



## بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی کارگران در کارگاه‌های ساختمانی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: استان خوزستان)

عبدالله اردشیر<sup>۱</sup>، یعقوب علیپوری<sup>۲</sup>، پیمان بسمل<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۸/۲۸

تاریخ ویرایش: ۹۳/۰۶/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۲۸

### چکیده

**زمینه و هدف:** حوادث ساختمانی بار مالی سنگینی را به صاحبان کار، پیمانکاران و جامعه وارد می‌نمایند و می‌تواند زندگی کارگر را چه در محل کار و چه در خانه با درد و رنج همراه نماید. از این رو، در این نوشتار به بررسی فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی پرداخته می‌شود تا با شناسایی فاکتورهای مهم و کنترل آن‌ها از میزان حوادث ساختمانی کاسته شود. از آنجا که عوامل مؤثر بر ایمنی در بخش‌های مختلف کشور دارای شدت اثر متفاوتی می‌باشند، در این تحقیق فقط به بررسی فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی در استان خوزستان که به‌عنوان یکی از استان‌های حادثه‌خیز در صنعت ساخت‌وساز، پرداخته شده است.

**روش بررسی:** در این مطالعه، بر اساس مطالعات پیشین و مصاحبه با افراد کارشناس ۸ فاکتور اصلی و ۳۳ فاکتور فرعی مؤثر بر عملکرد ایمنی شناسایی شده و به کمک پرسش‌نامه نظر افراد خبره در سطح استان خوزستان جمع‌آوری گردیده است. نظرات و داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی تحلیل شده‌اند تا میزان تأثیر هر کدام از عوامل بر روی ایمنی مشخص شود.

**یافته‌ها:** نتایج حاصله مبین اهمیت فاکتور آموزش ایمنی (اولویت=۱۹/۸۵) و فاکتور مدیریت ایمنی (اولویت=۱۷/۵۲) در استان خوزستان است. از بین زیر فاکتورهای آموزشی، بهبود رفتاری و از بین زیر فاکتورهای مدیریتی، داشتن تعهد و مسئولیت در ارجحیت هستند.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به یافته‌های تحقیق، می‌توان راهکار اصلی افزایش ایمنی و کاهش حوادث کارگاه‌های ساختمانی در استان خوزستان را، آموزش مناسب کارگران و افزایش تعهد مدیران ساخت‌وساز به ایمنی عنوان کرد.

**کلیدواژه‌ها:** عملکرد ایمنی، کارگاه‌های ساختمانی، عامل‌های مؤثر بر ایمنی، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی.

### مقدمه

از قبیل مرگ‌ومیر، از کارافتادگی، نقص عضو و ... (بار مالی سنگینی را به صاحبان کار، کارگران و جامعه وارد می‌نماید و می‌تواند زندگی کارگر را چه در محل کار و چه در خانه با درد و رنج همراه نماید. این حوادث می‌توانند تبعات دیگری نیز برای شرکت‌های ساخت‌وساز داشته باشند.

در تحقیقاتی که در گذشته انجام شده عوامل تأثیرگذار بر عملکرد مناسب ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی برای کشورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته و میزان تأثیرگذاری این عوامل بر عملکرد ایمنی مشخص گردیده و دسته‌بندی‌های مشخصی نیز مطرح شده است. از جمله ساواج و همکاران [۲] در مقاله خود با استفاده از روش آماری ضریب همبستگی پیرسون و آنالیز عاملی

صنعت ساخت‌وساز، نقش مهمی در توسعه اقتصادی هر کشوری دارد. طبق آمار سازمان بین‌المللی کار (International Labor Organization) (ILO) سالانه ۳۶۰ میلیون حادثه شغلی اتفاق می‌افتد و حدود ۲ میلیون و ۳۰۰ هزار نفر بر اثر این حوادث جان خود را از دست می‌دهند. جبران این حوادث بیش از ۱۰ درصد از تولید ناخالص ملی کشورها را به خود اختصاص می‌دهد. بر اساس آمار سازمان نظام‌مهندسی و ساختمان نیز، بیش از ۴۷ درصد از حوادث کار مربوط به کارگران ساختمانی است [۱]. این آمار و ارقام نشان‌دهنده نرخ بالای خسارات به دلیل عدم رعایت نکات ایمنی در صنعت ساخت‌وساز است. حوادث شغلی و جراحات ناشی از آن

۱- (نویسنده مسئول) رئیس پژوهشکده محیط‌زیست، دانشیار دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. ardeshir@aut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

رهبران شرکت از اهمیت ایمنی معرفی کرده‌اند. هدیر و همکاران [۶] نیز به بررسی فاکتورهای مؤثر در عدم موفقیت اجرای برنامه‌های ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی عربستان پرداخته‌اند. آن‌ها فاکتورهایی چون آموزش، نظارت، داشتن اهداف روشن، نگرش شخصی و غیره را شناسایی کرده و با استفاده از نظر کارشناسان و استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به بررسی تأثیر این فاکتورها بر موفقیت عملکرد ایمنی پرداخته‌اند. آن‌ها طبق نتیجه تحقیقات خود بیان داشته‌اند که حمایت مدیریتی مهم‌ترین عامل در اجرای برنامه ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی است.

اسماعیل و همکاران [۷] فاکتورهای مدیریتی، منابع، شخصی، انگیزشی و ارتباطی را به‌عنوان فاکتورهای مؤثر بر اجرای سیستم مدیریت ایمنی برای کارگاه‌های ساختمانی بررسی کردند. نتایج حاصل از تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که از میان عوامل نام‌برده، عامل شخصی و از میان زیر عامل‌های شخصی، عامل نگرش شخصی و فرهنگ کاری از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

در داخل کشور نیز برای بهبود عملکرد ایمنی مطالعاتی صورت گرفته و برخی از عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی شناسایی شده است. بیجاری و همکاران [۸] در مقاله خود به تبیین و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی ایران پرداخته‌اند. آن‌ها ۷۴ عاملی را که ممکن است بر عملکرد ایمنی کارگاه‌های ساختمانی مؤثر باشد شناسایی کرده و در پنج دسته کلی، شامل خط‌مشی، فرآیند، مدیریت، کارکنان و انگیزشی قرار دادند و به‌منظور جمع‌آوری نظرات کارشناسان اقدام به تهیه پرسش‌نامه کرده و سپس با استفاده از آزمون t و استفاده از نرم‌افزار SPSS به تحلیل نتایج پرداختند. نتایج تحلیل جنبه‌های خط‌مشی نشان دادند که شناخت و اجرای دقیق قوانین و مقررات ملی ساختمان مربوط به ایمنی و حفاظت حین اجرا دو عنصر مهم و مؤثر بر ایمنی کارگاه می‌باشند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که عملکرد ایمنی

به کمک نرم‌افزار SPSS به تحلیل فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی اقدام نمودند. نتایج تحلیل آن‌ها نشان می‌دهد که صحبت کردن ناظران و مدیران با کارگران بیش‌ترین تأثیر را در رعایت ایمنی دارد. یک نتیجه مهم دیگر این تحقیق این است که سیستم ایمنی به تمام گروهی که در یک کارگاه ساختمانی کار می‌کنند بستگی دارد و همه به‌نوعی در عملکرد ایمنی مسئول هستند.

آی لین تو و همکاران [۳] ۵۰ فاکتور مؤثر بر عملکرد ایمنی را شناسایی کرده‌اند و مؤثرترین آن‌ها را به ۴ گروه اصلی سیاست‌های شرکت، روش کار، مدیریت کارکنان و انگیزه تقسیم‌بندی کرده‌اند. آن‌ها برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسش‌نامه استفاده کرده و داده‌ها را توسط روش آزمون فرض t و آزمون همبستگی و رگرسیون توسط نرم‌افزار SPSS مورد مطالعه قرار داده‌اند. آن‌ها طبق نتایج حاصل از تحلیل پرسش‌نامه‌ها، مهم‌ترین عامل را، روش کار و مهم‌ترین زیر عامل را، آشنایی با نوع و روش ساخت توسط مسئولین ایمنی معرفی کرده‌اند.

اسماعیل و همکاران [۴] ضمن تأکید بر اهمیت فرهنگ ایمنی بیشتر به فاکتورهای مدیریتی، رفتاری و آموزشی اشاره کرده‌اند. آن‌ها ۵ فاکتور رهبری، تعهد سازمانی، تعهد مدیریتی، جهت‌دهی ایمنی و آموزش و تخصیص منابع را معرفی نمودند و پس از آنالیز این عوامل نتیجه گرفتند که تعهد مدیریت از درجه اهمیت تأثیر بالاتری برخوردار می‌باشد.

تام و همکاران [۵] با معرفی ۲۵ فاکتور مؤثر بر ایمنی، به کمک پرسش‌نامه به بررسی تأثیر این عوامل بر عملکرد ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی در کشور چین پرداخته‌اند. آن‌ها با تحقیقات خود نشان دادند که عوامل اصلی تأثیرگذار بر عملکرد ضعیف ایمنی در کشور چین آگاه‌سازی ضعیف از ایمنی در سطوح بالای مدیریتی، کمبود آموزش، عدم آگاهی کافی از ایمنی توسط مدیر پروژه، بی‌میلی به استفاده از منابع ایمن و بی‌پروایی نسبت به انجام عملیات پرخطر می‌باشد. نهایتاً آن‌ها تأثیرگذارترین عامل بر ایمنی را عدم آگاهی مدیران و

1. Analytic Hierarchy Process

عوامل را در نظر نگرفته‌اند و یا همچون [۱۰]، فاکتورهای مؤثر بر یک وجه از ایمنی، مثلاً وجه رفتاری را مورد بررسی قرار داده‌اند. در حالی که لازم است علاوه بر فاکتورهای مؤثر بر رفتار تأثیر سایر فاکتورها نیز در بهبود عملکرد ایمنی تحت بررسی قرار گیرد؛ زیرا پرداختن به یک بعد از ایمنی بدون پرداختن به ابعاد دیگر آن نمی‌تواند راه‌حل مناسبی را برای رفع مشکلات موجود در زمینه ایمنی در اختیار ما قرار دهد. در [۸] هم که بسیاری از فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی مورد بررسی قرار گرفته‌اند، روش تحلیل نتایج مناسب به نظر نمی‌رسد؛ چراکه برخورد با نظر کارشناسان به‌صورت اعتماد کامل و بدون در نظر گرفتن بحث عدم قطعیت موجود در نظرات آن‌ها (فازی بودن نظرات) انجام گرفته است. از این‌رو، در این تحقیق با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی فازی<sup>۲</sup> (FAHP) نظر کارشناسان به‌صورت اعداد فازی وارد محاسبات شده و تحت بررسی قرار گرفته است.

بر این اساس باقی‌مانده مقاله به این صورت سازمان‌دهی می‌شود که در بخش بعدی فرآیند تحقیق و جمع‌آوری اطلاعات ارائه می‌گردد و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی معرفی می‌شود، در بخش سوم نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل داده‌های پرسش‌نامه‌ای جمع‌آوری شده با استفاده از FAHP گزارش می‌شود و نهایتاً در بخش چهارم بحث و نتیجه‌گیری بر روی نتایج به‌دست‌آمده انجام می‌گیرد.

### روش بررسی

بررسی سیستم مدیریت ایمنی و عوامل مؤثر در موفقیت آن یک کار پیچیده است، زیرا فاکتورهای زیادی در این سیستم دخالت دارند.

در این تحقیق، پس از بررسی مطالعات انجام‌شده در داخل و خارج از کشور در زمینه ایمنی، عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی شناسایی شدند. سپس برای تطبیق فاکتورهای مؤثر بر ایمنی با شرایط ساخت‌وساز در استان

یک شرکت وابسته به میزان درک کارگران آنجا از قوانین و دستورالعمل‌های ایمنی است.

مهاجری و اردشیر [۹] به بررسی وضعیت ایمنی و بهداشت در کارگاه‌های ساختمانی شهر کرمان پرداخته و عوامل مؤثر بر ایمنی را شناسایی و مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحلیل آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و رعایت کردن موارد ایمنی و بهداشت در کارگاه‌ها بسیار ضعیف می‌باشد.

علیپوری و همکاران [۱۰] نیز فاکتورهای تأثیرگذار بر بهبود رفتار ایمنی کارگران در کارگاه‌های ساختمانی و همچنین میزان تأثیر این فاکتورها بر عملکرد ایمنی را با در نظر گرفتن فاکتورهای محیط ایمنی و تجربه شخصی بررسی کرده‌اند. آن‌ها برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسش‌نامه استفاده کرده و داده‌ها را توسط روش آزمون فرض t و آزمون همبستگی و رگرسیون توسط نرم‌افزار SPSS مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که فاکتورهای محیط ایمنی تأثیر بیشتری نسبت به فاکتورهای تجربه شخصی بر روی ایمنی دارند. آن‌ها مؤثرترین فاکتور را از بین فاکتورهای محیط ایمنی، تعهدات مدیریت بر ایمنی معرفی کرده‌اند.

با توجه اینکه کشور ایران کشوری گسترده با شرایط فرهنگی، اقتصادی، جغرافیایی و اجتماعی متنوعی است، بدیهی است که عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی در بخش‌های مختلف جامعه متفاوت و یا حداقل دارای شدت اثر متفاوتی باشد. به‌عنوان مثال، تأثیر شرایط آب و هوایی بر رعایت ایمنی (از لحاظ رفتاری، فرهنگی، نوع وسایل ایمنی و ...) در شمال و جنوب کشور می‌تواند کاملاً متفاوت باشد؛ بنابراین، لازم به نظر می‌رسد که فاکتورهای مؤثر بر ایمنی در بخش‌های مختلف کشور نیز مورد بررسی قرار گیرد. از این‌رو در این نوشتار، به بررسی فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی در استان خوزستان که به‌عنوان یکی از استان‌های حادثه‌خیز در صنعت ساخت‌وساز مطرح می‌باشد، پرداخته شده است.

مطالعات داخلی صورت پذیرفته در زمینه عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی یا همچون [۹]، به‌صورت جامع تمام

2. Fuzzy Analytic Hierarchy Process

جدول ۱- فاکتورهای مؤثر بر ایمنی در کارگاه های ساختمانی.

ردیف	فاکتورهای اصلی	فاکتورهای فرعی
۱	منابع	وجود تجهیزات وجود وسایل وجود جعبه حفاظتی کمک های اولیه وجود علائم هشداردهنده
۲	شخصی	تجربه کارگران و ناظران
۳	مدیریتی	آگاهی به مباحث ایمنی نظارت مناسب تعهد مدیریتی جلسات ایمنی
۴	انگیزشی	پاداش
۵	سیاستی	اجرای مبحث ۱۲ آشنایی با رویه های تسهیم ریسک عدم رعایت ایمنی نبود ضمانت اجرایی مناسب
۶	محیط اجرا	نوع و روش اجرا
۷	ارتباطی	تفاوت زبانی و فرهنگی ارتباط سطوح مختلف تذکر کارگران به وسایل ارتباطی مناسب
۸	آموزشی	آموزش استفاده از تجهیزات آموزش کمک های اولیه آموزش بهبود رفتار ایمنی آموزش پایه ای برای ایجاد فرهنگ ایمنی

روایی قابل قبول است و در غیر این صورت قابل قبول نیست. در این مطالعه روایی هر یک از سؤالات پرسشنامه در محدوده قابل قبول بود و همچنین میانگین روایی کل سؤالات برابر ۰/۷۶ محاسبه شد.

برای اندازه گیری پایایی پرسشنامه نیز از روش آلفای کرونباخ استفاده شد. ضریب آلفا عدد ۰/۸۷ که بالاتر از ۰/۷ می باشد، محاسبه گردید که بیانگر پایایی مناسب پرسشنامه می باشد.

سپس برای مشخص شدن تعداد پرسشنامه های لازم جهت رسیدن به پاسخ مطلوب، پرسشنامه هایی به عنوان پیش آزمون، توسط کارشناسانی از جامعه مورد نظر تکمیل گردید. پرسشنامه های تکمیل شده با استفاده از رابطه ۱ مورد بررسی قرار گرفت.

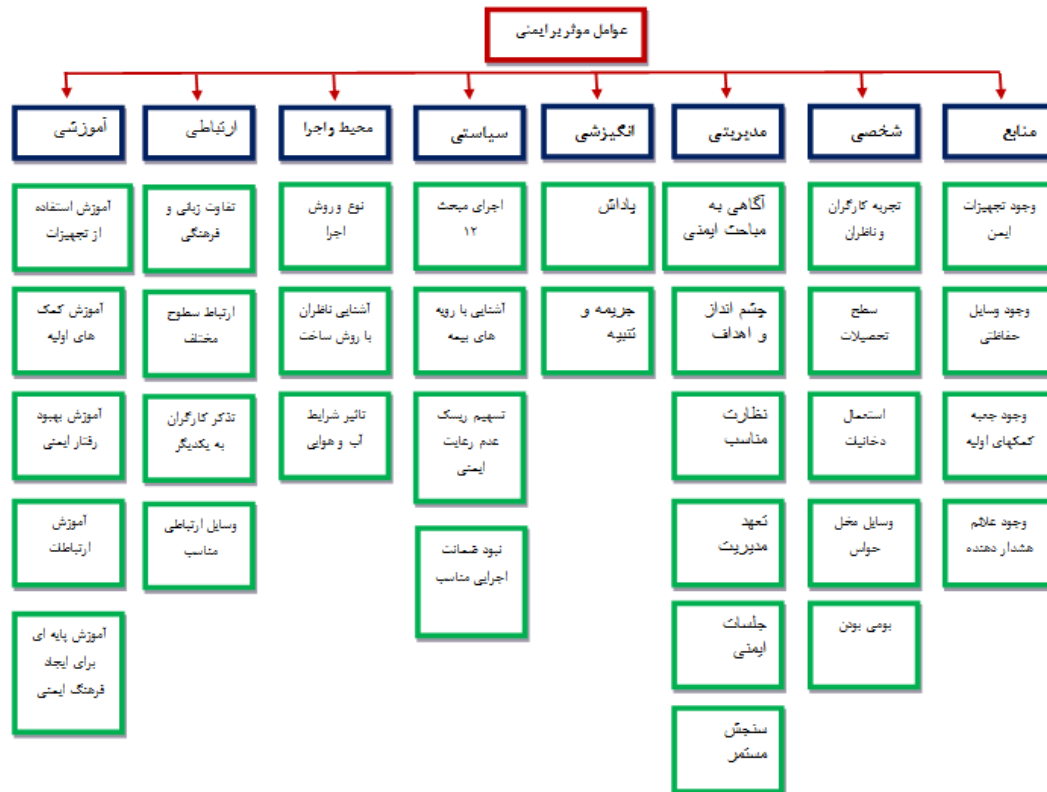
$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{d^2} \quad (1)$$

Z=مقدار متغیر نرمال واحد متناظر با سطح اطمینان 1- $\alpha$   
 $\sigma$ =انحراف از معیار متغیر مورد نظر در جامعه ی مورد مطالعه  
 d=مقدار اشتباه مجاز

محل مطالعه (استان خوزستان)، به کمک مصاحبه با افراد کارشناس، برخی از فاکتورها حذف و برخی نیز اضافه گردیدند. در نهایت، ۸ فاکتور اصلی که هر کدام دارای زیرفاکتورهایی هستند، به صورت جدول ۱ ارائه شدند.

در گام دوم، جهت مشخص نمودن مؤثرترین فاکتورها بر عملکرد ایمنی از پرسشنامه برای کسب نظر افراد خبره و باتجربه استفاده گردید. این پرسشنامه از سه قسمت تشکیل شده است که قسمت اول اطلاعات شخصی از جمله رشته تحصیلی و تجربه کاری فرد را مورد پرسش قرار می دهد، در قسمت دوم مقایسه بین فاکتورهای اصلی انجام می گیرد و در قسمت سوم مقایسه بین زیرفاکتورهای هر یک از فاکتورهای اصلی صورت می پذیرد.

اعتبار (روایی) پرسشنامه ارتباط منطقی بین سؤالات آزمون و مطلب مورد سنجش را نشان می دهد که بدین منظور از روایی محتوا و از مدل لاوشی استفاده شده است. دامنه شاخص ارائه شده در مدل لاوشی بین ۱- تا ۱+ می باشد. در صورتی که نتیجه بزرگ تر از صفر باشد،



شکل ۱- فاکتورهای مؤثر بر ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی.

گرفت و مؤثرترین فاکتورها و زیر فاکتورها شناسایی گردید. این روش امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد.

لازم به ذکر است در محاسبات برای وزن دهی پاسخ‌های افراد، به نسبت سابقه کاری هر کارشناس وزن دهی انجام گرفت به صورتی که برای کارشناسی که سابقه کار بیشتری داشتند وزن بیشتری در نظر گرفته شد.

اجرای روش بدین صورت است که ابتدا درخت سلسله مراتبی ترسیم می‌شود. در این تحقیق تعداد ۳۱ شاخص مؤثر ایمنی در ۸ گروه دسته‌بندی شدند که در شکل ۱ قابل مشاهده‌اند. تدوین و دسته‌بندی این شاخص‌ها به نحوی انجام شده است که قابلیت استفاده در انواع پروژه‌های ساختمانی را دارا باشد؛ اما در صورتی که این

برای دستیابی به فاصله‌ی اطمینان ۹۵٪، مقدار  $Z$  برابر  $1/96$  به دست می‌آید. در این تحقیق، خطای تخمین (d) برابر  $0/05$  در نظر گرفته شده است. انحراف از معیار ( $\sigma$ ) نیز از تحلیل نتایج پیش‌آزمون به دست می‌آید. بر این اساس تعداد ۲۲ پرسش‌نامه برای رسیدن به پاسخ مطلوب، به دست آمد. در این تحقیق، تعداد ۳۰ پرسش‌نامه جهت تکمیل به کارشناسان بخش ایمنی در ساخت‌وساز که شامل اساتید دانشگاه، سرپرستان کارگاه، ناظران و مسئولان ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی استان خوزستان می‌باشد فرستاده شد که از این تعداد ۲۶ پاسخ‌نامه دریافت گردید و ۲۳ مورد از آن‌ها یعنی بیش از ۸۸٪ مورد قبول واقع شد.

پاسخ‌های دریافتی از کارشناسان با استفاده از FAHP به روش میانگین هندسی بوکلی [۱۱] که یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، مورد تحلیل و بررسی قرار

نظرات کارشناسان مختلف در ارزیابی گروهی باید به یک نظر واحد تبدیل گردد. برای این منظور در این مقاله از روش مرکز جرم به دلیل سادگی و کارایی بالای آن به صورت رابطه (۵) استفاده می شود [۱۱].

$$z_i = \frac{\sum_{k=1}^k \int (\mu_i(z) \cdot z dz)_k}{\sum_{k=1}^k \int (\mu_i(z) dz)_k} \quad (5)$$

, i=1,2,3,...,n

که در آن Z میانگین وزنی و k تعداد کارشناسان می باشد. در نهایت وزن کلی ژامین گزینه مربوط به معیار iام، برابر است با:

$$ow_j = \sum_{i=1}^n z_i \times w_{ij} \quad (6)$$

که در آن n تعداد معیارها، wij وزن نرمال شده گزینه نسبت به معیار i و owj وزن کلی گزینه j ام می باشد.

### یافته ها

مطابق با مباحث مطرح شده در بخش های قبل، فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی مورد بررسی قرار گرفتند و به کمک پرسش نامه نظر متخصصین و کارشناسان ایمنی در خصوص اهمیت این فاکتورها جمع آوری گردید. در ادامه کار، با به کارگیری اصول تحلیل سلسله مراتبی فازی شرح داده شده، وزن نسبی هر یک از فاکتورهای اصلی محاسبه می شود که نتایج

جدول ۲- اعداد فازی

اعداد فازی	عبارات زبانی
(1,1,1,1)	مساوی
(1,2.8,3.2,3)	نسبتاً مهم تر
(2,2.8,3.2,4)	مهم تر
(3,3.8,4.2,5)	خیلی مهم تر
(4,4.8,5.2,6)	کاملاً مهم تر

ساختار در پروژه خاصی قابل استفاده نباشد، می توان ساختار مخصوص آن را تهیه و از آن در قالب این مدل بهره برداری نمود. پس از ترسیم درخت سلسله مراتبی ماتریس مقایسات زوجی (رابطه ۲) با استفاده از نظر تصمیم گیرندگان که با مقایسه دوجه دو معیارها و زیر معیارها در هر سطح صورت می پذیرد و با بهره گیری از اعداد فازی تشکیل می شود.

تئوری مجموعه های فازی را پروفیسور لطفی عسگرزاده در سال ۱۹۶۵ مطرح کرد [۱۲]. این تئوری در شرایط ابهام و عدم اطمینان به جای حذف و نادیده گرفتن آن و ترویج منطق چند ارزشی به جای دو ارزشی کاربرد دارد. انواع مختلف اعداد فازی وجود دارد که از آن جمله می توان به اعداد فازی مثلثی، ذوزنقه ای، زنگوله ای و گوسین اشاره نمود [۱۳]. در روش FAHP لازم است مقایسه های زوجی با استفاده از ترم های زبانی انجام شود. در این تحقیق از ۵ ترم زبانی، مطابق جدول ۲، برای مقایسه زوجی فازی معیارها استفاده می شود [۱۴]. اعداد فازی استفاده شده در این تحقیق به صورت ذوزنقه ای  $t_{ij}=(a_{ij},b_{ij},c_{ij},d_{ij})$  است. برای نرمال نمودن اعداد فازی در ماتریس مقایسه زوجی معیارها، از روش میانگین هندسی طبق رابطه ۳ استفاده می شود. در مرحله بعد با استفاده از رابطه ۴ میانگین های هندسی نرمالیزه می شود. سپس وزن هر معیار و زیر معیار در سطح خود محاسبه می شود که با این کار می توان معیارها و زیر معیارها را رتبه بندی کرد.

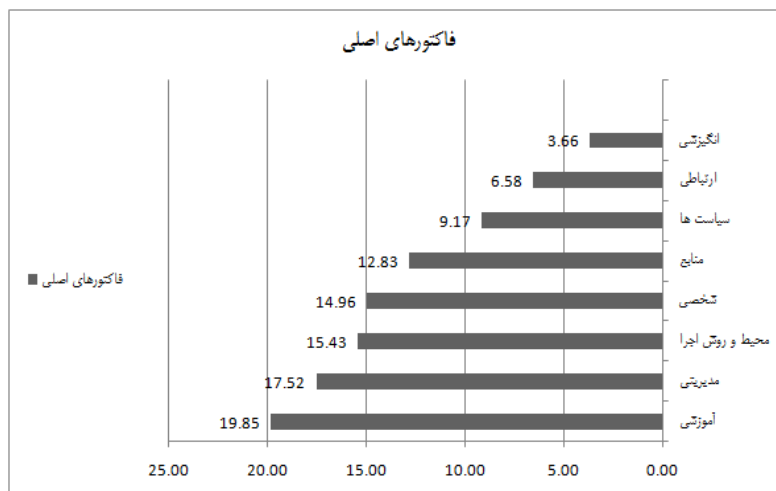
(۲)

$$\begin{bmatrix} (1,1,1,1) & (a_{12},b_{12},c_{12},d_{12}) & \dots & (a_{1n},b_{1n},c_{1n},d_{1n}) \\ (a_{21},b_{21},c_{21},d_{21}) & (1,1,1,1) & \dots & (a_{2n},b_{2n},c_{2n},d_{2n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (a_{n1},b_{n1},c_{n1},d_{n1}) & (a_{n2},b_{n2},c_{n2},d_{n2}) & \dots & (1,1,1,1) \end{bmatrix}$$

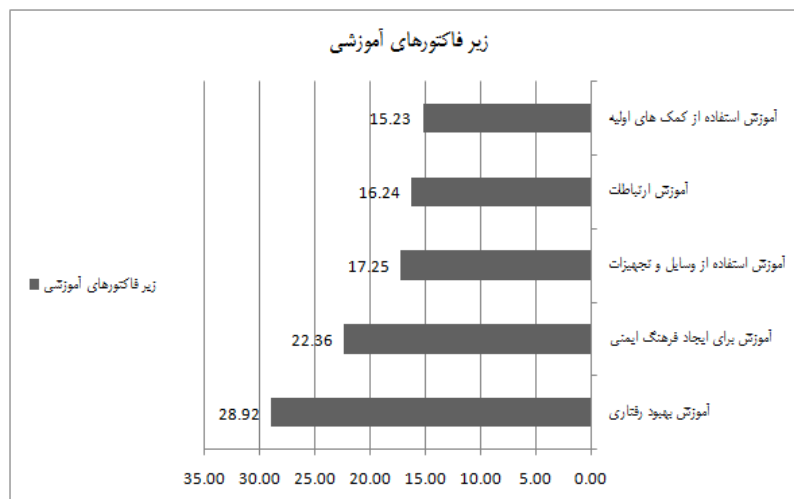
(۳)

$$z_i = \left[ \prod_{j=1}^n t_{ij} \right]^{1/n}$$

$$r_{ij} = w_i = \frac{z_i}{\sum_{i=1}^n z_i} \quad (4)$$



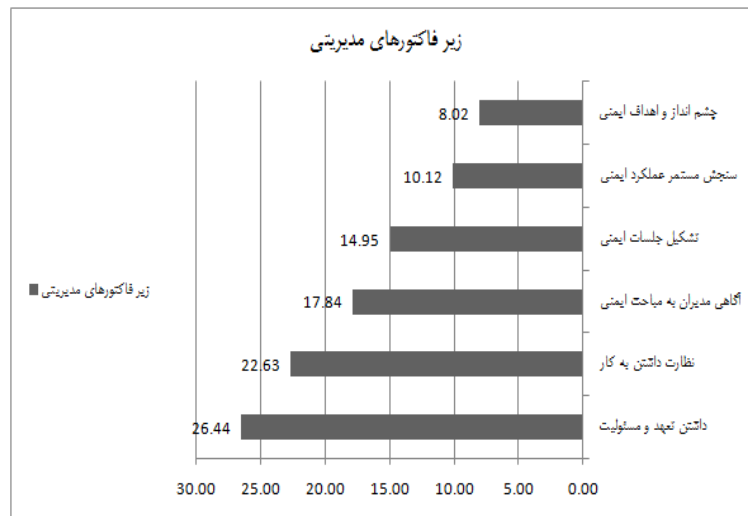
شکل ۲- نمودار FAHP برای فاکتورهای اصلی



شکل ۳- نمودار FAHP برای زیر فاکتورهای آموزشی

مدیریتی استفاده گردید که پس از انجام تحلیل به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نتایج به صورت شکل های ۳ و ۴ حاصل گردید. همان گونه که در شکل ۳ مشخص است، مهم ترین زیر فاکتور آموزشی، آموزش بهبود رفتاری است. آموزش جهت ایجاد فرهنگ ایمنی نیز که در واقع بررسی ایمنی به صورت ریشه ای و بنیادین است، از نظر کارشناسان در این استان بسیار لازم و ضروری است. همان گونه که در شکل ۴ مشاهده می شود، مهم ترین زیر عامل مدیریتی داشتن تعهد و مسئولیت پذیری شناخته شده است.

به دست آمده در شکل ۲ نشان داده شده است. نرخ سازگاری ماتریس فوق برابر  $0/054$  به دست آمد که کمتر از  $0/1$  است؛ بنابراین، نرخ سازگاری آن قابل قبول می باشد. مشاهده می شود که مهم ترین فاکتور تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی از نظر کارشناسان، فاکتور آموزشی است؛ که این مطلب بیانگر اهمیت آموزش ایمنی در سطح استان خوزستان می باشد. فاکتورهای مدیریتی و محیط و روش اجرا نیز از نظر کارشناسان دارای اولویت بالایی هستند. در قسمت سوم پرسش نامه از نظر کارشناسان امر برای شناسایی میزان اهمیت زیر فاکتورهای آموزشی و



شکل ۴- نمودار FAHP برای زیر فاکتورهای عامل مدیریتی

### بحث و نتیجه گیری

در مقاله حاضر، به بررسی فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی در استان خوزستان، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) پرداخته شد. بر اساس مطالعات پیشین صورت گرفته شده و مصاحبه با افراد کارشناس تعداد ۸ فاکتور اصلی و ۳۳ فاکتور فرعی شناسایی شد. جهت جمع آوری نظرات کارشناسان خبره در استان خوزستان پرسش نامه‌هایی تهیه گردید. ۳۰ پرسش نامه برای کارشناسان که شامل ناظران، سرپرستان کارگاه، متخصصین ایمنی است فرستاده شد که از این تعداد ۲۶ پاسخ نامه دریافت شد. ۲۳ مورد از این تعداد قابل قبول بوده و ۳ مورد از پاسخ نامه‌ها مورد تأیید قرار نگرفت. روایی پرسش نامه به کمک روایی محتوا و با استفاده از روش لاوشی و پایایی پاسخ ها به روش آلفای کرونباخ مورد بررسی قرار گرفت. پاسخ نامه‌های تکمیل شده جمع آوری و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی تحلیل شده که نتایج حاصله نشان دادند که فاکتور آموزش ایمنی مهم ترین فاکتور در میان ۸ فاکتور اصلی تحت بررسی است. علت توجه زیاد اکثر کارشناسان به مقوله آموزش در سطح استان برای رعایت ایمنی وجود تعداد کثیر کارگران جدید در کارگاه های ساختمانی است. آمار نشان می دهد که کارگرانی که یک ماه یا کمتر مشغول به کار هستند

۲۵ درصد حوادث ساختمانی را به خود اختصاص می دهند. اولاً به این دلیل که کارگران ساختمانی نسبت به کارگران کارخانه ها و مشاغل دفتری بیشتر در معرض خطر قرار دارند؛ و ثانیاً به خاطر تغییرات زیادی که در پرسنل کاری مرتبط با این پروژه های ساختمانی روی می دهد، همواره کارگران تازه وارد زیادی در پروژه ها حضور دارند [۱۵].

دو فاکتور دیگری نیز که از نظر کارشناسان دارای تأثیر بالایی بر روی عملکرد ایمنی هستند، فاکتورهای مدیریت ایمنی و محیط و روش اجرا می باشند. با توجه به شرایط آب و هوایی استان خوزستان (وجود روزهای گرم طاقت فرسا) اهمیت دادن به فاکتور محیط و روش اجرا نشان دهنده تأثیر بالای شرایط محیطی بر عملکرد ایمنی است؛ زیرا گرما هم از لحاظ جسمی و هم از لحاظ روحی بر رعایت ایمنی مؤثر است. عدم استفاده کارگران از کلاه ایمنی به دلیل گرما و یا تأثیرات گرما بر رفتارهای غیر ایمن در محیط کارگاه و بسیاری از تأثیرات دیگر شرایط آب و هوایی، دلیل بااهمیت بودن این فاکتور در عملکرد ایمنی است.

از بین زیر فاکتورهای آموزشی، بهبود رفتاری و از بین زیر فاکتورهای مدیریتی، داشتن تعهد و مسئولیت در ارجحیت قرار داده شده است. به نظر می رسد که رفتار عوامل اجرایی بیش ترین تأثیر را در ایمنی داشته است



و شرایط مختلف، متفاوت است، همان‌گونه که در این مطالعه متفاوت بود؛ بنابراین، به نظر می‌رسد پرداختن به بحث ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی همواره باید در قسمت‌های مختلف کشور و با استفاده از نظر کارشناسان و روش‌های تازه صورت گیرد و در هر قسمت با توجه به اولویت فاکتورهای مؤثر، تصمیمات مناسب برای بهبود عملکرد ایمنی اتخاذ شود. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان راهکار اصلی افزایش ایمنی و کاهش حوادث کارگاه‌های ساختمانی در استان خوزستان را، آموزش مناسب کارگران و افزایش تعهد مدیران ساخت‌وساز به ایمنی عنوان کرد.

### منابع

1. <http://irceo.net/fullstory.aspx?id=4492>
2. Sawacha E, Naoum S, Fong D. Factors affecting safety performance on construction sites, International Journal of Project Management. 1999; 17(5): 309-315.
3. Teo E.A.L, Ling F.Y.Y, Chong A.F.W. Framework for project managers to manage construction safety, International Journal of Project Management. 2005;23: 329-341.
4. Ismail F, Ahmad N, Afida N, Janipha I, Ismail R. Assessing the Behavioural Factors of Safety Culture for the Malaysian Construction Companies, ASEAN Conference on Environment-Behaviour Studies, Savoy Homann Bidakara Bandung Hotel, Bandung, Indonesia. 2011;15-17.
5. Tam C.M, Zeng S.X, Deng Z.M. Identifying elements of poor construction safety management in China, Safety Science. 2004;42(7): 569-586.
6. Al Haadir S, Panuwatwanich K. Critical Success Factors for Safety Program Implementation among Construction Companies in Saudi Arabia, The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. 2011;14: 148-155.
7. Ismail Z, Doostdar S, Harun Z. Factors influencing the implementation of a safety management system for construction sites. 2012; 50(3): 418-423.
8. Bijari M, Khodadadi R, Khazaei M. A Survey of Factors Influencing Safety Performance in

به گونه‌ای که اکثر کارشناسان آموزش جهت بهبود رفتاری را در اولویت قرار داده‌اند. یک سیستم خوب، به خودی خود موفقیت را تضمین نمی‌کند، بلکه چگونگی اجرا و برخورد با سیستم می‌تواند بیانگر میزان موفقیت باشد. ترویج رفتار ایمنی در کار یکی از قسمت‌های مهم مدیریت ایمنی و سلامت است؛ زیرا رفتار، سیستم‌ها و روش‌ها را به واقعیت تبدیل می‌کند. در راستای بهبود رفتاری باید به دو عامل مقدمه و پیامد توجه نمود و با بررسی مقدمه به تحلیل پیامدهای رفتاری پرداخت. سپس با شناسایی رفتارهای نامناسب، رابطه بین رفتار و دو عامل مذکور از جمله عامل پیامد را تحلیل نمود. در صورت مشاهده رفتار نامناسب با وجود مقدمات مناسب برای یک رفتار ایمن، پیامدها باید مورد بازنگری قرار گیرد تا بتواند تکرار رفتار را تغییر دهد. جهت ایجاد مسئولیت‌پذیری، هر مدیر باید به این اصل اعتقاد داشته باشد که رسیدن به ایمنی دور از دسترس نیست و اقدامات صورت گرفته از سوی مدیران برای رسیدن به هدف ایمنی مورد تشویق قرار گیرد. کسب سابقه ایمنی خوب در برخی پروژه‌ها به دلیل حضور مدیران کارگاهی است که ایمنی را مهم‌ترین هدف در گفتار و عمل قرار می‌دهند. مدیرانی که می‌خواهند کار را ایمن انجام دهند باید دارای نگاه دقیق نسبت به ایمنی باشند و در بازدیدهای کارگاهی نقاط خطرآفرین را فوراً شناسایی کرده و به نیروهای زیرمجموعه گوشزد نمایند. مدیران باید سرپرستان کارگاه، سرکارگران عمومی و سرکارگران را متقاعد نماید که به ایمنی پایبند باشند [۱۲].

بر اساس نتایج حاصل از این مقاله مشاهده می‌شود که مهم‌ترین فاکتور مؤثر بر عملکرد ایمنی در استان مورد مطالعه، فاکتور آموزش ایمنی است. این در حالی است که در مطالعات پیشین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی متفاوت می‌باشند و فاکتورهای چون؛ فاکتورهای شخصی، فاکتورهای مدیریتی، شناخت روش اجرا، تجهیزات ایمنی و فاکتورهای نظارت در اولویت‌اند. از این نتیجه علاوه بر اهمیت بحث آموزش ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی، به این مهم نیز می‌توان پی برد که اولویت فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی در مناطق



Construction Site, Forth National Congress Of Civil engineering, 1387. [Persian]

9. Ardeshir A, Mohajerani M. Evaluation of safety and health at construction sites, Second National Conference on Engineering and Construction Management, 1391[persian]

10. Alipouri Y, Ardeshir A, Sebt M.H, Vasheghani H. Identification of strategies for the improvement Of Human Safety Behavior In Iran by considering safety Climate and personal experience, Journal of Iranian Society of Civil Engineering (Asas), 1390, 50-59.[Persian]

11. Buckley J.J. Fuzzy Hierarchical Analysis. Fuzzy Sets and Systems. 1985; 17: 233-247.

12. Zadeh L. Fuzzy sets, Information and Control. 1965;8: 38-53.

13. Xu Z, Khoshgoftar T.M, Allen E.B. Application of fuzzy expert system in assessing operational risk of software, Information and software technology. 2003;45: 373-388.

14. Chen S.J, Hwang C.L, Hwang F.P. Fuzzy Multiple Attributes Decision Making, Methods and Applications, Springer, Berlin, 1992.

15. Ardeshir A, Amiri M. Safety management on construction sites with practical example, Amir Kabir University Press. 1392;pp. 92. [Persian]

## Investigation of factors influencing safety performance of workers in construction sites using fuzzy analytic hierarchy process (Case study: Khuzestan province)

A. Ardeshir<sup>1</sup>, Y. Alipouri<sup>2</sup>, P. Besmel<sup>3</sup>

Received: 2014/03/19

Revised: 2014/09/09

Accepted: 2014/11/19

### Abstract

**Background and aims:** Construction accidents place a large economic burden on owners, contractors, and users of facilities and influence the injured worker's life both at home and work. Therefore, in this research a survey of the factors influencing safety performance of workers is performed in order to help to decrease construction accidents. Since these factors would differ from society to society, we just consider them in Khuzestan province, an accident-prone province in Iran.

**Methods:** In this study, 8 main factors and 33 sub-factors were identified based on literature study and interview with experts. Then, a questionnaire was used to collect opinions of experts from Khuzestan. The collected data were analysed using fuzzy analytic hierarchy process to determine the relative effect of each factor on safety performance.

**Results:** Results revealed the importance of safety training (priority=19.85) and safety management factors (priority=17.52) in Khuzestan province. Among safety training sub-factors, the behavioral improvement, and among safety management sub-factors, the commitment and responsibility were found to be more important than other sub-factors.

**Conclusion:** Considering the mentioned results, safety training of workers and increasing of management commitment to safety can be introduced as suitable ways to increase the construction safety and decrease the construction accidents in Khuzestan.

**Keywords:** Safety performance, Construction sites, Influencing factors on safety, Fuzzy analytic hierarchy process.

1. (Corresponding author) Head of Environmental Research Center, Associate Professor of Civil and Environmental Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran. ardeshir@aut.ac.ir

2. PhD Candidate, Construction Engineering and Management group, Civil and Environmental Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.

3. MSc Student, Construction Engineering and Management Group, Civil and Environmental Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.