

دوفصلنامه علمی - ترویجی کارافن

شماره چهل و پنجم، بهار و تابستان 1398 (صص 52-35)
شاپای چاپی: 2382-9796 شاپای الکترونیکی: 2538-4430
<http://karafan.tvu.ac.ir>



ارائه مدلی جامع و اجرایی برای استقرار مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی براساس استاندارد PMBOK

شیوا منصورزاده*

استادیار، مهندسی صنایع، مرکز آموزش عالی فنی و مهندسی بوئین‌زهره، قزوین، ایران

محمدحسین نظامی پاکده

دانش آموخته کارشناسی مهندسی صنایع، مرکز آموزش عالی فنی و مهندسی بوئین‌زهره، قزوین، ایران

تاریخ پذیرش نهایی: 1397/08/28

تاریخ دریافت مقاله: 1397/05/21

چکیده

بیشتر پروژه‌های ساختمانی از تأخیر در اجرای تعهدات رنج می‌برند. تأخیر، عاملی اثرگذار بر ایجاد اختلال در اقتصاد پروژه است که حتی در مواردی حیات و ارزش سهام آن را نیز به خطر می‌اندازد و سود حاصل برای پیمانکار و کارفرما را کاهش می‌دهد. اغلب شرکت‌های عمرانی فاقد فرایندها و حتی فرهنگ مناسب برای مدیریت ریسک هستند که عاملی کلیدی در اجرای موفق پروژه است. از سویی در استاندارد PMBOK شیوه اجرای مدیریت ریسک بیان نشده، بلکه تنها الزامها شرح داده شده است. در تحقیق حاضر، شناسایی ریسک از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی انجام شده است، سپس مقدار ریسک‌ها با توجه به نتایج پرسشنامه‌ای که برای خبرگان و مدیران پروژه ارسال شده بود و از طریق روش‌های RPN و FMEA فازی، محاسبه شده است. در انتها نیز ریسک‌هایی که مقدار محاسبه شده آن‌ها در محدوده استاندارد نباشد، از طریق روش‌های FTA و ETA تجزیه و تحلیل شده و احتمال کاهش آن‌ها بررسی می‌شود. مدل مربوطه در یک پروژه ساختمانی بزرگ پیاده‌سازی شده و نتایج آن در این مقاله تشریح شده است.

واژگان کلیدی:

استاندارد PMBOK، پروژه‌های ساختمانی، مدیریت ریسک.

* نویسنده مسئول مکاتبات: pourjavan@tvu.ac.com

1. مقدمه

ریسک پتانسیلی است که می‌تواند مشکلاتی را برای اجرای پروژه ایجاد و دستیابی به اهداف آن را مختل کند. ریسک جزء ذاتی تمامی پروژه‌هاست و امکان حذف کامل آن وجود ندارد. اگرچه می‌توان برای کاهش تأثیر آن در دستیابی به اهداف پروژه، آن را به طور مؤثری مدیریت کرد. احتمال رخداد ریسک دست‌کم در یکی از ابعاد پروژه مانند محدوده، زمان، هزینه یا کیفیت وجود دارد؛ بنابراین شناسایی، تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی ریسک می‌تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه داشته باشد.⁽¹⁶⁾ پروژه‌های ساخت به دلیل مواجهه با مسائلی همچون شرایط پیش‌بینی نشده، زمین و آب‌وهوا، حضور افراد درگیر در پروژه با فرهنگ‌های مختلف، بی‌ثباتی‌های سیاسی و امکان تغییر سیاست‌های دولت، مسائل مالی و اقتصادی و غیره همواره با ریسک‌های فراوان روبه‌رو هستند. تعداد و اهمیت هر یک از این ریسک‌ها به بزرگی پروژه و پیچیدگی آن بستگی دارد. پرهیز و جلوگیری از بروز ریسک‌ها در پروژه امری ناممکن است؛ از این‌رو استفاده از سیستم جامع مدیریت ریسک برای مدیریت تمام انواع ریسک‌ها ضروری به نظر می‌رسد.⁽¹³⁾

مدیریت ریسک فرایندی پیوسته و منظم است که از طریق چرخه حیات یک پروژه و به‌منظور کسب درجه بهینه‌ای از کاهش و تعدیل و کنترل ریسک، به تحلیل و پاسخ‌گویی به آن‌ها می‌پردازد.⁽¹²⁾ مدیریت ریسک عنصری حیاتی در مدیریت پروژه است. اگر بخواهیم تعریفی برای ریسک ارائه دهیم می‌توانیم بگوییم امکان بروز پیشامدی ناخوشایند در کار است، مانند خطر، زیان مالی و صدمه که احتمال وقوع دارد و می‌تواند بر روی پروژه اثر بگذارد و از سه عامل احتمال وقوع، تأثیر و امکان کنترل تشکیل شده است.⁽⁵⁾ پیاده‌سازی سیستم مدیریت ریسک می‌تواند سازمان و کارفرمایان را در جهت مصرف بهینه زمان و انرژی یاری رساند و سود به‌دست‌آمده را بیشتر کند. استاندارد PMBOK¹ با ارائه الزامات مدیریت ریسک می‌تواند راهنمایی خوبی برای این منظور باشد. ولی روش اجرایی جامع و کاربردی را با توجه به مشخصه‌های پروژه ارائه نمی‌دهد.⁽²⁾

2. پیشینه تحقیق

صداقتی و همکاران در سال 1398، از روش FMEA فازی در شرایط عدم قطعیت برای پروژه‌های سدسازی استفاده کردند.⁽³⁾ رهنما و حجازی (1396)، نیز برای تدوین راهبردهای بهبود مشارکت در پروژه‌ها از روش مدیریت ریسک استفاده کردند. در این مقاله برای انتخاب استراتژی مقابله با ریسک، از روش سوات استفاده شده است.⁽⁸⁾ اسماعیل چراغی و همکاران ریسک‌های موجود در پروژه‌های

ساخت‌وساز را از طریق روش FMEA تعیین کردند.⁽⁹⁾ خزامی نیز در تحقیق خود با استفاده از روش TOPSIS، ریسک‌های موجود در پروژه‌ها را اولویت‌بندی کرده است.⁽¹⁾ با توجه به این موضوع، در این مقاله مدیریت ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی که یکی از حوزه‌های مدیریت پروژه بر مبنای استاندارد PMBOK است، به طور کامل بررسی شده و فلوچارت‌های اجرایی هر مرحله ارائه می‌شود.

3. روش تحقیق

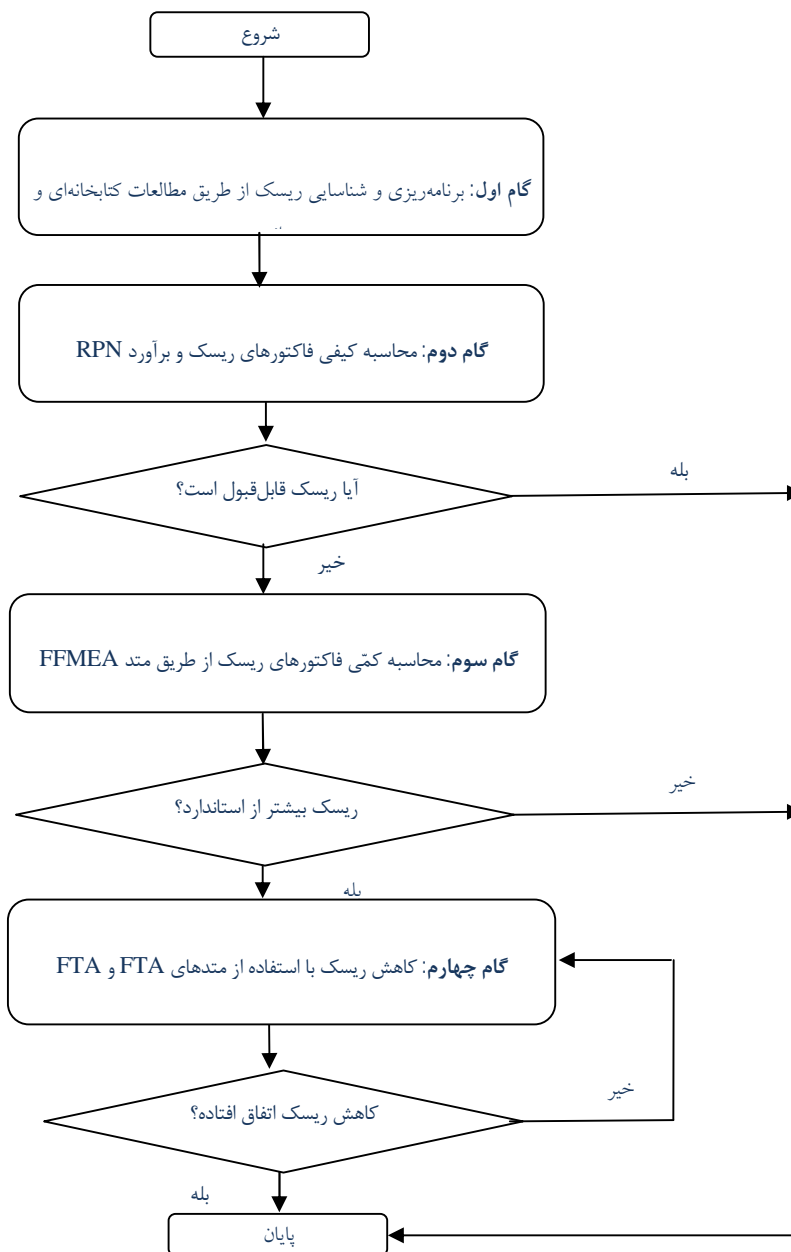
این تحقیق از نظر ماهیت، توصیفی و از نظر دیدگاه هدف، کاربردی است. جمع‌آوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی (مصاحبه با مدیران پروژه) انجام شده است. مراحل تحقیق طی چهار گام اصلی مطابق شکل شماره 1 انجام گرفته است. در گام نخست برنامه‌ریزی، ریسک‌های موجود در پروژه‌های ساختمانی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی شناسایی شده و سپس پرسشنامه‌ای برای تعیین امتیاز ریسک‌ها تهیه و به روش دلفی برای پنج خبره (مدیر پروژه‌های ساختمانی) ارسال می‌شود. سپس مقدار کیفی ریسک‌ها یا به عبارتی مقدار RPN¹ از طریق نتایج پرسشنامه برآورد می‌شود. مقدار کمی ریسک‌ها نیز برای اولویت‌بندی، از طریق روش FFMEA² محاسبه و ریسک‌ها بر آن اساس رتبه‌بندی می‌شوند. ریسک‌هایی که از مقدار استاندارد فاصله دارند، برای کاهش به گام چهارم وارد می‌شوند. در گام چهارم، از طریق روش FTA³ ریشه و علل وقوع ریسک‌ها شناسایی و احتمال وقوع آن‌ها محاسبه می‌شود و سپس از طریق روش ETA⁴ استراتژی‌های کاهش ریسک پیشنهاد شده و احتمال کارآبودن آن‌ها به دست می‌آید.

4. مدیریت ریسک

مدیریت ریسک یکی از حوزه‌های مدیریت پروژه در استاندارد PMBOK است که در شکل شماره 1 نمایش داده شده است. در این استاندارد، مدیریت ریسک پروژه به فازهای برنامه‌ریزی، شناسایی، اندازه‌گیری (کیفی و کمی)، ارائه پاسخ (واکنش در مقابل ریسک) و کنترل ریسک تقسیم شده است.⁽¹⁶⁾ شکل شماره 2 مراحل کلی مدیریت ریسک را بر مبنای استاندارد PMBOK نشان می‌دهد.

1. Risk Priority Number
3. Fault Tree Analysis

2. Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis
4. Even Tree Analysis



شکل 1. مدل مفهومی تحقیق

در این تعریف، مدیریت ریسک پروژه عبارت است از «کلیه فرایندهای مرتبط با شناسایی، تحلیل و پاسخ‌گویی به هرگونه عدم اطمینان که شامل حداکثرسازی نتایج رخدادهای مطلوب و

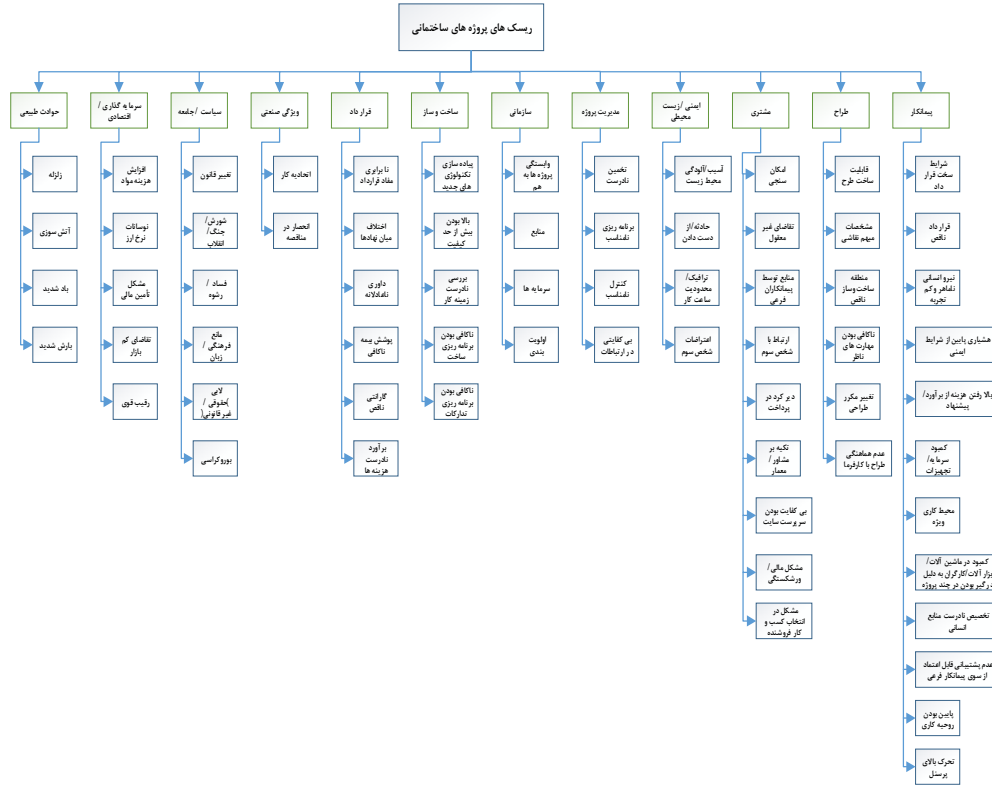
به حداقل رساندن نتایج وقایع نامطلوب باشد.⁽¹³⁾ گفتنی است مورد مطالعاتی این تحقیق، یکی از شرکت‌های بزرگ ساختمانی واقع در شهر تهران است که پیاده‌سازی مدل پیشنهادی در آن، نتایج چشمگیری به دنبال داشته است. در ادامه روش اجرایی هر یک از این مراحل، جداگانه بررسی و تشریح می‌شود.



شکل 2. مراحل مدیریت ریسک بر مبنای استاندارد PMBOK

4-1. برنامه‌ریزی مدیریت ریسک

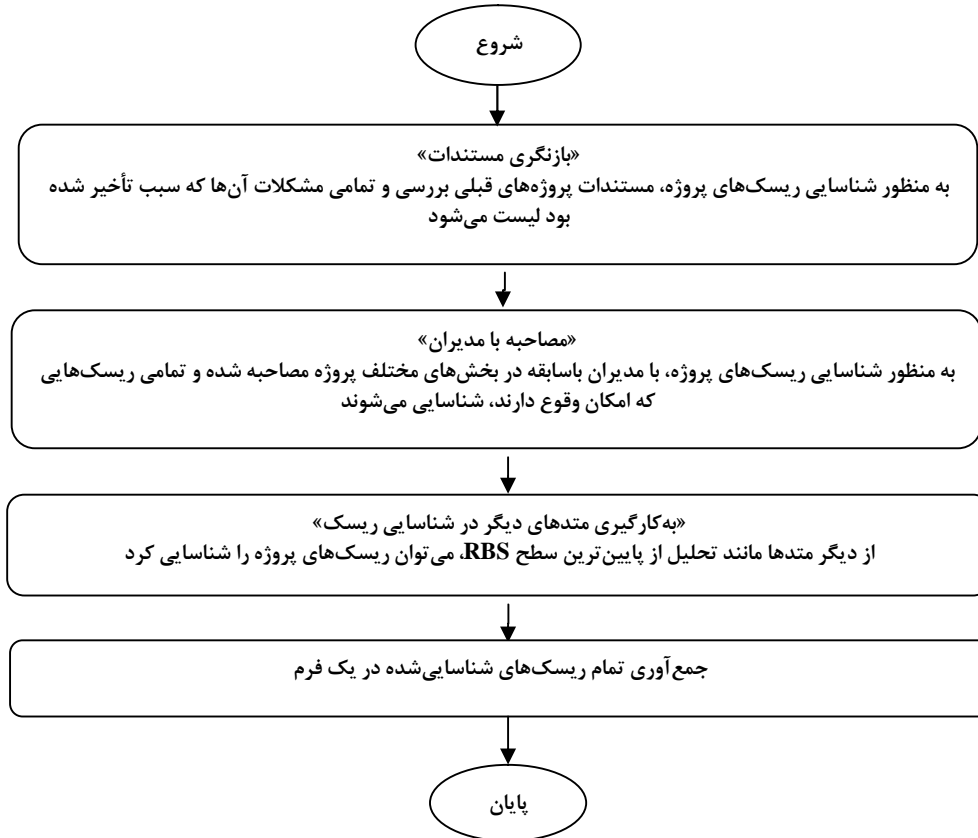
پیش از آغاز فرایند مدیریت ریسک (یا هر حیطه دیگری از مدیریت) ابتدا باید نقشه راهی برای کل فرایند ترسیم کرد تا در خلال اجرای فرایند، اعضای تیم سردرگم نباشند؛ یا به عبارت دیگر، بدانند چه می‌کنند و به دنبال دستیابی به چه نتیجه‌هایی هستند.⁽¹²⁾ مرحله تدوین این نقشه راه «برنامه‌ریزی ریسک» است. برنامه ریسک در واقع عملکرد تیم پروژه و رویکرد آنان نسبت به ریسک‌های پروژه است. برنامه مدیریت ریسک، یعنی شیوه برنامه‌ریزی، نظارت و کنترل ریسک. به عبارتی این برنامه تمامی روندهای را که بر حوزه مدیریت ریسک پروژه حاکم است، توضیح می‌دهد.⁽¹⁴⁾ یکی از الزام‌های مدل پیشنهادی، ارائه ساختار شکست ریسک‌های پروژه است که تأثیر بسزایی در شناسایی و مدیریت ریسک دارد.⁽¹⁰⁾ شکل شماره 3، ساختار شکست ریسک در پروژه‌های ساختمانی را نشان می‌دهد که دارای 12 شاخه اصلی ریسک و 67 ریسک است. 12 شاخه اصلی عبارتند از، پیمانکار، طراح، مشتری، ایمنی (زیست‌محیطی)، مدیریت پروژه، سازمانی، ساخت‌وساز، قرارداد، ویژگی صنعتی، سیاست (جامعه)، سرمایه‌گذاری (اقتصادی)، و حوادث طبیعی.



شکل 3. ساختار شکست ریسک در پروژه های ساختمانی

4-2. شناسایی ریسک

در این فرایند، ریسک های پروژه یعنی اتفاقات مطلوب یا نامطلوبی که ممکن است در آینده رخ دهد و رخ دادنشان حتمی نیست، شناسایی می شوند.⁽¹⁷⁾ به منظور پیاده سازی مرحله دوم مدیریت ریسک نیاز است اقداماتی مطابق فلوجارت موجود در شکل شماره 4 صورت پذیرد.



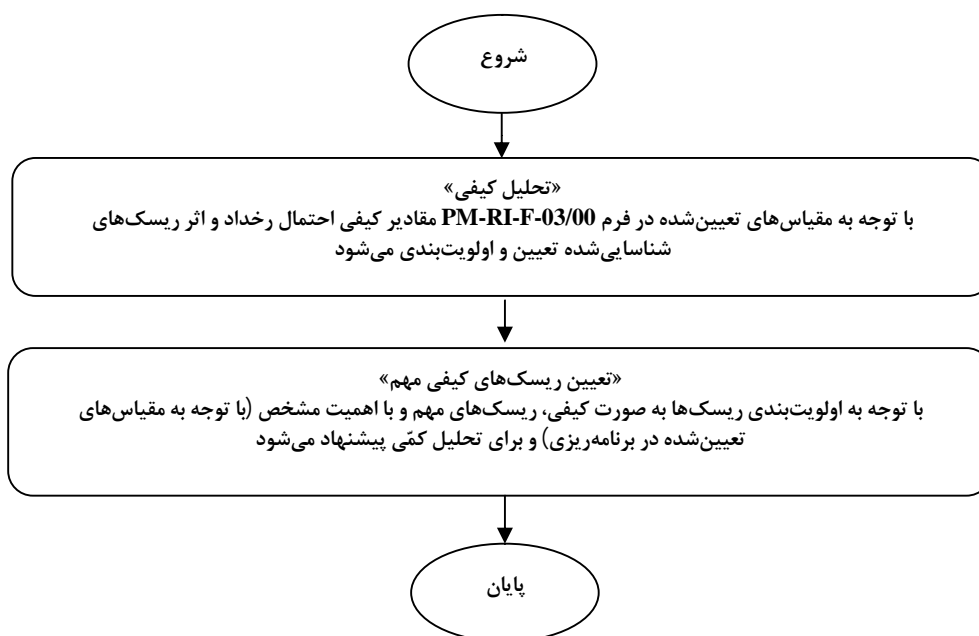
شکل 4. فلوجارت اجرایی شناسایی ریسک

4-3. تحلیل کیفی

در این مقاله برای تحلیل ریسک از روش منطق فازی¹ استفاده می‌شود. برای این منظور، ابتدا باید تحلیل کیفی و سپس تحلیل کمی ریسک انجام شود. تحلیل کیفی ریسک یعنی تعیین حاصل ضرب احتمال وقوع، شدت و کنترل هر یک از ریسک‌های شناسایی شده که با RPN مشخص می‌شود؛ به عبارتی تحلیل کیفی، میزان اهمیت احتمالی هر یک از ریسک‌ها را از نقطه نظر تأثیرگذاری بر اهداف پروژه تعیین می‌کند؛ از این رو باید نتایج ناشی از هر ریسک تعیین شود.⁽¹¹⁾

ساده‌ترین راه برای مشخص کردن ریسک‌های مهم در تحلیل کیفی این است که احتمال وقوع، میزان تأثیر و قابلیت کنترل آن‌ها را در هم ضرب کرده و امتیاز حاصله را درباره تمام ریسک‌ها با هم

مقایسه کرد.⁽¹⁸⁾ مرز بحرانی بودن ریسک‌ها توسط مدیر پروژه با توجه به اهمیت و حساسیت هر پروژه تعیین می‌شود و ریسک‌هایی که امتیازشان از آن حد بالاتر باشد، فرایند کاهش ریسک درباره آن‌ها اعمال می‌شود. ریسک‌هایی که امتیازشان از آن میزان پایین‌تر باشد نیز تحت نظر باقی می‌مانند، زیرا ممکن است در آینده میزان تأثیر یا احتمال وقوع‌شان تغییر کرده و به ریسک‌های مهم تبدیل شوند. در این تحلیل مقدار کیفی ریسک‌ها با خیلی زیاد،¹ زیاد،² متوسط،³ کم⁴ و خیلی کم⁵ تعیین می‌شود. به منظور پیاده‌سازی تحلیل کیفی، ریسک اقدامات زیر مطابق شکل شماره 5 صورت می‌پذیرد.



شکل 5. فلوجارت اجرایی تحلیل کیفی

برای تحلیل کیفی، پرسش‌نامه‌هایی طراحی و توسط کارشناسان سازمان و تیم پروژه تکمیل، جمع‌بندی و یکپارچه‌سازی شده است که بر آن اساس، اولویت‌بندی ریسک‌ها مطابق جدول شماره 1 ارائه شده است.

1. Very High
3. Medium
5. Very Low

2. High
4. Low

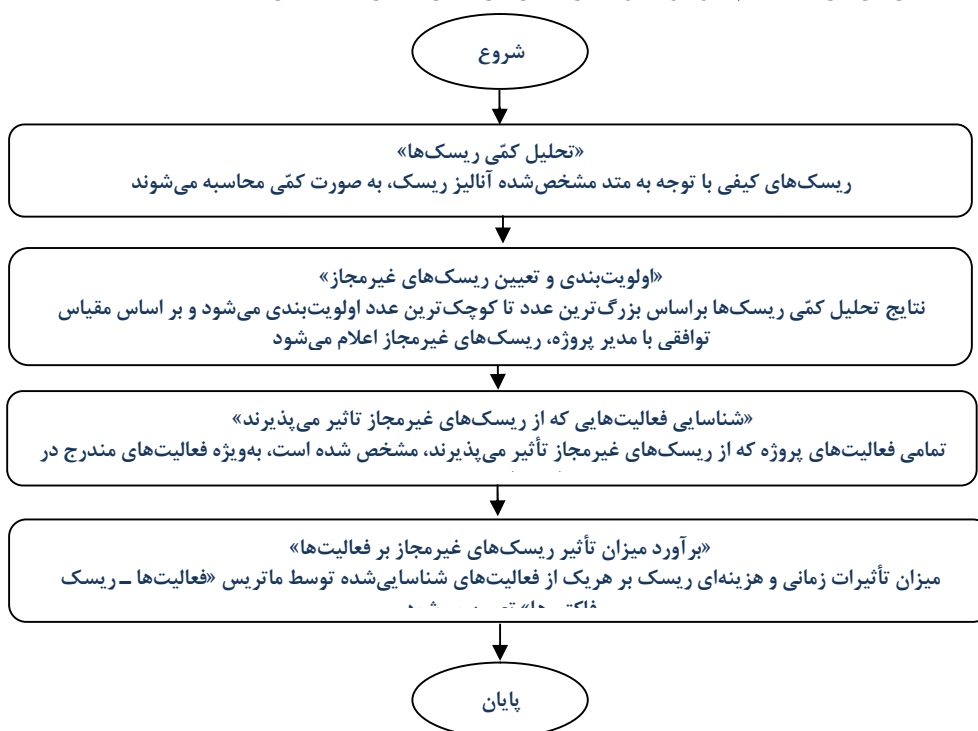
جدول 1. اولویت‌بندی کیفی ریسک‌ها

RPN	ریسک	اولویت	RPN	ریسک	اولویت
L	بالارفتن هزینه از برآورد پیشنهادی	35	H	مشکل تأمین مالی	1
L	پایین بودن روحیه کاری	36	H	تقاضای اندک بازار	2
L	تغییر قانون	37	M	شورش، جنگ، انقلاب	3
L	منابع توسط پیمانکار فرعی	38	M	زلزله	4
L	تحرك بالای پرسنل	39	M	نوسان‌های نرخ ارز	5
L	اختلاف میان نهادها	40	M	رقیب قوی	6
L	قابلیت ساخت طرح	41	M	بالابودن بیش از حد کیفیت	7
L	کمبود سرمایه و تجهیزات	42	M	ناکافی بودن برنامه ساخت	8
L	تخصیص نادرست منابع انسانی	43	M	ناکافی بودن برنامه‌ریزی تدارکات	9
L	اتحادیه کار	44	M	منابع	10
L	بررسی نادرست زمینه کار	45	M	سرمایه‌ها	11
L	وابستگی پروژه‌ها به هم	46	M	برنامه‌ریزی نامناسب	12
L	ارتباط با شخص سوم	47	M	بی‌کفایتی در ارتباطات	13
L	شرایط سخت قرارداد	48	M	امکان‌سنجی	14
L	قرارداد ناقص	49	M	بی‌کفایتی سرپرست سایت	15
L	نیروی انسانی ناماهر و کم‌تجربه	50	M	مشکل در انتخاب کسب‌وکار فروشنده	16
L	فساد و رشوه	51	M	باد شدید	17
L	بوروکراسی	52	M	تکیه بر مشاور و معمار	18
L	داوری ناعادلانه	53	M	تغییر چندباره طراحی	19
L	آسیب یا آلودگی محیط زیست	54	L	آتش‌سوزی	20
L	بارش شدید	55	L	افزایش هزینه مواد	21
L	اعتراضات سوم شخص	56	L	لابی (حقوقی یا غیرقانونی)	22
L	منطقه ساخت‌وساز ناقص	57	L	برآورد نادرست هزینه‌ها	23
L	ناهماهنگی طراح با کارفرما	58	L	پیاده‌سازی فناوری‌های نوین	24
L	آگاهی پایین از شرایط ایمنی	59	L	اولویت‌بندی	25
L	محیط کاری ویژه	60	L	تخمین نادرست	26
L	کمبود در ماشین‌آلات، ابزارآلات و کارگران به دلیل مشغول بودن در چند پروژه	61	L	کنترل نامناسب	27

RPN	ریسک	اولویت	RPN	ریسک	اولویت
L	نیود پشتیبانی قبل اعتماد از سوی پیمانکار فرعی	62	L	حادثه یا ازدست دادن	28
L	انحصار در مناقصه	63	L	ترافیک یا محدودیت ساعت کار	29
L	نابرابری مفاد قرارداد	64	L	تقاضای غیرمعقول	30
L	پوشش بیمه ناکافی	65	L	دیرکرد در پرداخت	31
L	گارانتی ناقص	66	L	مشکل مالی یا ورشکستگی	32
L	مانع فرهنگی یا زبان	67	L	ویژگی‌های مبهم نقاشی	33
			L	ناکافی بودن مهارت‌های ناظر	34

4-4. تحلیل کمی ریسک

تحلیل کمی ریسک یعنی به طور عددی تعیین شود که احتمال وقوع هر کدام از ریسک‌هایی که در قسمت پیشین (تحلیل کیفی) آمده، چقدر است و اینکه هر کدام چه میزان اهمیت احتمالی از نظر تأثیرگذاری بر اهداف پروژه دارند؛ از این رو باید نتایج هر اتفاق یا ریسک تعیین شود.⁽²¹⁾ مجموع اقداماتی که باید در این مرحله انجام شود و شیوه اجرای آن در شکل شماره 6 نمایش داده شده است.



شکل 6. فلوجارت اجرایی تحلیل کمی ریسک

پس از تکمیل فرم‌ها براساس نظر کارشناسان و یکپارچه‌سازی آن‌ها، برای تحلیل کمی از جعبه‌ابزار نرم‌افزار متلب استفاده شد و با تقسیم‌بندی بازه‌ها و پیاده‌سازی قانون‌های بیان‌شده در روش مورد استفاده، نتایج مطابق جدول شماره 2 به دست آمد.

جدول 2. نتایج تحلیل کمی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی

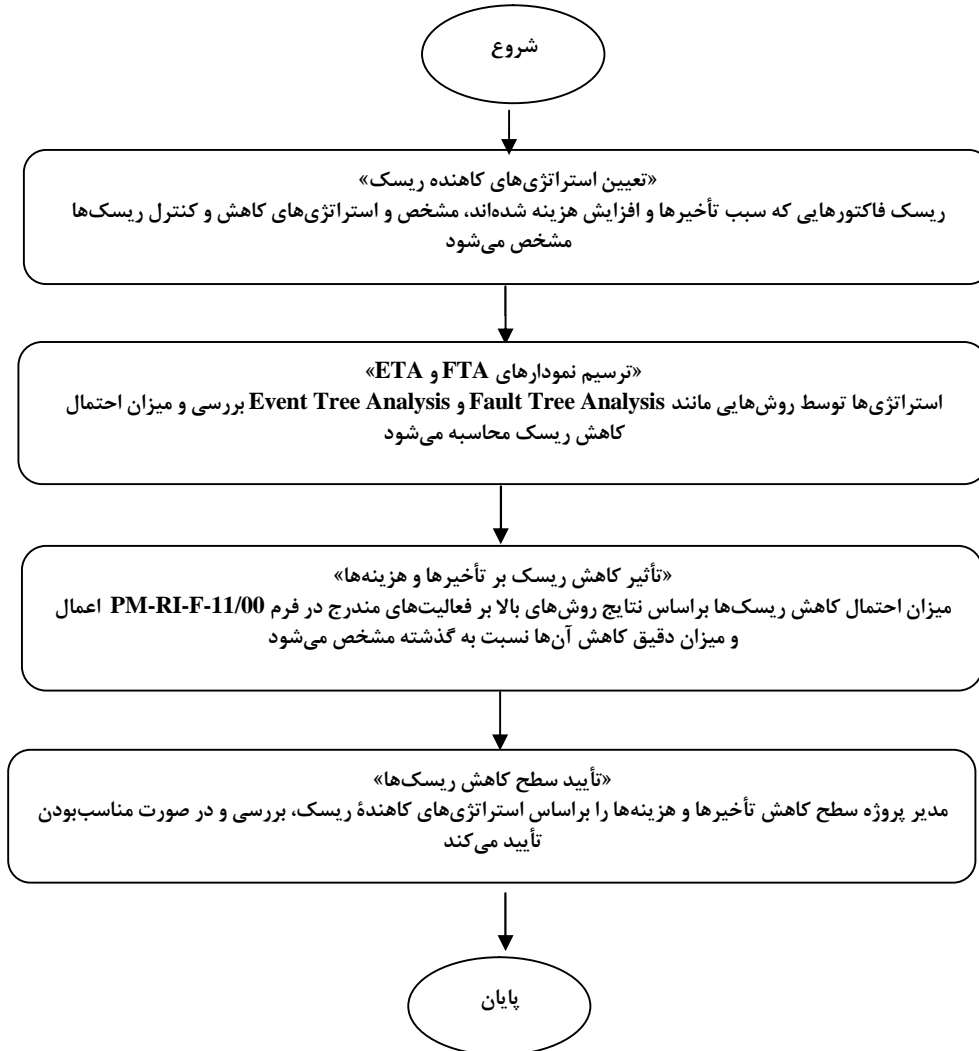
اولویت	ریسک	RPN	اولویت	ریسک	RPN
1	مشکل تأمین مالی	645	35	بالارفتن هزینه از برآورد پیشنهادی	395
2	تقاضای اندک بازار	645	36	پایین بودن روحیه کاری	395
3	تحریم‌های اقتصادی	527	37	تغییر قانون	375
4	زلزله	500	38	منابع توسط پیمانکار فرعی	375
5	نوسان‌های نرخ ارز	500	39	تحرک بالای پرسنل	375
6	رقیب قوی	500	40	اختلاف میان نهادها	371
7	بالا بودن بیش از حد کیفیت	500	41	قابلیت ساخت طرح	371
8	ناکافی بودن برنامه ساخت	500	42	کمبود سرمایه و تجهیزات	371
9	ناکافی بودن برنامه‌ریزی تدارکات	500	43	تخصیص نادرست منابع انسانی	371
10	منابع	500	44	اتحادیه کار	369
11	سرمایه‌ها	500	45	بررسی نادرست زمینه کار	355
12	برنامه‌ریزی نامناسب	500	46	وابستگی پروژه‌ها به هم	355
13	بی‌کفایتی در ارتباطات	500	47	ارتباط با شخص سوم	355
14	امکان‌سنجی	500	48	شرایط سخت قرارداد	355
15	بی‌کفایتی سرپرست سایت	500	49	قرارداد ناقص	355
16	مشکل در انتخاب کسبوکار فروشنده	500	50	نیروی انسانی ناماهر و کم‌تجربه	355
17	باد شدید	433	51	فساد یا رشوه	310
18	تکیه بر مشاور و معمار	433	52	بوروکراسی	310
19	تغییر چندباره طراحی	433	53	داوری ناعادلانه	310
20	آتش‌سوزی	395	54	آسیب یا آلودگی محیط زیست	310
21	افزایش هزینه مواد	395	55	بارش شدید	295
22	لایبی (حقوقی و غیرقانونی)	395	56	اعتراضات سوم شخص	295
23	برآورد نادرست هزینه‌ها	395	57	منطقه ساخت‌وساز ناقص	295
24	پیاده‌سازی فناوری‌های نوین	395	58	ناهماهنگی طراح با کارفرما	295
25	اولویت‌بندی	395	59	آگاهی پایین از شرایط ایمنی	295

RPN	ریسک	اولویت	RPN	ریسک	اولویت
295	محیط کاری ویژه	60	395	تخمین نادرست	26
295	کمبود در ماشین آلات، ابزار آلات و کارگران به دلیل مشغول بودن در چند پروژه	61	395	کنترل نامناسب	27
295	فقدان پشتیبانی قابل اعتماد از سوی پیمانکار فرعی	62	395	حادثه یا از دست دادن	28
229	انحصار در مناقصه	63	395	ترافیک یا محدودیت ساعت کار	29
229	نابرابری مفاد قرارداد	64	395	تقاضای غیر معقول	30
229	پوشش بیمه ناکافی	65	395	دیرکرد در پرداخت	31
229	گارانتی ناقص	66	395	مشکل مالی یا ورشکستگی	32
213	مانع فرهنگی و زبان	67	395	ویژگی های مبهم نقاشی	33
			395	ناکافی بودن مهارت های ناظر	34

باتوجه به اهمیت و حساسیت پروژه، حد مجاز ریسک ها توسط مدیر پروژه تعیین می شود. در پروژه محل صحبت، حد مجاز $RPN=500$ برای ریسک ها در نظر گرفته شده است؛ بدین ترتیب که ریسک های بالاتر از $RPN=500$ باید فرایند کاهش ریسک (پاسخ به ریسک) در مورد آن ها لحاظ شود.

4-5. تعیین برنامه پاسخ به ریسک

در این فرایند، واکنش به ریسک های مهم برنامه ریزی می شود. هر واکنش اقدامی است که پیش از وقوع ریسک انجام می شود تا احتمال وقوع یا میزان تأثیر ریسک های نامطلوب را بکاهد و احتمال رخداد یا میزان تأثیر ریسک های مطلوب را افزایش دهد.⁽¹⁹⁾ اقداماتی مانند بیمه کردن حوادث در کارگاه ساختمانی نوعی واکنش به ریسک است. در دستور کار قرارداد مسائل ایمنی و در نظر گرفتن آموزش های ایمنی نوع دیگری از واکنش به حوادث است که احتمال وقوع را کاهش می دهد.⁽²⁰⁾ مجموع اقداماتی که باید براساس مدل پیشنهادی در این مرحله انجام شود، در شکل شماره 7 نمایش داده شده است.



شکل 7. فلوجارت اجرایی پاسخ به ریسک

به منظور پاسخ‌گویی و کاهش میزان ریسک‌های غیرمجاز، ابتدا برای هر ریسک، دو استراتژی کاهنده انتخاب و احتمال موفقیت و شکست این استراتژی‌ها براساس روش FTA تعیین می‌شود که نتایج آن در جدول شماره 3 آمده است. سپس با توجه به حالت‌های شکست و موفقیت استراتژی‌ها، احتمال رخ دادن در چهار مسیر تعیین و میزان احتمال هر مسیر از طریق روش ETA محاسبه می‌شود. نتایج این محاسبات نیز در جدول شماره 4 بیان شده است.

جدول 3. احتمال موفقیت و شکست استراتژی‌های کاهنده ریسک‌ها

نام ریسک	استراتژی اول		استراتژی دوم		نام استراتژی	احتمال موفقیت (T) شکست (F)	احتمال موفقیت (T) شکست (F)
	نام استراتژی	احتمال موفقیت (T) شکست (F)	احتمال موفقیت (T) شکست (F)	احتمال موفقیت (T) شکست (F)			
ریسک تأمین مالی	پیش‌فروش کردن	725/0	275/0	چک مدت‌دار	9923/0	0077/0	
ریسک تقاضای کم بازار	فروش قسطی	958/0	042/0	تخفیف‌ها	99/0	01/0	
ریسک شورش، جنگ و انقلاب	پیش‌فروش کردن	725/0	275/0	درج بندی شفاف در قرارداد اصلی برای تغییر در انجام خدمات در صورت تحریم یا جنگ	7875/0	2125/0	

جدول 4. احتمال وقوع حالت‌های مختلف برای هر یک از ریسک‌ها

نام ریسک	شماره حالت	نام استراتژی اول	وضعیت	نام استراتژی دوم	وضعیت	احتمال وقوع این حالت
ریسک تأمین مالی	1	پیش‌فروش کردن	موفقیت (T)	چک مدت‌دار	موفقیت (T)	7194/0
	2		موفقیت (T)		شکست (F)	0056/0
	3		شکست (F)		موفقیت (T)	2728/0
	4		شکست (F)		شکست (F)	0021/0
ریسک تقاضای کم بازار	1	فروش قسطی	موفقیت (T)	تخفیف‌ها	موفقیت (T)	9484/0
	2		موفقیت (T)		شکست (F)	0096/0
	3		شکست (F)		موفقیت (T)	0415/0
	4		شکست (F)		شکست (F)	0004/0

نام ریسک	شماره حالت	نام استراتژی اول	وضعیت	نام استراتژی دوم	وضعیت	احتمال وقوع این حالت
ریسک جنگ، شورش و انقلاب	1	پیش فروش کردن	موفقیت (T)	درج بندی	موفقیت (T)	5709/0
	2		موفقیت (T)	شفاف در قرارداد	شکست (F)	2166/0
	3		شکست (F)	اصلی برای تغییر	موفقیت (T)	1541/0
	4		شکست (F)	در صورت تحریم یا جنگ	شکست (F)	0584/0

با توجه به اینکه استراتژی‌های کاهنده، تأثیر بسزایی بر کاهش ریسک‌های غیرمجاز دارد، محاسبه احتمال وقوع استراتژی‌ها نیز به مدیر پروژه کمک می‌کند تا بتواند میزان کاهش ریسک‌ها را برآورد کند.

4-6. اندازه‌گیری و کنترل ریسک

در فرایند اندازه‌گیری و کنترل ریسک، اثربخشی برنامه‌های واکنش به ریسک، اندازه‌گیری و اقدامات اصلاحی برای حل مشکلات احتمالی طراحی می‌شود. تمام اقدامات اصلاحی به فرایند کنترل یکپارچه تغییرات فرستاده می‌شوند تا در صورت تأیید، در برنامه‌ها اعمال شده و از آن طریق مبنای اجرا قرار گیرند.⁽¹⁵⁾

در راستای اجرای مرحله کنترل مدیریت ریسک در نمونه مطالعاتی، برای ممیزی ادواری ریسک و ثبت نتایج ممیزی‌های مدیریت ریسک، نسبت به طراحی فرم کنترل و پیگیری ریسک اقدام شد.

5. نتیجه‌گیری

مدیریت ریسک فرایندی نظام‌یافته است که طی آن ریسک‌های بالقوه شناسایی و پس از اندازه‌گیری و تحلیل، استراتژی‌های پیشگیرانه‌ای برگزیده می‌شود تا اثر آن ریسک‌ها را به حداقل برساند. اهمیت و ضرورت مدیریت ریسک و راه‌های مقابله با آن نقش بسزایی در حفظ تعادل پروژه هنگام مواجهه با خطرها و ریسک‌های بالقوه دارد. استاندارد PMBOK، برای اجرای این فرایند روش‌های اجرایی ارائه نمی‌دهد؛ از این رو در این مقاله تلاش شد با ارائه مدلی فراگیر و اجرایی در مدیریت ریسک پروژه‌های عمرانی، گامی در راستای بهبود انجام پروژه‌ها برداشته شود. در گام نخست، از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی تعداد 67 ریسک شناسایی شدند. در گام‌های دوم و سوم، تحلیل کیفی و کمی ریسک که توسط روش منطقی فازی انجام شد، سه ریسک (مشکلات تأمین مالی، کاهش تقاضای بازار

و امکان وجود تحریم‌های اقتصادی) که مقادیر آن‌ها بیشتر از حد مجاز بود ($RPN \geq 500$) تعیین شد. در گام چهارم نیز از طریق روش FTA، هریک از ریسک‌های غیرمجاز، ریشه‌یابی شده و دلایل وقوع آن‌ها بررسی شد. برای هر ریسک غیرمجاز، دو استراتژی کاهنده انتخاب و احتمال وقوع آن‌ها از طریق روش ETA تعیین شد. در مورد ریسک مشکلات تأمین مالی، دو استراتژی پیش‌فروش و چک مدت‌دار پیشنهاد می‌شود که احتمال موفقیت هر دو 0/7194 است. درباره ریسک تقاضای اندک بازار، دو استراتژی فروش اقساطی و تخفیف‌ها پیشنهاد می‌شود که احتمال موفقیت هر دو 0/9484 است. در مورد ریسک تحریم‌های اقتصادی نیز دو استراتژی پیش‌فروش و درج بندی شفاف در قرارداد اصلی برای اقدام در زمان تحریم، پیشنهاد می‌شود، زیرا بیشتر پروژه‌ها در زمان تحریم به علت نبود توافقی شفاف بین کارفرما و پیمانکار دچار تأخیر می‌شود. احتمال موفقیت این دو استراتژی 0/5709 است. در مرحله نهایی نیز به کنترل پاسخ‌های تعیین‌شده پرداختیم. به کمک این مدل اجرایی می‌توان مدیریت ریسک را در تمامی پروژه‌ها از جمله پروژه‌های عمرانی پیاده‌سازی کرد تا بدین ترتیب تعادل مالی و زمانی پروژه‌ها در چرخه عمر آن‌ها تضمین شود.

منابع

1. امین ترابی، ش. (1396)، مدیریت ریسک به زبان ساده، انتشارات دنیای اقتصاد.
2. چراغی، ا. و همکاران (1398)، «انتخاب استراتژی‌های پاسخ به ریسک زیست‌محیطی پروژه‌های ساخت‌وساز با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری، مطالعه موردی: پروژه مجتمع ساختمانی صبا»، *مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره 21، شماره 4، صص 61-76.
3. خزامی، م؛ دشتی، س. (1397)، «ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی فعالیت‌های کارخانه نمک‌زدایی شماره 1 اهواز با استفاده از روش TOPSIS»، *فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران*، دوره 7، شماره 2، صص 93-103.
4. ذکایی آشتیانی، م. (1392)، *راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه*، تهران: انتشارات آدینه.
5. رهنما، م؛ حجازی جوشقانی، م. (1396)، «استفاده از دانش مدیریت ریسک پروژه برای تدوین راهبردهای بهبود مشارکت در پروژه‌های عمومی - خصوصی شهری؛ نمونه موردی: پروژه‌های مشارکتی شهرداری مشهد»، *نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، سال 8، شماره 29، صص 1-22.
6. سبزه‌پرور، م. (1389)، *کامل‌ترین مرجع درسی و کاربردی کنترل پروژه به روش گام‌به‌گام*، چاپ دوم، انتشارات ترمه.
7. صداقتی، ز. و همکاران (1398)، «تحلیل فازی و مدیریت ریسک هجوم آب زیرزمینی در تونل راه امام‌زاده هاشم (ع) با رویکرد تحلیل عددی و FMEA در شرایط عدم قطعیت»، *مجله علمی و پژوهشی روش‌های تحلیلی و عددی در مهندسی معدن*، دوره 9، شماره 19، صص 1-16.
8. عبانی، م. (1392)، *واژه‌نامه جامع مدیریت پروژه*، تهران: انتشارات آریانا قلم.
9. کیوانلو، ع؛ آتش‌فراز، ر. (1392)، *مدیریت ریسک پروژه‌های ساخت؛ مفاهیم، مدل‌ها، مطالعات کاربردی*، چاپ دوم، تهران: انتشارات ناقوس.
10. Dae-Woong S., Yoonseok S. and Gwang-Hee K. (2016), "Comparison of Risk Assessment for a Nuclear Power Plant Construction Project Based on Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Analytic Hierarchy Process", *Journal of Building Construction and Planning Research*, 10. 4236/jbcpr. 2016. 43010, pp. 157-171.
11. Elmar K., Mark H. (2010), "Deliberate ignorance in project risk management", *International Journal of Project Management*, 28, pp. 245-255.
12. Jump up, Center for Chemical Process Safety (October 1999), *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (2nd ed.), American Institute of Chemical Engineers. ISBN 978-0-8169-0720-5.
13. Kalani, E. and Kamrani, E. (2017), "The Pathology of the Hindrance Factors Impeding the Application of Value Engineering in the Construction Industry in Iran and Ranking Them by Use of Analytical Hierarchy Process", *Journal of Human Resource and Sustainability Studies*, 5, pp. 57-67.

14. Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2005), *Operations Management: Process and Value Chains*, Prentice-Hall, New Jersey.
15. M. R. Maghareh, S. Mohammadzadeh, F. Mohammad Alinejad, and R. Maghareh, (2011), *Evaluation of management indicators in projects*, in 2nd International Conference on Construction and Project Management ICCPM, Singapore.
16. Miller, R. & Lessard, D. (2002), "Understanding and managing risk in large engineering project, University of Melborn, Australia", *Structural survey*, 2002, p.g. 437-443.
17. O. E. Ogunsanmi, O. A. Salako & O. M. Ajayi (2011), "Risk Classification Model for Design and Build Projects", *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 1⁽¹⁾, pp. 46-60.
18. Prasanta K. D. (2010), "Managing project", *European Journal of Operation Research*, Vol. 85, pp. 65-95.
19. Raz, T., & Michael, E. (2001), "Use and benefits tools for project risk management", *International Journal of Project Management*, 19, 9-17.
20. Shumank D.; Deepak S. & Syed Aqeel A. (2017), "A Review of Contract Awards to Lowest Bidder in Indian Construction Projects via Case Based Approach", *Open Journal of Business and Management*, 10. 4236/ojbm. 2017. 51015, pp. 159-168.
21. Yang W.; Wenchun W. & Jiaojiao W. (2017), "Credit Risk Management Framework for Rural Commercial Banks in China", *Journal of Financial Risk Management*, 10. 4236/jfrm. 2017. 61005, pp. 48-65.