Iran Occupational Health

Original Article
http://ioh.iums.ac.ir

Iran Occupational Health.2019 (Jun-Jul);16(2):79-93.

A cause and effect decision making model of factors influencing falling from height accidents in construction projects using Fuzzy-DEMATEL technique

Shahram Vosoughi, PhD, Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Occupational Health Research Center, Faculty of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Mohammad Hossein Chalak, (Corresponding author) MSc Student of Occupational Health Engineering, Student Research Committee, Faculty of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. mhchalak@yahoo.com
Sajjad Rostamzadeh, Occupational Health Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Fereshteh Taheri, Occupational Health Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Ali Asghar Farshad, PhD, Professor, Occupational Health Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Masoud Motallebi Ghayen, PhD, Assistant Professor, Occupational Health Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Abstract

Background and aims: All construction projects carry some levels of risk. The construction projects involve numerous uncertainties, multiple intricacies, varies techniques, and divergent environments. So that, workers in the construction industry are at greater risk because of the dynamic nature of the activities and momentous changes in working conditions in comparison with other industries. The construction projects involve many factors, interdependencies, and correlations, which makes determination of exact cause and effect very difficult. Therefore, these factors play a significant role in decision making and may affect performance of a project. The construction process frequently requires workers to work at height. The risks associated with working at height are often increased by adding accessibility and mobility restrictions. Falling from height is one of the most important causes of workers' fatality in the construction industries and constitutes a paramount part of the safety plans in the construction projects. Identifying the effective factors and sub-factors in the occurrence of this accident will be helpful in setting priorities for preventing and providing solutions in reducing their severity. The purpose of this study was to investigate and identify the factors and sub-factors affecting falling from height accidents and to determine the cause and effect relationships among them in the construction projects, using the fuzzy-DEMATEL technique.
Methods: In order to carry out this descriptive-analytical study, information of the Occupational Health and Safety (OHS) department of five construction projects have been used. The statistical society of the present study was the workers of five construction projects of a gas refinery in the south of Iran, which 4000 people, on average, were involved in these projects from 2011 to 2015. After reviewing the scientific literature, project reports, and guidelines, factors and sub-factors affecting the occurrence of falling from height accidents in the construction projects were determined based on the experts opinions. Snowball method was used to identify experts and determine the statistical society. Fuzzy-DEMATEL technique, as one of the methods of decision making based on paired comparisons, was used to identify the cause and effect relationships among factors and sub-factors. Based on this technique, the pairwise comparison matrices of the factors and sub-factors were formed and sent to 10 health and safety experts. Next, the views of experts were aggregated via the mean fuzzy method, and then the cause and effect relationships were determined based on them.
Results: The results of this research showed that among the main factors, organizational and individual factors were known as causal factors, which indicates importance of these factors and their impact on other effective factors in falling from height accidents. On the other hand, among various sub-factors, the management commitment, safety culture, monitoring and inspection, organization/project size, education, and work platform height had the highest effects on the falling from height accidents and were considered as causal variables. In the present study, management commitment, as one of the organizational sub-factors, had the highest impact and was considered as a causal variable. According to the findings of this study, it can be concluded that four organizational sub-factors of mutual understanding,

Keywords
Falling from height, Fuzzy-DEMATEL technique, Construction projects, Workers

Received: 04/08/2018
Accepted: 10/06/2019

management commitment, safety culture and organization/project size, one individual sub-factor of education, and work platform height as an environmental sub-factor had the significant impact and were among the causal variables, while the rest of sub-factors were the effect variables. Also, the monitoring/inspection sub-factor has the highest interaction with and impact on other sub-factors.

Conclusion: Falling from height is considered as one of the most important accidents, leading to death and physical injuries in construction projects. The findings of this study showed that a greater attention to organizational factors and their dimensions (as hidden and effective causes to prevent falling from height incidents) is necessary since an organization plays an important role in the design of work processes, design and implementation of safety management systems, commitment to safety and employee participation, and choosing the best people according to the requirements for the health and safety programs of the projects. The results of this study also showed that it is necessary to pay more attention to the management commitment and awareness of the workforce by training them in the construction projects. Hence, a greater attention to organizational factors and their sub-factors in the construction industry is essential for preventing falling from height incidents. Therefore, more attention to the organizational factor and its sub-factors in the construction industry is required to prevent falling from height accidents.

Conflicts of interest: None
Funding: None

How to cite this article:

Vosoughi Sh, Chalak MH, Rostamzadeh S, Taheri F, Farshad AA, Motallebi Ghayen M. A cause and effect decision making model of factors influencing falling from height accidents in construction projects using Fuzzy-DEMATEL technique. Iran Occupational Health. 2019 (Jun-Jul); 16(2):79-93.

This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence

مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

سلامت کار ایران

دوره ۱۶، شماره ۲، خرداد و تیر ۱۳۹۸

مدل تصمیم‌گیری علی– معلولی عوامل مؤثر در بروز حوادث سقوط از ارتفاع در پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تکنیک دیمتل فازی

شهرام وثوقی: استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

محمدحسین چالاک: (نویسنده مسئول) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. mhchalak@yahoo.com

سجاد رستم زاده: کارشناس ارشد ارگونومی، مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

فرشته طاهری: کارشناس ارشد ارگونومی، مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

علی‌اصغر فرشاد: استاد، مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

مسعود مطلبی قاین: استادیار، مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: کارگران صنایع ساخت‌وساز به دلیل ماهیت پویای فعالیت‌ها و تغییرات لحظه‌ای شرایط کار در مقایسه با سایر صنایع در معرض خطرات بیشتری قرار دارند. سقوط از ارتفاع در پروژه‌های ساخت و ساز به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ و میر کارگران در صنایع ساختمانی است و بخش مهمی از برنامه‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی را تشکیل می‌دهد. هدف از این مطالعه بررسی و شناسایی عوامل مؤثر بر حوادث سقوط از ارتفاع و تعیین روابط علی و معلولی میان عوامل موردنظر در پروژه‌های ساختمانی با استفاده از تکنیک دیمتل فازی بود.

روش بررسی: در این تحقیق توصیفی– پیمایشی، از اطلاعات موجود در سیستم مدیریت یکپارچه پروژه‌های عمرانی منتخب و نتایج مطالعات قبلی استفاده شد. جامعه آماری در این مطالعه کارگران ۵ پروژه ساختمانی در حال احداث بودند. در ابتدا بر اساس بررسی متون علمی عوامل و زیرعوامل مؤثر بر بروز حوادث کار در ارتفاع در پروژه‌های عمرانی تعیین گردید. آنگاه از تکنیک دیمتل فازی به عنوان یک رویکرد برای شناسایی روابط علت و معلولی میان عوامل استفاده گردید. این تکنیک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری بر اساس مقایسات زوجی مبتنی بر قضاوت خبرگان می‌باشد. این روش بر اساس این فرض می‌باشد که یک سیستم شامل مجموع ای از معیارها است و مقایسه زوجی روابط میان این معیارها می‌تواند به وسیله معادلات ریاضی مدل‌سازی شوند. بر اساس این تکنیک ماتریس مقایسات زوجی عوامل و زیرعوامل تشکیل و به ۱۰ نفر از متخصصین ایمنی و بهداشت ارسال گردید. سپس دیدگاه متخصصین با استفاده از روش میانگین فازی تجمیع و روابط علی–معلولی بر اساس آن تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عوامل سازمانی و فردی در میان دیگر عوامل اصلی تأثیرگذار بر حوادث سقوط از ارتفاع به عنوان عوامل علی هستند؛ به عبارت دقیق‌تر این موضوع حاکی از تأثیرگذاری بالای عوامل سازمانی و فردی بر دیگر عوامل مؤثر بود. همچنین، در میان زیرعوامل مختلف تعهد مدیریت، فرهنگ ایمنی، نظارت و بازرسی، اندازه سازمان/پروژه، تحصیلات و ارتفاع سکوی کار بیشترین تأثیرگذاری را در بروز حوادث سقوط از ارتفاع داشته و به عنوان متغیرهای علی در نظر گرفته شدند.

نتیجه‌گیری: سقوط از ارتفاع به عنوان یکی از مهم‌ترین حوادث منجر به فوت و صدمات جسمانی در پروژه‌های ساختمانی محسوب می‌شود. یافته‌های این مطالعه نشان داد که توجه بیشتر به عوامل سازمانی و ابعاد آن به عنوان علل پنهان و اثرگذار جهت پیشگیری از حوادث سقوط از ارتفاع ضروری است، زیرا سازمان مهم‌ترین نقش را در طراحی فرآیندهای کاری، طرح‌ریزی و اجرای سیستم مدیریت ایمنی، نشان دادن تعهد به ایمنی و جلب مشارکت کارکنان، انتخاب بهترین افراد با توجه به الزامات ایمنی و بهداشت پروژه را دارد. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که لازم است به تعهد مدیریت و ایجاد آگاهی در نیروی کار از طریق آموزش در پروژه‌های ساخت و ساز توجه بیشتری شود. از این‌رو، توجه بیشتر به عامل سازمانی و زیرعوامل آن در صنعت ساخت و ساز جهت پیشگیری از حوادث سقوط از ارتفاع ضروری است.

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*

منبع حمایت کننده: *حامی مالی نداشته است.*

کلیدواژه‌ها

سقوط از ارتفاع،
تکنیک دیمتل فازی، پروژه‌های ساختمانی،
کارگران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۲۰

شیوه استناد به این مقاله:

Vosoughi Sh, Chalak MH, Rostamzadeh S, Taheri F, Farshad AA, Motallebi Ghayen M. A cause and effect decision making model of factors influencing falling from height accidents in construction projects using Fuzzy-DEMATEL technique. Iran Occupational Health. 2019 (Jun-Jul);16(2):79-93.

***انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است**

مقدمه

حوادث ناشی از کار سومین عامل مرگ و میر در جهان و دومین عامل مرگ و میر در ایران (۱) پس از سوانح رانندگی است (۲). حوادث شغلی در صنعت ساخت و ساز در مقایسه با سایر حوزه‌ها از شیوع بالاتری برخوردار است (۳-۵). به‌طوری‌که کارگران صنایع ساخت‌وساز به دلیل ماهیت پویای فعالیت‌ها و تغییرات لحظه‌ای شرایط کار در مقایسه با سایر صنایع در معرض خطرات بیشتری قرار دارند (۶، ۷). گزارشات OHSA در سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که مهم‌ترین علل مرگ و میر کارگران در صنعت ساخت و ساز عبارتند از: سقوط از ارتفاع (۳۶/۵٪)، سقوط اشیا (۱۰/۱٪)، برق‌گرفتگی (۸/۶٪) و گیرافتادن (۲/۵٪). به عبارت دقیق‌تر، سقوط از ارتفاع نه تنها در صنعت ساخت و ساز به عنوان مهم‌ترین علت مرگ و میر در نظر گرفته می‌شود (۸)، بلکه به عنوان یکی از ریسک فاکتورهای شایع در میان افراد گروه‌های مختلف نیز محسوب می‌شود(۹). جراحات، صدمات شغلی و همچنین مرگ‌ومیرهای ناشی از کار در صنعت ساخت‌وساز نه‌تنها باعث از بین رفتن جان انسان‌ها و کاهش کیفیت زندگی آن‌ها می‌شود، بلکه باعث ایجاد تأخیر در روند اجرای پروژه و نیز تحمیل خسارات مالی برای کارفرمایان و کارگران می‌شود. مرگ‌ومیرها در صنعت ساخت‌وساز علاوه بر تحمیل میلیاردها دلار هزینه‌های مستقیم (۱۰) منجر به تحمیل هزینه‌های غیرمستقیم حدود ۶ برابر هزینه‌های مستقیم شده است (۱۱، ۱۲). در مطالعه‌ای که توسط Hatipkarasulu بر روی پیمانکاران صنایع دریایی انجام شد، سقوط از ارتفاع مهم‌ترین عامل در ایجاد حوادث مرگ‌بار بیان گردیده است و پس از آن گیرکردن، برخورد با اجسام و حملات قلبی از جمله دلایل حوادث بیان شده‌اند (۱۳). حوادث سقوط از ارتفاع معمولاً منجر به آسیب‌های جدی شده و به‌طور میانگین موجب ۱۰روز غیبت از کار در میان کارگران می‌شود (۱۰). Slavova و همکاران بیان داشتند که سقوط از ارتفاع در صنایع ساخت‌وساز بالاترین میزان پرداخت غرامت به کارگران را دارد؛ به‌طوری‌که هزینه‌های این حوادث آن را تبدیل به پرهزینه‌ترین حادثه در میان حوادث رخ داده در صنایع ساخت‌وساز کرده است (۱۴). بنابراین کنترل و پیشگیری از حوادث سقوط از ارتفاع به عنوان یک مسئله بین‌المللی در صنایع ساخت‌وساز مطرح می‌باشد که مورد توجه متخصصین و کارشناسان ایمنی و بهداشت قرار گرفته است (۱۵). بر اساس مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۲ توسط Jing Min و همکارانش در پروژه‌های ساختمانی کشور چین انجام گرفت، عوامل فردی، سازمانی و محیطی به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر بروز این حوادث معرفی شدند (۱۶).

با توجه به مطالب ذکر شده حوادث سقوط از ارتفاع به عنوان بیشترین علت مرگ و میر در صنایع ساختمانی ارائه شده و به دلیل تحمیل هزینه‌های سنگین به کارفرما، کارگر و بخش درمان کشور نیاز به توجه ویژه‌ای دارد. شناسایی عوامل و زیرعوامل مؤثر در بروز این نوع حادثه در تنظیم اولویت‌های پیشگیری از وقوع آن و ارائه راهکارهایی جهت کاهش آن‌ها کمک‌کننده خواهد بود؛ بنابراین این مطالعه با هدف شناسایی علل و عوامل مؤثر در بروز حوادث سقوط از ارتفاع و تعیین مدلی برای روابط علی-معلولی میان آن‌ها انجام شده است. در بخش زیر توضیحات مرتبط با سه عامل اصلی آورده شده است:

عوامل سازمانی: عوامل سازمانی به عنوان یکی از مهم‌ترین علل پنهان در بروز حوادث توجه محققان ایمنی زیادی را پس از حادثه ویرانگر چرنوبل به خود جلب کرد. علاوه بر این، عوامل سازمانی به عنوان شاخص مؤثر ایمنی سازمان شناخته شده است و بررسی آن به دلیل جلوگیری از حوادث آینده حیاتی است. بر اساس مطالعات پیشین عوامل سازمانی مؤثر بر عملکرد ایمنی در چهار گروه معیارهای سطح سازمانی، سطح مدیریت ایمنی، سطح کار گروهی و معیارهای سطح فردی طبق بندی می‌شوند. عوامل سازمانی می‌توانند تحت تأثیر عوامل خارجی مانند محیط اقتصادی، اجتماعی و فنی و فرهنگ ملی قرار گیرند و در کشورهای مختلف ممکن است تأثیرات متفاوتی بر عملکرد ایمنی داشته باشند (۱۷).

عوامل فردی و محیطی: محققان دلایل زیادی برای حوادث شغلی ارائه نموده و اکثر آن‌ها بیان کرده‌اند که جراحت و آسیب‌های شغلی به وسیله سه عامل زیر اتفاق می‌افتند: اعمال ناایمن، شرایط ناایمن و علل غیرقابل‌پیش‌بینی (۲، ۱۸، ۱۹). در این میان رفتار

ناایمن کارکنان یکی از دلایل اصلی و مستقیم بروز حوادث شغلی است (۲، ۲۰)؛ به‌طوری‌که تحقیقات اخیر ۷۶٪ از همه حوادث را ناشی از رفتار ناایمن و ۲۰٪ را به هر دو عامل رفتار و شرایط نسبت می‌دهند (۲۱).

HU و همکاران "نگرش و رفتار کارگران" را به عنوان عاملی به‌شدت تأثیرگذار بر ریسک سقوط از ارتفاع عنوان نمودند. آن‌ها همچنین دیگر عوامل مؤثر در میزان ریسک سقوط از ارتفاع را به شرح ذیل بیان داشتند: "رفتار ایمن مدیران پیمانکار"، "استفاده از تجهیزات حفاظت فردی"، "شرایط فیزیکی کارگران"، "شرایط محیطی محل کار"، "اندازه سازمان" و "ارتفاع محل کار" (۱۵). علت اکثر خطرات شغلی اعمال و شرایط ناایمن است؛ به‌طوری‌که اگر علل مذکور توسط افراد درک گردند، می‌توان آن را پیشگیری و مدیریت نمود (۲، ۱۸). بنابراین، درک عوامل متنوع مؤثر بر آسیب‌های مرتبط با کار و مرگ و میر در صنعت ساخت و ساز، در تنظیم استراتژی‌ها و اولویت‌های پیشگیری کمک‌کننده است (۲۲). در این مقاله ضمن بررسی و شناسایی عوامل مؤثر در بروز حوادث سقوط از ارتفاع در پروژه‌های ساختمانی، به تعیین روابط علت و معلولی بین عوامل سازمانی، فردی و محیطی مؤثر در بروز حوادث سقوط از ارتفاع می‌پردازیم.

در این مطالعه برای شناسایی روابط علت و معلولی میان عوامل مؤثر بر سقوط از ارتفاع از تکنیک دیمتل استفاده گردید. تکنیک دیمتل توسط Fonetla و Gabus در سال ۱۹۷۳ به عنوان رویکردی برای مدل‌سازی ساختاری مشکل ارائه شد. هدف تکنیک دیمتل شناسایی الگوی روابط علی میان یک دسته از معیارها است (۲۳). این تکنیک شدت ارتباطات را به صورت امتیازدهی مورد بررسی قرار داده، بازخوردها توأم با اهمیت آن‌ها را تجسس نموده و روابط متقابل میان آن‌ها را تعیین می‌نماید. در نظر گرفتن ارتباطات متقابل، جهت و شدت اثرات میان عوامل و ساختاردهی به عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علت و معلولی در فرآیند حل مسئله از مهم‌ترین مزایای استفاده از روش دیمتل است (۲۴). در برخی از مطالعات از تکنیک دیمتل جهت شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر در اجرای برنامه‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی (۲۵)، شناسایی عوامل مؤثر بر ایمنی در معادن تولید زغال (۲۶) و ارزیابی ریسک دینامیک در صنایع فراساحلی استفاده شده است (۲۷). در این مطالعات، روش دیمتل رابطه علی-معلولی میان عوامل مؤثر را به یک مدل ساختاری قابل درک از سیستم تبدیل نموده است. از سوی دیگر، به دلیل ابهام در پاسخ‌های ارائه شده توسط پاسخ‌دهندگان در زمان استفاده از پرسشنامه و با بروز شدن بسیاری از مفاهیم تکنیک دیمتل جهت استفاده در تحلیل‌های صنعتی، استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط‌های فازی (Fuzzy) لازم گردید. به عنوان مثال، Lee و همکارانش در سال ۲۰۰۷ با ترکیب تکنیک دیمتل و تئوری فازی توانستند عوامل مؤثر بر ارتقاء شایستگی مدیران شرکت‌های معتبر بین‌المللی را بررسی و شناسایی نمایند (۲۸). در حوزه ایمنی پروژه‌های ساختمانی نیز Liou و همکارانش در سال ۲۰۰۸ با استفاده از منطق فازی و روش دیمتل توانستند سیستم مدیریت ایمنی مؤثری را برای ساختمان‌های در حال احداث شرکت‌های هواپیمایی ارائه دهند (۲۹). همچنین، Lin و Wu در سال ۲۰۰۸ توانستند با توسعه روش دیمتل فازی روابط علی-معلولی مشکلات پیچیده را در یک محیط فازی تجزیه و تحلیل نمایند (۲۴). در این مطالعه، ما به ارائه یک چارچوب تصمیم‌گیری مبتنی بر روش دیمتل فازی به عنوان یک مدل تصمیم‌گیری قدرتمند در ایجاد ارتباطات ساختاری میان عوامل و زیرعوامل مؤثر بر حوادث سقوط از ارتفاع در پروژه‌های ساختمانی می‌پردازیم. این مطالعه می‌تواند ارتباط علی-معلولی عوامل مؤثر بر حوادث سقوط از ارتفاع را در پروژه‌های ساختمانی تحت شرایطی که اندازه‌گیری میزان تأثیرگذاری فاکتورها مشکل و در مواردی نیز غیرممکن است، تعیین نماید.

روش بررسی

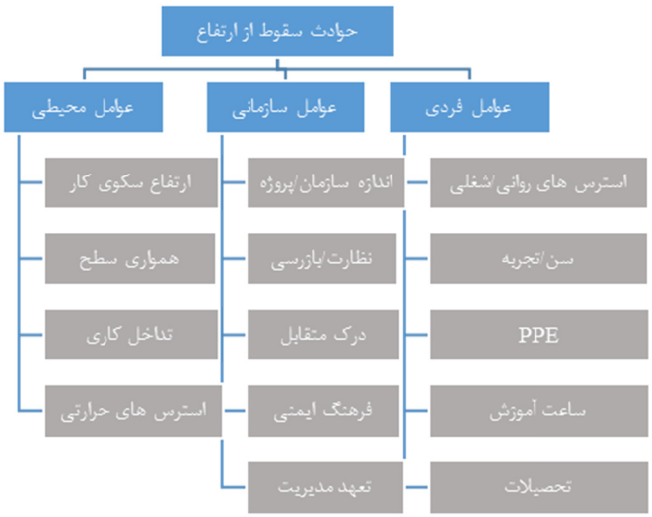
این مطالعه از نظر متدولوژی توصیفی-پیمایشی بود. پس از بررسی مطالعات داخلی/ خارجی و نیز از اطلاعات موجود در سیستم مدیریت یکپارچه، تعداد ۵ پروژه از پروژه‌های عمرانی در جنوب کشور انتخاب گردید. بر اساس آمار واحد منابع انسانی مستقر در این پروژه‌ها، به‌طور میانگین حدود ۴۰۰۰ نفر بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ در پروژه‌های مذکور مشغول به کار

بودند. با استفاده از یافته‌های مطالعات مشابه و مرتبط داخلی/خارجی و نیز اطلاعات موجود در سیستم مدیریت اطلاعات یکپارچه واحد ایمنی و بهداشت پروژه‌های مذکور، عوامل و زیرعوامل اثرگذار بر بروز حوادث کار در ارتفاع تعیین گردید. سپس پرسشنامه مقایسه‌های زوجی مبتنی بر تکنیک دیمتل طراحی و برای افزایش قابلیت اطمینان نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل، سازگاری مقایسه‌های زوجی مورد بررسی قرار گرفت.

در پرسشنامه خبره که مبتنی بر مقایسه زوجی تمامی عناصر با یکدیگر است، احتمال اینکه یک متغیر در نظر گرفته نشود صفر است. بنابراین چون تمامی فاکتورها در این سنجش مورد توجه قرار گرفته است و طراح قادر به جهت‌گیری خاصی در طراحی سؤالات نمی‌باشد. بنابراین پرسشنامه‌های مبتنی بر مقایسه زوجی خود به خود از روائی برخوردار هستند (۳۰). همچنین به منظور تعیین پایایی نیز از آزمون مجدد استفاده شد و ضمن توزیع پرسشنامه‌ها بین ۱۰ نفر از افراد جامعه آماری در دو نوبت متفاوت با بازه زمانی حداقل دوهفته‌ای و استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن، ضریب همبستگی بین نتایج حاصله از نوبت اول و دوم ۰/۹۳ محاسبه شد. در مرحله بعد نظرات اساتید و متخصصین دانشگاهی و خبرگان ایمنی و بهداشت کار در مورد میزان تأثیر مستقیم هر عامل با انتخاب گزینه‌های زبانی تعیین شدند. برای این منظور و با توجه به اینکه در نظر گرفتن تمامی عوامل نیاز به صرف زمان زیاد و آموزش پرسنل جهت جمع‌آوری اطلاعات دارد (۳۱)، نظرات ۱۰ نفر از متخصصین حوزه ایمنی و بهداشت برای اطمینان از اعتبار، شفافیت، قابلیت اطمینان نتایج و تناسب فرآیند از طریق دعوت برای شرکت در مطالعه، اخذ گردید (۳۲، ۳۳). انتخاب این تعداد از افراد بر مبنای مطالعات قبلی صورت گرفت. به عنوان مثال Tongco بیان می‌کند که در نمونه‌گیری هدفمند وجود حداقل ۵ متخصص برای قابل اعتماد بودن داده‌ها مورد نیاز است (۳۴). Guest و همکاران نیز پیشنهاد می‌کنند که تعداد ۶ تا ۱۲ نفر از خبرگان و متخصصین برای این امر کافی است (۳۵). پس از گردآوری دیدگاه خبرگان، روش میانگین فازی برای تجمیع دیدگاه خبرگان استفاده گردید. سپس به منظور کاربرد منطق فازی در مطالعه، اعداد قطعی با اعداد فازی به شرح جدول ۱ که مقیاس کلامی فازی پیشنهادی Li می‌باشد، جایگزین شد (۳۶). سپس داده‌ها گردآوری و مورد تحلیل قرار گرفت. فرآیند انجام پژوهش به صورت زیر می‌باشد:

فاز اول: شناسایی عوامل و زیر عوامل پژوهش

جهت انجام این پژوهش ابتدا متون علمی بررسی شد سپس از اطلاعات موجود در سیستم مدیریت اطلاعات یکپارچه واحدهای ایمنی و بهداشت پروژه‌های مذکور استفاده گردید. تمامی حوادث رخداده شده در پروژه‌ها در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ بررسی شد و از میان ۳۷۷ مورد حادثه شغلی تعداد ۷۴ مورد حادثه سقوط از ارتفاع مشاهده شد. با توجه به اطلاعات واحدهای ایمنی



شکل ۱– سلسله مراتب عوامل و زیرعوامل شناسایی شده

جدول ۱- تبدیل گزینه های زبانی به اعداد فازی مثلثی[۳۶]

گزینه‌های زبانی	رتبه	اعداد فازی مثلثی
تاثیر خیلی زیاد	۴	(۰.۷۵ , ۱ , ۱)
تاثیر زیاد	۳	(۰.۵ , ۰.۷۵ , ۱)
تاثیر متوسط	۲	(۰.۲۵ , ۰.۵ , ۰.۷۵)
تاثیر کم	۱	(۰ , ۰.۲۵ , ۰.۵)
بدون تاثیر	۰	(۰ , ۰ , ۰.۲۵)

و بهداشت پروژه‌های مذکور و بررسی مطالعات انجام شده در زمینه عوامل مؤثر در بروز حوادث ساختمانی و سقوط از ارتفاع ۷۰ عامل و زیر عامل شناسایی شد (۱۶، ۲۲، ۳۷). در این مطالعه فاکتورهای گردآوری شده توسط گروهی متشکل از متخصصین ایمنی با تجربه و مدیران و کارشناسان صاحب نظر در فیلدهای کاری مورد بررسی قرار گرفت (N=۱۰) و عوامل و زیرعوامل مناسب با توجه به اهداف مطالعه و وضعیت پروژه مذکور به ۳ دسته عوامل اصلی و ۱۴ دسته زیرعوامل تقسیم‌بندی گردیدند. از نظر متخصصین ساختار پیشنهادی علل و عوامل مهم در حوادث سقوط از ارتفاع را منعکس می‌کند (شکل ۱).

فاز دوم: تحلیل داده‌ها و استفاده از تکنیک دیمتل

در این تحقیق از تکنیک دیمتل فازی برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات استخراج شده استفاده شده است. این تکنیک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری بر اساس مقایسه‌های زوجی با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان می‌باشد. پایه این روش بر اساس این فرض می‌باشد که یک سیستم شامل مجموعه‌ای از معیارها است و مقایسه زوجی روابط میان این معیارها می‌تواند به وسیله معادلات ریاضی مدل شوند. دیمتل رویکردی برای شناسایی روابط علت و معلولی میان عوامل متعدد به منظور درک درست مشکل است (۳۸، ۳۹). به‌طورکلی، برآورد نظر خبرگان با مقادیر عددی دقیق به ویژه در شرایط عدم قطعیت بسیار دشوار است، چرا که نتایج تصمیم‌گیری به شدت به داوری‌های ذهنی غیردقیق و مبهم وابسته است. این شرایط عدم قطعیت باعث ورود منطق فازی در تکنیک دیمتل شده است؛ بنابراین در تکنیک دیمتیل فازی از متغیرهای زبانی فازی استفاده شده و تصمیم‌گیری را در شرایط عدم اطمینان محیطی تسهیل می‌کند (۴۰). تمامی محاسبات در نرم‌افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۳) انجام گرفت. مراحل اجرای این تکنیک با توجه به مطالعه Li و همکاران در پژوهش حاضر به‌صورت گام به گام آورده شده است (۳۶):

گام اول: محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم

پس از گردآوری دیدگاه خبرگان ماتریس ارتباط مستقیم فازی $\tilde{x}$ تشکیل داده شد و از روش میانگین فازی برای تجمیع دیدگاه خبرگان استفاده گردید. فرض کنیم تعداد n نفر خبره در مورد روابط بین شاخص‌ها نظر داده‌اند و هر درایه ماتریس مستقیم فازی با $\tilde{x}_{ij}$ نمایش داده شود آنگاه $\tilde{x}_{ij}$ با استفاده از فرمول ۱ به صورت زیر محاسبه شد .

(۱)

$$\tilde{x}_{ij} = \left(\frac{\sum l_{ij}}{n} + \frac{\sum m_{ij}}{n} + \frac{\sum u_{ij}}{n}\right)$$

گام دوم: نرمال‌سازی ماتریس ارتباط مستقیم:

برای نرمال‌سازی مقادیر باید $\sum u_{ij}$ هر سطر محاسبه شود و با تقسیم درایه‌های ماتریس $\tilde{x}$ بر بیشینه‌ی مقادیر $\sum u_{ij}$ ماتریس نرمال فازی $\tilde{N}$ با استفاده از فرمول ۲ به دست خواهد آمد:

(۲)

$$k = max\left(\sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right) \qquad \tilde{N} = \frac{1}{k} \times \tilde{x}$$

گام سوم: محاسبه ماتریس ارتباط کامل

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ماتریس نرمال شده فازی به سه ماتریس قطعی به صورت زیر تفکیک می‌شود:

$$N_u = \begin{pmatrix} 0 & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & 0 & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & 0 \end{pmatrix} , \quad N_m = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ m_n & m_{n2} & \cdots & 0 \end{pmatrix} , \quad N_l = \begin{pmatrix} 0 & l_{12} & \cdots & l_{1n} \\ l_{21} & 0 & \cdots & l_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ l_{n1} & l_{n2} & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

سپس ماتریس همانی I_{n*n} تشکیل داده شده و عملیات‌های زیر انجام می‌شود:

$$T_l = N_l \times (I - N_l)^{-1} \quad , \quad T_m = N_m \times (I - N_m)^{-1} \quad , \quad T_u = N_u \times (I - N_u)^{-1}$$

آنگاه با استفاده از رابطه ۳ ماتریس ارتباط کامل فازی محاسبه شده است.

(۳)

$$\tilde{t}_{ij} = (t^l{}_{ij} \; t^m{}_{ij} \; t^u{}_{ij})$$

یافته‌ها

در اینجا ماتریس حاصل از تکنیک دیمتل (ماتریس ارتباطات داخلی) که هم رابطه علی و معلولی بین عوامل را نشان می‌دهد و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نمایش می‌دهد، ارائه شده است. در این مطالعه معیارها و زیرمعیارهای تحقیق با اندیس عددی مطابق جدول ۲ نام‌گذاری شده‌اند تا در جریان تحقیق به سادگی قابل ردیابی و مطالعه باشد.

محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم: پس از گردآوری دیدگاه خبرگان ماتریس ارتباط مستقیم فازی $\tilde{x}$ تشکیل داده شد. جدول ۳ ماتریس ارتباط مستقیم فازی $\tilde{x}$ را نشان می‌دهد.

نرمال‌سازی ماتریس ارتباط مستقیم: پس از محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم مطابق روش لازم است مقادیر نرمال‌سازی شوند. جدول ۲ ماتریس نرمال شده عوامل اصلی را نشان می‌دهد.

محاسبه ماتریس ارتباط کامل: برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ماتریس نرمال شده فازی به سه ماتریس قطعی تفکیک شد سپس ماتریس همانی I_{n*n} تشکیل داده شد آنگاه مطابق روش و با استفاده فرمول‌های ذکر شده در فاز دوم تحقیق ماتریس ارتباط کامل فازی محاسبه شده است.

پس از محاسبه ماتریس ارتباط کامل می‌توان اقدام به فازی زدایی مقادیر کرد و ماتریس حاصل همان ماتریس ارتباط کامل قطعی شده است و برای محاسبه الگوی روابط علی می‌توان از آن استفاده کرد. برای فازی زدایی راهکارهای متعددی وجود دارد که در این مطالعه روش ساده شده مرکز سطح[1] (COA) استفاده شده است. پس از محاسبه ماتریس ارتباط کامل قطعی، مقدار آستانه محاسبه شد که برابر با ۰/۸۵۵ به دست آمد. سپس نقشه روابط علی به صورت زیر برای معیارهای اصلی ترسیم و الگوی روابط علی معیارهای اصلی به صورت زیر ترسیم شد.

بر اساس بردار D معیارهای عوامل سازمانی، فردی و سازمانی به ترتیب در اولویت اول تا سوم تأثیرگذاری قرار می‌گیرند. بر اساس بردار R معیار عوامل محیطی میزان تأثیرپذیری بیشتری نسبت به سایر عوامل دارد (جدول ۶). بر این اساس معیار عوامل فردی بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارد و معیار عوامل محیطی کمترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارد. بردار افقی (D+R)، قدرت تأثیرگذاری هر یک از عوامل را نشان می‌دهد (شکل ۲). این در حالی است که بردار عمودی (D-R)، میزان تأثیر و تأثر عوامل مورد نظر در سیستم محسوب می‌شود (شکل ۳). بر این اساس شاخص عوامل فردی و عوامل سازمانی متغیرهای علی هستند و عوامل محیطی یک متغیر معلول محسوب می‌شود (شکل ۴).

شناسایی روابط درونی زیرمعیارها: در این تحقیق روابط موجود میان زیرعوامل نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، ابتدا ماتریس ارتباط میان عناصر تشکیل شده و میزان روابط میان عناصر از

[1] Center of area

جدول ۲- معیارها و زیرمعیارهای تحقیق [۲، ۴۱-۵۴]

نماد	معیارها	نماد	زیرمعیارها
C1	عوامل فردی	SF1	تحصیلات
		SF2	ساعت آموزش
		SF3	PPE
		SF4	سن/تجربه
		SF5	استرس های روانی/شغلی
C2	عوامل سازمانی	SF6	تعهد مدیریت
		SF7	فرهنگ ایمنی
		SF8	درک متقابل
		SF9	نظارت/بازرسی
		SF10	اندازه سازمان/پروژه
C3	عوامل محیطی	SF11	استرس های حرارتی
		SF12	تداخل کاری
		SF13	همواری سطح
		SF14	ارتفاع سکوی کار

جدول ۳- ماتریس ارتباط مستقیم فازی $\tilde{x}$ برای عوامل اصلی

	عوامل محیطی			عوامل سازمانی			عوامل فردی		
عوامل فردی	۰/۸۷۵	۰/۶۲۵	۰/۳۷۵	۰/۸۷۵	۰/۶۲۵	۰/۳۷۵	۰/۲۵۰	۰	۰
عوامل سازمانی	۰/۸۷۵	۰/۷۵۰	۰/۶۲۵	۰/۲۵۰	۰	۰	۰/۷۵۰	۰/۶۲۵	۰/۳۷۵
عوامل محیطی	۰/۲۵۰	۰	۰	۰/۶۲۵	۰/۳۷۵	۰/۱۲۵	۰/۷۵۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰

جدول ۴- ماتریس نرمال شده(N)

	عوامل محیطی			عوامل سازمانی			عوامل فردی		
عوامل فردی	۴۳۸/۰	۳۱۳/۰	۱۸۸/۰	۴۳۸/۰	۳۱۳/۰	۱۸۸/۰	۱۲۵/۰	۰۰۰/۰	۰۰۰/۰
عوامل سازمانی	۴۳۸/۰	۳۷۵/۰	۳۱۳/۰	۱۲۵/۰	۰۰۰/۰	۰۰۰/۰	۳۷۵/۰	۳۱۳/۰	۱۸۸/۰
عوامل محیطی	۱۲۵/۰	۰۰۰/۰	۰۰۰/۰	۳۱۳/۰	۱۸۸/۰	۱۸۸/۰	۳۷۵/۰	۲۵۰/۰	۲۵۰/۰

جدول ۵- ماتریس ارتباط کامل فازی

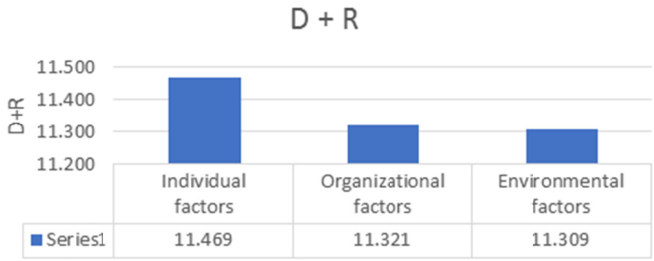
Fuzzy T Matrix	عوامل محیطی			عوامل سازمانی			فردی عوامل		
عوامل فردی	۴/۱۳۲	۰/۶۱۰	۰/۲۹۵	۳/۷۳۹	۰/۵۲۷	۰/۲۶۷	۳/۵۱۶	۰/۳۱۷	۰/۱۲۴
عوامل سازمانی	۳/۹۳۴	۰/۶۷۰	۰/۴۱۶	۳/۳۲۱	۰/۳۰۶	۰/۱۳۸	۳/۵۳۸	۰/۵۷۷	۰/۳۱۸
عوامل محیطی	۳/۳۲۱	۰/۲۷۹	۰/۱۵۲	۳/۱۴۸	۰/۳۷۷	۰/۲۸۱	۳/۲۰۱	۰/۴۳۸	۰/۳۴۱

دیدگاه خبرگان مورد سنجش قرار گرفت و مقیاس‌های کلامی با اعداد فازی مثلثی جایگزین شد. سپس از روش میانگین فازی برای تجمیع دیدگاه خبرگان استفاده شد و در نهایت پس از تشکیل ماتریس تصمیم و ماتریس ارتباط درونی میان زیرعوامل، الگوی روابط معنی‌دار (جدول ۷) به دست آمد.

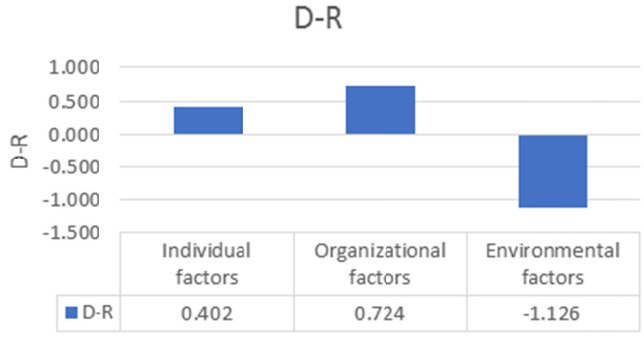
جدول ۷ نشان می‌دهد که زیرعامل تعهد مدیریت بیشترین تعامل را با زیرعوامل دیگر دارد. همچنین این عامل بیشترین تأثیرگذاری را بر سایر زیرعوامل دارد. بر اساس جدول ۷ درمی‌یابیم که در تعیین روابط بین زیر عوامل، چهار مورد از زیرعوامل مرتبط با عوامل سازمانی (تعهد مدیریت، فرهنگ ایمنی، نظارت و بازرسی و اندازه سازمان/پروژه) و یک مورد از پنج زیرعامل عوامل فردی یعنی تحصیلات بیشترین تأثیرگذاری را داشته و در زمره متغیرهای علی قرار می‌گیرند. همچنین از میان عوامل محیطی زیرعامل ارتفاع سکوی کار به عنوان یک متغیر علی شناخته شد و سایر زیرعوامل نیز معلول می‌باشند. در پایان نمودار ۶ جهت نمایش روابط علی

جدول ۶- الگوی روابط علی معیارهای اصلی

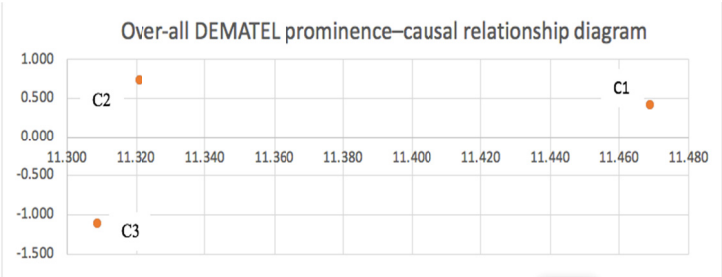
	D	R	D+R	D-R
عوامل فردی	۹۳۶/۵	۵۳۳/۵	۴۶۹/۱۱	۴۰۲/۰
عوامل سازمانی	۰۲۳/۶	۲۹۹/۵	۳۲۱/۱۱	۷۲۴/۰
عوامل محیطی	۰۹۱/۵	۲۱۸/۶	۳۰۹/۱۱	۱۲۶/-۱



شکل ۲- نمودار اهمیت یا تاثیرگذاری (Prominence graph)



شکل ۳- نمودار خالص علی معلولی (Net cause/effect graph)



شکل ۴- نمودار علی میان عوامل اصلی مورد مطالعه

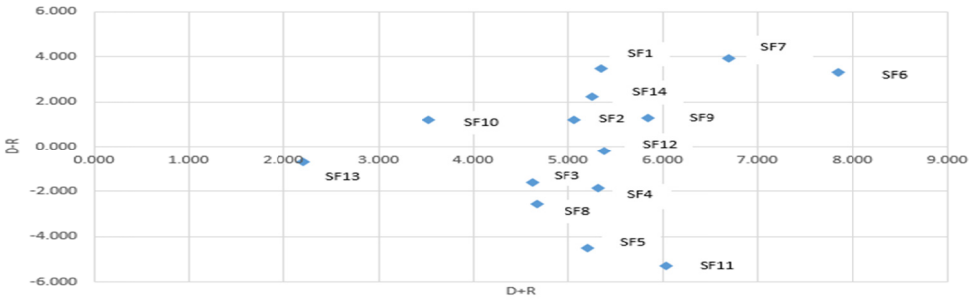
میان زیرعوامل رسم شد.

بحث و نتیجه‌گیری

از یافته‌های مهم این تحقیق، شناسایی عوامل مؤثر بر حوادث سقوط از ارتفاع در پروژه‌های ساختمانی و تعیین روابط درونی این عوامل با استفاده از تکنیک دیمتل فازی بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عوامل سازمانی و فردی در میان دیگر عوامل اصلی به عنوان عوامل علی شناخته می‌شوند که این موضوع بیانگر اهمیت بالای عوامل سازمانی و فردی نسبت به دیگر عوامل سقوط از ارتفاع می‌باشد. تعهد مدیریت به عنوان زیرعاملی از فاکتورهای سازمانی و یکی از عوامل اصلی جو ایمنی، از عناصر کلیدی موفقیت سازمان در حوزه‌های رقابتی شناخته شده است (۵۵). نتایج حاصل از این تحقیق در راستای تعیین روابط درونی زیر عوامل اصلی نشان داد که چهار زیرعامل تعهد مدیریت، فرهنگ ایمنی، نظارت و بازرسی و اندازه سازمان/پروژه از زیرگروه عوامل سازمانی و همچنین سطح تحصیلات از زیرگروه عوامل فردی بیشترین تأثیرگذاری را در بروز حوادث سقوط از ارتفاع داشته و در زمره متغیرهای علی قرار می‌گیرند و زیرعوامل دیگر نیز به عنوان متغیرهای معلول در نظر گرفته می‌شوند. یافته‌های این مطالعه

جدول ۷- الگوی روابط علی زیر عوامل تحقیق

زیرعوامل	نماد	D	R	D+R	D-R
تحصیلات	SF1	۴/۴۱۵	۰/۹۳۱	۵/۳۴۶	۴۸۴۳/۳
ساعت آموزش	SF2	۳/۱۳۲	۱/۹۳۷	۵/۰۶۹	۱۹۵۷/۱
PPE	SF3	۱/۵۱۴	۳/۱۰۶	۴/۶۲۰	۵۹۲۰/-۱
سن/تجربه	SF4	۱/۷۴۱	۳/۵۸۱	۵/۳۲۲	۸۴۰۷/-۱
استرس های روانی/شغلی	SF5	۰/۳۵۹	۴/۸۴۶	۵/۲۰۶	۴۸۷۰/-۴
تعهد مدیریت	SF6	۵/۵۹۰	۲/۲۶۰	۷/۸۱۵	۳۳۰۰/۳
فرهنگ ایمنی	SF7	۵/۳۲۵	۱/۳۸۲	۶/۷۰۷	۹۴۳۰/۳
درک متقابل	SF8	۱/۰۶۲	۳/۶۱۴	۴/۶۷۶	۵۵۲۰/-۲
نظارت/بازرسی	SF9	۳/۵۵۵	۲/۲۸۴	۵/۸۴۰	۲۷۱۳/۱
اندازه سازمان/پروژه	SF10	۲/۳۵۴	۱/۱۶۹	۳/۵۲۴	۱۸۵۰/۱
استرس های حرارتی	SF11	۰/۳۷۹	۵/۶۵۴	۶/۰۳۳	۲۷۵۰/-۵
تداخل کاری	SF12	۲/۵۸۷	۲/۷۹۰	۵/۳۷۷	۲۰۳۳/-۰
همواری سطح	SF13	۰/۷۵۶	۱/۴۶۲	۲/۲۱۹	۷۰۶۰/-۰
ارتفاع سکوی کار	SF14	۳/۷۴۹	۱/۵۰۲	۵/۲۵۲	۲۴۶۷/۲



شکل ۵- نمودار علی میان زیرعوامل مورد مطالعه

همچنین حاکی از آن است که از میان زیرعوامل مذکور تعهد مدیریت بیشترین تعامل و تأثیرگذاری را بر عوامل معلول دیگر داشت. تاکنون مطالعات متعددی در خصوص تأثیر تعهد مدیریت بر بروز رفتار ناایمن و حوادث شغلی صورت گرفته است که نتایج همه آن‌ها این ادعا را تأیید نموده‌اند (۴۷، ۴۸). تعهد مدیریت موجب می‌شود که رعایت ایمنی به عنوان یک ارزش در پروژه‌ها مطرح شود و کارکنان این احساس را داشته باشند که نگرش به ایمنی در نزد مدیران، نگرشی مثبت و حمایتی است (۵۶). نتایج مطالعه Boughaba و همکاران در سال ۲۰۱۵ نشان داد که تعهد مدیریت، آموزش، انگیزش، ارتباطات و مشارکت کارکنان در بهبود فرهنگ ایمنی و ارتقاء عملکرد ایمن مؤثر است (۵۷). در مطالعه حاضر فرهنگ ایمنی به عنوان یک عامل سازمانی تأثیرگذار بوده و تأثیر آن بر نرخ بروز حوادث در سالیان گذشته موضوع مطالعات متعددی قرار گرفته است (۵۸-۶۰). فرهنگ ایمنی روی عادات کل افراد، باورها و عقاید آن‌ها تأثیرگذار بوده و با افزایش میزان آگاهی آن‌ها نسبت به موضوعات ایمنی می‌تواند بر تعداد بروز حوادث و صدمات شغلی ناشی از آن‌ها تأثیرگذار باشد (۴۹). در مطالعه جانسون و همکاران که به بررسی مقوله استفاده از تجهیزات محافظتی در برابر سقوط و نیز فرهنگ و نگرش کارگران ساختمانی پرداخته بودند، دلایلی نظیر: "فقدان آموزش"، "رقابت برای بهره‌وری بیشتر" و "رفتار کارگران جهت افزایش توأم بهره‌وری و آسایش" را بیان کردند که موجب عدم انطباق نسبت به استانداردهای موجود شده است (۶۱، ۶۲).

اندازه پروژه یا سازمان به عنوان یکی دیگر از زیرعوامل سازمانی، پارامتر توصیفی است که از عوامل تأثیرگذار مهم بوده و در زمره متغیرهای علی می‌باشد. شرکت‌های بزرگ معمولاً خود را درگیر پروژه‌هایی با بودجه پایین نمی‌کنند. بنابراین می‌توان این‌طور در نظر

گرفت که حجم بالایی از پروژه‌های با بودجه پایین توسط پیمانکاران و شرکت‌های کوچک انجام می‌پذیرد. محققان زیادی تاکنون در خصوص نحوه بیان اندازه پروژه یا سازمان پژوهش نموده‌اند. هزینه اجرای پروژه به عنوان پایه و اساس چنین مقایسه‌ای در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال یافته‌های مطالعه Huang و Hinze نشان داد که ۲۸٪ از حوادث سقوط از ارتفاع در پروژه‌هایی با هزینه کمتر از ۵۰۰۰۰ دلار رخ می‌دهد و با افزایش هزینه پروژه تعداد حوادث سقوط از ارتفاع کاهش می‌یابد. علاوه بر آن پروژه‌های کم‌هزینه (هزینه کمتر از ۲۵۰۰۰ دلار) مسئول وقوع بیش از نیمی از سقوط‌ها در صنعت ساختمان ایالات‌متحده می‌باشد (۶۳). Sa و همکاران بیان نمودند که شرکت‌های بزرگ در مقایسه با شرکت‌های کوچک از عملکرد بهتری در زمینه رعایت اصول ایمنی برخوردار می‌باشند. آن‌ها اعلام نمودند که شرکت‌های کوچک بایستی توجه بیشتری به مقوله کار در ارتفاع و برنامه‌های پیشگیری از سقوط نموده و زمان بیشتری را صرف آموزش نیروهای خود نمایند. از این مطالعه چنین برداشت می‌شود که پروژه‌های ساخت مجتمع‌های مسکونی دارای ریسک بالای بروز حوادث سقوط از ارتفاع می‌باشند که دلیل اصلی آن کمبود میزان آموزش علیرغم عدم محدودیت در تخصیص بودجه برای آموزش می‌باشد (۵۲).

نتایج این مطالعه همچنین بیانگر میزان اهمیت رعایت ارتفاع ایمن سکوی کار در بروز حوادث کار در ارتفاع است که به عنوان یک متغیر علی شناخته شده بود. برخلاف تصور اغلب کارشناسان بیشترین تعداد حوادث کار در ارتفاع، در ارتفاع کمتر از ۹ متر رخ می‌دهد. این یافته‌ها با نتایج مطالعات مشابه انجام شده توسط Huang و Hinze و یا مطالعه Suruda مطابقت دارد. Huang و Hinze با توجه به بالاترین نرخ بروز حادثه سقوط، لزوم توجه بیشتر به کارگرانی که در ارتفاعی کمتر از ۳۰ فوت (۹ متر) فعالیت می‌نمایند را یادآور می‌شوند (۵۴). Suruda و همکاران نیز در مطالعه خویش دریافتند که بیش از ۶۵ درصد از حوادث سقوط در ارتفاعی کمتر از ۳۰ فوت (۹ متر) رخ می‌دهند (۴۴).

نتایج حاصل از کاربرد تکنیک دیمتل فازی در این تحقیق نشان داد که سطح تحصیلات مربوط به عوامل فردی بیشترین تأثیرگذاری را بر سایر فاکتورها داشته و در زمره متغیرهای علی قرار می‌گیرد. نتایج مطالعه Jafariو همکاران بر روی پروژه‌های یک شرکت ساختمانی نشان داد که بین سطح تحصیلات و بروز حوادث رابطه معنی‌داری وجود دارد و کاهش میزان تحصیلات افراد افزایش ضریب تکرار حادثه را به دنبال خواهد داشت (۶۴). Bahrampour و همکاران نیز در مطالعه خود در یک دوره ۵ ساله در شهر یزد اعلام داشتند که رابطه معنی‌داری بین نرخ بروز حوادث منجر به فوت و سطح تحصیلات کارگران وجود داشته و بیشتر حوادث فوتی در میان کارگران بی‌سواد رخ‌داده است (۴۱). در مطالعه‌ای که Cheng و همکاران با هدف تجزیه و تحلیل مشخصه حوادث شغلی در شرکت‌های ساختمانی کوچک انجام دادند، نتایج نشان داد که حادثه در کارگران با سن بالاتر به دلیل سطح تحصیلات پایین بیشتر است (۴۵). همچنین Ceilan در مطالعه‌ای که بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۴ با عنوان تجزیه و تحلیل حوادث شغلی در بخش‌های مختلف کشور ترکیه انجام داد، تعداد مرگ و میر و حوادث شغلی در صنعت ساخت و ساز به دلیل سطح تحصیلات پایین کارگران و تغییر مداوم شرایط کاری بیشتر است (۶۵)؛ که این نتایج حاکی از علی بودن عامل سطح تحصیلات در بین دیگر فاکتورهای فردی می‌باشد.

سقوط از ارتفاع به عنوان یکی از مهم‌ترین حوادث منجر به صدمات جسمانی و فوت در پروژه‌های ساختمانی محسوب می‌شود. توجه بیشتر به عوامل سازمانی و ابعاد آن به عنوان علل پنهان و اثرگذار بر مسئله سقوط از ارتفاع در صنعت ساخت و ساز جهت پیشگیری از حوادث سقوط از ارتفاع ضروری است. دلیل این امر آن است که سازمان مهم‌ترین نقش را در طراحی فرآیند کاری، طرح‌ریزی و اجرای سیستم‌های مدیریت ایمنی، نشان دادن تعهد به ایمنی و جلب مشارکت کارکنان، انتخاب بهترین افراد با توجه به الزامات ایمنی و بهداشت پروژه را دارد. تعهد مدیریت، ایجاد آگاهی در نیروی کار از طریق آموزش و افزایش میزان مشارکت نیروی کار در توجه به اصول ایمنی در پروژه‌های ساخت و ساز می‌تواند به عنوان مهم‌ترین راهکارهای کاهش حوادث ساختمانی همچون سقوط از ارتفاع باشد.

References

1. Azami-Aghdash S, Sadeghi-Bazargani H, Shabaninejad H, Abolghasem Gorji H. Injury epidemiology in Iran: a systematic review. J Inj Violence Res. 2017;9(1):27.
2. Chalak MH, Shabahang H, Laal F, Almasi Z. Evaluating the Risk of cement open mining activities and its health hazards by fmea method in zabols cement mines before and after training interventions 2015. Eur J Biomed. 2016;3(12):623-628.
3. Amirbahmani A, Vosoughi S, Alibabaei A. Assessment of the Relationship between worker's safety climate and safety performance in construction projects. Iran Occup Health. 2018 Aug 15;15(3):22-32.
4. Hoła B, Szóstak M. Methodology of Analysing the Accident Rate in the Construction Industry. Procedia Engineer. 2017;172:355-362.
5. Yarahmadi R, Shakouhi FS, Taheri F, Moridi P. Prioritizing occupational safety and health indexes based on the multi criteria decision making in construction industries. Iran Occup Health. 2016;12(6):39-47.
6. Koohpaei A, Khandan M, Vosoughi S, Khammar A, Mobinizade V, Farrokhi M, et al. Industrial workers' postures analysis by a new method named "loading on the upper body assessment" in Iran. Ann Tropic Med Public Health. 2017 Jul 1;10(4):973.
7. Farshad A, Montazer S, Monazzam MR, Eyvazlou M, Mirkazemi R. Heat stress level among construction workers. Iran J Public Health. 2014;43(4):492.-498.
8. Chen H, Luo X. Severity Prediction Models of Falling Risk for Workers at Height. Procedia Engineer. 2016;164:439-445.
9. Razavi S, Ziaee Ardakani H, Rajai S, Hollisaz MT, Sadeghipoor HR, Farshad AA, et al. Trends in prevalent injuries among Iranian pilgrims in Hajj. Iran J Public Health. 2011;40(2):110.
10. Hallowell M. Cost□effectiveness of construction safety programme elements. Construct Manag Econom. 2010. 28(1): p. 25-34.
11. Gavious A, Mizrahi S, Shani Y, Minchuk Y. The costs of industrial accidents for the organization: developing methods and tools for evaluation and cost–benefit analysis of investment in safety. J Loss Prev Process Indust. 2009;22(4):434-438.
12. Chen JG, Fisher DJ, Krishnamurthy K. Development of a computerized system for fall accident analysis and prevention. Comput Indust Engineer. 1995;28(3):457-466.
13. Hatipkarasulu Y. Project level analysis of special trade contractor fatalities using accident investigation reports. J Safe Res. 2010;41(5):451-457.
14. Bunn TL, Slavova S, Bathke A. Data linkage of inpatient hospitalization and workers' claims data sets to characterize occupational falls. J Kentucky Med Assoc. 2007;105(7): 313-320.
15. Hu K, Rahmandad H, Smith-Jackson T, Winchester W. Factors influencing the risk of falls in the construction industry: a review of the evidence. Construct Manag Econom. 2011;29(4):397-416.
16. Shi S, Jianga M, Liub Y, Li R. Risk assessment on falling from height based on AHP-fuzzy. Procedia Engineer. 2012;45:112-118.
17. Hsu SH, Lee CC, Wu MC, Takano K. A cross-cultural study of organizational factors on safety: Japanese vs. Taiwanese oil refinery plants. Accid Anal Prev. 2008;40(1):24-34.
18. Khandan M, Maghsoudipour M, Vosoughi S. Ranking of working shift groups in an Iranian petrochemical company using ELECTRE method based on safety climate assessment results. J Chinese Instit Indust Engineer. 2011 Oct 1;28(7):537-42.
19. Akbari ME, Asadi Lari M, Montazeri A, Aflatunian MR, Farshad AA. Evaluation of health system responsiveness to the 2003 Bam, Iran, Earthquake. Earthquake Spectra. 2005;21(S1):469-474.
20. Jiang L, Tetrick LE. Mapping the nomological network of employee self-determined safety motivation: A preliminary measure in China. Accid Analy Prev. 2016;94:1-7.
21. Givehchi S, Hemmativaghef E, Hoveidi H. Association between safety leading indicators and safety climate levels. J Safe Res. 2017;62:23-32.
22. Couto JP, Santos FJB, Rabbani ERK. How Time Constraints Affect Safety Conditions at Construction Sites: Analysis of the Perception of Portuguese Construction Participants. Electron J Geotechnic Engineer. 2017;22(02): 563-576.
23. Fontela E, Gabus A. The dematel observer, battelle geneva research center, Geneva, Switzerland. 1976;10:0016-3287.
24. Lin CJ, Wu W. A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment. Expert Syst Appl. 2008;34(1):205-213.
25. Bavafaa A, Mahdiyarb Abdul A, Marsonoa K. Identifying and assessing the critical factors for effective implementation of safety programs in construction projects. Safe Sci. 2018;66.
26. Wang L, Cao Q, Zhou L. Research on the influencing factors in coal mine production safety based on the combination of DEMATEL and ISM. Safe Sci. 2018;103.
27. Meng X, GuomingChen, Zhu G, Zhu Y. Dynamic quantitative risk assessment of accidents induced by leakage on offshore platforms using DEMATEL-BN. Int J Naval Architec Ocean Engineer. 2019.
28. Wu WW, Lee YT. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. Expert Syst Appl. 2007;32(2):499-507.

29. Liou JJ, Yen L, Tzeng GH. Building an effective safety management system for airlines. J Air Transport Manag. 2008;14(1):20-26.
30. Chung CC, Chao LCh, Chen 2 ChH, Lou ShJ. A Balanced Scorecard of Sustainable Management in the Taiwanese Bicycle Industry: Development of Performance Indicators and Importance Analysis. Sustainability. 2016;8(6):518.
31. Podgórski D. Measuring operational performance of OSH management system–A demonstration of AHP-based selection of leading key performance indicators. Safe Sci. 2015;73:146-166.
32. Jasiński D, Meredith J, Kirwan K. A comprehensive framework for automotive sustainability assessment. J Clean Product. 2016;135(4):1034-1044.
33. Ramos TB, Caeiro S. Meta-performance evaluation of sustainability indicators. Ecol Indicat. 2010;10(2):157-166.
34. Tongco MDC. Purposive sampling as a tool for informant selection. Ethnobotany Res Appl. 2007;5:147-158.
35. Guest G, Bunce A, Johnson L. How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. Field Methods. 2006;18(1):59-82.
36. Li RJ. Fuzzy method in group decision making. ComputMathemat Appl. 1999;38(1):91-101.
37. Forteza FJ, Carretero-Gómez JM, Sesé A. Effects of organizational complexity and resources on construction site risk. J Safe Res. 2017.
38. Bacudio LR, Benjaminc MFD, Eusebio RCP, Holaysan SAK, Promentilla MAB, Yu KDS, et al. Analyzing barriers to implementing industrial symbiosis networks using DEMATEL. Sustain Product Consum. 2016;7:57-65.
39. Gandhi S, Kumar Mangla S, Kumar P, Kumar D. A combined approach using AHP and DEMATEL for evaluating success factors in implementation of green supply chain management in Indian manufacturing industries. Int J Logis Res Appl. 2016;19(6):537-561.
40. Patil, S.K. and R. Kant, A fuzzy AHP-TOPSIS framework for ranking the solutions of Knowledge Management adoption in Supply Chain to overcome its barriers. Expert Systems with Applications, 2014. 41(2): p. 679-693.
41. Bahrampour A, Nodoushan RJ, Shoaa JV. Five-year epidemiological study and estimation of accidents distribution in construction industry workers in yazd city by the year 2011 by applying time series model. J Kerman Uni Med Sci. 2009;16(2):156-164.
42. Beavers J, Moore J, Schriver W. Steel erection fatalities in the construction industry. J Construct Engineer Manag. 2009;135(3):227-234.
43. Janicak CA. Fall-related deaths in the construction industry. J Safe Res. 1998;29(1):35-42.
44. Suruda A, Fosbroke D, Braddee R. Fatal work-related falls from roofs. J Safe Res. 1995;26(1):1-8.
45. Cheng CW, Leua SS, Lin CC, Fan C. Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises. Safe Sci. 2010;48(6):698-707.
46. Loosemore M, Waters T. Gender differences in occupational stress among professionals in the construction industry. J Manag Engineer. 2004;20(3):126-132.
47. Rahimi Pordanjani T, Mohammadzade Ebrahimi A. The effect of employees' management commitment to safety and consciousness on unsafe performance: The mediating role of safety self-efficacy. Health Safe Work. 2015;4(4):69-80.
48. Vinodkumar M, Bhasi M. A study on the impact of management system certification on safety management. Safe Sci. 2011;49(3):498-507.
49. Chib S, Kanetkar M. Safety culture: the buzzword to ensure occupational safety and health. Procedia Econom Fin. 2014;11:130-136.
50. Greenberg J, Cropanzano R. The social side of fairness: Interpersonal and informational classes of organizational justice. Justice in the workplace: Approaching fairness in human resource management, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1993.
51. Niskanen T, Louhelainen K, Hirvonen ML. An evaluation of the effects of the occupational safety and health inspectors' supervision in workplaces. Accid Anal Prev. 2014;68:139-155.
52. Sa J, Seo DC, Choi SD. Comparison of risk factors for falls from height between commercial and residential roofers. Journal of safety research, 2009. 40(1): p. 1-6.
53. Epstein, Y. and D.S. Moran, Thermal comfort and the heat stress indices. Indust Health. 2006;44(3):388-398.
54. Huang X, Hinze J. Analysis of construction worker fall accidents. J Construct Engineer Manag. 2003;129(3):262-271.
55. Ghahramani A, Khalkhali HR. Development and validation of a safety climate scale for manufacturing industry. Safe health Work. 2015;2(6):97-103.
56. Farh JL, Cheng BS. A cultural analysis of paternalistic leadership in Chinese organizations, in Management and organizations in the Chinese context. 2000, Springer. p. 84-127.
57. Boughaba A, Hassane C, Roukia O. Safety culture assessment in petrochemical industry: a comparative study of two Algerian plants. Safe Health Work. 2014;5(2):60-65.
58. Adie W, Cairns J, Macdiarmid J, Ross J, Watt S, Taylor CL, et al. Safety culture and accident risk control: Perceptions of professional divers and offshore workers. Safe Sci. 2005;43(2):131-145.
59. Cooper D. Safety culture. Profession Safe.

2002;47(6):30-36.
60. Arboleda A, Morrow PC, Crum MR, Shelly MC. Management practices as antecedents of safety culture within the trucking industry: similarities and differences by hierarchical level. J Safe Res. 2003;34(2):189-197.
61. Johnson HM, Singh A, Young RH. Fall protection analysis for workers on residential roofs. J Construct Engineer Manag. 1998;124(5):418-428
62. Mohammadfam I, Kiyanfar A, Taheri F. Representation of a method for identification of the best safe contractors by Fuzzy Input Efficiency Profiling and AHP. Iran Occup Health. 2011;8(1):6-12.
63. Huang X, Hinze J. Analysis of construction worker fall accidents. J Construct Engineer Manag. 2003;129(3):262-271.
64. Jafari MJ, Ghafari M, Omidi L, Fardi GRA, Akbarzadeh A. An Epidemiological Study of Work-Related Accidents in a Construction Firm. J Safe Prom Inj Prev. 2014;2.
65. Ceylan H. Analysis of occupational accidents according to the sectors in Turkey. Gazi Uni J Sci. 2012;25(4):909-918.