Journal of Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 12, Issue 2, No. 25, Summer 2021
http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.128030.1359

(Research Paper)

Measuring the Performance of Time and Quality of Project Execution Under Uncertainty

Farnoosh Khaledian
Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran, f.khaledian@ut.ac.ir
Mansoor Momeni *
Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran, mmomeni@ut.ac.ir

Purpose: Project deviations are so significant that various methods have been proposed to measure them over the years. Earned Duration Management (EDM) is a method that measures project evaluation indexes only by considering the past trend of project execution compared to the baseline program. It ignores all the other factors, which cause much information to be lost to guide managers. Therefore, in this study, a process is proposed. During this process, it is possible to develop EDM indicators using key performance indicators of project quality in a fuzzy manner and based on the identified substantial risks.

Design/methodology/approach: A list of risks was initially identified based on the PMBOK standard's category, and project managers selected the most important ones. In the next step, based on the most critical risks, two key indicators of project equipment and execution performance were defined. Such indicators were presented to managers again to determine their future impact on the project. By defining a triangular fuzzy number, the definite evaluations became fuzzy, since experts expressed the effect in linguistic variables. Finally, the indicators entered into the EDM, and the method was developed.

Findings: In this study, Key Performance Indicators were used to increase EDM's accuracy. First, the three risks of delay in receiving project resources, lack of timely allocation of financial resources, and disruption in materials preparation were identified as the main risks. Then, to study the status of the risks, two indicators were defined (PSI, PEI). These two indicators were estimated, up to 50% of the simulated project. Concerning the first indicator, the more the value, the more acceptable project

* Corresponding author

2423-6950 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

performance was. Considering another indicator, the situation was contrariwise. Then, the future status of the indicators was examined by consulting managers and making the indicators in a fuzzy manner. The effect of the indicators was determined through the EDTC variable in the EDM. It should be noted that the final estimated time was used to measure the accuracy of the proposed method. The studied project was simulated using the prevailing situation in Matlab software. The end time of this simulated project was estimated at 1300 days. Then, the project was evaluated day by day till its 50% completion using EDM, and the end time of 1225 days was estimated. The same evaluation was performed for the proposed method, and the final time (1270, 1247, 1240) was determined. Because this time was closer to the simulated time, it was evident that the proposed method had the highest accuracy.

Research limitations/implications: In this study, to prevent information disclosure, project simulation was used instead of the actual project to evaluate the indicators and advance the project. Therefore, although the accuracy was estimated in this paper, its more exact value might be requested in future research. Consequently, the proposed method can be applied in an actual project, and the accuracy of the model can be measured, consequently.

Practical implications: The proposed process and method in this research can be used in the implementation and planning stages of any other project. The process should be localized because the risks vary from project to project. Besides, the critical risks of each project cannot be compared with the other projects. Therefore, after examining each project's risks and defining indicators related to the selected risks, the proposed method can be applied in all project-based organizations and on any project type.

Social implications: Today, the construction and operation of projects are among the factors that affect the countries' growth and development. Deviations from the budgets allocated to the project are an integral part of project implementation and are not dependent upon a specific area or even a particular management and implementation method. Therefore, proper planning and control of projects are essential. This paper provides an effective model for senior project managers to complete projects on time. Successful implementation of projects leads to economic prosperity. Also, improving the quality and performance provides a calmer social environment for people and creates many environmental benefits.

Originality/value: In this study, the indicators of the EDM method were developed using the key performance indexes. Such indexes were associated with the quality of project performance execution and were estimated under uncertainty conditions; thereby, more information can be transferred to the project management. The defined performance indicators are measurable during the process, and their impact on the ongoing project is monitored. The innovations of this study are twofold: Applying the performance index developed the EDM method; and defining the quality performance index in fuzzy terms.

Keywords: Earned Duration Management (EDM), Key Performance Indicators (KPI), Uncertainty, Risk

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۲، شماره ۲، پیاپی ۲۵، تابستان ۱۴۰۰
دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۲ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۶ ص ۷۱-۹۱
http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.128030.1359

(مقالهٔ پژوهشی)

سنجش عملکرد زمان و کیفیت اجرای پروژه در شرایط عدم اطمینان

فرنوش خالدیان[۱]، منصور مؤمنی[*۲]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، f.khaledian@ut.ac.ir
۲- استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران، mmomeni@ut.ac.ir

چکیده: انحرافات در یک پروژهٔ ساخت، به‌اندازه‌ای مهم است که سال‌ها روش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری آنها ارائه شد. طول زمان کسب‌شده یکی از این روش‌هاست. این روش، شاخص‌های ارزیابی پروژه را تنها با در نظر گرفتن روند زمان گذشته، در مقایسه با برنامهٔ مبنا می‌سنجد و عوامل دیگر را نادیده می‌گیرد؛ همین امر، به ازدست رفتن بسیاری از اطلاعات برای راهنمایی مدیران منجر می‌شود. در این پژوهش فرآیندی ارائه می‌شود که در آن امکان توسعهٔ شاخص‌های ارزیابی زمان در روش طول زمان کسب‌شده، با به‌کارگیری شاخص‌های کلیدی کیفیت اجرای پروژه، به‌گونهٔ فازی و با مبنای ریسک‌های مهم‌تر شناسایی‌شده، به وجود می‌آید. نخست، ریسک‌ها بر پایهٔ استاندارد پی ام باک شناسایی شدند و مدیران پروژه، مهم‌ترین آنها را انتخاب کردند؛ سپس دو شاخص کلیدی تجهیز پروژه و عملکرد اجرا بر پایهٔ ریسک‌ها طراحی شدند. شاخص‌ها دوباره به مدیران ارائه شد تا اثر آیندهٔ آنها بر پروژه مشخص شود؛ بنابراین با ایجاد متغیرهای زبانی فازی، دو شاخص به‌گونهٔ فازی، به طول زمان کسب شده وارد شدند و آن را توسعه دادند. این فرآیند بر مورد مطالعاتی شبیه‌سازی‌شده، در نرم‌افزار Matlab اجرایی شد؛ سرانجام برای اعتبارسنجی، توسط سنجش اثر شاخص‌ها و مدل ارائه‌شده، بر زمان نهایی پروژه به دقت بالاتر مدل پیشنهادی اشاره شد که در مقایسه با تخمین زمان نهایی توسط طول زمان کسب‌شده است. به علاوه محاسبهٔ شاخص DPI با روش‌های مختلف نشان داد روش پیشنهادی پژوهش پیش رو، دقت بیشتری نسبت‌به روش پژوهش دیگران دارد.

واژه‌های کلیدی: طول زمان کسب‌شده، شاخص‌های کلیدی عملکرد، عدم اطمینان، ریسک

[*] نویسنده مسئول

2423-6950 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱-مقدمه

امروزه ساخت و بهره‌برداری از پروژه‌ها، یکی از عوامل اثرگذار بر رشد و توسعهٔ کشورهاست؛ از این رو، برنامه‌ریزی و کنترل صحیح پروژه‌ها اهمیت زیادی دارد (عالم تبریز، خالدیان و مهدی پور، ۱۳۹۵). انحراف از بودجه‌های تخصیص‌یافته به پروژه، ازنظر زمان و هزینه، جزء جدانشدنی اجرای پروژه‌هاست و به یک منطقهٔ خاص و به شیوهٔ خاص مدیریتی و اجرایی بستگی ندارد (روزنفلد[۱]، ۲۰۱۴). وجود چنین انحرافاتی در پروژه، به ایجاد اختلاف‌نظرهای بسیار میان مدیران و کاربران پروژه منجر خواهد شد؛ ولی با این حال، پروژه زمانی موفق است که در زمان و با هزینهٔ اختصاص‌داده‌شده به آن، به پایان برسد (سامباسیوان و سون[۲]، ۲۰۰۷). برای بررسی میزان موفقیت یک پروژه، باید تمام پارامترها شامل بودجه، زمان، کیفیت و دامنه، به‌طورکلی بررسی شوند. این عوامل با یکدیگر در ارتباط و بر یکدیگر اثرگذارند (سندکر[۳]، ۲۰۱۳).

با توجه به اهمیتی که دو پارامتر زمان و هزینه دارند، روش‌های بسیاری برای سنجش عملکردشان توسعه داده شد؛ یکی از این روش‌ها، مدیریت طول زمان کسب‌شده[۴] است (خاموشی و گلفشانی، ۲۰۱۴). چنانچه این روش به‌تنهایی برای سنجش عملکرد پروژه استفاده شود، به ازبین رفتن دید همه‌جانبهٔ مدیران منجر می‌شود؛ چراکه شاخص‌های این روش، تنها عملکرد زمانی گذشتهٔ پروژه را به‌صورت قطعی در نظر می‌گیرد و شاخص‌های مربوط به پارامترهای دیگر را که بر زمان پروژه اثرگذار است، خنثی در نظر می‌گیرد؛ به علاوه هیچ عدم قطعیتی را در آیندهٔ پروژه مدنظر قرار نمی‌دهد. همان‌طور که گفته شد، تمامی پارامترهای پروژه با یکدیگر در ارتباط است و کنترل هر یک از این پارامترها به‌تنهایی، نتایج قابل‌اطمینانی را ارائه نمی‌دهد (قرایی، تشکری و عطایی، ۱۳۹۶). درنظر گرفتن تنها عامل زمان، آن هم به‌صورت قطعی به کاهش دقت این روش منجر خواهد شد.

در پژوهش پیش رو، برای حل مشکل روش طول زمان کسب‌شده، مدل جدیدی ارائه می‌شود. ابتدا دو شاخص عملکردی کلیدی، مربوط به کیفیت عملکرد پروژه طراحی می‌شود؛ سپس دو شاخص معرفی‌شده، با شاخص‌های زمانی روش طول زمان کسب‌شده ترکیب می‌شوند تا به زیادشدن دقت روش پیشین منجر شوند. استفاده از شاخص‌های عملکرد کلیدی در ارتباط با اهداف تعیین‌شدهٔ پروژه، امکان موفقیت پروژه را افزایش می‌دهد (همدان[۵]، هسن، محمد و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به قطعی‌نبودن شرایط اجرای پروژه‌های عمرانی، مدل جدید ارائه‌شده در این مقاله، به‌صورت فازی است.

۱-۱-پیشینهٔ پژوهش

پروژهٔ تلاش موقتی، آغاز و پایان دارد که برای خلق یک نتیجهٔ منحصربه‌فرد به کار گرفته می‌شود (حاجی حیدری و رحمتی، ۱۳۹۷). مدیریت پروژه شامل برنامه‌ریزی، نظارت و کنترل افراد، فرآیند و رخدادهایی است که در طول تکامل از مفهومی اولیه، به یک پیاده‌سازی عملیاتی منجر می‌شود (چنگ، یانگ و لی،[۶] ۲۰۰۴). مسائل کنترل پروژه، در دو دستهٔ برنامه‌ریزی و کنترل پروژه مطرح می‌شود. برنامه‌ریزی، تعیین یک توالی زمانی، در قالب برنامه‌ریزی زمان‌بندی، برای انجام فعالیت‌های وابسته به یکدیگر است (خاتمی، باقری و یوسفی، ۱۳۹۷) که در چهار دسته، تقسیم‌بندی می‌شود: ۱- نمایش؛ ۲- برنامهٔ زمان‌بندی؛ ۳- تخصیص منابع؛ ۴- تحلیل ریسک. کنترل پروژه نیز به چهار دسته تقسیم‌بندی می‌شود: ۱- ارزیابی عملکرد پروژه؛ ۲- پیش‌بینی؛ ۳- برنامه‌ریزی نقاط زمانی

کنترل؛ ۴- تصمیم‌گیری برای انجام اقدامات اصلاحی (پرلین و پریر[۷]، ۲۰۱۹). تحقیق پیش رو که در زمرهٔ تحقیقات کنترلی قرار دارد، دو دستهٔ مطالعات کنترلی را بررسی می‌کند.

دستهٔ اول مطالعاتی که برای ارزیابی پیشرفت پروژه‌ها، از واریانس هزینه و برای برنامه، از بودجهٔ تعریف‌شده استفاده می‌کنند. در اولین پژوهش‌ها از واریانس، تنها برای ارزیابی عملکرد پروژه‌ها استفاده می‌شد؛ پس از چندی برای پیش‌بینی نیز، از واریانس پیشرفت واقعی و برنامهٔ پروژه در آینده، برای مواجهه با انحرافات عملکردی پروژه با بررسی‌های مقطعی استفاده شد (لی و روجاس[۸]، ۲۰۱۰). مفهوم ارزش کسب‌شده را مهندسین صنایع آمریکایی، پس از انتشار معیارهای C/SCSC[۹] با عنوان یک سند رسمی در سال ۱۹۶۷ میلادی برای راهبری برنامه‌های موشکی کسب کردند. مدیریت ارزش کسب‌شده[۱۰] که سال‌ها تکامل یافت، یک مشکل داشت. این روش برای سنجش عملکرد زمان پروژه، از ورودی هزینه به جای زمان استفاده می‌کرد. همین عامل، اجازهٔ سنجش درست زمان پروژه را نمی‌داد؛ چرا که برای سنجش زمان، باید از همان مبنای زمان استفاده می‌شد؛ بنابراین در سال ۲۰۱۴ خاموشی و گلفشانی برای رفع این مشکل، روش طول زمان کسب‌شده را توسعه دادند (خاموشی و گلفشانی، ۲۰۱۴)؛ اگرچه این روش، با درنظر گرفتن خود عامل زمان به‌عنوان ورودی، مشکل را تا حدی حل کرد، این روش نیز خالی از مشکل نبود؛ همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، این روش عوامل اثرگذار بر زمان را در طول پروژه کاملاً نادیده می‌گیرد، همین امر به پایین‌آمدن دقت آن منجر می‌شود.

در سال ۲۰۲۰ سعی شد، مشکل قطعی فرض‌شدن محیط اجرای پروژه حل شود. آنها سعی داشتند، شاخص‌های روش طول زمان کسب‌شده به‌صورت فازی را ارائه کنند و این کار را تنها با درنظر گرفتن پارامتر زمان، با نظرخواهی از مدیران پروژه دربارهٔ میزان زمان باقی‌مانده انجام دادند؛ این در حالی است که در پژوهش پیش رو سعی می‌شود، زمان باقی‌مانده از خلال شاخص‌های گذشته و اثر آن بر آینده تخمین زده شود. در پژوهش پیش رو، وضعیت اثر شاخص‌های کلیدی عملکرد در آیندهٔ پروژه، به‌صورت یک متغیر زبانی _فازی تعریف می‌گردد و به عدم قطعی‌شدن زمان پروژه منجر می‌شود. این عامل به افزایش دقت تخمین زمان پایان پروژه منجر خواهد شد(حمزه، موسوی و گیتی‌نورد، ۲۰۲۰).

دستهٔ دوم پژوهش‌ها، شاخص‌های متفاوتی را برای ارزیابی عملکرد سایر جنبه‌های گوناگون پروژه، مانند زمان، هزینه، کیفیت و میزان رضایت مشتریان به کار می‌گیرد (همدان[۱۱]، هسن، محمد و همکاران، ۲۰۲۰)؛ برای مثال، لانتمن و فورموسو[۱۲] (۲۰۰۰) از شاخص‌های ارزیابی عملکرد، به‌عنوان وسیله‌ای برای کنترل رفتار افراد استفاده کردند و پیشنهاد دادند، از شاخص‌ها به‌عنوان هدف ارتباطات بین فردی و وسیله‌ای برای یادگیری یک فرآیند استفاده شود. چان [۱۳]و چان (۲۰۰۴) شاخص‌های زمان، هزینه و کیفیت را مهم‌ترین شاخص‌های صنعت ساخت معرفی کردند؛ سپس چان، اسکات[۱۴] و چان (۲۰۰۴)، امنیت را به این لیست اضافه کردند. لم، چان، چو و همکاران (۲۰۱۰) شاخص پایداری[۱۵] را معرفی کردند. بعدها کاروالو، پاتا و سوزابیدو[۱۶] (۲۰۱۵) اعلام کردند که زمان، هزینه و کیفیت به‌عنوان مثلث آهنی، ضامن موفقیت پروژه است. کاروالو و ربچینی[۱۷] (۲۰۱۵) جنبه‌های متفاوتی از موفقیت یک پروژه را مطالعه کردند. به نظر آنها، به‌راحتی نمی‌توان یک تعریف مشخص برای موفقیت پروژه‌ها ارائه داد؛ بلکه با توجه به نوع پروژه و دیدگاه‌های متفاوت و حتی در گام‌های گوناگون، اجرای آن تعاریف متفاوت است. کاروالو و راچینی (۲۰۱۷) در پژوهش بعدی خود به کمبود پژوهش‌هایی درزمینهٔ پایداری و عملکرد پروژه اشاره

کردند. چنگ، پنگ و وو[18] (۲۰۱۰) از ده پارامتر اصلی شاخص‌های علمکردی مدیریت ارزش کسب‌شده، به‌عنوان متغیرهای ورودی مدل استفاده کردند. همدان، هسن و محمد (۲۰۲۰) با ارائهٔ دسته‌بندی شاخص‌های عملکردی، شاخص‌های عملکردی ۵ پروژهٔ ساخت را شناسایی و میزان اثر هر یک از آنها را بر پروژه اندازه‌گیری کردند). این شاخص‌های زمانی که برای سنجش عملکرد پروژه[19] به کار گرفته می‌شد، یک مشکل داشت. برخلاف روش‌های دستهٔ اول مطالعات، آنها پروژه را تنها پس از اتمام آن بازبینی می‌کردند و در طول اجرای آن، نقشی در کنترل و پایش آن نداشتند (بآتم، آنیمبا و تروپه[20]، ۲۰۰۴؛ ماروسکی، کریم، دیویس و نیاس[21]، ۲۰۰۴). این مشکل برای مدیران پروژه، به ازدست رفتن فرصت برای اقدامات اصلاحی، در حین اجرای پروژه منجر می‌شود؛ بنابراین ارزیابی عملکرد پروژه برای سال‌های متمادی، به یکی از موضوعات موردبحث در کنترل پروژه تبدیل شد. هاپناوا و جیبوری[22] (۲۰۱۲)، یک سیستم ارزیابی عملکرد طراحی کردند که عملکرد پروژه‌های صنعت ساخت را اندازه‌گیری می‌کند و برای دستیابی به این هدف، از شاخص‌های ارزیابی عملکرد فرآیند–مبنا[23] بهره بردند. در این تحقیق، سعی بر استفاده از این شاخص‌ها در مطالعات دستهٔ اول است تا شاخص‌ها به‌صورت فرآیندی محاسبه شود و مشکل تحقیقات پیشین را نداشته باشد. جدول ۱ برخی از پژوهش‌ها را نشان می‌دهد:

جدول ۱- خلاصه‌ای از پژوهش‌های صورت‌گرفته

نام محقق و سال	زمینه پژوهش	وضعیت پروژه	
		قطعی	فازی
فاورتو و کاروالو[24] (۲۰۲۱)	بررسی ارتباط میان مدیریت دانش و عملکرد پروژه (مطالعهٔ مروری)	*	
شیخوشکار، بنی‌هاشمی و خانزادی (۲۰۲۰)	اولویت‌بندی کاربردهایBMI نسبت‌به شاخص‌های عملکردی پروژه‌های ساخت، توسط AHP فازی		*
چیاو[25] (۲۰۲۰)	اندازه‌گیری کیفیت ارائهٔ خدمات مدیریت پروژهٔ ساخت	*	
بنی‌هاشمی و همکاران (۲۰۱۷)	همراه‌کردن معیارها با سایر مدل‌های یکپارچه‌شده، میزان پایداری وضعیت صنعت ساخت را افزایش می‌دهد.	*	
کلین و ونهوک (۲۰۱۵)	ایجاد حدود کنترلی بر شاخص‌های هزینهٔ پروژه با EVM	*	
نائینی و شادرخ (۲۰۱۴)	ارائهٔ روش فازی برای مدیریت ارزش کسب‌شده		*
علی‌وردی و نائینی(۲۰۱۳)	پایش زمان پروژه با روش‌های آماری	*	
اکبری و صالحی‌پور (۱۳۹۱)	کنترل آماری شاخص‌های هزینه و زمان در پروژه‌های عمرانی	*	
(۲۰۲۰-۲۰۲۱)	پژوهش پیش رو		*

پژوهش پیش رو، شاخص‌های روش طول زمان کسب‌شده را با به‌کارگیری شاخص عملکردی کلیدی[26]، مربوط به کیفیت عملکرد پروژه، تحت شرایط عدم اطمینان توسعه می‌دهد. این ترکیب، باعث افزایش دقت روش طول زمان کسب‌شده می‌شود؛ به بیان دیگر، مشکل تحقیقات دستهٔ اول را حل می‌کند؛ به علاوه با روش ارائه‌شده، شاخص‌های عملکردی ارائه‌شده در طول فرآیند، قابل سنجش خواهد بود و میزان اثر آن بر پروژه، پی‌درپی پایش می‌شود؛ درواقع راه‌حلی برای پژوهش‌های دسته دوم است؛ بنابراین نوآوری این پژوهش را در دو بخش می‌توان توضیح داد: مورد اول اینکه، روش طول زمان کسب‌شده با به‌کارگیری شاخص عملکردی، توسعه داده خواهد شد؛ مورد دیگر اینکه، شاخص عملکرد کیفی مطرح‌شده به‌گونهٔ فازی طراحی خواهد شد.

۱-۲-اهداف پژوهش

هدف اصلی پژوهش «سنجش عملکرد زمان و کیفیت اجرای پروژه در حالت عدم اطمینان» است و اهداف فرعی عبارتند از:

۱.شناسایی شاخص‌های عملکرد کیفیت

۲.فازی‌سازی شاخص

۳.توسعهٔ معیارهای EDM در حالت عدم اطمینان

۱-۳-پرسش‌های پژوهش

۱.شاخص عملکردی کیفیت پروژه چیست و چطور مشخص می‌شود؟

۲.چطور شاخص شناسایی‌شده، فازی‌سازی می‌شود؟

۳.چگونه با به‌کارگیری شاخص گفته‌شده، طول زمان کسب‌شده توسعه داده می‌شود؟

در ادامه مبانی نظری، روش‌شناسی، پروژهٔ موردمطالعه، یافته‌های پژوهش و در پایان بحث و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲-مبانی نظری و مواد به‌کار گرفته‌شده

۲-۱-مدیریت طول زمان کسب‌شده

این روش را خاموشی و گلفشانی (۲۰۱۴) به کار گرفتند و در دو سطح خرد و کلان، به شکل زیر اجرا می‌شود (خاموشی و گلفشانی، ۲۰۱۴).

سطح خرد

زمان برنامه‌ریزی‌شدهٔ فعالیت i ام در برنامه: هر نقطه‌ای از زمان، زمان اختصاص داده‌شده به برنامهٔ کار، برای تکمیل فعالیت است.

شاخص پیشرفت فعالیت iام: در هرنقطه‌ای از زمان، میزان پیشرفت فعالیت را اندازه‌گیری می‌کند.

$$API_i = AD_i/(\ ADi + EDTC_i) \quad (۱)$$

EDTC بیانگر طول زمان تخمین‌زده‌شده، برای تکمیل برنامهٔ فعالیت i ام است.

طول زمان کسب‌شدهٔ فعالیت i ام: این متغیر ارزش کار انجام‌شده در هر نقطه‌ای از زمان است.

$$ED_i = BPD_i \times API_i \quad (۲)$$

زمان واقعی فعالیت i ام(AD): این متغیر نشان‌دهندهٔ زمان مابین شروع واقعی فعالیت تا هر نقطه‌ای از زمان در واحدهای تقویم است که فعالیت ادامه می‌یابد.

سطح کلان

خط مبنای زمان برنامه‌ریزی‌شده (BPD): طول زمان مجاز اختصاص داده‌شده به کار برنامه‌ریزی‌شده، برای دستیابی به کل پروژه است.

کل طول زمان برنامه‌ریزی‌شده:

$$TPD = \sum_{i=1}^{n} PDi \quad (۳)$$

کل طول زمان کسب‌شده:

$$TED = \sum_{i=1}^{n} EDi \quad (۴)$$

طول زمان کسب‌شده: این متغیر در پروژه در هر نقطه‌ای از زمان، طول زمانی را نشان می‌دهد که متناظر با کل طول زمان کسب‌شده بر منحنی S است و به‌صورت ریاضی این‌گونه نشان داده می‌شود:

t این‌گونه پیدا می‌شود: $TED < TPD_{(t+1)(\text{تقویم واحد})}$ و $TPD_{(t)} \leq TED$ (۵)

$$ED_{(t)} = t + \left(\frac{\left(TED - TPD_{(t)}\right)}{TPD_{(t+1)\left(\text{واحد تقویم}\right)} - TPD_t}\right) \times 1(\text{واحد تقویم})$$

کل طول زمان واقعی:

$$TAD = \sum_{i=1}^{n} ADi \quad (۶)$$

ارزش برنامه‌ای:

$$PV = \sum_{i=1}^{n} PVi \quad (۷)$$

ارزش کسب‌شده:

$$EV = \sum_{i=1}^{n} EVi \quad (۸)$$

سنجش عملکرد پیشرفت زمان و هزینه در سطح خرد

شاخص عملکرد زمان: این شاخص نشان می‌دهد، یک فعالیت چقدر برای دستیابی به تاریخ تکمیلِ هدف، خوب عمل می‌کند.

$$DPI_i = ED_i/AD_i \quad (۹)$$

شاخص طول زمان کسب‌شده: در هر نقطه‌ای از زمان پروژه، نشان‌دهندهٔ زمان کسب‌شده در مقایسه با زمانی است که طبق برنامه تا آن لحظه باید انجام می‌شد.

$$EDI_i = ED_i/PD_i \quad (۱۰)$$

در هر دو شاخص بالا، نقطه‌ای از زمان، یک فعالیت بیشتر، کمتر یا مطابق با برنامه انجام‌شده است؛ بنابراین این شاخص به‌ترتیب بزرگ‌تر،کوچک‌تر و برابر با یک خواهد شد.

شاخص عملکرد برنامه برای فعالیتi ام: این شاخص در هر نقطه‌ای از زمان، می‌تواند با فرمول زیر محاسبه شود.

$$SPI_i = EV_i/PV_i \quad (۱۱)$$

ارزش SPI_i همانند API_i، قبل از شروع فعالیت صفر است و در ادامه به حداکثر مقدار یک می‌رسد؛ این زمانی است که کار به اتمام رسیده باشد.

اندازه‌گیری عملکرد و پیشرفت زمان و هزینه در سطح کلان

شاخص پروسهٔ پروژه : این شاخص، در هر نقطه از زمان پروژه، سرتاسر فرآیند مدت زمان پروژه را می‌سنجد.

$$PPI = ED_{(t)}/BPD \quad (۱۲)$$

ارزش PPI از صفر شروع و به عدد یک ختم می‌شود.

شاخص ارزیابی طول زمان پروژه: این شاخص نشان می‌دهد، یک پروژه برای دستیابی به تاریخ تکمیل پایانی، با توجه به مسیر بحرانی، چقدر خوب عمل کرده است.

$$DPI = ED_{(t)}/AD \quad (۱۳)$$

شاخص طول زمان کسب‌شدهٔ پروژه: این شاخص در هر نقطه از زمان پروژه، سنجشی بر مبنای زمان، از عملکرد سرتاسر کار با عنوان طول زمان کسب‌شده به عمل می‌آورد که در مقایسه با کار برنامه‌ریزی‌شده تا آن نقطه از زمان است.

$$EDI = TED/TPD \quad (۱۴)$$

چنانچه DPI و EDI بزرگ‌تر از یک باشد، به این معناست که پروژه جلوتر، کوچک‌تر، عقب‌تر و مساوی، مطابق با برنامه است.

برآورد طول زمان تکمیل:

$$EDAC = BPD/DPI = AD/PPI \quad (۱۵)$$

۲-۲- اعداد و محاسبات فازی

تعریف ۱: یک مجموعهٔ فازی $\tilde{A}$، در مجموعهٔ مرجع Ψ با تابع عضویت $\xi_{\tilde{A}}(x)$ تعریف می‌شود. یک تابع عضویت برای هر x، ارزش‌های بین [0,1] را در مجموعهٔ Ψ تعریف می‌کند.

تعریف ۲: یک ساپورت از مجموعهٔ فازی $\tilde{A}$، یک مجموعهٔ قطعی از تمامی عوامل غیر صفر مجموعهٔ Ψ است.

تعریف 3: یک مجموعهٔ فازی، مجموعه‌ای است؛ فقط اگر یک مجموعهٔ بسته $[a.b] \neq \Phi$ به‌گونهٔ رابطهٔ ۱۶ وجود داشته باشد.

$$\xi_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1 & for \quad x\epsilon[a.b] \\ l(x) & for \quad x\epsilon(-\infty.a) \\ r(x) & for \quad x\epsilon(b.\infty) \end{cases} \quad (۱۶)$$

در این رابطه، l تابعی از $(-\infty.a)$ است که به‌صورت یکپارچه، افزایشی است. r تابعی از $(b.\infty)$ است که به‌صورت یکپارچه، کاهشی است.

توابع عضویت انواع گوناگونی را به خود می‌گیرند و در اینجا دو نوع از توابع عضویت، یعنی تابع عضویت مثلثی در رابطهٔ ۱۷ نشان داده می‌شود.

$$\xi_{TFN}(x) = \begin{cases} 0 & for \quad x \leq a_1 \\ \dfrac{(x-a_1)}{(a_2-a_1)} & for \quad a_1 \leq x \leq a_2 \\ \dfrac{(a_3-x)}{(a_3-a_2)} & for \quad a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & for \quad x \geq a_4 \end{cases} \quad (۱۷)$$

تعریف 4: اگر $\tilde{A} = (a_1.a_2.a_3)$ و $\tilde{B} = (b_1.b_2.b_3)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، عملگرهای جمع و تفریق و ضرب و تقسیم میان این اعداد فازی مثلثی به‌گونهٔ روابط زیر تعریف می‌شوند:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1 \oplus b_1.a_2 \oplus b_2.a_3 \oplus b_3) \quad (۱۸)$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1 \ominus b_1.a_2 \ominus b_2.a_3 \ominus b_3) \quad (۱۹)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (MIN(a_1 \otimes b.a_1 \otimes a_1.b_3 \otimes a_1.b_3 \otimes b_3).a_2 \otimes b_2.MAX(a_1 \otimes b.a_1 \otimes a_1.b_3 \otimes a_1.b_3 \otimes b_3) \quad (۲۰)$$

$$\frac{\tilde{A}}{\tilde{B}} = \left(\frac{a_1}{b_3}.\frac{a_2}{b_2}.\frac{a}{b_1}\right) \quad (۲۱)$$

اعداد فازی که به‌عنوان ارزش میانگین پروژه‌ها به دست می‌آید، می‌تواند با به‌کارگیری روش دیفازی‌سازی به‌گونهٔ اعداد کریسپ تعریف شود (سان[۲۷]، ۲۰۱۰؛ علیپور، سبت، اردشیر و فرزندی، ۲۰۲۰).

$$Crisp(\tilde{A}) = \frac{(a_1 + 2 \times a_2 + a_3)}{4} \quad (۲۲)$$

فاصلهٔ دو عدد فازی مثلثی از یکدیگر را می‌توان با رابطهٔ زیر به دست آورد (دالاها، هایجنا و بتیها[۲۸]، ۲۰۱۱).

$$D(\tilde{A}.\tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (۲۳)$$

روش‌های متفاوتی نیز برای رتبه‌بندی دو عدد فازی مطرح شده است که یکی از شناخته‌شده‌ترین آنها، روش دبویس و پرید است. رابطهٔ ۲۴ این رتبه‌بندی را نشان می‌دهد (دبویس و پرید[۲۹]، ۱۹۸۰). در این رابطه $T\tilde{A}$ نشان‌دهندهٔ درجهٔ امکان عدد فازی $\tilde{A}$ است $T\tilde{A}=\xi_{\tilde{A}}(x)$.

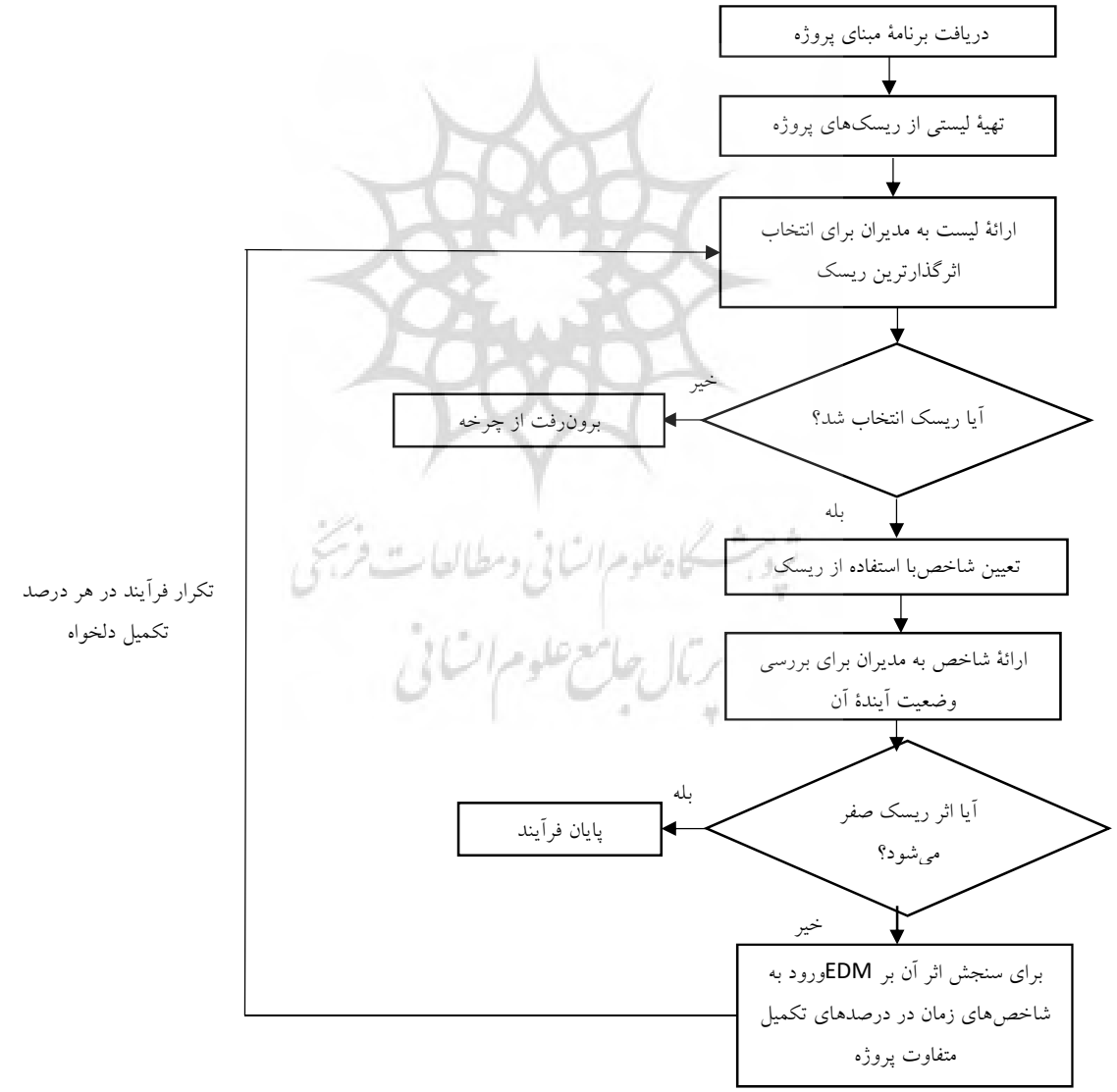
$$\tilde{A} \geq \tilde{B} \Leftrightarrow T\tilde{A}(x) \geq T\tilde{B}(y) \quad (۲۴)$$

۳-روش‌شناسی پژوهش

تحقیق کمی پیش رو ازنظر ماهیت هدف، توسعه‌ای-کاربردی است وازنظر ماهیت روش، جزء پژوهش‌های توصیفی-تحلیلی به شمار می‌رود. در این پژوهش، روش جمع‌آوری اطلاعات، کتابخانه‌ای و میدانی است.

پژوهش پیش رو فاقد جامعه و نمونهٔ آماری است. گام‌ها بر یک مورد مطالعاتی انجام خواهد گرفت که پروژهٔ ساخت عرشهٔ فلزی پل بزرگ راه‌آهن باسمنج است. همان‌طور که پیش‌تر مطرح شد، ابتدا شاخص‌های کلیدی ارزیابی کیفیت شناسایی می‌شود؛ پس از آن، از این شاخص‌ها برای توسعهٔ شاخص‌های زمانی روش طول زمان کسب‌شده، با ارائهٔ روش موردمطالعه در این پژوهش استفاده می‌شود. روش پژوهش مذکور به نحوی ارائه می‌شود که شاخص‌های ارزیابی ترکیبی بتواند به‌نحوی عدم قطعیت در آیندهٔ پژوهش را در نظر بگیرد. برای اجرای مراحل مطرح‌شده، گام‌های زیر در رابطه با مورد مطالعاتی اجرا شد. در گام نخست با حضور محقق در محل دفتر پروژه و مصاحبه با کارشناسان برنامه، مبنای پروژه دریافت می‌شود. در این پروژه از هر ۱۰ نفر مدیری نظرخواهی شد که روی پروژه کار می‌کردند؛ بنابراین پس از بررسی، مهم‌ترین معیارهای ساختار شکست ریسک، بر پایهٔ چهارمین ویرایش راهنمای جامع دانش مدیریت پروژه که شامل مجموعه‌های اصلی ریسک، ازجمله «فنی»، «بیرون سازمانی»، «درون‌سازمانی» و «مدیریت پروژه» است (صیادی، حیاتی و آذر، ۲۰۱۱؛ نخعی‌نژاد و مؤمن شاد،۱۳۹۹) و انتقال آن به مدیران پروژه و با نظرخواهی از آنها، عوامل مؤثر بر زمان پروژهٔ موردمطالعه، شناسایی خواهد شد. ریسک هر

رویداد یا وضعیت غیرقطعی است که در صورت وقوع، بر کمینهٔ یکی از اهداف پروژه، نظیر زمان، هزینه، کیفیت یا محدوده، تأثیر مثبت یا منفی خواهد داشت (ریدونگ[۳۰]، ۲۰۱۳). به آن دسته از ریسک‌هایی که بر هدف اثر مثبت دارند، ریسک‌های مثبت و به آنهایی که اثر منفی دارند، ریسک‌های منفی گفته می‌شود. با پیاده‌سازی روش مطرح‌شده، اثر ریسک‌ها بر زمان پروژه به هر دو صورت مثبت و منفی ارزیابی خواهد شد. در گام بعد با برقراری ارتباط میان این عوامل و پیشینهٔ پژوهش، شاخص کیفی اثرگذار بر زمان پروژه طراحی خواهد شد؛ سپس از آنجایی که شاخص‌ها گذشته‌نگر است، بر پایهٔ اطلاعات موجود طراحی می‌شود و تنها خروجی‌های فعلی پروژه را مدنظر قرار می‌دهد. با مراجعه به مدیران ارشد و بررسی نظر آنها، در رابطه با وضعیت آیندهٔ شاخص‌ها تصمیم‌گیری خواهد شد. با توجه به نظرات گوناگون خبرگان و وجود متغیرهای زمانی در رابطه با وضعیت شاخص‌ها، بررسی به‌گونهٔ فازی و با به‌کارگیری اعداد مثلثی فازی صورت خواهد گرفت. سرانجام، برای بررسی اثر این متغیر بر شاخص‌های زمانی، مدل ترکیبی از طول زمان کسب‌شده و شاخص‌های کیفی، ارائه داده خواهد شد. شکل ۱ فرآیند پروژهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- روند مراحل تحقیق (مراحلی که بر مطالعهٔ موردی انجام گرفت.)

۴- روش پژوهش (توسعهٔ طول زمان کسب‌شده با شاخص‌های کلیدی عملکرد) (KFEDM)

در روش KFEDM نیز، ابتدا اثر شاخص‌های کیفیت اجرای پروژه بر فعالیت‌های پروژه (سطح خرد) سنجیده می‌شود و پس از آن با به‌کارگیری سطح خرد به محاسبات سطح کلان (سطح پروژه) پرداخته می‌شود. گفتنی است، شاخص‌های کیفیت اجرا می‌تواند، از پروژه‌ای به پروژهٔ دیگر متفاوت باشد؛ ولی درصورتی که در یک پروژه، به قصد توسعهٔ روش طول زمان کسب‌شده محاسبه شود، بر اساس روابط ۲۵-۳۳ به توسعهٔ روش مذکور منجر خواهد شد. معمولاً در رابطهٔ ۱ میزان EDTC با نظرخواهی از خبرگان محاسبه می‌شود. با توجه به ماهیت متغیر پروژه، ریسک‌ها و عوامل بسیاری که بر آن اثرگذار است، امکان خطا در تخمین متغیر گفته‌شده افزایش می‌یابد؛ بنابراین در این پژوهش، این متغیر با کمک شاخص‌های کیفیت عملکرد مطرح‌شده، سنجیده می‌شود. رابطهٔ ۲۵ میزان API را با به‌کارگیری شاخص‌های کلیدی کیفیت عملکرد فازی نشان می‌دهد. از آنجایی که این شاخص به‌واسطهٔ شاخص‌های فازی مطرح شده است، تمامی متغیرها و شاخص‌های مرتبط با آن، باید از حالت قطعی به‌گونهٔ فازی تبدیل شود و محاسبات آنها در این فضا انجام گیرد. در این رابطه، Q تعداد شاخص‌های کیفیت اجرای پروژه را نشان می‌دهد، که می‌تواند به تعداد N معرفی شود. شایان ذکر است، شاخص‌های کیفیت اجرا به‌صورت میانگینی از روزهای واقعی اجرای پروژه، در نظر گرفته شد. روابط ۲۶-۳۳ نیز سایر شاخص‌های FKEDM را نشان می‌دهد. با توجه به عدم دخالت متغیر EDTC در متغیرهایی مثل BPD، AD_i، PD_i، TAD، TPD و همچنین متغیرها و شاخص‌های مرتبط با هزینه، یعنی PV، EV و SPI همانند روابط قبلی مطرح‌شده در ذیل بخش طول زمان کسب‌شده باقی می‌ماند.

سطح خرد:

$$\widetilde{KFAPI}_i = AD_i / \left(ADi + \left(\max\{(BPD_i - ADi), 0\} * \sum_{Q=1}^{N} (1 + \frac{\widetilde{KPI}_Q}{TAD_t}) \right) \right) \quad (۲۵)$$

$$\widetilde{KFED}_i = BPD_i \times \widetilde{KFAPI}_i \quad (۲۶)$$

$$\widetilde{KFDPI}_i = \widetilde{KFED}_i / AD_i \quad (۲۷)$$

$$\widetilde{KFEDI}_i = \widetilde{KFED}_i / PD_i \quad (۲۸)$$

سطح کلان:

$$\widetilde{KFTED} = \sum_{i=1}^{n} \widetilde{KFED}i \quad (۲۹)$$

$$\widetilde{KFDPI} = \widetilde{KFED}_{(t)} / ADs \quad (۳۰)$$

$$\widetilde{KFEDI} = \widetilde{KFTED} / TPD \quad (۳۱)$$

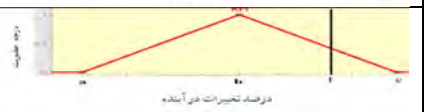
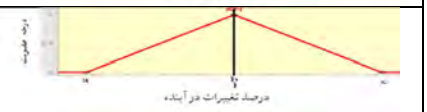
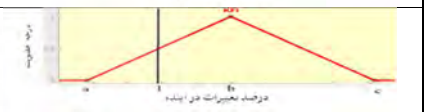
$$\widetilde{KFPPI} = \widetilde{KFED}_{(t)} / BPD \quad (۳۲)$$

$$\widetilde{KFEDAC} = BPD / \widetilde{KFDPI} = AD / \widetilde{KFPPI} \quad (۳۳)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

قبل از محاسبات مربوط به مطالعهٔ موردی، باید در رابطه با تفسیر شاخص‌های ارزیابی عملکرد زمانی در شرایطی صحبت کرد که به‌طور فازی بسط داده شده است. شاخص‌هایی مثل $\widetilde{KFDPI}$، $\widetilde{KFEDI}$ پس از ارزیابی بر پایهٔ رابطهٔ ۲۴، به شکل جدول ۲ بررسی می‌شوند. همچنان شاخص‌ها با معیار عدد ۱ سنجیده می‌شوند. این‌گونه تفسیر شاخص‌های زمان برای هر دو سطح خرد و کلان پروژه صادق است.

جدول ۲- تفسیر شاخص‌های ارزیابی زمان فازی

وضعیت شاخص فازی (KFI)	وضعیت پروژه	امکان میل شاخص به عدد ۱
	عقب‌تر از برنامه	$c < 1 \rightarrow T\ \widetilde{\mathrm{KFI}} \geq 1 = 0$
	تقریباً عقب‌تر از برنامه	$b < 1 < c \rightarrow T\ \widetilde{\mathrm{KFI}} \geq 1 = \frac{c-1}{c-b}$
	مطابق با برنامه	$1 = b \rightarrow T\ \widetilde{\mathrm{KFI}} \geq 1 = 1$
	تقریباً جلوتر از برنامه	$a < 1 < b \rightarrow T\ \widetilde{\mathrm{KFI}} \geq 1 = \frac{b-1}{b-a}$
	جلوتر از برنامه	$1 < a \rightarrow T\ \widetilde{\mathrm{KFI}} \geq 1 = 1$

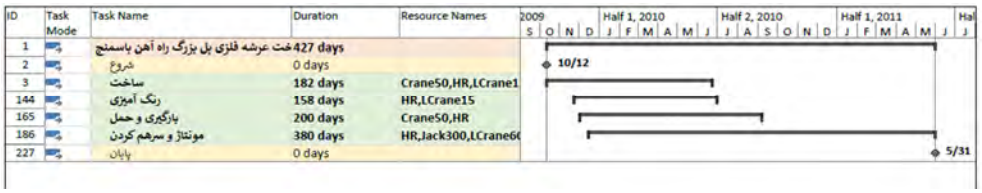
۵-مطالعهٔ کاربردی و مثال عددی

۵-۱- مورد مطالعاتی

گام‌های پژوهش، بر عرشهٔ فلزی پل بزرگ راه‌آهن باسمنج انجام گرفت. این عرشه بر ۲۰ دهانه انجام خواهد شد که با فاصلهٔ ۵۰ متری از یکدیگر قرار دارد. پیمانکار پروژه، شرکت فولاد آزمون سپیدان است؛ به‌طورکلی این عرشه طی ۲۰۰ فعالیت انجام می‌گیرد که شامل گام‌های ساخت، رنگ‌آمیزی، بارگیری، مونتاژ و پیش‌رانی است.

۵-۲-دریافت برنامهٔ مبنای پروژه

برنامهٔ مبنای پروژهٔ ساخت عرشهٔ فلزی، ازطریق مصاحبه با مدیران ارشد شرکت فولاد آزمون سپیدان به دست آمد و توسط نرم‌افزار Msp برنامه‌نویسی شد. در شکل ۲ بخشی از برنامهٔ زمان‌بندی، نشان داده شده است.



شکل ۲- خلاصه‌ای از فعالیت‌های پروژهٔ موردمطالعه

۵-۳-بررسی ریسک‌ها و عوامل اثرگذار بر عملکرد زمانی پروژه

طبقه‌بندی ریسک، به سازماندهی وضعیتی منجر می‌شود که تضمین‌کنندهٔ فرآیند جامعی برای شناسایی نظام‌مند ریسک، برنامه‌ریزی برای کنترل جنبه‌های منفی و بهره‌برداری از جنبه‌های مثبت آن است. همان‌طور که پیش‌تر مطرح شد، با اینکه دسته‌بندی‌های بسیاری در رابطه با ریسک، در پژوهش‌های آکادمیک کنترل پروژه صورت گرفته است (نجفی، ۲۰۰۹)، جدول ۳ ریسک‌های بررسی‌شده طبق چهارمین ویرایش راهنمای جامع دانش مدیریت پروژه را نشان می‌دهد که مربوط به مورد مطالعاتی گفته‌شده است.

جدول ۳- مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی‌شده بر عملکرد زمانی پروژه

طبقه‌بندی ریسک	ردیف	توصیف ریسک
ریسک فنی- کیفی- عملکردی	۱	تکنولوژی ضعیف
	۲	نیروی ناکارآزموده
	۳	تغییر در کیفیت مواد
	۴	آسیب به ماشین‌آلات
ریسک درون‌سازمانی	۵	جایابی نامناسب تأسیسات
	۶	خرابی دستگاه‌ها
	۷	برآورد نامناسب هزینه
	۸	کمبود نیروی انسانی
	۹	کمبود کارگر
ریسک مدیریتی	۱۰	تأخیر در دریافت منابع پروژه
	۱۱	برنامه‌ریزی نادرست
	۱۲	اصلاحات حین اجرا
	۱۳	عدم توافق در بهره‌برداری
	۱۴	تغییر مسئولان
ریسک برون‌سازمانی	۱۵	افزایش هزینهٔ مواد اولیه و نیروی کار
	۱۶	نوسانات ارزی
	۱۷	عدم تخصیص به‌موقع منابع مالی
	۱۸	اختلال در تهیهٔ مصالح
	۱۹	وقوع حوادث غیرمترقبه
	۲۰	ناتوانی پیمانکار ساخت
	۲۱	تغییر در قوانین دولتی
	۲۲	اعتصابات

۵-۴- طراحی شاخص کیفیت اجرای پروژه

پس از ارائهٔ لیست به مدیران پروژه و نظرخواهی از آنان بیان کردند، سه ریسک ۱۰، ۱۷ و ۱۸ موجود در جدول ۳ بیشترین اثر را بر کیفیت اجرای پروژه خواهند داشت؛ چرا که، نه‌تنها تأمین منابع زمان‌بر است، بلکه چنانچه منابع به اتمام برسد، پروژه تا زمان تأمین آن از کار می‌ایستد. این منابع شامل منابع مالی و فیزیکی است؛ بنابراین

ریسک‌های منتخب در درصدهای تکمیل دلخواه، در شبیه‌سازی پروژه با دو شاخص تجهیز پروژه، طبق رابطۀ ۳۴ و شاخص عملکرد اجرا بر پایۀ رابطۀ ۳۵ ارزیابی شدند.

$$PSI = \sum S_t \Big/ \sum R_t \qquad (۳۴)$$

$$PEI = \sum E_t \Big/ \sum V_t \qquad (۳۵)$$

متغیر t در هر دو رابطه، زمان جاری شاخص را نشان می‌دهد.

$\sum S_t$ مجموع تعداد درخواست‌های مواد اولیه و منابع مالی که تا زمان بررسی به‌صورت کامل و یا درحد پذیرفتنی دریافت شده است.

$\sum R_t$ مجموع تعداد کل درخواست‌ها تا زمان بررسی است.

$\sum E_t$ تا زمان بررسی تعداد کل خطاهایی که به اتلاف منابع منجر شده است.

$\sum V_t$ تعداد بررسی‌های صورت‌گرفته را تا زمان بررسی نشان می‌دهد.

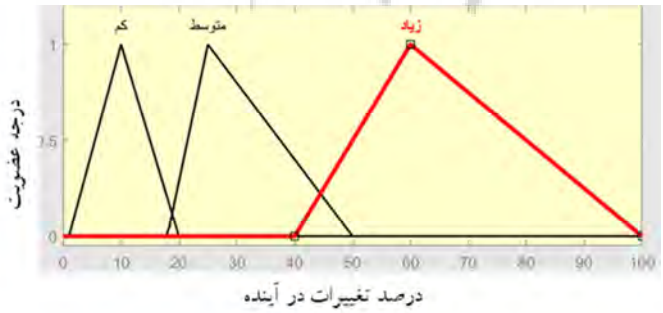
در این پژوهش، پروژۀ موردمطالعه تا زمانی بررسی شد که ۵۰ درصد تکمیل را تجربه کرده بود. تا این درصد تکمیل میزان PSI و PEI به‌طور روابط ۳۶ و ۳۷ محاسبه شد. برای پیشبرد پژوهش، ۴ بار مواد اولیه درخواست شد؛ درواقع هر ۱۰ روز یکبار که از این میزان ۳ بار به‌طور کامل منابع دریافت شد و تنها ۱ بار منابع به‌طور ناقص تأمین و باعث شکل‌گیری رابطۀ ۲۶ شد. بر پایۀ ارزیابی‌های هفتگی صورت‌گرفته، از ۶ بار بررسی فقط ۱ بار رویه‌ها به‌گونه‌ای انجام شده که باعث اتلاف منابع شده است؛ بنابراین رابطه به شکل ۳۶ درآمد.

$$PSI = {}^{3}\!/_{4} = 0.75 \qquad (۳۶)$$

$$PEI = {}^{1}\!/_{6} \simeq 0.17 \qquad (۳۷)$$

۵-۵-بررسی وضعیت شاخص‌ها در آینده

شاخص‌های ارزیابی‌شده، تنها به وضعیت گذشتۀ پروژه مربوط است و در آینده، امکان ایجاد تغییر در آنها وجود دارد؛ بنابراین این شاخص‌ها به مدیران ارائه شد تا برای بررسی بیشتر نظر خود را اعلام کنند. خبرگان نظرات خود را با متغیرهای زبانی بیان کردند؛ بنابراین از منطق فازی، برای تعیین میزان تغییرات در آینده کمک گرفته شد. متغیر زبانی تغییرات به‌صورت شکل ۳ در نظر گرفته شد.



شکل۳- متغیرهای زبانی مربوط به میزان تغییرات در آینده

از آنجایی که متغیر، اثر بسیار زیادی بر وضعیت اجرای پروژه دارد، کمی سختگیرانه تصمیم‌گیری شد. جدول ۴ بازگوکنندهٔ درصد تغییرات است.

جدول ۴- حدود تغییرات متغیرهای زبانی

متغیر زبانی	درصد تغییر (حد پایین)	درصد تغییر (حد وسط)	درصد تغییر (حد بالا)
میزان تغییرات در آیندهٔ کم	٪۱	٪۱۰	٪۲۰
میزان تغییرات در آیندهٔ متوسط	٪۱۸	٪۳۰	٪۵۰
میزان تغییرات در آیندهٔ زیاد	٪۴۰	٪۶۰	٪۱۰۰

براساس نظر مدیران پروژه، میزان تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در آینده کم خواهد بود. گفتنی است، تغییرات به‌صورت رابطه‌های ۳۸ و ۳۹ بر متغیرها اعمال می‌شود.

$$\widetilde{PSI} = \sum S_t \Big/ \sum R_t * (1 + \tilde{\sigma}) \quad (۳۸)$$

$$\widetilde{PEI} = \sum E_t \Big/ \sum V_t * (1 + \tilde{\sigma}) \quad (۳۹)$$

درصد ۵۰ ام پروژهٔ موردمطالعه، به شکل روابط ۴۰ و ۴۱ محاسبه شد. محاسبات بر پایهٔ روابط ۱۸ و ۲۰ تکمیل شد.

$$\widetilde{PSI} = 0.75 * (1 + [1\%, 10\%, 20\%]) = [0.7575, 0.825, 0.9] \quad (۴۰)$$

$$\widetilde{PEI} = 0.17 * (1 + [1\%, 10\%, 20\%]) = [0.172, 0.187, 0.204] \quad (۴۱)$$

با توجه به اینکه اثر شاخص‌ها صفر نشد، امکان ورود آنها به مدیریت طول زمان کسب‌شده، برای محاسبهٔ شاخص‌های کلیدی کیفیت عملکرد زمانی وجود دارد.

۵-۶-محاسبهٔ شاخص‌های طول زمان کسب‌شدهٔ توسعه داده شده

با محاسبهٔ شاخص‌های کلیدی عملکرد کیفیت اجرای فازی، بر پایهٔ روابط ۴۰ و ۴۱، امکان محاسبهٔ شاخص‌های عملکرد زمان پروژه و البته محاسبهٔ زمان پایانی پروژه را پیدا می‌کنیم. جدول ۵ زمان برنامه‌ریزی شده، زمان واقعی و درصد تکمیل در سطح پروژه را از ۴۰ تا ۵۰ درصد از پروژهٔ شبیه‌سازی شده، نشان می‌دهد.

جدول ۵- زمان واقعی و برنامه‌ریزی‌شده تا درصد ۵۰ پروژه

PC	TPD	TAD
۴۰/۶٪	۵۵۰	**۴۹۷/۲۲**
۴۲٪	۵۷۰	**۵۱۴/۸۸**
۴۳/۴٪	۵۹۰	**۵۳۲/۴۴**
۴۴/۹٪	۶۱۰	**۵۵۰/۰۶**
۴۶/۵٪	۶۳۰	**۵۶۹/۷۶**
۴۷/۸٪	۶۵۰	**۵۸۶/۵۹**
۴۹/۵٪	۶۷۰	**۶۰۶/۵۴**
۵۱/۱٪	۶۹۰	**۶۲۶/۱۳**

محاسبات سطح خرد توسعه داده شده

محاسبهٔ $\widetilde{KFAPI_i}$ که نشان‌دهندهٔ شاخص فازی پیشرفت فعالیت iام با به‌کارگیری شاخص‌های ارزیابی عملکرد کیفیت اجرای پروژه است، به اولین فعالیت بعد از درصد تکمیل ۵۰ پروژه مربوط است و به شکل رابطهٔ ۴۲ انجام می‌گیرد. این فعالیت ازنظر برنامهٔ مبنا، ۶ روز طول می‌کشد که در زمان محاسبهٔ شاخص‌های آن فقط ۲ روز از اجرای آن گذشته است. این شاخص، میزانی بین صفر و یک دارد و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد؛ یعنی فعالیت رو به پایان است. نکتهٔ حائز اهمیت اینکه، هرچه شاخص‌های عملکرد کیفی بر سرعت نزدیک‌ترشدن این شاخص به عدد ۱ اثرگذار است، TAD_t در زمان محاسبهٔ این شاخص، همان‌طور که در جدول ۵ دیده می‌شود، مقدار تقریباً برابر با ۶۲۶ دارد. محاسبات رابطهٔ ۴۲، بر پایهٔ روابط نشان‌داده‌شده در ذیل بخش اعداد و محاسبات فازی تکمیل شد.

$$\widetilde{KFAPI_i} = \frac{AD_i}{\left(ADi + \left(\max\{(BPD_i - ADi), 0\} * \left(\left(1 + \frac{(1-\widetilde{PSI})}{TAD_t}\right) + \left(1 + \frac{\widetilde{PEI}}{TAD_t}\right)\right)\right)\right)}$$
$$= 2 / \left(2 + \left(\max\{(6-2), 0\} * \left(1 + \frac{(1-[0.7575, 0.825, 0.9])}{626} + \left(1 + \frac{[0.172, 0.187, 0.204]}{626}\right)\right)\right)\right)$$
$$= [0.19994, 0.19995, 0.19996] \qquad (۴۲)$$

باید اشاره کرد، در هر مقطع زمانی ممکن است چندین فعالیت به‌صورت موازی در حال اجرا باشد؛ بنابراین باید ابتدا محاسبات مربوط به تمام فعالیت‌های در حال اجرا را انجام داد و سپس تبادر به سنجش سطح کلان کرد. در اینجا برای جلوگیری از پیچیدگی و درک بهتر روش بسط‌داده‌شده، تنها به محاسبات مربوط به یک فعالیت بسنده می‌شود. این در حالی است که پروژهٔ موردمطالعه، بسیار وسیع و تعداد فعالیت‌های در حال اجرا، در هر درصد تکمیل زیاد است. میزان $\widetilde{KFED_i}$ یا زمان کسب‌شدهٔ فازی، فعالیت بر پایهٔ شاخص‌های عملکرد کیفیت است که به‌شکل رابطهٔ ۴۳ محاسبه شد.

$$\widetilde{KFED_i} = 6 * [0.19994, 0.19995, 0.19996] = [1.19964, 1.1997, 1.1998] \qquad (۴۳)$$

$\widetilde{KFED_i}$ در رابطهٔ بالا نشان می‌دهد تا زمان محاسبه، به جای اینکه فعالیت ۲ روز کامل را کسب کرده باشد، به‌صورت فازی حدود ۱/۱۹۹۷ روز را کسب کرده است؛ این به معنای عقب‌ماندن فعالیت از برنامهٔ مبناست. در ادامه، شاخص‌ها $\widetilde{KFDPI_i}$ به‌شکل رابطهٔ ۴۴ اندازه‌گیری شد.

$$\widetilde{KFDPI}_i = \frac{[1.19964,1.1997,1.1998]}{2} = [0.59982,0.59985,0.5999] \quad (۴۴)$$

بر پایهٔ رابطهٔ ۴۴، از آنجایی که حد بالای $\widetilde{\text{KFDPI}}_i$ یعنی همان c در جدول ۴ کوچک‌تر از ۱ است و احتمالی برای بزرگ‌تربودن این عدد فازی از ۱ وجود ندارد، فعالیت مربوط به این شاخص حتماً عقب‌تر از برنامه است.

محاسبات سطح کلان توسعه داده شده

تا درصد (حدوداً) ۵۰ ام تکمیل پروژه، $\widetilde{\text{KFTED}}$ برابر با [597,600/45,606/7] است، حال با فرض اینکه تنها یک فعالیت مطرح‌شده، بعد از این درصد تکمیل در حال اجرا باشد، $\widetilde{\text{KFTED}}$ به‌شکل رابطهٔ ۴۵ محاسبه می‌شود.

$$\widetilde{KFTED} = [597,600.45,606.7] + [1.19964,1.1997,1.1998] = [598.2,601.65,607.9] \quad (۴۵)$$

رابطهٔ ۴۶ نیز، نحوهٔ محاسبهٔ $\widetilde{\text{KFDPI}}$ را در دصد ۵۰ ام پروژه نشان می‌دهد. از آنجایی که حد بالای $\widetilde{\text{KFDPI}}$ یعنی همان c در جدول ۴ کوچک‌تر از ۱ است و احتمالی برای بزرگ‌تربودن این عدد فازی از ۱ وجود ندارد، پروژه حتماً عقب‌تر از برنامه است.

$$\widetilde{KFDPI} = \frac{[597,600.45,606.7]}{626} = [0.9537,0.9592,0.992] \quad (۴۶)$$

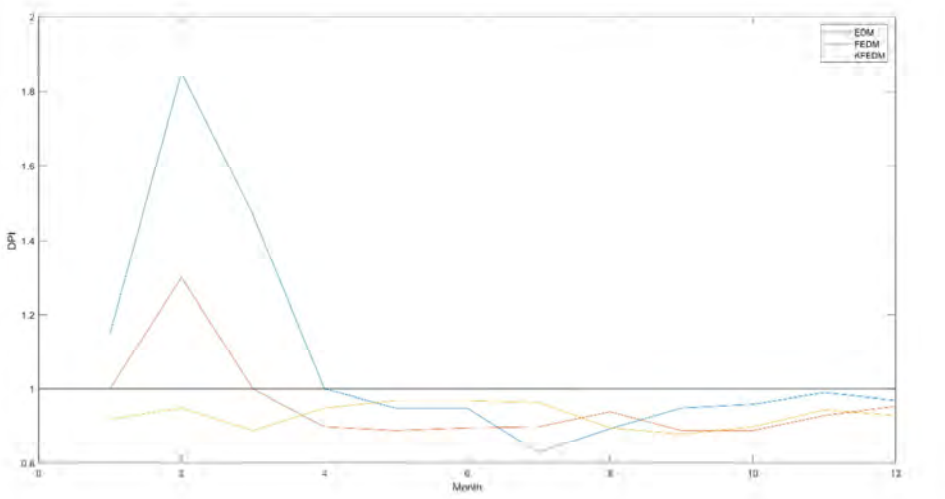
در رابطهٔ ۴۷ نیز، زمان پایانی پیش‌بینی‌شده در درصد تکمیل ۵۰ دیده می‌شود.

$$\widetilde{KFEDAC} = \frac{1300}{[0.9537,0.9592,0.992]} = [1240,1247,1260] \quad (۴۷)$$

۶-بحث

۶-۱- بررسی شاخص DPI

برای بررسی میزان دقت روش ارائه‌شده، شاخص DPI مربوط به پروژهٔ موردمطالعه، با استفاده از سه روش؛ یعنی روش طول زمان کسب‌شدهٔ سنتی (خاموشی و گلفشانی، ۲۰۱۴) و روش طول زمان کسب‌شدهٔ فازی (حمزه، موسوی و گیتی‌نورد، ۲۰۲۰) و روش ارائه‌شده در این پژوهش محاسبه شد. این شاخص تنها برای ۱۲ ماه ابتدایی شروع پروژه محاسبه شد (فقط ۱۲ ماه از پروژه محاسبه شد؛ چرا که تنها اطلاعات این بخش از پروژه دریافت شد و البته پروژه در واقعیت هنوز به اتمام نرسیده است). شکل ۴ وضعیت این شاخص زمانی را در سه روش نشان می دهد.



شکل ۴: وضعیت شاخص DPI براساس سه روش: خط افقی عدد یک را نشان می‌دهد. در هر سه روش اجراشده، چنانچه شاخص بالاتر از این عدد باشد؛ یعنی پروژه از برنامهٔ مبنا جلوتر و چنانچه از آن کمتر باشد؛ یعنی پروژه از آن عقب‌تر و چنانچه برابر با یک باشد؛ یعنی پروژه مطابق بر برنامهٔ مبناست.

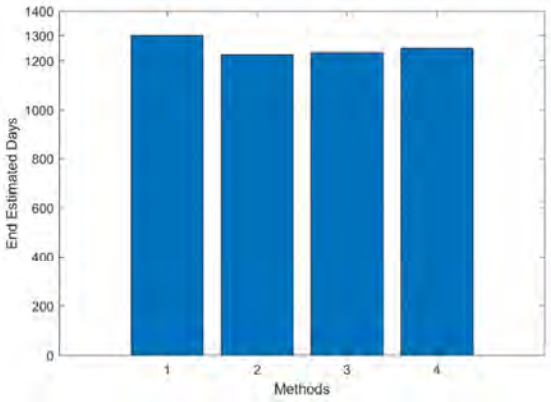
همان‌طور که مشاهده می‌شود، وضعیت شاخص‌های محاسبه‌شده در روش ارائه‌شده در این پژوهش، در طول زمان پروژه، به‌صورت یکنواخت‌تر وضعیت زمان را موردسنجش قرار می‌دهد. علت این یکنواختی، درنظر گرفتن عواملی بیشتر از وضعیت پیشرفت زمانی فعالیت‌های پروژه –یعنی کیفیت اجرای پروژه و وضعیت تأمین منابع– توسط روش مطرح شده است.

۶-۲- نظر خبرگان پروژه در رابطه با وضعیت شاخص زمانی

براساس نظر مدیران پروژه در تمام طول پروژه، به‌خصوص در ابتدای پروژه، اگرچه فعالیت‌ها گاهی زودتر از موعد برنامهٔ زمان‌بندی به اتمام می‌رسد و همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، هر دو روش قبلی یعنی EDM, FEDM شاخص DPI را بالاتر از عدد ۱ نشان می‌دهد، وضعیت تأمین منابع و البته کیفیت مدنظر کارفرمای پروژه رعایت نشده است. جبران این دو عامل، نیازمند صرف زمان است و در حقیقت، پروژه از برنامهٔ مبنا عقب‌تر است؛ بنابراین مدیران پروژهٔ موردمطالعه، روش مذکور را تأیید کردند.

۶-۳- محاسبهٔ زمان پایان پروژه براساس سه روش مذکور

با توجه به اینکه پروژهٔ موردمطالعه در واقعیت هنوز به پایان نرسیده است، با استفاده از شبیه‌سازی پروژهٔ موردمطالعه با به‌کارگیری وضعیت حاکم بر آن در نرم‌افزار Matlab، زمان پایان شبیه‌سازی شد؛ سپس پروژه روزبه‌روز ارزیابی شد، با ارزیابی آن در درصد ۵۰ام توسط هر سه روش قبلی، زمان پایان به‌صورت شکل ۵ محاسبه شد.



شکل ۵- زمان تخمین‌زده شده توسط روش‌های ذکرشده: در این شکل، عدد ۱ شبیه‌سازی پروژه را به‌عنوان یک هدف برای سنجش سایر شاخص‌ها نشان می‌دهد که در آن زمان پایان، ۱۳۰۰ روز تخمین زده‌شده است. عدد ۲ روش EDM را با زمان پایان ۱۲۲۹ روز، عدد ۳ روش FEDM را با زمان ۱۲۳۳ روز و عدد ۴ روش پیشنهادی را با زمان ۱۲۴۹ روز نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه زمان تخمین‌زده‌شده در روش پیشنهادی، به زمان هدف یعنی زمان مستخرج از شبیه‌سازی نزدیک‌تر است، می‌توان دریافت، روش پیشنهادی دقیق‌تر از دو روش پیشین است.

۷-نتیجه‌گیری و پیشنهادها

از زمان به‌وجود آمدن علم مدیریت پروژه تاکنون، کنترل، نقش بسیار مهمی را در جلوگیری از ایجاد هزینه و زمان مازاد از بودجه، در اجرای یک پروژه بازی کرده است؛ بنابراین سیستم‌هایی مثل طول زمان کسب‌شده برای کنترل و پیش‌بینی شاخص‌ها و زمان پروژه به وجود آمد که خالی از ایراد نیست. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، این روش برای سنجش ارزیابی عملکرد زمانی پروژه، تنها واریانس زمان اجرای پروژه را نسبت‌به برنامهٔ پروژه در نظر می‌گیرد و از سایر عوامل اثرگذار بر زمان، چشم‌پوشی می‌کند. نقطه‌ای از زمان در اجرای پروژه را در نظر بگیرید که مراحل اجرای واقعی با برنامهٔ زمان‌بندی هم‌خوانی دارد؛ ولی پروژه باید برای دریافت منابع متوقف شود یا باید برای دستیابی به کیفیت مدنظر کارفرما، مجدداً اجرا شود.

بنابراین در این پژوهش شاخص‌های روش طول زمان کسب‌شده، با ارائهٔ یک روش ترکیبی با شاخص‌های کیفیت اجرای پروژه، به‌صورت فازی توسعه داده شد. همان‌طور که نشان داده شد، روش ارائه‌شده، نسبت‌به سایر روش‌های مشابه ارائه‌شده، دقت زیادی دارد. ۳ پرسش پژوهش پاسخ داده می‌شود:

۱- این پژوهش شاخص‌های عملکرد کیفیت اجرا و نحوهٔ عملکرد پروژه را در رابطه با مهم‌ترین ریسک‌هایی می‌سنجد که محتمل در پروژه اتفاق می‌افتد و البته بر زمان آن اثرگذار است؛ یعنی دو شاخص PSI و PEI.

۲- دو شاخص ارزیابی‌شده، به مدیران پروژه ارائه شد و با بررسی وضعیت تغییر شاخص‌ها در آینده، بر پایهٔ متغیرهای زبانی مطرح‌شده توسط خبرگان، شاخص‌ها با اعداد مثلثی فازی مطرح شد.

۳- با به‌کارگیری شاخص‌های عملکردی در فرمولی برای سنجش EDTC ، امکان توسعهٔ روش طول زمان کسب‌شده به وجود آمد.

در ادامه پیشنهادهای آتی مطرح می‌شود:

۱. روش ارائه‌شده، روشی عام است که قابلیت به‌کارگیری در تمام پروژه‌ها را دارد؛ ولی شاخص‌های کلیدی عملکرد، برای تمام پروژه‌ها یکسان نیستند و از پروژه‌ای به پروژهٔ دیگر متفاوتند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود، برای بررسی دقیق‌تر، شاخص‌های مربوط به هر پروژه به‌طور خاص در نظر گرفته شود؛ برای مثال در پژوهش پیش رو، از بحرانی‌ترین ریسک پروژه استفاده شده است. در تحقیقات آتی می‌توان از روش‌های تصمیم‌گیری برای انتخاب شاخص‌های اساسی‌تر استفاده کرد.

۲. پیشنهاد می‌شود همبستگی میان شاخص‌ها ارزیابی شود.

۳. تخمین دقت شاخص‌ها و زمان نهایی تخمین‌زده‌شده، موضوع جالبی برای تحقیقات آتی است.

۴. پیشنهاد می‌شود روش مطرح‌شده بر سایر سیستم‌های مطرح‌شده در پیشینهٔ پژوهش، مانند مدیریت ارزش کسب‌شده اجرا شود.

References

Akbar, A. A., & Salehipour, A. (2012). Statistical Control of Time and Cost Performance Indices in Construction Projects: A Case Study. *Industrial Management Studies*, 10(27), 144-166. (In Persian)

Alamtabriz, A., Khaledian, F., & Mehdipour, M. (2016). Forecasting project duration by Earned Duration Management and Risk Management. *Industrial Management Journal*, *8*(2), 217-240. (In Persian)

Aliverdi, R., L. M. Naeni and A. Salehipour (2013). "Monitoring project duration and cost in a construction project by applying statistical quality control charts." *International Journal of Project Management* 31(3): 411-423.

Alipouri, Y., M. H. Sebt, A. Ardeshir and M. H. F. Zarandi (2020). A mixed-integer linear programming model for solving fuzzy stochastic resource constrained project scheduling problem. *Operational Research*: 1-21.

Banihashemi S, Hosseini MR, Golizadeh H, Sankaran S. (2017a). Critical success factors (CSFs) for integration of sustainability into construction project management practices in developing countries. *Int J Proj Manage*. 35(6):1103–1119.

Beatham, S., Anumba, C. J., and Thorpe, T. (2004). "KPIs: A critical appraisal of their use in construction." *Benchmarking*, 11(1), 93–117.

Carvalho, M. M., Patah, L. A., & Souza Bido, D. (2015). Project management and its effects on project success: cross-country and cross-industry comparisons. *International Journal of Project Management*, 33(7), 1509-1522.

Carvalho, M. M., & Rabechini, R., Jr. (2017). Can project sustainability management impact project success An empirical study applying a contingent approach. *International Journal of Project Management*, 35(6), 1120-1132.

Carvalho, M. M., & Rabechini, R., Jr. (2015). Fundamentos em gestão de projetos: construindo competências para gerenciar projetos. São Paulo: Atlas.

Chan AP, Chan AP. (2004). Key performance indicators formeasuring construction success. *Benchmarking*: Int J. 11(2):203–221.

Chan AP, Scott D, Chan AP. (2004). Factors affecting the success of a construction project. *J Constr Eng Manag*. 130(1):153–155.

Cheng, F. T., Yang, H. C., & Lin, J. Y. (2004). Development of holonic information coordination systems with failure-recovery considerations. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 1(1), 58-72.

Cheng, M. Y., Peng, H. S., Wu, Y. W., & Chen, T. L. (2010). Estimate at completion for construction projects using evolutionary support vector machine inference model. *Automation in Construction*, 19(5), 619-629.

Giao, H. N. K. (2020). Measuring service quality in construction project management service at AIC Management Co., Ltd.-A dimension-by-dimension analysis.

Colin, J. and M. Vanhoucke (2015). "Developing a framework for statistical process control approaches in project management." *International Journal of Project Management* 33(6): 1289-1300.

Dalalah, D., M. Hayajneh and F. Batieha (2011). A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. *Expert systems with applications* 38(7): 8384-8391.

Dubois, D., Prade, H., 1980. *Fuzzy Sets and Systems Theory and Applications*. Academic Press, Inc.

Favoretto, C., & Carvalho, M. M. D. (2021). An analysis of the relationship between knowledge management and project performance: literature review and conceptual framework. Gestão & Produção, 28(1).

Hajiheidari, N., & Rahmati, F. (2018). Risk Analysis for it Projects Using System Dynamics. *Journal of Production and Operations Management, 9(1), 119-137*.(In Persian)

Hamzeh, A. M., Mousavi, S. M., & Gitinavard, H. (2020). Imprecise earned duration model for time evaluation of construction projects with risk considerations. *Automation in Construction*, 111, 102993.

Haponava, T., & Al-Jibouri, S. (2012). Proposed system for measuring project performance using process-based key performance indicators. *Journal of management in engineering*, 28(2), 140-149.

Khamooshi, H., & Golafshani, H. (2014). EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement. *International Journal of Project Management*, 32(6), 1019-1041.

Khanzadi, M., Sheikhkhoshkar, M., & Banihashemi, S. (2020). BIM applications toward key performance indicators of construction projects in Iran. *International Journal of Construction Management*, 20(4), 305-320.

Khatami Firouzabadi, S. M. A., Bagheri, M., & Yousefi, S. (2018). Scheduling of construction projects using a combination of multi-objective programming and optimization via simulation. *Journal of Production and Operations Management, 8(2), 83-98*.(In Persian)

Lam PT, Chan EH, Poon C, Chau C, Chun K. (2010). Factors affecting the implementation of green specifications in construction. *J Environ Manag*. 91(3):654–661.

Lantelme, E., & Formoso, C. T. (2000). Improving performance through measurement: the application of lean production and organisational learning principles. *In Proceedings of 8th International Conference of the International Group for Lean Construction*, University of Sussex, Brighton.

Lee, N., and E. M. Rojas. (2010). Defining High-level Project Control Data for Visual Information Systems. *Proceedings of the 2010 Construction Research Congress*, ASCE, 518–527.

Marosszeky, M., Karim, K., Davis, S., & Naik, N. (2004). Lessons learnt in developing effective performance measures for construction safety management. *In Conference proceedings of International Group on Lean Construction* (IGLC 2004).

M Hamadan, R., S Hassan, A., Y Mohammed, S., M Lemhi, A., A Elgany, T., & M Ahmed, R. (2020). The Key Performance Indicator for Five Construction Projects in Khartoum State: Case Study.

Naeni, L. M., S. Shadrokh and A. Salehipour (2014). "A fuzzy approach for the earned value management." *International journal of project management* 32(4): 709-716.

Nakhaeinejad, M., & Momen Shad, N. (2020). Project portfolio selection by considering triple-wise interaction among projects. *Journal of Production and Operations Management*, 11(1), 1-22. (In Persian)

Najafi, A. (2009) "To selection Project Portfolio by Considering Optimized Risk Based on Network Analysis Process" *International Conference of project management*, 5(1), 1-16.

Pellerin, R., & Perrier, N. (2019). A review of methods, techniques and tools for project planning and control. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2160-2178.

Qaraei, M. T. B., Babak; Atai Yazd, Mohammad Reza. (2017). Simultaneous analysis of key indicators in evaluating the performance of construction projects. *International Conference on New Horizons in Engineering Sciences.* https://civilica.com/doc/781200. (In Persian)

Rosenfeld, Y. (2014). Root-cause analysis of construction-cost overruns. *Journal of construction engineering and management*, 140(1), 04013039.

Raydugin, Y. (2013). *Project risk management: essential methods for project teams and decision makers*. John Wiley & Sons.

Sambasivan, M., & Soon, Y. W. (2007). Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. *International Journal of project management*, 25(5), 517-526.

Sayyadi, A., Hayati, M., and Azar, A. (2011). "Assessment and Ranking of Risks in Tunneling Projects Using Linear Assignment Technique". *International Publication of Industrial and production management*, 22(1), 27-38.

Sun, C.-C. (2010). A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert systems with applications* 37(12): 7745-7754.

Snedaker, S. (2013). Business continuity and disaster recovery planning for IT professionals. Newnes.

[1] Rosenfeld
[2] Sambasivan & soon
[3] Snedaker
[4] Earned Duration Management (EDM)
[5] Hamadan & Hassan
[6] Cheng, Yang & Lin
[7] Pellerin & Perrier
[8] Lee & Rojas
[9] Cost /Schedule Control System Criteria
[10] Earned Value Management (EVM)
[11] Hamadan & Hassan
[12] Lantelme & Formoso
[13] Chan
[14] Scott
[15] Sustainability
[16] Carvalho & Patah & Souza Bido
[17] Carvalho & Rabechini
[18] Cheng, Peng & Wu
[19] Project Performance
[20] Beatham, Anumba & Thorpe
[21] Marosszeky, Karim, Davis & Naik
[22] Haponava & Jibouri
[23] Process-Based
[24] Favoretto & Carvalho
[25] Giao
[26] Key Performance Indicatorlj
[27] Sun
[28] Dalalah, Hayajneh & Batieha
[29] Dubois and Prade
[30] Raydugin

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی