Journal of Structural and Construction Engineering, 8(Special Issue 2), 2021, pp. 171-193

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Prioritize and Optimal Selection of Projects with Best to Worth method, VIKOR and Mathematical Programming

Mohammad Javad Taheri Amiri[1*], Milad Hematian[2], Arman Asghari[3]

1- Assistant Professor, Higher Education Institute of Pardisan, Mazandaran, Iran
2-PhD student in Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology. Mazandaran, Iran
3-MSc in Cuvil Engineering, Tabari University of Babol, Mazandaran, Iran

ABSTRACT

One of the most important issues discussed in construction management companies is the prioritization of projects and the allocation of resources among the organization so that through this selection and allocation, the profit of the organization will be maximized. Construction Projects due to the close relationship among the parameters of the project and the unknown exterior environment; they encounter uncertainties in complex environment. In as much as the issue of evaluating and prioritization of construction projects is a difficult problem, the network structure is a suitable approach to explain them. In other words, the assessment and prioritization of construction projects based on risk factors in the real world is a complicated problem with many quality and ambiguous characteristics. In this study, by investigating the criteria and indices of construction projects with optimal selection used in the literature of the subject and adapting them with the experts in the field with conditions and situation of the problem, six projects have been selected and investigated. The criteria used in the research include, the facility of the performance, time, finance, geographical location, the importance of structure and the employers popularity. In this project the Best-Worth approach was used to weigh the options, VIKOR method was used to solve the evaluation problem and to prioritize the construction projects. The presented model helps the decision makers to make more accurate decisions and to be able to prioritize the construction projects which are the important strategies of some organizations so that they can apply correct management.

ARTICLE INFO

Receive Date: 24 November 2019
Revise Date: 17 April 2020
Accept Date: 17 May 2020

Keywords:
Prioritize construction projects
Best-Worth method
VIKOR
Mathematical Programming
Project Management

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2020.209215.2000

*Corresponding author: Mohammad Javad Taheri Amiri
Email address: Jvd.taheri@heip.ac.ir

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

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

انتخاب بهینه پروژه‌های ساخت با استفاده از روش‌های بهترین-بدترین، ویکور و برنامه‌ریزی ریاضی

محمدجواد طاهری امیری*[۱]، میلاد همتیان[۲]، آرمان اصغری[۳]

۱- استادیارگروه عمران موسسه آموزش عالی پردیسان، فریدونکنار، ایران

۲-دانشجوی دکترای مهندسی صنایع دانشگاه علوم و فنون مازندران

۳-کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت موسسه آموزش عالی طبری بابل

چکیده

یکی از مهم‌ترین مباحث مورد بررسی در مدیریت شرکت‌های عمرانی، اولویت‌بندی پروژه‌ها و تخصیص منابع سازمان در بین آنها می‌باشد تا بواسطه این انتخاب و تخصیص، سود سازمان حداکثر شود. پروژه‌های ساخت در محیط پیچیده دینامیکی شروع می‌شوند و به دلیل ارتباط تنگاتنگ بین پارامترهای پروژه و محیط ناشناخته بیرونی با عدم قطعیت و ریسک‌های زیادی مواجه می‌باشند. از آنجاییکه مسأله ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌های ساخت مساله دشواری بوده، بنابراین ساختار شبکه‌ای رویکرد مناسبی برای تشریح آنها می‌باشد و به عبارتی ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌های ساخت بر اساس فاکتورهای ریسک در دنیای واقعی مسأله‌ای پیچیده با مشخصه‌های کیفی زیاد و مبهم می‌باشد. از اینرو، در این مطالعه با بررسی معیارها و شاخص‌های مربوط به انتخاب بهترین پروژه‌های ساخت مورد استفاده در ادبیات موضوع و تطبیق آنها توسط خبرگان این حوزه با شرایط و موقعیت مسئله، شش پروژه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. معیارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل سهولت اجرا، زمان، مالی، موقعیت جغرافیایی، اهمیت سازه و حسن شهرت کارفرما می‌باشد. در این پروژه از روش بهترین-بدترین برای وزن‌دهی گزینه‌ها و از روش ویکور برای حل مسئله ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌های ساخت استفاده شده است. مدل ارائه شده به تصمیم گیرندگان کمک می‌نماید که تصمیم‌گیری دقیق‌تری انجام دهند و بتوانند بر اولویت‌بندی پروژه‌های ساخت که از استراتژی‌های مهم برخی از سازمان‌ها می‌باشد، مدیریتی صحیح اعمال نمایند. نتایج بدست آمده حاصل از روش ویکور نشان داد که پروژه تجاری مسکونی ده طبقه با یک طبقه زیرزمین در شهرستان نکا دارای بالاترین اولویت بوده است. همچنین پس از حل مدل ریاضی توسعه داده شده در این تحقیق، مشخص شد که انتخاب پروژه‌ها متناسب با سناریوهای در نظر گرفته شده انجام گرفته و عملکرد درستی دارد.

کلمات کلیدی: اولویت بندی، پروژه‌ها ساخت، روش بهترین-بدترین، روش ویکور، مدل برنامه ریزی ریاضی، مدیریت پروژه

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2020.209215.2000	doi:
۱۳۹۸/۰۹/۰۳	۱۳۹۹/۰۱/۲۹	۱۳۹۹/۰۲/۲۸	۱۳۹۹/۰۲/۲۸	۱۴۰۰/۰۶/۳۱	10.22065/jsce.2020.209215.2000	

*نویسنده مسئول: **محمدجواد طاهری امیری**

پست الکترونیکی: jvd.taheri@gmail.com

۱- مقدمه

در انتخاب بهترین ترکیب پروژه برای سازمان، عوامل متعددی دخیل هستند که می‌توان به ریسک پروژه، اهداف شرکت، در دسترس بودن منابع و ... اشاره نمود. به طور کلی می‌توان گفت اولویت‌بندی پروژه‌ها در شرکت‌های عمرانی از جمله مسائل مهم تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد[۱]. بنا به نظر محققان، اجرای استراتژی یک سازمان از تدوین آن مشکل‌تر است. بر اساس آمار ارائه شده ۶۶٪ استراتژی یک سازمان هیچگاه محقق نمی‌شود. دلیل این امر عدم اجرای مناسب استراتژی می‌باشد. بنابراین روش‌های اجرای استراتژی و اهمیت آنها مطرح می‌شود. سازمان‌های پروژه محور امور خود را به صورت پروژه تعریف نموده و ضمن اجرای آنها نیازهای مشتریانشان را تأمین می‌کنند. در این سازمان‌ها، پروژه‌ها به عنوان عناصر اصلی و سازنده تعبیر می‌شوند که بر حسب میزان موفقیت در اجرا، موفقیت رقابتی سازمان را تعیین می‌کنند. با توجه به بازار رقابتی در سرتاسر دنیا، انتخاب پروژه یکی از بحث‌های استراتژیک است که هر سرمایه‌گذاری ممکن است با آن روبرو شود. مسئله اصلی در این زمینه، انتخاب مطلوب پروژه‌ها در میان تعداد زیادی از پروژه‌های مناسب است که دارای منابع مناسب، بودجه خوب و عوامل فرعی دیگر و محدودیت‌های تکنیکی می‌باشند[۲]. مدیران ارشد در سرتاسر دنیا بطور پیوسته با مسائلی از این قبیل مواجه‌اند که چگونه مناسب‌ترین پروژه‌ها را از میان پروژه‌های مختلف در دست بررسی انتخاب کنند و چگونه از علوم و دانش‌های موجود جهت پیش‌بینی شکست یا عدم شکست پروژه‌های تحت بررسی استفاده کنند و یا به عبارتی بهتر پروژه‌های تحت بررسی خود را چگونه انتخاب کنند تا مانع از سوء مصرف منابع گردند. بطور کلی می‌توان گفت انتخاب پروژه فرآیند ارزیابی و تجزیه و تحلیل پروژه‌های مستقل است تا بهترین پروژه انتخاب گردد، بطوریکه اهداف سازمان برآورده شود[۳]. اغلب شرکت‌ها نیازمند ارزیابی پیشنهادهای برنامه‌ریزی و یا شرکت در مناقصات منابع کمیاب و سپس انتخاب پروژه‌هایی که به بهترین نحو اهداف متناقص را شامل می‌شود و یا به علاقه‌مندی جمعی نزدیکتر است. هر چه تعداد پروژه‌ها افزایش پیدا کند روند انتخاب به دلایلی نظیر اهداف متعدد و متناقص، مقایسه اهداف کمی و کیفی، پروژه‌های وابسته، عدم قطعیت داده‌ها با توجه به شاخص خاص، نیازمندی‌های شرکتی و محدودیت‌ها و نمونه‌های محلی بسیار زیاد سخت‌تر می‌شود. اولین اقدام در انتخاب پروژه‌های موجود، ارزیابی کامل هر یک از پروژه‌ها از دیدگاه‌های مختلف از جمله سود، هزینه، ریسک، زمان، نوع، اندازه، ذینفعان، تکنولوژی‌های مورد نیاز و غیره است. در این ارزیابی نوع پروژه‌ها از لحاظ کم ریسکی و یا پر ریسکی، بلندمدت یا کوتاه‌مدت، اداره کننده، رشد دهنده و یا انتقال دهنده بودن پروژه و سایر مسائل مشخص می‌شود که معیاری برای دسته‌بندی پروژه‌ها خواهد بود و در مراحل بعدی انتخاب پرتفولیوی بهینه از آن به منظور کمک به موازنه پرتفولیو استفاده خواهد شد. مرحله بعدی، مرحله پیش ارزیابی است. بدین صورت که شرکت‌ها پیش از هر انتخابی اقدام به ایجاد و تشریح استراتژی‌های مطلوب خود می‌نمایند و سپس بر حسب این استراتژی‌های مشخص شده اقدام به تشکیل پرتفولیو استراتژیکی خود می‌نمایند. مرحله پیش ارزیابی امکان متنوع‌سازی بیشتر و آگاهانه پروژه‌ها را با توجه به استراتژی منتخب شرکت و قابلیت‌های بنیادی موجود آن، برای شرکت‌های عمرانی فراهم می‌آورد. ضمنا به شناخت نقاط تمرکز و نحوه تخصیص منابع در پرتفولیو، کمک شایانی خواهد کرد. تخصیص منابع و انتخاب پروژه از مباحث بحرانی در سازمان‌های استوار شده بر پروژه‌ها می‌باشند. این سازمان‌ها به برنامه، ارزیابی و کنترل پروژه‌های خود مطابق با مدیریت سازمانی و برنامه‌ها نیاز دارند. در این مطالعه از ۳ روش ترکیبی برای انتخاب یک ترکیب بهینه برای پروژه پیشنهاد شده است. بیشترین سازگاری بین انتخاب‌های نهایی و رتبه‌های آغازین پروژه بدست می‌آید، همزمان با اینکه اهداف متنوع سازمانی را بررسی می‌کند. مدل پیشنهادی شامل ۳ مرحله است که هر مرحله تشکیل شده از چندین قدم و مرحله است. در این تحقیق ابتدا از روش BWM[۱] (بهترین-بدترین) جهت وزن دهی، سپس از روش VIKOR[۲] جهت انتخاب و در نهایت از روش IP[۳] جهت مدل کردن ریاضی پروژه‌ها استفاده شده است. در نهایت مطالعه موردی برای اثبات اجرایی بودن روش پیشنهادی و نشان دادن تأثیر الگوریتم و رویه آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- ادبیات موضوع

چانگ و لی (۲۰۱۲) یک مدل یکپارچه تحلیل پوششی داده فازی و فرمول‌بندی کوله پشتی برای مسئله انتخاب پروژه توسعه داده‌اند. در این مطالعه محدودیت‌های تکنولوژیکی و تابع جریمه نیز در نظر گرفته شده است. عملکرد رویکرد پیشنهادی نیز براساس الگوریتم ABC مورد بررسی قرار گرفته است[۳].

توانا و همکاران (۲۰۱۵) مسئله انتخاب سبد پروژه را در محیط فازی مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه از روش ترکیبی سه مرحله‌ای برای انتخاب بهینه پروژه‌ها استفاده شده است. به منظور ارزیابی اولیه پروژه‌ها از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) استفاده گردید. در ادامه روش تصمیم‌گیری چند معیاره TOPSIS برای رتبه‌بندی پروژه‌ها به کار گرفته شده است. در نهایت به منظور انتخاب سبد پروژه مناسب در محیط فازی یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی توسعه داده شده است. همچینین یک مطالعه موردی برای اثبات کارایی روش ترکیبی پیشنهادی ارائه شده است[۴].

کشاورز و همکاران (۲۰۱۵) یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره برای مسئله انتخاب پروژه ارائه داده‌اند. بدین منظور از روش VIKOR استفاده شده است. همچنین برای در نظر گرفتن عدم قطعیت، مجموعه فازی نوع دوم به کار گرفته شده است. همچنین برای ارزیابی روش حل پیشنهادی یک مطالعه موردی نیز ارائه شده است[۵].

هاشم‌خانی و همکاران (۲۰۱۵) مسئله انتخاب پروژه را مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور از روش تصمیم‌گیری SWARA استفاده شده است. به منظور ارزیابی روش پیشنهادی یک مطالعه موردی ارائه شده است. نتایج محاسباتی نشان‌دهنده کارایی روش پیشنهادی بوده است[۶].

ویبوو و گراندی (۲۰۱۶) مسئله انتخاب پروژه‌های با سطح تکنولوژی بالا را مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره گروهی در شرایط عدم قطعیت ارائه شده است. عدم قطعیت موجود در مطالعه با استفاده از رویکرد فازی مد نظر قرار گرفته است. به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی یک مطالعه موردی در نظر گرفته شده و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده حاکی از عملکرد مناسب رویکرد پیشنهادی بوده است[۷].

والزاک و روسکووسکا (۲۰۱۷) رتبه‌بندی پروژه‌ها براساس بودجه‌های مشارکتی را انجام دادند. بدین منظور از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS استفاده شده است. ابهامات موجود در مدل بصورت متغیر فازی در مدل در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی عملکرد مدل پیشنهای یک مطالعه موردی نیز ارائه شده است[۸].

جعفرزاده و همکاران (۲۰۱۸) مسئله انتخاب سبد پروژه را در شرایط اولویت‌دار بودن معیارها، عدم قطعیت و وابسته بودن پروژه‌ها مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور یک روش ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و گسترش عملکرد کیفیت (QFD) توسعه داده شده است. برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، ۳۰ پروژه واقعی در نظر گرفته شده و کارایی رویکرد پیشنهادی ارزیابی گردیده است[۹].

پرز و همکاران (۲۰۱۸) مسئله انتخاب و برنامه‌ریزی سبد پروژه را با در نظر گرفتن محدودیت‌های فازی بررسی نمودند. بدین منظور یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی توسعه داده شده است. در مدل پیشنهادی، ناسازگاری میان پروژه‌ها و همچنین ترتیب زمانی اجرا پروژه‌ها مد نظر قرار گرفته است. به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی، یک مطالعه موردی نیز بررسی شده است[۱۰].

چاترجی و همکاران (۲۰۱۸) مسئله اولویت‌بندی سبد پروژه‌ها را مورد مطالعه قرار دادند. همچنین برای اولویت‌بندی پروژه‌ها از میان مجموعه‌ای از سبد پروژه از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است[۱۱].

وو و همکاران (۲۰۱۸) یک چارچوب چند معیاره بیانی فازی برای انتخاب سبد پروژه در مقیاس بزرگ توسعه داده‌اند. بدین منظور از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است. در این مطالعه از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره PROMETHEE II استفاده شده است. همچنین برای حل مسئله در مقیاس بزرگ و بدست آوردن مجموعه‌ای از جواب‌ها یک الگوریتم فراابتکاری ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب (NSGA II) توسعه داده شده است[۱۲].

با توجه به بررسی ادبیات گذشته موضوع مشاهده می‌شود که در مطالعات اندکی برای انتخاب پروژه‌ها از مدل ریاضی استفاده شده است. در اکثر مطالعات قبلی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره جهت تعیین بهترین پروژه‌ها به کار گرفته شده‌اند. همچنین در هیچ یک از مطالعات پیشین، از روش تصمیم‌گیری بهترین - بدترین برای محاسبه وزن معیارها استفاده نکرده‌اند.

۳- روش‌شناسی

در این تحقیق از سه روش VIKOR، بهترین-بدترین و مدل برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است که در ادامه در رابطه با این روش‌ها توضیح داده شده است

۳-۱- روش VIKOR

روش VIKOR، توسط اوپریکوویچ و ژنگ[۱۱]، گسترش پیدا کرد. این روش، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که برگرفته از نام صربستانی بهینه‌سازی چند معیاره و حل سازش[۱۲]، می‌باشد[۱۳]. این روش روی دسته‌بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه‌ها تمرکز دارد و جواب‌های سازشی را برای حل یک مسئله با معیارهای متضاد تعیین می‌کند، به‌طوریکه قادر است تصمیم‌گیرندگان را برای دست‌یابی به یک تصمیم نهایی یاری دهد. در اینجا جواب سازشی، نزدیکترین جواب موجه به جواب ایده آل است و کلمه‌ی سازش به یک توافق متقابل اطلاق می‌شود. این جواب سازشی یک شاخص رتبه‌بندی چند معیاره بر اساس نزدیکی به جواب ایده‌آل را مطرح می‌سازد[۱۴]. مطابق نظر اوپریکوویچ و ژنگ، روش چند معیاره برای رتبه‌بندی سازشی از الپیمتریک[۱۴]، به‌عنوان یک تابع یکپارچه در روش برنامه‌ریزی سازشی استفاده می‌کند[۱۵]. روش تصمیم‌گیری چند معیاره از روش‌هایی است که همیشه مورد بررسی محققین بوده است[۱۶-۲۰]. روش ویکور یکی از مشهورترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌کند و در مورد راه‌حل‌های توافقی حکم می‌کند که کدام یک به ایده‌آل ما نزدیک‌تر است[۲۱].

۳-۲- روش بهترین-بدترین

مسئله‌ای که در سالیان اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته، نحوه محاسبه وزن معیارها می‌باشد. در چند دهه اخیر، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مختلفی توسعه داده شده‌اند که مهمترین آنها AHP[۱۱]، ANP[۱]، TOPSIS[۱۱]، ELECTRE[۱۱]، VIKOR[۱۱] و PROMETHEE[۱۱] می‌باشند. روش مقایسه زوجی که نخستین بار توسط سارستن معرفی شده یک روش ساختار یافته برای ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری است، اما در روش بهترین-بدترین (BWM) وزن‌ها براساس مقایسات زوجی با روش متفاوتی نسبت به روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره موجود بدست می‌آید. در این روش داده‌های مقایسه‌ای کمتری نسبت به روش‌های دیگر نیاز دارد و ناسازگاری را با ایجاد یک نوع از مقایسات زوجی از بین می‌برد. در این روش n معیار وجود دارد و مقایسه زوجی بین این معیارها در مقیاس ۱/۹ تا ۹ انجام می‌گیرد. اساس روش بهترین - بدترین درک بهتر از مقایسه زوجی می‌باشد. زمانیکه مقایسه زوجی انجام می‌شود، تصمیم‌گیرنده جهت و شدت ترجیح i بر j را بیان می‌کند. در اکثر مواقع، تصمیم‌گیرنده مشکلی در نشان دادن جهت ترجیح ندارد.، اما بیان شدت ترجیح یک وظیفه دشوار است که منبع اصلی ناسازگاری می‌باشد و از این طریق می‌تواند به راحتی مفهوم خود را بیان کند. روش بهترین - بدترین یکی از جدیدترین روش‌ها برای محاسبه وزن معیارها می‌باشد که در این تحقیق به منظور محاسبه وزن معیارها از این روش استفاده شده است..[۲۲].

۳-۳-مدل ریاضی و ساده سازی آن

مدل ریاضی از علایم و روابط ریاضی برای معرفی سیستم استفاده می‌کند. هدف از تهیه مدل ریاضی، حل مدل ارائه شده می‌باشد تا شاخص‌های کارایی مطلوب بدست آید. عموماً نام تحقیق در عملیات با مدل ریاضی همراه است. در فرموله کردن این نوع مدل چنین فرض می‌شود که تمام متغیرهای مربوطه کمی بوده و برای بیان رفتار سیستم، آنها توسط توابع ریاضی بهم مربوط می‌شوند سپس جواب مدل از راه محاسبات ریاضی مناسب بدست می‌آید. ساختار مدل ریاضی در برنامه‌ریزی ریاضی به صورت زیر می‌باشد:

۱- متغیرهای تصمیم‌گیری: متغیرها مجهولاتی هستند که باید از روی جواب مدل تعیین شوند.

۲- پارامترها: یک عامل قابل اندازه‌گیری است و با توجه به ویژگی‌های سیستم به منظور حل مدل، از پیش تعیین می‌شود.

۳- محدودیت‌ها: در دنیای واقعی هر مسئله دارای محدودیت‌هایی از جمله محدودیت مالی، منابع و غیره می‌باشد. در مدل‌های ریاضی، محدودیت‌ها فضای جواب مسئله را تعیین می‌کند.

۴- تابع هدف: تابعی است از متغیرهای تصمیم که اگر کمیتی مطلوب باشد قصد حداکثرسازی آن را داریم و اگر کمیتی نامطلوب است قصد حداقل‌سازی آن را داریم. این تابع می‌تواند میزان سود یا هزینه سیستم بصورت تابعی ریاضی از متغیرهای تصمیم‌گیری باشد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- معیارهای مورد استفاده

بطور کلی در این پژوهش برای انتخاب بهینه گزینه مورد نظر، چندین معیار و زیرمعیار بررسی و وزن‌دهی شده و نهایتا گزینه مورد نظر که یکی از پروژه‌های ذکر شده در گام بعدی است انتخاب می‌گردد. در این قسمت به توضیح مختصری در مورد هر کدام از معیارها و علت انتخاب آن‌ها پرداخته شده است.

۴-۱-۱- سهولت اجرا

مفهوم از این معیار این است که مشخص شود در واقع پروژه مورد نظر از لحاظ اجرایی تا چه حد با سختی‌ها و مشکلات روبرو است که این خود می‌تواند مهم‌ترین عامل در انتخاب یک پروژه باشد.

۴-۱-۲- زمان

معیار دوم زمان توافقی برای اتمام پروژه است که از این نظر برای پیمانکاران اهمیت دارد که هرچه پروژه زودتر به اتمام برسد، بازگشت پول نیز سریع‌تر خواهد بود. همچنین هر چه زمان اتمام یک پروژه زودتر باشد، این امکان را به پیمانکار می‌دهد که سریع‌تر پروژه دیگری را شروع کند. بنابراین از نظر اهمیت چیزی از معیار اول کم نخواهد داشت.

۴-۱-۳- مالی

معیار سوم اینگونه مورد بررسی قرار خواهد گرفت که شرایط پرداخت کارفرما به پیمانکار در آن بررسی گردد. مسلما اگر از لحاظ مالی و پرداخت‌های کارفرما ناهماهنگی ایجاد شود، نه تنها پروژه دچار عدم پیشرفت می‌شود، بلکه تمامی معادلات پیمانکار در کارش بهم خواهد خورد. در تمامی پروژه‌های مورد نظر شرایط وصول صورت‌وضعیت‌ها اینگونه در نظر گرفته می‌شود که ابتدا پیمانکار تمامی هزینه ساخت پروژه را متقبل شود و در انتها با در نظر گرفتن یک سود مشخص، این هزینه برگشت داده شود. با این فرض، زمان اتمام یک پروژه برای پیمانکار معنای بیشتری پیدا می‌کند.

۴-۱-۴- موقعیت جغرافیایی

این معیار با توجه به دو عامل موقعیت اقلیم آب و هوایی-جغرافیایی و موقعیت مکانی شهری در نظر گرفته خواهد شد. در واقع اگر این معیار مناسب باشد، بصورت مستقیم بر سه معیار (سهولت اجرا، زمان و مالی) تأثیر مثبت خواهد داشت. در زیر معیار اول هرچه موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی پروژه موردنظر، مطلوب‌تر (منطقه غیرکوهستانی و هموار و آب و هوای گرم و آفتابی و معتدل) و در زیر معیار دوم هرچه موقعیت مکانی پروژه (منطقه خلوت، وجود زمین خالی در مجاورت آن برای دپوی راحت‌تر مصالح و عدم شکایت همسایگان از ایجاد سروصدا) مناسب‌تر باشد، قطعا پیمانکار رغبت بیشتری برای اجرای آن پروژه خواهد داشت.

۴-۱-۵- اهمیت سازه

این معیار تنها از نظر "کاربری" برای پیمانکار اهمیت دارد. بدین گونه که بطور مثال طراحی و اجرای ساختمان با کاربری "مسکونی، تجاری، آموزشی، خدمات رسانی و ..." بطور کامل باهم تفاوت دارند و چون هرکدام نکاتِ ریزِ مربوط به خود را دارند، به همین جهت در انتخاب یک پروژه برای پیمانکار بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این کار تحقیقاتی، پروژه‌های مورد نظر از نظر کاربری در ۳دسته (مسکونی، تجاری، مسکونی-تجاری) تقسیم شده است و هرکدام با توجه به کاربری خاص خود پیمانکار را مجاب می‌کند که به اجرای کدام پروژه رغبت بیشتری داشته باشد.

۴-۱-۶- حسن شهرت کارفرما

این معیار قطعا از مهمترین عوامل و فاکتورهایی است که پیمانکار باید از درستی و اطمینان آن قبل از انتخاب پروژه اطمینان حاصل کند. مسلما کارفرمایی که نتواند در انتهای کار با پیمانکار تسویه حساب مالی انجام دهد، خسارت جبران ناپذیری به او وارد خواهد کرد.

۴-۲- گزینه‌ها(پروژه‌ها)ی تحقیق

پس از مشخص شدن معیارها، به تشریح گزینه‌های موجود و بررسی مزایا و معایب هر یک پرداخته خواهد شد.

۴-۲-۱- پروژه دو طبقه دوبلکس با زیرزمین

زیربنای این پروژه ۶۰۰ مترمربع است. محل اجرای آن یکی از روستاهای شهرستان قائم‌شهر می‌باشد. از نظر موقعیت مکانی در تپه کوه واقع است و بدلیل دور بودن از شهر شرایط سختی در فراهم کردن مصالح بخصوص بتن و همچنین نیروی انسانی مجرب وجود دارد. نوع سازه، سیستم دال بتنی مجوف می‌باشد که یک سیستم نوین بوده و مستلزم به‌کارگیری نیروی کار ماهر و با تجربه بالا در آرماتوربندی است. مدت زمان توافقی برای اجرای اسکلت هفت ماه است. کارفرما از نظر مالی، تأمین بوده و مشکلی در پرداخت صورت وضعیت وجود ندارد.

۴-۲-۲- پروژه سه طبقه تجاری به‌همراه زیرزمین و نیم‌طبقه

زیربنای احداث این پروژه ۱۲۰۰ مترمربع است. محل اجرای آن شهرستان ساری است که در موقعیت مکانی مناسبی از لحاظ تجاری قرار دارد. همچنین بدلیل نزدیکی به شهر از لحاظ تأمین منابع انسانی و مصالح مشکلی وجود نخواهد داشت. اسکلت این سازه بتنی با قاب ساده(دیوار برشی) بوده، ولی دهانه‌های ده متری با تیرچه‌های جوشی بصورت دوبل در آن استفاده شده است. بدلیل وجود دهانه‌های بزرگ، طراحی دیوارهای برشی نیز بیش از حد انتظار بوده و این موضوع میزان اهمیت در نظارت ناظر و توان اجرایی مجری را بیش از پیش متذکر می‌شود. مدت زمان توافقی برای اجرای اسکلت این پروژه به همراه گودبرداری چهار ماه است. کارفرما از معتمدین بازار شهر بوده و اطمینان و اعتماد در پرداخت به‌موقع صورت وضعیت وجود دارد.

۴-۲-۳- پروژه هفت طبقه مسکونی

زیربنای احداث این پروژه ۳۲۰۰ مترمربع است. محل اجرای آن شهرستان ساری است که از نظر موقعیت مکانی از مناطق مناسب شهری به حساب می‌آید. همچنین بدلیل واقع بودن در شهر از نظر تأمین مصالح و نیروی انسانی ماهر دغدغه‌ای وجود ندارد. از طرفی چون از طریق خیابانی به کمربندی شهر راه دارد، به همین دلیل این امکان را به وجود می‌آورد در هر زمان از شبانه‌روز اقدام به تخلیه مصالح شود و مهم‌تر اینکه در هر روز می‌توان اقدام به بتن‌ریزی کرد که این خود یک مزیت بالا در اجرای اسکلت برای پیمانکار می‌باشد. نوع سیستم این سازه، سیستم بتنی با قاب خمشی(بدون دیوار برشی) می‌باشد که جزء سازه‌های ساده محسوب می¬شود. مدت زمان توافقی برای تحویل اسکلت نه ماه می‌باشد. کارفرمای این پروژه نیز از جمله افراد شناخته شده شهر بوده و خود تضمینی در پرداخت صورت‌وضعیت می‌باشد.

۴-۲-۴- پروژه هشت طبقه تجاری با دو طبقه زیرزمین

زیربنای اجرایی این پروژه ۴۰۰۰ مترمربع و محل اجرای آن شهرستان ساری، بلوار خزر می‌باشد که مکان مناسبی برای اجرای یک پروژه تجاری است. بدلیل واقع بودن در خیابان اصلی باید نکات ایمنی را بدقت اجرا کرد. چراکه چنین مناطقی در معرض بازدید همیشگی نیروهای شهرداری است و کمترین کم‌کاری در زمینه ایمنی می‌تواند به قیمت تعطیلی کارگاه و تعویق در تحویل اسکلت و بدنبال آن ضرر مالی باشد. نوع سیستم این سازه، اسکلت فلزی با قاب ساده است که با توجه به اهمیت سازه(تجاری) نیازمند یک تیم اجرایی توانمند با تجربه کافی در مبحث جوشکاری می‌باشد. همچنین طبق گزارشات آزمایشگاه خاک، خاک محل دارای ضعف می‌باشد و نیاز به اجرای ریزشمع‌ها دارد تا خاک از نظر باربری به قدرت مورد نظر برسد. مدت زمان توافقی جهت تحویل اسکلت به کارفرما شش ماه می‌باشد. کارفرمای این پروژه جمعی از سرمایه‌داران شهر بوده که خود تضمینی در پرداخت صورت‌وضعیت است.

۴-۲-۵. پروژه ده طبقه تجاری-مسکونی با یک طبقه زیرزمین

زیربنای اسکلت این پروژه ۵۰۰۰ مترمربع است. محل اجرای آن شهرستان نکا و در یکی از مناطق مناسب تجاری شهر می‌باشد. همچنین بدلیل نزدیکی به شهر، تأمین مصالح و نیروی انسانی سخت نیست. اما از طرفی بدلیل نوع اسکلت آن که بتنی با دال مجوف می‌باشد، نیازمند در اختیار داشتن یک گروه اجرایی مجرب در زمینه آرماتوربندی است که مسلما این موضوع از لحاظ قرارداد با آرماتوربند و هزینه آن کمی سنگین‌تر خواهد شد. زمان توافقی اجرا و تحویل اسکلت یازده ماه است. همچنین کارفرما نیز فرد معتبری می‌باشد.

۴-۲-۶- پروژه دو طبقه مسکونی با یک طبقه زیرزمین

زیربنای این پروژه ۳۶۰ مترمربع است. محل اجرای آن، ساری می‌باشد. محل احداث پروژه دارای خیابان عریضی است که زمین در آن واقع است، اسکلت فلزی، گزینه نهایی توافقی بین کارفرما و پیمانکار بوده است. نوع سیستم آن مهاربندی می‌باشد. مدت زمان اجرای آن هفت ماه پیشنهاد شده است. همچنین کارفرما فردی عادی است و با توجه به هزینه اولیه سنگین در اسکلت فلزی احتمال بروز تعویق در وصول نهایی صورت‌وضعیت می‌باشد.

مدل پیشنهادی شامل سه مرحله که هر مرحله تشکیل شده از چندین قدم و مرحله است. در این تحقیق ابتدا از روش BWM (بهترین-بدترین) جهت وزن دهی، سپس از روش VIKOR جهت انتخاب و در نهایت از روش IP جهت مدل کردن ریاضی پروژه‌ها استفاده خواهد شد. در نهایت مطالعه موردی برای اثبات اجرایی بودن روش پیشنهادی و نشان دادن تأثیر الگوریتم و رویه آن مورد استفاده قرار می گیرد.

۴-۳- روش BWM

در این بخش وزن‌دهی مربوط به معیارهای در نظر گرفته شده در مطالعه موردی انجام خواهد شد. همانطورکه اشاره گردید در این مطالعه قرار است از میان چند پروژه، یک یا ترکیبی از چند پروژه از سوی پیمانکار براساس معیارهای معرفی شده انتخاب شود. در این راستا ابتدا مجموعه ای از معیارهای تصمیم گیری به شرح زیر تعیین گردیده است.

اهمیت سازه : C۳	سهولت اجرا :C۲	مالی :C۱
موقعیت جغرافیایی :C۶	زمان :C۵	حسن شهرت :C۴

همچنین لازم به ذکر است وزن مربوط به هر یک از معیارها با W_I نشان داده می‌شود. به طور مثال W_1 نشان دهنده وزن معیار مالی می-باشد. در ادامه مقایسات معیارها نسبت به هم و همچنین مقایسه آنها با توجه به هر یک از گزینه‌ها انجام می‌گیرد.

۴-۳-۱ .مقایسه معیارها نسبت به هم

در این قسمت با اهمیت‌ترین و کم اهمیت‌ترین معیار را انتخاب می‌کنیم. مسلما یک پیمانکار ساختمانی برای انتخاب یک پروژه از میان چند پروژه، به معیار مالی بعنوان اولین و مهم‌ترین معیار نگاه خواهد کرد. همچنین از آنجایی که موقعیت جغرافیایی اهمیت چندانی نسبت به سایر معیارها ندارد بعنوان کم‌اهمیت‌ترین معیار فرض شده است. با توجه به اینکه معیار مالی به عنوان با اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شده است، مقایسه این معیار نسبت به سایر معیارها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱- مقایسه زوجی برای بهترین معیار

سایر / بهترین	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_1	۱	۳	۵	۷	۹	۹

به همین ترتیب مقایسه سایر معیارها نسبت به کم اهمیت‌ترین معیار یعنی موقعیت جغرافیایی در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول۲- مقایسه زوجی برای بدترین معیار

بدترین / سایر	C_6
C_1	۹
C_2	۷
C_3	۵
C_4	۳
C_5	۱
C_6	۱

در نهایت جهت تعیین وزن بهینه، روابط بین معیارها براساس مدل ارائه شده بصورت زیر نوشته شده است.

$$\min X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_2}-3\right| \le X \qquad \left|\frac{W_2}{W_6}-7\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_3}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_3}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_4}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_4}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_5}-9\right| \le X \qquad \left|\frac{W_5}{W_6}-1\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_6}-9\right| \le X \qquad W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6=1$$

مدل فوق در نرم افزار برنامه‌ریزی ریاضی GAMS پیاده‌سازی شده است. پس از حل مدل فوق، وزن بهینه معیارها بصورت زیر بدست آمده است.

W_1= ۰/٤۱ W_2= ۰/۳۲۲ W_3= ۰/۱۲٥

W_4= ۰/۰٤۹ W_5= ۰/۰٥٦ W_6= ۰/۰۳۸

۴-۳-۲ مقایسه معیارها نسبت به هم با توجه به گزینه(پروژه دو طبقه دوبلکس با زیرزمین)

در این پروژه با توجه به کوچک بودن پروژه و ساختار ویلا سازی آن، یک پیمانکار قبل از هر چیز به معیار مالی بعنوان با اهمیت-ترین معیار نگاه می‌کند. همچنین چون موقعیت جغرافیایی تاثیر چندانی در انتخاب پروژه برای پیمانکار ندارد، کم‌اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه معیار مالی به عنوان با اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شده است، مقایسه این معیار نسبت به سایر معیارها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول۳- مقایسه زوجی برای بهترین معیار

سایر / بهترین	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	۱	۳	٥	٥	۷	۹

به همین ترتیب مقایسه سایر معیارها نسبت به کم اهمیت‌ترین معیار یعنی موقعیت جغرافیایی در جدول ۴ گزارش شده است.

جدول۴- مقایسه زوجی برای بدترین معیار

بدترین / سایر	C6
C1	۹
C2	۷
C3	٥
C4	٥
C5	۳
C6	۱

در نهایت جهت تعیین وزن بهینه، روابط بین معیارها براساس مدل ارائه شده بصورت زیر نوشته شده است.

$$\min X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_2}-3\right| \le X \qquad \left|\frac{W_2}{W_6}-7\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_3}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_3}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_4}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_4}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_5}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_5}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_6} - 9\right| \leq X \qquad W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 1$$

مدل فوق در نرم افزار برنامه‌ریزی ریاضی GAMS پیاده‌سازی شده است. پس از حل مدل فوق، وزن بهینه معیارها بصورت زیر بدست آمده است.

W_1= ۰/۳۷٤ W_2= ۰/۲۹۳ W_3= ۰/۱۱۴

W_4= ۰/۱۱٤ W_5= ۰/۰٦۹ W_6= ۰/۰۳۵

۴-۳-۳ . مقایسه معیارها نسبت به هم با توجه به گزینه (پروژه سه طبقه تجاری به همراه زیرزمین و نیم‌طبقه)

در این گزینه با توجه به سختی‌ها و مشکلاتی که در اجرا وجود دارد قطعا سود مالی قابل قبول، یک پیمانکار را راغب به اجرای چنین کاری می‌کند. از طرفی با توجه به موقعیت مکانی عادی که محل اجرای پروژه دارد، موقعیت مکانی معیار خاصی به حساب نمی‌آید و کم‌اهمیت ترین معیار پیمانکار به حساب می‌آید. با توجه به اینکه معیار مالی به عنوان با اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شده است، مقایسه این معیار نسبت به سایر معیارها در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول۵- مقایسه زوجی برای بهترین معیار

سایر / بهترین	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_1	۱	۵	۳	۷	۵	۹

به همین ترتیب مقایسه سایر معیارها نسبت به کم اهمیت ترین معیار یعنی موقعیت جغرافیایی در جدول ۶ گزارش شده است.

جدول ۶- مقایسه زوجی برای بدترین معیار

بدترین / سایر	C_6
C_1	۹
C_2	۵
C_3	۷
C_4	۳
C_5	۵
C_6	۱

در نهایت جهت تعیین وزن بهینه، روابط بین معیارها بصورت زیر نوشته شده است.

$$\min X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_2} - 3\right| \leq X \qquad \left|\frac{W_2}{W_6} - 7\right| \leq X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_3} - 5\right| \leq X \qquad \left|\frac{W_3}{W_6} - 5\right| \leq X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_4}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_4}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_5}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_5}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_6}-9\right| \le X \qquad W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6=1$$

مدل فوق در نرم‌افزار برنامه‌ریزی ریاضی GAMS پیاده‌سازی شده است. پس از حل مدل فوق، وزن بهینه معیارها بصورت زیر بدست آمده است.

W_1= ۰/۳۷٤ W_2= ۰/۲۹۳ W_3= ۰/۱۱٤

W_4= ۰/۱۱٤ W_5= ۰/۰۶۹ W_6= ۰/۰۳۵

۴-۳-۴ . مقایسه معیارها نسبت به هم با توجه به گزینه (پروژه مسکونی هفت طبقه)

با توجه به اینکه این پروژه بصورت مشارکت بین کارفرما و پیمانکار ساخته خواهد شد، مطمئنا زمان تعیین شده اجرای پروژه با اهمیت‌ترین معیار برای پیمانکار به حساب می‌آید و از طرفی به دلیل ساخت مشارکتی چون کارفرما فقط زمین را در اختیار می‌گذارد و دخل و تصرفی در قسمت مالی کار ندارد، حسن شهرت کارفرما هیچگونه اهمیتی برای پیمانکار در انتخاب این گزینه نخواهد داشت. اما بر خلاف سه پروژه قبلی، در این پروژه معیار زمان به عنوان با اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شده است. از اینرو مقایسه این معیار نسبت به سایر معیارها در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول۷- مقایسه زوجی برای بهترین معیار

سایر / بهترین	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_5	۳	۷	٥	۹	۱	۷

همچنین با توجه به اینکه کم اهمیت‌ترین معیار در این پروژه معیار حسن شهرت کارفرما می‌باشد، مقایسه سایر معیارها نسبت به این معیار در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول۸- مقایسه زوجی برای بدترین معیار

بدترین / سایر	C_4
C_1	۷
C_2	۳
C_3	٥
C_4	۱
C_5	۹
C_6	۳

در نهایت روابط زیر در نرم افزار GAMS جهت تعیین وزن بهینه هر یک از معیارها پیاده سازی شده است.

$$\min X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_2}-3\right| \le X \qquad \left|\frac{W_2}{W_6}-7\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_3}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_3}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_4}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_4}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_5}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_5}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_6}-9\right| \le X \qquad W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6=1$$

مدل فوق در نرم‌افزار برنامه‌ریزی ریاضی GAMS حل شده است. پس از حل مدل فوق، وزن بهینه معیارها بصورت زیر بدست آمده است.

W_1= ۰/٤٦٩ W_2= ۰/۲۳۱ W_3= ۰/۱٤۳

W_4= ۰/۰۵۸ W_5= ۰/۰۵٦ W_6= ۰/۰٤٤

۴-۳-۵ . مقایسه معیارها نسبت به هم با توجه به گزینه (پروژه هشت طبقه تجاری با دو طبقه زیرزمین)

در این پروژه با توجه به اینکه نوع اجرای سازه یوبوت می‌باشد و اهمیتی که یک سازه یوبوت چه در طراحی، اجرا و نظارت خواهد داشت، مسلما یک پیمانکار مسئول، قبل از هر چیزی به معیار اهمیت سازه توجه خواهد کرد. همچنین از طرفی چون مکان پروژه تاثیر بخصوصی برای پیمانکار در حین اجرا ندارد، کم اهمیت‌ترین معیار نیز به حساب می‌آید. در این پروژه با توجه به ماهیت آن، معیار اهمیت سازه به عنوان با اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شده است. از اینرو مقایسه این معیار نسبت به سایر معیارها در جدول ۹ گزارش شده است.

جدول ۹- مقایسه زوجی برای بهترین معیار

سایر / بهترین	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_3	۳	۵	۱	۷	۵	۹

با توجه به توضیحات ارائه شده، معیار موقعیت جغرافیایی بار دیگر کم اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شده و مقایسه سایر معیارها نسبت به این معیار در جدول ۱۰ گزارش شده است.

جدول ۱۰- مقایسه زوجی برای بدترین معیار

بدترین / سایر	C_6
C_1	۷
C_2	۵
C_3	۹
C_4	۳
C_5	۵
C_6	۱

روابط بین معیارها براساس مدل ارائه شده بصورت زیر جهت محاسبه وزن بهینه معیارها نوشته خواهد شد.

$$\min X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_2}-3\right| \le X \qquad \left|\frac{W_2}{W_6}-7\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_3}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_3}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_4}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_4}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_5}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_5}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_6}-9\right| \le X \qquad W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6=1$$

مدل فوق در نرم‌افزار برنامه‌ریزی ریاضی GAMS پیاده‌سازی شده است. پس از حل مدل فوق، وزن بهینه معیارها بصورت زیر بدست آمده است.

W_1= ۰/۳۷٤ W_2= ۰/۲۹۳ W_3= ۰/۱۱۴

W_4= ۰/۱۱۴ W_5= ۰/۰۶۹ W_6= ۰/۰۳۵

۴-۳-۶ . مقایسه معیارها نسبت به هم با توجه به گزینه (پروژه تجاری-مسکونی ده طبقه با یک طبقه زیرزمین)

در این پروژه با توجه به وسعت کاری که پروژه دارد، تنها یک سود مالی خوب پیمانکار را راغب به انتخاب و اجرای کار می‌کند. همچنین به دلیل وسیع و حساس بودن کار، خود به خود معیارهای دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار خواهند شد و پیمانکار به حسن شهرت کارفرما بعنوان کم اهمیت‌ترین معیار توجه خواهد کرد. با توجه به اینکه معیار مالی به عنوان با اهمیت‌ترین معیار در نظر گرفته شده است، مقایسه این معیار نسبت به سایر معیارها در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۱۱- مقایسه زوجی برای بهترین معیار

سایر / بهترین	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_1	۱	۵	۳	۹	۳	۷

همچنین مقایسه سایر معیارها نسبت به کم اهمیت‌ترین معیار یعنی حسن شهرت کارفرما در جدول ۱۲ گزارش شده است.

جدول ۱۲- مقایسه زوجی برای بدترین معیار

بدترین / سایر	C_4
C_1	۹
C_2	۵
C_3	۷
C_4	۱
C_5	۷
C_6	۳

روابط بین معیارها براساس مدل ارائه شده برای تعیین وزن‌های بهینه بصورت زیر نوشته خواهد شد.

$$\min X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_2}-3\right| \le X \qquad \left|\frac{W_2}{W_6}-7\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_3}-3\right| \le X \qquad \left|\frac{W_3}{W_6}-7\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_4}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_4}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_5}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_5}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_6}-9\right| \le X \qquad W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6=1$$

مدل فوق در نرم‌افزار برنامه‌ریزی ریاضی GAMS پیاده‌سازی شده است. پس از حل مدل فوق، وزن بهینه معیارها بصورت زیر بدست آمده است.

W_1= ۰/۳۵۱ W_2= ۰/۲۲۷ W_3= ۰/۲۲۷

W_4= ۰/۱۰۷ W_5= ۰/۰۵۶ W_6= ۰/۰۳۳

۴-۳-۷ . مقایسه معیارها نسبت به هم با توجه به گزینه (پروژه تجاری دو طبقه با یک طبقه زیرزمین)

در این پروژه نیز از آنجایی که یک پروژه مسکونی ساده می‌باشد و عدم شناختی که از کارفرما وجود دارد، پیمانکار به حسن شهرت کارفرما به عنوان با اهمیت‌ترین معیار نگاه می‌کند تا از بابت پرداخت حق‌الزحمه اجرای کار خیالش راحت باشد. همچنین همانطور که در ابتدا گفته شد چون پروژه یک سازه کاملا ساده می‌باشد، اهمیت سازه به هیچ وجه برای پیمانکار معیار مهمی به حساب نمی‌آید. همانطورکه اشاره گردید در این پروژه دو معیار حسن شهرت کارفرما و اهمیت سازه به ترتیب به عنوان با اهمیت-ترین و کم اهمیت‌ترین معیار انتخاب گردیده‌اند. از اینرو مقایسه سایر معیارها نسبت به این دو معیار به ترتیب در جدول ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۱۳- مقایسه زوجی برای بهترین معیار

سایر	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6

بهترین						
C_4	۳	۷	۹	۱	۷	۵

جدول ۱۴- مقایسه زوجی برای بدترین معیار

بدترین / سایر	C_3
C_1	۷
C_2	۳
C_3	۱
C_4	۹
C_5	۳
C_6	۵

در نهایت جهت تعیین وزن بهینه معیارها روابط زیر نوشته شده‌اند.

$$\min X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_2}-3\right| \le X \qquad \left|\frac{W_2}{W_6}-7\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_3}-5\right| \le X \qquad \left|\frac{W_3}{W_6}-5\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_4}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_4}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_5}-7\right| \le X \qquad \left|\frac{W_5}{W_6}-3\right| \le X$$

$$\left|\frac{W_1}{W_6}-9\right| \le X \qquad W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6=1$$

مدل فوق در نرم‌افزار برنامه‌ریزی ریاضی GAMS پیاده‌سازی شده است. پس از حل مدل فوق، وزن بهینه معیارها بصورت زیر بدست آمده است.

W_1= ۰/۴۶۹ W_2= ۰/۲۳۱ W_3= ۰/۱٤۳

W_4= ۰/۰۵۸ W_5= ۰/۰۵٦ W_6= ۰/۰٤٤

۴-۴- اولویت‌بندی با استفاده از روش VIKOR بوسیله‌ی وزن‌های بدست آمده از روش BWM

پس از مشخص شدن وزن‌ها با استفاده از روش بهترین-بدترین، با استفاده از روش VIKOR به اولویت‌بندی گزینه‌های موجود پرداخته خواهد شد. با توجه به روش بهترین-بدترین، براساس هر گزینه، معیارها با هم بررسی و مقایسه شده و وزن آنها حساب شده است، این وزن‌ها در جدول ۱۵ نشان داده شده است.

جدول ۱۵- ماتریس وزن

معیار / گزینه	مالی	سهولت اجرا	اهمیت سازه	حسن شهرت	زمان	موقعیت جغرافیایی
پروژه دو طبقه دوبلکس با زیرزمین	۰/۳۷۴	۰/۲۹۳	۰/۱۱۴	۰/۱۱۴	۰/۰۶۹	۰/۰۳۵
پروژه سه طبقه تجاری به همراه زیرزمین و نیم-طبقه	۰/۳۷۴	۰/۱۱۴	۰/۲۹۳	۰/۰۶۹	۰/۱۱۴	۰/۰۳۵
پروژه مسکونی هفت طبقه	۰/۲۳۱	۰/۰۵۸	۰/۱۴۳	۰/۰۴۴	۰/۴۶۹	۰/۰۵۶
پروژه هشت طبقه تجاری با دو طبقه زیرزمین	۰/۲۹۳	۰/۱۱۴	۰/۳۷۴	۰/۰۶۹	۰/۱۱۴	۰/۰۳۵
پروژه تجاری-مسکونی ده طبقه با یک طبقه زیرزمین	۰/۳۵۱	۰/۱۰۷	۰/۲۲۷	۰/۰۳۳	۰/۲۲۷	۰/۰۵۶
پروژه مسکونی دو طبقه با یک طبقه زیرزمین	۰/۲۳۱	۰/۰۵۸	۰/۰۴۴	۰/۴۶۹	۰/۰۵۶	۰/۱۴۳

پس از تشکیل ماتریس وزن، محاسبات با استفاده از الگوریتم روش ویکور انجام شده که نتیجه نهایی مطابق جدول ۶ بدست آمده است.

جدول ۱۶- محاسبه مقدار شاخص ویکور

گزینه	Q_i	اولویت
پروژه دو طبقه دوبلکس با زیرزمین	۰/۳۱۷۱	۴
پروژه سه طبقه تجاری به همراه زیرزمین و نیم‌طبقه	۰/۲۸۵۹	۳
پروژه هفت طبقه مسکونی	۰/۲۲۸۴	۲
پروژه هشت طبقه تجاری با دو طبقه زیرزمین	۰/۵۱۴۲	۵
پروژه ده طبقه تجاری-مسکونی با یک طبقه زیرزمین	۰/۱۱۱۸	۱
پروژه دو طبقه مسکونی با یک طبقه زیرزمین	۱	۶

در ادامه جهت انتخاب پروژه‌های بهینه، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی توسعه داده شده است.

۴-۵- مدل برنامه‌ریزی ریاضی

حال پس از وزن‌دهی معیارها و گزینه‌ها با روش BWM و اولویت‌بندی آن‌ها با روش VIKOR سعی خواهد شد بهترین گزینه‌ها در شرایط مختلف انتخاب گردد. بدین منظور یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی توسعه داده شده است. در ادامه پارامترها، متغیرها، تابع هدف و محدودیت‌های مسئله ارائه می‌شود.

۴-۵-۱. اندیس و پارامترها

I : مجموعه پروژه‌ها $I=\{A,B,C,D,E,F\}$

J : مجموعه دسته‌ها $J=\{1,2,3\}$

i: شماره پروژه

j: شماره دسته

a_i : ضریب اهمیت پروژه i

b_i : بودجه مورد نیاز برای اجرای پروژه i

c_j : سهم بودجه دسته j

B : کل بودجه در دسترس

۴-۵-۲. متغیر مسئله

x_i : اگر پروژه i انتخاب شود ۱ و در غیر اینصورت ۰ است.

۴-۵-۳. مدل ریاضی پیشنهادی

در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح توسعه داده شده است. تابع هدف مدل پیشنهادی شامل حداکثرسازی میزان اهمیت پروژه‌های انتخابی است. بدین ترتیب پروژه‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای بیشترین ضریب اهمیت از دید پیمانکار باشند.

$$\text{Max Z}= \sum_{i=1}^{P} a_i x_i \quad (۱)$$

$$\sum_{i\in I} b_i x_i \leq \text{B} \quad (۲)$$

رابطه (۲) نشان دهنده محدودیت بودجه می‌باشد. بدین معنی که مجموع هزینه‌های اجرایی پروژه‌های انتخاب شده نباید از سقف بودجه تجاوز نماید. رابطه (۳) الی (۵) محدودیت انتخاب پروژه را نشان می‌دهد. بدین ترتیب ابتدا پروژه‌ها به دسته‌های مختلف شامل تجاری، مسکونی و تجاری و مسکونی تقسیم شده‌اند، سپس از هر دسته حداقل یک پروژه انتخاب می‌شود تا تنوع دسته‌بندی و انتخاب از هر یک از دسته‌ها حفظ شود. دسته‌بندی انجام شده به صورت زیر می‌باشد.

دسته اول: تجاری (پروژه‌های B,D)

دسته دوم: مسکونی (پروژه‌های A,C,F)

دسته سوم: تجاری- مسکونی (پروژه E)

$$x_B + x_D \geq 1 \quad (۳)$$

$$x_A + x_C + x_F \geq 1 \quad (۴)$$

$$x_E \geq 1 \quad (۵)$$

علاوه بر محدودیت‌های فوق، محدودیت دیگر در خصوص میزان بودجه تخصیص یافته به هر یک از دسته‌های تعیین شده، در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب که هر دسته علاوه بر اینکه محدودیت انتخاب دارند، محدودیت بودجه نیز دارند. بدین منظور که میزان هزینه‌های اجرا برای هر یک از دسته‌ها نباید از میزان بودجه تخصیص یافته به آن دسته بیشتر شود. این محدودیت برای سه دسته در رابطه (۶) نشان داده شده است.

$$\sum_{i\in j} b_i x_i \le c_j B \qquad \forall j \in J \tag{۶}$$

۴-۵-۴. حل مسئله با استفاده از مدل ریاضی پیشنهادی

همانطورکه اشاره گردید در این مطالعه ۶ پروژه در نظر گرفته شده که با استفاده از روش BWM وزن‌دهی معیارها انجام شده و با استفاده از روش VIKOR پروژه‌ها رتبه‌بندی گردیدند. براساس رتبه بدست آمده میزان اهمیت هر یک از پروژه‌ها (a_i) تعیین گردید به نحوی که پروژه با رتبه بهتر دارای اهمیت بیشتری بوده است. بر این اساس میزان اهمیت هر یک از پروژه‌ها بصورت زیر محاسبه شده است.

$D=\frac{3}{21}=$ ۰/۱۴۲۹ $\qquad E=\frac{6}{21}=$ ۰/۲۸۵۷

$C=\frac{2}{21}=$ ۰/۰۹۵۲ $\qquad B=\frac{5}{21}=$ ۰/۲۳۸۱

$F=\frac{1}{21}=$ ۰/۰۴۷۶ $\qquad A=\frac{4}{21}=$ ۰/۱۹۰۵

همچنین میزان بودجه در نظر گرفته شده برای هر یک از پروژه‌ها به شرح جدول ۱۷ می‌باشد.

جدول ۱۷- میزان بودجه در نظر گرفته شده برای هر پروژه

پروژه	بودجه در نظر گرفته شده (تومان)
A	۱۲۰/۰۰۰/۰۰۰
B	۳۰۰/۰۰۰/۰۰۰
C	۸۰۰/۰۰۰/۰۰۰
D	۱/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰
E	۱/۲۵۰/۰۰۰/۰۰۰
F	۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل بودجه	۳/۶۷۰/۰۰۰/۰۰۰

به منظور حل مسئله، سه سناریو مختلف با سطح بودجه متفاوت در نظر گرفته شده است. جدول ۱۸ سهم هر دسته از کل بودجه را براساس سطوح بودجه مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۱۸- سهم هر دسته از بودجه در سناریوهای مختلف

سناریو	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳

سطح بودجه / دسته	بودجه ۳/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰	بودجه ۲/۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰	بودجه ۲/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰
E	٪۴۲	٪۵۰	٪۶۳
B - D	٪۴۳	٪۵۲	٪۶۵
A - C- F	٪۳۸	٪۴۵	٪۵۶

همانطورکه در جدول ۱۸ نشان داده شده، بازای هر سناریو سهم هر دسته از بودجه در دسترس مشخص شده است. به عنوان مثال پروژه E که برای اجرا نیاز به ۱/۲۵۰/۰۰۰/۰۰۰ تومان می‌باشد با توجه به بودجه ۳/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ سهمی معادل ۴۲٪ از کل بودجه را به خود اختصاص می‌دهد. به همین ترتیب سهم مابقی دسته‌ها در سناریوهای مختلف بدست آمده است. براساس سه سناریو ایجاد شده، مدل ریاضی مربوط به هر یک از آنها در نرم افزار GAMS پیاده‌سازی شده است.

مدل سناریو (۱)

$$\text{Max Z}= \sum_{i=1}^{P} a_i x_i$$
$$\sum_{i\in I} b_i x_i \ \le \ \text{B}$$
$$x_B + x_D \ \ge \ 1$$
$$x_A + x_C + x_F \ \ge \ 1$$
$$x_E \ \ge \ 1$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.42B$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.43B$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.38B$$

مدل سناریو (۲)

$$\text{Max Z}= \sum_{i=1}^{P} a_i x_i$$
$$\sum_{i\in I} b_i x_i \ \le \ \text{B}$$
$$x_B + x_D \ \ge \ 1$$
$$x_A + x_C + x_F \ \ge \ 1$$
$$x_E \ \ge \ 1$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.5B$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.52B$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.45B$$

مدل سناریو (۳)

$$\text{Max Z}= \sum_{i=1}^{P} a_i x_i$$
$$\sum_{i\in I} b_i x_i \ \le \ \text{B}$$
$$x_B + x_D \ \ge \ 1$$
$$x_A + x_C + x_F \ \ge \ 1$$
$$x_E \ \ge \ 1$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.63B$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.65B$$
$$\sum_{i\in j} b_i x_i \ \le 0.56B$$

خروجی سه مدل فوق بصورت جدول ۱۹ ارائه شده است.

جدول ۱۹- نحوه انتخاب پروژه‌ها در سناریوهای مختلف

سناریو / پروژه	سناریو (۱)	سناریو (۲)	سناریو (۳)
A	۱	۱	۱
B	۱	۱	۱
C	۰	۱	۰
D	۱	۰	۰
E	۱	۱	۱
F	۱	۰	۱

همانطورکه مشاهده می‌گردد زمانیکه میزان بودجه در دسترس زیاد است از بین تمامی پروژه‌ها تنها پروژه C انتخاب نشده است. زمانیکه سطح بودجه کاهش می‌یابد، پروژه D نیز به جمع پروژه‌های انتخاب نشده اضافه می‌شود. اما وقتی سطح بودجه به کمترین حد خود می‌رسد تنها پروژه‌های A، B، E و F انتخاب می‌شوند. لازم بذکر است که در هر سناریو محدودیت مرتبط با انتخاب حداقل یک پروژه از هر دسته رعایت شده است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مطالعه با بررسی معیارها و شاخص‌های مربوط به انتخاب بهترین پروژه‌های ساخت مورد استفاده در ادبیات موضوع و تطبیق آنها توسط خبرگان موضوع با شرایط و موقعیت مسئله‌ی مورد بررسی، شش پروژه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. معیارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل سهولت اجرا، زمان، مالی، موقعیت جغرافیایی، اهمیت سازه و حسن شهرت کارفرما می‌باشد. در این پروژه از روش بهترین-بدترین برای وزن‌دهی گزینه‌ها و از روش ویکور برای حل مسئله ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌های ساخت استفاده شده است. مدل ارائه شده به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌نماید که تصمیم‌گیری دقیق‌تری انجام دهند و بتوانند بر اولویت‌بندی پروژه‌های ساخت که از استراتژی‌های مهم برخی از سازمان‌ها می‌باشد، مدیریتی صحیح اعمال نمایند. پس از وزن‌دهی به روش بهترین-بدترین، ماتریس وزن تشکیل شده است. نتایج زیر بر این اساس حاصل شده است:

۱- بر اساس معیار مالی، پروژه دوطبقه دوبلکس با زیرزمین و پروژه سه طبقه تجاری به همراه زیرزمین در اولویت قرار دارند.

۲- بر اساس معیار سهولت اجرا، پروژه دوطبقه دوبلکس با زیرزمین در اولویت قرار دارد.

۳- بر اساس معیار اهمیت سازه، پروژه هشت طبقه تجاری با دو طبقه زیرزمین در اولویت قرار دارد.

۴- بر اساس معیار حسن شهرت، پروژه مسکونی دو طبقه با یک طبقه زیرزمین در اولویت قرار دارد.

۵- بر اساس معیار زمان، پروژه مسکونی هفت طبقه در اولویت قرار دارد.

۶-بر اساس معیار موقعیت جغرافیایی، پروژه مسکونی دوطبقه با یک طبقه زیرزمین در اولویت قرار دارد.

۷- پس از وزن دهی معیارها، پروژه‌های مختلف با استفاده از روش VIKOR اولویت‌بندی گردیدند:

- پروژه تجاری مسکونی ده طبقه با یک طبقه زیرزمین در شهرستان نکا
- پروژه مسکونی هفت طبقه در ساری
- پروژه سه طبقه تجاری به همراه زیرزمین و نیم¬طبقه در ساری
- پروژه دو طبقه دوبلکس با زیرزمین
- پروژه هشت طبقه تجاری با دو طبقه زیرزمین
- پروژه تجاری دو طبقه با یک طبقه زیرزمین

۸-پس از اولویت بندی پروژه‌ها با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی و با توجه به محدودیت‌های بودجه، پروژه‌های مختلف انتخاب گردیدند. در این مدل فرض شده است که از هر دسته از پروژه‌ها حداقل یک پروژه باید انتخاب شود. با توجه به سطوح بودجه مختلف، پروژه‌های گوناگونی انتخاب شده‌اند، اما وجه اشتراک سطح مختلف بودجه‌ها، پروژه‌های A، B و E از سه دسته مختلف می‌باشد.

مراجع

[1]. Fazli, Safar., Madani, Seyed Sina. (2009). Introducing a selection model for development projects using multi-criteria decision making and goal programing, *5th International Project Managent Conference*. Iran (In Persian).

[2]. Asadi Bagloee, Saeed- Asadi, Mohsem. (2015). Prioritizing road extension projects with interdependent benefits under time constraint. Elsevier, *Jurnal of transportation research part A*, 75, 196-216.

[3]. Chang, Ping-Teng, and Jung-Hua Lee. (2012). A Fuzzy DEA and Knapsack Formulation Integrated Model for Project Selection. *Computers & Operations Research*. 39(1), 112–125.

[4]. Tavana, Madjid, Mehdi Keramatpour, Francisco J. Santos-Arteaga, and Esmail Ghorbaniane. (2015). "A Fuzzy Hybrid Project Portfolio Selection Method Using Data Envelopment Analysis, TOPSIS and Integer Programming. *Expert Systems with Applications*. 42(22), 8432–8444.

[5]. Keshavarz, M. G., Amiri, M., and Salehi, J. S. (2015). Multi-Criteria Project Selection Using an Extended VIKOR Method with Interval Type-2 Fuzzy Sets. *International Journal of Information Technology & Decision Making.* 14(5), 993-1016.

[6]. Hashemkhani, S. Z., Salimi, J., Maknoon, R., and Simona, K., (2015). Technology foresight about R&D projects selection; application of SWARA method at the policy making level. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 26(5), 571-580

[7]. Wibowo, S, and S Grandhi. (2016). A Group Decision Making Method for High-Technology Projects Selection under Hesitant Fuzzy Environment. *Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 167–72.

[8]. Walczak, Dariusz, and Aleksandra Rutkowska. (2017). Project Rankings for Participatory Budget Based on the Fuzzy TOPSIS Method. *European Journal of Operational Research*. 260(2). 706–714.

[9]. Jafarzadeh, Hamed, Pouria Akbari, and Babak Abedin. (2018). A Methodology for Project Portfolio Selection under Criteria Prioritisation, Uncertainty and Projects Interdependency – Combination of Fuzzy QFD and DEA. *Expert Systems with Applications*. 110. 237–249.

[10]. Pérez, Fátima, Trinidad Gómez, Rafael Caballero, and Vicente Liern. (2018). Project Portfolio Selection and Planning with Fuzzy Constraints. *Technological Forecasting and Social Change*. 131. 117–129.

[11]. Chatterjee, Kajal, Sheikh Ahmed Hossain, and Samarjit Kar. (2018). Prioritization of Project Proposals in Portfolio Management Using Fuzzy AHP. *OPSEARCH*. 55(2). 478–501.

[12]. Wu, Yunna et al. 2018. An Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Framework for Large-Scale Rooftop PV Project Portfolio Selection: Case Study in Zhejiang, China. *Energy*. 143, 295–309.

[13]. Wu, H. Y., Chen, J. K., & Chen, I. S. (2010). Innovation capital indicator assessment of Taiwanese Universities: A hybrid fuzzy model application. *Expert Systems with Applications*. 37(2), 1635-1642.

[14]. Sanayei, A., Mousavi, S. F., & Yazdankhah, A. (2010). Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*. 37(1), 24-30.

[15]. Yucenur, G. N., & Demirel, N. Ç. (2012). Group decision making process for insurance company selection problem with extended VIKOR method under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*. 39(3), 3702-3707.

[16]. Shahabi, H., Keyhanfard, S., Bin-Ahmad, B., Taheri Amiri, M.J. (2013). Evaluating Boolean, AHP and WLC methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images, *Environmental Earth Sciences*. 71(9), 4221-4233.

[17]. Shahabi, H., Ahmad, B., Bin-Ahmad, B., Taheri Amiri, M.J., Keyhanfard, S., Ebrahimi, S. (2016). Assessment of WLC and Fuzzy Logic Methods for Site Selection of Water Reservoirs in Malaysia. *Polish Journal of Environmental Studies*. 25(3), 1-9.

[18]. Nazarpour, H., Taheri Amiri, M. J., Hemmatian, M. (2014). Prioritizing Delay Causes in Construction Projects in Mazandaran Province (Iran) and Presenting Solutions for Improving it. *Applied Mathematics in engineering*, management and technology. 2(4), 242-253.

[19]. Abdollahzadeh, Gh., Taheri Amiri, M. J., Akbari Kaffash, E., Hemmatian, M., Keyhanfard, S. (2013). Choosing an appropriate factorial system through the modern and outmoded system by two approaches ANP & AHP-FUZZY. *The Journal of Mathematics and Computer Science*. 6(2), 110-117.

[20]. Abdollahzadeh, Gh., Haghighi, F., Taheri Amiri, M. J. (2014). The appraisal of the risk in the bridges of Babolsar through the "ANP & FSAW" methods. *The Journal of Mathematics and Computer Science*, 8(2), 137-152.

[21]. Nian Zhang- Guiwu Wei. (2012). Extension of VIKOR method for decision making problem based on hesitant fuzzy set. *Applied Mathematical Modelling.* 37(7):4938–4947

[22]. Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 126-130