



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.

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

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 تأثیرگذار فراوانی 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 تأثیرگذار در تاخیرات پروژه سدسازی آورده شده است. بدیهی است میزان تأثیر هر عامل که باید توسط پرسشگر اعلام می‌گردد با ضریب ۱۰ به عنوان تأثیرگذارترین و ضریب ۱ به عنوان کم تأثیرترین 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 تأثیرگذارترین 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.

۱- مقدمه

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 تأثیر قابل توجهی خواهد داشت. در این ارتباط، علاوه بر کارشناسان مدیران فعال در بخش‌های مشاوره و پیمانکاری، شاغلین و تصمیم‌گیرندگان 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 PMBOK^۶ 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

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

^{*} نویسنده عهده‌دار مکاتبات: fardmoradina@iaut.ac.ir



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 تأخیرات 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 تأخیر پروژه‌های سدسازی کار کرده‌اند ولی سیستم پویا تاکنون در بررسی دلایل تأخیرات پروژه‌های سدسازی استفاده نشده است به عنوان مثال کمالان در مقاله تحلیل ریشه‌ای دلایل تأخیرات در پروژه‌های سدسازی نگرشی به سد کارون ۳ (۲۰۲۰) از روش تحلیل سلسله مراتبی و یا آلامری از تحلیل اماری در مقاله بررسی تأخیرات پروژه‌های سدسازی در عمان (۲۰۱۷) استفاده کرده است و هیچ گونه استفاده از سیستم پویا تاکنون در این خصوص انجام نپذیرفته است [۳ و ۴].

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

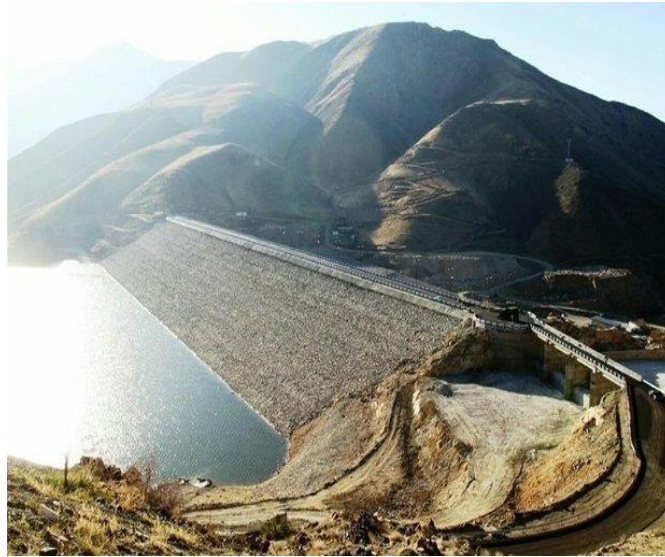
پروژه مولف آقای رضا امانی) [۲]. سیستم پویا یا پویایی شناسی سیستم روشی برای تحلیل کمی و کیفی رفتار سیستم‌ها در گذر زمان است. سیستم پویا، به عنوان یکی از رویکردهای کارآمد برای تحلیل سیستم‌های سیستم پویا در حوزه‌های مختلفی نظیر مدیریت، اقتصاد، زیست‌شناسی، مهندسی و غیره شناخته می‌شود، این روش برای درک و 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 تأخیرات یک پروژه دارند بشناسند و متناسب با شرایط خود با دستکاری هر یک از آن‌ها میزان تأخیرات پروژه را کاهش دهند. نظر به اینکه تأخیرات 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 تأخیر پروژه با استفاده از مدیریت زمان‌بندی پروژه در طول

جدول ۱. خلاصه عوامل موثر در تأخیرات 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، تأخیر 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
اولایی جیمز و همکاران	۲۰۱۴	-	امارگیری تصادفی	کمبود مالی، تغییرات در نقشه‌ها، نبود ارتباط موثر بین عوامل درگیر، ضعف مشاور

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	مدل‌سازی تاخیرات پروژه‌ها	ساخت و ساز	۱۳۹۸	حقیقت و قربانی
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	نمونه‌گیری تصادفی ساده	پروژه‌های عمرانی	۱۳۹۸	منصور قلعه نوعی
تغییرات مکرر نقشه‌ها، نبود مدیریت مناسب، نبود نقدینگی کافی، استفاده نیروی کار غیرماهر	تحلیل سلسله مراتبی	سدسازی	۲۰۲۰	کمالان
تغییرات مکرر نقشه‌ها، نبود مدیریت مناسب، کندی در پروسه تصمیم‌گیری تأخیرات در گرفتن مجوزها	تحلیل اماری	سدسازی	۲۰۱۷	آلامری
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	تجزیه و تحلیل ترکیبی	راه	۲۰۱۹	انیس و کوفسکی
عدم تهیه برنامه اولیه مناسب زمانی و مالی	تحلیل اماری	عمومی	۲۰۲۱	پارک
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	تحلیل اماری	پروژه‌ها	۲۰۲۱	نیازی
مدیریت دانش	روش مطالعه پرسش‌نامه‌ای	راه‌سازی	۲۰۲۱	اکبری، نجیبی و حاجی زاده
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	تحلیل اماری	مختلف	۲۰۲۱	ابو ناموس
-	روش مطالعه پرسش‌نامه‌ای	مسکونی	۲۰۲۲	سوبرامانیس و گتھامسوپا دی
تأمین مالی، طراحی‌های نامناسب، مدیریت سایت، مدیریت قرارداد، ضعف ارتباطی بین عوامل پروژه	تحلیل اماری	ساختمان	۲۰۲۲	رئوف، رحمتی و جهانی

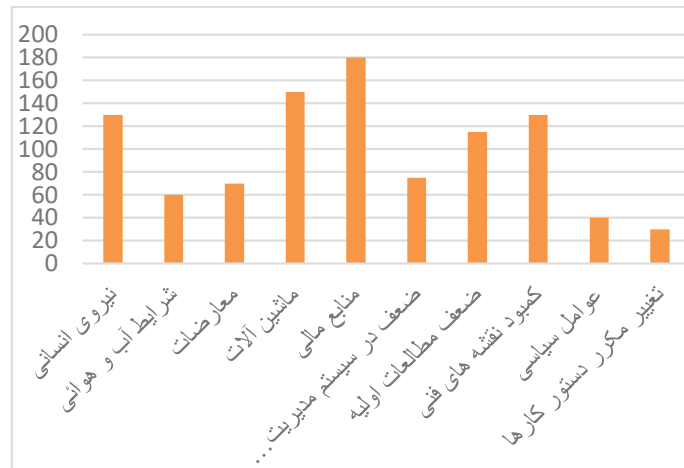


شکل ۱. موقعیت و تصویر سد مخزنی مروک در استان لرستان

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

۲- داده‌ها و مشخصات پروژه

- 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
- پروژه مورد تحقیق سد مخزنی مروک در استان لرستان که به فاصله ۳۷ کیلومتری شمال شهرستان درود قرار دارد و بین روستای گوشه دواريجان و مروک (درود) در حوزه شهرستان درود است و مشخصات کلی پروژه به شرح زیر می‌باشد (شکل ۱):
- مختصات: $33^{\circ} / 67' 14'' 26.07$ شمالی $49^{\circ} / 07' 59'' 41$ شرقی
 - نام رودخانه و حوضه آبریز: تیره - دز
 - نوع سد: سنگریزه‌ای با هسته رسی



شکل ۲. میزان امتیازدهی به گزینه‌های پرسشنامه

Fig. 2. Scoring of questionnaire options

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.

۲-۱- روش تحقیق و شناسایی متغیرهای اصلی

در این تحقیق ابتدا 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 سדسازی 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:

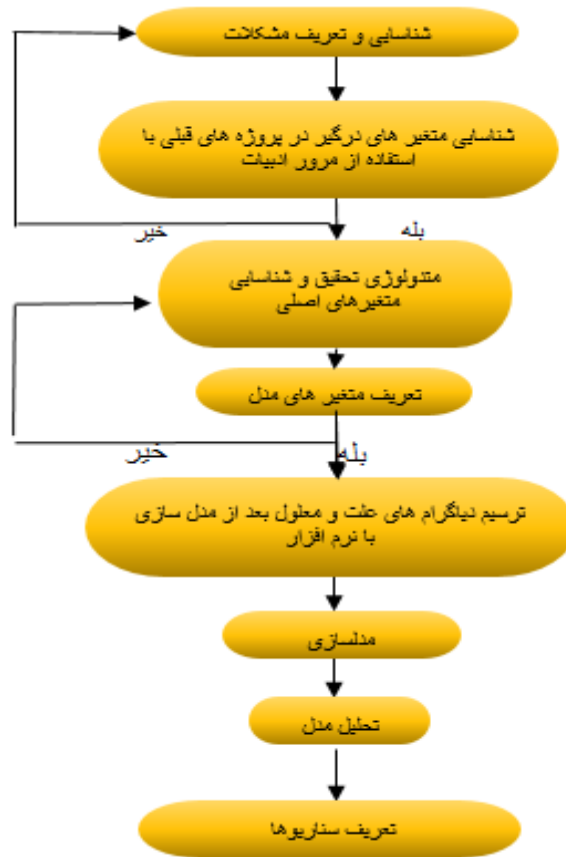
۱- منابع مالی ۲- ماشین‌آلات ۳- نیروی انسانی ۴- کمبود نقشه‌های فنی

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 فلوجارت شکل ۳ است:

-شناسایی و تعریف مشکلات

در ابتدای تحقیق لازم است نسبت به شناسایی مشکلات موجود که قرار



شکل ۳. فلوچارت مراحل انجام کار

Fig. 3. Flowchart of work steps

-ترسیم دیاگرام های علت و معلول

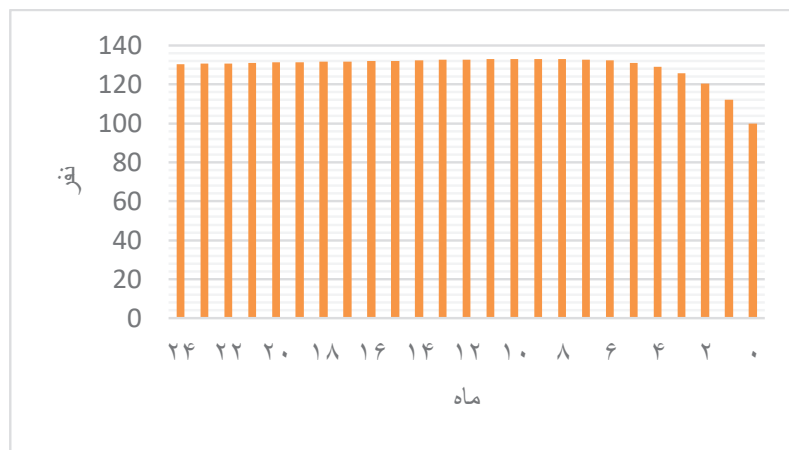
حاصل یک توصیف دقیق از یک سیستم می تواند به انتخاب دقیق متغیرهای تاثیرگذار در مسئله و روابط بین آنها کمک کند. ساختار مدل دینامیکی در واقع از تعریف همین روابط شکل می گیرد که تحت عنوان حلقه های علی و معلولی شناخته می شوند. یک حلقه علی و معلولی شامل متغیرهایی می باشد که از طریق کمان هایی به هم مرتبط گردیده اند که نشان دهنده ارتباط موجود در بین آنها می باشد و بنا بر ماهیت تشدید کنندگی یا تعدیل کنندگی، حلقه های مثبت یا منفی نام گذاری می گردند. مجموعه همه حلقه های سیستم مورد نظر و روابط موجود در آن را در محدوده مسئله تعریف شده به نمایش می گذارد.

-مدل سازی

در مرحله بعدی تمامی این روابط تحت عنوان مدل شبیه سازی پویا به

تصویر کشیده می شود. بدین منظور می توان از نرم افزارهایی چون Ithink و vensim که کاملاً قابلیت تطبیق با این مدل ها را دارند بهره برد. از دیگر مزیت های این روش عدم نیاز به داده های قطعی و دقیق است، چرا که این روش به منظور نمایش روندها در سیستم موجود استفاده می گردد که قابل شبیه سازی با داده های ناکافی نیز خواهد بود، اگر چه همه روش های مدل سازی ریاضی در این بخش قابل استفاده خواهد بود. از طریق بررسی داده های سازمانی و روش های رگرسیون می توان تعدادی از این روابط را مشخص ساخت. همچنین با استفاده از جدول های موجود می توان روابط را تعریف نمود. نظرات افراد خبره از دیگر منابع موجود برای مدل سازی خواهد بود.

در این تحقیق روند تغییرات متغیرها و تاثیر آن بر مدت مشابه بررسی می شود 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 می شود.



شکل ۴. نمودار تعداد نفرات حاضر در پروژه

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

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- تغییر 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.

- تحلیل مدل

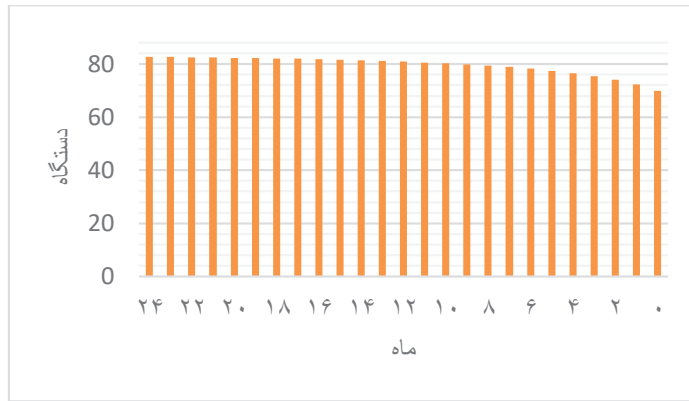
اکثر مدل‌های سیستم پویا به منظور کنترل و بررسی رفتار سیستم برای تحلیل سیاست‌های مختلف طراحی می‌گردد و تعریف سناریو از اجرای لاینفک روش خواهد بود که از طریق آن، مدل‌ساز با تغییرات مورد نظر خود (که مجموعه مشخصی از آن‌ها با هدف خاص، سناریو نامیده می‌شود)، فرضیات خود را بررسی و تأثیرات آشکار شده مورد بازبینی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

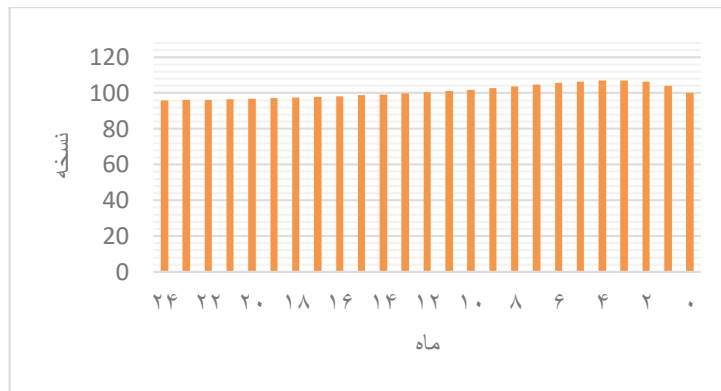
۳- تعریف متغیرهای مدل

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)



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

با استفاده از دیاگرام‌ها و آنالیز، تاثیرات آن‌ها و همچنین روابط متقابل مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۱- تعریف نمودار حلقه علی

در پویایی‌شناسی سیستم‌ها از ابزارهای نموداری مختلفی برای درک ساختار سیستم استفاده می‌کنیم. نمودارهای علی حلقوی ابزاری مهم برای نشان دادن ساختار بازخوردی سیستم‌ها است. فواید نمودار علی حلقوی: دستیابی سریع به فرضیه‌ای در مورد علت‌های پویایی؛ استنباط و درک مدل‌های ذهنی افراد یا گروه‌ها. یک نمودار علی 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].

۳-۳- متغیر کمبود نقشه‌های فنی

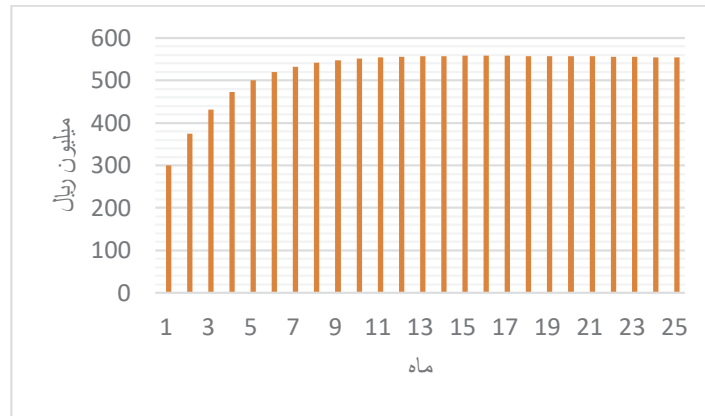
تعداد نقشه‌های اجرایی در ابتدا در پروژه ۱۰۰ نسخه بوده که کمبود نقشه در ۱۲ ماه به میزان ۱۰ عدد تخمین زده شده است. که شکل ۶ تعداد نقشه‌های موجود طی ۲۴ ماه در پروژه را نشان می‌دهد.

۳-۴- متغیر منابع مالی

میزان کمبود مالی پروژه بر اساس بیان 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 علی و معلول

در ادامه، فرضیه روش سیستم پویا به کار برده شده است. نمودار حلقه علی CLDs و گردش آن با استفاده از نرم‌افزار vensim ترسیم شده است.



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 سازمان‌ها 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 علی 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 مهندسين، 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) مستقیماً 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 انسانی

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

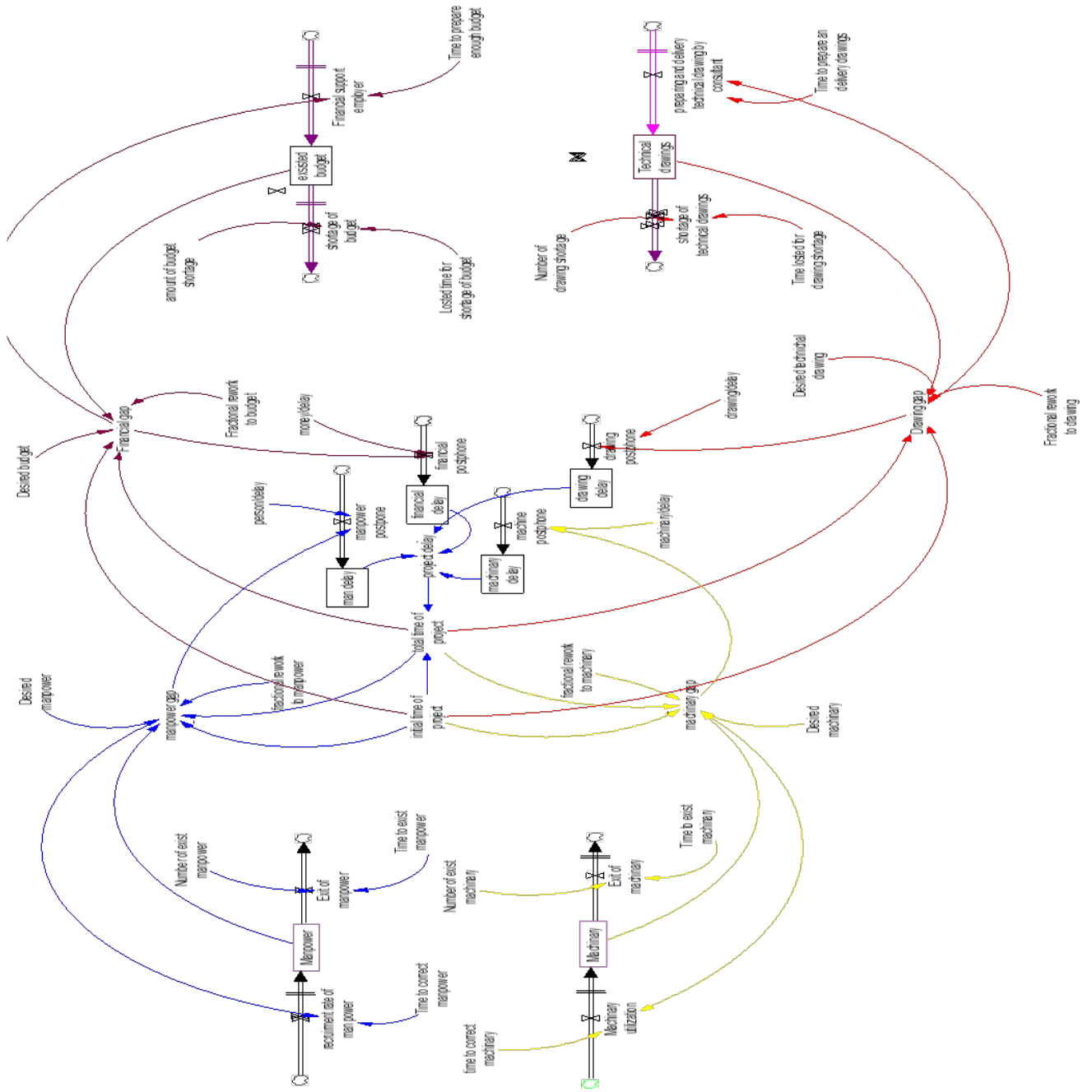
این متغیر نشان دهنده میزان تاخیر ناشی از بابت کمبود نقشه‌های اجرایی می‌باشد.

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.



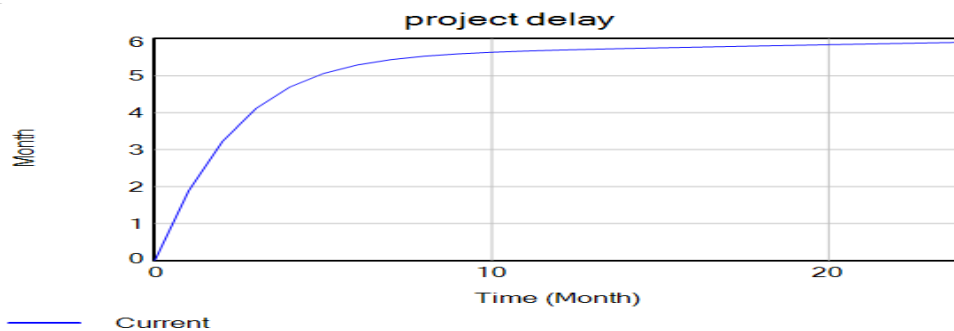
شکل ۸. نمودار حلقه علی

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

۶-۳- نقش کمبود مالی در کل تاخیرات

نظر به منابع مالی مورد ایده آل 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 می باشد. میزان تاخیر حاصل از کمبود منابع مالی ۲/۵۳ ماه می باشد.

۶-۲- نقش ماشین آلات در کل تاخیرات

نظر به ماشین آلات مورد ایده آل پروژه به تعداد ۱۰۰ دستگاه در ماه و توضیحات قبل و ضریب جبران کسری ماشین آلات به میزان ۰/۰۳، میزان تاخیر متوجه این متغیر بعد از گذشت ۲ سال از پروژه به شرح جدول ۴ می باشد. سهم کمبود ماشین آلات از کل تاخیرات ۲ ماه می باشد.

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	-۱/۸۵۴۵۳۳	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 ماشین آلات

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

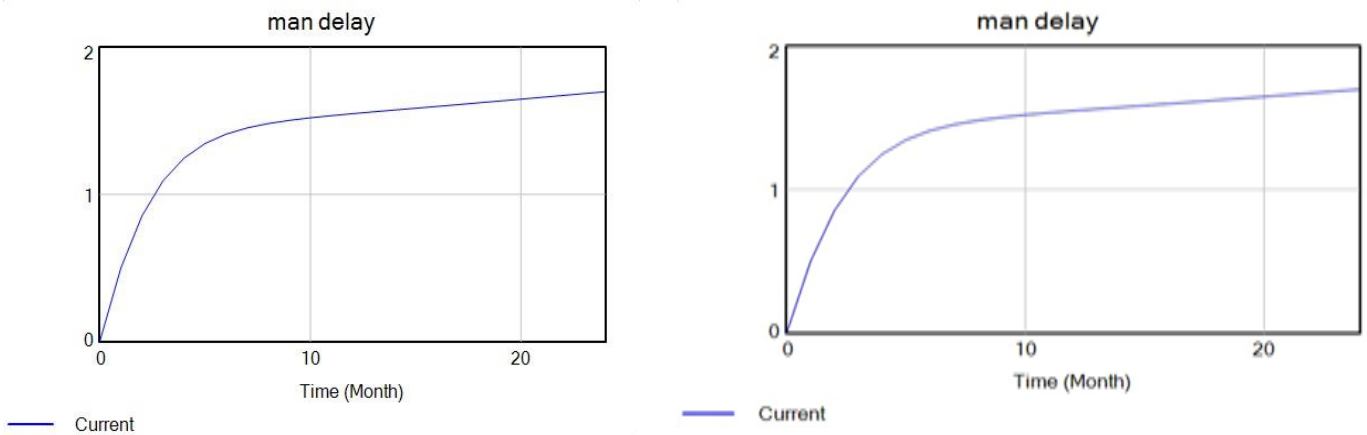
Table 5. Delays due to lack of funds

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

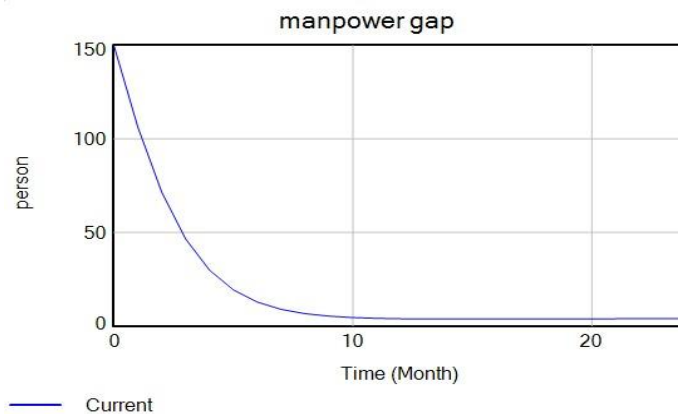
Table 6. Effect caused by lack of maps

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

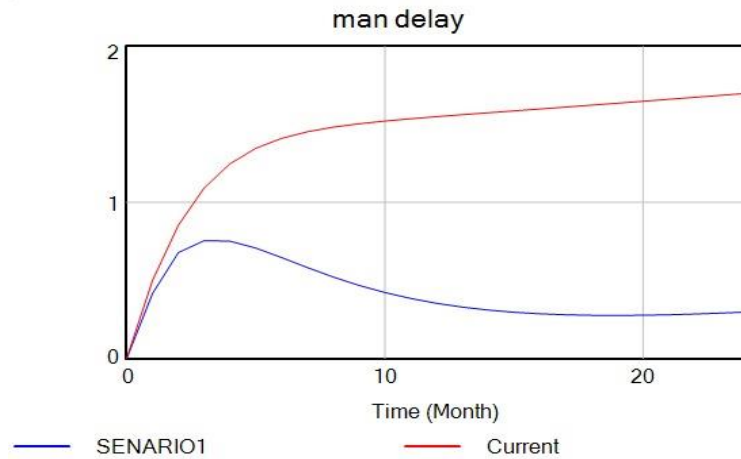
۷- تعریف سناریوها (بررسی نتایج و پیشنهادات):

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:

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.



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			

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 علی‌الخصوص 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 کاملاً 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.

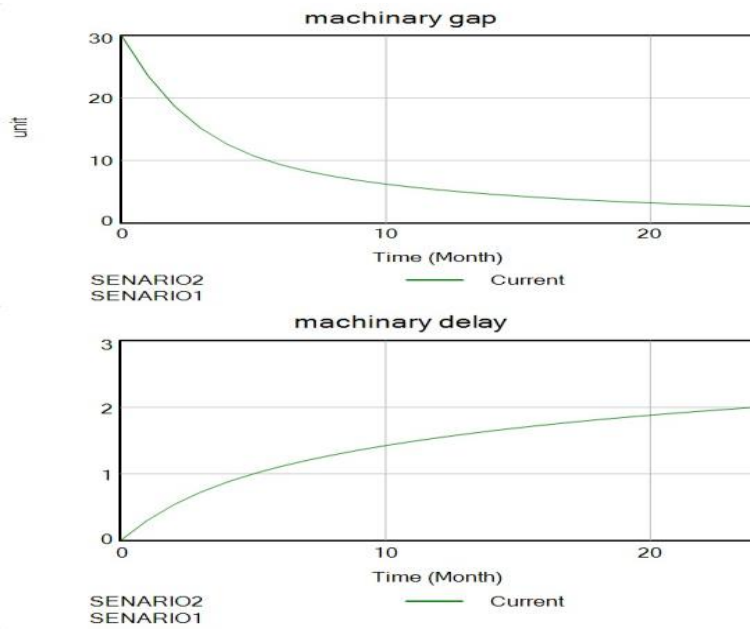
حال با اعمال این تغییرات در قالب سناریو ۱ می‌توان دید که در بخش نیروی انسانی تاخیرات از ۱/۶۹ به ۰/۲۹ کاهش می‌یابد. با توجه به این سناریو مطابق جدول ۸ تاخیر کلی پروژه از ۵/۹۰۷۸ به ۵/۲۷۹۸ کاهش می‌یابد.

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:

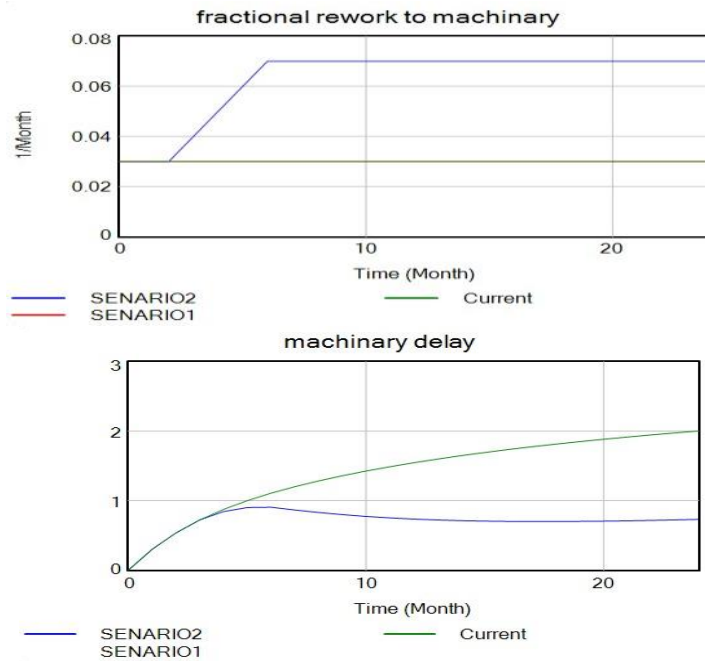
که تاثیر سناریو شماره ۲ در تاخیرات کلی پروژه را می‌توان به شرح شکل ۱۵ و جدول ۱۰ دید که بیانگر کاهش تاخیر کلی پروژه از ۵/۹۰۷۸ به ۵/۳۵۴۹۸ ماه می‌باشد، ضمناً با اعمال تغییرات لازم میزان تاخیر مربوط به کمبود ماشین‌آلات از ۲ به ۰/۷۳ ماه کاهش می‌یابد (جدول شماره ۹).

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



شکل ۱۳. نمودار مربوط به تاخیرات کمبود ماشین‌آلات

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



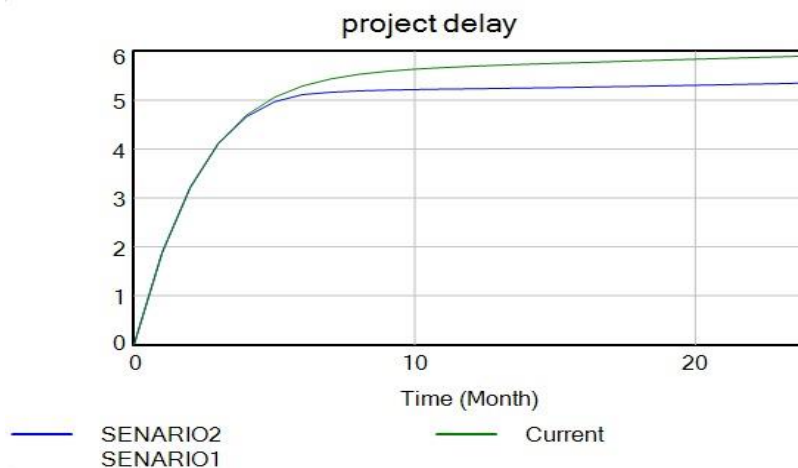
شکل ۱۴. نمودار تاثیر سناریو ۲ در تاخیرات مربوط به کمبود ماشین‌آلات

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	۱/۶۹۲
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			



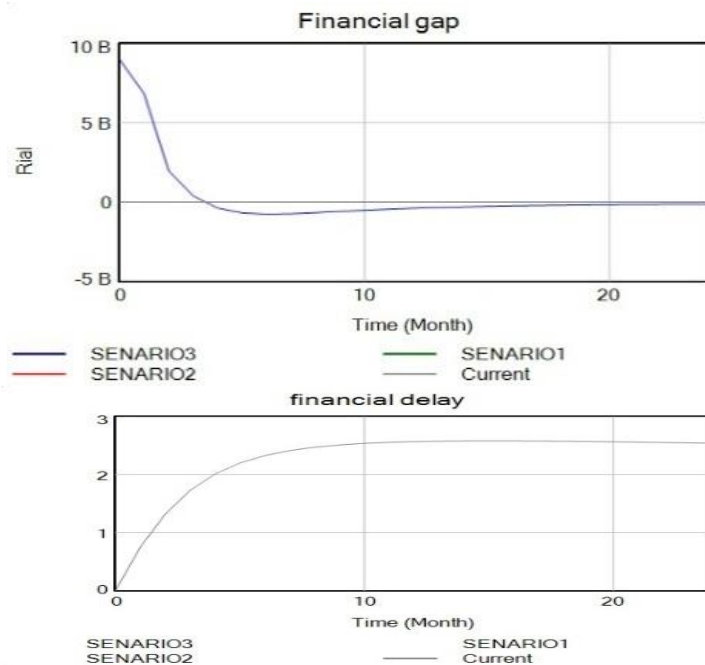
شکل ۱۵. نمودار تاثیر ناشی از اعمال سناریو ۲ در تاخیرات کلی پروژه

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



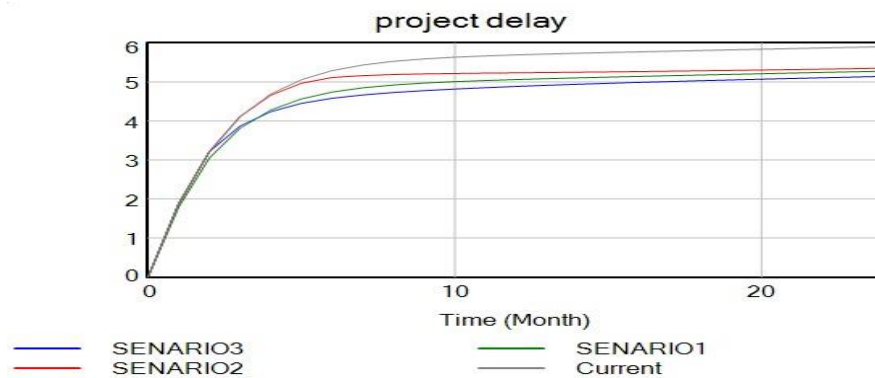
شکل ۱۷. نمودار تاثیر اعمال سناریو ۳ در تاخیرات مربوط به منابع مالی

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:

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

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 سناریوهای 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.

- 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. Raof, 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).
- 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

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

S. Fard Moradina, 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

