Journal of Health and Safety at Work 2021; 11(2): 176-195

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Identifying, Evaluating and Determining of The Most Important Predictive Variables of Safety Situation Awareness Using Fuzzy Logic Approach

Mohsen Mahdinia[1], Mostafa Mirzaei Aliabadi[2], Ahmad Soltanzadeh[1], Ali Reza Soltanian[3], Iraj Mohammadfam[4]*

[1] Department of Occupational Health, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
[2] Center of Excellence for Occupational Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[3] Modeling of Noncommunicable Diseases Research Center, Department of Biostatistics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[4] Center of Excellence for Occupational Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Received: 2018-12-08 Accepted: 2020-08-01

ABSTRACT

Introduction: Safety situation awareness is an important element affecting operator's reliability and safety performance, which is influenced by various variables. Identification of these variables and their relationship will play a major role in optimizing control measures. The present study was conducted for this purpose.

Material and Methods: This study was based on the situation awareness, expert's opinions and use of a Fuzzy multi-criteria decision-making method. Triangular fuzzy numbers was used to quantify the experts' judgments and to reduce the errors that result from theirs' subjective evaluation on the relationships between the variables.

Results: The results showed that the studied organizational variables together with "safety/g knowledge" and "experience in job/specific task" are the most important predictive variables of situation awareness. Among the organizational variables, "Organizational Safety Attitudes", "Safe System Design" and "Education" are the most important determinants of safety situation awareness.

Conclusion: Fuzzy logic was used to aggregate expert opinions to determine the most important variables affecting situation awareness and their cause-effect relationships. Organizational variables are the main determinants of situation awareness. To improve situation awareness, the best results are obtained by modifying effective root variables, i.e., organizational variables and some individual variables.

Keywords: *Organizational variables, Safety situation awareness, Fuzzy logic, Safety performance*

1. INTRODUCTION

In complex socio-technical systems, operators should perform more cognitive tasks. Therefore, operators' ability to be aware of tasks and environmental conditions and become able to predict changes in the near future is a key factor in accident prevention. This ability is associated with situation awareness (SA). SA is the perception of elements in the environment, comprehension of their meaning, and prediction of their status in the near future. Many studies have reported SA as a trigger cause of accident in the workplace. Because of limitations in available resources, organizations are trying to reduce accidents through optimizing solutions with a minimum cost. Therefore, it is

* Corresponding Author Email: *mohammadfam@umsha.ac.ir*

Copyright © 2021 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 jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

necessary to develop a framework encompassing different personal, situational, and organizational variables that can improve SA. Under the shadow of this framework, it is possible to implement more effective control programs. Therefore, it is necessary to recognize the most important factors that could predict SA. When several variables with complex relationships affect an outcome variable, determining the most important variables requires comprehensive field studies that are complex, time-consuming, and costly. Therefore, for complex and multidimensional issues, Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods in combination with fuzzy logic provide accurate and practical results based on experts' opinions. Thus, this study was conducted to identify the most important variables affecting SA and assess their relationships based on experts' opinions.

2. MATERIALS AND METHODS

The Delphi method is used to combine and integrate experts' judgments and problem-solving techniques through group decision-making in multiple rounds. This method can be used to rank predictor variables of a phenomenon based on experts' opinions. Decision-making trial and evaluation laboratory method (DEMATEL) is one of the best practical methods to identify the causal relationship among variables based on experts' opinions. In many cases, experts' opinions are expressed using linguistic terms that are qualitative, uncertain, and ambiguous. Fuzzy logic is a useful tool for measuring ambiguous concepts related to individual subjective judgment and is a powerful method to overcome the above-mentioned problems. Therefore, in this study, fuzzy logic (with triangular fuzzy number) in combination with the Delphi and DEMATEL methods were used to determine the most important variables affecting SA and assess the interaction among them.

Study protocol began by performing a comprehensive literature review and identifying variables affecting SA. Eighteen experts were invited from specialists and researchers in the field of SA from different countries to participate in the study as Delphi panel specialists. In the first Delphi round the experts were asked to express their opinions about effect of extracted variables on SA via a semi-closed questionnaire containing 5-point Likert scale questions and some open questions that asked the experts to add other variables and comments. In the second round, considering the outcomes of the first round, the experts were allowed to change their opinion on each variable. After analysis of the results of the second round, the rounds of Delphi were stopped and the assessed variables were ranked on the basis of the non-fuzzy score obtained for each variable.

Fuzzy DEMATEL was implemented based on the following steps. In the first step, 15 most important variables that were determined using FDM, were selected. Then, an expert team that consisted of 12 SA and safety specialists was set up. DEMATEL questionnaire was formed as a 16*16 matrix with paired relations between the selected variables. Using this matrix, the experts expressed their

Table 1. Variables selected from fuzzy Delphi to study cause-effect relationships

Group	ID	Factor	Triangular Fuzzy Numbers	Non-fuzzy Score
Organizational	V1	Organization safety attitude	(2,4.26,5)	**3.88**
	V2	Systems (safe) design	(3,3.84,5)	**3.92**
	V3	Safety information sharing/ Communication	(3,3.94,5)	**3.97**
	V4	Training	(3,3.98,5)	**3.99**
	V5	Information resources	(3,4.10,5)	**4.05**
Situational	V6	Quality of human-system interaction	(4,4.58,5)	**4.54**
	V7	Mental workload	(3,4.68,5)	**4.34**
	V8	Environmental distractions	(3,4.18,5)	**4.09**
	V9	Match between information available and information needed	(3,4.30,5)	**4.15**
	V10	Work pressure/pace	(3,4.24,5)	**4.12**
Individual	V11	Risk perception	(3,4.04,5)	**4.02**
	V12	Fatigue	(3,4.12,5)	**4.06**
	V13	Sleep deprivation/Sleepiness	(3,4.18,5)	**4.09**
	V14	Knowledge (work & safety)	(3,4.24,5)	**4.12**
	V15	Experience in the job	(3,4.34,5)	**4.17**

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

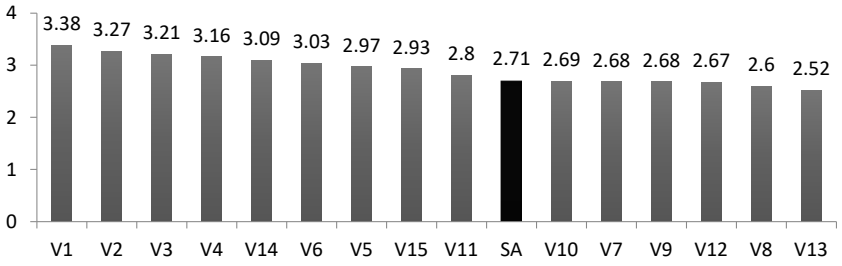


Chart 1. D values (influential impact index)

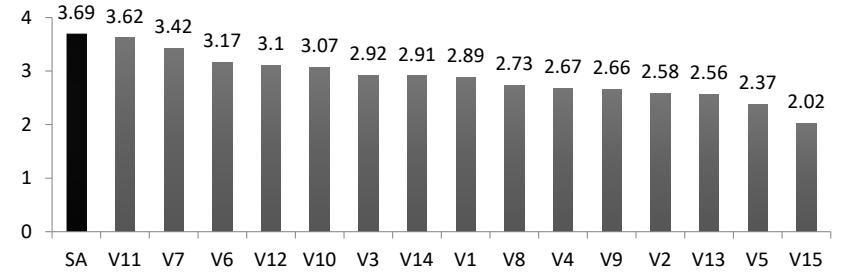


Chart 2. R values (influenced impact index)

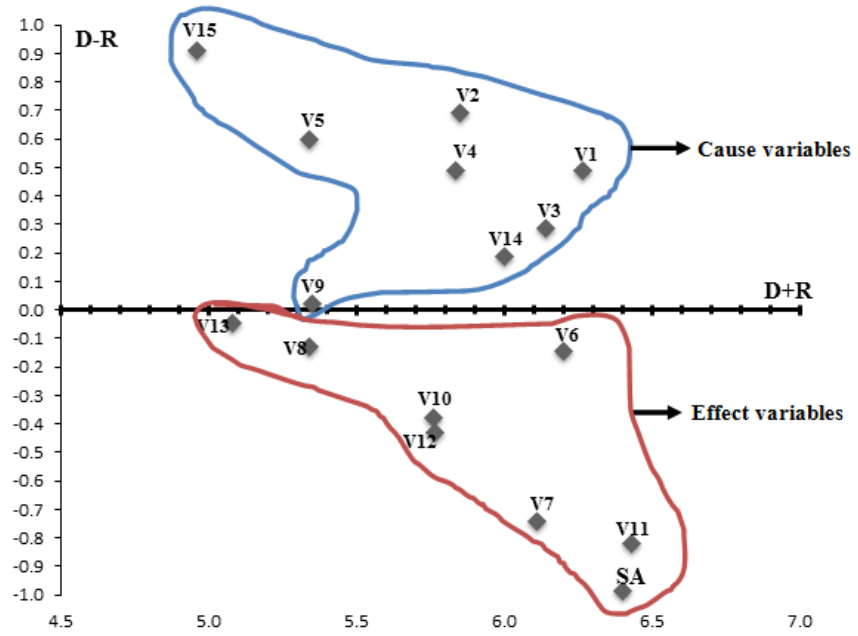


Chart 3. Diagram of cause-effect relationships

opinions about the direct relationship among variables through choosing linguistics terms in a 5-point Likert scale. In the final step, data was analyzed according to the Fuzzy DEMATEL method.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Based on the results of the fuzzy Delphi study, five variables with the largest impact score were selected from individual, situational, and organizational subgroups of variables to assess

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

their cause-effect relationship.

In Chart 3, if D-R is positive, the variable is a cause variable, and if negative, the variable is an effect variable.

Organizational variables had the highest impact values; besides, they were identified as cause factors with the highest values among the other variables. This indicates that organizational variables are the most important variables affecting the whole system. Organizational variables including "organization safety attitude", "system design", "safety information sharing" and "training" were recognized as the most influential variables on other system variables, respectively. After organizational variables, "knowledge (work & safety)" as a dependent variable and "experience in a task" as an independent variable were the two important individual variables that could affect SA either directly or indirectly. Knowledge and experience are the basic principles for improving the performance of employees, and in accordance with the three-level SA model, these two variables had a significant effect on understanding and interpretation of the information received from the environment.

Among the cause variables, "organizational safety attitude", "system (safe) design", "safety information sharing", "training" and "safety / occupational knowledge" had the highest D-R values and were the most fundamental variables affecting situational awareness. To improve situational awareness, these variables are at the forefront of corrective actions. In the following, "experience in the task", "information resources" and "match between information available and information needed" are less important than the first group of cause variables and they should be of secondary importance in the implementation of control measures

4. CONCLUSION

Organizational variables are the main variables affecting situational awareness that directly or through other individual and occupational variables affect situation awareness. In addition, there are some individual variables such as "experience in the job" that have a large effect on situational awareness, which are less affected by other system variables. Also, "work / safety knowledge" as an individual variable is one of the main variables affecting situational awareness. In future studies, testing the findings of this study in the field on industry staff and examining the interactions between them are suggested.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

شناسایی، ارزیابی و تعیین مهمترین متغیرهای پیش‌بینی کننده آگاهی موقعیتی ایمنی بر اساس رویکرد منطق فازی

محسن مهدی‌نیا[۱]، مصطفی میرزایی علی‌آبادی[۲]، احمد سلطان‌زاده[۱]، علیرضا سلطانیان[۳]، ایرج محمدفام[۴]*

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.
[۲] قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] مرکز تحقیقات مدل سازی بیماری‌های غیرواگیر، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۴] قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۱۱

چکیده

مقدمه: آگاهی موقعیتی ایمنی یکی از فاکتورهای مهم مؤثّر بر قابلیت اطمینان و عملکرد ایمنی اپراتورها می‌باشد که خود تحت تأثیر متغیرهای مختلفی قرار می‌گیرد. شناسایی این متغیرها و نحوه روابط آنها در بهینه‌سازی اقدامات کنترلی نقش اساسی خواهد داشت و مطالعه حاضر نیز با همین هدف انجام شد.

روش کار: این مطالعه بر مبنای نظرات متخصصان آگاهی موقعیتی و با استفاده از یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی انجام شد. جهت کمی سازی نظرات متخصصان و برای کاستن از خطای ناشی از ارزیابی ذهنی آنها از روابط متغیرها، از اعداد فازی مثلثی استفاده گردید.

یافته ها: نتایج نشان داد که متغیرهای سازمانی همراه با «دانش ایمنی/شغلی» و « تجربه در وظیفه» مهمترین و ریشه‌ای‌ترین متغیرهای پیش‌بینی کننده آگاهی موقعیتی می‌باشند. از گروه متغیرهای سازمانی مورد مطالعه نیز «نگرش ایمنی سازمان»، «طراحی ایمن سیستم‌ها» و «آموزش» مهمترین متغیرهای تعیین کننده تغییرات آگاهی موقعیتی می‌باشند.

نتیجه گیری: بر اساس تجمیع نظرات خبرگان مبتنی بر منطق فازی، مهمترین متغیرهای مؤثر بر آگاهی موقعیتی و روابط علت و معلولی آنها شناسایی شدند. متغیرهای سازمانی اصلی‌ترین متغیرهای تعیین کننده آگاهی موقعیتی می‌باشند. برای بهبود آگاهی موقعیتی بهترین نتایج با اصلاح متغیرهای ریشه‌ای مؤثر یعنی متغیرهای سازمانی وبرخی متغیرهای فردی بدست می‌آید.

کلمات کلیدی: *متغیرهای سازمانی، آگاهی موقعیتی ایمنی، منطق فازی، عملکرد ایمنی*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *mohammadfam@umsha.ac.ir*

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

مقدمه

مطابق گزارش‌ها علت مستقیم اکثر حوادث بزرگ صنعتی که نتایج فاجعه‌بار نیز داشته‌اند، خطای انسانی بوده است(۱, ۲) و در بسیاری از این حوادث اپراتورها با پیچیدگی سیستم و حجم زیاد اطلاعات مواجهه بوده‌اند. در این سیستم‌ها اپراتور معمولاً مشکلی در زمینه انجام وظایف فیزیکی و تسلط بر رویه انجام کار نداشته‌اند اما عدم توانایی در درک و پیش‌بینی وقایع، عملکرد فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد(۲). از انجا که در سیستم‌های پیشرفته امروزی وظایف اپراتورها بیشتر به صورت وظایف شناختی و شامل پایش و تشخیص شرایط و پاسخ مناسب به آن شرایط می‌باشد(۳)، بنابراین در این سیستم‌ها، توانایی اپراتورها در فهم وقایع محیط کار یک فاکتور کلیدی در پیشگیری از حوادث می‌باشد. این توانایی نشان دهنده آگاهی کامل از وظایف و شرایط سیستم کار و به همین صورت توانایی پیش‌بینی تغییر شرایط در آینده نزدیک می‌باشد. این توانایی شناختی به آگاهی موقعیتی فرد مرتبط می‌باشد(۴, ۵).

بر اساس مدل سه سطحی ارائه شده توسط Endsley، آگاهی موقعیتی به مفهوم دریافت فرد از عناصر محیط در زمان و فضای مشخص، درک معنی آنها و پیش‌بینی وضعیت آن عناصر در آینده نزدیک می‌باشد(۶). تعریف دیگری که ارائه شده آگاهی موقعیتی را به صورت « شناخت لحظه‌ای مورد نیاز برای عملکرد یا حفظ یک سیستم» تعریف می‌کند(۷). هر دو این تعاریف به عنوان تعریف دقیق و مناسب برای آگاهی موقعیتی پذیرفته شده و مورد استناد قرار گرفته‌اند(۸).

تئوری و مفهوم آگاهی موقعیتی در زمان جنگ جهانی اول به وسیله Oswald Boelke مطرح شد(۹). در ادامه این مفهوم از دهه ۱۹۸۰ در تحقیقات هوانوردی مطرح و سپس در مشاغلی مثل نگهداری و سرویس هواپیما، حوزه نظامی، رانندگی و پزشکی مورد توجه قرار گرفته است(۸) و در حال حاضر یکی از مهمترین موضوعات در ارگونومی می‌باشد(۱۰). اخیر در حوزه ایمنی، آگاهی موقعیتی به عنوان یک فاکتور علّی در حوادث و رویدادها معرفی شده که بارها مورد استناد واقع شده است. در حال حاضر در بررسی‌ها و گزارش‌های حوادث، عدم وجود، پایین بودن یا ضعف آگاهی موقعیتی اصطلاحات معروفی بوده(۱۱) و نشان دهنده این است که آگاهی موقعیتی نقش اساسی در ایمنی سیستم‌ها و مهندسی تاب‌آوری[1] دارد(۱۲). مطابق مدل سه سطحی، در سطح اول آگاهی موقعیتی بدون شناخت و دریافت درست عناصر یک محیط غیر ممکن است که تصور درستی از شرایط ایجاد شود و این امر باعث افزایش احتمال خطا و وقوع حادثه می‌شود. از آنجا که سطح اول پایه اصلی برای دو سطح بعدی می‌باشد نقش آن در شکست در آگاهی موقعیتی و بروز خطا بیشتر است. در سطح دوم ترکیب، تفسیر، ذخیره‌سازی و نگهداری اطلاعات دریافتی برای ایجاد یک تصویر درست از شرایط محیط و درک معنی عناصر و وقایع انجام می‌شود و برای مثال در صورت ضعف دانش قبلی از شرایط و یا کم بودن مهارت و تجربه، تفسیر نادرستی از اطلاعات دریافتی انجام می‌شود و شرایط ایجاد خطا فراهم می‌شود. در نهایت در سطح سوم که در نتیجه ترکیب دو سطح اول ایجاد می‌شود، اپراتور بر اساس دو سطح اول شرایط را پیش‌بینی کرده و بر اساس آن تصمیم‌گیری کرده و عملی را انجام می‌دهد. بنابراین هر گونه نقص در دو سطح اول و دوم و یا نقص در تصمیم‌گیری، باعث عملکرد نادرست اپراتور خواهد شد که ممکن است منجر به بروز حادثه گردد(۸).

مطابق تحقیقات، بسیاری از مشکلات عملکردی و مسائل ایمنی که در حوزه کنترل فرایند در صنایع ایجاد می‌شود، در نتیجه نقص در آگاهی موقعیتی اپراتورها می‌باشد. آنالیز جامع حوادث رخ داده در بخش حفاری صنایع نفت و گاز نشان داد که بیش از ۴۰ درصد این حوادث مرتبط با آگاهی موقعیتی بوده است. در این رابطه ۶۷ درصد از خطاهای آگاهی موقعیتی در سطح اول یعنی دریافت اطلاعات، ۲۰ درصد در درک اطلاعاتی دریافتی و ۱۳ درصد خطاها در سطح سوم یعنی خطا در پیش‌بینی شرایط در آینده نزدیک بوده است(۱۳). مطالعه Sneddon بر روی حوادث رخ داده در صنایع فراساحلی

1 resiliance

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

نشان داد بخش قابل توجه‌ای از حوادث مرتبط با از دست رفتن آگاهی موقعیتی بوده است(۱۴). همچنین مطابق گزارش‌ها، حوادثی بزرگی مانند حادثه دکل حفاری در خلیج مکزیک و یا حادثه انفجار و نشت نفت Montara در سال ۲۰۰۹ در استرالیا به نوعی ناشی از ضعف در آگاهی شناختی و موقعیتی بوده است(۱۵).

با وجود محدودیت منابع در دسترس، سازمان‌ها تلاش می‌کنند که برای بهینه‌سازی هزینه‌ها و رسیدن به کمترین آمار حوادث، بهینه‌ترین اقدامات کنترلی را انجام دهند(۱۶) و بنابراین نیاز به شناسایی اثرگذارترین متغیرهای پیش‌بینی کننده حوادث و رفتارهای ایمن می‌باشد(۱۷). مطابق نتایج مطالعات آگاهی موقعیتی به عنوان علت بسیاری از حوادث، خود می‌تواند تحت تأثیر سه گروه متغیرهای فردی، موقعیتی و سازمانی قرار گیرد(۳). از طرفی تحقیقاتی که به طبقه‌بندی فاکتورهای اثرگذار بر روی آگاهی موقعیتی پرداخته‌اند غیر سیستماتیک و فاقد جامعیت بوده و برخی مطالعات هم تنها بر روی فاکتورهای فردی اثرگذار بر روی آگاهی موقعیتی پرداخته‌اند(۱۸). هچنین مطالعاتی که به بررسی فاکتورهای موثر بر آگاهی موقعیتی پرداخته‌اند، برخی در شرایط شبیه سازی انجام شده است(۱۹-۲۱)، برخی به صورت گذشته نگر و روی حوادث گذشته انجام شده‌اند(۱۴, ۲۲) و برخی هم که به صورت یک مطالعه میدانی انجام شده است تنها اثر یک یا چند متغیر محدود را بررسی نموده‌اند(۱۵, ۲۳, ۲۴). بنابراین تا کنون مطالعه‌ای برای بررسی ارتباط علت و معلولی متغیرهای مختلف فردی، موقعیتی و سازمانی اثر گذار بر آگاهی موقعیتی انجام نشده است و انجام مطالعه‌ای که بر اساس آن بتوان نقش متغیرهای مختلف فردی، موقعیتی و سازمانی را در بهبود آگاهی موقعیتی و در نتیجه عملکرد ایمنی مشاهده نمود، مفید می‌باشد.

روش کار

بسیاری از سازمان‌ها پذیرفته‌اند که تصمیم‌گیری گروهی یک راهکار مناسب حل مسائل و مشکلات پیچیده می‌باشد. در تصمیم‌گیری گروهی با اتفاق نظر متخصصان یک حوزه می‌توان به تصمیمی مناسب در موضوع مورد نظر رسید. از طرفی افراد بیشتر تمایل دارند که ارزیابی خود از یک موضوع را بیشتر در قالب عبارت‌های کلامی بیان نمایند و معمولاً نظرات در قالب عبارت‌های غیر دقیق، غیر قطعی و مبهم زبانی عنوان می‌شود که آنالیز و جمع‌بندی نتایج را مشکل می‌سازد(۲۵). در این موارد که با عبارت‌های کلامی روبرو می‌شویم، استفاده از روش‌های قطعی امتیازدهی می‌تواند به دو دلیل با انتقاد مواجهه شود. اول اینکه روش‌های قطعی ابهام ناشی از قضاوت افراد و همچنین تغیرات ارزش عبارت‌های زبانی در هنگام تبدیل شدن به اعداد را نادیده می‌گیرند، همچنین قضاوت ذهنی افراد و انتخاب اولویت‌ها تأثیر زیادی بر نتایج دارد(۲۶). از آنجایی که منطق فازی یک ابزار بسیار مفید برای اندازه‌گیری مفاهیم مبهم مرتبط با قضاوت‌های ذهنی افراد است(۲۵)، در نتیجه یک ابزار قدرتمند مناسب برای غلبه مشکلات ذکر شده می‌باشد و باعث می‌شود که در قالب عبارت‌های کلامی اطلاعات دقیق‌تری بدست آید(۲۷, ۲۸). بنابراین در این مطالعه در پرسش‌نامه به جای طیف لیکرت و امتیازدهی قطعی، از طیف لیکرت با اعداد فای مثلثی استفاده شد و دو روش دلفی فازی و دیمتل فازی برای شناسایی و تعیین مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی کننده آگاهی موقعیتی استفاده گردید.

روش دلفی فازی

روش دلفی در دهه ۱۹۵۰ ابداع شد(۲۹, ۳۰) و تا کنون در بسیاری از مطالعات استفاده قرار گرفته است(۳۱). این روش به دنبال ترکیب و تلفیق نظرات متخصصان یک حوزه برای قضاوت نهایی در مورد یک موضوع می‌باشد(۲۹). بسیاری از متخصصان سه اشکال اصلی یعنی پایین بودن توافق متخصصان، طولانی بودن اجرای دلفی و هزینه‌بر بودن آن را از عیوب این روش می‌دانند(۳۲). بر این اساس در سال ۱۹۸۵ برای اولین بار Murray پیشنهاد تلفیق تئوری منطق فازی با روش دلفی سنتی را ارائه نمود(۳۳) و در نهایت Hsu and Yang2000 اعداد فازی مثلثی را برای جمع‌بندی نظرات

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

جدول۱. پرسش‌نامه دلفی

لطفاً میزان اثر هر متغیر را بر آگاهی موقعیتی با علامت × مشخص نمایید						
ردیف	متغیر	اثری ندارد	اثر کم	اثر متوسط	اثر زیاد	اثر خیلی زیاد
۱	خستگی					
۲	بار کار ذهنی					
...	....	...	....	...	....	...
۸۴	آموزش					
لطفاً اگر از نظر شما متغیری علاوه بر متغیرهای ذکر شده بر آگاهی موقعیتی اثر دارد در این قسمت اضافه نمایید.						

کارشناسان بکار گرفتند و روش دلفی فازی را پایه‌گذاری نمودند(۳۴). دلفی فازی یکی از انواع گوناگون روش‌های توسعه یافته دلفی می‌باشد و از پیشرفته‌ترین نسخه‌های آن می‌باشد(۳۱). مهمترین مزیت این روش سادگی آن در تجمیع نظرات متخصصان و نزدیکی نتایج به واقعیت می‌باشد. در این مطالعه روش دلفی فازی مطابق مراحل زیر انجام شد:

بررسی متون و شناسایی متغیرهای اولیه

ابتدا با بررسی جامع حدود ۱۲۰ مطالعه که به بررسی متغیرهای مؤثر بر آگاهی موقعیتی و عملکرد ایمنی پرداخته بودند، متغیرهایی که به عنوان متغیرهای اثرگذار بر آگاهی موقعیتی و عملکرد ایمنی از آنها نام برده می‌شود استخراج گردید. در این مرحله در درجه اول مطالعات منتشر شده در پایگاه‌های معتبر علمی Web of Science، PubMed، Scopus مد نظر قرار گرفت. همچنین غربالگری مطالعات بر اساس دو معیار «گروه مورد مطالعه» و «هدف و نتیجه تحقیق» انجام شد، به این صورت که انواع مطالعات اعم از مروری، تحقیقی و غیره که با هدف بررسی اثر یک یا چند فاکتور اثرگذار بر آگاهی موقعیتی و عملکرد ایمنی روی کارکنان مشاغل صنعتی انجام شده بود، در نظر گرفته شد. در مرحله بعد متغیرهای استخراج شده از تمامی این مطالعات توسط تیم کارشناسی غربالگری شدند و در نهایت ۸۴ متغیر که مطابق منابع علمی احتمال داده می‌شد بر آگاهی موقعیتی اثرگذار باشند در سه گروه اصلی متغیرهای فردی، موقعیتی و سازمانی طبقه‌بندی شدند.

انتخاب گروه متخصصان

به منظور تعیین نمونه مناسب برای مطالعه دلفی بیشتر از اینکه بر کمیت نمونه‌ها تأکید شود بر کیفیت و تسلط آنها بر موضوع مورد مطالعه تأکید می‌شود(۳۵). مطابق سایر مطالعات دلفی، پنل متخصصان بر اساس انتخاب هدفمند و گزینشی انجام شدند و با بررسی سوابق پژوهشی و زمینه تخصصی تعدادی از افرادی که در زمینه مرتبط با آگاهی موقعیتی کارهای پژوهشی انجام داده بودند و کاملاً بر موضوع اشراف داشتند به مطالعه دعوت شدند. از نظر تعداد نمونه مناسب برای این روش نیز مطالعات اعداد مختلفی را ارائه نموده‌اند(۲۹, ۳۱, ۳۶) اما اغلب در یک گروه همگن از متخصصان با ۱۰ تا ۱۸ کارشناس نتایج قابل قبولی به دست می‌آید(۲۹, ۳۱). در این مطالعه پس از مکاتبه با افراد محتلف، ۱۸ نفر از نقاط مختلف جهان موافق به شرکت در مطالعه شدند. شرکت کننده‌ها برای ورود به مطالعه باید دارای دانش و تجربه مناسب در زمینه آگاهی موقعیتی و یا تجربه عملی کارهای پژوهشی در زمینه‌های مرتبط می‌بودند که این کار با بررسی سوابق افراد و دریافت نظر و موافقت آنها در شروع مطالعه انجام شد. به این منظور با بررسی سوابق علمی و پژوهشی افراد از طریق پایگاه‌های Scopus و Goggle Scholar ، افرادی که دارای انتشارات علمی متعدد در موضوع مورد مطالعه به عنوان نویسنده اول یا مسئول مقاله بودند و همچنین از نظر آموزشی و اجرایی در

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

زمینه‌های مرتبط فعالیت داشتند به مطالعه دعوت شدند. مطابق مستندات موجود تجربه کار در حوزه مربوطه و مشارکت در پروژه‌های مرتبط با موضوع مورد بررسی برای تعیین کیفیت نمونه انتخاب شده مناسب می‌باشد(۳۵).

پرسش‌نامه دلفی

برای کوتاه شدن مطالعه از پرسش‌نامه نیمه بسته استفاده شد به این صورت که علاوه بر سوالات طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای، در پایان پرسش‌نامه از کارشناسان خواسته شد که در صورتی که از نظر آنها متغیر دیگری هم بر روی آگاهی موقعیتی اثر گذار است اضافه نمایند. همچنین افراد می‌توانستند هر نظر دیگری که داشتند نیز بیان نمایند. بنابراین پرسش‌نامه اول دلفی در بخش سوالات بسته به این صورت طراحی شد که از کارشناسان خواسته شد که در مورد میزان اثر هر متغیر بر روی آگاهی موقعیتی در یک رنج پنج درجه‌ای در مقیاس لیکرت نظر دهند. مقایس لیکرت در بسیاری از مطالعات دلفی که بر اساس جمع‌آوری نظر کارشناسان است، استفاده شده است(۳۲, ۳۷). پرسش‌نامه اولیه پس از طراحی به منظور برطرف شدن ابهامات و نقایص و افزایش همگرایی آن در اختیار تعدادی از متخصصان قرار گرفت تا در مورد ساختار آن نظر دهند و پس از دریافت نظرات اصلاحات پیشنهادی بر روی پرسش‌نامه انجام شد.

اجرای دلفی فازی

با توجه به پراکندگی متخصصان، در مراحل مختلف تحقیق پرسش‌نامه‌ها از طریق ایمیل در اختیار آنها قرار گرفت و در صورتی که پس از یک هفته پاسخی دریافت نشد ایمیل یادآوری ارسال گردید. پس از پایان دور اول اطلاعات دریافتی آنالیز شد. در مرحله اول در مجموع ۱۵ متغیر دیگر توسط متخصصان پیشنهاد گردید. همچنین نظرات آنها در مورد برخی متغیرها اعمال و اشکالت برطرف گردید. پس از دور اول با جمع‌بندی و آنالیز نظرات شرکت کننده‌ها و در نظر گرفتن ۱۵ متغیر جدید، پرسش‌نامه دور دوم تنظیم شد و مجدداً برای افراد شرکت کننده ارسال شد. در دور دوم افراد می‌توانستند در صورت تمایل و با توجه به نتیجه دور اول که در اختیار آنها قرار گرفته بود، نظر خود را در مورد هر متغیر را تغییر دهند و در ضمن در مورد میزان اثر متغیرهای جدید بر آگاهی موقعیتی نیز نظر دهند. پرسش‌نامه دور دوم مجدداً از طریق ایمیل برای متخصصان ارسال شد و پس از ۲ هفته کلیه پرسشنامه‌های تکمیل شده بازگشت داده شد. با آنالیز نتایج دور دوم مشخص شد که هیچ متغیر جدیدی توسط متخصصان اضافه نشده است و پس از پایان دور دوم دلفی متوقف گردید. برای پایان دادن به دورهای دلفی دو معیار وجود دارد که یکی رسیدن به سطح همگرایی بالا بین متخصصان و در صورت عدم رسیدن به سطح توافق مناسب، عدم ارئه نظرات جدید توسط شرکت کننده‌ها علامت دیگر برای پایان دادن به راندهای دلفی می‌باشد(۲۹, ۳۸). از طرفی استفاده ار یک روش فازی و جامع برای ترکیب نظر متخصصان، الزام رسیدن به سطح توافق بالا را برطرف می‌نماید(۳۹).

در این مطالعه آنالیز نتایج مطالعه دلفی بر اساس روش دلفی فازی ارائه شده توسط Hsu and Yang ۲۰۰۰ انجام شد(۳۴) که تا کنون در مطالعات متعدد استفاده شده است(۳۰, ۳۲). در این روش با تجمیع نظرات متخصصان در مورد هر متغیر، یک عدد فازی مثلثی به صورت زیر به دست می‌آید. در این عدد فازی کران پایین(a_{i1}) و بالا(a_{i3}) به ترتیب مقادیر حداقل و حداکثر ارزش نظرات متخصصان برای هر متغیر در طیف ۵ درجه‌ای لیکرت می‌باشد. عدد میانی(a_{i2}) نیز میانگین هندسی نظرات متخصصان برای آن متغیر است(۳۰). میانگین هندسی نظرات متخصصان برای هر متغیر از رابطه۱ به دست می‌آید.

$$\tilde{a}_i = (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3})$$

$$a_{i1} = \mathrm{Min}(B_{ij}),$$

$$a_{i3} = \mathrm{Max}(B_{ij}),$$

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

رابطه ۱ $$a_{i2}=\left(\prod_{k=1}^{n}B_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}$$

پس از این مرحله با استفاده از رابطه۲ عدد فازی مثلثی دی‌فازی سازی گردید(۴۰). در منطق فازی دیفازی سازی برای ایجاد مقادیر کمی قابل سنجش و قابل مقایسه استفاده می‌شود(۴۱).

رابطه ۲ $$a_i=\frac{1}{4}\left(a_{i1}+2a_{i2}+a_{i3}\right)$$

رتبه‌بندی متغیرها و تعیین مهمترین متغیرها بر اساس امتیاز دی‌فازی شده هر متغیر انجام می‌شود به این صورت که هر متغیری که امتیاز دی‌فازی شده بالاتری داشته باشد از نظر اثر بر آگاهی موقعیتی از اهمیت بیشتری برخوردار است و غربالگری متغیرها و ملاک‌ها بر اساس حد آستانه انجام می‌شود و متغیرهای که امتیاز کمتری از حد آستانه دارند به عنوان متغیرهای کم اهمیت حذف می‌گردند. حد آستانه در مطالعات مختلف با توجه به اهمیت موضوع و سایر شرایط و با توجه به رنج ۵ درجه‌ای لیکرت مقادیر مختلفی در نظر گرفته شده است. برخی محققین قاعده ۸۰/۲۰ و حد آستانه۴ را بکار گرفته‌اند(۳۲, ۴۲). Yih2010 هم در مطالعه خود در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای عدد ۳,۵ را به عنوان حدآستانه در نظر گرفت(۳۷). همچنین Ma2011 حد آستانه ۲,۵ را برای رتبه‌بندی شاخص‌های عملکرد ایمنی جاده‌ای در نظر گرفت(۳۰). به هر حال تعیین حد آستانه می‌تواند بر اساس نظر محقق و اهداف تحقیق صورت گیرد(۴۳). در این مطالعه با توجه به محدودیت تعداد متغیر ورودی برای تعیین روابط علت و معلولی در روش مورد استفاده بدون در نظر گرفتن حد آستانه ۱۵ متغیری که بیشترین امتیاز را در روش دلفی فازی در سه زیر گروه کسب کرده بودند به عنوان مهمترین متغیرهای اثرگذار بر آگاهی موقعیتی برای تعیین روابط علت و معلولی انتخاب شدند.

تعیین روابط علت و معلولی متغیرها با استفاده از روش دیمتل

روش DEMATEL[2]

دیمتل توسط مؤسسه GRCBM[3] و به منظور مطالعه و حل مشکلات پیچیده از طریق تصمیم‌گیری گروهی ابداع شد(۳۷, ۴۴). این روش به عنوان یک رویکرد قدرتمند برای جمع‌بندی نظرات متخصصان در مورد یک موضوع و ایجاد یک مدل ساختاری، شناخته شده است(۳۲, ۴۵). این روش تعامل بین متغیرهای مختلف اثرگذار بر یک پدیده را از طریق یک دیاگرام علت و معلول نشان می‌دهد(۳۲) و نوع و شدت روابط مستقیم و غیر مستقیم عناصر یک سیستم را مشخص می‌کند(۴۶). با آنالیز روابط عناصر سیستم به وسیله دیمتل می‌توان یک راه ایده‌ال برای حل مشکلات پیچیده به دست آورد(۴۷). مطالعات زیادی وجود دارد که از این تکنیک در حوزه‌هایی مانند ارزیابی ریسک، منابع انسانی و تصمیم‌گیری استفاده نموده‌اند(۳۷). تلفیق تکنیک دیمتل با منطق فازی اولین بار در سال۲۰۰۷ توسط wu انجام شد(۴۸). با توجه به مزایای روش دیمتل فازی در این مطالعه برای تعیین ارتباط علت- معلولی مهمترین متغیرهای اثرگذار بر آگاهی موقعیتی از این روش استفاده شد.

اجرای DEMATEL

مراحل انجام کار در روش دیمتل فازی به صورت زیر می‌باشد(۴۶):

مرحله اول: تشکیل گروه خبرگان به منظور جمع‌آوری دانش گروهی آنها در مورد ارتباط متغیرها. در این مطالعه ۱۱ نفر از متخصصان مسلط بر آگاهی موقعیتی و ایمنی از کشورهای مختلف به عنوان گروه متخصصان در مطالعه شرکت کردند. افراد از طریق ایمیل به مطالعه دعوت و موافقت خود را برای شرکت در مطالعه اعلام نمودند.

گام دوم: تعیین متغیرهای مورد ارزیابی: متغیرهای

2 Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
3 Geneva Research Center of the Battelle Memorial Institute

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

جدول۲. عبارت‌های کلامی مورد استفاده در روش دیمتل و عدد فازی مثلثی متناظر آن‌ها(۴۸)

عبارت‌های کلامی	عدد فازی مثلثی
بدون اثر	(۰/۰،۰،۰/۲۵)
اثر خیلی کم	(۰/۰،۰/۵،۰/۲۵)
اثر کم	(۰/۰،۰/۷۵/۰،۵/۲۵)
اثر زیاد	(۰،۱/۰،۷۵/۵)
اثر خیلی زیاد	(۰،۱،۱/۷۵)

مورد نظر در مرحله اول با استفاده از روش دلفی فازی تعیین گردید و از هر کدام از زیرگروه‌های متغیرهای سازمانی، موقعیتی و فردی ۵ متغیر و جمعاً ۱۵ متغیر به عنوان مهمترین متغیرهای اثر گذار بر آگاهی موقعیتی انتخاب شدند.

گام سوم: طراحی پرسش‌نامه و تشکیل ماتریس رابطه زوجی: پرسش‌نامه به صورت ماتریس ۱۶*۱۶ تشکیل شد تا متخصصات میزان ارتباط متغیرها را به صورت زوجی در قالب عبارت‌های کلامی مطابق چارچوبی که در جدول ۲ آورده شده است را تعیین نمایند. این طیف اعداد مثلثی فازی تا کنون در مطالعات متعددی استفاده شده است(۲۵, ۲۶, ۴۶).

پرسش‌نامه‌ها از طریق ایمیل برای متخصصان ارسال شد تا مطابق دستورالعمل ارائه شده تکمیل نمایند. بعد از پاسخ متخصصان یازده ماتریس فازی ارتباط مستقیم اولیه تشکیل شد.

گام چهارم: آنالیز نتایج بر اساس روش دیمتل فازی که در مراحل زیر انجام شد:

مرحله اول: تشکیل ماتریس فازی ارتباط مستقیم) (با تجمیع نظر متخصصان شرکت کننده از طریق میانگین‌گیری ماترسی از نظرات آنها برای هر متغیر که این کار با استفاده از رابطه۳ انجام شد. p نشان دهنده تعداد متخصصان شرکت کننده در مطالعه می‌باشد.

رابطه ۳
$$\tilde{E} = \frac{\tilde{E}^1 + \tilde{E}^2 + \ldots + \tilde{E}^p}{p} \quad ,K = 1,2,\ldots P$$

$$\tilde{E} = \begin{bmatrix} 0 & \ldots & \tilde{E}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{E}_{n1} & \ldots & 0 \end{bmatrix} \quad , \quad \tilde{e}_{ij} = \left(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}\right)$$

مرحله دوم: در مرحله دوم ماتریس فازی ارتباط مستقیم نرمال شده($\tilde{F}$) به دست آمد. این کار با استفاده از رابطه۴ انجام شد:

رابطه۴
$$\tilde{F} = \frac{\tilde{E}}{\gamma} \quad , \quad \gamma = max\sum_{j=1}^{n} u_j$$

$$\tilde{F} = \begin{bmatrix} \tilde{F}_{11} & \ldots & \tilde{F}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{F}_{n1} & \ldots & \tilde{F}_{nn} \end{bmatrix} \quad , \quad \tilde{f}_{ij} = \frac{\tilde{e}_{ij}}{\gamma} = \left(\frac{l_{ij}}{\gamma}, \frac{m_{ij}}{\gamma}, \frac{u_{ij}}{\gamma}\right)$$

مرحله سوم: بعد از نرمال نمودن ماتریس فازی ارتباط مستقیم، ماتریس فازی ارتباط کل($\tilde{T}$) با استفاده از روابط ۵ تا ۷ به دست آمد:

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \ldots & \tilde{t}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \ldots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix} \quad , \quad \tilde{t}_{ij} = \left(l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij}\right)$$

رابطه ۵
$$Matrix\left[l'_{ij}\right] = F_l \times \left(1 - F_l\right)^{-1}$$

رابطه ۶
$$Matrix\left[m'_{ij}\right] = F_m \times \left(1 - F_m\right)^{-1}$$

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

جدول۳. ماتریس ارتباط زوجی متغیرها(پرسش‌نامه دیمتل)

لطفاً در هر خانه میزان اثر متغیر سطر بر متغیر ستون را تعیین نمایید. ۱- بدون اثر ۲- اثر خیلی کم ۳- اثر کم ۴- اثر زیاد ۵- اثر خیلی زیاد					
	خستگی	بار کار ذهنی	...	آموزش	آگاهی موقعیتی
خستگی			...		
بار کار ذهنی			...		
...	...	...		...	...
آموزش			...		
آگاهی موقعیتی			...		

رابطه ۷ $$Matrix\left[u_{ij}^{'}\right]=F_u\times\left(1-F_u\right)^{-1}$$

مرحله چهارم: دیفازی نمودن ماتریس ارتباط کل با استفاده از رابطه۸:

رابطه ۸ $$t_{ij}=\frac{1}{4}\left(l_{ij}^{'}+2m_{ij}^{'}+u_{ij}^{'}\right)$$

$$T=\begin{bmatrix}t_{11} & \cdots & t_{1n}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ t_{n1} & \cdots & t_{nn}\end{bmatrix}$$

مرحله پنجم: محاسبه مقادیر R وD برای هر متغیر که بر اساس مولفه‌های ماتریس دی‌فازی شده ارتباط کل و با استفاده از روابط ۹ و ۱۰ به دست می‌آید.

رابطه ۹ $$D=\sum_{j=1}^{n}t_{ij}\quad,\left(j=1,2,3\ldots,n\right)$$

رابطه ۱۰ $$R=\sum_{i=1}^{n}t_{ij}\quad,\left(i=1,2,3\ldots,n\right)$$

مرحله ششم: محاسبه مقادیر D+R و D-R و رسم دیاگرام روابط علت معلولی بین متغیرها. در این نمودار مقدار D+R بر روی محور xها و D-R بر روی محور yهاقرار می‌گیرند.

یافته ها

رتبه‌بندی متغیرهای اثرگذار بر آگاهی موقعیتی

رتبه‌بندی متغیرها از نظر میزان اثر بر روی آگاهی موقعیتی با استفاده از روش دلفی فازی و بر اساس نمره دیفازی شده هر متغیر انجام شد. مطالعه دلفی در دو مرحله انجام و دلفی فازی در گام دوم متوقف گردید به دلیل اینکه اولاً دلفی با سوالات ساختارمند شروع شد که این موضوع باعث کوتاه شدن مطالعه دلفی می‌گردد. درثانی در دور دوم دلفی فازی هیچ متغیر جدید دیگری توسط شرکت کننده‌ها در مطالعه اضافه نگردید و همچنین تغیر نظر متخصصان در دور دوم نسبت به دور اول معنی‌داری نبود و اختلاف ضریب تغییرات در دور اول و دوم برای تمامی متغیرها کمتر از ۰،۰۱ بود که دلیلی بر عدم نیاز به ادامه مطالعه دلفی می‌باشد(۴۹). در جدول۴ پانزده متغیری که بیشترین امتیاز را در روش دلفی فازی از نظر میزان اثر بر روی آگاهی موقعیتی از دیدگاه گروه متخصصان داشتند آورده شده است.

بر اساس نتایج دلفی فازی در بین تمامی متغیرهای اثرگذار بر آگاهی موقعیتی از دیدگاه گروه متخصصان، «کیفیت تعامل فرد با سیستم» بیشترین اثر را بر آگاهی موقعیتی دارد و در مرحله بعد «بار کار ذهنی» قرار دارد که بیشترین اثر را بر آگاهی موقعیتی می‌گذارد که هر دو این متغیرهای از دسته متغیرهای موقعیتی می‌باشند همچنین «بار کار ذهنی» و چه «فشار/سرعت کار» می‌تواند اثر بسیار زیادی بر روی آگاهی موقعیتی داشته باشد. در این

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

جدول۴. مهمترین متغیرهای اثر گذار بر آگاهی موقعیتی بر اساس نتایج مطالعه دلفی فازی

زیر گروه	کد شناسایی	متغیر	عدد فازی مثلثی	نمره دیفازی شده
متغیر سازمانی	V1	نگرش ایمنی سازمان	(۴،۵/۲،۲۶)	۳/۸۸
	V2	طراحی ایمن سیستم‌ها	(۳،۵/۳،۸۴)	۳/۹۲
	V3	ارتباطات ایمنی/اشتراک گذاری اطلاعات ایمنی	(۳،۵/۳،۹۴)	۳/۹۷
	V4	آموزش	(۳،۵/۳،۹۸)	۳/۹۹
	V5	منابع اطلاعاتی	(۴،۵/۳،۱۰)	۴/۰۵
متغیرهای موقعیتی	V6	کیفیت تعامل فرد و سیستم	(۴،۵/۴،۵۸)	۴/۵۴
	V7	بار کار ذهنی	(۴،۵/۴،۶۸)	۴/۳۴
	V8	عوامل حواس پرتی محیطی	(۴،۵/۳،۱۸)	۴/۰۹
	V9	همخوانی اطلاعات در دسترس و مورد نیاز	(۴،۵/۳،۳۰)	۴/۱۵
	V10	سرعت/فشار کار	(۴،۵/۳،۲۴)	۴/۱۲
متغیرهای فردی	V11	درک ریسک	(۴،۵/۳،۰۴)	۴/۰۲
	V12	خستگی	(۴،۵/۳،۱۲)	۴/۰۶
	V13	محرومیت از خواب/بیخوابی	(۴،۵/۳،۱۸)	۴/۰۹
	V14	دانش کار/ایمنی	(۴،۵/۳،۲۴)	۴/۱۲
	V15	سابقه در وظیفه محوله	(۴،۵/۳،۳۴)	۴/۱۷

جدول۵. ماتریس دیفازی شده ارتباط کل

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	SA
V1	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۱۵	**۰/۲۶**
V2	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۴	**۰/۲۵**
V3	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۴	**۰/۲۵**
V4	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۵	**۰/۲۵**
V5	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۱۳	**۰/۲۳**
V6	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۳	**۰/۲۵**
V7	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۲	**۰/۲۳**
V8	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۱	**۰/۲۲**
V9	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۱۱	**۰/۲۲**
V10	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۲	**۰/۲۲**
V11	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۳	**۰/۲۳**
V12	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۱	**۰/۲۲**
V13	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۰	**۰/۲۱**
V14	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	**۰/۲۵**
V15	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۱۰	**۰/۲۴**
SA	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۲	**۰/۱۷**

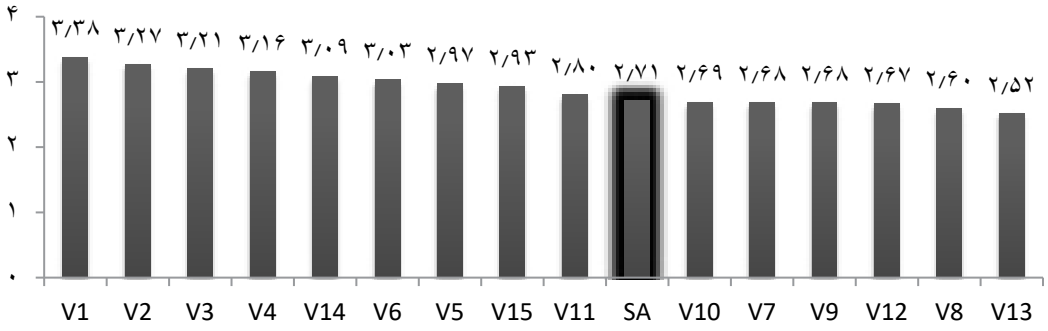
گروه متغیرهایی مثل آلودگی‌های هوای محیط و پوسچر کاری دارای کمترین اهمیت از نظر اثر بر آگاهی موقعیتی می‌باشند. در گروه متغیرهای فردی «دانش کار/ایمنی» و «تجربه کاری فردی در وظیفه محوله» دارای بیشترین امتیاز و «جنسیت» و «تمرین‌های بدنی(ورزش)» از نظر گروه متخصصان کمترین اثر را بر آگاهی موقعیتی دارند.

از متغیرهای سازمانی نیز «منابع اطلاعاتی»، «آموزش» و «اشتراک گذاری اطلاعات ایمنی» دارای بالاترین رتبه می‌باشند.

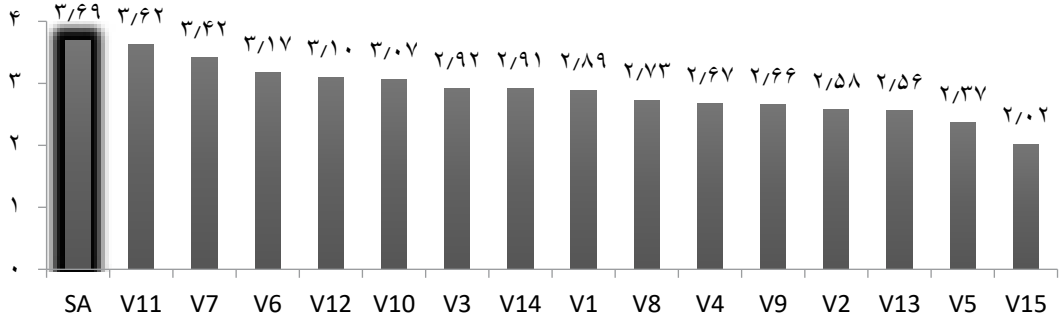
روابط علت و معلولی متغیرها

جدول ۵ ماتریس دیفازی شده ارتباط کل متغیرهای

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]



نمودار۱. مقادیر D (شاخص تأثیرگذاری) محاسبه شده برای متغیرها



نمودار۲. مقادیر R (شاخص تأثیرپذیری) محاسبه شده برای متغیرها

مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این مارتیس میانگین کل درایه‌ها(ارزش آستانه) برابر با ۰,۱۸ می‌باشد و در نتیجه در صورتی که امتیاز اثر هر متغیر بر روی متغیر دیگر بزرگتر یا مساوی ۰,۱۸ باشد نشان دهنده اثر معنی‌دار متغیر علت بر روی متغیر معلول می‌باشد(۳۲).

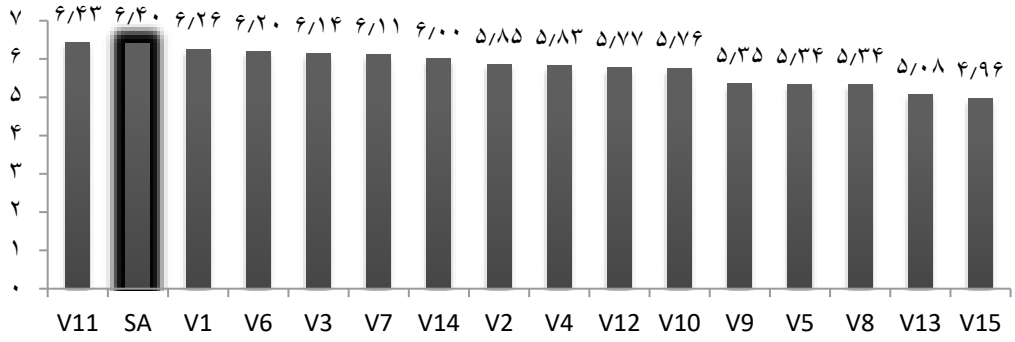
برای پی بردن به میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرها مقادیر D و R محاسبه شد. جمع عناصر هر سطر ماتریس دیفاری ارتباط کل (D) نشانگر میزان تاثیرگذاری متغیر بر سایر متغیرها(نمودار۱) و جمع مقادیر هر ستون(R) نشانگر میزان تاثیرپذیری متغیر از سایر متغیرها می‌باشد(نمودار۲).

بر اساس مقادیر D « نگرش ایمنی سازمان» از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار است و متغیر «طراحی سیستم‌ها» در جایگاه دوم قرار دارد. متغیرهای « تبادل اطلاعات ایمنی» و «آموزش» نیز در جایگاه بعدی تاثیرگذارترین متغیرها قرار دارند. از طرفی «محرومیت از خواب/بی‌خوابی»، «عوامل حواس‌پرتی محیطی» و «خستگی» دارای کمترین اثرگذاری بر سایر متغیرها می‌باشند. از نظر تأثیر گذاری آگاهی موقعیتی بر سایر متغیرهای مورد بررسی، آگاهی موقعیتی بر « کیفیت تعامل فرد با سیستم»، « بار کار ذهنی»، «فشار/سرعت کار»، «درک ریسک» و «خستگی» اثر معنی‌دار دارد.

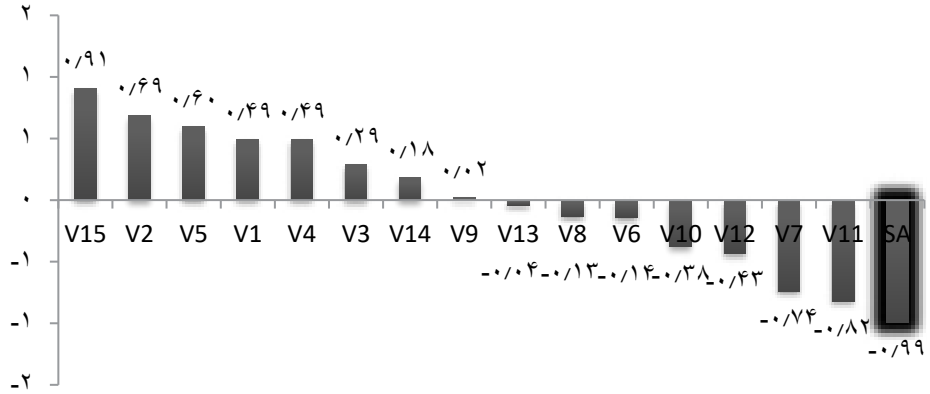
بر اساس مقادیر R «آگاهی موقعیتی» تاثیرپذیرترین متغیر است و «درک ریسک» در رتبه دوم قرار دارد. همچنین «بار کار ذهنی» و «کیفیت تعامل فرد با سیستم» در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بر این اساس «سابقه کار در وظیفه محوله« کمترین تاثیرپذیری را از سایر متغیرها دارد و«منابع اطلاعاتی» و «محرومیت از خواب» در رتبه‌های بعدی می‌باشند.

مقدار D+R، میزان تعامل متغیر مورد نظر با سایر متغیرها و مقدار D-R نوع تعامل هر متغیر با سایر متغیرها را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D-R مثبت

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]



نمودار۳. مقادیر D+R، میزان تعامل هر متغیر با سایر متغیرها



نمودار۴. مقادیر D-R، میزان علیّت هر متغیر

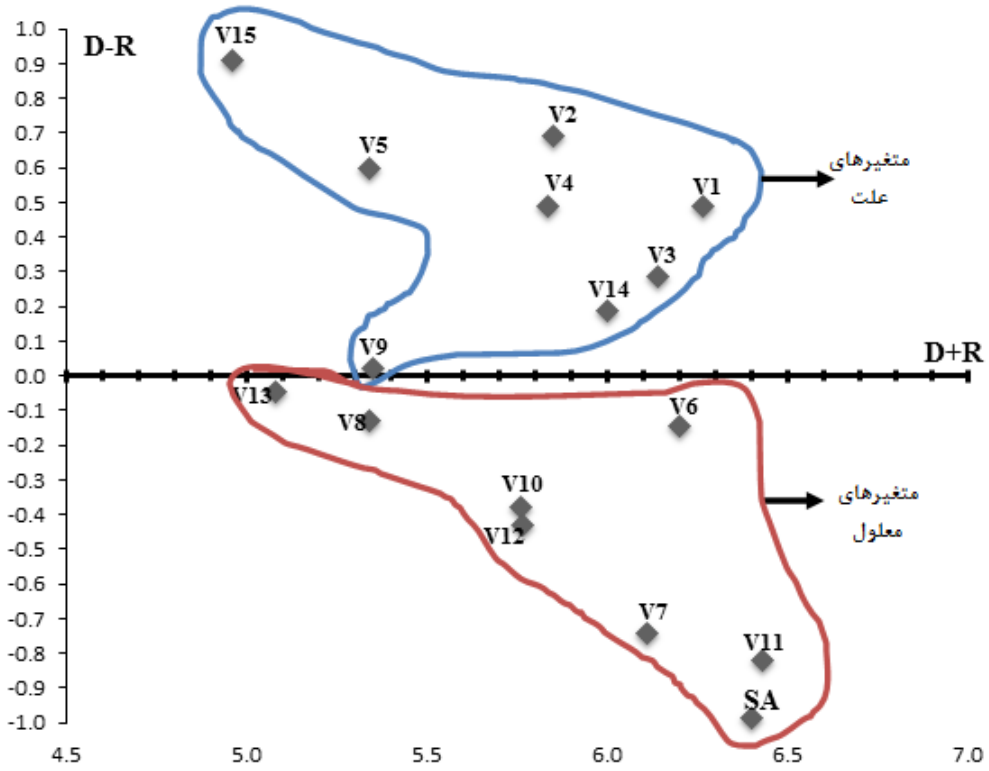
باشد، متغیر یک متغیر علت محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، متغیر یک متغیر معلول است.

بر اساس مقادیر D+R «درک ریسک» و «آگاهی موقعیتی» به ترتیب بیشترین تعامل را با سایر متغیرهای مورد مطالعه دارند و «نگرش ایمنی سازمان» و «کیفیت تعامل فرد با سیستم» در رده‌های بعدی قرار دارند. همچنین « سابقه در وظیفه» و «محرومیت ازخواب/ بی‌خوابی» به ترتیب کمترین تعامل را با سایر متغیرها دارند. قابل ذکر است که درک ریسک و آگاهی موقهیتی هر چند دارای بیشتر تعامل با سایر عناصر می‌باشند اما مطابق مقادیر R نوع ارتباط آنها بیشتر به عنوان یک متغیر معلول می‌باشد زیرا تقریباً تحت تأثیر تمامی متغیرها قرار می‌گیرند اما تنها بر روی چند متغیر اثر می‌گذارند.

بر اساس مقادیر به دست آمده برای D-R، متغیرهای «آگاهی موقعیتی»، «درک ریسک»، «بارکار ذهنی»، «خستگی»، «فشار/سرعت کار»، «کیفیت تعامل فرد با سیستم»، «عوامل حواس‌پرتی محیطی» و «محرومیت از خواب/بی‌خوابی» به ترتیب منفی‌ترین مقادیر را دارند و متغیرهای معلول هستند و سایر متغیرها به عنوان متغیر علت می‌باشند.

مطابق نمودار ۵ متغیرهای مورد بررسی به دو گروه متغیرهای علت و متغیرهای معلول تقسیم می‌شوند. به طور کلی متغیرهایی که در نمودار رابطه علت و معلولی در بالای محور D+R قرار دارند متغیرهای علت و متغیرهایی که در پایین این محور هستند متغیرهای اثر یا معلول می‌باشند.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]



نمودار۵. رابطه علت و معلولی مهمترین متغیرهای اثر گذار بر آگاهی موقعیتی

بحث

مطابق آنچه ذکر شد هدف مطالعه حاضر تعیین مهمترین متغیرهای پیش‌بینی کننده آگاهی موقعیتی و بررسی روابط علت و معلولی این متغیرها با استفاده از نظر متخصصان بر اساس روش‌های دلفی و دیمتل و با رویکرد منطق فازی بود.

مطابق نتایج این مطالعه متغیرهای سازمانی شامل « نگرش ایمنی سازمان»، «طراحی سیستم‌ها»، « تبادل اطلاعات ایمنی» و «آموزش» به ترتیب تأثیر گذارترین متغیرها بر سایر متغیرهای سیستم می‌باشند. متغیرهای سازمانی ضمن اینکه دارای بیشترین مقادیر اثرگذاری هستند مقدار علّیت آنها نیز جزء بیشترین مقادیر در میان بقیه متغیرها می‌باشد و نشان دهنده این است که متغیرهای سازمانی از اصلی‌ترین متغیرهای اثرگذار بر روی کل سیستم می‌باشند. در بین متغیرهای سازمانی متغیر « منابع اطلاعاتی» هر چند از نظر علّیت در رتبه دوم است اما مقدار فاکتور اثرگذاری آن از بقیه متغیرهای سازمانی و برخی متغیرهای فردی و موقعیتی کمتر می‌باشد. در مطالعات گذشته هر چند از نظر روش و هدف با مطالعه حاضر تفاوت‌هایی داشته‌اند اما نقش ریشه‌ای متغیرهای سازمانی در شکل‌گیری رفتار ایمنی و کاهش خطاهای انسانی به اثبات رسیده است. اولین بار Endsley یک مدل تئوریکی را برای آگاهی موقعیتی ارائه نمود و ارتباط بین آگاهی موقعیتی با فاکتورهای مختلف فردی و سازمانی نشان داده شد. در مدل ارائه شده ویژگی‌های طراحی، بار کاری، استرس، پیچیدگی سیستم و اتوماتیک‌سازی به عنوان متغیرهای اثرگذار بر آگاهی موقعیتی معرفی شدند(۶). Sætrevik نیز در یک مطالعه میدانی روی کارکنان کشتیرانی به این نتیجه رسید که سبک رهبری بر آگاهی موقعیتی دارای اثر معنی‌دار می‌باشد و آگاهی موقعیتی ارتباط بین سبک رهبری با اعمال نا ایمن را میانجیگری می‌کند(۲۳).

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

Sandhåland هم در مطالعه‌ای مشابه به این نتیجه رسید که سبک رهبری بر روی آگاهی موقعیتی و نیازهای روانشناختی کار اثر می‌گذارد و هر دو متغیر مذکور بر روی تمایل به ریسک اثر دارند. در واقع آگاهی موقعیتی رابطه بین سبک رهبری و تمایل به ریسک کردن را میانجیگری می‌کند(۲۴). Nazir هم در مطالعه در یک محیط شبیه‌سازی شده به این نتیجه رسید که آموزش و شیوه اجرای آن دارای اثر معنی‌دار بر آگاهی موقعیتی در صنایع فرآیندی می‌باشد(۵۰). علاوه بر این‌ها، مطالعات متعددی که به بررسی و مدل‌سازی متغیرهای پیش‌بینی کننده رفتار ایمنی پرداخته‌اند، نقش ریشه‌ای متغیرهای سازمانی در شکل‌گیری و بهبود رفتارهای ایمنی و کاهش خطاهای انسانی را به اثبات رسانده‌اند(۱۷, ۵۱-۵۳).

پس از متغیرهای سازمانی، متغیر « دانش ایمنی/ شغلی» از بقیه متغیرهای مورد بررسی بیشترین مقدار علّیت را دارد و علاوه بر این مقدار اثرگذاری این متغیر نیز از بیشترین مقادیر می‌باشد و نشان دهنده این است که این متغیر فردی نیز یکی از متغیرهای علت با میزان اثرگذاری بالا بر کل سیستم می‌باشد. همچنین مطابق نتایج « تجربه در وظیفه» دارای بالاترین مقدار علّیت می‌باشد و هر چند که تعامل این متغیر در پایین‌ترین مقدار در بین بقیه متغیرها می‌باشد اما مقدار اثرگذاری این متغیر مقدار نسبتاً بالایی می‌باشد و از طرفی اثرپذیری این متغیر کمترین مقدار است. تمامی این موارد نشان دهنده این است که « تجربه در وظیفه» کمتر تحت تأثیر بقیه متغیرهای سیستم قرار می‌گیرد اما اثر زیادی بر روی بسیاری از متغیرهای سیستم شامل «آگاهی موقعیتی»، «درک ریسک»، «دانش ایمنی/ شغلی»، «فشار/سرعت کار»، «بار کار ذهنی» و «کیفیت تعامل فرد با سیستم» دارد. در واقع « تجربه در وظیفه» کمترین تعامل را در بین تمامی متغیرها با سایر متغیرهای مورد بررسی دارد و در نتیجه به عنوان یک متغیر علت نسبتاً مستقل عمل می‌کند که بر روی آگاهی موقعیتی اثر می‌گذارد. آنچه مسلم است دانش و تجربه از ارکان اساسی برای بهبود عملکرد افراد می‌باشند و این دو متغیر مطابق مدل سه سطحی آگاهی موقعیتی اثر اساسی روی درک و تفسیر درست اطلاعات دریافتی از محیط دارند. Al-Refaie در مطالعه‌ای که به بررسی متغیرهای پیش‌بینی کننده رفتار ایمنی، آگاهی ایمنی و خودکارآمدی ایمنی پرداخت به این نتیجه رسید که توانمدسازی کارکنان به طور معنی‌دار بر روی آگاهی ایمنی و رفتار ایمنی اثرگذار می‌باشد(۵۴).

از میان متغیرهای علت «نگرش ایمنی سازمان»، «طراحی سیستم‌ها»، «اشتراک گذاری اطلاعات ایمنی»، «آموزش» و «دانش ایمنی/شغلی» دارای بیشترین مقادیر D-R را دارند و ریشه‌ای‌ترین متغیرهای موثر بر آگاهی موقعیتی می‌باشند و جهت بهبود آگاهی موقعیتی این متغیرها در اولویت اول اقدامات اصلاحی قرار می‌گیرند. در ادامه متغیرهای «تجربه در وظیفه»، «منابع اطلاعاتی» و «میزان تناسب اطلاعات موجود با اطلاعات مورد نیاز» از دسته متغیرهای علت با درجه اهمیت کمتر از گروه اول می‌باشند و باید در اقدامات اصلاحی در درجه دوم اهمیت قرار گیرند.

در میان متغیرهای معلول متغیرهای«محرومیت از خواب/بی‌خوابی»، «عوامل حواس پرتی محیطی»، «فشار/ سرعت کار» و «خستگی» به طور معنی‌دار تحت اثر متغیرهای علت قرار نمی‌گیرند و اثر معنی‌داری بر روی سایر متغیرهای معلول هم ندارند. این گروه از متغیرها متغیرهای مستقل قلمداد می‌شوند. متغیرهای این ناحیه از نظر اهمیت سومین گروه از متغیرهایی هستند که باید در اجرای اقدامات اصلاحی مورد توجه قرار گیرند. در این زمینه Sneddon اثر خستگی، اختلال خواب و استرس را بر آگاهی موقعیتی کار و عملکرد ایمنی پرسنل حفاری صنایع نفت مطالعه نمود به این نتیجه رسید که تنها استرس به طور معنی‌دار فاکتور پیش‌بینی کننده آگاهی موقعیتی کار می‌باشد و ۴۸ درصد از ارتباط بین استرس و رفتارهای غیر ایمن به وسیله آگاهی موقعیتی کار میانجیگری می‌شود(۱۵). در ادامه از گروه متغیرهای معلول، متغیرهای « آگاهی موقعیتی»، « درک ریسک»، « بار کار ذهنی» و «کیفیت تعامل فرد با سیستم» اثرپذیرترین متغیرها می‌باشند و نباید برنامه‌های اصلاحی

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

به طور مستقیم معطوف به این متغیرها شوند و پیاده‌سازی اقدامات اصلاحی آخرین گروه متغیرهایی هستند که باید مورد توجه قرار گیرند.

نتیجه گیری

مطابق بسیاری از گزارش‌های حوادث باید علل ریشه‌ای و اصلی حوادث را در متغیرهایی موثر بر آگاهی موقعیتی جستجو نمود. از آنجا که بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط تیم تحقیق تا کنون نتایج مطالعه‌ای که به این روش نحوه تعامل متغیرهای مختلف اثرگذار بر آگاهی موقعیتی را بررسی نموده باشد منتشر نشده است و برخی مدل‌های ارائه شده در این خصوص هم بیشتر به صورت تئوری نحوه ارتباط متغیرهای اثرگذار بر آگاهی موقیتی را تشریح کرده‌اند، بنابراین مطالعه حاضر با این هدف و بر اساس جمع‌بندی نظرات متخصصان و با استفاده از روش‌های دلفی و دیمتل انجام شد. این مطالعه که به منظور افزایش دقت نتایج بر اساس منطق فازی انجام شد نشان داد که متغیرهای سازمانی از اصلی‌ترین متغیرهای اثرگذار بر آگاهی موقعیتی می‌باشند که به طور مستقیم و یا از طریق متغیرهای دیگر فردی و شغلی بر روی آگاهی موقعیتی اثر می‌گذارند. در کنار متغیرهای سازمانی، برخی متغیرهای فردی مثل « تجربه در وظیفه» نیز وجود دارند که هر چند اثر زیادی روی آگاهی موقعیتی دارند اما کمتر تحت اثر سایر متغیرهای سیستم قرار می‌گیرند. همچنین « دانش کار/ایمنی» نیز به عنوان یک متغیر فردی از متغیرهای اصلی اثرگذار بر روی آگاهی موقعیتی می‌باشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده یافته‌های این مطالعه در مطالعات میدانی بر روی کارکنان صنایع نیز مورد آزمون قرار گیرد و نحوه تعامل بین متغیرها بررسی شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله بر اساس نتایج طرح تحقیقاتی مصوب در دانشگاه علوم پزشکی همدان با کد ۹۷۰۴۰۵۱۸۳۴ نگارش شده است. از معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی همدان که حمایت مالی از این پژوهش را به عهده داشته است قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Zare A, Yazdani Rad S, Dehghani F, Omidi F, Mohammadfam I. Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review. Journal of Health and Safety at Work. 2017;7(3):267-78. [persian]
2. Azadeh A, Fam IM, Azadeh MA. Integrated HSEE management systems for industry: A case study in gas refinary. Journal of the Chinese Institute of Engineers. 2009 Mar 1;32(2):235-41.
3. Li PC, Zhang L, Dai LC, Li XF. Study on operator's SA reliability in digital NPPs. Part 1: The analysis method of operator's errors of situation awareness. Annals of Nuclear Energy. 2017;102:168-78.
4. Naderpour M, Lu J, Zhang G. A safety-critical decision support system evaluation using situation awareness and workload measures. Reliability Engineering and System Safety. 2016;150:147-59.
5. Zadehgolam Z, Kiani F, Khastwo-Hashjin H, Khodabakhsh M. The Role of Fatigue and Work Overload in Predicting Work Situation Awareness among Workers. International Journal of Occupational Hygiene. 2015;7(1):38-44.
6. Endsley MR. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human factors. 1995;37(1):32-64.
7. Adams MJ, Tenney YJ, Pew RW. Situation awareness and the cognitive management of complex systems. Situational Awareness: Routledge; 2017. p. 43-62.
8. Sneddon A, Mearns K, Flin R, Bryden R, editors. Safety and situation awareness in offshore crews. International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production; 2004 29-31 March Calgary, Alberta, Canada.
9. Stanton NA, Chambers PRG, Piggott J. Situational awareness and safety. Safety Science. 2001;39(3):189-204.
10. Stanton NA, Salmon PM, Walker GH, Salas E, Hancock PA. State-of-science: situation awareness in individuals,

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

teams and systems. Ergonomics. 2017;60(4):449-66.
11. Salmon PM, Stanton NA. Situation awareness and safety: Contribution or confusion? Situation awareness and safety editorial. Safety Science. 2013;56:1-5.
12. Chatzimichailidou MM, Stanton NA, Dokas IM. The concept of risk situation awareness provision: Towards a new approach for assessing the DSA about the threats and vulnerabilities of complex socio-technical systems. Safety Science. 2015;79:126-38.
13. Naderpour M, Nazir S, Lu J. The role of situation awareness in accidents of large-scale technological systems. Process Safety and Environmental Protection. 2015;97:13-24.
14. Sneddon A, Mearns K, Flin R. Situation awareness and safety in offshore drill crews. Cognition, Technology and Work. 2006;8(4):255-67.
15. Sneddon A, Mearns K, Flin R. Stress, fatigue, situation awareness and safety in offshore drilling crews. Safety Science. 2013;56:80-8.
16. Azadeh MA, Keramati A, Mohammadfam I, Jamshidnedjad B. Enhancing the availability and reliability of power plants through macroergonomics approach. Journal of Scientific & Industrial Research. 2006 Nov;65:873-8.
17. Hadikusumo BH, Jitwasinkul B, Memon AQ. Role of Organizational Factors Affecting Worker Safety Behavior: A Bayesian Belief Network Approach. Procedia engineering. 2017;171:131-9.
18. Li P-c, Zhang L, Dai L-c, Li X-F. Study on operator's SA reliability in digital NPPs. Part 1: The analysis method of operator's errors of situation awareness. Annals of Nuclear Energy. 2017;102:168-78.
19. Wijayanto T, Wibirama S, Maryoto Z, Winadi M, Bait M. Effects of morning-night differences and sleep deprivation on situation awareness and driving performance. Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2016 IEEE International Conference on; 4-7 Dec: IEEE; 2016. p. 267-71.
20. Kaber D, Jin S, Zahabi M, Pankok C. The effect of driver cognitive abilities and distractions on situation awareness and performance under hazard conditions. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. 2016;42:177-94.
21. Kaber D, Zhang Y, Jin S, Mosaly P, Garner M. Effects of hazard exposure and roadway complexity on young and older driver situation awareness and performance. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. 2012;15(5):600-11.
22. Sandhåland H, Oltedal H, Eid J. Situation awareness in bridge operations–A study of collisions between attendant vessels and offshore facilities in the North Sea. Safety science. 2015;79:277-85.
23. Sætrevik B, Hystad SW. Situation awareness as a determinant for unsafe actions and subjective risk assessment on offshore attendant vessels. Safety Science. 2017;93:214-21.
24. Sandhåland H, Oltedal HA, Hystad SW, Eid J. Effects of leadership style and psychological job demands on situation awareness and the willingness to take a risk: A survey of selected offshore vessels. Safety Science. 2017;93:178-86.
25. Zhou Q, Huang W, Zhang Y. Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method. Safety science. 2011;49(2):243-52.
26. Esfahani AN, Sarand VF, Arian A. Explain the Impact of Organizational Factors Affecting Food Safety Performance Using Fuzzy Dematel. International Journal of Management Sciences. 2015;5(7):531-43.
27. Kabak Ö, Ülengin F, Çekyay B, Önsel Ş, Özaydın Ö. Critical success factors for the iron and steel industry in Turkey: A fuzzy DEMATEL approach. International Journal of Fuzzy Systems. 2016;18(3):523-36.
28. Ahmadi M, Zakerian SA, Salmanzadeh H, Mortezapour A. Identification of the Ergonomic Interventions Goals from the Viewpoint of Ergonomics Experts of Iran using Fuzzy Delphi Method. International Journal of Occupational Hygiene. 2016;8(3):151-7.
29. Cafiso S, Di Graziano A, Pappalardo G. Using the Delphi method to evaluate opinions of public transport managers on bus safety. Safety science. 2013;57:254-63.
30. Ma Z, Shao C, Ma S, Ye Z. Constructing road safety performance indicators using fuzzy delphi method and grey delphi method. Expert Systems with Applications. 2011;38(3):1509-14.
31. Dapari R, Ismail H, Ismail R, Ismail NH. Application of Fuzzy Delphi in the Selection of COPD Risk Factors among Steel Industry Workers. Tanaffos. 2017;16(1):46.
32. Bavafa A, Mahdiyar A, Marsono AK. Identifying and assessing the critical factors for effective implementation of safety programs in construction projects. Safety

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]

science. 2018;106:47-56.
33. Murray TJ, Pipino LL, van Gigch JP. A pilot study of fuzzy set modification of Delphi. Human Systems Management. 1985;5(1):76-80.
34. Hsu T, Yang T. Application of fuzzy analytic hierarchy process in the selection of advertising media. Journal of Management and Systems. 2000;7(1):19-39.
35. Ameyaw EE, Hu Y, Shan M, Chan AP, Le Y. Application of Delphi method in construction engineering and management research: a quantitative perspective. Journal of Civil Engineering and Management. 2016;22(8):991-1000.
36. Alyami SH, Rezgui Y, Kwan A. Developing sustainable building assessment scheme for Saudi Arabia: Delphi consultation approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013;27:43-54.
37. Mahdiyar A, Tabatabaee S, Abdullah A, Marto A. Identifying and assessing the critical criteria affecting decision-making for green roof type selection. Sustainable Cities and Society. 2018;39:772-83.
38. Fink A, Kosecoff J, Chassin M, Brook RH. Consensus methods: characteristics and guidelines for use. American journal of public health. 1984;74(9):979-83.
39. Li W, Liang W, Zhang L, Tang Q. Performance assessment system of health, safety and environment based on experts' weights and fuzzy comprehensive evaluation. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2015;35:95-103.
40. Chang P-L, Hsu C-W, Chang P-C. Fuzzy Delphi method for evaluating hydrogen production technologies. International Journal of Hydrogen Energy. 2011;36(21):14172-9.
41. Azadeh A, Fam IM, Khoshnoud M, Nikafrouz M. Design and implementation of a fuzzy expert system for performance assessment of an integrated health, safety, environment (HSE) and ergonomics system: The case of a gas refinery. Information Sciences. 2008;178(22):4280-300.
42. Azadeh A, Rouhollah F, Davoudpour F, Mohammadfam I. Fuzzy modelling and simulation of an emergency department for improvement of nursing schedules with noisy and uncertain inputs. International Journal of Services and Operations Management. 2013 Jan 1;15(1):58-77.
43. Habibi A, Jahantigh FF, Sarafrazi A. Fuzzy Delphi Technique for Forecasting and Screening Items. Asian Journal of Research in Business Economics and Management. 2015;5(2):130-43.
44. Shieh J-I, Wu H-H, Huang K-K. A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. Knowledge-Based Systems. 2010;23(3):277-82.
45. Modiri M, Dashti Shiramin M, Shirazi HK. Identification and Prioritization of Influencing Factors on Safety Performance with hybrid Fuzzy DEMATEL and Analytical Network Process Approach (DANP) (Case Study: A Combined Cycle Power Plant). Journal of Health and Safety at Work. 2019;9(1):49-60.[persian]
46. Akyuz E, Celik E. A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2015;38:243-53.
47. Li Y, Hu Y, Zhang X, Deng Y, Mahadevan S. An evidential DEMATEL method to identify critical success factors in emergency management. Applied Soft Computing. 2014;22:504-10.
48. Wu W-W, Lee Y-T. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. Expert systems with applications. 2007;32(2):499-507.
49. Shah HA, Kalaian SA. Which is the best parametric statistical method for analyzing Delphi data? Journal of Modern Applied Statistical Methods. 2009;8(1):226-32.
50. Nazir S, Sorensen LJ, Øvergård KI, Manca D. Impact of training methods on Distributed Situation Awareness of industrial operators. Safety Science.2015;73:136-45.
51. Mohammadfam I, Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A. Constructing a Bayesian network model for improving safety behavior of employees at workplaces. Applied ergonomics. 2017;58:35-47.
52. Guo BH, Yiu TW, González VA. Predicting safety behavior in the construction industry: Development and test of an integrative model. Safety science. 2016;84:1-11.
53. Li P-c, Chen G-h, Dai L-c, Zhang L. A fuzzy Bayesian network approach to improve the quantification of organizational influences in HRA frameworks. Safety science. 2012;50(7):1569-83.
54. Al-Refaie A. Factors affect companies' safety performance in Jordan using structural equation modeling. Safety science. 2013;57:169-78.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-29]