Journal of Health and Safety at Work 2024; 13(4): 856-879

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Predictive Model of Musculoskeletal Disorders in Computer Users using Artificial Neural Network

Mojtaba Zokaei[1], Marzieh Sadeghian[2], Mohsen Falahati[1], Azam Biabani[1,3*]

[1]Department of Occupational Health and Safety Engineering, Social Determinants of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran
[2]Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Iran
[3]Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 28-05-2023 Accepted: 2023-09-10

ABSTRACT

Introduction: Due to the increase in the provision of electronic services to citizens in government offices, the number of computer users and the occurrence of musculoskeletal disorders have increased. Therefore, this study aimed to predict and model the complex relationships between the risk factors of musculoskeletal disorders in computer users working in government offices by an artificial neural network.

Material and Methods: The current cross-sectional study was conducted in 2020 on 342 employees of various government offices in Saveh city. First, the researcher visited the work environment to identify the problems and measure the environmental factors. Then, ergonomic risk assessment and psychosocial factors were evaluated using the Nordic questionnaire and the ROSA method. The effect of various factors in causing musculoskeletal disorders was investigated using a logistic regression test.Then the resulting data were collected and modeled by one of the neural network algorithms. Finally, artificial neural networks presented an optimal model to predict the risk of musculoskeletal disorders.

Results: The results showed that by increasing the level of social interactions, the level of demand, control, and leadership in the job, musculoskeletal disorders in men and women decrease. There was a significant relationship between the prevalence of musculoskeletal disorders and job demand, job control levels, social interaction levels, leadership levels, organizational climate levels, job satisfaction levels, and stress levels, in addition between reports of pain in the neck and shoulder and wrist/hand region. There was a significant relationship with the overall ROSA score. Also, there was a significant relationship between the report of pain or discomfort in the neck area with the phone screen risk score, wrist/hand with the keyboard-mouse risk score, and shoulder, upper back, elbow, and lower back with the chair risk score. The accuracy of the presented model for predicting musculoskeletal disorders was also about 88.5%, which indicates the acceptability of the results.

Conclusion: The results showed that several factors play a role in causing musculoskeletal disorders, which include individual, environmental, psychosocial, and workstation factors. Therefore, in the design of an ergonomic workstation, the effects of the mentioned factors should be investigated. Also, predicting the effectiveness of each of the mentioned factors using an artificial neural network showed that this type of modeling can be used to prevent musculoskeletal disorders or other multifactorial disorders.

Keywords: *Predictive model, MSDS, Artificial neural network, Computer*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Zokaei M, Sadeghian M, Falahati M, Biabani A. Predictive Model of Musculoskeletal Disorders in Computer Users using Artificial Neural Network. J Health Saf Work. 2024; 13(4): 856-879.

* Corresponding Author Email: *a.biabani.6@gmail.com*

Copyright © 2024 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

In recent years, governments have been creating electronic infrastructure and providing many services to citizens in government offices and private companies in this way. This has led to an increase in the number of computer users. Along with this technological progress, the concern about the health effects of this development has also increased. The occurrence of musculoskeletal disorders is one of the multi-caused diseases that requires the use of artificial neural networks to predict complex relationships between different risk factors, so this study aimed to model artificial neural networks in order to predict musculoskeletal disorders.

2. MATERIAL AND METHODS

This study was a cross-sectional study carried out in various government offices of Saveh City in Iran. Data were collected in 2020. At the beginning of the study, the researcher visited the work environment to identify the problems initially and then measured the environmental factors and carried out an ergonomic risk assessment using Nordic questionnaire and ROSA method. Then, the resulting data were collected and modeled by one of the neural network algorithms to provide a model predicting the risk of musculoskeletal disorders using artificial neural networks. Before any action, invalid data was identified and deleted these data decreased the accuracy and increased the model's response range. A matrix was formed from the data, the adequacy of the model variables was checked with the Kaiser-Mayer-Olkin test, and their normalization was done from -1 to +1. In determining the model's optimal output, the data were randomly divided into two groups of training and testing, and training and validation were performed simultaneously using the 5-layer cross-validation method. The logistic test checked the importance of the factors to determine the optimal input variables. The most important factors were considered as input to the model, and the accuracy and error of the model were determined for their training and validation data.

Table 1: The effect of different factors in causing musculoskeletal disorders using logistic regression test

Variable		Beta value	standard deviation	significance level
Psychosocial factors	Job needs	-0.032	0.017	**0.042**
	Job control	-0.005	0.012	0.692
	Role expectations	-0.004	0.012	0.720
	Predictability	0.011	0.010	0.277
	mastery	-0.012	0.010	0.227
	Social interactions	-0.029	0.015	**0.058**
	leadership	0.003	0.010	0.794
	Organizational atmosphere	0.009	0.020	0.640
	Teamwork	0.017	0.015	0.255
	Job Satisfaction	-0.002	0.008	0.776
	Stress	-0.015	0.007	**0.023**
Individual factors	BMI	-0.109	0.055	**0.048**
	Age	0.003	0.001	0.891
	sex	-0.143	0.444	**0.001**
	Level of Education	0.008	0.001	0.742
Workstation agents	Phone-monitor	0.044	0.363	0.904
	Keyboard-mouse	0.059	0.260	0.822
	the chair	-0.451	0.236	**0.037**
	ROSA overall score	-0.022	0.020	0.272
Environmental factors	Lighting	0.002	0.001	0.736
	the heat	0.310	0.021	0.957
	noise	0.280	0.007	0.855

3. RESULTS AND DISCUSSION

To formulate the model, the effect of various factors in causing musculoskeletal disorders was investigated using the logistic regression test, the results of which are presented in Table 1. The importance of the model inputs was checked using the results of the logistic regression test. Finally, eleven factors out of the four general factors were considered as model inputs, and the accuracy and error of the model were determined for the training and validation data. The accuracy rate was 92.86%, and the mean square error was 5.7% in 151 model stages. The results of accuracy and mean square error are presented in Figure 1. The gradient descent function with momentum was used as the learning function, and the learning was done until the error in the output was reduced. The momentum constant was determined as 0.9. In training, the learning rate was set to 0.001, and the momentum of the hidden layer and the output were set to 0.001 and 0.0005, respectively. The specifications of the proposed neural network model are presented in Table 2. This study determined the effect of psycho-social factors on musculoskeletal disorders. Employees who reported low job demands, low job control, low social interactions, and high work stress reported more musculoskeletal disorders. In the study of Janahatan et al., to investigate psychosocial factors on the risk of WRMD symptoms in Brazilian shoe industry workers, it was found that some psychosocial factors, such as stress, increase the likelihood of knee pain in men and the factor of "job dissatisfaction" increases the likelihood of elbow pain in women. According to the results of the present study, it was found that individual, environmental, psychosocial and workstation factors are effective on musculoskeletal disorders. Although Aliabadi showed that statistical methods such as multiple logistic regression lack reasonable predictive accuracy, Govindu et al., using multiple regression models, investigated and emphasized the effect of personal, occupational, and psychosocial factors on back pain severity in 60 LBP patients that to predict LBP, it is necessary to examine all three general categories of factors mentioned at the same time.

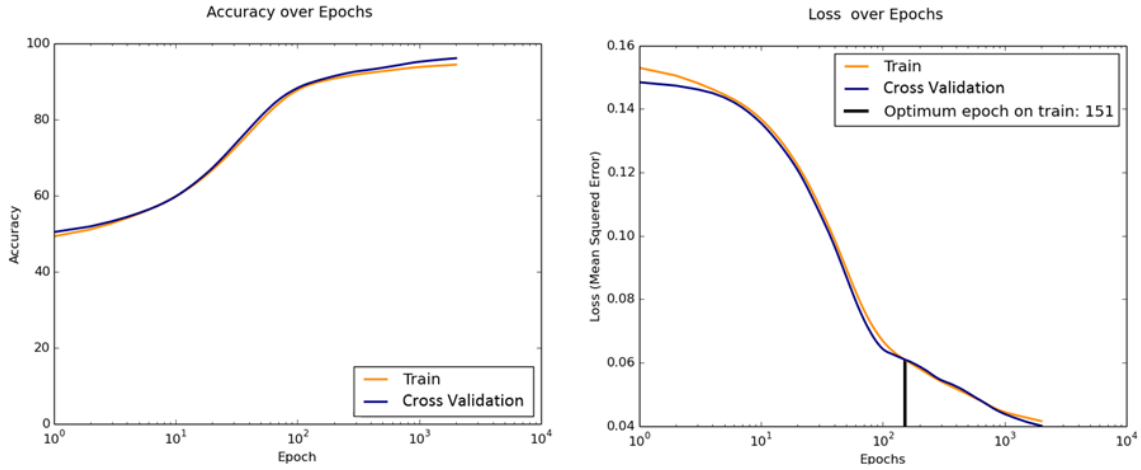


Fig. 1: Frequency distribution of studies based on the city of research

Table 2: Neural network model specifications for mental performance assessment

Category		Frequency	Relative frequency
place of research	Climatic chamber	32	**23.9**
	Field	102	**76.1**
Total		134	**100**
type of environment	Indoor	83	**61.9**
	Outdoor	27	**20.2**
	Both environment	24	**17.9**
Total		134	**100**

4. CONCLUSIONS

According to the present results of this research, it was determined that several factors play a role in causing musculoskeletal disorders, including individual, environmental, psychosocial, and work station factors. Therefore, the combined effect of the mentioned factors should be investigated in designing an ergonomic workstation. Also, predicting the effectiveness of each of the mentioned factors using an artificial neural network showed that this type of modeling can be used to prevent musculoskeletal disorders or other multifactorial disorders.

5. ACKNOWLEDGMENT

The authors thank all the employees of the government offices of Saveh City who participated in this research.

مدل پیش بینی کننده اختلالات اسکلتی عضلانی در کاربران کامپیوتر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

مجتبی ذکایی[۱]، مرضیه صادقیان[۲]، محسن فلاحتی[۱]، اعظم بیابانی[۳*]

[۱]مرکز تحقیقات مولفه های اجتماعی موثر بر سلامت ساوه، دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران
[۲]دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران
[۳]گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۹

چکیده

مقدمه: به دلیل افزایش ارائه خدمات الکترونیک به شهروندان در ادارات دولتی، تعداد کاربران کامپیوتر و در نتیجه بروز اختلالات اسکلتی عضلانی افزایش یافته است. لذا هدف این مطالعه پیش‌بینی و مدلسازی روابط پیچیده بین عوامل خطر اختلالات اسکلتی عضلانی در کاربران کامپیوتر شاغل در ادارات دولتی توسط شبکه عصبی مصنوعی بود.

روش کار: مطالعه مقطعی حاضر در سال ۲۰۲۰ روی ۳۴۲ نفر از کارکنان ادارات مختلف دولتی شهر ساوه در ایران انجام گردید. ابتدا محقق به منظور شناسایی اولیه مشکلات از محیط کار بازدید نموده و عوامل محیطی را اندازه‌گیری کرد. با استفاده از پرسشنامه نوردیک و روش ROSA، ارزیابی ریسک ارگونومیک و بررسی عوامل روانی اجتماعی صورت پذیرفت. بمنظور تدوین مدل، تأثیر عوامل مختلف در ایجاد اختلالات اسکلتی عضلانی با استفاده از آزمون رگرسیون لجستیک بررسی شد، سپس داده‌های حاصل توسط یکی از الگوریتم‌های شبکه عصبی جمع‌آوری و مدل‌سازی گردید و در نهایت یک مدل بهینه برای پیش‌بینی خطر اختلالات اسکلتی عضلانی توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه شد.

یافته ها: نتایج نشان داد با افزایش سطح تعاملات اجتماعی، سطح تقاضا، کنترل و رهبری در شغل، اختلالات اسکلتی عضلانی در مردان و زنان کاهش می‌یابد. بین شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی و میزان تقاضای شغل، سطوح کنترل شغل، سطوح تعاملات اجتماعی، سطوح رهبری، سطوح جو سازمانی، سطح رضایت شغلی و سطوح استرس رابطه معناداری وجود داشت. علاوه بر این، بین گزارش درد در ناحیه گردن، شانه و مچ/دست با نمره کلی ROSA رابطه معناداری وجود داشت. همچنین بین گزارش درد یا ناراحتی در ناحیه گردن با امتیاز خطر صفحه نمایش گوشی، مچ/دست با نمره خطر صفحه کلید-موس و همچنین شانه، قسمت بالای کمر، آرنج و پایین کمر با نمره ریسک صندلی رابطه معنادار وجود داشت. دقت مدل ارائه شده جهت پیش‌بینی اختلالات اسکلتی عضلانی نیز حدود ۸۸/۵ ٪ بود که نشان‌دهنده قابل قبول بودن نتایج است.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد چندین فاکتور در ایجاد اختلالات اسکلتی عضلانی نقش دارند که شامل عوامل فردی، محیطی، روانی اجتماعی و ایستگاه کاری می‌باشد. لذا در طراحی یک ایستگاه کاری ارگونومیک بایستی تاثیر توام عوامل ذکر شده مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پیش‌بینی میزان تاثیرگذاری هر کدام از عوامل مذکور با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که این نوع مدلسازی می‌تواند به عنوان ابزاری جهت پیشگیری از اختلالات اسکلتی عضلانی و یا دیگر اختلالات چندعاملی کاربردپذیر باشد.

کلمات کلیدی: *مدل پیش بینی کننده ، MSDS، شبکه عصبی مصنوعی، ارایانه*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *a.biabani.67@gmail.com*

مقدمه

در بسیاری از مشاغل، استفاده از کامپیوتر 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 کامپیوتر استفاده می‌کنند، ولیکن آمار دقیقی از کاربران ایرانی کامپیوتر در دست نیست(۱). این روند افزایش استفاده از کامپیوتر در محل کار با افزایش اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار و علائم WMSD[1]s در بین کارگران همراه است(۲). اختلالات اسکلتی عضلانی شایع‌ترین آسیب‌های شغلی در استرالیا است، به‌طوری‌که، بین سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۱۰ و ۲۰۱۳-۲۰۱۴، ۶۰ درصد از آسیب‌های جدی کارگران در این کشور مربوط به MSDs بود (۳). در حقیقت عوامل خطر برای استفاده از کامپیوتر که منجر به بروز آسیب‌های عضلانی می‌شود شامل حالت‌های غیرخنثی طولانی مدت دست‌ها و مچ‌ها، سر و گردن، شانه، آرنج و کمر می‌باشد(۲)؛ لذا با شناسایی حالات آسیب‌زا می‌توان در جهت پیشگیری از اختلالات اسکلتی عضلانی گام برداشت. معمولا بمنظور شناسایی موقعیت‌هایی که منجر به اختلالات اسکلتی عضلانی می‌گردد از روش ارزیابی سریع اندام فوقانی (RULA) استفاده می‌شود در حالی‌که این روش برخی از عوامل خطر ایستگاه کاری مربوط به تنظیم تجهیزات اداری مانند صندلی‌های اداری، مانیتورها، تلفن‌ها و غیره را ارزیابی نمی‌کند (۴). ولیکن روش ROSA یک ابزار ارگونومیک ایستگاه کاری است که برای ارزیابی کار اداری کامپیوتر بر اساس ارزیابی مشاهده‌ای طراحی شده است که فاکتورهای مربوط به تجهیزات اداری را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد (۵). ابزار دیگری که برای ارزیابی اختلالات اسکلتی عضلانی استفاده می‌شود، پرسشنامه بین‌المللی نوردیک است که برای ارزیابی مشکلات اسکلتی عضلانی در زمینه ارگونومی یا سلامت شغلی طراحی شده و شامل دو قسمت عمومی و اختصاصی کمر، گردن و شانه می‌باشد(۶) (۷). علاوه بر عوامل مربوط به پوزیشن‌های کاری عوامل دیگری نیز در بروز اختلالات اسکلتی عضلانی موثر هستند که می‌توان به ویژگی‌های روانی- اجتماعی محیط کار اشاره نمود (۸, ۹). به‌طوری‌که ویدانارکو و همکاران نشان می‌دهند که عوامل فیزیکی و روانی به طور مستقل بر اختلالات اسکلتی عضلانی تأثیر می‌گذارند و هر دو عامل بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند (۹). مدل‌های فعلی نشان می‌دهند که ویژگی‌های روانی-اجتماعی کار با افزایش تنش عضلانی بر اختلالات اسکلتی عضلانی تأثیر می‌گذارد (۱۰). مطالعات اخیر عوامل مختلفی را به عنوان عوامل خطر در بروز اختلالات اسکلتی عضلانی معرفی می‌کند که شامل عوامل فیزیکی (دما، نور، صدا و ...) (۱۱, ۱۲)، کامپیوتر و لوازم جانبی آن (۱۳) عوامل روانی و اجتماعی در کار (۱۳) تعامل بین محیط کار، محتوای شغلی، شرایط سازمانی و ظرفیت کارکنان، نیازها و فرهنگ (۱۴, ۱۵) می‌باشند.

این همبستگی احتمالاً چندبعدی، پیچیده و تعاملی است و می‌توان از روش‌های رگرسیون، رویکردهای فازی و حتی شبکه‌های عصبی برای بررسی آنها استفاده کرد (۱۶). بنابراین یکی از مهمترین مسائل برای پیش‌بینی روابط پیچیده بین عوامل خطر مختلف، کشف مدل‌های دقیق‌تر و قوی‌تر است که می‌توان از آن به عنوان شبکه‌های عصبی مصنوعی یاد کرد. به طوری که از این شبکه‌ها برای پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده در علوم پایه، پزشکی و مهندسی و به عنوان یک روش آماری جایگزین استفاده می‌شود (۱۷, ۱۸). در حال حاضر این روش به عنوان روشی بدیع و دقیق برای مدل‌سازی در علوم مختلف شناخته می‌شود. ANN[2] یکی از مهمترین تکنیک‌های هوش مصنوعی است که مدل الکترونیکی مغز انسان نامیده می‌شود و توانایی ذاتی ذخیره و اعمال داده‌های تجربی را دارد (۱۹). ANN ها وزن بین نورون‌ها را تغییر می‌دهند تا عملکرد آنها را در داده‌های آموزشی بهبود بخشند. پس از آموزش، شبکه عصبی می‌تواند برای ارائه راه‌حل‌هایی برای الگوهای ورودی جدید در صورتی که داده‌های آموزشی کافی وجود داشته باشد، تعمیم یابد

1. Work-related Musculoskeletal Disorders

2. Artificial neural network

(۲۰). در سال‌های اخیر، کاربردهای موفقیت‌آمیز ANN در نتایج پزشکی، به ویژه برای کمردرد، در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (۱۶). بنابراین در این مطالعه عوامل مختلف فردی، محیطی، روانی اجتماعی و ایستگاه کاری به عنوان عوامل موثر در بروز اختلالات اسکلتی عضلانی مورد بررسی قرار گرفت و عوامل مهم به منظور ایجاد مدلی برای پیش‌بینی اختلالات توسط هوش مصنوعی شناسایی شد.

روش کار

این مطالعه یک مطالعه مقطعی بود که در ادارات مختلف دولتی شهر ساوه در ایران انجام شد. داده‌ها در سال ۲۰۲۰ جمع‌آوری شد. در ابتدای مطالعه، محقق به منظور شناسایی اولیه مشکلات از محیط کار بازدید نموده و عوامل محیطی را اندازه‌گیری و با استفاده از پرسشنامه نوردیک و روش ROSA، ارزیابی ریسک ارگونومیک انجام داد و سپس عوامل روانی اجتماعی بررسی گردید. بمنظور تدوین مدل، تأثیر عوامل مختلف در ایجاد اختلالات اسکلتی عضلانی با استفاده از آزمون رگرسیون لجستیک بررسی شد، سپس داده‌های حاصل توسط یکی از الگوریتم‌های شبکه عصبی جمع‌آوری و مدل‌سازی گردید و در نهایت یک مدل بهینه برای پیش‌بینی خطر اختلالات اسکلتی عضلانی توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه شد.

شرکت کنندگان

کارکنان ادارات دولتی که در ستاد ادارات مشغول به کار هستند به‌عنوان جامعه مطالعه حاضر انتخاب شدند. بر اساس آمار کسب شده از فرمانداری شهرستان تعداد کارکنان شاغل در بخش اداری شهرستان ساوه تقریبا ۸۰۰ نفر می‌باشند که با توجه به مشخص بودن تعداد دقیق افراد جامعه هدف، سطح اطمینان معادل ۹۵ درصد و سطح خطای ۵ درصد و توان مطالعه ۸۰ درصد لحاظ شد و از فرمول کوکران برای تعیین حجم نمونه استفاده شد.

$$n = \frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N}(\frac{z^2pq}{d^2} - 1)}$$

با توجه به فرمول فوق تعداد حجم نمونه معادل ۲۶۰ نفر محاسبه گردید که جهت افزایش اعتبار مطالعه ۳۰٪ نیز به آن اضافه گردید و در مجموع ۳۴۲ نفر از کارکنان شاغل در ادارات دولتی به‌عنوان جامعه آماری انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان برای ورود به مطالعه باید معیارهایی را رعایت می‌کردند که شامل تجربه کاری حداقل یک ساله، حداکثر سن ۵۰ سال، عدم سابقه شکستگی یا تصادف منجر به آسیب در سیستم اسکلتی عضلانی، داشتن ایستگاه کاری با ویژگی‌های یک ایستگاه کار اداری بود. مجوز انجام مطالعه در این مدت از ادارات دولتی مربوطه اخذ و رضایت کتبی از هر شرکت‌کننده برای جمع‌آوری داده‌ها نیز تهیه شد.

ابزار جمع آوری داده ها

اطلاعات فردی شرکت‌کنندگان با استفاده از پرسشنامه دموگرافیک جمع‌آوری شد. برای بررسی شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی از نسخه فارسی پرسشنامه خلاصه نوردیک استفاده شد که توسط داوسون ارائه شده و از پایایی بالایی برخوردار است (۲۱). این پرسشنامه سیستم حرکتی بدن انسان را به ۹ ناحیه شامل گردن، شانه‌ها، قسمت فوقانی کمر، آرنج، مچ/دست، کمر، باسن/ران، زانو و مچ پا/پا و مچ پا تقسیم می‌کند و با استفاده از سوالات به بررسی تاریخچه درد در نواحی فوق می‌پردازد. همچنین برای بررسی عوامل روانشناختی و اجتماعی از پرسشنامه عمومی نوردیک استفاده شد(۲۲). این پرسشنامه برای ارزیابی عوامل روانی-اجتماعی در کار توسط انجمن نوردیک (۲۰۰۰) طراحی شده است و شامل سوالات چندگزینه‌ای مربوط به عوامل تقاضای شغلی، کنترل شغل، انتظارات نقش، پیش‌بینی‌پذیری شغل، تسلط بر شغل، تعاملات اجتماعی، رهبری، جو سازمانی، کار تیمی، رضایت شغلی و استرس است که اعتبار (۸۲٪) و پایایی (۸۶٪) آن توسط خانه‌شناس و همکاران تایید شد (۲۳).

چک‌لیست ROSA برای شناسایی سریع خطرات مربوط به کار کامپیوتری استفاده شد. این چک‌لیست توسط Sonne و همکاران برای ارزیابی ارگونومی ایستگاه‌های کاری اداری و خطرات مربوط به طراحی صندلی، مانیتور، تلفن، صفحه کلید و ماوس طراحی شده است(۲۴). در نهایت عوامل فیزیکی در محیط کار در سه بازه زمانی شامل ساعت ۸-۱۰، ۱۰-۱۲ و ۱۲-۱۴ اندازه‌گیری شد، به طوری که برای ارزیابی روشنایی، لوکس‌متر Hagner E۱ برای ارزیابی گرما، دستگاه اندازه‌گیری تنش حرارتی TIS۱۰ و صداسنج TES۱۳۵۸ برای ارزیابی صدا استفاده شد.

شبکه های عصبی مصنوعی

شبکه عصبی از مجموعه‌ای از لایه‌ها شامل اجزای ساده‌ای به نام نورون‌ها تشکیل شده است که به صورت موازی کار می‌کنند و اطلاعات را به روشی مشابه کار مغز انسان پردازش می‌کنند. شبکه‌های عصبی مصنوعی در بسیاری از تحقیقات به ابزارهای قدرتمندی تبدیل می‌شوند که می‌توان به شناسایی الگو، فشرده‌سازی داده‌ها، پردازش سیگنال، تقریب عملکرد و بهینه‌سازی اشاره کرد(۲۵). در مطالعه حاضر از شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی خطر اختلالات اسکلتی عضلانی استفاده شد. در ابتدا آماده‌سازی داده‌ها برای مدل با حذف داده‌های مخدوش و پرت انجام شد چون این داده‌ها باعث کاهش دقت و افزایش دامنه پاسخ برای مدل می‌شوند. سپس میزان کفایت متغیرهای مدل با آزمون Kaiser-Mayer-Olkin انجام شد. میزان KMO به‌دست‌آمده برای کفایت نمونه مدل ۰،۸۱ به دست آمد که نشان‌دهنده کفایت حجم نمونه برای ساخت مدل شبکه عصبی بود و در نهایت نرمال‌سازی کلیه متغیرهای مدل در محدوده -۱ تا +۱ انجام شد.

تعیین متغیرهای خروجی و ورودی بهینه

در مرحله تعیین خروجی بهینه مدل، داده‌ها به صورت تصادفی به دو گروه آموزش و آزمون تقسیم شدند و آموزش و اعتبارسنجی به صورت همزمان با روش اعتبارسنجی متقاطع ۵ لایه انجام شد. سپس میانگین دقت و میانگین مربعات خطای آموزش و اعتبارسنجی برای هر مرحله تعیین شد. خروجی مدل با ارائه شاخص تلفیقی از اختلالات اسکلتی-عضلانی قسمت‌های مختلف بدن که بیشترین همبستگی را داشت، تعیین شد، سپس دقت و میانگین مربعات خطای داده‌های آموزشی و اعتباربخشی بر اساس شاخص خروجی تعیین شد. به این ترتیب آموزش همزمان و اعتبارسنجی شبکه نیز با خروجی بهینه انجام شد. برای تعیین وزن صحیح پارامترها از Back-Propagation استفاده شد که با تعیین وزن صحیح، حداکثر دقت و حداقل میانگین مربعات خطا، هر یک از وزن‌های ورودی را در یک مرحله تعیین کرد. برای تعیین متغیرهای ورودی بهینه، اهمیت عوامل با آزمون لجستیک بررسی شد. مهم‌ترین عوامل به‌عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد و دقت و خطای مدل برای داده‌های آموزش و اعتبارسنجی آنها تعیین شد.

تعداد نورون ها و لایه های پنهان

با توجه به اینکه برای حل یک مسئله، تعداد لایه‌های پنهان و نورون‌های آنها به طور کلی مشخص نیست و باید به صورت آزمایشی تعیین شود، با انجام تست‌های مختلف و با استفاده از روش آزمون و خطا، تعداد بهینه لایه‌ها و نورون‌های پنهان مشخص می‌شود. برای آموزش شبکه از الگوریتم پس‌انتشار خطا استفاده شد. در این الگوریتم از تکنیک‌های بهینه‌سازی محلی برای دستیابی به حداقل خطا استفاده می‌شود. تابع نزول گرادیان با تکانه GDM نیز به عنوان تابع یادگیری مورد استفاده قرار گرفت و یادگیری تا زمانی که خطا در خروجی کاهش یافت انجام شد. در نهایت، مدل شبکه عصبی پیشنهادی برای پیش‌بینی خطر اختلالات اسکلتی عضلانی توسعه داده شد.

آزمون های آماری

جهت تعیین ارتباط اختلالات اسکلتی عضلانی و

متغیرهای مستقل از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. به منظور تدوین مدل مناسب، تأثیر عوامل مختلف در ایجاد اختلالات اسکلتی عضلانی با استفاده از آزمون رگرسیون لجستیک بررسی شد. همچنین اهمیت ورودی‌های مدل با استفاده از نتایج آزمون رگرسیون لجستیک بررسی گردید.

یافته ها

آمار توصیفی متغیرهای جمعیت شناختی شرکت‌کنندگان برای توسعه مدل پیش‌بینی در جدول ۱ نشان داده شده است. تعداد شرکت‌کنندگان در این مطالعه ۳۴۲ نفر بود که از این تعداد ۱۸۷ نفر (۵۴,۷٪) مرد و ۱۵۵ نفر (۴۵,۳٪) زن بودند. بیشترین فراوانی مربوط به گروه سنی ۲۵ تا ۲۹ سال (۳۰,۱ درصد) و کمترین فراوانی مربوط به گروه سنی ۳۵ تا ۳۹ سال (۱۳ درصد) بود. همچنین اکثر شرکت‌کنندگان در دو گروه مرد و زن دارای مدرک لیسانس (۴۰,۹٪) و تعداد شرکت‌کنندگان دارای مدرک دکترا کمترین (۱,۲٪) بوده است. همچنین اکثر شرکت‌کنندگان در هر دو گروه دارای شاخص توده بدنی نرمال (۶۳,۲ درصد) و کمترین میزان مربوط به شاخص توده بدنی بدون چربی (BMI) بود.

جدول ۲ شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی را بر اساس جنسیت نشان می‌دهد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که میزان ناراحتی در نواحی گردن، شانه، مچ دست/دست و پا/مچ پا بین مردان و زنان تفاوت معنی‌داری دارد (p-value<۰,۰۵). به طوری که در تمامی موارد فراوانی گزارش ناراحتی در زنان بیشتر از مردان است.

جدول ۳ نتایج تفاوت اختلالات اسکلتی-عضلانی در ایستگاه‌های کاری با عوامل محیطی مختلف را با آزمون t نشان می‌دهد. یافته‌های ارائه شده در این جدول نشان می‌دهد که بین شیوع درد در زنان و مردان در ایستگاه‌های کاری با نور کم تفاوت معنی‌داری (p-value=۰,۰۱۰) وجود دارد. اما بین سایر سطوح روشنایی، گرما و صدا و اختلالات اسکلتی-عضلانی در زنان و مردان تفاوت

جدول ۱: متغیرهای جمعیت شناختی شرکت کنندگان

اطلاعات دموگرافیک		مرد		زن		جمع	
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
سن(سال)	کمتر از ۲۵	۲۶	۱۳/۹	۲۶	۱۶/۸	۵۲	۱۵/۲
	۲۵-۲۹	۴۹	۲۶/۲	۵۴	۳۴/۸	۱۰۳	۳۰/۱
	۳۰-۳۴	۴۰	۲۱/۴	۲۵	۱۶/۱	۶۵	۱۹
	۳۵-۳۹	۲۹	۱۵/۵	۱۸	۱۱/۶	۴۷	۱۳/۸
	بالاتر از ۴۰	۴۳	۲۳	۳۲	۲۰/۶	۷۵	۲۱/۹
	جمع	۱۸۷	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰
تحصیلات	زیردیپلم	۴	۱/۲	۱	۰/۶	۵	۱/۵
	دیپلم	۱۸	۹/۶	۲۴	۱۵/۵	۴۲	۱۲/۳
	فوق دیپلم	۲۷	۱۴/۴	۲۱	۱۳/۵	۴۸	۱۴
	لیسانس	۸۱	۴۳/۳	۵۹	۳۸/۱	۱۴۰	۴۰/۹
	فوق لیسانس	۵۶	۲۹/۹	۴۷	۳۰/۳	۱۰۳	۳۰/۱
	دکتری	۱	۰/۵	۳	۱/۹	۴	۱/۲
	جمع کل	۱۸۷	۶	۱۵۵	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰
BMI(26)	لاغر (کمتر از ۱۸/۵)	۷	۳.۸	۴	۲.۶	۱۱	۳.۲
	نرمال (۱۸/۵ تا ۲۴/۹)	۱۲۲	۶۵.۲	۹۴	۶۰.۶	۲۱۶	۶۳.۲
	اضافه وزن و چاق (بیشتر از ۲۵)	۵۸	۳۱	۵۷	۳۶.۸	۱۱۵	۳۳.۶
	جمع کل	۱۸۷	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰

جدول ۲: شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی بر اساس جنسیت

	مرد				زن				جمع				p-value
	دارد		ندارد		دارد		ندارد		دارد		ندارد		
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
گردن	۹۲	۴۹/۲	۹۵	۵۰/۸	۹۶	۶۱/۹	۵۹	۳۸/۱	۱۸۸	۵۵	۱۵۴	۴۵	۰/۰۲
شانه	۴۲	۲۲/۵	۱۴۵	۷۷/۵	۷۵	۴۸/۴	۸۰	۵۱/۶	۱۱۷	۳۴/۲	۲۲۵	۶۵/۸	۰/۰۰۰۱
بالای کمر	۴۹	۲۶/۲	۱۳۸	۷۳/۸	۵۱	۳۲/۹	۱۰۴	۶۷/۱	۱۰۰	۲۹/۲	۲۴۲	۷۰/۸	۰/۱۷۵
آرنج	۱۹	۱۰/۲	۱۶۸	۸۹/۸	۲۶	۱۶/۸	۱۲۹	۸۳/۲	۴۵	۱۳/۲	۲۹۷	۸۶/۸	۰/۰۷۲
مچ/دست	۴۰	۲۱/۴	۱۴۷	۷۸/۶	۵۸	۳۷/۴	۹۷	۶۲/۶	۹۸	۲۸/۶	۲۴۴	۷۱/۴	۰/۰۰۱
پایین کمر	۷۰	۳۷/۴	۱۱۷	۶۲/۶	۶۳	۴۰/۶	۹۲	۵۹/۴	۱۳۳	۳۸/۹	۲۰۹	۶۱/۱	۰/۵۴۴
باسن/ران	۲۱	۱۱/۲	۱۶۶	۸۸/۸	۲۶	۱۶/۸	۱۲۹	۸۳/۲	۴۷	۱۳/۷	۲۹۵	۸۶/۳	۰/۱۳۸
زانو	۶۵	۳۴/۸	۱۲۲	۶۵/۲	۶۶	۴۲/۶	۸۹	۵۷/۴	۱۳۱	۳۸/۳	۲۱۱	۶۱/۷	۰/۱۳۹
پا/مچ پا	۲۸	۱۵	۱۵۹	۸۵	۴۱	۲۶/۵	۱۱۴	۷۳/۵	۶۹	۲۰/۲	۲۷۳	۷۹/۸	۰/۰۰۹

معنادار، د. د. سطح ۰/۰۵

جدول ۳ : تفاوت اختلالات اسکلتی عضلانی در ایستگاه های کاری با عوامل محیطی مختلف

جنسیت		مرد								زن								جمع								p-value
اختلالات		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
روشنایی	۱**	۸۳	۶۰/۲	۲۹	۵۹/۲	۱۱۲	۵۹/۹	۷۹	۵۹/۹	۱۳	۵۶/۵	۹۲	۵۹/۳	۱۶۲	۶۰	۴۲	۵۸/۳	۲۰۴	۵۹/۶	۰/۰۱۰*
	۲	۴۵	۳۲/۶	۱۶	۳۲/۶	۶۱	۳۲/۶	۴۴	۳۳/۳	۹	۳۹/۱	۵۳	۳۴/۲	۸۹	۳۳	۲۵	۳۴/۷	۱۱۴	۳۳/۳	۰/۲۳۴
	۳	۱۰	۷/۲	۴	۸/۲	۱۴	۷/۵	۹	۶/۸	۱	۴/۴	۱۰	۶/۵	۱۹	۷	۵	۷	۲۴	۷/۱	۰/۲۶۹
	جمع	۱۳۸	۱۰۰	۴۹	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۰	۱۰۰	۷۲	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	۰/۹۶۱
گرما	۱	۹	۷/۲	۶	۹/۷	۱۵	۸	۸	۷/۷	۵	۹/۸	۱۳	۸/۴	۱۷	۷/۴	۱۱	۹/۷	۲۸	۸/۲	۰/۹۳۳
	۲	۱۰۸	۸۶/۴	۵۲	۸۳/۹	۱۶۰	۸۵/۶	۸۹	۸۵/۶	۴۳	۸۴/۳	۱۳۲	۸۵/۲	۱۹۷	۸۶	۹۵	۸۴/۱	۲۹۲	۸۵/۴	۰/۹۸۹
	۳	۸	۶/۴	۴	۶/۴	۱۲	۶/۴	۷	۶/۷	۳	۵/۹	۱۰	۶/۴	۱۵	۶/۶	۷	۶/۲	۲۲	۶/۴	۰/۸۶۷
	جمع	۱۲۵	۱۰۰	۶۲	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۰۴	۱۰۰	۵۷	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۲۹	۱۰۰	۱۱۳	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	۰/۷۶۲
صدا	۲	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۴	۱۰۰	۲۱	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۳	۱۰۰	۶۹	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	/۸۹۲
	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۷۵۲
	جمع	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۴	۱۰۰	۲۱	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۳	۱۰۰	۶۹	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	۰/۹۸۳

*معناداری در سطح ۰/۰۱

** در طبقه بندی عوامل محیطی: **۱:کمتر از حد مجاز/ ۲:در حد مجاز/ ۳:بیش از حد مجاز**

معناداری وجود نداشت.

جدول ۴ رابطه بین شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی و عوامل روانی-اجتماعی با استفاده از آزمون من ویتنی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بین شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی و میزان تقاضای شغل، سطوح کنترل شغل، سطوح تعاملات اجتماعی، سطوح رهبری، سطوح جو سازمانی، سطح رضایت شغلی و سطوح استرس رابطه معناداری وجود دارد(p-value<۰,۰۵). با افزایش سطح تقاضای شغل، سطح کنترل شغل، سطح تعاملات اجتماعی و سطح رهبری در شغل، اختلالات اسکلتی-عضلانی در مردان و زنان (به‌ویژه مردان) کاهش می‌یابد و با افزایش سطح استرس، فراوانی گزارش اختلالات اسکلتی-عضلانی افزایش می‌یابد.

نتایج جدول ۵ ارتباط بین اختلالات اسکلتی-عضلانی و عوامل ایستگاه کاری را با آزمون همبستگی پیرسون نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، بین گزارش درد یا ناراحتی در ناحیه گردن با امتیاز خطر صفحه نمایش گوشی، مچ/دست با نمره خطر صفحه کلید-موس و همچنین شانه، قسمت بالای کمر، آرنج و پایین کمر با نمره ریسک صندلی رابطه معنادار وجود دارد (p-value<۰,۰۵). علاوه بر این، بین گزارش درد یا ناراحتی در ناحیه گردن، شانه و مچ/دست با نمره کلی ROSA رابطه معناداری وجود دارد.

به منظور تدوین مدل، تأثیر عوامل مختلف در ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی با استفاده از آزمون رگرسیون لجستیک بررسی شد. جدول ۶ نتایج رگرسیون لجستیک را برای تعیین اهمیت هر یک از عوامل در ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که از بین عوامل روانی-اجتماعی، تقاضای شغلی، تعاملات اجتماعی و استرس در ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی مؤثر بوده است. در بین عوامل فردی، جنسیت و شاخص توده بدنی (BMI) و در بین عوامل ایستگاه کاری، صندلی نقش برجسته‌ای در ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی دارد.

نتایج عملکرد شبکه عصبی برای پیش بینی اختلالات اسکلتی عضلانی

به منظور پیش‌بینی اختلالات اسکلتی-عضلانی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، از نرم‌افزار متلب نسخه ۱۲ استفاده شد. خروجی مدل با ارائه شاخص تلفیقی از اختلالات اسکلتی-عضلانی بخش‌های مختلف بدن که بیشترین همبستگی را داشتند، تعیین شد؛ با این هدف که شاخص تلفیقی، پیش‌بینی بهتری ارائه کند. نتایج همبستگی در جدول ۷ ارائه گردیده است. شاخص تلفیقی از بخش‌های اندام فوقانی و زانو تعیین شد، سپس دقت و میانگین مربعات خطای داده‌های آموزشی و اعتبارسنجی محاسبه شد که در شکل ۱ نشان داده شده است. یافته‌های ما نشان داد که میانگین مجذور خطا (۶/۳ درصد) برای داده‌های آموزش و اعتبارسنجی در مرحله ۱۵۹ قرار دارد. همچنین دقت داده‌های آزمون حدود ۸۸,۵٪ بود که نشان‌دهنده قابل‌قبول بودن نتایج است.

اهمیت ورودی‌های مدل با استفاده از نتایج آزمون رگرسیون لجستیک بررسی شد و در نهایت یازده عامل به عنوان ورودی‌های مدل در نظر گرفته شدند که شامل کنترل شغلی، انتظارات نقش، رهبری، جو سازمانی، سن، سطح تحصیلات، تلفن/مانیتور، کیبورد/موس، روشنایی، گرما و صدا بودند. سپس دقت و خطای مدل برای داده‌های آموزش و اعتبارسنجی تعیین شد. میزان دقت در مرحله ۱۵۱ مدل ۹۲,۸۶٪ و میانگین مربع خطا ۵,۷٪ بود. نتایج دقت و میانگین مربعات خطا در شکل ۲ ارائه شده است.

در این تحقیق، تعداد بهینه نورون‌ها در لایه پنهان با آزمون‌های مختلف و روش آزمون و خطا به دست آمد. همزمان، دقت شبکه برای داده‌های آموزشی و آزمایشی مورد ارزیابی قرار گرفت و بدین ترتیب بخشی از ارزیابی مدل نیز انجام شد که در شکل ۳ نشان داده شده است. در شکل مربوطه، منحنی سبز روند دقت را نشان می‌دهد. از داده‌های آموزشی، منحنی آبی روند دقت داده‌های

جدول ۴: ارتباط بین شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی و عوامل روانی- اجتماعی

جنسیت / وضعیت اختلالات		مرد						زن						جمع						p-value
		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
تقاضای شغل	کم	۱۲	۸/۶	۲	۴/۲	۱۴	۷/۵	۲۰	۱۵/۱	۱	¾	۲۱	۱۳/۵	۳۲	۱۱/۸	۳	۴/۲	۳۵	۱۰/۲	۰/۳۲۴
	متوسط	۷۵	۵۴	۲۱	۴۳/۸	۹۶	۵۱/۳	۶۰	۴۵/۵	۸	۳۴/۸	۶۸	۴۳/۹	۱۳۵	۴۹/۸	۲۹	۴۰/۸	۱۶۴	۴۸	۰/۰۹۰
	زیاد	۵۲	۳۷/۴	۲۵	۵۲	۷۷	۴۱/۲	۵۲	۳۹/۴	۱۴	۶۰/۹	۶۶	۴۲/۶	۱۰۴	۳۸/۴	۳۹	۵۴/۹	۱۴۳	۴۱/۸	۰/۱۳۲
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	**۰/۰۲۰**
کنترل شغل	کم	۲۳	۱۶/۶	۳	۶/۳	۲۶	۱۳/۹	۲۲	۱۶/۷	۴	۱۷/۴	۲۶	۱۶/۸	۴۵	۱۶/۶	۷	۹/۹	۵۲	۱۵/۲	۰/۶۸۴
	متوسط	۶۸	۴۸/۹	۱۹	۳۹/۵	۸۷	۴۶/۶	۶۵	۴۹/۲	۹	۳۹/۱	۷۴	۴۷/۷	۱۳۳	۴۹/۱	۲۸	۳۹/۴	۱۶۱	۴۷/۱	۰/۱۰۶
	زیاد	۴۸	۳۴/۵	۲۶	۵۴/۲	۷۴	۳۹/۵	۴۵	۳۴/۱	۱۰	۴۳/۵	۵۵	۳۵/۵	۹۳	۳۴/۳	۳۶	۵۰/۷	۱۲۹	۳۷/۷	**۰/۰۳۴**
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	**۰/۰۳۳**
انتظارات نقش	کم	۱۵	۱۰/۸	۳	۶/۳	۱۸	۹/۶	۱۲	۹/۱	۱	۴/۴	۱۳	۸/۴	۲۷	۱۰	۴	۵/۶	۳۱	۹/۱	۰/۴۶۲
	متوسط	۵۵	۳۹/۶	۱۷	۳۵/۴	۷۲	۳۸/۵	۵۸	۴۳/۹	۷	۳۰/۴	۶۵	۴۱/۹	۱۱۳	۴۱/۷	۲۴	۳۳/۸	۱۳۷	۴۰	**۰/۰۴۸**
	زیاد	۶۹	۴۹/۶	۲۸	۵۸/۳	۹۷	۵۱/۹	۶۲	۴۷	۱۵	۶۵/۲	۷۷	۴۹/۷	۱۳۱	۴۸/۳	۴۳	۶۰/۶	۱۷۴	۵۰/۹	۰/۱۵۴
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	۰/۱۵۸
قابل پیش-بینی بودن شغل	کم	۲۴	۱۷/۳	۹	۱۸/۸	۳۳	۱۷/۶	۲۰	۱۵/۲	۴	۱۷/۴	۲۴	۱۵/۵	۴۴	۱۶/۲	۱۳	۱۸/۳	۵۷	۱۶/۷	۰/۳۴۶
	متوسط	۷۴	۵۳/۲	۲۰	۴۱/۷	۹۴	۵۰/۳	۷۵	۵۶/۸	۹	۳۹/۱	۸۴	۵۴/۲	۱۴۹	۵۵	۲۹	۴۰/۸	۱۷۸	۵۲	**۰/۰۵۶**
	زیاد	۴۱	۲۹/۵	۱۹	۳۹/۵	۶۰	۳۲/۱	۳۷	۲۸	۱۰	۴۳/۵	۴۷	۳۰/۳	۷۸	۲۸/۸	۲۹	۴۰/۹	۱۰۷	۳۱/۳	۰/۲۳۰
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	۰/۰۸۵
تسلط	کم	۱۶	۱۱/۵	۷	۱۴/۶	۲۳	۱۲/۳	۲۱	۱۵/۹	۰	۰	۲۱	۱۳/۶	۳۷	۱۳/۷	۷	۹/۹	۴۴	۱۲/۹	**۰/۰۰۶**

ادامه جدول ۴: ارتباط بین شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی و عوامل روانی- اجتماعی

جنسیت / وضعیت اختلالات		مرد						زن						جمع						p-value
		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
	متوسط	۲۴	۱۷/۳	۴	۸/۳	۲۸	۱۵	۲۹	۲۲	۳	۱۳	۳۲	۲۰/۶	۵۳	۱۹/۵	۷	۹/۹	۶۰	۱۷/۵	۰/۵۵۴
	زیاد	۹۹	۷۱/۲	۳۷	۷۷/۱	۱۳۶	۷۲/۷	۸۲	۶۲/۱	۲۰	۸۷	۱۰۲	۶۵/۸	۱۸۱	۶۶/۸	۵۷	۸۰/۲	۲۳۸	۶۹/۶	۰/۱۷۴
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	۰/۰۷۷
تعاملات اجتماعی	کم	۲۲	۱۵/۸	۲	۴/۲	۲۴	۱۲/۸	۱۴	۱۰/۶	۴	۱۷/۴	۱۸	۱۱/۶	۳۶	۱۳/۳	۶	۸/۴	۴۲	۱۲/۳	۰/۲۰۳
	متوسط	۷۸	۵۶/۱	۱۹	۳۹/۵	۹۷	۵۱/۹	۸۳	۶۲/۹	۱۰	۴۳/۵	۹۳	۶۰	۱۶۱	۵۹/۴	۲۹	۴۰/۹	۱۹۰	۵۵/۵	۰/۰۹۱
	زیاد	۳۹	۲۸/۱	۲۷	۵۶/۲	۶۶	۳۵/۳	۳۵	۲۶/۵	۹	۳۹/۱	۴۴	۲۸/۴	۷۴	۲۷/۳	۳۶	۵۰/۷	۱۱۰	۳۲/۲	**۰/۰۲۵**
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	**۰/۰۰۱**
رهبری	کم	۵۵	۳۹/۵	۱۲	۲۵	۶۷	۳۵/۸	۶۷	۵۰/۸	۹	۳۹/۱	۷۶	۴۹	۱۲۲	۴۵	۲۱	۲۹/۶	۱۴۳	۴۱/۸	۰/۳۰۶
	متوسط	۴۵	۳۲/۴	۱۹	۳۹/۵	۶۴	۳۴/۲	۳۷	۲۸	۱۱	۴۷/۹	۴۸	۳۱	۸۲	۳۰/۳	۳۰	۴۲/۲	۱۱۲	۳۲/۸	۰/۴۲۳
	زیاد	۳۹	۲۸/۱	۱۷	۳۵/۵	۵۶	۳۰	۲۸	۲۱/۲	۳	۱۳	۳۱	۲۰	۶۷	۲۴/۷	۲۰	۲۸/۲	۸۷	۲۵/۴	**۰/۰۲۸**
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	**۰/۰۵۱**
جو سازمانی	کم	۴۵	۳۲/۳	۱۳	۲۷/۱	۵۸	۳۱	۵۲	۳۹/۴	۱۱	۴۷/۸	۶۳	۴۰/۶	۹۷	۳۵/۸	۲۴	۳۳/۸	۱۲۱	۳۵/۴	۰/۴۹۵
	متوسط	۸۶	۶۱/۹	۲۵	۵۲/۱	۱۱۱	۵۹/۴	۷۴	۵۶/۱	۱۱	۴۷/۸	۸۵	۵۴/۹	۱۶۰	۵۹	۳۶	۵۰/۷	۱۹۶	۵۷/۳	۰/۰۸۶
	زیاد	۸	۵/۸	۱۰	۲۰/۸	۱۸	۹/۶	۶	۴/۵	۱	۴/۴	۷	۴/۵	۱۴	۵/۲	۱۱	۱۵/۵	۲۵	۷/۳	۰/۰۶۲
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	**۰/۰۱۱**
کار گروهی	کم	۳۳	۲۳/۷	۹	۱۸/۸	۴۲	۲۲/۵	۳۵	۲۶/۵	۷	۳۰/۴	۴۲	۲۷/۱	۶۸	۲۵/۱	۱۶	۲۲/۵	۸۴	۲۴/۶	۰/۵۷۸
	متوسط	۷۵	۵۴	۲۷	۵۶/۲	۱۰۲	۵۴/۵	۷۷	۵۸/۳	۱۶	۶۹/۶	۹۳	۶۰	۱۵۲	۵۶/۱	۴۳	۶۰/۶	۱۹۵	۵۷	۰/۱۱۹

ادامه جدول ۴: ارتباط بین شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی و عوامل روانی- اجتماعی

جنسیت / وضعیت اختلالات		مرد						زن						جمع						p-value
		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		دارد		ندارد		جمع		
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
	زیاد	۳۱	۲۲/۳	۱۲	۲۵	۴۳	۲۳	۲۰	۱۵/۲	۰	۰	۲۰	۱۲/۹	۵۱	۱۸/۸	۱۲	۱۶/۹	۶۳	۱۸/۴	**۰/۰۰۸**
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	۰/۷۹۴
رضایت از کار	کم	۳۳	۲۳/۷	۱۲	۲۵	۴۵	۲۴/۱	۳۶	۲۷/۳	۴	۱۷/۴	۴۰	۲۵/۸	۶۹	۲۵/۵	۱۶	۲۲/۵	۸۵	۲۴/۹	**۰/۰۵۰**
	متوسط	۵۵	۳۹/۶	۱۳	۲۷/۱	۶۸	۳۶/۳	۴۷	۳۵/۶	۴	۱۷/۴	۵۱	۳۲/۹	۱۰۲	۳۷/۶	۱۷	۲۳/۹	۱۱۹	۳۴/۸	۰/۰۸۲
	زیاد	۵۱	۳۶/۷	۲۳	۴۷/۹	۷۴	۳۹/۶	۴۹	۳۷/۱	۱۵	۶۵/۲	۶۴	۴۱/۳	۱۰۰	۳۶/۹	۳۸	۵۳/۶	۱۳۸	۴۰/۳	۰/۳۱۶
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	**۰/۰۲۹**
استرس	کم	۲۹	۲۰/۸	۲۳	۴۷/۹	۵۲	۲۷/۸	۳۴	۲۵/۸	۸	۳۴/۸	۴۲	۲۷/۱	۶۳	۲۳/۲	۳۱	۴۳/۷	۹۴	۲۷/۵	**۰/۰۱۰**
	متوسط	۳۵	۲۵/۲	۹	۱۸/۸	۴۴	۲۳/۵	۳۴	۲۵/۸	۴	۱۷/۴	۳۸	۲۴/۵	۶۹	۲۵/۵	۱۳	۱۸/۳	۸۲	۲۴	۰/۲۲۰
	زیاد	۷۵	۵۴	۱۶	۳۳/۳	۹۱	۴۸/۷	۶۴	۴۸/۴	۱۱	۴۷/۸	۷۵	۴۸/۴	۱۳۹	۵۱/۳	۲۷	۳۸	۱۶۶	۴۸/۵	۰/۶۱۲
	کل	۱۳۹	۱۰۰	۴۸	۱۰۰	۱۸۷	۱۰۰	۱۳۲	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۵۵	۱۰۰	۲۷۱	۱۰۰	۷۱	۱۰۰	۳۴۲	۱۰۰	**۰/۰۰۳**

معناداری در سطح ۰/۰۵

جدول ۵: ارتباط بین اختلالات اسکلتی عضلانی و عوامل ایستگاه کاری

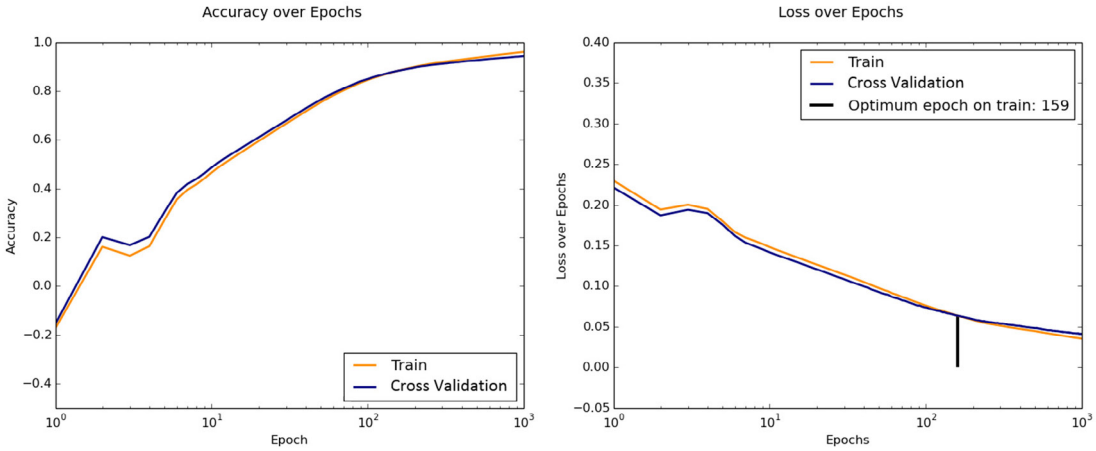
ناحیه	P-value			
	صفحه نمایش و تلفن	کیبورد-موس	صندلی	نمره کلی ROSA
گردن	۰/۰۲۳	۰/۹۶	۰/۶۵	۰/۰۵۸
شانه	۰/۲۲	۰/۳۱	۰/۰۳	۰/۰۲۵
بالای کمر	۰/۲۷	۰/۹۱	۰/۰۲	۰/۴۳
آرنج	۰/۶۷	۰/۸۳	۰/۰۴۷	۰/۵۸
مچ/دست	۰/۵۰	۰/۰۳۹	۰/۵۸	۰/۰۵
پایین کمر	۰/۲۷	۰/۶۸	۰/۰۲۱	۰/۶۴
باسن/ران	۰/۷۱	۰/۹۷	۰/۱۳	۰/۷۰
زانو	۰/۵۴	۰/۶۵	۰/۴۷	۰/۸۰
پا/مچ پا	۰/۹۶	۰/۷۳	۰/۴۹	۰/۹۹

جدول ۶ : تأثیر عوامل مختلف در ایجاد اختلالات اسکلتی عضلانی با استفاده از آزمون رگرسیون لجستیک

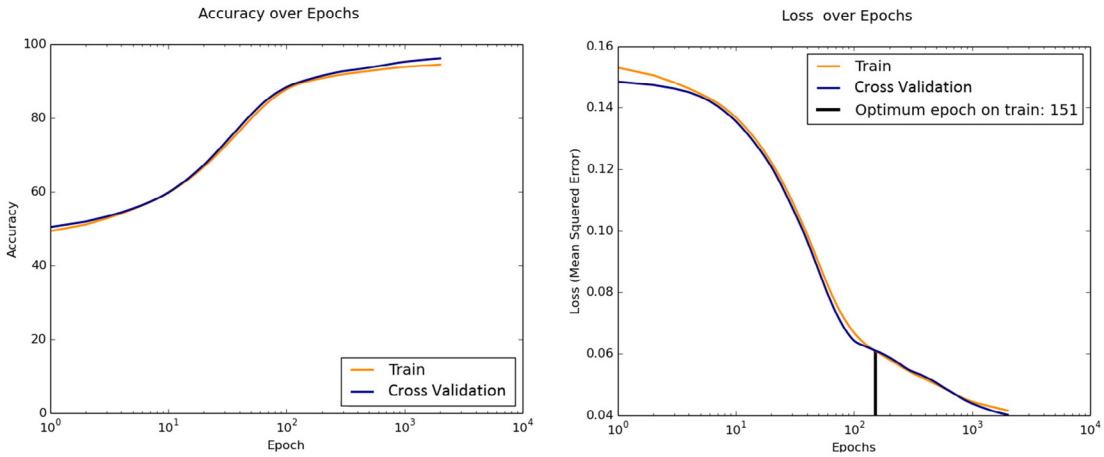
	متغیر	مقدار Beta	انحراف معیار	سطح معناداری
عوامل روانی-اجتماعی	تقاضای شغلی	-۰/۰۳۲	۰/۰۱۷	۰/۰۴۲
	کنترل شغلی	-۰/۰۰۵	۰/۰۱۲	۰/۶۹۲
	انتظارات نقش	-۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۰/۷۲۰
	قابلیت پیش بینی	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۲۷۷
	تسلط	-۰/۰۱۲	۰/۰۱۰	۰/۲۲۷
	تعاملات اجتماعی	-۰/۰۲۹	۰/۰۱۵	۰/۰۵۸
	رهبری	۰/۰۰۳	۰/۰۱۰	۰/۷۹۴
	جو سازمانی	۰/۰۰۹	۰/۰۲۰	۰/۶۴۰
	کار گروهی	۰/۰۱۷	۰/۰۱۵	۰/۲۵۵
	رضایت شغلی	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۷۷۶
	استرس	-۰/۰۱۵	۰/۰۰۷	۰/۰۲۳
عوامل فردی	شاخص توده بدنی	-۰/۱۰۹	۰/۰۵۵	۰/۰۴۸
	سن	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۸۹۱
	جنس	-۰/۱۴۳	۰/۴۴۴	۰/۰۰۱
	سطح تحصیلات	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۷۴۲
عوامل ایستگاه کاری	تلفن-مانیتور	۰/۰۴۴	۰/۳۶۳	۰/۹۰۴
	کیبورد-موس	۰/۰۵۹	۰/۲۶۰	۰/۸۲۲
	صندلی	-۰/۴۵۱	۰/۲۳۶	۰/۰۳۷
	نمره کلی ROSA	-۰/۲۲۰	۰/۲۰۰	۰/۲۷۲
عوامل محیطی	روشنایی	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۷۳۶
	گرما	۰/۳۱۰	۰/۰۲۱	۰/۹۵۷
	صدا	۰/۲۸۰	۰/۰۰۷	۰/۸۵۵

جدول ۷: نتایج همبستگی اختلالات اسکلتی عضلانی

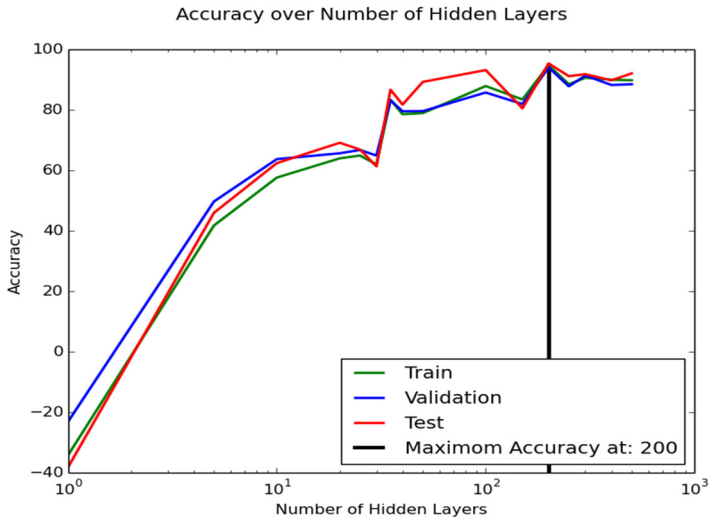
	ناحیه	گردن	شانه	بالای کمر	آرنج	مچ دست	پایین کمر	باسن/ران	زانو	پا/مچ پا
مردان	گردن	۱	۰/۳۶۶	۰/۲۶۳	۰/۰۹۲	۰/۳۴۶	۰/۴۳۰	۰/۲۱۵	۰/۲۲۲	۰/۲۱۵
	شانه	۰/۳۸۷	۱	۰/۳۱۹	۰/۲۸۵	۰/۱۸۷	۰/۳۲۴	۰/۲۶۸	۰/۰۶۳	۰/۱۳۲
	بالای کمر	۰/۱۷۶	۰/۳۰۵	۱	۰/۲۴۲	۰/۱۶۲	۰/۲۴۱	۰/۲۲۵	۰/۱۵۰	۰/۲۲۶
	آرنج	۰/۲۱۰	۰/۲۹۱	۰/۲۸۰	۱	۰/۲۶۵	۰/۱۷۸	۰/۲۸۴	۰/۲۰۰	۰/۲۰۶
	مچ دست	۰/۳۲۲	۰/۱۵۸	۰/۱۴۸	۰/۴۳۸	۱	۰/۲۶۹	۰/۳۲۵	۰/۱۳۸	۰/۲۹۲
	پایین کمر	۰/۱۸۴	۰/۱۰۱	۰/۱۷۵	۰/۱۲۵	۰/۱۶۶	۱	۰/۲۷۱	۰/۲۲۲	۰/۱۳۸
	باسن/ران	۰/۱۷۴	۰/۲۵۶	۰/۲۸۰	۰/۲۶۱	۰/۲۹۵	۰/۱۹۶	۱	۰/۱۴۹	۰/۱۴۴
	زانو	۰/۲۴۵	۰/۲۱۱	۰/۱۶۶	۰/۴۱۷	۰/۳۰۵	۰/۲۵۲	۰/۲۷۷	۱	۰/۲۹۱
	پا/مچ پا	۰/۴۱۰	۰/۳۲۷	۰/۲۴۱	۰/۳۹۶	۰/۳۵۲	۰/۲۳۸	۰/۳۵۷	۰/۳۱۲	۱



شکل ۱: دقت و میانگین مربعات خطا برای داده های آموزش و اعتبارسنجی در مرحله ۱۵۹



شکل۲: دقت و میانگین مربعات خطای داده های آموزش مدل و اعتبارسنجی با متغیرهای ورودی و خروجی بهینه انتخاب شده



شکل ۳: دقت شبکه برای آموزش، اعتبار سنجی و داده های آزمایشی در تعداد مختلف نورون های لایه پنهان

اعتبارسنجی را نشان می‌دهد و منحنی قرمز روند دقت داده‌های آزمون را با تغییر تعداد نورون‌ها نشان می‌دهد. همانطور که منحنی‌ها نشان می‌دهند، دقت داده‌های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون بسیار نزدیک به یکدیگر است و بیشترین دقت مدل برای هر سه گروه داده برای شبکه با یک لایه پنهان به تعداد ۲۰۰ نورون به دست می‌آید.

تابع نزول گرادیان با تکانه به عنوان تابع یادگیری استفاده شد و یادگیری تا کاهش خطا در خروجی انجام شد. ثابت مومنتوم نیز ۰,۹ تعیین شد. در آموزش، میزان یادگیری ۰,۰۰۱ و تکانه لایه پنهان و خروجی به ترتیب ۰,۰۰۱ و ۰,۰۰۰۵ تعیین شد. مشخصات مدل شبکه عصبی پیشنهادی در جدول ۷ ارائه شده است.

بحث

پیش‌بینی بیماری به مؤسسات پزشکی کمک می‌کند تا بهترین تصمیمات ممکن را برای مراقبت‌های پزشکی بگیرند، زیرا تصمیم‌های نادرست می‌تواند منجر به تأخیر در درمان پزشکی یا حتی از دست دادن زندگی شود (۲۷). بنابراین برای پیش‌بینی صحیح باید از مدل‌هایی با حداقل خطا و حداکثر قابلیت اطمینان استفاده کرد. در این مطالعه ابتدا ارزیابی ایستگاه‌های کاری با استفاده از پرسشنامه نوردیک و روش ROSA انجام شد، سپس عوامل موثر بر اختلالات اسکلتی-عضلانی در بین کارکنان اداری شناسایی شد و در نهایت از هوش مصنوعی با الگوریتم پرسپترون برای ایجاد مدلی به‌منظور پیش‌بینی اختلالات استفاده شد. در مطالعه حاضر مشخص شد که عواملی مانند جنسیت و شاخص توده بدنی در بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی بسیار مهم هستند که با یافته‌های سایر مطالعات همخوانی داشت، بطوریکه در مطالعات مختلف نشان داده شده که عوامل دموگرافیک از جمله سن، جنسیت و BMI بر اختلالات اسکلتی-عضلانی تأثیر دارند و با افزایش سن و BMI احتمال بروز علائم MSD نیز افزایش می‌یابد (۲۸-۳۰). در مطالعه وستر و همکاران، رابطه مستقیمی بین شاخص توده بدنی و اختلالات اسکلتی-عضلانی، به‌ویژه درد شانه و مچ دست در ۱۲ ماه گذشته مشاهده شد (۳۱). در واقع، کارکنان اداری با شاخص توده بدنی بالا در معرض خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی و استرس روانی-فیزیولوژیکی شغلی بودند، زیرا وزن بالا در افزایش بار فیزیولوژیکی و مکانیکی بر روی بافت‌ها نقش دارد (۳۲). اضافه‌وزن ثبات وضعیتی را کاهش

جدول ۸: مشخصات مدل شبکه عصبی برای ارزیابی عملکرد ذهنی

نوع شبکه عصبی	چندلایه پرسپترون[1] (“MLP”)
تعداد لایه‌های پنهان و نورون‌ها	یک لایه پنهان با ۲۰۰ نورون
پارامترهای بهینه ورودی	عوامل فردی، محیطی، روانی اجتماعی و ایستگاه کار
وزن‌های اولیه و بایاس‌ها	نگوین-ویدرو (“NEWFF”)
توابع انتقال	تابع یک‌سوساز ("relu")
قانون یادگیری	بازگشت به عقب
تابع یادگیری	گرادیان نزولی با مومنتوم وزن/ بایاس (“LEARNGDM”)
ثابت مومنتوم	۰/۹

می‌دهد و تأثیر منفی بالقوه‌ای بر کنترل حرکات اندام فوقانی دارد و کنترل هدفمند حرکات را محدود می‌کند. همچنین از نقطه نظر بالینی، در مقایسه با افراد عادی، افراد چاق ممکن است کارایی کمتری در انجام وظایف داشته باشند و بیشتر در معرض خطر آسیب قرار بگیرند (۳۳). علاوه براین مطالعات اخیر انجام شده در چین و فرانسه نشان می‌دهد که اکثر زنان نسبت به مردان نسبت به عوامل روانی-اجتماعی حساس‌تر هستند(۳۴, ۳۵). نتایج تفاوت اختلالات اسکلتی-عضلانی در ایستگاه‌های کاری با عوامل محیطی مختلف در جدول ۸ نشان داد که نور کم منجر به ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی می‌شود که در مطالعه پیرمرادی و همکاران نیز نشان داده شد (۳۶). ریچی و همکاران بیان کردند که اختلالات اسکلتی-عضلانی چند علت دارند و یکی از دلایل آن نورپردازی نامناسب است که منجر به وضعیت نامطلوب می‌شود (۳۷). در واقع عدم تأمین نور موضعی باعث تغییر وضعیت بدن و افزایش خطر ابتلا به اختلالات اندام فوقانی می‌شود (۳۸). مطالعات قبلی نشان می‌دهد که عوامل محیطی مانند شکایات دمایی تأثیر قابل توجهی در ایجاد و تشدید MSD دارند (۳۹,۱). همچنین، مگناویتا در مطالعه خود تأثیر متقابل قوی بین عوامل خطر محیطی و روانی-اجتماعی مؤثر بر MSD را یافت و اظهار داشت که مشکلات اندام فوقانی بیشتر از کمردرد تحت تأثیر عوامل محیطی و روانی-اجتماعی قرار دارند (۴۰).

در این مطالعه، تأثیر عوامل روانی-اجتماعی بر اختلالات اسکلتی-عضلانی تعیین شد. نتایج حاکی از ارتباط بین عوامل روانی-اجتماعی و اختلالات اسکلتی-عضلانی است. کارمندانی که تقاضای شغلی کم، کنترل شغلی کم، تعاملات اجتماعی کم و استرس کاری بالا را گزارش کردند، اختلالات اسکلتی-عضلانی بیشتری را گزارش کردند. در مطالعه جانهاتان و همکاران، با هدف بررسی عوامل روانی-اجتماعی بر خطر علائم WRMD در کارگران صنعت کفش برزیل، مشخص شد که برخی از عوامل روانی-اجتماعی مانند استرس، احتمال زانو درد را در مردان و عامل «نارضایتی شغلی» احتمال درد آرنج را در زنان افزایش می‌دهد (۳۵). مطالعات انجام شده در دانشگاه ویسکانسین مدیسون نشان داده است که سازمان‌های کاری و عوامل مختلف روانی-اجتماعی شغلی، به ویژه در میان کارکنان اداری و کاربران کامپیوتر، در ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار نقش دارند (۴۱). در واقع، عوامل روانی-اجتماعی مانند فشار کاری، استانداردهای تولید و کنترل شغل مستقیماً بر جنبه‌های ارگونومیکی شغل مانند تکراری بودن و حالت‌های بدن در حین کار تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال، افرادی که کنترل بیشتری

بر کار خود دارند، کار را با تکرار کمتر انجام می‌دهند و کسانی که قوانین سختگیرانه‌ای در کار خود دارند، وضعیت بدنی ایستا و بی‌حرکت دارند (۴۲).

استفاده از روش ROSA و پرسشنامه نوردیک برای ارزیابی ایستگاه‌های کاری در محیط‌های اداری و شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی بسیار مفید است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش امتیاز ریسک مربوط به صفحه نمایش، درد گردن در کارکنان افزایش می‌یابد. مطالعات قبلی یافته‌های مطالعه حاضر را تایید می‌کند. سونی نشان داد که رابطه مستقیمی بین ناراحتی گردن و نمره خطر صفحه نمایش و تلفن وجود دارد (۲۴). یکی از مهمترین عوامل ایستگاه کاری برای کارکنان اداری که از کامپیوتر استفاده می‌کنند، ارتفاع صفحه نمایش و محل قرارگیری آن است. نتایج نشان داد که وضعیت صفحه نمایش کارکنان در سازمان مورد بررسی غیر ارگونومیک بوده و بایستی اقدامات ارگونومیکی برای کاهش امتیاز ریسک انجام شود. یکی دیگر از یافته‌های مهم این مطالعه این بود که با افزایش امتیاز خطر ماوس-کلید، درد بیشتری در ناحیه مچ دست گزارش شد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که استفاده طولانی‌مدت از موس همراه با انحراف مچ دست در حین کار، سطح فشار و آسیب به عصب مدیان در کانال مچ دست را افزایش می‌دهد که می‌تواند باعث ایجاد سندرم دردناکی به نام سندرم تونل کارپال شود (۴۳). در مطالعه‌ای که به منظور شناسایی شیوع اختلالات اسکلتی مزمن و خطرات ارگونومیکی در بین کارکنان اداری دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام شد، نتایج بر اساس ROSA نشان داد که بیش از ۸۲ درصد ایستگاه‌های کاری ارگونومیک نیستند (۴۴) و برخی از مطالعات قبلی همچنین ایستگاه‌های کاری غیر ارگونومیک را به عنوان شایع‌ترین عامل خطر مرتبط با کار در اختلالات اسکلتی گزارش کرده‌اند (۴۵). در مطالعه بشارتی و همکاران بر روی کارکنان اداری با استفاده از روش ROSA در سال ۲۰۲۰، نشان داده شد که ۸/۵۳ درصد از شرکت‌کنندگان در سطح اقدام ۱ (خطر کم اختلالات اسکلتی) و سایر افراد (۲/۴۶ درصد) در سطح ۲ (خطر بالای MSD) بودند. همچنین، شدت درد/ناراحتی در شانه‌ها، آرنج‌ها، مچ‌ها/دست‌ها، ران‌ها و مچ پا/پا با امتیاز نهایی ROSA مرتبط بود (۱).

با توجه به نتایج پژوهش حاضر مشخص شد که عوامل فردی، محیطی، روانی-اجتماعی و ایستگاه کاری بر اختلالات اسکلتی-عضلانی موثر هستند. اگرچه علی‌آبادی نشان داد که روش‌های آماری مانند رگرسیون لجستیک چندگانه فاقد دقت پیش‌بینی معقول هستند (۴۶)، گووینندو و همکاران با استفاده از مدل‌های رگرسیون چندگانه، تأثیر عوامل شخصی، شغلی و روانی-اجتماعی را بر شدت کمردرد در ۶۰ بیمار LBP بررسی و تأکید کردند که برای پیش‌بینی LBP، لازم است هر سه دسته کلی از عوامل ذکر شده به طور همزمان مورد بررسی قرار گیرند (۴۷). یکی از دقیق‌ترین روش‌ها برای ارزیابی روابط بین عوامل خطر، تکنیک شبکه عصبی است که می‌تواند به عنوان یک روش آماری جایگزین برای پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده مانند LBP استفاده شود (۱۶). در واقع، مدل شبکه عصبی مصنوعی یکی از مدل‌های مورد استفاده در حوزه هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، داده‌کاوی و... است که با الهام گرفتن از شبکه نورون‌ها در مغز انسان ایجاد شده است (۴۸). این مدل، شناسایی ارتباط بین عوامل مختلف، که برخی از تکنیک‌های آماری مانند رگرسیون چندگانه ممکن است قادر به تشخیص آن‌ها نباشد، را ممکن می‌سازد (۴۹). لذا شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی عوامل موثر در بروز بیماری‌های مختلف اهمیت زیادی دارد. رضایی‌نور در مطالعه خود یک شبکه عصبی بمنظور پیش‌بینی بیماری قلبی ارائه کرد که بر اساس یک سری متغیرهای فردی و بالینی مانند سن، جنسیت، تنگی نفس، تغییرات فشارخون و تعدادی آزمایش خون انجام گردیده بود (۵۰). رمزی نیز در مطالعه خود از یک سیستم شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم انتشار برگشتی بمنظور کمک به پزشکان در شناسایی

بیماری پارکینسون استفاده نمود که دارای دقت بسیار بالایی در مقایسه با روش‌های دیگر بود (۵۱).

همچنین، وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ برای پیش‌بینی بیماری قلبی از شبکه عصبی با دقت ۷۵ درصد و کاظمی و همکاران با دقت ۳۳/۸۳ درصد استفاده کردند (۲۷, ۵۲). مهیار نیروئی از ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی برای تشخیص الگوهای خوش‌خیم و بدخیم سرطان پستان استفاده کرد که توسط ۱۲ نورون LASS ورودی و ۱۰ نورون لایه میانی پارامترهای موثر انتخاب شد و دقت شبکه عصبی را افزایش داد (۵۳). ما نیز در این مطالعه از روش هوش مصنوعی برای توسعه یک مدل پیش‌بینی بر اساس عوامل فردی، محیطی، روانی-اجتماعی و ایستگاه کاری استفاده کردیم. در این تحقیق، یازده عامل از چهار عامل کلی به عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد که میزان دقت ۸۶/۹۲ درصد و میانگین مربعات خطا ۷/۵ درصد در ۱۵۱ مرحله مدل به دست آمد. ترکیبی از قسمت‌های زانو و اندام فوقانی به‌عنوان بهترین شاخص خروجی، میانگین مربع خطا ۶,۳ درصد برای داده‌های تمرین و اعتبارسنجی در مرحله ۱۵۹ شناسایی شد و دقت داده‌های آزمون حدود ۵/۸۸ درصد بود. در نهایت مشخص شد که مدل شبکه عصبی مصنوعی با لایه پنهان ۲۰۰ نورون بهترین مدل برای پیش‌بینی اختلالات اسکلتی-عضلانی با در نظر گرفتن چهار عامل اصلی ذکر شده است.

محدودیت مطالعه

دسترسی مناسب به اطلاعات کامل و بلند مدت مراکز بزرگ با مراجعه کننده زیاد، میتواند به طراحی بهتر و کاراتر شبکه پیشنهادی در این پژوهش کمک کند که عامل فوق به عنوان یک محدودیت جهت بررسی اطلاعات و تصمیم گیری کاراتر است.

نتیجه گیری

هدف مطالعه حاضر تعیین نقش هر یک از عوامل فردی، فیزیکی، روانی-اجتماعی و محیطی در ایجاد اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط به کار و همچنین ارائه یک مدل جهت پیش‌بینی بروز اختلالات مذکور در کاربران کامپیوتر شاغل در ادارات دولتی بود. نتایج این مطالعه نشان داد بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی در بین کارکنان چند عاملی است و فاکتورهای مختلف فردی، فیزیکی، روانی-اجتماعی و محیطی تواماً در ایجاد آن نقش دارند لذا در طراحی یک ایستگاه کاری ارگونومیک بایستی تأثیر همزمان عوامل ذکر شده مورد بررسی قرار گیرد. یافته‌های این مطالعه نشان داد امکانات و ابزار مورد استفاده کارکنان (مانند صندلی، مانیتور، صفحه کلید و...) از لحاظ کیفیت و استانداردهای ارگونومی در بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین فاکتورهای مختلف روانی-اجتماعی همچون روابط اجتماعی و تقاضای شغلی کارکنان، استرس‌زا بودن شغل، جو حاکم در محیط کار، باورها و تصورات کارکنان از شغل و محیط کار خود نقش بسزایی در بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی ایفا می‌کنند. رعایت حد مطلوب و استاندارد عوامل محیطی حاکم بر فضای کار کارکنان در پیشگیری از اختلالات اسکلتی-عضلانی حیاتی‌اند. علاوه براین عوامل دموگرافیک همچون BMI نیز در بروز اختلالات موثر هستند لذا آموزش و ایجاد آگاهی در بین کارکنان در زمینه‌های تغذیه، سلامت، کنترل وزن و برنامه‌های منظم ورزشی و رژیم غذایی مناسب، ضروری می‌باشد. در نهایت، پیش‌بینی میزان تأثیرگذاری هر کدام از عوامل مذکور با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که این نوع مدلسازی می‌تواند به عنوان ابزاری جهت پیشگیری از اختلالات اسکلتی-عضلانی و یا دیگر اختلالات چندعاملی کاربردپذیر باشد.

REFERENCES

1. 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.
2. Liebregts J, Sonne M, Potvin J. Photograph-based ergonomic evaluations using the Rapid Office Strain Assessment (ROSA). Applied ergonomics. 2016;52:317-24.
3. Goode N, Newnam S, Salmon PM. Musculoskeletal disorders in the workplace: development of a systems thinking-based prototype classification scheme to better understand the risks. Safety Science. 2019;120:146-56.
4. Sonne M, Andrews DM. The Rapid Office Strain Assessment (ROSA): Validity of online worker self-assessments and the relationship to worker discomfort. Occupational Ergonomics. 2012;10(3):83-101.
5. Rodrigues MSA, Sonne M, Andrews DM, Tomazini LF, 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.
6. Gómez-Rodríguez R, Díaz-Pulido B, Gutiérrez-Ortega C, Sánchez-Sánchez B, Torres-Lacomba M. Cultural adaptation and psychometric validation of the standardised nordic questionnaire Spanish version in musicians. International journal of environmental research and public health. 2020;17(2):653.
7. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Applied ergonomics. 1987;18(3):233-7.
8. Kraatz S, Lang J, Kraus T, Münster E, Ochsmann E. The incremental effect of psychosocial workplace factors on the development of neck and shoulder disorders: a systematic review of longitudinal studies. International archives of occupational and environmental health. 2013;86:375-95.
9. Widanarko B, Legg S, Devereux J, Stevenson M. The combined effect of physical, psychosocial/organisational and/or environmental risk factors on the presence of work-related musculoskeletal symptoms and its consequences. Applied ergonomics. 2014;45(6):1610-21.
10. Faucett J. Integrating 'psychosocial'factors into a theoretical model for work-related musculoskeletal disorders. Theoretical issues in ergonomics science. 2005;6(6):531-50.
11. McKeown C. Office ergonomics: practical applications: CRC Press; 2007.
12. Waller E, Bowens A, Washmuth N. Prevalence of and prevention for work-related upper limb disorders among physical therapists: a systematic review. BMC Musculoskeletal Disorders. 2022;23(1):1-13.
13. Village J, Rempel D, Teschke K. Musculoskeletal disorders of the upper extremity associated with computer work: a systematic review. Occupational Ergonomics. 2005;5(4):205-18.
14. Callaghan JP, McGill SM. Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. Ergonomics. 2001;44(3):280-94.
15. Kashif M, Hassan S, Aniq Younas M, Shafique A, Bhatti ZM, Dustgir A. Prevalence, workplace risk factors and coping strategies of work-related musculoskeletal disorders among healthcare workers in tertiary care hospitals. Work. 2023;74(1):237-45.
16. Darvishi E, Khotanlou H, Khoubi J, Giahi O, Mahdavi N. Prediction effects of personal, psychosocial, and occupational risk factors on low back pain severity using artificial neural networks approach in industrial workers. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. 2017;40(7):486-93.
17. Kolarzyk E, Stępniewski M, Mendyk A, Kitlinski M, Pietrzycka A. The usefulness of artificial neural networks in the evaluation of pulmonary efficiency and antioxidant capacity of welders. International journal of hygiene and environmental health. 2006;209(4):385-92.
18. Haskins R, Osmotherly PG, Southgate E, Rivett DA. Physiotherapists' knowledge, attitudes and practices regarding clinical prediction rules for low back pain. Manual therapy. 2014;19(2):142-51.
19. Paul A, Prasad A, Kumar A. Review on artificial neural network and its application in the field of engineering. J Mech Eng Prakash. 2022;1:53-61.
20. Sharma S, Mayorga RV. A Machine Learning Approach for the Classification of Lower Back Pain in the Human Body. International Journal of Machine Learning and Computing. 2022;12(5).
21. Dawson AP, Steele EJ, Hodges PW, Stewart S. Development and test–retest reliability of an extended

version of the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ-E): a screening instrument for musculoskeletal pain. The Journal of Pain. 2009;10(5):517-26.

22. Namnik NN, Hosseinb | Salehi, Rezaa; * | Shafizadeh, Rezac | Tabib, Maryam Seyyedd. Validity and reliability of Persian version of the Specific Nordic questionnaire in Iranian industrial workers. Work. 2016;54(1):35-41.
23. Khanehshenas F, Allahyari T. Investigation of the relationship between psychosocial stressors and job performance among bank employees. Iranian Journal of Ergonomics. 2014;1(3):1-10.
24. Sonne M, Villalta DL, Andrews DM. Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA–Rapid office strain assessment. Applied ergonomics. 2012;43(1):98-108.
25. Chen C-L, Kaber DB, Dempsey PG. A new approach to applying feedforward neural networks to the prediction of musculoskeletal disorder risk. Applied ergonomics. 2000;31(3):269-82.
26. Borhani F, Abbaszadeh A, Kohan S, Golshan M, DORTAJ RE. Correlation between lifestyle and body mass index among young adults in Kerman. 2008.
27. Weng C-H, Huang TC-K, Han R-P. Disease prediction with different types of neural network classifiers. Telematics and Informatics. 2016;33(2):277-92.
28. Choobineh A, Soleimani E, Mohammad Beigi A. The frequency of symptoms of skeletal disordersmuscle in steel structures industry workers. Journal of Epidemiology. 2009;5(3):35-43.
29. Choobineh A, Rajaeefard A, Neghab M. Association between perceived demands and musculoskeletal disorders among hospital nurses of Shiraz University of Medical Sciences: a questionnaire survey. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2006;12(4):409-16.
30. Choobineh A, Hosseini M, Lahmi M, Jazani RK, Shahnavaz H. Musculoskeletal problems in Iranian hand-woven carpet industry: Guidelines for workstation design. Applied ergonomics. 2007;38(5):617-24.
31. Viester L, Verhagen EA, Hengel KMO, Koppes LL, van der Beek AJ, Bongers PM. The relation between body mass index and musculoskeletal symptoms in the working population. BMC musculoskeletal disorders. 2013;14:1-9.
32. Karwowski W. Published Ergonomics Literature. International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors-3 Volume Set: CRC Press; 2006. p. 3539-65.
33. Berrigan F, Simoneau M, Tremblay A, Hue O, Teasdale N. Influence of obesity on accurate and rapid arm movement performed from a standing posture. International Journal of Obesity. 2006;30(12):1750-7.
34. Yu S, Lu ML, Gu G, Zhou W, He L, Wang S. Musculoskeletal symptoms and associated risk factors in a large sample of Chinese workers in Henan province of China. American journal of industrial medicine. 2012;55(3):281-93.
35. Silva JMNd, Silva LBd, Gontijo LA. Relationship between psychosocial factors and musculoskeletal disorders in footwear industry workers. Production. 2017;27.
36. Pirmoradi Z, Golmohammadi R, Faradmal J, Motamedzade M. Artificial lighting and its relation with body posture in office workplaces. Iranian Journal of Ergonomics. 2018;5(4):9-16.
37. Ritchie CL, Miller LL, Antle DM. A case study detailing key considerations for implementing a telehealth approach to office ergonomics. Work. 2017;57(4):469-73.
38. Shikdar AA, Al-Kindi MA. Office ergonomics: deficiencies in computer workstation design. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2007;13(2):215-23.
39. Bang BE, Aasmoe L, Aardal L, Andorsen GS, Bjørnbakk AK, Egeness C, et al. Feeling cold at work increases the risk of symptoms from muscles, skin, and airways in seafood industry workers. American journal of industrial medicine. 2005;47(1):65-71.
40. Magnavita N, Elovainio M, De Nardis I, Heponiemi T, Bergamaschi A. Environmental discomfort and musculoskeletal disorders. Occupational medicine. 2011;61(3):196-201.
41. Carayon P. Temporal issues of Quality Working Life and Stress in Human–Computer Interaction. International Journal of Human-Computer Interaction. 1997;9(4):325-42.
42. Lim S, Carayon P. Psychosocial work factors and upper extremity musculoskeletal discomfort among office workers. Work with display units. 1995;94:57-62.
43. Sekulová K, Šimon M, editors. Risk of musculoskeletal disorders and occupational diseases. Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium; 2011: Danube Adria Association for Automation and Manufacturing, DAAAM.

44. Mohammadipour F, Pourranjbar M, Naderi S, Rafie F. Work-related musculoskeletal disorders in Iranian office workers: prevalence and risk factors. Journal of medicine and life. 2018;11(4):328.
45. McAtamney L, Corlett EN. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied ergonomics. 1993;24(2):91-9.
46. Aliabadi M, Farhadian M, Darvishi E. Prediction of hearing loss among the noise-exposed workers in a steel factory using artificial intelligence approach. International archives of occupational and environmental health. 2015;88:779-87.
47. Govindu NK, Babski-Reeves K. Effects of personal, psychosocial and occupational factors on low back pain severity in workers. International Journal of Industrial Ergonomics. 2014;44(2):335-41.
48. Mirzakhani F, Kazemi A, Rasoulian-Kasrineh M, Javadmoosavi S, Amirabadiza A. Comparison of Artificial Neural Network and Decision Tree to Identify and Predict Factors Associated with Type 2 Diabetes. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2018;7(4):19-32.
49. Bourdès V, Bonnevay S, Lisboa P, Defrance R, Pérol D, Chabaud S, et al. Comparison of artificial neural network with logistic regression as classification models for variable selection for prediction of breast cancer patient outcomes. Advances in Artificial Neural Systems. 2010;2010.
50. Rezaenoor J, Saadi G, Akbari A. Design of a Decision Support System to Diagnose and Predict Heart Disease using Artificial Neural Network; a case study (Ayatollah Golpayegani Hospital in Qom). Management Strategies in Health System. 2019;3(4):320-31.
51. Sadek RM, Mohammed SA, Abunbehan ARK, Ghattas AKHA, Badawi MR, Mortaja MN, et al. Parkinson's disease prediction using artificial neural network. 2019.
52. Kazemi M, Mehdizadeh H, Shiri A. Heart disease forecast using neural network data mining technique. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2017;25(1):20-32.
53. Niroee M. Simulation of a hybrid model using genetic algorithms and artificial neural networks for the differentiation of benign and malignant patterns in breast cancer and mammography. Iran J Med Phys2006. 2006;3:67-80.