Journal of Health and Safety at Work 2023; 12(4): 767-783

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Development and Validation of Macroergonomic Factors Based on the Holden and Karsh Model: A Case Study in Automotive Industry

Reza Fazli[1], Adel Mazloumi[1,*], Hamed Salmanzadeh[2], Mohammad Pouri[3], Abdolsamad Ahmadvand[4], Mohsen Amini Sarab[4]

[1] Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
[2] Department of Industrial Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
[3] Department of Production Systems, Pars Khodro Company, Tehran, Iran.
[4] Department of Safety, Health and Environment, Pars Khodro Company, Tehran, Iran.

Received: 2019-10-07 Accepted: 2022-09-04

ABSTRACT

Introduction: Complex sociotechnical systems, such as automotive industry, require a proper macro-ergonomic approach to design and implement the work system at micro-ergonomic level. The purpose of this study was to develop and validate effective macroeconomic factors to improve productivity, health and safety of employees in the automotive industry based on Holden & Karsh model.

Material and Methods: At the first step, relevant documents were reviewed, and then experts were interviewed to identify macro-ergonomic factors. The identified factors were categorized into four groups based on Holden & Karsh's model. In the follow-up phase of the study, then, the content validity of the factors was calculated using Delphi technique in the form of an expert panel. Finally, validity acceptance was assessed using mean content validity index, and agreement between experts was evaluated using modified kappa coefficient

Results: 28 main factors were identified and categorized into four subgroups, including personnel, unit / department, organization and environment factors. 19 main factors were selected as the effective macro-ergonomic factors to improve employee's productivity, health, and safety. The content validity index and the modified kappa coefficient were calculated as 0.901 and 0.90, respectively.

Conclusion: Macro-ergonomic factors identified in this study can be considered to improve employee's productivity, health, and safety in the automotive industry. These factors can be used as specific context-based criteria for an ergonomic evaluation in the automotive industry, or even be generalized to other industries, organizations and companies.

Keywords: *Macroergonomic Factors, Automotive Industry, Case study*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Fazli R, Mazloumi A, Salmanzadeh H, Pouri M, Ahmadvand A, Amini Sarab M. Development and Validation of Macroergonomic Factors Based on the Holden and Karsh Model: A Case Study in Automotive Industry , J Health Saf Work. 2023; 12(4): 767-783.

1. INTRODUCTION

Workplace ergonomics is one of essential component for creating a healthy and productive workplace. In the automotive industry, workers are required to perform physical, heavy work; as a result, work system must be designed using macroergonomics, and then this design is transferred into micro-ergonomics. The structure of macroergonomics analysis consists of empirically developed analytical models that examine the effect of three main elements, including technical and social systems, namely the technological, personnel and external environment factors, on the structure of the organization's work system as the

* Corresponding Author Email: *amazlomi@tums.ac.ir*

Copyright © 2023 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.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

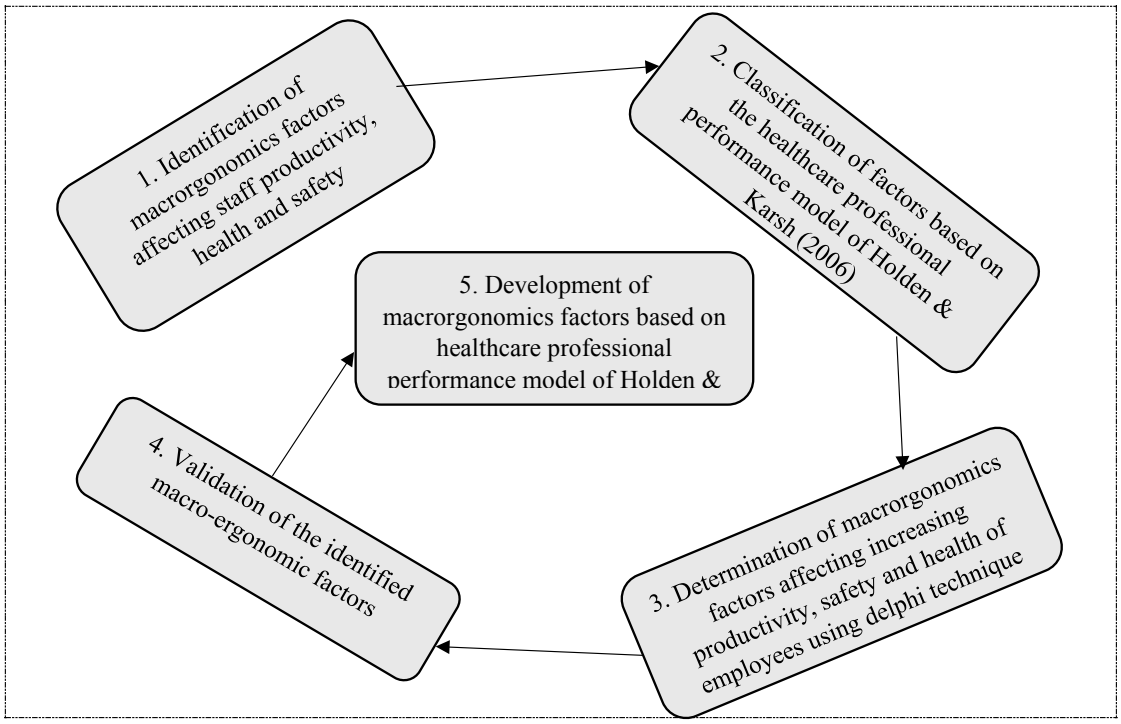

Fig. 1: Development and validation of macroergonomic factors based on the Holden & Karsh model

fourth element. A major objective of this program is to improve employee's safety, health, and productivity by coordinating micro-ergonomics and macroergonomics.

Given that in complex technical and social systems, many factors affect people's health and safety, it is necessary to consider individual, workstation, work environment factors, even factors related to people's social environment. So far, no study has examined or validated the context-based effective macroergonomic factors in this industry. Therefore, this study was performed to compile and validate macroergonomic factors based on the Holden & Karsh's model.

2. MATERIAL AND METHODS

This cross-sectional study was conducted in an automotive industry in 2018. For data recording and general calculations, Excel software was used. The steps of the study were as follow:

2-1 Identification of macroergonomic factors affecting industrial productivity.

2-2 Classification of factors effecting employee's performance based on healthcare professional performance model (Holden and Karesh, 2006)

2-3 determination of macroergonomic factors affecting productivity, safety, and health of employees based on the Delphi technique which comprised 5 steps:

- Formation of a team for implementation and monitoring of Delphi method (5 members)
- Selection of a panel of experts (15 people):
- Conducting unstructured interviews
- Conducting semi-structured interviews
- Analysis of the validity of identified macroergonomic factors using content validity ratio (CVR) and content validity index (CVI).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The factors obtained in the first round of the semi-structured interview consisted of 37 main factors. Then according to the opinion of the expert panel, 28 main components were conceived to be essential. The content validity of each factor was quantitatively measured using the content validity ratio (CVR) and the content validity index (CVI). Finally, 19 main factors were determined as effective factors in increasing the productivity, health and safety of employees. The average content validity index of these factors was calculated as 0.901, which assigned an acceptable score for the acceptance of

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

Table 1: Content validity analysis of macroergonomic factors related to productivity and employee health and safety

Macroergonomic factors	Subfactors	CVR	CVI		
		Necessity	Relevance And Specifity	Simplicity And Fluency	Clarity And transparency
Related to personnel	Demographic characteristics	0.73	0.93	0.87	0.80
	Anthropometry and physical abilities	1	0.93	0.93	0.93
	Psychological characteristics	0.47**	0.67	0.60	0.73
	Expertise and knowledge	0.73	0.93	0.87	0.87
	Degree of professionalism and level of skill	0.60	0.80	0.80	0.87
	Career and professional relationships	1	0.93	0.80	0.93
	Favorite task	0.87	1	0.93	0.87
	Job satisfaction	0.47**	0.87	0.80	0.80
Related to the unit/department	Physical characteristics of work	0.87	1	0.87	0.93
	Time aspects and sequence of work	1	1	1	1
	Job content	0.60	1	0.93	0.80
	Work stress and workload	0.87	0.93	0.87	0.93
	performance evaluation	0.47**	0.73	0.87	0.80
	Level of automation and technology	0.87	1	0.87	0.93
Related to the organization	Macro ergonomic interventions	0.73	0.87	0.87	0.87
	Employee participation	0.60	0.93	0.87	0.87
	Organizational priorities	0.87	0.93	0.87	0.93
	Organizational and management structure	0.47**	0.73	0.67	0.73
	Opportunities for advancement and career development	0.33**	0.87	0.80	0.87
	Resources and costs	0.60	0.80	0.87	0.87
	Reward systems and recognition of personnel	0.33**	0.80	0.93	0.93
	Training provided	1	1	1	1
Related to the environment	Physical aspects of the work environment	1	1	0.93	1
	Physical layout and deployment type	1	1	0.93	0.93
	Organizational atmosphere and culture	0.60	0.80	0.93	0.93
	Social norms, extra-organizational rules	0.20**	0/60	0.73	0.67
	Quality and customer orientation	0.20**	0.73	0.67	0.73
	Work-family balance	0.60*	0.80	0.60	0.60

**Factors that were rejected by experts due to CVR being lower than the acceptable value (0.49).
*Factors whose CVI was less than the acceptable value (0.69) were eliminated.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

Table 2: Macroergonomic factors affecting productivity and employee health and safety

Macroergonomic factors	Subfactors	CVR	I-CVI	K
Personnel factors	Demographic characteristics	0.73	0.87	0.87
	Anthropometry and physical abilities	1	0.93	0.93
	Expertise and knowledge	0.73	0.89	0.89
	Professionalism degree and skill level	0.60	0.82	0.82
	Career and professional relationships	1	0.89	0.89
	Favorite task	0.87	0.87	0.93
Unit/department factors	Physical characteristics of work	0.87	0.87	0.93
	Time aspects and work sequence	1	1	1
	Job content	0.60	0.91	0.91
	Work stress and workload	0.87	0.87	0.91
	automation and technology Level	0.87	0.87	0.93
Organization factors	Macro ergonomic interventions	0.73	0.87	0.87
	Employee participation	0.60	0.89	0.89
	Organizational priorities	0.87	0.91	0.91
	Resources and costs	0.60	0.84	0.84
	Training provided	1	1	1
Related to the environment	Physical aspects of the work environment	1	0.98	0.98
	Physical layout and deployment type	1	0.95	0.95
	Organizational atmosphere and culture	0.60	0.89	0.89
The value of CVI including the average CVR of the remaining factors = 0.82 S-CVI/Ave value = average of I-CVIs = 0.901 The average value of K coefficient of the items = 0.90		0.82	0.901	0.90

S-CVI/Ave. Also, the kappa coefficient of each item was higher than 0.74, which indicated an excellent agreement among experts. In this way, the final list of macroergonomic factors affecting productivity, health and safety of employees in the studied industry was obtained.

4. CONCLUSIONS

The results of this study are fundamental, practical, and valid and can be used as a reference for evaluating the macroergonomic climate in the automotive industry and even other industries, organizations, and companies. Certainly, more studies are needed in the future, so the validity of these factors can be investigated in other industries, organizations and companies and studied with more accuracy and with more accurate validation tools.

5. ACKNOWLEDGMENT

The study was founded by Tehran University of Medical Sciences (TUMS).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۲/ شماره ۴/ زمستان ۱۴۰۱ صفحات ۷۶۷-۷۸۳

تدوین و اعتبارسنجی فاکتورهای ماکروارگونومی مبتنی بر مدل هلدن و کارش: مطالعه موردی در یک صنعت خودروسازی

رضا فضلی[۱]، عادل مظلومی[۱*]، حامد سلمانزاده[۲]، محمد پوری[۳]، عبدالصمد احمد وند[۴]، محسن امینی سراب[۴]

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران
[۲] دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
[۳] دپارتمان سیستم‌های تولیدی، شرکت پارس‌خودرو، تهران، ایران
[۴] دپارتمان ایمنی، بهداشت و محیط، شرکت پارس‌خودرو، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۳

چکیده

مقدمه: سیستم‌های فنی اجتماعی پیچیده همچون صنایع خودروسازی، نیازمند یک رویکرد درست ماکروارگونومی برای طراحی سیستم کار و پیاده‌سازی آن طراحی در سطح میکرو ارگونومیک هستند. هدف از این مطالعه، تدوین و اعتبارسنجی فاکتورهای ماکروارگونومیکی مؤثر در افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان در صنعت خودرو، بر اساس مدل هلدن و کارش می‌باشد.

روش کار: در مطالعه حاضر، ابتدا فاکتورهای ماکروارگونومیک با استفاده از مستندات و همچنین از طریق مصاحبه با خبرگان تعیین شده و بر طبق مدل هلدن وکارش در چهار گروه طبقه‌بندی شدند. سپس توسط پنل خبرگان و با استفاده از تکنیک دلفی، روایی محتوایی فاکتورها محاسبه شد و درنهایت از متوسط شاخص روایی محتوایی برای پذیرش اعتبار سنجی و از ضریب کاپای اصلاح‌شده برای ارزیابی کمی توافق قضاوت متخصصان استفاده گردید.

یافته ها: از بین ۲۸ مؤلفه اصلی که در چهار زیرگروه فاکتورهای ماکروارگونومیک مرتبط با پرسنل، واحد/بخش، سازمان و محیط بودند و اعتبار سنجی شدند، درنهایت ۱۹ فاکتور اصلی به‌عنوان فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر در افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان، در قالب این چهار زیرگروه انتخاب شدند. همچنین متوسط شاخص روایی محتوایی و ضریب کاپای اصلاح‌شده به ترتیب ۰/۹۰۱ و ۰/۹۰ به دست آمد.

نتیجه گیری: یافته‌های این مطالعه نشان داد فاکتورهای ماکروارگونومیک را می‌توان به‌عنوان فاکتورهای اختصاصی و بومی‌سازی شده در صنعت خودرو جهت افزایش بهره‌وری و ارتقاء سلامت و ایمنی کارکنان ارائه داد. این عوامل می‌تواند به‌عنوان مرجعی برای ارزیابی ارگونومیک در صنعت خودرو و حتی صنایع و سازمان‌ها و شرکت‌های مختلف دیگر به کار گرفته شود.

کلمات کلیدی: *فاکتورهای ماکروارگونومیک، صنعت خودرو، مطالعه موردی*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *amazlomi@tums.ac.ir*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

مقدمه

از معرفی ارگونومی در صنعت، بیش از نیم‌قرن سپری می‌شود (۱) و هم‌اکنون ارگونومی به یک ضرورت اساسی برای سلامتی و اقتصادی در محل کار تبدیل شده و کاربرد آن فراگیر شده است؛ به‌طوری‌که از زمان به‌کارگیری آن، کاهش هزینه‌های پزشکی، به حداقل رساندن هزینه‌های غرامت کارگران و افزایش بهره‌وری با کاهش آسیب‌ها و دردهای جسمانی موردتوجه قرار گرفته است (۲). دراین‌بین ارگونومی شغلی علم «طراحی شغل متناسب با کارگر» است، به‌طوری که که با نیازها و توانمندی نیروی کار سازگاری داشته باشد (۳). طراحی ارگونومیک محیط کار مسئله مهمی در بیشتر صنایع بوده و در این راستا بررسی و اجرای روش‌های ارگونومیک کار، به‌طورکلی می‌تواند به‌عنوان وسیله‌ای برای حفظ و ارتقای نیروی کار شرکت و درنتیجه مزیتی در رقابتی بودن آن شود. این مسئله به‌ویژه برای تولیدکنندگان خودرو، که در آن کارگران در کف کارخانه باید وظایف فیزیکی و سنگینی انجام دهند، حائز اهمیت است. در این صنایع، طراحی ارگونومیک در محل کار بر نحوهٔ انجام کار و همچنین بر کارایی فرآیند تولید و سلامت شغلی و ایمنی تأثیر قابل‌توجهی دارد (۴).

بیشتر عملیات صورت گرفته در صنعت خودرو مربوط به مونتاژ بوده و در عملیات مونتاژ فعالیت‌های متنوعی انجام می شود، این عملیات بیشتر شامل حرکات تکراری بوده و در برخی موارد حرکات دست با اعمال نیرو و استرس زیاد را در بر دارد. همچنین در برخی موارد نیز که همراه با پوسچرهای نامناسب و در حالت استاتیک انجام می‌گیرد، ممکن است باعث افزایش اختلالات اسکلتی عضلانی مربوط به کار (WRMD[1]) شود (۵, ۶). اداره کار و آمار ایالات‌متحده (BLS[2]) تأکید دارد که آسیب‌های اسکلتی عضلانی مربوط به کار در میان کارکنان مونتاژکار، در مقایسه با سایر مشاغل، آمار بالایی را نشان می‌دهد (۲). علاوه بر آن شرایط روان‌شناختی عمومی، حمایت اجتماعی ضعیف در محل کار، فرصت تأثیرگذاری در تصمیمات، فشار کاری، عدم تنوع و رضایت از کار، بر اختلالات اسکلتی عضلانی مؤثر است. بنابراین می‌توان گفت اختلالات اسکلتی عضلانی مربوط به کار ناشی از عوامل فیزیکی و روانی-اجتماعی محیط کار می‌باشد (۶). بنابراین نبود طراحی مناسب در محیط کار، باعث افزایش آمار آسیب‌دیدگی‌ها و بیماری‌ها و به‌تبع آن کاهش رضایت شغلی و بهره‌وری می‌شود. ازاین¬رو پیاده‌سازی برنامه‌های مؤثر ارگونومیک در ایستگاه‌های کاری مختلف می‌تواند در کاهش آسیب‌ها و بهبود سلامت جسمانی و افزایش بهره‌وری کمک کند (۷).

با این تفاسیر، پیدا کردن راه‌حل‌های ارگونومیک در محیط کار می‌تواند هم از دید میکروارگونومیک -که نیاز به طراحی فردی یک ایستگاه کاری کاربر دارد- و هم از دید ماکروارگونومیک -که از هر دو جهت استراتژیک و فرآیندهای عملیاتی به سیستم نگاه می‌کند- موردمطالعه قرار گیرد (۸). دراین‌بین سیستم‌های فنی-اجتماعی پیچیده همچون صنایع خودروسازی، نیازمند یک رویکرد درست ماکروارگونومی برای طراحی سیستم کار و انتقال آن طراحی به سطح میکرو ارگونومیک می‌باشند. این رویکرد ارگونومی یک رویکرد جامع ارائه می‌دهد و تأکید می‌گردد که میکروارگونومی در راستای ماکروارگونومی باید ارتقا یابد تا الزامات ارگونومیک به‌عنوان ابزاری در عملیات جاری شرکت‌ها مورداستفاده قرار گیرد (۹). دراین‌بین، ماکروارگونومی یک رویکرد سیستم فنی- اجتماعی بالا به پایین(کل به جزء) در طراحی سیستم است که شامل طراحی کلی سیستم کاری و روابط متقابل انسان- کار، انسان- ماشین و انسان- نرم‌افزار می‌باشد. علاوه بر این‌که رویکرد ماکروارگونومی یک فرآیند جامع برای انتخاب و تجزیه تحلیل ایمنی سیستم فراهم می‌کند، بلکه شامل درک تکنولوژی، پرسنل، محیط خارجی، ساختار سازمانی و مدیریت و تعامل بین آن‌ها خواهد بود. ساختار تجزیه‌وتحلیل ماکروارگونومی، ترکیبی از مدل‌های تحلیلی توسعه‌یافته تجربی از اثرات سه عنصر اصلی سیستم های فنی و اجتماعی- شامل زیرسیستم تکنولوژی، زیرسیستم

1 Work-Related Musculoskeletal Disorders
2 US Bureau of Labor and Statistics

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]
[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

پرسنل(درجه حرفه‌ای بودن، عوامل فرهنگی،عوامل روانی اجتماعی و...) و محیط خارجی مربوطه (عوامل اجتماعی اقتصادی، آموزشی، سیاسی، فرهنگی، قانونی و...)- بر عنصر اصلی چهارم؛ یعنی ساختار سیستم کاری سازمان می‌باشد (۱۰) و هدف اصلی آن هماهنگ‌سازی سیستم‌های کاری در سطح میکروارگونومی و ماکروارگونومی برای بهبود بهره‌وری، ایمنی و سلامت کارکنان است (۱۱).

مدل‌های ماکرو ارگونومی زیادی به فاکتورهایی که در افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان مؤثرند، اشاره کردند که از آن جمله می‌توان مدل‌های ذیل را به‌عنوان نمونه نام برد؛ ۱. مدل تعاملات (۱۲) که بیانگر تعامل فرد با افراد دیگر، عوامل از راه دور، ساختار، سیاست و نقش‌ها، زنجیره تأمین، محیط، وظیفه، سخت‌افزار و نرم‌افزارمی باشد. ۲. مدل سیستم کاری (۱۳, ۱۴) که دارای فاکتورهای افراد، وظایف ، ابزار و تکنولوژی‌ها، محیط فیزیکی، شرایط سازمانی می‌باشد. ۳. مدل زیرسیستم کاری (۱۵, ۱۶) که دارای فاکتورهای زیرسیستم پرسنل، زیرسیستم تکنولوژی، محیط داخلی، محیط خارجی، طراحی سازمانی و وظیفه می‌باشد. ۴. مدل SEIPS[1] (۱۷) که دارای فاکتورهای فرد، سازمان، تکنولوژی‌ها و ابزارها، وظایف و محیط می‌باشد. ۵. مدل عملکرد شغلی در پرسنل بهداشت و درمان (۱۸) که این مدل الگوی سیستم‌های فنی-اجتماعی را با الهام گرفتن از تئوری سیستم‌های باز (۱۹) و مدل SEIPS (۱۷) بیان می‌کند و فاکتورهای اصلی این مدل، فاکتورهای بیمار (فرد)، فاکتورهای سیستم کاری/ واحد، فاکتورهای سازمانی، فاکتورهای محیط خارجی می‌باشد. در بین این مدل‌ها، مدل SEIPS و مدل هلدن و کارش جامع‌تر و کامل‌تر بوده و فاکتورهای اصلی سیستم‌های فنی و اجتماعی را با تقسیم‌بندی واضح‌تر و به‌طور سیستماتیک (کل به جزء)، در خود جای داده است. در مرکز مدل هلدن و کارش که به‌نوعی برگرفته از مدل SEIPS می‌باشد، سیستم کار، افراد و عوامل مرتبط با عملکرد مانند مهارت، دانش، سن و باورها قرار دارند. خود افراد در واحدهایی در سازمان مستقر هستند و بنابراین تحت تأثیر عوامل واحد/ بخش و عوامل سازمانی مانند وظایف و اهداف، محیط‌های فیزیکی و اجتماعی و سیاست‌ها و برنامه‌های سازمانی قرار دارند. سازمان‌ها به‌نوبه خود در یک محیط خارجی ازجمله قوانین و شرایط اجتماعی فعالیت می‌کنند. درنتیجه، این مدل فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر در عملکرد شغلی پرسنل بهداشت و درمان را به‌صورت پازلی که تکه‌های آن از کوچک به بزرگ در داخل هم به‌صورت فاکتورهای فردی، فاکتورهای واحد/ سیستم کاری، فاکتورهای سازمانی و محیط خارجی قرار می‌گیرند و یک پازل کامل که همان مدل عملکرد شغلی است را تشکیل می‌دهند (۱۸).

با توجه به اینکه در سیستم‌های فنی و اجتماعی پیچیده تنها یک یا چند عامل بر روی سلامت و ایمنی افراد تأثیرگذار نیست، بنابراین داشتن مجموعه‌ای از عوامل که هم فاکتورهای فردی و هم فاکتورهای مربوط به ایستگاه کاری فرد و محیط کار و حتی فاکتورهای محیط اجتماعی افراد را در نظر بگیرد الزامی است. حتی با توجه به اینکه این فاکتورهای با توجه به خصوصیات فردی و عوامل تکنولوژیکی و اجتماعی افراد، در هر منطقه یا کشوری می‌تواند متفاوت باشد، در این مطالعه این فاکتورها بومی‌سازی شده است. بنابراین با داشتن مجموعه کاملی از روابط با عنوان فاکتورهای ماکروارگونومیک با دید جامع و کاملی تغییرات مؤثر روی بهره‌وری و سلامت و ایمنی افراد را می‌توان بررسی کرد تا تأثیرات عوامل مختلف بر روی یکدیگر نادیده گرفته نشود.

با توجه به تأثیر فاکتورهای ماکروارگونومیک در افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی پرسنل خودروسازی و عدم وجود مطالعه‌ای در خصوص بومی‌سازی و اعتبار سنجی فاکتورهای ماکروارگونومیکی مؤثر در این صنعت، در این مطالعه بر آن شدیم که به تدوین و اعتبارسنجی فاکتورهای ماکروارگونومیک مبتنی بر مدل هلدن و کارش در صنعت خودروسازی بپردازیم.

1 Systems Engineering Initiative for Patient Safety

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

روش کار

مطالعه حاضر که در سال ۱۳۹۸ به‌صورت مقطعی در یک صنعت خودروسازی انجام پذیرفت، از نوع میدانی و گذشته‌نگر بوده و برای ثبت داده‌ها و محاسبات کلی از نرم‌افزار اکسل استفاده شد و مراحل انجام مطالعه به‌صورت ذیل می‌باشد:

- شناسایی فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر در بهره‌وری صنایع

در این پژوهش، ابتدا فاکتورهای ماکروارگونومیک با استفاده از مستنداتی از قبیل مقالات و کتب مرتبط، منابع الکترونیکی معتبر و پرسشنامه‌های ماکرو ارگونومیک، مدل‌های بهبود موجود و نیز با استفاده از تکنیک مشاهده و مصاحبه و همچنین استفاده از اطلاعات موجود در صنعت موردمطالعه تعیین شد. مرور مطالعات شامل کلمات کلیدی و عناوینی ازجمله ماکرو ارگونومیک[1] ، فاکتورهای ماکروارگونومیک[2] ، متدهای ماکرو ارگونومیک[3] ، اجزاء ماکرو ارگونومیک[4] ، سیستم‌های فنی-اجتماعی[5] ، سیستم‌های کاری[6] ، فرآیندهای کاری[7] ، روش‌های بهره‌وری[8] ، مدل‌های ماکرو ارگونومیک[9] و مدل‌های بهبود[10] بود.

- طبقه‌بندی فاکتورها بر اساس مدل عملکرد شغلی در پرسنل بهداشت و درمان[11] (هلدن و کارش) (۲۰۰۶):

فاکتورهای به‌دست‌آمده از مرحله اول بر طبق مدل هلدن و کارش (این مدل فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر در عملکرد شغلی در پرسنل بهداشت و درمان را به‌صورت پازلی که تکه‌های آن از کوچک به بزرگ در داخل هم به‌صورت فاکتورهای فردی، فاکتورهای واحد/ سیستم کاری، فاکتورهای سازمانی و محیط خارجی قرار می‌گیرند و یک پازل کامل که همان مدل مدنظر است را تشکیل می‌دهند) در چهار مؤلفه اصلی: ۱- پرسنل (افراد، تیم) ۲- واحد/ بخش (وظیفه، تکنولوژی) ۳- سازمان (قوانین، نقش‌ها، رویه‌ها، منابع) ۴- محیط (فیزیکی، اجتماعی، سیاسی، مقررات) که با هدف «افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان» همراه است، قرار داده شد (۱۸).

- تعیین فاکتورهای ماکرو ارگونومیک مؤثر بر افزایش بهره‌وری، ایمنی و سلامت کارکنان با استفاده از تکنیک دلفی[12]

به‌منظور تعیین فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر در افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان، تکنیک دلفی به‌صورت مراحل ذیل پیاده‌سازی شد:

- شکل‌گیری تیم پیاده‌سازی و نظارت بر روش دلفی

اعضاء تیم پیاده‌سازی و اجرا متشکل از ۵ نفر (۱ نفر دانشیار ارگونومی، ۱ نفر استادیار مکانیک با گرایش ارگونومی و بهره‌وری، ۱ نفر کارشناس ارشد ارگونومی، ۱ نفر کارشناس مسئول سیستم‌های تولید و ۱ نفر کارشناس مسئول بهداشت حرفه‌ای) بودند.

- انتخاب پنل متخصصان

در این مطالعه، پنل خبرگان متشکل از دو گروه بودند؛ گروه اول از بین افرادی که صرفاً در این موضوع خاص مطالعه و پژوهش داشتند و از اساتید برتر دانشگاه و همچنین پژوهشگران فعال در این حوزه بودند، انتخاب شدند. گروه دوم نیز شامل افراد فنی و متخصصی که هم دارای سابقه کار و هم دارای سابقه تحقیق و پژوهش در این زمینه بودند، بود. درنتیجه از متخصصین و مدیران و سرپرستان صنعت خودرو که درزمینهٔ تولید و بهره‌وری و ایمنی و بهداشت فعالیت داشتند، انتخاب شدند.

1 Macroergonomics
2 Macroergonomic Factors
3 Macroergonomic Methods
4 Macroergonomic Elements
5 Sociotechnical Systems
6 Work Systems
7 Work Processes
8 Productivity Methods
9 Macroergonomic models
10 Improvement models
11 Model of Healthcare Professional Performance
12 Delphi technique

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]
[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

جدول ۱. مشخصات پنل متخصصان

ردیف	سمت	تحصیلات	سابقه (سال)
۱	سرپرست مونتاژ مکانیک	کارشناسی مکانیک	۱۲
۲	سرپرست تولید	کارشناسی کسب‌وکار	۸
۳	کارشناس مسئول سیستم تولید	کارشناسی مکانیک	۱۰
۴	کارشناس مسئول سیستم تولید	کارشناسی مکانیک و ارشد مدیریت اجرایی	۱۸
۵	کارشناس مسئول مهندسی صنایع	کارشناسی ارشد صنایع	۹
۶	کارشناس مسئول لجستیک	کارشناسی ارشد صنایع	۷
۷	رئیس سرویس صنعتی	کارشناسی مکانیک	۱۳
۸	رئیس محیط‌زیست	کارشناسی ارشد HSE	۱۴
۹	رئیس بهداشت صنعتی	کارشناسی بهداشت حرفه‌ای و ارشد مدیریت	۸
۱۰	مسئول ایمنی و حفاظت کار	کارشناسی بهداشت حرفه‌ای و ارشد ارگونومی	۴
۱۱	دانشجوی کارشناسی ارشد ارگونومی	کارشناسی صنایع و ارشد ارگونومی	۵
۱۲	دانشجوی دکترای ارگونومی	کارشناسی بهداشت حرفه‌ای و ارشد و دکتری ارگونومی	۶
۱۳	پژوهشگر و مدرس دانشگاه در رشته ارگونومی	کارشناسی مکانیک و ارشد ارگونومی	۵
۱۴	عضو هیئت‌علمی دانشگاه	دکترای ارگونومی	۲۰
۱۵	عضو هیئت‌علمی دانشگاه	دکترای مکانیک با گرایش ارگونومی و بهره‌وری	۱۵

به‌این‌ترتیب، ۱۵ نفر از خبرگان به شرح جدول ۱، با توجه به تخصص‌های مرتبطی که داشتند، به‌عنوان اعضای پنل انتخاب شدند.

- مصاحبه غیرساختارمند

در این مرحله مصاحبه‌ای با سؤال باز و بدون ساختار شامل: «فاکتورهای ماکرو ارگونومی مؤثر بر بهره‌وری شرکت و سلامت و ایمنی افراد در چهار حیطه: ۱- پرسنل (افراد، تیم) ۲- واحد/ بخش (وظیفه، تکنولوژی) ۳- سازمان (قوانین، نقش‌ها، رویه‌ها، منابع) ۴- محیط (فیزیکی، اجتماعی، سیاسی، مقررات) را نام ببرید؟» از اعضای پنل گرفته شد و فاکتورهایی که هر یک از اعضاء با توجه به تخصص و تجربه و دانش خود عنوان کردند، گردآوری گردید.

- مصاحبه نیمه ساختاریافته

بعد از جمع‌آوری نتایج حاصل از مصاحبه دور اول و همچنین مقایسه فاکتورهای مذکور با فاکتورهای حاصل از مطالعات پیشین، فاکتورهای به‌دست‌آمده با بررسی تیم پیاده‌سازی در همدیگر تلفیق و به‌صورت زیر مؤلفه‌های اصلی درآمدند. دوباره این پرسشنامه در همان چهار مؤلفه اصلی و زیر مؤلفه‌های آن‌ها در اختیار اعضای پنل قرار گرفت تا بر تأثیر یا عدم تأثیر هر یک از زیر مؤلفه‌ها در افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان اظهارنظر کنند. همچنین در آخر پرسشنامه از اعضاء خواسته شد درصورتی‌که مواردی غیر از موارد فوق‌الذکر، در هر یک از حیطه‌ها پیشنهاد دارند به‌صورت مجزا در هر حیطه ارائه نمایند و علاوه بر این اگر زیر مؤلفه‌های مربوطه، به نظر آن‌ها در تقسیم‌بندی موجود، در حیطه مختص به

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

خودشان قرار نگرفته باشند نسبت به اصلاح و تغییر آن‌ها پیشنهادات خود را ارائه دهند.

- محاسبه روایی فاکتورهای ماکروارگونومیک شناسایی‌شده

در این مرحله پرسشنامه سنجش دلفی بر اساس نتایج مصاحبه و بررسی مراحل قبلی طراحی شد. آخرین اطلاعاتی که با توجه به مصاحبه دور دوم و همچنین ارزیابی تیم پیاده‌سازی و نظارت، به‌صورت پرسشنامه نهایی به دست آمد، با اجماع نظر اعضاء پنل در دور دوم و همچنین تلفیق برخی فاکتورهای همسان در یکدیگر حاصل شد. سپس در هر یک از عوامل، جهت ارزیابی روایی محتوا، نظر هر یک از متخصصان، در خصوص میزان هماهنگی محتوای ابزار اندازه‌گیری و هدف پژوهش پرسیده شد. برای تحقق این امر، از دو شاخص نسبت روایی محتوا (CVR[1]) و شاخص روایی محتوا(CVI[2]) استفاده شد. در این مطالعه برای محاسبه ضریب نسبی روایی محتوا (CVR[3]) از مدل لاوشه (۱۹۷۵) استفاده گردید (۲۰). در این مدل هر یک از فاکتورها در سه مقیاس ۱ (غیرضروری)، ۲ (مفید اما غیرضروری)، ۳ (ضروری) به قضاوت خبرگان درآمد. آراء اعضای پنل که به گزینه «ضروری» رأی داده بودند با توجه به فرمول CVR با استفاده از معادله ۱ کمی سازی شد:

معادله ۱
$$CVR = \frac{n_e - n/2}{n/2}$$

n_e: تعدادی از اعضای پنل که آن فاکتور را «ضروری» قلمداد کردند.

n: تعداد کل اعضای پنل

بر طبق مدل Lawshe، با توجه به اینکه تعداد متخصصان در این پژوهش ۱۵ نفر می‌باشد، حداقل مقدار CVR موردپذیرش، ۰/۴۹ می‌باشد.

همچنین متخصصان، شاخص روایی محتوا (CVI) را ازنظر مربوط بودن، ساده بودن و واضح بودن، بر اساس طیف لیکرتی ۴ قسمتی (به‌طور مثال برای معیار مربوط بودن گزینه‌های، مربوط نیست (۱)، نسبتاً مربوط است (۲)، مربوط است (۳) و کاملاً مربوط است (۴))، فاکتورها را مورد ارزیابی قرار دادند و سپس شاخص روایی محتوایی (CVI) با استفاده از معادله ۲ محاسبه گردید:

معادله ۲
$$CVI = \frac{\text{نسبت تعداد متخصصانی که به آیتم 3 و 4 نمره دادند}}{\text{تعداد کل متخصصان}}$$

هیرکاس[4] و همکاران (۲۰۰۳) نمره ۰/۷۹ و بالاتر را برای پذیرش آیتم‌ها بر اساس نمره CVI توصیه نموده‌اند (۲۱). اگر نمره آیتم موردنظر ۰/۷۹- ۰/۷۰ باشد، فاکتور موردنظر اصلاح و موردبحث و سؤال مجدد برای رد یا پذیرش بین پنل متخصصان به اشتراک گذاشته می‌شود و اگر نمره CVI آیتم موردنظر زیر ۰/۷۰ باشد، فاکتور موردنظر غیرقابل‌قبول است.

در مرحله بعد، پس از به دست آوردن CVI در سطح هر آیتم (I-CVIs[5]) (۲۲)، بر اساس میانگین نمرات شاخص روایی محتوایی همه فاکتورها، متوسط شاخص روایی محتوایی (S-CVI/Ave[6]) فاکتورهای مؤثر محاسبه گردید. پولیت و بک[7] (۲۰۰۶) نمره ۰/۹۰ و بالاتر را برای پذیرش S-CVI/Ave توصیه نموده‌اند (۲۳).

درنهایت از ضریب کاپا (Kappa) اصلاح شده، برای ارزیابی کمی توافق قضاوت متخصصان استفاده شد (۲۲). برای محاسبه این ضریب، احتمال شانس توافق هر یک از آیتم‌ها با استفاده معادله ۳ به دست آمد:

معادله ۳
$$P_c = \left[\frac{N!}{A!(N-A)!}\right] * (0.5)^N$$

N= تعداد متخصصان

A= تعداد اعضای پنل که به مربوط بودن آیتم رأی دادند.

1 Content Validity Ratio
2 Content Validity Index
3 Lawshe

4 . Hyrkas
5 [2] Item-levels Content Validity Index
6 Scale-level Content Validity Index/ Averaging
7 [4] Polit& Beck

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

سپس با داشتن I-CVI و P_c برای هر آیتم، با توجه به معادله ۴ ضریب کاپا محاسبه می‌شود:

معادله۴ $K= [(I-CVI) – Pc] / [1-Pc]$

در ارزیابی ضریب کاپای اصلاح‌شده، اگر مقدار آن بیشتر از ۰/۷۴ باشد دارای توافق عالی، اگر بین ۰/۶۰ و ۰/۷۴ باشد دارای توافق خوب و اگر بین ۰/۴۰ و ۰/۵۹ باشد دارای توافق متوسط یا نسبتاً خوب می‌باشد (۲۲).

یافته ها

- *شناسایی و تعیین فاکتورهای ماکروارگونومیک و طبقه‌بندی آن‌ها*

در این فاز لیست کامل و جامعی از فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر بر افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان، به دست آمد. در این مرحله تعداد ۸۸ زیر مؤلفه ماکروارگونومیک مؤثر بر بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان در صنایع استخراج شد که در مرحله بعدی، در چهار زیرمؤلفه اصلی مطابق با مدل هلدن و کارش تقسیم‌بندی شد.

فاکتورهای به‌دست‌آمده از مرحله اول و همچنین فاکتورهای پیشنهادی اعضای پنل در دور اول مصاحبه نیمه ساختاریافته که توسط تیم پیاده‌سازی و اجرا در هم تلفیق شد مجموعاً متشکل از ۳۷ فاکتور اصلی بود که زیر مؤلفه چهار مؤلفه اصلی بیان شدند. سپس با توجه به نظر اعضای پنل، این ۳۷ مؤلفه با بازنگری دوباره و حذف فاکتورهای غیرضروری و تلفیق فاکتورهای مشابه و همچنین با نظر تیم اجرا به ۲۸ مؤلفه اصلی تبدیل شد که در جدول شماره ۲ قابل‌مشاهده است.

-اعتبار سنجی فاکتورهای ماکروارگونومیک شناسایی‌شده

بعد از به دست آمدن لیست نهایی فاکتورها، روایی محتوایی هر یک از فاکتورها به شکل کمی، با استفاده از دو ضریب نسبی روایی محتوا (CVR) و شاخص روایی محتوا (CVI)، سنجیده شدند که نتایج آن در جدول شماره ۲ قابل‌مشاهده است. از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- در بین فاکتورهایی که مربوط به خصوصیات فردی می‌شود، فاکتورهای مشخصه‌های جمعیت شناختی، آنتروپومتری و توانمندی‌های جسمانی، تخصص و دانش، درجه حرفه‌ای بودن و میزان مهارت، روابط شغلی و حرفه‌ای، موردعلاقه بودن وظیفه، با توجه به نظر خبرگان برای افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان ضروری شمرده شدند؛ ولی فاکتور مشخصه‌های روان‌شناختی پرسنل و رضایت‌مندی از کار بااینکه نزدیک به مرز انتخاب بودند، ولی زیر مقدار موردنظر (کوچک‌تر از ۴۹٪) قرار گرفته و از دید خبرگان ۴۷٪ ضروری بودند. مجددا در مورد دو فاکتور ذکرشده که نمره قبولی را نیاوردند توضیحات کافی داده شد و از خبرگان برای رد یا قبولی آن‌ها سؤال گردید. بدین ترتیب ترجیح داده شد مشخصه‌های روان‌شناختی پرسنل بین فاکتورهای مؤثر باقی بماند. باوجوداین چون CVI این فاکتور زیر نمره قبولی واقع شد، از لیست فاکتورهای مؤثر حذف گردید.

- در محاسبه CVR فاکتورهای ماکروارگونومیکی که در ارتباط با واحد/ بخش (وظیفه و تکنولوژی) بودند، مشخصه‌های فیزیکی کار، جنبه‌های زمانی و ترتیب و توالی کار، محتوای شغل، استرس کاری و بارکاری، میزان استفاده از تکنولوژی و سطح اتوماسیون نمره قبولی را دریافت کردند ولی فاکتور ارزیابی عملکرد بااینکه نزدیک به مرز قبولی بود و مجددا از خبرگان برای قبول یا رد آن سؤال پرسیده شد، از بین فاکتورهای مؤثر حذف گردید.

- در بین فاکتورهای سازمانی هم، مداخلات ماکروارگونومیک، مشارکت کارکنان، اولویت‌های سازمانی و منابع و هزینه‌ها در خصوص ایمنی و بهره‌وری و آموزش‌های ارائه‌شده به‌عنوان فاکتورهای مؤثر انتخاب شدند ولی فاکتورهای ساختار سازمانی و مدیریتی، فرصت‌های توسعه و پیشرفت و سیستم‌های پاداش و تکریم از پرسنل، باوجود بررسی مجدد توسط خبرگان، از بین فاکتورهای مؤثر حذف گردیدند.

- درنهایت در بین فاکتورهای ماکروارگونومیک

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

جدول ۲. بررسی روایی محتوایی فاکتورهای ماکروارگونومیک مرتبط با افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان

مؤلفه‌های اصلی ماکرو ارگونومیک	زیر مؤلفه‌ها	CVR	CVI		
		ضروری بودن	مربوط بودن	ساده بودن	واضح بودن
فاکتورهای مرتبط با پرسنل (افراد، تیم)	مشخصه‌های جمعیت شناختی (سن، جنس، نژاد، قومیت و ...)	۰/۷۳	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۰
	آنتروپومتری و توانمندی‌های جسمانی	۱	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳
	مشخصه‌های روان‌شناختی پرسنل	۰/۴۷**	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۷۳
	تخصص و دانش	۰/۷۳	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۷
	درجه حرفه‌ای بودن و میزان مهارت	۰/۶۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۷
	روابط شغلی و حرفه‌ای	۱	۰/۹۳	۰/۸۰	۰/۹۳
	موردعلاقه بودن وظیفه	۰/۸۷	۱	۰/۹۳	۰/۸۷
	رضایت‌مندی از کار	۰/۴۷**	۰/۸۷	.۰/۸۰	۰/۸۰
فاکتورهای مرتبط با واحد/ بخش (وظیفه، تکنولوژی)	مشخصه‌های فیزیکی کار (جنبه‌های بیومکانیک، پیچیدگی انجام کار، سنگینی انجام کار و...)	۰/۸۷	۱	۰/۸۷	۰/۹۳
	جنبه‌های زمانی و ترتیب و توالی کار	۱	۱	۱	۱
	محتوای شغل (میزان استفاده از مهارت‌ها، شفاف بودن نقش‌ها و وظایف، تنوع وظایف، تکراری و یکنواخت نبودن کار، تمامیت شغلی، معناداری شغلی و...)	۰/۶۰	۱	۰/۹۳	۰/۸۰
	استرس کاری و بارکاری	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۹۳
	ارزیابی عملکرد (نحوه تعیین کفایت و لیاقت کارکنان)	۰/۴۷**	۰/۷۳	۰/۸۷	۰/۸۰
	میزان استفاده از تکنولوژی‌ها و سطح اتوماسیون	۰/۸۷	۱	۰/۸۷	۰/۹۳
فاکتورهای مرتبط با سازمان (قوانین، نقش‌ها، رویه‌ها، منابع)	مداخلات ماکروارگونومیک (چرخش شغلی، غنی‌سازی شغلی، توسعه شغلی و...)	۰/۷۳	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷
	مشارکت کارکنان (از جنبه ایمنی و سلامت و ارتقای بهره‌وری)	۰/۶۰	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۷
	اولویت‌های سازمانی در خصوص بهره‌وری، ایمنی و سلامت	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۹۳
	ساختار سازمانی و مدیریتی در خصوص ایمنی، سلامت و بهره‌وری	۰/۴۷**	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۷۳
	فرصت‌های پیشرفت و توسعه شغلی	۰/۳۳**	۰/۸۷	۰/۸۰	۰/۸۷
	منابع و هزینه‌ها در خصوص ایمنی، سلامت و بهره‌وری	۰/۶۰	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۸۷
	سیستم‌های پاداش و تکریم از پرسنل	۰/۳۳**	۰/۸۰	۰/۹۳	۰/۹۳
	آموزش‌های ارائه‌شده	۱	۱	۱	۱
فاکتورهای مرتبط با محیط (فیزیکی، اجتماعی، سیاسی، مقررات)	جنبه‌های فیزیکی محیط کار در خصوص ایمنی، بهداشت و سلامتی پرسنل (صدا، دما، روشنایی و...)	۱	۱	۰/۹۳	۱
	چیدمان فیزیکی و نوع استقرار (طراحی ایستگاه‌های کاری، شیوه تغذیه خط تولید و...)	۱	۱	۰/۹۳	۰/۹۳
	جو و فرهنگ‌سازمانی	۰/۶۰	۰/۸۰	۰/۹۳	۰/۹۳
	هنجارها و فشارهای اجتماعی، قوانین و مقررات برون‌سازمانی	۰/۲۰**	۰/۶۰	۰/۷۳	۰/۶۷
	کیفیت و مشتری مداری	۰/۲۰**	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۷۳
	تناسب کار و خانواده	۰/۶۰*	۰/۸۰	۰/۶۰	۰/۶۰

* فاکتورهایی که CVI آن‌ها کمتر از مقدار قابل‌قبول (۰/۶۹) بوده و حذف شدند.

** فاکتورهایی که به علت پایین بودن CVR از مقدار قابل‌قبول (۰/۴۹)، توسط خبرگان رد شدند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

جدول ۳. فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر بر افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان

مؤلفه‌های اصلی ماکرو ارگونومیک	زیر مؤلفه‌ها	CVR	I-CVI	K
فاکتورهای مرتبط با پرسنل (افراد، تیم)	مشخصه‌های جمعیت شناختی (سن، جنس، نژاد، قومیت و ...)	۰/۷۳	۰/۸۷	۰/۸۷
	آنتروپومتری و توانمندی‌های جسمانی	۱	۰/۹۳	۰/۹۳
	تخصص و دانش	۰/۷۳	۰/۸۹	۰/۸۹
	درجه حرفه‌ای بودن و میزان مهارت	۰/۶۰	۰/۸۲	۰/۸۲
	روابط شغلی و حرفه‌ای	۱	۰/۸۹	۰/۸۹
	موردعلاقه بودن وظیفه	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۹۳
فاکتورهای مرتبط با واحد/ بخش (وظیفه، تکنولوژی)	مشخصه‌های فیزیکی کار (جنبه‌های بیومکانیک، پیچیدگی انجام کار، سنگینی انجام کار و...)	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۹۳
	جنبه‌های زمانی و ترتیب و توالی کار	۱	۱	۱
	محتوای شغل (میزان استفاده از مهارت‌ها، شفاف بودن نقش‌ها و وظایف، تنوع وظایف، تکراری و یکنواخت نبودن کار، تمامیت شغلی، معناداری شغلی و...)	۰/۶۰	۰/۹۱	۰/۹۱
	استرس کاری و بارکاری	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۹۱
	میزان استفاده از تکنولوژی‌ها و سطح اتوماسیون	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۹۳
فاکتورهای مرتبط با سازمان (قوانین، نقش‌ها، رویه‌ها، منابع)	مداخلات ماکروارگونومیک (چرخش شغلی، غنی‌سازی شغلی، توسعه شغلی و...)	۰/۷۳	۰/۸۷	۰/۸۷
	مشارکت کارکنان (از جنبه ایمنی و سلامت و ارتقای بهره‌وری)	۰/۶۰	۰/۸۹	۰/۸۹
	اولویت‌های سازمانی در خصوص بهره‌وری، ایمنی و سلامت	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۹۱
	منابع و هزینه‌ها در خصوص ایمنی، سلامت و بهره‌وری	۰/۶۰	۰/۸۴	۰/۸۴
	آموزش‌های ارائه‌شده	۱	۱	۱
فاکتورهای مرتبط با محیط (فیزیکی، اجتماعی، سیاسی، مقررات)	جنبه‌های فیزیکی محیط کار در خصوص ایمنی، بهداشت و سلامتی پرسنل (صدا، دما، روشنایی و...)	۱	۰/۹۸	۰/۹۸
	چیدمان فیزیکی و نوع استقرار (طراحی ایستگاه‌های کاری، شیوه تغذیه خط تولید و...)	۱	۰/۹۵	۰/۹۵
	جو و فرهنگ‌سازمانی	۰/۶۰	۰/۸۹	۰/۸۹
مقدار CVI با احتساب میانگین CVR فاکتورهای باقیمانده = ۰/۸۲ مقدار S-CVI/Ave = میانگین I-CVI ها = ۰/۹۰۱ مقدار متوسط ضریب K آیتم‌ها = ۰/۹۰		۰/۸۲	۰/۹۰۱	۰/۹۰

مرتبط با محیط، با توجه به امتیاز CVR، جنبه‌های فیزیکی محیط کار، چیدمان فیزیکی و نوع استقرار، جو و فرهنگ‌سازمانی و تناسب کار و خانواده، جزء فاکتورهای مؤثر انتخاب شدند ولی فاکتورهای هنجارها و فشارهای اجتماعی، قوانین و مقررات برون‌سازمانی و همچنین کیفیت و مشتری مداری باوجود بررسی مجدد توسط پنل خبرگان از بین فاکتورهای مؤثر حذف گردیدند. همچنین فاکتور تناسب کار و خانواده باوجوداینکه دارای نمره CVR قابل‌قبول بود، اما در امتیاز CVI، دارای نمره قابل‌قبول نشد و از فاکتورهای اصلی حذف گردید. با توجه به موارد فوق از بین ۲۸ مؤلفه اصلی که در چهار زیرگروه اعتبار سنجی شدند، درنهایت ۱۹ فاکتور اصلی به‌عنوان فاکتور مؤثر در افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان، باقی ماندند.

درنهایت، متوسط شاخص روایی محتوایی (S-CVI/Ave) و ضریب کاپای اصلاح‌شده، همانطورکه در جدول شماره ۳ قابل‌مشاهده است، به ترتیب ۰/۹۰۱ و ۰/۹۰ محاسبه شد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

بحث

با توجه به اینکه مدل هلدن و کارش به‌صورت پازلی از مدل‌های فردی شروع و به فاکتورهای محیطی ختم می‌شود، تقسیم‌بندی راحت‌تر و ملموس‌تر و قاعده‌مندتری از این طیف فاکتورها به دست می‌دهد و همچنین چون هدف ما از این مطالعه صرفاً عوامل مؤثر بر بهره‌وری نبود و سلامت و ایمنی افراد را نیز در نظر می‌گرفت، ۴ فاکتور اصلی این مطالعه به‌صورت پایه انتخاب‌شده و زیر فاکتورهای هر یک از فاکتورهای اصلی طبق آنچه در روش کار توضیح داده‌شده، متناسب با محیط مطالعه و هدف موردنظر، توسط خبرگان انتخاب شدند؛ بنابراین، با طی پروسه انتخاب و اعتباربخشی توسط پنل خبرگان، فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر در بهره‌وری و ایمنی آسایش کارکنان به شرح ذیل به ۱۹ فاکتور رسید:

فاکتورهای مرتبط با پرسنل: مشخصه‌های جمعیت شناختی، آنتروپومتری و توانمندی‌های جسمانی، تخصص و دانش، درجه حرفه‌ای بودن و میزان مهارت، روابط شغلی و حرفه‌ای، موردعلاقه بودن وظیفه

- **فاکتورهای مرتبط با واحد/ بخش:** مشخصه‌های فیزیکی کار، جنبه‌های زمانی و ترتیب و توالی کار، محتوای شغل، استرس کاری و بارکاری، میزان استفاده از تکنولوژی‌ها و سطح اتوماسیون
- **فاکتورهای مرتبط با سازمان:** مداخلات ماکروارگونومیک، مشارکت کارکنان، اولویت‌های سازمانی، منابع و هزینه‌ها، آموزش‌های ارائه‌شده
- **فاکتورهای مرتبط با محیط:** جنبه‌های فیزیکی محیط کار، چیدمان فیزیکی و نوع استقرار، جو و فرهنگ‌سازمانی

همچنین متوسط شاخص روایی محتوایی فاکتورهای باقیمانده، ۰/۹۰۱ محاسبه گردید که نمره قابل قبولی را برای پذیرش S-CVI/Ave به خود اختصاص داد. ضریب کاپای هر یک از آیتم‌ها نیز بالاتر از ۰/۷۴ بوده که نشانگر توافق عالی قضاوت بین پنل متخصصان می‌باشد.

به‌طورکلی در بین فاکتورهایی که توسط متخصصین مورد اعتبارسنجی قرار گرفتند، فاکتورهای که از دید همه خبرگان ضروری تشخیص داده شده و دارای CVR یک بودند، عبارت‌اند از: آنتروپومتری و توانمندی‌های جسمانی، جنبه‌های زمانی و ترتیب و توالی کار و جنبه‌های فیزیکی محیط کار. فاکتورهای ذکر شده، مطابق با مطالعه کاریون[1] و همکاران که در سال ۲۰۱۴ (۲۴) در این خصوص انجام دادند، بر بهره‌وری تأثیرگذار بودند. فاکتور روابط شغلی و حرفه‌ای هم که در این مطالعه بالاترین مقدار CVR را کسب کرد، دارای نتیجه مشابهی با مطالعه رئالیواسکز[2] و همکاران در سال ۲۰۱۵ (۲۵) می‌باشد که بر تأثیر کار تیمی بعنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی روابط شغلی و حرفه‌ای، بر عملکرد سیستم‌های تولیدی اشاره دارد. درنهایت، از زیر مؤلفه‌های مربوط به محیط، فاکتور چیدمان فیزیکی و نوع استقرار، از نظر خبرگان خیلی ضروری تشخیص داده شد که مطالعه رئالیواسکز و همکاران در سال ۲۰۱۸ (۲۶) نیز، ضرورت بالای این فاکتور را در افزایش بهره‌وری، سلامت و ایمنی کارکنان تایید می کند.

در مطالعهٔ مشابهی که رئالیواسکز-وارگاس و همکاران در سال ۲۰۱۸ انجام دادند، مشخصه‌های روان‌شناختی پرسنل، ارزیابی عملکرد، سبک مدیریتی و سوپروایزری، پاداش و انگیزه و انگیزه‌ها و نیازها ازجمله فاکتورهای ماکروارگونومیکی بودند که بر بهبود عملکرد سیستم‌های تولیدی مؤثر بودند؛ اما در این مطالعه ازنظر متخصصان مشخصه‌های روان‌شناختی پرسنل، ارزیابی عملکرد، ساختار سازمانی و مدیریتی، فرصت‌های پیشرفت و توسعه شغلی و سیستم‌های پاداش و تکریم از پرسنل به علت نرسیدن به حدنصاب نمره قابل‌قبول، از بین فاکتورهای مؤثر رد شدند. به عنوان مثال، خبرگان در مورد فاکتور ارزیابی عملکرد، فقدان یک سیستم جامع و واضح در ارزیابی عملکرد، نداشتن بازخورد مناسب از ارزیابی عملکرد کارکنان، نداشتن فرصت پیشرفت و توسعه شغلی یا عدم دریافت پاداش مناسب در ازای عملکرد مناسب و همچنین بودن یک ساختار روتین برای ارتقاء شغلی در شرکت مربوطه را، دلیل بر غیر

1 Carayon
2 Realyvasquez

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

ضروری بودن این فاکتور عنوان کردند. وجود ساختار سازمانی تعریف‌شده و ثابت که دستخوش هیچ گونه تغییر بخصوصی متناسب با صلاحیت کارکنان نبوده و در نتیجه آن به علت محدودیت در کنترل کار در ساختار تعریف‌شده توسط سطوح مختلف سازمانی، خبرگان را به ضروری دانستن این فاکتور برای افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان متقاعد نکرد.

از دیگر فاکتورهای رد شده، رضایت شغلی بوده است. بر طبق مطالعه آکینوال و همکارانش در سال ۲۰۲۰، رضایت شغلی باعث ایجاد رفتارهای بهره‌ور در کارکنان می شود (۲۷). همچنین در تأیید این مطالعه، بنابر مطالعه حبوبی و همکاران در سال ۲۰۱۷، رضایت شغلی بر بهره‌وری نیروی کار تأثیر بسزایی دارد (۲۸). در این مطالعه از نظر خبرگان، با توجه به عدم امنیت شغلی و آمار بالای درصد بیکاری در جامعه، رضایت یا عدم رضایت نیروی کار فاکتور مهمی به‌حساب نیامده و در صورت عدم رضایت از شغل خود نیز، نیروی کار مجبور به کنار آمدن با شرایط کاری خود بوده تا بتوانند موقعیت کاری خود را حفظ کنند.

فاکتور دیگری که در اعتبار سنجی زیر نمره CVR قابل‌قبول قرار گرفت و ازنظر خبرگان رد گردید، کیفیت و مشتری مداری بود. در مطالعه انجام‌شده سونی[1] و همکاران در سال ۲۰۱۳ (۲۹)، این فاکتور از عوامل موفقیت سازمان و بهبود عملکرد کارکنان به‌حساب آورده شد، ولی در این مطالعه به دلیل انحصاری بودن صنعت خودرو توسط چند شرکت خاص و فروش همه تولیدات حتی با داشتن کیفیت غیرقابل‌قبول، هیچ رقابتی ازنظر کیفیت با دیگر شرکت‌های خودروسازی خارجی وجود نداشته و فاکتور آن‌چنان مهمی هم شاید به‌حساب نیاید. نکته جالب دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد، این است که با در نظر گرفتن این مسئله که عوامل تولید و مدیران تصمیم‌گذار در این صنعت، خودشان نیز می‌توانند در جایگاه مشتری برای محصولات خود باشند، بااین‌وجود خبرگان، مشتری مداری را جزء فاکتورهای اصلی و ضروری به‌حساب نیاوردند و شاید دلیل آن بی‌توجهی مراجع تصمیم‌گیرنده به نکته نظرات سطوح پایین سازمانی (به‌عنوان مصرف‌کنندگان اصلی تولیدات شرکت) می‌باشد و یا از نگاهی دیگر، احتمالاً به علت عدم مشارکت فعال عوامل تولید در تصمیمات مهم سازمانی، این عزیزان راهکارهای مختلف و انگیزه مضاعفی برای افزایش بهره‌وری و تولید محصول باکیفیت‌تر نداشته باشند.

در مطالعه‌ای دیگر آهلووالیا[2] و همکاران در سال ۲۰۱۴ عنوان کردند که تناسب بین کار و خانواده، از فاکتورهای تأثیرگذار در تعهد سازمانی و درنتیجه بهبود عملکرد و افزایش بهره‌وری کارکنان می‌باشد (۳۰)، همچنین بر طبق مطالعه بویان و همکاران در سال ۲۰۲۰، تعارض کار و خانواده بر عملکرد شغلی و همچنین بر سلامت و آسایش روانی کارکنان تأثیر دارد (۳۱). ازنظر خبرگان، به علت وجود برخی تناقضات بین تقاضاهای کار و خانواده و فقدان پشتیبانی و رفع مشکلات خانوادگی در محل کار و یا بالعکس، بااینکه فاکتور تناسب کار و خانواده جزء فاکتورهای مهم و ضروری در افزایش بهره‌وری، سلامت و ایمنی کارکنان به حساب آمد ولی به دلیل ساده و واضح نبودن این جنس از مشکلات و همچنین نبود راه‌حل‌های کارسازی که خللی در زندگی کاری یا خصوصی افراد وارد نکند، عوامل کاری را مجبور به پذیرش این تناقض‌ها کرده تا بتوانند با شرایط فعلی کنار بیایند. در نتیجه این فاکتور باوجود کسب نمره قبولی در CVR، ازنظر متخصصان نمره قابل‌قبولی را در CVI کسب نکرد و از فاکتورهای مؤثر حذف گردید.

به‌این‌ترتیب لیست نهایی فاکتورهای ماکرو ارگونومیکی مؤثر بر بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان در صنعت موردمطالعه به دست آمد. این مطالعه، همانند بیشتر مطالعات بر تأثیر فاکتورهای به‌دست‌آمده بر بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان صحه گذاشت. همچنین برخی مطالعات به خاطر متفاوت بودن محیط مطالعه و یا تأثیر فاکتورها صرفاً بر روی بهره‌وری یا

1 Soni

2 Ahlowalia

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

سلامت و ایمنی کارکنان، نتایج این مطالعه را تأیید نکردند. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به مشکل ورود به همه بخش‌های صنعت موردمطالعه، درگیر نشدن همه واحدهای صنعت موردمطالعه به خاطر شرایط کاری، عدم شرکت همه خبرگان در نظر گرفته شده در صنعت موردمطالعه به دلیل دسترسی سخت به آن‌ها و همچنین عدم دسترسی کامل به اطلاعات و اسناد شرکت موردمطالعه، به علت محرمانه بودن آن‌ها اشاره کرد. با برطرف کردن این محدودیت‌ها در این صنعت و صنایع دیگر می‌توان، در مطالعات آینده فاکتورهای ماکروارگونومیک مؤثر بر افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان را تدوین و با روش‌های دقیق‌تر اعتبار سنجی و حتی اولویت‌بندی کرد. درنهایت می توان چک لیستی برای ارزیابی جو ماکروارگونومیک صنایع تهیه کرد و با توجه به وزن تعلق‌گرفته برای اولویت هر یک از این فاکتورها، می‌توان معیاری برای سنجش جو ماکروارگونومی شرکت‌ها و صنایع مختلف به دست آورد.

نتیجه گیری

درمجموع، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که از بین فاکتورهای ماکرو ارگونومیک مؤثر بر افزایش بهره‌وری و سلامت و ایمنی کارکنان در بین صنایع مختلف، درنهایت از نظر خبرگان در صنعت خودرو ۱۹ فاکتور به‌عنوان فاکتورهای مؤثر انتخاب شدند که این فاکتورها درنهایت از نظر شاخص روایی محتوایی و ضریب کاپای اصلاح‌شده، نمره قابل قبولی را کسب کردند. نتایج حاصل از این مطالعه بنیادی، کاربردی و معتبر بوده و می‌تواند به‌عنوان مرجعی برای ارزیابی جو ماکروارگونومیک صنعت خودرو و حتی صنایع و سازمان‌ها و شرکت‌های مختلف دیگر به کار گرفته شود. مسلماً مطالعات بیشتری در آینده لازم است تا در صنایع و سازمان‌ها و شرکت‌های دیگر، اعتبار این فاکتورها با دقت و حجم بیشتری و با ابزارهای اعتبارسنجی دقیق‌تری موردبررسی و مطالعه قرار گیرد و همچنین ارتباط و تأثیر عوامل بر یکدیگر سنجیده شود.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب دانشگاه علوم پزشکی تهران به شماره ۹۴۱۱۴۶۷۰۰۴ می‌باشد. بدین‌وسیله نگارندگان بر خود وظیفه می‌دانند از تمامی خبرگان شرکت‌کننده در این پژوهش و همچنین عوامل تولید و کارکنان بخش ایمنی و بهداشت در صنعت خودرو موردمطالعه، که در طی انجام پژوهش همکاری لازم و صمیمانه را داشتند، تشکر و سپاسگزاری نمایند.

REFERENCES

1. Kleiner HH, Hendrick H. Macroergonomics: Theory, Methods, and Applications. Lawrence Erlbaum Associates London. 2002.
2. Khan M, Pope-Ford R. Improving and modifying the design of workstations within a manufacturing environment. Procedia Manufacturing. 2015;3:4927-34.
3. Punnett L. The costs of work-related musculoskeletal disorders in automotive manufacturing. New Solut. 1999;9(4):403-26.
4. Thun J-H, Lehr CB, Bierwirth M. Feel free to feel comfortable—an empirical analysis of ergonomics in the German automotive industry. Int J Prod Econ. 2011;133(2):551-61.
5. Battini D, Faccio M, Persona A, Sgarbossa F. New methodological framework to improve productivity and ergonomics in assembly system design. Int J Ind Ergon. 2011;41(1):30-42.
6. Fredriksson K, Bildt C, Hägg G, Kilbom Å. The impact on musculoskeletal disorders of changing physical and psychosocial work environment conditions in the automobile industry. Int J Ind Ergon. 2001;28(1):31-45.
7. Gerr F, Fethke NB, Anton D, Merlino L, Rosecrance J, Marcus M, et al. A prospective study of musculoskeletal outcomes among manufacturing workers: II. Effects of psychosocial stress and work organization factors. Hum Factors. 2014;56(1):178-90.
8. Vink P, Wilson JR. Participatory ergonomics.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]

InProceedings of the XVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association and The 7th Joint conference of the Ergonomics Society of Korea/Japan Ergonomics Society,'Ergonomics in the Digital Age', Seoul, Korea: August 2003 Aug 24 (pp. 24-29).

9. Lee KS. Ergonomics in total quality management: how can we sell ergonomics to management?. Ergonomics. 2005;48(5):547-58.
10. Haro E, Kleiner BM. Macroergonomics as an organizing process for systems safety. Appl Ergon. 2008;39(4):450-8.
11. Carrasquero EEC. Gestión de las Condiciones de Trabajo: Una Aproximación Crítica desde la Macroergonomía. Temas y Variaciones en la Calidad y Productividad actual: Un Camino para las Organizaciones del Futuro. 2016.
12. Wilson JR. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. Appl Ergon. 2000;31(6):557-67.
13. Carayon P, Smith MJ. Work organization and ergonomics. Appl Ergon. 2000;31(6):649-62.
14. Smith MJ, Sainfort PC. A balance theory of job design for stress reduction. Int J Ind Ergon. 1989;4(1):67-79.
15 Kleiner B. Macroergonomics as a large work-system transformation technology. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries. 2004;14(2):99-115.
16. Hendrick HW, Kleiner BM. Macroergonomics: An introduction to work system design: Human Factors and Ergonomics Society; 2001.
17. Carayon P, Schoofs Hundt A, Karsh BT, Gurses AP, Alvarado CJ, Smith M, et al. Work system design for patient safety: the SEIPS model. Qual Saf Health Care. 2006;15 Suppl 1(Suppl 1):i50-8.
18. Karsh BT, Holden RJ, Alper SJ, Or CK. A human factors engineering paradigm for patient safety: designing to support the performance of the healthcare professional. Qual Saf Health Care. 2006;15 Suppl 1(Suppl 1):i59-65.
19. Katz D, Kahn RL. Organizations and the system concept. Classics of organization theory. 1978:161-72.
20. Lawshe CH. A quantitative approach to content validity 1. Pers Psychol. 1975;28(4):563-75.
21. Hyrkäs K, Appelqvist-Schmidlechner K, Oksa L. Validating an instrument for clinical supervision using an expert panel. Int J Nurs Stud. 2003;40(6):619-25.
22. Zamanzadeh V, Rassouli M, Abbaszadeh A, Majd HA, Nikanfar A, Ghahramanian A. Details of content validity and objectifying it in instrument development. Nursing Practice Today. 2014;1(3):163-71.
23. Polit DF, Beck CT, Owen SV. Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. Res Nurs Health. 2007;30(4):459-67.
24. Carayon P, Wetterneck TB, Rivera-Rodriguez AJ, Hundt AS, Hoonakker P, Holden R, et al. Human factors systems approach to healthcare quality and patient safety. Appl Ergon. 2014;45(1):14-25.
25. Realyvásquez A, Maldonado-Macías AA, García-Alcaraz JL, Blanco-Fernández J. Effects of organizational macroergonomic compatibility elements over manufacturing systems' performance. Procedia Manuf. 2015;3:5715-22.
26. Realyvásquez-Vargas A, Maldonado-Macías AA, García-Alcaraz JL, Cortés-Robles G, Blanco-Fernández J. A macroergonomic compatibility index for manufacturing systems. Int J Ind Ergon. 2018;68:149-64.
27. Akinwale OE, George OJ. Work environment and job satisfaction among nurses in government tertiary hospitals in Nigeria. Rajagiri Management Journal. 2020;14(1):71-92.
28. Hoboubi N, Choobineh A, Kamari Ghanavati F, Keshavarzi S, Akbar Hosseini A. The Impact of Job Stress and Job Satisfaction on Workforce Productivity in an Iranian Petrochemical Industry. Saf Health Work. 2017;8(1):67-71.
29. Soni BS. Employee engagement–A key to organizational success in 21st century. Voice of Research. 2013;1(4):49-79.
30. Ahlowalia S, Tiwary D, Jha A. Employee engagement: A structured theoretical review. Int J Manag Bus. 2014;2(6):309.
31. Obrenovic B, Jianguo D, Khudaykulov A, Khan MAS. Work-Family Conflict Impact on Psychological Safety and Psychological Well-Being: A Job Performance Model. Front Psychol. 2020;11:475.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-08]

[DOR: 20.1001.1.2251807.1401.12.4.5.1]