Management Sciences and Decision Analysis

www.msda.reapress.com

Manag. Sci. Decis. Anal. Vol. 4, No. 2 (2026) 82–91.

Paper Type: Original Article

Clustering and Prioritizing Critical Project Activities through Integrating Multi-Criteria Decision-Making and Data Analytics

Negin Berjis[1], Hadi Shirouyehzad[1,*], Javid Jouzdani[1]

[1] *Department of Industrial Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran; negin.berjis@gmail.com; hadi.shirouyehzad@iau.ac.ir; javid.jouzdani@gmail.com.*

Citation:

Berjis, N., Shirouyehzad, H., & Jouzdani, J. (2026). Clustering and prioritizing critical project activities through integrating multi-criteria decision-making and data analytics. *Management Sciences and Decision Analysis, 4*(2), 82-91.

Received: 11/05/2025 Reviewed: 20/06/2025 Revised: 07/10/2025 Accepted: 09/12/2025

Abstract

Purpose: Identifying critical activities and allocating resources effectively are among the most important challenges in project management. Traditional approaches typically assess activity criticality based on time or cost considerations, while other factors, such as activity importance, interdependencies, and float, may also significantly influence project success. Moreover, focusing on individual activities rather than groups of similar activities may reduce the effectiveness of project planning and control efforts. Therefore, this study aims to identify, cluster, and prioritize critical project activities based on multiple influential factors using a multi-criteria decision-making framework.

Methodology: This applied study proposes a hybrid framework combining clustering and multi-criteria decision-making techniques. Project activities and influencing factors were first identified through a literature review and consultations with academic and industry experts. Four key criteria, including time importance, cost importance, activity importance, and activity float, were selected for evaluation. Project activities were then clustered using the K-Means algorithm and categorized into five levels according to their degree of criticality. Subsequently, criterion weights were determined using the SWARA method, and critical activities were prioritized through the ARAS method. The proposed framework was implemented and evaluated in a project at Mobarakeh Steel Company, which involved 90 project activities.

Findings: The results demonstrate that project activities can be classified into five groups: highly critical, critical, moderately critical, low critical, and non-critical. Among the evaluation criteria, cost importance received the highest weight, followed by time importance, activity importance, and activity float. The ranking results further reveal that activities on the critical path do not necessarily share the same level of importance, and that some require greater managerial attention and resource allocation due to their stronger influence on project performance. The findings also indicate that integrating clustering and multi-criteria decision-making provides a more comprehensive understanding of project priorities.

Originality/Value: This study extends traditional critical path analysis by integrating activity clustering with the SWARA and ARAS methods. Its primary contribution lies in evaluating activity criticality by considering multiple influencing factors and forming critical activity clusters, rather than focusing solely on individual activities. The proposed framework enables project managers to allocate scarce resources more effectively, focus managerial attention on the most influential activity groups, and reduce the likelihood of project deviations in time, cost, and quality objectives.

Keywords: Project management, Critical path, Critical activities, MCDM, SWARA, Clustering.

Corresponding Author: hadi.shirouyehzad@iau.ac.ir https://doi.org/10.22105/msda.vi.150

Licensee. Management Sciences and Decision Analysis. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

علوم مدیریت و تحلیل تصمیم

دوره ۴، شماره (۲)، (۱۴۰۵)، ۹۱-۸۲

www.msda.reapress.com

نوع مقاله: پژوهشی

خوشه‌بندی و اولویت‌بندی فعالیت‌های بحرانی پروژه با تلفیق تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل داده‌ها

نگین برجیس[۱]، هادی شیرویه‌زاد[۲]، جاوید جوزدانی[۳]

[۱] گروه مهندسی صنایع، واحد نجف‌آباد،دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.

چکیده

هدف: شناسایی فعالیت‌های بحرانی و تخصیص اثربخش منابع از مهم‌ترین چالش‌های مدیریت پروژه به شمار می‌رود. در رویکردهای سنتی، بحرانی بودن فعالیت‌ها عمدتا بر اساس زمان یا هزینه ارزیابی می‌شود، در حالی که عوامل دیگری نظیر اهمیت فعالیت، میزان ارتباط با سایر فعالیت‌ها و شناوری نیز می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت پروژه داشته باشند. از سوی دیگر، تمرکز بر فعالیت‌های منفرد به جای گروه‌های همگن از فعالیت‌ها، کارایی برنامه‌ریزی و کنترل پروژه را کاهش می‌دهد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف شناسایی، خوشه‌بندی و اولویت‌بندی فعالیت‌های بحرانی پروژه بر اساس مجموعه‌ای از عوامل تاثیرگذار و با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش: این پژوهش از نوع کاربردی بوده و یک چارچوب ترکیبی مبتنی بر خوشه‌بندی و تصمیم‌گیری چندمعیاره ارایه می‌کند. ابتدا فعالیت‌های پروژه و شاخص‌های موثر بر اهمیت آن‌ها از طریق مرور ادبیات و نظر خبرگان صنعت و دانشگاه شناسایی شدند. چهار شاخص شامل اهمیت زمانی، اهمیت هزینه‌ای، اهمیت فعالیت و شناوری فعالیت به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب گردیدند. سپس فعالیت‌ها با استفاده از الگوریتم K-Means خوشه‌بندی و بر اساس درجه بحرانی بودن در پنج سطح دسته‌بندی شدند. در ادامه، وزن معیارها با استفاده از روش SWARA تعیین و فعالیت‌های بحرانی از طریق روش ARAS رتبه‌بندی شدند. چارچوب پیشنهادی در یکی از پروژه‌های شرکت فولاد مبارکه اصفهان شامل ۹۰ فعالیت پیاده‌سازی و ارزیابی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد فعالیت‌های پروژه را می‌توان در پنج خوشه شامل بسیار بحرانی، بحرانی، نسبتا بحرانی، کم‌بحرانی و غیر بحرانی طبقه‌بندی کرد. همچنین از میان معیارهای مورد بررسی، اهمیت هزینه‌ای بیشترین وزن را به خود اختصاص داد و پس از آن اهمیت زمانی، اهمیت فعالیت و شناوری قرار گرفتند. رتبه‌بندی فعالیت‌های بسیار بحرانی نشان داد که همه فعالیت‌های واقع در مسیر بحرانی از درجه اهمیت یکسانی برخوردار نیستند و برخی از آن‌ها به دلیل اثرگذاری بیشتر بر عملکرد پروژه نیازمند توجه و تخصیص منابع بیشتری هستند. یافته‌ها همچنین نشان داد که استفاده هم‌زمان از خوشه‌بندی و تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند دید دقیق‌تری نسبت به اولویت‌های مدیریتی پروژه فراهم آورد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: این پژوهش با ترکیب خوشه‌بندی فعالیت‌ها و روش‌های SWARA و ARAS، رویکردی فراتر از تحلیل سنتی مسیر بحرانی ارایه می‌کند. نوآوری اصلی مطالعه در ارزیابی بحرانی بودن فعالیت‌ها بر مبنای مجموعه‌ای از عوامل موثر و تشکیل خوشه‌های بحرانی به جای تمرکز صرف بر فعالیت‌های منفرد است. این رویکرد به مدیران پروژه امکان می‌دهد منابع محدود را به‌صورت هدفمندتر تخصیص دهند، تمرکز مدیریتی را بر فعالیت‌ها و خوشه‌های با اهمیت بالاتر معطوف سازند و احتمال انحراف پروژه از اهداف زمان، هزینه و کیفیت را کاهش دهند.

کلیدواژه‌ها: مدیریت پروژه، مسیر بحرانی، فعالیت‌های بحرانی، MCDM، SWARA، خوشه بندی.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، بسیاری از سازمان‌ها اعم از دولتی، اقتصادی و صنعتی، از مدیریت پروژه به‌عنوان ابزاری برای دست‌یابی به اهداف سازمانی استفاده می‌کنند [1]. مدیریت پروژه نیز، به‌عنوان راهکاری برای برنامه‌ریزی نظام‌مند، سازماندهی و مدیریت منابع در جهت تحقق اهداف سازمان و تحقق اهداف خاص پروژه به کارگرفته می‌شود [2]. پروژه یک تعهد منحصر به فرد است که شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های مرتبط و دارای الویت

نسبت به یکدیگر می‌باشد. **هر** فعالیت در پروژه با سه مشخصه‌ی روابط (تقدم و تاخر نسبت به سایر فعالیت‌ها)، مدت زمان و منابع نیاز خود مشخص می‌شود [3]. هر از فعالیت، مقدار مشخصی از هر یک از منابع را به خود اختصاص می‌دهد و در یک بازه‌ی زمانی مشخص به اتمام می‌رسد [4].

برای برنامه‌ریزی هر پروژه با دید واقع‌نگر، تشخیص فعالیت‌های بحرانی جهت تعیین میزان فشار کاری برای تامین بهره‌وری مورد نیاز، مهم است [5]. زیرا مدیریت اثربخش فعالیت‌ها در موفقیت پروژه تاثیر به‌سزایی دارد. اهمیت این مساله برای پروژه‌های پیچیده و یا با تعداد فعالیت‌های بالا، بیشتر است. بنابراین، دانستن اولویت هر یک از فعالیت‌ها و اهمیت هر یک از فعالیت‌ها، درجه‌ی بحرانی بودن آن را مشخص می‌کند [6]. تحلیل جریان کار از حیث ایجاد قابلیت برای پشتیبانی فرایندهای پیچیده در صنعت، امری حایز اهمیت بوده و محرکی برای شاخص‌های جریان کار نظیر قیمت، تحویل به موقع، کیفیت، سطح بالای عملکرد، انعطاف‌پذیری، قابلیت اطمینان و مشارکت می‌باشد. برای پاسخ به هر یک از این نیازها، مسیر بحرانی یک روش بنیادی برای کاربردهای صنعتی به شمار می‌آید. در واقع مسیر بحرانی، طولانی‌ترین مسیر در شبکه‌ی فعالیت‌هاست. اهمیت تعیین مسیر بحرانی در این است که فعالیت‌هایی که بر روی این مسیر قرار دارند در صورتی که با تاخیر انجام گیرند، قطعا در سایر فعالیت‌های پیش‌رو، تاخیر ایجاد خواهند کرد. به همین دلیل تشخیص فعالیت‌های بحرانی و تجزیه‌وتحلیل مسیر بحرانی، یکی از جنبه‌های مهم طراحی جریان کار است [7]. هدف اصلی از کاربرد مسیر بحرانی ارزیابی عملکرد پروژه‌ها و شناسایی فعالیت‌های بحرانی در مسیر بحرانی می‌باشد تا منابع در دسترس برای فعالیت‌های بحرانی به کار گرفته‌شده تا زمان تکمیل پروژه کاهش یابد. با استفاده از این تکنیک تصمیم‌گیرندگان استراتژی مناسب‌تر را برای بهینه-سازی زمان و استفاده بهتر از منابع در دسترس را انتخاب نموده و از تکمیل پروژه در زمان کوتاهتر و با محدوده‌ی کیفیت تعیین شده، اطمینان حاصل می‌کنند [8].

معمولا برنامه‌ریزی فعالیت‌های پروژه در ابتدای پروژه انجام می‌گیرد. تجهیزات، منابع و تیم انسانی مورد نیاز بر اساس برنامه زمان‌بندی، برنامه‌ریزی می‌شود. تجربیات دنیای واقعی نشان می‌دهد که برنامه‌ریزی فعالیت‌ها به شدت تحت تاثیر منابع مورد نیاز برای هر فعالیت قرار دارد [3]. مهم‌ترین سوالی که مطرح می‌شود آن است که مدیریت پروژه چگونه فعالیت‌های مختلف را نظارت و کنترل می‌کند در حالی که برنامه‌ریزی طولانی مدت هیچ‌گاه بدون تغییر باقی نمی‌ماند. مدیران پروژه نمی‌توانند به تمامی فعالیت‌ها به یک اندازه توجه کنند و به هریک به میزان خاصی رسیدگی می‌شود [9]. گروه‌بندی فعالیت‌های پروژه، برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه را تسهیل می‌کند [10]. از طرفی، مدیران در محیط‌های تصمیم‌گیری و مسائل پروژه، با پیچیدگی مواجه هستند [11]. در چالش‌های تصمیم‌گیری، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری به معنای شناسایی بهترین متد تصمیم‌گیری، اتخاذ تصمیم بر اساس شرایط و معیارهای دنیای واقعی و انتخاب گزینه‌ی مناسب و رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد [12]. در بسیاری از مراحل تصمیم‌گیری چند شاخصه، وزندهی به شاخص‌ها از جمله مهم‌ترین مراحل حل مساله است. بر این اساس خبرگان نقش حیاتی را در ارزیابی شاخص‌ها و اوزان آن‌ها ایفا می‌کنند. از همین‌رو روش سوارا[1] از جدیدترین روش‌های تصمیم‌گیری است که تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا به ارزیابی و وزن‌دهی به شاخص‌ها بپردازد [13]. در این روش خبرگان نقش مهمی در ارزیابی و محاسبه اوزان دارند؛ بنابراین، کاربرد این روش در مواردی است که الویت‌ها مشخص است و یا تصمیم‌گیری‌های سطح بالا و مهم، بر اساس توافق جمع میان کارشناسان صورت خواهد گرفت. برای مقایسه‌گزینه‌ها روش ارزیابی نسبی تجمعی[2] که بر اساس مقایسه گزینه‌ها، با گزینه‌ی ایده‌آل است ابداع شد. در این روش، ارزش تابع مطلوبیت، یک گزینه‌ی شدنی را بر اساس مقادیر نسبی ارزش‌ها و اوزان شاخص‌های در نظر گرفته شده، در یک مساله تعیین می‌کند. این روش برای رتبه‌بندی تعداد محدودی از گزینه‌های تصمیم که هر کدام از آن‌ها بایستی به صورت هم‌زمان بر اساس معیارهای متفاوت سنجیده شوند، به کار گرفته می‌شود [14].

از همین‌رو، در پژوهش جاری، روشی جهت خوشه‌بندی و اولویت‌بندی فعالیت‌های بحرانی در پروژه با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره ارایه شده است. ه این منظور، در فاز اول، شاخص‌های تاثیرگذار بر فعالیت‌های پروژه، شناسایی و تعیین می‌شود. زیرا علاوه بر آیتم زمان و هزینه، شاخص‌های دیگری نیز، در اتمام فعالیت در اسکوپ تعریف شده موثر است. شناسایی و سنجش این پارامترها و در نظر گرفتن آن‌ها در تخصیص منابع به هر فعالیت، مانع از انحراف پروژه و هدر رفت منابع خواهد شد چرا که چشم اندازی، نزدیک‌تر به واقعیت را پیش چشم مدیران پروژه قرار خواهد داد. در فاز دوم، فعالیت‌ها با استفاده از روش *K-MEANS* خوشه‌بندی شده و میزان بحرانی بودن خوشه فعالیت ها، با استفاده از روش پارتو، تعیین می‌شود. خوشه‌فعالیت‌های بحرانی، مدیران پروژه را یاری می‌دهد تا به جای تک فعالیت، منابع را برای خوشه فعالیت های بحرانی‌برنامه‌ریزی

[1] Step Wise Weight Assessment Ratio Analysis

[2] Additive Ratio Assessment (ARAS)

نمایند و با تمرکز بر میزان اهمیت خوشه فعالیت که حاصل از در سنجش پارمترهای شناسایی شده می‌باشد، پیش‌بینی و تخصیص شرایط و منابع پروژه را تخصیص و تدقیق نمایند. در فاز سوم، وزن اهمیت هر یک از شاخص‌ها به روش *SWARA* تعیین می‌گردد.تا میزان اهمیت هر یک از شاخص‌ها مبنی بر نظر خبرگان محاسبه شود. در فاز پنجم، فعالیت‌ها، با استفاده از روش *ARAS*، اولویت‌بندی می‌گردد. اولویت محاسبه شده، فعالیت‌هایی را نشان می‌دهد از لحاظ بحرانی بودن، با در نظر گرفتن تمام پارامترهاُ نیازمند تمرکز و توجه در جهت انجام موفق آن‌ها در اسکوپ تعیین شده، می‌باشد و متعاقبا توفیق در انجام آن‌ها، سایر فعالیت‌ها و در نهایت موفقیت پروژه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

۲- پیشینه‌ی پژوهش

تحقیقات مختلفی در باب پروژه، فعالیت‌های پروژه، ارزیابی فعالیت‌ها، پیش‌بینی زمان و هزینه فعالیت‌ها در پروژه و موضوعات مرتبط با آن انجام گرفته است. در این بین، تعیین شاخص‌های تاثیرگذار بر فعالیت‌ها و تعیین فعالیت‌های بحرانی مبتنی بر شاخص‌های تاثیرگذار بر فعالیت‌های پروژه و علی‌رغم اهمیت آن در جهت تسهیل پیش‌بینی و تخصیص منابع مالی، انسانی و زمان، کمتر مورد پژوهش قرار گرفته است در **جدول ۱** مروری اجمالی بر ادبیات مرتبط انجام گرفته است.

جدول ۱-مروری اجمالی بر ادبیات پژوهش.
Table 1-Overview of the research literature.

ردیف	نویسنده	سال	ابزار	موضوع (هدف)
1	غیب‌دوست و همکاران [15]	2024	SWARA	ارایه جهت ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص‌های تاثیرگذار در مدیریت پروژه های ساخت وساز در جهت انتخاب بهترین سازنده
2	نجاتیان و همکاران [16]	2024	SWARA-Delphi	اولویت‌بندی و رتبه‌بندی آیتم‌های موثر بر ارتقا مدیریت پروژه‌های ساخت و ساز بر مبنای مهندسی ارزش
3	ترکشیش و کرشلین [12]	2024	SWARA SHARDA-ARAS	ارایه روشی مبتنی بر تصمیم‌گیری بر مبنای نظر ذینفعان، و هم‌راستا با اهداف پایداری برای انتخاب مدیران پروژه
4	دورافشان و موسوی [17]	2019	TOPSIS ،CPM، PFSs ،COPRAS	ارایه‌ی روشی برای بررسی اوزان تعیین شده توسط خبرگان در روش تحلیل مسیر بحرانی مبتنی بر متد گروهی TOPSIS-COPRAS **و** PFSs
5	دورافشان و همکاران [18]	2018	TOPSIS, COPRAS, CPM	به کارگیری روش تاپسیس و کوپراس برای رسم مسیر بحرانی بر اساس معیارهای زمان، هزینه، ریسک، کیفیت و ایمنی با در نظر گرفتن عدم‌قطعیت
6	لیو و همکاران [19]	2014	ELECTERE	تخصیص الویت به فعالیت‌ها در پروژه با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره
7	بردسیری و همکاران [20]	2013	ABE[1] PSO[2]	تخمین پروژه‌های توسعه نرم‌افزاری بر اساس دسته‌بندی پروژه‌ها و مقایسه ناحیه-بندی شده در یک روش انعطاف‌پذیر
8	پوشفاواتی و همکاران [21]	2013	Clustering Algorithms	تجزیه و تحلیل کیفیت پروژه‌های نرم‌افزاری با استفاده از تکنیک‌های خوشه‌بندی و داده‌کاوی
9	دورفشان و همکاران [22]	1401	SWARA MULTIMORA	تعیین مسیرهای بحرانی با ترکیب MULTIMORA و SWARA و با تمرکز بر معیارهای زمان، هزینه، کیفیت، ریسک و ایمنی
10	برزگری و حاجی کریمی [10]	1401	MCDA CPM PERT	ارایه الگویی برای اولویت‌بندی فعالیت‌های پروژه بر اساس شاخص زمان، هزینه، تجربه پیمانکار و غیره برای تخصیص گروهای مدیریتی

بر اساس آن‌چه از مرور ادبیات پژوهش می توان برداشت؛ تحقیقات مختلفی در باب پروژه، فعالیت‌های پروژه، ارزیابی فعالیت‌ها، پیش‌بینی زمان و هزینه و موضوعات مرتبط با آن انجام گرفته است. در این بین، شناسایی و تعیین شاخص‌های موثر بر فعالیت‌های پروژه، تعیین فعالیت‌های بحرانی و اولویت‌دهی به آن‌ها، در جهت تدقیق تخصیص منابع به فعالیت‌های بحرانی و جلوگیری از اتلاف منابع، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با مرور

[1] Analogy Based Estimation
[2] Particle Swarm Optimization

ادبیات پژوهش و تحقیقات مرتبط انجام گرفته می‌توان دریافت از مواردی که به لحاظ کاربردی و از دید محققین در امر پروژه و مدیریت آن حائز اهمیت است می‌توان به تخمین صحیح پیشرفت پروژه و سهم هر یک از فعالیت‌ها در تامین این روند اشاره نمود. در روش‌های سنتی، عواملی مانند زمان و هزینه، به‌عنوان تنها عوامل موثر بر میزان اهمیت هر فعالیت درپروژه در نظر گرفته می‌شود، این در حالی است که عواملی مانند ارتباط فعالیت با سایر فعالیت‌ها و شناوری می‌تواند هم در توفیق فعالیت مورد بررسی و هم در سایر مراحل پروژه تاثر گذار باشد؛ بنابراین، داشتن درک صحیح و تخمین قابل‌اطمینان از میزان اهمیت هر فعالیت در پروژه‌ها مدیران پروژه را در تخصیص صحیح منابع شامل زمان، هزینه، نیروی انسانی و سایر منابع مورد نیاز یاری می‌نماید و چرا که فعالیت‌های مهم در روند تکمیل پروژه تاثیر بسزایی دارند. برای ارزیابی پیشرفت پروژه یکی از ابزارهای متداول در نظر گرفتن فعالیت‌ها و مسیر بحرانی است. با رسم مسیر بحرانی با رویکردهای مختلفی چون زمان، هزینه و غیره می‌توان برای پروژه یک نقشه ترسیم کرد. مسیر بحرانی که در روش‌های سنتی عمدتا بر اساس زمان یا هزینه سنجیده می‌شود. حال آن‌که، تخمین پروژه بایستی مبتنی بر در نظر گرفتن مجموعه‌ی عواملی باشد که بر میزان اهمیت فعالیت‌ها در پروژه تاثیر گذارند و منجر به دید واقعی‌تر به شرایط و منابع پروژه خواهد شد. در سازمان‌های پروژه محور می‌توان با خوشه‌بندی پروژه‌ها بر اساس رفتار مشابه در نقشه ترسیم شده، الگوی مدیریتی و اجرایی مناسب برای دسته فعالیت‌ها تدوین نمود. این الگو برای مدیریت پروژه، در صرف منابع گوناگون زمان و هزینه و نیرو الگویی به صرفه خواهد بود. از طرفی، خوشه‌بندی فعالیت‌ها بر اساس مجموعه‌ی پارامترهای تاثیرگذار بر آن‌ها نیز می‌تواند راهنمای مناسبی برای برنامه‌ریزی و کنترل پروژه باشد. آن‌چه از مجموع این مقایسات و امور مغفول در پژوهش‌های گذشته می‌توان دریافت، شناسایی دقیق شاخص‌های موثر بر فعالیت‌های پروژه، خوشه‌بندی فعالیت‌ها، تشخصیص شاخص‌های موثر و صحیح برای اجرای خوشه‌بندی و تشخیص دسته فعالیت‌های بحرانی، یک متد دقیق و کامل است که برای تخمین در برنامه‌ریزی پروژه، تخصیص منابع و در نهایت انتخاب سناریوی مدیریتی پروژه، چشم‌انداز دقیق‌تری را ترسیم می‌نماید. هم‌چنین، متدهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، راهکاری برای انتخاب و رتبه‌بندی گزینه‌ها، از بین چند گزینه مبتنی بر معیارهای مختلف می‌باشد. ترکیب دو متد تصمیم‌گیری *SWARA-ARAS* این امکان را به پژوهشگر می‌دهد که با به‌کارگیری *SWARA* وزن اهمیت هر معیار را تعیین کند و نقشه‌ی بحرانی‌ترین فعالیت‌ها را جهت تمرکز و توجه در برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، پیش رو، قرار دهد. متد *ARAS* رتبه‌بندی و انتخاب بر اساس نرخ عملکرد را تسهیل می‌نماید.

۳- روش تحلیل فعالیت‌های پروژه

برای یک سازمان پروژه محور، برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، یک فرایند بنیادی است که دقت و صحت آن می‌تواند در موفقیت یا عدم‌موفقیت سازمان تاثیر به‌سزایی داشته باشد. ارزیابی اهمیت فعالیت‌ها، تشخیص فعالیت‌های بحرانی و پیش‌بینی زمان، هزینه، منابع انسانی و سایر منابع مورد نیاز و از طرف دیگر تخصیص منابع مبتنی بر پیش‌بینی‌های انجام شده می‌تواند از مازاد هزینه و زمان صرف شده ممانعت نموده و چارچوب منابع تعیین شده و کیفیت مورد نظر را برای تحویل به مشتری، حفظ نماید. بر این اساس پژوهش پیش‌رو در نظر دارد روشی را جهت خوشه‌بندی و اولویت‌بندی فعالیت‌های بحرانی در پروژه با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره ارایه نماید. سپس روش ارایه شده در فولاد مبارکه اصفهان به‌عنوان مطالعه‌ی موردی، پیاده‌سازی می‌شود. **شکل شماره ۱** فلوچارت روش پژوهش را نشان می‌دهد که در ۴ فاز و ۹ گام ترسیم شده است و در مرحله‌ی آخر، تمام فازها، از روش ارایه شده، در یکی از پروژه‌های شرکت فولاد مبارکه اصفهان، به‌عنوان مطالعه‌ی موردی، انجام می‌شود. و در مرحله‌ی آخر، تمامی فازهای پیشنهادی، در فولاد مبارکه‌ی اصفهان، به‌عنوان مورد مطالعه ،پیاده‌سازی می‌شود.

۳-۱- فاز اول: شناسایی شاخص‌های تاثیرگذار بر فعالیت‌های پروژه

در این فاز شاخص‌های موثر بر اهمیت فعالیت‌ها در پروژه شناسایی می‌شوند. این فاز در ۴ گام تکمیل می‌شود.

گام ۱ – شناسایی فعالیت‌های زمان‌بندی پروژه مبتنی بر ساختار شکست پروژه: در این مرحله بایستی ساختار شکست پروژه تعیین شود و بر اساس آن، کلیه فعالیت‌هایی که دارای قابلیت زمان‌بندی بوده و در زمان‌بندی پروژه موثر هستند، شناخته شوند. منظور از فعالیت‌های قابل زمان‌بندی فعالیت‌هایی است که بتوان برای آن‌ها اهداف محدوده‌ی فعالیت، زمان فعالیت و هزینه فعالیت را مشخص کرد. محدوده‌ی فعالیت، اقلام قابل تحویلی است که در پایان فعالیت انتظار می‌رود که تکمیل شده باشد. زمان، مدت زمانی است که فعالیت باید تکمیل گردد و هزینه، میزان بودجه‌ی ای است که می‌بایست فعالیت با صرف آن تکمیل گردد.

گام ۲- مرور ادبیات پژوهش و تهیه لیست شاخص‌های موثر بر فعالیت‌های پروژه: به این منظور ابتدا با مروری بر ادبیات پژوهش پارامترهای موثر بر فعالیت‌های پروژه استخراج می‌شوند. سپس، با مصاحبه با خبرگان صنعت و دانشگاه در حوزه‌ی مدیریت و کنترل پروژه لیست استخراج شده اصلاح و تکمیل می‌گردد

گام ۳- مصاحبه با خبرگان صنعت و دانشگاه و تصحیح و نهایی‌سازی شاخص‌ها: علاوه بر پارامترهای لیست شده از ادبیات پژوهش با خبرگان صنعت و دانشگاه شامل اعضای هیات علمی دانشگاه، دارای سوابق پژوهشی چاپ شده در حوزه مدیریت پروژه و در منابع معتبر علمی و خبرگان سازمانی دارای تجربه و سابقه کار مرتبط با مدیریت و اجرای پروژه، مصاحبه شده است. با مصاحبه با خبرگان لیست پارامترهای موثر بر فعالیت‌های پروژه مستخرج از ادبیت پژوهش و نظر خبرگان، اصلاح و نهایی می‌گردد. **جدول ۲** پارامترهای نهایی موثر بر فعالیت‌های پروژه را نشان می‌دهد.

گام ۴- جمع‌آوری دیتا از طریق دیتابیس پروژه: میزان هر یک از پارامترهای موثر بر اهمیت فعالیت‌های پروژه، وابسته به نوع پارامتر بر اساس از اطلاعات برنامه‌ریزی پروژه استخراج می‌گردد.

مطالعه موردی جهت پیاده‌سازی روش ارایه شده، در یک پروژه منتخب از شرکت فولاد مبارکه اصفهان که دارای ۹۰ فعالیت می‌باشد انجام شده است. داده‌های مربوط به هریک از شاخص‌ها برای تمامی فعالیت‌ها از دیتا بیس پروژه استخراج شده است. **جدول ۳** مقادیر پارامترها را به صورت خلاصه، برای بیست فعالیت از ۹۰ فعالیت پروژه نشان می‌دهد.



شکل ۱- الگوریتم روش پژوهش.
Figure 1- Research method algorithm.

جدول ۲- لیست پارامترهای نهایی موثر بر اهمیت فعالیت‌ها در پروژه [4]، [6]، [23]، [24].
Table 2 - List of final parameters affecting the importance of activities in the project [4], [6], [23], [24].

۱	اهمیت زمانی	برای تعیین این شاخص، زمان هر فعالیت تقسیم بر مجموع زمان فعالیت‌های پروژه می‌شود.
۲	اهمیت هزینه‌ای	برای تعیین این شاخص، هزینه هر فعالیت تقسیم بر مجموع هزینه فعالیت‌های پروژه می‌شود.
۳	اهمیت فعالیت	جهت تعیین این شاخص وضعیت فعالیت نسبت به دیگر فعالیت‌ها بررسی شده و با استفاده از گانت چارت پروژه و بررسی روابط پیش نیازی و پس نیازی، تعیین می‌شود.
۴	شناوری فعالیت	نوسان مجاز در انجام فعالیت، بدون این‌که در زمان سایر فعالیت‌ها و زمان کل پروژه، اختلالی ایجاد شود.

۳-۲- فاز دوم: خوشه بندی فعالیت ها با استفاده از روش K-MEANS و تعیین خوشه فعالیت های بحرانی

در جهت تشکیل خوشه‌های فعالیت برای تمرکز برنامه‌ریزی و کنترل پروژه در پیش‌بینی و تخصیص منابع بر خوشه‌های بحرانی، از روش *K-Means* استفاده می‌شود. این فاز شامل دو گام است.

گام ۵- تعیین درجه‌ی بحرانی بودن هر یک از فعالیت‌ها: برای این منظور، *AON* هر پروژه رسم شده و مسیر بحرانی برای هر یک از پارامترهای تاثیرگذار بر مدیریت پروژه بر اساس اصل پارتو به صورت جداگانه تعیین می‌شود و بنابراین، فعالیت‌های بحرانی مرتبط با هر پارامتر مشخص می‌شوند. به این منظور، عدد ۱ به عضویت فعالیت k ($A1, A2, \ldots Ak$) در هر یک از مسیرهای بحرانی پارامترها در پروژه A اشاره دارد. برای به‌دست آوردن مسیر بحرانی جدید، ابتدا برای پروژه A میانگین چهار پارامتر برای هر یک از فعالیت‌ها (AVj ؛ $J=1,2,\ldots,10$) محاسبه می‌شود تا درجه بحرانی بودن هر فعالیت مشخص گردد.

جدول ۴ پارامترهای بحرانی و **جدول ۵** درجه بحرانی بودن فعالیت‌ها را برای ۲۰ فعالیت از ۹۰ فعالیت پروژه نشان می‌دهد.

جدول ۳- شاخص های اخذ شده از دیتا سنتر پروژه (مطالعه موردی).

Table 3- Indicators obtained from the project data center (case study).

AF	AI	CI	TI	Activity Name	Row	AF	AI	CI	TI	Activity Name	Row
				…..		0	0.2222	0.1350	0.0191	Belt Conveyors	1
0.2766	0	0.5866	0.3355	غبارگیرها	81	0	0.2222	0.2151	0.0178	Belt Conveyors	2
0.3435	0	0.0293	0.1729	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات برقی	82	0	0.2222	0.1458	0.0191	Belt Conveyor	3
0.5137	0.3333	0.0293	0.2719	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات اتوماسیونی	83	0	0.2222	0.1664	0.0191	Dedusting	4
0.6049	0.3333	0.0293	0.2427	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات ابزار دقیق	84	0	0.2222	0.0603	0.0191	Vibration feeder	5
0.6353	0.3333	0.0293	0.2254	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات یوتیلیتی	85	0	0.2222	0.1183	0.0191	Elevator	6
0.6900	0.3333	0.0293	0.5985	تهیه لیست مصرف کنندگان برقی	86	0	0.2222	0.2164	0.0229	Belt Conveyors	7
0.7660	0.3333	0.0293	0.5985	مشخصات فنی پایپینگ	87	0	0.2222	0.0308	0.0127	Dedusting	8
1	0.2222	0.0117	0.0407	تهیه اسناد مناقصه ماشین آلات انباشت و برداشت	88	0	0.2222	0.0308	0.0191	Vibration feeder	9
1	0.2222	0.0234	0.1169	Electrical Design Criteria	89	0	0.2222	0.1183	0.0127	Elevator	10
1	0.2222	0.0234	0.1347	انجام مطالعات ژئو تکنیک	90						….

جدول ۴-تعیین پارامتر های بحرانی برای هر فعالیت (مطالعه موردی).

Table 4-Determination of critical parameters for each activity (case study).

AF	AI	CI	TI	Activity Name	Row	AF	AI	CI	TI	Activity Name	Row
				…..		1	1	1	0	Belt Conveyors	1
0	1	0	0	غبارگیرها	81	1	1	1	0	Belt Conveyors	2
0	1	0	0	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات برقی	82	1	1	1	0	Belt Conveyor	3
0	1	0	0	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات اتوماسیونی	83	1	1	1	0	Dedusting	4
0	1	0	0	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات ابزار دقیق	84	1	1	0	0	Vibration feeder	5
0	1	0	0	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات یوتیلیتی	85	1	1	1	0	Elevator	6
0	1	0	1	تهیه لیست مصرف کنندگان برقی	86	1	1	1	0	Belt Conveyors	7
0	1	0	1	مشخصات فنی پایپینگ (PMS)	87	1	1	1	0	Dedusting	8
0	0	0	0	تهیه اسناد مناقصه ماشین آلات انباشت و برداشت	88	1	1	0	0	Vibration feeder	9
0	0	0	0	Electrical Design Criteria	89	1	1	1	0	Elevator	10
۰	۰	۰	۰	انجام مطالعات ژئو تکنیک	90						….

گام ۶- خوشه‌بندی فعالیت‌ها با استفاده از روش *KMEANS* و تعیین خوشه فعالیت‌های بحرانی: در این گام، بر اساس عضویت/عدم عضویت هر فعالیت در مسیر بحرانی هر یک از پارامترهای تاثیرگذار بر اهمیت فعالیت‌ها در پروژه که از **جدول ۴** قابل استخراج است و با استفاده از روش *K-Means*، فعالیت‌ها خوشه‌بندی می‌شوند و بر اساس چیدمان فعالیت‌ها در خوشه، میزان بحرانی بودن خوشه مشخص خواهد شد.

در این مرحله، خوشه‌بندی فعالیت‌ها انجام می‌شوند و بر اساس آرایش فعالیت‌ها در خوشه، میزان بحرانی بودن خوشه (خیلی بحرانی، بحرانی،بحرانی، نسبتا بحرانی، کم بحرانی، عدم بحران) مشخص خواهد شد. به این منظور، برای پروژه‌ی A در هریک از خوشه‌های ایجاد شده، میانگین AV_jها، برای فعالیت‌های عضو هر خوشه محاسبه می‌گردد تا درجه‌ی بحرانی بودن[1] خوشه مشخص گردد. هر چه CD به‌دست آمده برای خوشه بزرگ‌تر باشد، خوشه بحرانی‌تر است.

با توجه به نحوه‌ی چیدمان فعالیت‌ها در هر خوشه می‌توان خوشه فعالیت‌ها را در پنج دسته‌ی خیلی بحرانی، بحرانی، نسبتا بحرانی، کم بحرانی و عدم‌بحران دسته‌بندی نمود. **جدول ۶** میزان بحرانی بودن هر یک خوشه از فعالیت‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۵- شاخص های بحرانی برای هر فعالیت (مطالعه موردی).
Table 5- Critical indicators for each activity (case study).

Row	Activity Name	CD	Row	Activity Name	CD
1	Belt Conveyors	0.75	….		
2	Belt Conveyors	0.75	81	غبارگیرها	0
3	Belt Conveyor	0.75	82	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات برقی	0.5
4	Dedusting	0.75	83	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات اتوماسیونی	0.5
5	Vibration feeder	0.5	84	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات ابزار دقیق	0.5
6	Elevator	0.75	85	تهیه مشخصات فنی خرید تجهیزات یوتیلیتی	0.5
7	Belt Conveyors	0.75	86	تهیه لیست مصرف کنندگان برقی	0.5
8	Dedusting	0.75	87	مشخصات فنی پایپینگ	0.5
9	Vibration feeder	0.5	88	تهیه اسناد مناقصه ماشین آلات انباشت و برداشت	0.75
10	Elevator	0.75	89	Electrical Design Criteria	0.5
….			90	انجام مطالعات ژئو تکنیک	0.5

جدول ۶- میزان بحرانی بودن هر یک خوشه از فعالیت‌ها (مطالعه موردی).
Table 6- Criticality of each cluster of activities (case study).

خوشه	خوشه‌ی ۳ (AV=0.8289)		
فعالیت‌های خوشه	1،2،3،4،6،7،8،10،12،14،15،17،18،19،21،22،28،30،41		
وضعیت خوشه	خیلی بحرانی		
خوشه	خوشه‌ی ۲ (AV=0.6357)	**خوشه**	خوشه‌ی ۴ (AV=0.5294)
فعالیت‌های خوشه	5،9،11،13،16،20،23،24،25،26،27،29،31،32،33،34،35،36،37،38،39،40،42،45،46،47،49،50،51،52،53،54،55،56،57،0	**فعالیت‌های خوشه**	58،63،82،83،84،86،87،88،89،90،43،44،48،59،60،61
وضعیت خوشه	بحرانی	**وضعیت خوشه**	نسبتا بحرانی
خوشه	خوشه‌ی ۵ (AV=0.2917)	**خوشه**	خوشه‌ی ۱ (AV=0.2143)
فعالیت‌های خوشه	67،68،69،70،71،72،72،73،74،75،76،77	**فعالیت‌های خوشه**	62،64،65،66،79،80،81
وضعیت خوشه	کم بحرانی	**وضعیت خوشه**	عدم‌بحرانی

[1] Criticality Degree (CD)

۳-۳- فاز سوم: تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش SWARA

در این گام وزن اهمین هر یک از شاخص-های موثر بر فعالیت‌های پروژه با استفاده از روش *SWARA* تعیین می‌شود.

گام ۷- تعیین وزن اهمیت هر یک از شاخص‌ها بر اساس نظر خبرگان: در این مرحله وزن اهمیت هر یک از شاخص‌ها از خبرگان صنعت و دانشگاه اخذ می‌شود.

جدول ۷- تعیین رتبه هر یک از شاخص ها بر مبنای نظر خبرگان.
Table 7- Determining the rank of each indicator based on expert opinion.

شاخص		خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	وزن نهایی
زمان فعالیت	C1	0.75	1	0.95	0.280
هزینه فعالیت	C2	0.85	0.9	1	0.286
اهمیت فعالیت	C3	1	0.65	0.75	0.249
شناوری فعالیت	C4	0.7	0.5	0.4	0.185

گام ۸- محاسبه‌ی وزن اهمیت هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش *SWARA*: بر اساس اوزان اخذ شده، با. وزن نهایی شاخص‌ها برای پروژه مورد مطالعه در **جدول ۷** آمده است.

۳-۴- فاز چهارم: اولویت‌بندی فعالیت‌های پروژه با استفاده ازمتد ARAS

در فاز چهارم، فعالیت‌های بحرانی با بکارگیری متد *ARAS* اولویت‌بندی می‌شود. در پروژه مورد مطالعه هدف اولویت‌بندی فعالیت‌های بحرانی در جهت بهبود کنترل پروژه و تسهیل راهبردی مدیریت پروژه است. **جدول ۸** ماتریس تصمیم‌گیری را برای فعالیت‌های مزبور ترسیم نموده است.

فعالیت‌های خیلی بحرانی با بکارگیری روش *ARAS* رتبه‌بندی شده که رتبه فعالیت‌ها در **جدول ۹** آمده است.

جدول ۸- ماتریس تصمیم‌گیری در روش ARAS (مطالعه موردی).
Table 8- Decision-making matrix in the ARAS method (case study).

TI	CI	AI	AF	ACT	AF	CI	AI	TI	ACT
0.0079	0.0427	0.0188	1.0000	ACT 15	1.0000	0.0122	0.0094	0.0006	ACT 1
0.0185	0.0906	0.0141	1.0000	ACT 17	1.0000	0.0195	0.0094	0.0006	ACT 2
0.0085	0.0159	0.0094	1.0000	ACT 18	1.0000	0.0132	0.0094	0.0006	ACT 3
0.0175	0.0525	0.0188	1.0000	ACT 19	1.0000	0.0151	0.0094	0.0006	ACT 4
0.0335	0.0865	0.0094	1.0000	ACT 21	1.0000	0.0107	0.0094	0.0006	ACT 6
0.0292	0.0429	0.0094	1.0000	ACT 22	1.0000	0.0196	0.0094	0.0008	ACT 7
0.0059	0.0091	0.0094	1.0000	ACT 28	1.0000	0.0132	0.0094	0.0004	ACT 8
0.0149	0.0565	0.0094	1.0000	ACT 30	1.0000	0.0107	0.0094	0.0004	ACT 10
0.0172	0.0135	0.0094	1.0000	ACT 41	1.0000	0.0112	0.0094	0.0006	ACT 12
					1.0000	0.0112	0.0094	0.0006	ACT 14

جدول ۹- رتبه‌بندی در روش ARAS (مطالعه موردی).
Table 9- Ranking in the ARAS method (case study).

ACT	Rank	ACT	Rank
ACT 1	10	ACT 15	7
ACT 2	6	ACT 17	1
ACT 3	9	ACT 18	17
ACT 4	8	ACT 19	5
ACT 6	14	ACT 21	16
ACT 7	11	ACT 22	2
ACT 8	3	ACT 28	19
ACT 10	4	ACT 30	15
ACT 12	12	ACT 41	18
		ACT 14	12

۴- نتیجه و جمع بندی

در سازمان‌های پروژه محور، چالش‌های خاصی برای مدیران و تصمیم‌گیران وجود دارد. هدایت پروژه‌ها در یک مسیر استراتژیک و تنظیم استراتژی مدیریت سازمان، نیاز به یک الگوی مدیریت و کنترل پروژه دارد. از این رو پژوهش پیش‌رو ارایه روشی جهت خوشه‌بندی و اولویت‌بندی فعالیت‌های بحرانی در پروژه با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره در چهار فاز، ارایه و سپس آن را در یک مطالعه‌موردی به طور مشروح ، حل نموده است. به این منظور در فاز اول، پارامترهای موثر بر میزان اهمیت فعالیت‌ها در پروژه شناسایی شده است. سپس در فاز دوم فعالیت‌ها با استفاده از روش *K-Means* و در طی دو گام خوشه‌بندی شده و درجه‌ی بحرانی بودن هر خوشه مبتنی بر پارامترهای تعیین شده در **گام ۱**، معین می‌گردد. سپس در فاز سوم، وزن هر شاخص با متد *SWARA* معین شدهو در نهایت فعالیت‌های بحرانی به روش *ARAS* رتبه‌بندی شده‌اند.

به این منظور، در فاز اول مبتنی بر مرور ادبیات پژوهش و پس از آن مصاحبه با خبرگان مدیریت و کنترل پروژه در صنعت و دانشگاه چهار پارامتر اهمیت زمانی، اهمیت هزینه‌ای، اهمیت فعالیت، و شناوری به‌عنوان پارامترهای موثر بر فعالیت‌های پروژه معین شد. در فاز بعد، خوشه‌بندی فعالیت‌های پروژه در پنج خوشه‌ی خیلی بحرانی،بحرانی، نسبتا بحرانی، کم بحرانی و عدم‌بحران انجام می شود که مبتنی بر تمامی پارمترهای شناسایی شده موثر بر میزان اهمیت فعالیت‌ها در پروژه می‌باشد و مدیر پروژه را یاری می‌دهد تا در تخصیص منابع انسانی، بودجه، تجهیزات و زمان، به جای تک فعالیت‌های بحرانی، بسته به میزان بحرانی بودن هر خوشه، آن را در برنامه‌ریزی و تخصیص منابع مور توجه و تمرکز قرار دهد. از طرفی با در نظر گرفتن پارمترهای موثر شناسایی شده به طور همزمان، دید متفاوتی را، جهت تدقیق، مدیریت و اجرای پروژه ارایه خواهد داد. در فاز سوم و چهارم، وزن دهی به شاخص‌های موثر بر فعالیت‌های پروژه به روش *SWARA* که مبتنی بر نظر خبرگان است کمک میکند تا مدیران پروژه با رویکرد واقع‌نگر بر شاخص‌ها با دید راهبردی برنامه‌ریزی و پیش‌بینی انجام دهند. از طرفی در فاز چهارم با استفاده از شاخص‌های موزون و روش *ARAS* رتبهبندی فعالیت‌های عضو خوشه‌خیلی بحرانی، تمرکز مدیران و مجریان پروژه در بهبود و کنترل بسزای فعالیت‌های بسیار بحرانی با رتبه بالاتر افزایش داده و از هدر رفت منابع و یا انحراف پروژه از دامنه مورد انتظار زمانی، هزینه‌ای و کیفی جلوگیری می‌کند.

۴-۱- پیشنهادات مدیریتی

از آن‌جا که انتخاب پروژه‌ها، تشکیل سبد پروژه و نهایتا مدیریت پورتفولیو، در سازمان‌های پروژه محور، اصلی مهم در تامین اهداف تجاری و اهداف استراتژیک سازمان به شمار می‌رود؛ وجود یک چارچوب مدیریت و کنترل پروژه که سازمان را برای پیش‌بینی، برنامه‌ریزی و تخصیص منابع هدایت نموده و در نهایت الگویی برای تعیین فعالیت‌های بحرانی و مدیریت آن‌ها در قالب خوشه فعالیت‌های بحرانی ارایه می‌دهد. خطا در برنامه‌ریزی و کنترل پروژه حتی در یک فعالیت، ناشی از عدم در نظر گرفتن تمامی پارامترهایی که می‌تواند بر برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت‌ها و پروژه‌ها موثر باشد، در تمام پروژه تسری یافته و منجر به هدر رفت هزینه و زمان و منابع به صورت آبشاری گردد. بنابراین، دسته‌بندی فعالیت‌ها و تشکیل خوشه‌هایی که درجه‌ی بحرانی بودن آن‌ها مبتنی بر درجه‌ی بحرانی بودن هر یک از فعالیت‌ها و ناشی از مجموعه‌ی پارامترهای تاثیر گذار باشد توجه و تمرکز مدیران پروژه را از تک فعالیت‌ها به سمت خوشه و فعالیت‌های رتبه‌دار در بحرانی بودن بیشتر می‌برد. بعلاوه، اولویت‌بندی درون خوشه‌ای، بحرانی‌ترین فعالیت‌ها را برای مدیران و عوامل اجرای پروژه مشهود می‌نماید تا برنامه‌ریزی و کنترل پروژه و در ادامه احتمال اختلال ناشی از خطا در برنامه‌ریزی و اجرای هر یک از این فعالیت‌ها را کاهش دهد.

آن‌چه که در تحقیق فوق انجام گرفته است به رغم دقت الگوی ارایه شده و استفاده از شاخص های کاربردی می تواند در صورت امکان با برداشتن هر کدام از محدودیت های تحقیق بهبود یابد. تعیین اوزان فعالیت‌ها و در نظر گرفتن وزن فعالیت‌های موزون برای تعیین خوشه فعالیت‌های بحرانی که در پژوهش پیش‌رو مجال محاسبه‌ی آن نبود می‌تواند در پژوهش‌های آتی مورد بررسی قرار گیرد. استفاده از شبکه‌های عصبی و یا سایر روش‌های داده‌کاوی برای خوشه‌بندی فعالیت‌ها پروژه‌ها نیز می‌تواند در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد.

مراجع

[1] De Reyck, B. (2010). Effective project planning: Making the most of project planning tools. *Production and inventory management journal*, *46*(2), 10.

[2] Vanhoucke, M. (2012). *Project management with dynamic scheduling*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40438-2.

[3] Dodin, B., & Elimam, A. A. (2008). Integration of equipment planning and project scheduling. *European journal of operational research*, *184*(3), 962–980. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.104

[4] Al-Anzi, F., Al-Zame, K., & Allahverdi, A. (2010). Weighted Multi-Skill Resources Project Scheduling. *JSEA*, *3*, 1125–1130. https://doi.org/10.4236/jsea.2010.312131

[5] Daniel, C. L., A., S. G., Julian, G. J., & K., Y. J. (2009). Construction Project Scheduling with Time, Cost, and Material Restrictions Using Fuzzy Mathematical Models and Critical Path Method. *Journal of construction engineering and management*, *135*(10), 1096–1104. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:10(1096)

[6] Berjis, N., Shirouyehzad, H., & Jouzdani, J. (2020). A new approach to determine the weights of project activities using data envelopment analysis: a case of Mobarakeh steel company. *International Journal of Managing Projects in Business, 13*(6), 1187-1217. https://doi.org/10.1108/IJMPB-12-2019-0304

[7] Karaca, Z., & Onargan, T. (2007). The application of critical path method (CPM) in workflow schema of marble processing plants. *Materials and manufacturing processes*, *22*(1), 37–44. https://doi.org/10.1080/10426910601015865

[8] Sathish, S., & Ganesan, K. A. (2011). A simple approach to fuzzy critical path analysis in project networks. *International Journal of Scientific & Engineering Research, 1*(2), 3-4. https://www.researchgate.net/profile/Shakeela-Sathish/publication/387461325

[9] Mota, C. M. de M., de Almeida, A. T., & Alencar, L. H. (2009). A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in project management. *International journal of project management*, *27*(2), 175–181. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.08.005

[10] Kusiak, A., & Park, K. (1990). Concurrent design: decomposition of design activities. *1990 rensselaer's second international conference on computer integrated manufacturing* (pp. 555–563). IEEE Computer Society. https://doi.org/10.1109/CIM.1990.128162

[11] Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in project management. *International journal of project management*, *19*(1), 19–27. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038-1

[12] Turskis, Z., & Keršulienė, V. (2024). SHARDA–ARAS: A methodology for prioritising project managers in sustainable development. *Mathematics*, 12(2), 219. https://doi.org/10.3390/math12020219

[13] Hosseini Dehshiri, S. J., & Arab, A. (2017). ERP System Selection Using the Combination of SWARA and Gray ARAS Methods. *Business intelligence management studies*, *5*(18), 73-103. (**In Persian**). https://doi.org/10.22054/ims.2017.7012

[14] Shiroviyehzad, H. (2021). *Quantitative and applied methods in multi-criteria decision making*. Asr Andisheh. (**In Persian**). https://ketabema.com/book/2b36888d-649d-4d75-859f-d2536dfb7fd0

[15] Gheibdoust, H., Gilaninia, S., & Taleghani, M. (2024). Evaluating and prioritising decision-making factors in construction project management to select the best constructor. *International journal of project organisation and management*, *16*(2), 185–208. https://doi.org/10.1504/IJPOM.2024.139251

[16] Nejatyan, E., Sarvari, H., Hosseini, S. A., & Javanshir, H. (2024). Deploying Value Engineering Strategies for Ameliorating Construction Project Management Performance: A Delphi-SWARA Study Approach. *Buildings*, *14*(8), 2291. https://doi.org/10.3390/buildings14082291

[17] Dorfeshan, Y., & Mousavi, S. M. (2019). A group TOPSIS-COPRAS methodology with Pythagorean fuzzy sets considering weights of experts for project critical path problem. *Journal of intelligent & fuzzy systems*, *36*(2), 1375–1387. https://doi.org/10.3233/JIFS-172252

[18] Dorfeshan, Y., Mousavi, S. M., Mohagheghi, V., & Vahdani, B. (2018). Selecting project-critical path by a new interval type-2 fuzzy decision methodology based on MULTIMOORA, MOOSRA and TPOP methods. *Computers & industrial engineering*, *120*, 160–178. https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.04.015

[19] Liu, Q., Shi, S., Zhu, H., & Xiao, J. (2014). A mutual information-based hybrid feature selection method for software cost estimation using feature clustering. *2014 IEEE 38th annual computer software and applications conference* (pp. 27–32). IEEE. https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2014.99

[20] Khatibi Bardsiri, V., Jawawi, D. N. A., Hashim, S. Z. M., & Khatibi, E. (2014). A flexible method to estimate the software development effort based on the classification of projects and localization of comparisons. *Empirical software engineering*, *19*(4), 857–884. https://doi.org/10.1007/s10664-013-9241-4

[21] Pushphavathi T. P, Ramaswamy. V, S. . (2013). Analysis of Quality of Software Projects using Data Clustering Techniques. *Amrita international conference of women in computing*, *AICWIC*(2), 26–31. https://www.ijcaonline.org/proceedings/aicwic/number2/9870-1312/

[22] Darfshan, Y., Mousavi, S. M., & Vahadani, B. (2022). Determining project critical paths with a new hybrid approach based on MULTI-MOORA and SWARA is developed and focuses on time, cost, quality, risk, and safety criteria in a fuzzy type-2 interval environment. *Industrial management studies*, *20*(67), 85–119. https://www.doi.org/10.22054/jims.2022.25775.1887

[23] Hadad, Y., Keren, B., & Laslo, Z. (2016). Multi-criteria methods for ranking project activities. *Yugoslav journal of operations research,* 26(2), 199-217. https://doi.org/10.2298/YJOR140618012H

[24] Castro, J. F. T. de, et al. (2022). Weight assignment for resource sharing in the context of a project and operation portfolio. *Engineering Management Journal,* 34(3), 406–419. https://doi.org/10.1080/10429247.2021.1940044