‌ها در اصل چندزمینه‌ای هستند و عملکرد بهره‌وری نگهداری نیاز به اندازه‌گیری و توجه همه جانبه با یک دیدگاه ترکیبی دارد. افزایش آگاهی از فعالیتهای نگهداری موجب افزایش ارزش افزوده فعالیتهای تجاری می‌گردد؛ از این رو، سازمان‌ها نگهداری را به‌عنوان یک بخش جدایی‌ناپذیر از فعالیتهای تجاری ذکر کرده‌اند (Liyanage & Kumar, 2003). (2010) Jafari رابطه عوامل مؤثر بر بهره‌وری نیروی کار در واحد نگهداری و تعمیرات شرکت بهره‌برداری نفت و گاز گچساران را بررسی کرد. (Mohammadi Zadeh et al., 2014) در پژوهشی به مدل‌سازی بهره‌وری نیروی انسانی در صنعت نفت در قالب یک مدل علی معلولی پرداختند و (Abili et al., 2014) در مطالعه خود به ترتیب عوامل فردی، عوامل شغلی و عوامل سازمانی را از عوامل مؤثر بر بهره‌وری منابع انسانی دانشگر در شرکت ملی نفت ایران ذکر کردند.

برای اکثر صنایع سرمایه‌بر<sup>۱</sup>، هزینه‌های نگهداری یک بخش قابل ملاحظه از هزینه‌های عملیاتی را شامل می‌شوند و با توجه به گسترش روزافزون حجم ماشین‌ها و دستگاه‌ها در کارخانجات و توسعه اتوماسیون و مکانیزاسیون، نگهداری و تعمیرات یکی از بهترین فرصت‌ها برای افزایش بهره‌وری است. در بخش کشاورزی، هزینه‌های نگهداری ماشین‌ها بخش قابل توجهی از مجموع هزینه‌های عملیاتی آنها را تشکیل می‌دهد و بسته به نوع ماشین‌ها این هزینه‌ها می‌تواند بین ۱۵ تا ۶۰٪ هزینه تولید محصول را تشکیل دهد ( Mobley, 2002). در بین محصولات کشاورزی، گندم محصولی استراتژیک و مهم در زندگی انسان محسوب می‌شود و با اطمینان می‌توان گفت که پرمصرف‌ترین محصول کشاورزی است که سهم فرآورده‌ای آن به تنهایی ۴۷٪ از انرژی مصرفی خانوار را بر عهده دارد ( Shaikhi, 2003, Hosseini et al., 2016). مصرف آرد گندم به‌عنوان ماده اولیه جهت تأمین نیازهای تغذیه‌ای، در حدود ۱۴ میلیون تن در سال است (Dazi et al., 2015). با توجه به تولید زیاد گندم (بیش از ۱۰ میلیون تن در سال) و مصرف بالای آرد در ایران، کاربرد فرآیندهای مکانیزه و خودکار به‌عنوان یک رویکرد اساسی موجبات افزایش بهره‌وری فرآیند تولید آرد را فراهم آورده است. از آنجایی که نگهداری و تعمیرات و پشتیبانی تولید در یک واحد تولیدی مکانیزه دارای اهمیت کلیدی بوده، قوت و ضعف این بخش مستقیماً در بهره‌وری و سوددهی تولید تأثیرگذار می‌باشد؛ در این راستا و به‌دلیل درگیر شدن کارخانجات با مباحثی چون کاهش هزینه‌ها، توان رقابت بالا، بهبود مستمر، افزایش کیفیت و کمیت محصول، کمبود منابع طبیعی، انرژی و غیره باید کوشید تا با اندازه‌گیری و بررسی بهره‌وری نیروی کار واحد تعمیرات، فرآیند مدیریت تجهیزات و قابلیت اطمینان سیستم را بهبود بخشید.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در واحد تعمیرات کارخانه تولیدی آرد شعله شهرستان دزفول انجام گرفت. برای این منظور داده‌های سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ مورد استفاده قرار گرفت. این کارخانه در سال ۱۳۵۲ با هدف تولید و تأمین آرد در

نیروی کار نت

کارایی  $\times$  اثربخشی = بهره‌وری نیروی کار (۴)

- مؤلفه بهره‌برداری نیروی کار (CU): اولین مؤلفه شاخص OCE، مؤلفه بهره‌برداری نیروی کار یا زمان خالص کاری می‌باشد. این مؤلفه OCE، به اندازه‌گیری، چگونگی برنامه‌ریزی و زمانبندی کردن منابع نیروی کار مربوط می‌شود که از طریق آن بتوان ارزش افزوده ایجاد کرده و تولید ادامه داشته باشد. برنامه‌ریزی و زمانبندی مؤثر کارها در فرآیند نت پیش اقدام در افزایش زمان مفید کاری و نرخ بهره‌برداری نیروی کار، بسیار کلیدی است. نرخ بهره‌برداری نیروی کار یا زمان خالص کاری از معادله (۵) محاسبه می‌شود.

$$CU\% = \frac{\text{کل زمان مفید بهره برداری شده}}{\text{کل مقدار ساعت‌های واگذار شده نیروی کار}} \times 100 \quad (5)$$

- نرخ عملکرد نیروی کار نت (CP): دومین مؤلفه اثربخشی کلی نیروی کار نت، نرخ عملکرد نیروی کار است. این مؤلفه بیانگر چگونگی عملکرد واقعی نیروی کار نت در مقایسه با برنامه تنظیم شده و استانداردهای کاری می‌باشد. نرخ عملکرد نیروی کار نت بستگی به سطح مهارت فردی پرسنل دارد و تجربیات و سوابق کاری و مسائل انگیزشی در افزایش سطح مهارت تأثیر مستقیمی دارد. اجرای آموزش‌های توسعه مهارت فردی و بهبودهای فنی نیز کمک شایانی برای این موضوع است.

- نرخ کیفیت خدمت نیروی کار نت (CSQ): مؤلفه سوم اثربخشی کلی نیروی کار نت به موضوع کیفیت خدمات ارائه شده از سوی نیروی کار نت ارتباط دارد. این مؤلفه شامل کیفیت واقعی کار یعنی تعداد کارهای برگشتی برای واحد نت جهت تعمیرات مجدد می‌شود. برگشت کار به واحد نت می‌تواند ناشی از اشتباه در عیب‌یابی و رفع عیب، احتمال صدمه زدن به اجزایی از ماشین در حین فرآیند تعمیر و اورهال یا ناشی از کیفیت نامطلوب قطعات یدکی استفاده شده باشد.

جهت تعیین قابلیت اطمینان، ابتدا از آزمون تمایل و مقدار آماره  $U$  (معادله (۶)) برای تعیین همگنی داده‌های مربوط به زمان‌های بین خرابی‌ها استفاده شد.

$$U = 2 \sum_{t=1}^{n-1} \ln\left(\frac{T_n}{T_t}\right) \quad (6)$$

که در این رابطه  $n$ ،  $n$  امین خرابی،  $T_n$  مجموع زمان‌های کارکرد سالم سیستم و  $T_i$  فراوانی تجمعی زمان  $i$  دوره

منطقه شمال خوزستان به بهره‌برداری رسید و هم اکنون با ظرفیت ۴۲۵۰ تن در روز در دو خط فعالیت دارد. محصولات اصلی شامل ۳ نوع آرد تافتون و لواش، آرد ستاره و آرد بربری می‌باشد. نیروی انسانی واحد تعمیرات، تعمیرات بخش‌های بوجاری (شامل: بالابرها، ماریچها، بارریزها، سپراتور، پوست‌گیر، شن‌گیر، نهرن‌ها، همزن‌ها، سیاه دانه‌گیر و چکشی) و آسیاب (شامل: والس، کمک والس، ماریچها، الک‌ها، میکروفیدر، بارریزها، بالابرها، فن‌ها و کمپرسور) را بر عهده دارند.

با توجه به تنوع بالای خرابی‌ها در سیستم‌های کارخانه و کم بودن تواتر رخدادها از تکنیک پارتو<sup>۱</sup> برای تحلیل خرابی‌ها استفاده شد.

عمده‌ترین اطلاعات جمع‌آوری شده ساعت‌های استفاده سالیانه از دستگاه‌ها، زمان دقیق و تعداد خرابی سیستم‌های مختلف هر دستگاه، کارکرد بر حسب ساعت و ساعات اختصاص یافته به هر تعمیر در دوره‌های زمانی مشخص را شامل می‌گردید. کلیه واحدهای مورد بررسی دارای شرایط نگهداری و تعمیرات اصلاحی، سن و شرایط کاربری مشابهی بودند. برای اندازه‌گیری نرخ خرابی از معادله (۱) استفاده شده است (Shirmohammadi, 2002):

$$L = \frac{1}{MTBF} \quad (1)$$

$$MTBF = \frac{T}{N}$$

در اینجا  $MTBF$  متوسط فاصله زمانی بین دو خرابی،  $L$  نرخ خرابی (تعداد خرابی در ساعت)،  $T$  کل زمان سیکل (ساعت) و  $N$  تعداد خرابی‌ها در یک سیکل زمانی می‌باشد. شاخص کارایی تعمیرکار که به صورت نسبت مقدار زمان مفید کاری به مقدار برنامه‌ریزی شده در طول یک دوره کاری تعریف می‌شود از معادله (۲) محاسبه می‌شود (Parida & Kumar, 2009).

$$\text{کارایی تعمیرکار} = \frac{\text{زمان کاری}}{\text{زمان برنامه‌ریزی شده}} \quad (2)$$

پس از محاسبه کارایی از معادله (۲) و ضریب اثربخشی کلی از معادله (۳) مقدار بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات از معادله (۴) محاسبه گردید.

نرخ کیفیت خدمات نیروی کار (%)  $\times$  نرخ عملکرد نیروی کار (۳)  $\times$  نرخ بهره‌برداری نیروی کار (%) = ضریب اثربخشی کلی

1- Pareto

2- Mean time between failures

که همیشه با دانه‌های گندم در تماس هستند دچار خوردگی شده و باید تعویض شوند.

### واحد آسیاب

نمودار پارتو مربوط به واحد آسیاب کارخانه تولیدی آرد در شکل ۲ آمده است. در واحد آسیاب والس، ماریچ‌ها و الک بیشترین خرابی را با مقدار ۲۱/۹، ۱۱/۸ و ۹/۸ درصد از کل خرابی‌ها شامل شدند و فن‌ها، کمپرسور و میکروفیدر به ترتیب با ۳/۳، ۱/۷ و ۰/۸ درصد کمترین خرابی را در این دوره ده ساله داشتند. تعمیرات مربوط به والس شامل تعویض یک جفت غلتک و گریس کاری و سرویس کاری بود. تعویض بلبرینگ‌ها، گریس خورها، یاتاقان‌های خراب و موتور ماریچ، گریس کاری و سرویس کاری آن بیشترین تعمیرات مربوط به ماریچ و تعویض توری، تسمه، موتور، بلبرینگ و گریس کاری بیشترین تعمیرات بخش الک‌ها را به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است که خرابی غلتک والس که از جنس آلیاژ چدن می‌باشد و همچنین توری الک در اثر سایش با گندم اتفاق می‌افتد.

### کل کارخانه تولیدی آرد

روند کلی نرخ خرابی تجهیزات کارخانه تولیدی آرد در شکل ۳ آورده شده است. متوسط نرخ خرابی در دوره ده ساله بررسی برابر ۰/۰۱ بود که حداکثر مقدار آن ۰/۰۲۱ در سال ۸۷ و در کمترین مقدار خود به ۰/۰۰۲۷ در سال ۹۳ رسید. همانطور که روند نرخ خرابی نشان می‌دهد در سال‌های اول مطالعه خرابی دستگاه‌ها زیاد است بنابراین کار زیادی برای واحد تعمیرات وجود دارد اما در سال‌های آخر این مقدار کاهش یافته و به مقدار متوسط ۰/۰۰۸ رسیده است. بنابراین می‌توان گفت که در سال‌هایی که خرابی تجهیزات زیاد بوده کار بیشتری برای انجام در واحد تعمیرات این کارخانه وجود داشته بنابراین کارایی نیروی انسانی در این سال‌ها افزایش خواهد داشت زیرا درصد بیشتری از وقت تعمیرکار صرف انجام کار خواهد شد. با مقایسه شکل ۳ و روند کارایی نیروی انسانی واحد تعمیرات در شکل ۴ این مهم به اثبات می‌رسد و کارایی در سال ۸۷ با بیشترین مقدار خرابی برابر یک می‌شود. به تدریج با کاهش خرابی در تجهیزات کارخانه، کارایی نیروی انسانی واحد تعمیرات کاهش یافته و به مقدار متوسط ۰/۳۸ رسیده است. افزایش کارایی نیروی انسانی

کارکرد دستگاه است. بعد از اینکه آماره  $\bar{L}$  بوسیله آزمون کای اسکوتر مورد آزمون قرار گرفت. در مواردی که مقدار آماره  $\bar{L}$  از مقدار به دست آمده از جدول کای اسکوتر در سطح ۵٪ با درجه آزادی  $(n-1)$  بیشتر بود داده‌ها همگن بودند. سپس برای مشخص شدن اینکه داده‌های همگن دارای توزیع مستقل و مشخصی هستند از آزمون همبستگی استفاده شد. داده‌هایی که همبستگی ندارند دارای توزیع مستقل و مشخص بودند. برای تعیین بهترین تابع منطبق بر داده‌های خرابی کارخانه از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف در نرم‌افزار ویبول ++ استفاده شد. سپس قابلیت اطمینان تجهیزات کارخانه با انتگرال‌گیری از تابع توزیع خرابی‌ها به دست آمد (Najafi et al., 2015). جهت یافتن رابطه بین بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات و قابلیت اطمینان کارخانه از ضریب همبستگی استفاده شد.

### نتایج و بحث

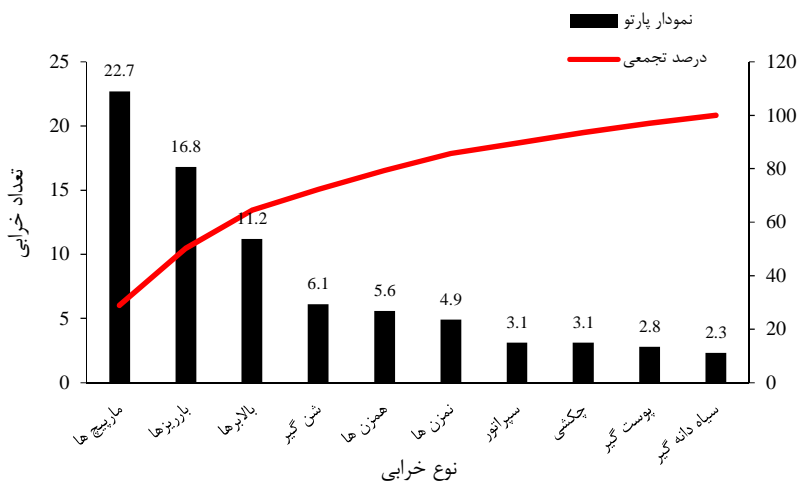
#### واحد بوجاری

نمودار پارتو مربوط به واحد بوجاری کارخانه تولیدی آرد در شکل ۱ آمده است. از کل خرابی‌های کارخانه تولیدی آرد، ۴۴/۵۹ درصد مربوط به واحد آسیاب و ۵۵/۴۱ درصد مربوط به واحد بوجاری بود. همانطور که ملاحظه می‌گردد بیشترین خرابی‌های بوجاری مربوط به قسمت‌های ماریچ، بارریز و بالابر به ترتیب با ۲۲/۷، ۱۶/۸ و ۱۱/۲ درصد از کل خرابی‌ها بوده و کمترین آنها مربوط به چکشی، پوست‌گیر و سیاه‌دانه‌گیر بوده است. تعمیرات مربوط به ماریچ شامل تعویض یاتاقان‌های خراب و گریس کاری، تعویض کامل ماریچ و یاتاقان‌های آن، تعویض گریس خورها و بلبرینگ‌ها است. یاتاقان ماریچ در اثر نفوذ آب، آرد و گندم به درون آن، نرسیدن گریس به یاتاقان و تراز نبودن پره‌های ماریچ دچار خرابی و سایش می‌گردد. تعویض کامل ماریچ زمانی لازم است که پره‌های ماریچ در اثر سایش گندم دچار خوردگی می‌شوند. در بخش بارریزها تعویض بارریز و بلبرینگ، تعویض شیشه دید، روغنکاری و سرویس کاری و تعویض گرائیل موتور و در بخش بالابرها تعویض کامل تسمه، قاشق‌های خراب و بلبرینگ‌های آن، کوتاه کردن تسمه بالابر و رگلاژ آن و همچنین گریس کاری جز مهم‌ترین تعمیرات بودند. قاشق‌های بالابر

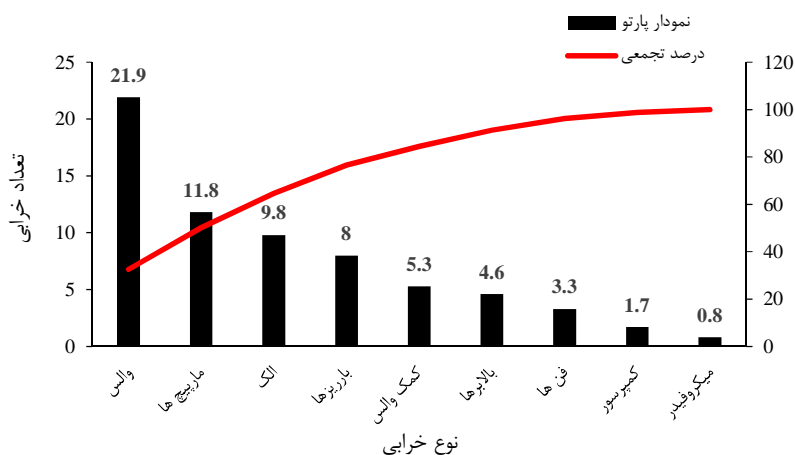
بازبینی‌های مجدد نخواهد بود. علاوه بر این، با افزایش مهارت و تخصص کاری زمان کمتری را به تعمیر هر بخش اختصاص خواهند داد. در نتیجه زمان بیشتری از شیفت کاری خود را بدون فعالیت کاری سپری می‌کنند.

شکل ۵ روند تغییرات اثربخشی نیروی انسانی واحد تعمیرات را در طول سال‌های مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است با وجود نوسانات در این روند، رفته رفته و به تدریج با افزایش مهارت کاری در این افراد اثربخشی این واحد افزایش یافته و به مقدار ۰/۲ در سال ۱۳۹۵ رسیده است. کمترین مقدار اثربخشی تعمیرکاران مربوط به سال ۱۳۸۷ و با مقدار ۰/۰۴ بوده است.

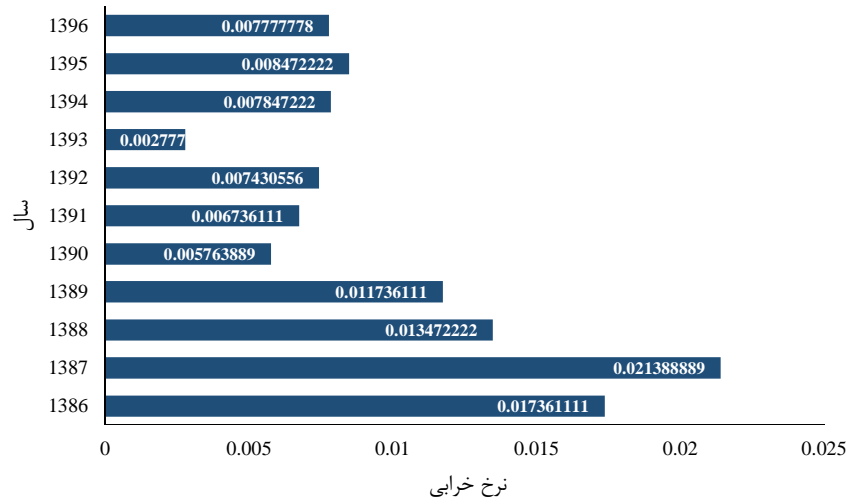
در واحد تعمیرات نمایانگر خرابی بالای سیستم و یا پایین بودن کیفیت خدمات ارائه شده توسط تعمیرکاران این واحد می‌باشد. چهار علت تلفات زمانی نیروی انسانی واحد تعمیرات در حین کار شامل تمیزکاری و چک کردن، انتظار برای قطعه مورد نظر، انتظار برای دستورالعمل‌ها و انتظار برای تأیید کیفی است (Seid Hosseini, 2005). در این مطالعه پس از مصاحبه با کارشناسان کارخانه مشخص شد که علت کاهش به‌کارگیری نیروی انسانی، افزایش مهارت کاری این افراد در طی سال‌های مختلف می‌باشد. با افزایش مهارت کاری تعمیرکاران، خرابی هر یک از تجهیزات با یک‌بار تعمیر رفع شده و نیاز به تعمیر و



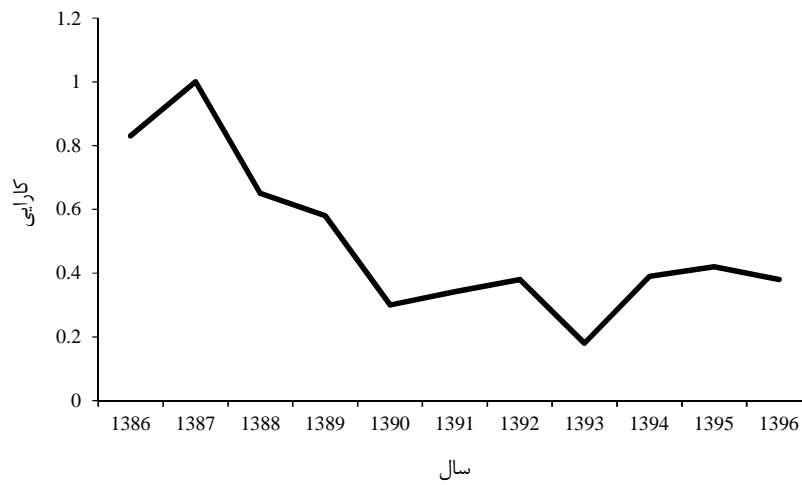
شکل ۱- پارتو مربوط به قسمت‌های مختلف بوجاری



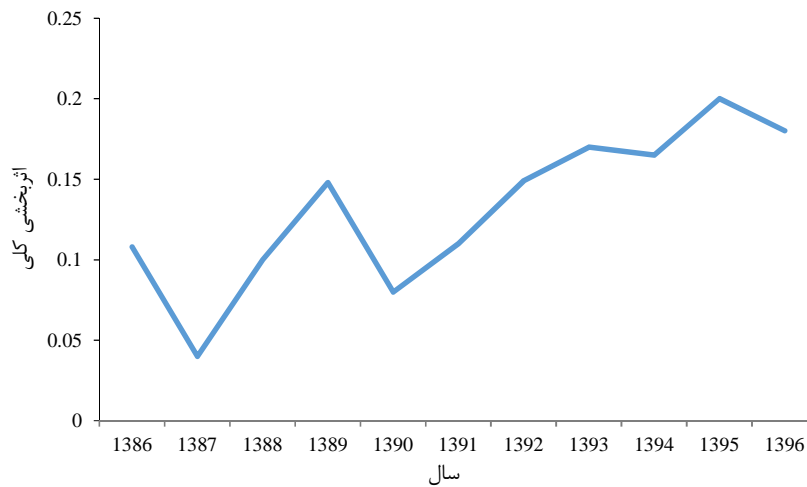
شکل ۲- پارتو مربوط به قسمت‌های مختلف آسیاب



شکل ۳- نرخ خرابی کارخانه تولیدی آرد در سال‌های مختلف



شکل ۴- تغییرات کارایی نیروی کار نت در طول سال‌های مختلف



شکل ۵- تغییرات اثربخشی کلی نیروی کار نت در طول سال‌های مختلف

دانست که درصد بیشتری از کل خرابی‌ها را نیز به خود اختصاص داد. شکل ۶ تغییرات قابلیت اطمینان واحد بوجاری، آسیاب و کل کارخانه را در سال‌های مختلف نشان می‌دهد. جهت تغییرات قابلیت اطمینان در سیستم‌های مختلف و بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات روندی تقریباً مشابه را دارد.

ارتباط بین بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات و قابلیت اطمینان سیستم در جدول ۳ آمده است. براساس یافته‌های جدول ۳، ضریب همبستگی بین بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات با قابلیت اطمینان کارخانه و واحد بوجاری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بوده است. این ارتباط نشان می‌دهد که نحوه عملکرد نیروی انسانی، سطح مهارت و کیفیت کار آنها بر روی قابلیت اطمینان سیستم مؤثر است. گرچه بین بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات با قابلیت اطمینان واحد آسیاب ارتباط معنی‌داری وجود نداشت. اما مثبت بودن این ضریب نشان داد که ارتباط مستقیمی بین بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات و قابلیت اطمینان وجود دارد. افزایش بهره‌وری نیروی انسانی در واحد تعمیرات به معنای افزایش هر یک از شاخص‌های کارایی، نرخ بهره‌برداری، نرخ عملکرد و نرخ کیفیت خدمات نیروی کاری است که با افزایش هر یک از آنها، کار در زمان کمتر و با کیفیت بیشتر انجام می‌شود. افزایش مهارت افراد موجب تشخیص درست و بهنگام عیب و خرابی دستگاه و تعمیر آن در حداقل زمان می‌شود که این خود موجبات افزایش قابلیت اطمینان سیستم را فراهم می‌کند (Seid Hosseini, 2005). زیرا رکن اصلی در تعمیرات هر دستگاه عیب‌یابی و تشخیص درست است.

در مطالعه حاضر با وجود بررسی کمی کارایی، اثربخشی و بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات کارخانه تولیدی آرد با توجه به قابلیت اطمینان سیستم، می‌توان مطالعه‌ای کیفی و متفاوت، از نوع توصیفی تحلیلی را جهت ارائه مدلی جامع با در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر بر بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات در پژوهش‌های آتی تعریف کرد...

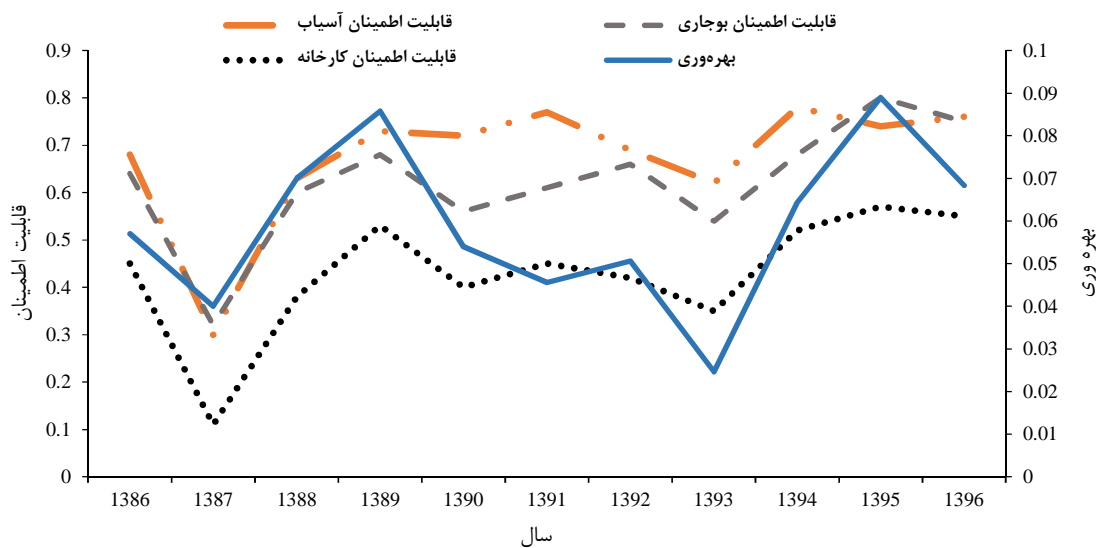
برای تعیین همگنی داده‌ها، پس از محاسبه مقدار آماره  $\chi^2$ ، این مقدار با مقدار  $\chi^2$  از جدول آزمون کای اسکوئر مقایسه شد. با توجه به اینکه مقادیر به‌دست آمده برای آماره محاسبه شده  $\chi^2$  در دو واحد بوجاری و آسیاب و کل کارخانه تولیدی آرد از مقدار جدول در سطح احتمال ۵٪ بیشتر بود (جدول ۱). بنابراین این داده‌ها همگن بودند. علاوه بر این، عدم معنی‌داری آزمون همبستگی داده‌ها نشان‌دهنده وجود توزیع مشخص و شناخته‌شده‌ای در داده‌های فواصل زمانی بین خرابی‌ها در دو واحد آسیاب و بوجاری و کل کارخانه تولیدی آرد بود. بنابراین آزمون کلموگروف اسمیرنوف برای تعیین بهترین تابع توزیع خرابی مربوط به هر واحد انجام شد. نتایج حاصل از این آزمون که مشخص‌کننده بهترین تابع توزیع و پس از آن پارامترهای هر تابع می‌باشد در جدول ۲ آمده است. با توجه به آزمون‌های انجام شده، بهترین تابع برای کلیه داده‌ها در هر دو واحد بوجاری و آسیاب تابع ویبول دوپارامتری بود. مقادیر پارامتر شکل در کلیه سال‌ها برای هر دو واحد بزرگتر از یک بود که این امر نشان می‌دهد که تجهیزات هر دو واحد در حال دور شدن از مرحله عمر اقتصادی خود هستند.  $\beta > 1$  نشان‌دهنده آن است که میزان شکست، یک تابع افزایشی نسبت به زمان است و می‌تواند به‌صورت فاز فرسودگی مشخص گردد (Seid Hosseini, 2005). مقادیر به‌دست آمده برای قابلیت اطمینان واحدهای بوجاری، آسیاب و کل کارخانه مؤکد این امر است. کمترین مقدار قابلیت اطمینان برای واحد بوجاری برابر با ۰/۳۲ مربوط به سال ۱۳۸۷ و بیشترین مقدار آن برابر با ۰/۸ و مربوط به سال ۱۳۹۵ بود. در واحد آسیاب کمترین و بیشترین مقادیر قابلیت اطمینان به‌ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۴ و با مقدار ۰/۳ و ۰/۷۸ بود. در کل کارخانه آرد کمترین مقدار قابلیت اطمینان در سال ۱۳۸۷ و بیشترین مقدار مربوط به سال ۱۳۹۵ بود. میانگین مقادیر ۱۰ ساله قابلیت اطمینان برای واحدهای بوجاری، آسیاب و کل کارخانه آرد به‌ترتیب برابر با ۰/۶۳، ۰/۶۸ و ۰/۴۴ بود. دلیل پایین بودن مقدار قابلیت اطمینان سیستم را می‌توان خرابی‌های مکرر واحد بوجاری

جدول ۱- نتایج آزمون‌های تمایل و همبستگی برای داده‌های زمان‌های بین خرابی کارخانه تولیدی آرد

زیرسیستم	درجه آزادی	آماره محاسبه شده $\chi^2$	مقدار $\chi^2$ جدول	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری
آسیاب	۴۰	۶۲/۱۶	۲۶/۵۰۹	۰/۰۸۱	۰/۰۶
بوجاری	۴۰	۵۶/۱۸	۲۶/۵۰۹	۰/۰۲۳	۰/۱
کارخانه	۴۰	۴۳/۱۴	۲۶/۵۰۹	۰/۰۷۶	۰/۳۲

جدول ۲- پارامترهای بهترین توزیع برای داده‌های زمان‌های بین خرابی کارخانه آرد

سال	بوجاری	آسیاب
۱۳۸۶	$\alpha = 177.56$ $\beta = 1.039$	$\alpha = 590.1$ $\beta = 1.08$
۱۳۸۷	$\alpha = 200.24$ $\beta = 1.25$	$\alpha = 177.56$ $\beta = 1.26$
۱۳۸۸	$\alpha = 202.65$ $\beta = 1.27$	$\alpha = 429.19$ $\beta = 1.34$
۱۳۸۹	$\alpha = 198.42$ $\beta = 1.27$	$\alpha = 177.56$ $\beta = 1.06$
۱۳۹۰	$\alpha = 744.59$ $\beta = 1.104$	$\alpha = 665.2$ $\beta = 1.34$
۱۳۹۱	$\alpha = 224.34$ $\beta = 1.29$	$\alpha = 583.17$ $\beta = 1.3$
۱۳۹۲	$\alpha = 175.32$ $\beta = 1.21$	$\alpha = 307.12$ $\beta = 0.91$
۱۳۹۳	$\alpha = 485.32$ $\beta = 1.06$	$\alpha = 978.2$ $\beta = 1.67$
۱۳۹۴	$\alpha = 470.36$ $\beta = 1.18$	$\alpha = 483.4$ $\beta = 1.16$
۱۳۹۵	$\alpha = 3510.5$ $\beta = 0.729$	$\alpha = 1278.9$ $\beta = 0.73$
۱۳۹۶	$\alpha = 459.31$ $\beta = 0.71$	$\alpha = 408.02$ $\beta = 0.92$



شکل ۶- تغییرات قابلیت اطمینان واحد بوجاری، آسیاب و کل کارخانه در سال‌های مختلف



جدول ۳- بررسی ارتباط بین بهره‌وری نیروی انسانی واحد تعمیرات و قابلیت اطمینان سیستم

متغیر	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری
قابلیت اطمینان بوجاری	۰/۶۶۹	۰/۰۲۴
قابلیت اطمینان آسیاب	۰/۳۹۶	۰/۲۲۷
قابلیت اطمینان کارخانه	۰/۶۲۲	۰/۰۴۱

### نتیجه‌گیری

نظر به اینکه واحد تعمیرات همیشه با درخواست‌های اضطراری روبرو است، نمی‌تواند در یک زمان خاص پاسخگوی همه نیازها باشد. راه‌های احتمالی در این وضعیت استفاده از اضافه‌کاری می‌باشد اما با بهبود فاکتورهای OCE می‌توان این مشکل را حل کرد. زیرا با کاهش دوباره‌کاری و ضایعات در سیستم نگهداری و تعمیرات زمینه برای کاهش توقف‌های ناگهانی دستگاه و بهبود قابلیت اطمینان سیستم ایجاد می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که به تدریج با کاهش خرابی در تجهیزات کارخانه، کارایی نیروی انسانی واحد تعمیرات کاهش یافته و به مقدار متوسط ۰/۳۸ رسیده است. با افزایش مهارت کاری تعمیرکاران، خرابی هر یک از تجهیزات با یکبار تعمیر رفع شده و نیاز به تعمیر و بازبینی‌های مجدد نخواهد بود و به تدریج با افزایش مهارت کاری در این افراد اثربخشی این واحد افزایش یافته و به مقدار ۰/۲ در سال ۱۳۹۵ رسیده است. کمترین مقدار اثربخشی تعمیرکاران مربوط به سال ۱۳۹۰ و با مقدار ۰/۰۸ بوده است. بنابراین می‌توان گفت که کارایی نیروی انسانی واحد تعمیرات با نرخ خرابی در تجهیزات کارخانه ارتباط مستقیم و اثربخشی نیروی انسانی با قابلیت اطمینان تجهیزات کارخانه نیز ارتباط مستقیمی را نشان داد.

### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از بنیاد ملی نخبگان به‌خاطر حمایت مالی انجام این مطالعه در قالب هسته پژوهشی تحلیل سامانه‌های کشاورزی و زیستی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان قدردانی می‌گردد.

### منابع

- knowledge workers' productivity (Case study: national Iranian Oil Company). Human Resource Management in Oil Industry, 5(19): 131-160. (In Farsi).
- Dazi, H. Dehdashti, A. R. Hamidi Begejan, P. and Banaei, Z. 2015. Evaluation of simultaneous exposure to flour dust and airborne fungal spores in milling plant. Qom University Medical Sciences Journal, 9(11): 76-82. (In Farsi).
- Hosseini, S. Afzalnia, S. Mollaei, K. 2014. Energy indices in irrigated wheat production under conservation and conventional tillage and planting methods. Journal of Agricultural Machinery, 6(1), 236-249. (In Farsi).
- Jafari, F. 2010. Investigating the Relationship between Effected Factors on manpower Productivity of Gachsaran oil and gas Production Company by OCE approach. Faculty of Human Sciences. Payame noor University, Shiraz, Iran. (In Farsi).
- Liyanage, J. P. and Kumar, U. 2003. Towards a value-based view on operations and maintenance performance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 9: 333-350.
- Mohammadi zadeh, M. H. Sadeghieh, A. and Mostafaepur, A. 2014. Modeling the manpower productivity in the oil industry with the system dynamics approach. 2<sup>th</sup> industrial engineering and systems conference. Islamic Azad University, Najafabad Branch. 25-26 February 2014. (In Farsi).
- Najafi, P. Asoodar, M. A. Marzban, A. and Hormozi, M. A. 2015. Reliability evaluation and analysis of sugarcane 7000 series harvesters in sugarcane harvesting. Journal of Agricultural Machinery, 5(2): 446-455. (In Farsi).
- Nasrollahniya, M. Madahi, M. E. and Rahmani zadeh, F. 2014. Performance Evaluation of productivity growth and some member countries of the Asian Productivity. Financial knowledge of securities analysis, 7(23): 109-123. (In Farsi).
- Parida, A. and Kumar, U. 2009. Maintenance productivity and performance measurement. In Handbook of maintenance
- Abili, K. Hayat, A. and Yozbashi, A. 2014. An investigation into factors influencing

- management and engineering. PP 17-41. Springer, London.
10. Seid hosseini, S. M. 2005. Fundamental of a systematic maintenance planning for industrial and service sectors (and an introduction to TPM). Industrial management institute press. Iran. 642 p. (In Farsi)
  11. Shaikhi, M. A. 2003. A short survey of processing and organizing problems found in wheat, flour - bread system, with emphasis on storage Pajouhesh & Sazandegi, 60: 30-47. (In Farsi).
  12. Shirmohammadi, A. 2002. Repair and maintenance planning. Arkane Danesh. Iran. 315 p. (In Farsi)
  13. Teimouri, M. and Musavi, S. R. 2018. Analyze the factors affecting labor productivity in producing grapes (case study: grape growers Doshman Zeyari region of Mamasani township, Fars province, Iran). Agricultural Extension and Education Research, 10(3): 1-10. (In Farsi).