

ترسیم و تحلیل شبکه علت-معلولی مابین ریسک‌های پروژه‌های ساختمان مسکونی در ایران: ارائه رویکردی مبتنی بر تحلیل شبکه‌های اجتماعی (SNA)

مقاله علمی - پژوهشی

میلاذ عقیلی لطف، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمد مهدی حیدری*، استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

ندا سلطانی حلوائی، استادیار، دانشکده فناوری و اطلاعات و مهندسی کامپیوتر، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

امیرمحمد رمضانیان پور، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

امید بامشاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.heydari@bhrc.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۰ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

صفحه ۳۴۳-۳۵۸

چکیده

یکی از مسائلی که در تحلیل کیفی مورد توجه قرار گرفته است، رابطه علت-معلولی مابین ریسک‌های پروژه و تأثیر آن در رتبه‌بندی ریسک‌ها است. زمانی که با استفاده از پرسشنامه، احتمال و اثر هر ریسک از خبرگان پرسیده می‌شود، پاسخ دهندگان ریسک‌ها را به صورت مستقل از یکدیگر فرض می‌کنند. اما در واقعیت باید توجه کرد که روابط علت-معلولی مابین ریسک‌ها در یک پروژه یا پژوهش وجود دارد و رخداد یک ریسک می‌تواند احتمال رخداد ریسک‌های دیگر را افزایش یا حتی کاهش دهد. این واقعیت مهم و تأثیرگذار، در فرآیند رتبه‌بندی‌های مرسوم ریسک‌های پروژه (توابع شامل احتمال و اثر) دیده نشده است. با توجه به این مهم، در این مقاله ۳۰ ریسک در پروژه‌های ساختمان مسکونی در ایران ابتدا شناسایی شد و سپس با استفاده از یک رویکرد نوآورانه بر پایه ابزار تحلیل شبکه‌های اجتماعی (SNA) شبکه ارتباطی مابین ریسک‌های پژوهش ترسیم و تحلیل شد. نتایج نشان داد که پارامتر درجه و وزن دار داخلی و درجه و وزن دار خارجی به جواب‌های تحلیل‌پذیری ختم می‌گردند اما محاسبات پارامتر مرکزیت بینیت و مرکزیت نزدیکی نشان داد که نتایج حاصل تحلیل‌پذیر نیستند. همچنین بر اساس نتایج پارامترهای مرکزیت درجه، ۱۰ ریسک مهم پروژه‌های ساختمان مسکونی در ایران رتبه‌بندی و تحلیل شدند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت ریسک، ساختمان مسکونی، تحلیل شبکه اجتماعی، دانش مدیریت پروژه، صنعت ساخت

۱-مقدمه

بوساری، (۱۳۹۶). پروژه‌های ساختمانی ذاتاً پیچیده و پویا بوده و شامل فرآیندهای بازخورد چندگانه هستند از این رو تمام پروژه‌های ساختمانی باید دارای بخشی به نام مدیریت ریسک باشند، چراکه فقدان چنین امری باعث ناکارآمدی این صنعت شده است (عبدالله نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). مدیریت ریسک یک عنصر کلیدی و مهم در مدیریت پروژه است. مدیریت ریسک رویکردی نظام‌مند جهت شناسایی، ارزیابی و پاسخگویی به

طبق تعریف PMBOK، ریسک رویدادی نامعین یا موقعیتی است که اگر اتفاق بیفتد بر هدف پروژه تأثیر مثبت یا منفی خواهد گذاشت. ریسک دلیلی دارد و در صورت اتفاق نیز تجربه‌ای از آن حاصل می‌شود (PMBOK, 2001). ریسک در زمینه ساخت و ساز، می‌تواند احتمال وقوع یک رویداد، عامل قطعی یا ترکیبی از حوادث، عواملی که در تمام طول روند ساخت و ساز رخ می‌دهد و به ضرر پروژه است، باشد (زارعی

ریسک‌هایی است که پروژه در چرخه حیات خود با آن‌ها مواجه می‌شود (Nummedal et al. 1996).

ریسک پروژه دربرگیرنده تهدیدهایی بر اهداف پروژه و نیز فرصت‌هایی برای بهبود در راستای این اهداف هستند. از آنجا که هزینه پیشگیری و برنامه‌ریزی برای ریسک‌ها همواره از هزینه تصحیح تأثیر آن‌ها بر پروژه کمتر است؛ بنابراین شناسایی ریسک پروژه‌ها ضرورت پیدا می‌کند. تقریباً تمام پروژه‌ها در یک بستر اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی برنامه‌ریزی و اجرا می‌شوند و دارای آثار مثبت و منفی خواسته یا ناخواسته‌ای هستند (Hossen et al. 2015). داشتن فهرستی از انواع ریسک‌های موجود در نوع خاصی از پروژه‌ها به مدیران پروژه این امکان را می‌دهد تا با مرور ریسک‌های بالقوه و بررسی شرایط خاص حاکم بر پروژه در دست اجرا، تصمیم بگیرند که کدام یک از ریسک‌های مذکور می‌تواند برای پروژه‌های آن‌ها خطری عمده محسوب شود تا برای مواجه‌شدن با آن برنامه‌ریزی نمایند (محمدی و توسلی، ۱۳۹۵).

یکی از محورهای پژوهشی در حوزه مدیریت ریسک، چگونگی رتبه‌بندی ریسک‌ها یا تحلیل کیفی است. در پیکره دانش مدیریت پروژه (PMBOK, 2001) در راستای رتبه‌بندی ریسک‌ها و انجام تحلیل کیفی، پارامترهای احتمال و اثر برای هر ریسک محاسبه شده و با انتخاب یک تابع ریاضی که شامل دو متغیر احتمال و اثر می‌شود، فاکتور ریسک (Risk Factor) محاسبه می‌گردد. در ادامه کلیه ریسک‌های شناسایی شده در یک پروژه بر اساس بیشترین فاکتور ریسک رتبه‌بندی می‌شوند. سپس بر اساس تقسیم‌بندی‌های صورت گرفته در ماتریس احتمال-اثر، ریسک‌های پروژه در ۴ الی ۵ گروه طبقه‌بندی می‌شوند. یکی از مسائلی که در تحلیل کیفی اخیراً مورد توجه قرار گرفته است، رابطه علت-معلولی مابین ریسک‌های یک پروژه و تأثیر آن در رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه است. در حقیقت زمانی که با استفاده از ابزار پرسشنامه، احتمال و اثر هر ریسک از جامعه خبرگان پرسیده می‌شود، هر پاسخ دهنده ریسک‌ها (یا متغیرهای مسئله) را به صورت مستقل از یکدیگر فرض می‌کند. اما در واقعیت باید توجه کرد که روابط علت-معلولی مابین ریسک‌ها در یک پروژه یا پژوهش وجود دارد و رخداد یک ریسک می‌تواند احتمال رخداد ریسک‌های دیگر را افزایش یا حتی کاهش دهد. این واقعیت مهم و تأثیرگذار، در فرآیند رتبه‌بندی‌های مرسوم ریسک‌های پروژه (توابع شامل احتمال و اثر) دیده نشده است.

استخراج شبکه ارتباطی مابین ریسک‌های پژوهش می‌تواند اطلاعات دست اول و بکری راجع به ریسک‌های شناسایی شده در اختیار قرار دهد. به تعبیر نویسندگان، مهم‌ترین ریسک‌ها در شبکه ارتباطی مابین ریسک‌ها که بر اساس روابط علت-معلولی ترسیم شده‌اند، می‌تواند "اهمیت" هر ریسک در پروژه را نشان دهد. لذا در مقاله حاضر با استفاده از یک رویکرد نوآورانه بر پایه ابزار تحلیل شبکه‌های اجتماعی (SNA)، شبکه ارتباطی مابین ریسک‌ها ترسیم و تحلیل می‌گردد. برای این منظور ریسک‌های پروژه‌های ساختمان مسکونی به عنوان مطالعه موردی این تحقیق انتخاب شد. لازم به ذکر است که این پروژه در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با هدف شناسایی و تحلیل ریسک‌های پروژه‌های ساختمان مسکونی تعریف و طراحی شده است.

برای دستیابی به اهداف تحقیق، در بخش دوم پیشینه تحقیقات در حوزه ریسک‌های پروژه‌های ساختمان مسکونی آورده شده است. در بخش سوم روش تحقیق این پژوهش به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است. در بخش چهارم نیز تجزیه و تحلیل نتایج و در بخش پنجم بحث و بررسی نتایج بیان شده است. در بخش ششم نیز نتیجه‌گیری پژوهش عنوان شده است.

نتایج این پژوهش می‌تواند برای پژوهشگران حوزه مدیریت ریسک و مدیریت پروژه، دست اندرکاران و سیاست‌گذاران صنعت ساختمان مسکونی قابل استفاده و کاربرد باشد.

۲- پیشینه پژوهش

پروژه‌های ساختمانی در محیط‌هایی پویا و پیچیده که شرایطی پرخطرتر و نامطمئن را به وجود آورده‌اند، آغاز می‌شود. صنعت ساختمان، در طی چند سال گذشته تغییرات زیادی را متحمل شده است. در این صنعت که اساساً با سرمایه‌گذاران خصوصی اداره می‌شود، حضور املاک و مستغلات اوراق بهادار به طرز قابل توجهی افزایش یافته است. این صنعت در برابر طیف وسیعی از خطرات فنی و کسب و کاری، آسیب پذیر است. بررسی آمار موجود نشان می‌دهد که بخش مهمی از فعالیت‌های عمرانی و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در صنایع تولیدی کشور در دو دهه اخیر، مربوط به ساختمان‌سازی است. این صنعت با توجه به گستردگی زمینه‌های مختلف مرتبط با آن از دیدگاه‌های

اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی حائز اهمیت است.

در سالیان اخیر، همزمان با افزایش نرخ جمعیت و مسائلی همچون مساحت محدود زمین، افزایش مهاجرت، لزوم ارائه خدمات شهری، باعث شده است تا ایران نیز همانند بسیاری از کشورها برای تأمین مسکن اقشار متوسط و کم‌درآمد جامعه به "انبوه‌سازی" گرایش یابد. این در حالی است که محدودیت‌های موجود برای تحقق این هدف مانند کاستی قوانین موردنیاز، زمان طولانی برای احداث ساختمان، محدود بودن اراضی قابل سکونت و ضعف مدیریت و عدم نظارت بر تولید و واگذاری آن به متقاضیان، باعث شده است تا قیمت مسکن به‌طور بی‌سابقه‌ای رشد نماید. در این راستا، بخش عظیمی از سرمایه‌گذاران و دلالان اقتصادی به این صنعت گرایش پیدا نموده‌اند. باوجود تمام تعاریف مختلفی که از مدیریت ریسک وجود دارد، همه تعاریف موافق‌اند که هدف مدیریت ریسک ماکزیم نمودن فرصت‌ها و حداقل کردن نتایج ریسک بر پروژه ساختمانی است (Nummedal et al. 1996). عابدینی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود مدل ارزیابی عملی جامع، هدفمند و قابل‌اعتماد جهت ارزیابی سطح ریسک پروژه‌های مسکن مهر با استفاده از روش طوفان فکری و پرسشنامه و تحلیل عاملی و بررسی یک رویکرد ارزیابی مصنوعی فازی تعمیم دادند (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۴). در این پژوهش محققین با بررسی پروژه‌های مسکن مهر در شهر قم، ۳۴ عامل ریسک را استخراج کردند که کلیه ریسک‌های شناسایی‌شده در ۵ گروه اصلی سیاسی، اجتماعی، سطح پروژه، صنعت ساخت‌وساز و ریسک‌های مربوط به وضعیت مالی و اقتصادی تقسیم‌بندی شدند. طباطبایی میرحسینی و روحی (۱۳۹۴) ریسک ساختمان‌های بلندمرتبه را با استفاده از روش‌های AHP و TOPSIS ارزیابی کردند (طباطبایی میرحسینی و روحی، ۱۳۹۴). در این مقاله تعداد ۲۴ پروژه بلندمرتبه‌سازی که برخی از آن‌ها به بهره‌برداری رسیده‌اند و برخی در مرحله اجرا می‌باشند انتخاب و در ۱ گروه ریسک طبقه‌بندی گردیدند و با استفاده از روش‌های AHP و TOPSIS ریسک‌های تورم اقتصادی، طولانی بودن فرایندهای اجرایی، حوادث کاری به علت ارتفاع بلند ساختمان، عدم تجربه و مهارت کافی پیمانکار، انتخاب نامناسب روش اجرا، خرابی ماشین‌آلات و تکنولوژی نامناسب و مهارت و تخصیص پایین نیروی انسانی، اولویت اول

پروژه‌های خود گردیدند که از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (طباطبایی میرحسینی و روحی، ۱۳۹۴).

در پژوهشی دیگر محمدی و توسلی (۱۳۹۵) ارتباط معناداری بین ریسک‌های ساختمانی مانند ریسک‌های فنی، ریسک‌های هزینه و بودجه‌ای، ریسک‌های قوانین، مقررات و قراردادهای، ریسک‌های سیاسی و ریسک‌های جغرافیایی با موفقیت پروژه یافتند (محمدی و توسلی، ۱۳۹۵). مجموعه پژوهش‌های ایشان با ۷۱ پرسشنامه و با استفاده از آزمون فرض تحقق یافت. مولایی و خادمی (۱۳۹۶) در پژوهش خود بر روی شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه بازار بزرگ ایران (ایران مال) متمرکز شدند و با کمک خبرگان و استفاده از روش‌های آماری مجموعاً ۳۰ ریسک را شناسایی و به ۱۰ المان مطرح بازار بزرگ ایران (قرارداد، باغ ایرانی، مراکز تجاری، نما، پیست یخ، سینماها، رستوران‌ها، هایپر مارکت‌ها، پارکینگ‌ها و هتل‌ها) تخصیص دادند (مولایی و خادمی، ۱۳۹۶). نتایج پژوهش نشان داد که به ترتیب تحریم‌های اقتصادی، استفاده از تکنولوژی نامناسب و طراحی فنی نادرست سه ریسک پراهمیت در این پروژه هستند. در پژوهشی که محمدی و پناهی (۱۳۹۵) بر روی شناسایی معیارهای مؤثر در ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های عمرانی انجام دادند، دریافتند که ۶ معیار فنی، تجربی، سازمان و مدیریت، حسن سابقه و اعتبار، صلاحیت مالی و قیمت‌های پیشنهادی مؤثرترین معیارهای شناسایی ریسک‌های پروژه‌های عمرانی هستند (محمدی و پناهی، ۱۳۹۵). خاکسار و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی مشابه با استفاده از اطلاعات ۱۰۹ شرکت پیمانکاری در شهر سنج ۳۶ ریسک را در ۶ گروه شناسایی کردند (خاکسار و همکاران، ۱۳۸۷). این فرآیند با استفاده از پرسشنامه و تحلیل داده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS صورت پذیرفته است. تحقیقات ایشان نشان داد که ریسک‌های مالی و اقتصادی بیشترین و ریسک‌های موقعیت کار کمترین احتمال وقوع در پروژه ساختمانی دارند.

۳- روش تحقیق

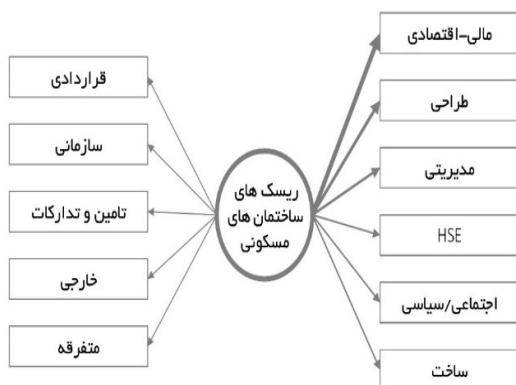
در این پژوهش برای جمع‌آوری اطلاعات از اطلاعات مربوط به پروژه‌های مشابه، اطلاعات سازمانی، نظرات کارشناسی، طوفان فکری، تجزیه‌ی پروژه‌های مسکونی به بخش‌های مختلف، مطالعات کتابخانه‌ای، اسناد، مدارک، مقالات داخلی و خارجی، اطلاعات لازم جمع‌آوری، مورد تجزیه و تحلیل قرار

جدول ۱. مشخصات خبرگان مشارکت‌کننده در جلسات کانون

فکری در مرحله تدوین لیست نهایی ریسک‌ها

جنسیت	سابقه (سال)	پروانه نظام مهندسی	تحصیلات
مرد	۱۱	پایه ۲ نظارت و اجرا	کارشناسی عمران
مرد	۹	پایه ۲ نظارت	کارشناسی عمران
مرد	۱۰	پایه ۳ نظارت و اجرا	کارشناسی عمران
مرد	۶	پایه ۳ نظارت	کارشناسی ارشد سازه
مرد	۱۵	پایه ۱ طراحی (معماری)	کارشناسی ارشد معماری
مرد	۱۲	پایه ۲ نظارت و اجرا	کارشناسی عمران
مرد	۸	-	کارشناسی برق

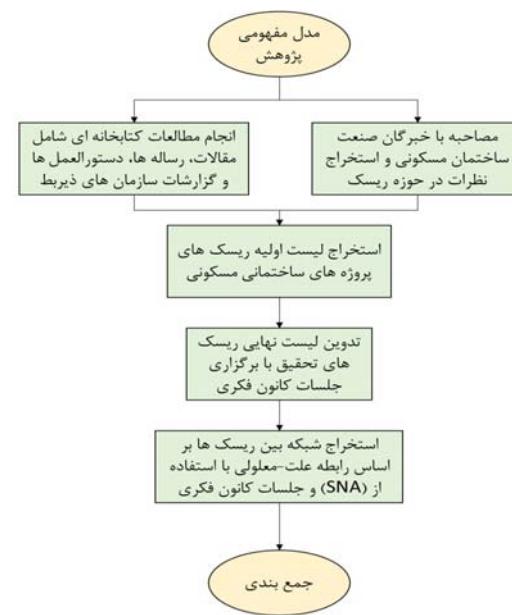
در جدول ۲ نیز لیست ریسک‌های نهایی پژوهش آورده شده است که در ۱۱ گروه طبقه‌بندی شدند. در شکل ۲ گروه‌بندی ریسک‌های این پژوهش نشان داده شده است. در تحقیق پیش رو بیشترین ریسک‌های شناسایی شده به ترتیب در گروه ریسک‌های مالی-اقتصادی، طراحی، مدیریتی، HSE، اجتماعی/سیاسی، ساخت، قراردادی، سازمانی، تأمین و تدارکات، خارجی، متفرقه قرار گرفتند.



شکل ۲. گروه‌های ریسک

گرفته و از طریق مطالعات میدانی، نظرات مدیران پروژه، پیمانکاران، مشاوران و خبرگان مورد قضاوت واقع شده است. در این پژوهش تنها ریسک‌های منفی یا به عبارتی دیگر تهدیدها مورد بررسی و کاوش قرار گرفته‌اند. این تحقیق از نظر هدف تحقیق کاربردی است، زیرا پژوهش کاربردی پژوهشی است که نه در جهت ارضای کنجکاوی‌های ژرف، بلکه در جهت حل مسئله‌ای فردی، گروهی و اجتماعی انجام می‌پذیرد. لذا پژوهش حاضر در اولویت اول قابل کاربرد در تمامی پروژه‌های ساختمانی است. این پژوهش از نظر نوع، همبستگی محسوب می‌شود. توصیفی از آن جهت که یافته‌ها به همان صورت که جمع‌آوری شده‌اند، بدون هیچ‌گونه دستکاری توصیف می‌گردند. همچنین جهت جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه استفاده می‌گردد، بدین جهت از نوع پیمایشی نیز است. فرآیند پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است. در این پژوهش بعد از انجام مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی اسناد علمی، فهرستی از ریسک‌های ساختمان‌های مسکونی شناسایی شد.

در ادامه جهت اطمینان از در نظر گرفتن کلیه ریسک‌ها، با تشکیل جلسات کانون فکری شامل ۷ خیره در مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، لیست ریسک‌های شناسایی شده مورد بازبینی قرار گرفت و در جهت تدقیق لیست ریسک با عنوان تحقیق، نهایتاً ۳۰ ریسک به‌عنوان مبنای پژوهش انتخاب شد. در جدول ۱ مشخصات اعضای کانون فکری در این مرحله آورده شده است.



شکل ۱. فرآیند پژوهش

جدول ۲. لیست ریسک‌های نهایی تحقیق

شماره	کد	گروه ریسک	ریسک
۱	R-1	مالی-اقتصادی	کمبود بودجه به دلیل اشتباه در برآورد هزینه‌ها
۲	R-2	مالی-اقتصادی	کشش یا تقاضای خرید کم در کارهای عمرانی
۳	R-3	مالی-اقتصادی	کمبود بودجه به دلیل افزایش هزینه‌های ساخت و اجرا
۴	R-4	مالی-اقتصادی	تاخیرات مالی در پرداخت‌ها یا تخصیص منابع مالی
۵	R-5	مالی-اقتصادی	تورم/ نداشتن مقیاس برای هزینه‌ها و آنالیز قیمت تمام‌شده اجرای پروژه‌ها
۶	R-6	مالی-اقتصادی	ورشکستگی
۷	R-7	مالی-اقتصادی	عدم همکاری مؤسسات مالی در پرداخت تسهیلات
۸	R-8	قراردادی	ابهامات و عدم فهم مشترک از بندهای قرارداد
۹	R-9	طراحی	تغییر در طراحی به دلیل اعمال قوانین و مقررات
۱۰	R-10	طراحی	تغییر در طراحی به دلیل نظرات کارفرما
۱۱	R-11	طراحی	کمبود طراح قابل قبول
۱۲	R-12	طراحی	پیچیدگی در طراحی
۱۳	R-13	طراحی	تضاد و تعارض با مشاور
۱۴	R-14	طراحی	تأخیر در طراحی
۱۵	R-15	HSE	بروز حوادث منجر به فوت
۱۶	R-16	HSE	شیوع بیماری‌های عفونی در بین کارگران
۱۷	R-17	HSE	کیفیت عملکردی پایین واحد HSE
۱۸	R-18	مدیریتی	برنامه‌ریزی نامطلوب
۱۹	R-19	مدیریتی	مدیریت و نظارت ضعیف در سایت عمرانی و هماهنگی ضعیف با ذینفعان پروژه
۲۰	R-20	مدیریتی	ناپایداری در تیم‌های پروژه مانند تغییر ناظر یا مدیر پروژه و غیره
۲۱	R-21	مدیریتی	عدم تناسب حجم پروژه با تیم مجری یا کنترل پروژه
۲۲	R-22	ساخت	دوباره کاری
۲۳	R-23	ساخت	پیچیدگی‌های فرآیند ساخت
۲۴	R-24	اجتماعی/سیاسی	بروز فورس مازور
۲۵	R-25	اجتماعی/سیاسی	تحریم‌های سیاسی و اقتصادی
۲۶	R-26	اجتماعی/سیاسی	عدم دسترسی به نیروی انسانی زبده، منابع و ...
۲۷	R-27	متفرقه	محدودیت در دسترسی به سایت
۲۸	R-28	خارجی	تأخیر در تاییدات بخش‌های انجام شده (طراحی و ساخت) توسط ناظر و کارفرما
۲۹	R-29	تأمین و تدارکات	کیفیت پایین محصولات مصرفی در سازه
۳۰	R-30	سازمانی	وجود اختلاف نظر بر روی اهداف پروژه

۳-۱-۱- گره

گره عنصر اصلی و پایه در یک گراف است که تحت عناوین دیگری چون "رأس" و "نقطه" نیز شناخته می‌شود. هر گره یک عامل، کنشگر، نهاد یا موقعیت خاص را مشخص می‌سازد. معمولاً در نمایش گراف هر گره با یک نقطه یا دایره توپر نشان داده می‌شود. برای نمایش بهتر برخی از ویژگی‌های گراف از اندازه، رنگ و یا مشخصه‌های ظاهری دیگر برای ایجاد تمایز بین گره‌ها استفاده می‌شود.

۳-۱-۲- یال

یال نیز از عناصر اصلی شبکه است که با عناوین Edge یا Tie نیز شناخته می‌شود. یال علاوه بر اینکه به صورت جهت‌دار یا بدون جهت تعریف می‌شود، می‌تواند دارای وزن نیز باشد. علاوه بر این شدت و قدرت رابطه را نیز می‌توان به نوعی در گراف مشخص ساخت. از روی مفاهیم گره و یال تعاریف دیگری روی گراف نیز ارائه شده است که معروف‌ترین آن‌ها فاصله است. فاصله بین دو گره بیانگر تعداد یال بین آن دو گره است که در مفاهیم شبکه با نام فاصله گام شناخته می‌شوند.

۳-۱-۳- مرکزیت درجه

مرکزیت درجه یک گره، همان درجه گره یا تعداد یال‌های متصل به آن را بیان می‌کند. مرکزیت درجه یک گره یک اندازه‌گیری خوب از مجموع اتصالاتی است که یک گره دارد، اما ضرورتاً اهمیت گره را در اتصال به دیگران و یا اینکه چقدر نسبت به گروه اصلی مرکزی است، نشان نمی‌دهد.

۳-۱-۴- مرکزیت نزدیکی

مرکزیت نزدیکی نشان می‌دهد که یک گره چقدر به گره‌های دیگر در شبکه نزدیک است. برای محاسبه مرکزیت نزدیکی، میانگین طول کوتاه‌ترین مسیر از یک گره به هر گره دیگر در شبکه محاسبه می‌شود.

۳-۱-۵- مرکزیت بینیت

مرکزیت بینیت اهمیت یک گره را با کوتاه‌ترین مسیرها در سراسر شبکه اندازه‌گیری می‌کند. برای محاسبه مرکزیت بینیت گره N، یک جفت از گره‌ها را انتخاب و تمام کوتاه‌ترین مسیرها بین آن‌ها را پیدا می‌کنیم. سپس کسری از کوتاه‌ترین مسیرها که

یکی از مسائلی که در مرحله شناسایی ریسک اهمیت دارد، مسئله ارتباط بین ریسک‌ها یا رابطه *cause and effect* مابین ریسک‌ها است. اهمیت این مسئله از تعریف ریسک نشأت می‌گیرد. مطابق با تعاریف ارائه شده ریسک رویدادی نامعین یا موقعیتی است که اگر اتفاق بیفتد بر هدف پروژه تأثیر مثبت یا منفی خواهد گذاشت. ریسکی که رخ می‌دهد به عنوان یک رویداد معین در نظر گرفته می‌شود و رخداد هر رویدادی می‌تواند رویدادی دیگر را رقم زند. لذا با رخداد یک ریسک می‌توان انتظار داشت که زنجیره‌ای از ریسک‌های دیگر به وقوع بپیوندد. در این پژوهش با استفاده از یک رویکرد نوآورانه بر پایه تحلیل شبکه‌های اجتماعی شبکه ارتباطی بین ریسک‌ها ترسیم شد. پیش از شرح روش تحقیق ضروری است مقدمه‌ای بر ابزار تحلیل شبکه‌های اجتماعی عنوان گردد.

۳-۱- رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی

در حال حاضر در چندین بخش از علوم مهندسی عمران، از فناوری تحلیل شبکه‌های اجتماعی استفاده می‌شود. ورود فناوری تحلیل شبکه‌های اجتماعی در مبنای مدیریت پروژه و ساخت بیش از دو دهه پیشینه دارد. ژنگ و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش خود پیشینه استفاده از فناوری تحلیل شبکه‌های اجتماعی را در پروژه‌های ساخت از سال ۱۹۹۷ الی ۲۰۱۵ بررسی کردند (Zheng et al. 2016). ایشان با بررسی‌هایی که بر روی روند توسعه استفاده از فناوری تحلیل شبکه‌های اجتماعی در پروژه‌های مهندسی انجام دادند، دریافتند که با گذشت زمان کاربرد این فناوری در پروژه‌های بزرگ‌تر با شبکه‌های پیچیده‌تر مورد استفاده قرار گرفته است (Zheng et al. 2016). به عنوان جمع‌بندی، مجموع فعالیت‌های پژوهشی در زمینه پروژه‌های مهندسی که با استفاده از تحلیل شبکه‌های اجتماعی انجام شده است را می‌توان در ۸ گروه طبقه‌بندی کرد. پژوهش‌هایی که بر روی عملکرد و کارایی انجام شده است، بیشتر از سایر زمینه‌های تحقیقاتی است. مدیریت ارتباطات و هماهنگی بین اعضای تیم پروژه، مدیریت دانش، مدیریت ریسک، مدیریت استراتژیک و مدیریت منابع و سایت پروژه تنها نمونه‌های اندکی از کاربرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی در مدیریت پروژه و ساخت محسوب می‌شوند (Zheng et al. 2016). در ادامه چند مشخصه از شبکه‌های اجتماعی توضیح داده خواهد شد.

جلسات کانون فکری، بسیاری از روابط دو دویی را حذف کردند. برای مثال رخدادهای ریسک "کیفیت عملکردی پایین واحد HSE" نقشی در پدید آمدن ریسک "محدودیت در دسترسی به سایت" ندارد و یا رخدادهای ریسک "مدیریت و نظارت ضعیف در سایت عمرانی و هماهنگی ضعیف با ذینفعان پروژه" نقشی در پدید آمدن ریسک "کمبود طراح قابل قبول" ندارد. نتیجتاً از تعداد ۸۷۰ رابطه، ۱۸۶ رابطه در مرحله اول باقی ماند. همچنین پایایی پرسشنامه نیز در همین مرحله مورد توجه قرار گرفت و اعضای تیم پژوهشی با بررسی روابط دو دویی ابهامات موجود در پرسشنامه را برطرف کردند.

در مرحله دوم با تشکیل جلسات کانون فکری با حضور ۷ خبره دانشگاهی و اجرایی، مقادیر هر رابطه دو دویی تعیین شد. در جدول ۴ مشخصات اعضای کانون فکری آورده شده است. این جلسه به صورت حضوری در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برگزار گردید [لازم به ذکر است که دو نفر از خبرگان به صورت آنلاین در جلسه حضور داشتند].

جدول ۳. ساختار پرسشنامه شبکه ریسک در پروژه‌های ساختمان مسکونی

شماره رابطه	ریسک‌های موثر در پروژه‌های مسکونی A	ریسک‌های موثر در پروژه‌های مسکونی B		
		چه اندازه در رخدادهای ریسک A موثر است؟	خیلی کم ←	خیلی زیاد
۱	تاخیر در طراحی	۱	۱۰
۲	پیچیدگی در طراحی	۱	۱۰
۳	برنامه ریزی نامطلوب	۱	۱۰

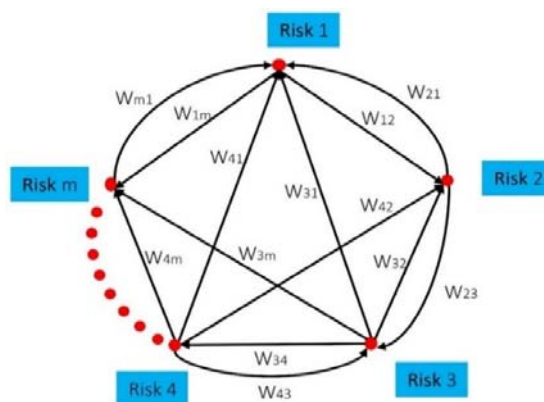
۴- روش تحقیق

پیش‌تر توضیح داده شد که باهدف یافتن رابطه علت-معلولی مابین ریسک‌های پروژه، یک شبکه جهت‌دار و وزن‌دار در نظر گرفته شد (شکل ۳). همچنین مقدار وزن هر یال (کمان) در بازه (۰ و ۱۰) قرار می‌گیرد. نتایج حاصل شده در این پژوهش

شامل گره N را محاسبه می‌کنیم. برای مثال اگر ۵ مسیر کوتاه بین یک جفت از گره‌ها وجود داشته باشد که ۳ مسیر کوتاه از طریق گره N عبور کرده باشند، حاصل کسر برابر $0.6 = 5/3$ خواهد بود.

۳-۲- مدل شبکه ریسک در پروژه‌های ساختمان مسکونی

در پژوهش حاضر هریک از ریسک‌های شناسایی شده به‌عنوان یک گره در شبکه در نظر گرفته خواهند شد و ارتباط بین این ریسک‌ها به‌صورت یال‌های جهت‌دار و وزن‌دار ترسیم خواهد شد. این مدل در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در مدل مذکور بین ریسک‌های پروژه‌های ساختمان مسکونی یال‌های جهت‌دار و وزن‌دار ترسیم شده است که این یال‌ها به همان روابط علت-معلولی بین ریسک‌ها دلالت دارند.



شکل ۳. مدل شبکه ریسک در پروژه‌های ساختمان مسکونی

برای تعیین ارتباط علت-معلولی مابین ریسک‌ها پرسشنامه‌ای طراحی شد که در آن ریسک‌ها به صورت دو به دو بررسی شدند. بخشی از این پرسشنامه در جدول ۳ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود جهت سنجش اهمیت رخداد ریسک A در پدید آمدن ریسک B از یک طیف لیکرت در بازه (۱، ۱۰) استفاده شد که به ترتیب ۱ بیانگر "خیلی کم" و ۱۰ بیانگر "خیلی زیاد" است. با توجه به شناسایی ۳۰ ریسک، الزاماً 30×29 رابطه دو دویی (۸۷۰ رابطه) باید تعیین گردد.

از دیگر سو به دلیل حجم بسیار بالای این پرسشنامه، تیم پژوهشی در دو مرحله این فاز را اجرا نمود. در مرحله اول اعضای تیم پژوهش بر اساس قضاوت مهندسی و تشکیل

جدول ۴: مشخصات خبرگان شرکت‌کننده در جلسه کانون فکری

ترسیم شبکه ریسک‌ها

تحصیلات	پروانه نظام مهندسی	سابقه (سال)	جنسیت
دکتری مدیریت پروژه- کارشناسی ارشد معماری	پایه ۱	۲۲	مرد
دانشجوی دکتری مدیریت پروژه-کارشناسی معماری	پایه ۲	۱۸	مرد
کارشناسی ارشد عمران	پایه ۱	۲۵	مرد
دانشجوی دکتری مدیریت پروژه-کارشناسی عمران	پایه ۲	۱۴	مرد
دانشجوی دکتری عمران	پایه ۳	۸	مرد
کارشناسی عمران	پایه ۲	۱۳	مرد
کارشناسی معماری	پایه ۳	۱۰	مرد

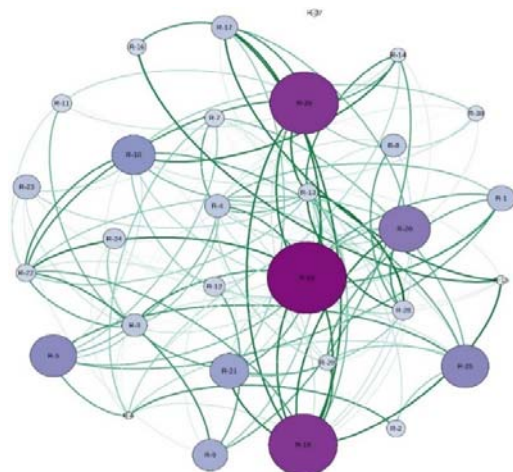
برای چهار پارامتر درجه وزن‌دار داخلی، درجه وزن‌دار خارجی، مرکزیت بینیت و مرکزیت نزدیکی بر اساس نظرات خبرگان شرکت‌کننده در کانون فکری، به صورت درصدی در جدول ۵ آورده شده است. برای هر پارامتر، ریسک‌های شناسایی شده در پژوهش بر اساس بیشترین مقدار رتبه‌بندی شده‌اند. همچنین لازم به ذکر است که جهت تحلیل نتایج از کتابخانه‌های پیش‌فرض در زبان برنامه‌نویسی Python استفاده شد. همچنین جهت ترسیم شبکه و نمایش آن، از نرم‌افزار Gephi نسخه ۰,۹,۲ استفاده شد (Bastian et al. 2009). در ادامه تجزیه و تحلیل نتایج هر پارامتر آورده شده است.

جدول ۵. محاسبات شبکه علت-معلولی مابین ریسک‌ها بر اساس پارامترهای مختلف شبکه (SNA)

CRC (%)	Closeness Centrality	Risk ID	CRB (%)	Betweenness Centrality	Risk ID	CRWOD (%)	Weighted out degree	Risk ID	CRWID (%)	Weighted in degree	Risk ID
۵/۵۸	۰/۱۵۵۱	R-24	۲۶/۱۴	۰/۳۸۱۹	R-20	۱۲/۸۱	۸۷	R-13	۱۰/۹۰	۷۴	R-18
۵/۴۷	۰/۱۵۲۰	R-20	۱۷/۲۲	۰/۲۵۱۶	R-13	۸/۲۵	۵۶	R-22	۹/۲۸	۶۳	R-19
۵/۴۲	۰/۱۵۰۸	R-21	۱۱/۲۹	۰/۱۶۵۰	R-12	۸/۱۰	۵۵	R-18	۹/۲۸	۶۳	R-26
۴/۹۷	۰/۱۳۸۲	R-19	۹/۸۱	۰/۱۴۳۳	R-4	۷/۲۲	۴۹	R-4	۶/۶۳	۴۵	R-20
۴/۳۶	۰/۱۱۸۵	R-12	۸/۹۲	۰/۱۳۰۴	R-3	۶/۰۴	۴۱	R-3	۶/۰۴	۴۱	R-25
۴/۲۳	۰/۱۱۷۷	R-18	۵/۶۹	۰/۰۸۳۱	R-18	۵/۸۹	۴۰	R-6	۵/۸۹	۴۰	R-5
۳/۹۸	۰/۱۱۰۶	R-4	۵/۵۲	۰/۰۸۰۷	R-30	۵/۷۴	۳۹	R-28	۵/۴۵	۳۷	R-10
۳/۹۱	۰/۱۰۸۶	R-3	۴/۰۵	۰/۰۵۹۱	R-17	۵/۴۵	۳۷	R-17	۴/۷۱	۳۲	R-21
۳/۸۲	۰/۱۰۶۲	R-5	۳/۲۰	۰/۰۴۶۸	R-29	۵/۳۰	۳۶	R-19	۴/۱۲	۲۸	R-9
۳/۷۸	۰/۱۰۵۱	R-23	۲/۱۵	۰/۰۳۱۴	R-8	۵/۰۱	۳۴	R-29	۳/۰۹	۲۱	R-1
۳/۷۵	۰/۱۰۴۲	R-30	۱/۸۱	۰/۰۲۶۵	R-7	۴/۷۱	۳۲	R-14	۲/۹۴	۲۰	R-23
۳/۷۱	۰/۱۰۳۱	R-10	۱/۷۵	۰/۰۲۵۶	R-10	۴/۵۷	۳۱	R-15	۲/۸۰	۱۹	R-17
۳/۷۱	۰/۱۰۳۱	R-8	۱/۰۵	۰/۰۱۵۴	R-21	۳/۲۴	۲۲	R-7	۲/۶۵	۱۸	R-4
۳/۶۱	۰/۱۰۰۲	R-1	۰/۵۶	۰/۰۰۸۲	R-9	۳/۲۴	۲۲	R-10	۲/۶۵	۱۸	R-3
۳/۵۷	۰/۰۹۹۹	R-26	۰/۳۴	۰/۰۰۴۹	R-28	۲/۸۰	۱۹	R-1	۲/۶۵	۱۸	R-8
۳/۵۷	۰/۰۹۹۱	R-9	۰/۲۵	۰/۰۰۳۶	R-15	۲/۰۶	۱۴	R-20	۲/۲۱	۱۵	R-24
۳/۵۵	۰/۰۹۸۶	R-13	۰/۱۷	۰/۰۰۲۵	R-2	۱/۹۱	۱۳	R-12	۲/۰۶	۱۴	R-12
۳/۵۲	۰/۰۹۸۰	R-25	۰/۰۸	۰/۰۰۱۲	R-11	۱/۳۳	۹	R-30	۲/۰۶	۱۴	R-28
۳/۲۸	۰/۰۹۱۲	R-17	۰	۰	R-1	۱/۳۳	۹	R-8	۱/۷۷	۱۲	R-13
۳/۲۳	۰/۰۸۹۹	R-16	۰	۰	R-5	۱/۱۸	۸	R-5	۱/۷۷	۱۲	R-22
۳/۰۸	۰/۰۸۵۴	R-15	۰	۰	R-6	۱/۱۸	۸	R-16	۱/۷۷	۱۲	R-11

۳/۰۷	۰/۰۸۵۲	R-29	۰	۰	R-14	۰/۸۸	۶	R-2	۱/۷۷	۱۲	R-7
۲/۶۱	۰/۰۷۲۷	R-28	۰	۰	R-16	۰/۷۴	۵	R-11	۱/۶۲	۱۱	R-16
۲/۳۵	۰/۰۶۵۴	R-22	۰	۰	R-19	۰/۵۹	۴	R-9	۱/۶۲	۱۱	R-2
۲/۳۳	۰/۰۶۴۷	R-11	۰	۰	R-22	۰/۴۴	۳	R-21	۱/۴۷	۱۰	R-29
۲/۰۶	۰/۰۵۷۴	R-7	۰	۰	R-23	۰	۰	R-23	۱/۳۳	۹	R-30
۱/۸۰	۰/۰۵۰۱	R-14	۰	۰	R-24	۰	۰	R-24	۱/۱۸	۸	R-14
۱/۷۵	۰/۰۴۸۶	R-2	۰	۰	R-25	۰	۰	R-25	۰/۲۹	۲	R-15
۰	۰	R-6	۰	۰	R-26	۰	۰	R-26	۰	۰	R-6
۰	۰	R-27	۰	۰	R-27	۰	۰	R-27	۰	۰	R-27

ریسک دیگر در ارتباط هستند. به تعبیر دیگر رخداد این دو ریسک می‌تواند حدود نیمی از ریسک‌های شناسایی شده در این پژوهش را به وجود آورد. در شکل ۴ نمایش شبکه مابین ریسک‌ها برای پارامتر درجه وزندار داخلی آورده شده است.



شکل ۴. شبکه ریسک‌های پروژه بر اساس پارامتر درجه وزندار داخلی

۴-۲- تحلیل نتایج پارامتر درجه وزندار خارجی (CRWOD (%))

جهت محاسبه درجه وزندار خارجی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$C_{WOD}(x) = \sum_{j=1}^m W_{xj} \quad (3)$$

که در آن $i = j$ ریسک و W_{xj} وزن لینک ترسیم شده از گره X به گره j است. همچنین به جهت مقایسه پذیر نمودن پارامتر درجه وزندار داخلی، پارامتر جدیدی در این پژوهش به ترتیب رابطه ۴ تعریف شد.

۴-۱- تحلیل نتایج پارامتر درجه وزندار داخلی (CRWID (%))

جهت محاسبه درجه وزندار داخلی از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$C_{WID}(x) = \sum_{i=1}^n W_{ix} \quad (1)$$

که در آن $i = j$ ریسک و W_{ix} وزن یال ترسیم شده از گره i به گره X است. همچنین به جهت مقایسه پذیر نمودن پارامتر درجه وزندار داخلی، پارامتر جدیدی در این پژوهش به ترتیب زیر تعریف شد.

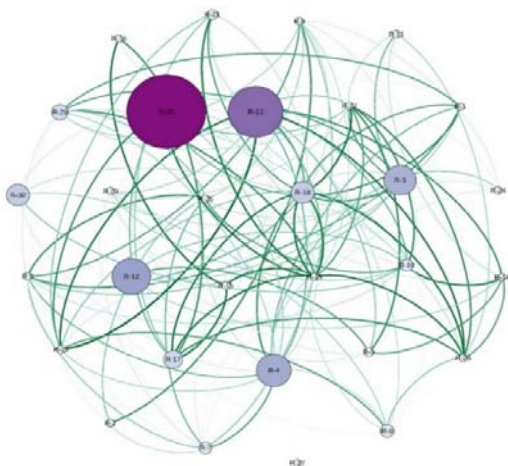
$$C_{RWID}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ix}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m W_{ij}} * 100 \quad (2)$$

در این رابطه $CRWID =$ درجه وزندار داخلی نسبی، W_{ij} وزن لینک ترسیم شده از گره i به گره j است و m تعداد کل ریسک‌ها است.

در جدول ۵ محاسبات پارامتر درجه وزندار داخلی نسبی آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ۶ ریسک برنامه‌ریزی نامطلوب (R-18)، مدیریت و نظارت ضعیف در سایت عمرانی و هماهنگی ضعیف با ذینفعان پروژه (R-19)، عدم دسترسی به نیروی انسانی زبده، منابع و ... (R-26)، ناپایداری در تیم‌های پروژه مانند تغییر ناظر یا مدیر پروژه و غیره (R-20)، تحریم‌های سیاسی و اقتصادی (R-25) و تورم/نداشتن مقیاس برای هزینه‌ها و آنالیز قیمت تمام‌شده اجرای پروژه‌ها (R-5) به ترتیب دارای بیشترین مقادیر درجه وزندار داخلی نسبی هستند. در این بین ریسک برنامه‌ریزی نامطلوب و ریسک مدیریت و نظارت ضعیف در سایت عمرانی و هماهنگی ضعیف با ذینفعان پروژه به‌صورت مستقیم با پدید آمدن ۱۳

۴-۳- تحلیل نتایج پارامتر مرکزیت بینیت ((CRB (%)

پیشتر عنوان شد که پارامتر مرکزیت بینیت اهمیت یک گره را با کوتاه‌ترین مسیرها در سراسر شبکه اندازه‌گیری می‌کند. این پارامتر در تحلیل شبکه‌های اجتماعی بسیار کاربرد دارد، اما در کاربردهای دیگر مانند قلمرو مدیریت پروژه و به صورت مشخص مدیریت ریسک، ممکن است نتایج قابل‌درکی در اختیار قرار ندهد. با این حال در پژوهش حاضر این پارامتر برای شبکه ریسک‌ها محاسبه شد. بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۵ مشاهده می‌شود که ۵ ریسک ناپایداری در تیم‌های پروژه مانند تغییر ناظر یا مدیر پروژه و غیره (R-20)، تضاد و تعارض با مشاور (R-13)، پیچیدگی در طراحی (R-12)، تاخیرات مالی در پرداخت‌ها یا تخصیص منابع مالی (R-4) و کمبود بودجه به دلیل افزایش هزینه‌های ساخت و اجرا (R-3) به ترتیب دارای بیشترین مقدار مرکزیت بینیت هستند. در تفسیر این نتایج می‌توان عنوان نمود که این ریسک‌ها در شبکه شناسایی شده مابین ریسک‌ها و بر اساس کوتاه‌ترین مسیرها در سراسر شبکه، اهمیت بیشتری دارند. در شکل ۶ نمایش شبکه بر اساس پارامتر مرکزیت بینیت آورده شده است.



شکل ۶. شبکه ریسک‌های پروژه بر اساس پارامتر مرکزیت بینیت

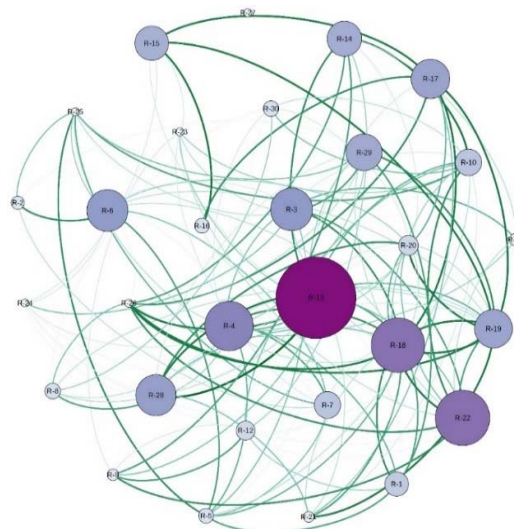
۴-۴- تحلیل نتایج پارامتر مرکزیت نزدیکی ((CRC (%)

پیش‌تر عنوان شد که پارامتر مرکزیت نزدیکی نشان می‌دهد که یک گره چقدر به گره‌های دیگر در شبکه نزدیک است. برای محاسبه مرکزیت نزدیکی، میانگین طول کوتاه‌ترین مسیر از یک گره به هر گره دیگر در شبکه محاسبه می‌شود. این پارامتر نیز همانند پارامتر مرکزیت بینیت بیشتر در تحلیل شبکه‌های اجتماعی مانند شبکه‌های فیسبوک، توییتر و ... کاربرد دارد.

$$C_{RWOD}(x) = \frac{\sum_{j=1}^m W_{xj}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m W_{ij}} \quad (\xi)$$

* 100

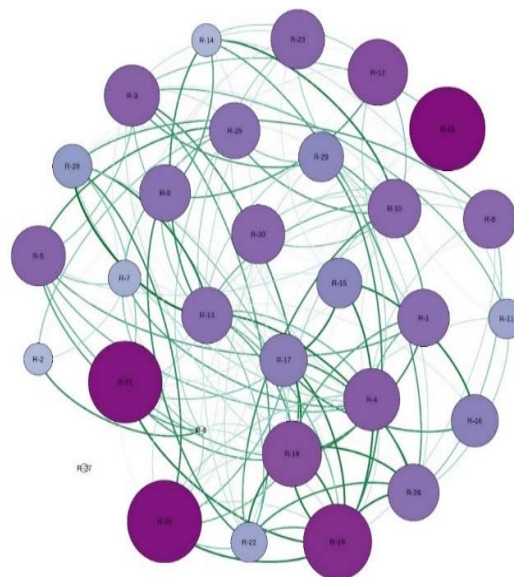
در این رابطه C_{RWOD} = درجه وزن‌دار خارجی نسبی، W_{ij} = وزن لینک ترسیم شده از گره i به گره j است و m تعداد کل ریسک‌ها است. در جدول ۵ نتایج محاسبات پارامتر درجه وزن‌دار خارجی نسبی برای کلیه ریسک‌ها آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ریسک‌های تضاد و تعارض با مشاور (R-13)، دوباره کاری (R-22)، برنامه‌ریزی نامطلوب (R-18)، تاخیرات مالی در پرداخت‌ها یا تخصیص منابع مالی (R-4) و کمبود بودجه به دلیل افزایش هزینه‌های ساخت و اجرا (R-3) به ترتیب دارای بیشترین مقدار درجه وزن‌دار خارجی هستند. به عبارت دیگر این ریسک‌ها بیشترین تأثیر را از رخداد ریسک‌های دیگر دریافت می‌کنند. به‌طور مشخص ریسک تضاد و تعارض با مشاور به صورت مستقیم با ۲۲ ریسک در ارتباط است و رخداد هر یک از این ۲۲ ریسک می‌تواند به تضاد و تعارض با مشاور منجر شود. در بین ریسک‌های بالاترین درجه وزن‌دار خارجی، ریسک برنامه‌ریزی نامطلوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا این ریسک دارای بالاترین درجه وزن‌دار داخلی نیز است. به تعبیر دیگر ریسک برنامه‌ریزی نامطلوب به‌عنوان معلول ۱۲ ریسک و علت ۱۳ ریسک شناسایی شده است. در شکل ۵ شبکه ریسک‌های پروژه بر اساس پارامتر درجه وزن‌دار خارجی نشان داده شده است.



شکل ۵. شبکه ریسک‌های پروژه بر اساس پارامتر درجه وزن‌دار خارجی

با این حال در پژوهش حاضر این پارامتر محاسبه شد و به صورت نسبی در جدول ۵ درج شد. همان گونه که مشاهده می شود چهار ریسک بروز فورس ماژور (R-24)، ناپایداری در تیم های پروژه مانند تغییر ناظر یا مدیر پروژه و غیره (R-20)، عدم تناسب حجم پروژه با تیم مجری یا کنترل پروژه (R-21) و مدیریت و نظارت ضعیف در سایت عمرانی و هماهنگی ضعیف با ذینفعان پروژه (R-19) با اختلاف معنی داری دارای بیشترین مقادیر مرکزیت نزدیکی هستند.

با مقایسه رتبه بندی ارائه شده بر اساس مرکزیت نزدیکی و مقایسه آن با رتبه بندی ارائه شده بر اساس محاسبات درجه وزن دار داخلی و مرکزیت بینیت، نشان می دهد که جواب های ارائه شده بر اساس پارامتر مرکزیت نزدیکی رویکردی دیگر را در رتبه بندی ریسک ها در نظر گرفته است. این رویکرد با در نظر گرفتن الگوریتم محاسباتی ارائه شده در کتابخانه های پیش فرض Python به جواب های منطقی و قابل قبول ختم نمی شود. برای بررسی بیشتر این ادعا باید عنوان نمود که ریسک بروز فورس ماژور که در محاسبات پارامتر مرکزیت نزدیکی دارای بیشترین مقدار شد، در رتبه بندی ارائه شده بر اساس محاسبات درجه وزن دار داخلی رتبه ۱۶ و در مرکزیت بینیت دارای مقدار صفر شد. در شبکه ارتباطی مابین ریسک ها، ریسک مذکور به عنوان علت ۹ ریسک شناسایی شد، اما به عنوان معلول هیچ ریسکی شناسایی نشد. به تعبیر بهتر نوع کارکرد پارامتر مرکزیت نزدیکی در پژوهش حاضر مناسب نیست و نمی تواند مبنای تحلیل نتایج قرار گیرد. شبکه ترسیم شده مابین ریسک ها بر اساس پارامتر مرکزیت نزدیکی در شکل ۷ آورده شده است.



شکل ۷. شبکه ریسک های پروژه بر اساس پارامتر مرکزیت نزدیکی

۵-۰ بحث و بررسی

بر اساس نتایج به دست آمده از تحلیل پارامترهای شبکه و در نظر گرفتن داده های چهار پارامتر در نظر گرفته شده در این پژوهش، مقادیر محاسبه شده برای پارامترهای مرکزیت بینیت و مرکزیت نزدیکی رتبه بندی تحلیل پذیری ارائه نمی دهند و بر اساس مدل شبکه تعریف شده در این پژوهش یعنی شبکه جهت دار و وزن دار، پارامترهای مرکزیت بینیت و مرکزیت نزدیکی معیارهای قابل پذیرشی برای دریافت و تحلیل شبکه مابین ریسک های یک پروژه نیستند. اگر چه باید عنوان نمود که کارکرد دو پارامتر مذکور در شبکه های جهت دار و وزن دار همچنان سؤال برانگیز است. اما در خصوص رتبه بندی ارائه شده با استفاده از پارامترهای درجه می توان بیان کرد که پارامتر درجه وزن دار داخلی به نوعی اهمیت ریسک ها را از نقطه نظر علت نشان می دهد. به تعبیر بهتر، این رتبه بندی نشان می دهد که کدام یک از ریسک ها اگر رخ دهند، تأثیر بیشتری بر رخداد سایر ریسک ها در پروژه خواهند داشت. همچنین نتایج پارامتر درجه وزن دار خارجی نشان می دهند که کدام یک از ریسک ها بیشترین وابستگی را به سایر ریسک های پروژه دارند و به تعبیر بهتر احتمال رخداد بیشتری در پروژه دارند. پس بر اساس مقادیر محاسبه شده برای دو پارامتر درجه وزن دار داخلی و درجه وزن دار خارجی هم می توان اهمیت یک ریسک را به نوعی ارزیابی کرد و هم می توان احتمال رخداد یک ریسک را با توجه به رخداد سایر ریسک ها، ارزیابی کرد. لذا بر اساس قضاوت مهندسی و برآیند رتبه بندی های ارائه شده بر پایه دو متغیر یاد شده، اهم ریسک های شناسایی شده (۱۰ مورد) به ترتیب زیر ارائه می گردد.

۵-۱- ریسک برنامه ریزی نامطلوب (R-18)

این ریسک که در گروه ریسک های مدیریتی قرار می گیرد، دارای بیشترین مقدار درجه وزن دار داخلی و همچنین رتبه سوم بر اساس پارامتر درجه وزن دار خارجی است. به تعبیر دیگر رخداد این ریسک می تواند بسیاری از ریسک های پروژه را درگیر کند و همزمان نیز به بسیاری از ریسک های پروژه وابسته است و رخداد تعداد زیادی ریسک باعث رخداد این ریسک می شوند. برنامه ریزی نامطلوب یکی از مهم ترین چالش های مدیران پروژه های عمرانی (پروژه ساختمان

۵-۵- ناپایداری در تیم‌های پروژه مانند تغییر ناظر یا

مدیر پروژه و غیره (R-20)

مسئله ناپایداری و تغییرات مدیریتی در تیم‌های کاری و پروژه مسئله بسیار رایجی در پروژه‌های عمرانی و ساختمانی در ایران است. رخداد این ریسک می‌تواند باعث رخداد تعداد زیادی از ریسک‌های دیگر در پروژه گردد.

۵-۶- تحریم‌های سیاسی و اقتصادی (R-25)

این ریسک علی‌رغم اینکه در گروه ریسک‌های اجتماعی/سیاسی قرار دارد، اما رخداد آن تأثیر بسزایی در اقتصاد کشور خواهد داشت. در هنگام انتخاب ریسک‌های نهایی جهت اجرای این پژوهش، بحث‌های متعددی در خصوص تعریف ریسک تحریم‌های سیاسی و اقتصادی وجود داشت. گروهی از خبرگان معتقد بودند که این ریسک به صورت مستقیم در یک پروژه ساختمانی رخ نمی‌دهد و بنابراین نیازی نیست این گویه به عنوان یک ریسک در نظر گرفته شود. از دیگر سو این مسئله محرز است که رخداد تحریم‌های سیاسی و اقتصادی آثار تورمی به همراه دارد که خود این مسئله یعنی تورم نیز به صورت مجزا به عنوان یک ریسک در نظر گرفته شده است. با این حال اصحاب صنعت ساختمان در ایران همواره به تحریم‌های سیاسی و اقتصادی به صورت ویژه‌ای نگرسته‌اند و آن را به عنوان یک ریسک مهم در کار خود در نظر می‌گیرند. در نظر گرفتن تحریم‌های محتمل سیاسی و اقتصادی در کشور باعث شده است تا مدل مالی کارفرمایان و پیمانکاران پروژه‌های ساختمان مسکونی دستخوش تغییرات زیادی شود. در نهایت باید عنوان نمود که اگرچه تحریم‌های سیاسی و اقتصادی در بسیاری از پروژه‌های ساختمان مسکونی به صورت مستقیم بر روند اجرای پروژه تأثیرگذار نیست. اما، به صورت غیر مستقیم علت تعریف بسیاری از ریسک‌های پروژه‌های ساختمان مسکونی در ابعاد مالی-اقتصادی، تأمین و تدارکات و ... است.

۵-۶- تورم/ نداشتن مقیاس برای هزینه‌ها و آنالیز قیمت

تمام شده اجرای پروژه‌ها (R-5)

مسئله وجود تورم در کشور به خصوص در سال‌های اخیر غیرقابل انکار است. موارد و مسائل متعددی در شکل‌گیری تورم در ایران مؤثر هستند. از تحریم‌های سیاسی و اقتصادی گرفته تا سیاست‌های انقباضی و انبساطی بانک مرکزی در ایران و

مسکونی) است. به دلیل پیچیدگی اجرا در صنعت ساخت، سیال بودن راندمان نیروی انسانی در اجرا، مسائل و محدودیت‌های خارج از پروژه و حضور ذینفعان متعدد، در پروژه‌های ساختمان مسکونی عموماً شاهد انحرافات متعددی از برنامه زمان‌بندی پروژه هستیم. یکی از راهکارهای مدیریت این ریسک در نظر گرفتن برنامه زمانی رزرو به جهت جبران انحرافات احتمالی از برنامه زمان‌بندی پروژه است.

۵-۲- مدیریت و نظارت ضعیف در سایت عمرانی و

هماهنگی ضعیف با ذینفعان پروژه (R-19)

این ریسک نیز دارای رتبه دوم بر پایه پارامتر درجه وزن‌دار داخلی است. این ریسک که در زیرمجموعه ریسک‌های مدیریتی قرار می‌گیرد، به عنوان یکی از چالش‌های مطرح در اجرای پروژه‌های ساختمان مسکونی به شمار می‌رود. افزایش سطح دانش و تجربه عوامل پروژه می‌تواند این ریسک را بهتر مدیریت کند. اگرچه در پی حوادث و رخدادهایی که ناشی از مدیریت و نظارت ضعیف در سایت عمرانی رخ می‌دهند، صنعت بیمه به خوبی نقش و مسئولیت‌هایی طراحی کرده است.

۵-۳- عدم دسترسی به نیروی انسانی زبده، منابع و ...

(R-26)

این ریسک در رتبه سوم برپایه پارامتر درجه وزن‌دار داخلی قرار دارد. در حالت کلی مسئله زنجیره تأمین مصالح در پروژه‌های ساختمانی در کشور چالشی پیچیده و حل نشده است. همچنین با توجه به دامنه پوشش پروژه‌های ساختمانی در پهنه جغرافیایی کشور، دسترسی به نیروی انسانی و متخصص زبده محدود است.

۵-۴- ریسک‌های تضاد و تعارض با مشاور (R-13)

این ریسک در رتبه اول برپایه پارامتر درجه وزن‌دار خارجی قرار دارد و نشان می‌دهد که عملاً رخداد اکثریت ریسک‌های پروژه، تضاد و تعارض با دستگاه نظارت و مشاور را در پی خواهد داشت. لذا بر اساس محاسبات شبکه می‌توان ادعا کرد که احتمال رخداد این ریسک بسیار بالاست و در حوزه برنامه واکنش به ریسک باید توجه جدی به این ریسک نمود.

۵-۸- تاخیرات مالی در پرداخت‌ها یا تخصیص منابع

مالی (R-4)

مسئله تاخیرات مالی در پرداخت‌ها به‌عنوان یک ریسک متداول در پروژه‌های ساختمان مسکونی در ایران شناخته می‌شود و همواره بخشی از دعاوی مابین کارفرما (مالک) و پیمانکاران (یا حتی مشاوران و دستگاه نظارت) به این مسئله مرتبط می‌شود. دلیل اصلی رخداد این ریسک در پروژه، نداشتن یک برنامه مالی منسجم و مبتنی بر تجربه و دانش است. اگرچه باید عنوان نمود که تورم و مسائل اقتصادی و همچنین همکاری ضعیف بنگاه‌های اقتصادی با کارفرما یا پیمانکاران نیز نقش مؤثری در رخداد این ریسک در پروژه‌های ساختمان مسکونی ایفا می‌کنند.

۵-۹- کمبود بودجه به دلیل افزایش هزینه‌های ساخت

و اجرا (R-3)

ریسک کمبود بودجه به دلیل افزایش هزینه‌های ساخت و اجرا نیز به ریسک‌های دیگر مانند ریسک تورم و یا ریسک دوباره‌کاری ارتباط مستقیمی دارد. برای مثال در صورت رخداد دوباره‌کاری منطقیاً هزینه ساخت و اجرا افزایش می‌یابد. از دیگر سو با افزایش تورم نیز هزینه‌های ساخت و اجرا متعاقباً افزایش می‌یابد. اگرچه تجربه و دانش عوامل اجرایی پروژه در میزان افزایش هزینه‌های ساخت و اجرا بسیار تعیین‌کننده است. در خصوص برنامه پاسخ به این ریسک می‌توان با در نظر گرفتن برنامه مالی رزرو احتمال اشتباه در برآورد هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم اجرای پروژه را تا حد قابل قبولی مدیریت کرد.

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش شبکه علت-معلولی مابین ریسک‌های پروژه ترسیم شد و بر اساس پارامترهای شبکه تحلیل و بررسی شد. برآیند نتایج نشان داد که دو پارامتر مرکزیت بینیت و مرکزیت نزدیکی به‌واسطه تعریف و الگوریتم محاسباتی خود، در خصوص شبکه ارتباطی مابین ریسک‌ها به نتایج تحلیل‌پذیر ختم نمی‌شوند. البته باید در نظر گرفت که شبکه این پژوهش از نوع شبکه‌های وزن‌دار و جهت‌دار است که به‌نوعی پیچیده‌ترین حالت شبکه جهت تحلیل است. عموم شبکه‌های مورد تحلیل در مسائل این‌چنینی، شبکه‌های ساده هستند که نه جهت‌دارند و نه وزن‌دار. لذا در یک جمع‌بندی می‌توان عنوان نمود که دو

همچنین رشد پایه پولی تأثیرات بسیار شدیدی بر نرخ تورم دارند. همین مسئله باعث شده است تا مقوله تعدیلات در بهای پایه به‌صورت سه‌ماهه توسط سازمان برنامه و بودجه و باهدف پوشش نوسانات قیمت اجناس، کالاها و دستمزدهای نیروی کار در نظر گرفته شود. از دیگر سو به‌صورت تجربی می‌توان عنوان کرد که هرچقدر نرخ تورم بالاتر رود ریسک اجرای پروژه‌های ساختمان مسکونی نیز افزایش می‌یابد. زیرا این مسئله به‌صورت مستقیم بر بنیاد مالی پیمانکار یا سازنده تأثیر می‌گذارد و عملاً قدرت خرید خدمات یا محصولات را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر رکودهای اقتصادی ماحصل تورم‌های بزرگ در کشور نیز به‌عنوان پی‌آمد ناگوار اقتصادی، چرخنده‌های اقتصاد صنعت ساختمان را از حرکت باز نگه می‌دارد.

۵-۷- دوباره‌کاری (R-22)

ریسک دوباره‌کاری به‌عنوان یکی از چالش‌های رایج در صنعت ساختمان، بار مالی و زمانی فراوانی دارد. تاکنون تحقیقات متعددی در خصوص علل دوباره‌کاری در پروژه‌های عمرانی صورت گرفته است و در حال حاضر این مسئله از جذابیت‌های پژوهشی ویژه‌ای برخوردار است. به و همکاران (۲۰۱۵) در یک پژوهش جامع با بررسی پژوهش‌های انجام شده در چندین کشور دنیا از جمله چین، سوئد، کانادا، انگلستان، هلند، هنگ کنگ و استرالیا، در مجموع عوامل مؤثر در دوباره‌کاری در پروژه‌های عمرانی و ساختمانی را در ۱۱ گروه طبقه‌بندی کردند (Ye et al. 2015). این عوامل به ترتیب شامل مدیریت سایت پروژه، محیط خارجی پروژه، مدیریت قراردادها، مدیریت پیمانکاران جزء، مدیریت طراحی، ارتباطات پروژه، تغییرات برنامه پروژه، دوباره‌کاری‌های ارتقای کیفیت [دوباره‌کاری‌هایی که به جهت بهبود کیفیت و به‌صورت آگاهانه توسط پیمانکار انجام می‌شوند]، قابلیت‌های کارفرما، مدیریت محدوده و مدیریت فرآیندها می‌شوند. اما باید توجه نمود که در پروژه‌های ساختمان مسکونی در ایران عملاً دوباره‌کاری‌ها در وهله اول مرتبط با فرآیند طراحی سازه است و در گام دوم مربوط به اجرای ناصحیح پیمانکاران. این دو بخش عملاً بیشترین سهم در ایجاد دوباره‌کاری‌ها در پروژه‌های ساختمان مسکونی را دارند.

international NPP project. *Nuclear Engineering and Technology*, 47(3), 362-379.

- Khaksar, Mansour, Shafei, Reza and Baharehullah Veisi. (1387). Identifying the sources of risk in construction projects and how to manage them (case study). *Journal beyond Management*, No. 7. [Persian]

- Mohammadi Talvar, Zanyar and Javad Panahi. (2016). Identification of effective criteria in risk assessment and ranking of construction projects, Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning in the Islamic world, Tabriz, University of Tabriz - Shahid Madani University of Azerbaijan - University of Applied Sciences, *Tabriz Municipality*. [Persian]

- Mohammadi, Mostafa and Nima Tavassoli (2016). Investigating the Impact of Risk Management in Construction Projects and Its Relationship with Project Success, *International Comprehensive Conference on Iranian-Islamic Civil Engineering, Architecture and Urban Planning, Tehran*, Koosha Gostar Conference Center. [Persian]

- Nummedal, T. A., Hide, A., & Heyerdahl, R. (1996). Cost effective risk management on aging offshore installations. In *SPE Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production Conference*. Society of Petroleum Engineers.

- Project management body of knowledge (pmbok® guide), (2001). In *Project Management Institute*, Vol. 11, No. 1, 7-8.

- Tabatabai Mir Hosseini, Ramin and Moin Rouhi. (2015) Risk assessment of high-rise buildings using AHP and TOPSIS methods, 11th International Conference on Project Management, Tehran, *Ariana Industrial Research Group*. [Persian]

- Ye, G., Jin, Z., Xia, B., & Skitmore, M. (2015). Analyzing causes for reworks in construction projects in China. *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 04014097.

- Zarei Bosari, Aida. (2017) Risk assessment methods in construction projects, the second national conference on engineering management, Ashrafieh threshold, *Mehrastan Institute of Higher Education*, Guilan. [Persian]

- Zheng, Xian, et al. (2016). Review of the application of social network analysis (SNA) in construction project management research. *International journal of project management* 34.7, 1214-1225.

-Guide, A. (2017). Project management body of knowledge (pmbok® guide). In *Project Management Institute*.

-Molaei Barough, Armin and Muzaffar Khademi Shiraz. (2017). Risk management in construction projects; Case Study, 2nd International Congress of Contemporary Civil Engineering, *Architecture and Urban Planning*, Dubai, University of Naples, Italy.

پارامتر درجه وزن‌دار داخلی و درجه وزن‌دار خارجی با توجه به تعریف مسئله و پرسش اصلی، یعنی ترسیم شبکه علت-معلولی مابین ریسک‌ها، جواب‌های منطقی، درست و قابل‌تحلیلی ارائه می‌کنند. اما یک سؤال باقی می‌ماند: "این نتایج چه کمکی به فرآیند مدیریت ریسک می‌کند؟"

در این پژوهش با ترسیم شبکه علت-معلولی مابین ریسک‌های مسئله می‌توان به‌نوعی "اهمیت" هر ریسک را نیز مورد توجه قرار داد. در یک پروژه واقعی ترسیم شبکه ارتباطی بین ریسک‌ها می‌تواند منتج به تغییر رتبه‌بندی بر اساس قضاوت مهندسی گردد. با توجه به نتایج ارزنده به دست آمده از پارامترهای درجه وزن‌دار داخلی و درجه وزن‌دار خارجی، توصیه می‌گردد که در پژوهش‌های آتی بر روی ایجاد یک ساختار جدید رتبه‌بندی ریسک‌های مسئله با در نظر گرفتن شبکه علت-معلولی مابین ریسک‌های مسئله تحقیق و بررسی صورت گیرد.

۷- سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان مراتب سپاسگزاری خویش را از مجموعه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی بابت حمایت‌های مادی و معنوی در راستای تحقق اهداف این پژوهش به عمل می‌آورند.

۸- مراجع

- Abdullahnejad, Ibrahim; Ahad Nazari and Milad Rahmati Nia. (2016). Investigation and evaluation of construction and commissioning risks in construction projects (hospital case study), *Specialized Scientific Quarterly of Construction Engineering and Management*, second year, seventh issue.

- Abedini, Saeedeh; Mohammad Hossein Ghotbi and Mohammad Hossein Dadpour. (2015). Risk Identification and Evaluation in Construction Projects: A Case Study of Mehr Housing in Qom Province, International Conference on New Research in Management, *Economics and Accounting, Istanbul, Ilia Capital Institute of Managers*. [Persian]

- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Icwsm*, 8(2009), 361-362.

- Hossen, M. M., Kang, S., & Kim, J. (2015). Construction schedule delay risk assessment by using combined AHP-RII methodology for an

Mapping and Analyzing the Cause-and-Effect Network between the Risks of Residential Building Projects in Iran (An Approach Based on the Social Network Analysis) (SNA)

*Milad Aghililoft, Ph.D., Candidate, School of Civil Engineering, University of Tehran,
Tehran, Iran.*

*Mohammad Mahdi Heydari, Assistant Professor, Road, Housing and Development
Research Center, Department of construction project management, Tehran, Iran.*

*Neda Soltani Halvaei, Assistant Professor, Department of Information Technology and
Computer Engineering, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.*

*Amir Mohammad Ramezaniapour, Associate Professor, School of Civil Engineering,
College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.*

*Omid Bamshad, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University,
Qazvin, Iran.*

E-mail: m.heydari@bhrc.ac.ir

Received: January 2024- Accepted: April 2025

ABSTRACT

In recent qualitative analysis of risks, the cause-and-effect relationship among risks and its impact on the final ranking, is questioned. It is worth to note that in usual methods which are conducted for ranking the risks, it is assumed that all variables are independent. But in a real case, it should be noted that a cause-and-effect relationships among risks is exist and consequently, the occurrence of one risk can impact on the probability of the occurrence of others. This important fact has not been seen in the process of conventional project risk ratings (functions including probability and effect). Due to this, in this article, 30 risks in residential building projects in Iran were first identified and then, using an innovative approach based on social network analysis tool (SNA), the cause-and-effect network between risks was drawn and analyzed. The results showed that the weighted in degree centrality and the weighted out degree centrality lead to the interpretable results, but the analysis of the between centrality and closeness centrality showed that the results are not interpretable. As well, in this research the 10 most important risks based on engineering judgment and final results of weighted in/out degree centrality, were identified and analyzed.

Keywords: Housing, Risk Management, Social Network Analysis (SNA), Project Management, Construction Industry