Archive of SID

نشریه علمی - پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۶، شماره ۴، سال ۱۳۹۸، صفحه ۱۱۱ تا ۱۳۰

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)

www.jsce.ir

ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های BOT با استفاده از معادلات ساختاری و مدل یکپارچه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و TOPSIS فازی

سید مرتضی هاتفی [۱*]، حسن محسنی [۲]

۱ گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲ کارشناسی ارشد رشته مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، شوشتر، ایران

چکیده

بخش خصوصی اهمیت بسزایی در توسعه و عمران شهرها داشته و دولت‌ها مشوق این بخش در اجرای پروژه‌های عمرانی هستند. روش BOT از روش‌هایی است که مشارکت بخش خصوصی را در توسعه زیربنایی دولت افزایش می‌دهد. امروزه توجه به تامین مالی پروژه‌های شهری و رویکردهای جدید تامین مالی از جمله روش BOT در اکثر شهرهای بزرگ کشور و خصوصا شهر تهران یک ضرورت بشمار می‌رود. اما لازمه استفاده از روش BOT، پرداختن و شناخت همه ابعاد و مسائل پیش‌روی این روش اجرایی است. در بسیاری موارد عدم انجام پروژه‌ها در موعد مقرر، به علت عدم مدیریت صحیح پروژه بوده که آن هم از عدم شناخت کافی نسبت به ریسک‌های موجود در این پروژه‌ها ناشی می‌شود. بنابراین ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها در پروژه‌هایی که به روش BOT انجام می شوند، به ویژه زمانی که تعداد عوامل ریسک‌زا افزایش می‌یابد، به عنوان بخشی مهم از فرآیند پیچیده مدیریت ریسک محسوب می‌شود. در این تحقیق از روش معادلات ساختاری و مدل یکپارچه فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش تاپسیس فازی برای ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در پروژه‌های عمرانی شهرداری تهران که در قالب روش قراردادی BOT اجرا می شوند، پرداخته می شود. از معادلات ساختاری برای سنجش اعتبار ریسک های شناسایی شده استفاده می شود. از روش AHP فازی برای تعیین وزن معیارهای ارزیابی ریسک و از روش تاپسیس فازی برای ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه های BOT استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که ریسک نوسانات قیمت مواد اولیه، ریسک افزایش نرخ تورم، ریسک نوسانات نرخ ارز و ریسک عدم کاربرد تکنیک‌ها و دانش مدیریت پروژه به عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها در پروژه‌های BOT می باشند.

کلمات کلیدی: مدیریت ریسک، ارزیابی ریسک، قراردادهای بی‌اوتی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، تاپسیس فازی

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	10.22065/jsce.2018.112728.1419
۱۳۹۶/۱۰/۱۱	۱۳۹۷/۰۱/۲۳	۱۳۹۷/۳/۰۴	۱۳۹۷/۳/۰۴	۱۳۹۸/۱۰/۰۱	doi: https://10.22065/jsce.2018.112728.1419

*نویسنده مسئول: سید مرتضی هاتفی

پست الکترونیکی: smhatefi@eng.sku.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluating and prioritizing the risks of BOT projects using structural equations and integrated model of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS

Seyed Morteza Hatefi[1]*, Hassan Mohseni[2]

- [1]Assistant professor, Faculty of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
- [2]MSc of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Daneshpajoohan Institute of Higher Education, Isfahan, Iran.

ABSTRACT

The private sector has an important role on the development of cities, and governments are encouraging this sector to implement civilian projects. The BOT approach is one of the ways that increases private sector participation in government infrastructure development. Today, paying attention to the financing of urban projects and new financing approaches, including the BOT approach, is necessity in most of the major cities, especially in Tehran. But it is necessary to use the BOT method to address and understand all the dimensions and issues behind the implementation of this method. In many cases, failure to complete the projects in due time is due to the lack of proper management of the project, which results from a lack of understanding of the risks involved in these projects. Therefore, assessment and prioritization of risks in BOT projects, especially when the number of risk factors increases, is considered as an important part of the complex risk management process. In this paper, the method of structural equations and integrated model of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS are used to evaluate and prioritize the risks in Tehran Municipality's development projects that are implemented in the form of BOT contract method. Structural equations are used to measure the validity of identified risks. The fuzzy AHP method is used to determine the weight of the risk assessment criteria and the fuzzy TOPSIS method is utilized to evaluate and prioritize the risks of BOT projects. The results indicate that the risk of commodity price fluctuations, the risk of rising inflation, the risk of exchange rate fluctuations, and the risk of non-application of techniques and project management knowledge are the most important risks in BOT projects.

ARTICLE INFO

Receive Date: 01 January 2018
Revise Date: 12 April 2018
Accept Date: 25 May 2018

Keywords:
Risk Management,
Risk Assessment,
BOT contracts,
fuzzy AHP,
Fuzzy TOPSIS

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/jsce.2018.112728.1419

*Corresponding author: Seyed Morteza Hatefi.
Email address: smhatefi@eng.sku.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

مدیریت پروژه کارا زمانی محقق می‌شود که تمام نیازهای پروژه مشخص و به خوبی تحلیل شده باشند. پروژه به خوبی طراحی شده باشد و تیم اجرایی فعالیت خود را به صورت کامل و دقیق انجام دهند و صحت اجرا و انجام کار نیز مدام توسط تیم مدیریت پروژه بررسی شود در این بین شناخت مشکلات پروژه و مخاطرات آن در هدایت صحیح یک پروژه مهمترین نقش را بازی می‌کند. از این رو مدیریت ریسک پروژه‌ها برای تحقق صحیح مدیریت پروژه امری حیاتی می‌باشد [۱]. مدیریت ریسک یکی از محدوده‌های مهم مدیریت پروژه می‌باشد که متاسفانه در کشور ما به این موضوع اهمیت کمی داده شده است، اگرچه در کمتر سازمانی دید واضح و کاملی درباره عملیات مدیریت ریسک وجود دارد. رتبه‌بندی ریسک‌های یک پروژه به ویژه زمانی که تعداد عوامل ریسک‌زا افزایش می‌یابد به عنوان بخشی مهم از فرآیند پیچیده مدیریت ریسک محسوب می‌شود [۲]. پروژه‌های شهری قابلیت بالایی از درآمدزایی را داشته و به علت تقاضای بالا برای آنها، دسترسی مناسب، حجم کم منابع مورد نیاز و دوره ساخت کوتاه، سرمایه‌گذاران بخش خصوصی تمایل زیادی برای سرمایه در این پروژه ها دارند. بنابراین لازم است روش BOT به نحوی توسعه یابد که امکان پذیرش ویژگی‌ها و توانایی‌های استقرار در پروژه‌های شهری را داشته باشد [۳].

مدیریت ریسک در مجموع به شناسایی ریسک‌های پروژه، ارزیابی و اولویت بندی آنها و اتخاذ استراتژی مناسب در پاسخگویی به ریسک‌های شنایایی شده اطلاق می‌شود. یکی از گام‌های اساسی در فرایند مدیریت ریسک ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌ها می‌باشد. ضروری است که ریسک‌ها بررسی و ارزیابی شوند تا:

- مشخص شود کدام ریسک‌ها پر مخاطره‌تر هستند.
- در هر پروژه برای این منابع بالقوه ریسک برنامه‌ریزی شود.
- در طول فرایند پروژه این منابع مدیریت شوند.

پروژه‌ها همواره با ریسک‌های متعددی مواجه هستند که منجر به عدم موفقیت و گاهی شکست آنها چه از لحاظ مالی و چه از لحاظ زمانی می‌شود. با افزایش عدم قطعیت و پیچیدگی پروژه‌ها لزوم توجه به مدیریت ریسک رو به افزایش است. این الزام بیشتر می‌شود وقتی که پروژه‌ها هزینه‌های سنگین دارند، با تکنولوژی جدید پیش می‌روند، جریان نقدینگی یکنواخت نیست، و شامل پیچیدگی در توافقات قراردادی و مفاد قانونی هستند [۴].

هدف از این تحقیق، ارزیابی و اولویت بندی ریسک‌های موجود در قراردادهای BOT در پروژه های عمرانی شهرداری تهران با استفاده از معادلات ساختاری و مدل یکپارچه AHP فازی و Topsis فازی می‌باشد. در مدیریت ریسک از آنجا که امکان مدیریت و پاسخ به تمامی ریسک‌های شناسایی شده در اغلب اوقات وجود ندارد می‌بایست ریسک‌ها براساس اهمیت رتبه‌بندی شوند. برای این منظور ابتدا فهرست جامعی از فاکتورهای ریسک موجود در قراردادهای BOT با استفاده از ادبیات موضوع شناسایی می شوند. سپس با استفاده از طراحی پرسشنامه و روش معادلات ساختاری ریسک هایی که به لحاظ آماری در پروژه های عمرانی شهرداری تهران تاثیرگذار می باشند، تعیین می شوند. در انتها از مدل یکپارچه AHP فازی و Topsis فازی برای ارزیابی و اولویت بندی فاکتورهای ریسک تاثیرگذار بر پروژه های عمرانی استفاده می شود.

۲- پیشینه تحقیق

استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک در پروژه‌های مختلف از جمله پروژه‌های BOT در کشورهای مختلف رو به گسترش است. افزایش روز افزون جمعیت، گسترش کشورها و مشکلات مالی نیاز به استفاده از قراردادهای BOT را هر لحظه بیشتر می‌کند. از آنجا که سلطه بر طرح‌های زیر بنایی با منافع ملی و امنیت داخلی کشورها مرتبط است، دولت‌ها همواره مایل به حفظ کنترل و تسلط خود بر منابع مذکور و در عین حال توسعه و پیشرفت منابع از طریق سرمایه‌گذاری خارجی هستند. با توجه به مراتب فوق، یکی از بهترین روش‌های سرمایه‌گذاری خارجی که هم مطلوب دول میزبان و هم سرمایه‌گذار خارجی است، سرمایه‌گذاری به روش بی.او.تی است. قراردادهای بی.او.تی (B.O.T) یا

www.SID.ir

Archive of SID

ساخت، بهره‌برداری و انتقال (واگذاری) به قراردادهایی گفته می‌شود که در آنها امتیاز توسعه و بهره‌برداری از یک پروژه بخش دولتی برای مدتی مشخص، به یک شرکت تحت عنوان شرکت توسعه پروژه واگذار می‌شود. این شرکت تامین مالی برای پروژه را فراهم آورده و سپس اقدام به طراحی و اجرای تسهیلات مورد نظر می‌نماید. سپس برای مدت توافق شده در قرارداد، از کارخانه و تسهیلات مذکور بهره‌برداری نموده و پس از تحصیل درآمد معین شده در قرارداد، در زمان مشخص آن را به دولت واگذار می‌کند.

مدیریت ریسک تلاشی برای اداره کردن ساختارمند تغییرات در پروژه و مدیریت آن‌ها در محیط در حال دگرگونی است. هدف مدیریت ریسک این است که خود به عنوان عامل تغییر عمل نموده، موقعیت مبهم فعلی را اداره کرده و روشی کنترل شده و مدیریت‌پذیر را برای این مسأله در اختیار تیم مدیریت قرار دهد [۵]. شناسایی ریسک و ارزیابی آن، دو فاکتور قدرتمند در تصمیمات مدیریت ریسک است. قبل از اینکه قرارداد منعقد شود، کارفرمایان ریسک‌های پروژه را از طریق مفاد قراردادی در پروژه‌ها تخصیص می‌دهند و پیمانکاران بطور نوعی نمی‌توانند ماده‌ها و شرایط قرارداد را تحت تاثیر قرار دهند. مطالعات نشان می‌دهد که تنها بخش‌هایی از ریسک‌ها به وسیله قرارداد توزیع می‌شوند و سایر ریسک‌ها با توافق بین طرفین (پیمانکاران وکارفرمایان) به عهده گرفته می‌شوند. به همین دلیل، مشاجرات زیادی در نتیجه تخصیص ناصحیح ریسک بین عوامل درگیر پروژه بوجود می‌آید. بنابراین در حین اجرای پروژه‌های ساخت بوجود آمدن ناسازگاری‌ها و مشاجرات مرتبط با مسئولیت‌ها و ریسک‌ها، امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. لذا بایستی تا حد ممکن با به کارگیری ابزارهای مدیریتی، از جمله صرف زمان منطقی و کافی در تدوین و تنظیم اسناد قراردادی کامل، از بروز این مشاجرات جلوگیری نمود. به این منظور بایستی در مفاد قرارداد اصطلاحات، شرایط و ماده‌های تا حد ممکن واضح و روشن برای تخصیص مسئولیت، بین طرفین قرارداد به کار بست [۵].

فنگ و همکارانش[1] [۶] در مقاله‌ای با عنوان مدل‌سازی اثر تضمین دولت بر عوارض جاده‌ای بر کیفیت راه‌ها و ظرفیت قراردادهای BOT در ساخت راه‌ها، در تجزیه و تحلیل این تحقیق عدم قطعیت در زمینه ترافیک راه‌ها نیز در نظر گرفته شده است. نتایج این تحقیق نشان دهنده اثر مستقیم تضمین دولت در زمینه عوارض راه‌ها بر ظرفیت قراردادهای BOT می‌باشد. در نتایج این تحقیق برخی خط‌مشی‌ها برای بهبود به کار گیری قراردادهای BOT در ساخت راه‌ها ارائه شده است.

باو و همکارانش[2][۷] در مقاله‌ای با عنوان ارائه یک مدل مذاکره با اطلاعات ناقص برای اعطای قراردادهای BOT ، مدلی در زمینه اعطای قرارداد BOT و مذاکره بر سر زمان اعطای چنین قراردادهایی ارائه نمودند. در این تحقیق مدل ارائه شده مدل تصمیم‌گیری می‌باشد که قابل استفاده برای دولت‌های محلی می‌باشد. خدیر و محمد[3] [۸] در مقاله‌ای با عنوان شناسایی احتمال ریسک‌های موثر بر پروژه‌های ساخت در مصر به ارزیابی ریسک‌ها بر اساس اهمیت‌شان و درجه نفوذشان پرداختند آنها را به چند دسته مختلف تقسیم‌بندی کردند. در این تحقیق مقدار ریسک بر اساس احتمال ریسک و شدت ریسک محاسبه شد و بر ایا اساس ریسک های شناسایی شده اولویت بندی شدند. در این تحقیق که متغییرهای مورد بررسی شامل متغییرهای سیاسی و اقتصادی بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ می‌باشد، از رویکرد تجزیه و تحلیل آماری برای شناسایی مهمترین عوامل ریسک در پروژه‌های ساخت در مصر استفاده شده است. نتایج نشان دهنده اهمیت عوامل سیاسی بر روی ریسک‌ها در کشور مصر می‌باشد.

کوینگ و همکارانش[4] [۹] در مقاله‌ای با عنوان مدل کیفیت مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت راه‌آهن بیان می‌کنند که توسعه فن‌آوری اطلاعات تاثیر زیادی بر توسعه مدیریت ریسک دارد. در این تحقیق به بررسی تاثیر توسعه فن‌آوری اطلاعات بر روی کیفیت مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت راه‌آهن پرداخته شده است. هوانگ و همکارانش[5] [۱۰] در مقاله‌ای با عنوان وضعیت مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت در سنگاپور بیان می‌کنند که دستیابی به اهداف پروژه‌ها مستلزم اجرای صحیح مدیریت ریسک می‌باشد. در این تحقیق از مدیریت ریسک برای ارزیابی ریسک در در ۶۶۸ پروژه در سنگاپور استفاده شده است. نتایج نشان دهنده تاثیر مثبت مدیریت ریسک بر افزایش کیفیت پروژه‌ها می‌باشد.

[1] -Feng et al
[2] -Bao et al
[3] -Khodeir and Mohamed
[4] -Qing et al
[5] -Hwang et al

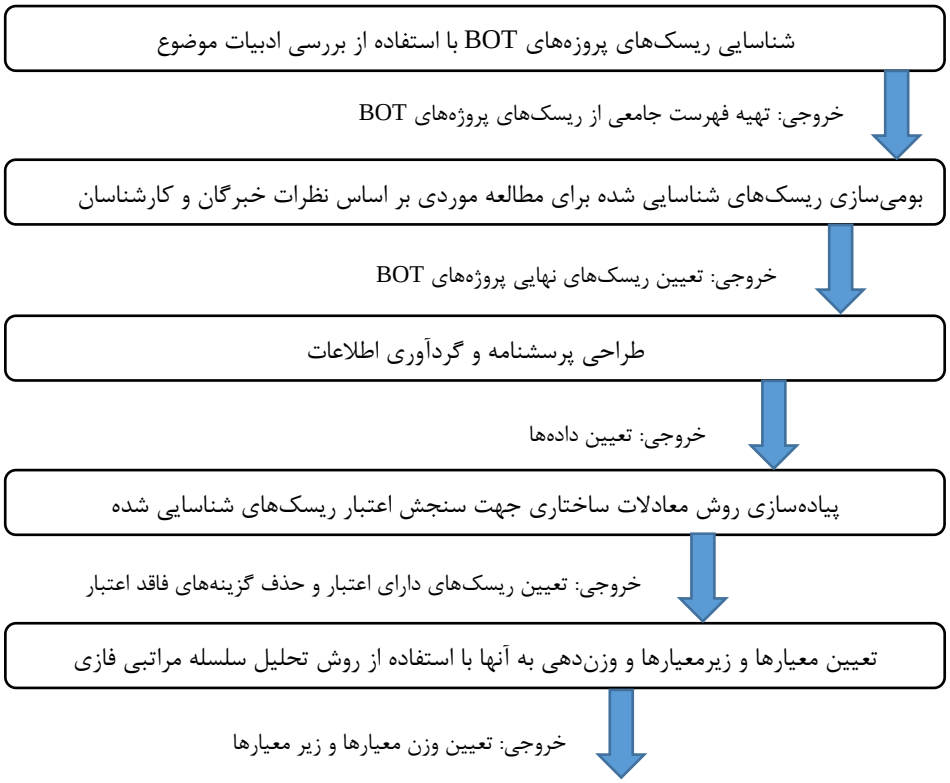
www.SID.ir

Archive of SID

تایلان و همکارانش[6] [۱۱] در مقاله‌ای با عنوان انتخاب و ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت با استفاده از رویکرد AHP و TOPSIS فازی، از پنج معیار ریسک زمان، ریسک هزینه، ریسک ایمنی، ریسک کیفیت و ریسک مربوط به پایداری محیطی برای ارزیابی پروژه‌های ساخت استفاده کردند. در این تحقیق ابتدا معیارهای موثر و تاثیرگذار در انتخاب پروژه‌ها شناسایی شدند. همچنین عدم قطعیت داده‌ها برای این معیارها در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی ریسک و انتخاب پروژه‌ها از رویکرد ترکیبی فازی و روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است. عباسی و رمضانیان [۱۲] به شناسایی و ارزیابی مالی پروژه‌های BOT با رویکرد مدیریت ریسک با استفاده از روش های فرایند تحلیلی سلسله مراتبی و روش تحلیل پوششی داده ها استفاده شده است.

۳- روش تحقیق

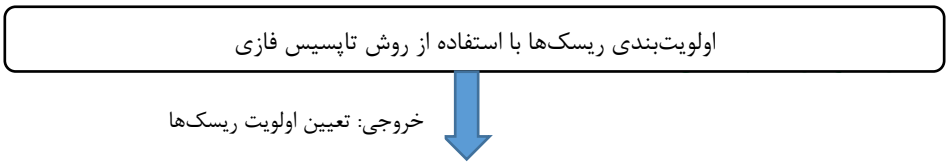
تحقیق حاضر از نوع کاربردی بوده و روش گردآوری اطلاعات میدانی و کتابخانه‌ای می‌باشد. در این تحقیق، ریسک‌های پروژه‌های BOT با استفاده از مطالعه ادبیات موضوع شناسایی می‌شوند. سپس ریسک‌های شناسایی شده، با استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان برای مطالعه موردی بومی‌سازی می‌شوند. بعد از بومی‌سازی و نهایی کردن ریسک‌ها، با استفاده از پرسشنامه نظر خبرگان جمع‌آوری می‌شود. پایایی پرسشنامه‌ها با آلفای کرونباخ بررسی می شود. سپس برای بررسی روابط بین ریسک‌ها و سنجش اثرگذاری آن‌ها، از آزمون تحلیل‌عاملی در نرم‌افزار لیزرل استفاده می‌شود. خروجی این مرحله تعیین معیارهای تاثیرگذار بر عملکرد پروژه های عمرانی می باشد. معیارهای تصمیم‌گیری تعیین شده با استفاده از AHP فازی مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته و وزن‌دهی آنها تعیین می‌شود، سپس با توجه به وزن معیارها و اعمال آنها بر ماتریس تصمیم‌گیری طراحی شده، با تکنیک تاپسیس فازی اولویت ریسک‌ها تعیین می‌گردد. ابزار مورد استفاده در این تحقیق پرسشنامه است. در این تحقیق از سه پرسشنامه استفاده می‌شود، پرسشنامه اول با توجه به مقیاس لیکرت طراحی شده و از آن برای سنجش اعتبار ریسک‌های شناسایی شده استفاده می‌شود. پرسشنامه دوم بر اساس مقایسات زوجی طراحی شده و از آن برای تعیین وزن معیارها و زیرمعیارهای ریسک‌ها در AHP فازی استفاده می‌شود و از پرسشنامه سوم برای ساخت ماتریس تصمیم و ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌ها طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرد.



[6] -Tylan et al

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱: مراحل انجام تحقیق

۴- مواد و روش‌ها

روش پیشنهادی در این مقاله ترکیب روش‌های AHP فازی و روش TOPSIS فازی است. دلیل استفاده از روش AHP فازی اینست که این روش یکی از معروف‌ترین و شناخته‌شده‌ترین روش‌ها برای تعیین اهمیت و وزن معیارها در فرایند تصمیم‌گیری است و بر اساس مقایسات زوجی بنا نهاده شده است. در این روش، وقتی‌که تعداد مقایسات زوجی گزینه‌های تصمیم در ارتباط با زیرمعیارها بسیار زیاد باشد، حجم زیادی از مقایسه را برای کارشناسان ایجاد می‌کند و ممکن است پاسخ‌دهندگان در مقایسات دچار اشتباه شوند و یا اینکه به علت کم‌حوصلگی مقایسات را با دقت پر نکنند و نرخ ناسازگاری افزایش یابد. برای حل این مشکل ترکیب این روش با روش TOPSIS فازی پیشنهاد شده است. روش TOPSIS به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه پرکاربرد برای اولویت‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری است. در این تحقیق، از روش AHP برای تعیین وزن معیارهای ارزیابی ریسک‌ها استفاده می‌شود. سپس با توجه به وزن های تعیین شده توسط AHP فازی، از روش TOPSIS فازی برای ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده می‌شود. در ادامه این بخش به تشریح روش AHP و TOPSIS فازی می‌پردازیم.

۴-۱- تعیین معیارهای اصلی و زیرمعیارها و وزن دهی به آنها با استفاده از روش AHP فازی

در این مرحله ابتدا معیارهای ارزیابی ریسک شناسایی می شوند و سپس براساس روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه شده توسط ویراباتیران و سرینت[۷] [۱۳]، وزن معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی ریسک مشخص می گردند و سپس استفاده از روش Topsis فازی ارائه شده توسط آتش و چویک [۱۴] به ارزیابی ریسک ها پرداخته می شود. مراحل اجرای روش AHP فازی در گام های ۱ تا ۱۰ بشرح زیر می باشد:

گام ۱: در این تحقیق، ۳ معیار اصلی و ۸ زیرمعیار برای ارزیابی ریسک در نظر گرفته شده است و دارای ساختارسلسله مراتبی ارائه شده در شکل (۱) می باشند. این معیارها و زیرمعیارها در جدول (۱) ارائه شده اند:

جدول ۱: معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی ریسک

ردیف	معیار اصلی	زیرمعیار
۱	معیار تاثیر ریسک (A_I)	تاثیر بر زمان (A_{IT})
		تاثیر بر هزینه (A_{IC})
		تاثیر بر کیفیت (A_{IQ})
۲	معیار احتمال ریسک (A_P)	احتمال وقوع ریسک (A_{PP})
۳	معیار مدیریت ریسک (A_M)	قابلیت کشف ریسک یا درجه راحتی کشف ریسک (A_{MD})

۷-*Weerabathiran and Srinath*

www.SID.ir

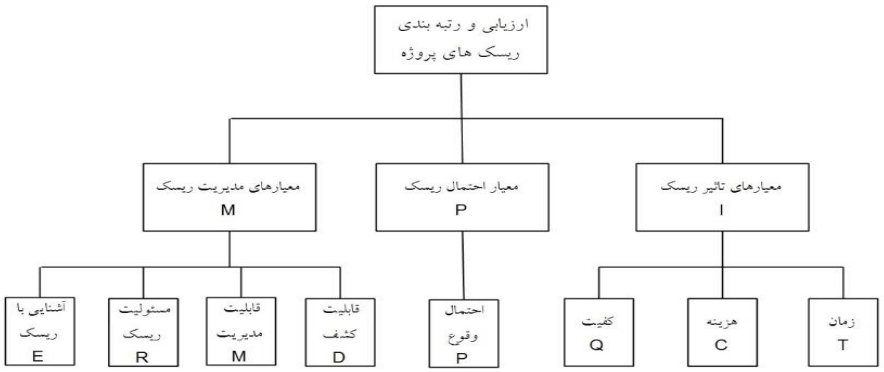
Archive of SID

قابلیت مدیریت یا قابلیت کنترل ریسک (AMM)

مسئولیت ریسک یا قابلیت انتقال ریسک (AMR)

میزان آشنایی با ریسک و یا تجربه ریسک (AME)

معیارهای اصلی را با پسوند M و معیار های فرعی را با پسوند S نشان داده می شوند.



شکل ۲: معیارهای اصلی و زیر معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی ریسک

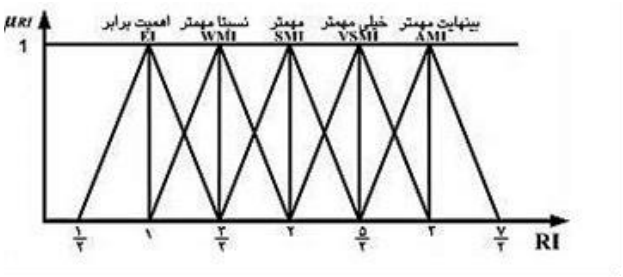
گام ۲: انجام مقایسات زوجی بین معیارهای اصلی با همدیگر در ارتباط با هدف و انجام مقایسات زوجی زیرمعیارها نسبت به یکدیگر در ارتباط با معیارهای اصلی. برای انجام مقایسات زوجی از عبارات زبانی ارائه شده در جدول (۲) استفاده می شود. برای تبدیل عبارات زبانی به اعداد فازی مثلثی از جدول (۲) و شکل (۲) استفاده می شود.

جدول ۲: اعداد فازی مثلثی معادل[۱۵]

وضعیت مقایسه i نسبت به j	مقیاس فازی مثلثی	معکوس اعداد فازی	توضیح
دقیقا مساوی	(۱ , ۱ , ۱)	(۱ , ۱ , ۱)	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارند.
کمی مهمتر	$(\frac{۱}{۲}, ۱, \frac{۳}{۲})$	$(\frac{۲}{۳}, ۱, ۲)$	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
مهمتر	$(۱, \frac{۳}{۲}, ۲)$	$(\frac{۱}{۲}, \frac{۲}{۳}, ۱)$	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است.
خیلی مهمتر	$(\frac{۳}{۲}, ۲, \frac{۵}{۲})$	$(\frac{۲}{۵}, \frac{۱}{۲}, \frac{۲}{۳})$	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
خیلی زیاد مهمتر	$(۲, \frac{۵}{۲}, ۳)$	$(\frac{۱}{۳}, \frac{۲}{۵}, \frac{۱}{۲})$	گزینه یا شاخص i از j خیلی زیاد مهمتر می‌باشد.
کاملا مهمتر	$(\frac{۵}{۲}, ۳, \frac{۷}{۲})$	$(\frac{۲}{۷}, \frac{۱}{۳}, \frac{۲}{۵})$	گزینه یا شاخص i از j کاملا مهمتر و قابل مقایسه نمی باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: تابع اعداد فازی مثلثی برای تعیین اهمیت معیارها[۱۵]

گام ۳: با اطلاعات فازی بدست آمده از مرحله قبل ماتریس مقایسات زوجی (M) به شرح زیر ایجاد می‌شود.

$$M = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \tilde{a}_{ij} & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \cdots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \qquad (1)$$

که در آن: $\tilde{a}_{ji} = (\tilde{a}_{ij})^{-1}$ و همچنین اگر $\tilde{a}_{ij} = (1,1,1) \leftarrow i = j$

گام ۴: در این مرحله مقدار حد ترکیبی فازی S_i برای گزینه iام با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_i^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_i^j\right]^{-1} \qquad (2)$$

که $\sum_{j=1}^{m} M_i^j$ از جمع فازی عناصر سطر jام ماتریس M و $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_i^j\right]$ از جمع عناصر ستونی $\sum_{j=1}^{m} M_i^j$ حاصل می شود و از حاصلضرب ماتریس اول در معکوس بردار دوم S_i بدست می‌آید.

گام ۵: در این مرحله درجه بزرگی S_iها نسبت به هم با استفاده از روابط زیر تعیین می‌گردد:

اگر $M_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $M_2=(l_2,m_2,u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_2 نسبت به M_1 به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (3)$$

گام۶: محاسبه وزن معیارها با استفاده از رابطه زیر:

$$d'(A_i) = \text{Min}\, V(S_i \geq S_k) \qquad k = 1,2,\ldots,n \qquad k \neq i \qquad (4)$$

بردار وزن نرمالیز نشده به صورت زیر می‌باشد :

$$W' = \left(d'(A_1), d'(A_2), \ldots, d'(A_n)\right)^T \qquad A_i (j = 1,2,\ldots,n) \qquad (5)$$

و بردار وزن نهایی نرمالیز شده :

$$W = (d(A_1), d(A_2), \ldots, d(A_n))^T \qquad (6)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در نتیجه به ازای هر یک از معیارها بردار وزن غیر نرمال W′ و پس از نرمالیزه **کردن** آن بردار وزن نرمال W به شرح زیر محاسبه می شوند:

$$W'_{MA} = \left(d'(MA_I), d'(MA_P), d'(MA_M)\right)^T \quad (۷)$$

$$W_{MA} = (W(MA_I), W(MA_P), W(MA_M))^T \quad (۸)$$

گام۷: در این گام می‌بایست بردار وزن زیر معیارها با استفاده از مقایسلت زوجی زیرمعیارها نسبت به یکدیگر در ارتباط با معیارهای اصلی محاسبه گردد. این کار از طریق انجام مقایسات زوجی میان زیرمعیارها باتوجه به نظرات تصمیم‌گیرندگان و با استفاده از عبارات زبانی ارائه شده در جدول (۲) و براساس اعداد فازی مثلثی معادل به شرح زیر انجام می‌شود:

الف – انجام مقایسات زوجی میان زیر معیارهای تاثیر ریسک شامل مقایسه اهمیت زیر معیارهای تاثیر هزینه-تاثیر زمان، تاثیر هزینه-تاثیر بر کیفیت، تاثیر بر زمان-تاثیر برکیفیت و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی ۳×۳.

ب-انجام مقایسات زوجی میان زیر معیارهای مدیریت ریسک شامل مقایسه اهمیت زیر معیارهای قابلیت کشف ریسک-قابلیت مدیریت ریسک ،قابلیت کشف ریسک-مسئولیت ریسک، قابلیت کشف ریسک-آشنایی با ریسک، قابلیت مدیریت ریسک-مسئولیت ریسک، قابلیت مدیریت ریسک، آشنایی با ریسک و مسئولیت ریسک-آشنایی با ریسک و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی ۴×۴.

گام ۸: در این مرحله وزن نرمال هریک از زیرمعیارها نسبت به معیارهای اصلی با توجه به ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شده محاسبه می‌شود. وزن نرمال زیر معیار احتمال وقوع ریسک احتمال برابر ۱ خواهد بود. بنابراین وزن محلی هر دسته از زیرمعیارها به صورت زیر نوشته می شوند:

$$W_{SA_I} = \left(\mathrm{W(SA_{IT})}, \mathrm{W(SA_{IC})}, \mathrm{W\left(SA_{IQ}\right)}\right)^{\mathrm{T}} \quad (۹)$$

$$W_{SA_M} = \left(\mathrm{W(SA_{MD})}, \mathrm{W(SA_{MM})}, \mathrm{W(SA_{MR})}, \mathrm{W(SA_{ME})}\right)^{\mathrm{T}} \quad (۱۰)$$

$$W_{SA_P} = \mathrm{W}(SA_{PP}) = ۱ \quad (۱۱)$$

گام ۹: باتوجه به بردارهای وزن نرمال زیر معیارها شامل W_{SA_I}، W_{SA_M} و W_{SA_P}، ماتریس وزن زیر معیارها نسبت به معیارهای اصلی I_{SA} به شرح زیر تشکیل می‌گردد:

$$I_{SA} = \begin{bmatrix} W(SA_{IT}) & \cdot & \cdot \\ W(SA_{IC}) & \cdot & \cdot \\ W(SA_{IQ}) & \cdot & \cdot \\ \cdot & W(SA_{PP}) & \cdot \\ \cdot & \cdot & W(SA_{MD}) \\ \cdot & \cdot & W(SA_{MM}) \\ \cdot & \cdot & W(SA_{MR}) \\ \cdot & \cdot & W(SA_{ME}) \end{bmatrix} \quad (۱۲)$$

www.SID.ir

Archive of SID

گام۱۰: از حاصلضرب وزن محلی زیرمعیارها یعنی ماتریس I_{SA} در بردار وزن محلی معیارهای اصلی (W_{MA})، وزن نهایی زیر معیارها (W_A) که یک بردار ۱× ۸ است، حاصل می‌گردد. بنابراین داریم:

$$W_A = I_{SA} \times W_{MA} = \begin{bmatrix} W(SA_{IT}) & \cdot & \cdot \\ W(SA_{IC}) & \cdot & \cdot \\ W(SA_{IQ}) & \cdot & \cdot \\ \cdot & W(SA_{PP}) & \cdot \\ \cdot & \cdot & W(SA_{MD}) \\ \cdot & \cdot & W(SA_{MM}) \\ \cdot & \cdot & W(SA_{MR}) \\ \cdot & \cdot & W(SA_{ME}) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W(MA_I) \\ W(MA_P) \\ W(MA_M) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W(A_{IT}) \\ W(A_{IC}) \\ W(A_{IQ}) \\ W(A_{PP}) \\ W(A_{MD}) \\ W(A_{MM}) \\ W(A_{MR}) \\ W(A_{ME}) \end{bmatrix} \quad (۱۳)$$

۲-۴-ارزیابی و اولویت بندی ریسک‌ها با استفاده از TOPSIS فازی

پس از وزن‌دهی به معیارهای ارزیابی فاکتورهای ریسک برای رتبه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های BOT، از روش تاپسیس فازی ارائه شده توسط چن و هوانگ[۸] [۱۶] استفاده می‌شود. مراحل پیاده سازی روش Topsis فازی به صورت زیر است:

گام ۱: تعیین ریسک ها معنی دار: در این مرحله با استفاده از معادلات ساختاری ریسک هایی که به لحاظ آماری بر پروژه های BOT تاثیرگذار هستند، شناسایی می شوند. هر ریسکی که بار عاملی کمتر از ۰/۳۰ باشد، آن ریسک تاثیر ضعیفی بر پروژه های BOT دارد. بنابراین می توان از آن ریسک چشم پوشی کرد و آن را از فهرست ریسک های شناسایی شده حذف کرد.

گام ۲: نظرات و ارزیابی تصمیم‌گیرندگان در خصوص ریسک‌های پروژه‌های BOT نسبت به معیارهای تعیین شده بر اساس اعداد فازی متناظر آن با توجه به جدول (۳) و براساس پرسشنامه شماره مربوطه جمع‌آوری می‌گردند. اعداد فازی متناظر برای معیارهای احتما، معیارهای تاثیر و معیارهای مدیریت ریسک بر اساس منابع [۱۸-۱۷] تنظیم شده اند.

جدول ۳: ارزیابی زبانی ریسک ها(گزینه ها) براساس معیارها و اعداد فازی متناظر [۱۷-۱۸]

اعداد فازی متناظر	معیار احتمال	معیارهای تاثیر		
	احتمال وقوع	تاثیر بر زمان	تاثیر بر هزینه	تاثیر بر کیفیت
(۱۰و۱۰و۷,۵)	بسیار محتمل	افزایش بیش از ۲۰ درصدی زمان	افزایش بیش از ۴۰ درصد هزینه	خروجی قابل استفاده نیست
(۱۰و۷,۵و۵)	احتمالا رخ می دهد	افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی زمان	افزایش ۲۰ تا ۴۰ درصدی هزینه	کیفیت در حد قابل قبول نیست
(۷,۵و۵و۲,۵)	با شانس مساوی در رخ دادن یا ندادن	افزایش ۵ تا ۱۰ درصدی زمان	افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی هزینه	کاهش کیفیت مشهود و نیازمند تایید کارفرماست
(۵و۲,۵و۰)	احتمالا رخ نمی دهد	افزایش کمتر از ۵ درصدی زمان	افزایش کمتر از ۱۰ درصدی هزینه	کاهش کیفیت تنها در بعضی از بخشهای غیر مهم
(۲,۵و۰و۰)	بسیار نامحتمل	افزایش بی اهمیت زمان	افزایش بی اهمیت هزینه	تاثیر نامحسوس بر کفیت
اعداد فازی متناظر	معیارهای مدیریت ریسک			

-Chen and Hwang[۸]

www.SID.ir

Archive of SID

	قابلیت کشف ریسک	قابلیت مدیریت ریسک	مسئولیت ریسک	آشنایی با ریسک
(۱۰و۱۰و۷,۵)	روش کشف مشخصی وجود ندارد که در زمان لازم وقوع ریسک را اعلام خطر کند.	منشا ریسک کلا خارجی است و ریسک خارج از کنترل می‌باشد.	مسئولیت ریسک و جبران آثار آن بطور کامل با شرکت پروژه می‌باشد.	این ریسک تا کنون در پروژه‌ها مشاهده نشده و میزان آشنایی و تجربه آن در حد صفر می‌باشد.
(۱۰و۷,۵و۵)	روش کشف نامطمئن بوده یا اثر بخشی روش کشف در زمان مقتضی نامشخص می‌باشد.	کنترل و مدیریت ریسک به سختی و با شیوه‌های خاص میسر می‌باشد.	بخشی از آثار ریسک قابل انتقال به موسسات بیمه‌ای و مالی می‌باشند.	این ریسک در تعدادی از پروژه‌ها مشاهده شده و میزان آشنایی و تجربه آن خیلی کم می‌باشد.
(۷,۵و۵و۲,۵)	روش کشف اثر بخشی متوسط دارد.	امکان مدیریت و میزان نفوذ ما بر ریسک بینابین می‌باشد.	امکان انتقال مسئولیت این ریسک به کارفرما از طریق عرف، پیمان‌های مشابه و یا انعطاف کارفرما وجود دارد.	این ریسک در تعداد قابل توجهی از پروژه‌ها مشاهده شده و میزان آشنایی و تجربه آن متوسط می‌باشد.
(۵و۲,۵و۰)	روش کشف تقریبا اثر بخشی بالایی دارد.	امکان مدیریت ریسک وجود دارد.	امکان رفع مسئولیت ریسک خارج از شرایط قرارداد و از طریق ادعا یا دادگاه به کارفرما وجود دارد.	این ریسک در بیشتر پروژه ها مشاهده شده و میزان آشنایی و تجربه ان زیاد می باشد.
(۲,۵و۰و۰)	ریسک براحتی شناسایی و زمان کافی برای پاسخگویی به آن وجود دارد.	ریسک کاملا قابل کنترل می باشد و منشا آن کلا داخلی می‌باشد.	جبران این ریسک از مسئولیت شرکت پروژه (پیمانکار) خارج بوده و به عهده کارفرما می باشد.	این ریسک در کلیه پروژه های پیشین مشاهده شده و با ان مواجه بوده‌ایم و میزان آشنایی و تجربه آن کامل می‌باشد.

گام۳: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری $(\mathbf{D_{m\times n}})$: پس از ارزیابی گزینه ها (ریسک ها) بر اساس معیارها، ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می شود. در این ماتریس m تعداد گزینه ها (ریسک‌ها) و n تعداد معیارهای ارزیابی که برابر ۸ است را نشان می دهند:

$$\tilde{D}=\begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} C_1 & \dots & C_j & \dots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \dots & \tilde{X}_{1j} & \cdots & \tilde{X}_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{X}_{i1} & \dots & \tilde{X}_{ij} & \dots & \tilde{X}_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \dots & \tilde{X}_{mj} & \cdots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \quad (۱۴)$$

C_j معیار j ام، A_i گزینه i ام و $\tilde{X}_{ij}$ عملکرد گزینه i در رابطه با معیار j را نشان می دهد که به صورت عدد فازی مثلثی $\tilde{X}_{ij}=(a_{ij},b_{ij},c_{ij})$ بیان می شود.

اگر کمیته تصمیم‌گیری دارای k عضو باشد و رتبه‌بندی فازی $\tilde{X}_{ijk}=(a_{ijk},b_{ijk},c_{ijk})$ امین تصمیم‌گیرنده باشد، آنگاه درایه های ماتریس تصمیم که با $\breve{X}_{ij}=(a_{ij},b_{ij},c_{ij})$ نشان داده می شود، از تجمیع نظرات خبرگان به صورت زیر محاسبه می شود:

$$a_{ij}=\min_k\{a_{ijk}\} \quad (۱۵)$$

$$b_{ij}=\frac{\sum_{k=1}^{k} b_{ijk}}{k} \quad (۱۶)$$

$$c_{ij}=\max_k\{c_{ijk}\} \quad (۱۷)$$

www.SID.ir

Archive of SID

گام ۴ : بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم فازی: برای نرمال سازی ماتریس تصمیم‌گیری از روابط زیر استفاده می شود:

$$R = [r_{ij}]_{m\times ۸} \ , i = ۱,۲, \dots, m \quad j = ۱,۲, \dots,۸ \tag{۱۸}$$

اگر معیار از جنس سود باشد:

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*} , \frac{b_{ij}}{c_j^*} , \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right) , c_j^* = max_i \, c_{ij} \tag{۱۹}$$

اگر معیار از جنس هزینه باشد:

$$r_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}} , \frac{a_j^-}{b_{ij}} , \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right) , a_j^- = min_i \, a_{ij} \tag{۲۰}$$

از آنجایی که ریسکی در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد که احتمال وقوع و احتمال اثر بالاتر و احتمال کشف پایین تری داشته باشد، لذا احتمال وقوع و احتمال اثر دو معیار از جنس سود می‌باشند و احتمال کشف زمانی بعنوان معیار از جنس هزینه تلقی می‌شود که هر چقدر احتمال کشف بیشتر شود عدد فازی مربوط بزرگتر شود.. لذا با توجه به نحوه تعریف معیارهای ارزیابی و اعداد فازی متناظر در جدول (۳)، معیارها همگی بعنوان معیار مثبت می‌باشند و برای تشکیل ماتریس نرمال شده از رابطه (۱۹) استفاده می‌شود.

گام ۵: ماتریس فازی تصمیم گیری گروهی نرمال موزون (V) از حاصلضرب بردار وزن زیر معیارها (W) که در گام ده مرحله AHP فازی بدست آمده در ماتریس بی‌مقیاس شده فازی (R) بصورت زیر بدست می‌آید:

$$V = R * W \tag{۲۱}$$

$$V = \begin{matrix} \\ A_۱ \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} C_۱ & \dots & C_j & \dots & C_۸ \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} r_{۱۱} & \dots & r_{۱۵} & \cdots & r_{۱۸} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{i1} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{i8} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mj} & \cdots & r_{m8} \end{bmatrix} \end{matrix} \times \begin{bmatrix} W(A_{IT}) \\ W(A_{IC}) \\ W(A_{IQ}) \\ W(A_{PP}) \\ W(A_{MD}) \\ W(A_{MM}) \\ W(A_{MR}) \\ W(A_{ME}) \end{bmatrix} = \begin{matrix} \\ A_۱ \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} C_۱ & \dots & C_j & \dots & C_۸ \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} v_{۱۱} & \dots & v_{۱۵} & \cdots & v_{۱۸} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{i1} & \dots & v_{ij} & \dots & v_{i8} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mj} & \cdots & v_{m8} \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{۲۲}$$

گام۶: تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی: راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$V_j^* = \max_i\{V_{ij3}\} , i = ۱,۲,\cdots, m; \ j = ۱,۲, \dots,۸ \text{ که } A^* = (V_۱^*, V_۲^*, \dots, V_g^*) \tag{۲۳}$$

$$V_j^- = \min_i\{V_{ij1}\} , i = ۱,۲,\cdots, m; \ j = ۱,۲, \dots,۸ \text{ که } A^* = (V_۱^-, V_۲^-, \dots, V_g^-) \tag{۲۴}$$

www.SID.ir

Archive of SID

گام۷: به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا راه حل ایده‌آل مثبت و منفی: فاصله هر گزینه از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی طبق روابط زیر محاسبه میشود:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{8} d_v\left(V_{ij}, V_j^*\right) \quad , \ i = 1,2, \dots, m \tag{۲۵}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{8} d_v\left(V_{ij}, V_j^-\right) \quad , \ i = 1,2, \dots, m \tag{۲۶}$$

که فاصله بین دو عدد فازی مثلثی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$d(a, b) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2\right]} \tag{۲۷}$$

گام ۸: شاخص نزدیکی نسبی گزینه‌ها نسبت به راه‌حل ایده‌آل طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$CC_i = \frac{d_j^-}{d_i^- + d_j^*} \ , i = 1,2, \dots, m \tag{۲۸}$$

گام ۹: در نهایت ریسک‌ها براساس مقادیر شاخص نزدیکی نسبی، از بزرگ به کوچک رتبه بندی می‌شوند، ریسک‌های با عدد شاخص بیشتر، ریسک‌های مهمتر پروژه‌های BOT می‌باشند و در اولویت توجه و برنامه‌ریزی برای اقدامات پاسخگویی قرار می‌گیرند.

۵- مطالعه موردی

وظایف اساسی شهرداری‌ها تأمین نیازمندی‌های شهری و تأسیسات مورد نیاز عمومی است. در حال حاضر رویکرد شهرداری تهران به جلب مشارکت‌های بخش خصوصی با استفاده از روش BOT برای اجرای پروژه‌های شهری و زیربنایی می‌باشد. پروژه‌هایی نظیر ۱) توسعه و ساخت پارکینگ‌های عمومی، طبقاتی و زیر سطحی ۲) توسعه و احداث سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی نظیر مترو، منوریل، سامانه اتوبوس‌های تندرو و قطارهای سبک شهری ۳) احداث مراکز معاینه فنی ۴) احداث بزرگراه‌های درون شهری ۵) احداث مراکز بازیافت زباله و نخاله‌های ساختمانی ۶) احداث سالن‌های نمایشگاهی و چندمنظوره و... قابلیت اجرا به روش BOT در شهرداری تهران را دارند. در ادامه به شناسایی و تعیین ریسک پروژه های BOT پرداخته می شود.

۵-۱- ریسک های پروژه‌های BOT

در این تحقیق، ریسک‌های پروژه‌های BOT با استفاده از مطالعه ادبیات موضوع شناسایی شدند. سپس ریسک‌های شناسایی شده، با استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان و همچنین بررسی مستندات و اطلاعات پروژه‌های مشابه برای مطالعه موردی بومی‌سازی شدند. درمجموع فهرستی از عوامل اصلی و زیرعوامل ریسک در پروژه‌های BOT استخراج و نهایی شده که در جدول زیر ارائه شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴: ریسک های پروژه های BOT

فاکتورهای اصلی ریسک	زیرفاکتورهای ریسک (گزینه ها)
ریسک سیاسی	ریسک تغییر در اولویت‌ها و سیاست‌های شهرداری
	ریسک تغییرات مدیران شهری و مخالفت مدیران جدید با پروژه یا بخش‌هایی از آن
ریسک اقتصادی و سرمایه‌گذاری	ریسک نوسانات نرخ ارز
	ریسک افزایش مالیات
	ریسک افزایش نرخ تورم
	ریسک نوسانات نرخ بهره بانک‌ها
ریسک قوانین	ریسک تغییر در قوانین و مقررات شهرداری
	ریسک ابهام در توافقنامه و قرارداد ناشی از عدم وجود قرارداد استاندارد و تاخیر در حل اختلافات بر سر مسائل و ابهامات قراردادی
ریسک آماده سازی پروژه	ریسک تاخیر در آماده سازی پروژه
	ریسک تاخیر در اجرایی شدن قرارداد
	ریسک تملک اراضی و رفع معارضات و گرفتن مجوزها
ریسک درآمد و بازار	ریسک تقاضا
	ریسک درآمد ناکافی از بهره برداری
ریسک تامین مالی پروژه	ریسک نوسانات قیمت مواد اولیه
	ریسک تامین هزینه‌های مالی
	ریسک مدیریت نامناسب منابع مالی
	ریسک افزایش هزینه از مقدار پیش بینی شده
ریسک اجرای پروژه	ریسک تاخیر در تکمیل و ساخت پروژه
	ریسک شرایط محیطی و محل اجرای پروژه
	ریسک قصور و عدم صلاحیت عوامل اجرایی و فقدان نیروی انسانی ماهر
	ریسک دوباره کاری‌ها و عدم شفافیت ابعاد اجرایی
	ریسک پیچیدگی‌های فنی اجرای پروژه و عدم رسیدن به استانداردهای اجرایی
ریسک مدیریت پروژه	ریسک تخصیص نامناسب منابع
	ریسک عدم کاربرد تکنیک‌ها و دانش مدیریت پروژه
ریسک بهره برداری	ریسک آسیب دیدن تسهیلات پروژه
	ریسک کیفیت و بهره‌وری پایین بناها

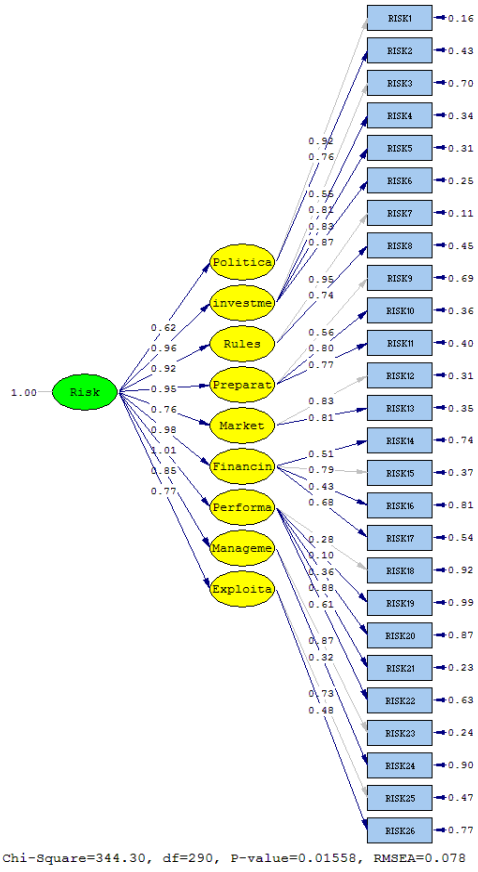
۵-۲- بررسی اعتبار ریسک‌ها با استفاده از معادلات ساختاری

در این تحقیق از روش تحلیل عاملی یا Factor Analysis برای پی بردن به اعتبار ریسک‌های شناسایی شده در تحقیق استفاده می شود. این کار با کمک نرم‌افزار لیزرل انجام گرفت. به این صورت که داده‌های به دست آمده از ۳۲ پرسشنامه برای ۹ متغیر پنهان (فاکتورهای اصلی ریسک) و ۲۶ متغیر آشکار (زیرفاکتورهای ریسک) در مورد ریسک‌های شناسایی شده تحقیق که میزان چولگی و کشیدگی آنها در بازه (۲ و۲-) است و از تابع نرمال پیروی می‌کنند، وارد نرم افزار لیزرل گردید. سوالات در مقسیاس طیف لیکرت طراحی شده و نتایج حاصل از توزیع پرسشنامه‌ها در نرم افزارSPSS وارد و سپس در نرم‌افزار لیزرل بارگذاری می‌گردد.

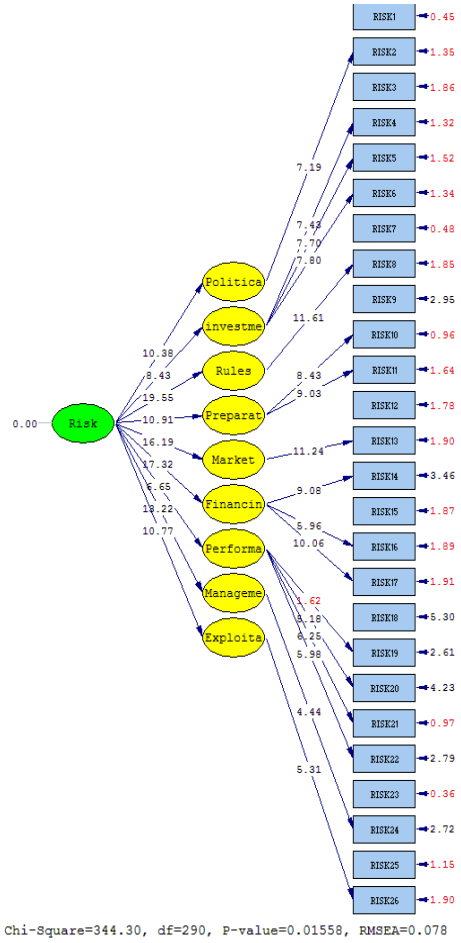
www.SID.ir

Archive of SID

شکل (۴) و (۵) بیانگر بارهای عاملی در نرم‌افزار لیزرل در حالت استاندارد و معنی‌دار می‌باشد. داده‌های مندرج در پیکان اتصال متغیر پنهان به متغیر مشاهده شده، همان بارهای عاملی هستند. برای نمونه مطابق نمودار، بارعاملی نخستین متغیر مشاهده شده متغیر ریسک تغییر در اولویت‌ها و سیاست‌های شهرداری با متغیر پنهان ریسک سیاسی درحالت استاندارد ۰/۹۲ می‌باشد. خطای آن هم ۰/۱۸ می‌باشد، خطای برآورد ممکن است ناشی از تاثیرات متغیری باشد که در مدل لحاظ نشده باشد، با توجه به بارهای عاملی محاسبه شده است. چون بارعاملی ریسک شماره ۱۹ (شرایط محیطی و محل اجرای پروژه) ۰/۱۰ می‌باشد و بارعاملی این متغیر کمتر از ۰/۳۰ بوده، این رابطه ضعیف می‌باشد و از آن صرف‌نظر می‌شود. میزان بارعاملی مشاهده شده با آزمون t-value برای گزینه مذکور ۱/۶۲ می‌باشد که چون از ۱/۹۶ کوچکتر است، رابطه معنادار نیست و در نرم‌افزار با رنگ قرمز نشان داده شده است. مابقی ریسک‌های شناسایی شده در تحقیق دارای اعتبار می‌باشند. بنابراین روش AHP فازی و TOPSIS فازی بر روی ریسک های دارای اعتبار که ۲۵ مورد می باشند، پیاده سازی خواه شد.



شکل ٤: خروجی لیزرل و نتایج بارهای عاملی در حالت معنی‌دار



شکل ۵: خروجی لیزرل و نتایج بارهای عاملی درحالت استاندارد

۵-۳-وزن دهی معیارها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی

در این بخش به پیاده سازی روش AHP فازی برای محاسبه وزن نهایی معیارها پرداخته می شود. برای این منظور از روابط (۱) تا (۱۳) استفاده می شود. برای این منظور ابتدا ماتریس مقایسات زوجی مربوط به معیارها و زیرمعیارها تشکیل می شود. جداول (۵) تا (۷) به ترتیب ماتریس مقایسات زوجی مربوط به معیارهای اصلی و زیرمعیارها را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵: ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی

مقایسه معیارها	احتمال تاثیر ریسک I			معیار احتمال ریسک P			معیار مدیریت ریسک M		
احتمال تاثیر ریسک I	1.00	1.00	1.00	1.064	1.165	1.274	0.978	1.071	1.171
معیار احتمال ریسک P	0.785	0.858	0.939	1.00	1.00	1.00	0.847	0.994	1.082
معیار مدیریت ریسک M	0.854	0.934	1.023	0.924	1.006	1.181	1.00	1.00	1.00

جدول ۶: ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارهای تاثیر ریسک

مقایسه معیارها	تاثیر بر هزینه I_C			تاثیر بر زمان I_T			تاثیر بر کیفیت I_Q		
تاثیر بر هزینه I_C	1.00	1.00	1.00	0.854	0.934	1.022	0.979	1.065	1.159
تاثیر بر زمان I_T	0.978	1.071	1.171	1.00	1.00	1.00	0.949	1.078	1.173
تاثیر بر کیفیت I_Q	0.863	0.939	1.021	0.853	0.928	1.054	1.00	1.00	1.00

جدول ۷: ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارهای مدیریت ریسک

مقایسه معیارها	قابلیت کشف ریسک M_D			قابلیت مدیریت ریسک M_M			مسئولیت ریسک M_R			آشنایی با ریسک M_E		
قابلیت کشف ریسک M_D	1.00	1.00	1.00	1.043	1.142	1.249	1.062	1.163	1.272	1.196	1.292	1.391
قابلیت مدیریت ریسک M_M	0.801	0.876	0.959	1.00	1.00	1.00	0.942	1.013	1.075	0.958	1.029	1.106
مسئولیت ریسک M_R	0.786	0.859	0.942	0.930	0.987	1.062	1.00	1.00	1.00	1.022	1.117	1.195
آشنایی با ریسک M_E	0.719	0.774	0.836	0.904	0.972	1.044	0.837	0.895	0.978	1.00	1.00	1.00

با پیاده سازی روابط (۱) تا (۸) بر روی هر یک از ماتریس مقایسات زوجی، می توان وزن محلی معیارهای اصلی و زیر معیارها را محاسبه کرد. سپس با ضرب ماتریسی ماتریس اوزان محلی زیرمعیارها در بردار وزن محلی معیارها اصلی می توان وزن نهایی زیرمعیارها را محاسبه کرد. برای این کار می بایست از روابط (۹) تا (۱۳) استفاده کرد. پس از انجام محاسبات، وزن نهایی زیرمعیارها محاسبه شده و در جدول (۸) گزارش شده اند. از این اوزان در روش Topsis فازی به عنوان وزن زیرمعیارهای ارزیابی فاکتورهای ریسک استفاده خواهد شد.

جدول ۸: وزن نهایی معیار های اصلی و زیر معیارها

ردیف	معیار اصلی	وزن معیار اصلی	زیر معیار	وزن زیر معیار
۱	معیار تاثیر ریسک	0.461	تاثیر بر زمان	0.189
			تاثیر بر هزینه	0.152
			تاثیر بر کیفیت	0.120
۲	معیار احتمال ریسک	0.233	احتمال وقوع ریسک	0.233
۳	معیار مدیریت ریسک	0.306	قابلیت کشف ریسک	0.165
			قابلیت مدیریت ریسک	0.058
			مسئولیت ریسک	0.068
			میزان آشنایی با ریسک	0.015

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۴-اولویت بندی با استفاده از تاپسیس فازی

پس از محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها توسط تحلیل سلسله مراتبی فازی، ابتدا نظرات خبرگان با استفاده از پرسشنامه در مورد میزان برآورده سازی زیرمعیارها در گزینه ها (فاکتورهای ریسک) جمع آوری شد. سپس پاسخ های گردآوری شده با استفاده از جدول (۳) به اعداد فازی معادل تبدیل می شوند. سپس با استفاده از روابط (۱۵) تا (۱۷) ماتریس تصمیم تهیه می‌شود. در ادامه ماتریس تصمیم با استفاده از روابط (۱۸) تا (۱۹) بی مقیاس می‌شود. در انتها با استفاده از روابط (۲۱) و (۲۲) ماتریس فازی تصمیم‌گیری گروهی نرمال موزن تشکیل می‌گردد. این ماتریس در جدول (۹) گزارش شده است.

جدول ۹: ماتریس تصمیم‌گیری گروهی نرمال موزون

	C_1			C_2			C_3			C_4		
A_1	۰,۰۰۰	۰,۱۱۵	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۲۳	۰,۱۱۴	۰,۰۰۰	۰,۰۲۳	۰,۰۶۰	۰,۰۰۰	۰,۱۵۴	۰,۲۳۳
$A_۲$	۰,۰۰۰	۰,۱۳۰	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۳۰	۰,۱۱۴	۰,۰۰۰	۰,۰۳۰	۰,۰۹۰	۰,۱۱۶	۰,۱۹۶	۰,۲۳۳
A_3	۰,۰۰۰	۰,۱۳۶	۰,۱۸۹	۰,۰۳۸	۰,۱۱۶	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۴۱	۰,۰۹۰	۰,۱۱۶	۰,۲۰۰	۰,۲۳۳
A_4	۰,۰۰۰	۰,۱۳۰	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۱۱۳	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۳۷	۰,۰۹۰	۰,۱۱۶	۰,۱۵۶	۰,۲۳۳
A_5	۰,۰۴۷	۰,۱۴۶	۰,۱۸۹	۰,۰۳۸	۰,۱۲۰	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۴۰	۰,۰۹۰	۰,۱۱۶	۰,۱۵۶	۰,۲۳۳
A_6	۰,۰۰۰	۰,۱۲۵	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۱۱۱	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۳۱	۰,۰۹۰	۰,۰۵۸	۰,۱۷۰	۰,۲۳۳
A_7	۰,۰۰۰	۰,۱۱۹	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۳۰	۰,۱۱۴	۰,۰۰۰	۰,۰۳۰	۰,۰۹۰	۰,۰۰۰	۰,۱۱۴	۰,۲۳۳
A_8	۰,۰۰۰	۰,۱۳۸	۰,۱۸۹	۰,۰۳۸	۰,۱۱۹	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۳۲	۰,۰۹۰	۰,۰۰۰	۰,۱۵۴	۰,۲۳۳
A_8	۰,۰۰۰	۰,۱۱۹	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۵۸	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۳۶	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۰۸۶	۰,۲۳۳
A_{10}	۰,۰۰۰	۰,۱۲۵	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۵۲	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۳۷	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۰۸۹	۰,۲۳۳
A_{11}	۰,۰۰۰	۰,۱۱۵	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۵۹	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۱۱	۰,۰۹۰	۰,۰۰۰	۰,۱۰۵	۰,۲۳۳
A_{12}	۰,۰۰۰	۰,۰۸۹	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۷۹	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۴۹	۰,۱۲۰	۰,۰۵۸	۰,۱۵۴	۰,۲۳۳
A_{13}	۰,۰۰۰	۰,۱۰۴	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۸۶	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۵۲	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۱۳۷	۰,۲۳۳
A_{14}	۰,۰۰۰	۰,۱۳۲	۰,۱۸۹	۰,۰۳۸	۰,۱۱۲	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۵۴	۰,۱۲۰	۰,۱۱۷	۰,۱۹۸	۰,۲۳۳
A_{15}	۰,۰۰۰	۰,۱۳۶	۰,۱۸۹	۰,۰۳۸	۰,۱۲۰	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۵۴	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۱۱۴	۰,۲۳۳
A_{16}	۰,۰۰۰	۰,۱۲۵	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۵۸	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۱۴۲	۰,۲۳۳
A_{17}	۰,۰۰۰	۰,۱۰۶	۰,۱۸۹	۰,۰۳۸	۰,۱۲۶	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۶۷	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۱۵۴	۰,۲۳۳
A_{18}	۰,۰۴۷	۰,۱۵۱	۰,۱۸۹	۰,۰۳۸	۰,۱۲۸	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۲۸	۰,۰۹۰	۰,۰۵۸	۰,۱۷۷	۰,۲۳۳
A_{19}	۰,۰۰۰	۰,۱۱۹	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۷۶	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۶۶	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۱۳۷	۰,۲۳۳
A_{20}	۰,۰۰۰	۰,۱۳۰	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۱۱۱	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۶۸	۰,۱۲۰	۰,۰۵۸	۰,۱۷۰	۰,۲۳۳
A_{21}	۰,۰۰۰	۰,۱۱۹	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۰۹۳	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۴۴	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۱۶۳	۰,۲۳۳
A_{22}	۰,۰۰۰	۰,۱۳۶	۰,۱۸۹	۰,۰۰۰	۰,۱۰۵	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۳۷	۰,۱۲۰	۰,۰۵۸	۰,۱۵۶	۰,۲۳۳
A_{23}	۰,۰۴۷	۰,۱۵۷	۰,۱۸۹	۰,۰۳۸	۰,۱۲۳	۰,۱۵۲	۰,۰۰۰	۰,۰۵۶	۰,۱۲۰	۰,۰۵۸	۰,۱۸۶	۰,۲۳۳
$A_{۲۴}$	۰,۰۰۰	۰,۰۲۶	۰,۰۹۵	۰,۰۰۰	۰,۰۳۵	۰,۱۱۴	۰,۰۰۰	۰,۰۷۱	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۱۲۱	۰,۲۳۳
A_{25}	۰,۰۰۰	۰,۰۲۶	۰,۰۹۵	۰,۰۰۰	۰,۰۳۰	۰,۱۱۴	۰,۰۳۰	۰,۰۹۰	۰,۱۲۰	۰,۰۰۰	۰,۰۹۸	۰,۲۳۳

ادامه جدول ۹: ماتریس تصمیم‌گیری گروهی نرمال موزون

	C_5			C_6			C_7			C_8		
A_1	۰,۰۰۰	۰,۱۱۲	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۱	۰,۰۵۸	۰,۰۰۰	۰,۰۵۳	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۵	۰,۰۱۵
$A_۲$	۰,۰۰۰	۰,۰۹۱	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۶	۰,۰۵۸	۰,۰۰۰	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۵	۰,۰۱۵
A_3	۰,۰۰۰	۰,۰۵۰	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۷	۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۰۱۱
A_4	۰,۰۰۰	۰,۰۶۸	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۶	۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۰۱۱
A_5	۰,۰۰۰	۰,۰۹۹	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۷	۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۰۱۱
A_6	۰,۰۰۰	۰,۰۶۸	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۷	۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۰۱۱

www.SID.ir

Archive of SID

A_7	۰,۰۰۰	۰,۱۱۱	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۵	۰,۰۵۸	۰,۰۰۰	۰,۰۵۰	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۷	۰,۰۱۵
A_8	۰,۰۴۱	۰,۱۲۴	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۴	۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۷	۰,۰۱۵
A_8	۰,۰۰۰	۰,۱۰۲	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۶	۰,۰۴۴	۰,۰۱۷	۰,۰۵۳	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۷	۰,۰۱۵
A_{10}	۰,۰۰۰	۰,۱۰۴	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۶	۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۵۴	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۸	۰,۰۱۵
A_{11}	۰,۰۰۰	۰,۱۰۶	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۶	۰,۰۴۴	۰,۰۰۰	۰,۰۴۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۷	۰,۰۱۵
A_{12}	۰,۰۴۱	۰,۱۱۷	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۷	۰,۰۵۸	۰,۰۳۴	۰,۰۶۴	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۱۱	۰,۰۱۵
A_{13}	۰,۰۰۰	۰,۱۱۴	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۷	۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۱۲	۰,۰۱۵
A_{14}	۰,۰۴۱	۰,۱۲۰	۰,۱۶۵	۰,۰۲۹	۰,۰۵۷	۰,۰۵۸	۰,۰۳۴	۰,۰۶۵	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۵	۰,۰۱۵
A_{15}	۰,۰۰۰	۰,۱۲۴	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۲۳	۰,۰۵۸	۰,۰۳۴	۰,۰۵۹	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۷	۰,۰۱۵
A_{16}	۰,۰۰۰	۰,۱۲۰	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۶	۰,۰۴۴	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۶	۰,۰۱۵
A_{17}	۰,۰۰۰	۰,۱۲۴	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۳	۰,۰۴۴	۰,۰۳۴	۰,۰۶۷	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۱۰	۰,۰۱۵
A_{18}	۰,۰۰۰	۰,۰۹۶	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۶	۰,۰۴۴	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۸	۰,۰۱۵
A_{19}	۰,۰۰۰	۰,۰۷۳	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۳	۰,۰۴۴	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۲	۰,۰۱۵
A_{20}	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۲۴	۰,۰۵۸	۰,۰۱۷	۰,۰۶۳	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۵	۰,۰۱۵
A_{21}	۰,۰۰۰	۰,۰۸۶	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۵۸	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۷	۰,۰۱۵
A_{22}	۰,۰۰۰	۰,۱۰۲	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۹	۰,۰۴۴	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۰۱۵
A_{23}	۰,۰۰۰	۰,۱۰۲	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۹	۰,۰۴۴	۰,۰۵۱	۰,۰۶۸	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۰۱۱
$A_{۲۴}$	۰,۰۰۰	۰,۰۵۱	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۲۰	۰,۰۵۸	۰,۰۱۷	۰,۰۶۴	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۶	۰,۰۱۵
A_{25}	۰,۰۰۰	۰,۰۴۸	۰,۱۶۵	۰,۰۰۰	۰,۰۲۲	۰,۰۵۸	۰,۰۱۷	۰,۰۶۵	۰,۰۶۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۶	۰,۰۱۵

در ادامه راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی براساس روابط (۲۳) و (۲۴) محاسبه می‌شود. راه حل ایده آل مثبت و منفی به صورت زیر می باشد.

$$V_j^* = (۰.۱۸۹, ۰.۱۵۲, ۰.۱۲۰, ۰.۲۳۳, ۰.۱۶۵, ۰.۵۸, ۰.۰۶۸, ۰.۰۱۵)$$

$$V_j^- = (۰, ۰, ۰, ۰, ۰, ۰, ۰, ۰)$$

با محاسبه فاصله گزینه‌ها از راه‌حل‌های ایده‌ال مثبت و منفی، شاخص نزدیکی نسبی محاسبه شده و گزینه‌ها بر اساس شاخص نزدیکی نسبی مطابق جدول (۱۰) اولویت‌بندی می‌شوند. هوانطور که نتایج نشان می دهند ریسک نوسانات قیمت مواد اولیه (گزینه ۱۴)، ریسک افزایش نرخ تورم (گزینه ۵) و ریسک نوسانات نرخ ارز (گزینه ۳) به ترتیب رتبه های اول تا سوم را به خود اختصاص داده اند و به عنوان بحرانی ترین ریسک ها در پروژه های BOT در شهرداری تهران شناخته می شوند.

جدول ۱۰: نتایج روش TOPSIS فازی و اولویت ریسک ها در پروژه های BOT

ریسک	نماد	شاخص نزدیکی	رتبه ریسک
ریسک نوسانات قیمت مواد اولیه	A_{14}	۰,۶۲۱	۱
ریسک افزایش نرخ تورم	A_5	۰,۵۹۴	۲
ریسک نوسانات نرخ ارز	A_3	۰,۵۹۲	۳
ریسک عدم کاربرد تکنیک ها و دانش مدیریت پروژه	A_{23}	۰,۵۹۱	۴
ریسک تاخیر در تکمیل و ساخت پروژه	A_{18}	۰,۵۸۰	۵
ریسک افزایش مالیات و مشخص نبودن سیاست های مالیاتی	A_4	۰,۵۷۱	۶

www.SID.ir

Archive of SID

ریسک تقاضا	A_{12}	۰,۵۶۶	۷
ریسک نوسانات نرخ بهره بانک ها	A_{6}	۰,۵۵۶	۸
ریسک دوباره کاریها و عدم شفافیت ابعاد اجرایی	A_{20}	۰,۵۵۳	۹
ریسک ابهام در توافقنامه و قرارداد، ناشی از عدم وجود قرارداد استاندارد	A_{8}	۰,۵۴۹	۱۰
ریسک درآمد ناکافی از بهره برداری	A_{13}	۰,۵۴۸	۱۱
ریسک افزایش هزینه از مقدار پیش بینی شده	A_{17}	۰,۵۴۷	۱۲
ریسک تامین هزینه های مالی	A_{15}	۰,۵۴۵	۱۳
ریسک تخصیص نامناسب منابع	A_{22}	۰,۵۳۹	۱۴
ریسک تغییرات مدیران شهری و مخالفت مدیران جدید با پروژه یا بخش هایی از آن	A_{2}	۰,۵۳۸	۱۵
ریسک پیچیدگی‌های فنی اجرای پروژه و عدم رسیدن به استانداردهای اجرایی	A_{21}	۰,۵۳۵	۱۶
ریسک قصور و عدم صلاحیت عوامل اجرایی و فقدان نیروی انسانی ماهر	A_{19}	۰,۵۲۴	۱۷
ریسک تاخیر در اجرایی شدن قرارداد	A_{10}	۰,۵۱۱	۱۸
ریسک تاخیر در آماده سازی پروژه	A_{9}	۰,۴۹۶	۱۹
ریسک مدیریت نامناسب منابع مالی	A_{16}	۰,۴۹۵	۲۰
ریسک تغییر در قوانین و مقررات شهرداری	A_{7}	۰,۴۹۴	۲۱
ریسک تغییر در اولویت ها و سیاست های شهرداری	A_{1}	۰,۴۹۰	۲۲
ریسک تملک اراضی و رفع معارضات و گرفتن مجوزها	A_{11}	۰,۴۸۲	۲۳
ریسک کیفیت و بهره وری پایین بناها	A_{25}	۰,۴۵۳	۲۴
ریسک آسیب دیدن تسهیلات پروژه	A_{24}	۰,۴۴۸	۲۵

۶- نتیجه‌گیری

به دلیل محدودیت‌هایی که در پاسخ‌دهی و واکنش همزمان به ریسک‌ها در پروژه های BOT وجود دارد، اولویت بندی ریسک ها برای پاسخ‌گویی به موقع و درست به آن‌ها به پیاده سازی هرچه موفق‌تر مدیریت ریسک کمک می کند. در واقع هدف از رتبه‌بندی ریسک‌ها، پرداختن به مهمترین آنها با توجه به محدود بودن منابع می‌باشد. با توجه به اینکه روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه ابزاری شناخته شده و مفید برای اولویت‌بندی گزینه‌های مختلف می‌باشند و از طرف دیگر رویکرد فازی قابلیت بالای مواجهه با عدم قطعیت‌های موجود در داده های مربوط به معیارها و گزینه‌ها را دارد، استفاده از روش یکپارچه فرایند تحلیل سلسه مراتبی فازی و تاپسیس فازی می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان کمک نماید که با رتبه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه، اقدامات و راهکارهای مناسبی برای حذف یا کاهش اثر آنها انجام دهند. در این تحقیق به منظور ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در قراردادهای BOT در پروژه‌های عمرانی شهرداری تهران، ۹ فاکتور اصلی ریسک و ۲۶ زیرفاکتور ریسک شناسایی شد. در ادامه با استفاده از معادلات ساختاری به بررسی معنی داری ریسک های شناسایی شده در پروژه های BOT پرداخته شد و به دلیل بارعاملی پائین، یکی از زیرفاکتورهای ریسک از فهرست ریسک ها حذف شد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای ارزیابی و اولویت بندی ریسکها، ۳ معیار اصلی و ۸ زیر معیار در نظر گرفته شده که با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی اهمیت و وزن آنها مشخص شد. در انتها، به کمک تکنیک تاپسیس فازی ماتریس تصمیم‌گیری طراحی شد و با اعمال اوزان محاسبه شده توسط روش AHP فازی در روش TOPSIS فازی، شاخص نزدیکی نسبی برای هر یک از ریسک ها محاسبه شده و بر این اساس ریسکهای پروژه های BOT در پروژه های عمرانی شهرداری تهران اولویت بندی شدند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ریسک نوسانات قیمت مواد اولیه، ریسک افزایش نرخ تورم، ریسک نوسانات نرخ ارز، و ریسک عدم کاربرد تکنیک‌ها و فنون مدیریت پروژه به ترتیب دارای اولویت بالاتری نسبت به سایر ریسک ها می باشند و پاسخ به آن‌ها در جهت رفع یا کاهش اثر باید در دستور کار مدیریت پروژه قرار گیرد.

فهرست منابع

[1]Askari, MD (2011). *Analysis and ranking of project risk in large industries using fuzzy method*, Master's thesis in economic socio-economic systems, Isfahan University of Technology.

[2] Hayati, M. (2009). *Risk management in tunnel construction projects*, M.Sc. thesis, Mining Engineering, Tarbiat Modarres University.

[3] Zeng, R., Xiao, H., and Zhang, H. (2015). *The Model of Risk Management in Project Logistics*, pp. 61-65.

[4] Mousavi, S.M. (2010). *A Model for Project Risk Assessment (Case Study of Aras Reservoir Dam)*, Master's thesis in Industrial Management, Tarbiat Modares University.

[5] Kerzner, H.R. (2015). *Project Management 2.0*. John Wiley & Sons.

[6] Feng, Z., Zhang, S.B., and Gao, Y. (2015). *Modeling the Impact of Government Guarantees on Toll Charge, Road Quality and Capacity for Build-Operate-Transfer (BOT) Road Projects*. Transportation Research Part A: Policy and Practice,Vol.78,PP. 54-67.

[7] Bao, H. Peng, Y. Ablanedo-Rosas,J.H and Gao, H. (2015). *An Alternative Incomplete Information Bargaining Model for Identifying the Reasonable Concession Period of a BOT Project*. International Journal of Project Management, Vol.33,No.5,PP.1151-1159.

[8] Khodeir, L.M., and Mohamed, A.H.M. (2015). *Identifying the Latest Risk Probabilities Affecting Construction Projects in Egypt According to Political and Economic Variables. From January 2011 to January 2013*. HBRC Journal,Vol.11, No.1, PP.129-135.

[9] Qing, L., Rengkui, L., Jun, Z., and Quanxin, S. (2014). *Quality Risk Management Model for Railway Construction Projects*. Procedia Engineering, Vol.84, PP.195-203.

[10] Hwang, B.G., Zhao,X., and Toh, L.P. (2014). *Risk Management in Small Construction Projects in Singapore: Status, Barriers and Impact. International Journal of Project Management*,Vol.32, NO1, PP.116-124.

[11] Taylan, O., Bafail, A.O., Abdulaal, R.M., and Kabli, M.R. (2014). *Construction Projects Selection and Rrisk Assessment by Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methodologies*. Applied Soft Computing, Vol.17, PP.105-116.

[12] Abbasi, A. Razanian, A. (1394). Identification and Evaluation of BOT Projects with Risk Management Approach Using AHP_DEA Method, Financial Knowledge Analysis of Securities, Volume 4, Issue 25, Pages 79-69.

[13] Weerabathiran, R., Srinath, K.A.(2012). *Application of the extent analysis method on fuzzy AHP*. Int. Journal of Engineering Science and Technology,Vol.4, NO.7, pp. 3472-3480.

[14] Ateş, N., et al. Multi Attribute Performance Evaluation Using a Hierarchical Fuzzy TOPSIS Method. Fuzzy Applications in Industrial Engineering. C. Kahraman, Springer Berlin Heidelberg. 2006. 201: 537-572.

[15] Kahraman,Cengiz, Etay,Tijen and Buyukozkan,Gulcin "A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach", European Journal of Operational Research,[2004],110-132.

[16]Chen, S-J., Hwang, C-L.(1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin.

[17] Presidential Strategic Planning and Control Office (2008). *Risk Management in Projects*, No. 659.

[18] Nazari,A. Kia, A. (2014). *Comprehensive Project Risk Model Based on Detailed Fuzzy Criteria (Case Study of the Project for Wellhead Facilities and Pipelines in Azar Field)*, 10th International Conference on Project Management.

www.SID.ir