Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 55(2) (2023) 89-92
DOI: 10.22060/ceej.2022.21250.7666

Simulation of delay factors in dam construction projects with a system dynamics approach

S. Fard Moradinia*, I. Alimi Dizaj

Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

ABSTRACT: Delays are among the causes for financial loss in construction projects. Extensive research has thus been carried out on how to confront it, or reduce its consequences. The effect on dam construction projects is highly pronounced as a consequence of their high operation magnitude, and long initial execution duration. Numerous papers have thus far studied the causes of delay in projects from a dynamic systems' approach, in such sectors as construction, railways and highways. However, a simple comprehensive exploration of literature on the study of construction delay through the dynamic systems method reveals a gap of research around dam construction. As this is the largest class of projects in the nation, numerous factors are involved in project delays. To investigate the causes of delay in these projects the Vensim software package has proven useful and imperative in carrying out dynamic system analyses. The present paper, involves a case study of the Marvak dam in Lorestan province. Based on previous studies and former practical experience in construction, a set of 10 common causes of delay was compiled into a questionnaire, for 20 dam construction experts who were asked to rate the causes from 1 to 10, depending on how much each factor actually causes delay in the project, with a rating of 1 and 10, signifying the highest, and lowest weight. Among the factors, the effect of four variables, namely human resources, machinery and equipment, financial resources of the contractor, and deficiency in technical blueprints, were selected as the most effective factors. The Vensim software package was then used to simulate the model based on project specifications. Results involved the project's "overall predictable delay" with the share of each factor specified in a breakdown.

Review History:

Received: Mar. 28, 2022
Revised: Nov. 21, 2022
Accepted: Nov. 22, 2022
Available Online: Dec. 31, 2022

Keywords:

Project schedule management
Delays
System dynamics
Dam construction projects
Vensim

1- Introduction

Every year, a large portion of the national wealth is spent on investment into construction projects for developing water, structural and industrial resources. Resource limitations during execution often cause prolonged execution and significant delay in finalization. Time management and project scheduling involve procedures needed to manage the completion of projects on time. This type of management is based on a reference schedule showing when each product, service or project results indicated in project specifications will be delivered; and what delays with what reasons can occur. This serves as a basis of communications, managing expectations and reporting achievements. The dynamic systems' method and system dynamics are methodologies for quantitative and qualitative analysis of system behavior through time. System dynamics is considered an effective approach to analyzing dynamic systems in such various areas as management, economy, biology, engineering, etc. The present research has thus used the dynamic systems' analysis to attain a better understanding of the model, as it is both able to identify the relationship between each of the factors in the presented model, and to show how the system changes in response to a modification in each of its components, and how each component is affected through time and in response to a change in other factors. The method can thus provide a tool for policy makers and executives to identify the factors most effective in project delays, and to reduce delay by modifying these factors. As delays are among the major causes of an increase in the duration and expenses of a construction project.

Delays are among the major causes of increase in a project's time and cost around the world, incurring severe harm both to contractors and employers. As such, estimation of factors causing delay using project time management during execution (while taking initial resources into account) can significantly help the execution avoid delay, extra cost, and attrition. This has been a focus of a wide array of research carried out around the world. The breadth of variety of operations involved in dam construction projects (hydraulics, structre, surrounding buildings, instruments, etc.) and how they directly and indirectly affect each other as well as the project in its entirety, requires a comprehensive

*Corresponding author's email: fardmoradinia@iaut.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

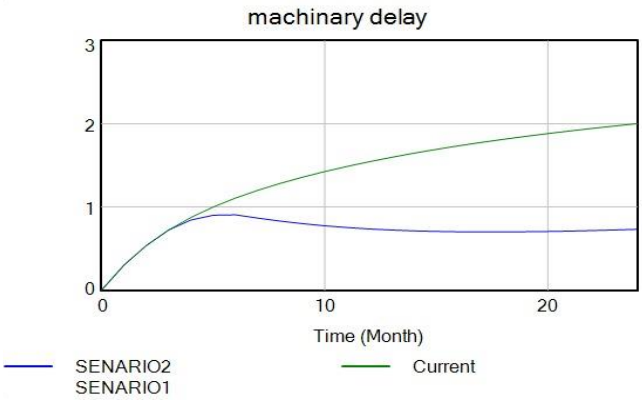


Fig. 1. Diagram of the impact of scenario 2 on the delays related to the lack of machines resources

Table 1. The effect of applying scenario 1 on delays related to human

Time (Month)	Senario1	Current situation	Time (Month)	Senario1	Current situation
0	0	0	13	0.32899	1.5628
1	0.41666	0.5	14	0.31012	1.5751
2	0.67885	0.854533	15	0.29608	1.5873
3	0.75513	1.09298	16	0.28618	1.5995
4	0.75173	1.24802	17	0.2798	1.6118
5	0.70746	1.34738	18	0.2764	1.6241
6	0.64646	1.41139	19	0.27554	1.6365
7	0.58228	1.4537	20	0.27682	1.649
8	0.052183	1.48302	21	0.27991	1.6615
9	0.46821	1.50469	22	0.28453	1.6742
10	0.4224	1.52196	23	0.29046	1.6867
11	0.38434	1.53673	24	0.29748	1.69979
12	0.353468	1.55013			

analysis of delay where all professional relationships between project procedures are taken into account. In this regard, a comprehensive system is needed. So far, many studies have analyzed dam construction. However, none have used system dynamics to investigate the causes of delay. For example, Kamalan et al. in their 2020 paper titled "Fundamental analysis of reasons for delay in dam construction, a case study of the Karun 3 dam" and Alameri et al. in their 2017 paper titled "Statistical analysis in determining the causes of delay in dam construction in Amman" have used a hierarchical analysis. No use of dynamic system analysis had been found in this field [1, 2].

2- Methodology

Human societies and organizations face ever-growing challenges requiring new thinking. In so many fields, the efforts of managers and officials to solve a problem have only led to temporary alleviation, leading to the same problems in previous situations, or in some cases, exacerbated conditions. Despite progress in project management, execution cost and time overflow, have endured for decades. In 19511, static modeling approaches, such as program evaluation and review technique (PERT), or critical path method (CPM) were developed. Most dynamic system models are designed to control and analyze system behavior. Scenario definition is an inextricable part of such methods. It is used to apply modifications to the method (A set of such modifications with a specific purpose is called a scenario), allowing assumptions to be tested, causalities to be discovered and revisited, and the best scenario to be selected and executed in the real system [3].

The present research identified the causes for delay. To do so, a questionnaire was designed with a list of 10 common causes of delay The list was extracted from previous relevant studies and compiled into a questionnaire. 20 dam construction experts were asked to fill the questionnaire, by rating the effectiveness of each factor from 1 to 10 (where a rating of 10 signified the highest effectiveness).

3- Results and discussion

Based on the results, four factors with the highest impact in terms of delay in dam construction were selected. The four primary factors of delay in dam construction projects (human resources, machinery and equipment, financial resources of the contractor, and deficiency in technical blueprints) were analyzed as flow variables and their effect on overall project delay, as well as the breakdown of each factor's share in the delay was analyzed using the Vensim software package. To achieve this goal, regarding the four variables, all inputs and outputs from daily, monthly, and seasonal reports, human resources, machinery and equipment tables, and contractor turnover were obtained:

Human resources: based on daily contractor reports, the workforce count involved in the project was 100. On average, during 24 months, each two months, one worker has quit the project.

Machinery and equipment: Machinery and equipment statistics during 24 months are presented in Table 1. The project has begun with 70 machines, 2 of which have gone out of service during 12 months.

Deficiency in technical blueprints: The project has started with 100 blueprints, with an estimate of a further 10 technical blueprints lacking during 12 months.

Financial resources: Based on the contractor's financial bills, the project has encountered 600 million rials in financial shortfall during 12 months. The initial investment was 3 billion rials.

3- 1- Scenario 1

As the gap in human resources in the first four months has caused the most delay, two methods (alone or in combination) can be used to remedy the situation: First, Increasing the workforce (from 100 to 125 workers in this scenario); and second, increasing the workforce recovery rate (from 0.15 to 0.2 in this scenario). (Table 1)

3- 2- Scenario 2

Following the preceding analysis, considering the gap machinery count, an increase in the recovery rate of machinery from 0.03 to 0.04 between the 2nd to 6th month can reduce the delays.

The effect of the second scenario on overall project delay is a delay reduction of 5.9078 to 5.35498 months. In addition, applying the necessary modifications will reduce the delay caused by a lack of machinery from 2 to 0.73 months. (Figure 1) Moreover, a comparison of delay caused by workforce vs machinery shows that a lack of machinery contributes more to the overall delay.

4- Conclusion

The project studied herein (Marvak dam) was expected to finish in 2 years when it started. However, considering the current trend, the project is predicted to run into 5.97 months of delay. The share of the aforementioned four factors (selected by experts from a pool of 10 factors) in the overall predicted delay was determined as follows: First, a lack of financial resources is expected to delay the project by 2.53 months; Next, a lack of machinery may add 2 months to the delay; and last, a lack of technical blueprints (a negative-signed factor) had almost no effect on the overall delay. By analyzing the aforementioned four factors responsible for delays in the studied project, the most severe delays were attributed to the first 4 months of the project, when financial shortfall, lack of machinery, and workforce deficiency comprise %40, %33 and %27 of the delay, respectively. Various scenarios considered to manage these four factors involved the increase of initial financial resources, workforce, or machinery which remedied delay factors, causing the overall delay to decrease significantly. For example, reinforcing human resources reduces relevant delays from 1.70 to 0.30 months. Likewise, replenishing financial resources reduces the corresponding delay from 2.54 to 0.89 months. Overall, we have concluded that project management in the first 4 months of execution, plays a critical role in reducing delays in this project.

References

[1] H. Kamalan, A. Abedin Maghanaki, Root Cause Analysis of Delays in Dam Construction (Case Studies: Karun-3, Marun, Shafaroud and Jamishan Dams), Journal of Hydraulic Structures, 6(3) (2020) 45-58.

[2] N. Alamri, O. Amoudi, G. Njie, Analysis of construction delay causes in Dams projects in Oman, European Journal of Business and Social Sciences, 6(2) (2017) 19-42.

[3] Sterman′s business dynamics book, translated by Korosh Brarpour and Parisa Mousavi, (in persian).

HOW TO CITE THIS ARTICLE

S. Fard Moradinia, I. Alimi Dizaj, Simulation of delay factors in dam construction projects with a system dynamics approach, Amirkabir J. Civil Eng., 55(2) (2023) 89-92.

DOI: 10.22060/ceej.2022.21250.7666

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۵، شماره ۲، سال ۱۴۰۲، صفحات ۴۳۱ تا ۴۵۴
DOI: 10.22060/ceej.2022.21250.7666

شبیه‌سازی عوامل تاخیر در پروژه‌های سدسازی با رویکرد پویایی سیستم

سینا فرد مرادی نیا*، ایرج علیمی دیزج

دانشکده مهندسی عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

خلاصه: تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص دلایل تاخیرات پروژه‌ها با روش سیستم پویا در حوزه‌های ساختمان، راه آهن، اتوبان و ... انجام شده ولیکن خلا تحقیقاتی در خصوص بررسی تاخیرات پروژه‌های سدسازی با روش سیستم پویا مشاهده می‌گردد. با توجه به اینکه عوامل تاثیرگذار فروانی می‌تواند در تاخیرات پروژه دخیل باشد لذا بررسی علل تاخیرات در این پروژه‌ها با استفاده از روش سیستم پویا و برنامه vensim بسیار ضروری می‌باشد. در این تحقیق مطالعه موردی سد مروک که در استان لرستان واقع شده است مورد بررسی قرار گرفت که بر اساس پیشینه تحقیقات قبلی و نیز تجارب اخذ شده از پروژه‌ها، ۱۰ عامل تاخیر در پروژه‌ها جمع‌بندی و در قالب یک پرسشنامه به ۲۰ نفر از خبرگان پروژه‌های سدسازی جهت نمره‌دهی از ۱ تا ۱۰ به عنوان شناسایی عوامل تاثیرگذار در تاخیرات پروژه سدسازی آورده شده است. بدیهی است میزان تاثیر هر عامل که باید توسط پرسشگر اعلام می‌گردید با ضریب ۱۰ به عنوان تاثیرگذارترین و ضریب ۱ به عنوان کم تاثیرترین درخواست گردیده بود. و از بین عوامل مختلف درگیر تاخیرات ۴ متغیر نیروی انسانی، ماشین آلات، منابع مالی پیمانکار و کمبود نقشه‌های فنی از بین آن‌ها توسط خبرگان توسط پرسشنامه‌های تهیه شده به عنوان تاثیرگذارترین عوامل انتخاب شدند. در ادامه با استفاده از برنامه شبیه‌سازی vensim و با استفاده از اطلاعات پروژه، مدل مذکور شبیه‌سازی گردید و نتایج شبیه‌سازی میزان تاخیر قابل پیش‌بینی کل پروژه و سهم هر یک از عوامل را مشخص نمود.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۸
بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۳۰
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱
ارائه آنلاین: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰

کلمات کلیدی:
مدیریت زمان‌بندی پروژه
تاخیرات
پویایی سیستم
پروژه‌های سدسازی
Vensim

۱- مقدمه

هر ساله بخش بزرگی از درآمد ملی صرف سرمایه‌گذاری در طرح‌های عمرانی و توسعه منابع آبی، ساختمانی، و صنعتی می‌شود. محدودیت منابع در زمان اجرا اغلب موجب طولانی شدن زمان اجرا و تاخیر قابل توجه در بهره‌برداری از طرح‌ها می‌گردد بر اساس گزارش سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور متوسط زمان راه‌اندازی طرح‌های ملی و سرمایه‌ای در حال حاضر هشت سال می‌باشد (پژوهش و نظارت مجلس شورای اسلامی) [۱] و به طور متوسط، این پروژه‌ها، هم در بخش ملی و هم در بخش استانی با بیش از ۵۰٪ تاخیر در پیشرفت کار مواجه هستند. رشته مدیریت پروژه و ساخت مجموعه‌ای است مهندسی–مدیریتی که برای مدیریت، نظارت، طراحی و اجرای پروژه‌ها به ویژه پروژه‌های عمرانی طرح‌ریزی شده است. این رشته با ماهیت بین رشته‌ای تلفیقی از رشته‌های مهندسی عمران، مهندسی صنایع و رشته مدیریت، و به معنایی تلفیق علم هنر و فن است که به منظور آموزش برای انجام فعالیت‌های آماده‌سازی نظارت و اجرای پروژه به ویژه پروژه‌های عمرانی طرح‌ریزی شده است. آگاهی و اطلاع از روش‌های برنامه‌ریزی، کنترل و اجرای پروژه‌ها ضروری بوده و در کارایی آن‌ها تاثیر قابل توجهی خواهد داشت. در این ارتباط، علاوه بر کارشناسان و مدیران فعال در بخش‌های مشاوره و پیمانکاری، شاغلین و تصمیم گیرندگان بخش‌های اجرایی و برنامه‌ریزی کشور نیز نیازمند آشنایی با روش‌های اداره پروژه‌های عمرانی در سطوح مختلف می‌باشند. مدیریت زمان‌بندی پروژه یکی از مهم‌ترین زیر فرآیندهای pmbok۶ می‌باشد. مدیریت زمان‌بندی پروژه شامل فرآیندهایی است که برای مدیریت اتمام پروژه از نظر زمانی مورد نیاز می‌باشد و این مدیریت یک برنامه دقیق است که نشان می‌دهد در چه زمانی محصول، خدمت و یا نتیجه پروژه، که در برنامه محدوده پروژه مشخص شده است، تحویل داده می‌شود و چه تاخیراتی و با چه دلایلی در پروژه می‌تواند به وقوع بپیوندد و همچنین ابزاری برای ارتباطات، مدیریت انتظارات ذینفعان و پایه‌ای برای گزارشات عملکرد است (مدیریت زمان‌بندی

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: fardmoradinia@iaut.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

پروژه مولف آقای رضا امانی) [۲]. سیستم پویا یا پویایی شناسی سیستم روشی برای تحلیل کمی و کیفی رفتار سیستم‌ها در گذر زمان است. سیستم پویا، به عنوان یکی از رویکردهای کارآمد برای تحلیل سیستم‌های سیستم پویا در حوزه‌های مختلفی نظیر مدیریت، اقتصاد، زیست‌شناسی، مهندسی و غیره شناخته می‌شود، این روش برای درک و ارزیابی رفتار غیرخطی سیستم‌های پیچیده در طول زمان به منظور تعریف مدل و شبیه‌سازی رفتار یک پدیده ایده‌آل می‌باشد. لذا در این تحقیق برای درک بهتر مدل، از روش سیستم پویا استفاده شده، چرا که این سیستم در مدل ارائه شده توانایی شناخت رابطه هر یک از مؤلفه‌ها با یکدیگر را دارد و همچنین این توان را دارد که نشان دهد در صورت تغییر هر یک از مؤلفه‌ها رفتار کل سیستم به چه صورت است و تأثیرپذیری هر یک از مؤلفه‌ها در طول زمان و تغییر در عوامل دیگر نشان می‌دهد، به همین دلیل می‌تواند ابزاری برای خط مشی گذاران و مجریان فراهم می‌کند تا عواملی که بیشترین اثر را در تاخیرات یک پروژه دارند بشناسند و متناسب با شرایط خود با دستکاری هر یک از آن‌ها میزان تاخیرات پروژه را کاهش دهند. نظر به اینکه تاخیرات یکی از دلایل عمده افزایش زمان و بالطبع افزایش هزینه در پروژه‌های عمرانی در سرتاسر دنیا می‌باشد، که می‌تواند صدمات زیادی به پیمانکار و کارفرما وارد کند. لذا تخمین دلایل تاخیر پروژه با استفاده از مدیریت زمان‌بندی پروژه در طول دوران اجرا با توجه به منابع اولیه می‌تواند کمک به سزایی در انجام پروژه به دور از زمان مازاد و هزینه‌های اضافی که حتی ممکن است به فرسایشی بودن پروژه منجر شود، بکند. در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای در سراسر دنیا در پروژه‌های بزرگی صورت گرفته است. پروژه‌های سدسازی به دلیل تنوع فراوان کاری موجود در شاخه‌های ابنیه، سازه، هیدرولیک، ابزار دقیق و .... در پروژه و به دلیل تاثیر مستقیم و غیرمستقیم هر یک از فعالیت‌ها بر روی دیگری و حتی کل پروژه در بررسی تاخیرات یک تحقیق جامع با رعایت کلیه روابط کاری بین فعالیت‌های پروژه را می‌طلبد که در این خصوص لزوم استفاده از یک سیستم جامع که مختلفی در زمینه تاخیر پروژه‌های سدسازی کار کرده‌اند ولی سیستم پویا تاکنون در بررسی دلایل تاخیرات پروژه‌های سدسازی استفاده نشده است به عنوان مثال کمالان در مقاله تحلیل ریشه‌ای دلایل تاخیرات در پروژه‌های سدسازی نگرشی به سد کارون ۳ (۲۰۲۰) از روش تحلیل سلسله مراتبی و یا آلامری از تحلیل اماری در مقاله بررسی تاخیرات پروژه‌های سدسازی در عمان (۲۰۱۷) استفاده کرده است و هیچ گونه استفاده از سیستم پویا تاکنون در این خصوص انجام نپذیرفته است [۴ و ۳].

در جدول ۱ به تحقیقاتی که در زمینه تاخیر پروژه‌ها انجام گرفته پرداخته شده است.

جدول ۱. خلاصه عوامل موثر درتأخیرات برگرفته از پژوهش‌های قبلی

Table 1. Summary of effective factors in delays taken from previous researches

محقق	تاریخ ارائه تحقیق	نوع پروژه	روش تحقیق	دلایل تأخیر استخراجی
عساف و الحجی	۲۰۰۶	ساختمانی	تحلیل اماری	نبود نقشه‌های فنی، نبود مدیریت مناسب، نبود نقدینگی کافی
لی	۲۰۰۸	نفت و گاز	مدل‌سازی سیستم پویا	کنترل و مدیریت
سونگ هون هان، هیونگ کوان کیم	۲۰۰۹	قطار سریع السیر	کلاس‌بندی	عدم رفع معارض، تغییرات مکرر نقشه‌ها، تاخیر در صدور تاییدیه‌ها و مجوزها، مقاومت و درخواست‌های جامعه، عدم تجربه کافی کارفرما
حمزه وخیری	۲۰۱۱	ساخت و ساز	تحلیل اماری	تامین مالی، تضادها در قراردادهای جزئی، دوباره کاری‌ها، تضادها بین پیمانکار و مشاور و کارفرما، ضعف در مدیریت سایت ،ضعف در تدارکات پروژه، طراحی ناکافی
اولابی جیمز و همکاران	۲۰۱۴	-	امارگیری تصادفی	کمبود مالی، تغییرات در نقشه‌ها، نبود ارتباط موثر بین عوامل درگیر، ضعف مشاور

حقیقت و قربانی	۱۳۹۸	ساخت و ساز	مدل‌سازی تاخیرات پروژه‌ها	تاخیر در پرداخت، اخیر در ابلاغ نقشه، مشکلات اب و هوایی، نوع قراردادهای مرسوم، ورود کارفرما، مشاور و پیمانکار به حوزه‌های کاری همدیگر، عدم انتخاب پیمانکار مناسب، عدم وجود برآورد صحیح، ضعف اجرایی و برنامه‌ریزی، تورم شدید در حین ساخت، وجود معارض، مدیریت ضعیف پروژه پیمانکار، مدیریت ضعیف پروژه کارفرما، ضعف مشاور
منصور قلعه نوعی	۱۳۹۸	پروژه‌های عمرانی	نمونه‌گیری تصادفی ساده	عدم وجود اطلاعات کافی، عدم آگاهی کافی، عدم توجه به انتخاب مدیریت در زمان، عدم توجه به مشکلات طرح‌های قبلی، عدم مقایسه برنامه واقعی طرح اجراء شده با طرح اولیه، واگذاری خدمات به مشاورین و پیمانکاران، فقدان توضیحات صریح و روشن و رهنمودهای مشخص جهت اجرای طرح‌ها، عدم وجود روش‌های سیستماتیک و علمی، فقدان نیروی انسانی آموزش دیده، روش‌های کاری اداری پیچیده و مبهم، موانع اداری و مقرراتی، عدم ساختار سازمانی مناسب، عدم ارزیابی صحیح مشاوران و پیمانکاران بر پایه‌های مشترک، عدم پیش‌بینی علمی و صحیح و ارزیابی کلیه خطرات
کمالان	۲۰۲۰	سدسازی	تحلیل سلسله مراتبی	تغییرات مکرر نقشه‌ها، نبود مدیریت مناسب، نبود نقدینگی کافی، استفاده نیروی کار غیرماهر
آلامری	۲۰۱۷	سدسازی	تحلیل اماری	تغییرات مکرر نقشه‌ها، نبود مدیریت مناسب، کندی در پروسه تصمیم‌گیری تأخیرات در گرفتن مجوزها
انیس و کوفسکی	۲۰۱۹	راه	تجزیه و تحلیل ترکیبی	ارزش کار، طول پروژه، مدت زمان اولیه اجرای، هدف پروژه، نوع پروژه، تعداد پرسنل، نیمسال شروع کار، روند نرخ بیکاری، روند شاخص قیمت، روند فروش کل، تعداد شرکا، فروش سالانه
پارک	۲۰۲۱	عمومی	تحلیل اماری	عدم تهیه برنامه اولیه مناسب زمانی و مالی
نیازی	۲۰۲۱	پروژه‌ها	تحلیل اماری	امنیت، پیمانکار با سایر عوامل پروژه، فساد، کیفیت پایین پرسنل پیمانکار، تاخیر در پرداخت، ضعف در مدیریت، طراحی ناموثر و برنامه زمان‌بندی،
				کار، نوع مناقصه، مشکلات موجود در تامین اعتبار، ارتباط و مشارکت ضعیف، تغییرات فراوان در پیمانکاران
اکبری، نجیبی و حاجی زاده	۲۰۲۱	راه‌سازی	روش مطالعه پرسش‌نامه‌ای	مدیریت دانش
ابو ناموس	۲۰۲۱	مختلف	تحلیل اماری	روابط ضعیف بین کارکنان، عدم تجربه پیمانکاران، تاخیر در تحویل مواد، تأخیر پرداخت به پیمانکار، پیچیدگی اطراف سایت، خطاهای برآورد، عدم وجود تجربه مشاوران، تغییرات الزامات توسط مشتری، تاخیر پرداخت مشتری، نوسان قیمت مواد، نیروی کار، در دسترس بودن تجهیزات، نیروی کار غیرماهر
سوبرامانیس وگتهامسوپا دی	۲۰۲۲	مسکونی	روش مطالعه پرسش‌نامه‌ای	-
رئوف، رحمتی و جهانی	۲۰۲۲	ساختمان	تحلیل اماری	تأمین مالی، طراحی‌های نامناسب، مدیریت سایت، مدیریت قرارداد، ضعف ارتباطی بین عوامل پروژه

شکل ۱. موقعیت و تصویر سد مخزنی مروک در استان لرستان

Fig. 1. Location and picture of Maruk Reservoir Dam in Lorestan province

۲- داده‌ها و مشخصات پروژه

پروژه مورد تحقیق سد مخزنی مروک در استان لرستان که به فاصله ۳۷ کیلومتری شمال شهرستان درود قرار دارد و بین روستای گوشه دواریجان و مروک (درود) در حوزه شهرستان دورود است و مشخصات کلی پروژه به شرح زیر می‌باشد (شکل ۱):

-مختصات: °۳۳/۶۷۱۴۲۲۶۰۷ شمالی °۴۹/۰۷۵۹۴۹۴۱ شرقی

-نام رودخانه و حوضه آبریز: تیره – دز

-نوع سد: سنگریزه‌ای با هسته رسی

– ارتفاع سد (متر): ۶۷ متر از کف رودخانه

-طول تاج (متر): ۴۵۱

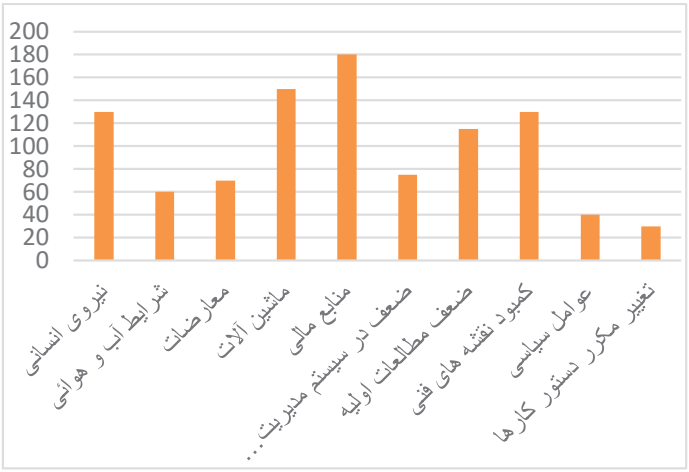
-حجم مخزن (M.C.M): ۱۲۰

-حجم تنظیم آب (M.C.M): ۶۰

-سطح شبکه (هکتار): ۵۹۰۰

-سال شروع: ۱۳۸۲

– پیشرفت فیزیکی ساختمان سد (درصد): ۱۰۰



شکل ۲. میزان امتیازدهی به گزینه‌های پرسشنامه

Fig. 2. Scoring of questionnaire options

۲- ۱- روش تحقیق و شناسایی متغیرهای اصلی

در این تحقیق ابتداً دلایل تاخیرات شناسایی شدند که برای این منظور پرسشنامه‌ای طراحی گردید که در آن ۱۰ عامل موثر به شرح شکل شماره ۲ که از جدول شماره یک استخراج شده، در تاخیرات پروژه‌های سدسازی آورده شده بود در این تحقیق ابتدا مطالعه منابع مرتبط و موضوعات مورد بررسی قرار گرفت. از بین ۱۰ عامل تاخیر استخراجی از بیش از ۲۰ کارشناس حوزه سدسازی خواسته شد که نسبت به تکمیل پرسشنامه و اختصاص یک عدد از بین ۱ تا ۱۰ (۱۰ عامل برتر) بر اساس میزان تاثیر آن‌ها بر تاخیر پروژه نمره بدهند. بر اساس نظرسنجی ۴ عامل به عنوان عواملی که بیشترین تاثیر در تاخیر پروژه سدسازی را دارد انتخاب گردید. که عبارتند از:

۱- منابع مالی ۲- ماشین‌آلات ۳- نیروی انسانی ۴- کمبود نقشه‌های فنی

از بین این شرکت کنندگان تعداد ۱۵ نفر یعنی ۷۵٪ به تمام گزینه‌های پرسشنامه و ۳ نفر یعنی ۱۵٪ به ۸ گزینه و ۲ نفر یعنی ۱۰٪ به ۵ گزینه از پرسشنامه امتیاز داده بودند، که میزان امتیازدهی به گزینه‌های پرسشنامه به شرح شکل ۲ آمده است:

-مراحل کار و پروسه به شرح فلوچارت شکل ۳ است:

-شناسایی و تعریف مشکلات

در ابتدای تحقیق لازم است نسبت به شناسایی مشکلات موجود که قرار است در تحقیق بررسی و بر اساس آن راه حل‌های ارائه شده اقدام گردد.

-شناسایی متغیرهای درگیر در پروژه‌های قبلی با استفاده از مرور ادبیات

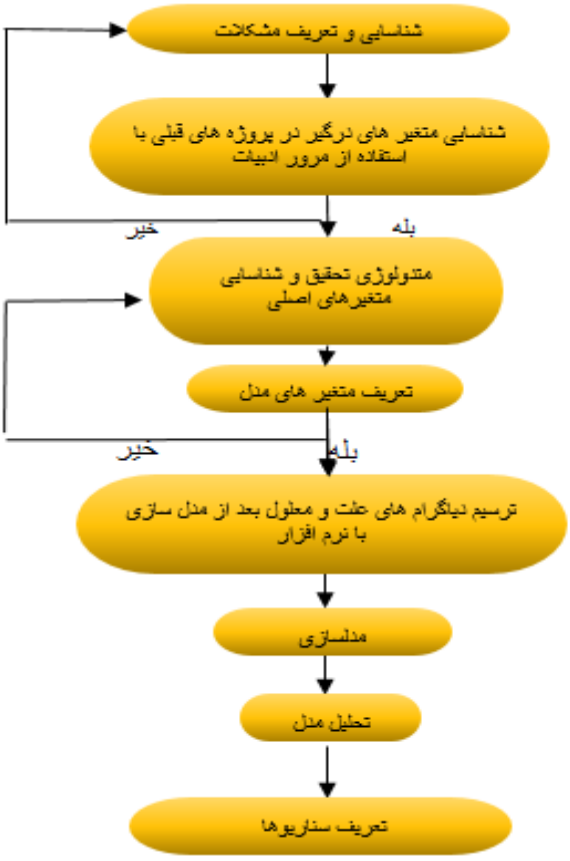
شناسایی متغیرهایی که در گذشته تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند از مرور ادبیات گذشته در مرحله دوم می‌باشد. این متغیرها به عنوان دیتایل‌های اولیه به جهت تعیین و شناسایی متغیرهای اصلی آتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

-شناسایی متغیرهای اصلی

با استفاده از نظرسنجی و یا پرسشنامه از بین کلیه متغیرهای به دست آمده که امکان تاثیر آن از فرآیند موضوع اصلی تحقیق دخیل می‌باشد. در این مرحله انجام می‌پذیرد که این فرآیند می‌تواند با استفاده از پرسشنامه و یا نظرسنجی میدانی و . . . . از خبرگان و کارشناسان انجام گیرد.

-تعریف متغیرها مدل

متغیرهای اصلی شناسایی شده از مرحله قبلی در این مرحله تعریف می‌شوند. نوع متغیرها، واحد متغیرها و ارائه سایر اطلاعات مربوط به متغیرها از قبیل روند تغییرات متغیرها در بازه زمانی، میزان حداقل و حداکثر متغیر و نیز مقدار آن و . . . . در این مرحله توضیح داده می‌شود.



شکل ۳. فلوچارت مراحل انجام کار

Fig. 3. Flowchart of work steps

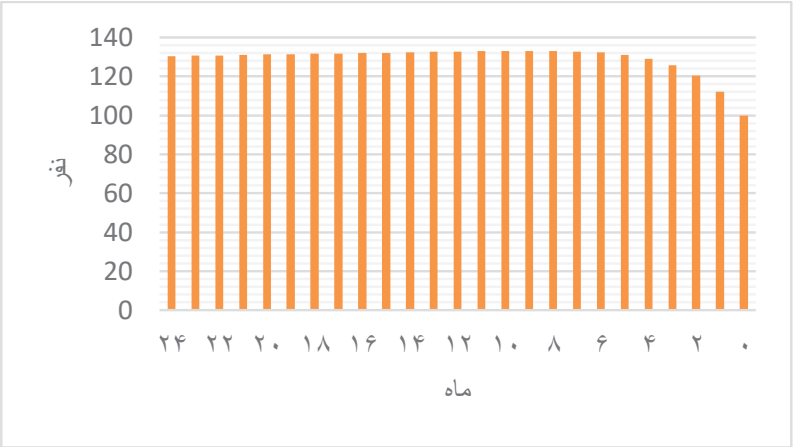
-ترسیم دیاگرام‌های علت و معلول

حاصل یک توصیف دقیق از یک سیستم می‌تواند به انتخاب دقیق متغیرهای تاثیرگذار در مسئله و روابط بین آن‌ها کمک کند. ساختار مدل دینامیکی در واقع از تعریف همین روابط شکل می‌گیرد که تحت عنوان حلقه‌های علی و معلولی شناخته می‌شوند. یک حلقه علی و معلولی شامل متغیرهایی می‌باشد که از طریق کمان‌هایی به هم مرتبط گردیده‌اند که نشان دهنده ارتباط موجود در بین آن‌ها می‌باشد و بنا بر ماهیت تشدید کنندگی یا تعدیل کنندگی، حلقه‌های مثبت یا منفی نام‌گذاری می‌گردند. مجموعه همه حلقه‌های سیستم مورد نظر و روابط موجود در آن را در محدوده مسئله تعریف شده به نمایش می‌گذارد.

-مدل‌سازی

در مرحله بعدی تمامی این روابط تحت عنوان مدل شبیه‌سازی پویا به تصویر کشیده می‌شود. بدین منظور می‌توان از نرم‌افزارهایی چون Ithink و vensim که کاملا قابلیت تطبیق با این مدل‌ها را دارند بهره برد. از دیگر مزیت‌های این روش عدم نیاز به داده‌های قطعی و دقیق است، چرا که این روش به منظور نمایش روندها در سیستم موجود استفاده می‌گردد که قابل شبیه‌سازی با داده‌های ناکافی نیز خواهد بود، اگر چه همه روش‌های مدل‌سازی ریاضی در این بخش قابل استفاده خواهد بود. از طریق بررسی داده‌های سازمانی و روش‌های رگرسیون می‌توان تعدادی از این روابط را مشخص ساخت. همچنین با استفاده از جدول‌های موجود می‌توان روابط را تعریف نمود. نظرات افراد خبره از دیگر منابع موجود برای مدل‌سازی خواهد بود.

در این تحقیق روند تغییرات متغیرها و تاثیر آن بر مدت مشابه بررسی می‌شود که در این مرحله تغییرات متغیرها در طول بازه زمانی پروژه و نیز میزان تاثیر هر کدام از متغیرها و نیز تاثیر آن بر تاخیرات کلی تحلیل می‌شود.



شکل ۴. نمودار تعداد نفرات حاضر در پروژه

Fig. 4. Diagram of the number of people present in the project

- تحلیل مدل

اکثر مدل‌های سیستم پویا به منظور کنترل و بررسی رفتار سیستم برای تحلیل سیاست‌های مختلف طراحی می‌گردد و تعریف سناریو از اجرای لاینفک روش خواهد بود که از طریق آن، مدل‌ساز با تغییرات مورد نظر خود (که مجموعه مشخصی از آن‌ها با هدف خاص، سناریو نامیده می‌شود)، فرضیات خود را بررسی و تاثیرات آشکار شده مورد بازبینی قرار می‌گیرد و بهترین حالت ممکن را انتخاب و در سیستم واقعی به اجرا در می‌آورد.

-تعریف و تحلیل سناریوها

اکثر مدل‌های سیستم پویا به منظور کنترل و بررسی رفتار سیستم برای تحلیل سیاست‌های مختلف طراحی می‌گردد و تعریف سناریو از اجرای لاینفک روش خواهد بود که از طریق آن، مدل‌ساز با تغییرات مورد نظر خود (که مجموعه مشخصی از آن‌ها با هدف خاص، سناریو نامیده می‌شود)، فرضیات خود را بررسی و تأثیرات آشکار شده مورد بازبینی قرار می‌گیرد و بهترین حالت ممکن را انتخاب و در سیستم واقعی به اجرا در می‌آورد (استرمن، ۲۰۰۱).

۳- تعریف متغیرهای مدل

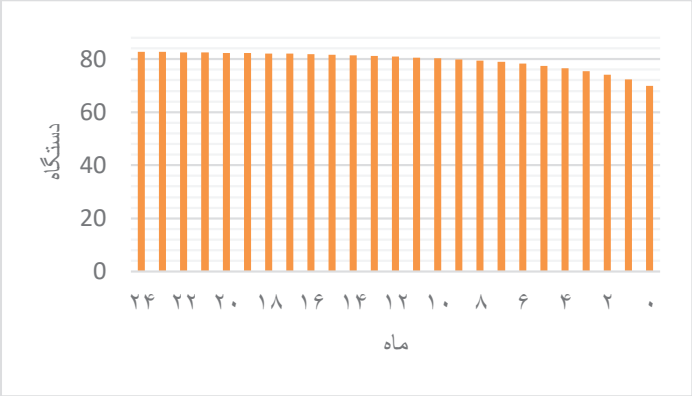
۴ عامل اصلی اشاره شده در بند ۲-۱ به عنوان عوامل تاخیر در پروژه‌های سدسازی (منابع مالی، ماشین‌آلات، نیروی انسانی و کمبود نقشه‌های فنی) به عنوان متغیرهای جریان مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر آن‌ها بر تاخیر کلی، تاخیر کلی پروژه و میزان تاخیر مربوط به هر یک از متغیرها با استفاده از سیستم پویا و نرم‌افزار vensim مورد بررسی قرار گرفته شده است. برای رسیدن به هدف در خصوص این ۴ متغیر کلیه ورودی و خروجی‌ها از طریق گزارشات روزانه، ماهیانه و گزارشات فصلی و گروه‌بندی جدول‌های ماشین‌آلات و نیروی انسانی و گردش مالی پیمانکار استحصال شده است.

۳- ۱- تغیر نیروی انسانی

با توجه به گزارشات روزانه پیمانکار تعداد اولیه افراد حاضر در پروژه ۱۰۰ نفر بوده که به طور میانگین در طول ۲۴ ماه هر دو ماه یک نفر از پروژه خارج شده است. که شکل ۴ تعداد افراد حاضر در پروژه را به طور خلاصه بیان می‌کند.

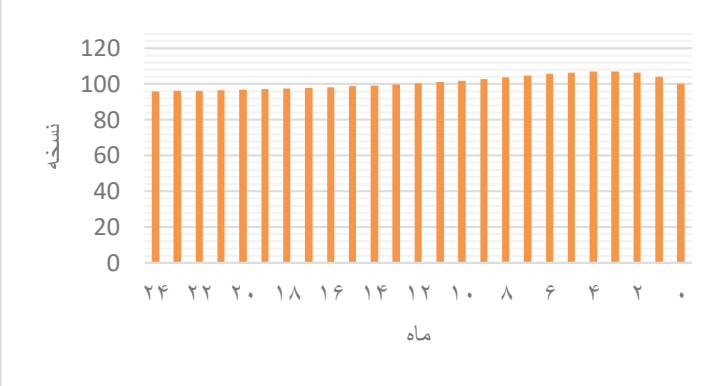
۳- ۲- متغیر ماشین‌آلات

همچنین تعداد ماشین‌آلات موجود در طی ۲۴ ماه به شرح شکل ۵ می‌باشد، که تعداد اولیه ماشین‌آلات در پروژه ۷۰ دستگاه بوده که نرخ خروج ماشین‌آلات برابر ۲ دستگاه در ۱۲ ماه بوده است. شکل ۵ بیانگر تعداد ماشین‌آلات موجود در پروژه طی ۲۴ ماه را نشان می‌دهد.



شکل ۵. نمودار تعداد ماشین‌آلات موجود در پروژه

Fig. 5. Diagram of the number of machines in the project



شکل ۶. نمودار تعداد نقشه‌های موجود در پروژه

Fig. 6. Diagram of the number of maps in the project

۳- ۳- متغیرکمبود نقشه‌های فنی

تعداد نقشه‌های اجرایی در ابتدا در پروژه ۱۰۰ نسخه بوده که کمبود نقشه در ۱۲ ماه به میزان ۱۰ عدد تخمین زده شده است. که شکل ۶ تعداد نقشه‌های موجود طی ۲۴ ماه در پروژه را نشان می‌دهد.

۳- ۴- متغیر منابع مالی

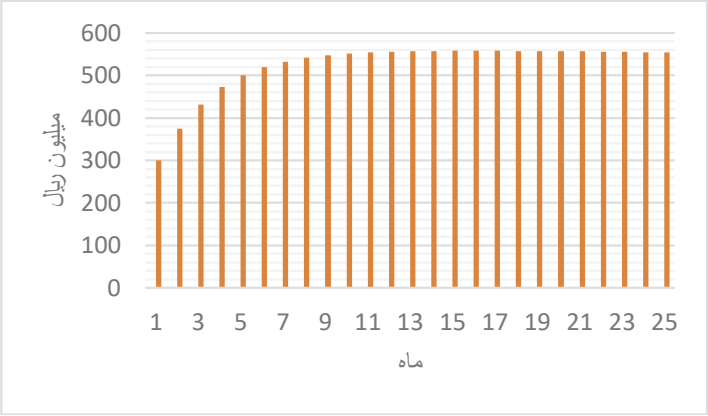
میزان کمبود مالی پروژه بر اساس بیلان مالی پیمانکار ۶۰۰ میلیون ریال در ۱۲ ماه بوده و مبلغ اولیه نیز ۳ میلیارد ریال بوده است. که مقدار بودجه موجود در پروژه طبق اطلاعات موجود به شرح شکل ۷ می‌باشد.

۴- ترسیم دیاگرام‌های علّی و معلول

در ادامه، فرضیه روش سیستم پویا به کار برده شده است. نمودار حلقه علّی CLDs و گردش آن با استفاده از نرم‌افزار vensim ترسیم شده است. با استفاده از دیاگرام‌ها و آنالیز، تاثیرات آن‌ها و همچنین روابط متقابل مورد بررسی قرار گرفته است.

۴- ۱- تعریف نمودار حلقه علّی

در پویایی‌شناسی سیستم‌ها از ابزارهای نموداری مختلفی برای درک ساختار سیستم استفاده می‌کنیم. نمودارهای علّی حلقوی ابزاری مهم برای نشان دادن ساختار بازخوردی سیستم‌ها است. فواید نمودار علّی حلقوی: دستیابی سریع به فرضیه‌ای در مورد علت‌های پویایی؛ استنباط و درک مدل‌های ذهنی افراد یا گروه‌ها. یک نمودار علّی از تعدادی متغیر تشکیل شده است که به وسیله پیکان‌هایی که نشان دهنده تاثیرهای علی بین متغیرها هستند به هم متصل شده‌اند. همچنین باید حلقه‌های بازخوردی مهم را نیز در نمودار مشخص نمود [۲۱].



شکل ۷. نمودار مقدار بودجه موجود در پروژه

Fig. 7. Diagram of the amount of budget available in the project

۴- ۲- -تعریف سیستم پویا

مشکلات جوامع انسانی و سازمآن‌ها روز به روز پیچیده‌تر و حل آن‌ها نیازمند تفکر بهتر است. موارد فراوانی وجود دارد که تلاش مدیران و مسئولان برای حل یک مشکل، فقط باعث تسکین آن شده و پس از مدت کوتاهی، وضعیت مانند قبل شده یا منجر به ایجاد مشکلاتی بزرگتر و بدتر گردیده است. مشکلات سر ریز هزینه و زمان در پروژه‌ها دهه‌ها است که علیرغم پیشرفت‌های متعدد در حوزه مدیریت پروژه، پا برجا مانده‌اند. در سال ۱۹۵۱ رویکردهای استاتیک مدل‌سازی همانند، روش‌های تجزیه و تحلیل هزینه پروژه‌ها PERT و روش مسیر بحرانی CPM توسعه داده شدند [۲۲].

سیستم پویا روشی برای مدل‌سازی و تحلیل خط مشی مبتنی بر تئوری سیستم‌های بازخورد است. در اواخر سال ۱۹۶۰ جی فارستر یکی از مهندسان پیشرو و طراح کامپیوتر این روش را ابداع کرد. از آن موقع تا الان سیستم پویا به عنوان یک فضای جدا در بهره‌برداری و علم مدیریت مورد توسعه قرار گرفته است. شبیه‌سازی کامپیوتری این روش‌ها به دلیل ماهیت عددی این مدل ساده است. این علم رویکردی برای کشف سیستم پویا رفتار و بررسی اثرات ساختارها و پارامترهای سیستم بر الگوهای رفتاری سیستم است. خروجی شبیه‌سازی سیستم‌ها با رویکرد سیستم پویا کنترل می‌شود که در ساختار هر سیستم بر رفتار پویایی آن تاثیر می‌گذارد. به عبارت دیگر این گرایش مفهومی بر اساس بازخورد و تاخیرات موجود که می‌تواند رفتار پویایی پیچیده فیزیکی، و سیستم اجتماعی را بهتر قابل درک کند پایه‌گذاری شده است. سیستم پویا یکی از ابزارهای تاثیرگذار در پویایی و حالت واقعی است. از این رو قوانین ریاضی بین متغیرها در سیستم پویا مستند نمی‌شوند. در این روش روابط بین متغیرها و وزن هر کدام از آن‌ها که بر عوامل دیگر تاثیر دارد توسط خبرگان شناسایی می‌شود. مدل آن‌ها که با این روش در این مرحله توسعه یافته است، بیشتر اجزای خود را دارد [۲۳].

پروژه‌های عمرانی سیستم‌های پویای پیچیده‌ای هستند که درک کامل و همه جانبه رفتار و بهبود عملکرد آن‌ها بدون لحاظ کردن پویایی‌ها، روابط غیرخطی و بازخورد بین عناصر، میسر نیست. از این رو درک پویایی موجود در سیستم و حلقه‌های تقویتی و تعادلی می‌تواند کمک مهمی به پروژه‌ها نماید.

۵- مدل‌سازی

نمودار حلقه علّی بر اساس متغیرهای ساخته شده و نظر به یافته‌های قبلی و چرخه موجود تهیه شدند. سپس با استفاده از سیستم پویا، ۴ عامل از جمله: نیروی انسانی، ماشین‌آلات، منابع مالی و نقشه‌های فنی به عنوان متغیرهای جریان مورد استفاده قرار گرفتند.

*نیروی انسانی: افراد حاضر در پروژه که به صورت مستقیم در طی اجرای عملیات حضور داشته‌اند. از جمله گروه مهندسین، تکنسین‌ها، پرسنل اداری، پشتیبانی، اپراتورها و راننده‌ها.

*ماشین‌آلات: ماشین‌آلات موجود طی اجرای عملیات سدسازی از جمله ماشین‌آلات سنگین (بلدوزر، لودر، بیل مکانیکی، کامیون، گریدر، غلطک و...) و ماشین‌آلات سبک.

*منابع مالی: مقدار بودجه موجود در پروژه از جمله میزان منابع مالی در ابتدا و میزان تزریق پول طی انجام عملیات اجرایی.

*نقشه‌های فنی: داده‌ها و نقشه‌های عملیاتی که از طریق مطالعات اولیه توسط مشاور تهیه شده است.

تمام عوامل تاخیر که در طی یک دوره ۲ ساله از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ بیان شده بود (۱۰ عامل) در جدول آورده شدند ولی سایر اطلاعات قراردادی مثل زمان اولیه پروژه و ... از قرارداد پیمانکار استخراج گردید.

۵- ۱- تعداد نیروی انسانی و ماشین‌آلات

در خصوص فاکتورهای بالا، نیروی انسانی با واحد نفر و ماشین‌آلات با واحد دستگاه و جریان نیروی انسانی و خروج با واحد و واحد استفاده و خروج ماشین‌آلات با واحد دستگاه در ماه در نظر گرفته شده است. همچنین با استفاده از منابع اطلاعاتی پیمانکار شامل گزارش روزانه و ماهانه در خصوص نیروی انسانی نرخ خروج برابر ۶ نفر در ۱۲ ماه و نرخ استخدام نیروی جایگزین برابر کمبود نیروی انسانی در ۱۲ ماه با میزان اولیه ۱۰۰ نفر و در خصوص ماشین‌آلات نرخ خروج ماشین‌آلات برابر ۲ دستگاه در ۱۲ ماه و نرخ جایگزینی برابر کمبود ماشین‌آلات با تعداد اولیه ۷۰ دستگاه بوده است.

۵- ۲- کمبود نیروی انسانی و ماشین‌آلات

این متغیرها (کمبود نیروی انسانی و ماشین‌آلات) مستقیما تاخیرات پروژه را با توجه به تاثیر نسبت روزهای تاخیر در کمبود نیروی انسانی و جذب نیروی انسانی و ماشین‌آلات در سوی دیگر، تحت تاثیر قرار می‌دهد.

۵- ۳- میزان پشتیبانی مالی پروژه

میزان کمبود مالی پروژه بر اساس بیلان مالی پیمانکار ۶۰ میلیون ریال در ۱۲ ماه با میزان اولیه ۳۰۰ میلیون ریال بوده است.

۵- ۴- نقشه‌های فنی

بر اساس اطلاعات موجود پیمانکار در پروژه کمبود نقشه در ۱۲ ماه به میزان ۱۰ عدد با میزان اولیه موجود ۱۰۰ تخمین زده شد.

۵- ۵- اخیر پروژه

این متغیر از مجموع تاخیرات مالی، نیروی انسانی، ماشین‌آلاتی و کمبود نقشه‌های فنی جمع می‌شود و واحد آن ماه می‌باشد.

۵- ۶- زمان کلی پروژه

زمان کلی پروژه برابر مجموع زمان اولیه قرارداد به اضافه مجموع کل تاخیرات با واحد ماه می‌باشد.

۵- ۷- تاخیر نیروی انسان

این متغیر نشان دهنده میزان تاخیر ناشی از بابت کمبود نیروی انسانی می‌باشد.

۵- ۸- تاخیرات ماشین‌آلات

این متغیر نشان دهنده میزان تاخیر ناشی از بابت کمبود ماشین‌آلات می‌باشد.

۵- ۹- تاخیرات مالی

این متغیر نشان دهنده میزان تاخیر ناشی از بابت کمبود منابع مالی می‌باشد.

۵- ۱۰- تاخیرات کمبود نقشه

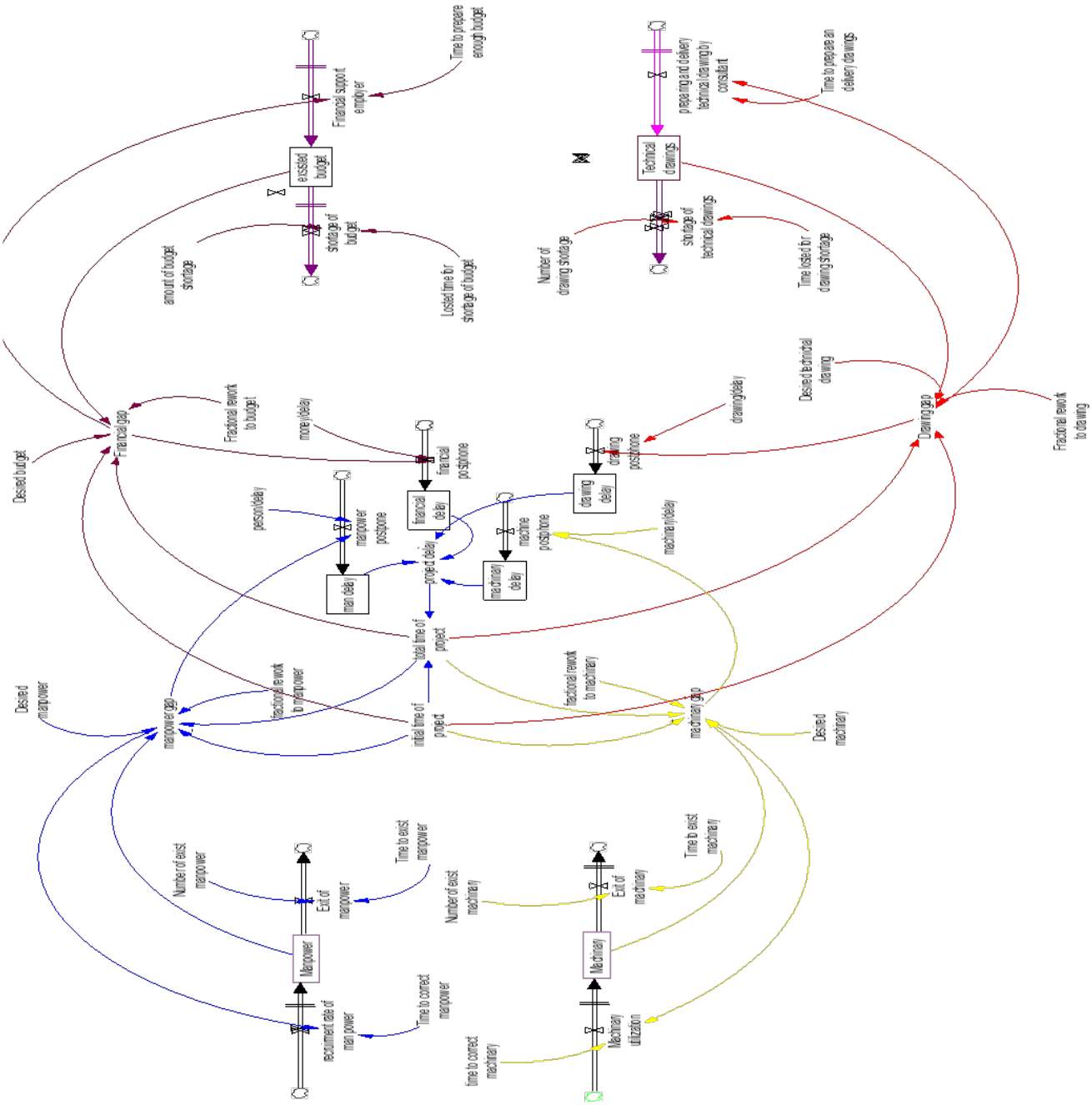
این متغیر نشان دهنده میزان تاخیر ناشی از بابت کمبود نقشه‌های اجرایی می‌باشد.

۶- تحلیل مدل

بر اساس شبیه‌سازی مدل با نرم‌افزار vensim (شکل ۸) با توجه به ورودی‌های توضیح داده شده در قبل که از گزارشات روزانه و ماهانه پیمانکار و نیز سایر اطلاعات در دسترس استخراج شده است این نتیجه به دست می‌آید که بیشتر تاخیرات در ۴ ماهه ابتدا صورت گرفته و سپس با توجه به پیشرفت پروژه روند افزایش تاخیرات کمتر شده است. در نهایت پروژه با پیش‌بینی تاخیر کلی به میزان ۵/۹۰۷ ماه به شرح جدول ۲ و شکل ۹ می‌شود.

۶- ۱- نقش نیروی انسانی در کل تاخیرات

نظر به نیروی انسانی مورد ایده‌آل پروژه به تعداد ۲۵۰ نفر در ماه و توضیحات قبل و ضریب جبران کسری نیروی انسانی به میزان ۰/۱۵، میزان تاخیر متوجه این متغیر بعد از گذشت ۲ سال از پروژه به شرح جدول ۳ می‌باشد. میزان تاخیر حاصل از نیروی انسانی ۱،۷ ماه می‌باشد.



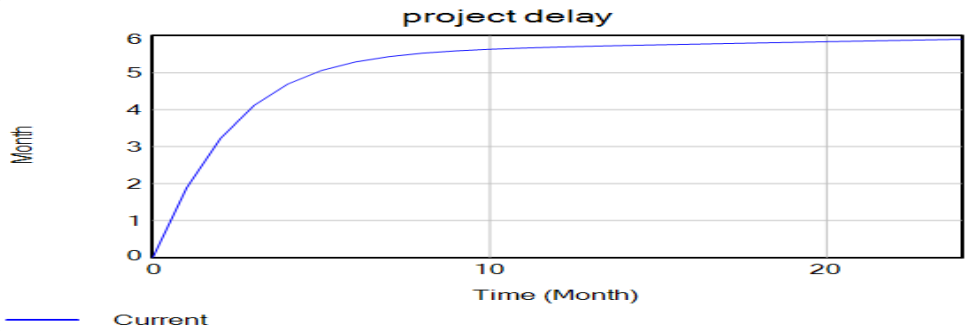
شکل ۸. نمودار حلقه علی

Fig. 8. Causal loop diagram

جدول ۲. تاخیرات پروژه

Table 2. Project delays

Time (Month)	Current situation	Time (Month)	Current situation
۰	۰	۱۳	۵/۷۱۹۰۱
۱	۱/۸۸۳۳۳	۱۴	۵/۷۳۸۹۱
۲	۳/۲۱۸۲۳	۱۵	۵/۷۵۷۴۵
۳	۴/۱۱۴۹۱	۱۶	۵/۷۷۵۱۷
۴	۴/۶۹۵۰۶	۱۷	۵/۷۹۲۳۸
۵	۵/۰۶۲۲	۱۸	۵/۸۰۸۲۸
۶	۵/۲۹۲۶۹	۱۹	۵/۸۲۹۵۷
۷	۵/۴۳۸۱۷	۲۰	۵/۸۴۲۵۲
۸	۵/۵۳۱۸۲	۲۱	۵/۸۵۸۹۶
۹	۵/۵۹۴۲۵	۲۲	۵/۸۷۵۳۱
۱۰	۵/۶۳۸۰۲	۲۳	۵/۸۹۱۵۹
۱۱	۵/۶۷۰۶۹	۲۴	۵/۹۰۷۸
۱۲	۵/۶۹۶۸		



شکل ۹. دیاگرام تاخیرات پروژه

Fig. 9. Diagram of project delays

۶- ۲- – نقش ماشین‌آلات در کل تاخیرات

نظر به ماشین‌آلات مورد ایده‌آل پروژه به تعداد ۱۰۰ دستگاه در ماه و توضیحات قبل و ضریب جبران کسری ماشین‌الات به میزان ۰/۰۳، میزان تاخیر متوجه این متغیر بعد از گذشت ۲ سال از پروژه به شرح جدول ۴ می‌باشد. سهم کمبود ماشین‌آلات از کل تاخیرات ۲ ماه می‌باشد.

۶- ۳- نقش کمبود مالی در کل تاخیرات

نظر به منابع مالی مورد ایده‌آل پروژه به میزان ۱/۲ میلیارد ریال در ماه و توضیحات قبل و ضریب جبران کسری مالی به میزان ۰/۲، میزان تاخیر متوجه این متغیر بعد از گذشت ۲ سال از پروژه به شرح جدول ۵ می‌باشد. میزان تاخیر حاصل از کمبود منابع مالی ۲/۵۳ ماه می‌باشد.

جدول ۳. تاخیرات ناشی از نیروی انسانی

Table 3. Delays caused by human resources

Time (Month)	Current situation	Time (Month)	Current situation
۰	۰	۱۳	۱/۵۶۲۸۲
۱	۰/۵	۱۴	۱/۵۷۵۱۶
۲	۰/۸۵۴۵۳۳	۱۵	۱/۵۸۷۳۸
۳	۱/۰۹۲۹۸	۱۶	۱/۵۹۹۵۷
۴	۱/۲۴۸۰۲	۱۷	۱/۶۱۱۸۱
۵	۱/۳۴۷۳۸	۱۸	۱/۶۲۴۱۲
۶	۱/۴۱۱۳۹	۱۹	۱/۶۳۶۵۲
۷	۱/۴۵۳۷	۲۰	۱/۶۴۹۰۱
۸	۱/۴۸۳۰۲	۲۱	۱/۶۶۱۵۸
۹	۱/۵۰۴۶۹	۲۲	۱/۶۷۴۲۴
۱۰	۱/۵۲۱۹۶	۲۳	۱/۶۸۶۹۷
۱۱	۱/۵۳۶۷۳	۲۴	۱/۶۹۹۷۹
۱۲	۱/۵۵۰۱۳		

جدول ۴. تاخیرات ناشی از ماشین‌آلات

Table 4-Delays caused by machines

Time (Month)	Current situation	Time (Month)	Current situation
۰	۰	۱۳	۱/۵۹۸۷۴
۱	۰/۳	۱۴	۱/۶۴۷۹۴
۲	۰/۵۳۵۷۹۸	۱۵	۱/۶۹۳۸
۳	۰/۷۲۲۹۱	۱۶	۱/۷۳۶۶۸
۴	۰/۸۷۴۴۳۵	۱۷	۱/۷۷۶۸۹
۵	۱/۰۰۰۳۱	۱۸	۱/۸۱۴۷
۶	۱/۱۰۷۵۸	۱۹	۱/۸۵۰۳۶
۷	۱/۲۰۱۰۷	۲۰	۱/۸۸۴۰۷
۸	۱/۲۸۴۰۴	۲۱	۱/۹۱۶۰۲
۹	۱/۳۵۸۶۴	۲۲	۱/۹۴۶۴
۱۰	۱/۴۲۶۴۶	۲۳	۱/۹۷۵۳۶
۱۱	۱/۴۸۸۵۷	۲۴	۲/۰۰۳۰۴
۱۲	۱/۵۴۵۷۸		

جدول ۵. تاخیرات ناشی از کمبود مالی

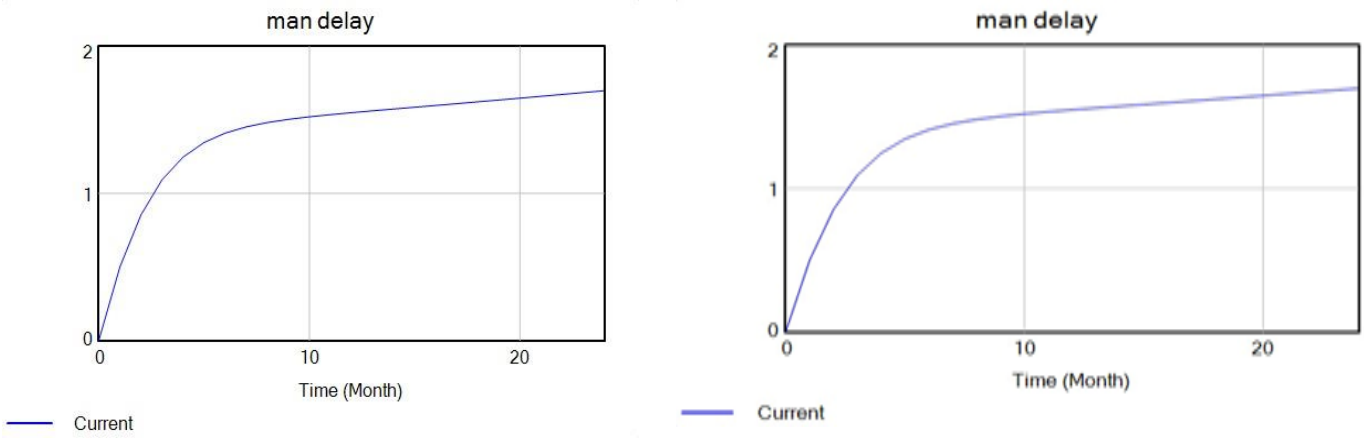
Table 5. Delays due to lack of funds

Time (Month)	Current situation	Time (Month)	Current situation
۰	۰	۱۳	۲/۵۷۵۶۱
۱	۰/۷۵	۱۴	۲/۵۷۹۵۳
۲	۱/۳۱۹۷۹	۱۵	۲/۵۸۰۸۹
۳	۱/۷۲۸۱۱	۱۶	۲/۵۸۰۲۹
۴	۲/۰۰۹۸۴	۱۷	۲/۵۷۸۱۵
۵	۲/۲۰۰۳۳	۱۸	۲/۵۷۴۷۹
۶	۲/۳۲۸۲۱	۱۹	۲/۵۷۰۴۷
۷	۲/۴۱۴۱۹	۲۰	۲/۵۶۵۳۷
۸	۲/۴۷۲۲۸	۲۱	۲/۵۵۹۶۶
۹	۲/۵۱۱۷۳	۲۲	۲/۵۵۳۴۶
۱۰	۲/۵۳۸۵۲	۲۳	۲/۵۴۶۸۶
۱۱	۲/۵۵۶۵۴	۲۴	۲/۵۳۹۹۶
۱۲	۲/۵۶۸۳۴		

جدول ۶. تاثیر ناشی از کمبود نقشه

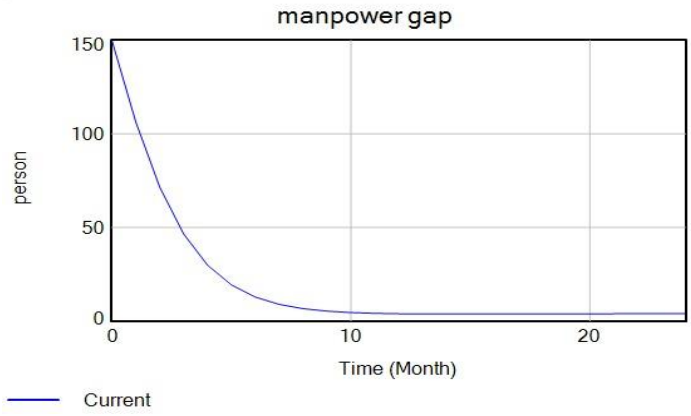
Table 6. Effect caused by lack of maps

Time (Month)	Current situation	Time (Month)	Current situation
۰	۰	۱۳	-۰/۰۱۸۱۶۵۲
۱	۰/۳۳۳۳۳۳	۱۴	-۰/۰۶۳۷۱۹۴
۲	۰/۵۰۸۱۰۲	۱۵	-۰/۱۰۴۶۲۳
۳	۰/۵۷۰۹۱۹	۱۶	-۰/۱۴۱۳۸۱
۴	۰/۵۶۲۷۷	۱۷	-۰/۱۷۴۴۷۳
۵	۰/۵۱۴۱۸۴	۱۸	-۰/۲۰۴۳۳۷
۶	۰/۴۴۵۴۹۷	۱۹	-۰/۲۳۱۳۶۹
۷	۰/۳۶۹۲۱۱	۲۰	-۰/۲۵۵۹۲
۸	۰/۲۹۲۵	۲۱	-۰/۲۷۸۳۰۲
۹	۰/۲۱۹۱۸۶	۲۲	-۰/۲۹۸۷۶۸
۱۰	۰/۱۵۱۰۸۶	۲۳	-۰/۳۱۷۶۱۲
۱۱	۰/۰۸۸۸۶۲۵	۲۴	-۰/۳۳۴۹۹
۱۲	۰/۰۳۲۵۴۵		



شکل ۱۰. نمودار تعداد افراد حاضر در پروژه

Fig. 10. Number of people in the project



شکل ۱۱. نمودار گپ تعداد افراد حاضر در پروژه

Fig. 11. Chart of chat number of people present in the project

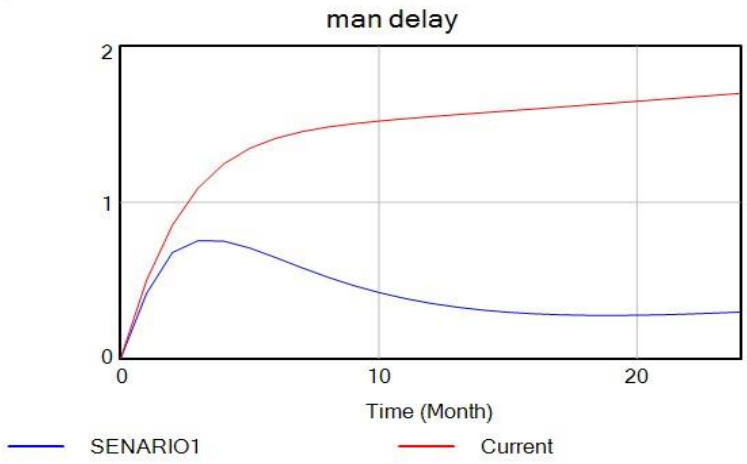
۶- ۴- نقش کمبود نقشه‌های فنی در کل تاخیرات

نظر به تعداد نقشه مورد ایده‌آل پروژه به تعداد ۱۵۰ نسخه در ماه و توضیحات قبل و ضریب جبران کسری نقشه‌ها به میزان ۰/۲، میزان تاخیر متوجه این متغیر بعد از گذشت ۲ سال از پروژه به شرح جدول ۶ می‌باشد. میزان تاخیر حاصل از کمبود نقشه‌های فنی ۰/۳۳- ماه بوده که نزدیک به صفر می‌باشد.

۷- تعریف سناریوها (بررسی نتایج و پیشنهادات):

سناریوی ۱:

با توجه به شکل ۱۰ و ۱۱، نظر به اینکه گپ موجود نیروی انسانی در ۴ ماه اول بیشترین تاثیر را در تاخیرات داشته، در جهت کاهش تاخیر در این بخش می‌توان به دو روش هم به صورت تک و یا به صورت ترکیبی عمل نمود، اولی افزایش تعداد اولیه نیروی انسانی اولیه در پروژه از ۱۰۰ نفر به ۱۲۵ نفر و در مرحله دوم افزایش نرخ جبران نیروی انسانی از ۰/۱۵ به ۰/۲ که نتایج این سناریو (سناریو ۱) به شرح شکل ۱۲ و جدول ۷ و ۸ می‌باشد:



شکل ۱۲. نمودار تاثیر سناریو ۱ در نیروی انسانی و تاخیرات

Fig. 12. Diagram of the impact of scenario 1 on manpower and delays

جدول ۷. تاثیر اعمال سناریو ۱ در تاخیرات مربوط به نیروی انسانی

Table 7. The effect of applying scenario 1 on delays related to human resources

Time (Month)	Senario1	Current situation	Time (Month)	Senario1	Current situation
۰	۰	۰	۱۳	۰/۳۲۸۹۹	۱/۵۶۲۸
۱	۰/۴۱۶۶۶	۰/۵	۱۴	۰/۳۱۰۱۲	۱/۵۷۵۱
۲	۰/۶۷۸۸۵	۰/۸۵۴۵۳	۱۵	۰/۲۹۶۰۸	۱/۵۸۷۳
۳	۰/۷۵۵۱۳	۱/۰۹۲۹۸	۱۶	۰/۲۸۶۱۸	۱/۵۹۹۵
۴	۰/۷۵۱۷۳	۱/۲۴۸۰۲	۱۷	۰/۲۷۹۸۰	۱/۶۱۱۸
۵	۰/۷۰۷۴۶	۱/۳۴۷۳۸	۱۸	۰/۲۷۶۴۰	۱/۶۲۴۱
۶	۰/۶۴۶۴۶	۱/۴۱۱۳۹	۱۹	۰/۲۷۵۵۴	۱/۶۳۶۵
۷	۰/۵۸۲۲۸	۱/۴۵۳۷	۲۰	۰/۲۷۶۸۲	۱/۶۴۹۰
۸	۰/۵۲۱۸۳	۱/۴۸۳۰۲	۲۱	۰/۲۷۹۹۱	۱/۶۶۱۵
۹	۰/۴۶۸۲۱	۱/۵۰۴۶۹	۲۲	۰/۲۸۴۵۳	۱/۶۷۴۲
۱۰	۰/۴۲۲۴۰	۱/۵۲۱۹۶	۲۳	۰/۲۹۰۴۶	۱/۶۸۶۷
۱۱	۰/۳۸۴۳۴	۱/۵۳۶۷۳	۲۴	۰/۲۹۷۴۸	۱/۶۹۹۷۹
۱۲	۰/۳۵۳۴۶۸	۱/۵۵۰۱۳			

جدول ۸. تاثیر اعمال سناریو ۱ در تاخیرات کلی پروژه

Table 8. The effect of applying scenario 1 on overall project delays

Time (Month)	Senario1	Current situation	Time (Month)	Senario1	Current situation
۰	۰	۰	۱۳	۵/۰۸۷۲	**۵/۷۱۹۰**
۱	۱/۸	۱/۸۸۳۳	۱۴	۵/۱۰۷۵	**۵/۷۳۸۹**
۲	۳/۰۵۵۳	۳/۲۱۸۲	۱۵	۵/۱۲۶۷	**۵/۷۵۷۴**
۳	۳/۸۱۵۲	۴/۱۱۴۹	۱۶	۵/۱۴۵۲	**۵/۷۷۵۱**
۴	۴/۲۸۳۹	۴/۶۹۵۰	۱۷	۵/۱۶۳۰	**۵/۷۹۲۳**
۵	۴/۵۶۹۴	۵/۰۶۲۲	۱۸	۵/۱۸۰۵	**۵/۸۰۹۲**
۶	۴/۷۴۴۱	۵/۲۹۲۶	۱۹	۵/۱۹۷۶	**۵/۸۲۹۵**
۷	۴/۸۵۳۷	۵/۴۳۸۱	۲۰	۵/۲۱۴۵	**۵/۸۴۲۵**
۸	۴/۹۲۵۲	۵/۵۳۱۸	۲۱	۵/۲۳۱۱	**۵/۸۵۸۹**
۹	۴/۹۷۴۷	۵/۵۹۴۲	۲۲	۵/۲۴۷۵	**۵/۸۷۵۳**
۱۰	۵/۰۱۱۳۸	۵/۶۳۸۰۲	۲۳	۵/۲۶۳۷	**۵/۸۹۱۵۹**
۱۱	۵/۰۴۰۵۴	۵/۶۷۰۶۹	۲۴	۵/۲۷۹۸	**۵/۹۰۷۸**
۱۲	۵/۰۶۵۲۵	۵/۶۹۶۸			

حال با اعمال این تغییرات در قالب سناریو ۱ می‌توان دید که در بخش نیروی انسانی تاخیرات از ۱/۶۹ به ۰/۲۹ کاهش می‌یابد. با توجه به این سناریو مطابق جدول ۸ تاخیر کلی پروژه از ۵/۹۰۷۸ به ۵/۲۷۹۸ کاهش می‌یابد.

سناریوی ۲:

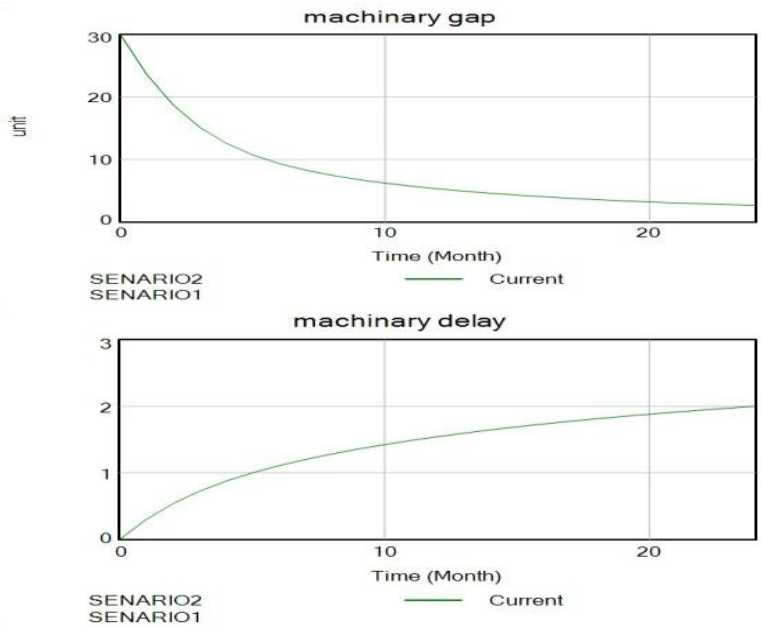
با توجه به شکل ۱۳ و توضیحات قبلی نظر به گپ موجود در تعداد ماشین‌آلات پروژه، با افزایش ضریب جبران کسری ماشین‌آلات، از ۰/۰۳ به ۰/۰۴ از ماه دوم تا ششم می‌توان تاخیرات حاصل از ماشین‌آلات را کاهش داد، که نتایج این سناریو (سناریو ۲) به شرح شکل ۱۴ می‌باشد:

که تاثیر سناریو شماره ۲ در تاخیرات کلی پروژه را می‌توان به شرح شکل ۱۵ و جدول ۱۰ دید که بیانگر کاهش تاخیر کلی پروژه از ۵/۹۰۷۸ به ۵/۳۵۴۹۸ ماه می‌باشد، ضمناً با اعمال تغییرات لازم میزان تاخیر مربوط به کمبود ماشین‌آلات از ۲ به ۰/۷۳ ماه کاهش می‌یابد (جدول شماره ۹). در ضمن با توجه مقایسه در تاخیرات نیروی انسانی و ماشین‌آلات، کمبود ماشین‌آلات نسبت به نیروی انسانی میزان سهم بیشتری را در تاخیرات داشته است. در مقالات قبلی نیز نبود و کمبود نیروی انسانی ماهر به عنوان دلایل بروز تاخیرات اشاره شده است. اما در خصوص کمبود ماشین‌آلات به عنوان یکی از دلایل عمده در پروژه‌های سدسازی بایستی اشاره کرد دلیل اینکه در مرور ادبیات هیچ گونه در تحقیقات قبلی این عامل زیاد تاثیرگذار نبوده این می‌باشد که تحقیقات قبلی همانطور که در مقدمه اشاره شده بیشتر در حوزه‌های ساختمان و حوزه‌های بوده که نیاز به ماشین‌آلات علی الخصوص خاص آن چنانی نداشته و به همین دلیل هم تاثیر آن چنانی در مقوله تاخیرات پروژه ندارند این در حالی است که اکثر فعالیت انجامی در پروژه‌های سدسازی با ماشین‌آلات انجام می‌شود. .

سناریوی ۳:

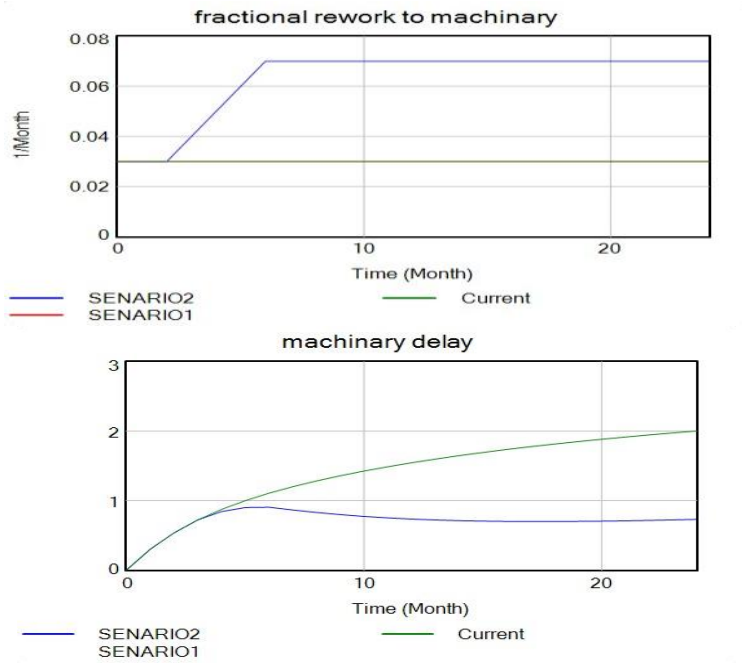
با توجه به شکل ۱۶ در زیر و توضیحات قبلی نظر به گپ موجود در تامین مالی، با افزایش ضریب جبران کسری بودجه ، از ۰/۲۰ به ۰/۴۱ در ماه دوم می‌توان تاخیرات حاصل از کمبود بودجه را کاهش داد، که نتایج این سناریوها به شرح جدول ۱۱ و شکل ۱۷ می‌باشد:

و با توجه به جدول ۱۱ کاملا مشخص است که با اعمال سناریو ۳ میزان تاخیرات ناشی از کمبود منابع مالی از ۲/۵۳ به ۰/۸۹۹ ماه کاهش می‌یابد و همچنین با اعمال این تغییرات در قالب سناریو ۳ میزان تاخیرات کلی پروژه مطابق شکل ۱۸ و جدول ۱۲ از ۵،۹ به ۵/۱۴ ماه کاهش می‌یابد.



شکل ۱۳. نمودار مربوط به تاخیرات کمبود ماشین‌آلات

Fig. 13. The diagram related to the delays of the lack of machines



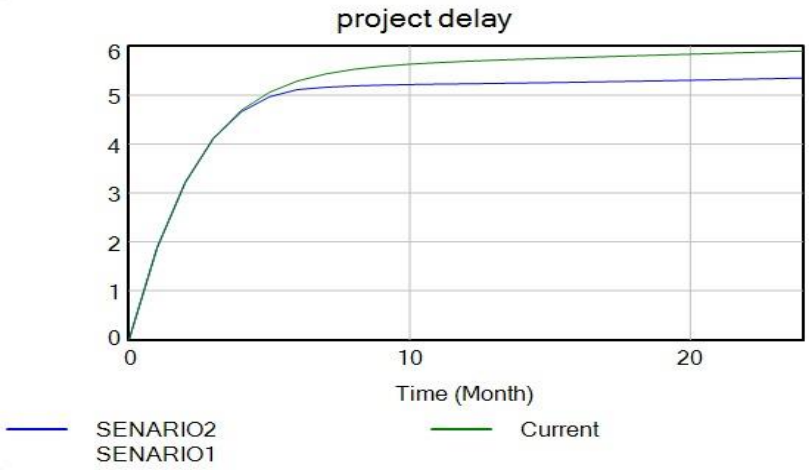
شکل ۱۴. نمودار تاثیر سناریو ۲ در تاخیرات مربوط به کمبود ماشین‌آلات

Fig. 14. Diagram of the impact of scenario 2 on the delays related to the lack of machines

جدول ۹. تاثیر ناشی از اعمال سناریو ۲ در تاخیرات مربوط به ماشین‌آلات

Table 9. Effect caused by the application of scenario 2 in delays related to machines

Time (Month)	SENARIO2	Current situation	Time (Month)	SENARIO2	Current situation
۰	۰	۰	۱۳	۰/۷۲۳۱۰	۱/۵۹۸
۱	۰/۳	۰/۳	۱۴	۰/۷۱۳۳۵	۱/۶۴۷
۲	۰/۵۳۵۷۹	۰/۵۳۵۷	۱۵	۰/۷۰۶۹۵	۱/۶۹۳
۳	۰/۷۲۲۹۱	۰/۷۲۲۹	۱۶	۰/۷۰۲۴۷	۱/۷۳۶
۴	۰/۸۴۳۳۵	۰/۸۷۴۴	۱۷	۰/۷۰۰۶۵	۱/۷۷۶
۵	۰/۹۰۱۶۷	۱/۰۰۰۳	۱۸	۰/۷۰۰۸۵	۱/۸۱۴
۶	۰/۹۰۶۱۸	۱/۱۰۷۵	۱۹	۰/۷۰۲۸۱	۱/۸۵۰
۷	۰/۸۶۶۴۳	۱/۲۰۱۰	۲۰	۰/۷۰۶۳۱	۱/۸۸۴
۸	۰/۸۳۰۹۰	۱/۲۰۸۴	۲۱	۰/۷۱۱۱۵	۱/۹۱۶
۹	۰/۸۰۰۲۱۴	۱/۳۵۸۶۴	۲۲	۰/۷۱۷۱۷	۱/۹۴۶
۱۰	۰/۷۳۶۲۴	۱/۴۲۶۴۶	۲۳	۰/۷۲۴۲۱	۱/۹۷۵۳
۱۱	۰/۷۵۳۲	۱/۴۸۸۵۷	۲۴	۰/۷۳۲۱۵	۲/۰۰۳
۱۲	۰/۷۳۶۲۴	۱/۵۴۵۷۸			



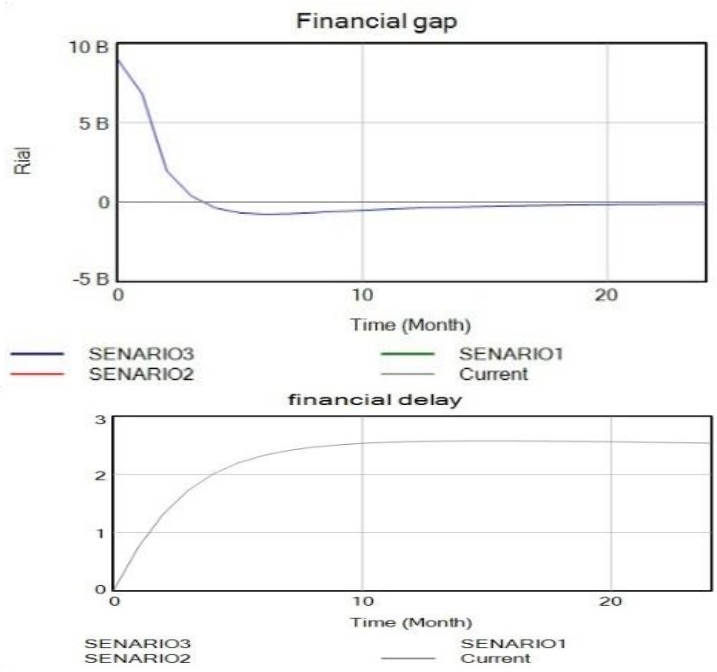
شکل ۱۵. نمودار تاثیر ناشی از اعمال سناریو ۲ در تاخیرات کلی پروژه

Figure 15. Diagram of the impact of applying scenario 2 on overall project delays

جدول ۱۰. تاثیر ناشی از اعمال سناریو ۲ در تاخیرات کلی پروژه

Table 10. The effect of applying scenario 2 on overall project delays

Time (Month)	SENARIO2	Current situation	Time (Month)	SENARIO2	Current situation
۰	۰	۰	۱۳	۵/۲۴۴۶۸	۵/۷۱۹۰
۱	۱/۸۸۳۳۳	۱/۸۸۳۳	۱۴	۵/۲۵۲۳۵	۵/۷۳۸۹
۲	۳/۲۱۸۲۳	۳/۲۱۸۲	۱۵	۵/۲۶۰۵	۵/۷۵۷۴
۳	۴/۱۱۴۹۱	۴/۱۱۴۹	۱۶	۵/۲۶۹۱۹	۵/۷۷۵۱
۴	۴/۶۶۹۳۸	۴/۶۹۵۰	۱۷	۵/۲۷۸۴۳	۵/۷۹۲۳
۵	۴/۹۷۰۳۸	۵/۰۶۲۲	۱۸	۵/۲۸۵۱۹	۵/۸۰۹۲
۶	۵/۱۱۷۶	۵/۲۹۲۶	۱۹	۵/۲۹۸۴۱	۵/۸۲۵۹
۷	۵/۱۶۵۳۹	۵/۴۳۸۱	۲۰	۵/۳۰۹۰۶	۵/۸۴۲۵
۸	۵/۱۹۳۰۸	۵/۵۳۱۸	۲۱	۵/۳۲۰۰۹	۵/۸۵۸۹
۹	۵/۲۰۹۹	۵/۵۹۴۲	۲۲	۵/۳۳۱۴۴	۵/۸۷۵۳
۱۰	۵/۲۲۱۱۳	۵/۶۳۸۰۲	۲۳	۵/۳۴۳۰۸۰	۵/۸۹۱۵
۱۱	۵/۲۲۹۷۱	۵/۶۷۰۶۹	۲۴	۵/۰۳۵۴۹۸	۵/۹۱۷۸
۱۲	۵/۲۳۷۲۷	۵/۶۹۶۸			



شکل ۱۶. نمودار تاخیرات ناشی از کمبود منابع مالی

Fig. 16. Chart of delays due to lack of financial resources

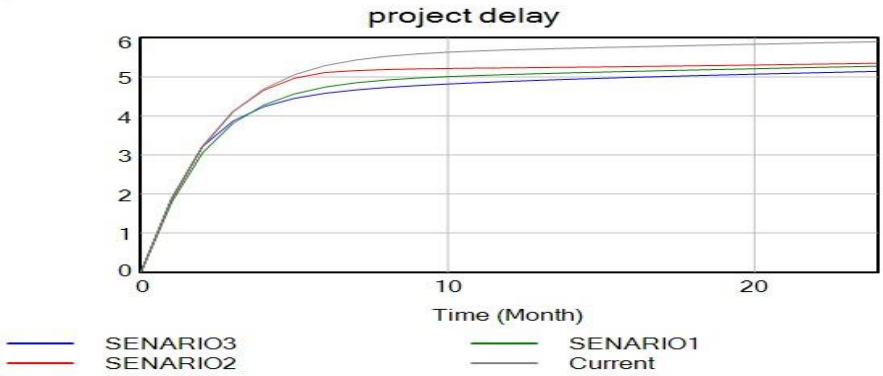
شکل ۱۷. نمودار تاثیر اعمال سناریو ۳ در تاخیرات مربوط به منابع مالی

Fig. 17. Diagram of the effect of applying scenario 3 on delays related to financial resources

جدول ۱۱. تاثیر ناشی از اعمال سناریو ۳ در تاخیرات مربوط به منابع مالی

Table 11. The effect of applying scenario 3 on delays related to financial resources

Time (Month)	SENAR IO3	Current situation	Time (Month)	SENARI O3	Current situation
۰	۰	۰	۱۳	۱/۰۹۰۵۳	۲/۵۷۵۶
۱	۰/۷۵	۰/۷۵	۱۴	۱/۰۶۲۳۶	۲/۵۷۹۵
۲	۱/۳۱۹۷	۱/۳۱۹۷	۱۵	۱/۰۳۷۵۹	۲/۵۸۰۸
۳	۱/۴۸۴۸	۱/۷۲۸۱	۱۶	۱/۰۱۵۶۶	۲/۵۸۰۲
۴	۱/۵۱۷۸	۲/۰۰۹۸	۱۷	۰/۹۹۶۰۹	۲/۵۷۸۱
۵	۱/۴۸۶۶	۲/۲۰۰۳	۱۸	۰/۹۷۸۴۹	۲/۵۷۴۷
۶	۱/۴۲۹۹	۲/۳۲۸۲	۱۹	۰/۹۶۲۵۲	۲/۵۷۰۴
۷	۱/۳۶۶۹	۲/۴۱۴۱	۲۰	۰/۹۴۷۹۲	۲/۵۶۵۳
۸	۱/۳۰۶۲	۲/۴۷۲۲	۲۱	۰/۹۳۴۴۴	۲/۵۵۹۶
۹	۱/۲۵۱۰۷	۲/۵۱۱۷۳	۲۲	۰/۹۲۱۹۱۵	۲/۵۵۳۴۶
۱۰	۱/۲۰۲۳۳	۲/۵۳۸۵۲	۲۳	۰/۹۱۰۱۷۵	۲/۵۴۶۸۶
۱۱	۱/۱۵۹۷۸	۲/۵۵۶۵۴	۲۴	۰/۸۹۹۰۹۸	۲/۵۳۹۹۶
۱۲	۱/۱۲۲۷۶	۲/۵۶۸۳۴			



شکل ۱۸. تاثیر سناریوهای ۱ و ۲ و ۳ در تاخیرات کلی پروژه

Fig. 18. Effect of scenarios 1, 2, and 3 on overall project delays

جدول ۱۲. تاثیر ناشی از اعمال سناریو ۳ در تاخیرات کلی پروژه

Table 12. The effect of applying scenario 3 on overall project delays

Time (Month)	SENARIO3	Current situation	Time (Month)	SENARIO3	Current situation
۰	۰	۰	۱۳	۴/۹۱۷۶۹	۵/۷۱۹۰۱
۱	۱/۸۸۳۳۳	۱/۸۸۳۳۳	۱۴	۴/۹۴۴۱۸	۵/۷۳۸۹۱
۲	۳/۲۱۸۲۳	۳/۲۱۸۲۳	۱۵	۴/۹۶۸۸۹	۵/۷۵۷۴۵
۳	۳/۸۷۱۶۳	۴/۱۱۴۹۱	۱۶	۴/۹۹۲۱۱	۵/۷۷۵۱۷
۴	۴/۲۴۱۲۵	۴/۶۹۵۰۶	۱۷	۵/۰۱۴۱۱	۵/۷۹۲۳۸
۵	۴/۴۵۴۲	۵/۰۶۲۲	۱۸	۵/۰۳۵۰۶	۵/۸۰۹۲۸
۶	۴/۵۸۴۱۵	۵/۲۹۲۶۹	۱۹	۵/۰۵۵۱۴	۵/۸۲۵۹۷
۷	۴/۶۷۰۲۵	۵/۴۳۸۱۷	۲۰	۵/۰۷۴۴۷	۵/۸۴۲۵۲
۸	۴/۷۳۲۶	۵/۵۳۱۸۲	۲۱	۵/۰۹۳۱۸	۵/۸۵۸۹۶
۹	۴/۷۸۱۴۶	۵/۵۹۴۲۵	۲۲	۵/۱۱۱۳۴	۵/۸۷۵۳۱
۱۰	۴/۸۲۲۱۴	۵/۶۳۸۰۲	۲۳	۵/۱۲۹۰۵	۵/۸۹۱۵۹
۱۱	۴/۸۵۷۴۵	۵/۶۷۰۶۹	۲۴	۵/۱۴۶۳۷	۵/۹۰۷۸
۱۲	۴/۸۸۸۹۸	۵/۶۹۶۸			

نکته:

با توجه به ارقام ارائه شده از بابت سهم تاخیرات متغیرهای اشاره شده، (نیروی انسانی، ماشین‌آلات و مالی) تاکنون کسری مالی با ۲/۵۳ ماه بیشترین تاثیر در کل تاخیرات را داشته که بعد از آن ماشین‌آلات و نیروی انسانی به ترتیب با ۰/۷۳ و ۰/۲۹ ماه در رتبه‌های دوم و سوم است. در خصوص تاثیر کمبود مالی در پروژه‌ها به عنوان یکی از دلایل عمده بروز تاخیرات نظر به توضیحات ارائه داده شد در بخش مرور ادبیات کاملا واضح است که این فاکتور در اکثر تحقیقات انجام گرفته به عنوان یکی از دلایل اصلی ایجاد تاخیرات بیان شده است.

۸- نتیجه‌گیری

در پروژه مورد تحقیق (سد مروک) نظر به اطلاعات جمع‌آوری شده از پیمانکار در طول ۲ سال معین گردید که پروژه با روند موجود شاهد ۵/۹۷ ماه تاخیر خواهد شد که از بین چهار فاکتور تاثیرگذار که از بین ۱۰ عامل تاثیرگذار توسط خبرگان انتخاب شده بود معلوم گردید متغیر کمبود مالی پروژه با ۲/۵۳ ماه بیشترین نقش در تاخیرات را داشته و بعد از آن کمبود ماشین‌آلات با ۲/۰ ماه و نیروی انسانی با ۱/۷۰ ماه تاخیر در پروژه تاثیر داشته است البته نبود نقشه‌های فنی با ضریب منفی تقریبا هیچ نقشی در تاخیرات کلی نداشت.

حال با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته بر روی ۴ عامل موثر در تاخیرات، در پروژه مذکور، مشخص شد در ۴ ماهه اول از شروع پروژه بیشترین میزان تاخیرات را شاهد هستیم که کمبود منابع مالی با ۴۰٪ و کسری ماشین‌آلات با ۳۳٪ و کمبود منابع انسانی با ۲۷٪ نقش مهمی در تاخیرات کلی پروژه را دارا بودند، که جهت مدیریت این ۴ عامل سناریوهایی مورد بررسی قرار گرفت از جمله افزایش میزان اولیه منابع مالی و انسانی، یا کاهش کسری ماشین‌آلات، که در این زمینه با اعمال تک تک تغییرات در عوامل تاخیر، میزان قابل توجهی از تاخیرات کاهش یافت به عنوان مثال در زمینه کمبود نیروی انسانی با اعمال تغییرات می‌توان مشاهده کرد میزان تاخیرات ناشی از این مورد از مقدار ۱/۷۰ به ۰/۳۰ ماه کاهش یافته است و همچنین در زمینه کمبود منابع مالی با اعمال سناریو مشاهده گردید میزان تاخیرات ناشی از این عامل از ۲/۵۴ به ۰/۸۹ ماه کاهش یافته است.

لذا نتیجه‌گیری کلی بر این اساس می‌باشد که مدیریت پروژه در ۴ ماه ابتدایی پروژه نقش کلیدی در تاخیرات پروژه دارد.

منابع

[1] supervisory report of construction projects (research and supervision of the Islamic Parliament), (in persian).

[2] Project scheduling management authored by R Amani, (in persian).

[3] N. Alamri, O. Amoudi, G. Njie, Analysis of construction delay causes in Dams projects in Oman, European Journal of Business and Social Sciences, 6(2) (2017) 19-42.

[4] H. Kamalan, A. Abedin Maghanaki, Root Cause Analysis of Delays in Dam Construction (Case Studies: Karun-3, Marun, Shafaroud and Jamishan Dams), Journal of Hydraulic Structures, 6(3) (2020) 45-58.

[5] S.A. Assaf, S. Al-Hejji, Causes of delay in large construction projects, International journal of project management, 24(4) (2006) 349-357.

[6] S. Li, A generic model of project management with Vensim, Universitetet i Agder/Agder University, 2008.

[7] S.H. Han, S. Yun, H. Kim, Y.H. Kwak, H.K. Park, S.H. Lee, Analyzing schedule delay of mega project: Lessons learned from Korea train express, IEEE Transactions on Engineering Management, 56(2) (2009) 243-256.

[8] N. Hamzah, M.A. Khoiry, I. Arshad, N.M. Tawil, A.C. Ani, Cause of construction Delay-Theoretical framework, Procedia engineering, 20 (2011) 490-495.

[9] Owolabi James, D., Amusan Lekan, M., Oloke, C., Olusanya, O., Tunji-Olayeni, P., & Owolabi Dele, P. (2014). Causes and effect of delay on project construction delivery time. International journal of education and research, 2(4), 197-208.

[10] M.H. Hagigat, A. Gorbani, (2018), Modeling the delays of construction projects based on neural network to determine the contribution of effective factors in the occurrence of delays in building construction projects in Tehran, (in persian).

[11] A. El Rahif, M. Ghale Navi, Investigating and prioritizing delay factors in construction projects by

hierarchical method, according to Qahtan Ghalib Project Management Standard, (2018) (in persian).

[12] H. Anysz, B. Buczkowski, The association analysis for risk evaluation of significant delay occurrence in the completion date of construction project, International Journal of Environmental Science and Technology, 16(9) (2019) 5369-5374.

[13] A. Monirabbasi, A. Ramezani Khansari, L. Majidi, Simulation of Delay Factors in Sewage Projects with the Dynamic System Approach, Industrial Engineering and Strategic Management, 1(1) (2021) 15-30.

[14] M. Welde, I. Bukkestein, Over time or on time? A study of delays in large government projects. Procedia Computer Science,196, (2022) 772-781.

[15] J. E. Park, Schedule delays of major projects: what should we do about it? Transport Reviews, 41(6), (2022) 814-832.

[16] G. A. Niazai, K. Gidado, Causes of project delay in the construction industry in Afghanistan. Proceedings of the EPPM, (2022).

[17] M. Akbari, D. Akbari, F. Najibi, V. Hajizadeh, Knowledge management in a project-oriented organization and its impact on reducing delays of Road Construction Projects in Southern Khorasan, Journal of Structural and Construction Engineering, 9(2) (2022).

[18] E.J. Abu Namous, INVESTIGATING THE FACTORS THAT CAUSE COST AND TIME OVERRUN IN THE RESIDENTIAL CONSTRUCTION PROJECTS IN THE UAE: PROJECT MANAGERS PERSPECTIVE, (2021).

[19] G. Siva Subramani, S. Manikanda Prabhu, R. Gowtham, & S. Dey, S,Identification of the Mitigation Methods to Be Adopted that Prevents Time Overrun in Construction Projects. In Advances in Construction Management, (2022) 403-411.

[20] M.A. Raoof, M. Rojhani, M. Rahmati, Causes of Delays in Iranian Building Construction Projects, Aut Journal of Civil Engineering, (proof) (2022).

[21] Introduction to the book Systemic Thinking (Basics, Tools and Methods), Dr. Qasim Mokhtari, (in persian).

[22] Sterman′s business dynamics book, translated by Korosh Brarpour and Parisa Mousavi, (in persian).

[23] Taken from Chapter 5 of John D. Sterman’s Dynamics book, (in persian).

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

S. Fard Moradinia, I. Alimi Dizaj, Simulation of delay factors in dam construction projects with a system dynamics approach, Amirkabir J. Civil Eng., 55(2) (2023) 431-454.

DOI: 10.22060/ceej.2022.21250.7666