Quarterly journal
Intelligent Management of Human Capital
https://www.imhr.ir
Online ISSN: 3060-6950

Intelligent Prediction of Human Resource Requirements in Organizations: A Data Mining Approach

Shahrzad Arab Karami[1]| Ebrahim Nazari Farrokhi[2]✉| Behrooz Dolatshah[3]

Article Info
Article type:
Research Article

Article history:

Received in 29 April 2024 revised form 27 July 2024
Accepted 31 July 2024
Published online 31 August 2024

Keywords:
Human Resources, Data Mining, Artificial Neural Network, Blue Whale Algorithm, Refrigeration Simulation.

ABSTRACT

Background and Objective: Data mining plays a crucial role in optimizing human resource management by uncovering valuable patterns from large datasets. This study aims to predict human resource requirements using a novel approach that combines neural networks with the Whale Optimization Algorithm (WOA) and Simulated Annealing (SA).

Method: This applied, quantitative research analyzed a dataset of 30,000 records. The proposed method integrates neural networks' pattern recognition capabilities with WOA and SA's optimization strengths to enhance the accuracy and efficiency of human resource needs prediction. The hybrid model was designed to address limitations in traditional forecasting methods.

Findings: The hybrid model demonstrated significant improvements over traditional methods, achieving a 15% increase in prediction accuracy and a 20% reduction in computational time. It also showed enhanced robustness when tested with varied input parameters, maintaining consistent performance across different scenarios.

Conclusion: This study underscores the potential of advanced data mining techniques in enhancing human resource planning. The proposed method offers organizations a more reliable tool for forecasting staffing needs and making strategic decisions. Future research should explore its applicability across various industries and investigate its potential for real-time workforce optimization. Additionally, integrating this model with existing HR systems could provide a comprehensive solution for dynamic workforce management.

Cite this article: Arab Karami, S, Nazari Farrokhi, E, & Dolatshah, B. (2024). Intelligent Prediction of Human Resource Requirements in Organizations: A Data Mining Approach, *Intelligent Management of Human Capital*, 1 (1), 1-27.
https://doi.org/10.22034/imhr.2024.464939.1007

Publisher: Human Capital institute, Command and Staff University of I.R.I Army , https://www.imhr.ir
© "Authors retain the copyright and full publishing rights."
DOI: 10.22034/imhr.2024.464939.1007

1. Master's Degree in Information Technology Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. E-mail: Ak.shahrzad@yahoo.com.
2. Corresponding author, Assistant Professor and Faculty Member at the Command and Staff University of the Army of the Islamic Republic of Iran (AJA), Tehran, Iran. E-mail: e.farokhi@casu.ac.ir.
3. Assistant Professor and Faculty Member at the Command and Staff University of the Army of the Islamic Republic of Iran (AJA), Tehran, Iran. E-mail: b.doltshah@casu.ac.ir.

Quarterly journal
Intelligent Management of Human Capital
https://www.imhr.ir
Online ISSN: 3060-6950

Intelligent Prediction of Human Resource Requirements in Organizations: A Data Mining Approach

Extended ABSTRACT

Background and Objective: In recent years, human resources have become a central focus for organizations, with a substantial portion of their time and investment dedicated to optimizing workforce management. The success or failure of an organization is intricately linked to how effectively it attracts, retains, and deploys workforces. One of the most critical management challenges is selecting and placing the most suitable individuals in the right roles. Data mining, which involves extracting valuable, unexpected, and insightful patterns from large datasets, has become an essential tool in this context. This study aims to intelligently predict the number of human resources needed within an organization, thereby facilitating more informed decision-making in this critical area. The goal is to develop a reliable model that can enhance organizational efficiency by accurately forecasting workforce requirements.

Methodology: This applied research adopts a quantitative approach, utilizing a dataset containing 30,000 records. The study introduces a novel method by combining neural networks with the Whale Optimization Algorithm (WOA) and Simulated Annealing (SA). Neural networks, known for their capability to recognize patterns and predict outcomes, are integrated with the Whale Optimization Algorithm, a metaheuristic inspired by the foraging behavior of humpback whales, to optimize the prediction process. Additionally, Simulated Annealing is employed to further refine the optimization, ensuring that the model converges to the best possible solution while avoiding local optima. This hybrid approach is designed to provide a more accurate and efficient means of predicting human resource needs.

Findings: The implementation of the proposed method yielded significant improvements in prediction accuracy and efficiency compared to other traditional methods. The hybrid model, combining neural networks, Whale Optimization Algorithm, and Simulated Annealing, outperformed existing approaches in several key performance metrics. This model not only demonstrated higher accuracy in predicting workforce requirements but also exhibited faster convergence and greater robustness. These findings suggest that the proposed method is a powerful tool for human resource planning, offering organizations a more reliable and effective way to anticipate and meet their staffing needs.

Conclusion: The study underscores the importance of advanced data mining techniques in enhancing human resource management. By integrating neural networks with the Whale Optimization Algorithm and Simulated Annealing, the research presents a novel approach that significantly improves the accuracy and efficiency of workforce predictions. The superior performance of the proposed method highlights its potential to support more strategic decision-making processes within organizations. This approach not only optimizes the allocation of human resources but also contributes to the overall success of the organization by ensuring that the right personnel are in the right positions. Future research could explore the adaptability of this method across different industries and organizational contexts to further validate its effectiveness.

Keywords: *Human Resources, Data Mining, Artificial Neural Network, Blue Whale Algorithm, Refrigeration Simulation.*

فصلنامه علمی مدیریت هوشمند سرمایه انسانی
https://www.imhr.ir
Online ISSN: 3060-6950

پیش‌بینی هوشمند تعداد نیروی انسانی در سازمان با رویکرد داده کاوی

شهرزاد عرب کرمی[۱] | ابراهیم نظری فرخی[۲]✉ | بهروز دولتشاه[۳]

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۲/۱۰

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۳/۰۵/۰۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۵/۱۰

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۰۶/۱۰

کلیدواژه‌ها:
نیروی انسانی، هوشمند، داده‌کاوی، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم نهنگ آبی، الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی.

چکیده

زمینه و هدف: در سال‌های اخیر، سازمان‌ها به طور فزاینده‌ای بر بهینه‌سازی مدیریت منابع انسانی تمرکز کرده‌اند و متوجه شده‌اند که موفقیت آن‌ها به جذب، نگهداری و به‌کارگیری مؤثر استعدادها بستگی دارد. داده‌کاوی، که الگوهای ارزشمندی را از مجموعه داده‌های بزرگ استخراج می‌کند، نقش مهمی در این فرآیند دارد. این مطالعه به منظور پیش‌بینی نیازهای نیروی انسانی با استفاده از رویکرد جدیدی که شبکه‌های عصبی را با الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ (WOA) و شبیه‌سازی تبریدی (SA) ترکیب می‌کند، انجام شده است.

روش‌شناسی: این تحقیق، که بر اساس مجموعه داده‌ای شامل ۳۰،۰۰۰ رکورد انجام شده، از نوع کاربردی و کمی است. روش پیشنهادی، قابلیت‌های شناسایی الگوهای شبکه‌های عصبی را با نقاط قوت بهینه‌سازی WOA و SA ترکیب می‌کند. این مدل ترکیبی به منظور بهبود دقت و کارایی در پیش‌بینی نیازهای نیروی انسانی طراحی شده است.

یافته‌ها: مدل ترکیبی به طور قابل توجهی دقت پیش‌بینی، کارایی و استحکام را نسبت به روش‌های سنتی بهبود داد. یافته‌ها نشان می‌دهند که این رویکرد ابزاری قدرتمند برای برنامه‌ریزی منابع انسانی است و به سازمان‌ها راهی قابل اعتمادتر برای پیش‌بینی نیازهای نیروی کار و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک ارائه می‌دهد.

نتیجه‌گیری: این مطالعه بر اهمیت تکنیک‌های پیشرفته داده‌کاوی در بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری مرتبط با منابع انسانی تأکید دارد. روش پیشنهادی نه تنها تخصیص نیروی کار را بهینه می‌کند بلکه با اطمینان از اینکه افراد مناسب در نقش‌های مناسب قرار دارند، به موفقیت سازمان نیز کمک می‌کند. تحقیقات آینده می‌توانند کاربرد این روش را در صنایع مختلف بررسی کنند تا اثربخشی آن بیشتر تأیید شود.

استناد: عرب کرمی، شهرزاد؛ نظری فرخی، ابراهیم؛ و دولت شاه، بهروز (۱۴۰۳). پیش‌بینی هوشمند تعداد نیروی انسانی در سازمان با رویکرد داده کاوی، *فصلنامه مدیریت هوشمند سرمایه انسانی*، ۱ (۱)، ۲۷-۱.

https://doi.org/10.22034/imhr.2024.464939.1007

ناشر: پژوهشکده سرمایه انسانی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، https://www.imhr.ir

© «حق نشر (کپی رایت) و کلیه حقوق انتشار برای نویسندگان محفوظ است.»

DOI: 10.22034/imhr.2024.464939.1007

۱. کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، رایانامه: Ak.shahrzad@yahoo.com.

۲. نویسنده مسئول، استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه: e.farokhi@casu.ac.ir.

۳. استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه: b.doltshah@casu.ac.ir.

مقدمه

مهمترین سرمایه‌ی سازمان، نیروی انسانی آن است (Ahmadi, 2019). در سال‌های اخیر توجه به نیروی انسانی در سازمان‌ها، بخش عظیمی از زمان و سرمایه سازمان‌های پیشرو را به خود اختصاص داده است (Agarwal, 2021). موفقیت یا شکست سازمان، بستگی به چگونگی جذب و نگهداری منابع انسانی دارد (Alinaqian, 2021). همچنین انتخاب و به کارگیری شایسته‌ترین افراد در هر شغل یکی از مهمترین مسائل و تصمیم‌های مدیریتی محسوب می‌شود. از سوی دیگر، تولید فراوان داده‌هایی که در حوزه‌های سازمانی ایجاد می‌شوند (Beardwell, 2004)، به مثابه قطعات طلایی هستند که از لجن‌های حاصل از فرآوری مس، بدست می‌آیند. بنابراین در دنیای امروز داده‌ها و اطلاعات اولیه از اهمیت زیادی برخوردار نیستند. اغلب به صورت گسترده و توزیعی در اختیار همه است اما فرآوری و بازپروری آن و تولید دانش و استخراج گزاره‌های آن در فرآیند غنی‌سازی داده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است (Zhang, 2021). بنابراین سازمان‌ها باید به دانش و مهارت‌های مربوط به فرآوری اطلاعات همانند داده‌کاوی تسلط داشته باشند (Woods, 2020).

با توجه به وجود بانک داده‌های فراوان در سازمان‌ها (به ویژه حوزه مدیریت منابع انسانی) تاکنون در تحقیقات جدید از الگوریتم‌های داده‌کاوی استفاده نشده است و در این تحقیق تلاش داریم تا با استفاده از مفهوم و الگوریتم‌های داده‌کاوی، عوامل و قواعد موثر بر عملکرد نیروی انسانی شناسایی شده و با کشف الگوهای پنهان بین وضعیت کارکنان با کارایی و اثربخشی آنها و اعلام آن به مدیران، بتوان آنها را برای تصمیم‌گیری در مورد استخدام و انتخاب صحیح کارکنان، هدایت نمود. از جمله موارد اهمیت انجام این تحقیق، امکان پیش‌بینی نیروهای موردنیاز برای استخدام در سال‌های آینده، تشخیص الگوهای پنهان در راستای تعداد نیروی انسانی مورد نیاز و استخدام و خروج آنها از سازمان است و از جمله موارد ضرورت انجام تحقیق امکان اشتباه شدن تعداد نفرات موردنیاز برای استخدام در صورت استفاده نکردن از داده‌کاوی و همچنین استفاده نکردن از نظرات و سوابق گذشته تاثیر منفی بر روی روند استخدامی خواهد گذاشت.

داده‌کاوی در حقیقت کشف ساختارهای جالب توجه، غیرمنتظره و با ارزش از داخل مجموعه وسیعی از داده‌ها است و فعالیتی است که بطور اساسی با آمار و تحلیل دقیق داده‌ها منطبق است (Visweswaran, 2022). پیش‌بینی می‌شود که داده‌کاوی در دهه‌ی آینده با توسعه انقلابی مواجه شود (Thapa, 2021). حال سوال اصلی این است که: روش مناسب برای پیش بینی هوشمند تعداد نیروی انسانی سازمان کدام است؟ متغیرهای اثرگذار بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی سازمان کدامند؟ دسته‌بندی متغیرها براساس تاثیرگذاری بر روی پارامترهای پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی به چه صورت انجام می‌گیرد؟ کدام یک از روش‌های داده‌کاوی، می‌تواند بطور مطلوبی

برای پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی مورداستفاده قرار بگیرد؟ و در نهایت چگونه می‌توان میزان دقت و صحت روش پیشنهادی تعیین کرد؟

مرور مبانی نظری و پیشینه‌ها

مدیریت در چارچوب یک سازمان صورت می‌گیرد. این سازمان می‌تواند یک شرکت خصوصی، یک اداره‌ی دولتی یا یک سازمان غیردولتی باشد. برخی از سازمان‌ها در طول زمان ایجاد شده و باقی می‌مانند، در حالی که برخی دیگر به منظور انجام برخی وظایف خاص راه‌اندازی، و پس از انجام آن کارها منحل می‌شوند (Saeedbakhsh, 2021). برای تعریف سازمان، افراد مختلف بر جنبه‌های مختلفی تأکید دارند. با این حال اکثر تعاریف هم‌نظرند که سازمان‌ها عبارتند از: گروه‌هایی از افراد که باهم فعالیت‌هایی را انجام می‌دهند تا به اهداف یا مقاصد مشترکی دست یابند (Rehman, 2021). سازمان‌ها دارای تعدادی سیستم فرعی و مجموعه‌ای از رویه‌های مرتبط هستند که از طریق آن‌ها عمل می‌کنند (Rangriz, 2017). سیستم‌ها بسته به نوع سازمان انواع مختلفی دارند (Palacios, 2021). داده‌های اطلاعاتی به عنوان یکی از منابع حیاتی سازمان شناخته می‌شود و بسیاری از سازمان‌ها با اطلاعات و دانش سازمانی خود مانند سایر دارایی‌های ارزشمندشان برخورد می‌کنند (Kumar, 2023). داده اطلاعاتی[1] به اطلاعات خام سازمان و اطلاعات[2] به داده‌های پردازش شده اتلاق می‌شود. همچنین داده های پردازش شده پس از طبقه‌بندی و آنالیز به دانش سازمان[3] تبدیل می‌گردند (Jokar, 2022).

فناوری‌های نوین اطلاعاتی و ارتباطی و همچنین تکنولوژی‌های پشتیبان تصمیم، با جمع‌آوری، ذخیره، ارزیابی، تفسیر و تحلیل، بازیابی و اشاعه اطلاعات و دانش به کاربران خاص، می‌توانند در اطلاع‌یابی به‌موقع، صحیح و موردنیاز به افراد تاثیر زیادی داشته باشند (Haghi, 2021). داده‌کاوی شامل استفاده از ابزارهای پیشرفته تحلیل داده به منظور کشف الگوهای معتبر، از قبل ناشناخته و روابط در مجموعه داده‌های بزرگ است (Daniel, 2005). داده‌کاوی می‌تواند روی داده‌های کمی، متنی یا چندرسانه‌ای انجام‌گیرد. کاربردهای آن شامل موارد زیر می‌باشد:

- قوانین وابستگی[4]: الگوهایی که در آن وجود یک آیتم دلالت بر وجود آیتم دیگر دارد.
- کلاس‌بندی: انتساب الگوها به یک مجموعه کوچک از کلاس‌های از قبل تعریف شده به وسیله‌کشف بعضی روابط بین ویژگی‌ها.

---
[1] Data
[2] Information
[3] Knowledge
[4] Acossiation Rule

- خوشه‌بندی[1]: گروه‌بندی مشتریان یا مجموعه الگوهایی که ویژگی‌های مشابهی دارند.
- پیش‌گویی[2]: کشف الگوها برای پیش‌گویی منطقی درباره آینده.
- تحلیل مسیر[3] یا الگوهای ترتیبی: الگوهایی که در آن یک رخداد منجر به وقوع رخداد دیگر می‌شود.

فرآیند کشف دانش از پایگاه داده‌ها شامل پنج مرحله است که عبارتند از (Chien, 2007): انبارش داده‌ها، انتخاب داده‌ها، تبدیل داده‌ها، کاوش در داده‌ها، تفسیر نتیجه. داده‌کاوی یکی از مراحل این فرآیند است که به عنوان بخش چهارم آن نقش مهمی در کشف دانش از داده‌ها ایفا می‌کند.

جدول ۱. مقایسه بین کارهای انجام شده

ردیف	عنوان	پژوهشگر	سال	خلاصه تحقیق
۱	پیش‌بینی نیروی انسانی درراستای برنامه‌ریزی نیروی انسانی اداره ثبت اسنادواملاک ناحیه یک شیراز ۱۴۰۴-۱۳۹۹بااستفاده ازتحلیل رگرسیون	احمدی و خانی	۱۳۹۸	نتایج نشان داد که میزان تقاضای نیروی انسانی جامعه موردمطالعه برای سالهای آتی افزایش خواهد یافت.
۲	چالش‌ها و فرصت‌های مدیریت منابع انسانی الکترونیک	علینقیان	۱۴۰۰	پس از معرفی موضوع، تاثیرات فناوری اطلاعات بر حوزه منابع انسانی و کل سازمان از جنبه‌های مختلف بررسی شده است؛ سپس، چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌روی منابع انسانی الکترونیک تحلیل شده است. در پایان، موضوع اینترنت اشیاء و نقش آن در مدیریت منابع انسانی ارزیابی شده است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند مبنایی برای شرکت‌ها در استفاده از فناوری اطلاعات در حوزه منابع انسانی باشد.
۳	نقش برنامه‌ریزی مدیریت استراتژیک در جذب نیروی	جوکار و صادقی	۱۴۰۱	نتایج نشان می دهد که نقش برنامه ریزی مدیریت استراتژیک در جذب نیروی انسانی شایسته برای سازمان آموزش و پرورش غیر قابل

[1] Clustering
[2] Prediction
[3] Pth Analysis

ردیف	عنوان	پژوهشگر	سال	خلاصه تحقیق
	انسانی شایسته برای سازمان در تربیت اخلاقی دانش آموزان آموزش و پرورش			انکار است. برنامه‌ریزی مدیریت استراتژیک هرچه دقیق‌تر و توسعه یافته‌تر باشد می‌توان به نتایج درخشان‌تری در حوزه آموزش دست یافت.
۴	مدل برنامه‌ریزی راهبردی نیروی انسانی (مورد مطالعه: بانک توسعه صادرات ایران)	طباطبایی‌فر و حقیقی	۱۴۰۱	نتایج پژوهش نشان داد که راهبرد ضرورت بازمهندسی فرآیندهای جذب و تامین متناسب نیروی انسانی با نیازهای آتی به عنوان بهترین راهبرد برای تدوین برنامه‌ریزی راهبردی نیروی انسانی در بانک توسعه صادرات ایران شناسایی شده است.
۵	پیش‌بینی دشوار است، به ویژه در مورد آینده: منابع انسانی در هزاره جدید	woods	۲۰۲۰	این فرض که منابع انسانی در آینده نسبت به امروز (یا در گذشته) متفاوت خواهد بود، بر اساس برخی روندهای مهم در ایالات متحده است. پیشنهادهایی برای پرداختن به مسائل آینده ارائه می شود و نویسنده امید خود را برای چگونگی شکل گیری منابع انسانی در هزاره جدید شرح می دهد.
۶	مدل‌سازی و پیش‌بینی مدیریت بهینه منابع انسانی	Abbraccciavento & et al.	۲۰۲۰	در این کار، ما یک مدل پیش‌بینی از هزینه ساعتی سالانه به ازای هر کارمند در شرکت‌های بزرگ تعمیر و نگهداری ایجاد می‌کنیم که برای اهداف فروش، بازاریابی و منابع انسانی قابل استفاده است. با داده‌های واقعی تجربی، ما نشان می‌دهیم که چنین مدلی از راه‌حل‌های معمول به‌کار گرفته شده بهتر عمل می‌کند، همچنین با اجازه دادن به یک پیاده‌سازی تطبیقی با استفاده از به‌روزرسانی‌های ماهانه.
۷	کلان داده‌ها و تحقیقات مدیریت منابع انسانی: بررسی یکپارچه و جهت‌گیری‌های جدید برای تحقیقات آینده	Zhang et al.	۲۰۲۱	در این چارچوب، سؤالات پژوهشی بالقوه، سطوح تحلیل متناظر آنها، روش‌های مرتبط، منابع داده و نرم‌افزار را مورد بحث قرار می‌دهیم. سپس روش‌های کلی برای انجام تحقیقات کلان داده در تحقیقات HRM را خلاصه می‌کنیم. در نهایت، ما یک دستور کار آینده را برای به کارگیری رویکردهای کلان داده در تحقیقات

ردیف	عنوان	پژوهشگر	سال	خلاصه تحقیق
				HRM پیشنهاد می‌کنیم و پنج موضوع پژوهشی امیدوارکننده HRM را در سطوح خرد، متوسط و کلان به همراه سه چالش و محدودیتی که محققان HRM ممکن است در عصر داده‌های بزرگ با آن مواجه شوند، شناسایی می‌کنیم.
۸	شیوه‌های SHRM سازمانی و رفتار انعطاف‌پذیر کارکنان: پیامدهایی برای نوآوری باز	Rehman et al.	۲۰۲۱	این تحقیق با گردآوری مفاهیم جدید به مجموعه دانش کمک کرد. سهم اصلی آزمایش نقش رفتار انعطاف‌پذیر فردی بین شیوه‌های مدیریت استراتژیک منابع انسانی و رفتار سازمانی تاب‌آور بود.

یکی از نقاط افتراق پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها این است که در پژوهش‌های صورت گرفته، بیشتر با رویکرد کلان و نگاه استراتژیک به مساله نیروی انسانی در سازمان‌های مختلف پرداخته شده است اما در پژوهش حاضر با رویکرد کمی و با پارادایم پیش‌بینی نیروی انسانی به نوعی آینده‌نگری در حوزه جذب و استخدام سرمایه‌های انسانی مورد مطالعه قرار گرفته که این خود از جنبه‌های نوآوری در پژوهش حاضر به شمار می‌رود.

روش پژوهش

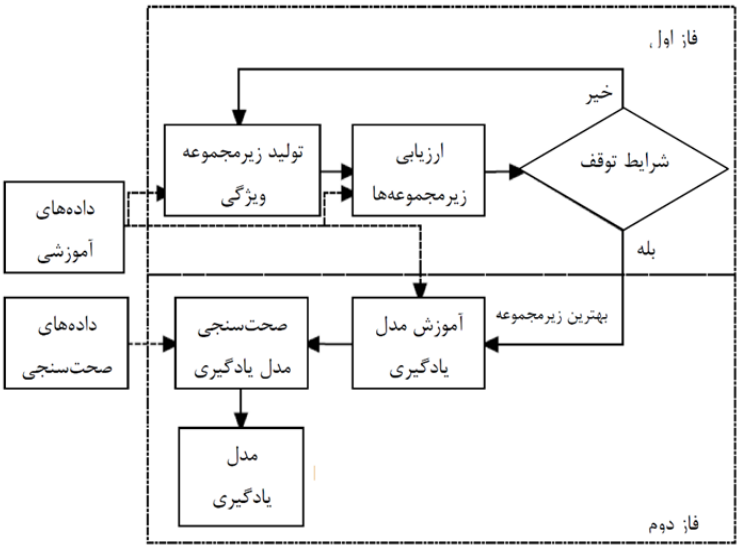
این پژوهش از نوع کاربردی است. در این پژوهش که از حیث هدف، کاربردی و از جنبه‌ی ماهیت از نوع پژوهش‌های همبستگی و همخوانی محسوب می‌شود و مدل آن توسط مطالعات موردی، بررسی و آزمایش می‌شود. با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی، قواعد و روابط پیش‌بینی نیروی انسانی مورد نیاز، شناسایی می‌گردد.جامعه آماری این پژوهش که به منظور آزمایش مدل طراحی شده، مورداستفاده قرار گرفته، عبارت است از: پذیرفته‌شدگان و استخدام شدگان سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در ایران است. این جامعه آماری، خود از جامعه‌ای بزرگتر استخراج شده که در واقع عبارت است از کلیه‌ی شرکت‌کنندگان این آزمون‌ها که بطور متوسط بالغ بر ۳۰۰۰۰ نفر در هرسال بوده‌اند. الگوریتم پیشنهادی از ترکیب سه الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی[1] و الگوریتم تکاملی نهنگ آبی[2] و شبیه‌سازی تبریدی[3] ایجاد شده است. در ابتدا با استفاده از پارامترهای

[1] Artificial Neural Networks
[2] Whale Algorithm
[3] Simulated Annealing

ورودی برای پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی و همچنین خروجی حاصل که همان دارا بودن نیروی انسانی است یا خیر؟، شبکه عصبی مصنوعی ساخته خواهد شد. بطور کلی، مدل تشخیص برای مسائل مربوط به ویژگی‌ها، به فرم عمومی زیراست:

$$X_i=f(x_1 \dots x_n)$$

در این فرم، متغیر X مقدار تشخیص حاصل از اعمال تابع f بر روی ویژگی‌های x_1 تا x_n می‌باشد. شبکه‌های عصبی می‌توانند آموزش دیده شوند تا یک یا چند متغیر مستقل را پیش‌بینی نمایند که البته دقت تشخیص، وابستگی زیادی به آموزش مناسب شبکه دارد.



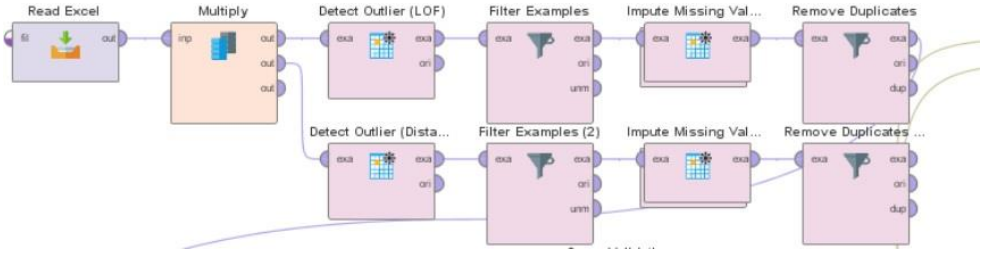
شکل ۱. فلوچارت مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی

مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی شامل ۵ قسمت است که به ترتیب عبارتند از:

- انتخاب مجموعه داده.
- پیش‌پردازش داده‌ها.
- انتخاب ویژگی.
- تولید شبکه عصبی مصنوعی.
- آموزش شبکه عصبی مصنوعی.

○ پیش پردازش داده‌ها

منبع داده‌ها، شامل دیتاست پرسنلی سازمان با ۳۰۰۰۰ رکورد است. در این مقاله با استفاده از الگوریتم cleansing در نرم‌افزار رپیدماینر، داده‌های ناقص، تکراری و اشتباه، حذف شد.



شکل ۲. نمونه‌ای از مراحل پاکسازی داده در نرم‌افزار رپیدماینر

جدول ۲. حذف مقادیر گمشده برای متغیرهای موجود در دیتاست

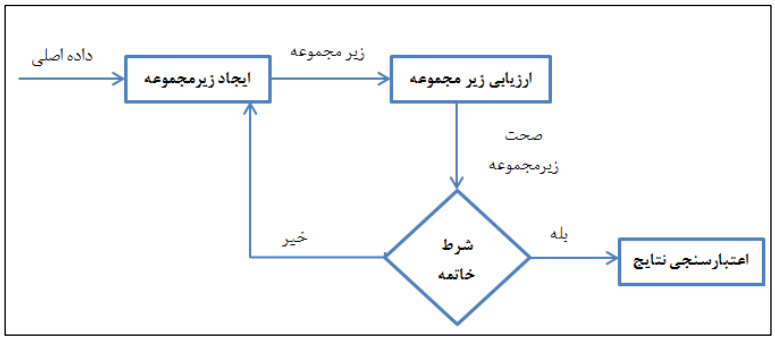
نوع پارامتر	چگونگی حذف مقدار زائد
پارامتر کمی	میانگین کل رکوردهای مجموعه داده
پارامتر کیفی	محتمل‌ترین مقدار در مجموعه داده

- انتخاب ویژگی‌ها از مجموعه داده‌ها

مساله انتخاب ویژگی، شامل سه گام اساسی است:

- روش جستجو.
- ارزیابی زیر مجموعه.
- معیار توقف.

بطور کلی فرآیند انتخاب ویژگی بصورت شکل زیر انجام می‌شود:



شکل ۳. فلوچارت انتخاب ویژگی

برای مساله انتخاب ویژگی از الگوریتم ترکیبی نهنگ آبی و شبیه‌سازی تبریدی استفاده می‌شود. شبه کد این الگوریتم در شکل زیر قابل مشاهده است:

Algorithm 1: Pseudo-code of the WOA algorithm

```
Initialize the whales population Xi (i = 1, 2, ..., n)
Calculate the fitness of each solution
X* = the best search agent.
while i < maximum number of iteration do
    for every solution do
        Update a, A, C, l, and p
        if ( p < 0.5) then
            if ( |A| < 1 ) then
                Update the position of the current solution
            else if ( |A| > 1) then
                Random solution is generated
                Update the position of the current solution
        else if ( p >= 0.5 ) then
            Update the position of the current solution
        end
        Check whether any solution exceeds the search space and adjust it
        Compute the fitness of every solution
        UpdateX* if there is a better solution
        t = t + 1
    end
return X*
```

شکل ۴. شبه کد الگوریتم نهنگ آبی

- نحوه نمایش جواب

هر عضو از مجموعه جمعیت تولید شده از نهنگ ها در این تحقیق از ۳۱ بخش تشکیل شده است. که به صورت دودویی (باینری) تولید و در ادامه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰

مراحل انجام الگوریتم پیشنهادی انتخاب ویژگی بصورت زیر مشخص شده است:

- در الگوریتم پیشنهادی نهنگ آبی و شبیه‌سازی تبریدی، در مرحله اول، باید یک مجموعه تصادفی ایجاد شود. در واقع روند ایجاد این مجموعه تصادفی به گونه‌ای است که ویژگی‌هایی که در زیرمجموعه انتخابی قرار دارند، با عدد ۱ و ویژگی‌هایی که در مجموعه انتخابی قرار ندارند، با عدد ۰ نمایش داده می‌شوند.

Population= Random Generator (1.. N)

که N تعداد ویژگیهای استخراج شده از مرحله قبلی را نشان می‌دهد.

- در مرحله بعدی باید با استفاده از تابع برازش پیشنهادی، میزان برازندگی مجموعه انتخابی، محاسبه شود. برای محاسبه تابع برازش از فرمول زیر استفاده شده است:

$$Fitness = \alpha * Acc(D) + \beta * \frac{|R|}{|N|}$$

که در فرمول بالا، آلفا و بتا ضرایبی بین صفر و یک هستند که توسط کاربر تعیین خواهد شد و ACC(D) نیز به نرخ خطای حاصل از دسته‌بندی مجموعه داده توسط زیرمجموعه ویژگی‌های تولید شده اشاره دارد برای اعمال تغییرات درراستای ایجاد جمعیت جدید، در ابتدا پارامترهای a,a2 بصورت زیر محاسبه خواهند شد:

$$a = 2 - t * (\frac{2}{Max_{iter}})$$
$$a2 = -1 + t * (\frac{-1}{Max_{iter}})$$

که پارامتر t به اندیس حلقه اشاره می‌کند و Max_iter نیز به حداکثر تعداد تکرارها اشاره خواهد کرد.

در مرحله بعدی، پارامترهای A,C بصورت زیر محاسبه خواهند شد:

$$A = 2 * a * r1 - a$$
$$C = 2 * r2$$

که در فرمول‌های بالا، مقدار r1,r2 بصورت تصادفی در بازه ۰و۱ تولید خواهند شد.

همچنین پارامتر l نیز بصورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$l = (a2 - 1) * rand() + 1$$

پس از محاسبه مقادیر بالا، مقدار جواب جدید بصورت زیر محاسبه خواهد شد:

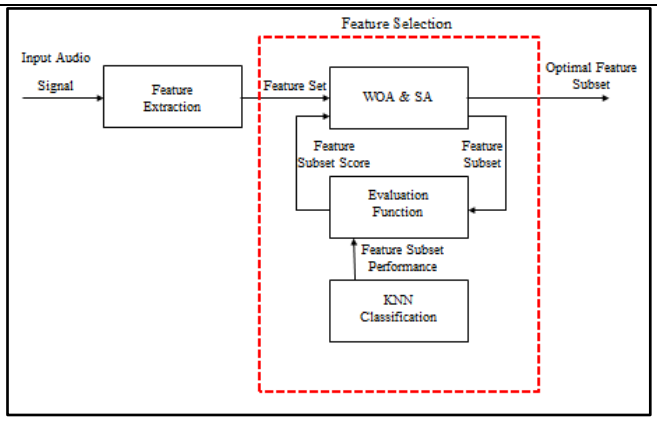
$$New = Mutation(dim, Max_{iter}, Current, subit)$$

که در فرمول بالا، مقدار dim به تعداد متغیرها اشاره دارد. متغیر Max_iter به حداکثر تعداد تکرار اشاره دارد و Current جواب فعلی می‌باشد و همچنین subit نیز به اندیس حلقه اشاره خواهد کرد.

همچنین تابع Mutation نیز بصورت زیر تعریف شده است:

$$r = rand(1..\dim)$$
$$New(r) = rand(sum(r(:)), 1) > 0.5$$

با توجه به توضیحات گفته شده، شکل زیر، روند انجام الگوریتم انتخاب ویژگی را نشان می‌دهد:



شکل ۵. سیستم انتخاب ویژگی الگوریتم پیشنهادی

نحوه نمایش جواب مسئله در الگوریتم شبیه سازی تبرید پیشنهادی مشابه ساختار جوابی است که برای الگوریتم نهنگ آبی ارایه شد. شبه کد الگوریتم SA در شکل زیر قابل مشاهده است:

Simulated annealing algorithm

```
Select the best solution vector x0 to be optimized
Initialize the parameters: temperature T, Boltzmann's constant k, reduction factor c
while termination criterion is not satisfied do
    for number of new solution
        Select a new solution: x0+Δx
            if f(x0+Δx) > f(x0) then
                fnew = f(x0 + Δx);  x0 = x0 + Δx
                else
                    Δf = f(x0 + Δx) − f(x0)
                    random r(0, 1)
                        if r > exp(−Δf/kT) then
                            fnew = f(x0 + Δx),  x0 = x0 + Δx
                            else
                            fnew = f(x0),
                        end if
            end if
        f = fnew
        Decrease the temperature periodically: T = c x T
    end for
end while
```

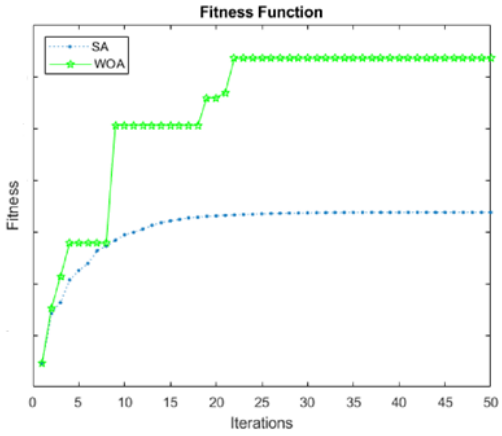
شکل ۶. شبه کد الگوریتم شبیه سازی تبرید

- پارامترهای الگوریتم‌های فراابتکاری

پارامترهای الگوریتم‌های فرا ابتکاری در هنگام اجرا به صورت جدول ۳ تنظیم شده‌اند:

جدول ۳. پارامترهای تنظیم شده برای الگوریتم‌های فراابتکاری

WOA	Iterations = 50, Population = 100, a1_Init = 2, a1_Final = 0, a2_Init = -1, a2_Final = -2, b = 1, Beta = 1.0;
SA	Iterations = 50, Population = 100, T0=10, alpha=0.99;



شکل ۷. مقایسه تابع شایستگی (عکس مقدار Accuracy) برای WOA و SA

همانطوری که مشاهده می‌شود کارایی الگوریتم WOA نسبت به SA بهتر بوده است.

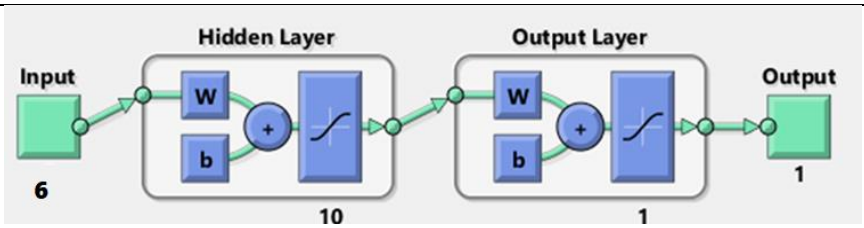
- ایجاد شبکه عصبی ANN با استفاده از مجموعه داده‌ها

در این پژوهش، ساختار شبکه عصبی از نوع پرسپترون چندلایه بوده و دارای ۳ لایه بوده و تعداد گره‌های لایه ورودی برابر با n ویژگی است که در مرحله انتخاب ویژگی مشخص می‌شود و تعداد گره‌های لایه میانی n+1 می‌باشد و همچنین برای لایه خروجی نیز از یک گره و براساس جدول زیر اقدام می‌شود:

جدول ۴. پارامترهای لازم برای ایجاد شبکه عصبی پیشنهادی

پارامتر	مقدار
داده ورودی	ویژگی‌های مجموعه داده
تابع هدف	ستون مربوط به پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی مجموعه داده
تابع آموزش	TRAINLM
تابع آموزشی سازگاری	LearnGDM
تابع کارایی	MSE
تعداد نرون‌ها	۱۰

با توجه به مقادیر موجود در جدول بالا، شبکه عصبی پیشنهادی، بصورت شکل زیر ایجاد خواهد شد:



شکل ۸. شبکه عصبی پیشنهادی

- ارزیابی الگوریتم پیشنهادی

برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی، از معیارهای زیر استفاده می‌شود:

۱- میانگین مجذور خطا MAE

این پارامتر به میانگین تفاوت بین مقدار واقعی و مقدار پیش‌بینی شده اشاره دارد و بصورت فرمول زیر توضیح داده می‌شود:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |value_{actual} - value_{predicted}|}{n}$$

که در فرمول بالا $value_{actual}$ مقدار واقعی پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در مجموعه داده را نشان می‌دهد و $value_{predicted}$ مقدار پیش‌بینی شده نیروی انسانی را نشان می‌دهد.

۲- خطای جذر میانگین مربعات

این پارامتر نیز به خطای بین مقدار واقعی و مقدار پیش‌بینی شده اشاره دارد و بصورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (value_{actual} - value_{predicted})^2}{n}}$$

۳- دقت[1]

دقت میزان درست بودن پیش‌بینی‌های مدل را نشان می‌دهد. به عبارتی، نسبت تعداد نمونه‌های صحیح پیش‌بینی شده به کل نمونه‌ها است:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP+TN+FP+FN}$$

۴- حساسیت[2]

این معیار نشان‌دهنده‌ی توانایی مدل در تشخیص صحیح نمونه‌های مثبت است. این معیار نشان می‌دهد که چه نسبتی از نمونه‌های مثبت به درستی شناسایی شده‌اند.

[1] Accuracy
[2] Sensitivity

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN}$$

۵- ویژگی[1]

بیانگر توانایی مدل در تشخیص صحیح نمونه‌های منفی است. این معیار نشان می‌دهد که چه نسبتی از نمونه‌های منفی به درستی شناسایی شده‌اند.

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP}$$

۶- صحت[2]:

نسبت نمونه‌های مثبت درست پیش‌بینی شده به کل نمونه‌هایی که به عنوان مثبت پیش‌بینی شده‌اند.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP}$$

۷- معیار F1 Score

معیار F1 ترکیبی از دقت و حساسیت است که برای اندازه‌گیری توازن بین این دو معیار به کار می‌رود. به‌خصوص وقتی‌که داده‌ها نامتوازن هستند، این معیار می‌تواند کارآمد باشد.

$$F_1\text{Score} = \frac{\text{Precision} \times \text{Sensitivity}}{\text{Precision} + \text{Sensitivity}} \times 2 \qquad (۵)$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه عصبی به منظور کسب اطلاعات بیشتر در خصوص تاثیر عوامل مختلف بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه از عوامل نشان داده شده در جدول زیر استفاده شده است:

جدول ۵. متغیرهای تاثیرگذار بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه

متغیر	عنوان در مدل
انگیزه	MZ
آزمون	KH
رقابت	MD

[1] Specificity
[2] Precision

متغیر	عنوان در مدل
موانع درک شده	R
نوآوری	N
شایستگی فناوری	SH

- نرمالیته

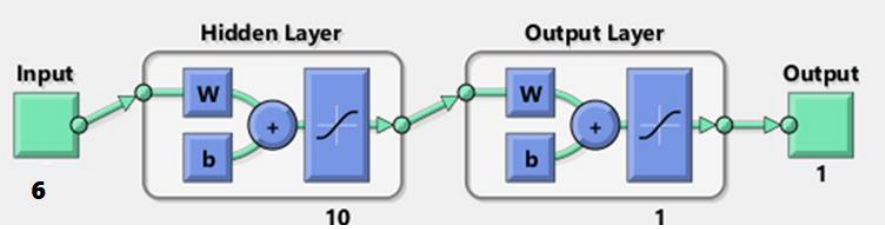
برای تأیید استفاده از رویکرد ANN، ابتدا به طور معمول توزیع داده‌ها را با استفاده از یک آزمون استاندارد آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار می‌دهیم. در جدول زیر تمام مقادیر P کمتر از ۵ درصد سطح معنی‌دار هستند، پس داده‌ها بصورت نرمال توزیع نمی‌شوند.

جدول ۶. آزمون کولموگروف-اسمیرنف برای متغیرهای تحقیق

متغیر	تعداد نمونه	P-Value	Average	STDER
MZ	۹۷	۰.۰۰۰	۰.۴۳۲۹	۰.۴۹۸
KH	۹۷	۰.۰۰۱	۰.۴۳۱۹	۰.۴۸۲۹
MD	۹۷	۰.۰۰۱	۰.۴۹۴۸	۰.۵۰۲۵
R	۹۷	۰.۰۰۰	۰.۴۳۲۹	۰.۴۹۸
N	۹۷	۰.۰۰۰	۰.۵۷۷۳	۰.۴۹۶۵
SH	۹۷	۰.۰۰۰	۰.۴۷۱۲	۰.۴۷۸۳

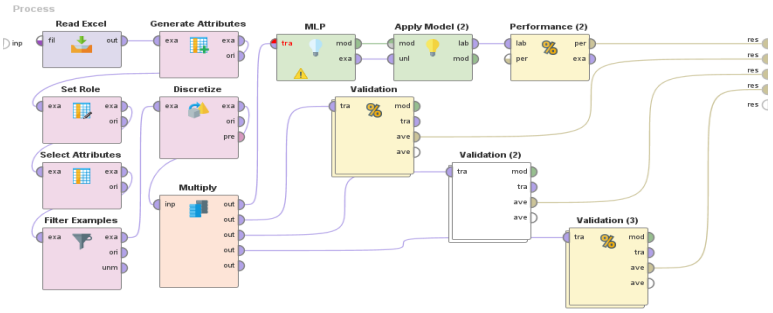
- تجزیه و تحلیل شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی پیشنهادی در این تحقیق از نوع پرسپترون ۳ لایه است که تعداد ۱۰ نرون نیز دارد. ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و ۳۰درصد دیگر را برای تست و دقت پیش‌بینی استفاده می‌کنیم. مقدار نورون‌های پنهان بصورت خودکار تولید شده و تابع Sigmoid از صفر تا یک به ترتیب با خروجی پایین و خروجی نورون‌ها متفاوت و برای تابع خطا نیز از میانگین خطای مطلق استفاده می‌کند. شکل زیر ساختار شماتیک شبکه عصبی پیشنهادی را نشان داده است:



شکل ۹. ساختار شبکه عصبی پیشنهادی

در شکل زیر، شماتیک الگوریتم پیشنهادی را در قالب رپیدماینر نشان داده است:



شکل ۱۰. شماتیک الگوریتم پیشنهادی در قالب رپیدماینر

در ابتدا مجموعه داده ورودی ایجاد شده و عملیات پیش‌پردازش روی آن انجام می‌شود. سپس این مجموعه پیش‌پردازش شده به شبکه عصبی وارد شده و خروجی به ماژول بعدی منتقل شده و در قالب یک فایل اکسل، ذخیره می‌شود.

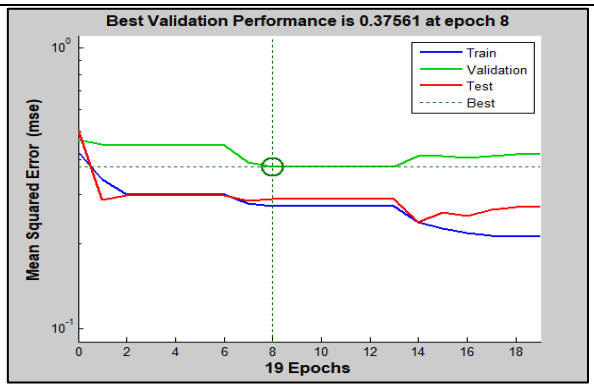
همچنین شکل نیز جدول خروجی شبکه عصبی را نشان می‌دهد:

	1	2	3
1	0.7375	-0.7375	0
2	0.8891	0.1109	1
3	0.5914	0.4086	1
4	0.4559	0.5441	1
5	0.4559	-0.4559	0
6	0.7220	0.2780	1
7	0.5914	-0.5914	0
8	0.5278	0.4722	1
9	0.7375	-0.7375	0
10	0.3374	-0.3374	0
11	0.3369	0.6631	1
12	0.8171	-0.8171	0
13	0.5914	-0.5914	0
14	0.8677	0.1323	1
15	0.8227	0.1773	1
16	0.3045	-0.3045	0
17	0.7220	0.2780	1
18	0.5861	0.4139	1
19	0.5278	0.4722	1
20	0.8891	-0.8891	0

شکل ۱۱. خروجی شبکه عصبی

ستون اول نشان‌دهنده مقدار محاسبه شده خروجی، ستون دوم نشان‌دهنده میزان خطا با مقدار واقعی و ستون سوم نیز نشان‌دهنده تابع هدف یا همان مقدار واقعی بوده است.

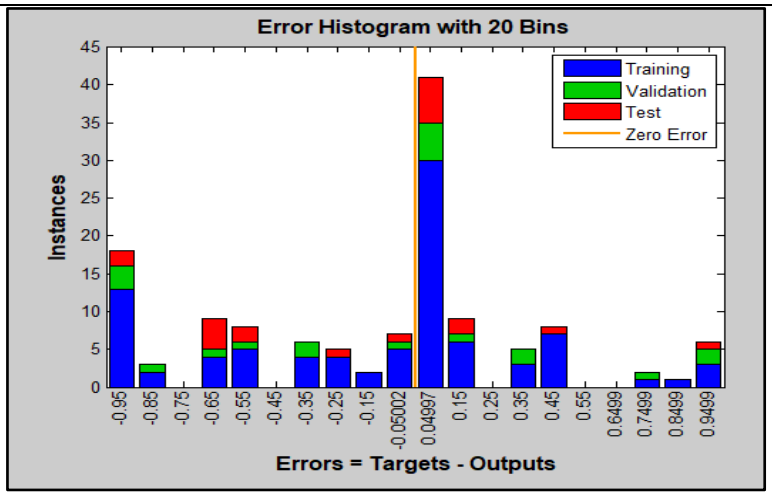
همچنین شکل زیر، نمودار کارایی شبکه عصبی پیشنهادی را برای ۱۹ epoch نشان داده است:



شکل ۱۲. نمودار کارایی شبکه عصبی پیشنهادی

در این نمودار مقادیر کارایی برای مجموعه داده‌های آموزشی، تست و اعتبارسنجی نشان داده شده است. نمودار خطا برای مجموعه داده تست و آموزشی از درجه اختلاف بالایی برخوردار نیست و با یکدیگر تقریباً به یک فرمت تغییر کرده‌اند و این نشان‌دهنده این است که شبکه عصبی دقیقاً براساس آموزشی که دیده است، خروجی مجموعه داده تست را نیز بدست آورده است. این خروجی نیز به این معناست که تاثیر پارامترهای ذکر شده در جدول زیر را بر روی خروجی شبکه عصبی نشان داده است. یعنی با درنظرگرفتن اینکه کدام پارامترها در حال حاضر تاثیرگذار هستند یا نه، می‌توان فهمید که ترکیب این پارامترها نیز آیا بر روی خروجی شبکه عصبی که همان پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه است نیز تاثیرگذار است یا خیر؟. در اینجا شبکه عصبی مقدار تخمین زده شده را بدست آورده است و یک مقدار واقعی نیز در مجموعه داده وجود داشته که برآیند اختلاف این دو مقدار در واقع همان میزان خطای مطلق مجموعه داده شبکه عصبی است.

همچنین شکل، نمودار میزان خطا را برای شبکه عصبی پیشنهادی نشان داده است:



شکل ۱۳. نمودار میزان خطای شبکه عصبی پیشنهادی

در اینجا نمودار ستونی میزان خطا برای تعداد نمونه‌های مختلف نشان داده است. هر ستون دارای ۳ قسمت آبی که نشان‌دهنده مجموعه داده آموزشی است، قسمت سبز که نشان‌دهنده مجموعه داده اعتبارسنجی است و قسمت قرمز نیز که نشان‌دهنده مجموعه داده تست است تشکیل شده است. درواقع براساس تعداد نمونه‌های مختلف که دارای میزان خطای برابر هستند این نمودار رسم شده است.

همچنین جدول زیر، معیارهای کارایی را برای مجموعه داده‌های تست نشان داده است:

جدول ۷. معیارهای کارایی برای مجموعه داده تست

مجموعه داده	تعداد نمونه	معیارMSE
آموزشی	۶۷	۰.۲۷
اعتبارسنجی	۲۰	۰.۳۸
تست	۱۰	۰.۲۹

معیار MSE برای مجموعه داده آموزشی برابر با ۰.۲۷، برای مجموعه داده اعتبارسنجی برابر با ۰.۳۸ و برای مجموعه داده تست برابر با ۰.۲۹ محاسبه شده است. پس از آموزش شبکه عصبی، مجموعه داده تست نیز وارد سیستم شده و معیار MSE برابر با ۰.۲ محاسبه شده است. دراینجا بررسی می‌شود که آیا پارامترهای جدول، تاثیر معناداری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی دارند یا خیر. برای همین منظور، ۶ فرضیه زیر مطرح می‌شوند:

- انگیزه تاثیر مثبت و معناداری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه دارد.
- آزمون تاثیر مثبت و معناداری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه دارد.
- رقابت تاثیر مثبت و معناداری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه دارد.
- موانع درک شده تاثیر مثبت و معناداری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه دارد.
- نوآوری تاثیر مثبت و معناداری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه دارد.
- شایستگی فناوری تاثیر مثبت و معناداری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه دارد.

بررسی تایید و یا عدم تایید این فرضیه‌ها به صورت زیر ارائه شده است:

- ✓ فرضیه اول: ضریب تاثیر این پارامتر بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی مقدار ۰.۲۵ از سطح معنادار ۰.۰۰۵ بیشتر است، بنابراین فرضیه مورد تایید است.
- ✓ فرضیه دوم: ضریب تاثیر این پارامتر بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی برابر با ۰.۳۵ از سطح معنادار ۰.۰۰۵ بیشتر است، بنابراین فرضیه مورد تایید است.
- ✓ فرضیه سوم: ضریب تاثیر این پارامتر بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی سازمان مورد مطالعه برابر با ۰.۲۵ از سطح معنادار ۰.۰۰۵ بیشتر است، بنابراین فرضیه مورد تایید است.
- ✓ فرضیه چهارم: ضریب تاثیر این پارامتر بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه برابر با ۰.۲۵ از سطح معنادار ۰.۰۰۵ بیشتر است، بنابراین فرضیه مورد تایید است.
- ✓ فرضیه پنجم: ضریب تاثیر این پارامتر بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی سازمان مورد مطالعه برابر با ۰.۱۵ از سطح معنادار ۰.۰۰۵ بیشتر است، بنابراین فرضیه مورد تایید است.
- ✓ فرضیه ششم: ضریب تاثیر این پارامتر بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی در سازمان مورد مطالعه برابر با ۰.۱۵ از سطح معنادار ۰.۰۰۵ بیشتر است، بنابراین فرضیه مورد تایید است.
- ✓

جدول ۸. خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده

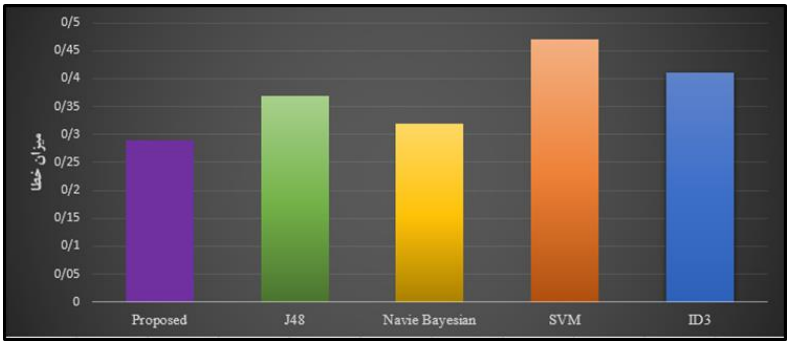
ردیف	رابطه	ضریب تاثیر	میزان دقت شبکه عصبی	سطح معناداری	نتیجه آزمون
۱	تاثیر مثبت و معنادار انگیزه بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۲۵	۰.۷۹	۰.۰۰۵	تایید
۲	تاثیر مثبت و معنادار آزمون بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۳۵	۰.۸۶	۰.۰۰۵	تایید

ردیف	رابطه	ضریب تاثیر	میزان دقت شبکه عصبی	سطح معناداری	نتیجه آزمون
۳	تاثیر مثبت و معنادار رقابت بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۲۵	۰.۷۱	۰.۰۰۵	تایید
٤	تاثیر مثبت و معنادار موانع درک شده بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۲۵	۰.۶۵	۰.۰۰۵	تایید
٥	تاثیر مثبت و معنادار نوآوری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۱۵	۰.۷۳	۰.۰۰۵	تایید
٦	تاثیر مثبت و معنادار شایستکی فناوری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۱۵	۰.۶۸	۰.۰۰۵	تایید

با توجه به جدول بالا، ۶ معیار انگیزه، آزمون، رقابت، موانع درک شده، نوآوری و شایستگی فناوری مشخص شده است. با توجه به نتایج شبکه عصبی و میزان دقت بدست آمده و براساس سطح معنی‌دار تعریف شده برای هریک از معیارها، چون میزان دقت شبکه عصبی بیشتر از میزان سطح معنی‌دار تعریف شده است، لذا این فرضیه‌ها مورد تایید هستند.

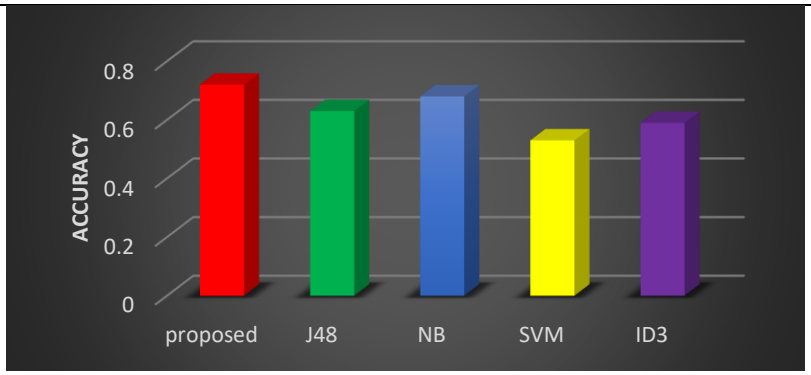
- مقایسه نتایج روش پیشنهادی با سایر روش‌ها

باتوجه به نتایج بدست آمده از میزان خطای حاصل شده از روش پیشنهادی در شکل زیر مقایسه این نتایج را با سایر روش‌های دیگر نشان داده است:



شکل ۱۴. نمودار مقایسه میزان خطای روش پیشنهادی با سایر روش‌ها

میزان خطا برای روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌های دیگر به مراتب کمتر شده است و لذا از این نقطه نظر بهبود یافته است. در شکل زیر، نمودار میزان دقت روش پیشنهادی را با سایر روش‌ها نشان داده است:



شکل ۱۵. مقایسه معیار دقت برای روش پیشنهادی با سایر روش‌ها

میزان دقت برای روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌های دیگر به مراتب بیشتر شده است و لذا از این نقطه نظر بهبود یافته است.

نتیجه گیری

با توجه به توضیحات بالا، جدول، خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده را نشان داده است:

جدول ۹. خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده

ردیف	رابطه	ضریب تاثیر	میزان دقت شبکه عصبی	سطح معناداری	نتیجه آزمون
۱	تاثیر مثبت و معنادار انگیزه بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۲۵	۰.۷۹	۰.۰۰۵	تایید
۲	تاثیر مثبت و معنادار آزمون بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۳۵	۰.۸۶	۰.۰۰۵	تایید
۳	تاثیر مثبت و معنادار رقابت بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۲۵	۰.۷۱	۰.۰۰۵	تایید
۴	تاثیر مثبت و معنادار موانع درک شده بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۲۵	۰.۶۵	۰.۰۰۵	تایید
۵	تاثیر مثبت و معنادار نوآوری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۱۵	۰.۷۳	۰.۰۰۵	تایید
۶	تاثیر مثبت و معنادار شایستگی فناوری بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی	۰.۱۵	۰.۶۸	۰.۰۰۵	تایید

تمام فرضیه‌ها، تائید شدند. در گذشته، براساس اطلاعات و پرسشنامه‌هایی که توسط افراد مختلف

پرشده است، اقدام به استخدام نفراتی را برای سازمان خود کرده است. این استخدام و مشخص شدن تعداد کاملا براساس تجربه نفرات خبره سازمان و همچنین کاملاً بصورت دستی اتفاق افتاده است. دراین تحقیق، روشی برمبنای شبکه عصبی جهت پیش‌بینی تعداد نفرات استخدامی ارائه شد.

با توجه به توضیحات بالا، جواب سوالات تحقیق عبارتند از:

- متغیرهای اثرگذار بر پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی عبارتند از: انگیزه، آزمون، رقابت، موانع درک شده، نوآوری و شایستگی فناوری.
- عملیات پیش‌پردازش به دو صورت عملیات انجام می‌شود: اگر متغیر کیفی باشد از محتمل‌ترین مقدار ممکن استفاده می‌شود و اگر متغیر کمی باشد، از میانگین رکوردهای قبلی استفاده می‌شود.
- از شبکه عصبی که هم قابلیت دقت بالا و هم سرعت بالایی دارد، برای پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی استفاده شده است.
- در این تحقیق از شبکه عصبی پرسپترون ۳ لایه برای پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی استفاده شده است.

پیشنهاد پژوهش‌های آتی:

- طراحی مدلی که نظام ورودی و خروجی سازمان را بررسی کند.
- از منطق فازی در راستای پوشش دادن به مفاهیم و معیارهای کیفی موضوع پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی سازمان استفاده شود.
- استفاده از سایر الگوریتم‌های تکاملی از قبیل: الگوریتم‌های تکاملی ملخ، باکتری در راستای پیش‌بینی تعداد نیروی انسانی سازمان.
- استفاده از سایر پارامترها ازجمله بهبود روابط کاری، تخصص و پیشینه افراد و سوابق.

قدردانی

از کلیه صاحب‌نظران اعم از اساتید و خبرگانی که در انتشار این اثر به‌نحوی مشارکت داشته‌اند قدردانی می‌نماییم. همچنین از خوانندگان این اثر علمی که با بازخوردهای خود ما را در انتشار سایر منابع علمی مرتبط با مدیریت هوشمند سرمایه انسانی یاری می‌رسانند، پیشاپیش سپاسگزاری می‌کنیم.

Acknowledgments

We express our gratitude to all experts, including professors and specialists, who have contributed in any way to the publication of this work. We also extend our appreciation in advance to the readers of this scholarly work, whose feedback supports us in publishing further scientific resources related to intelligent human capital management.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع بالقوه‌ای در رابطه با انتشار این اثر وجود ندارد. علاوه بر این، مسائل اخلاقی از جمله سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوء رفتار علمی، جعل و یا تحریف داده‌ها، انتشار و یا ارسال تکراری و افزونگی، به طور کامل توسط نویسندگان مورد نظارت قرار گرفته است.

Conflict of interest

The authors declare no potential conflict of interest regarding the publication of this work. In addition, the ethical issues including plagiarism, informed consent, misconduct, data fabrication and, or falsification, double publication and, or submission, and redundancy have been completely witnessed by the authors.

حمایت مالی

نویسنده(گان) هیچ‌گونه حمایت مالی برای انجام این پژوهش، نگارش و یا انتشار این مقاله دریافت نکرده‌اند.

Funding

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

منابع

منابع فارسی

- احمدی، یوسف و خانی، امیر. (۱۳۹۸). پیش بینی نیروی انسانی در راستای برنامه‌ریزی نیروی انسانی اداره ثبت اسناد و املاک ناحیه یک شیراز ۱۴۰۴-۱۳۹۹ با استفاده ازتحلیل رگرسیون، *پنجمین کنفرانس بین المللی علوم مدیریت و حسابداری*، تهران. https://elmnet.ir/doc/20966531-41242
- جوکار، خدیجه و صادقی، افسانه. (۱۴۰۱). نقش برنامه‌ریزی مدیریت استراتژیک در جذب نیروی انسانی شایسته برای سازمان در تربیت اخلاقی دانش آموزان آموزش و پرورش، *دومین همایش ملی روان شناسی بالینی کودک و نوجوان*، اردبیل. https://civilica.com/doc/1579113/
- رنگریز، حسن. و معماری، محبوبه. (۱۳۹۶). پیش‌بینی عرضه نیروی انسانی با استفاده از مدل مارکوف طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰. *پژوهش‌های مدیریت منابع انسانی*. ۹(۳). ۱۷۹-۲۰۴. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20084528.1396.9.3.8.8
- علینقیان، نسرین(۱۴۰۰). چالش‌ها و فرصت‌های مدیریت منابع انسانی الکترونیک. *کنفرانس تحول دیجیتال چالش ها و فرصت‌ها*. اصفهان. https://civilica.com/doc/1597470/

منابع انگلیسی

-Abbracciavento, F., Formentin, S., Gualandi, E., Nanni, R., Paoli, A., & Savaresi, S. M. (2020). Modeling and prediction for optimal human resources management. *IFAC-PapersOnLine*, *53*(2),16996 17001. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.04.161

-Agarwal, A., Sharma, S., Kumar, V., & Kaur, M. (2021). Effect of E-learning on public health and environment during COVID-19 lockdown. *Big Data Mining and Analytics*, *4*(2), 104-115. https://doi.org/10.26599/BDMA.2020.9020014

-Ahmadi, Y., & Khani, A. (2019). Predicting human resources for the strategic planning of human resources at the Real Estate Registration Office of District One, Shiraz, 2020-2025, using regression analysis. In the 5th International Conference on Management Sciences and Accounting, Tehran. https://elmnet.ir/doc/20966531-41242 [In Persian].

-Alinaqian, N. (2021). Challenges and opportunities of electronic human resource management. In the Digital Transformation Conference: Challenges and Opportunities, Isfahan. https://civilica.com/doc/1597470/ [In Persian].

-Beardwell, I., Holden, L., & Claydon, T. (2004). *Human resource management*. Harlow: FT/Prentice Hall.

-Chien, C.-F., & Chen, L.-F. (2007). Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry. *Expert Systems with Applications*, *34*(1), 280-290. http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2006.09.003

-Daniel, T., & Larose, J. (2005). *Discovery knowledge in data: An introduction to data mining*. Wiley Interscience. http://dx.doi.org/10.18637/jss.v016.b01

-Haghi Kashani, M., Madanipour, M., Nikravan, M., Asghari, P., & Mahdipour, E. (2021). A systematic review of IoT in healthcare: Applications, techniques, and

trends. *Journal of Network and Computer Applications*, *192*, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103007

-Jokar, K., & Sadeghi, A. (2022). The role of strategic management planning in attracting competent human resources for the organization in the moral education of students in the education system. In the 2nd National Conference on Clinical Psychology of Children and Adolescents, Ardabil. https://civilica.com/doc/1579113/ [In Persian].

-Kumar, S., & Sachdeva, R. (2023). A survey of different supervised learning-based classification models for student's academic performance prediction. In *Proceedings of the International Conference on Innovative Computing and Communications* (Vol. 492, pp. 529-538). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99993-7_47

-Palacios, C. A., Reyes-Suárez, J. A., Bearzotti, L. A., Leiva, V., & Marchant, C. (2021). Knowledge discovery for higher education student retention based on data mining: Machine learning algorithms and case study in Chile. *Entropy*, *23*(4), 485. https://doi.org/10.3390/e23040485

-Rangriz, H., & Memari, M. (2017). Forecasting the supply of human resources using the Markov model during 2016-2021. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20084528.1396.9.3.8.8 [In Persian].

-Rehman, K. U., Mata, M. N., Martins, J. M., Mariam, S., Rita, J. X., & Correia, A. B. (2021). SHRM practices, employee and organizational resilient behavior: Implications for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *7*(2), 107. https://doi.org/10.3390/joitmc7020107

-Saeedbakhsh, S., Sattari, M., Mohammadi, M., & Najafian, J. (2021). Application of data mining techniques in predicting coronary heart disease: A systematic review. *International Journal of Environmental Health Engineering (IJEHE)*, *10*(3), 1-8. https://doi.org/10.4103/IJEHE.IJEHE_47_21

-Thapa, C., & Camtepe, S. (2021). Precision health data: Requirements, challenges and existing techniques for data security and privacy. *Computers in Biology and Medicine*, *129*, 104164. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.104164

-Visweswaran, S., et al. (2022). An atomic approach to the design and implementation of a research data warehouse. *Journal of the American Medical Informatics Association*, *29*(4), 601-608. https://doi.org/10.1093/jamia/ocab204

-Woods, R. H. (2020). Predicting is difficult, especially about the future: Human resources in the new millennium. *International Journal of Hospitality Management*, *18*(4), 443-456. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.04.011

-Zhang, L., Wu, L., Wu, T., & Alamin, A. (2023). Research on application status and deepening strategy of smart campus in primary and secondary schools: Case study of a county in Western China. In *2023 IEEE 12th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT)* (pp. 298-303). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICEIT57125.2023.10107777

-Zhang, Y., Xu, S., Zhang, L., & Yang, M. (2021). Big data and human resource management research: An integrative review and new directions for future research. *Journal of Business Research*, *133*, 34-50. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.10.036