

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Posture Assessment and Musculoskeletal Disorder Risk Prediction in Gas Company Office Workers Using Machine Learning Techniques Based on ROSA Scoring

Ali Dormohammadi¹, Dariush Shahparast², Azam Orooji³, Zahra Esmail Nezhad⁴,
Rajabali Hokmabadi^{1*}

¹Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran

²Industrial Hygiene, North Khorasan Gas Company, Bojnourd, Iran

³Department of Advanced Technologies, Faculty of Medicine, North Khorasan University of Medical Sciences (NKUMS), Bojnurd, Iran

⁴Department of Statistics and Performance Analysis, Health Deputy, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran

Received: 2025/09/02

Accepted: 2026/06/07

ABSTRACT

Introduction: Office workers, who comprise a substantial portion of the country's workforce and use computers extensively, are at risk of developing occupational musculoskeletal disorders. Therefore, the aim of this study is to assess posture and predict the risk of developing musculoskeletal disorders using ML techniques based on ROSA scoring.

Material and Methods: This descriptive-analytical, cross-sectional study was conducted in North Khorasan Gas Company in 1402. This study was conducted in three steps, which included collecting data using the ROSA method and the Nordic questionnaire, creating a prediction model based on machine learning techniques, and evaluating the results based on the criteria of accuracy, precision, sensitivity, specificity, area under the ROC curve, and F criterion. Also, the 10-fold cross validation method was used to evaluate the performance of the models.

Results: The results showed that 32.5% of employees were aged 41 to 45 years and 35% had a work experience of 16 to 20 years. The most pain and discomfort was observed in the back and neck areas with a prevalence of 52.1% and 41.5% of employees, respectively. The results of the ROSA showed that 44.8% of people had a score of 5 and above. The Bayesian Network and RF models achieved accuracy of 80.87 and 80 and sensitivity of 80.9 and 80, respectively. However, the low value of specificity for RF showed that its performance in identifying high-risk cases was low. Considering all performance criteria, the best model was the Bayesian Network, which in addition to high accuracy and sensitivity, also had a specificity of 60.6%.

Conclusion: The results showed that the proposed model can be used to identify and predict musculoskeletal disorders in organizational employees. This tool can also be used as a predictive tool for diagnosing musculoskeletal disorders and interpreting the results effectively and reliably.

Keywords: Assessment, Posture, Risk, Musculoskeletal disorders, Machine learning, ROSA method

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Dormohammadi A., Shahparast D., Orooji A., Esmail Nezhad Z., Hokmabadi R. Posture Assessment and Musculoskeletal Disorder Risk Prediction in Gas Company Office Workers Using Machine Learning Techniques Based on ROSA Scoring. *J Health Saf Work*. 2026; 16(2): 297-315.

* Corresponding Author Email: abi.hse2006@gmail.com

Copyright © 2026 The Authors.

Published by Tehran University of Medical Sciences

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

1. INTRODUCTION

People working in office sectors, which constitute a significant part of the country's working population, spend at least one third of the day in their workplace. One of the equipment that can be seen in office work environments is the computer system, the use of which has increased significantly over the last twenty years. According to reports, more than 77 million people in the United States and 88 million people in the European Union use computers at their workplace, but there are no accurate statistics on Iranian computer users. The results of a study showed that office workers spent about 75% of their working time working with computers; on the other hand, office environments create a complex physical workspace with interaction between the user, workstation and equipment.

Office workers who use computers extensively are at risk of developing occupational musculoskeletal disorders. In organizations, musculoskeletal disorders are a major cause of reduced productivity, absenteeism, disability, and illness. Results from other published articles also show that the risk of developing musculoskeletal disorders is higher in computer users than in other occupations. On the other hand, the work style of individuals, the amount of computer use, and physical posture during work are among the factors that can be used to predict the incidence of musculoskeletal disorders in workplaces.

The ROSA method is a workstation ergonomic tool designed to assess computer-based office work based on observational assessment that examines factors related to office equipment. This method is based on the Canadian Standards Association (CSA) for determining musculoskeletal risk factors for computer work. On the other hand, machine learning (ML) is the programming of machines to optimize performance using data and past experience, and seeks to create a program that automatically improves performance based on past experience. ML methods enable users to discover fundamental structures and make predictions from large data sets.

The increasing use of computers in the workplace has been significantly associated with an increase in the prevalence of musculoskeletal disorders affecting various body regions. Several studies have reported the prevalence of musculoskeletal disorders in the back, shoulders, and neck. So far, many studies have been conducted on the

assessment of posture of office workers—computer users—working in various organizations and work environments in Iran and abroad; however, no study has been conducted on the application of ML techniques based on ROSA scoring to predict the risk of musculoskeletal disorders among computer users. On the other hand, given that continuous and long-term work with a computer and performing tasks in a static and sitting position can be recognized as a risk factor for developing musculoskeletal disorders, the purpose of this study was to evaluate posture and predict the risk of developing musculoskeletal disorders using ML techniques based on the ROSA scoring method.

2. MATERIAL AND METHODS

This descriptive-analytical cross-sectional study was conducted in 2023 in the offices of North Khorasan Gas Company using machine learning techniques based on the ROSA scoring method. In this study, all administrative employees of North Khorasan Gas Company were included in the study through a census. This study was conducted on administrative employees in three steps, which were:

- 1- Extracting risk factors and collecting data using the ROSA method and the Nordic questionnaire
- 2- Creating a prediction model based on machine learning techniques
- 3- Evaluating the results based on the criteria of accuracy, precision, sensitivity, specificity, area under the ROC curve, and F criterion.

Regarding the extraction of risk factors and assessing posture, the ROSA method was used, which was presented by Michael Son et al. in 2012 to identify risk factors of office work and determine priorities to achieve an optimal fit between employees and workstation equipment. The ROSA method is a pen-and-paper method based on the Canadian CSA-Z412 standard that divides the workstation into several sections, including the components of the chair, monitor, telephone, mouse, and keyboard, and determines the risk level of each of these sections. After coding the risk factors identified in each section, neutral postures receive a score of at least one and deviations from these postures receive a score of 1 to 3. Also, the score for the duration of the posture is added to the above score according to the checklist. Finally, the score for each section is entered into the relevant matrix and a final score of zero to ten is obtained

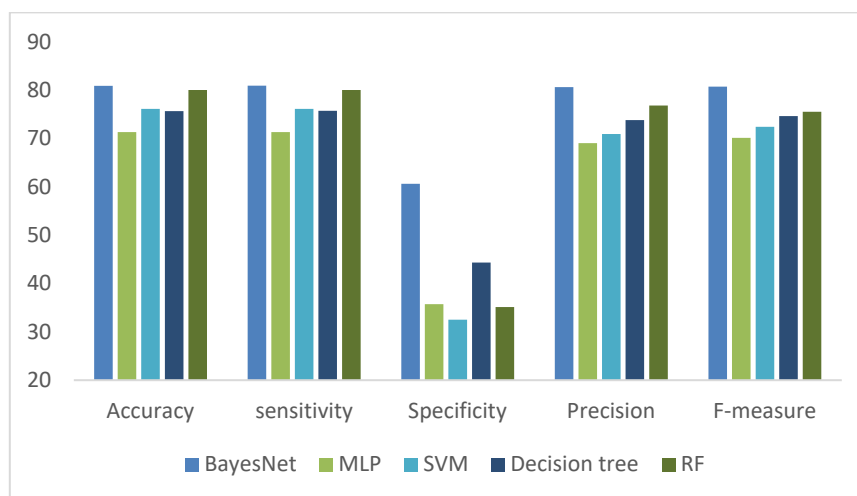


Chart 1: Results from 10-cross fold validation of different ML models

from the resulting matrix. An increase in the score indicates an increase in the risk level. If the ROSA score is 5 or higher, the work surface is high-risk and requires immediate and necessary correction. According to the ROSA standard method, the scores are in the sections of the chair, monitor-telephone, mouse-keyboard, the individual's posture while using these tools, and the duration of work.

In the step of creating a prediction model based on machine learning techniques, several ROSA score prediction models were designed using machine learning techniques. ML techniques included multilayer perceptron, decision tree, Bayesian Network, Support vector machine, and Random forest. These models were designed and operated based on the risk factors identified in the previous step and by predicting the ROSA score; in other words, they can determine who is at the risk of developing musculoskeletal disorders. All models were implemented in the Python software environment. In the step of evaluating the results, based on the criteria of accuracy, precision, sensitivity, specificity, area under the ROC curve, and F criterion, the evaluator score was considered as the gold standard and the output of the models was compared with it. The model output was categorized into two groups: high-risk (scores ≥ 5) and low-risk (scores < 5). Also, the 10-fold cross validation method was used to evaluate the performance of the models. In this method, the data set is divided into ten equal and independent parts, then each time 9 parts are used for training and one part for testing the model. For each step,

performance metrics are calculated and finally their average for ten runs is reported. This method prevents the creation of bias and invalid results.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results showed that 32.5% of employees were aged 41 to 45, 35% had 16 to 20 years of work experience, 50.4% had a bachelor's degree, 65% had a body mass index above 25, 34.2% exercised 1 to 2 hours a week, 54.7% worked on the computer for more than 4 hours a day, and 69.7% did not exercise while working on the computer.

The highest pain and discomfort experienced by office workers in the past 12 months was in the back and neck areas, with a prevalence of 52.1% and 41.5%, respectively. The results of assessing employee posture using the ROSA method showed that 44.8% of people scored 5 or higher in the posture assessment.

Several ML models were implemented and evaluated to identify the best model for predicting the risk of musculoskeletal diseases. Figure 1 shows the results of the 10-cross fold validation. According to Figure 1, although the Bayesian Network and RF models achieved accuracy of 80.87 and 80 and sensitivity of 80.9 and 80, respectively, the low specificity value for RF indicates that its performance in identifying high-risk cases was low. Considering all performance criteria, the best model was the Bayesian Network, which in addition to high accuracy and sensitivity, also had a specificity of 60.6%.

The confusion matrix of the Bayesian network model is shown in Figure 1. According to the results

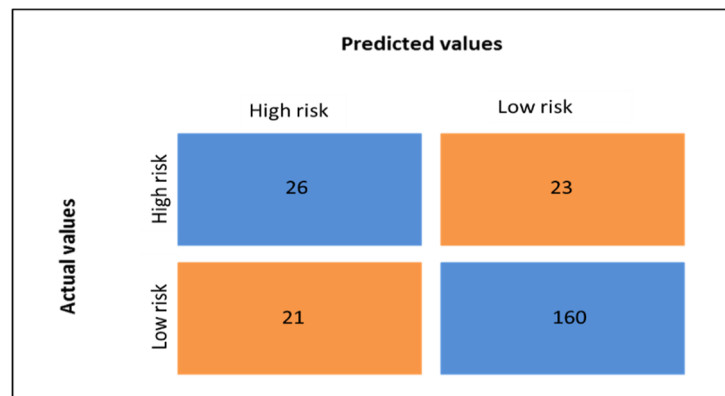


Fig. 1: Bayesian Network Confusion Matrix

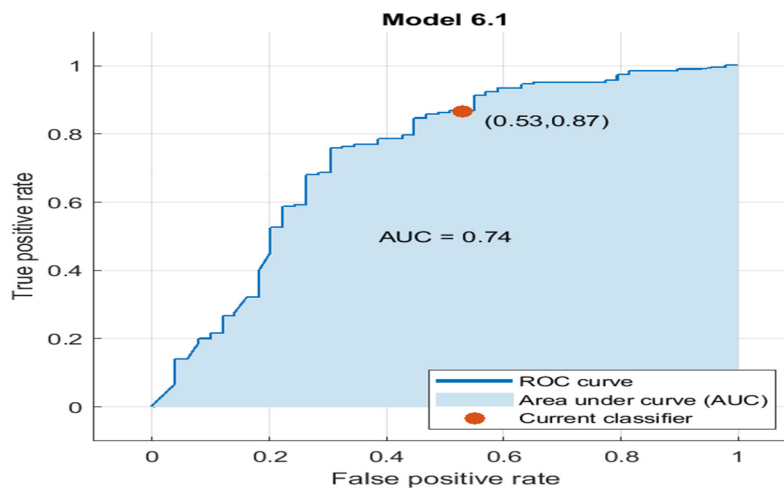


Fig. 2: ROC chart for Bayesian Network algorithm

of the figure, in the positive class (High risk), 26 cases were correctly identified as positive, while 23 cases were incorrectly classified in the negative class. In contrast, 21 cases of the negative class (Low risk) were incorrectly classified in the positive class. Overall, 80.87% of the total data were correctly classified (Accuracy). The accuracy in other models varied between 71.3 (MLP) and 80 (RF).

Figure 2 shows the ROC plot for the Bayesian Network algorithm, which had an area under the curve (AUC) of 0.74.

4. CONCLUSIONS

This cross-sectional study was conducted with the aim of assessing posture and predicting the risk of musculoskeletal disorders using machine learning techniques based on the ROSA scoring

method. The highest pain and discomfort in the past 12 months was observed in the back and neck areas of office workers.

The results of the present study indicate that computer users are exposed to musculoskeletal disorders due to the type and nature of their work. According to the results of the Nordic questionnaire, the highest prevalence of musculoskeletal disorders was in the back and neck areas, respectively. In the present study, there was a significant relationship between work experience and the prevalence of musculoskeletal disorders.

The results of assessing the posture of employees using the ROSA method showed that 44.8% of people scored 5 or higher in the posture assessment, and considering all performance criteria, the best model was the Bayesian Network,

which in addition to high accuracy and sensitivity, had a specificity of 60.6%.

This study used the ROSA method, the Nordic questionnaire, and machine learning models to assess posture and predict the risk of developing musculoskeletal disorders in the workplace. The proposed model showed significant accuracy and precision. The results demonstrated that this model can be used to identify and predict musculoskeletal disorders in office employees and has the potential to accelerate the identification process and reduce costs. This tool can also be used as a predictive tool for diagnosing musculoskeletal disorders and interpreting the results effectively and reliably.

5. ACKNOWLEDGMENT

We hereby express our deepest gratitude and appreciation to the cooperation and comprehensive support of the Vice President for Research and Technology of North Khorasan University of Medical Sciences, as well as the respected colleagues and managers of North Khorasan Province Gas Company for their cooperation in implementing this study.

6. ETHICAL CODE

IR.NKUMS.REC.1401.106

7. FUNDING

National Iranian Gas Company (North Khorasan Province)

ارزیابی پوسچر و پیش بینی میزان ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی کارکنان اداری شرکت گاز با کاربرد تکنیک‌های یادگیری ماشین (Machine Learning) بر اساس امتیازدهی روش ROSA

علی درمحمدی^۱، داریوش شه پرست^۲، اعظم اروچی^۳، زهرا اسماعیل نژاد^۴، رجبعلی حکم آبادی^۵

^۱گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران

^۲بهداشت صنعتی شرکت گاز خراسان شمالی، بجنورد، ایران

^۳گروه فناوری‌های نوین، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، خراسان شمالی، بجنورد، ایران

^۴گروه توسعه شبکه و ارتقاء سلامت، معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، خراسان شمالی، بجنورد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۱۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۱۷

چکیده

مقدمه: کارکنان اداری که بخش قابل توجهی از جمعیت کاری کشور را تشکیل می‌دهند به طور گسترده از رایانه استفاده می‌کنند، که در معرض ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی شغلی می‌باشند. لذا هدف از این مطالعه، ارزیابی پوسچر و پیش بینی میزان ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی با کاربرد تکنیک‌های ML بر اساس امتیازدهی روش ROSA می‌باشد.

روش کار: این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی و به صورت مقطعی در سال ۱۴۰۲ در شرکت گاز خراسان شمالی انجام گرفت. این مطالعه در سه گام شامل جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از روش ROSA و پرسش‌نامه نوردیک، ایجاد مدل پیش بینی بر اساس تکنیک‌های یادگیری ماشین و ارزیابی نتایج براساس معیارهای صحت، دقت، حساسیت، ویژگی، سطح زیر نمودار ROC و معیار F بود. همچنین به منظور ارزیابی عملکرد مدلها از روش 10-fold cross validation استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ۳۲٫۵٪ کارکنان در سن ۴۱ تا ۴۵ سال و ۳۵٪ دارای سابقه کار ۱۶ تا ۲۰ سال بودند. بیشترین احساس درد و ناراحتی در نواحی کمر و گردن به ترتیب با شیوع ۵۲٫۱٪ و ۴۱٫۵٪ در کارکنان مشاهده گردید. نتایج روش ROSA نشان داد که ۴۴٫۸٪ افراد دارای نمره ۵ و بالاتر بودند. مدل‌های Bayesian Net- و RF و work به ترتیب به صحت ۸۰٫۸۷ و ۸۰ و حساسیت ۸۰٫۹ و ۸۰ دست یافته اند، اما مقدار پایین ویژگی برای RF نشان داد عملکرد آن در شناسایی موارد high risk، پایین بود. با توجه به همه معیارهای عملکردی، بهترین مدل، Bayesian Network بود که علاوه بر صحت و حساسیت بالا، ویژگی آن نیز ۶۰٫۶٪ می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که می‌توان از این مدل برای شناسایی و پیش‌بینی اختلالات اسکلتی-عضلانی در کارکنان سازمانی استفاده کرد. همچنین این ابزار می‌تواند جزء ابزارهای پیش‌بینی برای تشخیص اختلالات اسکلتی-عضلانی و تفسیر مؤثر و مطمئن نتایج مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ارزیابی، پوسچر، ریسک، اختلالات اسکلتی-عضلانی، یادگیری ماشین، روش ROSA

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: abi.hse2006@gmail.com

مقدمه

افراد شاغل در بخش‌های اداری که بخش قابل توجهی از جمعیت کاری کشور را تشکیل می‌دهند، حداقل یک سوم از روز را در محیط کاری خود سپری می‌کنند. این افراد با توجه به اینکه برنامه‌ریزی، اجرا، هدایت و نظارت برنامه‌ها را بر عهده دارند، از جمله مهم‌ترین گروه‌های کاری هر جامعه هستند، به طوری که با روند پیشرفت کشورها، تعداد این گروه‌های کاری افزایش می‌یابد (۱).

یکی از تجهیزاتی که در محیط‌های کار اداری می‌توان مشاهده کرد سیستم رایانه می‌باشد که میزان استفاده از آن طی بیست سال اخیر افزایش چشم‌گیری پیدا کرده است (۲). در بسیاری از مشاغل، استفاده از رایانه ساعات زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. بر اساس گزارش‌ها، بیش از ۷۷ میلیون نفر در آمریکا و ۸۸ میلیون نفر در اتحادیه اروپا در محل کار خود از رایانه استفاده می‌کنند، ولیکن آمار دقیقی از کاربران ایرانی رایانه در دست نیست (۳). به طوری که نتایج مطالعه ای نشان داد کارکنان اداری حدود ۷۵٪ از زمان کاری خود را در کار با رایانه سپری می‌کردند، از طرفی محیط‌های اداری فضای کاری فیزیکی پیچیده ای همراه با تقابل بین کاربر، ایستگاه کاری و تجهیزات ایجاد می‌کنند (۴).

به طوری که در قرن بیست و یکم، رایانه‌ها، تجهیزات حیاتی در امور رسمی سازمان‌ها می‌باشند. کارکنان اداری که به طور گسترده از رایانه استفاده می‌کنند، که در معرض ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی شغلی می‌باشند. در سازمان‌ها، اختلالات اسکلتی-عضلانی از علل اصلی کاهش بهره‌وری، غیبت، ناتوانی و بیماری هستند (۵). استفاده گسترده از دستگاه‌های الکترونیکی، چه به دلیل استفاده طولانی مدت و چه به دلیل وضعیت نامناسب بدن، منجر به اختلالات اسکلتی-عضلانی شده است. این شرایط به برخی از بیماری‌های شغلی شایع در کشورهای مختلف تبدیل شده‌اند که بر سلامت عمومی و تندرستی افراد تأثیر می‌گذارند و به عنوان عامل اصلی کاهش بهره‌وری، افزایش غیبت از کار، ناتوانی، بیماری و هزینه‌های پزشکی عمل می‌کنند (۶). در استرالیا،

بیماری‌های اسکلتی-عضلانی بالاترین هزینه‌ها را در بین تمام گروه‌های بیماری به خود اختصاص می‌دهند که در مجموع به ۱۴.۷ میلیارد دلار می‌رسد (۵). چندین مطالعه مروری، شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی ناشی از کار را در گروه‌های شغلی بخش اداری بررسی کرده‌اند. در بین کاربران رایانه، مطالعات انجام شده در ۱۴ کشور نشان داد که شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی ناشی از کار از ۳۳.۸٪ تا ۹۵.۳٪ متغیر است (۷). نتایج دیگر مقالات منتشر شده نیز نشان می‌دهد که خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی در کاربران رایانه نسبت به سایر مشاغل بیشتر است. از طرفی سبک کار افراد، میزان استفاده از رایانه و پوسچر بدنی در هنگام کار از جمله مواردی هستند که می‌توان از آن در پیش‌بینی میزان ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی در محیط‌های کاری استفاده کرد (۸-۱۰).

برخلاف بسیاری از بیماری‌های ناشی از کار که منشأ آن‌ها تماس با مواد خطرناک می‌باشد، در بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی ممکن است چندین فاکتور نقش داشته باشند. نتایج مطالعات علمی مختلف عوامل ارگونومیک، روانی، اجتماعی، سازمانی و فردی را به عنوان عوامل خطر بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی ناشی از کار شناسایی کرده است. از عوامل ارگونومیک که منجر به بروز این گونه اختلالات می‌شوند می‌توان به وضعیت بدنی نامطلوب، محیط کار غیر استاندارد، حرکات تکراری روزانه و مدت زمان انجام کار را اشاره نمود (۱۱-۱۲). همچنین فاکتورهای محیطی (درجه حرارت، رطوبت، روشنایی)، فاکتور روانی و سازمانی (تقاضای بالا، کنترل کم و فقدان حمایت‌های اجتماعی) و فاکتورهای فردی مثل سن، جنس و شاخص توده بدنی در بروز این صدمات نقش دارند (۱۳).

روش ROSA یک ابزار ارگونومیک ایستگاه کاری است که برای ارزیابی کار اداری کار با رایانه بر اساس ارزیابی مشاهده ای طراحی شده است که فاکتورهای مربوط به تجهیزات اداری را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد (۱۴). این روش بر اساس سازمان استاندارد کانادا (CSA)، برای

تعیین ریسک فاکتورهای اسکلتی-عضلانی کار با رایانه می‌باشد. ریسک فاکتورهایی که در این روش شناسایی می‌شود شامل صندلی، مانیتور و تلفن، موس و کیبورد سازماندهی شده‌اند. این ریسک فاکتورها به هر جزء از محیط کار اداری تأکید می‌کنند و نمره خطر آن را می‌سنجند (۱۵). مدل‌های یادگیری ماشین نیز نقش قابل‌توجهی در بسیاری از سازمان‌ها، صنایع و کاربردها ایفا می‌کنند. به‌گونه‌ای که باعث تغییر رویکرد انسان برای غلبه بر مسائل پیچیده و اتخاذ تصمیمات آگاهانه می‌شوند. مدل‌های یادگیری ماشین در پژوهش‌های علمی و تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله ویژگی‌های متمایزکننده این مدل‌ها می‌توان به قابلیت تفسیر حجم بالای داده، شناسایی الگو و ارائه اطلاعات ارزشمند اشاره کرد (۱۶-۱۸).

یادگیری ماشین (ML)، برنامه‌نویسی برای بهینه‌سازی یک عملکرد با استفاده از داده‌ها و تجربیات گذشته است و در پی راهی برای ایجاد برنامه‌ای است که عملکرد را به صورت خودکار و با توجه به تجربیات گذشته ارتقاء دهد. ML دارای روش‌های مختلفی است که هر کدام بر اساس نوع داده‌ها، هدف مسئله و منابع موجود، کاربردهای متنوعی دارند. برخی از روش‌های اصلی عبارتند از یادگیری با نظارت، بدون نظارت، نیمه نظارتی و تقویتی. روش‌های ML کاربران را قادر به کشف ساختارهای بنیادین و پیش‌بینی از طریق مجموعه داده‌های بزرگ می‌کند (۱۹).

در حال حاضر، کنترل و کاهش اختلالات اسکلتی-عضلانی در بین نیروی کار یکی از مهم‌ترین مشکلات متخصصین ارگونومی در سراسر جهان می‌باشد. اهمیت کنترل و کاهش این اختلالات به قدری است که بسیاری از کشورها، پیش‌گیری از اختلالات اسکلتی-عضلانی ناشی از کار را در بین نیروی کار را به عنوان یکی از اولویت‌های ملی مورد توجه قرار داده‌اند (۲۰-۲۱). استفاده روزافزون از رایانه در محیط کار به طور قابل توجهی با افزایش شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی که نواحی مختلف بدن،

از جمله شانه‌ها، بازوها، آرنج‌ها، مچ دست‌ها، دست‌ها، کمر، پاها و ساق پا را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مرتبط بوده است. مطالعات متعددی شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی را در کمر، شانه و گردن به ترتیب از ۱۷-۶۲٪، ۵-۴۷٪، ۱۷-۴۵٪ گزارش کرده‌اند (۲۲-۲۴). تاکنون مطالعات فراوانی در خصوص ارزیابی پوسچر کارکنان اداری (کاربران رایانه) شاغل در سازمان‌ها و محیط‌های کاری مختلف در داخل و خارج از کشور انجام شده است؛ اما مطالعه‌ای در خصوص کاربرد تکنیک‌های ML بر اساس امتیازدهی روش ROSA جهت پیش‌بینی میزان ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی در بین کاربران رایانه انجام نشده است. از طرفی با توجه به اینکه کار مداوم و طولانی مدت با رایانه و انجام وظایف در حالت استاتیک و نشسته می‌تواند به عنوان یک عامل خطر در ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی شناخته شود و پیش‌گیری از این اختلالات در محیط‌های کاری از اهمیت بالایی برخوردار است، لذا هدف از این مطالعه، ارزیابی پوسچر و پیش‌بینی میزان ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی با کاربرد تکنیک‌های ML بر اساس امتیازدهی روش ROSA می‌باشد.

روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی و به صورت مقطعی و با هدف ارزیابی پوسچر و پیش‌بینی میزان ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی با کاربرد تکنیک‌های یادگیری ماشین (Machine Learning) بر اساس امتیازدهی روش ROSA در سال ۱۴۰۲ در ادارات شرکت گاز خراسان شمالی انجام گرفت. در این مطالعه کلیه کارکنان اداری شرکت گاز خراسان شمالی به صورت سرشماری وارد مطالعه شدند. این مطالعه در سه گام بر روی کارکنان اداری انجام شد که عبارتند از:

- ۱- استخراج ریسک فاکتورها و جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از روش ROSA و پرسش‌نامه نوردیک
- ۲- ایجاد مدل پیش‌بینی بر اساس تکنیک‌های یادگیری ماشین

1. Machine learning

الف) پرسش‌نامه عمومی

ب) پرسش‌نامه اختصاصی

هدف از پرسش‌نامه‌ی عمومی بررسی کلی بوده و در آن علائم اختلالات در کل بدن مطرح می‌شود. در حالی که پرسش‌نامه‌ی اختصاصی به تجزیه و تحلیل عمیق علائم در نواحی خاصی از بدن مانند کمر، گردن، شانه‌ها و مچ و دست می‌پردازد. به طور کلی در طراحی این پرسش‌نامه‌ها دو هدف عمده دنبال شده است: الف) به عنوان ابزاری جهت غربالگری اختلالات اسکلتی - عضلانی ب) برای خدمات بهداشت شغلی. این پرسش‌نامه‌ها می‌توانند جهت سنجش مطالعات اپیدمیولوژیک در زمینه اختلالات اسکلتی - عضلانی به کار برده شوند، اما نمی‌توان از آن‌ها جهت تشخیص کلینیکی استفاده کرد. غربالگری اختلالات اسکلتی - عضلانی می‌تواند به عنوان یک ابزار تشخیصی برای واکاوی محیط کار، ایستگاه کار و طراحی ابزار بکار برده شود. به عنوان مثال، عدم تناسب وظیفه یا ابزار با کاروز، با بروز اختلالات اسکلتی - عضلانی ارتباط دارد و یا این که تمرکز و محل علائم می‌تواند دلیل آن عارضه را بیان کند. در خدمات بهداشت شغلی نیز می‌توان در چندین منظور از این پرسش‌نامه استفاده کرد، تشخیص تنش ناشی از کار و اثر بهبود کار مثال هایی در این زمینه می‌باشد (۲۶).

در گام ایجاد مدل پیش بینی بر اساس تکنیک‌های یادگیری ماشین، چندین مدل پیش بینی نمره ROSA با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین طراحی شد. تکنیک‌های ML شامل multilayer perceptron، درخت تصمیم (decision tree)، شبکه بیزین (Bayesian Network)، ماشین بردار پشتیبان (Support vector machine) و جنگل تصادفی (Random forest) بود. این مدل‌ها بر اساس عوامل خطری که در گام قبلی شناسایی شدند طراحی و عمل کرده و با پیش بینی نمره ROSA می‌توانند تعیین کنند که چه افرادی در معرض خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی هستند. تمامی مدل‌ها در محیط نرم‌افزاری پایتون پیاده سازی شدند.

۳-ارزیابی نتایج براساس معیارهای صحت، دقت، حساسیت، ویژگی، سطح زیر نمودار ROC و معیار F در خصوص استخراج ریسک فاکتورها و ارزیابی پوسچر از روش ROSA استفاده شد که توسط مایکل سون و همکاران (۲۵) در سال ۲۰۱۲ برای شناسایی ریسک فاکتورهای کار اداری و تعیین اولویت برای دستیابی به یک تناسب بهینه بین کارکنان و تجهیزات ایستگاه کاری ارائه شد. روش ROSA، یک روش مبتنی بر قلم و کاغذ و بر گرفته از استاندارد CSA-Z412 کانادا می‌باشد که ایستگاه کار را به چند بخش از جمله اجزای صندلی، مانیتور، تلفن، ماوس و کیبورد تقسیم کرده و سطح ریسک هر کدام از این بخش‌ها را مشخص می‌کند. پس از کدگذاری ریسک فاکتورهای شناسایی شده در هر بخش، پوسچرهای خنثی امتیاز حداقل یک و انحراف از این پوسچرها امتیاز ۱ تا ۳ را کسب می‌کنند، همچنین امتیاز مدت زمان استقرار پوسچر نیز طبق چک‌لیست به امتیاز فوق اضافه می‌شود. در انتها امتیاز هر بخش وارد ماتریس مربوطه شده و امتیاز نهایی صفر تا ده از ماتریس برآیند به دست می‌آید. افزایش امتیاز نشان دهنده افزایش سطح ریسک است. در صورتی که نمره ROSA ۵ و بالاتر باشد سطح کار دارای ریسک بالا است و نیاز به اصلاح فوری و ضروری دارد. طبق روش استاندارد ROSA، امتیازها در بخش‌های صندلی، مانیتور- تلفن، موس- کیبورد، پوسچر فرد حین استفاده از این ابزارها و مدت زمان کار هستند (۲۵).

ارزیابی ارگونومیکی افراد با بازدید و مشاهده از ایستگاه‌های کاری انجام گرفت. کار با مصاحبه‌ای مختصر از افراد در مورد شرایط کاری آن‌ها شروع و سپس ارزیابی محیط کار با روش ROSA توسط چک‌لیست انجام گرفت. تعیین وضعیت اختلالات اسکلتی عضلانی با استفاده از پرسش‌نامه نوردیک انجام شد. ساختار این پرسش‌نامه به گونه‌ای است که می‌توان آن را به دو طریق تکمیل نمود: یکی از طریق مصاحبه و دیگری توسط خود افراد. این پرسش‌نامه از دو بخش تشکیل شده است:

جدول ۱: توزیع فراوانی داده‌های دموگرافیک پرسنل اداره گاز خراسان شمالی

متغیر	فراوانی	درصد (%)
سن (سال)	۲۰-۲۵	۱
	۲۶-۳۰	۶
	۳۱-۳۵	۳۴
	۳۶-۴۰	۷۰
	۴۱-۴۵	۷۶
	۴۶-۵۰	۲۱
	۵۱-۵۵	۱۵
	۵۶-۶۰	۱۱
سابقه کار (سال)	۱-۵	۱۷
	۶-۱۰	۳۲
	۱۱-۱۵	۵۷
	۱۶-۲۰	۸۲
	۲۱-۲۵	۱۹
	۲۶-۳۰	۱۰
	۳۱-۳۵	۱۷
	۳۶-۴۰	۱۲
میزان تحصیلات	فوق دیپلم	۲۹
	لیسانس	۱۱۸
	فوق لیسانس و بالاتر	۷۵
	کم وزن (کمتر از ۱۸/۵)	۲
شاخص توده بدنی	نرمال (۱۸/۵-۲۴/۹)	۸۰
	اضافه وزن (۲۵-۲۹/۹)	۱۲۱
	چاقی متوسط تا شدید (۳۰-۳۴/۹)	۲۸
	چاقی خیلی شدید (بیش از ۳۵)	۳
	.	۵۶
	۱ تا ۲	۸۰
مدت زمان ورزش هفتگی (ساعت)	۲ تا ۴	۳۸
	۴ تا ۶	۳۱
	بیشتر از ۶	۲۹
	۱	۱۶
	۱ تا ۲	۲۲
مدت زمان استفاده روزانه از رایانه (ساعت)	۲ تا ۳	۳۵
	۳ تا ۴	۳۳
	بیشتر از ۴	۱۲۸
	دارند	۷۱
	ندارند	۱۶۳
نرمش حین کار با رایانه		

دو گروه پر خطر (نمرات ≤ 5) و کم خطر (نمرات > 5) دسته بندی شد. همچنین به منظور ارزیابی عملکرد مدلها از روش 10-fold cross validation استفاده شد. در این روش مجموعه داده به ده قسمت مساوی و مستقل

در گام ارزیابی نتایج بر اساس معیارهای صحت، دقت، حساسیت، ویژگی، سطح زیر نمودار ROC و معیار F، نمره ارزیاب به عنوان استاندارد طلایی در نظر گرفته شد و خروجی مدلها با آن مقایسه گردید. خروجی مدل در

جدول ۲: فراوانی شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی پرسنل اداره گاز خراسان شمالی

اندام بدن	احساس درد و ناراحتی در ۱۲ ماه گذشته داشته اند فراوانی (درصد)	احساس درد و ناراحتی در ۱۲ ماه گذشته نداشتند فراوانی (درصد)
گردن	۹۷ (۴۱/۵)	۱۳۷ (۵۸/۵)
شانه	۹۰ (۳۸/۵)	۱۴۴ (۶۱/۵)
آرنج	۲۹ (۱۲/۴)	۲۰۵ (۸۷/۶)
مچ	۵۵ (۲۳/۶)	۱۷۹ (۷۶/۵)
پشت	۷۹ (۳۳/۸)	۱۵۵ (۶۶/۲)
کمر	۱۲۲ (۵۲/۱)	۱۱۲ (۴۷/۹)
ران	۵۰ (۲۱/۴)	۱۸۴ (۷۸/۶)
زانو	۸۶ (۳۶/۸)	۱۴۸ (۶۳/۲)
پا	۴۰ (۱۷/۱)	۱۹۴ (۸۲/۹)

جدول ۳: نتایج ارزیابی ارگونومی پرسنل اداری با روش ROSA

نمره ROSA	فراوانی	درصد (%)
۲	۳	۱/۳
۳	۴۶	۲۰
۴	۷۸	۳۳/۹
۵	۵۴	۲۳/۵
۶	۳۰	۱۳
۷	۱۶	۷
۸	۳	۱/۳
ایستگاه هایی با نمره > 5	۱۲۷	۵۵/۲
ایستگاه هایی با نمره ≤ 5	۱۰۳	۴۴/۸

بیشترین احساس درد و ناراحتی در ۱۲ ماه گذشته در کارکنان اداری در نواحی کمر و گردن بترتیب با شیوع ۵۲،۱٪ و ۴۱،۵٪ در کارکنان مشاهده گردید. (جدول ۲). در جدول ۳ نتایج مربوط به ارزیابی پوسچر کارکنان با روش ROSA نشان داده شده است که ۴۴،۸٪ افراد دارای نمره ۵ و بالاتر در ارزیابی پوسچر کسب کردند.

در جدول ۴ نتایج مربوط به آمار توصیفی متغیرهای گسسته و پیوسته وارد شده در مطالعه بر اساس نمره روش ROSA که به دو گروه کم خطر و پر خطر تعریف شده است نشان داده شده است.

در جدول ۵ نتایج مربوط به پرسش نامه نوردیک که برای سنجش شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی استفاده شده بود در دو گروه کم خطر و پر خطر نشان داده شده است.

تقسیم می شود سپس هر بار ۹ بخش برای آموزش و یک بخش برای تست مدل استفاده می شود. برای هر مرحله معیارهای عملکردی محاسبه شده و در نهایت میانگین آنها برای ده بار اجرا گزارش می گردد. این روش از ایجاد بایاس و نتایج غیر معتبر جلوگیری می کند.

یافته ها

نتایج نشان داد که ۳۲،۵٪ کارکنان در سن ۴۱ تا ۴۵ سال، ۳۵٪ دارای سابقه کار ۱۶ تا ۲۰ سال، ۵۰،۴٪ دارای مدرک لیسانس، ۶۵٪ دارای شاخص توده بدنی بالای ۲۵، ۳۴،۲٪ دارای ورزش هفتگی به میزان ۱ تا ۲ ساعت، ۵۴،۷٪ دارای بیش از ۴ ساعت در روز کار با رایانه و ۶۹،۷٪ نرمش حین کار با رایانه نداشتند (جدول ۱).

جدول ۴: آمار توصیفی متغیرهای گسسته و پیوسته وارد شده در مطالعه بر اساس نمره روش ROSA

ردیف	متغیرهای گسسته	گروه کم خطر فراوانی (درصد)	گروه پرخطر فراوانی (درصد)
۱	جنسیت	مرد زن	۸۹ (۸۶.۴) ۱۴ (۱۳.۶)
۲	وضعیت تاهل	متاهل مجرد	۱۱۹ (۹۳.۷) ۸ (۶.۳)
۳	سطح تحصیلات	دیپلم فوق دیپلم لیسانس فوق لیسانس و بالاتر	۷ (۵.۵) ۱۶ (۱۲.۶) ۶۳ (۴۹.۶) ۴۱ (۳۲.۳)
۴	میزان ورزش در هفته	هیچ ۱-۲ ساعت ۲-۴ ساعت ۴-۶ ساعت بیشتر از ۶ ساعت	۲۹ (۲۲.۸) ۴۷ (۳۷) ۲۳ (۱۸.۱) ۱۴ (۱۱) ۱۴ (۱۱)
۵	ساعت استفاده از کامپیوتر	یک ساعت ۱-۲ ساعت ۲-۳ ساعت ۳-۴ ساعت بیشتر از ۴ ساعت	۳ (۲.۴) ۱۱ (۸.۷) ۱۸ (۱۴.۲) ۲۳ (۱۸.۱) ۷۲ (۵۶.۷)
* The difference between two groups is significant (P<0.05)			
ردیف	متغیرهای پیوسته	گروه کم خطر (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	گروه پرخطر (میانگین $\pm$ انحراف معیار)
۱	سن (سال)	۲۲-۶۰	۴۱.۳۵ $\pm$ ۱۴.۹
۲	سابقه کار (سال)	۱-۳۸	۱۶.۲۹ $\pm$ ۸.۲۷
۳	قد (سانتی متر)	۱۵۰-۱۹۶	۱۷۵.۳۶ $\pm$ ۶.۸۴
۴	وزن (کیلوگرم)	۵۰-۱۳۵	۸۱.۱۸ $\pm$ ۱۱.۳۷۱
* The difference between two groups is significant (P<0.05)			

شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به نتایج شکل، در کلاس مثبت (High risk) ۲۶ مورد به درستی مثبت تشخیص داده شده‌اند در حالی که ۲۳ مورد به اشتباه در کلاس منفی دسته بندی شده‌اند. در مقابل، ۲۱ مورد از نمونه‌های کلاس منفی (Low risk) به اشتباه در کلاس مثبت دسته بندی شده است. به طور کلی، ۸۰.۸۷٪ از کل داده‌ها به درستی دسته بندی شده‌اند (Accuracy). میزان صحت (Accuracy) در سایر مدل‌ها بین ۷۱.۳ (MLP) تا ۸۰ (RF) متغیر است. نمودار ۲ نمودار ROC را برای الگوریتم Bayesian Network نشان می‌دهد که مساحت زیر آن (AUC) برابر ۰.۷۴ است.

چندین مدل ML برای پیش بینی میزان ریسک ابتلا به بیماری‌های اسکلتی-عضلانی پیاده سازی و ارزیابی شده تا بهترین مدل شناسایی شود. نمودار ۱ نتایج حاصل از ارزیابی cross fold validation -۱۰ را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۱، اگر چه مدل‌های Bayesian Network و RF به ترتیب به صحت ۸۰.۸۷ و ۸۰ و حساسیت ۸۰.۹ و ۸۰ دست یافته‌اند، اما مقدار پایین ویژگی برای RF نشان می‌دهد عملکرد آن در شناسایی موارد high risk، پایین است. با توجه به همه معیارهای عملکردی، بهترین مدل، Bayesian Network می‌باشد که علاوه بر صحت و حساسیت بالا، ویژگی آن نیز ۶۰.۶٪ می‌باشد

همچنین ماتریس آشفتگی^۱ مدل شبکه بیزین در

1. Confusion matrix

جدول ۵: میزان شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی در دو گروه کم خطر و پر خطر پرسنل اداره گاز خراسان شمالی

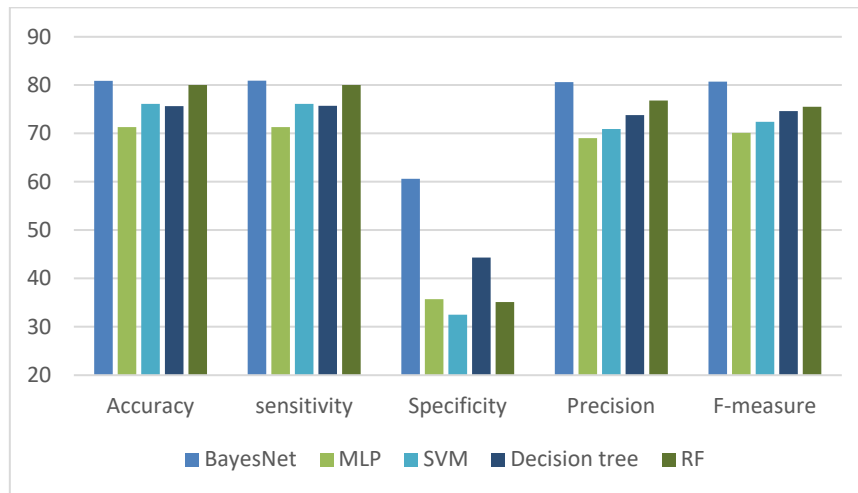
سؤال	معیار	گروه کم خطر	گروه پر خطر
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته به علت ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی به پزشک مراجعه کرده‌اید؟	درست	۸۴ (۶۶.۱)	۷۹ (۷۶.۷)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته به علت ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی ناچار به استفاده از استراحت پزشکی شده‌اید؟	درست	۸۰ (۶۳)	۶۱ (۵۹.۳)
در طی ۱۲ ماه گذشته، تقریباً چند روز به دلیل اختلالات اسکلتی-عضلانی استراحت داشته‌اید؟	درست	۹۶ (۷۵.۶)	۷۷ (۷۴.۸)
در طی ۱۲ ماه گذشته، به علت ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی چند روز با دشواری، مشقت و محدودیت به کار پرداخته‌اید؟	درست	۹۶ (۷۵.۶)	۸۲ (۷۹.۶)
در طی ۱۲ ماه گذشته، آیا به علت ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی نیاز به استفاده از خدمات فیزیوتراپی داشته‌اید؟	درست	۷۸ (۶۱.۴)	۷۰ (۶۸)
آیا ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی باعث تغییر شغل یا ترک موقت شغل شده است؟	درست	۱۱۱ (۸۷.۴)	۹۵ (۹۲.۲)
آیا فکر می‌کنید ناراحتیهای اسکلتی-عضلانی باعث تغییر شغل شما در آینده می‌شود؟	درست	۹۹ (۷۸)	۸۱ (۷۸.۶)
شغل من نیاز به فعالیت فیزیکی شدید دارد.	درست	۱۲۱ (۹۵.۳)	۹۹ (۹۶.۱)
به نظر شما آیا پرسنل کافی در واحد وجود دارد؟	درست	۷۱ (۵۵.۹)	۶۲ (۶۰)
در طول شیفت کار ناچارم برای مدت زمان طولانی با پوسچر نامطلوب تنه و پاها کار کنم.	کاملاً موافق موافق نظری ندارم مخالف	۶۴ (۵۰.۴) ۵۴ (۴۲.۵) ۵ (۳.۹) ۴ (۳.۱)	۵۴ (۵۲.۴) ۳۵ (۳۴) ۱۱ (۱۰.۷) ۳ (۲.۹)
آیا سابقه حادثه یا بیماری های قلبی که بر سیستم اسکلتی-عضلانی تاثیر گذار بوده است داشته‌اید؟	بلی	۱۲۳ (۹۶.۶)	۹۹ (۹۶.۱)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه گردن داشته‌اید؟	بلی	۴۸ (۳۷.۸)	۴۹ (۴۷.۶)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه شانه داشته‌اید؟	خیر راست چپ هر دو	۸۳ (۶۵.۴) ۱۴ (۱۱) ۱۱ (۸.۷) ۱۹ (۱۵)	۵۷ (۵۵.۳) ۱۳ (۱۲.۶) ۱۲ (۱۱.۷) ۲۱ (۲۰.۴)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه آرنج داشته‌اید؟	خیر راست چپ هر دو	۱۱۶ (۹۱.۳) ۵ (۳.۹) ۳ (۲.۴) ۳ (۲.۴)	۸۵ (۸۲.۵) ۱۲ (۱۱.۷) ۱ (۱) ۵ (۴.۹)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه مچ دست داشته‌اید؟	خیر راست چپ هر دو	۹۷ (۷۶.۴) ۱۷ (۱۳.۴) ۵ (۳.۹) ۸ (۶.۳)	۷۸ (۷۵.۷) ۱۵ (۱۴.۶) ۱ (۱) ۹ (۸.۷)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه پشت داشته‌اید؟	بلی	۳۳ (۲۶)	۴۵ (۴۳.۷)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه کمر داشته‌اید؟	بلی	۶۴ (۵۰.۴)	۵۶ (۵۴.۴)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه ران داشته‌اید؟	بلی	۲۴ (۱۸.۹)	۲۵ (۲۴.۳)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه زانو داشته‌اید؟	بلی	۴۱ (۳۲.۳)	۴۲ (۴۰.۸)
آیا در طی ۱۲ ماه گذشته مشکلی نظیر درد، ناراحتی، سوزش، گزگز، مورمور، بی حسی، احساس کوفتگی، گرفتگی عضله و... در ناحیه پا داشته‌اید؟	بلی	۱۵ (۱۱.۸)	۲۲ (۲۱.۴)

بحث

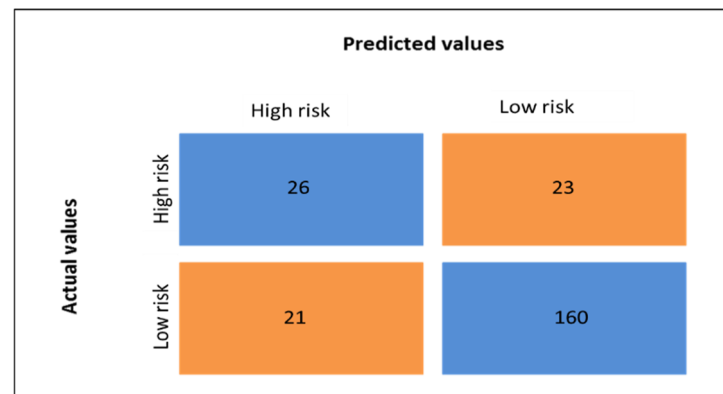
Learning) بر اساس امتیازدهی روش ROSA انجام شد.

بیشترین احساس درد و ناراحتی در ۱۲ ماه گذشته در کارکنان اداری در نواحی کمر و گردن مشاهده گردید. نتایج مربوط به ارزیابی پوسچر کارکنان با روش ROSA نشان داد

این مطالعه به صورت مقطعی و با هدف ارزیابی پوسچر و پیش بینی میزان ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی با کاربرد تکنیک‌های یادگیری ماشین (Machine



نمودار ۱: نتایج حاصل از ارزیابی 10-cross fold validation مدل‌های مختلف ML

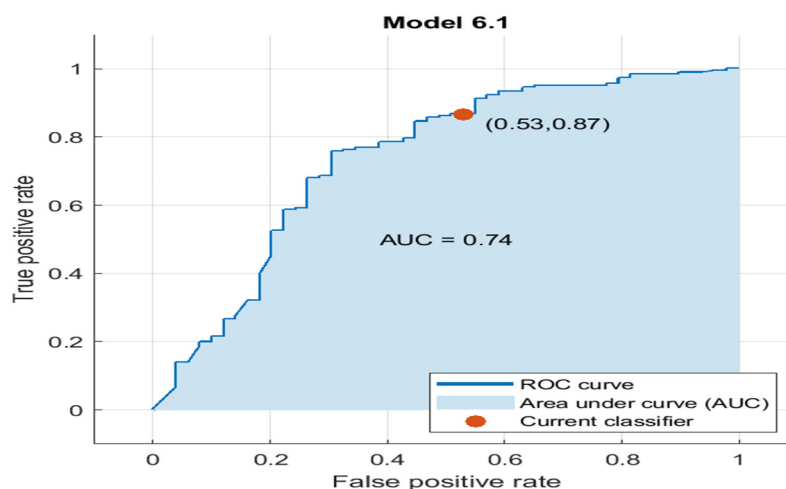


شکل ۱: ماتریس آشفتگی Bayesian Network

داشت احتمالا وجود این وضعیت می‌تواند به دلیل طراحی نامناسب ایستگاه‌های کاری در این افراد باشد. کار اداری به دلیل ماهیت شغلی خود اغلب نیازمند ایجاد یک وضعیت استاتیک در بدن و نشستن روی صندلی در مدت زمان طولانی می‌باشد. تعامل کار نشسته در مدت زمان طولانی و طراحی نامناسب ایستگاه کاری ممکن است سبب انقباض استاتیکی طولانی مدت عضلات شده و این امر باعث افزایش فشار وارده روی دیسک‌های بین مهره ای و تغییر انحنای ستون فقرات شود که در نهایت ایجاد چنین تغییراتی ممکن است باعث افزایش ریسک ابتلا به ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در ستون فقرات گردد (۳۰-۳۱).

که ۴۴٫۸٪ افراد دارای نمره ۵ و بالاتر در ارزیابی پوسچر کسب کردند و با توجه به همه معیارهای عملکردی، بهترین مدل، Bayesian Network می‌باشد که علاوه بر صحت و حساسیت بالا، ویژگی آن نیز ۶۰٫۶٪ می‌باشد.

نتایج مطالعه حاضر بیانگر این است که کاربران رایانه با توجه به نوع و ماهیت کارشان در معرض اختلالات اسکلتی عضلانی قرار دارند. با توجه به نتایج حاصل از پرسش‌نامه نوردیک بیشترین شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی به ترتیب در نواحی کمر و گردن بود که با نتایج مطالعه حکم آبادی و همکاران (۱) Bergqvist، و همکاران (۲۷) Ariens و همکاران (۲۸) و مطالعه نصیری و همکاران (۲۹) همخوانی



نمودار ۲: نمودار ROC را برای الگوریتم Bayesian Network

در مطالعه Ger و همکاران (۳۷) و مطالعه حکم آبادی و همکاران (۱) با افزایش سابقه کاری، فراوانی افراد مبتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی افزایش یافته بود.

بهرامی و همکاران (۳۸) و مقدم و همکاران (۳۹) نیز ارتباط معناداری را بین افزایش سابقه کار و میزان شیوع این اختلالات نشان دادند که یافته‌های مطالعه حاضر را تأیید می‌کند. دلیل آن مربوط به این مطلب است که شروع اختلالات اسکلتی عضلانی به صورت تدریجی بوده و با افزایش سابقه کار بروز می‌نمایند.

نتایج مربوط به ارزیابی پوسچر کارکنان با روش ROSA نشان داد که ۴۴٫۸٪ افراد دارای نمره ۵ و بالاتر در ارزیابی پوسچر کسب کردند که با نتایج حاصل از مطالعه انجام شده توسط فلکی و همکارانش (۳۴) مطابقت دارد، نتایج حاصل از مطالعه آن‌ها نشان داد که با افزایش امتیاز نهایی ROSA فراوانی اختلالات اسکلتی-عضلانی افزایش می‌یابد. همچنین در این راستا می‌توان به نتایج مطالعه ای که توسط سون و همکاران (۲۵) به منظور ارزیابی و گسترش روش جدید ROSA در محیط‌های اداری انجام شد اشاره نمود، بدین صورت که هر چه شرایط ایستگاه‌های کاری نامناسب تر و امتیاز نهایی ROSA بیشتر باشد میزان بروز

شیوع ناراحتی‌های کارمندان اداری در نواحی گردن-شانه‌ها، کمر و دست-آرنج نسبت به دیگر نواحی بالاتر است. در مطالعاتی، کار کردن بیش از ۷۵٪ زمان کاری با کامپیوتر را به عنوان عامل پیش آگهی برای علائم اسکلتی-عضلانی در نواحی گردن-شانه و دست-آرنج و سرعت انجام کار به عنوان فاکتور پیش آگهی برای ناراحتی‌های کمر شناخته شدند (۳۲-۳۳).

نتایج این مطالعه نشان داد، شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی در خانم‌ها بیشتر از آقایان می‌باشد. که با نتایج مطالعه حکم آبادی و همکاران (۱)، فلکی و همکاران (۳۴) و صالح آبادی و همکاران (۳۵) همخوانی داشت این پیش بینی تا حدودی قابل انتظار بود، چرا که زنان به دلیل وضعیت جسمانی و فیزیولوژیک متفاوت نسبت به مردان و طراحی اغلب ایستگاه‌های کاری برای مردان بیشتر در معرض ابتلا به این اختلالات هستند که با نتایج مطالعه جنسیت بعنوان یک ریسک فاکتور در بروز این اختلالات و بیشتر بودن شیوع آن‌ها در خانم‌ها مطرح شده است از دلایل این مهم می‌توان به کوچکتر بودن جثه و حجم عضلات در خانم‌ها اشاره نمود (۳۶).

در مطالعه حاضر ارتباط معناداری بین سابقه کاری و میزان شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی وجود داشت.

صدمات اسکلتی -عضلانی بیشتر است. در مطالعه سعیدی و همکاران (۴۰) نیز با افزایش نمره ROSA فراوانی اختلالات اسکلتی-عضلانی افزایش می‌یابد که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت.

بر اساس نتایج این مطالعه، بهترین مدل برای پیش بینی میزان ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی در بین مدل‌های یادگیری ماشین، Bayesian Network می‌باشد که علاوه بر صحت و حساسیت بالا، ویژگی آن نیز 60.6٪ میباشد. در مطالعه Alves و همکاران (۴۱) داده‌ها با تجزیه و تحلیل‌های یادگیری ماشین که با استفاده از رگرسیون لجستیک، با خطای جذر میانگین مربعات دست یافتند، تأیید شدند که نشان‌دهنده همبستگی در گردن، مچ دست و دست‌ها، لگن و ران و ناحیه گردنی است. در مطالعه نظری و همکاران (۴۲)، از پرسش‌نامه CMDQ و هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل اختلالات اسکلتی-عضلانی در محیط کار استفاده شده است که نتایج نشان می‌دهد دقت و صحت مناسب در مدل پیشنهادی، نشان‌دهنده توانایی آن در شناسایی سطوح اختلالات اسکلتی-عضلانی در افراد و کمک به متخصصان مراقبت‌های بهداشتی برای انجام اقدامات لازم جهت پیش‌گیری و پیش‌بینی آنها است. در مطالعه Prasad و همکاران (۴۳)، روش‌های طبقه‌بندی‌کننده XGBoost و شبکه بیزین بترتیب با صحت ۹۱٪ و ۸۷٪ جزء ابزارهای پیش‌بینی قدرتمند برای تشخیص اختلالات اسکلتی-عضلانی و تفسیر مؤثر و مطمئن نتایج توسعه داده شده است. که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت. در مطالعه ذکایی و همکاران (۴۴) نتایج نشان داد چندین فاکتور در ایجاد اختلالات اسکلتی عضلانی نقش دارند که شامل عوامل فردی، محیطی، روانی اجتماعی و ایستگاه کاری می‌باشد. پیش بینی میزان تاثیرگذاری هر کدام از عوامل مذکور با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که این نوع مدلسازی می‌تواند به عنوان ابزاری جهت پیش‌آگهی درباره اختلالات اسکلتی عضلانی و یا دیگر اختلالات چندعاملی کاربرپذیر باشد. تاکنون مطالعات فراوانی در خصوص کار با رایانه و ارزیابی اختلالات اسکلتی-عضلانی ناشی از آن در بین

کارکنان اداری شاغل صورت گرفته است، اما مطالعاتی در خصوص ارزیابی، پیش‌بینی، وزن دهی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر اختلالات اسکلتی - عضلانی با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین (Machine Learning) انجام نشده است. لذا انجام چنین مطالعاتی با تعداد نمونه‌های بیشتر پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه از روش ROSA، پرسش‌نامه نوردیک و مدل‌های یادگیری ماشین برای ارزیابی پوسچر و پیش بینی میزان ریسک ابتلاء به اختلالات اسکلتی-عضلانی در محیط کار استفاده می‌کند. مدل پیشنهادی، دقت و صحت قابل توجهی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که می‌توان از این مدل برای شناسایی و پیش‌بینی اختلالات اسکلتی-عضلانی در کارکنان سازمانی استفاده کرد و پتانسیل تسریع فرآیند شناسایی و کاهش هزینه‌ها را دارد. همچنین این ابزار می‌تواند جزء ابزارهای پیش‌بینی برای تشخیص اختلالات اسکلتی-عضلانی و تفسیر مؤثر و مطمئن نتایج مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری و حمایت‌های همه جانبه معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی و نیز همکاران و مدیران محترم شرکت گاز استان خراسان شمالی بابت همکاری ایشان جهت اجرای این مطالعه، نهایت تقدیر و تشکر را داریم.

تضاد منافع

هیچگونه تضاد منافی وجود ندارد.

منابع مالی

منابع مالی این مطالعه توسط شرکت گاز استان خراسان شمالی تامین شده است.

REFERENCES

- Hokmabadi R, Sepehr P. Assessing the Posture and predicting the factors affecting musculoskeletal disorders in computer uses by neural networks. *Journal of Health and Safety at Work*. 2021 Dec 10;11(4):700-19.
- Nasiri IM. The survey of musculoskeletal disorders risk factors among office workers and the implementation of an ergonomic training program. *Journal Mil Med*. 2015 Mar 10; 16(4):211-6. [Persian]
- Besharati A, Daneshmandi H, Zareh K, Fakherpour A, Zoaktafi M. Work-related musculoskeletal problems and associated factors among office workers. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2020;26(3):632-8.
- Matos M, Arezes PM. ergonomic evaluation of office workplaces with rapid office strain assessment (ROSA). *Procedia Manuf*. 2015; 3:4689-94.
- Amer S, Yamin D, Hamzah NA, Nawi MN, Mamat MN, Nawi MN. Prevalence of Musculoskeletal Disorders and their Associated Risk Factors among Computer Users. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*. 2025;14(1):56-66.
- Luxembourg (2023) State and Trends Publications Office of the European Union, Occupational safety and health in Europe. UNED - Universidad Nacional de Educacion a Distancia. <http://dx.doi.org/10.2802/26873>.
- Demissie, B., Bayih, E.T. and Demmelash, A.A. (2024) 'A Systematic Review of Work-related Musculoskeletal Disorders and Risk Factors among Computer Users,' *Heliyon* [Preprint].
- Mazloumi A, Kazemi Z, Mehrdad R, Vahedi Z, HajiZade L. Risk Factors of Low Back Pain in Iranian Workers during 2000-2015: A Systematic Review. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2020 Sep 30; 12(3).
- Madadzadeh F, Vali L, Khalilabad Th, Asar Me. Work-Related Musculoskeletal Disorders among Administrative Employees of Kerman University of Medical Sciences. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2016;8(2):78-84
- Mehrparvar AH, Heydari M, Mirmohammadi SJ, Mostaghaci M, Davari MH, Taheri M. Ergonomic intervention, workplace exercises and musculoskeletal complaints: a comparative study. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*. 2014; 28:6
- Lin T-H, Liu YC, Hsieh T-Y, Hsiao F-Y, Lai Y-C, Chang C-S. Prevalence of and risk factors for musculoskeletal complaints among Taiwanese dentists. *Journal of Dental Sciences*. 2012;7(1):65-71
- Smith CA, Sommerich CM, Mirka GA, George MC. An investigation of ergonomic interventions in dental hygiene work. *Applied ergonomics*. 2002;33(2):175-84.
- Denis D, St-Vincent M, Imbeau D, Jette C, Nastasia I. Intervention practices in musculoskeletal disorder prevention: a critical literature review. *Applied ergonomics*. 2008;39(1):1-14
- Rodrigues MSA, Sonne M, Andrews DM, Tomazini LE, de Oliveira Sato T, Chaves TC. Rapid office strain assessment (ROSA): Cross cultural validity, reliability and structural validity of the Brazilian-Portuguese version. *Applied Ergonomics*. 2019; 75:143-54
- Association CS. CSA-Z412 Guideline on Office Ergonomics. CSA Int Toronto, Ontario. 2000;148-217.
- Islam R, Rivin MA, Sultana S, Asif MA, Mohammad M, Rahaman M. Machine learning for power system stability and control. *Results in Engineering*. 2025 May 17:105355.
- Mobarak MH, Mimona MA, Islam MA, Hossain N, Zohura FT, Imtiaz I, Rimon MI. Scope of machine learning in materials research—A review. *Applied Surface Science Advances*. 2023 Dec 1; 18:100523.
- Sharifani K, Amini M. Machine learning and deep learning: A review of methods and applications. *World Information Technology and Engineering Journal*. 2023;10(07):3897-904.
- M.I. Jordan, T.M. Mitchell, "Machine learning: trends, perspectives, and prospects", *Science*, vol. 349, pp. 255-260, 2015.
- Winkelstein BA. Mechanisms of central sensitization, neuroimmunology & injury biomechanics in persistent pain: implications for musculoskeletal disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2004;14(1):87-93
- maul I, Läubli T, Klipstein A, Krueger H. Course of low back pain among nurses: a longitudinal study across eight years. *Occupational and environmental medicine*. 2003;60(7):497-503.
- Malińska, M., Bugajska, J. and Bartuzi, P. (2021) 'Occupational and Non-Occupational Risk Factors for Neck and Lower Back Pain among Computer Workers: A Cross-Sectional Study,' *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 27(4), pp. 1108-

- 1115.
23. Arora, S.N. and Khatri, S. (2022) 'Prevalence of Work-related Musculoskeletal Disorder in Sitting Professionals', *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 9, p. 892.
24. Kibria, M.G. et al. (2023) 'Evaluating the Ergonomic Deficiencies in Computer Workstations and Investigating Their Correlation with Reported Musculoskeletal Disorders and Visual Symptoms among Computer Users in Bangladeshi University', *Heliyon*, 9(11).
25. Sonne M, Villalta DL, Andrews DM. Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA-Rapid office strain assessment. *Appl Ergon*. 2012;43(1):98-108.
26. López-Aragón L, López-Liria R, Callejón-Ferre AJ, Gómez-Galán M. Applications of the standardized Nordic questionnaire: a review. *Sustainability*. 2017 Sep;9(9):1514.
27. Bergqvist U, Wolgast E, Nilsson B, Voss M. Musculoskeletal disorders among visual display terminal workers: individual, ergonomic, and work organizational factors. *Ergonomics*. 2005; 38(4):763-76
28. Ariens G, Bongers P, Douwes M, Miedema M, Hoogendoorn W, van der Wal G, et al. Is neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. *Occupational and environmental medicine*. 2001; 58(3):200-7.
29. Nasiri IM. The survey of musculoskeletal disorders risk factors among office workers and the implementation of an ergonomic training program. *Journal Mil Med*. 2015 Mar 10; 16(4):211-6. [Persian]
30. Wahlström J. Ergonomics, musculoskeletal disorders and computer work. *Occupational Medicine*. 2005; 55(3):168-76.
31. Moghaddam SR, Khanjani N, Hasheminejad N. Evaluating risk factors of work-related musculoskeletal disorders in assembly workers of Nishabur, Iran using rapid upper limb assessment. *Health and Development Journal* 2012, 1(3):227-0 [Persian]
32. Juul-Kristensen B, Jensen C. Self-reported workplace related ergonomic conditions as prognostic factors for musculoskeletal symptoms: the "BIT" follow up study on office workers. *Occup Environ Med*. 2005;62(3):188-94.
33. Janwantanakul P, Pensri P, Jiamjarasrangsi V, Sinsongsook T. Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among office workers. *Occup Med (Chic Ill)*. 2008;58(6):436-8.
34. Falaki S, Akbari H, Derakhshan M, Hannani M, Motalebi Kashani M. Prevalence and postural risk factors associated with musculoskeletal disorders among medical laboratory personnel in Kashan 2012. *Iran Occupational Health*. 2016; 12(6):58-68. [Persian]
35. Salehi Sahlabadi A, Karim A, Khatabakhsh A, Soori H. Ergonomic Evaluation of Office Staff by Rapid Office Strain Assessment Method and Its Relationship with the Prevalence of Musculoskeletal Disorders. *Journal of Health*. Vol. 11, No. 2, summer 2020, Pages 22. [Persian]
36. Collins JD, O'Sullivan LW. Musculoskeletal disorder prevalence and psychosocial risk exposures by age and gender in a cohort of office based employees in two academic institutions. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2015; 46:85-97.
37. Gerr F, Marcus M, Monteilh C. Epidemiology of musculoskeletal disorders among computer users: lesson learned from the role of posture and keyboard use. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2004; 14(1):25-31
38. Bahrami A, Akbari H, Namayandeh M, Abdollahi N. Assessment of the musculoskeletal complaints of Kashan university hospitals staffs in 2006. *KAUMS Journal (FEYZ)*. 2009; 12(5):33-8. [Persian]
39. Moghaddam SR, Khanjani N, Hasheminejad N. Evaluating risk factors of work-related musculoskeletal disorders in assembly workers of Nishabur, Iran using rapid upper limb assessment. *Health and Development Journal*. 2012; 1(3):227-0. [Persian]
40. Saeidi C, Dastaran S, Musavi S. Evaluation of the Risk Factors Musculoskeletal Disorders and its Relation to the Workload of Employees at 118 Call Center in Sanandaj, Iran. *Journal of Health and Development*. 2016; 5(2):110-21. [Persian]
41. Alves R, Alves K, Ochoa A, da Costa J, de Menezes F, Cabral A, Michima P. Operational and intelligent analysis under the ergonomics approach of the prevalence of musculoskeletal disorders in container operators. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*. 2023 Jun 16;30(3).
42. Nazari M, Sammak Amani A, Mououdi MA, Alyan Nezhadi MM. Prediction of Musculoskeletal Disorders Based on People's Demographic Information Using

- Artificial Intelligence Methods and the Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire. Iranian Journal of Ergonomics. 2024 Jan 10;11(4):261-71.
43. Prasad R, Mukkamala R, Hedau A. Predicting Work-Related Musculoskeletal Disorders in Indian Construction Workers Using Machine Learning and Deep Learning Classifiers. Journal of Occupational Health and Epidemiology. 2024 Sep 10;13(3):182-9.
44. Zokaei M, Sadeghian M, Falahati M, Biabani A. Predictive Model of Musculoskeletal Disorders in Computer Users using Artificial Neural Network. Journal of Health and Safety at Work. 2024;13(4):856-79.