Journal of Structural and Construction Engineering, 10(12), 2024, pp. 69-93

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Ranking and Analysing the Risks of Green building Development and Construction using the combination of Hierarchical and Fuzzy analysis techniques

Shadi Norouzi[1], Hashem Shariatmadar [2]*

1- M.Sc. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- professor, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

ABSTRACT

Green building is considered as an effective method for the interaction between the rapid development of construction, conservation of resources with the least impact on the environment, and the distribution of renewable and clean energy. While green building has such potential benefits, the risks associated with green buildings have been less evaluated. Therefore, the purpose of this research is to identify and rank the upcoming risks of the development and construction of green buildings in Iran, and to determine the importance of the four limitations of the project in the most effective identified risks and to prioritize the limitations in green building projects. In this research, 10 risks were identified including: economic, contractual, managerial, educational, legal, industry, functional, market, environmental and safety, by examining and evaluating the issue of the development and construction of green buildings in scientific and research sources. Then, by designing and compiling the questionnaire tool, the research objectives were evaluated in two stages. In the first step, the identified risks were ranked using the Analytical Hierarchy (AHP) method and the most effective risks were determined. During the second stage, with the aim of determining the importance of the four limitations of project management and the impact of the most effective risks on the four limitations, it was evaluated and determined by the Fuzzy Hierarchy Analysis (FAHP) method. The results of the first stage showed that the five economic, market, performance, industry and safety risks are the most effective risks for the development and construction of green buildings. The results of the second phase showed that the importance of quality limitation was the first priority, and after that, cost, time, and work area were placed in the next priorities.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Receive Date: 03 May 2023
Revise Date: 13 June 2023
Accept Date: 17 June 2023

Keywords:
Risk management
Green building
Analytical Hierarchy Process
Fuzzy
Quadruple constraints

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2023.394385.3102

*Corresponding author: Hashem Shariatmadar.
Email address: shariatmadar@um.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

اولویت‌بندی و تحلیل ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان سبز با استفاده از تلفیق تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و فازی

شادی نوروزی[۱]، هاشم شریعتمدار[۲*]

۱- کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲-استاد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

ساختمان سبز به عنوان یک روش مؤثر برای تعامل بین توسعه سریع ساخت‌وساز، حفظ منابع با داشتن کمترین تأثیر بر محیط زیست و توزیع انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک تلقی می‌شود. در حالی که ساختمان سبز چنین منافع بالقوه‌ای را دارا می‌باشد، ریسک‌های مرتبط با ساختمان‌های سبز کمتر مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. لذا هدف این تحقیق شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پیش‌رو توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز در کشور ایران است و تعیین میزان اهمیت محدودیت‌های چهارگانه پروژه در مؤثرترین ریسک‌های شناسایی شده و اولویت‌بندی محدودیت‌ها در پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز است. در این تحقیق با بررسی و ارزیابی موضوع ریسک توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز در منابع علمی و پژوهشی، ۱۰ ریسک مشتمل بر: اقتصادی، قراردادی، مدیریتی، آموزشی، قانونی، صنعت، عملکردی، بازار، زیست‌محیطی و ایمنی شناسایی شد. سپس با طراحی و تدوین ابزار پرسشنامه، اهداف تحقیق طی دو مرحله مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله اول ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اولویت‌بندی گردید و مؤثرترین ریسک‌ها تعیین شد. طی مرحله دوم با هدف تعیین میزان اهمیت محدودیت‌های چهارگانه مدیریت پروژه (هزینه، زمان، کیفیت و حوزه‌کاری) و میزان تأثیر مؤثرترین ریسک‌ها بر چهار محدودیت، به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) ارزیابی و تعیین گردید. نتایج مرحله اول نشان داد که پنج ریسک اقتصادی، بازار، عملکردی، صنعت و ایمنی، مؤثرترین ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز است. نتایج مرحله دوم نشان داد که اهمیت محدودیت کیفیت در اولویت اول و پس از آن به ترتیب هزینه، زمان و حوزه‌کاری در اولویت‌های بعدی قرار گرفت، به طوری که هزینه در ریسک اقتصادی و بازار، حوزه‌کاری در ریسک عملکردی، زمان در ریسک صنعت، و در نهایت کیفیت در ریسک ایمنی بالاترین اولویت را کسب کردند.

کلمات کلیدی: مدیریت ریسک، ساختمان سبز، تحلیل سلسله مراتبی، فازی، محدودیت‌های چهارگانه.

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2023.394385.3102	doi:
۱۴۰۲/۰۲/۱۳	۱۴۰۲/۰۳/۲۳	۱۴۰۲/۰۳/۲۷	۱۴۰۲/۰۳/۲۷	۱۴۰۲/۱۲/۲۹	10.22065/jsce.2023.394385.3102	

نویسنده مسئول[*]: هاشم شریعتمدار

پست الکترونیکی: shariatmadar@um.ac.ir

۱- مقدمه

تغییرات آب‌وهوایی و استفاده نادرست از منابع طبیعی، منجر به حرکت به سمت توسعه پایدار همراه با افزایش بهره‌وری اقتصادی، حفاظت و بازسازی از سیستم‌های زیست‌محیطی و بهبود رفاه انسان الزامی است. حفاظت از منابع طبیعی هنگامی امکان‌پذیر است که توسعه پایدار محقق گردد. علاوه برآن افزایش جمعیت و توسعه اقتصادی کشورهای مختلف سبب افزایش استفاده از منابع شده است [۱]. ساختمان‌ها بسیاری از منابع را مصرف می‌کنند آنها همچنین تأثیرات گسترده‌ای بر روی چرخه‌ی انرژی و آب، کیفیت هوا (محیط داخلی و خارجی) و همین‌طور عوامل اجتماعی و اقتصادی می‌گذارند. افزایش مصرف منابع که منجر به آلودگی و انتشارات می‌شود نیاز به ذخیره سازی و حفظ انرژی به جهت توسعه پایدار را برجسته کرده است. در مهندسی، طراحی پایدار یک طراحی ایدئولوژی است که حامل مفهوم پایداری انسانی و توسعه اجتماعی است. توسعه پایدار می‌تواند به روش‌های مختلفی تعریف شود. یکی از جنبه‌های اصلی پایداری، ساخت‌وساز پایدار است. شیوه‌های ساخت‌وساز پایدار به‌گونه‌ای است که بر پایه‌ی اصول زیست‌محیطی است. مفهوم ساختمان‌های سبز یکی از شیوه‌های دست‌یابی به اهداف توسعه پایدار است [۲]. بر طبق تعریف شورای جهانی ساختمان سبز، ساختمان سبز ساختمانی است که در طراحی، ساخت‌وساز یا بهره‌برداری، اثرات منفی را کاهش می‌دهد یا حذف می‌کند، ساختمان سبز از منابع طبیعی حفاظت می‌کند و کیفیت زندگی انسان‌ها را بهبود می‌بخشد [۳]. ساختمان‌های سبز در چند سال گذشته با توجه به تقاضای ساختمان‌های پایدارتر در سراسر جهان، رشد و توسعه قابل‌توجهی را به دست آورده‌اند. ساختمان سبز به‌عنوان یک روش مؤثر برای تعامل بین توسعه سریع ساخت‌وساز و کمترین تأثیر منفی بر محیط‌زیست همراه با حفظ منابع و ترویج انرژی‌های تجدید پذیر و پاک، تلقی می‌شود. سازه‌های سبز جایگزین مناسبی در صنعت ساخت‌وساز ساختمانی در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته است. درحالی‌که ساختمان سبز چنین منافع بالقوه‌ای ازجمله مصرف کم انرژی، سازگاری با محیط‌زیست، و بهبود سلامتی و رفاه ساکنین را دارا می‌باشند، ریسک‌های مرتبط با ساختمان‌های سبز کمتر موردتوجه قرارگرفته‌اند [۴]. مسیر توسعه‌ی ساختمان‌های سبز آسان و بدون مشکل نیست. موانعی نظیر پیچیدگی بیشتر، عدم درک از پایداری و امکان افزایش هزینه‌ها، مانع گسترش همه جانبه ساختمان‌های سبز شده‌اند [۵]. نتایج بحث‌های انجام شده توسط میزگرد شورای جهانی ساختمان سبز (USGBC)[1] نشان داده است که روش‌های معاصر ساخت ساختمان‌های سبز، نسبتاً جدید هستند و استفاده از فناوری‌ها نو می‌تواند به ریسک‌های نوین منجر شود [۶]. بنابراین با افزایش اهمیت ساخت‌وساز سبز، تأکید بر روش‌های مدیریت ریسک‌های پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز در حال گسترش است. زیرا علی‌رغم وجود تمایل و آگاهی در مورد ساختمان‌های سبز عدم اطمینان در مورد پاسخگویی به ریسک‌های سبز، باعث تنگنا در گسترش صنعت ساختمان سبز شده است. بنابراین ضروری است که مسائل مربوط به توسعه‌ی ساختمان‌های سبز و تأثیر آنها بررسی شود. در کشور ایران با توجه به نوظهور بودن ساخت ساختمان‌های سبز لزوم انجام تحقیقات و مطالعات در حوزه‌ی ساختمان‌های سبز به جهت درک و آگاهی عمیق از ساخت ساختمان‌های سبز و ریسک‌های مرتبط با توسعه و اجرای این پروژه‌ها ضروری است. زیرا در آینده ساختمان‌های سبز به ضرورتی انکارناپذیر برای صنعت ساخت‌وساز و الزامی مشترک برای مدیران و سرمایه‌گذاران و استفاده‌کنندگان تبدیل خواهد شد. لذا پژوهشی که بتواند ریسک‌های مربوطه را شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی نماید الزامی می‌باشد. بنابراین مرحله اول از انجام این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پیش‌رو توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز در کشور ایران است و مرحله دوم تعیین میزان اهمیت محدودیت‌های چهارگانه پروژه در مؤثرترین ریسک‌های شناسایی شده و اولویت‌بندی محدودیت‌ها در پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز است.

[1] U.S. Green Building Council

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱- پیشینه تحقیقات مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز

بر طبق تعریف راهنمای پیکره‌ی دانش مدیریت پروژه (PMBOK)[۲]، ریسک در پروژه به معنای یک رویداد با شرایط نامشخصی است که اگر رخ بدهد اثرات مثبت یا منفی بر روی یک یا چند هدف از اهداف پروژه مانند حوزه‌کاری، برنامه زمانی، هزینه، یا کیفیت می‌گذارد. همان‌طور که به تعریف ریسک اشاره شد، ریسک همواره دارای دو جنبه مثبت و منفی است. ریسک مثبت عبارت است از فرصتی که در صورت وقوع، قابل بهره‌برداری است و برای فرد یا سازمان تولید ارزش‌افزوده می‌کند و همچنین ریسک منفی عبارت است از تهدیدی که در اثر وقوع، صدماتی به پروژه و اهداف آن خواهد زد و درنتیجه فرد یا سازمان را متضرر می‌کند [۷]. مدیریت ریسک فرایند نظام‌یافته‌ی شناسایی، تحلیل و واکنش به ریسک پروژه می‌باشد. این مدیریت متضمن بیشینه نمودن احتمال و پیامدهای رویدادهای مثبت و کمینه نمودن احتمال و پیامدهای رویدادهای نامطلوب در راستای اهداف پروژه است فرآیند مدیریت ریسک با سنجش مؤثر شروع شده و بدون انجام این مرحله، مدیریت ریسک امکان‌پذیر نیست چرا که انجام صحیح این مرحله منجر به تصمیم‌گیری و اجرای اقدامات پیشگیرانه و تصحیحی در مرحله بعد مدیریت ریسک می‌شود[۸]. وینچ[۳] [۹] در پژوهش خود بیان کرد که اولین گام در فرآیند مدیریت ریسک، مؤثرترین گام است و می‌تواند به روش‌های متخلف بسته به نوع سازمان و تیم پروژه انجام شود. زمانی که ریسک‌ها شناسایی می‌شوند اقدامات ساده‌تر و کنترل آن‌ها آسان‌تر است.

مطالعات انجام شده در سال‌های پیشین به شناسایی ریسک در پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز پرداخته اند که می‌توان به آن‌ها اشاره نمود. به طور نمونه زو و همکاران[۴] [۱۰] عمده‌ترین ریسک‌ها و توزیع آن‌ها در زنجیره تأمین را مورد بررسی قرار دادند و استراتژی‌هایی برای مدیریت ریسک‌های شناسایی شده بیان کردند. آن‌ها ۲۵۰ پرسشنامه که ۴۰ ریسک را مورد پرسش قرار داده بود، بین متخصصین این صنعت در استرالیا ارسال کردند. از این بین ۹۱ پرسشنامه معتبر جمع‌آوری گردید. نتایج نظرسنجی ۵ ریسک با بالاترین اهمیت را نشان می‌دهد که شامل سرمایه‌گذاری بالا، فقدان تعهد در زنجیره تأمین، فقدان اشتراک‌گذاری اطلاعات در ساختمان سبز، هزینه‌های اضافی در توسعه مهارت‌ها و عدم تخصص در ساختمان‌های سبز می‌شود. همچنین در این پژوهش، تحقیق، آموزش، به اشتراک‌گذاری اطلاعات و تجارب به‌عنوان راهکارهایی برای بهبود عملکرد ساختمان‌سازی سبز توصیه گردید. هوانگ و همکاران[۵] [۱۱] مطالعه‌ای را به‌منظور شناسایی ریسک‌های پروژه‌های مقاوم‌سازی سبز در سنگاپور انجام دادند. همچنین ریسک‌های مقاوم‌سازی سبز با متعارف را مقایسه کردند و اقداماتی را برای کاهش ریسک‌ها ارائه دادند. ابزار گردآوری اطلاعات در این تحقیق پرسشنامه بوده است که تعداد ۳۰ پرسشنامه بین متخصصین این صنعت توزیع گردیده است. آن‌ها ۲۰ عامل ریسک در پروژه‌های سبز را شناسایی و از طریق پرسشنامه مورد پرسش قرار دادند. ریسک‌های شناسایی شده مرتبط با قوانین، تقاضای بازار، سرمایه‌گذاری پروژه ، نگرانی‌های ذی‌نفعان، دسترسی به زنجیره تأمین مصالح و کیفیت ساخت‌وساز بوده‌اند که مورد بحث قرار گرفته‌اند. شین و همکاران[۶] [۱۲] پژوهشی را با هدف بررسی عوامل ریسک در چرخه عمر ساختمان‌های سبز در کشور چین و اولویت‌بندی اهمیت آن‌ها بر اساس احتمال وقوع و شدت تأثیر انجام دادند. داده‌ها را از طریق توزیع پرسشنامه در بین کارشناسان صنعت ساخت‌وساز جمع‌آوری کردند و با استفاده از پرسشنامه به ارزیابی ۵۶ عامل ریسک پروژه‌های ساختمانی سبز ازجمله ریسک‌های سیاسی، ریسک‌های اجتماعی، ریسک صدور گواهینامه، ریسک مالی، ریسک تکنولوژی و ریسک مدیریتی در چین پرداختند. آن‌ها پنج ریسک ازجمله مراحل پیچیده تصویب به علت بوروکراسی دولتی، تعمیر و نگهداری ضعیف در ساختمان‌های سبز فقدان تجربه در طراحی ساختمان سبز، عدم مدیریت مالی و هدف‌گذاری نادرست سبز توسط توسعه‌دهنده را به‌عنوان ریسک‌های بحرانی شناسایی کردند. نتایج این پژوهش تفاوت قابل‌توجهی بین دیدگاه مالکان، پیمانکاران، مهندسان

[2] Project Management Body of Knowledge
[3] Winch
[4] Zou et al
[5] Hwang et al
[6] Qin et al

و طراحان در مورد اهمیت هر یک از ریسک‌ها را نشان داده است. ژائو و همکاران[7] [۱۳] مطالعه‌ای را به‌منظور شناسایی ریسک‌های پروژه ساختمانی سبز در سنگاپور با استفاده از روش ارزیابی مصنوعی فازی انجام دادند. آن‌ها یک چهارچوب ریسک برای ساختمان‌های سبز شامل ۲۸ عامل ریسک در ۱۱ دسته پیشنهاد کردند و از طریق پرسشنامه به بررسی عوامل ریسک شناسایی شده پرداختند. پرسشنامه‌ها بین ۳۱ نفر از مدیران پروژه توزیع گردیده است. همچنین یک مدل فازی برای ارزیابی ریسک‌ها توسعه دادند و با استفاده از مدل ارائه شده احتمال وقوع، شدت تأثیر و ریسک‌های بحرانی در هریک از گروه‌ها را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج ارزیابی آن‌ها تخمین نادرست هزینه‌ها را به‌عنوان مهم‌ترین عامل ریسک نشان داد. اسماعیل و شیلی، عوامل ریسک مرتبط با پروژه‌های ساختمانی سبز در کویت را مورد بررسی قرار دادند. به همین جهت با ارسال پرسشنامه و جمع‌آوری ۱۳۱ پاسخ از متخصصان صنعت ساخت‌وساز به ارزیابی و اولویت‌بندی مهم‌ترین عوامل ریسک پرداختند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که بی‌تجربگی طراحان و پیمانکاران در رابطه با شیوه‌های ساخت‌وساز سبز و هزینه‌های اولیه بالا از جمله مهم‌ترین ریسک‌ها است. تائو و شیان یوان[8] [۱۴] مطالعه‌ای را با موضوع شناسایی ریسک در پروژه های ساختمان سبز براساس دیدگاه پایداری در کشور چین انجام دادند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود به اهمیت مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز به جهت افزایش تعداد پروژه‌های سبز اشاره کردند. آن‌ها با مطالعه تحقیقات پیشین، ۱۹ عامل ریسک را شناسایی نمودند و با استفاده از ابزار پرسشنامه به بررسی موضوع علل رخداد ریسک در بین ۱۰ نفر از کارشناسان مجرب مدیریت ساختمان‌های سبز پرداختند. نتایج تحقیق کمبود مدیران مجرب در اجرای ساختمان‌های سبز را به عنوان مهم‌ترین عامل ریسک نشان داد. چان و همکاران[9] [۱۵] موانع اصلی برای پذیرش فناوری‌های ساختمان سبز در کشورهای در حال توسعه را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با بررسی جامع منابع علمی، ۲۶ مانع اساسی را شناسایی کردند و برای جمع‌آوری اطلاعات، پرسشنامه بین ۴۵ متخصص با تجربه ساختمان سبز توزیع گردید. نتایج تجزیه و تحلیل رتبه‌بندی موانع، هزینه‌های زیاد فناوری‌های سبز، فقدان مشوق‌های دولتی و فقدان طرح‌های تأمین مالی را به عنوان مهم‌ترین موانع نشان داد. احمد و همکاران [۱۶] مدیریت توسعه ساختمان سبز را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش، برآورد نادرست هزینه‌ها، محدودیت در نیروی کار متخصص، در دسترس نبودن مصالح سبز را به عنوان مهم‌ترین موانع مطرح کرد. ژانگ و مهندس[10] [۱۷] پژوهشی را با هدف شناسایی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساختمانی سبز انجام دادند. آن‌ها بیان کردند که وجود ریسک‌های ایمنی منجر به تحمیل هزینه‌های اضافی به ذی‌نفعان می‌شود و انگیزه پذیرش توسعه پایدار در صنعت ساخت‌و-ساز را نیز تحت الشعاع قرار می‌دهد. مهم‌ترین ریسک ایمنی مربوط به خطرات سقوط شناسایی شد. در نهایت آن‌ها اقدامات کاهشی برای کنترل ریسک ایمنی در پروژه‌های سبز را ارائه دادند. گوان و همکاران[11] [۱۸] در مطالعه خود علت وجود ریسک در ساختمان‌های سبز را مشکلات بالقوه در استفاده از مصالح سبز ناشی از عدم انجام آزمایشات کافی برروی این مصالح و نبود نیروی متخصص عنوان کردند. عبدالمالک و خلیفه[12] [۱۹] ریسک‌های عدم موفقیت در کسب گواهینامه سبز در پروژه‌های ساختمانی سبز را بر مبنای نحوه عقد قرارداد بررسی کردند و در پایان شرایط قرارداد استاندارد را بیان نمودند.

۲-۲- پیشینه تحقیقات به‌کارگیری تحلیل سلسله مراتبی و قوانین فازی در ارزیابی ریسک

به‌طور کلی فرآیندهای تصمیم‌گیری در مورد ریسک، تصمیم‌گیری تحت آگاهی‌های ناکافی است. بااین‌حال اگر داده‌ها در دسترس باشند معیارها اغلب حاوی تعاریف گفتاری شامل قضاوت‌های انسانی هستند که ابهاماتی را در فرآیند تصمیم‌گیری با خود به همراه دارند. ازاین‌رو فرآیند مدیریت ریسک یک فرآیند آگاهانه تصمیم‌گیری تحت عدم قطعیت است. بنابراین مستلزم استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) [13]است. از جمله روش‌های MCDM، روش‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[14] و تحلیل سلسله مراتبی فازی

[7] Zhao et al
[8] Tao and Xiang-Yuan
[9] Chan
[10] Zhang and Mohandes
[11] Guan et al
[12] Abdul-Malak and Khalife
[13] Multiple Criteria Decision Making
[14] Analytical Hierarchy Process

(FAHP)[15] است که به دلیل لحاظ شدن ابهامات در قضاوت‌های شخصی و به‌کارگیری متغیرهای زبانی برای سهولت در امر تصمیم‌گیری و ارزیابی ریسک‌ها بسیار مناسب می‌باشند. به طور نمونه زنگ و همکاران[16] [۲۰] روشی را برای ارزیابی ریسک‌های قابل رخداد در شرایط پیچیده ساخت و ساز بر مبنای استدلال فازی و روش AHP بیان کردند. آن‌ها از یک روش AHP اصلاح شده برای ساختار و اولویت‌بندی ریسک‌ها با در نظر گرفتن سه پارامتر احتمال ریسک، شدت ریسک و فاکتور ریسک استفاده کردند، که هر سه پارامتر را به‌صورت زبانی تعریف شدند و سپس به عدد فازی ذوزنقه‌ای تبدیل کردند. پس از آن ارتباط بین ورودی‌های احتمال ریسک، شدت ریسک و فاکتور ریسک را با استفاده از قوانین اگر- آنگاه فازی بیان کردند. در آخر برای نشان دادن روش پیشنهادی مثالی ارائه دادند که نتایج نشان داد استفاده از روش پیشنهادی می‌تواند به‌طور مؤثر و کارآمد، ریسک‌ها را ارزیابی کند. ژانگ و همکاران[17] [۲۱] پژوهشی را مبتنی بر ساختار شکست سلسله مراتبی از ریسک‌ها برای پروژه‌های ساخت‌وساز سرمایه‌گذاری مشترک در چین انجام دادند. آن‌ها با استفاده از روش FAHP به ارزیابی ریسک‌ها با هدف حمایت از تصمیم‌گیری منطقی ذی‌نفعان پروژه پرداختند. سپس نمونه‌ای موردی برای نشان دادند کاربرد مدل FAHP را بررسی کردند. نتایج نشان داد که مدل FAHP برای مواجه با ریسک‌های مرتبط در پروژه‌های ساخت‌وساز کارآمد است. عسگری و همکاران[۲۲] در ابتدا ۳۵ ریسک در پروژه‌های ساخت‌وساز را شناسایی کردند. سپس با استفاده از روش دلفی تعداد این ریسک‌ها به ۵ ریسک تقلیل یافت. آن‌ها در تحقیق خود ۴ عامل مدیریت پروژه ازجمله هزینه، زمان، کیفیت و حوزه‌کاری را به‌عنوان معیارها و ۵ ریسک شناسایی شده را به‌عنوان گزینه‌ها در نظر گرفته و به ارزیابی آن‌ها با استفاده از روش FAHP پرداختند. در آخر احتمال وقوع هر یک از ۵ ریسک در ۴ پروژه به‌عنوان نمونه‌های موردی ارزیابی کردند و شرایط پروژه‌ها را به لحاظ میزان ریسک مورد بررسی قرار دادند. روغنیان و همکاران [۲۳] روشی مبتنی بر قوانین فازی برای ارزیابی ریسک پیشنهاد دادند. ریسک‌های پروژه‌ها را تحت ۳ معیار محصولات، توسعه و برنامه ساخت‌وساز و ۱۳ زیر معیار تقسیم‌بندی کردند، سپس با استفاده از روش FAHP تأثیر آن‌ها را در ۵ مرحله اصلی چرخه عمر پروژه ازجمله شروع، برنامه‌ریزی، اجرا، نظارت و کنترل و اتمام ارزیابی کردند. یولیاتی و هاردی پوربا[18] [۲۴] پژوهشی را مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای تجزیه و تحلیل ریسک پروژه‌های ساخت و ساز انجام دادند. مولفان ریسک را ترکیبی از احتمال و تأثیر بیان کردند و به دلیل وجود عدم قطعیت‌ها از مدل‌سازی فازی استفاده نمودند. نتایج استفاده موثر و کارآمد از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در ارزیابی ریسک‌ها را نشان داد.

۳- روش تحقیق

با توجه به موضوع تحقیق و اینکه ریسک در بحث مدیریت، مفهومی کیفی دارد، بنابراین در تحقیق پیشرو داده‌های جامعه آماری به‌صورت میدانی تهیه و با توجه به روش‌های توصیفی تحلیل و ارزیابی شد. در تحقیق حاضر، ابتدا با بررسی منابع علمی پژوهشی و مرور ادبیات موضوع اطلاعات‌پایه و جامع جمع‌آوری گردید و سپس از ابزار پرسشنامه برای جمع‌آوری داده‌های آماری استفاده گردید، به‌طوری‌که در مرحله اول پرسشنامه‌ای باهدف اولویت‌بندی ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز در ایران و برمبنای روش AHP طراحی شده است. پس از تحلیل نتایج به‌دست‌آمده از پرسشنامه اول به روش AHP، مؤثرترین ریسک‌های شناسایی گردید. نتایج مرحله اول مبنای اصلی برای طراحی و تدوین پرسشنامه مرحله دوم قرار گرفت. پرسشنامه مرحله دوم میزان اهمیت چهار محدودیت اصلی مدیریت پروژه (شامل زمان، هزینه، کیفیت و حوزه‌کاری) و میزان تأثیر مؤثرترین ریسک‌ها بر روی چهار محدودیت را مورد پرسش قرار داده است. در تحلیل مرحله‌ی دوم از روش FAHP استفاده شده است. زیرا مدیریت ریسک یک چالش تصمیم‌گیری برای انتخاب یک جایگزین بر مبنای معیارهای چندگانه است و به این دلیل که غالباً معیارها متضاد هستند مستلزم استفاده از تکنیک MCDM است. ازآنجایی‌که AHP ابهام برای قضاوت‌های شخصی را شامل نمی‌شود بنابراین با بهره‌گیری از روش‌های منطق فازی بهبود یافته است. در حقیقت در FAHP مقایسات زوجی معیارها و گزینه‌ها از طریق متغیرهای زبانی انجام می‌شود که توسط اعداد مثلثی نشان داده شده است. روش FAHP یک

15 Fuzzy Analytical Hierarchy Process

16 Zeng et al

17 Zhang et al

18 Yuliatti and Hardi Purba

جایگاه مناسب برای مسائل تصمیم‌گیری پیچیده است و با استفاده از ریاضیات به ارزیابی تعاریف و معیارهای ذهنی و کیفی فرد یا گروه تصمیم‌گیری می‌پردازد. به همین منظور در سال‌های اخیر استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی بیش‌ازپیش گسترش یافته است. روش تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی فازی تلفیقی از منطق فازی و فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز از طریق روش‌های یادشده و با استفاده از نرم‌افزار Matlab پرداخته شده است. تمامی سؤالات هر دو پرسشنامه از نوع پاسخ بسته و دارای چند گزینه است، تا پاسخ‌دهندگان از میان آن‌ها یکی را انتخاب کنند. سؤال‌ها به‌گونه‌ای است که پاسخ‌گو با سرعت و سهولت جواب موردنظر را انتخاب کرده و پاسخ دهد و از طرفی هنگام استخراج داده‌ها می‌توان به سهولت آن‌ها را تجزیه‌وتحلیل کرد.

با توجه به اینکه صنعت سبزسازی در داخل کشور نوظهور است، جامعه محدودی از افراد دارای تخصص مرتبط با امر سبزسازی می‌باشند، درنتیجه پژوهش با محدودیت جامعه آماری روبه‌رو است. زمانی که نه از واریانس جامعه و نه از احتمال موفقیت یا عدم موفقیت متغیر اطلاع موجود است و نمی‌توان از فرمول‌های آماری برای برآورد حجم نمونه استفاده کرد، اگر حجم جامعه معلوم باشد ساده‌ترین روش برای تعیین حجم نمونه رجوع به جدول مورگان است. جدول مورگان یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای محاسبه حجم نمونه آماری است. در پژوهش حاضر بنا بر محدودیت‌های موجود با توجه به نوظهور بودن ساخت‌وساز ساختمان‌های سبز، ۲۵ نفر از افرادی که دارای اطلاعات و تجربه کاری در زمینه ساخت ساختمان‌های سبز داشته، انتخاب شده‌اند، حجم نمونه بر اساس جدول مورگان ۲۴ نفر تعیین گردید. بر این اساس تعداد ۲۴ پرسشنامه بین افراد خبره به صورت ارسال ایمیل و حضوری توزیع و جمع‌آوری گردید. برای سنجش پایایی پرسشنامه‌های جمع‌آوری‌شده از آزمون آلفای کرونباخ[19] استفاده شده است. در این آزمون اگر مقدار آلفا بزرگتر یا مساوی ۰/۷ باشد می‌توان نتیجه گرفت که سوالات پرسشنامه از پایایی لازم برخوردار می‌باشند [۲۵]. در این پژوهش آلفای کرونباخ برای پرسشنامه اول معادل ۰/۸۸۳ و در پرسشنامه دوم ۰/۸۵۱ بدست آمده که نشان دهنده‌ی پایایی مطلوب است.

۱-۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند AHP یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این روش امکان فرموله کردن و در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی موضوع را دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد. علاوه‌براین بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند. بنابراین اولین قدم در فرآیند AHP، ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی می‌باشد که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آن‌ها نشان داده می‌شود. سپس ماتریس مقایسه گزینه‌ها در برابر معیارها انجام شده و وزن گزینه‌ها به روش میانگین حسابی به دست می‌آید. درنهایت از حاصل‌ضرب ماتریس امتیاز گزینه‌ها در برابر معیارهای اصلی در ماتریس وزن معیارهای اصلی، امتیاز نهایی گزینه‌ها به دست می‌آید که مبنای رتبه‌بندی گزینه‌ها در روش AHP است [۲۶]. مقایسات زوجی با استفاده از مقیاس نمایش داده شده در جدول ۲ صورت گرفته است.

[19] Cronbach

جدول ۲: پارامترهای زبانی.

مقیاس زبانی	شرح
اهمیت برابر	گزینه i نسبت به j اهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
اهمیت کمی بیشتر	گزینه i نسبت به j کمی مهم‌تر است.
اهمیت بیشتر	گزینه i نسبت به j مهم‌تر است.
اهمیت خیلی بیشتر	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
اهمیت مطلق	گزینه i از j مطلقاً مهم‌تر و قابل مقایسه با j نیست.

سازگاری قضاوت‌ها در فرآیند AHP با محاسبه نرخ ناسازگاری[20](CR) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. چنانچه این ضریب کمتر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است، در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود [۲۶]. معادله (۱) تابع CR را بیان می‌کند:

$$CR = \frac{CI}{IR} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، شاخص سازگاری[21] (CI) و شاخص تصادفی[22](RI) است.

۲-۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

فرآیند FAHP برای اولین بار در سال ۱۹۸۳، لارهوون و همکاران[23] [۲۷] موردتوجه قرار گرفت. پس از آن برخی دیگر از محققین روش‌های FAHP متعددی را در زمینه‌های مختلف ارائه نمودند. تحلیل توسعه‌ای یکی از ساده‌ترین و متداول‌ترین روش‌های تحلیل چند معیاره فازی است که مبتنی بر استفاده از اعداد فازی مثلثی و مقایسه‌های زوجی بوده و توسط چانگ[24] توسعه‌یافته است [۲۸]. در این روش پس از تشکیل سلسله مراتبی تصمیم‌گیری، با توجه به میزان اهمیت هر معیار یا گزینه یک عدد فازی مثلثی به آن اختصاص می‌یابد و ماتریس‌های مقایسه زوجی برای هر سطح از سلسله مراتب ایجاد می‌شود. عدد فازی مثلثی نوع خاصی از اعداد فازی است که با استفاده از سه‌تایی مرتب (l,m,u) و رابطه (۲) تعریف می‌گردد. در هر عدد فازی مثلثی l حد پایینی، u حد بالایی و m نیز مقدار میانه است [۲۹]. در این روش عدم قطعیت‌های موجود در قضاوت‌ها با استفاده از اعداد فازی مثلثی در فرآیندهای تصمیم‌گیری دخالت داده می‌شود. اعداد فازی مورد استفاده در تحقیق پیش رو به شرح جدول ۳ است [۳۰].

$$\mu_a(x) = \begin{cases} \dfrac{x-l}{m-l} & l \le x \le m \\ \dfrac{u-x}{x-m} & m \le x \le u \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (۲)$$

مراحل مختلف روش تحلیل توسعه‌ای سلسله مراتبی فازی چانگ [۲۸] در ادامه آورده شده است:

[20] Consistency Ratio
[21] Consistency Index
[22] Random Consistency Index
[23] Laarhoven et al
[24] Chang

گام ۱: مقدار ترکیبی فازی (Si) نسبت به معیار i ام با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

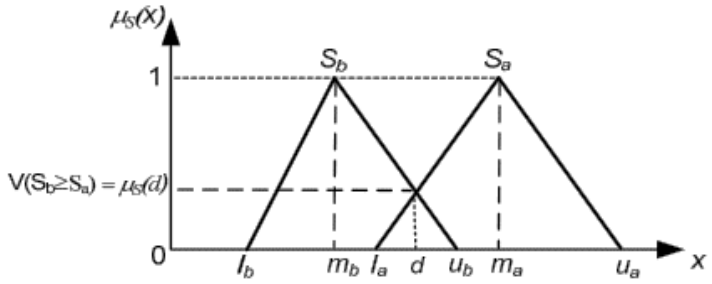
$$S_i = \sum_{j=1}^{m} u_{ij} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} u_{ij} \right]^{-1} \quad (۳)$$

که در آن $\otimes$ به معنی ضرب گسترده دو عدد فازی است و هریک از اعداد فازی به دست آمده، نشان دهنده وزن نسبی یک معیار (یا گزینه) نسبت به یک معیار دیگر می‌باشد.

گام ۲: چنانچه $Sb \geq Sa$ باشد آنگاه روابط (۴) حاکم می‌باشد:

$$V(S_b \geq S_a) = \begin{cases} 1 & if \quad m_b \geq m_a \\ 0 & if \quad l_a \geq u_b \\ \dfrac{l_a - u_b}{(m_b - u_b) - (m_a - l_a)} & otherwise \end{cases} \quad (۴)$$

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، d مختصات بالاترین نقطه تقاطع بین μSa و μSb است.



شکل۱: تقاطع بین S_a و S_b و درجه امکان آن‌ها.

گام۳: درجه امکان[۲۵] یک عدد فازی محدب از درجه k عدد فازی محدب بیشتر است. این مفهوم به‌صورت رابطه (۵) قابل تعریف است.

$$V(S_i \geq S_1, S_2, ..., S_k) = \min V\left(S_i \geq S_k = W'(S_t)\right) \quad (۵)$$

در این صورت برای $k=1,2,\ldots,n$ ؛$k \neq i$ بردار وزن پس از نرمال‌سازی'W، بردار وزن نرمال شده با استفاده از رابطه (۶) به دست می‌آید که در آن W یک عدد غیر فازی است.

$$W = \left(W(S_1), W(S_2), ..., W(S_n)\right)^T \quad (۶)$$

برای محاسبه سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی FAHP، گوگس و بوچر[۲۶] [۳۱] روشی را مطرح کردند. در این روش به‌منظور بررسی سازگاری، لازم است که هر ماتریس مقایسه زوجی به دو ماتریس مجزا افراز شود. این دو ماتریس شامل ماتریسی از مقادیر میانی نظرات خبرگان و ماتریس دیگر حاصل از کران بالا و پایین نظرات خبرگان می‌باشد. نرخ ناسازگاری هر ماتریس مشابه با روش AHP محاسبه می‌شود، تنها تفاوت در شاخص تصادفی است که آن‌ها پیشنهاد دادند. روشن است در پایان دو نرخ ناسازگاری وجود خواهد داشت، که هر دو نرخ ناسازگاری باید کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشند.

25 Degree of Possibility

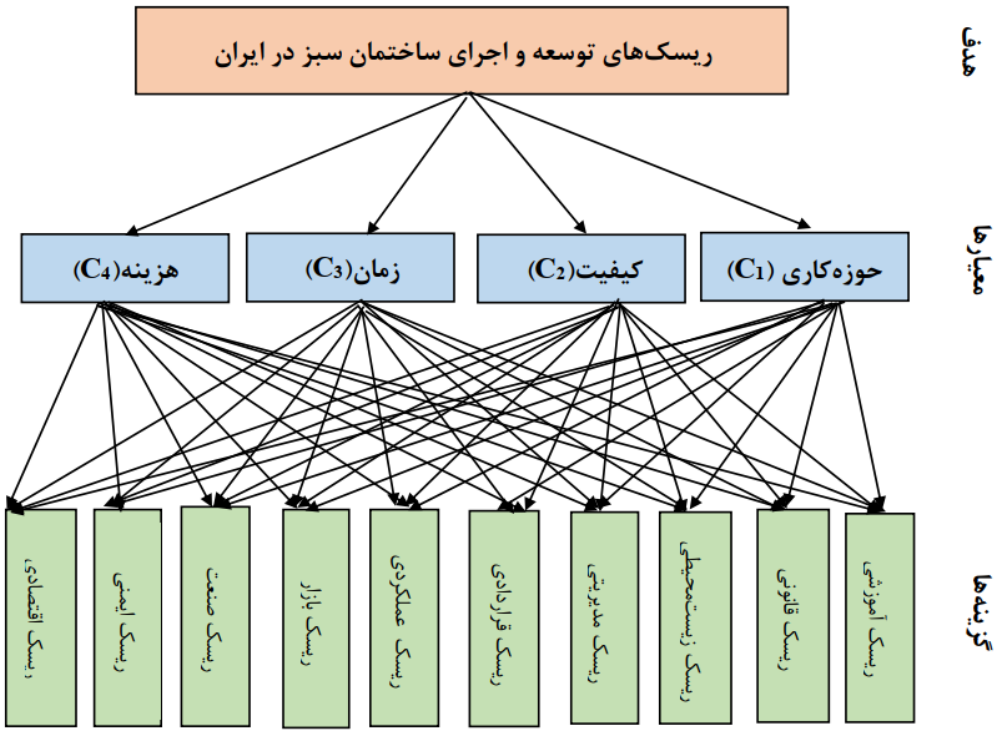
26 Gogus & Boucher

جدول ۳: مقیاس زبانی و فازی مورد استفاده در مقایسات زوجی[۳۳].

مقیاس زبانی	عدد فازی مثلثی	معکوس عدد فازی مثلثی
اهمیت برابر	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
اهمیت کمی بیشتر	(۲/۳، ۱، ۳/۲)	(۲/۳، ۱، ۳/۲)
اهمیت بیشتر	(۳/۲، ۲، ۵/۲)	(۲/۵، ۱/۲، ۲/۳)
اهمیت خیلی بیشتر	(۵/۲، ۳، ۷/۲)	(۲/۷، ۱/۳، ۲/۵)
اهمیت مطلق	(۷/۲، ۴، ۹/۲)	(۲/۹، ۱/۴، ۲/۷)

۴- مرحله اول- شناسایی مؤثرترین ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان سبز در ایران

در پرسشنامه‌ی اول طراحی شده در این تحقیق، ۱۰ ریسک باتوجه به منابع علمی و سوابق پژوهشی تعیین و تدوین گردید، تا با نظرات خبرگان و متخصصان، آن دسته از ریسک‌هایی که مؤثرتر هستند، شناسایی گردد. بنابراین پرسشنامه تهیه شده در مرحله اول شامل ۱۰ ریسک اصلی (گزینه‌ها) است که با فرض یکسان بودن وزن محدودیت‌های چهارگانه پروژه (معیارها) یعنی هزینه، زمان، کیفیت و حوزه‌کاری به اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از روش AHP پرداخته شده است. دلیل یکسان فرض کردن وزن محدودیت‌های چهارگانه جلوگیری از پیچیده شدن پرسشنامه برای خبرگان است تا منجر به سخت شدن تصمیم‌گیری، وقت‌گیر بودن و عدم دقت در پاسخ‌گویی نشود. شکل ۲ ساختار سلسله مراتبی ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز در ایران را نشان می‌دهد.



شکل ۲: ساختار سلسله مراتبی مرحله اول.

۴-۱- نتایج نظرات خبرگان

ابتدا پس از جمع‌آوری نظرات خبرگان در پرسشنامه اول، جواب سوالات مورد ارزیابی و بررسی سازگاری قرار گرفت و پرسشنامه‌های کامل شده، تأیید گردید. نتایج تجمیع نظرات پاسخ‌دهندگان جهت ارزیابی مقایسه ۱۰ ریسک شناسایی شده مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نظرات خبرگان در جدول ۴ تقدیم شده است.

جدول ۴: نتایج تجمیع نظرات خبرگان نسبت به معیارها با وزن یکسان برای ریسک‌های شناسایی شده.

ریسک ها	اقتصادی	ایمنی	عملکردی	بازار	صنعت	قراردادی	مدیریتی	زیست‌محیطی	قانونی	آموزشی
اقتصادی	۱/۰۰۰	۴/۰۰۰	۲/۲۳۴	۱/۴۵۰	۱/۶۵	۲/۴۸۴	۲/۰۵۹	۲/۹۰۰	۲/۱۷۵	۲/۲۸۸
ایمنی	_	۱/۰۰۰	۱/۱۲۹	۰/۷۴۵	۱/۰۳۸	۱/۱۵۰	۱/۳۵۲	۱/۱۹۳	۱/۱۲۷	۱/۳۶۱
عملکردی	_	_	۱/۰۰۰	۱/۰۴۳	۱/۷۶۸	۱/۵۳۴	۱/۲۶۸	۱/۸۸۴	۱/۳۰۶	۱/۲۵۲
بازار	_	_	_	۱/۰۰۰	۲/۰۵۰	۱/۵۸۴	۱/۴۸۴	۱/۸۰۹	۱/۷۷۰	۱/۹۵۹
صنعت	_	_	_	_	۱/۰۰۰	۱/۷۸۴	۱/۷۰۰	۲/۰۰۰	۲/۳۱۸	۱/۵۷۷
قراردادی	_	_	_	_	_	۱/۰۰۰	۱/۱۵۲	۱/۴۲۵	۱/۱۸۴	۱/۱۵۲
مدیریتی	_	_	_	_	_	_	۱/۰۰۰	۱/۴۸۴	۱/۴۶۸	۱/۳۲۵
زیست‌محیطی	_	_	_	_	_	_	_	۱/۰۰۰	۱/۱۱۸	۱/۱۶۸
قانونی	_	_	_	_	_	_	_	_	۱/۰۰۰	۱/۵۶۸
آموزشی	_	_	_	_	_	_	_	_	_	۱/۰۰۰
نرخ ناسازگاری						۰/۰۷۲				

۲-۴- تفسیر نتایج و تعیین ریسک‌های مؤثر

با استفاده از روش AHP نتایج حاصل از تجمیع نظرات پاسخ دهندگان، تحلیل و ارزیابی گردید. نتایج حاصل از تحلیل مورد ارزیابی قرار گرفتند و مؤثرترین ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز تعیین شد (جدول ۵). جهت تعیین مؤثرترین ریسک‌ها ابتدا میانگین امتیازات نهایی ریسک‌ها (۰/۱۰۱۱) محاسبه شد و ریسک‌های دارای امتیازات کمتر از میانگین حذف گردید. بنابراین مؤثرترین ریسک‌های شناسایی شده شامل ریسک اقتصادی، ریسک بازار، ریسک عملکردی، ریسک صنعت و ریسک ایمنی است. بنابراین پنج ریسک مؤثر ذکر شده جهت ادامه پژوهش (مرحله دوم) مشخص و تعیین گردید.

جدول ۵: رتبه‌بندی و امتیازنهایی ریسک‌ها.

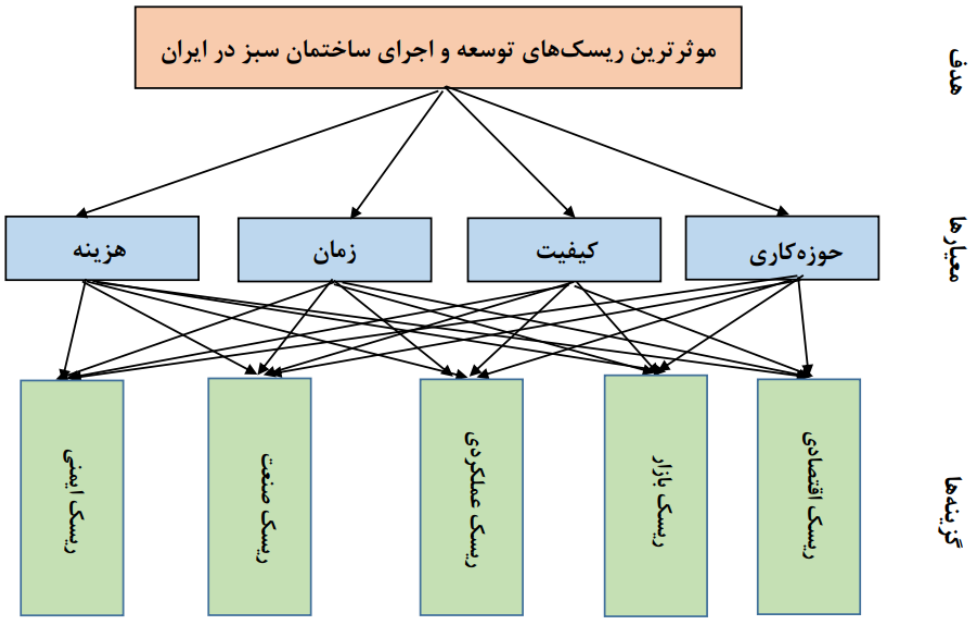
رتبه ریسک	عنوان ریسک	امتیازنهایی
۱	ریسک اقتصادی	۰/۱۹۷
۲	ریسک بازار	۰/۱۳۰
۳	ریسک عملکردی	۰/۱۱۰
۴	ریسک صنعت	۰/۱۱۰
۵	ریسک ایمنی	۰/۱۰۱
۶	ریسک مدیریتی	۰/۰۸۳
۷	ریسک قراردادی	۰/۰۷۸
۸	ریسک قانونی	۰/۰۷۲
۹	ریسک آموزشی	۰/۰۶۶
۱۰	ریسک زیست‌محیطی	۰/۰۶۴

جدول ۵ نشان می‌دهد که بالاترین ریسک در ساختمان‌سازی سبز مربوط به ریسک اقتصادی و کمترین ریسک وابسته به مسائل زیست‌محیطی می‌باشد. دلیل این مهم این است که هدف اصلی از ساختمان‌سازی سبز کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی می‌باشد، لذا پایین بودن این ریسک در جهت اهداف تحقیق بوده و پایایی و روایی تحقیق را تأیید می‌کند. از طرفی با توجه به اینکه صنعت ساخت‌وساز سبز دارای سوابق و پیشینه اجرایی قابل‌توجهی در ایران نمی‌باشد و مسائل و عوامل اقتصادی در حال حاضر برای سرمایه‌گذاران و طراحان ساختمان سبز روشن نیست، لذا ریسک اقتصادی دارای بالاترین ریسک در مقایسه با دیگر ریسک‌ها می‌باشد. قطعاً با رشد روزافزون ساختمان سبز در کشور و کاهش نگرانی‌ها و عوامل مربوط به ریسک اقتصادی در آینده، درصد این ریسک کاهش خواهد یافت. ریسک بازار رتبه دوم را از نظر خبرگان، به خود اختصاص داده است. این موضوع ناشی از ضعف مدیران ارشد در آگاه‌سازی جامعه از آثار مثبت

ساختمان‌های سبز بر محیط‌زیست، افزایش بهره‌وری و سلامتی ساکنین و کاهش مصرف منابع، انرژی و آب است. زیرا نیاز ورود به یک بازار جدید، ایجاد انگیزه در جامعه و حمایت و مشارکت با بخش خصوصی است. علاوه برآن فقدان زیرساخت‌های سازمانی از قبیل مشکل دستیابی به محصولات و عدم تطابقت مشخصات تولیدات با نیاز، همچنین عدم تعریف و توافق بر روی استانداردهای ساختمان‌سازی سبز، دلیل دیگر ورود نکردن فعالان حوزه ساخت‌وساز به این بازار نوظهور شده است. لازم به ذکر است که با توسعه شیوه‌ها و فناوری‌های جدید ساخت‌وساز و پذیرش آن‌ها توسط بازار بسیاری از هزینه‌های اضافی به تدریج کاهش خواهد یافت. قرارگیری دو ریسک عملکردی و صنعت در جایگاه تقریباً یکسان بیانگر آن است که مشاوران، طراحان، مهندسان و پیمانکاران ساختمان‌سازی سبز (مستقیماً مرتبط با دو ریسک) قدرت تحمل ریسک پایینی دارند، زیرا روش‌ها و نحوه به‌کارگیری و نصب محصولات و فناوری‌های جدید مورد نیاز در ساختمان‌های سبز نیاز به آشنایی و شناخت پیمانکاران دارد، درحالی‌که به علت نوظهور بودن ساختمان سبز در کشور، پیمانکاران با این مسائل آشنایی لازم و کافی ندارند. از طرفی بسیاری از مهندسان و معماران شیوه‌های ساخت‌وساز متعارف را به دلیل تجربه کاری خود ترجیح می‌دهند و نتیجتاً از ورود به حوزه ساختمان‌سازی سبز تا حدی خودداری می‌کنند. همچنین نبود بستر تأمین بسیاری از محصولات مورد نیاز در این نوع از ساختمان در داخل کشور، زنجیره تأمین ساختمان‌سازی سبز را با ریسک مواجه کرده است. ریسک ایمنی در اولویت آخر از مؤثرترین ریسک‌های شناسایی شده قرار گرفته است. صنایع ساختمان‌سازی ازجمله صنایع پرمخاطره است که ساختمان سبز به‌عنوان بخش پیچیده‌تری از صنعت ساخت‌وساز، به دلیل به‌کارگیری تکنولوژی‌های جدید که مختص به پروژه‌های سبز می‌باشد (شامل نصب پانل‌های خورشیدی یا بام‌های سبز، کار در ارتفاع، کار با جریان برق، فناوری‌های نوین فاضلاب)، برای کارگران و مهندسین ناظر ریسک‌های ایمنی بالاتری را به همراه دارد.

۵- مرحله دوم- بررسی تأثیر و اولویت بندی مؤثرترین ریسک‌ها بر چهار محدودیت مدیریت پروژه

پس از تحلیل مرحله اول و تعیین مؤثرترین ریسک‌ها، در مرحله دوم پرسشنامه‌ای با هدف فراهم آوردن داده‌های لازم کافی و دقیق‌تر جهت تحلیل به روش FAHP تدوین و تنظیم گردید. هدف اصلی از این بخش تحقیق، بررسی اولویت هر یک از چهار محدودیت مدیریت پروژه (معیارها) و نهایتاً تأثیر هر یک از ریسک‌های مؤثر تعیین شده (گزینه‌ها) بر محدودیت‌های چهارگانه مدیریت پروژه می‌باشد. ساختار سلسله مراتبی از مؤثرترین ریسک‌های شناسایی شده و محدودیت‌های چهارگانه در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: ساختار سلسله مراتبی مرحله دوم.

۱-۵- نتایج اولویت بندی محدودیت‌ها در ساختمان سبز

در این بخش نتایج بررسی جایگاه و اولویت محدودیت‌های مدیریت پروژه در ریسک ساختمان‌های سبز ارائه شده است. به‌طوری‌که نتایج حاصل از تجمیع نظرات خبرگان نسبت به هدف در جدول ۶ و تجمیع نظر پاسخ دهندگان برای ریسک‌ها نسبت به محدودیت‌های چهارگانه مدیریت پروژه از جمله هزینه، زمان، کیفیت و حوزه‌کاری به ترتیب در جداول ۷ تا ۱۰ نگاشته شده است.

جدول ۶: نتایج تجمیع نظرات خبرگان برای محدودیت‌ها مبتنی بر هدف.

هدف	حوزه‌کاری	کیفیت	زمان	هزینه
حوزه‌کاری	(۱،۱،۱)	(۰/۵۲، ۰/۶۴، ۰/۹۴)	(۰/۵۶، ۰/۷۳، ۰/۹۶)	(۰/۴۶، ۰/۵۹، ۰/۷۵)
کیفیت	-	(۱،۱،۱)	(۰/۹۹، ۱/۳۴، ۱/۷۶)	(۱/۱۷، ۱/۵۲، ۱/۸۹)
زمان	-	-	(۱،۱،۱)	(۰/۴۶، ۰/۵۷، ۰/۷۳)
هزینه	-	-	-	(۱،۱،۱)
نرخ ناسازگاری میانی				۰/۰۲۶
نرخ ناسازگاری کران بالا و پایین				۰/۰۲۱

جدول ۷: نتایج تجمیع نظرات خبرگان برای ریسک‌های اصلی ساختمان سبز مبتنی بر محدودیت هزینه.

هزینه	اقتصادی	بازار	عملکردی	صنعت	ایمنی
اقتصادی	(۱،۱،۱)	(۱/۵۱، ۱/۹۲، ۲/۴)	(۱/۰۷، ۱/۳۸، ۱/۷۵)	(۱/۹۴، ۲/۴۲، ۲/۹۲)	(۱/۹۸، ۲/۴۶، ۲/۹۶)
بازار	-	(۱،۱،۱)	(۰/۴۶، ۰/۶۲، ۰/۸۷)	(۱/۰۲، ۱/۳۳، ۱/۷۳)	(۱/۱۳، ۱/۴۶، ۱/۸۵)
عملکردی	-	-	(۱،۱،۱)	(۱/۱۱، ۱/۵، ۱/۹۸)	(۱/۲۰، ۱/۵۸، ۲/۰۶)
صنعت	-	-	-	(۱،۱،۱)	(۱/۲۷، ۱/۶۳، ۲/۰۲)
ایمنی	-	-	-	-	(۱،۱،۱)
نرخ ناسازگاری میانی		۰/۰۰۹	نرخ ناسازگاری کران بالا و پایین		۰/۰۹۲

جدول ۸: نتایج تجمیع نظرات خبرگان برای ریسک‌های اصلی ساختمان سبز مبتنی بر محدودیت زمان.

زمان	اقتصادی	بازار	عملکردی	صنعت	ایمنی
اقتصادی	(۱،۱،۱)	(۱/۵۷، ۱/۹۲، ۲/۲۹)	(۱/۱۵، ۱/۴۶، ۱/۸۳)	(۰/۶۵، ۰/۸۲، ۱/۰۸)	(۱/۳۱، ۱/۶۷، ۲/۰۸)
بازار	-	(۱،۱،۱)	(۰/۶۶، ۰/۸۱، ۱/۰۳)	(۰/۴۷، ۰/۶۰، ۰/۷۹)	(۱/۰۲، ۱/۲۹، ۱/۶۳)
عملکردی	-	-	(۱،۱،۱)	(۱/۱۰، ۱/۴۲، ۱/۸۱)	(۱/۲۷، ۱/۶۳، ۲/۰۴)
صنعت	-	-	-	(۱،۱،۱)	(۱/۰۷، ۱/۳۸، ۱/۷۵)
ایمنی	-	-	-	-	(۱،۱،۱)
نرخ ناسازگاری میانی		۰/۰۱۹	نرخ ناسازگاری کران بالا و پایین		۰/۰۹۹

جدول ۹: نتایج تجمیع نظرات خبرگان برای ریسک‌های اصلی ساختمان سبز مبتنی بر محدودیت کیفیت.

کیفیت	اقتصادی	بازار	عملکردی	صنعت	ایمنی
اقتصادی	(۱،۱،۱)	(۰/۵۳، ۰/۶۸، ۰/۹۰)	(۰/۶۰، ۰/۷۲، ۰/۹۲)	(۱/۲۴، ۱/۵۸، ۲/۰۰)	(۰/۷۱، ۰/۸۸، ۱/۱۳)
بازار	-	(۱،۱،۱)	(۱/۱۳، ۱/۵۰، ۱/۸۸)	(۱/۱۷، ۱/۵۰، ۱/۸۸)	(۱/۱۳، ۱/۳۸، ۱/۶۹)
عملکردی	-	-	(۱،۱،۱)	(۰/۹۵، ۱/۱۷، ۱/۴۶)	(۰/۶۹، ۰/۸۳، ۱/۰۵)
صنعت	-	-	-	(۱،۱،۱)	(۰/۶۵، ۰/۸۱، ۱/۰۶)
ایمنی	-	-	-	-	(۱،۱،۱)
نرخ ناسازگاری میانی		۰/۰۱۰	نرخ ناسازگاری کران بالا و پایین		۰/۰۹۹

جدول۱۰: نتایج تجمیع نظرات خبرگان برای ریسک‌های اصلی ساختمان سبز مبتنی بر محدودیت حوزه‌کاری.

حوزه‌کاری	اقتصادی	بازار	عملکردی	صنعت	ایمنی
اقتصادی	(۱،۱،۱)	(۰/۴۰، ۰/۵۳، ۰/۷۲)	(۰/۶۱، ۰/۷۵، ۰/۹۷)	(۱/۰۴، ۱/۳۳، ۱/۷۱)	(۰/۵۸، ۰/۷۴، ۰/۹۸)
بازار	-	(۱،۱،۱)	(۱/۴۳، ۱/۷۹، ۲/۱۹)	(۱/۲۸، ۱/۶۳، ۲/۰۲)	(۰/۹۷، ۱/۲۵، ۱/۶۰)
عملکردی	-	-	(۱،۱،۱)	(۱/۰۸، ۱/۳۳، ۱/۶۵)	(۱/۳۷، ۱/۷۱، ۲/۱۰)
صنعت	-	-	-	(۱،۱،۱)	(۰/۶۵، ۰/۷۹، ۱/۰۱)
ایمنی	-	-	-	-	(۱،۱،۱)
نرخ ناسازگاری میانی		۰/۰۶۵	نرخ ناسازگاری کران بالا و پایین		۰/۰۵۱

مقایسات زوجی فازی آورده شده، در زیر بخش‌های پیش‌رو بر مبنای روش تحلیل توسعه‌ای چانگ [۲۸] که در بخش ۳-۲ توضیح داده شد، تحلیل و ارزیابی گردیده است. همچنین توجه به اینکه نرخ ناسازگاری سنجش واقعی بودن پاسخ‌ها است، نرخ ناسازگاری در هر یک از ماتریس‌های مقایسات زوجی هدف و محدودیت‌های چهارگانه (هم در کران بالا و پایین و هم در کران میانی) به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ناسازگاری مقایسات زوجی برای هدف و محدودیت‌ها در محدوده مجاز (کمتر از ۰/۱) است. بنابراین پرسشنامه طراحی شده مورد تأیید خبرگان بوده و پاسخ‌های آن‌ها قابل اعتماد است.

۲-۵- اولویت بندی نهایی محدودیت‌ها نسبت به هدف

میزان اهمیت این محدودیت‌های چهارگانه در تحقیق حاضر با استفاد از تحقیق میدانی و به روش FAHP مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این ارزیابی در جدول ۱۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱۱: رتبه‌بندی و امتیازنهایی محدودیت‌های چهارگانه.

رتبه محدودیت	۱	۲	۳	۴
عنوان محدودیت	کیفیت	هزینه	زمان	حوزه‌کاری
امتیازنهایی	۰/۳۵۵	۰/۳۳۹	۰/۱۹۹	۰/۱۰۷

نتایج (جدول ۱۰) نشان می‌دهد که محدودیت کیفیت با امتیازنهایی ۰/۳۵۵ در اولویت اول و پس از آن به ترتیب هزینه (با امتیاز ۰/۳۳۹)، زمان (با امتیاز ۰/۱۹۹) و حوزه‌کاری (با امتیاز ۰/۱۰۷) در اولیت‌های بعدی است. قرارگیری محدودیت کیفیت در اولویت نخست مبین و مؤکد این است که هدف اصلی ساختمان‌سازی سبز حفاظت از محیط‌زیست و بهبود بهره‌وری ساکنین با تأمین کیفیت بالا است. بنابراین مهم‌ترین عاملی که در پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز باید مورد توجه تمامی ذی‌نفعان قرار گیرد، کیفیت است. سایر عوامل از قبیل هزینه، زمان و حوزه‌کاری در این نوع از پروژه‌ها متأثر از عامل کیفیت می‌باشند. کیفیت از طریق به‌کارگیری مصالح و فناوری‌های سبز، تعیین و اعمال شیوه‌های اجرای کامل استاندارد ساخت‌وساز سبز، یکپارچه‌سازی تمامی مراحل پروژه، طراحی نوآورانه و سبز و استفاده از افراد متخصص در زمینه ساختمان‌سازی سبز حاصل می‌شود.

با دقت در نتایج تحقیق امتیاز تنگاتنگ دو محدودیت کیفیت و هزینه آشکار می‌گردد. موضوع قابل‌توجه آن است که ارتقای کیفیت در ساختمان‌های سبز بدون توجه به هزینه‌ها، نمی‌تواند رضایت مالک و دیگر ذی‌نفعان پروژه را در پی داشته باشد. این موضوع نشان‌دهنده‌ی اهمیت بالای عامل هزینه در پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز است. پروژه‌های سبز به علت به‌کارگیری مصالح و فناوری‌های با قیمت بالا و همچنین استفاده از خدمات مشاوره، بودجه پروژه را تحت تاثیر ریسک قرار می‌دهند.

محدودیت سوم، زمان است. زمان در پروژه‌های ساختمان سبز از دو نگاه دارای اهمیت است. در ابتدا اینکه افزایش مدت زمان قبل از شروع اجرای پروژه‌های سبز نسبت به متعارف (فاز صفر و یک) به دلیل مشارکت و تعامل لازم با گروه‌های متفاوت و متمایز ذی‌نفعان است. علاوه برآن شکست در یکپارچگی فناوری‌های سبز و تاثیر آن بر روی سایر عناصر ساختمان، موجب درگیری‌های ساخت‌وساز و

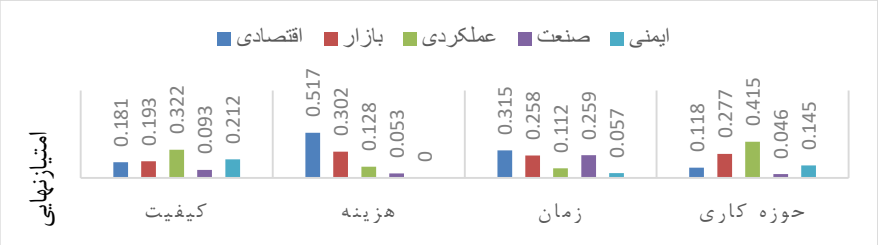
درنهایت منجر به تأخیر در اتمام پروژه می‌شود. آخرین محدودیت قرار گرفته در رتبه‌بندی نتایج جدول ۱۰، حوزه‌کاری است. این موضوع ناشی از عدم درک مشترک ذی‌نفعان از ساختمان سبز و اهداف آن است. تعدد معانی برداشت شده از ساختمان‌های سبز می‌تواند منجر به مشکلات متنوع و راه‌حل‌های گاهاً متناقض شود.

۳-۵- اولویت محدودیت‌های در مؤثرترین ریسک‌ها

مقایسه کلی ریسک‌های مؤثر برای محدودیت چهارگانه در جدول ۱۲ و شکل ۴ ارائه شده است. در ادامه نتایج میزان تأثیرگذاری مؤثرترین ریسک‌های شناخته شده بر روی محدودیت‌های چهارگانه مدیریت پروژه که بر اساس تحلیل‌های FAHP صورت پذیرفته، مورد ارزیابی، بررسی و تفسیر قرار گرفته است.

جدول ۱۲: رتبه و امتیازنهایی محدودیت‌های چهارگانه در ریسک‌های اصلی مؤثر.

محدودیت	مؤثرترین ریسک‌ها									
	ریسک اقتصادی		ریسک بازار		ریسک عملکردی		ریسک صنعت		ریسک ایمنی	
	رتبه	امتیازنهایی	رتبه	امتیازنهایی	رتبه	امتیازنهایی	رتبه	امتیازنهایی	رتبه	امتیازنهایی
کیفیت	۳	۰/۱۸۱	۴	۰/۱۹۳	۲	۰/۳۲۲	۲	۰/۰۹۳	۱	۰/۲۱۲
هزینه	۱	۰/۵۱۷	۱	۰/۳۰۲	۳	۰/۱۲۸	۳	۰/۰۵۳	۴	۰
زمان	۲	۰/۳۱۵	۳	۰/۲۵۸	۴	۰/۱۱۲	۱	۰/۲۵۹	۳	۰/۰۵۷
حوزه‌کاری	۴	۰/۱۱۸	۲	۰/۲۷۷	۱	۰/۴۱۵	۴	۰/۰۴۶	۲	۰/۱۴۵



شکل ۴: مقایسه کلی ریسک‌های مؤثر بر محدودیت‌های چهارگانه

۱-۳-۵- تفسیر نتایج تأثیر ریسک اقتصادی بر محدودیت‌های چهارگانه

هزینه، اولین محدودیت با بالاترین امتیازنهایی در ریسک اقتصادی (مؤثرترین ریسک با امتیاز ۰/۳۱۴) می‌باشد، این موضوع به سبب وجود عدم قطعیت‌های سازندگان و سرمایه‌گذاران در مورد هزینه‌های ساختمان‌سازی سبز به علت نوپا بودن این صنعت است. ریسک‌های اقتصادی که منجر به عدم قطعیت در هزینه‌های ساختمان‌های سبز می‌شود از قبیل نبود اطلاعات کافی در رابطه با محصولات و سیستم‌های ضروری و جدید سبز و عدم تطابق محصولات با نیازها، تأثیر غیرمستقیم تجربه کاری پایین مجریان بر افزایش قیمت‌ها، تأخیر در اتمام پروژه‌ها و هزینه‌های اضافی مرتبط با نوظهور بودن این تکنولوژی می‌باشند. ازآنجایی‌که هزینه پروژه با پیچیدگی و استانداردهای لازم الاجرای طرح رابطه مستقیم دارد، بنابراین توصیه می‌گردد برای ورود به صنعت ساختمان‌سازی سبز در کشور، حداقل‌های استانداردهای سبز به کار گرفته شود تا با کاهش نسبی هزینه‌ها (درعین‌حال سبز سازی) ترغیب لازم برای مالکان و سرمایه‌گذاران جهت مشارکت در توسعه‌ی ساخت‌وساز پایدار ایجاد گردد. راهکار پیشنهادی دیگر به‌کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)[۲۷] در ساختمان‌های سبز است. BIM قابلیت تأثیرگذاری بر روی هزینه‌های پروژه را دارد. درصورتی‌که در مراحل آغازین پروژه تصمیم به استفاده

[27] Building Information Modeling

از BIM گرفته شود، میزان صرفه‌جویی حاصل بیشتر می‌شود. دلیل اصلی را می‌توان هماهنگی بیشتر تیم پروژه و درنتیجه کاهش تداخلات و خطاهای طراحی دانست.

مطابق با جدول ۱۲، زمان در اولویت دوم قرار گرفته است. از دلایل بالا بودن ریسک اقتصادی در محدودیت زمان می‌توان به عدم آگاهی طراحان و مجریان از مدت زمان لازم برای انجام فرآیندهای درگیر در این نوع پروژه‌ها، تغییرات قیمت مواد و مصالح (با وجود تورم) بنا به علل مرتبط با شرایط اقتصادی و سیاسی جهان و یا به علت شرایط اقتصادی داخلی با توجه به تورم بالا و افزایش قیمت‌ها که منجر به طولانی شدن زمان اجرا و همچنین سپری شدن زمان طولانی به جهت کسب مشوق‌ها و اعتبارهای مالی، اشاره کرد. مطابق با شکل ۴-۸ زمان در اولویت دوم (با امتیاز ۰/۳۱۵) قرار گرفته است. این موضوع حاکی از آن است که ریسک اقتصادی معیار زمان را متأثر خواهد کرد (در مقایسه با معیار هزینه حدود ۶۰ درصد) . از همین رو اعضای تیم پروژه و مالک پروژه باید در عین پذیرش مدت زمان طولانی‌تر مراحل طراحی و ساخت در ساختمان‌های سبز، نهایت تلاش و حمایت خود را برای جلوگیری از ایجاد تأخیرات زمانی به کار گیرند. زیرا برخی از ریسک‌های اقتصادی وابسته به مدت زمان اجرای پروژه رخ می‌دهند. مالک پروژه ضروری است که قبل از ورود به ساخت‌وساز، تمامی منابع مالی را دقیقاً پیش‌بینی و با توجه به نیازهای کارگاه تأمین مالی و بودجه پروژه را فراهم کند، تا از تأخیر زمانی به علت عدم تأمین مالی نیاز گردش کارگاه جلوگیری به عمل آید. علاوه برآن برای جلوگیری از تأخیرات زمانی ناشی از دعاوی، ابتدا باید جزئیات خاص این پروژه در اسناد مناقصه عمومی و خصوصی پیمان آورده شود و باید تمامی ذی‌نفعان پروژه از محتوی و تعهدات یکدیگر کاملاً آگاه و نسبت به انجام آن متعهد باشند. یکی دیگر از دلایل بالا بودن ریسک اقتصادی در معیار زمان، عدم آگاهی طراحان و مجریان از مدت زمان لازم برای انجام فرآیندهای درگیر در این نوع پروژه است، که خود ناشی از عدم تجربه کافی در امر ساختمان‌سازی سبز می‌باشد. این موضوع به نوبه خود منجر به اطلاعات ناکافی و عدم دقت در تهیه برنامه زمان‌بندی شود، که قطعاً به مقدار قابل‌توجهی، ریسک اقتصادی را افزایش می‌دهد. لذا توصیه می‌شود که در پروژه‌های سبز، ابتدا اطلاعات اجرایی این صنعت جمع‌آوری و مورد آنالیز قرار گیرد و با تأمل و جزئیات بیشتر برنامه زمان‌بندی تهیه و به‌روزرسانی گردد. همچنین تغییرات قیمت مواد و مصالح (با وجود تورم) ازجمله موارد ریسک اقتصادی است که در اثر تأخیرات زمانی حاصل می‌شود. بنا به علل مرتبط با شرایط اقتصادی و سیاسی جهان و یا به علت شرایط اقتصادی داخلی، ممکن است با توجه به طولانی شدن زمان اجرا، قیمت برخی از مواد و مصالح با افزایش و جهش ناگهانی مواجه شود. ازآنجایی‌که فرآیند ساختمان‌سازی سبز نیاز به مدت زمان نسبتاً طولانی‌تری دارد، ممکن است قیمت مواد، مصالح و کالاهای مورد نیاز در پروژه دچار تغییرات زیادی شود و یا عدم توانایی در پیش‌بینی تغییر تعرفه گمرکی کالاهای وارداتی منجر به طرح دعاوی ضرر و زیان گردد. همچنین سپری شدن زمان طولانی به جهت کسب مشوق‌ها و اعتبارهای مالی، منجر به تأخیر در پروژه‌های سبز می‌شود، زیرا درک کامل و واضحی از اهمیت ساختمان‌سازی سبز وجود ندارد. در این صورت اعضای تیم پروژه استراتژی پذیرش منفعل به کار می‌گیرند تا با داشتن اندوخته ای شامل مقادیری از زمان، پول یا منابع در مورد ریسک رخ داده تصمیم‌گیری کنند. بر همین اساس مشارکت و همکاری دولت به جهت ایجاد بستر مناسب برای پروژه‌های سبز می‌تواند تسهیل کننده باشد. دولت می‌تواند تسهیلات لازم برای کاهش هزینه‌های تولیدی مصالح سبز و کاهش هزینه‌های تمام شده نیازهای وارداتی را فراهم کند. لحاظ نمودن تسهیلات اضافی توسط دولت برای سرمایه‌گذاران نوآور در صنعت ساخت، می‌تواند شامل ارائه وام (با نرخ سود پایین) و افزایش دوره‌های بازپرداخت باشد.

کیفیت، محدودیت سوم از چهار محدودیت مورد بررسی بر طبق جدول ۱۲ در ریسک اقتصادی است. نبود اطلاعات کافی در رابطه با محصولات و سیستم‌های ساخت‌وساز سبز، منجر به کاهش کیفیت و از دست دادن گواهینامه سبز یا دست‌یابی به گواهینامه با سطح پایین‌تر، ریسک اقتصادی را افزایش می‌دهد. تحمیل هزینه‌های اضافی به علت اصلاح محصولات و یا سیستم‌ها جهت ارتقا به سطح مشخصات استانداردهای سبز، علت دیگر ریسک اقتصادی در محدودیت کیفیت است. یکی از دلایل دیگر ریسک اقتصادی در محدودیت کیفیت، عدم آشنایی و شناخت روش ساخت با کنترل کیفیت حین اجرا در پروژه‌های سبز می‌باشد. کیفیت، معیار سوم (با امتیازنهایی ۰/۱۸۱) از چهار معیار مورد بررسی بر طبق جدول ۱۲ در ریسک اقتصادی است (در مقایسه با معیار هزینه حدود ۳۵ درصد). در ساختمان‌های سبز افزایش کیفیت بستگی زیادی به سطح گواهینامه، محصولات و سیستم‌های تأسیساتی و فاضلاب ویژه ساختمان‌های سبز و نحوه‌ی اجرا آن‌ها دارد. نبود اطلاعات کافی در رابطه با محصولات و سیستم‌های ساخت‌وساز سبز، منجر به کاهش کیفیت و درنهایت

ریسک از دست دادن گواهینامه سبز یا دست‌یابی به گواهینامه با سطح پایین‌تر را به دنبال دارد و همچنین منجر به تحمیل هزینه‌های اضافی به علت اصلاح محصولات و یا سیستم‌هایی که مشخصات استانداردهای سبز را دارند، می‌شود. ازاین‌رو توسعه‌دهندگان نیاز به مشورت با مشاوران مطلع از محصولات و سیستم‌های ساخت‌وساز سبز را دارند. یکی از دلایل ریسک اقتصادی در معیار کیفیت، عدم آشنایی و شناخت روش ساخت با کنترل کیفیت حین اجرا در پروژه‌های سبز می‌باشد. لذا باید تمامی مجریان و ناظران این پروژه‌ها آموزش‌های ویژه و دوره‌های پیشرفته روش ساخت را جهت کارا و باکیفیت اجرا شدن پروژه دیده و دانش کار آن‌ها افزایش یابد. با توجه به اینکه موضوع کیفیت در حین اجرای پروژه باید به‌طور مداوم و تضمین آور باشد و عموماً مشاهده می‌شود که عدم تعهد پایدار به انجام پروژه در طول اجرا یکی از مشکلات ریسک مربوط به این معیار است. لذا جهت کاهش ریسک توصیه می‌شود که استراتژی و تکنیک تضمین کیفیت، با در نظر گرفتن دیگر جوانب این مسئله، به مرور زمان جایگزین روش کنترل کیفی گردد.

حوزه‌کاری آخرین محدودیت (با امتیازنهایی ۰/۱۱۸) در ریسک اقتصادی (در مقایسه با معیار هزینه ۲۲ درصد) مطابق جدول ۱۲ است. همان‌طور که معلوم است حوزه‌کاری به بایدها و نبایدها در فرآیند ساخت‌وساز سبز می‌پردازد. لذا ریسک‌های این بخش عموماً به وجود، واضح بودن، درک صحیح، توازن در حوزه‌کاری و اهتمام در انجام معیار فوق بستگی دارد. ریسک‌های مرتبط با این بخش از قبیل عدم پذیرش هزینه برای اطمینان از تحقق الزامات صدور گواهینامه سبز و توسعه مهارت‌ها است. دلیل اهمیت پذیرش هزینه‌های ذکر شده و راهکار توصیه شده در ادامه آورده شده است. در ساختمان‌های سبز پس از اینکه اهداف پروژه تعیین گردید و نوع گواهینامه مشخص گشت، این نیاز وجود دارد که یک معمار یا یک مهندس تا الزامات و ویژگی‌های مورد نیاز منطبق بر استاندارد سبز انتخاب شده را تعیین و ارائه کند. علاوه برآن فرد مسئول وظیفه دارد که تحقق الزامات ارائه شده را در طی فرآیندهای اجرا بررسی کند. نتیجتاً حضور متخصص با توانمندی و تجربه سبز سازی، جهت ارائه و پیگیری الزامات سیستم رتبه‌بندی سبز ضروری است. از طرفی جهت دریافت گواهینامه سبز در پروژه، نیازمند هماهنگی به جهت حضور ممیز سبز از طرف سیستم رتبه‌بندی در تمامی مراحل طرح و اجرای است. بنابراین مالک پروژه باید از هزینه‌های اضافی مربوط به حضور عامل ممیز در پروژه آگاه و آن را پرداخت. هماهنگی‌های لازم به جهت حضور و تعامل به هنگام و سر زده به‌صورت مستمر از ضرورت‌ها بوده که منجر به کاهش شدت ریسک می‌گردد. انگیزه، اهمیت و اهتمام در پیگیری الزامات سبز که همان باید و نبایدهای حوزه‌کاری است منجر به کاهش ریسک اقتصادی در این معیار مدیریت پروژه خواهد شد. زیرا حتی اگر یک ساختمان از طراحی خوبی برخوردار باشد اما در صورت اجرا ضعیف، انتظارات را برآورد نسازد، منجر به هزینه‌های اضافی اصلاحات قبل از مرحله بهره‌برداری می‌شود. از طرفی شرکت مجری موظف به افزایش مهارت‌های سبز سازی کارکنان خود در نصب، راه‌اندازی تجهیزات و به‌کارگیری مصالح سبز است تا از دوباره‌کاری و دعاوی در پروژه جلوگیری به عمل آید. در حقیقت شرکت مجری با پذیرش هزینه برای توسعه مهارت کارکنان از هزینه‌های دوباره‌کاری و دعاوی اجتناب می‌کند. نکته حائز اهمیت ریسک اقتصادی مربوط به محدودیت حوزه‌کاری در ارزیابی نسبت به سایر معیارها است. دلیل آن است که هنوز اهمیت و جزئیات حوزه‌کاری بر سرمایه‌گذاران اقتصاد محور در صنعت ساختمان‌سازی سبز کاملاً معلوم نیست.

۲-۳-۵- تفسیر نتایج تأثیر ریسک بازار بر محدودیت‌های چهارگانه

مطابق با جدول ۱۲، هزینه در ریسک بازار دارای بالاترین اولویت (با امتیازنهایی ۰/۳۰۲) است. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، در ریسک اقتصادی هم هزینه بالاترین اولویت را داشت. بنابراین همان‌طور که انتظار می‌رود معیار هزینه در ریسک‌های مالی (اقتصادی و بازار) دارای اولویت و رتبه مشابه‌ای می‌باشد. دلیل آن دخالت مستقیم هزینه در قیمت تمام شده است. بحث عدم اطمینان بین سرمایه‌گذار و خریدار به علت نوظهور بودن این صنعت و نداشتن اطلاعات کافی و کامل اجتماعی و اقتصادی برای فروشنده که به سؤالات چرا و چیستی پاسخ صریح و منطقی داده نمی‌شود. مسائلی از قبیل وجود ادعاهای اغراق‌آمیز در بازار به دلیل ارائه اطلاعات غلط منجر به شکل‌گیری نادرست انتظارات توسعه‌دهندگان می‌شود. ازاین‌رو زمانی که یک توسعه‌دهنده خصوصی تصمیم به ساخت یک ساختمان سبز می‌گیرد، انتظار خود از افزایش قیمت در فروش و اجاره بهاء را به بازار منعکس می‌کند. درصورتی‌که توسعه‌دهنده سرمایه‌گذار در ساختمان‌های پایدار زمانی می‌تواند سود بالاتر را دریافت کند که خریدار دستاوردهای سبز سازی از قبیل بهره‌وری انرژی را به رسمیت بشناسد. درواقع از نظر توسعه‌دهندگان و خریداران اولویت‌های زیست‌محیطی و اجتماعی در برابر اولویت‌های مالی وزن برابری ندارد و نتیجتاً آن‌ها بر این باورند که

ساختمان سبز هزینه‌های بالاتری را برای سرمایه‌گذاری و خرید شامل می‌شود. لذا توصیه می‌گردد که مدل ساخت‌وساز سبز از یک مدل پیشرفته به نام ساخت‌وساز ناب[۲۸] تبعیت کند. زیرا مشتری که عامل اصلی در ریسک بازار است خود به یکی از گام‌های تولید تحت عنوان جریان کشش و حرکت به سوی کمال تبدیل می شود. حلقه مفقود مابین نیاز (مشتری) و عرضه‌کننده (سرمایه‌گذار و تولیدکننده) تشکیل می‌گردد و در تمامی مراحل تولید اولاً جزئیات منطبق بر نیاز مشتری است و ثانیاً طبق یک برنامه تولید می‌شود، پس به احتمال خیلی زیاد بازار فروش کاملاً فعال می‌گردد. لذا انتظارات سرمایه‌گذار به دلیل خواسته‌های مشتری در جریان کشش متعادل می‌گردد و در جهت توازن قیمت واقعی گام بر می‌دارد. از طرفی در جریان کشش و حرکت به سوی کمال در چرخه ناب‌سازی و صنعت ساخت‌وساز سبز اطمینان و آرامش در انتخاب برای مشتری با توجه به حضور در فرآیند تولید ساختمان فراهم می‌گردد. به همین جهت هماهنگ نمودن و ترکیب منافع ذی‌نفعان و مزایای بلندمدت در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری توسعه‌دهنده و خریدار و افزایش شفافیت بین ذی‌نفعان مورد نیاز است. با توجه به این مسائل، باید مستندسازی مزایای پروژه سبز از قبیل صرفه‌جویی در انرژی و بهره‌وری ساکنین برای بهبود درک به جهت فروش آسان‌تر صورت گیرد تا شرایط برای پذیرش اشتراک‌گذاری ریسک‌ها در بین توسعه‌دهندگان، خریداران و مستأجران فراهم گردد. همچنین به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و اقلیمی به جهت تحلیل شرایط بازار در تصمیم‌گیری منطقه انتخابی برای توسعه سبز سازی الزامی است. از دیگر ریسک‌های مؤثر این حوزه بر عامل هزینه عدم تطابق محصولات و تجهیزات با الزامات پروژه است که منجر به بی‌اعتمادی مشوقین و بی‌انگیزگی و نگرانی توسعه‌دهندگان می‌شود. بدین رو طراح نباید محصولات جدید مبتنی بر مشخصات فروش و اطلاعات محصول را به‌راحتی بپذیرد و باید به مالک در مورد ریسک به‌کارگیری فناوری‌ها و محصولات جدید اطلاع بدهد. درنهایت توصیه می‌گردد که تصمیمات گرفته شده در اسناد پیمان ثبت گردند تا از هرگونه ادعا در آینده جلوگیری شود. علاوه برآن مدیر پروژه موظف است که به نگرانی‌های توسعه‌دهنده به‌منظور تسهیل در اجرای موفقیت‌آمیز پروژه رسیدگی کند. لذا توصیه می‌گردد که مصالح و تجهیزات توسط یک آزمایشگاه معتبر مورد ارزیابی قرار گیرند و توسعه‌دهنده باید در جهت حصول اطمینان از ملاحظات زیست‌محیطی محصول حضور پیدا کند. بنابراین هزینه‌های اضافی برای آزمایش محصول و تجهیزات جدید به پروژه اعمال می‌شود.

معیار دوم متأثر از ریسک بازار منطبق بر جدول ۱۲، حوزه‌کاری با امتیازنهایی ۰/۲۷۷ (در مقایسه با معیار هزینه حدود ۹۰ درصد) است. وجود ریسک بالا در موضوع بازار مرتبط با معیار حوزه‌کاری می‌تواند ناشی از عوامل زیر باشد. عدم توافق در مورد استانداردهای سبز پیش رو در بازار این صنعت و نبود استاندارد داخلی و اتحاد رویه منجر به سردرگمی توسعه‌دهندگان علاقه‌مند به این پروژه شده است. عدم بررسی دقیق و واضح استانداردها موجب ریسک در بازار ساختمان‌سازی سبز می‌شود. در حال حاضر اگرچه اقدامات مختلفی در نهادهای مختلف کشور در مورد آیین‌نامه اجرایی صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها صورت گرفته، اما استاندارد اجباری یا آیین‌نامه و ضابطه‌ای که در زمینه ساختمان‌سازی سبز تعیین‌کننده و الزام‌آور باشد وجود ندارد (نبود باید و نباید در حوزه‌کاری). ازاین‌رو مالک پروژه در صورت علاقه به کسب گواهینامه سبز نیاز به اطلاع از گواهینامه‌های بین‌المللی سبز دارد (مبهم بودن باید و نباید). بنابراین مالک پروژه از ابتدا طرح توجیهی، نیازمند به یک تیم تحقیق و توسعه با تخصص مرتبط در امر سبز سازی است. درواقع این افراد آشنایی لازم با استانداردهای سبز را دارند. تیم تحقیق و توسعه قادر به تعیین استاندارد متناسب با شرایط اقلیمی و جغرافیایی و گواهینامه فراخور شرایط و انتظارات مالک می‌باشند. زیرا الزامات سبز که در مشخصات اسناد و قراردادها ذکر می‌شوند بر اساس استاندارد سبز انتخابی تعیین می‌گردند. از طرفی عدم اطمینان خریداران در اجرایی شدن عوامل و پارامترهای حوزه‌کاری (باید و نبایدها) به‌خصوص آن‌هایی که تمایز جدیی بین ساختمان سبز و متعارف ایجاد می‌کنند که نهایتاً مشتری این‌گونه نتیجه می‌گیرد که محصول ارائه شده (ساختمان سبز) دارای ارزش بیشتر از ساختمان متعارف (با توجه به معیار حوزه‌کاری) نبوده است، لذا ریسک قابل‌توجهی در خرید که همان ریسک بازار می‌باشد رخ می‌دهد. این مسئله نشان دهنده آن است که زمان بیشتری برای ترویج سبز سازی، به شرط تحقق اهداف مطرح شده در مزایای ساختمان‌سازی سبز در مقایسه با ساختمان‌های متعارف، نیاز است. لذا اطلاع‌رسانی از طریق متخصصان امر که هیچ گونه نفع اقتصادی و اجتماعی مستقیمی در پروژه‌های سبز سازی ندارند می‌تواند در ذهنیت جامعه تأثیرگذار باشد و منجر به کاهش این ریسک در آینده شود. از دیگر موارد ریسک بازار در بخش معیار حوزه‌کاری تبلیغات کاذب و ادعاهای مرتبط با بازاریابی محصولات ساختمان سبز به علت نوظهور

[28] Lean Construction

بودن مصالح سبز و فناوری‌های نوآورانه رخ می‌دهند. از همین رو برخی از تولیدکنندگان محصولات سبز در مورد ویژگی‌های عملکردی محصولات خود اغراق می‌کنند درحالی‌که باید تمایز واضحی بین منافع حاصل از محصولات و خدمات وجود داشته باشد. به همین جهت همان‌طور که در معیار هزینه ریسک بازار بیان شد، ضروری است که محصولات و یا سیستم‌های سبز قبل از سفارش، طراحی و نصب ارزیابی شوند. اما آنچه که در معیار حوزه‌کاری مهم است، اثرات متقابل آن‌ها بر روی یکدیگر است که باید توسط تیم اجرایی پروژه مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. زیرا تداخل محصولات و یا سیستم‌ها ممکن است منجر به شکست در اجرای موفقیت‌آمیز آن‌ها شود.

رتبه سوم در ریسک بازار، عامل زمان با امتیازنهایی ۰/۲۵۸ (۸۶ درصد نسبت به عامل هزینه) است. از علل ریسک بازار مرتبط با محدودیت زمان، می‌توان نگرانی سرمایه‌گذار از عدم تحویل به‌موقع پروژه باشد. دلیل این مهم ریشه در نوظهور بودن صنعت ساخت‌وساز سبز و تجارب ناموفق سرمایه‌گذاران در تحویل به‌موقع پروژه‌های متعارف دارد. زیرا این‌گونه قلم داد می‌شود که در پروژه‌های متعارف با وجود تجارب کاری بالا در بین تیم‌های طراحی و اجرایی و دسترسی آسان به مصالح و تجهیزات، تحویل به‌موقع صورت نگرفته است. بنابراین احتمال پایینی برای تحویل به‌موقع پروژه‌های سبز با وجود نوظهوری در فرآیندها و تکنولوژی‌ها و هزینه‌های بالا در سرمایه‌گذاری تخمین زده می‌شود. از طرفی در صورت پذیرش سرمایه‌گذار برای ورود به این صنعت و رخ داد عدم تحویل به‌موقع، ادعاهای از قبیل نبود تأمین‌کنندگان کافی و یا شرایط داخلی کشور (حتی اوضاع سیاسی) به مشتری بیان و ارائه می‌شود. علل ایجاد تأخیر در تحویل به‌موقع پروژه را می‌توان در عدم توالی در فعالیت‌ها، تعریف ناقص ابزارها و تکنیک‌ها، نبود تکوین زمان‌بندی و نبود شیوه‌های مناسب جهت کنترل زمان‌بندی یافت. عدم توالی در فعالیت‌ها منجر به ریسک بازار در معیار زمان می‌شود به‌گونه‌ای که عدم شناخت واقع‌بینانه از زمان فعالیت‌ها موجب طولانی‌تر شدن بازه‌های زمان کاری مورد نیاز برای هر فعالیت می‌شود. از طرف دیگر با توجه به مبهم بودن برخی از فعالیت‌ها ناقص تعریف می‌گردد (معمولاً از شیوه‌های ساخت‌وساز متعارف استفاده می‌شود)، که این خود یکی از عوامل عدم تحویل به‌موقع که همان ریسک بازار در ارتباط با معیار زمان است را نشان می‌دهند. همچنین فقدان تکوین زمان‌بندی ساختار منش، به دلیل عدم تحلیل‌های دقیق و درست از توالی فعالیت‌ها و مدت زمان فعالیت‌ها و منابع مورد نظر در تهیه برنامه زمان‌بندی پروژه، منجر به ارائه غیرواقعی زمان اجرا می‌شود که این عدم اطمینان در حوزه زمان منجر به ریسک بازار می‌گردد. علاوه برآن نبود شیوه و دستورالعمل‌های تدوین شده در طول اجرا برای ساختمان‌های سبز به علت تجربه ناکافی فعالان این صنعت موجب کم تسلطی به کنترل زمان‌بندی می‌شود. لذا با توجه به اینکه پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز در حال حاضر در کشور جزء پروژه‌های بزرگ محسوب نمی‌شوند، سه عامل تعیین توالی فعالیت‌ها، برآورد مدت زمان فعالیت‌ها و تکوین زمان‌بندی در قالب یک فرآیند منفرد مطرح می‌شود که نتیجه ترکیب سه عامل در یک فرآیند ریسک منجر به افزایش ریسک می‌گردد. ازآنجایی‌که صنعت سبز سازی در حال شکل‌گیری است جهت توسعه و پیشرفت باید گام‌های لازم جهت رفع موانع و علل بررسی ریسک برداشته شود. ریسک بازار در معیار زمان، رابطه مستقیم با مدیریت زمان پروژه دارد و ازآنجایی‌که در صنعت سبز این ریسک با توجه به عوامل ذکر شده منجر به یک فرآیند ریسک می‌گردد، بنابراین جهت بهبود و کاهش ریسک باید متقابلاً یک فرآیند طراحی شود که به‌طور دقیق موانع را در یک برنامه ارزیابی و تأثیر آن را بر ریسک بازار کاهش دهد.

لازم به ذکر است که با دقت در جدول ۱۲ ملاحظه می‌گردد که در ریسک بازار معیارهای هزینه، حوزه‌کاری و زمان دارای امتیازات نزدیک به هم می‌باشند. این بدان معنی است که تأثیر این سه معیار بر ریسک بازار مشابه بوده و می‌بایست جهت کاهش ریسک مورد نظر از یک تصمیم‌سازی یکپارچه تلفیقی (هزینه، حوزه‌کاری و زمان) جهت بهبود و توسعه صنعت ساخت‌وساز بهره گرفت. بنابراین ابتدا باید عامل‌های مشترک ریسک در سه معیار شناسایی و ارزیابی گردد و سپس راهکارهای تلفیقی پیشنهادی جهت رفع موانع ارائه گردد.

کیفیت با امتیازنهایی ۰/۱۹۳ آخرین معیار (در مقایسه با معیار هزینه در حدود ۶۵ درصد) در ریسک بازار است. پایین بودن ریسک بازار در معیار کیفیت، مبین این است که دغدغه اصلی ذی‌نفعان در حوزه بازار کیفیت نیست یا به عبارتی معیارهای دیگر از اهمیت بیشتر برخوردار می‌باشند. عدم اطمینان از تطابق فناوری‌های سبز موجود در بازار با شرایط اقلیمی کشور ازجمله مواردی که می‌توان به آن اشاره کرد که موجب به خطر افتادن عامل کیفیت می‌شوند. در حقیقت ممکن است طراحان و پیمانکاران با نصب سیستم‌هایی مواجه شوند که بسیار کارا باشند اما منطبق بر شرایط جغرافیایی ایران نباشند، درنتیجه، این امر ایجادکننده دعاوی مسئولیت در مورد کیفیت سیستم‌های جدید است. زیرا این سؤال مطرح می‌شود که مشکل کیفی از تولیدکننده، انتخاب طراح یا نصب و راه‌اندازی پیمانکار است. بنابراین

به‌کارگیری سیستم‌هایی که در مورد آن‌ها تجربه و اطلاعات کافی وجود دارد از رخ داد این ریسک جلوگیری می‌کند. همچنین با استفاده از مبانی بومی‌سازی مصالح و تولیدات مورد نیاز تا اندازه‌ای می‌توان بهبود در وضعیت بازار ایجاد کرد. با توجه به اینکه ارزیابی کیفی در بیش از ۹۰ درصد موارد خود یک مقوله غیرقابل اندازه‌گیری است و آثار عدم کیفیت در طی زمان بروز خواهد کرد، لذا می‌توان این ریسک را در قالب بیمه، ضمانت‌نامه‌های عملکردی، گارانتی و قراردادهای مختلف به شخص ثالث انتقال داد. این انتقال ریسک به‌عنوان یک مزیت برای ساختمان سبز محسوب شده، بنابراین منجر به تسهیل سازی امر فروش در بازار ساختمان می‌گردد.

۳-۳-۵- تفسیر نتایج تأثیر ریسک عملکردی بر محدودیت‌های چهارگانه

با توجه به اینکه حوزه‌کاری درگیر، مجموعه باید و نبایدها طراحی و اجرایی است و بیشترین تأثیر را روی کارایی و اجرای پروژه دارد. در پروژه‌های سبز ریسک انجام اهداف پروژه به علت پارامترهای جدید، تأثیر مستقیم روی عملکرد خواهد داشت. با توجه به اینکه در حوزه‌کاری این ریسک‌ها اجتناب‌ناپذیر است، لذا انتظار می‌رود که حوزه‌کاری بیشترین تأثیر را در حوزه عملکردی دارا باشد. مهم‌ترین معیار متأثر در ریسک عملکردی مطابق با جدول ۱۲، حوزه‌کاری با امتیازنهایی ۰/۴۱۵ است. عدم توافق در مورد استانداردهای سبز پیش رو در حوزه‌کاری و اجرایی و نبود استاندارد داخلی و اتحاد رویه در اهداف ساختمان‌های سبز منجر به سردرگمی مجریان علاقه‌مند به این پروژه‌ها شده است. عدم بررسی دقیق و واضح استانداردها موجب ریسک در عملکرد ساختمان‌سازی سبز می‌شود. متأسفانه استاندارد اجباری یا آیین‌نامه و ضابطه‌ای که در زمینه ساختمان‌سازی سبز تعیین‌کننده و الزام‌آور باشد (حتی گروه دو یا سه) وجود ندارد (نبود باید و نباید در حوزه‌کاری صنعت سبز). یکی دیگر از عوامل مداخله کننده عدم اطلاع دست‌اندرکاران طرح و ساخت ساختمان‌های سبز از گواهی‌نامه‌های بین‌المللی سبز می‌باشد. همچنین بی‌تجربگی تیم اجرایی به جهت تازگی اجرای فناوری‌ها و عدم آشنایی اعضاء با مسئولیت‌های ساخت‌وساز سبز از بارزترین علل ریسک عملکردی در حوزه‌کاری است. جذب نیروی انسانی به معنای دست‌یابی به منابع انسانی مورد نیاز برای انتخاب و کار در پروژه است. با توجه به اینکه سبز سازی در بین فعالان صنعت ساخت‌وساز بدیع است. در حقیقت الزامات تأمین نیروی انسانی ملزم می‌دارد که چه نوع شایستگی‌هایی از چه نوع افراد یا گروه‌ها و در چه چارچوب‌های زمانی مورد نیاز است. ازاین‌رو مدیر پروژه باید اعضای تیم پروژه را بر اساس دانش و آگاهی از سبز سازی، درک از برنامه‌ها و انتظارات مالک و توانایی کار با سایر اعضای تیم برگزیند. درعین‌حال توسعه‌دهنده از انتخاب افراد شایسته در پروژه باید اطمینان حاصل کند. در این صورت از الزامات و دعاوی میان اعضای درگیر در پروژه کاسته می‌شود. ازآنجایی‌که ساختار سازمانی پروژه اثر عمده‌ای بر الزامات ارتباطی پروژه خواهد گذاشت، برنامه‌ریزی سازمانی اغلب با برنامه‌ریزی ارتباطات ارتباط تنگاتنگی دارد. به همین منظور بین اعضای تیم پروژه سبز نیاز به سطح بالاتری از علاقه و ارتباط نسبت به ساختمان‌های متعارف وجود دارد. هدف از این ارتباطات آن است که هر عضو از تیم پروژه درک عمیقی از اهداف و اصول سبز در پروژه پیدا کند و نسبت هدف از این ارتباطات آن است که به مسئولیت خود در پروژه متعهد می‌گردد. از طرفی در این ارتباطات بسیاری از اقداماتی همچون درگیر نبودن اعضای سطح غیر مدیریتی تیم در فرآیند برنامه‌ریزی با وضع قواعد اساسی برای شناسایی تعارض و مواجه با آن‌ها می‌تواند عملکرد تیم را به‌عنوان یک اثر ثانویه ارتقاء دهد (فن مذاکره باید افزایش یابد). مقاومت کارگران برای تغییر از شیوه‌های سنتی به سبز ازجمله مسائلی است که مدیر پروژه با آن مواجه می‌شود. لذا درصورتی‌که اعضای تیم پروژه فاقد مهارت‌های فنی کلیدی مورد نیاز باشند. این مهارت‌ها باید به‌عنوان قسمتی از پروژه توسعه یابد. آموزش دربرگیرنده‌ی تمام فعالیت‌های در نظر گرفته شده برای افزایش شایستگی‌های تیم پروژه می‌باشد. آموزش می‌تواند رسمی (از طریق دروه‌های آموزشی) یا غیررسمی (در اثر ارتباطات و بازخورد از سایر اعضای تیم) باشد. با فراهم‌سازی آموزش مناسب و افزایش دانش نیروی کار و توانمندسازی کارگران می‌توان موجب کارکرد مؤثر آن‌ها شد.

کیفیت دومین محدودیت با امتیازنهایی ۰/۳۲۲ از بین محدودیت‌های چهارگانه (در مقایسه با معیار حوزه‌کاری حدود ۸۰ درصد) در حوزه‌ی ریسک عملکردی است. عدم اطمینان از کیفیت در سطوح عملکردی (سازه‌ای و غیر سازه‌ای و تأسیسات) در ساختمان سبز منجر به بالا رفتن ریسک در این حوزه شده است. استفاده از مواد و روش‌های جدید در ساختمان‌های سبز به منظور کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی در سراسر چرخه عمر ساختمان و افزایش عوامل کیفی بهره‌وری است لذا عدم اطمینان از عملکرد مناسب این مواد منجر به ریسک در حوزه عملکردی می‌گردد. افزایش تهویه برای پاسخگویی به اهداف کیفیت هوای داخلی که ممکن است درنهایت سبب افزایش سطح رطوبت داخلی گردد (نیاز به ارزیابی دقیق از دما و رطوبت منطقه ساخت ساختمان وجود دارد). همچنین از دیگر نمونه‌های قابل ذکر

بام‌های سبز است که به‌وضوح ریسک بیشتری را در اجرا نسبت به بام‌های معمولی دارند و باید به دقت طراحی، ساخت و نظارت شوند. به همین جهت پیمانکاران، طراحان و تولیدکنندگان در صورت شکست محصولات جدید در معرض ریسک خطا در نصب و راه‌اندازی، خطا در طراحی و یا نقص محصول قرار دارند. عدم تجربه کافی پیمانکاران (فرعی و اصلی) برای نصب محصولات جدید از دیگر عوامل کاهش کیفیت و افزایش ریسک مربوطه می‌باشد. بنابراین توصیه می‌گردد برای پاسخگویی به این مسئله از متمم‌های قراردادی استفاده شود. به‌طوری‌که برای هر یک از اعضاء درگیر در این مسئله به‌طور واضح شرایط تعریف و ریسک‌ها تخصیص داده شوند و مفاد به‌طور دقیق در قراردادهای تکمیلی و متمم‌ها ذکر شود (استراتژی اجتناب با تکنیک بیان واضح الزامات). یکی دیگر از عوامل کیفیت، واضح نبودن مفاهیم و نیازهای طراحی در حوزه اجرایی است، به‌طوری‌که در ساختمان‌های سبز از تنوع بیشتر برخوردار است. لذا وجود ابزار BIM منجر به تعامل سریع و ردیابی مشکلات اجرایی طراحی شده و نهایتاً دست‌یابی به اطلاعات و محدودیت‌ها منجر به کاهش ریسک کیفیت می‌گردد.

مطابق با جدول ۱۲، هزینه معیار سوم با امتیازنهایی ۰/۱۲۸ در ریسک عملکردی است (در مقایسه با معیار حوزه‌کاری در حدود ۳۰ درصد). اگرچه هزینه دارای رتبه سه می‌باشد ولی در مقایسه با حوزه‌کاری (رتبه یک) فقط دارای یک سوم امتیاز می‌باشد که خود نشان دهنده ریسک خیلی زیاد این حوزه در ارتباط با هزینه نمی‌باشد. لذا به نظر می‌رسد که نگرانی ذی‌نفعان پروژه در حوزه عملکردی منطقی بوده و ریسک فوق بیشتر متوجه دو معیار حوزه‌کاری و کیفیت است. اگرچه هرگونه ریسک به هر مقدار در پروژه‌های سبز باید کاهش داده شود ولی برای صنعت نوپای سبز اولویت با ریسک‌های بیشتر می‌باشد (ریسک عملکردی با معیارهای حوزه‌کاری و کیفیت). به‌هرحال عوامل ایجادکننده ریسک عملکردی در معیار هزینه ناشی از عدم دریافت گواهینامه با سطح مورد انتظار و عدم صرفه‌جویی قابل‌توجه (با توجه به سطح پایین گواهینامه) که منجر به افزایش هزینه‌ها شده و عدم رضایت مالک و مستأجر را به دنبال خواهد داشت که این نگرانی منجر به عدم اطمینان و نهایتاً بالا رفتن ریسک عملکردی می‌شود. همچنین افزایش بهره‌وری در ساختمان‌های سبز با افزایش هزینه برای توسعه‌دهنده را به دنبال خواهد داشت. به‌طور مثال به‌کارگیری سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع با عملکرد بالا، هزینه بیش‌تری را نسبت به ساختمان‌های متعارف تحمیل می‌کند. لذا سرمایه‌گذاران با به‌کارگیری این خدمات و سیستم‌ها، انتظار کاهش هزینه را در طی چرخه عمر ساختمان خواهند داشت. بدین رو هنگامی‌که زمان فروش فرا می‌رسد به التبع ارزش افزون و درنتیجه قیمت بیشتر برای این سازه‌ها انتظار می‌رود که می‌تواند از عوامل ریسک فوق باشد. از دیگر عوامل مربوط به هزینه بالا، عدم وجود و ارائه یک راهکار مناسب جهت بهینه کردن و کاهش هزینه‌ها است. لذا توصیه می‌شود به موازات رشد این صنعت، مسئله مهندسی ارزش برای این سازه‌ها به موضوع سبز سازی ورود پیدا کند.

معیار نهایی از معیارهای چهارگانه (مطابق با جدول۱۲) در ریسک عملکردی، زمان با امتیازنهایی ۰/۱۱۲ (در مقایسه با معیار حوزه‌کاری در حدود ۲۷ درصد) است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، معیار زمان شبیه معیار هزینه دارای امتیاز زیادی نسبت به معیارهای اصلی مداخله کننده در ریسک عملکردی (حوزه‌کاری و زمان) نمی‌باشد، بنابراین توصیه می‌گردد روش کاهش ریسک برای دو عامل زمان و هزینه، به‌صورت یک فرآیند یکپارچه تعاملی بین زمان و هزینه صورت گیرد. در طول طراحی، تأثیر عناصر در هر سیستم باید در ارتباط با یکدیگر و مرتبط لحاظ گردد. شکست در یکپارچگی فناوری‌های سبز و تأثیر آن بر روی دیگر عناصر ساختمان منجر به درگیری‌های ساخت‌وساز و تأخیر در برنامه زمانی می‌شود. دوره پیش از ساخت یک پروژه سبز، معمولاً نیاز به زمان بیشتری نسبت به پروژه‌های متعارف دارد. درواقع نیاز به یک برنامه دقیق و جامع طراحی که شامل تمامی ویژگی‌های سبز باشد، است. این به معنای مشارکت و تعامل بیشتر گروه‌های متفاوت ذی‌نفعان است، که منجر به کاهش سرعت فرآیند قبل از ساخت‌وساز می‌شود. علاوه برآن در طول مرحله توسعه طراحی، تیم طراحی به زمان بیشتری برای بررسی عملکرد سیستم طراحی در دستیابی به اهداف ساخت‌وساز نیاز دارد، از طرفی افزایش زمان به علت دقت بیشتر مورد نیاز و حساسیت بیشتر در اجرای برای ساختمان‌های سبز، اجتناب‌ناپذیر است. همچنین بیشتر فناوری‌های سبز برای صنعت ساخت‌وساز نسبتاً جدید می‌باشند و عملکرد آن‌ها به‌خوبی شناخته نشده است. به‌کارگیری یک محصول نوآورانه شاید بتواند بازده عملکردی بالایی را فراهم سازد اما به همان اندازه ریسک شکست محصول را هم بالا می‌برد، زیرا پیشینه عملکردی اثبات شده‌ای ندارد. از طرفی تلاش برای یافتن محصولات مطمئن و ارزان‌تر دارای ویژگی‌های سبز نیاز به صرف زمان دارد. بنابراین اگرچه در که پروژه‌های ساخت‌وساز سبز، اغلب مشاوران و مهندسان دارای تخصص و تجربه در سبزسازی هستند، اما مدیر پروژه باید توانایی ارزیابی عوامل تحت

کنترل و شناسایی بهترین راه‌حل‌ها برای پروژه را داشته باشد. مدیر پروژه مسئول حصول اطمینان نهایی از فناوری‌های سبز مورد استفاده در پروژه می‌باشند. در برخی از موارد مشاوران ممکن است برای پذیرش یک سیستم خاص توسط توسعه‌دهنده تلاش کنند، درنتیجه توسعه‌دهنده نیاز به زمان برای تصمیم‌گیری در مورد سیستم پیشنهاد شده را دارد. لذا مدیر پروژه باید در امر ساده‌سازی در تصمیم‌گیری به توسعه‌دهنده کمک کند. نهایتاً توصیه می‌گردد، با استفاده از روش‌های نوین و ابتکاری جهت ارزیابی زمان لازم برای طراحی و اجرای سازه‌های سبز پارامترهای دقیق مداخله کننده شناسایی و زمان پروژه بهینه گردد. با بهینه‌سازی زمان پروژه ریسک عملکردی ناشی از زمان کاهش داده خواهد شد.

۴-۳-۵- تفسیر نتایج تفسیر نتایج تأثیر ریسک صنعت بر محدودیت‌های چهارگانه

با توجه به اینکه ساختمان‌سازی سبز در ایران نوظهور و نوپا است، از طرفی تولیدات لازم که باید جهت سبز سازی به کار گرفته شده نیز جدید است و باید طراحی شود، لذا ریسک صنعت علاوه‌براینکه در جایگاه خود مهم است تأثیر زیادی نیز روی ریسک‌های دیگر در فرآیند و ایجاد پروژه‌های سبز دارد. باملاحظه در جدول ۱۲ مشاهده می‌گردد که در میان محدودیت‌های چهارگانه مدیریت پروژه در ریسک صنعت، محدودیت زمان دارای اولویت اول و رتبه یک را به خود اختصاص می‌دهد. عملکرد کلی صنعت ساختمان‌سازی بستگی به عملکرد زنجیره تأمین دارد. زنجیره تأمین و تولید به معنای همکاری همه جانبه تمام مجموعه‌های دخیل در پروژه اعم از کارفرما، مشاور، طراح، پیمانکار اصلی و فرعی تحت نظر یک مدیریت واحد برای گردآوری خلاقانه‌ترین، کم هزینه‌ترین و سریع‌ترین روش طراحی، اجرا و تدارکات است. ازاین‌رو هدف پروژه‌های سبز در صنعت ساخت‌وساز از طریق شبکه‌ها و اعضای زنجیره تأمین حاصل می‌گردد. اولین قدم برای ایجاد یک ساختمان سبز درخواست انجام کار از طرف مشتری و پس از آن، این درخواست به سایر اعضای زنجیره شامل طراحان، پیمانکاران اصلی و فرعی، تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان منتقل می‌شود. لذا در جهت گسترش و توسعه طرح‌های سبز، ریسک‌ها و عدم اطمینان‌ها وارد زنجیره تأمین و تولید می‌شود. از همین رو علی‌رغم وجود یک تمایل قوی به ساخت‌وساز سبز، فقدان پاسخ به زنجیره تأمین باعث عدم گسترش صنعت سبز شده است. بنابراین رسیدگی به دلایل ناکارآمدی در زنجیره تأمین به جهت گسترش ساختمان‌سازی سبز ضروری است. ازجمله ریسک‌های مرتبط با این حوزه، فقدان تعهد به زنجیره تأمین سبز، عدم اشتراک‌گذاری اطلاعات در ساختمان‌های سبز، نبود تخصص، مدیریت ضعیف اطلاعات مرتبط سبز و روابط ضعیف شرکای زنجیره تأمین است. علت بالا بودن معیار زمان در این ریسک عدم وجود زنجیره تأمین و یا نبود رابطه منطقی بین حلقه‌های این زنجیره می‌باشد. پیوستگی و یکپارچگی و کامل بودن در زنجیره تأمین زمان‌های پرت پروژه را به حداقل رسانده و همچنین زمان مربوط به هر حلقه را بهینه می‌کند. از طرفی نبود تخصص در مواجه با تکنولوژی‌های نوآورانه و محصولات جدید از مسائلی است که بدون پاسخ مانده است. به همین منظور همان‌طور که نظم اولیه برای ساخت‌وساز سبز بسیار مهم است، الزامی نیز می‌باشد، که ذی‌نفعان در طول مدت پروژه متناسب با فرآیندها آموزش ببینند. زیرا دانش ساخت‌وساز سبز به‌طور همگن در میان شرکت‌کنندگان در این صنعت منتشر نشده است. عدم درک متقابل نیازهای ذی‌نفعان (طراحان، پیمانکاران و کارفرما) با صنعت تولیدکنندگان، منجر به تهیه تولیدات ناقص شده که به نوبه خود رفت و برگشت‌هایی را ایجاد می نماید و منجر به افزایش زمان می‌شود، لذا ضروری است که مفاهیم ساخت‌وساز سبز و نیازها به‌طور تعاملی به صنعت منتقل گردد. تعامل بین ذی‌نفعان برای رسیدن به منافع مشترک، منجر به کاهش تأخیرات زمان در برنامه زمان‌بندی اجرای پروژه و کاهش ریسک در صنعت می‌گردد. بنابراین توصیه می‌گردد با مدیریت یکپارچه پروژه با مداخله صنعت و ورود جدی و سازمان‌یافته این تیم‌ها در تیم ساختمان سبز، از طریق هماهنگی مناسب عناصر مختلف پروژه، ایجاد موزانِه بین اهداف رقابتی و تحقق نیازها، انتظارات ذی‌نفعان تضمین گردد. از دیگر راهکارهای کاهش ریسک صنعت در معیار زمان، ورود تولید ناب[۲۹] در زنجیره تأمین می‌باشد. با وجود دو عامل جریان کشش و حرکت به سوی کمال در تولید ناب، مشکل ریسک صنعت در زنجیره تأمین قابل مرتفع شدن است.

[29] Lean Production

دیگر عوامل و معیارها در ریسک صنعت با توجه به امتیازنهایی بسیار کمی که کسب کرده‌اند از اهمیت ویژه‌ای در این ریسک برخوردار نبوده و می‌توان گفت نگرانی‌های بسیار خاصی را فراهم نمی‌کند. البته لازم به ذکر است که با رشد ساختمان‌سازی سبز، اهمیت کیفیت، هزینه و حوزه‌کاری در ریسک صنعت باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

۵-۳-۵- تفسیر نتایج تأثیر ریسک ایمنی بر محدودیت‌های چهارگانه

همان‌طور که مشاهده می‌گردد کیفیت در ریسک ایمنی دارای بالاترین امتیازنهایی ۰/۲۱۲ بوده درحالی‌که کمترین امتیاز مربوط به هزینه در حدود صفر کسب شده است. امتیاز مربوط به حوزه‌کاری رتبه دوم را اخذ نموده است، درصورتی‌که معیار زمان دارای امتیاز خیلی کم (۰/۰۵۷) با رتبه سه می‌باشد. بنابراین ضرورت بررسی ریسک ایمنی در دو معیار کیفیت و حوزه‌کاری حائز اهمیت است.

مطابق جدول ۱۲، اگرچه کیفیت در حوزه ریسک ایمنی دارای بالاترین امتیاز و رتبه یک می‌باشد ولی در مقایسه با رتبه یک ریسک کسب شده برای سایر ریسک‌های مورد ارزیابی دارای کمترین امتیاز می‌باشد. از طرفی متوسط امتیاز کسب شده برای تمامی معیارها حدوداً ۰/۱ بوده که ریسک کمی می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد که ریسک ایمنی خود در مقایسه با ریسک‌های دیگر دارای اهمیت کمتری است. از آنجا که به‌صورت مشخص ایمنی رابطه مستقیم باکیفیت دارد. انتظار می‌رود که در ریسک ایمنی مربوط به معیار کیفیت دارای بالاترین امتیاز باشد. علت بالا بودن ریسک معیار کیفی در حوزه ایمنی عدم اطمینان ذی‌نفعان و خبرگان از اجرای سازه باکیفیت بالاتر که تأثیر در کاهش ایمنی و افزایش ریسک خواهد داشت. لذا توصیه می‌گردد که با ایجاد تعهدات اجرایی تا اتمام پروژه جهت کاهش عوامل تأثیرگذار بر سلامت و ایمنی مجریان در سایت پروژه (کارگران و مهندسین ناظر) ریسک مربوطه کاهش داده شود.

حوزه‌کاری معیار دوم متأثر از ریسک ایمنی با امتیازنهایی ۰/۱۴۵ (در حدود ۶۸ درصد در مقایسه با معیار کیفیت) است. ریسک ایمنی در حوزه‌کاری ناشی از عدم شناخت محیط کاری به جهت بدیع بودن اجرای فناوری‌های جدید و به‌کارگیری محصولات ناشناخته سبز است. زیرا که به‌طور نمونه پنل‌های خورشیدی و اجرای بام‌های سبز موجب افزایش مدت زمان کار در ارتفاع شده و احتمال سقوط را افزایش می‌دهد. از جهت دیگر استفاده از مصالح جدید و ناشناخته نیز منجر به خطر افتادن سلامتی کارکنان بخش اجرایی می‌گردد. علاوه برآن، رخداد مواردی از این قبیل و عدم به‌کارگیری راهکارهای تضمین‌کننده ایمنی سبب اجتناب از ورود کارگران به این عرصه از صنعت می‌گردد. بنابراین توصیه می‌گردد مدیر پروژه با به‌کارگیری کارشناسان مطلع با عوامل بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست[۳۰] (HSE) از ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های سبز احتمال رخ داد این ریسک را در حوزه‌کاری را کاهش دهد. لازم به ذکر است که کارشناس HSE در پروژه‌های سبز باید در جلسات تصمیم‌گیری انتخاب محصولات جدید سبز حضور پیدا کند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود (جدول۱۲) ریسک ایمنی در معیار زمان اندک بوده (امتیاز ۰/۰۵۷)، لذا در مقایسه با معیارهای حوزه‌کاری و کیفیت از اهمیت برخوردار نمی‌باشد. آنچه که ممکن است معیار زمان را متأثر کند رویدادهای تأثیرگذار بر سلامتی کارکنان است که درنهایت منتهی به تأخیرات زمانی می‌گردد. به‌هرحال لحاظ نمودن پارامترها و عامل‌های ایمنی در برنامه زمان‌بندی و تعهد به اجرای آن توصیه می‌گردد. جدول ۱۲ نشان می‌دهد که هزینه دارای امتیاز حدود صفر در ریسک ایمنی می‌باشد. اگرچه هیچ معیاری در ریسک‌ها نمی‌تواند دارای صفر مطلق باشد ولی این نتایج می‌تواند مربوط به کم و بی‌اهمیت بودن عامل هزینه در ریسک ایمنی از نظر خبرگان لحاظ گردد.

۶- نتیجه گیری

مدیریت ریسک همواره دارای ابهامات و پیچیدگی‌ها در تعاریف، عبارات و معانی است، برای ارزیابی ابهامات ریسک ساخت‌وساز سبز، در این پژوهش مدل‌های تحلیل مبتنی بر تجربه نخبه گری، مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین در این تحقیق در مرحله اول از روشAHP برای ارزیابی و اولویت بندی ریسک‌های توسعه و اجرای ساختمان‌های سبز در ایران و در مرحله‌ی دوم از روشFAHP برای ارزیابی اولویت

[30] Health, Safety and Environment

محدودیت‌های چهارگانه مدیریت پروژه در ساختمان‌های سبز و تأثیر مؤثرترین ریسک‌ها بر محدودیت‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش به شرح ذیل است:

۱. بر مبنای نتایج حاصل از تحلیل پرسشنامه مرحله اول، پنج ریسک مؤثر در توسعه و اجرای ساخت‌وساز سبز در ایران شناسایی شد. مؤثرترین ریسک‌ها به ترتیب ریسک اقتصادی، ریسک بازار، ریسک عملکردی، ریسک صنعت و ریسک ایمنی در توسعه و اجرای ساختمان های سبز در ایران شناسایی شد. بنابراین بالاترین ریسک برای ورود به صنعت سبز سازی در کشور ناشی از موضوعات اقتصادی است.

۲. نتایج بررسی میزان اهمیت محدودیت‌ها در مرحله دوم پژوهش نشان داد که اهمیت محدودیت کیفیت در اولویت اول و پس از آن به ترتیب هزینه، زمان و حوزه‌کاری در اولویت‌های بعدی قرار دارند. مهم‌ترین عاملی که در پروژه‌های ساختمان‌سازی سبز باید مورد توجه تمامی ذی‌نفعان قرار گیرد، کیفیت است.

۳. در این پژوهش میزان اهمیت محدودیت‌های چهارگانه در هر یک از مؤثرترین ریسک‌ها تعیین گردید. به طوری که هزینه در ریسک اقتصادی و بازار ، حوزه‌کاری در ریسک عملکردی، زمان در ریسک صنعت، و در نهایت کیفیت در ریسک ایمنی بالاترین اولویت را کسب کردند.

در پژوهش حاضر، از میان حوزه‌های دانش مدیریت پروژه تنها حوزه‌ی مدیریت ریسک در توسعه و اجرای ساختمان های سبز در کشور مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت. پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات بعدی سایر حوزه‌های دانش مدیریت پروژه در راستای گسترش صنعت سبز در کشور مورد ارزیابی و تحلیل دقیق قرار گیرد.

مراجع

[1] Bribián, I. Z., Capilla, A. V., & Usón, A. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, *46*(5), 1133-1140.

[2] Sinha, A., Gupta, R., & Kutnar, A. (2013). Sustainable Development and Green Buildings. *Drvna industrija*, *64*(1), 45-53.

[3] Bahaudin, A. Y., Elias, E. M., & Saifudin, A. M. (2014). A comparison of the green building's criteria. E3S Web of Conferences,

[4] Poveda, C. A., & Young, R. (2015). Potential benefits of developing and implementing environmental and sustainability rating systems: Making the case for the need of diversification. *International Journal of Sustainable Built Environment*, *4*(1), 1-11.

[5] Yang, R. J., & Zou, P. X. (2014). Stakeholder-associated risks and their interactions in complex green building projects: A social network model. *Building and Environment*, *73*, 208-222.

[6] Council, U. G. B. (2009). The Legal Risk in'Building Green': New Wine in Old Bottles?. *USGBC Panel Discussion White Paper*.

[7] Guide, P. (2004). A guide to the project management body of knowledge. Project Management Institute,

[8] Rose, K. H. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)—Fifth Edition. *Project management journal*, *44*(3).

[9] Gajewska, E., & Ropel, M. (2011). Risk Management Practices in a Construction Project–a case study. *Swedia, Chalmers University of Technology*.

[10] Zou, P. X., & Couani, P. (2012). Managing risks in green building supply chain. *Architectural Engineering and Design Management*, *8*(2), 143-158.

[11] Hwang, B. G., Zhao, X., See, Y. L., & Zhong, Y. (2015). Addressing risks in green retrofit projects: The case of Singapore. *Project Management Journal*, *46*(4), 76-89.

[12] Qin, X., Mo, Y., & Jing, L. (2016). Risk perceptions of the life-cycle of green buildings in China. *Journal of Cleaner Production*, *126*, 148-158.

[13] Zhao, X., Hwang, B.-G., & Gao, Y. (2016). A fuzzy synthetic evaluation approach for risk assessment: a case of Singapore's green projects. *Journal of Cleaner Production*, *115*, 203-213.

[14] Tao, X., & Xiang-Yuan, S. (2018). Identification of Risk in Green Building Projects based on the Perspective of Sustainability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *439*(3), 032053.
[15] Chan, A. P. C., Darko, A., Olanipekun, A. O., & Ameyaw, E. E. (2018). Critical barriers to green building technologies adoption in developing countries: The case of Ghana. *Journal of Cleaner Production*, *172*, 1067-1079.
[16] Ahmad, T., Aibinu, A. A., & Stephan, A. (2019). Managing green building development – A review of current state of research and future directions. *Building and Environment*, *155*, 83-104.
[17] Zhang, X., & Mohandes, S. R. (2020). Occupational Health and Safety in green building construction projects: A holistic Z-numbers-based risk management framework. *Journal of Cleaner Production*, *275*, 122788.
[18] Guan, L., Abbasi, A., & Ryan, M. J. (2020). Analyzing green building project risk interdependencies using Interpretive Structural Modeling. *Journal of Cleaner Production*, *256*, 120372.
[19] Abdul-Malak, M.-A. U., & Khalife, F. G. (2020). Managing the Risks of Third-Party Sustainability Certification Failures. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, *12*, 04520027.
[20] Zeng, J., An, M., & Smith, N. J. (2007). Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International journal of project management*, *25*(6), 589-600.
[21] Zhang, G., & Zou, P. X. (2007). Fuzzy analytical hierarchy process risk assessment approach for joint venture construction projects in China. *Journal of Construction Engineering and Management*, *133*(10), 771-779.
[22] Askari, M., Shokrizadeh, H. R., & Ghane, N. (2014). A Fuzzy AHP Model in Risk Ranking. *European Journal of Business and Management*, *6*(14), 194-202.
[23] Roghanian, E., & Mojibian, F. (2015). Using fuzzy FMEA and fuzzy logic in project risk management. *Iranian Journal of Management Studies*, *8*(3), 373-395.
[24] Yuliatti, M. M. E., & Hardi Purba, H. (2021). Construction Project Risk Analysis Based on Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP): A Literature Review. *Advance Researches in Civil Engineering*, *3*(3), 1-20.
[25] Cronbach, L.J., (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika,16(3), 334-297.
[26] Godsipour, H., (2000). Analytical hierarchy process (AHP). Amirkabir University of Technology Publishing Center.
[27] Van Laarhoven, P., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, *11*(1-3), 229-241.
[28] Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, *95*(3), 649-655.
[29] Zadeh, L. A. (1965). Information and control. *Fuzzy sets*, *8*(3), 338-353.
[30] Srichetta, P., & Thurachon, W. (2012). Applying fuzzy analytic hierarchy process to evaluate and select product of notebook computers. *International Journal of Modeling and Optimization*, *2*(2), 168.
[31] Gogus, O., & Boucher, T. O. (1998). Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, *94*(1), 133-144.