

System Dynamics Method: A Comprehensive Approach to Performance Management in Construction Projects

روش پویایی سیستم: رویکردی جامع برای مدیریت عملکرد در پروژه های ساخت

Shohreh Moradi

Master Student, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran

Ramin Ansari*

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran

Roohollah Taherkhani

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran

شهره مرادی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

رامین انصاری*

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

روح اله طاهرخانی

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

*Corresponding author's email address:

raminansari@edu.ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۱

Abstract

Today, the construction industry has become one of the mother industries, which forms a wide range of related industries. Rapid changes in the construction environment require different efforts for a company or organization to survive and grow, and their life depends on how they manage their projects correctly. The success of construction projects is one of the main goals of project managers. One of the ways to evaluate and control project success is to apply project performance management. According to the existing conditions, companies and organizations recognize the importance of performance evaluation to improve their competitiveness. Therefore, in this research, by reviewing and reviewing the research literature related to project performance evaluation, the most key indicators of performance measurement have been identified and presented. According to the calculations and investigations, the most important key indicators are: safety, cost, quality, schedule, productivity, customer satisfaction, profitability, team satisfaction, environment and sustainability. Also, considering that construction projects are always progressing and becoming more complex and have many linear and non-linear relationships and structures, these projects can be considered a type of dynamic systems. System dynamics has been used for nearly four decades to analyze and improve the performance of construction projects. Therefore, another part of this research deals with the application of system dynamics in the performance management of construction projects and shows the use and evolution of this method in recent years. Studies show that the correct management of project performance and the use of the system dynamics method in this field have a great impact on the success and improvement of the performance of construction projects. Examining the models presented in recent years and their growth and progress in the field of project performance management and their impact on the success of the project is indicative of this.

Keywords

Performance management, construction projects, key performance indicators, system dynamics, project success

چکیده

امروزه صنعت ساخت و ساز، به یکی از صنایع مادر تبدیل شده است که طیف گسترده ای از صنایع وابسته را تشکیل می دهد. تغییرات سریع در محیط ساخت و ساز برای یک شرکت یا سازمان نیاز به تلاشهای مختلفی برای زنده ماندن و رشد دارد و حیاتشان به نحوه مدیریت صحیح آنها در انجام پروژه هایشان بستگی دارد. موفقیت پروژه های ساخت یکی از اهداف اصلی مدیران پروژه است. یکی از راههای ارزیابی و کنترل موفقیت پروژه، اعمال مدیریت عملکرد پروژه است. با توجه به شرایط موجود، شرکت ها و سازمان ها اهمیت ارزیابی عملکرد را برای بهبود رقابت خود تشخیص می دهند. از این رو در این تحقیق با مرور و بررسی ادبیات تحقیق مربوط به ارزیابی عملکرد پروژه ها، کلیدی ترین شاخص های اندازه گیری عملکرد، شناسایی و ارائه شده است. طبق محاسبات و بررسی های انجام شده مهمترین شاخصهای کلیدی به ترتیب اولویت عبارتند از: ایمنی، هزینه، کیفیت، زمانبندی، بهره وری، رضایت مشتری، سودآوری، رضایت تیم، محیط زیست و پایداری. همچنین، با توجه به اینکه پروژه های ساخت و ساز همواره در حال پیشرفت و پیچیده تر شدن و دارای روابط و ساختارهای خطی و غیر خطی زیادی هستند، می توان این پروژه ها را نوعی از سیستمهای پویا به شمار آورد. پویایی سیستم نزدیک به چهار دهه است که برای تحلیل و بهبود عملکرد پروژه های ساخت بکار رفته است. از این رو بخش دیگری از این تحقیق به کاربرد پویایی سیستم در مدیریت عملکرد پروژه های ساخت پرداخته و سیر استفاده و تکامل این روش را طی سال های اخیر نشان می دهد. مطالعات نشان می دهد که مدیریت صحیح عملکرد پروژه و استفاده از روش پویایی سیستم در این زمینه، تاثیر زیادی بر موفقیت و بهبود عملکرد پروژه های ساخت و ساز دارد. بررسی مدلهای ارائه شده طی سالهای اخیر و رشد و پیشرفت آنها در زمینه مدیریت عملکرد پروژه و تاثیرشان بر موفقیت پروژه گویای این مطلب است.

کلمات کلیدی

مدیریت عملکرد، پروژه های ساخت و ساز، شاخص های کلیدی عملکرد، پویایی سیستم، موفقیت پروژه



4 (3), 2019

دوره ۴، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۸

فصلنامه پژوهشی



۱- مقدمه

موفقیت پروژه های ساخت هدف اصلی مدیران پروژه است. با این حال تعریف و ارزیابی آن چندین سال است که موضوع حل نشده بحث و گفتگوها است. از آنجایی که صنعت ساخت و ساز یک عنصر کلیدی پیشرفت و توسعه کشور است، موفقیت در اجرای پروژه های مربوط به این صنعت باید مورد توجه خاصی قرار بگیرد [۱]. گرچه تعریف موفقیت پروژه برای هر یک از ذینفعان متفاوت است، اما مفهوم کلی آن بر پایه دستیابی به اهداف اصلی و انتظارات پروژه است. یکی از راه های بررسی، ارزیابی و کنترل موفقیت پروژه، اعمال مدیریت عملکرد پروژه است. در واقع عملکرد پروژه زیرمجموعه ای از موفقیت پروژه است [۲].

پیش بینی دقیق و قابل اطمینان از عملکرد پروژه برای موفقیت پروژه های ساختمانی حیاتی است. چنین پیش بینی هایی در دستیابی به هشدارهای اولیه مشکلات بالقوه تأثیر بسزایی دارد. در صنعت ساخت مدیران پروژه باید بتوانند پیش بینی های قابل اطمینانی در مورد وضعیت آینده پروژه انجام دهند. چنین پیش بینی هایی ممکن است به پیمانکاران در کنترل پروژه ها در مرحله ساخت کمک کند و هشدارهای اولیه در برابر مشکلات بالقوه به آنها بدهد [۳]. همچنین ارزیابی موفقیت پروژه یک ابزار مفید برای صنعت ساخت و ساز در زمینه تلاش برای مدیریت، کنترل و بهبود سیاستها و پیش بینی موفقیت آینده پروژه ها است [۴].

یافتن مفهوم موفقیت پروژه دشوار است، زیرا پروژه ها پیچیده و پویا هستند. تعری این مفهوم می تواند بسته به نوع صنعت، تیم پروژه و یا دیدگاه افراد متفاوت باشد [۵]. یک معمار ممکن است موفقیت را از نظر ظاهر زیبایی شناختی، یک مهندس ممکن است از نظر صلاحیت فنی، یک حسابدار از نظر هزینه های صرف شده طبق بودجه، یک مدیر منابع انسانی از نظر رضایت کارکنان و مقامات اجرایی از نظر سهام بازار، ارزیابی کنند [۶]. در سالهای گذشته تعریف ساده برای موفقیت پروژه تنها بر اساس مراحل پیاده سازی چرخه عمر پروژه بود. اما در حال حاضر برای تعری موفقیت پروژه از ابتدا تا انتهای مراحل و چرخه عمر پروژه مورد نیاز است [۷].

۲- ادبیات تحقیق

در واقع تعریف مدیریت پروژه بر پایه مفهوم اصلی، موفقیت کلی اهداف و انتظارات پروژه است. این اهداف و انتظارات شامل: مسائل فنی، مالی، آموزشی، اجتماعی و حرفه ای است. موفقیت پروژه پایه ای برای مدیریت و کنترل پروژه های فعلی و برنامه ریزی و هدایت پروژه های آینده است [۴]. بعدها با پیشرفت تحقیقات، موفقیت پروژه به دو جزء: (۱) موفقیت مدیریت پروژه و (۲) موفقیت محصول پروژه تقسیم بندی شد.

در همین زمینه، در سال ۲۰۱۲ یک مدل جامع برای ارزیابی موفقیت پروژه های ساختمانی (با در نظر گرفتن دو جزء موفقیت: مدیریت پروژه و محصول پروژه) توسعه داده شد [۸]. نتایج تحقیق نشان داد که این مدل جامع کمی در کنار قضاوت ذهنی و کارشناسانه می تواند به عنوان یک ابزار قابل اعتماد برای پیمانکاران بکار گرفته شود

و موفقیت پروژه را تعیین کند. برای ارزیابی موفقیت پروژه ها از گذشته تا کنون از معیارهای متفاوتی بهره گرفته شده است. به طور سنتی در گذشته از سه معیار هزینه، زمان و کیفیت استفاده می شد. اما بسیاری از محققان معتقدند که موفقیت تنها از طریق این سه معیار قابل اندازه گیری نیست، زیرا موفقیت پروژه ها مقوله پیچیده تری است [۹]. با مرور نتایج مطالعات اخیر میتوان دریافت که مثلث آهنین مدیریت پروژه، دیگر به تنهایی پاسخگوی تمامی نیازهای مدیر پروژه در زمینه کنترل همه جانبه عملکرد پروژه نیست؛ زیرا در پروژه های پیچیده امروزی لازم است تا ابعاد دیگر عملکرد مانند: ایمنی، محیط زیست و ذینفعان نیز توسط مدیر پروژه ارزیابی شوند [۱۰].

گروهی از محققان در سال ۱۹۹۱ استدلال کردند که این سه مقوله (زمان، هزینه و کیفیت) کافی نیست و عوامل دیگری مانند کیفیت روابط بین طرفین و انعطاف پذیری برای ترکیب تغییرات که می تواند بر رضایت مشتری و در نهایت موفقیت و شکست پروژه تأثیرگذار باشد، در نظر گرفتند [۱۱]. از سال ۱۹۸۰ به بعد تأکید بیشتری روی شاخص های عملکرد غیرمالی و چندبعدی برای درک و مدیریت بهتر عملکرد پروژه های ساخت شده است [۱۲-۱۵].

در تحقیقات بعدی محققان شاخص های عملکرد کلیدی را به شاخص های عینی و ذهنی (کمی و کیفی) طبقه بندی کردند [۱۶]. در سال ۲۰۰۹ اثر دوباره کاری بر عملکرد پروژه را هم از نظر کارفرما و هم پیمانکار مورد ارزیابی قرار دادند [۱۷]. در سال های بعدی، اثرات تأخیر در زمان تحویل پروژه های ساخت و در نهایت عملکرد پروژه مورد بررسی قرار گرفت [۱۸]. این اثرات شامل افزایش هزینه، افزایش زمان، هدر رفتن و کاهش بهره برداری از نیروی انسانی، کاهش سود، اختلاف بین طرفین درگیر و در نهایت رها کردن پروژه است. در سال ۲۰۱۴ کاربرد عملی ارزیابی یکپارچه عملکرد پروژه های ساخت و ساز مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق شاخص های عملکردی شامل: صدور صورت وضعیت، زمانبندی، سود آوری، هزینه، کیفیت، ایمنی، رضایت مشتری و رضایت تیم در نظر گرفته شده است و در نهایت یک شاخص کلی برای ارزیابی عملکرد پروژه ها ارائه شده است [۱۹]. در تحقیق بعدی انجام شده معیارهای عملکرد پروژه های ساخت باتوجه به فازهای انجام پروژه ها ارزیابی شده اند [۲۰]. در سال ۲۰۱۶ محقق دیگری صلاحیت پروژه های ساخت و روابط آنها با عملکرد پروژه ها را ارزیابی و مدلسازی کرد [۲۱]. در سال ۲۰۱۷ از روش پویایی سیستم برای مدلسازی روابط بین استراتژی مناقضه و عملکرد پروژه های ساخت استفاده شد [۲۲]. در همین سال در راستای مدیریت عملکرد پروژه های ساخت مدلی برای پیش بینی عملکرد پروژه های ساخت با رویکرد پویایی سیستم ارائه شد [۳].

۳- شاخص های کلیدی عملکردی

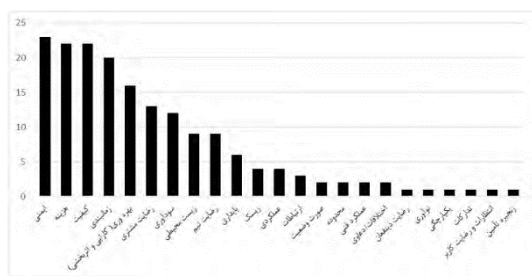
شاخص های عملکردی، اطلاعات حیاتی برای نظارت و کنترل پروژه ها و اطمینان از دستیابی به اهداف اصلی دارند [۳]. محققان در سال ۲۰۰۹ بررسی کردند که شاخص های عملکرد کلیدی (KPI) اولین گام ضروری در ایجاد چارچوب اندازه گیری عملکرد مناسب می باشد

[۲۳]. همه تحقیقات، گروهی از شاخص های عملکردی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است، خلاصه ای از این تحقیقات در جدول ۱ آورده شده است.

در این تحقیق با توجه به توضیحات قبلی و تحقیقات طبقه بندی شده مطابق جدول ۱، یک رتبه بندی برای ترتیب اولویت شاخص های عملکردی طی سالهای اخیر انجام شده که در شکل ۲ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود، مهمترین شاخص هایی که طی سالهای اخیر مورد بررسی قرار گرفته اند به ترتیب اولویت عبارتند از: ایمنی، هزینه، کیفیت، زمانبندی، بهره وری، رضایت مشتری، سودآوری، محیط زیست، رضایت تیم و پایداری.

جدول ۱ شاخص های کلیدی عملکرد مورد بررسی در تحقیقات پیشین

مرجع	سال انتشار	شاخص های کلیدی عملکرد مورد بررسی
[۲۴]	۱۹۸۴	سودآوری، بهره وری
[۲۵]	۱۹۹۷	کیفیت
[۲۶]	۲۰۰۰	بهره وری
[۲۷]	۲۰۰۲	زمان/برنامه زمانبندی، هزینه، کیفیت، سودآوری، ایمنی، محیط زیست، رضایت تیم، رضایت مشتری، بهره وری، عملکرد فنی، عملیاتی.
[۲۸]	۲۰۰۳	زمان/برنامه زمانبندی، هزینه، کیفیت، سودآوری، ایمنی، محیط زیست، رضایت مشتری، پایداری.
[۲۹]	۲۰۰۴	سودآوری، بهره وری
[۱۶]	۲۰۰۴	زمان/برنامه زمانبندی، هزینه، کیفیت، سودآوری، ایمنی، محیط زیست، رضایت تیم، رضایت مشتری، بهره وری، عملکرد فنی، رضایت و توقعات کاربر.
[۳۰]	۲۰۰۵	سودآوری، بهره وری.
[۳۱]	۲۰۰۶	بهره وری
[۳۲]	۲۰۰۶	زمان، هزینه، ایمنی، رضایت مشتری، ارتباطات، بهره وری.
[۳۳]	۲۰۰۸	سودآوری، بهره وری.
[۱۴]	۲۰۰۸	زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی، محیط زیست، محدوده، نوآوری، پایداری
[۲۳]	۲۰۰۹	زمان، هزینه، سودآوری، ایمنی، رضایت مشتری، بهره وری
[۳۴]	۲۰۱۰	ایمنی
[۳۵]	۲۰۱۰	زمان، هزینه، کیفیت، رضایت تیم، محدوده، ارتباطات، یکپارچگی، ریسک، تدارکات.
[۳۶]	۲۰۱۰	زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی، رضایت مشتری، عملیاتی.
[۳۷]	۲۰۱۱	بهره وری
[۳۸]	۲۰۱۲	ایمنی
[۳۹]	۲۰۱۳	پایداری
[۲]	۲۰۱۳	رضایت تیم.
[۴]	۲۰۱۳	زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی، محیط زیست، محدوده، نوآوری، پایداری.
[۱۹]	۲۰۱۴	زمان، هزینه، کیفیت، سودآوری، ایمنی، رضایت تیم، رضایت مشتری، صورت وضعیت
[۴۰]	۲۰۱۵	ایمنی
[۴۱]	۲۰۱۶	پایداری
[۲۲]	۲۰۱۷	هزینه
[۴۲]	۲۰۱۷	زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی.
[۳]	۲۰۱۷	زمان، هزینه، کیفیت، سودآوری، ایمنی، محیط زیست، رضایت تیم، رضایت مشتری
[۴۳]	۲۰۱۸	هزینه
[۴۴]	۲۰۱۸	زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی، محیط زیست، پایداری، بهره وری
[۱]	۲۰۱۸	ایمنی



شکل ۱ رتبه بندی شاخص های عملکردی

۴- پویایی سیستم در مدیریت پروژه

در تحقیقاتی که از شبیه سازی برای مدلسازی یک مفهوم یا پدیده استفاده می کنند، انتخاب روش شبیه سازی مناسب بسیار حائز اهمیت است. انتخاب روش شبیه سازی باید متناسب با هدف مورد نظر باشد. برای انتخاب روش شبیه سازی ویژگی هایی در ذهن مدلساز نقش می بندد که باید در نظر گرفته شود. روش شبیه سازی انتخاب شده باید قادر باشد دسته ای از عوامل که مدلساز خواهان استفاده از آنها است را به خوبی در نظر بگیرد. پویایی سیستم (SD) یکی از این روشهای شبیه سازی است [۴۵]. پویایی سیستم که توسط پروفسور فورستر در سال ۱۹۵۸ ابداع شده است، یک روش شناخته شده برای شناخت، تجسم و تجزیه و تحلیل سیستم های بازخورد دینامیکی پیچیده است [۴۶].

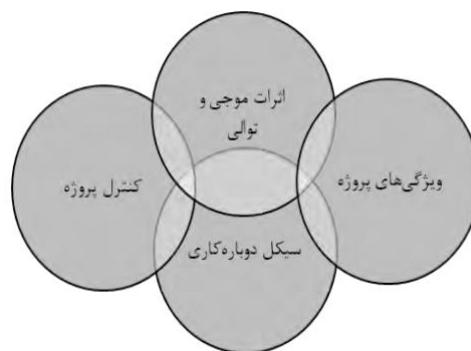
پویایی سیستم قادر به بررسی رفتارهای سیستم از یک دید کلی است که تمرکز ویژه ای بر تعاملات بین عناصر سیستم دارد [۴۷]. پویایی سیستم مجموعه ای از ابزارهای مفهومی است که به ما توانایی درک ساختار و پویایی سیستم های پیچیده را می دهند و در نهایت با مدلسازی دقیق و شبیه سازی کامپیوتری، قادر به طراحی سیاستهای موثرتری خواهیم بود [۴۶]. مدیریت پروژه یکی از کاربردهای موفق پویایی سیستم می باشد [۴۸]. این در حالی است که رویکردهای کلاسیک، پروژه را مجموعه ای از کارهای متوالی یا موازی می دانند که با هزینه معین و در زمان مشخص انجام می شود و در صورتی که پروژه های بزرگ دارای پیچیدگی هایی هستند که نیاز به پویایی سیستم را آشکار می کند. تفاوت این دو رویکرد (پویایی سیستم و کلاسیک) در سطح پرداختن به جزئیات فعالیتها و فاکتورهای موثر بر آنها می باشد. پروژه های بزرگ مقیاس به دسته سیستم های پویای پیچیده تعلق دارند. چنین سیستم هایی:

- ۱- بطور فزاینده ای پیچیده هستند و از چندین مولفه به هم وابسته تشکیل شده اند؛
 - ۲- بسیار پویا هستند؛
 - ۳- شامل چندین فرآیند بازخورد هستند،
 - ۴- شامل روابط غیرخطی هستند؛
 - ۵- شامل هر دو داده سخت و نرم هستند [۴۹].
- پویایی سیستم به عنوان یک ابزار مدلسازی برای استفاده در مدیریت پروژه گزارش شده است [۵۰]. در این مطالعه مهمترین ساختارهای پویایی سیستم در مدلسازی پروژه ها در ۴ گروه مطابق شکل ۲ طبقه بندی شده اند.

و مدیریت کیفیت [۵۳]، یک مدل فرآیندی از عناصری که می تواند دوباره کاری در یک پروژه را تحت تاثیر قرار بدهد، توسعه داده شده است.

روش کار به این صورت بوده است که ابتدا برای هر یک از زیرسیستم ها یک مدل تعیین کرده و سپس در پایان مدل حلقوی علیت کلی برای پروسه دوباره کاری در یک پروژه ارائه داده شده است. مدل کلی در شکل ۳ نشان داده شده است. این مدل تاثیر فاکتورهای دوباره کاری در سیستم پروژه را نشان می دهد و می تواند برای پیگیری اثرات فاکتورهای دوباره کاری بر روی خروجی های سیستم پروژه، مانند مدت زمان و هزینه استفاده شود. به عنوان مثال، کار گروهی و حل مسئله در کارگاه می تواند هزینه های دوباره کاری را کاهش دهد. اما این مدل تاثیرات عوامل اصلی خروجی بر متغیرهای علیت سیستم پروژه را نشان نمی دهد، نهایتاً مدل مفهومی کلی ارائه شده که همه روابط و تاثیرات را به طور کامل نشان می دهد. یکی از نتایج این تحقیق اثبات تبدیل دوباره کاری به یک ویژگی اجتناب ناپذیر در پروژه است که ممکن است احتمال سرریز زمان و هزینه را افزایش دهد و منجر به مشاجره و در نهایت موجب نارضایتی مشتری شود.

یکی دیگر از کاربردهای پویایی سیستم در بهبود مدیریت عملکرد توسط گروهی دیگر از محققان در سال ۲۰۰۳ انجام شد [۵۴]. در این تحقیق به بررسی رفتار پویای عملکرد پروژه ها با استفاده از رویکرد پویایی سیستم پرداخته شده است. مدل ارائه در این مقاله طبق فرضیه های دینامیکی در نظر گرفته شده مطابق شکل ۴ است.

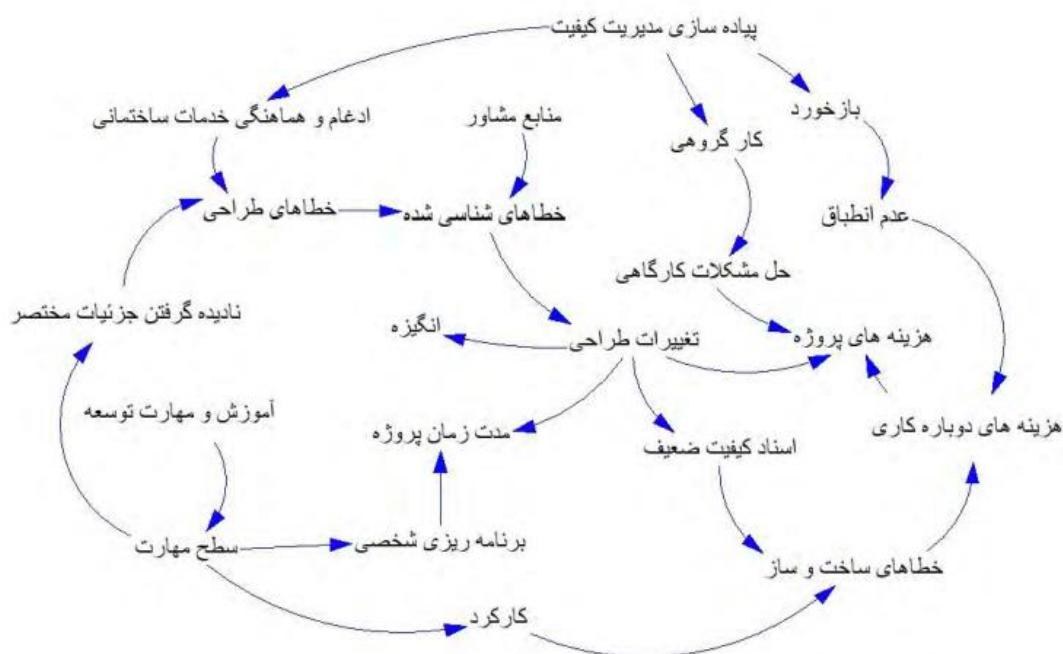


شکل ۲ طبقه بندی مهمترین ساختارهای پویایی سیستم در مدلسازی [۵۱].

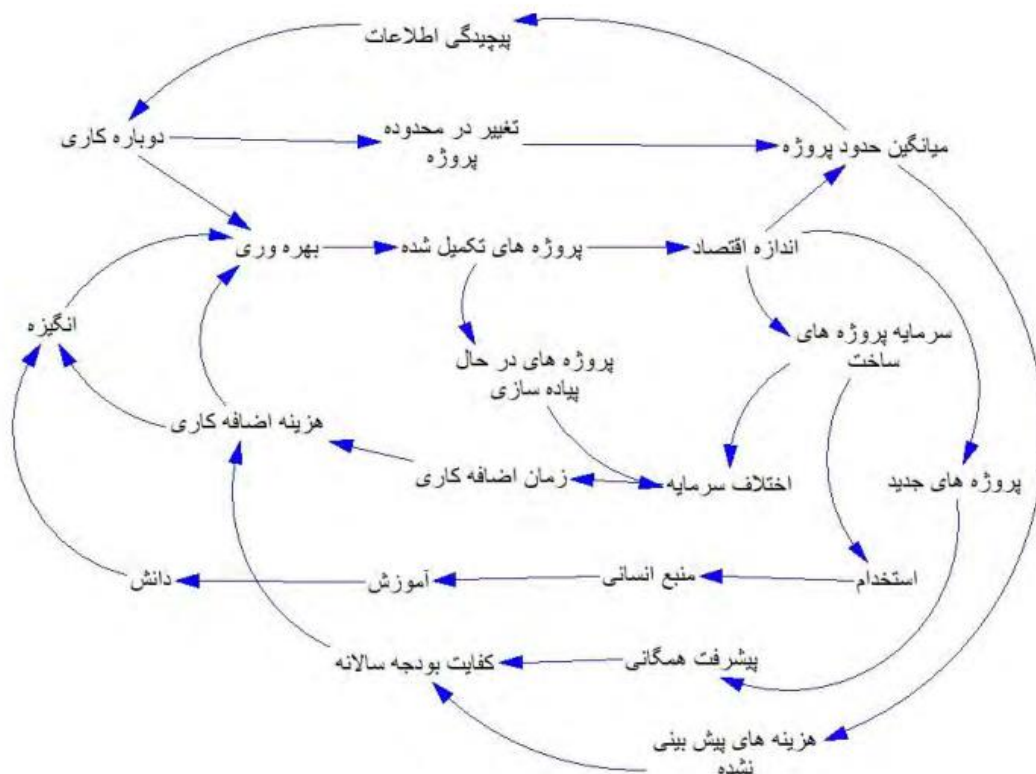
روش پویایی سیستم که به کاربرد اصول و تکنیکهای کنترل بازخور، با مسائل مدیریتی، سازمانی و اقتصادی و اجتماعی می پردازد هم اکنون نزدیک ۴ دهه است که به منظور تحلیل و بهبود عملکرد پروژه ها در صنعت ساخت و ساز به کار رفته است.

۵- مدل های پویایی سیستم ارائه شده در زمینه مدیریت عملکرد پروژه های ساخت و ساز

یکی از اولین کاربردهای مدلسازی پویایی سیستم در بهبود مدیریت عملکرد پروژه در سال ۱۹۹۸ در زمینه تعیین ساختار علیت دوباره کاری در ساخت و ساز است [۵۲]. در این تحقیق با استفاده از طبقه بندی سیستم پروژه به زیرسیستم های (فنی و عملیاتی، منابع انسانی



شکل ۳ مدل های ارائه شده زیرسیستم ها و مدل اصلی و کلی نهایی [۵۲].



شکل ۴ مدل ارائه شده طبق فرضیه های دینامیکی [۵۴].

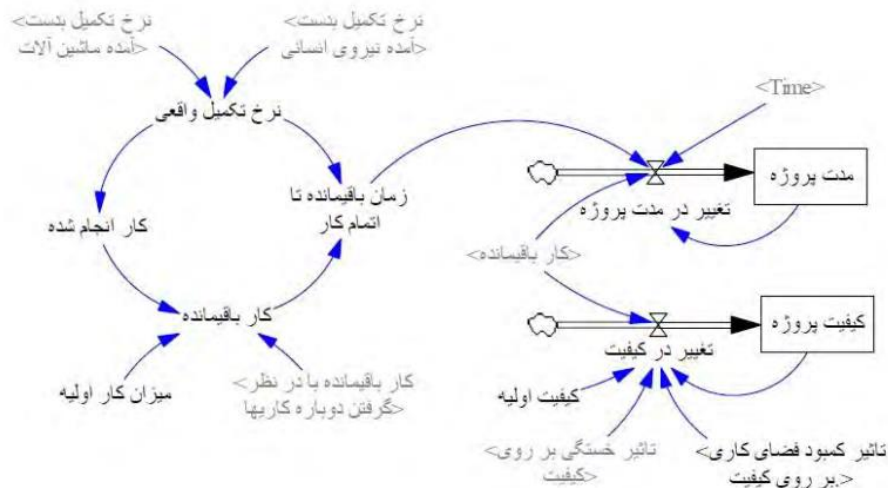
مدیریت ریسک در جهت بهبود عملکرد پروژه ها ارائه شد [۵۵]. در این تحقیق روشی نوین و کارآمد برای انجام فرآیند مدیریت ریسک توسعه داده شد که با استفاده از یکپارچه سازی روشهای شبیه سازی پویایی سیستم و منطق فازی، جهت شبیه سازی فرآیند مدیریت ریسک و لحاظ کردن کلیه خصوصیات سیستمی ریسک ها به کار گرفته شده است. با استفاده از روش پیشنهادی می توان پیامدهای ناشی از وقوع هر ریسک را بر روی معیارهای عملکردی مختلف پروژه نظیر زمان، هزینه و کیفیت به صورت کمی شبیه سازی و تعیین نمود. مدل ارائه شده در این تحقیق طبق زیرسیستم های هزینه - کیفیت - زمانبندی - منابع - بهره وری - روند اجرایی پروژه مدلسازی شده است.

به عنوان نمونه زیرسیستم کیفیت و زمان در شکل ۵ نشان داده شده است. هدف از ایجاد این زیرسیستم شبیه سازی اهداف پروژه بر اساس متغیرهای عملکردی زمان و هزینه انجام پروژه می باشد. لازم به ذکر است که روشهای مرسوم مدیریت پروژه، توانایی مدلسازی و شبیه سازی عملکرد پروژه بر اساس متغیر کیفیت را ندارند. حال آنکه روش پویایی سیستم پیشنهادی، توانایی شبیه سازی عملکرد کیفی پروژه را نیز دارد. حلقه های بازخوردی اثرگذار بر مدت پروژه و کیفیت انجام پروژه در شکل زیر نمایش داده شده است. در انتها گزینه های مختلف پاسخدهی با استفاده از حلقه های بازخوردی علت و معلولی مدلسازی گردیده و میزان تاثیر هر یک از آنها در بهبود عملکرد پروژه در یک محیط مجازی شبیه سازی شده و به صورت کمی تعیین می گردد.

در این مدل به عنوان نمونه یکی از حلقه ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهیم. اگر تعداد پروژه های تکمیل شده کاهش یابد، تعداد پروژه های در دست ساخت افزایش می یابد. از طرف دیگر اگر تعداد پروژه های در دست ساخت افزایش یابد موجب کاهش ظرفیت و توان سازمان میشود. این کاهش ظرفیت باعث سرریز زمان و هزینه میشود که سرریز زمان و هزینه دلیل اصلی کاهش بهره وری است. پس این حلقه تقویت کننده است که در جهت کاهش بهره وری در نتیجه افزایش زمان و هزینه عمل می کند. سپس برای بهبود عملکرد پروژه ها در شرکت های ساختمانی سه سیاست پیشنهاد شده است. این سیاستها عمومی هستند و اغلب برای بهبود عملکرد شرکتها در کشورهای در حال توسعه توصیه می شود. سیاست های ارائه شده مطابق موارد زیر است:

- ۱- تشکیل سرمایه مشترک (JV)
- ۲- ایجاد هیئت توسعه (رشد) صنایع ساخت و ساز (CIBD)
- ۳- سیستم مدیریت اطلاعات

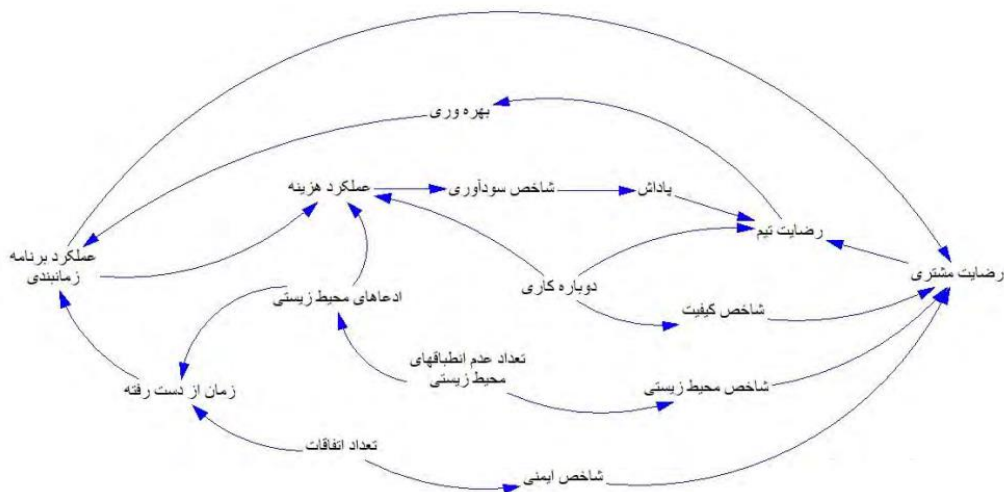
مدل ارائه شده برای یک مطالعه موردی شبیه سازی شد و نتایج نشان داد که JV یک روش بسیار موثر برای دستیابی به بهبود عملکرد در سازمان مورد مطالعه است. توسعه سیستم مدیریت اطلاعات نیز مهم است. همچنین ایجاد یک CIBD در سطح ملی برای کمک به بهبود عملکرد و رقابت پذیری صنعت ساخت و ساز میتواند مزایای بلندمدت را به ارمغان آورد. با این حال برای به دست آوردن بهترین عملکرد برای سازمان مورد مطالعه بهتر است هر سه سیاست به صورت هماهنگ با هم استفاده شود. در سال ۲۰۰۸ مدلی برای شبیه سازی



شکل ۵ زیرسیستم مدیریت عملکرد کیفیت و زمان [۵۵]

در این مدل هشت شاخص عملکردی هزینه، برنامه زمانی، کیفیت، رضایت تیم، رضایت مشتری، ایمنی، سودآوری و محیط زیست در نظر گرفته شده است. پروژه های ساخت و ساز، سیستم های پیچیده و پویایی هستند که اجزای این سیستم ها دارای وابستگی های متقابل زیادی هستند، همانطور که در نمودار حلقوی نشان داده شده در شکل ۱۲ این وابستگی ها مشخص است. به عنوان نمونه سودآوری، وابسته به هزینه است که در بسیاری حالات هزینه متاثر از ایمنی و کیفیت است که این دو نیز بر رضایت مشتری اثر می گذارند. نمونه دیگری از این وابستگی ها، روابط میان دوباره کاری و دیگر شاخص ها است. دوباره کاری دارای تاثیر منفی روی عملکرد زمان و هزینه است. همچنین موجب استرس، خستگی و تضعیف روحیه کارکنان نیز می شود که باعث تاثیر منفی بر عملکرد رضایت تیم م ی شود و نمونه های دیگری از این قبیل که از تحلیل شکل ۱۲ برمی آید.

به این ترتیب طی سالهای بعدا نیز برخی از محققان روش پویایی سیستم را برای بررسی عملکرد پروژه های ساخت و ساز مورد استفاده قرار دادند. با این حال بیشتر تحقیقات بر جنبه محدودی از عملکرد متمرکز بودند، به عنوان مثال در زمینه برنامه زمانبندی [۵۶]، کیفیت و دوباره کاری [۵۷] و محیط زیست [۴۷] کارهایی انجام شد. اما در سال ۲۰۱۷ با پرداختن به بحث پیش بینی عملکرد پروژه های ساخت و ساز با رویکرد پویایی سیستم گام مهمی در این مسیر برداشته شد [۳]. مدل های پیش بینی عملکرد موجود، محدودیت هایی در زمینه وابستگی متقابل بین شاخص های عملکردی چندبعدی داشته اند. از این رو در این مقاله، یک مدل پویایی سیستم برای شبیه سازی پیچیدگی و وابستگی متقابل بین انواع شاخص های عملکردی و پیش بینی آنها در طول زمان توسعه داده شده است. همچنین این مدل میتواند به عنوان مبنایی برای شبیه سازی سناریوهای مختلف مدیریتی ارائه شده در جهت کشف بهترین راه حل های جلوگیری و اصلاح تاثیرات منفی عملکرد ضعیف، استفاده شود.



شکل ۶ مدل مفهومی پیشبینی عملکرد پروژه [۳]

۶- نتیجه گیری

در صنعت ساخت و ساز، مدیران پروژه باید قادر باشند، پیش بینی های مورد اطمینانی از وضعیت آینده پروژه ها انجام دهند. با این حال با توجه به پیچیدگی و پشرفت پروژه های ساخت، چنین پیش بینی هایی نیازمند اطلاعات حیاتی از پروژه است، که این اطلاعات برای ارزیابی عملکرد پروژه و در نهایت پیش بینی آن مورد استفاده قرار می گیرد. شاخص های کلیدی مورد استفاده برای ارزیابی عملکرد پروژه های ساخت از طریق بررسی جامع ادبیات تحقیق مربوطه جمع آوری و بررسی شد و پس از تهیه نمودار استفاده این شاخص ها در سالهای اخیر اولویت بندی شدند. مهمترین این شاخص ها به ترتیب اولویت استفاده در تحقیقات عبارتند از: ایمنی، هزینه، کیفیت، زمانبندی، بهره وری، رضایت مشتری، سودآوری، رضایت تیم، محیط زیست و پایداری. از میان تحقیقات مورد بررسی از همان سالهای اولیه استفاده از تکنیک مدیریت عملکرد پروژه، ۵۲٪ آنها به بررسی شاخص ایمنی به عنوان شاخص کلیدی عملکرد در پروژه های ساخت و ساز در تعامل با دیگر شاخص ها و یا به تنهایی پرداخته اند که ۷۳٪ این تحقیقات مربوط به ۱۰ سال اخیر است. شاخص های بعدی شاخص هزینه و کیفیت هستند که ۴۰٪ تحقیقات را به خود اختصاص داده اند که ۶۳٪ آنها مربوط به ۱۰ سال اخیر است. شاخص زمان/برنامه زمانبندی نیز به عنوان ۴امین شاخص کلیدی طی سالهای اخیر شناخته شده است که ۴۵٪ تحقیقات از این شاخص در تعامل با شاخص های دیگر و یا به صورت تنها استفاده کرده اند که ۶۰٪ آنها مربوط به ۱۰ سال اخیر است. به این ترتیب شاخص های بهره وری با ۳۶٪ رضایت مشتری ۳۱٪ سودآوری، ۲۷٪ زیست محیطی و رضایت تیم هر کدام، ۲۰٪ و پایداری ۱۳٪ در رتبه های بعدی قرار دارند. پس از اولویت بندی شاخص ها مهمترین روابط و استانداردهای اندازه گیری و ارزیابی هر کدام از این شاخص ها ارائه شده است. این روابط و استانداردها با بررسی تحقیقات پیشین و تعیین معتبرترین و دقیق ترین روش ها انتخاب شده اند. همچنین در ادامه روش پویایی سیستم به عنوان یک رویکرد پویا برای مدیریت پروژه، معرفی شده است. در واقع مدیریت پروژه یکی از کاربرهای موفق پویایی سیستم در سالهای اخیر است. پویایی سیستم، رویکردی برای تجزیه و تحلیل سیستم های پیچیده و یک ابزار موثر برای ارزیابی توانایی سیستم برای تنظیم تغییر و آزمایش تصمیمات جدیدی است که باید برای فرایند تصمیم گیری موثرتر مورد استفاده قرار گیرد. یکی از کاربردهای این رویکرد، استفاده در زمینه مدیریت عملکرد پروژه های ساخت است. درواقع پیش بینی و مدیریت عملکرد پروژه های ساخت، فرایند پیچیده و پویایی است که بهتر است برای بررسی و مطالعه در این زمینه از رویکرد پویایی سیستم استفاده شود تا روابط متقابل و پیچیده بین شاخص های کلیدی عملکردی به طور دقیق شبیه سازی و مدل کاملی برای کار ارائه شود. در پایان با ارائه کاربردهای موفق رویکرد پویایی سیستم در زمینه مدیریت عملکرد طی سالهای اخیر و تجزیه و تحلیل مدلهای ارائه شده در این تحقیقات، اهمیت این موضوع نمایان شده است.

۷- پیشنهاد تحقیقات آتی

در اکثر موارد، یک روش شبیه سازی نمی تواند به تنهایی عوامل مختلف با دسته بندی های متفاوت را در نظر بگیرد، به این ترتیب محقق ناچار به ترکیب دو یا چند روش برای حل مسئله و مدلسازی می شود. هرچه پیچیدگی های موجود در یک مسئله بیشتر باشد، نیاز به یک روش شبیه سازی ترکیبی بیشتر نمایان می شود. پروژه های ساخت هم به دلیل پیچیدگی ها و پیشرفتهای روزافزونی که دارند، نیازمند شبیه سازی های قوی و ترکیبی هستند. از این رو برای پژوهش های آتی، می توان روش پویایی سیستم را با روش های دیگری از جمله سیستم های خبره، استدلال مبتنی بر مورد و روش شبیه سازی عامل محور ترکیب کرد تا نتایج دقیق تر و نزدیکتری به واقعیت کسب کرد. در واقع میتوان با در نظر گرفتن تمامی ابعاد عملکردی پروژه ها و هم چنین در نظر گرفتن همه انواع پروژه ها، ارزیابی جامعی از عملکرد آنها ارائه داد تا بتوان به اطلاعات دقیقی راجع به عملکرد آتی همه انواع پروژه ها دست پیدا کرد.

۸- مراجع

- [1] Mohammadi, A., Tavakolan, M., & Khosravi, Y. (2018). Factors influencing safety performance on construction projects: A review. *Safety science*, 109, 382-397.
- [2] Fung, H. P., & Siow, H. (2013). Open Journal of Social Science Research OJSSR, 1(9), 238-249.
- [3] Leon, H., Osman, H., Georgy, M., & Elsaid, M. (2017). System dynamics approach for forecasting performance of construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 34(1), 04017049.
- [4] Chovichien, V., & Nguyen, T. A. (2013). *List of indicators and criteria for evaluating construction project success and their weight assignment*. Paper presented at the Proceedings of the 4th International Conference on Engineering, Project, and Production Management (EPPM 2013).
- [5] Parfitt, M. K., & Sanvido, V. (1993). *Journal of Management in Engineering*, 9(3), 243-249.
- [6] Freeman, M., & Beale, P. (1992). *Measuring project success*.
- [7] Iram, N., Khan, B., Sahibzada, U. F., & Ahmad, M. S. (2016). Critical factors influencing the project success: An analysis of projects in manufacturing and construction industries in punjab, pakistan. *International Journal of Business Studies Review*, 1(1), 34-43.
- [8] Heravi, G., & Ilbeigi, M. (2012). Development of a comprehensive model for construction project success evaluation by contractors. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(5), 526-542.
- [9] Kennerley, M., & Neely, A. (2002). A framework of the factors affecting the evolution of performance measurement systems. *International journal of operations & production management*, 22(11), 1222-1245.
- [10] Ogunlana, S. O. (2010). Beyond the 'iron triangle': Stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-scale public sector development projects. *International journal of project management*, 28(3), 228-236.
- [11] Ward, S., Curtis, B., & Chapman, C. (1991). Objectives and performance in construction projects. *Construction Management and Economics*, 9(4), 343-353.
- [12] Neely, A., Mills, J., Platts, K., Richards, H., Gregory, M., Bourne, M., & Kennerley, M. (2000). Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach. *International journal of operations & production management*, 20(10), 1119-1145.
- [13] Excellence, C. (2006). UK Construction Industry Key Performance Indicators: Handbook. CE, London, 14.
- [14] Rankin, J., Fayek, A. R., Meade, G., Haas, C., & Manseau, A. (2008). Initial metrics and pilot program results for measuring the performance of the Canadian construction industry. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 35(9), 894-907.
- [15] Leong, T. K., Zakuan, N., Mat Saman, M. Z., Ariff, M., Md, S., & Tan, C. S. (2014). Using project performance to measure effectiveness of quality management system maintenance and practices in construction industry. *The scientific world journal*, 2014.
- [16] Chan, A. P., & Chan, A. P. (2004). Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: an international journal*, 11(2), 203-221.
- [17] Hwang, B.-G., Thomas, S. R., Haas, C. T., & Caldas, C. H. (2009). Measuring the impact of rework on construction cost performance. *Journal of construction engineering and management*, 135(3), 187-198.
- [18] Owolabi James, D., Amusan Lekan, M., Oloke, C., Olusanya, O., & Tunji-Olayeni, P. (2014). Causes and effect of delay on project construction delivery time. *IJER April*.
- [19] Nassar, N., & AbouRizk, S. (2014). Practical application for integrated performance measurement of construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 30(6), 04014027.
- [20] Yun, S., Choi, J., de Oliveira, D. P., & Mulva, S. P. (2016). Development of performance metrics for phase-based capital project benchmarking. *International journal of project management*, 34(3), 389-402.
- [21] Omar, M. N., & Fayek, A. R. (2016). Modeling and evaluating construction project competencies and their relationship to project performance. *Automation in Construction*, 69, 115-130.
- [22] Wibowo, M. A., Astana, I. N. Y., & Rusdi, H. (2017). Dynamic modelling of the relation between bidding strategy and construction project performance. *Procedia Engineering*, 171, 341-347.
- [23] Skibniewski, M. J., & Ghosh, S. (2009). Determination of key performance indicators with enterprise resource planning systems in engineering construction firms. *Journal of construction engineering and management*, 135(10), 965-978.



4 (3), 2019

دوره ۴، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۸

فصلنامه پژوهشی



success-conceptual model and expected relationships. *Int. J. Inf. Syst. Proj. Manag.*, 4, 5-22.

- [42] Demirkesen, S., & Ozorhon, B. (2017). Impact of integration management on construction project management performance. *International journal of project management*, 35(8), 1639-1654.
- [43] Xue, H., Zhang, S., Su, Y., Wu, Z., & Yang, R. J. (2018). Effect of stakeholder collaborative management on off-site construction cost performance. *Journal of Cleaner Production*, 184, 490-502.
- [44] Cha, H. S., & Kim, K. H. (2018). Measuring project performance in consideration of optimal best management practices for building construction in South Korea. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(5), 1614-1625.
- [45] Nasirzadeh, F., Khanzadi, M., & Mir, M. (2017). Hybrid simulation by combining system dynamics and agent-based modeling approaches in construction projects. *Iranian Structural Engineering Society, Journal of Structural and Construction Engineering*, doi: 10.22065/jsce.2017.86046.1178.in persian.
- [46] Banihashemi, S., Hosseini, M. R., Golizadeh, H., & Sankaran, S. (2017). Critical success factors (CSFs) for integration of sustainability into construction project management practices in developing countries. *International journal of project management*, 35(6), 1103-1119.
- [47] Bayer, S. (2004). Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. In: JSTOR.
- [48] Ding, Z., Yi, G., Tam, V. W., & Huang, T. (2016). A system dynamics-based environmental performance simulation of construction waste reduction management in China. *Waste management*, 51, 130-141.
- [49] Rodrigues, A., & Bowers, J. (1996). The role of system dynamics in project management. *International journal of project management*, 14(4), 213-220.
- [50] Serman, J. D. (1992). System dynamics modeling for project management. *Unpublished manuscript, Cambridge, MA*, 246.
- [51] Lyneis, J. M., & Ford, D. N. (2007). System dynamics applied to project management: a survey, assessment, and directions for future research. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 23(2-3), 157-189.
- [52] Love, P. E., Mandal, P., & Li, H. (1999). Determining the causal structure of rework influences in construction. *Construction Management & Economics*, 17(4), 505-517.
- [53] Evans, J., & Lindsay, W. (1996). The Management and Control of Quality, 3rd edn (New York: West).
- [54] Ogunlana, S. O., Li, H., & Sukhera, F. A. (2003). System dynamics approach to exploring performance enhancement in a construction organization. *Journal of construction engineering and management*, 129(5), 528-536.
- [55] Nasirzadeh, F., Afshar, A., & Khanzadi, M. (2008). Dynamic risk analysis in construction projects. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 35(8), 820-831.
- [56] Choi, K., & Bae, D.-H. (2009). Dynamic project performance estimation by combining static estimation models with system dynamics. *Information and software technology*, 51(1), 162-172.
- [57] Walworth, T., Yearworth, M., Davis, J., & Davies, P. (2013). *Early estimation of project performance: the application of a system dynamics rework model*. Paper presented at the 2013 IEEE International Systems Conference (SysCon).
- [24] Miller, D. M. (1984). Profitability= productivity+ price recovery. *Harvard Business Review*, 62(3), 145-153.
- [25] Bernolak, I. (1997). Effective measurement and successful elements of company productivity: The basis of competitiveness and world prosperity. *International Journal of Production Economics*, 52(1-2), 203-213.
- [26] Ren, X. (2000). Development of environmental performance indicators for textile process and product. *Journal of Cleaner Production*, 8(6), 473-481.
- [27] Chan, A. P., Scott, D., & Lam, E. W. (2002). Framework of success criteria for design/build projects. *Journal of Management in Engineering*, 18(3), 120-128.
- [28] Xiao, H., & Proverbs, D. (2003). Factors influencing contractor performance: an international investigation. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 10(5), 322-332.
- [29] Grünberg, T. (2004). Performance improvement: Towards a method for finding and prioritising potential performance improvement areas in manufacturing operations. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 53(1), 52-71.
- [30] Tangen, S. (2005). Demystifying productivity and performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(1), 34-46.
- [31] Park, H.-S. (2006). Conceptual framework of construction productivity estimation. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 10(5), 311-317.
- [32] Dawood, N., Sikka, S., Marasini, R., & Dean, J. (2006). *Development of key performance indicators to establish the benefits of 4D planning*. Paper presented at the Proceedings 22nd Annual ARCOM Conference.
- [33] Bottazzi, G., Secchi, A., & Tamagni, F. (2008). Productivity, profitability and financial performance. *Industrial and Corporate Change*, 17(4), 711-751.
- [34] Al-Humaidi, H., & Tan, F. H. (2010). Construction safety in Kuwait. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 24(1), 70-77.
- [35] Wang, Q., El-Gafy, M., & Zha, J. (2010). *Bi-level framework for measuring performance to improve productivity of construction enterprises*. Paper presented at the Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice.
- [36] Ali, A. S., & Rahmat, I. (2010). The performance measurement of construction projects managed by ISO-certified contractors in Malaysia. *Journal of Retail & Leisure Property*, 9(1), 25-35.
- [37] Pekuri, A., Haapasalo, H., & Herrala, M. (2011). Productivity and performance management-managerial practices in the construction industry. *International Journal of Performance Measurement*, 1(1), 39-58.
- [38] Xu, Y., Wang, T., Song, B., Pang, L., & Xie, Y. (2012). Forecast of safety situation in construction industry based on composite model. *Procedia Engineering*, 45, 119-124.
- [39] Araújo, C., Bragança, L., & Almeida, M. G. d. (2013). *Sustainable construction key indicators*. Paper presented at the Portugal SB13-Contribution of Sustainable Building to Meet EU 20-20-20 Targets.
- [40] Fang, D., Wu, C., & Wu, H. (2015). Impact of the supervisor on worker safety behavior in construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 04015001.
- [41] Silvius, A. G., & Schipper, R. (2016). Exploring the relationship between sustainability and project



4 (3), 2019

دوره ۴، شماره ۳

پاییز ۱۳۹۸

فصلنامه پژوهشی



روش پویایی سیستم : رویکردی جامع برای مدیریت عملکرد در پروژه های ساخت