Arshive of SID

مدیریت مخاطرات محیطی(دانش مخاطرات سابق)/ دورهٔ ۳، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۵/ ص ۳۰۱-۳۱۴

طراحی الگوریتم سنجش پیشرفت پروژه‌ها با هدف کاهش مخاطرات زیست‌محیطی و اجتماعی ناشی از تأخیرات

محمود گلابچی (Golabchi@ut.ac.ir)
استاد دانشگاه تهران
کتایون تقی‌زاده (Ktaghizad@ut.ac.ir)
دانشیار دانشگاه تهران
احسان سروش‌نیا*
دانشجوی دکتری مدیریت پروژه و ساخت دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۲/۱۳ – تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۳/۲۸)

چکیده

صنعت ساختمان از ارکان اصلی توسعهٔ پایدار و اقتصاد مولد هر کشور است و به‌شکل مستقیم و غیرمستقیم، افراد، سازمان‌ها و نهادهای بسیاری را درگیر خود می‌کند. تسهیلات و زیرساخت‌های اجتماعی، معیاری اساسی در شکل‌گیری اجتماعات پایدارند. صنعت ساخت‌وساز [construction Industry] بخشی اساسی و حیاتی از نظام اقتصادی است که تأثیر زیادی بر محیط زیست دارد. فرایندهای احداث، بهره‌برداری و تخریب ساختمان‌ها، از مهم‌ترین عوامل تأثیر نقش انسان بر محیط زیست به‌صورت مستقیم (از طریق مصرف مصالح و انرژی و آلودگی و هدر رفت ناشی از آن) و غیرمستقیم (از طریق فشار بر زیرساخت‌های ناکارامد و اشتغال) است. مخاطراتی همچون افزایش و هدررفت مصرف منابع طبیعی در خلال پروژه‌های تأخیریافته، مرافعات حقوقی، کاهش انگیزش و بازدهی عوامل انسانی درگیر در پروژه، کاهش انگیزش سرمایه‌گذاری و مخاطرات اقتصادی ناشی از آن و مشکلات اقتصادی-اجتماعی منتج از آن، از عواملی‌اند که محققان را به طراحی الگوهای مؤثرتر پایش پروژه‌ها وادار می‌کنند. در طی فرایند کنترل پروژه، حتی با بهره‌گیری از بهترین و متداول‌ترین نرم‌افزارهای موجود در این عرصه، به‌واسطهٔ انگاره‌هایی ساده و پیش‌پاافتاده که تنها مبتنی بر قضاوت‌های فردی کاربرند، پیشرفت پروژه سنجیده می‌شود؛ قضاوت‌هایی که ممکن است آلوده به ذهنیات فردی، شرایط روحی و روانی، داوری نادرست و ... باشد. شالودهٔ فرایند سنجش در متدولوژی پیشنهادی پژوهش حاضر، قضیه‌ای در علم فیزیک با عنوان «اصل انتقال حرارت» است. به عقیدهٔ نگارنده، پیشرفت زمانی هر فعالیت در پروژه، به مانند انتقال یکنواخت انرژی حرارتی در یک جسم رسانای جامد و پیشرفت مالی آن به‌مثابهٔ انتقال انرژی حرارتی به‌گونهٔ غیریکنواخت در یک نیمه‌رساناست. با این فرض، محک‌ها و معیارهای سنجش پیشرفت، بر پایهٔ این اصل طراحی شده است.

واژه‌های کلیدی: پایش پروژه، طراحی الگوریتم، قضیهٔ انتقال حرارت فوریه، کنترل سایبرنتیک.

* نویسندهٔ مسئول، ۰۹۱۲۳۳۰۳۲۵۰
Email: soruchnia@ut.ac.ir

www.SID.ir

Arshive of SID

مقدمه

صنعت ساخت‌وساز از بزرگ‌ترین صنایع مولد در جهان و ایران است و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم، زمینهٔ اشتغال بسیاری را فراهم می‌کند [۱۸]. اعتبار عمرانی پیش‌بینی‌شده در لایحهٔ بودجهٔ سال ۱۳۹۶ کشور، که ۶۲۰ هزار میلیارد ریال (۲۶ درصد بیش از سال پیشین) است و طی دورهٔ ۱۰ سالهٔ گذشته، ۳۸ تا ۵۰ درصد از کل بودجهٔ سالانهٔ کشور را در بر گرفته است [۲]، حکایت از اهمیت و اثرگذاری این حوزه در میان صنایع مختلف دارد. این صنعت بخشی حیاتی از نظام اقتصادی است که افزون بر اجتماع و اقتصاد، تأثیر چشمگیری بر محیط زیست دارد. عملیات ساخت‌وساز، بهره‌برداری و تخریب ساختمان‌ها، از مهم‌ترین عوامل تأثیر نقش انسان بر محیط زیست به‌صورت مستقیم (از طریق مصرف مصالح و انرژی و آلودگی و هدررفت ناشی از آن) و به‌صورت غیرمستقیم (از طریق فشار بر زیرساخت‌های ناکارامد) است. ازاین روست که خلأ مخاطره‌شناسی و مدیریت مخاطرات در این حوزه به‌شکل پررنگی به‌چشم می‌خورد. مقیمی در این زمینه معتقد است: «مخاطره‌شناسی از مهم‌ترین رویدادها در قلمرو طبیعی، علوم جغرافیایی و علوم اجتماعی و رفتاری و علوم فنی و مهندسی طی دو دههٔ گذشته است»[۳].

تأخیر در پروژه‌های ساخت‌وساز از جهات مختلف سبب بروز مخاطرات محیطی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود [۲۰]. از مخاطرات اجتماعی که در اثر این تأخیرها گریبان‌گیر جامعه می‌شود، می‌توان به منازعات و مرافعات حقوقی، هدررفت منابع مالی (که می‌توان آنها را در بخش‌های دیگر اقتصادی به‌شکل پربازده‌تری صرف کرد) و کاهش نرخ بهره‌وری نیروی انسانی اشاره کرد. افزون‌بر بُعد مولد این صنعت عظیم، از منظر سرمایه‌گذاری نیز می‌توان به مخاطرات ناشی از تأخیرات و حتی ملغی شدن پروژه‌ها نگریست. مشکلات ناشی از تأخیر و انحراف پروژه از برنامه موجب می‌شود بازگشت سرمایهٔ مدنظر سرمایه‌گذار (چه داخلی و چه خارجی) تأمین نشود و انگیزهٔ کارفرما از سرمایه‌گذاری دوباره در پروژه‌های ساخت کاهش یابد. همین امر سبب سوق یافتن سرمایه‌گذاری به بخش‌های دیگر (گاه غیرمولد) می‌شود و خطرهای اجتماعی فراوانی دارد [۷].

علاوه‌بر مخاطرات اجتماعی، بهره‌برداری دیرهنگام و به درازا کشیده شدن پروژه‌ها نیازمند تزریق منابع مالی و نیروی انسانی بیشتر است که سبب می‌شود نرخ بازدهی اقتصادی ناشی از بهره‌وری پروژه به نسبت مصرف منابع کاهش یابد؛ این امر، به‌طور مستقیم بر پیکرهٔ اقتصاد ضربه وارد می‌کند (مخاطرات اقتصادی). افزون‌بر این، مطالعات اجتماعی نشان داده که نیروی انسانی شاغل در پروژه‌هایی که با تأخیرات زیادی مواجه‌اند، از احساس بازدهی، رضایتمندی و عامل انگیزشی کمتری برخوردارند [۶].

www.SID.ir

Arshive of SID

علاوه‌بر مخاطرات اجتماعی- اقتصادی اشاره‌شده، بروز تأخیر در روند پیشرفت پروژه و کاهش بازدهی آنها سبب‌ساز مخاطرات زیست‌محیطی متعددی می‌شود که از آن جمله می‌توان به مصرف انرژی بیشتر و در پی آن تولید بیشتر گازهای گلخانه‌ای و همچنین هدررفت و تولید زباله‌های بیشتر در محیط زیست اشاره کرد [۱۵]. مدیریت مخاطرات پیش‌گفته از رهگذر مدیریت دقیق‌تر و کنترل کارامدتر پروژه‌ها و کاهش انحرافات بین برنامه و اجرا میسر می‌شود.

یکی از عوامل اصلی بروز تأخیرات و انحرافات در پروژه‌های ساخت‌وساز ناشی از روش‌های قدیمی و کم‌بازده پایش و کنترل پروژه است [۱۰]. ابداع و پیشنهاد روش‌های نوین کنترل و پایش پروژه که به‌شکل دقیق‌تر و کم‌خطاتری پروژه‌های ساختمانی را در چارچوب زمان، هزینه و کیفیت پیش‌بینی‌شده به سرمنزل مقصود هدایت کند، از راهکارهایی است که می‌توان به‌کمک آن از احتمال بروز مخاطرات پیش‌گفته کاست [۱۴].

کنترل پروژه پیچیده‌تر از یادآوری ساده به افراد نسبت به فعالیت‌هایی است که انجام دادنشان به آنها سپرده شده، است [۸]. پروژه‌های بسیاری، به‌سبب خاتمهٔ دیرهنگام خود، محکوم به از دست دادن تمام یا بخشی از ارزش یا هدفی می‌شوند که برای نیل بدان‌ها تعریف شده‌اند. چنین نتیجه‌ای دربارهٔ محصولات در بازار رقابت نیز مصداق دارد؛ چراکه سهم از بازار و کسب سهم بیشتر از بازار رقابت، نیازمند تولید زودهنگام محصول و روانه داشتن آن به بازار است. توجه و رسیدگی به مقولهٔ زمان در مدیریت پروژه، باید در برنامهٔ زمان‌بندی پروژه منعکس شده و برهه به برهه به‌ازای تکمیل فعالیت در برنامهٔ زمان‌بندی پیگیری شود. پرسش اساسی این است که چگونه اعضای گروه پروژه و سایر عوامل درگیر و کارکنان، از زمان استفاده کرده یا آن را تلف می‌کنند [۸]. بر همین اساس است که گفته می‌شود ارزش زمانی برنامهٔ خاتمهٔ کار در مقابل بازه‌های زمانی توافق‌شده و اهمیت مدیریت زمان بر سطوح کلان در برابر ارزش کسب‌شده یکی از مهم‌ترین مفاهیم مدیریت پروژه است [۲۱].

روش تحقیق و تحلیل

طبیعت همواره بهترین معلم انسان در فرایندهای طراحی و بهینه‌یابی بوده است. با کاوش در ژرفنای تاریخ علوم و بررسی آثار برجای‌مانده از بزرگان تاریخ علم از دیرباز تا کنون، به نام‌هایی همچون داوینچی، فیبوناچی، فون‌نویمان، مک‌کلوک، والتر پیتز، جورج بول، جان مک‌کارتی، مارکو دوریگو، لطفعلی عسکرزاده و ... برمی‌خوریم که همگی توانسته‌اند با بهره‌گیری از فرایند تکامل‌یافته و کم‌نقص طبیعت، به روش‌ها و الگوریتم‌هایی دست یابند که به‌وسیلهٔ آنها عملکرد سیستم‌ها، فرایندها و ماشین‌های گوناگون را بهبود بخشند.

www.SID.ir

Arshive of SID

در پژوهش حاضر، با هدف اصلی مدیریت بهتر و پربازده‌تر مخاطرات ناشی از پروژه‌ها، ابتدا به مطالعهٔ میدانی و بررسی مشکلات پروژه‌ها در اتمام به‌موقع و همچنین بررسی کاستی‌های روش‌های کنترلی موجود پرداخته خواهد شد؛ سپس با بهره‌گیری از اصول کنترل پروژه و بررسی کاستی‌های نرم‌افزارها و روش‌های کنترل پروژهٔ موجود، ابتدا الگوریتم و فلوچارت مناسبی به‌منظور سنجش انحرافات پیشنهاد خواهد شد و با بهره‌گیری از اصول و مبانی انتقال حرارت در فیزیک، فرایند پایش مناسبی برای شبیه‌سازی و طراحی فرایند سنجش و پایش دقیق و نظام‌مند طراحی خواهد شد (نگارنده بر این باور است که روند و نرخ مصرف دو خوراک اصلی پروژه‌ها یعنی زمان و هزینه، شباهت بسیاری به انتقال حرارت در فیزیک دارد). پس از آن، مدل پیشنهادی به رأی خبرگان و صاحب‌نظران گذاشته شده و پس از پالایش، با هدف صحت‌آزمایی در چند پروژهٔ در حال اجرا، در قیاس با روش‌های سنتی، آزمایش خواهد شد. در مرحلهٔ آخر نیز تأیید اعتبار و روایی روش پیشنهادی به‌کمک آزمودن آن در چند پروژهٔ ساختمانی در حال اجرا و مقایسهٔ نتایج حاصل از این روش با روش‌های متداول انجام خواهد گرفت. در انتها، تحلیل مقایسه‌ای از کاهش مخاطرات تبعی (زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی، خسارت و ...) در قیاس با روش‌های سنتی آورده می‌شود.

پس از اعتبارسنجی و کسب تأیید خبرگان این حوزه، می‌توان این شبیه‌سازی را پایهٔ طراحی افزونهٔ رایانه‌ای قرار داد که بر روی نرم‌افزارهای متداول کنترل پروژه نصب شده و به‌کمک آن بر دقت فرایند سنجش، گزارش‌گیری و لزوم اقدامات اصلاحی افزوده شود.

فرایندهای کنترل پروژه

فرایند کنترل پروژه بسیار پیچیده‌تر از آن است که فقط در انتظار باشیم تا مشکلی پیش آید و سپس در صورت امکان آن را برطرف کنیم.[۱۱] باید تصمیم بگیریم که در چه مراحلی از پروژه باید برای اعمال کنترل کوشید؛ چه چیزی قرار است کنترل شود؛ چگونه سنجیده خواهد شد؛ چه اندازه انحراف [Deviation] از برنامه قبل از آنکه ناگزیر به‌اقدام شویم قابل اغماض است. برای رده‌بندی این قبیل موضوع‌ها و موضوعات دیگر بهتر است رسیدگی به موضوع کنترل را با شرحی خلاصه از نظریهٔ کنترل شروع کنیم [۱۳].

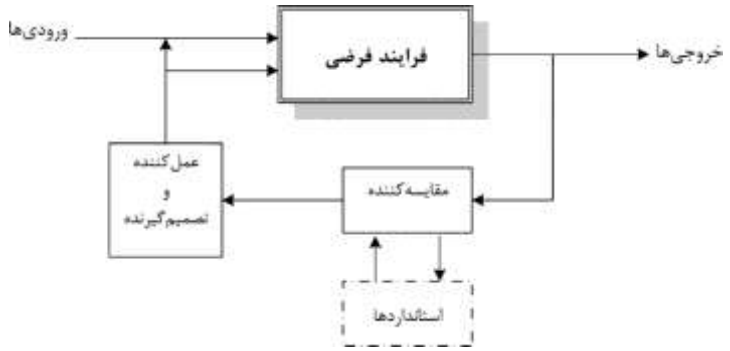
انواع رویهٔ کنترلی

صرف‌نظر از اینکه هدف پروژه چه بوده است، سه نوع سازوکار اصلی کنترل وجود دارد که می‌توانیم از آنها استفاده کنیم:

کنترل سایبرنتیک [Cybernetic]؛ کنترل برو - نرو [Go/No go]؛ پس‌کنترل [Post Control]

www.SID.ir

Arshive of SID



شکل ۱. فرایند کنترل سایبرنتیک

- کنترل سایبرنتیک

کنترل سایبرنتیک یا هدایت‌گر، نوع بسیار معمول سیستم کنترل است. خصوصیت اصلی کنترل سایبرنتیک خودکار بودن آن است (شکل ۱). شاید بتوان از سامانهٔ ناوبری هواپیما یا سیستم عصبی بدن، به‌عنوان معروف‌ترین نمونه‌های این فرایند کنترلی نام برد [۱۲].

- کنترل برو/نرو

کنترل‌های برو- نرو به‌صورت آزمونی انجام می‌گیرد تا معلوم شود که آیا پیش‌شرط مشخصی برآورده شده است یا خیر. این نوع کنترل را می‌توان به‌طور تقریبی در مورد هر جنبه‌ای از پروژه استفاده کرد [۱۷]. کنترل‌های سایبرنتیکی خودکار است و سیستم‌های فعال را به‌طور مداوم یا به‌همان نسبت که برای انجام دادن آن طراحی شده است، کنترل می‌کند. اما کنترل‌های برو - نرو فقط هنگامی که کنترل‌گر آنها را به‌کار برد، به‌کار می‌آید [۲۲، ۱۹].

- پس‌کنترل

پس‌کنترل‌ها پس از انجام دادن اقدام مورد نظر به‌کار می‌رود. برخی افراد ممکن است پس‌کنترل را به‌معنای «علاج واقعه بعد از وقوع آن» درک کنند، ولی این مفهوم به‌منزلهٔ کوششی بیهوده برای تغییر آنچه قبلاً رخ داده، نیست [۱۶]، بلکه به‌منزلهٔ پذیرش کامل این اندیشهٔ جرج سانتایانا [1] است که می‌گوید: «آنان‌که نتوانند از گذشته درس بیاموزند، محکوم به تکرار آنند». کنترل‌های سایبرنتیکی و برو - نرو در جهت تأمین هدف‌های پروژهٔ در دست اجراست. پس‌کنترل‌ها به‌منظور افزایش احتمال تأمین هدف‌های پروژه‌های آتی اعمال می‌شود [۶].

1. George Santayana

www.SID.ir

Arshive of SID

از میان روش‌های پیش‌گفته، ساختار پیشنهادی این پژوهش در زیرگروه کنترل سایبرنتیک قرار می‌گیرد.

کاستی‌های تکنیک‌های متداول کنترل پروژه

سازوکارهای مورد استفاده در نرم‌افزارهای معروف و متداول کنترل پروژه، اغلب مبتنی بر این روال است که از کاربر خواسته می‌شود درصد تکمیل هریک از فعالیت‌ها را به‌صورت دستی به نرم‌افزار بدهد؛ از این‌رو، تجزیه‌وتحلیل را بر عهدهٔ کاربر می‌گذارد و اوست که باید برپایهٔ قضاوت خویش، میزان پیشرفت هر فعالیت را تخمین بزند. همین رویکرد ساده‌انگارانه می‌تواند در اتمام به‌موقع پروژه خلل ایجاد کند و مخاطرات فراوان محیطی و اجتماعی و اقتصادی داشته باشد. در پاره‌ای از نرم‌افزارهای متداول و جهان‌شمول (مانند PRIMAVERA Project Planner) برای به‌روزرسانی از روش «ارزش کسب‌شده» [Earned Value] بهره گرفته می‌شود. در برخی دیگر از بسته‌های نرم‌افزاری (مانند FastTrack Schedule 9) مشخص می‌کنیم که تاریخ واقعی آغاز و پایان در مقابل تاریخ‌های برنامه‌ریزی‌شده چیست. سپس نرم‌افزار خود با محاسبهٔ این زمان‌ها، درصد پیشرفت را تعیین می‌کند [۱].

مدلسازی ریاضی فرایند پیشنهادی سنجش و پایش

به‌منظور کنترل مؤثر روال اجرای پروژه‌ها و کاستن از مخاطرات ناشی از بروز انحرافات (چه مثبت و چه منفی)، برپایهٔ نظریهٔ کنترل سایبرنتیک، نگارنده به مدلی برای کنترل پروژه‌ها دست یافت که فلوچارت آن در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

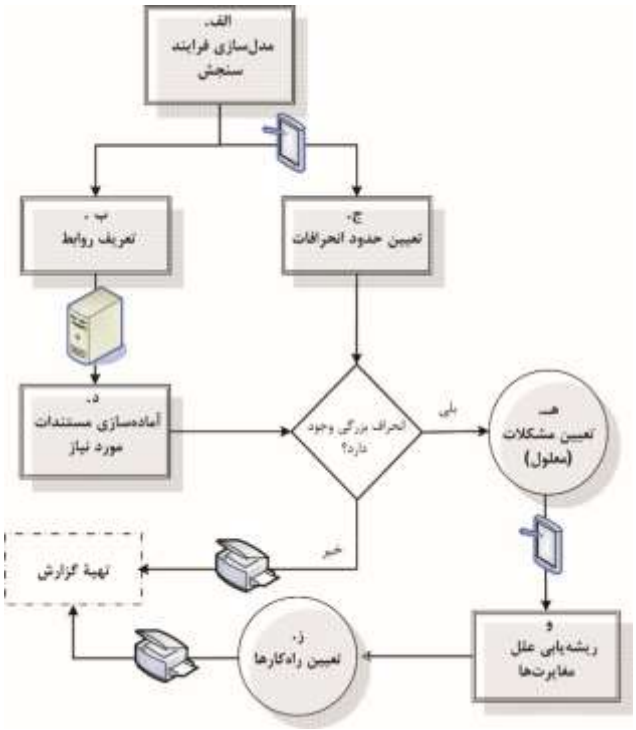
در فیزیک قضیه‌ای با عنوان «قانون فوریه در انتقال حرارتی» وجود دارد که نگارنده مبانی ذهنی طراحی فرایند سنجش متدولوژی خود را بر آن استوار کرده است؛ چراکه گذر زمان برنامه‌ریزی‌شده در پروژه را می‌توان به‌مثابهٔ انتقال یکنواخت حرارت در یک جسم هادی، و صرف هزینه در پروژه را می‌توان به‌مثابهٔ انتقال غیریکنواخت حرارت در یک نیمه‌رسانا قلمداد کرد. قانون فوریه چنین تعریف شده است:

در انتقال حرارت به‌روش هدایت حرارتی، واسطهٔ انتقال حرارت، ساکن است (جامدات). از این‌رو شدت انتقال حرارت هدایتی (مقدار گرمای منتقل‌شده در واحد زمان) متناسب با شیب دما در جسم و اندازه سطح عبوری گرماست [۱۹]؛ بنابراین ،فوریه شدت انتقال حرارت هدایتی را به‌صورت زیر بیان کرده است:

$$q = -KA\frac{\Delta T}{\Delta x} \qquad (۱)$$

www.SID.ir

Arshive of SID



شکل ۲. الگوریتم سیستم پیشنهادی

در این رابطه:

q: مقدار حرارت منتقل‌شده (برحسب $j/_s$)؛ K: ضریب هدایت گرمایی (برحسب $w/_{m°c}$)؛

A: سطح مقطع عمود بر راستای انتقال گرما (برحسب m^2)؛ ΔT: اختلاف دما (برحسب °c)؛

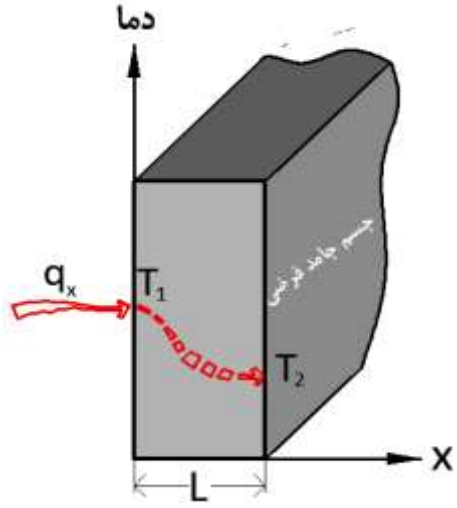
Δx: ضخامت لایه (برحسب m)

به بیان دیگر می‌توان گفت که قانون فوریه، هدایت حرارتی را در یک محیط، به هندسه، ضخامت، جنس ماده و اختلاف دما در عرض جسم وابسته می‌داند (شکل ۳). این قانون مبتنی بر تحلیل نیست بلکه یک تجربهٔ بشری است [۵].

ضریب هدایت حرارتی معیاری از قابلیت مواد در هدایت گرماست. از این‌رو هرچه مقدار عددی ضریب هدایت حرارتی جسم بزرگ‌تر باشد، جسم رساناتر است و مقدار بیشتری گرما از آن عبور می‌کند و برعکس.

www.SID.ir

Arshive of SID



شکل ۳. مکانیزم انتقال حرارت در یک جسم جامد براساس قانون فوریه.

در پروژه‌ها این ضریب هدایت حرارتی را می‌توان به‌مثابهٔ اینرسی پروژه در مقابل پیشرفت یکنواخت متصور شد. درحقیقت، میل ذاتی پروژه به بی‌نظمی و خارج شدن از چارچوب پیش‌بینی‌شده را می‌توان نوعی مقاومت حرارتی تلقی کرد که در مقابل انتقال حرارت (پیشرفت یکنواخت و پیش‌بینی‌پذیر) از خود نشان می‌دهد [۱۵].

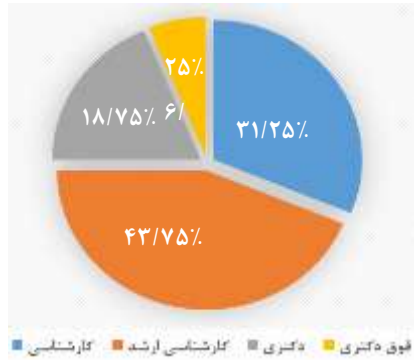
بنابراین در شبیه‌سازی فرایند کنترل پیشرفت یک پروژه می‌توان مقدار حرارت منتقل‌شده را معادل پیشرفت فعالیت مورد نظر؛ سطح مقطع جسم را معادل ضریب اهمیتی که مدیران پروژه برای فعالیت مورد نظر نسبت به دیگر فعالیت‌ها قائل می‌شوند؛ اختلاف دما را معادل درصد پیشرفت فیزیکی مورد نظر در دامنهٔ زمانی تحت بررسی؛ و ضخامت جسم را معادل نسبت گسترهٔ [Scope] فعالیت به کل پروژه انگاشت [۹].

قضاوت خبرگان

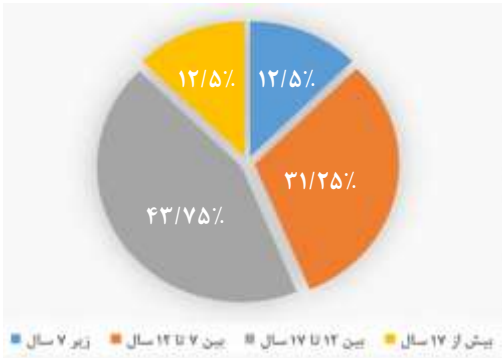
پس از شبیه‌سازی و پیشنهاد الگوی سنجش پیش‌گفته، در قالب پرسشنامه برای خبرگان حوزه (اغلب، مدیران پروژهٔ با سابقهٔ بیش از هفت سال در پروژه‌های متوسط و بزرگ‌مقیاس) ارسال شد که ویژگی جامعهٔ آماری و نتیجهٔ بررسی و اظهار نظر آنها در شکل‌های ۴ تا ۷ آورده شده است.

www.SID.ir

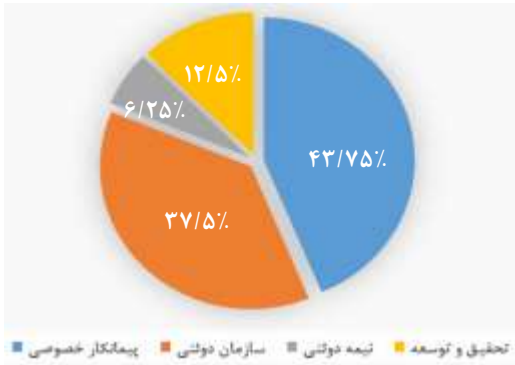
Arshive of SID



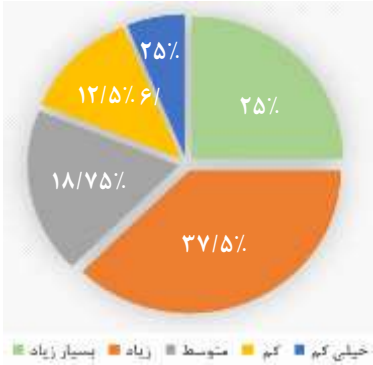
شکل ۴. نمودار سطح تحصیلات خبرگان



شکل ۵. نمودار سابقهٔ اجرایی- فنی خبرگان



شکل ۶. نمودار حوزهٔ فعالیت خبرگان



شکل ۷. نمودار نتیجهٔ داوری خبرگان

اعتبارسنجی الگوی پیشنهادی در پروژه‌های واقعی

نگارنده با هدف اعتبارسنجی و بررسی میزان عملیاتی بودن روش پیشنهادی خود، در چند پروژه‌ای که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم با آنها درگیر بود و به اطلاعات آنها دسترسی داشت، به سنجش و پایش پیشرفت این پروژه‌ها در مقایسه با روش‌های متداول پرداخت که نتایج این مقایسه در جدول‌های ۱ و ۲ گردآوری شده است.

نتیجهٔ حاصل از مقایسهٔ استفاده از روش پیشنهادی و روش‌های متداول به‌شرح جدول ۲ است. در جدول ۲، مقایسهٔ تفاوت انحرافات به‌وقوع پیوسته خلال مدیریت و پایش پروژه‌های یادشده ناشی از به‌کارگیری دو روش سنتی و روش پیشنهادی نگارنده در حوزه‌های زمان و هزینه به‌تفکیک مشاهده می‌شود.

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۱. جزئیات پروژه‌های اجرایی که در آنها روش پیشنهادی آزمایش شد

نام پروژه	کارفرما	پیمانکار	نوع قرارداد	پروژه	زیربنا
مجتمع مسکونی ۱۰۰ واحدی جزیرهٔ سیری	شرکت نفت فلات قاره	دال‌گستر بیستون	EPC	مسکونی	۱۴۰۰۰m^2
مجموعهٔ اداری جزیرهٔ لاوان	شرکت نفت فلات قاره	دال‌گستر بیستون	Lump Sum	اداری	۹۰۰۰m^2
هلی‌پورت جزیرهٔ لاوان	شرکت نفت فلات قاره	دال‌گستر بیستون	EPC	فرودگاهی	۸۵۰۰m^2
مجتمع مسکونی نیاوران	هدایتی	دانش‌منفرد و مشایخی	Turnkey	مسکونی	۲۰۰۰m^2
راهسازی و جدول‌گذاری مسیر کنگان به دیر	پارس شمالی	گاز بتن	سه عاملی	راه	۳۱۷۰۰m^2

جدول ۲. جزئیات پروژه‌های اجرایی که در آنها روش پیشنهادی آزمایش شد

نام پروژه	روش سنجش و پایش	انحراف زمانی نسبت به برنامه (٪)	انحراف مالی نسبت به برنامه (٪)
مجتمع مسکونی ۱۰۰ واحدی جزیرهٔ سیری	درصد پیشرفت فیزیکی	+۱۴	+۱۸/۲۳
	شبیه‌سازی هدایت حرارت	+۴/۳۲	+۶/۳۷
مجموعه اداری جزیرهٔ لاوان	EVA	+۷/۱	+۴/۸۷
	شبیه‌سازی هدایت حرارت	+۵/۵۶	+۵/۱۲
هلی‌پورت جزیرهٔ لاوان	EVA	-۱۲/۳۵	+۲۴/۳
	شبیه‌سازی هدایت حرارت	-۷/۳۹	+۱۳/۴۶
مجتمع مسکونی نیاوران	درصد پیشرفت فیزیکی	-۷/۱۹	+۸/۹۷
	شبیه‌سازی هدایت حرارت	-۴/۲۷	+۴/۳۲
راهسازی و جدول‌گذاری مسیر کنگان به دیر	درصد پیشرفت وزنی	+۱۸/۳۹	+۲۳/۹۳
	شبیه‌سازی هدایت حرارت	+۸/۱۴	+۹/۳۲

تحلیل اقتصادی خسارت ناشی از مدیریت برمبنای روش پیشنهادی در پروژه‌های پیش‌گفته در قیاس با روش‌های سنتی، گواهی آشکار بر ضرورت به‌کارگیری روش‌های مدیریت دقیق مبتنی بر شبیه‌سازی‌های روزآمد را بیش از پیش نمایان می‌کند. این تحلیل اقتصادی خسارت در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است.

با ضرب کردن تفاوت انحراف مالی به‌وقوع‌پیوسته در پروژه‌ها در عدد کلی هزینهٔ پروژه،

www.SID.ir

Arshive of SID

تفاوت به‌کارگیری روش‌های مدیریتی در کاهش مخاطرات اقتصادی و خسارت مالی عیان می‌شود (جدول ۴).

جدول ۳. تحلیل اقتصادی خسارت تأخیرات در به‌کارگیری روش‌های مختلف

نام پروژه	خسارت اقتصادی ناشی از انحرافات در مدیریت به روش معمول (درصد از کل هزینهٔ پروژه)	خسارت اقصادی ناشی از انحرافات در مدیریت به روش پیشنهادی (درصد از کل هزینهٔ پروژه)	تفاوت دو روش
مجتمع مسکونی ۱۰۰ واحدی جزیرهٔ سیری	+۱۸/۲۳	+۶/۳۷	۱۱/۸۶
مجموعهٔ اداری لاوان	+۴/۸۷	+۵/۱۲	۰/۲۵
هلی‌پورت جزیرهٔ لاوان	+۲۴/۳	+۱۳/۴۶	۱۰/۸۴
مجتمع مسکونی نیاوران	+۸/۹۷	+۴/۳۲	۴/۶۵
راهسازی و جدول‌گذاری مسیر کنگان به دیر	+۲۳/۹۳	+۹/۳۲	۱۴/۶۱

جدول ۴. کاهش/افزایش مخاطرهٔ ناشی از خسارت (صرفه‌جویی/اضافهٔ هزینه‌کرد)

نام پروژه	خسارت اقتصادی ناشی از انحرافات در مدیریت به روش معمول (ریال)	خسارت اقصادی ناشی از انحرافات در مدیریت به روش پیشنهادی (ریال)	تفاوت دو روش (ریال)
مجتمع مسکونی ۱۰۰ واحدی جزیرهٔ سیری	۱۸/۲۳ میلیارد	۶/۳۷ میلیارد	۱۱/۸۶ میلیارد صرفه‌جویی
مجموعهٔ اداری لاوان	۳/۸۹۶ میلیارد	۴/۰۹ میلیارد	۰/۱۹ میلیارد اضافه هزینه‌کرد
هلی‌پورت جزیرهٔ لاوان	۱۵/۷۹۵ میلیارد	۸/۷۴۹ میلیارد	۷/۰۴۶ میلیارد صرفه‌جویی
مجتمع مسکونی نیاوران	۲/۰۱۸ میلیارد	۰/۹۷۲ میلیارد	۱/۰۴۶ میلیارد صرفه‌جویی
راهسازی و جدول‌گذاری مسیر کنگان به دیر	۳/۵۸۹ میلیارد	۱/۳۹۸ میلیارد	۲/۱۹۱ میلیارد صرفه‌جویی

www.SID.ir

Arshive of SID

نتیجه‌گیری

کنترل، نظارت بر اجرای کار به‌منظور تطبیق چگونگی آن با آنچه از پیش‌تعیین‌شده، است. پس از اینکه برنامه‌ریزی صورت پذیرفت، می‌توان گفت کنترل، نظارت بر حسن اجرای برنامه در عمل است. به بیان دیگر می‌توان گفت کنترل، عبارت است از پیدا کردن دلایل واقعی ایجاد مغایرت‌ها و انحرافات بین آنچه رخ داده و آنچه برنامه‌ریزی شده است.

با بررسی نرم‌افزارهای متداول و معروف برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، می‌توان دریافت که سنجش پیشرفت فعالیت‌ها به‌طور ساده محاسبه می‌شود و مبتنی بر قضاوت فردی کاربر است؛ بدین ترتیب که در اکثر این بسته‌های نرم‌افزاری از کاربر خواسته می‌شود به گمانه‌زنی بپردازد و عددی بین صفر تا صد را به‌عنوان درصد تکمیل هر فعالیت لحاظ کند و نرم‌افزار این عدد غیردقیق را اساس محاسبات آتی خود قرار می‌دهد. این امر (سنجش فعالیت‌ها در فضایی غیرواقعی و کم‌دقت) یکی از دلایل رخداد تأخیرات در روند اجرای پروژه‌هاست.

نظر به اینکه برای انجام دادن هر فعالیت، زمان و منابع - اعم از مالی و غیرمالی- مصرف می‌شود، باید پیشرفت هر بستهٔ کاری با توجه به مصرف منابع و گذشت زمان بررسی شود [۱۶]. از این‌رو، به طراحی روشی اصولی و دقیق که با دقت زیادی پیشرفت فعالیت‌ها را محاسبه کند، نیاز است تا به‌کمک آن از تأخیر پروژه‌ها و مخاطرات تبعی آن کاسته شود (شبیه دیدگاه سپر ضربه‌گیر در مخاطره‌شناسی مبتنی بر ساختار [۳]). در الگوریتم پیشنهادی پژوهش حاضر، به‌منظور تعریف روابط که محور تحقیق است، برپایهٔ یکی از قضایای فیزیک، موسوم به قضیهٔ انتقال حرارت، فرمول‌هایی برای سنجش پیشرفت فعالیت در حوزه‌های زمان و هزینه پیشنهاد شد که انتظار می‌رود دقیق‌تر و جامع‌تر باشد و کلیهٔ عوامل دخیل در روند فعالیت را به‌گونه‌ای هماهنگ و همزمان بررسی کند تا از رهگذر این پویش، دقیق‌تر انحرافات و تأخیرات پروژه‌ها را کاهش داد و به‌تبع آن از مخاطرات اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و روانی ناشی از آنها به‌نحو مؤثری کاست. در انتها، تلاش صورت‌گرفته در زمینهٔ کاهش مخاطرات (به‌تبع بهره‌گیری از روش الهام‌گرفته‌شده از طبیعت پیشنهادی) در پروژه‌های پیش‌گفته، به‌شرح زیر خلاصه می‌شود:

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول ۵. تأثیر بهره‌گیری از مدل پیشنهادی در زمینهٔ کاهش مخاطرات محیطی

نام پروژه	تفاوت انحرافات زمانی نسبت به روش متداول	نوع مخاطرات کاهش‌یافته	تفاوت انحرافات مالی نسبت به روش متداول	نوع مخاطرات کاهش‌یافته
مجتمع مسکونی سیری	+۹/۶۸٪	زیست‌محیطی/اجتماعی	+۱۱/۸۶٪	اقتصادی/اجتماعی
مجموعهٔ اداری لاوان	+۱/۵۴٪	زیست‌محیطی/اقتصادی	-۰/۲۵٪	اقتصادی/اجتماعی
هلی‌پورت لاوان	-۴/۹۶٪	محیطی/اجتماعی/اقتصادی	+۱۰/۸۴٪	اجتماعی/محیطی
مجتمع نیاوران	-۲/۹۲٪	اقتصادی	+۴/۶۵٪	اقتصادی
مسیر کنگان به دیر	+۱۰/۲۵٪	زیست‌محیطی/اجتماعی	-۳۳/۲۵٪	زیست‌محیطی

منابع

[۱]. سروش‌نیا، احسان (۱۳۸۷). «طراحی متدولوژی نرم‌افزاری سنجش پیشرفت پروژه». پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

[۲]. علی‌اکبری، محمدحسین (۱۳۹۵). «بودجهٔ ۹۶ در ترازوی کارشناسی، کد خبر :۲۶۴۴۶۲۲۴۳۵۲۱۵۰۶۴۶۵۱». جام جم، دوشنبه ۱۵ آذر ۱۳۹۵.

[۳]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۳). *دانش مخاطرات (برای زندگی با کیفیت بهتر و محیط پایدارتر)*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران

[4]. Alam, M. D.; Gühl, U. F. (2016). *Projec Management in Practice*. Springer. p.35.

[5]. Anthony R. N. ; Govindarajan V. (2003). "Management Control Systems". 11th edn. New York. McGraw-Hill. Cammann. C. & Nadler. D. A. (1976 Jan-Feb). *Fit Control Systems to Your Management. Harvard Business review*. p.241.

[6]. Bergman, T. L.; Lavine, Adrienne S. (2015). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 7th edn., Wiley & Sons:76.

[7]. Carter, G.; Smith, S.D. (2006). "Safety Hazard Identification on Construction Projects". *Journal of Construction Engineering and Management*. ISSN (print): 0733-9364 | ISSN (online): 1943-7862 Volume 132 Issue 2 - February 2006. DOI: http://dx.doi.org/10.1061/ (ASCE) 0733-9364(2006)132:2(197). pp. 234-235.

[8]. Cooke, H.S.; Tate, K. (2005). *the McGraw-Hill 36-Hour Course Project Management*. New York. McGraw-Hill: 57.

www.SID.ir

Arshive of SID

[9]. Eriksson, P.; Lind, H. (2015). "Moral hazard and construction procurement: A conceptual framework". *Journal of Procurement for Sustainable Innovations in the Built Environment.* Volume 76 Issue 3: 82.
[10]. Gardiner, P. D. (2005). *Project Management (A strategic Planning Approach)*. 1st edn., Hampshire. Palgrave Macmillan: 40.
[11]. Gray C. F. ; Larson E. W. (2003). *Project Management (The Managerial Process)*. 2nd edn., New York. McGraw-Hill: 134-138.
[12]. Handzic, M.; Bassi, A. (Eds.). (2017). *Knowledge and Project Management (A Shared Approach to Improve Performance).* Springer: 19.
[13]. Higging, J. C. ; Finn, R. (1976). *Managerial Attitudes toward Computer Models for Planning and Control*. long Range Planning: 430.
[14]. Lester, A. (2017). *Project Management. Planning and Control*. 7th edn.. Elsevier: 371.
[15]. Lienhard, J.H. (2012). *A Heat Transfer Textbook: Fourth Edn. (Dover Civil and Mechanical Engineering)*. 4th Edn.. Wiley & Sons: 159.
[16]. Meredith, J.R.; Shafer, Scott M.; Mantel, Samuel J.; Stone, Margaret M. (2016). *Project Management in Practice*. 6th Edn. Wiley: 423.
[17]. Morris, P.W.G. (2013). *Reconstructing Project Management*. Wiley: 8.
[18]. Reid. A. (1999). *Project Management: Getting It Right.* 1st edn.. Elsevier: 19.
[19]. Sabul, S. (2012). "Case Studies in Mechanical Engineering: Decision Making. Thermodynamics". Fluid Mechanics and Heat Transfer. 1st edn. Wiley: 190.
[20]. Sholarin, E.A.; Awange, J.L. (2015). *Environmental Project Management*. Springer: 341.
[21]. Thamhain, H. J. (2007). "The New Project Management Software and Its Impact on Management Style". *Project Management Journal*: 59.
[22]. Turner, J.R. (1993). *the Handbook of Project-Based Management. Berkshire.* McGraw-Hill: 64.
[23]. Walker, A. (2015). *Project Management in Construction.* 6th Edn. Wiley: 340.

www.SID.ir