



Research in Production and Operations Management

University of Isfahan E-ISSN: 2981-0329

Vol. 17, Issue 1, No. 44, 2026



DOI: [10.22108/pom.2026.143121.1587](https://doi.org/10.22108/pom.2026.143121.1587)

(Research paper)

## Investigating the Impact of Wages on Human Productivity through Data Mining Techniques The Case of Yazd Province Electricity Distribution Company

**Mahdi Nakhaeinejad \***

Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Yazd University, Yazd, Iran,  
[m.nakhaeinejad@yazd.ac.ir](mailto:m.nakhaeinejad@yazd.ac.ir)

**Parisa Zare**

Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Yazd University, Yazd, Iran,  
[workemailpz@gmail.com](mailto:workemailpz@gmail.com)

**Purpose:** This study aims to examine the relationship between wages and human labor productivity using data mining techniques. Specifically, it seeks to identify the key activities that influence wage levels and, consequently, employee productivity within electricity meter installation and testing teams. The motivation is rooted in the critical role of fair compensation as an organizational driver for improved efficiency and economic development, particularly in operational settings with diverse job tasks and non-linear performance factors.

**Design/methodology/approach:** The research employs a quantitative, data-driven methodology based on 15 months of operational and wage data collected from 45 installation technicians at the Yazd Province Electricity Distribution Company. Feature selection was performed using statistical filter algorithms, followed by predictive modeling with the C5.0 Decision Tree and Artificial Neural Network (ANN) algorithms. Comparative analysis of model accuracy and precision validated the robustness of the results. The study follows standard data mining procedures: data preprocessing, model building, evaluation, and interpretation.

**Findings:** The analysis revealed a significant positive relationship between wages and productivity. Key determinants of higher wages and productivity included technical inspection, debt and claims collection, switch replacement, and three-phase meter installation. Among 24 measured activity variables, the C5.0

\* Corresponding author, [0000-0002-2108-0287](https://doi.org/10.22108/pom.2026.143121.1587)

2981-0329 / © University of Isfahan

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



model achieved 94.12% accuracy and 81.8% precision, while the ANN model performed slightly better with 97.05% accuracy and 90.9% precision. These findings confirm the predictive strength of neural networks while underscoring the interpretability advantage of decision tree rules. Activities identified as productivity-critical can inform performance-dependent wage structures and outsourcing strategies.

**Research limitations/implications:** This study is subject to several limitations. It excluded personal factors such as work experience, gender, marital status, and number of children, as well as broader economic variables (e.g., inflation) and psychological dimensions like job satisfaction or organizational commitment. These elements could influence the wage–productivity relationship and warrant inclusion in future research. Methodologically, the study employed a filter-based feature selection approach; subsequent studies should explore alternative preprocessing techniques such as wrapper methods to improve classification accuracy. Although the C5.0 decision tree algorithm was used due to its suitability for the dataset, future research may compare its performance with other algorithms such as CHAID, CART, or hybrid combinations (Bayesian networks with decision trees) by evaluating model metrics like accuracy, AUC, and F-score. Furthermore, other data-mining techniques, especially support vector machines (SVM), could be applied to test the consistency and robustness of findings. Given the one-year data span, longitudinal or multi-year studies are recommended to assess productivity dynamics over time. Expansion to other sectors, such as the water and electricity industries, or comparisons across different provinces and organizational scales would enhance generalizability and practical understanding. Finally, future work may analyze productivity determinants with respect to varying levels of human-capital intensity across industrial contexts.

**Practical implications:** The findings offer actionable insights for human resource managers and industrial operations leaders. By linking employee compensation directly to measured productivity indicators, organizations can implement performance-based wage systems and identify high-impact tasks for potential outsourcing. Improved decision support for labor planning may reduce inefficiencies and enhance electricity service delivery.

**Social implications:** Establishing fair, data-driven wage frameworks contributes to employee motivation, equity, and organizational justice. Enhanced workforce productivity fosters sustainable economic performance, promotes job satisfaction, and strengthens social welfare by ensuring optimal use of human capital within public utility services.

**Originality/value:** This paper is the first to apply the C5.0 decision tree algorithm alongside neural network comparison to analyze wage–productivity relationships in the electricity distribution sector. It introduces methodological diversity and clearly shows how specific technical activities affect compensation. The study contributes to productivity analysis scholarship and managerial practices in labor economics and industrial operations, and examines the feasibility of outsourcing critical activities for managerial decision-making and cost control.

**Keywords:** Wages, Productivity, Data Mining, Artificial Neural Network, Labor



پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۷، شماره ۱، پیاپی ۴۴، ۱۴۰۵

دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۱ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۶ ص ۵۱-۶۸



DOI: [10.22108/pom.2026.143121.1587](https://doi.org/10.22108/pom.2026.143121.1587)

(مقاله پژوهشی)

## بررسی تأثیر دستمزد بر بهره‌وری نیروی انسانی از طریق تکنیک‌های داده‌کاوی (مطالعه موردی: شرکت توزیع برق استان یزد)

مهدی نخعی نژاد<sup>۱\*</sup>؛ پریسا زارع<sup>۲</sup>

۱- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، [m.nakhacinejad@yazd.ac.ir](mailto:m.nakhacinejad@yazd.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، [workemailpz@gmail.com](mailto:workemailpz@gmail.com)

**چکیده:** منبع اصلی توسعه اقتصادی، بهبود بهره‌وری است. از گذشته تاکنون، سازمان‌ها و مؤسسات به ارتباط بخشی میان دستمزد و عملکرد نیروی کار توجه کرده‌اند و این مسائل ازجمله عوامل مؤثر در ارزیابی نیروی کار بهره‌وری به شمار می‌رفته است. عوامل متعددی بر بهره‌وری نیروی کار مؤثرند؛ ازجمله این عوامل، به تأثیر دستمزد بر بهره‌وری نیز اشاره می‌شود. تحقیقات پیشین حاکی از تأثیر مستقیم و مثبت دستمزد بر بهره‌وری است. تاکنون پژوهش‌های متعددی در زمینه رابطه دستمزد و بهره‌وری نیروی کار انجام و مدل‌های متعددی از رابطه دو متغیر مذکور ارائه شده است. در پژوهش حاضر، در ابتدا پیشینه نظری و عملی رابطه دستمزد و بهره‌وری مرور و با استفاده از متدولوژی‌های استاندارد داده‌کاوی، شامل انتخاب ویژگی به کمک الگوریتم فیلتر داده‌ها و الگوریتم درخت تصمیم C5.0 و همچنین مقایسه نتایج این الگوریتم درخت تصمیم با شبکه عصبی مصنوعی، ویژگی‌های مؤثر در دستمزد نیروی نصب و تست کنتور به کمک بهره‌وری شناسایی و بررسی شده است. با توجه به نتایج استخراج‌شده از پژوهش، فعالیت‌های بازدید فنی، وصول مطالبات، تعویض کلید و کنتور سه فاز، اهمیت زیادی در دستمزد نیروی کار و در نتیجه بهره‌وری نیروی نصب و تست کنتور دارد.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری، درخت تصمیم، دستمزد، شبکه عصبی مصنوعی، داده‌کاوی



## ۱- مقدمه

در دنیای امروزی، رقابت براساس بهره‌وری، فلسفه‌ای مبتنی بر استراتژی بهبود عملیات و هدف مشترک تمام افراد سازمان برای حرکت رو به جلو سازمان است (Hassannejad et al., 2023). امروزه توجه به بهره‌وری نیروی کار، اهمیت بسیاری دارد. متداول‌ترین مفهوم بهره‌وری، بهره‌وری عامل کار است و هنگامی که از بهره‌وری بدون شرح اضافه سخن گفته می‌شود، هدف اشاره به بهره‌وری نیروی انسانی است (اجتماعی). در سنجش بهره‌وری عامل کار، حجم فیزیکی محصول تولیدشده یا ارزش پولی آن به‌ازای هر واحد نیروی کار صرف‌شده تعیین می‌شود. زمانی که خروجی حاصل چندین کار باشد، صورت کسر به صورت حجم فیزیکی کل محصول به زمان صرف‌شده گروه برای کل فعالیت‌ها در بازه زمانی مدنظر بیان می‌شود. در سده اخیر، پژوهشگران عواملی مانند عوامل سازمانی، فردی، انگیزشی، محیط کار و عوامل اقتصادی را بررسی کرده‌اند که بر میزان بهره‌وری نیروی انسانی تأثیر دارد؛ ازجمله این عوامل، به بررسی تأثیر سیستم پرداخت و دستمزد بر بهره‌وری نیروی انسانی اشاره می‌شود که بسیار کانون توجه محققان بوده است (Ozturk et al., 2020). همان‌گونه که در پژوهش‌ها ذکر شده است، ارتباط مستقیم و مثبتی بین دستمزد و بهره‌وری فرد در بسیاری از مقالات مشاهده می‌شود (Kumar et al., 2012). در مقابل، تعدادی از نتایج پژوهش‌ها حاکی از نبود رابطه بین دستمزد و بهره‌وری است (Das et al., 2017). تفاوت در کشور و سطح شغلی، دلیل تفاوت در نتایج است؛ بنابراین با توجه به میزان اهمیت بهره‌وری نیروی انسانی و وجود رویکردهای متفاوت درباره رابطه با دستمزد، هدف پژوهش حاضر، بررسی رابطه بین دستمزد و بهره‌وری نیروهای نصب و تست لوازم اندازه‌گیری براساس تکنیک‌های اقتصادسنجی و میانگین‌گیری و بررسی میزان همبستگی آنها در شرکت توزیع برق استان یزد، از ماه فروردین ۱۴۰۲ الی خرداد ۱۴۰۳ است. درنهایت، فعالیت‌های مؤثر در بهره‌وری، که بر دستمزد نیروی انسانی تأثیر بسزایی دارد، به کمک تکنیک‌های داده‌کاوی یافت و بررسی می‌شود. در همین راستا، مطالعه حاضر از شش بخش تشکیل شده است. در ابتدا مقدمه و پیشینه پژوهش در ایران و خارج از کشور ارائه و در ادامه در بخش روش تحقیق، روش کلی پژوهش بررسی می‌شود. بخش سوم با عنوان مطالعه کاربردی شرکت توزیع برق و گروه هدف، تجزیه تحلیل می‌شود؛ سپس در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش بیان می‌شود که حاصل پیاده‌سازی روش تحقیق بر داده‌هاست. در ادامه، نتایج حاصل از یافته در بخش پنجم و ششم با عنوان بحث و نتیجه‌گیری تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد و درنهایت پس از جمع‌بندی و ارائه نتایج کلی حاصل از پژوهش و محدودیت‌های موجود در پژوهش حاضر، تحقیقات آتی بیان می‌شود.

## ۲- مرور پیشینه

یکی از منابع درخور توجه، منابع انسانی است و توجه به بهره‌وری نیروی انسانی، اهمیت بسیاری دارد. بهره‌وری به معنای میزان اثربخشی و کارایی نیروی کار در انجام وظایف سازمانی و استفاده بهینه از مهارت‌ها و توانایی‌ها برای دستیابی به نتایج بهتر است (Shakour shahabi et al., 2009). در همین راستا، پژوهش‌هایی با هدف بررسی رابطه بین دستمزد و بهره‌وری انجام شده است. گودرزی و عطایی<sup>۱</sup> (۲۰۱۰)، رابطه دستمزد و بهره‌وری نیروی انسانی را در دانشگاه بررسی کرده‌اند. نتایج پژوهش، رابطه مستقیم و مثبت بین دستمزد و بهره‌وری نیروی کار را نشان می‌دهد. در پژوهشی دیگر، مؤتمنی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) رابطه دستمزد و بهره‌وری صنایع کارخانه‌ای

ایران را بررسی کرده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در صنایع دارای سرمایه انسانی بالا، افزایش دستمزد به بهبود بهره‌وری منجر می‌شود؛ اما در صنایعی که سرمایه انسانی پایینی دارند، رابطه‌ای بین دستمزد و بهره‌وری مشاهده نشده است. شکور شهابی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۹)، تأثیرات مؤلفه‌های کیفی را بر شاخص‌های دستمزد و بهره‌وری نیروی کار معادن کشور بررسی کرده‌اند. براساس یافته‌های تحقیق، تأثیر مثبت مؤلفه‌های سطح حقوق و مزایا و سطح دانش نیروی کار بر ارتقای بهره‌وری در معادن کشور مشهود است و در نتیجه ارتقای سطح مهارت نیروی کار، بدون در نظر گرفتن عوامل انگیزشی دیگر، از قبیل افزایش حقوق و دستمزد، تأثیر مثبتی بر ارتقای بهره‌وری نیروی کار ندارد. حسن‌نژاد و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۲۳)، تأثیر دستمزد و تورم را بر بهره‌وری نیروی کار در کشورهای منتخب در حال توسعه، با استفاده از تکنیک اقتصادسنجی مارکوف سوئیچینگ در ۱۵ کشور منتخب در حال توسعه، طی بازه زمانی ۲۰۰۶ الی ۲۰۱۷ بررسی کردند. نتایج حاکی از تأثیر منفی تورم و تأثیر مثبت دستمزد بر بهره‌وری نیروی کار، در هر دو رژیم (رونق و رکود) است. ازوجی و امینی<sup>۵</sup> (۲۰۰۹) نیز، رابطه دستمزد و بهره‌وری نیروی کار را در صنایع ایران و به کمک مدل ARDL تحلیل و بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد دستمزد و میزان سابقه کاری افراد بر بهره‌وری تأثیر مثبت دارد. کازرونی و سجودی<sup>۶</sup> (۲۰۰۷)، نقش بهره‌وری را در تعیین سطح دستمزد نیروی کار در بخش صنعت ایران، با استفاده از مدل چانه‌زنی دستمزد و به کمک داده‌های تلفیقی بررسی کرده‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش، حاکی از تأثیر مثبت بهره‌وری و دستمزد و همچنین جایگزین بر دستمزد است. نونژاد و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۲۱)، رشد بهره‌وری نیروی کار را در ایران با استفاده از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک دو هدفه، به صورت جامع تحلیل کردند. براساس نتایج حاصل، با استفاده از منطق انتخاب ویژگی در داده‌کاوی، از میان بیست متغیر، دوازده متغیر حذف شدند. طبق نتایج شاخص گارسن، در میان آنها سرمایه انسانی، دستمزد نیروی کار و کنترل فساد، بیشترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری نیروی کار داشته و متغیرهای حاکمیت قانون، تحقیق و توسعه و انباشت سرمایه فیزیکی کمترین تأثیر را بر رشد بهره‌وری نیروی کار گذاشته‌اند. در پژوهشی دیگر، فیض‌پور و شمس اسفندآبادی<sup>۸</sup> (2019)، رابطه دستمزد و بهره‌وری را در صنایع تولیدی ایران، با راهبرد رونق تولید و با استفاده از داده‌های تلفیقی و روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته عملی بررسی کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که دستمزد به صورت مثبت و معنی‌داری از بهره‌وری نیروی کار تأثیر می‌پذیرد و بر آن تأثیر می‌گذارد. مولایی و شهاب<sup>۹</sup> (۲۰۱۷)، عوامل مؤثر بر بهره‌وری را در صنایع بزرگ و کوچک و با استفاده از روش رگرسیون پانل دیتا، بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تأثیر دستمزد بر بهره‌وری نیروی کار مثبت و تأثیر آن در صنایع کوچک بیشتر از صنایع بزرگ است.

علاوه بر پژوهش‌های داخل کشور، تحقیق و مدل‌سازی‌های متعددی درباره تأثیر دستمزد بر بهره‌وری نیروی کار انجام شده است؛ به گونه‌ای که بسیاری از این پژوهش‌ها، مبنای ادامه پژوهش‌های داخلی شده است. ییلدریم<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۵)، رابطه دستمزد و بهره‌وری را در صنایع تولیدی کشور ترکیه و با استفاده از آزمون علیت گرنجر و هم‌جمعی بررسی کرد. نتایج پژوهش‌ها حاکی از نبود رابطه معنادار بین دستمزد و بهره‌وری است. در پژوهشی دیگر ژوه و ونگ<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۰)، رابطه دستمزد، بهره‌وری و بیکاری را با استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی هم‌انباشتگی چندمتغیره و تصحیح خطا در کشور مالزی بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر بلندمدت بهره‌وری نیروی کار در تعیین دستمزد واقعی است. دیتراسکی<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۶) رابطه دستمزد و بهره‌وری نیروی کار را با استفاده از روش ARDL

در کشورهای بلغارستان و رومانی بررسی کرد. اوزتورک و همکاران<sup>۱۳</sup> (۲۰۲۰) نیز، میزان تأثیر دستمزد بر بهره‌وری نیروی کار را در صنعت ساخت و ساز نیوزلند بررسی کردند. آنها با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی جوهانسون، برای بررسی رابطه بلند بین دستمزد و بهره‌وری پژوهش کردند. نتایج حاکی از تأثیر مستقیم و مثبت دستمزد بر بهره‌وری نیروی کار است. داس و همکاران<sup>۱۴</sup> (۲۰۱۷) رابطه اشتغال، دستمزد و بهره‌وری را در کشور هند بررسی کردند. آنها به کمک بررسی روند داده‌ها و میزان همبستگی آنها در سری زمانی، به نبود رابطه بین دستمزد و بهره‌وری رسیدند. ویکفورد<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۴)، رابطه بهره‌وری و دستمزد را در آفریقای جنوبی، با استفاده از تکنیک‌های اقتصادسنجی زمانی بررسی کرد. نتایج حاکی از ارتباط بین بهره‌وری و دستمزد در رابطه تعادلی بلندمدت است. کومار و همکاران<sup>۱۶</sup> (۲۰۱۲) در پژوهشی، رابطه دستمزد و بهره‌وری نیروی انسانی را با استفاده از روش آزمون علیت گرنجر، هم‌انباشتگی و آزمون تغییر ساختاری تحلیل کردند. آنها نتیجه گرفتند که افزایش در دستمزد، باعث افزایش در بهره‌وری می‌شود. محمدزاده و همکاران<sup>۱۷</sup> (۲۰۲۰)، میزان بهره‌وری مدل فرآیند خدمات مددکاری و توانمندسازی را با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی بررسی کردند. بر این اساس، دقت مدل پیش‌بینی به روش‌های رافست ۰/۸۶، درخت تصمیم ۰/۸، تئوری بیز ۰/۷ و شبکه‌های عصبی مصنوعی ۰/۸۵ از پژوهش استخراج شد.

بسیاری پژوهشگران در حوزه مقایسه الگوریتم‌های درخت تصمیم تحقیق کرده‌اند. لستاری و همکاران<sup>۱۸</sup> (۲۰۲۴)، تفاوت عملکرد الگوریتم‌های درخت تصمیم C5.0 و CART را در طبقه‌بندی سگته مغزی ارزیابی کرده‌اند. بر این اساس، دقت الگوریتم CART نسبت به الگوریتم C5.0 بالاتر است، اما ارزش فراخوانی کمتری دارد. به‌طور میانگین از مقایسه نتایج حاصل از دو الگوریتم، تفاوت خاصی بین این دو روش مشاهده نشد. ژارماگاموتوگ و همکاران<sup>۱۹</sup> (۲۰۱۹)، الگوریتم‌های درخت تصمیم قدیمی و جدید را مقایسه کرده‌اند. طبق نتایج، C5.0 دقت بالاتری نسبت به دیگر الگوریتم‌های موجود در دستیابی به نتایج دارد. در پژوهشی مشابه، رامن<sup>۲۰</sup> (۲۰۲۴) با مقایسه درخت‌های تصمیم نتیجه گرفت که C5.0 یک نوع درخت تصمیم‌گیری تک‌متغیره و غیر باینری و بهبودیافته الگوریتم درخت تصمیم C4.5 است و نسبت به دیگر الگوریتم‌های درخت تصمیم دقت بالاتری دارد. لی و جانسون<sup>۲۱</sup> (۲۰۱۹)، بهره‌وری به کمک الگوریتم درخت تصمیم C5.0 را اندازه‌گیری کردند. یکی از دلایل اصلی استفاده از این درخت تصمیم در این پژوهش، مدیریت هدفمند و صحیح داده‌های پرت و نامتعادل و ارائه پیش‌بینی با دقت بالاست. در جدول (۱)، پیشینه پژوهشی موضوع بیان شده است.

جدول ۱- پیشینه پژوهش موضوع

Table1- Literature review on the subject

| ردیف | نویسندگان                             | روش تحقیق                                     | ایستا | پویا |
|------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|------|
| ۱    | حسن‌نژاد و همکاران (۲۰۲۳)             | مارکوف سوئیچینگ                               | ☒     |      |
| ۲    | نوروزی و همکاران <sup>۲۲</sup> (۲۰۲۱) | الگوریتم ژنتیک دوهدفه                         | ☒     |      |
| ۳    | فیض‌پور و شمس اسفندآبادی (۲۰۱۹)       | روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته                  | ☒     |      |
| ۴    | اوزتورک و همکاران (۲۰۲۰)              | آزمون هم‌انباشتگی جوهانسون                    | ☒     |      |
| ۵    | محمدزاده و همکاران (۲۰۲۰)             | شبکه‌های عصبی مصنوعی                          | ☒     |      |
| ۶    | شایسته و همکاران <sup>۲۳</sup> (۲۰۲۴) | مدل معادلات ساختاری                           | ☒     |      |
| ۷    | پژوهش حاضر                            | مقایسه شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم تصمیم C5.0 |       | ☒    |

متأسفانه در حوزه بررسی رابطه بهره‌وری و دستمزد، با وجود تعداد چشمگیر پژوهش، روش‌های تحقیق در بیشتر مواقع آزمون هم‌انباشتگی جوهانسون و مدل معادلات ساختاری بوده و تنوع در روش تحقیق، مشاهده نشده است. اهمیت این پژوهش، وجود پویایی در روش انتخابی است و توجه به این موضوع، با توجه به موقعیت پیش رو، به اتخاذ تصمیم منجر می‌شود.

در برخی از پژوهش‌های انجام‌شده در بررسی رابطه میان دستمزد و بهره‌وری، مدل معادلات ساختاری به کار رفته است (Shayesteh et al., 2024). دیگر روش‌های ارائه‌شده، عیوب زیادی دارند؛ ازجمله روش مارکوف که ایستاست و با گذر زمان باید مجدد ارائه شود. الگوریتم ژنتیک ازجمله روش‌های بسیار کاربردی و مفید است؛ اما معادلات پیچیده‌ای دارد و همان‌گونه که مشهود است، این روش فراابتکاری است و اگرچه سرعت بالایی دارد، ممکن است جواب بهینه‌ای ارائه ندهد. روش حداقل مربعات، هم‌انباشتگی جوهانسون و مدل معادلات ساختاری بر پایه ریاضیات‌اند و جواب‌های منطقی ارائه می‌دهند؛ اما بنابر نظر یو و همکاران<sup>۲۴</sup> (۲۰۱۸)، پیش‌بینی مدل معادلات ساختاری با شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم‌هایی یکسان و برابر است که تعداد متغیرهای کم باشد. افزایش تعداد متغیرها و روابط میان آنها، باعث نرسیدن به جواب در مدل معادلات ساختاری می‌شود و رسیدن به پاسخ در شبکه عصبی با همان دقت، سریع‌تر است.

در پژوهش حاضر، با توجه به جامعه آماری منتخب که نیروهای نصب و تست کنتور در شرکت توزیع برق استان یزد هستند و نوع کاری که دارای تنوع بسیار بالایی است و ۲۴ متغیر دارد، الگوریتم درخت تصمیم، بنابر نظر لی و جانسون (۲۰۱۹) و مدل c5.0 با توجه به مزایا و دقت بالای آن، در پیش‌بینی انتخاب شد؛ ازجمله نوآوری‌های این پژوهش، استفاده از الگوریتم تصمیم c5.0 است که تاکنون درباره این روش برای ارزیابی رابطه بین دستمزد و بهره‌وری تحقیق نشده است. همچنین این پژوهش با در نظر گرفتن جامعه آماری جدید، که تاکنون در هیچ‌یک از مقالات و پژوهش‌ها به آن توجه نشده است، یکی از ابداعات این پژوهش است. شایان ذکر است رابطه میان دستمزد و بهره‌وری در بیشتر موارد به کمک مدل معادلات ساختاری و آزمون هم‌انباشتگی جوهانسون ارزیابی و به بررسی درخت تصمیم و شبکه عصبی مصنوعی، که ازجمله پژوهش‌های به‌روز در جهان است، بسیار توجه شده است. دقت نتیجه این پژوهش در نهایت با دقت نتیجه حاصل از روش شبکه عصبی مصنوعی مقایسه و مدل منتخب از نظر دقت بیان می‌شود.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

#### ۳-۱- مبانی نظری

یکی از مفاهیم اساسی در سنجش بهره‌وری، بهره‌وری عامل منفرد یا جزئی است. در این نوع، مدل‌های اندازه‌گیری منحصرأ برحسب هریک از عوامل منفرد ارائه می‌شود. متداول‌ترین مفهوم بهره‌وری، بهره‌وری نیروی انسانی نام دارد. مدل پایه برای بهره‌وری نیروی انسانی، براساس فرمول (۱) است.

$$P_l = \frac{\sum_{i=1}^n Q_n K_n}{L} \quad (1)$$

در فرمول (۱)،  $P_l$  بهره‌وری نیروی انسانی،  $Q$  مقدار تولید هر محصول،  $K$  ضریب تبدیل و  $L$  مقدار نیروی انسانی را نمایش می‌دهد. بهره‌وری به اشکال متفاوتی محاسبه می‌شود.

داده‌کاوی یکی از انواع روش‌هایی است که امروزه توجه بسیاری به آن شده است. در داده‌کاوی، روابط پنهان و الگوهای موجود بین اطلاعات پایگاه داده بررسی و سنجش می‌شود. در پژوهش حاضر، هدف اصلی بررسی تأثیر دستمزد بر بهره‌وری نیروی انسانی است. اجرای هر فرایند داده‌کاوی بر دو گام استوار است: پیش‌پردازش داده‌ها و مدل‌سازی. زمان و نوع فعالیت‌های لازم برای اجرای گام اول، اقتضایی و به ساختار مجموعه داده و همخوانی آن با اهداف تحقیق متکی است (Tavakoli et al., 2011). در گام دوم به کمک روش‌های متعدد موجود در داده‌کاوی، مدل‌سازی انجام می‌شود. فلدرز و همکاران<sup>۲۵</sup> (۲۰۰۰)، شش گام اصلی در فرایند داده‌کاوی را به ترتیب تعریف مسئله، کسب دانش، انتخاب داده‌ها، پیش‌پردازش و آماده‌سازی داده‌ها، تحلیل و تفسیر و درنهایت گزارش و کاربری بیان کرد.

یکی از کاربردی‌ترین الگوریتم‌های تصمیم‌گیری، «درخت تصمیم» نام دارد. این الگوریتم، قانون را تولید می‌کند؛ در حالی که در شبکه عصبی مصنوعی، چنین چیزی ممکن نیست. در الگوریتم درخت تصمیم، پس از آماده‌سازی داده‌ها، الگوریتم روی داده پردازش شده بررسی می‌شود. کارایی الگوریتم‌های داده‌کاوی از لحاظ متفاوتی بررسی می‌شود و در این پژوهش از نظر دقت و صحت داده‌ها بررسی شد. روند کلی الگوریتم به این صورت است که داده‌ها به دو قسمت ساخت مدل و آزمایش مدل تقسیم می‌شوند، آنگاه به‌طور چرخشی یک قسمت دیگر از این تقسیم‌بندی برای ساخت مدل و بخش دیگر برای آزمایش مدل، سنجیده می‌شوند. این فرایند تا زمانی ادامه دارد که تمامی قسمت‌ها در مرحله آزمون مدل استفاده شوند.

از شبکه‌های عصبی نیز، که یکی از الگوریتم‌های کاربردی در حل مسائل پیچیده است، شامل متغیرهای زیادی می‌شود و تصمیم‌گیری درباره آن مشکل است، استفاده می‌شود. شبکه‌های عصبی براساس نوع داده، در دو سبک رگرسیون و یا طبقه‌بندی استفاده می‌شود. هر شبکه عصبی در ابتدا دارای یک لایه ورودی است که هر گره در این لایه، معادل یکی از متغیرهای پیش‌بینی است. در این الگوریتم نیز به مانند الگوریتم درخت تصمیم، داده‌ها به دو دسته آموزش و آزمون تقسیم می‌شوند و سیستم به تناسب داده‌های آموزش، روابط میان ورودی و خروجی‌ها را کشف می‌کند.

ماتریس اغتشاش، که خروجی الگوریتم بیان می‌شود، مبنای اندازه‌گیری کیفیت یک الگوریتم طبقه‌بندی است. دو معیار بررسی شده در این تحقیق، دقت و صحت نتایج است که درنهایت معیار این دو الگوریتم با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در معیار دقت، نسبت داده‌های درست و نادرست واقعی، که الگوریتم به‌درستی آن را بازایی کرده است، تمام داده‌های درست و نادرست را ارزیابی می‌کند. معیار صحت، برابر با داده‌های صحیحی است که نسبت به تمام داده‌های واقعی (که اطرریق الگوریتم درست بازخوانی شده است)، به‌درستی با الگوریتم بازخوانی شده است.

## ۲-۳- روش اجرای پژوهش

برای بررسی وجود رابطه مابین بهره‌وری و دستمزد پس از نرمال‌سازی داده‌ها، بررسی وجود همبستگی میان بهره‌وری و دستمزد بررسی می‌شود که در این پژوهش براساس نوع داده‌ها، از ضریب پیرسون استفاده می‌شود. در

ادامه، پژوهش به کمک ماشین انتخاب ویژگی، که یکی از روش‌های پیش‌پردازش داده‌ها عنوان می‌شود، به کار می‌رود. با توجه به آنکه هدف، بررسی تأثیر دستمزد بر رفتار بهره‌وری نیروی انسانی است، بنابراین بیشترین فعالیتی که بر دستمزد افراد تأثیرگذار است، به کمک تکنیک فیلتری به کار می‌رود که یکی از روش‌های کاربردی در حوزه داده‌کاوی محسوب می‌شود؛ سپس از درخت تصمیم C5 که بهبودیافته از درخت تصمیم C4.5 است، برای آنالیز تصمیم، مدل‌سازی انجام می‌شود. در این پژوهش، الگوریتم درخت تصمیم C5.0 انتخاب شد؛ زیرا نسبت به الگوریتم‌های هم‌خانواده مانند CART، CHAID و C4.5 دقت بالاتری در داده‌های عملیاتی نامتعادل دارد، توانایی شناسایی ویژگی‌های با اهمیت بالا را از طریق نرخ بهره دارد، با استفاده از هرس صعودی، خطای ناشی از نویز را کاهش می‌دهد و در داده‌های واقعی حوزه خدمات، عملکرد بهتر آن نسبت به مدل‌های کلاسیک گزارش شده است (Lee & Johnson, 2019).

روش انتخاب ویژگی به کمک فیلتر، یک روش آماری است که به کمک آزمون کای دو و محاسبه امتیازات ضریب همبستگی، برای امتیازدهی به هر ویژگی استفاده می‌شود. در روش فیلتر، از هیچ تابع دسته‌بندی استفاده نمی‌شود. این روش، یک روش از پیش منتخب مستقل از الگوریتم یادگیری ماشین است که از سرعت اجرای بالا و امکان مقایسه مستقیم تأثیر ویژگی‌ها بر یکدیگر برخوردار است. روش فیلتر به این صورت است که برای هر ویژگی، یک رتبه اعتبار محاسبه می‌شود و سپس رتبه‌ها مرتب و ویژگی‌های با کمترین رتبه حذف می‌شوند؛ سپس نتایج زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها به عنوان ورودی به یک سیستم طبقه‌بندی داده می‌شود (Yazdanian & Mahmoudian, 2016). در ادامه، ویژگی با توجه به امتیازات کسب‌شده، بیشترین تأثیر را بر بهره‌وری نیروی انسانی می‌گذارد و در یک کلاسه قرار می‌گیرد.

درخت تصمیم شبیه فلوچارتی است که از گره برگ و گره ریشه تشکیل شده است. گره ریشه در رأس درخت و گره برگ همان دسته‌ها و شاخه‌های درخت است. درخت تصمیم یکی از ابزارهای رایج در تصمیم‌گیری و پیش‌بینی به کمک داده‌کاوی است. در این پژوهش، از الگوریتم درخت تصمیم C5.0 استفاده می‌شود. این الگوریتم نسبت به دیگر درخت‌های تصمیم مشابه، برای داده‌های نویزدار کمتر اریب می‌دهد و استفاده از روش بوستینگ، عملکرد آن را بالا می‌برد. مزایای الگوریتم درخت تصمیم، سرعت بالا، کارایی حافظه، وزن‌دهی و غربال‌سازی است.

در این پژوهش، از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه استفاده شد. ساختار شبکه شامل یک لایه ورودی (متناسب با متغیرهای ورودی)، یک لایه پنهان و یک لایه خروجی بود. انتخاب تعداد نوروها در لایه پنهان براساس روش آزمون و خطا انجام شد تا کمترین خطا و بیشترین دقت حاصل شود. داده‌ها با نسبت ۷۰٪ برای آموزش و ۳۰٪ برای آزمون تقسیم شدند. همچنین از تابع فعال‌سازی پیش‌فرض نرم‌افزار سیگموئید و روش بهینه‌سازی استاندارد نزول گرادیانی استفاده شد. معیار توقف آموزش نیز، حداقل تغییر خطا در طی تکرارها بود.

پژوهش حاضر، داده‌های مربوط به فعالیت خود را در طی ۱۵ ماه در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ از نیروهای برق‌کار جمع‌آوری کرد. داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش، مربوط به ۴۵ نفر از نیروهای نصب کنتور در بازه زمانی فروردین ۱۴۰۲ الی خرداد ماه ۱۴۰۳ است. داده‌ها به صورت ماهانه ارائه شده است. به دلیل وجود مشکلاتی اعم از تغییرات و نوسانات در ماه‌ها به دلیل وجود پیک‌بار، مصرف و تعداد افراد درخواست‌دهنده کنتور و عوامل

مؤثر بر نصب و تست کنتور با توجه به بار مصرفی، بهره‌وری و دستمزد نوسان دارد؛ بنابراین میانگین دستمزد و بهره‌وری سنجش شده است. در این پژوهش، طبقه‌بندی متغیر دستمزد براساس میانگین دستمزدهای ثبت شده انجام شد؛ به این صورت که رکوردها در سه سطح پایین‌تر از میانگین، حدود میانگین و بالاتر از میانگین دسته‌بندی شدند. دلیل استفاده از این روش، ماهیت داده‌ها و محدودیت در تعداد نمونه بود. اطلاعات پژوهشی حاضر، در پایگاه داده اطلاعات شرکت توزیع برق موجود بوده و به دلیل محرمانگی، برخی از اطلاعات متغیرهای شغلی و فردی نیروها استخراج شده است. شایان ذکر است، جلسات متعددی با خبرگان درباره نحوه محاسبه کمی هریک از فعالیت‌ها، که به وسیله زمان‌سنجی و کارسنجی محاسبه شده است، برگزار شد.

#### ۴- مطالعه کاربردی

شرکت توزیع برق استان یزد در راستای خدمت‌رسانی و توزیع صحیح انرژی برق در سراسر استان، سالانه نیروهای متعددی را برای خدمت‌رسانی به سراسر نقاط استان ارسال می‌کند. بخش منابع انسانی شرکت مذکور به جهت خدمت‌رسانی با سرعت و دقت بالاتر، نقش بسزایی در جذب و نگهداشت نیروهای انسانی دارد؛ بنابراین بخش منابع انسانی شرکت برق استان با برنامه‌ریزی صحیح، تعداد نیروی لازم در هر حوزه را پس از گزینش‌ها و آزمون‌های متعدد به جهت اهمیت حوزه خدمت‌رسانی به کار می‌گیرد. یکی از این حوزه‌ها، نیروهای نصب کنتور هستند. این افراد فعالیت‌های متعددی را انجام می‌دهند. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر دستمزد بر رفتار بهره‌وری فرد در طی ماه فروردین سال ۱۴۰۲ الی خرداد ماه سال ۱۴۰۳ است. ابتدا وجود رابطه بین بهره‌وری نیروی انسانی و دستمزد و سپس بهره‌وری هریک از نیروهای نصب کنتور و اولویت‌دهی در اهمیت هریک از آنها در تعیین حقوق و دستمزد نیروی انسانی بررسی می‌شود.

#### ۴-۱- یافته‌ها

در ابتدا ویژگی‌های مؤثر بر بهره‌وری نیروی انسانی و دستمزد دریافتی ماهانه افراد بررسی می‌شود. با توجه به اهمیت بررسی تأثیر فعالیت پررنگ در بهره‌وری نیروی انسانی، از متغیرهای سابقه کاری، تأهل، مدرک تحصیلی و غیره صرف‌نظر شده است. در جدول (۲)، متغیرهای استفاده‌شده بیان و ویژگی‌های پژوهش شده در فعالیت‌های مأموران نصب و تست کنتور ذکر شده است. این متغیرها، عوامل مؤثر بر بهره‌وری نیروی انسانی برق کار نصب و تست کنتور است که متغیرها از سوی مهندسان و متخصصان این حوزه، پس از ارزیابی افراد و زمان‌سنجی و کارسنجی در محل فعالیت، استخراج شد. بنابر نظر متخصصان پس از کارسنجی، ضریب تبدیل هریک از متغیرها به صورت میانگین نظرات کل خبرگان، که تیم متخصص متشکل از ۱۲ نفر اعم از ناظرین نصب، بازدید فنی و بازدید محل، کارشناس و سرپرستان نصب، رئیس نظارت بر مشترکان و مدیران حوزه مشترکان‌اند، محاسبه و برای اندازه‌گیری بهره‌وری نیروهای انسانی حوزه پژوهشی، بررسی شد.

جدول ۲- ویژگی‌های پژوهش‌شده در فعالیت‌های مأموران نصب و تست کنتور

Table2-: Researched characteristics in the activities of meter installation and testing officers

| ردیف | متغیر                             | ضریب تبدیل |
|------|-----------------------------------|------------|
| ۱    | نصب تک‌فاز                        | ۱          |
| ۲    | نصب سه‌فاز                        | ۱/۲۶       |
| ۳    | نصب تابلویی                       | ۰/۳۹       |
| ۴    | بازدید محل                        | ۰/۲۵       |
| ۵    | بازدید فنی                        | ۱          |
| ۶    | تعویض کنتور تک‌فاز                | ۰/۶۵       |
| ۷    | تعویض کنتور سه‌فاز                | ۱/۱۳       |
| ۸    | تعویض گرد                         | ۰/۲۵       |
| ۹    | آوری ناشی از تبدیل جمع            | ۰/۵۸       |
| ۱۰   | برق موقت                          | ۰/۵        |
| ۱۱   | جابه‌جایی تک‌فاز                  | ۰/۹۲       |
| ۱۲   | جابه‌جایی سه‌فاز                  | ۱/۲۴       |
| ۱۳   | تعویض کابل تک‌فاز                 | ۰/۷۳       |
| ۱۴   | تعویض کابل سه‌فاز                 | ۰/۷۵       |
| ۱۵   | تعویض کلید تک‌فاز                 | ۰/۴۱       |
| ۱۶   | تعویض کلید سه‌فاز                 | ۰/۴۵       |
| ۱۷   | پاسخگویی                          | ۰/۲۵       |
| ۱۸   | انجام امور محوله در زمینه مشترکین | -          |
| ۱۹   | دستمزد ماهانه                     | -          |
| ۲۰   | جمع‌آوری ناشی از فسخ              | ۰/۵۹       |
| ۲۱   | قطع و وصل                         | ۰/۲۵       |
| ۲۲   | وصول مطالبات                      | ۰/۱۸       |
| ۲۳   | عدم امکان نصب                     | ۰/۲        |

در ادامه تحلیل توصیفی داده‌ها و متغیرها در جدول (۳) بیان شده است.

جدول ۳- تحلیل توصیفی داده‌ها

Table3- Descriptive data analysis

| فعالیت‌ها              | تعداد | مینیمم | ماکسیمم | انحراف معیار | میانگین |
|------------------------|-------|--------|---------|--------------|---------|
| نصب تک‌فاز             | ۴۵    | ۰      | ۸۶      | ۳۱/۳۳۲       | ۳۶/۰۹   |
| نصب سه‌فاز             | ۴۵    | ۰      | ۲۷/۵۴   | ۹/۲۵         | ۹/۳۰    |
| نصب تابلویی            | ۴۵    | ۰      | ۴/۹۵    | ۱/۷۴         | ۰/۹۶    |
| بازدید محل             | ۴۵    | ۰      | ۱۴۶/۸۰  | ۳۷/۲۸        | ۱۴/۴۹   |
| تعویض کنتور تک‌فاز     | ۴۵    | ۰      | ۱۴/۴۴   | ۳/۷۲         | ۲/۹۸    |
| تعویض کنتور سه‌فاز     | ۴۵    | ۰      | ۶/۲۶    | ۱/۶۴         | ۱/۷۱    |
| جمع‌آوری ناشی از تبدیل | ۴۵    | ۰      | ۳/۹۹    | ۱/۲۹         | ۱/۰۶    |
| جابه‌جایی تک‌فاز       | ۴۵    | ۰      | ۱۳/۵۷   | ۴/۱۰         | ۳/۰۶    |
| جابه‌جایی سه‌فاز       | ۴۵    | ۰      | ۶/۹۹    | ۲/۰۱         | ۱/۱۲    |

| فعالیت‌ها             | تعداد | مینیمم | ماکسیمم | انحراف معیار | میانگین  |
|-----------------------|-------|--------|---------|--------------|----------|
| تعویض کابل سه‌فاز     | ۴۵    | ۰      | ۳/۲۸    | ۰/۷۶         | ۰/۴۰     |
| تعویض کلید سه‌فاز     | ۴۵    | ۰      | ۰/۹۵    | ۰/۳۰         | ۰/۱۵     |
| جمع‌آوری ناشی از فسخ  | ۴۵    | ۰      | ۳/۶۰    | ۰/۷۵         | ۰/۱۶     |
| قطع و وصل             | ۴۵    | ۰      | ۳۰/۲۴   | ۶/۳۶         | ۱/۹۸     |
| تعویض کلید تک‌فاز     | ۴۵    | ۰      | ۶/۱۲    | ۱/۱۶         | ۰/۸۸     |
| وصول مطالبات          | ۴۵    | ۰      | ۱۲۹     | ۲۳/۶۵        | ۹/۸۹     |
| بازدید فنی            | ۴۵    | ۰      | ۱۹۴     | ۵۷/۱۴        | ۲۷/۶۹    |
| تعویض گرد             | ۴۵    | ۰      | ۶/۶     | ۱/۶۸         | ۰/۷۰     |
| برق موقت              | ۴۵    | ۰      | ۲۳/۴۵   | ۵/۶۶         | ۲/۸۴     |
| تعویض کابل تک‌فاز     | ۴۵    | ۰      | ۵/۶۸    | ۱/۴۳         | ۰/۹۵     |
| عدم امکان نصب         | ۴۵    | ۰      | ۲/۲۹    | ۰/۴۸         | ۰/۱۰     |
| پاسخگویی              | ۴۵    | ۰      | ۳۶/۷۰   | ۹/۳۲         | ۳/۶۲     |
| انجام امور مشترکان    | ۴۵    | ۰      | ۵       | ۰/۳          | ۰        |
| بهره‌وری نیروی انسانی | ۴۵    | ۰      | ۲۲۵/۱۲  | ۴۴/۲۵        | ۲/۰۹     |
| حقوق (ریال)           | ۴۵    | ۱۰۰/۸۱ | ۲۴۶/۸۱  | ۵۳۲۶۸/۲۳     | ۱۲۶۳۰/۱۰ |

براساس فرمول (۲)، بهره‌وری به صورت زیر محاسبه می‌شود. در این رابطه، مجموع میانگین متغیرهای مؤثر بر بهره‌وری براساس ضریب تبدیل محاسبه و بر تعداد نفرات تقسیم شده است.

$$P = \frac{36.09 * 1 + 9.3 * 1.26 + 0.96 * 0.39 + \dots + 3.62 * 0.25}{45} = 2.09$$

به منظور انجام تجزیه و تحلیل، ابتدا داده‌های خام در نرم‌افزار Excel جمع‌آوری و پاک‌سازی شده‌اند و در نهایت با ورودی به نرم‌افزار SPSS، وجود رابطه میان دستمزد و بهره‌وری سنجش شده است؛ سپس برای بررسی بیشترین تأثیر فعالیت در حال انجام بر بهره‌وری نیروی انسانی، در نهایت بر حقوق و دستمزد نیروی انسانی، اطلاعات در SPSS Modeler برای ایجاد مدل و الگوریتم درخت تصمیم، فرآیند داده‌کاوی و تجزیه و تحلیل آماری، استفاده شده است.

اطلاعات استخراج شده حاوی اطلاعات ۴۵ نیروی برق‌کار در ۲۴ متغیر در ۱۵ ماه است که در مجموع ۱۰۵۵ داده و ۲۵ داده مفقود شده و پرت وجود داشت. به کمک یکی از تکنیک‌های پاک‌سازی در داده‌کاوی به عنوان series mean داده‌های مفقود شده براساس داده‌های آن ستون شاخصه پر و جایگزین می‌کند. درباره داده‌های پرت نیز از طریق جلسه با خبرگان و مشورت با صاحب‌نظران، ثبت داده اشتباه و منجر شده به این اتفاق، بیان شده است. نرمال‌سازی داده‌ها و میانگین‌گیری از داده‌ها در بازه زمانی مذکور و با توجه به آنکه تمام داده‌های کمی فاصله‌ای‌اند، از ضریب پیرسون استفاده می‌شود. براساس خروجی نرم‌افزار SPSS، ضریب پیرسون همبستگی بهره‌وری و دستمزد برابر با ۰/۹ است. با توجه به آنکه ضریب پیرسون مثبت و بزرگ‌تر از ۰/۵ و نزدیک به ۱+ است، بنابراین دستمزد رابطه مستقیم و شدیدی با بهره‌وری نیروی انسانی دارد.

حال برای بررسی فعالیت مؤثر در دستمزد نیروی انسانی بر بهره‌وری نیروی انسانی، استفاده از ماشین انتخاب ویژگی به روش فیلتر مناسب است. با هدف بررسی و طبقه‌بندی ویژگی‌ها، در جدول (۴) از روش همبستگی

پیرسون استفاده می‌شود. طبقه‌بندی فعالیت‌های مهم و مؤثر بهره‌وری نیروی کار در دستمزد، در جدول (۴) انجام شده است و براساس آن، بازدید فنی و وصول مطالبات، بیشترین اهمیت و تعویض کنتور سه‌فاز، قطع و وصل کنتور اهمیت نسبی و جمع‌آوری ناشی از تبدیل، کمترین اهمیت را دارند.

جدول ۴- طبقه‌بندی فعالیت‌های مهم و مؤثر بهره‌وری نیروی کار در دستمزد

Table4- Classification of activities that affect labor productivity in wages

| ردیف | فعالیت             | اهمیت بالقوه متغیر در پیش‌بینی ویژگی مؤثر |
|------|--------------------|-------------------------------------------|
| ۱    | بازدید فنی         | ۱                                         |
| ۲    | تعویض کلید سه‌فاز  | ۱                                         |
| ۳    | وصول مطالبات       | ۰/۹۵                                      |
| ۴    | تعویض کنتور سه‌فاز | ۰/۹۳                                      |
| ۵    | قطع و وصل کنتور    | ۰/۹۲                                      |

اکنون به کمک طبقه‌بندی متغیرهای بااهمیت و اولویت‌دار به کمک فیلتر، درخت تصمیم مدل‌سازی می‌شود. ابتدا داده‌ها به دو بخش داده‌های آموزش (۷۰ درصد) و آزمون (۳۰ درصد) تقسیم می‌شوند. متغیر دستمزد، متغیر هدف (وابسته) و متغیرهای اولویت‌دهی شده به روش فیلتر، به‌عنوان متغیرهای مستقل یا ورودی برای درخت تصمیم C5.0 استفاده می‌شود. افزونی دقت این الگوریتم نسبت به دیگر الگوریتم‌های درخت تصمیم، در پژوهش‌های لی و جانسون (2019)، تأیید شده بود. این الگوریتم با ایجاد درختی پر و هرس متفاوت، داده‌ها را به زیرمجموعه‌هایی شامل رکورد همگن‌تر از والد انجام می‌دهد. در این نوع درخت تصمیم، تقسیم نمونه‌ها براساس فیلد با اولویت اطلاعاتی بهره می‌گیرد. الگوریتم تصمیم C5.0، از هرس درخت به‌صورت افزایشی و صعودی کمک می‌گیرد تا خطای ناشی از طبقه‌بندی نويز را در داده‌های آموزشی کاهش دهد.

در جدول ۵، صحت‌سنجی و دقت مدل الگوریتم تصمیم C5.0 بررسی و ماتریس سردرگمی نمایش داده شده است که برای سنجش دقت پیش‌بینی مدل استفاده می‌شود. طبق این جدول، صحت درخت تصمیم با ۹۴/۱۲ درصد و دقت درخت تصمیم در پیش‌بینی ۸۱/۸ درصد است.

جدول ۵- صحت‌سنجی و دقت مدل الگوریتم تصمیم C5.0

Table5- Validation and accuracy of the decision algorithm model c5.0

| تقسیم‌بندی | آموزش | آزمون |
|------------|-------|-------|
| درست       | ۳۲    | ۹     |
| اشتباه     | ۲     | ۲     |

شبکه عصبی مصنوعی نیز یکی از تکنیک‌های داده‌کاوی است که امروزه پژوهشگران و محققان به‌شدت به آن توجه می‌کنند. هر شبکه عصبی شامل یک لایه ورودی است که هر گره در این لایه، معادل یکی از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده است. در این الگوریتم نیز به مانند درخت تصمیم، پس از بررسی همبستگی براساس روابط پنهان میان لایه‌ها، نتیجه بیان می‌شود. بر این اساس، داده‌ها به دو دسته آموزش و تست به نسبت ۷۰ به ۳۰ درصد تقسیم

می‌شود. در جدول (۶)، صحت‌سنجی و دقت مدل شبکه عصبی مصنوعی انجام شده است. طبق نتایج حاصل از این الگوریتم در این جدول، دقت داده‌ها در شبکه عصبی مصنوعی بالاتر و نتایج مطمئن است.

جدول ۶- صحت‌سنجی و دقت مدل شبکه عصبی مصنوعی

Table 6- Validation and accuracy of the ANN model

| تقسیم‌بندی | آموزش | آزمون  |
|------------|-------|--------|
| درست       | ۳۳    | ۹۷/۰۵٪ |
| اشتباه     | ۱     | ۲/۹۴٪  |

در نهایت براساس اعمال انجام‌شده و تحلیل داده‌ها، یافته‌ها به شرح ذیل است:

- (۱) میانگین و واریانس دستمزد با شاخص‌های بهره‌وری رابطه مثبت دارد و این رابطه در صنعت برق استان یزد پررنگ است.
- (۲) فیلتر ویژگی‌ها و پیاده‌سازی الگوریتم درخت تصمیم مشخص کرد که متغیرهای بازدید فنی، تعویض کلید سه‌فاز، وصول مطالبات، تعویض کنتور سه‌فاز و قطع و وصل برق در میان فعالیت‌های حوزه نیروهای انسانی بخش نصب و تست لوازم اندازه‌گیری بیشترین تأثیر را بر مدل پیش‌بینی دارند؛ در حالی که دیگر متغیرها اثر چندانی نداشتند.
- (۳) طبق نتایج حاصل از مدل‌سازی در فعالیت‌های کم‌اهمیت‌تر، وصول مطالبات بزرگ‌تر از ۴۸ در میان فعالیت‌های بهره‌وری نیروی کار، بیشترین تأثیر را در حقوق دریافتی ماهانه دارد. در صورتی که وصول مطالبات کمتر از ۴۸ باشد، مشروط بر تعویض کنتور تک‌فاز بیش از ۱۶ درصد و نصب کنتور سه فاز بیش از ۶۰ درصد، به دریافت حقوق در رده بالایی دستمزدها منجر می‌شود.
- (۴) شاخص‌های ارزیابی مدل مانند صحت‌سنجی و دقت نشان می‌دهند که انتخاب ویژگی‌ها و الگوریتم‌ها تأثیر درخور توجهی بر کارایی مدل دارد و مهر تأییدی بر نتایج است.

## ۵- بحث

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و مقایسه نتایج تکنیک‌های داده‌کاوی در تأثیر بر رابطه میان دستمزد و بهره‌وری انجام شد. معمولاً در پژوهش‌ها درباره تأثیر عوامل اثرگذار بر بهره‌وری نیروی کار بحث شده و فقط رابطه میان دستمزد و بهره‌وری نیروی کار پژوهشی در حوزه داده‌کاوی بررسی نشده است. حسن‌نژاد و همکاران (۲۰۲۳) به کمک روش مارکوف سوئیچینگ، نوروزی و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک دوهدفه، فیض‌پور و شمس اسفندآبادی (۲۰۱۹) به کمک روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته، اوزتورک و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی جوهانسون، شایسته و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از مدل معادلات ساختاری، رابطه دستمزد و بهره‌وری را بررسی کردند. آل عمران و آل عمران<sup>۲۶</sup> (۲۰۱۵)، به کمک تکنیک داده‌کاوی و آزمون جوهانسون جسیلیوس و براساس روابط سازمان بهره‌وری نتیجه گرفتند معیار دستمزد بر بهره‌وری تأثیر مستقیم و مثبتی دارد.

با وجود پژوهش‌های متعدد در زمینه بررسی رابطه دستمزد و بهره‌وری، همچنان نمی‌توان به‌طور قطعی تأثیر مستقیم این دو را بر یکدیگر تصدیق کرد؛ زیرا شدت رابطه میان دستمزد و بهره‌وری به تناسب نوع شغل، کشور و شهر محل سکونت متفاوت است. در برخی از نتایج نیز بهره‌وری و دستمزد رابطه‌ای نداشتند. داس و همکاران (2017) در کشور هند، مصداق این نتیجه‌گیری‌اند؛ بنابراین با توجه به عدم قابلیت اطمینان بر تأثیر دستمزد بر بهره‌وری، نیاز به پژوهش بر این مبحث محسوس بود. از جهتی بررسی رابطه میان دستمزد و بهره‌وری تاکنون به کمک تکنیک داده‌کاوی توجه ویژه‌ای نشده بود؛ بنابراین توجه به بررسی رابطه دستمزد و بهره‌وری به کمک روش‌های داده‌کاوی، بسیار ضروری است. معادلات ریاضی به دلیل منطقی بودن و اتخاذ نتایج در لحظه مدل‌سازی، بنابر شرایط موجود برای تصمیم‌گیری به کار گرفته می‌شوند و با گذر زمان و تغییر شرایط، مجدداً به بازنگری و حتی طراحی روابط جدید نیاز دارند؛ اما در تکنیک‌های داده‌کاوی، که در این پژوهش درباره دو روش درخت تصمیم c5.0 و شبکه عصبی مصنوعی بحث شد، پویا هستند و با گذر زمان و تأثیر روابط و شرایط حاکم تصمیم‌یافتنی و تغییردادنی‌اند؛ بنابراین دو روش در نهایت امر با یکدیگر مقایسه شدند. اگرچه شبکه عصبی مصنوعی تحلیل روابط پنهانی دارد، طبق نتایج دقت آن نسبت به روش درخت تصمیم بالاتر بوده است.

براساس پژوهش حاضر شرایط مصرف برق در جامعه، نتایج این پژوهش به شرکت‌های توزیع برق استان‌های مشابه دیگر تعمیم داده می‌شود؛ اما با توجه به شرایط مصرف انرژی برق در استان‌های دیگر، ممکن است شرایط تصمیم‌گیری در استان‌های دیگر تغییر کند و تصمیم بنابر شرایط آن اتخاذ شود؛ اما در استان یزد، این الگوریتم تصمیم‌گیری مطمئن است و براساس این شرایط، حقوق نیروهای برق‌کار نصب و تست کتور را براساس میزان بهره‌وری آنها محاسبه می‌کند.

با توجه به صرف‌نظر از میزان سابقه‌کاری افراد، جنسیت، تأهل، تعداد فرزندان و همچنین تأثیر عوامل اقتصادی مانند تورم و یا عوامل روان‌شناختی مانند رضایت شغلی، تعهد و غیره نیز، بر رابطه بهره‌وری و دستمزد نیز ارزیابی می‌شود. همچنین در پژوهش حاضر از روش فیلتر برای طبقه‌بندی ویژگی‌ها استفاده شده است که پیشنهاد می‌شود روش‌های دیگر پیش‌پردازش داده و طبقه‌بندی ویژگی‌ها مانند رپر، لفاف و غیره پژوهش شود. همچنین به تناسب نوع موضوع، الگوریتم C5.0 انتخاب شد؛ اما پیشنهاد می‌شود از الگوریتم‌های درخت تصمیم دیگر مانند CHAID و غیره نیز مدل‌سازی و در نهایت دقت، AUC و مقدار F در مدل‌های هر الگوریتم با یکدیگر مقایسه شوند. همچنین ترکیب شبکه بیزین و انواع الگوریتم درخت تصمیم برای انجام پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود از دیگر روش‌های داده‌کاوی مانند ماشین بردار پشتیبان استفاده و با نتایج حاصل از این پژوهش مقایسه شود. با توجه به آنکه پژوهش حاضر به دلیل محدودیت پژوهش در بازه یک‌ساله بررسی شده است، پیشنهاد می‌شود در دیدگاه بلندمدت نتایج ارزیابی شود. پیشنهاد می‌شود به‌جهت ارزیابی تأثیر دستمزد بر بهره‌وری نیروی کار در برق‌کاران، این پژوهش در صنعت آب و برق نیز انجام و با سازمان‌های مشابه در کشور و یا شهرهای متفاوت مقایسه شود. همچنین در صنایع، شاخص‌های مؤثر بر بهره‌وری نیروی کار در هر حوزه به همین صورت مشخص و در صنایع مختلف با اندازه سرمایه انسانی متفاوت مقایسه و ارزیابی شود.

## ۶- نتیجه گیری

در پژوهش حاضر در ابتدا به کمک نرم افزار SPSS، رابطه میان بهره‌وری نیروی انسانی و دستمزد مستقیم و مثبت ارزیابی و در ادامه با استفاده از نرم افزار SPSS Modeler و طبقه‌بندی فعالیت‌های با اهمیت و کم‌اهمیت نتیجه‌گیری شد که بازدید فنی، تعویض کلید سه‌فاز، وصول مطالبات، تعویض کنتور سه‌فاز و قطع و وصل برق در میان فعالیت‌های حوزه نیروهای انسانی بخش نصب و تست لوازم اندازه‌گیری اهمیت بسزایی در شرکت توزیع برق استان یزد دارد.

در پژوهش حاضر براساس ۲۴ متغیر تصمیم و مدل‌سازی به کمک الگوریتم درخت تصمیم C5.0، وصول مطالبات بزرگ‌تر از ۴۸ در میان فعالیت‌های بهره‌وری نیروی کار، بیشترین تاثیر را در حقوق دریافتی ماهانه دارد. در صورتی که وصول مطالبات کمتر از ۴۸ باشد، مشروط بر تعویض کنتور تک‌فاز بیش از ۱۶ درصد و نصب کنتور سه‌فاز بیش از ۶۰ درصد، به دریافت حقوق در رده بالایی دستمزدها منجر می‌شود. براساس نتایج حاصل در نرم‌افزار مذکور، الگوریتم تصمیم C5.0 با صحت ۹۴/۱۲ درصد و دقت ۸۱/۸ درصد تأیید می‌شود. این پژوهش نیز به کمک الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی ارزیابی و براساس نتایج با صحت ۹۷/۰۵ درصد و ۹۰/۹ درصد دقت تأیید شد؛ بنابراین الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نسبت به الگوریتم تصمیم C5.0 دقت و صحت بالاتری دارد. این تحقیق نیز در پی تحقیقات گذشته، نشان‌دهنده قوی بودن ابزار شبکه عصبی مصنوعی نسبت به درخت تصمیم در دقت نتایج است. یکی از عیوب شبکه عصبی، پنهان بودن روابط میان لایه‌ها برای درک کنش و واکنش‌هاست. در نهایت این نتایج به‌طور مستقیم برای اصلاح نظام پرداخت، اولویت‌دهی فعالیت‌ها و طراحی مدل پاداش‌دهی عملکردمحور در شرکت توزیع برق به کار می‌رود و با اعمال ضریب عملکرد به پرسنل برق‌کار، معادل ریال در پایان ماه به‌عنوان بخش متغیر دستمزد داده می‌شود. اگرچه توصیه می‌شود این فعالیت‌ها در صورت برون‌سپاری نیز باعث افزایش بهره‌وری نیروی انسانی شوند و افراد به مابقی اعمال توجه ویژه کنند.

## References

- Alemran, R., & Alemran, A. (2015). The effectiveness of wages on labor productivity in Iran (using the Johansen-Juselius method). *Productivity management*, 4(35), 65-82. <https://www.sid.ir/paper/181863/en>.
- Azvaji, A., & Amini, A. (2009). Analysis and study of the relationship between wages and labor productivity in Iranian industries: an autocorrelated model with distributive breaks. *Economic researches of Iran*, 12(37), 81-105. [https://ijer.atu.ac.ir/article\\_3549.html](https://ijer.atu.ac.ir/article_3549.html).
- Das, P., Basu, R., & Halder, A. (2017). Employment, wage and productivity: Analysis of trend and causality in Indian manufacturing industries. *The Journal of Industrial Statistics*, 6(1), 41-56. [https://www.semanticscholar.org/paper/Employment-%2C-Wage-and-Productivity-%3A-A-Analysis-of-in-Das-Halder/adf59aa5d4917ff787fa4709814e61fe5d559f7c?utm\\_source=direct\\_link](https://www.semanticscholar.org/paper/Employment-%2C-Wage-and-Productivity-%3A-A-Analysis-of-in-Das-Halder/adf59aa5d4917ff787fa4709814e61fe5d559f7c?utm_source=direct_link).
- Dritsaki, C. (2016). Real wages, inflation, and labor productivity: Evidences from Bulgaria and Romania. *Journal of economic & financial studies*, 4(05), 24-36. <https://ideas.repec.org/a/lrc/lareco/v4y2016i5p24-36.html>.
- Feelders, A., Daniels, H., & Holsheimer, M. (2000). Methodological and practical aspects of data mining. *Information & Management*, 37(5), 271-281. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(99\)00051-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(99)00051-8).

- Feizpour, P., & ShamsEsfandabadi, A. (2019). Wages and productivity in Iran's manufacturing industries with the strategy of production boom (Scientific article of the Ministry of Science). *Strategic and macro policies*, 7(3), 326-345. DOI: [10.32598/JMSP.7.3.1](https://doi.org/10.32598/JMSP.7.3.1).
- Gudarzi, M., & Atai, M. (2010). The relationship between wages and productivity of human resources in the university. *Azad University research paper*, 1(1), 71-76. [https://www.researchgate.net/publication/4801716\\_The\\_Relationship\\_Between\\_Wages\\_and\\_Productivity\\_TAR\\_Unit\\_Root\\_and\\_TAR\\_Cointegration\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/4801716_The_Relationship_Between_Wages_and_Productivity_TAR_Unit_Root_and_TAR_Cointegration_Approach).
- Goh, S. K., & Wong, K. N. (2010). Analyzing the productivity-wage-unemployment nexus in Malaysia: Evidence from the macroeconomic perspective. *International Research Journal of Finance and Economics*, 53(8), 145-156. <https://research.monash.edu/en/publications/analyzing-the-productivity-wage-unemployment-nexus-in-malaysia-ev/>.
- HasanNejad, A., EskandariSabzi, S., & Moradi, M (2023). The impact of wages and inflation on labor productivity in selected developing countries. *Regional economy and development*, 30(25), 180-214. DOI:<https://doi.org/10.22067/erd.2023.81678.1176>.
- kazerouni, A., & sojoudi, S. (2007). The role of productivity in determining the wage level of labor in the industrial sector of Iran (1376-1382). *Economic researches journal*, 6(41), 169-187. DOI: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.00398969.1385.41.6.7.0>.
- Kumar, S., Webber, D. J., & Perry, G. (2012). Real wages, inflation and labour productivity in Australia. *Applied economics*, 44(23), 2945-2954. DOI:[10.1080/00036846.2011.568405](https://doi.org/10.1080/00036846.2011.568405).
- Lee, M., & Johnson, A. (2019). Using a Hybrid Model of DEA and Decision Tree Algorithm C5. 0 to Evaluate the Efficiency of Ports. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(5), 805-789. <https://koreascience.kr/article/JAKO201922441756739.pdf>.
- Lestari, I., Fitria, D., Syafriandi, S., & Salma, A. (2024). Comparison of the C5. 0 Algorithm and the CART Algorithm in Stroke Classification. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, 2(1), 90-98. <https://pdfs.semanticscholar.org/bb1a/caccf79515708f00821d08d15d4dae694d04.pdf>.
- Mohammadzade, M., Esmaeilpour, M., Eslambolchi, A., & soleimani gharechoupogh, F. (2020). Investigating the efficiency of the process model of employment and empowerment services using data mining techniques. *Productivity management*, 54(14), 174-206. DOI: <https://doi.org/10.30495/qjopm.2020.570541.2139>.
- Molaei, M., & Shahab, A. (2017). Comparison of factors affecting labor productivity in small and large industries in Iran: 1373-1392. *Poductivity management*, 11(41), 115-144. <https://www.sid.ir/filesserver/jf/22013974105.pdf>.
- Motameni, M., Zarooki, Sh., & Bolbol Amiri, B. (2016). The Role of Human Capital on the Wage-Productivity Nexus in Iranian Manufacturing Industries. *Economic Growth and Development Research*, 6(23), 33-44. DOI: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22285954.1395.6.23.2.9>.
- Norouzi, F., Nunezhad, M., Ebrahimi, M., & Khodaparast Shirazi, J. (2021). Investigating the factors affecting productivity growth in Iran using artificial neural network algorithms. *Economic Growth and Development Research*, 11(42), 58-35. DOI: [10.30473/egdr.2019.48433.5378](https://doi.org/10.30473/egdr.2019.48433.5378).
- Nonezhad, M., Ebrahimi, M., & KHodaparast, S. J. (2021). Comprehensive study on labor productivity growth in Iran, using meta-heuristic methods. *Financial Economics*. [https://journals.iau.ir/article\\_686297.html](https://journals.iau.ir/article_686297.html).
- Ozturk, M., Durdyev, S., Aras, O. N., Ismail, S., & Banaitienè, N. (2020). How effective are labor wages on labor productivity? An empirical investigation on the construction industry of New Zealand. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(1), 258-270. <https://doi.org/10.3846/tede.2020.11917>.
- Shakour shahabi, R., Kakaki, R., & Ramezani, R. (2009). The Analysis of Qualitative Properties of Mine's LaborForces Effects on Productivity and Wages. *Iranian Journal of Engineering Education*, 40(10), 127 149. DOI:<https://doi.org/10.22047/ijee.2009.615>.

- Shayesteh, E., Azizi, A., & Ershadi, M.J. (2024). Modeling the relationship between age and salary on the productivity of specialized human resources. *System and productiviy Engineering*, 4(1), 22-67, DOI: [10.22034/msb.2024.2009347.1155](https://doi.org/10.22034/msb.2024.2009347.1155).
- Raman, R., Kumar, V., Pillai, B., Rabadiya, D., Divekar, R., & Vachharajani, H. (2024). Detecting Credit Card Fraud: A Comparative Analysis of KNN, Random Forest, and Logistic Regression Methods. *IEEE Journal*, 15, 215-230. <https://doi.org/10.1109/ICDSIS61070.2024.10594698>.
- Tavakoli, A., Mortazavi, S., Kahani, M., & Hosseini, Z. (2011). Applying the data mining process to predict customer orientation patterns in insurance. *Business management perspective*, 4(9), 41-55. <https://sid.ir/paper/115482/en>.
- Wakeford, J. (2004). The productivity–wage relationship in South Africa: an empirical investigation. *Development Southern Africa*, 21(1), 109-132. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0376835042000181444>.
- Yildirim, Z. (2015). Relationships among labour productivity, real wages and inflation in Turkey. *EconomicResearch-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 85-103. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1331677X.2015.1022401>.
- Yue, W., Wang, Z., Chen, H., Payne, A., & Liu, X. (2018). Machine learning with applications in breast cancer diagnosis and prognosis. *Designs*, 2(2), 13. <https://www.mdpi.com/2411-9660/2/2/13>.
- Zharmagambetov, A., Hada, S. S., Carreira-Perpiñán, M. Á., & Gabidolla, M. (2019). An experimental comparison of old and new decision tree algorithms. *System and productiviy Engineering*. <https://arxiv.org/abs/1911.03054>.
- Yazdanian, N., & Mahmoudian, H. (2016). Analysis of selected features based on filter methods in detecting emotions from speech signals. *7th National Conference of Electrical and Electronic Engineering of Iran*. <https://civilica.com/doc/459479/>.

---

<sup>1</sup> Gudarzi & Atai

<sup>2</sup> Motameni et al.

<sup>3</sup> Shakour shahabi et al.

<sup>4</sup> HasanNejad et al.

<sup>5</sup> Azvaji & Amini

<sup>6</sup> Kazerouni & sojoudi

<sup>7</sup> Nonezhad et al.

<sup>8</sup> Feizpour & ShamsEsfandabadi

<sup>9</sup> Molaei & Shahab

<sup>10</sup> Yildirim

<sup>11</sup> Goh & Wong

<sup>12</sup> Dritsaki

<sup>13</sup> Ozturk et al.

<sup>14</sup> Das et al.

<sup>15</sup> Wakeford

<sup>16</sup> Kumar et al.

<sup>17</sup> Mohammadzade et al.

<sup>18</sup> Lestari et al.

<sup>19</sup> Zharmagambetov et al.

<sup>20</sup> Raman et al.

<sup>21</sup> Lee & Johnson

<sup>22</sup> Norouzi et al.

<sup>23</sup> Shayesteh et al.

<sup>24</sup> Yue et al.

<sup>25</sup> Feelders et al.

<sup>26</sup> Alemran & Alemran