ارزیابی ریسک‌های ایمنی موثر بر سلامت افراد در پروژه‌های بلند مرتبه‌سازی با رویکرد فازی

عبداله اردشیر[۱]، رضا مکنون[۲]، محمد رکاب اسلامی زاده[۳]، زینب جهانتاب[۴]

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۴ تاریخ ویرایش: ۹۲/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش:۹۲/۰۹/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: امروزه به دلیل افزایش جمعیت شهرها و کمبود زمین، بلند مرتبه‌سازی روز به روز در حال افزایش است. ریسک‌های موجود در این نوع پروژه‌ها بیش از ساخت و ساز معمول می‌باشد و از طرفی صنعت ساخت و ساز متکی به نیروی انسانی می‌باشد، بنابراین توجه به ایمنی و سلامت افراد مشغول در پروژه‌ها امری مهم و ضروری است.هدف از این تحقیق شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی می باشد که در در پروژه‌های بلند مرتبه بر سلامت افراد مشغول در پروژه اثر منفی می‌گذارند.

روش بررسی: ریسک‌های ایمنی از طریق مصاحبه با افراد با سابقه در زمینه بلندمرتبه‌سازی و چک‌لیست‌های ایمنی شناسایی و در مرحله بعد با استفاده از نظر ۳۵ متخصص ارزیابی شدند. برای کمی‌سازی با توجه به ماهیت مبهم ریسک‌ها و وجود عدم قطعیت از محاسبات اعداد ذوزنقه‌ای فازی استفاده شد. در نهایت پس از ارزیابی ریسک‌ها و وزن‌دهی، درجه بحرانی بودن هر ریسک محاسبه شد و ریسک‌ها برای پاسخ رتبه‌بندی شدند.

یافته‌ها: پس از ارزیابی‌ها، ریسک سقوط افراد از ارتفاع با فاکتور ریسک ۸۹٪ و درجه ۹۶٪ بحرانی، به عنوان بحرانی‌ترین ریسک شناخته شد. با مقایسه نتایج ریسک‌های گروه کار در ارتفاع، داربست، تخریب و گودبرداری و برق‌گرفتگی به عنوان بحرانی‌ترین گروه‌های ریسک بدست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به فاکتورهای ریسک بدست آمده، در پروژه‌های بلند مرتبه، ریسک‌های ایمنی بسیار مهم هستند و این ریسک‌ها بر روی سلامت افراد بصورت کوتاه‌مدت و دراز مدت اثرات جبران ناپذیری می‌گذارند. همچنین این ریسک‌ها با توجه به اثراتشان، بصورت مستقیم و غیرمستقیم بر روی زمان و کیفیت و هزینه پروژه تأثیر می‌گذارند.

کلیدواژه‌ها: ریسک، ایمنی، فازی، توسعه‌پایدار، بلندمرتبه سازی

مقدمه

با توجه به اینکه صنعت ساخت وساز برحسب ماهیت، متکی بر نیروی انسانی بوده و انسان سالم رکن اساسی توسعه پایدار به شمار می‌آید، بنابراین توجه به ایمنی و سلامت افرادی که در فرآیند اجرا مشارکت داشته یا آنانی که ممکن است درحیطه اثر عملیات اجرایی از آن آسیب ببینند، امری ضروری است و بدون توجه به نیروی انسانی هیچ فرآیندی به سمت نتیجه مطلوب حرکت نخواهد کرد و نتیجه عدم توجه به این مهم اضمحلال و از هم‌پاشیدگی سیستم خواهد بود.

طبق تعریف مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان، ایمنی عبارت است از: الف) مصون و حفظ‌بودن، سلامت و بهداشت کلیه کارگران و افرادی که به نحوی در محیط کارگاه با عملیات ساختمانی ارتباط دارند. ب) مصون و محفوظ‌بودن، سلامت و بهداشت کلیه افرادی که در مجاورت یا نزدیکی (تا شعاع موثر) کارگاه ساختمانی، عبور و مرور، فعالیت یا زندگی می‌کنند. ج) حفاظت و مراقبت از ابنیه، خودروها، تاسیسات، تجهیزات و نظایر آن در داخل یا مجاورت کارگاه ساختمانی د) حفاظت از محیط‌زیست در داخل و مجاور کارگاه ساختمانی [۱]. مدیریت ایمنی در صنعت ساخت یکی از چالش بر انگیزترین مسئولیت‌ها در بیشتر

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

۲- استادیار دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد HSE، دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۴- کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

کشورها محسوب می‌شود. برخی از ویژگی‌های منحصر به فرد و ذاتی این صنعت مانند: وجود ماشین‌آلات سنگین، محیط‌های کاری مختلف و گسترده باعث افزایش نرخ ح وادث در این صنعت شده است. نواقص موجود در زمینه ایمنی پروژه‌های صنعت ساخت به همراه آسیب‌های جانی و مالی ناشی از وقوع حوادث در این نوع پروژه‌ها در تحقیقات متعددی مورد بررسی قرار گرفته‌است. در این میان پروژه‌های ساختمانی بیشترین آمار حوادث ناشی از کار را به خود اختصاص داده است [۲].

آمارها نشان می‌دهد هزینه متوسطی که جوامع انسانی به طور مستقیم یا غیرمستقیم در قبال حوادث می‌پردازند در حدود ٪۳-۲ از متوسط تولید ناخالص ملی کشورهای جهان است. این نرخ چیزی در حدود رشد اقتصادی یکساله برخی کشورها است [۳]. هزینه هر روز غیبت از کار نیز به اندازه ۳-۲ روز کاری فرد است. همچنین مطالعات نشان می‌دهد هزینه‌های ناشی از حوادث و بیماری‌های ناشی از کار در برخی کشورهای در حال توسعه در حدود ٪ ۱۰-۵ از کل سود کارخانه است. بررسی سیمای حوادث صنعتی در دنیا نشان می‌دهد در هر دقیقه ۲ مرگ ناشی از حوادث محیط کار در دنیا رخ می‌دهد. این آمار به طور اختصاصی در کشورهای در حال توسعه حداقل ۴ برابر بیشتر از نرخ متوسط جهانی آن است. با توجه به رشد روزافزون صنعتی شدن دنیا معالاسف پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ آمار مرگ‌های ناشی از بیماری‌های شغلی ۲ برابر خواهد شد. در همین حال سالیانه ۲۵۰ میلیون حادثه شغلی توام با غیبت از کار رخ می‌دهد [۳و۴]. بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و (ILO:International Labour Organization) هر ساله بیش از ۱/۲ میلیون نفر در اثر حوادث ناشی از کار و بیماری های مربوط به آن جان خود را از دست می دهند و بیش از ۱۶۰ میلیون کارگر دچار حوادث شغلی می شوند [۵].

بر اساس یک برآورد در کشور ما به طور متوسط در هر ساعت دست کم ۳ نفر به علت حوادث گوناگون جان می‌سپارند و هزینه عدم‌رعایت مقررات واصول ایمنی معادل درآمد صادرات نفت است [۶]. بنابر گزارش سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهر تهران،هر دو روز یک حادثه ساختمانی در تهران شکل می‌گیرد. در ایران کار ساختمانی با ۳۰ درصد مرگ و میر بیشترین میزان حوادث ناشی از کار را به خود اختصاص می‌دهد [۳].

در سال‌های اخیر مقالات متعددی به بررسی دلایل ایجاد حوادث در پروژه‌های ساخت و ساز و لزوم ایمنی در آن‌ها پرداخته‌اند. استنتون و ویلنبراک در سال ۱۹۹۰ یک سیستم اطلاعاتی ایمنی را بر پایه چارچوبی برای کنترل مدیریت ایمنی ارائه کردند. در این سیستم افرادی که مشغول به کار هستند را با استفاده از پیغام‌هایی از وجود خطرات بالقوه با خبر می‌کردند [۷]. چی و هو در سال ۱۹۹۷ پنج مدل را پیشنهاد دادند که در آنها ارتباط بین سن و نرخ حوادث را بررسی کردند و بیشترین گروه ریسک که سبب آسیب می‌شدند، بر اساس تاثیر متقابل سن و شغل و بر اساس مهمترین و بیشترین حوادث شغلی روی داده، رایافتند [۸]. جنادی و آسف در سال ۱۹۹۸ یک چکلیست بازرسی ایمنی برای ارزیابی شرایط ناایمن در پروژه‌های کوچک و پروژه‌های با مقیاس بزرگ ارائه کردند تا اختلاف بین امتیاز هر مورد بازرسی ایمنی و امتیاز کل را با هم مقایسه کنند [۹]. سواشا و همکارانش در سال ۱۹۹۹ عوامل موثر در ایمنی کارگاه‌های ساختمانی را مورد بحث قرار دادند. اثرات تاریخچه، اقتصادی، روانی، فنی، روش، سازمانی و بحث‌های زیست‌محیطی برحسب چگونگی ارتباط این عوامل با سطح ایمنی کارگاه در نظر گرفته شدند. اطلاعات مربوط به این عوامل با حوادث ثبت شده در یک نمونه حاصل از ۱۲۰ کارگر ارتباط داده‌شد. نتایج تحلیل عاملی نشان داد که متغیرهای مربوط به سیاست سازمان عمده‌ترین گروه عوامل موثر بر عملکرد ایمنی در صنعت ساخت و ساز انگلیس هستند. پنج یافته مهم مرتبط با ایمنی کارگاه

عبارتند از: ۱) بحث مدیریتی در ایمنی ۲) ارائه جزوات ایمنی، ۳) ارائه تجهیزات ایمنی، ۴) فراهم کردن محیطزیست ایمن و ۵) انتصاب مسئول ایمنی تعلیم دیده در کارگاه [۱۰]. سوراجی و همکارانش در سال ۲۰۰۱ حوادث ۵۰۰ پروژه ساخت مهندسی رادر انگلیس با استفاده از احتمالات مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند که حوادث در پروژه‌های ساخت شامل برنامه‌ریزی ساخت و ساز نامناسب (۲۸/۸٪)، کنترل ساخت و ساز نامناسب (۱۶/۶٪)، عملکرد ساخت و سازی نامناسب (۸۸٪)، شرایط نامناسب سایت (۶٪)، نامناسب بودن عملکرد اپراتور (۲۹/۹٪) می‌باشد [۱۱]. تام و همکارانش در سال ۲۰۰۴، وضعیت مدیریت ایمنی در صنعت ساخت و ساز چین، کشف فعالیت‌های مستعد خطر در کارگاه‌های ساختمانی و شناسایی عوامل موثر در ایمنی کارگاه‌های ساختمانی را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که رفتار پیمانکاران در مدیریت ایمنی از جمله عدم تهیه تجهیزات حفاظت فردی، جلسات ایمنی به طور منظم و آموزش ایمنی موجب نگرانی شدید می‌شوند [۱۲]. در سال ۲۰۱۱ آنزریس و همکارانش ریسک‌های حوادث شغلی در هلند را ارزیابی کردند. مدل آنها ریسک‌هایی را که کارگران با فعالیت‌های گوناگون و خطرات مختلف، با آن سروکار دارند را مورد بررسی قرار داد. ریسک‌ها برای سه نوع از عواقب ارزیابی شدند: صدمات قابل بازگشت، صدمات ماندگار و فوت. در این تحقیق آن-ها ۶۳ ریسک با خطرات گوناگون را شناسایی و ارزیابی و رتبه بندی کردند [۱۳].

علل بررسی شده توسط محققان مختلف را می توان در سه گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد: ۱) مشکلات سازمانی، مانند ضعف در مدیریت ایمنی پروژه،۲) مشکلات تجهیزاتی، شامل عدم استفاده یا استفاده نادرست از تجهیزات ایمنی و یا عدم شرایط و محیط ایمن در پروژه، ۳) خطاهای انسانی، مانند کمبود در آموزش ایمنی [۲].

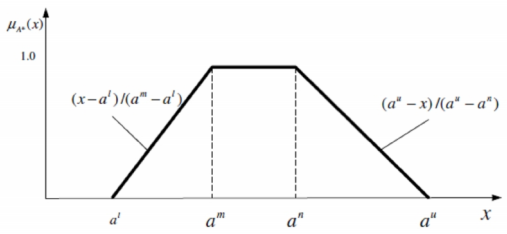
اعداد فازی: تئوری مجموعه‌های فازی که برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط لطفعلی عسگر زاده بیان شد، برای داده‌هایی که دارای ابهام و عدم قطعیت در ارزیابی ریسک هستند بسیار مناسب است. در مجموعه مرجع X، یک زیر مجموعه فازی A از X بوسیله تابع عضویت $\mu_A(x)$ بیان می‌شود که هر جز x در X در بازه [۱و۰] می‌باشد. مقدار تابع $\mu_A(x)$ درجه‌ای از عضویت x در A است. هرچقدر $\mu_A(x)$ بزرگتر باشد درجه عضویت x در A قویتر است [۱۴]. انواع بسیار متنوعی از اعداد فازی با نام‌ها و مشخصه‌های متفاوت تعریف شده و در تحقیقات به کارگرفته شده‌اند. اما دو نوع از این اعداد کاربرد گسترده‌تری به ویژه در مدیریت و ارزیابی ریسک دارند. این دو نوع، اعداد مثلثی فازی و اعداد ذوزنقه-ای فازی نام دارند که اعداد مثلثی فازی نوع خاصی از اعداد ذوزنقه‌ای فازی می باشند. بنابراین در این تحقیق از اعداد فازی ذوزنقه‌ای استفاده شده است.

یک عدد فازی ذوزنقه‌ای A به صورت (a,b,c,d) نشان داده می‌شود و تابع عضویت آن به صورت زیر نمایش داده می‌شود [۱۵]:

محاسبه اعداد فازی برای جمع، تفریق، ضرب و

:(۱)

$$\mu_A(x)=\begin{cases}0 & \text{for} \quad x<a\\ \mu_A^L(x)=\frac{x-a}{b-a} & \text{for} \quad a\leqslant x\leqslant b\\ 1 & \text{for} \quad b\leqslant x\leqslant c\\ \mu_A^R(x)=\frac{x-d}{c-d} & \text{for} \quad c\leqslant x\leqslant d\\ 0 & \text{for} \quad x>d\end{cases}$$



تقسیم برای دو عدد فازی

$$A=(a_1,b_1,c_1,d_1) \quad \text{و} \quad B=(a_2,b_2,c_2,d_2)$$

به صورت زیر است:

(۲):

$$A\oplus B=(a_1+a_2,b_1+b_2,c_1+c_2,d_1+d_2)$$

(۳):

$$A\Theta B=(a_1-d_2,b_1-b_2,c_1-c_2,d_1-a_2)$$

که در اینجا منظور از $\oplus$ و Θ جمع فازی و تفریق فازی می‌باشد. در ضرب و تقسیم اعداد فازی به دلیل پیچیدگی از $\alpha-cut$ استفاده می‌کنیم. $\alpha-cut$ مجموعه فازی A با تابع عضویت $\mu_A(x)$، یک مجموعه غیر فازی است از تمام اعدادی که درجه عضویت آن‌ها بزرگتر یا مساوی α باشند یعنی [۱۶]:

$$A^{\alpha}=\{x\,|\alpha\le\mu_A(x),1\le\alpha\le 0\}$$

و به صورت نمایش $[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]$ داده می‌شود؛ که A_l^{α} مرز پایین و A_u^{α} مرز بالای A^{α} است.

$$A^{\alpha}=[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]$$

و برای عدد فازی

$$A=(a_1,b_1,c_1,d_1)$$

خواهیم داشت:

(۴):

$$A_l^{\alpha}=(b_1-a_1)\times\alpha+a_1$$

(۵):

$$A_u^{\alpha}=-(d_1-c_1)\times\alpha+d_1$$

برای دو عدد بازه‌ای $P=[a,b]$ و $q=[c,d]$، عملیات ضرب و تقسیم به صورت زیر می باشد:

(۶):

$$p\times q=[\min(ac,ad,bc,bd),\max(ac,ad,bc,bd)]$$

(۷):

$$p\phi q=[a,b]\times[\frac{1}{d},\frac{1}{c}]=[\min(\frac{a}{d},\frac{a}{c},\frac{b}{d},\frac{b}{c}),\max(\frac{a}{d},\frac{a}{c},\frac{b}{d},\frac{b}{c})]$$

همانطور که در قبل گفتیم، ضرب و تقسیم اعداد فازی با استفاده از $\alpha-cut$ انجام می شود به عبارتی برای دو عدد فازی A و B با مقطع α،

$$A^{\alpha}=[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}] \quad \text{و} \quad B^{\alpha}=[B_l^{\alpha},B_u^{\alpha}]$$

داریم:

(۸):

$$A\otimes B=(A\times B)^{\alpha}=[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]\otimes[B_l^{\alpha},B_u^{\alpha}]$$

(۹):

$$A\phi B=(A\div B)^{\alpha}=[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]\phi[B_l^{\alpha},B_u^{\alpha}]$$

که $\otimes$ و ϕ به ترتیب نماد ضرب و تقسیم اعداد فازی می‌باشد. طبق اصل توسعه برای عدد فازی A داریم [۱۷]:

(۱۰):

$$A=\bigcup_{\alpha\in[0,1]}\alpha-A^{\alpha}$$

(۱۱):

$$A\otimes B=\bigcup_{\alpha\in[0,1]}\alpha-(A\times B)^{\alpha}(x)$$

(۱۲):

$$A\phi B=\bigcup_{\alpha\in[0,1]}\alpha-(A\phi B)^{\alpha}(x)$$

مدل ارزیابی ریسک

تشکیل تیم پروژه: برای بررسی ریسک‌ها ابتدا یک گروه برای ارزیابی ریسک‌ها تشکیل می‌دهیم. افراد عضو این گروه متخصصین با رویکردها، تخصص‌ها و سوابق مختلف می باشند، بطور مثال مدیر پروژه، رییس کارگاه، مدیر HSE (Health, Safety and Environment). پرسشنامه‌ها با استفاده از قضاوت این افراد تکمیل می‌شوند و به هر

جدول ۱- تعریف عدد فازی RI

عدد فازی	علامت اختصاری	تعریف	RI
(0.8,0.9,1,1)	VH	آسیب شدید، منجر به بیماری لا علاج یا منجر به فوت	خیلی زیاد
(0.6,0.75,0.75,0.9)	H	آسیب جدی	زیاد
(0.3,0.5,0.5,0.7)	M	آسیب کوتاه مدت	متوسط
(0.1,0.25,0.25,0.4)	L	آسیب خفیف قابل رفع	کم
(0,0,0.1,0.2)	VL	آسیب ناچیز	خیلی کم

جدول ۲- تعریف عدد فازی RP

عدد فازی	علامت اختصاری	تعریف	RP
(0.5,0.67,1,1)	VH	به دفعات زیاد اتفاق می‌افتد	خیلی زیاد
(0.215,0.33,0. 5,0.67)	H	بارها اتفاق می‌افتد	زیاد
(0.05,0.1,0.215,0.33)	M	معمولاً، اتفاق می‌افتد	متوسط
(0,0.01,0.05,0.1)	L	گه‌گاهی اتفاق می‌افتد	کم
(0,0,0,0.01)	VL	به ندرت اتفاق می‌افتد	خیلی کم

متخصص با در نظر گرفتن سلیقه و سابقه‌ای که در زمینه کاری خود دارد، یک ضریب به نام ضریب مشارکت می‌دهیم که این ضریب با تغییر شرایط پروژه و افراد تغییر می کند [۱۸]:

(۱۳):

$$C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_k + \ldots C_m = 1$$

C_k ضریب مشارکت متخصص K ام و m تعداد متخصصان تیم مدیریت ریسک

شناسایی ریسک ها: هدف از این مرحله شناسایی بیشتر ریسک‌ها می باشد زیرا تا ریسکی (۱۴) ، نشود سایر مراحل مدیریت ریسک بر روی آن صورت نمی‌گیرد. روش‌های مختلفی برای شناسایی ریسک‌ها وجود دارد [۱۹]. در این مقاله ریسک‌ها از طریق مصاحبه و هم فکری با افراد متخصص در زمینه بلندمرتبه سازی و HSE و همچنین چکلیست‌های مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان، شناسایی و سپس دسته بندی شدند [۲۱و۲۰]. این مرحله بسیار مهم است زیرا فرایند تحلیل و ارزیابی ریسک و پاسخ به ریسک در مورد ریسک‌های شناسایی شده انجام می‌شود. شناسایی ریسک‌ها یک فرایند تکرارپذیر است زیرا ماهیت ریسک‌ها در حال تغییر است و همچنین ریسک‌های جدید بوجود می‌آیند [۲۲].

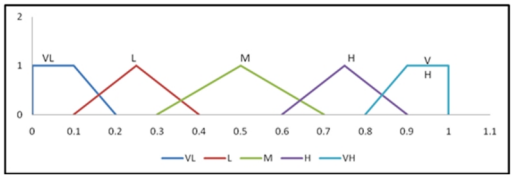
تعریف توابع فاکتور ریسک: فاکتور ریسک (RF: Risk Factor) توسط دو پارامتر اندازه‌گیری می شود. احتمال وقوع ریسک (RP: Risk Probability) و شدت اثر ریسک (RI: Risk Intensity). پارامتر شدت اثر ریسک شامل پتانسیل اثر هر عامل بر روی هدف پروژه از قبیل زمان، هزینه و کیفیت و سلامت افراد و محیطزیست می‌باشد.

(۱۴):

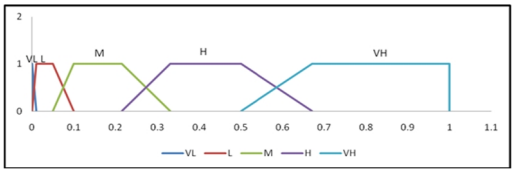
$$RF = RI + RP - (RI \times RP)$$

تعریف پارامتر های زبانی: پارامترهای زبانی که برای ارزیابی پارامترهای ریسک، RI، RP استفاده می شوند، عبارتند از [۲۲]:

- برای شدت اثر (RI) پنج واژه زبانی استفاده شده است: خیلی کم (VL:Very Low)، کم (L:Low)، متوسط (M:Medium)، زیاد (H:High) و خیلی زیاد (VH:Very High)
- برای احتمال وقوع (RP) پنج واژه زبانی استفاده شده‌است: خیلی کم (VL)، کم (L)، متوسط (M)، زیاد (H) و خیلی زیاد (VH)



شکل۱- عدد فازی RI



شکل ۲- عدد فازی RP

اندازه گیری پارامترهای RI و RP: RI و RP در ساختار شکست ریسک‌ها، در هر سطح، بوسیله تمام افراد گروه ارزیابی ریسک، با استفاده از پارامترهای زبانی اندازه‌گیری می‌شود. پس از آن متغیرهای زبانی باید به اعداد فازی تبدیل شوند. یکی از مهمترین نکات کلیدی در مدل‌سازی فازی، تبدیل این متغیرهای زبانی به اعداد و توابع فازی است که بتوانند ابهام و عدم قطعیت را بیان کنند. جداول ۱ و ۲ اعداد فازی متناظر با پارامترهای زبانی را برای اندازه‌گیری احتمال وقوع و شدت اثر هر ریسک بیان می‌کند [۲۲].

:(۱۵)

$$RI_i = RI_{i1} \otimes c_1 \oplus RI_{i2} \otimes c_2 \oplus \ldots \oplus RI_{im} \otimes c_m$$

:(۱۶)

$$RP_i = RP_{i1} \otimes c_1 \oplus RP_{i2} \otimes c_2 \oplus \ldots \oplus RP_{im} \otimes c_m$$

RI_i و RP_i به ترتیب متوسط اعداد فازی داده شده برای شدت اثر و احتمال وقوع ریسک i ام می‌باشد.

C ضریب اشتراک هر متخصص و m تعداد متخصصین در گروه ارزیابی ریسک می‌باشد.

استنتاج فازی: در این مرحله RI و RP بدست آمده از مراحل قبل را به عدد فازی که ریسک کلی پروژه (ORF:Overall Risk Factor) را بیان می‌کند، تبدیل می‌کنیم:

:(۱۷)

$$ORF_i = RI_i \oplus RP_i - (RI_i \otimes RP_i)$$

فازی زدایی: فازی‌زدایی از اعداد فازی یک فرایند بسیار مهم برای ارزیابی ریسک در محیط فازی می‌باشد. برای فازی‌زدایی چندین روش وجود دارد که در این مقاله از روش متوسط ماکزیمم‌ها (MOM:Middle of Maximum) استفاده می‌کنیم.

:(۱۸)

$$(RF_T)_i = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

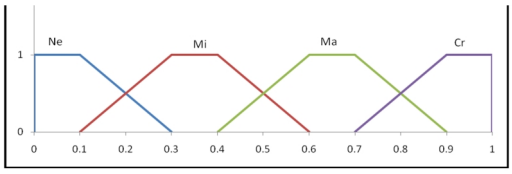
درجه بحرانی بودن ریسک: برای پاسخ به ریسک‌ها بهتر است درجه بحرانی بودن ریسک بدست آید که بتوان بر روی آن‌ها بحث کرد. برای بدست آوردن درجه بحرانی بودن ریسک از اعداد فازی جدول شماره ۳ استفاده می‌کنیم.

ارزیابی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های بلند مرتبه سازی

تشکیل تیم پروژه: برای بررسی ریسک‌ها ابتدا یک گروه برای ارزیابی ریسک‌ها تشکیل داده‌شد.

جدول ۳- اعداد فازی درجه بحرانی بودن

عدد فازی	تعریف	M	علامت اختصاری
(0,0,0.1,0.3)	ریسک قابل قبول است	قابل قبول	Ne:Negligible
(0.1,0.3,0.4,0.6)	ریسک قابل تحمل است ولی بهتر است کنترل شود	کم	Mi:Middle
(0.4,0.6,0.7,0.9)	منطقی است که ریسک کاهش یابد	زیاد	Ma:Major
(0.7,0.9,1,1)	ریسک باید کاهش یابد	بحرانی	Cr:Critical



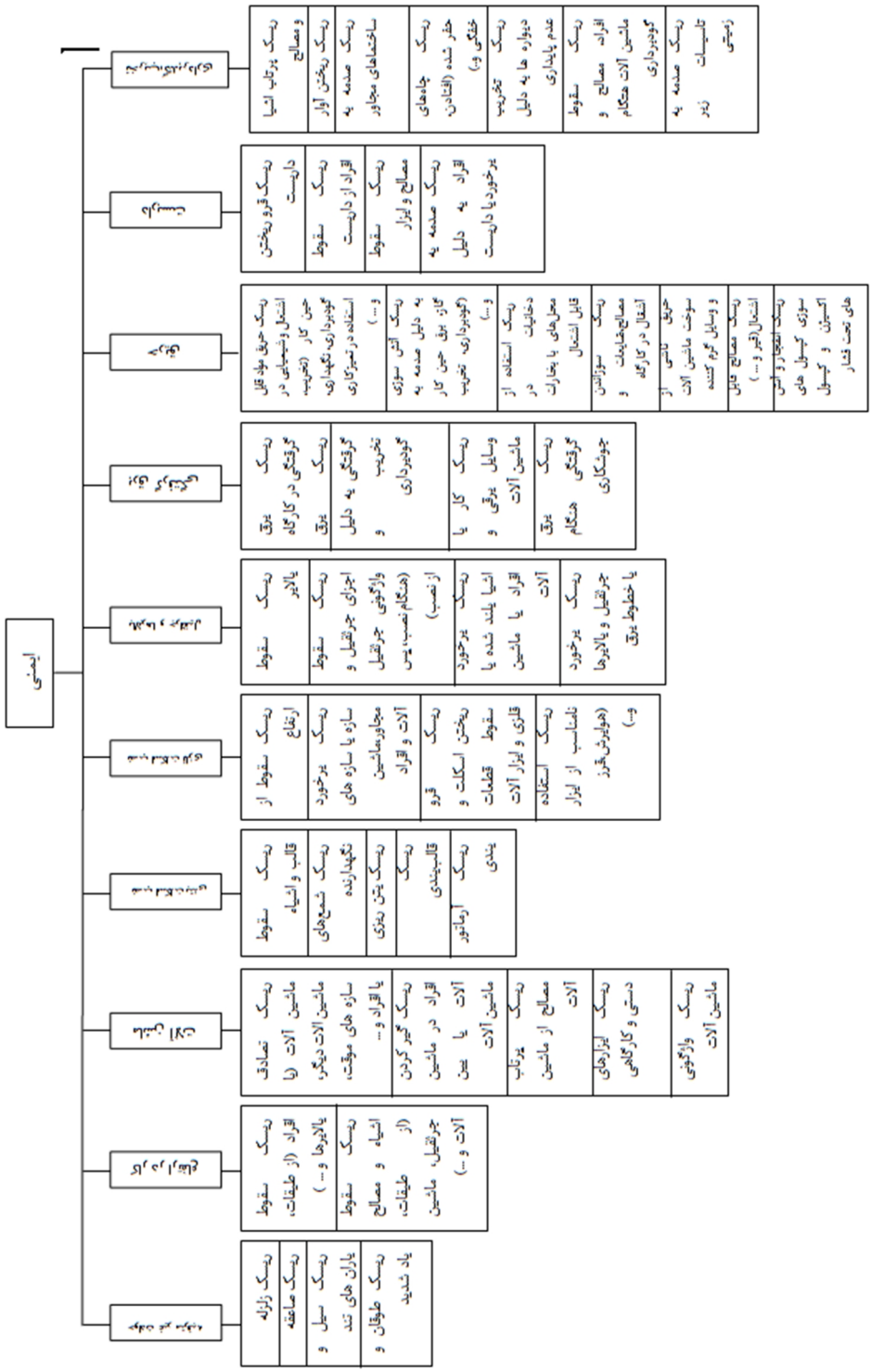
شکل۳- عدد فازی درجه بحرانی بودن

افراد عضو این گروه ۳۵ نفر از متخصصین با رویکردها، تخصص‌ها و سوابق مختلف در زمینه بلندمرتبه سازی می‌باشند. برای دادن ضریب به افراد گروه ارزیابی ریسک سابقه کاری در زمینه بلندمرتبه سازی، میزان تحصیلات و رشته تحصیلی ملاک قرار داده شد.

شناسایی ریسک ها: در این پروژه ابتدا با استفاده از استاندارد مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان ۱۰ گروه ریسک شناسایی و پرسشنامه اولیه

جدول ۴- ضریب مشارکت و مشخصات تیم ارزیابی ریسک

ضریب مشارکت	تجربه (سال)	مدرک	سمت	شماره
۰/۰۴۹۱۴۰۰۴۹	۱۵	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۱
۰/۰۴۹۱۴۰۰۴۹	۱۵	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۲
۰/۰۴۶۶۸۳۰۴۷	۱۵	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۳
۰/۰۴۱۷۶۹۰۴۲	۱۴	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۴
۰/۰۳۹۳۱۲۰۳۹	۱۴	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۵
۰/۰۳۶۸۵۵۰۳۷	۱۲	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۶
۰/۰۳۶۸۵۵۰۳۷	۱۲	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۷
۰/۰۳۶۸۵۵۰۳۷	۱۲	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۸
۰/۰۳۴۳۹۸۰۳۴	۱۱	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۹
۰/۰۴۱۷۶۹۰۴۷	۱۰	لیسانس HSE	مدیر پروژه	۱۰
۰/۰۳۶۸۵۵۰۳۷	۱۰	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۱۱
۰/۰۳۶۸۵۵۰۳۷	۱۰	لیسانس	مدیر پروژه	۱۲
۰/۰۳۴۳۹۸۰۳۴	۹	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۱۳
۰/۰۳۴۳۹۸۰۳۴	۹	کارشناسی ارشد	مدیر پروژه	۱۴
۰/۰۲۹۴۸۴۰۲۹	۷	کارشناسی ارشد	مدیر فنی	۱۵
۰/۰۳۱۹۴۱۰۳۲	۶	لیسانس	مسئول HSE	۱۶
۰/۰۲۷۰۲۷۰۲۷	۶	لیسانس	مدیر پروژه	۱۷
۰/۰۲۷۰۲۷۰۲۷	۶	لیسانس	مدیر پروژه	۱۸
۰/۰۲۷۰۲۷۰۲۷	۶	لیسانس	مدیر پروژه	۱۹
۰/۰۲۴۵۷۰۰۲۵	۶	لیسانس	مدیر پروژه	۲۰
۰۲۴۵۷۰۰۲۵	۵	لیسانس	دفترفنی،نظارت	۲۱
۰/۰۱۷۱۹۹۰۱۷	۴	لیسانس HSE	مسئول HSE	۲۲
۰/۰۲۲۱۱۳۰۲۲	۴	لیسانس	ناظر-اجرا	۲۳
۰/۰۱۹۶۵۶۰۲	۳	لیسانس	سرپرست اجرا	۲۴
۰/۰۱۹۶۵۶۰۲	۳	لیسانس	سرپرست کارگاه	۲۵
۰/۰۱۹۶۵۶۰۲	۳	لیسانس	مجری	۲۶
۰/۰۱۹۶۵۶۰۲	۳	لیسانس	کارشناس دفتر فنی	۲۷
۰/۰۲۹۴۸۴۰۲۹	۳	لیسانس ایمنی صنعتی	مسئول HSE	۲۸
۰/۰۱۷۱۹۹۰۱۷	۲	لیسانس	کارشناس دفتر فنی	۲۹
۰/۰۱۷۱۹۹۰۱۷	۲	لیسانس	اجرا-سازه	۳۰
۰/۰۱۷۱۹۹۰۱۷	۲	لیسانس	نقشه برداری	۳۱
۰/۰۱۴۷۴۲۰۱۵	۱	لیسانس	نماینده کارفرما	۳۲
۰/۰۱۴۷۴۲۰۱۵	۸ ماه	کارشناسی ارشد	ناظر کارفرما	۳۳
۰/۰۱۲۲۸۵۰۱۲	۶ ماه	کارشناسی ارشد	ناظر	۳۴
۰/۰۱۲۲۸۵۰۱۲	۱	کارشناسی ارشد	مجری	۳۵



شکل ۴- ساختار شکست ریسک های ایمنی در پروژه های بلند مرتبه سازی

جدول ۵- محاسبه α-cut و فاکتور ریسک برای ریسک مصالح قابل اشتعال

α	شدت اثر (I)		احتمال وقوع (P)		P+I		PxI		RF=P+I-(PxI)	
۰	۰/۷۲۷۵۱۸	۰/۳۹۹۷۵٤	۰/۲۷۸۰۵۹	۰/۰۷٤٦۸۱	۱/۰۰۵۵۷۷	۰/٤۷٤٤۳۵	۰/۲۰۲۲۹۳	۰/۰۲۹۸۵٤	۰/۹۷۵۷	۰/۲۷۲۱٤۱
۰/۱	۰/۷۱۲۳۳٤	۰/٤۱۵۸۲۳	۰/۲۷۰۳۸۱	۰/۰۷۹۰۳۸	۰/۹۸۲۷۱۵	۰/٤۹٤۸٦۱	۰/۱۹۲٦۰۲	۰/۰۳۲۸٦٦	۰/۹٤۹۸	۰/۳۰۲۲۵۹
۰/۲	۰/٦۹۷۱۵	۰/٤۳۱۸۹۲	۰/۲٦۲۷۰۳	۰/۰۸۳۳۹٦	۰/۹۵۹۸۵۳	۰/۵۱۵۲۸۷	۰/۱۸۳۱٤۳	۰/۰۳٦۰۱۸	۰/۹۲۳۸	۰/۳۳۲۱٤٤
۰/۳	۰/٦۸۱۹٦٦	۰/٤٤۷۹٦۱	۰/۲۵۵۰۲۵	۰/۰۸۷۷۵۳	۰/۹۳٦۹۹	۰/۵۳۵۷۱٤	۰/۱۷۳۹۱۸	۰/۰۳۹۳۱	۰/۸۹۷٦	۰/۳٦۱۷۹۵
۰/٤	۰/٦٦٦۷۸۱	۰/٤٦٤۰۲۹	۰/۲٤۷۳٤٦	۰/۰۹۲۱۱۱	۰/۹۱٤۱۲۸	۰/۵۵٦۱٤	۰/۱٦٤۹۲٦	۰/۰٤۲۷٤۲	۰/۸۷۱۳	۰/۳۹۱۲۱۷
۰/۵	۰/٦۵۱۵۹۷	۰/٤۸۰۰۹۸	۰/۲۳۹٦٦۸	۰/۰۹٦٤٦۸	۰/۸۹۱۲٦۵	۰/۵۷٦۵٦٦	۰/۱۵٦۱٦۷	۰/۰٤٦۳۱٤	۰/۸٤٤۹	۰/٤۲۰۳۹۹
۰/٦	۰/٦۳٦٤۱۳	۰/٤۹٦۱٦۷	۰/۲۳۱۹۹	۰/۱۰۰۸۲٦	۰/۸٦۸٤۰۳	۰/۵۹٦۹۹۳	۰/۱٤۷٦٤۲	۰/۰۵۰۰۲٦	۰/۸۱۸۳	۰/٤٤۹۳۵۱
۰/۷	۰/٦۲۱۲۲۹	۰/۵۱۲۲۳٦	۰/۲۲٤۳۱۲	۰/۱۰۵۱۸۳	۰/۸٤۵۵٤۱	۰/٦۱۷٤۱۹	۰/۱۳۹۳٤۹	۰/۰۵۳۸۷۹	۰/۷۹۱٦	۰/٤۷۸۰٦۹
۰/۸	۰/٦۰٦۰٤٤	۰/۵۲۸۳۰۵	۰/۲۱٦٦۳٤	۰/۱۰۹۵٤۱	۰/۸۲۲٦۷۸	۰/٦۳۷۸٤۵	۰/۱۳۱۲۹	۰/۰۵۷۸۷۱	۰/۷٦٤۸	۰/۵۰٦۵۵۵
۰/۹	۰/۵۹۰۸٦	۰/۵٤٤۳۷۳	۰/۲۰۸۹۵٦	۰/۱۱۳۸۹۸	۰/۷۹۹۸۱٦	۰/٦۵۸۲۷۱	۰/۱۲۳٤٦٤	۰/۰٦۲۰۰۳	۰/۷۳۷۸	۰/۵۳٤۸۰۷
۱	۰/۵۷۵٦۷٦	۰/۵٦۰٤٤۲	۰/۲۰۱۲۷۸	۰/۱۱۸۲۵٦	۰/۷۷٦۹۵۳	۰/٦۷۸٦۹۸	۰/۱۱۵۸۷۱	۰/۰٦٦۲۷۵	۰/۷۱۰٦	۰/۵٦۲۸۲۷

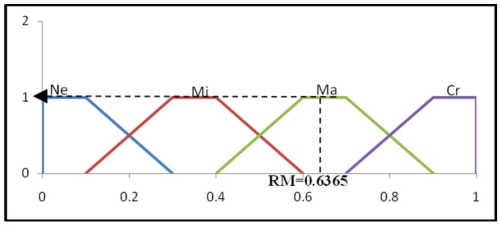
و پرسشنامه اولیه تهیه شد. در پرسشنامه شماره ۱، ۱۰ گروه ریسک نوشته و بین ۱۰ نفراز متخصصین در زمینه بلندمرتبه سازی توزیع شد و از آن‌ها خواسته شد که ریسک‌های موجود در هر گروه را با توجه به تجربه و اطلاعات پروژه‌های قبلی خود، بنویسند. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها ریسک‌های نوشته شده توسط متخصصین استخراج شد. در ابتدا متخصصین ۸۷ ریسک را بیان کردند که برخی از آن‌ها از درجه اهمیت کمتر برخوردار بودند و برخی دیگر در یک گروه قرار داشتند. بنابراین با توجه به نظر متخصصین تعدادی از ریسک‌های کم اهمیت‌تر حذف شدند و برای تکمیل آن‌ها از چکلیست‌های استاندارد مربوط به ایمنی ساخت و ساز و تحقیقات قبلی انجام شده در این زمینه و همچنین آمار حوادث تامین اجتماعی استفاده شد و جمعاً ۴۶ ریسک مهم در زمینه ایمنی شناسایی شدند. سپس ساختار شکست آن‌ها مطابق شکل ۴ رسم شد. پس از شناسایی نهایی ریسک‌ها، پرسشنامه دیگری طراحی و در آن به ازای هر ریسک، شدت اثر و احتمال وقوع آن از متخصص پرسیده و از متخصصین خواسته شد که به تمامی ریسک‌های ایمنی پروژه پاسخ دهند و شدت اثر و احتمال وقوع هر ریسک را به صورت عبارات زبانی مطابق قسمت ۳-۴ بیان کنند.

تعریف پارامترهای زبانی: پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها باید پاسخ‌های زبانی داده شده به احتمال وقوع و شدت اثر هر ریسک به اعداد فازی تبدیل شوند. برای این کار با توجه به جداول ۱ و ۲ به پاسخ‌های داده شده عدد فازی مربوطه را اختصاص می‌دهیم و در انتها میانگین تمام پاسخ‌ها را با توجه به ضریب مشارکت هرمتخصص با استفاده از فرمول‌های ۱۵ و ۱۶ بدست می‌آوریم.

ارزیابی ریسک: پس از شناسایی ریسک‌ها، فاکتور ریسک با استفاده از فرمول (۱۴) بدست آمد و در نهایت ریسک‌ها رتبه‌بندی شدند. برای محاسبات فازی مربوط به ضرب، همانطور که در قسمت ۲ گفته شد از α-cut استفاده شد.

در نهایت مقادیر فازی بدست آمده برای ریسک مصالح قابل اشتعال را فازی‌زدایی شد و مقدار کلی فاکتور ریسک برابر ۰/۶۳۶۵ بدست آمد (با تقریب).

$$ORF = \frac{0.563+0.71}{2} = 0.6365$$



شکل ۵-محاسبه درجه بحرانی بودن برای ریسک مصالح قابل

محاسبه درجه بحرانی بودن ریسک‌ها:

پس از محاسبه مقدار فاکتور ریسک، برای پاسخ به ریسک‌ها باید درجه بحرانی بودن ریسک به صورت دقیق محاسبه گردد. زیرا مقدار بعضی از ریسک‌ها می تواند در دو محدوده قرار گیرد. بنابراین برای محاسبه دقیق درجه بحرانی بودن ریسک از جدول شماره ۳ استفاده می‌کنیم. برای مثال برای ریسک شماره ۳۱ مقدار فاکتور ریسک ۰/۶۳۶۵ بدست آمد که با توجه به جدول شماره ۳ و شکل شماره ۳،۱۰۰٪ در محدوده ریسک‌های زیاد (Ma) قرار دارد.

یافته‌ها

برای ریسک‌های پروژه جدول ۶ راخواهیم داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

پس از ارزیابی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های بلندمرتبه سازی با استفاده از توزیع پرسشنامه و جمع آوری نظر ۳۵ متخصص و در این زمینه و با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای به این نتیجه رسیدیم که در پروژه‌های بلند مرتبه، ریسک‌های ایمنی بسیار بحرانی هستند و بسیاری از آن‌ها روی سلامت افراد هم بصورت کوتاه مدت و هم دراز مدت اثرات جبران

شکل ۵-محاسبه درجه بحرانی بودن برای ریسک مصالح قابل اشتعال

بزرگی ریسک	ریسک فاکتور	ریسک	رتبه
0.04Ma-0.96C	۰/۸۹۲۴۴۳	ریسک سقوط افراد (از طبقات، بالابرها و ...) هنگام کار در ارتفاع	۱
0.13Ma-0.87C	۰/۸۷۴۹۸۱	ریسک سقوط افراد از داربست	۲
0.15Ma-0.85C	۰/۸۶۹۲۸۴	ریسک سقوط از ارتفاع هنگام نصب اسکلت	۳
0.35Ma-0.65C	۰/۸۲۹۴۵۵	ریسک سقوط اشیاء و مصالح (از طبقات، جرثقیل، ماشین آلات و ...) در هنگام کار در ارتفاع	۴
0.4Ma-0.6C	۰/۸۱۹۴۵	ریسک صدمه به ساختمان‌های مجاور در تخریب و گودبرداری	۵
0.46Ma-0.54C	۰/۸۰۷۰۸۲	ریسک سقوط مصالح و ابزار از داربست	۶
0.49Ma-0.51C	۰/۸۰۲۹۴۶	ریسک فروریختن اسکلت و سقوط قطعات فلزی و ابزارآلات هنگام نصب اسکلت	۷
0.5Ma-0.5C	۰/۷۹۹۲۱۷	ریسک چاه‌های حفر شده(افتادن، خفگی و..)	۸
0.53Ma-0.47C	۰/۷۹۳۵۵	برق‌گرفتگی در کارگاه(سیم‌ها و کلید و پریز معیوب و آزاد،خطای انسانی،خطوط انتقال برق و غیره)	۹
0.55Ma-0.45C	۰/۷۹۰۶۳	ریسک سقوط اجزای جرثقیل و واژگونی جرثقیل (هنگام نصب، پس از نصب)	۱۰
0.56Ma-0.44C	۰/۷۸۸۴۰۴	ریسک ریختن آوار در تخریب	۱۱
0.56Ma-0.44C	۰/۷۸۷۶۸۳	ریسک انفجار و آتش‌سوزی کپسول‌های اکسیژن و کپسول‌های تحت فشار	۱۲
0.61Ma-0.39C	۰/۷۷۷۲۵۸	ریسک سقوط افراد، مصالح و ماشین‌آلات هنگام گودبرداری	۱۳
0.61Ma-0.39C	۰/۷۷۷۲۰۷	ریسک برخورد اشیا بلند شده با افراد یا ماشین‌آلات	۱۴
0.62Ma-0.38C	۰/۷۷۵۷۴۵	ریسک صدمه به تاسیسات زیرزمینی در تخریب و گودبرداری	۱۵
0.65Ma-0.35C	۰/۷۶۹۴۴۵	ریسک تخریب دیواره‌های نگهبان به دلیل عدم پایداری(در تخریب و گودبرداری)	۱۶
0.82Ma-0.18C	۰/۷۳۶۶۳۸	ریسک پرتاب اشیا و مصالح در تخریب و گودبرداری	۱۷
0.86Ma-0.14C	۰/۷۲۸۳۵۳	ریسک برخورد جرثقیل و بالابرها با خطوط برق	۱۸
0.87Ma-0.13C	۰/۷۲۵۲۷۶	ریسک سقوط بالابر	۱۹
0.9Ma-0.1C	۰/۷۲۰۰۰۶	ریسک استفاده از دخانیات در محل‌های با بخارات قابل اشتعال	۲۰
0.93Ma-0.07C	۰/۷۱۴۵۸۴	ریسک برق‌گرفتگی هنگام کار با وسایل برقی و ماشین آلات	۲۱
0.95Ma-0.05C	۰/۷۱۰۵۶	ریسک فرو ریختن داربست	۲۲
0.98Ma-0.02C	۰/۷۰۴۳۰۵	ریسک آتش‌سوزی به دلیل صدمه به گاز و برق حین کار (گودبرداری، تخریب و ...)	۲۳
Ma	۰/۶۷۵۸۷۹	ریسک طوفان و باد شدید	۲۴

ادامه جدول ۶

۲۵	ریسک برخورد سازه با سازه‌های مجاور،ماشین‌آلات و افراد هنگام نصب اسکلت	۰/۶۷۰۵۸۹	Ma
۲۶	ریسک برق‌گرفتگی هنگام جوشکاری	۰/۶۶۹۷۷۳	Ma
۲۷	ریسک برق‌گرفتگی به دلیل تخریب و گودبرداری	۰/۶۵۸۶۸۶	Ma
۲۸	ریسک استفاده نامناسب از ابزار (هوابرش،فرز وغیره) هنگام نصب اسکلت	۰/۶۴۳۰۹۲	Ma
۲۹	حریق ناشی از سوخت ماشین‌آلات و وسایل گرم‌کننده	۰/۶۴۲۵۰۵	Ma
۳۰	ریسک سقوط قالب و اشیاء هنگام نصب اسکلت بتنی	۰/۶۴۱۱۷۵	Ma
۳۱	ریسک مصالح قابل اشتعال(قیر و غیره)	۰/۶۳۶۷۵۳	Ma
۳۲	ریسک واژگونی ماشین‌آلات	۰/۶۳۱۸۸۲	Ma
۳۳	ریسک صاعقه	۰/۶۱۹۶۱۸	Ma
۳۴	ریسک حریق سوزاندن مصالح،ضایعات و آشغال در کارگاه	۰/۶۰۳۷۶۸	Ma
۳۵	ریسک سیل و باران‌های تند	۰/۶۰۳۳۹	Ma
۳۶	ریسک پرتاب مصالح از ماشین‌آلات	۰/۵۹۹۷۳۲	Ma
۳۷	ریسک بتن‌ریزی	۰/۵۹۶۰۵۳	0.02Mi-0.98Ma
۳۸	ریسک شمع‌های نگهدارنده هنگام نصب اسکلت بتنی	۰/۵۹۵۹۴۵	0.02Mi-0.98Ma
۳۹	ریسک حریق مواد قابل اشتعال و شیمیایی در حین کار (تخریب،گودبرداری، نگهداری، استفاده در تمیزکاری و غیره)	۰/۵۸۳۲۲	0.08Mi-0.92Ma
۴۰	ریسک ابزارهای دستی و کارگاهی	۰/۵۸۲۶۴۵	0.09Mi-0.91Ma
۴۱	ریسک قالب‌بندی	۰/۵۷۵۲۷۷	0.12Mi-0.88Ma
۴۲	ریسک صدمه به افراد به دلیل برخورد با داربست	۰/۵۷۵۲۶۶	0.12Mi-0.88Ma
۴۳	ریسک آرماتوربندی	۰/۵۶۴۸۰۳	0.18Mi-0.82Ma
۴۴	ریسک گیرکردن افراد در ماشین‌آلات یا بین ماشین‌آلات	۰/۵۵۸۵۷۲	0.21Mi-0.79Ma
۴۵	ریسک زمین لغزش	۰/۵۴۶۹۴۲	0.27Mi-0.73Ma
۴۶	ریسک تصادف ماشین‌آلات (با ماشین‌آلات دیگر، سازه‌های موقت،با افراد و غیره)	۰/۵۱۵۴۲۵	0.42Mi-0.58Ma

ناپذیری می‌گذارند. همچنین این ریسک‌ها بصورت مستقیم و غیر مستقیم بر روی زمان، کیفیت و هزینه پروژه تأثیر می‌گذارند چرا که هزینه‌ای که برای یک نیروی جدید باید پرداخته شود و زمان‌های از دست رفته می‌تواند بسیار بحرانی و مهم باشد.

در تحقیق انجام شده، ده گروه کلی ریسک شناسایی شد که با ارزیابی‌های انجام شده ریسک‌های کار در ارتفاع ریسک بحرانی بدست آمدند و باید برای کاهش یا حذف آن‌ها اقدامات کنترلی را انجام داد. از بین ریسک‌های زیر گروه‌های اصلی، مطابق نتایج بدست آمده از جدول شماره ۵ ریسک سقوط افراد و اشیا، ریسک گودبرداری و تخریب ریسک‌های بحرانی بدست آمدند که پاسخ به آن‌ها ضروری می‌باشد و همچنین ۱۳ ریسک، به عنوان ریسک‌های مهم با درجه‌ای بحرانی بدست آمدند که در جدول شماره ۵ از ریسک شماره ۸ تا ۲۱ رتبه‌بندی شدند که پاسخ به این ریسک‌ها لازم می‌باشد. در واقع بحرانی‌ترین ریسک در بلندمرتبه سازی، کار در ارتفاع و سقوط افراد است که درجه بحرانی بودن یا بزرگی آن ۹۶٪ در ناحیه بحرانی و

۴٪ در ناحیه مهم است که این نشان دهنده درجه بالای اهمیت این ریسک است. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات گذشته مانند لیو و تسای در سال ۲۰۱۲ [۲۳]، گورکانلی و مورگان در سال ۲۰۰۹[۲۴]، آنزریس و همکارانش در سال ۲۰۱۱ [۱۳]، مارهاویلاس و همکارانش در سال ۲۰۱۱ [۲۵]، پرلامان و همکارانش در سال ۲۰۱۴ [۲۶] هم‌خوانی دارد؛ بنابراین توصیه می‌شود برای کاهش اثرات منفی آن، از روش‌ها و تجهیزاتی که خطر سقوط افراد در حین کار را از بین ببرد استفاده گردد. هرگز در ارتفاعات به تنهایی کار نشود. هنگام کار در ارتفاع از کمربندها و طناب‌های نجات مخصوص کار در ارتفاع مجهز به گیره‌ها و سایر وسایل نگهداری استفاده شود، از دیوارهای موقت ایمن (گارد ریل) در طبقات استفاده شود، در انجام کارهایی که احتمال عبور، سقوط افراد و اشیاء وجود دارد و زمان انجام زیاد است، استفاده از شبکه‌های (توری) ایمنی ضروری است، هر کارگری که در طبقات کار می‌کند باید از خطر سقوط محافظت شود، بدین منظور مهیا کردن گاردریل‌ها (باند حفاظ)، فنس‌ها، موانع، پوشش‌ها یا بندکشی مورد نیاز می‌باشد.

همچنین با بررسی‌های انجام شده در ریسک‌های بحرانی هر گروه متوجه شدیم بسیاری از این ریسک‌ها به دلیل فقر فرهنگ درست ایمنی و عدم استفاده یا استفاده نادرست از تجهیزات ایمنی و یا عدم شرایط به وجود می آیند. چرا که ریسک‌های بحرانی موجود در هر گروه، ریسک‌هایی هستند که هر فرد می تواند با بالابردن فرهنگ کاری خود، در کاهش آنها بسیار مؤثر باشد. مثلاً در یک کارگاه مشاهده شد که کارگر به دلیل اینکه مورد تمسخر دیگران واقع نشود از وسایل حفاظت فردی استفاده نمی‌کردند. این مصداق کامل ضعف فرهنگ ایمنی می باشد. علاوه‌بر فرهنگ ایمنی، عدم آگاهی مسئولین ایمنی کارگاه‌ها از خطرات شغلی و عوامل زیان‌آور محیطی باعث بسیاری از حوادث جبران‌ناپذیر می‌شود. بنابراین برای کاهش بسیاری از این ریسک‌ها باید فرهنگ ایمنی در کارگاه‌ها و شرکت-های مربوطه و همچنین در بین تمامی افراد درگیر در پروژه افزایش یابد که این موضوع با تحقیقات حنیفی یزدی و همکارانش در سال ۲۰۱۲ [۲]، تام و همکارانش در سال ۲۰۰۴ [۲۷] هم‌خوانی دارد.

در واقع جدول شماره ۵ جدولی است که بستگی کامل به ماهیت ریسک‌ها و اهمیت پروژه دارد و مدیر HSE یا مدیر پروژه می‌تواند با توجه به اهمیت پروژه به ریسک‌های آن پاسخ دهد. مثلاً ممکن است در یک پروژه، بر حسب ماهیت، ریسک‌های دارای درجه بحرانی (ریسک شماره ۱ تا ۲۳) پاسخ داده شود یا در پروژه دیگر ریسک‌های با درجه زیاد نیز مهم باشد که پاسخ داده‌شوند. این جدول همچنین می‌تواند در بهبود سلامت در پروژه‌های بلند مرتبه و ساخت و سازهای شهری، به مدیران پروژه بسیار کمک کند.

منابع

1. National Building Regulations, twelve threads, safety at work. Department of Housing and Urban Development.2009
2. Hanifi Yazdi S, Gholipour Y. Effectiveness of safety equipment to reduce the damage caused by construction accidents.7th congress of civil engineering.Isfahan.2012. [Persian]
3. Gharib M, Maknoon R, Sebt M. Design of HSE Model for construction in Iran. [Thesis]. Department of civil and environment engineering.Amirkabir University of Technology.iran.2011. [Persian]
4. Hanifi Yazdi S, Gholipour y .Study risk bodily injuries in the construction.7th congress of civil engineering.Isfahan.2012. [Persian]
5. Amini B.Review and analysis of events in the construction industry and the general in Iran in 2008.2th construction safety conference.khaneh omran.iran.tehran.2009. [Persian]
6. Rekab islami M, Ardeshir A, Maknoon R. Risk Assessment in high rise building construction projects with fuzzy Approach, [Thesis]. Department of civil and environment engineering Amirkabir University of Thechnology.2013. [Persian]
7. Stanton WA, Willenbrock JH. Conceptual framework for computer-based construction safety control.Journal of Construction Engineering and

Management.1990.pp383-398
8. Chi CF, Wu ML. Effects of age and occupation on occupational fatality rates.Safety Science 27, 1997.pp1–17.
9. Jannadi O, Assaf S. Safety assessment in the built environment of Saudi Arabia. Safety Science 29. 1998. 15–24.
10. Sawacha E, Naoum S, Fong D. Factors afecting safety performance on construction sites. International Journal of Project Management Vol. 17, No. 5, pp. 309-315, 1999.
11. Suraji A, Duff AR, Peckitt SJ. Development of Causal model of construction accident causation.Journal of construction Engineering and Management,127,2001.pp337-345
12. Tam CM, Zeng SX, Deng ZM. Identifying elements of poor construction safety management in China.Safety Science 42. 2004. pp569–586
13. Aneziris ON, Topali E, Papazoglou. Occupational risk of Building Construction. Reliability Engineering and System Safety. 2011
14. Kaufmann A, Gupta MM. Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Aplication. Van Nostrand Reinhold, New York.1991
15. Fazel zarandi M. Fuzzy set theory: Principles applications. 2th ed.amirkabir university publication.2010. [Persian]
16. Ghazanfari M, Rezaee M. Introduction to fuzzy set theory. 2th ed. University of Science and Technology publication.2010. [Persian]
17. Klir GJ, Yuan B. Fuzzy sets and Fuzzy logic: theory and application.1995
18. Zeng J, An M, Smith NJ. Appliction of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment.International Journal of Project Management, 2007, pp589-600
19. Rafiee zadeh A, Ardeshir A. Qualitative risk assessment in Construction project with Fuzzy Approach, [Thesis]. Department of civil and environment engineering. Amirkabir University of Thechnology.2009. [Persian]
20. Lahooti M, Nemati S. Safety Cheklist in construction site.Fadak Isatis publication.2011. [Persian]
21. Adibi M. HSE and Technical Cheklist in construction Projects.fanavaran Publication.2011. [Persian]
22. Nieto-Morote A, Ruz-vila F. A fuzzy approach to construction project risk assessment. International Journal of Project Management,2011,29,pp220-231
23. Liu H T, Tsai YL. Fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. Safety Sciences 50.2012. pp.1067–1078.
24. Gurcanli GE. Mungen U. An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets. International Journal of Industrial Ergonomics (39), 2009,pp 371–387
25. Marhavilas PK, Koulouriotis D, Gemeni V. Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period. 2009. Journal of Loss Prevention in the Process Industries (24),2011,pp 477-523
26. Perlman A, Sack R, Barak R. Hazard recognition and risk perception in construction. Safety Science Journal (04),2014,pp 22-31
27. Tam CM, Zeng, SX, Deng, ZM. Identifying elements of poor construction safety management in China, Safety Science (42), 2004, pp 569–586.

Safety risk assessment effective on occupational health in high-rise building construction projects with fuzzy approach

A. Ardeshir[1], R. Maknoon[2], M. Rekab Islamizadeh [3], Z. jahantab[4]

Received: 2013/02/12 Revised: 2013/11/08 Accepted: 2013/12/04

Abstract

Background and aims: Today, due to the increasing of urban population and hence land shortage, construction of tall buildings are rising.The potential risks of such projects arecomparatively more than the conventional construction as the construction industry is reliant on manpower. Therefore attention to the health and safety of persons engaged in construction projects is essential.The purpose of this research was to identify, evaluate and rank the safety risks that may have harmful effects on human health in high rise building projects.

Methods: In this research safety risks in high-rise buildings were identified with thru available checklist and interview with experts, and in the next level they wereassessed using 35 expert opinions.Then for quantitative analysis Fuzzy Logic Technique with Trapezoidal Distribution were used and data were also analyzed for uncertainty.After risk evaluation, the degree of critical level of each risk was calculated and for treatment the calculated risks were ranked.

Results: Following the assessment, the risk of working at heights in high-rise construction projects, with 89% risk factor and 96% degree of criticalwas identified as the most critical risk.By comparing theresults of risk groups, working at heights, scaffolding, and excavation andworking with electricity were rankedas the most critical risk groups, respectively.

Conclusion: Occupational risks in High-rise Building projects are very important andmany of them maylead to Short-term or long-term effects on human health.Also these risks influence directly and indirectly on time, quality and cost of projects. Therefore, it is necessary to control and reduce such risks in design and implementation steps.

Keywords: Risk, Safety, Fuzzy, Sustainable development, High-rise Building.

1. (**Corresponding author**) Associate Professor, Department of Civil and Environment Engineering, Head of Enviro, Research Center, Amirkabir University of Technology,Tehran, Iran. ardeshir@aut.ac.ir
2. Assisstant Professor, Department of Civil and Environment Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
3. MSc Student of HSE, Department of Civil and Environment Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
4. MSc Student of Architecture, Department of Architecture, Islamic Art University of Tabriz, Tabriz, Iran.