



Civil and Project Journal
<http://www.cpjournals.com/>

Research Article

Risk Assessment and Analysis in Civil Construction Projects Using ANP

Seyed Ali Asghar Mousavi^{1*}, Alireza Valipour²

1*-Department of Civil engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

2-Department of Civil engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Received: 04 April 2024; Revised: 09 May 2024; Accepted: 12 May 2024; Published: 22 September 2024

Abstract

One of the goals of knowledge of construction management is to identify the unforeseen factors and situations in the way of implementing projects in order to provide effective plans for dealing with potential risks and project risks. Risk assessment is one of the most important factors in risk management and research indicates the need to use risk assessment to achieve success in construction projects. The aim of this study is to identify the types of risks in constructions projects based on the PMBOK, analysis, ranking and priority of risks using ANP method in order to improve the technical, qualitative and economic aspects of constructions projects. this research is in search of a suitable model that can use risk management and its methods in order to implement the economic and technical implementation of civil engineering projects. At first, 40 risks were identified in the context of 8 groups of risk factors through library studies and interviews, then by questionnaire and their analysis, were finally identified and ranked as the most important risks in constructions projects. Also, experts' and experienced managers' expertise in constructions activities was duly consulted to identify and prioritize the risks, and for the analysis of information, ANP and Super Decision software were used. Finally, it was found that the risk of delay in case of situations, adjustments and other costs to the contractor from the risk group of employers is the most important risk.

Keywords: Risk Management, Construction projects, ANP Method, Super Decision Software

Cite this article as Mousavi, S A A and Vali pour, A . (2024). Risk Assessment and Analysis in Civil Construction Projects Using ANP. (e196007). Civil and Project journal, 6(7), e196007 doi:<https://doi.org/10.22034/cpj.2024.455757.1284> ISSN: 2676-511X / Copyright: © 2025 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



نشریه عمران و پروژه
<http://www.cpjournals.com/>

ارزیابی و تحلیل ریسک پروژه‌های عمرانی به روش ANP

سیدعلی اصغر موسوی^{۱*}، علیرضا والی پور^۲

^{۱*} - گروه عمران، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

^۲ - گروه عمران، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت ۱۶ فروردین ۱۴۰۳؛ تاریخ بازنگری: ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۲۳ اردیبهشت ۱۴۰۳؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ مهر ۱۴۰۳

چکیده

یکی از اهداف دانش مدیریت ساخت، شناسایی عوامل و وضعیت‌های پیش‌بینی‌نشده در مسیر اجرای پروژه‌ها به منظور فراهم نمودن برنامه‌های اثربخش برای رویارویی با مخاطرات احتمالی و ریسک‌های پروژه می‌باشد. ارزیابی ریسک یکی از مهم‌ترین عوامل در مدیریت ریسک بوده و تحقیقات نشان دهنده ضرورت استفاده از ارزیابی ریسک برای رسیدن به موفقیت در پروژه‌های عمرانی می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق، شناسایی انواع ریسک‌های موجود در پروژه‌های عمرانی بر اساس استاندارد PMBOK، تحلیل، رتبه‌بندی و تعیین اولویت ریسک‌ها با استفاده از روش ANP به منظور ارتقای فنی، کیفی و اقتصادی پروژه‌های عمرانی می‌باشد. این تحقیق در جستجوی الگویی مناسب است که بتواند از مدیریت ریسک و روش‌های آن در جهت اجرای اقتصادی و فنی پروژه‌های عمرانی به صورت کاربردی استفاده کند. ابتدا از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه ۴۰ ریسک در قالب ۸ گروه عوامل ریسک‌زا شناسایی، سپس به وسیله پرسشنامه و تحلیل آن‌ها، در نهایت ۱۲ ریسک به عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها در پروژه‌های عمرانی شناسایی و رتبه‌بندی گردیدند. در این پژوهش به منظور شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها از دیدگاه‌های کارشناسان و مدیران مجرب و برای تحلیل اطلاعات از روش ANP و نرم‌افزار Super Decision استفاده شده است. در پایان مشخص گردید که ریسک تاخیر در صورت وضعیت‌ها، تعدیل‌ها و سایر هزینه‌ها به پیمانکار از گروه عوامل ریسک‌زا کارفرمایان مهم‌ترین ریسک می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدیریت ریسک، پروژه‌های عمرانی، روش ANP، نرم‌افزار Super Decision

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: saam1055@gmail.com

۱- مقدمه و بیان مساله

یکی از مهمترین مسائلی که همواره انسان با آن مواجه بوده است عدم اطلاع از تغییرات و رخدادهایی می باشند که در آینده واقع می شوند. وجود این مسئله باعث بروز پاره ای از مشکلات در کلیه امور، ایجاد شرایط عدم اطمینان در تصمیم گیری و برنامه ریزی قطعی در کارها شده است. خطری که بعثت عدم اطمینان در مورد وقوع حوادث در آینده پیش می آید، مفهومی را بوجود آورده است که آن را ریسک می نامند. مدیریت ریسک در دو دهه گذشته به طور کلاسیک در دنیا مطرح شده و در راستای توسعه دانش مدیریت پروژه در حال پیشرفت بوده و نگرشهای جدید و مدرنی برای آن مطرح شده است. ارزیابی ریسک یکی از مهم ترین عوامل در مدیریت ریسک بوده و تحقیقات نشان دهنده ضرورت استفاده از ارزیابی ریسک برای رسیدن به موفقیت در پروژه های عمرانی می باشد (والی پور، ۲۰۱۳)

مدیریت ریسک (RM) فرآیند شناسایی، تجزیه و تحلیل و پاسخ به ریسکها به منظور حداکثر کردن نتایج مثبت و حداقل کردن احتمال وقوع یا اثر پیامدهای منفی بر اهداف پروژه است. شرایط اقتصادی محیط، بخشنامه های دولتی مرتبط با اجرای طرحها، وضعیت منابع انسانی و تجهیزات، قیمت های مواد و مصالح و هزینه های دستمزدها، حتی شرایط اقلیمی محیط نظیر میزان بارندگی و درجه حرارت، مثال هایی معدود از مجموعه عواملی هستند که می توانند دچار نوسان شده و با آنچه که در مراحل برنامه ریزی تخمین زده شده اند تفاوت فاحشی را نشان دهند. چنین تفاوت هایی که در مرحله اجرا نسبت به مقادیر پیش بینی شده در برنامه ممکن است اتفاق بیفتند، باعث ایجاد نوسان و تغییر در شاخص هایی نظیر تاریخ تکمیل، کیفیت ها و بودجه صرف شده که همان اهداف پروژه می باشند خواهند شد (حاج شیرمحمدی، ۱۳۹۵). بنابراین یکی از وظایف مدیر پروژه شناسایی همین عوامل و وضعیت های پیش بینی نشده در مسیر اجرای پروژه ها به منظور فراهم نمودن برنامه های اثربخش برای رویارویی با مخاطرات احتمالی و ریسک های پروژه می باشد.

هدف از انجام این تحقیق، شناسایی انواع ریسک های موجود در پروژه های عمرانی بر اساس استاندارد PMBOK، تحلیل، رتبه بندی و تعیین اولویت ریسک ها با استفاده از روش ANP به منظور ارتقای فنی، کیفی و اقتصادی پروژه های عمرانی می باشد. این تحقیق در جستجوی الگویی مناسب است که بتواند از مدیریت ریسک و روش های آن در جهت اجرای اقتصادی و فنی پروژه های عمرانی به صورت کاربردی استفاده کند.

مدیریت ریسک که از آن به عنوان یکی از بعدهای مهم مدیریت یاد می کنند، شامل بررسی دقیق و تجزیه و تحلیل از ریسک هایی است که پروژه ها را تهدید یا تقویت می کنند و در صورت عدم شناخت درست و نیاندیشیدن تمهیدات کافی برای مواجهه با آنها ممکن است خسارات جبران ناپذیری بر پیکره سازمان وارد آید و یا موجب از دست دادن فرصت های پیش رو شود (یزدانی، ۱۳۸۶).

مدیریت ریسک در استاندارد راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه

ریسک در استاندارد PMBOK چنین تعریف شده است: اتفاق و حادثه غیر مطمئن که در صورت رخداد می تواند بر روی اهداف پروژه تاثیر مثبت و یا منفی بگذارد. در این بخش مبحث مدیریت ریسک از منظر راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه مورد توجه قرار می گیرد. مراحل ذکر شده در فرآیند مدیریت ریسک پروژه در این استاندارد به طور کامل توضیح داده شده است. مدیریت ریسک پروژه شامل فرایندهایی می شود که با هدایت برنامه ریزی مدیریت ریسک، تحلیل، پاسخگوئی و نظارت و کنترل آن در پروژه سروکار دارند که اغلب این فرایندها در طول پروژه، به روز می شوند. اهداف مدیریت ریسک پروژه، افزایش احتمال و اثر وقایع مثبت و کاهش احتمال و اثر وقایع ناخوشایند بر پروژه است.

فرآیندهای مدیریت ریسک

فرآیندهای مدیریت ریسک پروژه براساس متدولوژی راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه عبارتند از: (پی‌ام‌باک، ۲۰۰۴)

برنامه ریزی مدیریت ریسک

برنامه‌ریزی دقیق و درست، احتمال موفقیت پنج فرایند دیگر مدیریت ریسک را افزایش می‌دهد. برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، فرایند تصمیم‌گیری در خصوص نحوه انجام فعالیت‌های مدیریت ریسک و پرداختن به اینگونه امور را در بر می‌گیرد. فرآیندهای برنامه‌ریزی مدیریت ریسک برای حصول اطمینان از این بابت است که سطح، نوع و قابل رویت بودن مدیریت ریسک هم با ریسک و هم با اهمیت پروژه از دید سازمان متناسب می‌باشد (پی‌ام‌باک، ۲۰۰۴).

شناسایی ریسک

در شناسایی ریسک این نکته که کدامیک از ریسک‌ها ممکن است بر پروژه تاثیر بگذارند تعیین و ویژگی‌های آنان ثبت می‌شود. اعضای شرکت کننده در فعالیت‌های شناسایی ریسک ممکن است بسته به شرایط شامل اشخاص زیر باشد:

مدیر پروژه، اعضای تیم پروژه، تیم مدیریت ریسک (اگر منصوب شده باشند)، کارشناسان مرتبط خارج از تیم پروژه، مشتریان، کاربران نهایی، سایر مدیران پروژه، ذی نفعان و کارشناسان مدیریت ریسک (پی‌ام‌باک، ۲۰۰۴).

تحلیل کیفی ریسک

تحلیل کیفی ریسک حاوی روش‌هایی برای اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده برای اقدامات بعدی، مانند تحلیل کمی ریسک یا برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک است. سازمان‌ها می‌توانند عملکرد پروژه را با تمرکز بر ریسک‌های با اولویت بالا به شکلی موثر بهبود بخشند. در فرایند تحلیل کیفی ریسک اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از میزان احتمال به وقوع پیوستن آن‌ها، تاثیر ناشی از وقوع ریسک بر اهداف پروژه، به همراه عوامل دیگری چون چارچوب زمانی و تحمل ریسک ناشی از محدودیت‌های مربوط به هزینه، زمان‌بندی، محدوده و کیفیت، مورد سنجش قرار می‌گیرند، تعاریف مربوط به سطوح احتمال و تاثیر و مصاحبه با کارشناسان می‌توانند به اصلاح پیش دآوری (که اغلب در اطلاعات مورد استفاده در این فرایند نمود می‌یابند) کمک کنند. بحرانی بودن زمان واکنش به یک ریسک ممکن است اهمیت را بیشتر کند. ارزیابی از کیفیت اطلاعات در دسترس در زمینه ریسک‌های پروژه هم‌چنین ممکن است به فهم اهمیت ریسک در پروژه کمک نماید (پی‌ام‌باک، ۲۰۰۴).

تحلیل کمی ریسک

تحلیل کمی ریسک در مورد ریسک‌هایی صورت می‌گیرد که در جریان فرایند تحلیل کیفی ریسک به عنوان ریسک‌هایی که به شکل بالقوه بر تقاضاهای رقابتی پروژه تاثیر می‌گذارند در اولویت قرار گرفته‌اند، در فرایند تحلیل کمی ریسک تاثیر این گونه رخدادهای مربوط به ریسک مورد تحلیل قرار گرفته و برای آن‌ها درجه‌بندی عددی در نظر گرفته می‌شود. این تحلیل هم‌چنین بیانگر نوعی رویکرد کمی در زمینه اتخاذ تصمیمات لازم در شرایط عدم قطعیت می‌باشد (پی‌ام‌باک، ۲۰۰۴).

برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک

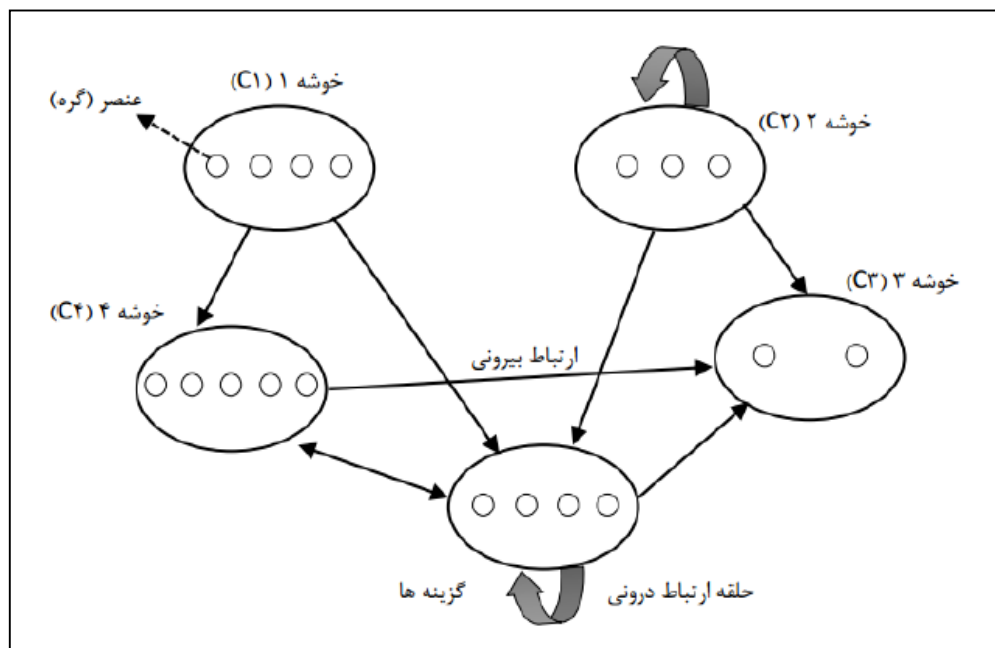
برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک فرایندی است که طی آن گزینه‌ها ارائه و فعالیت‌های لازم برای افزایش فرصت‌ها و کاهش تهدیدهایی که اهداف پروژه را هدف قرار دادند تعیین می‌شود. فرایند یاد شده پس از فرایندهای تحلیل کیفی ریسک و تحلیل کمی ریسک صورت می‌گیرد. این فرایند شامل شناسایی و انتصاب یک یا چند فرد (مالک پاسخ به ریسک) به مسئولیت پذیری هریک و سرمایه گذاری پاسخ به ریسک می‌شود. برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک، ریسک‌ها را با توجه به اولویتشان مورد توجه قرار داده و منابع و فعالیت‌ها را به بودجه، زمان‌بندی و برنامه مدیریت پروژه در صورت نیاز تزریق می‌کند (پی‌ام‌باک، ۲۰۰۴).

کنترل و نظارت بر ریسک

پاسخ‌های ریسک برنامه‌ریزی شده که در برنامه مدیریت پروژه گنجانده می‌شوند در چرخه حیات پروژه به اجرا در می‌آیند اما کار پروژه باید به صورت مستمر برای ریسک‌های جدید و تغییرات ریسک مورد کنترل و نظارت قرار گیرد. کنترل و نظارت بر ریسک فرایندی است که شناسایی، تحلیل و برنامه‌ریزی ریسک‌های جدید، پیگیری ریسک‌های شناسایی شده و ریسک‌های کم اهمیت موجود در لیست جداگانه، تحلیل مجدد ریسک‌های موجود، نظارت بر شرایط ایجاد برنامه‌های احتیاطی، نظارت بر ریسک‌های باقیمانده و بازنگری ریسک‌های اجرایی پاسخ‌های ریسک به لحاظ ارزیابی اثر بخشی آن‌ها را در بر می‌گیرد. کنترل و نظارت بر ریسک، همانند دیگر فرایندهای مدیریت ریسک، فرایندی جاری در زندگی پروژه است (پی‌ام‌پاک، ۲۰۰۴).

روش تحلیل شبکه‌ای (ANP): فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط آقای ساعتی به منظور ارائه راه‌حلی برای آن دسته از مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره که روابط و همبستگی متقابل در میان سطوح تصمیم‌گیری وجود دارد ارائه شده است. اما نمی‌توان بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره را به دلیل وابستگی‌های درونی و بیرونی و روابط و تعاملات میان عناصر خوشه‌ها در سطوح تصمیم‌گیری، به صورت ساختار سلسله مراتبی در نظر گرفت. بنابراین تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) با چارچوب جامع و فراگیر، تمامی تعاملات و روابط میان سطوح تصمیم‌گیری را که تشکیل یک ساختار شبکه‌ای می‌دهد، می‌تواند در نظر گیرد (ساعتی، ۲۰۰۴). روش ANP برای حل مسائلی که بین گزینه‌ها با معیارها وابستگی وجود دارد پیشنهاد شده است.

شکل ۱ ساختار یک شبکه ANP را نشان می‌دهد. خوشه‌ها معرف سطوح تصمیم‌گیرند و خطوط مستقیم با کمان‌ها تعاملات میان سطوح تصمیم‌گیری را نشان می‌دهند. جهت کمان‌ها وابستگی را مشخص می‌کند و حلقه‌ها نیز وابستگی درونی عناصر هر خوشه را نشان می‌دهند (دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹).



شکل ۱- ساختار شبکه‌ای ANP (دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹)

۲- پیشینه تحقیق

در حقیقت مدیریت ریسک با مدیریت پروژه ریشه‌های مشترکی دارند و هر دو در اواخر سال ۱۹۵۰ متولد شدند. در این سال روش PERT (تکنیک ارزیابی و بازبینی برنامه) که برای پروژه موشک فضایی پولاریس توسعه داده شد، به عنوان اولین تکنیک برنامه‌ریزی رسمی، برای برنامه‌ریزی فعالیت‌ها، با فرض عدم قطعیت زمانی در پروژه مورد استفاده قرار گرفت. این تکنیک شامل مدل برنامه‌ریزی پروژه است که شبکه‌ای از فعالیت‌ها را همراه با توزیع احتمالی تخمینی برای مدت زمان فعالیت‌ها، دربرمی‌گیرد (نظری و فرصت‌کار، ۱۳۸۷).

از اواخر دهه ۸۰ میلادی با جدی شدن موضوعات و مباحث مدیریت پروژه و تدوین چارچوب‌های آن در مراجع مختلف جهانی، مدیریت ریسک نیز به عنوان یکی از محورهای مهم مدیریت پروژه در مراجع معتبر ظاهر گشت. از این پس به مرور از تعداد استانداردهایی که به صورت جداگانه به مدیریت ریسک در پروژه‌ها می‌پردازند کاسته شد و در مقابل به استانداردهای یکپارچه مدیریت پروژه افزوده گردید (نظری و فرصت‌کار، ۱۳۸۷).

همان‌طور که می‌دانیم مدیریت ریسک یکی از محدوده‌های مهم مدیریت پروژه است که متأسفانه در کشور ما به این موضوع اهمیت کمی داده شده و در کمتر سازمانی دید صحیح و کاملی نسبت به عملیات مدیریت ریسک وجود دارد. با ایجاد فرهنگ نگاه علمی و کاربردی به مدیریت ریسک، معرفی علمی و جامع فرآیند مدیریت ریسک و تکنیک‌های آن می‌توان زمینه‌ساز ایجاد نظام قانون‌مند و سازمان‌یافته مدیریت ریسک در کشور و نیز استقرار آن در شرکت‌ها گردید (شیخ، ۱۳۸۴).

یانگ و همکاران، طی پژوهشی در مورد ارزیابی ریسک امنیت اطلاعات از ترکیب روش‌های ANP، DEMATEL و VEKOR استفاده کردند. آنها ابتدا با روش DEMATEL، ارتباط‌های مولفه‌ها و معیارها را مشخص کرده، سپس با استفاده از روش ANP اصلاح شده، سوپر ماتریس وزن‌ها را با روش VIKOR بدست آوردند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

اکبرزاده بنگر و محمودی طی پژوهشی به اولویت‌بندی خطرات بروز حوادث پروژه ساخت فاضلاب شهری تهران با استفاده از روش TOPSIS پرداختند که خطر آسیب به تجهیزات زیرزمینی در اولویت نخست قرار گرفت (اکبرزاده بنگر و محمودی، ۲۰۱۷).

وو و همکاران طی پژوهشی برای یافتن بهترین سایت (مکان) برای پروژه‌های سیستم بزرگ پانل‌های خورشیدی در چین با استفاده از روش FUZZY ANP و FUZZY VIKOR، با ۵ گزینه، ۵ معیار و ۱۶ زیرمعیار، گزینه برتر را انتخاب کردند (وو و همکاران، ۲۰۱۸).

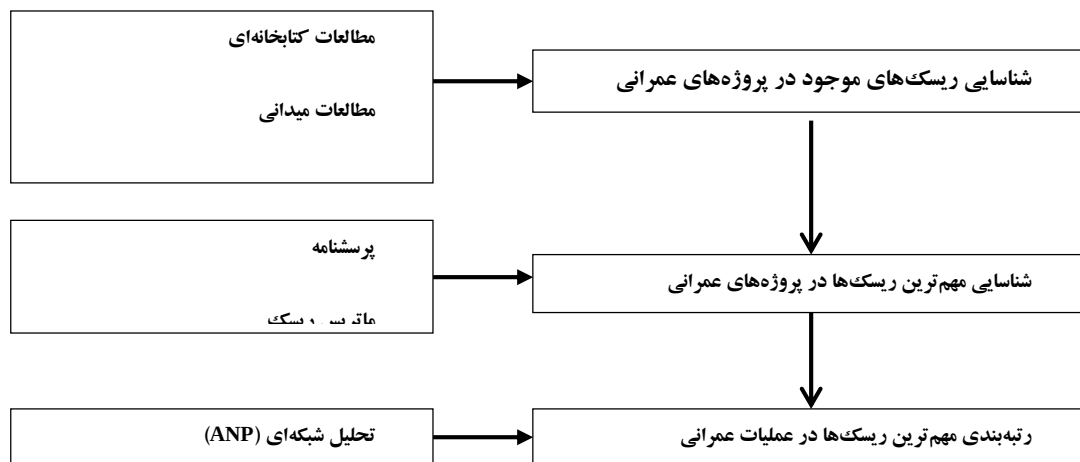
اسکندر در ارزیابی عوامل تاثیرگذار ریسک برای پروژه‌های ساختمانی عربی با استفاده از AHP نشان داد ذینفعان پروژه معتقدند که ریسک مالی به عنوان حداکثر احتمال وقوع پروژه‌های ساخت و ساز است. ریسک طراحی بالاترین میزان احتمال پس از ریسک مالی بود. ریسک سیاسی و ساختاری در رتبه سوم بود (اسکندر، ۲۰۱۸).

استفن در بررسی اهمیت تامین مالی پروژه‌های تجدیدپذیر نشان داد که ریسک‌های سرمایه‌گذاری و مالیات بر پروژه‌ها بر میزان حمایت مالی و غیرمالی پروژه‌ها تاثیر دارد (استفن، ۲۰۱۸).

تاسا و همکاران در پژوهشی با استفاده از روش تاپسیس فازی نشان دادند که در پروژه‌های پیچیده ساختمانی، از میان معیارهای ایجادکننده پیچیدگی، سه معیار محتوا، سازمان‌دهی و محیط خارجی پروژه، بیشترین ایجادکننده ریسک شناسایی شدند (تاسا و همکاران، ۱۴۰۲).

۳- روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا به شناسایی ریسک‌های موجود در پروژه‌های عمرانی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، مطالعات میدانی و مصاحبه با نخبگان و دست‌اندرکاران پروژه‌های عمرانی پرداخته می‌شود. سپس در ادامه، معرفی مهم‌ترین ریسک‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) صورت می‌پذیرد. مراحل انجام بخش اول پژوهش به صورت شکل می‌باشد:



شکل ۲ - مراحل انجام پژوهش

جامعه آماری

جمعیت و نمونه آماری در این تحقیق محدود به دست‌اندرکاران، عاملان و ذینفعان پروژه‌های عملیات عمرانی می‌باشد. این افراد شامل پیمانکاران، مجریان، کارفرمایان، شهرسازان، متولیان پروژه‌ها و سازمان نظام مهندسی و شهرداری‌ها، می‌باشند. با استفاده از رابطه ۱ حجم نمونه آماری برابر با ۹۶ به دست آمد. و ۹۶ عدد پرسشنامه (الف) بین پاسخ دهندگان توزیع گردید. در مجموع ۷۰ عدد پرسشنامه از بین پرسشنامه‌های توزیع شده پاسخ داده شدند که نرخ بازگشت پرسشنامه‌ها برابر با ۷۳ درصد می‌باشد که این نرخ بازگشت قابل قبول برای استناد و نتایج تحقیق می‌باشد.

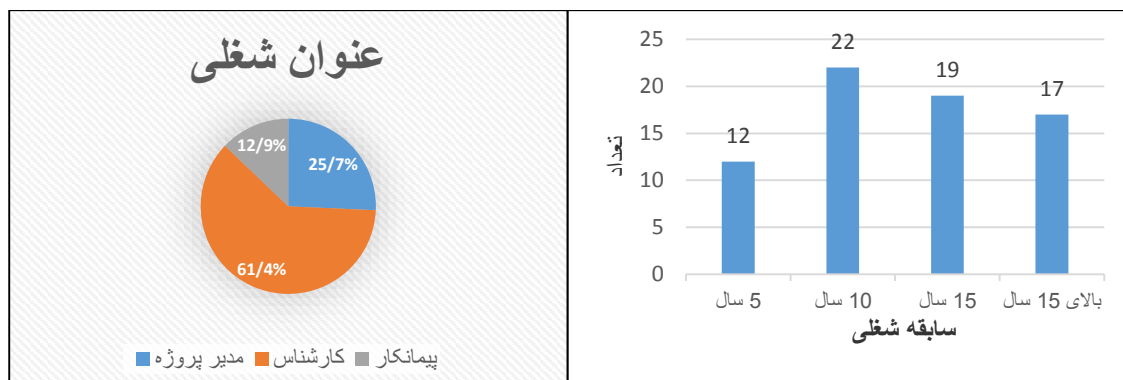
$$SS = \frac{z^2 * p * (1-p)}{c^2} = \frac{1.96^2 * 0.5 * (1-0.5)}{0.1^2} = 96 \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\pi = \frac{70}{96} = 0.73$$

نرخ پاسخ

مشخصات پاسخ دهندگان

شکل و وضعیت پاسخ دهندگان را از نظر سابقه شغلی نشان می‌دهد. همان‌طور که نشان داده شده است، ۱۲ نفر (۱۷,۱ درصد) با سابقه شغلی ۵ سال، ۲۲ نفر (۳۱,۴ درصد) با سابقه شغلی ۱۰ سال، ۱۹ نفر (۲۷,۱ درصد) با سابقه شغلی ۱۵ سال و ۱۷ نفر (۲۴,۳ درصد) دارای سابقه شغلی بالای ۱۵ سال هستند و شکل وضعیت پاسخ دهندگان را از نظر عنوان شغلی نشان می‌دهد که بر اساس آن ۱۸ نفر (۲۵,۷ درصد) مدیر پروژه، ۴۳ نفر (۶۱,۴ درصد) کارشناس و ۹ نفر (۱۲,۹ درصد) پیمانکار بودند.



شکل ۳ - توزیع فراوانی پاسخگویان بر اساس سابقه شغلی

شکل ۴ - توزیع فراوانی پاسخگویان بر اساس عنوان شغلی

۴- یافته ها و نتایج

روش جمع‌آوری داده‌ها

روش جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش در چند مرحله انجام شده است. در مرحله اول با بررسی ادبیات موضوع و انجام مطالعات کتابخانه‌ای و با استفاده از نظرات کارشناسان، ریسک‌های موجود در پروژه‌های عمرانی، شناسایی و پرسشنامه شماره یک حاوی ۴۰ ریسک با ۸ گروه عوامل ریسک‌زا طراحی و جهت پاسخ‌دهی به شاخص‌های اولیه ریسک بین پاسخ‌دهندگان توزیع گردید. این شاخص‌ها بر مبنای معیارهای احتمال وقوع ریسک و میزان اثرگذاری ریسک بر اهداف پروژه (زمان و هزینه) تعریف شده است. از پاسخ‌دهندگان خواسته شد که بر مبنای طیف لیکرت ۵ نقطه‌ای به سوالات پاسخ دهند. پس از جمع‌آوری و تحلیل پرسشنامه شماره یک، ۱۲ ریسک دارای بالاترین میزان ریسک انتخاب شدند. سپس پرسشنامه شماره دو حاوی ۱۲ ریسک انتخاب شده، طراحی و بین ده نفر از خبرگان به منظور مقایسه زوجی میان ریسک‌ها بر مبنای طیف نه نقطه‌ای ساعتی توزیع گردید. پس از جمع‌آوری پرسشنامه شماره دو، رتبه‌بندی ریسک‌ها به کمک نرم‌افزار super decision انجام پذیرفت. روش تحلیل و آنالیز پرسشنامه‌ها در ادامه فصل توضیح داده می‌شوند.

طیف‌های اندازه‌گیری عوامل و متغیرها

در پژوهش حاضر از دو نوع طیف، جهت اندازه‌گیری عوامل و متغیرها استفاده شده است. اولی طیف پنج نقطه‌ای^۱ است که شامل پنج قسمت مساوی می‌باشد که عبارتند از :

بسیار مهم	مهم	نسبتاً مهم	اندکی مهم	غیرمهم
۵	۴	۳	۲	۱

شکل ۱ - طیف پنج نقطه‌ای استفاده شده در پژوهش

همچنین برای مقایسه زوجی میان ریسک‌ها نیز از طیف نه نقطه‌ای ساعتی^۲ استفاده شده است. اگر فرض کنیم دو ریسک (الف) و (ب) را می‌خواهیم مقایسه کنیم؛ مقایسات زوجی بر اساس طیف نه نقطه‌ای ساعتی، مطابق جدول ۱ خواهد شد.

^۱ 5-point spectrum
^۲ Saatie's 9-point spectrum

جدول ۱- مقیاس نه نقطه‌ای ساعتی

شرح	تعریف	درجه اهمیت
اهمیت ریسک (الف) برابر با اهمیت ریسک (ب) باشد	اهمیت یکسان	۱
ریسک (الف) در مقایسه با ریسک (ب) نسبتاً بااهمیت‌تر می‌باشد	نسبتاً بااهمیت‌تر	۳
ریسک (الف) در مقایسه با ریسک (ب) زیاد بااهمیت‌تر می‌باشد	زیاد بااهمیت‌تر	۵
ریسک (الف) در مقایسه با ریسک (ب) بسیار زیاد بااهمیت‌تر می‌باشد	بسیار زیاد بااهمیت‌تر	۷
ریسک (الف) در مقایسه با ریسک (ب) فوق العاده بااهمیت‌تر می‌باشد	فوق العاده بااهمیت‌تر	۹
	ارزش‌های بینابین در قضاوت‌ها	۲،۴،۶،۸
زمانی که عنصر A با عنصر J مقایسه می‌شود یکی از اعداد بالا به آن اختصاص می‌یابد. در مقایسه عنصر J با عنصر A؛ بدیهی است که مقدار معکوس آن عدد اختصاص یابد.		

تعیین روایی و پایایی ابزار پژوهش

در این پژوهش دو نوع پرسشنامه استفاده شده است. پرسشنامه نوع اول که آن را پرسشنامه شماره (۱) می‌نامیم، جهت نمره دهی به ریسک‌ها جهت محاسبه شدت اثر ریسک‌ها، استفاده می‌شود و پرسشنامه نوع دوم که آن را پرسشنامه شماره (۲) می‌نامیم، جهت مقایسه زوجی میان ریسک‌ها جهت محاسبه وزن ریسک‌ها، استفاده می‌شود. اطلاعات کلی پرسشنامه‌ها در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲- اطلاعات کلی پرسشنامه‌ها

نوع پرسشنامه	تعداد شده	توزیع شده	تعداد بازگشت داده شده	نرخ بازگشت	نوع مقیاس	ابزار سنجش
پرسشنامه شماره (۱)	۹۶		۷۰	۷۳٪	لیکرت	آلفای کرونباخ
پرسشنامه شماره (۲)	۱۰		۱۰	۱۰۰٪	ساعتی	نرخ ناسازگاری

روایی یا اعتبار

روایی پرسشنامه تحقیق از نوع روایی محتوایی می‌باشد که جهت تحقق اعتبار روایی آن، محتوای پرسشنامه‌ها مورد تایید استاد راهنما و همچنین تعدادی از متخصصین و کارشناسان شاغل در امر موضوع پژوهش قرار گرفت. همچنین محتوای پرسشنامه‌ها از تحقیقات پیشین استخراج گردیده و تمامی عناصر مورد اندازه‌گیری از ادبیات موضوعی تحقیق گرفته شده‌اند. بنابراین پرسشنامه‌های این پژوهش دارای اعتبار کافی بوده و روایی آن احراز گردیده است.

پایایی یا قابلیت اعتماد

جهت بررسی پایایی پرسشنامه از آزمون آلفای کرونباخ توسط نرم افزار SPSS استفاده گردید که مقدار ضریب آلفای کرونباخ ۰,۹۱۲ بدست آمد و با توجه به اینکه این ضریب بالاتر از ۰,۷ می باشد بنابراین پرسشنامه این پژوهش دارای پایایی قابل قبول می باشد.

Case Processing Summary				Reliability Statistics	
		N	%	Cronbach's Alpha	N of Items
Cases	Valid	70	100.0		
	Excluded ^a	0	.0		
	Total	70	100.0	.912	40

شناسایی ریسک های مهم در پروژه های عمرانی

اولین گام برای رسیدن به اهداف این تحقیق، شناسایی ریسک های مهم پروژه های عمرانی می باشد که بدین منظور با استفاده از مطالعات کتابخانه ای و نظرات کارشناسان و همچنین بررسی ادبیات موضوع، ۴۰ ریسک شناسایی و به ۸ گروه عوامل ریسک تقسیم بندی گردید. در جدول ۳ ریسک های شناسایی شده و گروه های عوامل ریسک از همچنین میزان ریسک حاصله مشاهده می شود.

سپس پرسشنامه شماره ۱ مطابق شکل جهت پاسخ دهی به شاخص های اولیه ریسک طراحی، و بین پاسخ دهندگان توزیع گردید. این شاخص ها بر مبنای معیارهای احتمال وقوع ریسک و میزان اثرگذاری ریسک بر اهداف پروژه (زمان و هزینه) تعریف شده است. از پاسخ دهندگان خواسته شد که بر مبنای طیف لیکرت ۵ نقطه ای به سوالات پاسخ دهند.

پس از جمع آوری پاسخ ها، میانگین آن ها محاسبه و میزان هر ریسک مشخص گردید (طبق جدول ۳) و جهت شناسایی ریسک های مهم از ماتریس تحلیل ریسک استفاده شد. در این روش امتیاز هر ریسک از حاصل ضرب احتمال وقوع ریسک در تاثیر ریسک بدست می آید و بر اساس فرمول زیر محاسبه می شود:

$$R=F*I$$

رابطه ۲

که R میزان ریسک، F احتمال وقوع ریسک و I شدت اثر ریسک می باشد.
با توجه به ماتریس ریسک و پاسخ های داده شده، ریسک هایی که امتیاز بالاتر از ۱۲ را بدست آورند به عنوان ریسک های مهم شناخته می شوند.

جدول ۳- میزان ریسک حاصله بر اساس میانگین پاسخها

میزان ریسک	عوامل مورد بررسی	گروه عوامل
18/61429	۱ تاخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها، تعدیل‌ها و سایر هزینه‌ها به پیمانکار	کارفرمایان
10/25714	۲ انتخاب روش اجرای پروژه (سه عاملی، طرح و ساخت، مدیریت اجرا)	
13/07143	۳ دخالت‌های کارفرما	
14/22857	۴ تعلل در تصمیم‌گیری توسط کارفرما	
12/14286	۵ روش مناقصه‌گذاری و انتخاب پیمانکار (کمترین قیمت)	
11/74286	۶ پیش‌بینی مدت زمان اجرای نامناسب برای اجرای پروژه	
12/61429	۷ بوروکراسی اداری موجود در سازمان کارفرمایی	
13/5	۸ تغییر در محدوده کارها (تغییر مقادیر و روش اجرا)	
9/114286	۱ استفاده از پیمانکاران جزء	پیمانکاران
13/34286	۲ عدم کفایت و تجربه پیمانکار	
12/05714	۳ ضعف مدیریت کارگاه	
10/12857	۴ روش‌های اجرای مورد استفاده	
12/38571	۵ برنامه‌ریزی نامناسب	
13/3	۶ توان مالی پیمانکار	
10/51429	۷ خطاهای حین اجرا	
8/885714	۱ عدم اشراف مشاور بر شرایط و مقررات پیمان	مشاوران
11/54286	۲ تعلل در تصویب نقشه‌های اجرایی	
8/028571	۳ کنترل / تضمین کیفیت	
7/628571	۴ انتظارات جهت تایید نتایج آزمایشات و تحقیقات	
10/35714	۵ اشکالات طراحی	
14/54286	۶ برآورد ناکافی هزینه اجرای پروژه	
8/814286	۱ تامین نیروی انسانی	نیروی انسانی
8/9	۲ بازدهی نیروی انسانی	
9/885714	۳ تخصص و مهارت نیروی انسانی	
7/614286	۱ کیفیت مصالح	مصالح
10/75714	۲ کمبود مصالح	
10/7	۳ تاخیر در تامین مصالح	
10/28571	۴ تغییر در نوع یا مشخصات مصالح حین ساخت	
8/428571	۱ عدم دسترسی به تجهیزات و ماشین‌آلات یا مشکلات تهیه قطعات بدکی	ماشین‌آلات
8/6	۲ خرابی ماشین‌آلات و تکنولوژی ماشین‌آلات	
7/942857	۳ وضعیت و بازدهی ماشین‌آلات موجود	
9/3	۱ مذاکرات و مشاجرات بزرگ	امور قراردادی
10/01429	۲ سازمان و روابط نامناسب بین گروه‌های درگیر در پروژه	
9/414286	۳ ایرادات و ابهامات در قرارداد	
7/828571	۱ وضعیت جوی	عوامل خارجی
19/15714	۲ تورم اقتصادی و افزایش قیمت‌ها	
8/628571	۳ تغییرات در قوانین و یا استانداردها	
8/042857	۴ مشکلات با همسایگان و اهالی منطقه	
10/07143	۵ مسایل سیاسی	
7/214286	۶ وضعیت اجتماعی و فرهنگی منطقه	

وزن‌دهی و رتبه‌بندی ریسک‌ها

پس از محاسبه امتیاز هر ریسک به‌وسیله میانگین‌گیری از تمام پرسش‌نامه‌ها، ریسک‌هایی که امتیاز بالای ۱۲ را بدست آوردند شناسایی و در جدول ۴ مشخص گردیدند.

جدول ۴-ریسک مهم شناسایی شده

ریسک‌ها	گروه عوامل
R1 تاخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها، تعدیل‌ها و سایر هزینه‌ها به پیمانکار	کارفرمایان
R2 دخالت‌های کارفرما	
R3 تعلل در تصمیم‌گیری توسط کارفرما	
R4 روش مناقصه‌گذاری و انتخاب پیمانکار (کمترین قیمت)	
R5 بوروکراسی اداری موجود در سازمان کارفرمایی	
R6 تغییر در محدوده کارها (تغییر مقادیر و روش اجرا)	
R7 عدم کفایت و تجربه پیمانکار	پیمانکاران
R8 ضعف مدیریت کارگاه	
R9 برنامه‌ریزی نامناسب	
R10 توان مالی پیمانکار	
R11 برآورد ناکافی هزینه اجرای پروژه	مشاوران
R12 تورم اقتصادی و افزایش قیمت‌ها	عوامل خارجی

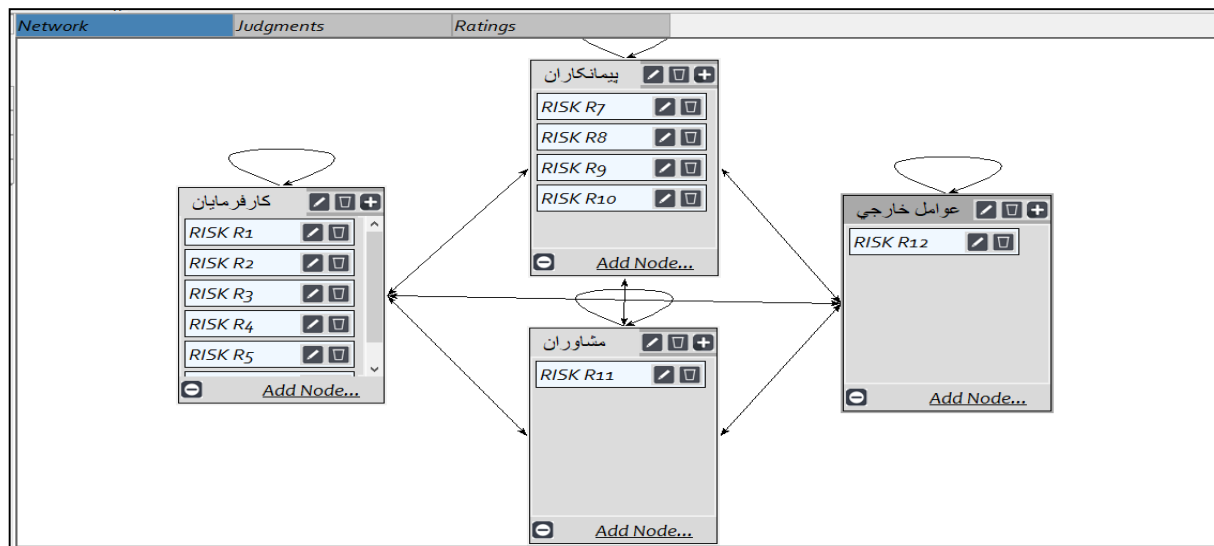
طبق گفته ساعتی در سال ۲۰۰۴ روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) یکی از جدیدترین روش‌های معیارهای تصمیم‌گیری می‌باشد که قابلیت حل مسایل و مشکلات متقابل و بازخوردی معیارها را دارد. بنابراین در این پژوهش با توجه به خصوصیات متقابل و بازخوردی ریسک‌ها از روش تحلیل شبکه‌ای برای بدست آوردن وزن و رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده گردید. اولین گام جهت وزن‌دهی و رتبه‌بندی این ریسک‌ها، طراحی پرسشنامه می‌باشد. با توجه به استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای در این بخش، پرسشنامه مقایسات زوجی با مقیاس ۹ تایی طراحی، و بین پاسخ‌دهندگان توزیع گردید و از آنان خواسته شد جهت مقایسه ریسک‌ها با یکدیگر از حیث میزان اهمیت، میزان کمتر یا بیشتر بودن اهمیت هر ریسک نسبت به هم را با انتخاب عدد مناسب از ۱ تا ۹ تعیین نمایند.

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها با توجه به وزن‌دار بودن پاسخ‌ها، میانگین هندسی آن‌ها جهت ورود به نرم‌افزار SUPER DECISION که نرم‌افزار محاسبات روش تحلیل شبکه‌ای است محاسبه گردید. ماتریس میانگین پاسخ‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
R1	1	۳,۸۱۶۸	۳,۴۵۸۷	۳,۴۴۱۸	۲,۷۶۶۳	۲,۷۹۵۶	۳,۱۲۰۳	۴,۷۱۸۲	۳,۶۶۵۱	۲,۳۱۹۱	۳,۱۶۶۲	۲,۰۹۳۹
R2		1	۱,۲۸۲۱	۲,۹۸۷۸	۱,۹۶۶۳	۱,۶۱۴۱	۲,۱۳۲۴	۲,۹۴۶۹	۱,۸۲۰۶	۲,۴۵۴۵	۱,۷۸۲۶	۱,۸۲۲۸
R3			1	۲,۲۷۲۶	۱,۵۲۹۴	۱,۷۰۷۰	۲,۰۱۰۷	۲,۴۳۰۷	۲,۱۲۶۴	۱,۹۶۰۸	۱,۵۶۸۳	۱,۶۹۸۶
R4				1	۱,۸۵۴۱	۱,۴۹۰۲	۱,۷۵۰۴	۲,۰۹۳۹	۲,۰۴۱۹	۱,۹۷۴۴	۱,۶۸۰۸	۱,۹۱۸۴
R5					1	۱,۴۶۳۳	۱,۷۶۱۷	۲,۰۴۱۹	۱,۷۳۸۴	۱,۸۲۲۸	۱,۶۳۳۲	۱,۷۷۷۶
R6						1	۲,۰۳۴۵	۲,۴۴۹۵	۲,۲۹۴۸	۱,۷۵۰۴	۱,۴۹۰۲	۱,۷۵۰۴
R7							1	۲,۸۲۵۲	۴,۲۰۱۶	۲,۵۴۱۶	۲,۱۱۶۱	۲,۱۸۸۵
R8								1	۱,۹۵۳۷	۱,۶۸۰۸	۱,۸۰۱۵	۲,۱۲۹۸
R9									1	۱,۵۶۸۳	۱,۵۳۳۷	۱,۹۷۴۴
R10										1	۲,۸۹۱۳	۲,۲۹۴۸
R11											1	۱,۶۳۳۲
R12												1

شکل ۲ - ماتریس میانگین پاسخها

جهت تحلیل توسط نرم افزار ابتدا ارتباط بین ریسکها مشخص و سپس شبکه تحلیل شبکه ای ترسیم، و داده های ماتریس مقایسات زوجی وارد نرم افزار گردید. شبکه تحلیل شبکه ای جهت وزن دهی و رتبه بندی ریسکها در شکل ۳ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود شبکه طراحی شده شامل چهار خوشه اصلی که همان چهار گروه عوامل ریسک شامل کارفرمایان، پیمانکاران، مشاوران و عوامل خارجی و ۱۲ ریسک انتخاب شده می باشد.



شکل ۳- شبکه تحلیل شبکه ای در نرم افزار super decision جهت وزن دهی ریسکها

پس از ترسیم مدل شبکه و ورود داده های ماتریس مقایسات زوجی به نرم افزار جهت وزن دهی و رتبه بندی ریسکها، به ترتیب سوپرماتریس اولیه، سوپرماتریس وزنی و ماتریس حدی توسط نرم افزار محاسبه می گردد.

نرخ ناسازگاری

نرخ ناسازگاری شاخصی است که میزان سازگاری پاسخ های خبرگان به ارزیابی ها و مقایسات زوجی را اندازه گیری می کند. به عبارت دیگر با کمک شاخص نرخ ناسازگاری می توان پی برد که بین مقایسه های دو به دو و زوجی در پرسشنامه های ما سازگاری وجود دارد یا خیر.

بنابر نظر آقای ساعتی بنیانگذار روش AHP، چنانچه نرخ ناسازگاری کمتر از ۰,۱ باشد، سازگاری ماتریس مقایسات مورد تایید بوده و قابل قبول می باشند. اما در صورتی که نرخ ناسازگاری بزرگتر از ۰,۱ باشد، نشان دهنده تناقض در ارزیابی ها و قضاوت های خبرگان می باشد.

در این پژوهش نرخ ناسازگاری برابر ۰,۰۵۹۴۲ و کوچکتر از ۰,۱ می باشد و نشان دهنده آن است که ماتریس مقایسات زوجی از نظر سازگاری مورد تایید بوده و قابل قبول می باشد.

محاسبه وزن نهایی و رتبه بندی ریسکها

در نهایت و با توجه به ماتریس حدی یا وزن عمومی، وزن نهایی ریسکها محاسبه می گردد.

در جدول ۵ وزن نهایی و رتبه هر ریسک آورده شده است. همانگونه که ملاحظه می شود در این پژوهش ریسک R1 که همان تاخیر در پرداخت صورت وضعیت ها، تعدیل ها و سایر هزینه ها به پیمانکار از گروه عوامل ریسک کارفرمایان است به عنوان مهم ترین ریسک شناسایی گردید.

جدول ۵- وزن نهایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها

رتبه	وزن	ریسک‌ها	گروه عوامل
۱	۰,۱۰۰۵۰۹	R1 تاخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها، تعدیل‌ها و سایر هزینه‌ها به پیمانکار	کارفرمایان
۲	۰,۰۸۷۹۸۶	R2 دخالت‌های کارفرما	
۳	۰,۰۸۵۹۶۱	R3 تعلل در تصمیم‌گیری توسط کارفرما	
۴	۰,۰۸۳۵۵۴	R4 روش مناقصه‌گذاری و انتخاب پیمانکار (کمترین قیمت)	
۷	۰,۰۸۲۷۱۶	R5 بوروکراسی اداری موجود در سازمان کارفرمایی	
۶	۰,۰۸۲۸۵۰	R6 تغییر در محدوده کارها (تغییر مقادیر و روش اجرا)	
۵	۰,۰۸۳۰۷۱	R7 عدم کفایت و تجربه پیمانکار	پیمانکاران
۹	۰,۰۷۹۱۷۷	R8 ضعف مدیریت کارگاه	
۱۰	۰,۰۷۸۶۶۴	R9 برنامه‌ریزی نامناسب	
۸	۰,۰۷۹۴۱۷	R10 توان مالی پیمانکار	
۱۱	۰,۰۷۸۲۵۶	R11 برآورد ناکافی هزینه اجرای پروژه	مشاوران
۱۲	۰,۰۷۷۸۳۷	R12 تورم اقتصادی و افزایش قیمت‌ها	عوامل خارجی

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مطالعه در ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی و پیشینه تحقیق ۴۰ ریسک شناسایی گردید و سپس با استفاده از پرسشنامه و ماتریس ریسک ۱۲ ریسک مهم و با میزان ریسک بالا انتخاب و در انتها با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) توسط نرم‌افزار SUPER DECISION، این ریسک‌ها رتبه‌بندی گردید که مشخص شد ریسک تاخیر در صورت وضعیت‌ها، تعدیل‌ها و سایر هزینه‌ها به پیمانکار مهم‌ترین ریسک می‌باشد.

با توجه به جدید بودن این روش بدیهی است که باید مطالعات و تحقیقات فراوانی در این زمینه صورت گیرد تا این روش کارایی و اثربخشی بهتری را کسب کند. با توجه به این نکته پیشنهادهای زیر در زمینه‌های علمی و اجرایی ارائه می‌گردد:

- با توجه به اینکه شرایط ریسک در هر ارگان، منطقه یا کشور متفاوت می‌باشد پیشنهاد می‌گردد شرایط وقوع ریسک و رتبه‌بندی آن و ترکیب آن با شاخص‌های مدیریت ارزش کسب شده در ارگان‌های مختلف و حتی کشورهای دیگر بررسی و نتایج حاصله با نتایج این پژوهش مقایسه گردد.
- به منظور مقایسه نتایج پژوهش، محققان دیگر تحقیقات خود را با مطالعات موردی بیشتری انجام دهند.

مراجع

- Akbarzadeh Bengar, H. & Mahmoudi, B. (2017). Prioritize the risks of the municipal sewage construction project. The 1 st International Conference on Recent Progresses in Civil Engineering, Shomal University, Amol, Mazandaran, Iran. (In Persian)
doi:10.1016/j.aej.2018.10.018
- Dorri, B; Hamzaei, A. (2010). Determining risk response strategy in risk management by ANP technique (case study: North Azadegan oil field development project). (pp. 75-92). Tehran: Industrial Management.
- Eskander, R. F. A. (2018). Risk assessment influencing factors for Arabian construction projects using analytic hierarchy process. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 4207-4218.
- Haj Shirmohammadi, A. (2015). Project management and control. Isfahan: *Arkan Danesh Publications*.
- Nazari,A; Forsatkar,A. (2008). Risk management in projects. Tehran: Publications of Management and Planning Organization.
- PMBOK. (2004). A Guide To The Project Management Body Of Knowledge(PMBOK Guide). usa: project management institute inc.
- Saati, T. (2004). Fundamentals of the analytic network process - Dependence and feedback in decision-making with a single network. *Journal of Systems Science and Systems Engineering* ,1-35.
- Sheikh, M. (2005). Investigating the application of risk management in power plant projects. Tehran: Faculty of Arts, Tarbiat Modares University.
- Steffen, B. (2018). The importance of project finance for renewable energy projects. *Energy Economics*, 69, 280-294.
- Tasa, O., Gulabchi , M. & Ravanshadnia, M. (2023). Evaluating the Response to Risks in Complex Construction Projects Using the Fuzzy TOPSIS Method. *Industrial management journal*, 15(2), 335-364
doi:10.22059/imj.2023.352751.1008010 (in Persian)
- Valipour, A. e.(2013). Analytic Network Process (ANP) to Risk Assessment of Gas Refinery EPC Projects in Iran . *journal of Applied Sciences Research*, (3)9 :1359-1365.
- Wu, Y., Zhang, B., Xu, C. & Li, L. (2018). Site selection decision framework using fuzzy ANP-VIKOR for large commercial rooftop PV system based on sustainability perspective. *Sustainable Cities and Society*, 40, 454-470.
- Yang, Y. P. O., Shieh, H. M. & Tzeng, G. H.(2013). A VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment. *Information Sciences*, 232, 482-500.
- Yazdani, M. (2007). Investigating the time risks of constructing intra-urban highways in Tehran. Tehran: *Shahid Beheshti University*.