



Paper Type: Original Article



Hybrid Optimization Considering Risk and Efficiency with Data Envelopment Analysis Approach

Arshad Farahmandian^{1,*} , Sepideh Nejati¹, Reza Bakhtiari¹, Mohammad Reza Karimi¹

¹ Department of Management, Islamic Azad University, Zanjan, Iran; afarahmandian110@gmail.com; sepidehnejati@yahoo.com; reza_bakhtiari9@yahoo.com; college.zanjan@gmail.com.

Citation:



Farahmandian, A., Nejati, S., Bakhtiari, B., & Karimi, M. R. (2025). Hybrid optimization considering risk and efficiency with data envelopment analysis approach. *Management: Modeling, analysis and applications*, 2(1), 1-6.

Received: 25/01/2024

Reviewed: 15/04/2024

Revised: 05/06/2026

Accepted: 13/09/2024

Abstract

Purpose: A project is a temporary effort to create a product or service, and project management is the application of knowledge, skills, tools, and methods in managing activities to achieve project goals. Project scheduling is an integral part of project management that balances competing project goals such as time, cost, quality, etc. Therefore, project managers, primarily responsible for achieving the project goals, must complete and deliver the project within the specified time, with the lowest cost and quality. In previous years, extensive scientific research has been conducted on time-cost and time-cost-quality tradeoffs.

Methodology: In this study, an applied model of algorithms for solving the time-cost-quality-risk tradeoff problem has been presented. One of the important things that should be considered in every project is the efficiency of each activity. If each of the project activities is implemented in the most efficient way possible, it can be claimed that the project is in an optimal state in terms of performance. This research has optimized the time-cost-quality-risk problem using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. Then, the proposed approach has been evaluated in a case study to determine the most efficient implementation method for each activity.

Findings: The results obtained show that in the case of optimal implementation of all activities, the total project time will be 403 days, the costs will be 85 billion and 465 million rials, the quality will be 99.2%, and the risk score will be 0.408. This approach can be an efficient tool for project managers in selecting the most optimal implementation options so that the project is implemented with the lowest risk, cost, and time and, at the same time, with the highest level of quality.

Originality/Value: This research approach can help project managers identify the most efficient way to implement project activities. The presented framework can be developed and generalized to other projects, and its scope of application can be expanded by adding social and environmental indicators to the objective function.

Keywords: Hybrid optimization, Efficiency, Risk, Data envelopment analysis.



Corresponding Author: afarahmandian110@gmail.com  <https://doi.org/10.22105/mmaa.v1i1.57>

Licensee. **Management: Modeling, Analysis and Application**. 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>).



بهینه سازی ترکیبی با در نظر گرفتن ریسک و کارایی با رویکرد تحلیل پوششی داده ها

ارشاد فرهنگیان^{۱*}، سپیده نجاتی^۱، رضا بختیاری^۱، محمدرضا کریمی^۱

^۱گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

چکیده

هدف: پروژه یک تلاش موقت برای ایجاد یک محصول یا خدمت است و مدیریت پروژه به کارگیری دانش، مهارت، ابزار و روش هایی در مدیریت فعالیت ها برای رسیدن به اهداف پروژه است. زمان بندی پروژه یک بخش جدایی ناپذیر از مدیریت پروژه می باشد که به ایجاد توازن میان اهداف رقابتی پروژه هم چون زمان، هزینه، کیفیت و ... می پردازد. بنابراین مدیران پروژه که مسئول اصلی رساندن پروژه به اهداف آن می باشند، باید پروژه را در زمان تعیین شده با کمترین هزینه و بیشترین سطح کیفیت به اتمام رسانده و تحویل دهند. تحقیقات علمی گسترده ای در حوزه موازنه زمان-هزینه و زمان-هزینه-کیفیت در سال های قبل انجام شده است.

روش شناسی پژوهش: در این پژوهش به ارایه مدلی کاربردی از الگوریتم های حل مساله موازنه زمان-هزینه-کیفیت-ریسک پرداخته شده است. یکی از موارد مهمی که در هر پروژه باید به آن توجه کرد میزان کارایی هر فعالیت است. چنانچه هر یک از فعالیت های پروژه به کاراترین شکل ممکن اجرا شوند می توان ادعا کرد پروژه از نظر عملکردی در وضعیت بهینه ای قرار دارد. در این پژوهش با به کارگیری روش تحلیل پوششی داده ها^۱ به بهینه سازی مساله زمان-هزینه-کیفیت-ریسک پرداخته شده است و سپس رویکرد پیشنهادی جهت تعیین کاراترین شیوه اجرایی هر یک از فعالیت ها در یک مطالعه موردی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

یافته ها: نتایج به دست آمده نشان می دهد که در حالت اجرای بهینه تمامی فعالیت ها، زمان کل پروژه برابر با ۴۰۳ روز، هزینه ها معادل ۸۵ میلیارد و ۴۶۵ میلیون ریال، کیفیت معادل ۹۹/۲٪ و نمره ریسک برابر با ۰/۴۰۸ خواهد بود. این رویکرد می تواند ابزاری کارآمد برای مدیران پروژه در انتخاب بهینه ترین گزینه های اجرایی باشد، به گونه ای که پروژه با کمترین ریسک، هزینه، زمان و در عین حال با بیشترین سطح کیفیت انجام گیرد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: رویکرد این پژوهش می تواند به مدیران پروژه کمک کند تا کاراترین شیوه اجرای فعالیت های پروژه را شناسایی کنند. همچنین، چارچوب اریه شده قابلیت توسعه و تعمیم به سایر پروژه ها را دارد و می توان با افزودن شاخص های اجتماعی و زیست محیطی به تابع هدف، دامنه کاربرد آن را گسترش داد.

کلیدواژه ها: بهینه سازی ترکیبی، کارایی، ریسک، DEA.

۱- مقدمه

در انجام یک پروژه، مدیران پروژه باید از مفهوم و طبیعت ریسک، درک کاملی داشته باشند، چرا که ریسک پروژه، یک وضعیت یا واقعه غیر مسلم است که اگر اتفاق بیافتد، ممکن است یک اثر منفی یا مثبت بر یک یا چند هدف پروژه مانند محدوده، زمان بندی، هزینه و کیفیت داشته باشد [1]،

¹ Data Envelopment Analysis (DEA)

ریسک می تواند روی زمان، بهره وری، کیفیت و بودجه لازم برای پروژه اثر بگذارد. در حوزه مدیریت ریسک پروژه، بیشترین اثرات ریسک ها عبارتند از: عدم موفقیت در تکمیل پروژه با بودجه تعیین شده یا در زمان تعیین شده و در به دست آوردن کیفیت مورد نیاز [2].

کاربرد متداول مدیریت ریسک در پروژه، اداره کردن عدم قطعیت هایی است که اهداف پروژه را تحت تاثیر قرار می دهند. در واقع در این نقطه است که انواع ریسک به وجود آمده و توسعه می یابند [1] که در این تحقیق در کنار کارایی مورد توجه واقع شده است؛ چرا که هدف مدیران پروژه این است که پروژه های خود را در کوتاه ترین زمان و کمترین هزینه با حداکثر کیفیت ممکن به پایان برسانند تا بتوانند ریسک های منفی ذاتی پروژه ها را به حداقل برسانند. همچنین اجرای موفقیت آمیز یک پروژه بدون در نظر گرفتن بعد کیفیت، اثربخش نیست؛ به همین دلیل کیفیت به مساله زمان و هزینه در مدل سازی اضافه شده است [3].

برنامه ریزی پروژه برای مدیران پروژه اهمیت ویژه ای دارد. فعالیت های پروژه در طول فرآیند برنامه ریزی، شناسایی شده و سپس مدت زمان فعالیت، هزینه های مرتبط و میزان منابع مورد نیاز برای هر فعالیت مشخص می شوند. مدت زمان فعالیت ها را می توان با افزایش میزان منابع برای انجام فعالیت ها کاهش داد. در این صورت ممکن است سایر اهداف پروژه مانند کیفیت تحت تاثیر قرار گیرند؛ بنابراین، باید مقادیر بهینه اهداف متناقض پروژه را به دست آورد [4].

هدف اصلی در صنعت ساخت و ساز تکمیل فعالیت های برنامه ریزی شده پروژه طبق برنامه مقرر است و زمان، هزینه، کیفیت و ریسک تحویل پروژه از جمله جنبه های حیاتی هر پروژه است. به حداکثر رساندن کیفیت پروژه ها در عین به حداقل رساندن زمان و هزینه آن، نیازمند توسعه مدل های نوآورانه با در نظر گرفتن ریسک است. هر یک از فعالیت های پروژه ممکن است تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار گیرد و این عوامل ممکن است به نوبه خود بر هزینه و مدت کل پروژه تاثیر منفی بگذارد. شناخت این اثرات و جلوگیری از آن مستلزم دستیابی به بینش و آگاهی کافی در مورد ریسک های احتمالی است [5].

تلاش برای کاهش زمان پروژه، با توجه به عوامل موثر بر اجرای پروژه، همواره چالشی برای مدیران پروژه بوده است [6]. روش های زیادی برای بهینه سازی مبادله زمان-هزینه ارائه شده است که اصلی ترین آن ها رویکرد *DEA* است. در این مطالعه تلاش شده است تا با در نظر گرفتن ریسک و کیفیت به بهینه سازی مساله موازنه زمان-هزینه پرداخته شود؛ نوآوری اصلی مطالعه حاضر نسبت به سایر مطالعات در نظر گرفتن کارایی هر فعالیت در فرآیند بهینه سازی و استفاده از روش *DEA* است.

۲- روش شناسی

الگوریتم های ژنتیک، روش های فراابتکاری و تکنیک هایی برای بهینه سازی هستند که ریشه در تکامل طبیعی دارند. این الگوریتم ها به شکل گسترده ای در تمام جنبه های زندگی بشر وارد شده اند و نتایج بسیار عالی آن ها سبب شده است که روز به روز جنبه های بیشتری از به کارگیری این الگوریتم ها آشکار شود. همچنین به دلیل دشوار بودن مسایل فشرده گی زمان در ابعاد بزرگ و ناکارآمد بودن روش های حل دقیق، لزوم استفاده از الگوریتم های فراابتکاری بیش از پیش محرز شده است. از آن جا که الگوریتم های فراابتکاری تک هدفه پاسخگوی مناسبی برای مسایل موازنه ای چند هدفه نمی باشد، پژوهشگرانی در این زمینه به ارائه مدل های چند هدفه ای از الگوریتم های فراابتکاری نظیر الگوریتم ژنتیک چند هدفه پرداخته اند. در مساله بهینه سازی موازنه زمان، هزینه و کیفیت فعالیت های پروژه، هر فعالیت دارای m شیوه است، در نتیجه کل فعالیت های پروژه دارای m^n شیوه اجرایی است که مدل پیشنهادی به دنبال یافتن بهترین شیوه اجرایی برای هر فعالیت می باشد به طوری که زمان، هزینه و ریسک کل انجام پروژه کمینه و کیفیت کل اجرای آن نیز بیشینه گردد. در این تحقیق، فرآیند موازنه زمان، هزینه، کیفیت و ریسک پروژه با استفاده از ریاضیات منطق فازی، روش مسیر بحرانی و الگوریتم نخبه گرای ژنتیک که مدل برنامه ریزی خطی صفر و یک سه هدفه می باشد، انجام خواهد گرفت.

۳- یافته های تحقیق

با توجه به بررسی های انجام شده، روش *DEA* و ارزیابی کارایی حالت های اجرای هر فعالیت برای مساله زمان-هزینه-کیفیت-ریسک تاکنون استفاده نشده است؛ بنابراین، نوآوری این تحقیق را می توان در دو نکته خلاصه کرد: ۱- این که در زمینه زمان بندی پروژه چهار عامل زمان، هزینه،

کيفيت و ريسک به عنوان خروجي هر فعاليت در نظر گرفته مي شود و بهينه سازي پروژه بر اساس آن است و ۲-DEA براي انتخاب بهترين حالت اجرا براي هر فعاليت استفاده مي شود. ارزيابي عملکرد با توجه به ورودی‌ها (منابع) و خروجی‌ها (زمان، هزینه، کيفيت و ريسک) انجام مي شود و خروجی‌ها به دو دسته مطلوب و نامطلوب تقسيم مي شوند.

DEA براي اولين بار توسط کوپر و همکاران [7] در سال ۱۹۷۸ براي تخمين کارايي نسبي واحدهای تصميم‌گيري^۱ معرفي شد.

در اين پژوهش براي ارزيابي عملکرد هر فعاليت از شاخص کارايي استفاده مي شود. با توجه به وجود ستانده مطلوب (ضريب کيفيت هر فعاليت) و ستانده نامطلوب (زمان، هزینه و ريسک هر فعاليت)، بردار ستانده به دو بخش ستانده مطلوب Y_d و ستانده غيرمطلوب Y_{ud} تقسيم شده و با ستانده نامطلوب مانند منابع رفتار مي شود.

براي افزايش توان رويکرد DEA دو DMU مجازي معروف به واحد تصميم‌گيري ایده‌آل^۲ و واحد تصميم‌گيري ضد ایده‌آل^۳ را در DEA پيشنهاد کردند [8]. فرض کنيد تعداد n واحد DMU براي ارزيابي وجود دارد و هر DMU تعداد m نهاده s ستانده داشته باشد. در اين ساختار y_{rj} ($r = 1, \dots, s$) و x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) مقادير نهاده و ستانده را براي DMU_j ($j = 1, \dots, n$) نشان مي دهند که همه مثبت و معين هستند. بر اساس تعريف، IDMU يک DMU مجازي است که مي تواند از کمترین نهاده‌ها براي توليد بيشترين ستانده استفاده کند؛ درحالي که يک ADMU يک DMU است که بيشترين نهاده‌ها را براي توليد کمترین ستانده مصرف مي کند. علاوه بر اين، آن‌ها اين دو DMU مجازي را با شاخص نزديکي نسبي^۴ ترکيب مي شوند و رتبه‌بندی DMUs را محاسبه مي کنند.

جدول ۱- معرفي پارامترهای تحليل پوششي داده‌ها.

Table 1- Introduction to data envelopment analysis parameters.

x_{ij}	مقدار نهاده i براي فعاليت j .
y_{ij}	مقدار ستانده r براي فعاليت j .
y_{ij}^D	مقدار ستانده مطلوب.
y_{ij}^U	مقدار ستانده نامطلوب.
$x_i^{\min}$	مينيمم مقدار نهاده i th در همه فعاليت‌ها.
$x_i^{\max}$	ماکزيمم مقدار منابع i th در همه فعاليت‌ها.
y_r^{Umin}	مينيمم مقدار ستانده نامطلوب r th در همه فعاليت‌ها.
y_r^{Dmin}	مينيمم مقدار ستانده مطلوب r th در همه فعاليت‌ها.
y_r^{Umax}	ماکزيمم مقدار ستانده نامطلوب r th در همه فعاليت‌ها.
y_r^{Dmax}	ماکزيمم مقدار ستانده مطلوب r th در همه فعاليت‌ها.

مدل پژوهش داراي n فعاليت ($i = 1, \dots, n$) که هر فعاليت داراي m شيوه ($j = 1, \dots, m$) اجرا است و هريک از شيوه‌های اجرای فعاليت‌ها داراي يک زمان اجرا به صورت عدد فازی مثلي $\tilde{T} = (t_1, t_2, t_3)$ ، هزینه اجرا به صورت عدد فازی مثلي $\tilde{C} = (c_1, c_2, c_3)$ ، کيفيت اجرا به صورت عدد فازی مثلي $\tilde{Q} = (q_1, q_2, q_3)$ و ريسک فعاليت‌ها $\tilde{R} = (r_1, r_2, r_3)$ به صورت اعداد فازی مثلي است که V_{ij} انتخاب شيوه j th براي انجام فعاليت i th را تعريف مي کند و به شکل رابطه (۱) ارايه مي شود.

$$\tilde{V}_{ij} = [(\tilde{t}_{ij}), (\tilde{c}_{ij}), (\tilde{q}_{ij}), (\tilde{r}_{ij})]. \quad (1)$$

مساله بهينه‌سازي زمان، هزینه، کيفيت و ريسک يک مدل برنامه‌ريزي خطي يک چهارهدفه مي باشد که در رابطه (۲) ارايه شده است.

$$\text{Min } \tilde{T} = \sum_i (\tilde{T}_i^j * X_i^j), \quad (i = 1, \dots, n), (j = 1, \dots, m), \quad (2)$$

¹ Decision-Making Units (DMUs)

² Ideal Decision Making Unit (IDMU)

³ Anti-ideal Decision Making Unit (ADMU)

⁴ Relative Closeness (RC)

$$\text{Min} \bar{C} = \sum_i (\bar{DC}_i^j * X_i^j + \bar{IC}_i^j * X_i^j + \bar{VC}_i^j * X_i^j), (i = 1, \dots, n), (j = 1, \dots, m), \quad (3)$$

$$\text{Min} \bar{R} = \sum_i (\bar{R}_i^j * X_i^j), \quad (i = 1, \dots, n), (j = 1, \dots, m), \quad (4)$$

$$\text{max} \bar{Q} = \sum_i (\bar{W}t_i * \bar{Q}_i^j * X_i^j), \quad (i = 1, \dots, n), (j = 1, \dots, m), \quad (5)$$

$$\text{efficiency}_{ij} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{ij}}{T_{ij} * C_{ij} * R_{ij}}, (i = 1, \dots, n), (j = 1, \dots, m), \quad (6)$$

S.t:

$$S_j - S_i \geq t_{ij}(X_{ij}), t_{ij} \leq X_{ij} \leq U_{ij}, X_1 = 0, C_R \geq 0, t_{ij}(X_{ij}) \geq 0, X_i \geq 0. \quad (7)$$

در رابطه (۲) تا رابطه (۵) که توابع هدف مساله هستند، حداقل سازی زمان، هزینه های کل اجرای پروژه، حداقل سازی ریسک و بیشینه کردن کیفیت کل انجام پروژه مدنظر است. هزینه ها از مجموع هزینه های مستقیم، غیرمستقیم و ارزش زمانی پول به دست می آید. در پایان پس از حل مساله و به دست آوردن مجموعه جواب های پارتو، برای پیدا کردن جواب نهایی مساله از رابطه (۶) که نشان دهنده کاراترین حالت اجرای پروژه است، استفاده می شود.

رابطه (۷)، ۴ قید بهینه سازی تحقیق است که به ترتیب نشان دهنده پیش نیازی فعالیت ها، تضمین کننده زمان های نرمال و فشرده بین یک محدوده مشخص، بیانگر این نکته که زمان شروع پروژه باید همیشه صفر باشد و همچنین قید نامنفی بودن پارامترها را بر مدل تحمیل می کند.

۴- نتیجه و جمع بندی

مطالعه موردی در این پژوهش مربوط به اجرای یک پروژه ساختمانی می باشد. روابط پیش نیازی برای فعالیت ها از نوع شروع به شروع است؛ به این معنی که شروع هر فعالیت با شروع فعالیت پیش نیاز خود ارتباط زمانی دارند. هر فعالیت پروژه دارای منابع و ستانده های متفاوتی است. منابع شامل سه منبع نیروی کار، مواد و مصالح و تجهیزات و ماشین آلات است و ستانده شامل زمان، هزینه، کیفیت و ریسک هر فعالیت است. هر فعالیت از ۳ حالت اجرا تشکیل شده است. از آن جاکه ۱۴ فعالیت مختلف در این پروژه وجود دارد و هر فعالیت به ۳ شیوه مختلف قابل اجراست، تعداد حالت های اجرایی پروژه $14^3 = 2744$ حالت خواهد بود. انجام پروژه با استفاده از هر یک از این حالت ها اثرات متفاوتی در زمان، هزینه، کیفیت و ریسک خواهد داشت.

میزان استفاده از منابع هر فعالیت در هر روش اجرا به همراه زمان مورد نیاز برای انجام فعالیت توسط پیمانکار پروژه و نماینده کارفرما، هزینه هر حالت اجرای فعالیت بر اساس هزینه منابع ورودی و مدت زمان اجرای فعالیت و میزان ریسک و کیفیت پروژه نیز توسط پیمانکار پروژه برآورد شده است. داده های پروژه که شامل زمان، هزینه، کیفیت و ریسک هر حالت اجرایی پروژه است در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- برآورد زمان، هزینه، کیفیت و ریسک فعالیت ساخت و ساز حسب حالت اجرا توسط پیمانکار.

Table 2- Estimated time, cost, quality and risk of construction activity by contractor's execution mode.

ردیف	نوع فعالیت	زمان فازی (روز)	هزینه فازی (میلیون ریال)	کیفیت	ریسک
1	تجهیز کارگاه	6, 7, 8	30000, 40000, 50000	1.0, 0.99, 0.98	0.08, 0.15, 0.24
2	نقشه برداری و اجرای پی	30, 35, 40	2000, 3000, 4000	1.0, 0.99, 0.98	0.08, 0.24, 0.15
3	اجرای اسکلت بتنی	110, 120, 130	12000, 14000, 16000	1.0, 0.99, 0.98	0.64, 0.81, 1.0
4	اجرای بام و سقف نورگیر	40, 50, 60	1000, 1200, 1300	1.0, 0.99, 0.98	0.42, 0.56, 0.8
5	اجرای تیغه بندی	20, 25, 30	1800, 2000, 2200	1.0, 0.99, 0.98	0.08, 0.15, 0.24
6	نصب چارچوب درها و ...	15, 18, 21	300, 350, 400	1.0, 0.99, 0.98	0.08, 0.15, 0.24
7	اندود گچ و خاک سقف و دیوارها	25, 30, 35	950, 1000, 1050	1.0, 0.99, .098	0.08, 0.15, 0.24

جدول ۲- ادامه.

Table 2- Continued.

ردیف	نوع فعالیت	زمان فازی (روز)	هزینه فازی (میلیون ریال)	کیفیت	ریسک
8	نماسازی و اجرای باغچه	45, 55, 65	1900, 1950, 2000	1.0, 0.99, 0.98	0.64, 0.81, 1.0
9	اجرای تأسیسات مکانیکی و برق	33, 39, 45	13000, 14000, 15000	1.0, 0.99, 0.98	0.64, 0.81, 1.0
10	کف سازی طبقات	38, 45, 52	6500, 6700, 6900	1.0, 0.99, 0.98	0.08, 0.15, 0.24
11	سفیدکاری سقف‌ها و دیوارها	60, 65, 70	800, 850, 900	1.0, 0.99, 0.98	0.08, 0.15, 0.24
12	نقاشی سقف و دیوارها	42, 47, 52	1000, 1100, 1200	1.0, 0.99, 0.98	0.08, 0.15, 0.24
13	نصب منسوجات	31, 35, 39	8100, 8200, 8300	1.0, 0.99, 0.98	0.32, 0.45, 0.6
14	تمیزکاری و برچیدن کارگاه	5, 8, 11	200, 250, 300	1.0, 0.99, 0.98	0.04, 0.09, 0.16

به دلیل ماهیت غیرقطعی و برآوردی داده‌های موجود، متغیرهای فازی با استفاده از اعداد فازی مثلثی که حداقل، محتمل‌ترین و حداکثر مقادیر را برای هر هدف نشان می‌دهند، به هر فعالیت پروژه اختصاص داده شده است. زمان بر حسب روز، هزینه بر حسب میلیون ریال، کیفیت در مقیاس ۰٪ - ۱۰۰٪ درحالی‌که ریسک در مقیاس ۰ - ۱ اندازه‌گیری شده است.

برای رتبه‌بندی *DMUs* (حالت‌های اجرای فعالیت‌ها) از رویکرد ایده‌آل و ضد ایده‌آل استفاده شده است. واحد مجازی ایده‌آل دارای کمترین منابع با بیشترین ستانده است. همچنین واحد ضد ایده‌آل بیشترین نهاده و کمترین ستانده را خواهد داشت. با توجه به اینکه مدل تحقیق دارای ستانده‌های مطلوب و نامطلوب است، لذا ستانده‌های نامطلوب زمان، هزینه و ریسک به‌عنوان منابع مصرفی در نظر گرفته می‌شوند و این امر در واحدهای مجازی ایده‌آل و ضد ایده‌آل در نظر گرفته شد.

جدول ۳- محاسبه شاخص نزدیکی حالت‌های اجرایی مختلف پروژه.

Table 3- Calculation of the proximity index of different project execution modes.

شماره فعالیت	حالت اجرا	شاخص RC	شماره فعالیت	حالت اجرا	شاخص RC
1	1	0.3776	8	1	0.3575
1	2	0.3625	8	2	0.3432
1	*3	0.3852	8	*3	0.3647
2	1	0.3676	9	*1	0.3681
2	*2	0.3729	9	2	0.3531
2	3	0.3498	9	3	0.3312
3	*1	0.3362	10	*1	0.3183
3	2	0.3019	10	2	0.2859
3	3	0.3126	10	3	0.296
4	*1	0.2012	11	1	0.1825
4	2	0.1819	11	2	0.1722
4	3	0.1927	11	*3	0.1905
5	1	0.3213	12	1	0.3042
5	*2	0.3287	12	*2	0.3112
5	3	0.3109	12	3	0.2944
6	1	0.2012	13	1	0.1905
6	2	0.1989	13	2	0.1883

جدول ۳- ادامه.

Table 3- Continued.

شماره فعالیت	حالت اجرا	شاخص RC	شماره فعالیت	حالت اجرا	شاخص RC
6	*3	0.2122	13	*3	0.2009
7	*1	0.1896	14	1	0.1484
7	2	0.1567	14	*2	0.1795
7	3	0.1764	14	3	0.167

نتایج محاسبه RC برای هر یک از حالت های اجرایی فعالیت ها در جدول ۳ ارائه شده است. هر حالت اجرایی که RC بیشتری داشته باشد به عنوان کاراترین شیوه اجرای فعالیت انتخاب می شود. این حالت های اجرایی در جدول ۳ با علامت * مشخص شده اند. در این حالت مقدار زمان، هزینه، کیفیت و ریسک آن به ترتیب برابر ۴۰۳، هزینه های پروژه معادل ۸۵ میلیارد و ۴۶۵ میلیون ریال، کیفیت برابر ۹۹/۲٪ و نمره ریسک پروژه ۰/۴۰۸ خواهد بود.

۵- بحث و جمع بندی

در این پژوهش جهت به دست آوردن ترکیب کارای حالت های اجرای فعالیت ها با در نظر گرفتن سطح ریسک، کیفیت، زمان و هزینه پروژه از روش DEA استفاده شده است. نتایج نشان داد در شرایطی که همه فعالیت ها در شکل کارای خود فعالیت کنند زمان کل پروژه معادل ۴۰۳ روز، هزینه های پروژه معادل ۸۵ میلیارد و ۴۶۵ میلیون ریال، کیفیت برابر ۹۹/۲٪ و نمره ریسک پروژه ۰/۴۰۸ خواهد بود.

رویکرد این مطالعه می تواند به مدیران پروژه کمک کند تا کاراترین حالت های اجرایی را برای فعالیت های خود انتخاب کنند به طوری که پروژه با کمترین زمان، هزینه و ریسک همراه با بالاترین کیفیت ممکن همراه باشد. همچنین می تواند به طرق مختلف توسط سایر پژوهشگران گسترش یابد؛ از جمله اضافه کردن شاخص های اجتماعی و زیست محیطی به تابع هدف و به کارگیری رویکرد پیشنهادی در سایر پروژه ها و بررسی عملکرد آن.

منابع

- [1] Aminzadeh, R., & Mohseni Mahani, A. (2015). Identifying and prioritizing effective risks in construction projects and their causes. *The second international conference on research in engineering, science and technology*. (In Persian). Dubai, Civilica. <https://civilica.com/doc/508204>
- [2] Zakai Ashtiani, M. (2013). *Project management knowledge base guide*. (In Persian). Adineh Publishing. <https://B2n.ir/qr4380>
- [3] Ebrahimnezhad, S., Ahmadi, V., & Javanshir, H. (2013). Time-cost-quality trade-off in a CPM1 network using fuzzy logic and genetic algorithm. *International journal of industrial engineering & production management*, 24(3), 361–376. <http://ijiepm.iust.ac.ir/article-1-601-en.html>
- [4] Jebaseeli, M. E., & Dhayabaran, D. P. (2015). Integer programming model for fuzzy time cost and quality trade off problem. *International journal of engineering science and innovative technology (IJESIT)*, 4(3), 97–106. <https://b2n.ir/xw6813>
- [5] Vijayan, V., Achu, V., Riyana, M. S., & Jayakrishnan, R. (2018). Time-cost-risk optimization in construction work by using ant colony algorithm. *International research journal of engineering and technology*, 5(04). <https://www.researchgate.net/publication/340584063>
- [6] Mousavi, S. F., Khalili-Damghani, K., Rezapour, F., & Gazori-Nishabari, A. (2022). Solve the problem of time-cost-quality exchange of projects in the possible case by considering possible solutions. *Quarterly journal of strategic management in industrial systems (Formerly industrial management)*, 17(60), 163-180. (In Persian). <https://b2n.ir/pn1263>
- [7] Cooper, W. W., Seiford, L. M., Tone, K., & Zhu, J. (2007). Some models and measures for evaluating performances with DEA: past accomplishments and future prospects. *Journal of productivity analysis*, 28(3), 151–163. <https://doi.org/10.1007/s11123-007-0056-4>
- [8] Wang, T., Abdallah, M., Clevenger, C., & Monghasemi, S. (2021). Time--cost--quality trade-off analysis for planning construction projects. *Engineering, construction and architectural management*, 28(1), 82–100. <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2017-0271>