Archive of SID

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۴۹، شماره ۱، سال ۱۳۹۶، صفحات ۱۸۵ تا ۱۹۵
DOI: 10.22060/ceej.2016.703

ارائه الگویی برای پیش‌بینی میزان موفقیت پروژه‌های عمرانی با تلفیق تکنیک طراحی آزمایش‌های تاگوچی و تاکسونومی خاکستری

سید محمود زنجیرچی*، فاطمه عزیزی، مریم امانی

[۱] دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
[۲] دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
[۳] دانشکده مدیریت (پردیس فارابی)، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده: با گسترش روزافزون صنعت ساخت‌وساز و نیاز فزاینده جوامع به پروژه‌های عمرانی بزرگ، تعیین عوامل مؤثر در موفقیت این پروژه‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار است. حوزه پژوهش در زمینه استفاده از نظریه سامانه خاکستری و تصمیم‌گیری چندمعیاره یک حوزه نسبتاً جدیدی است. در این تحقیق، از تلفیق دو روش تاگوچی و تاکسونومی خاکستری به منظور پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه‌ها استفاده شده است. به این منظور، در ابتدا معیارهای مناسب در این زمینه تعیین و پس از جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از روش تاگوچی خاکستری، وزن مربوط به هر معیار تعیین شده است. از بین ۱۷ معیار مؤثر بر پیشرفت پروژه‌های عمرانی، معیارهای تولید کارخانه‌ای، پرداخت‌های انجام‌شده توسط کارفرما و انواع اضافه‌کاری‌ها، اهمیت وزنی بیشتری را به خود اختصاص دادند. سپس با استفاده از روش تاکسونومی خاکستری میزان پیشرفت پروژه‌های عمرانی پیش‌بینی شد. سازه‌های LSF (که در این تحقیق با عنوان تولید کارخانه‌ای بیان شده است)، نقش مهمی در میزان پیشرفت پروژه‌ها به دلیل افزایش در سرعت انجام پروژه‌ها دارد. در نهایت، راهکارهای لازم در ارتباط با افزایش میزان پیشرفت پروژه به مدیران شرکت ارائه شده است.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۲۷ تیر ۱۳۹۳
بازنگری: ۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۴
پذیرش: ۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۵
ارائه آنلاین: ۶ شهریور ۱۳۹۵

کلمات کلیدی:
پروژه‌های عمرانی
موفقیت پروژه‌های عمرانی
نظریه خاکستری
تاگوچی خاکستری
تاکسونومی خاکستری

۱- مروری بر ادبیات تحقیق

۱- ۱- مقدمه

امروزه بخش عمده سرمایه هر کشور (به ویژه کشورهای در حال توسعه) به پروژه‌های عمرانی و زیربنایی آن اختصاص دارد. یکی از عوامل رشد و توسعه اقتصادی هر جامعه، موفقیت در اجرای پروژه‌های عمرانی آن محسوب می‌شود [۱].

مهم‌ترین مسئولیت و هدف هر مدیر پروژه، اجرای به موقع مطابق با بودجه و با درنظر گرفتن عملکرد برنامه‌ریزی شده است. موفقیت پروژه‌ها به زمان‌بندی صحیح اهداف، دستیابی به برنامه‌های مالی و کنترل درست برای رسیدن به کیفیت مناسب بستگی دارد [۲،۳].

اکثر پروژه‌ها با وجود داشتن مشاور، پیمانکار و نظارت کارفرما، با تنگناها و نارسائی‌هایی از قبیل افزایش هزینه، تأخیر در اجرا و دیگر مسائل جانبی مواجه شده‌اند و این امر، سبب سنگین‌شدن گردش کار و در برخی موارد منجر به توقف پروژه می‌شود [۴].

یکی از مشخصه‌های توسعه اقتصادی هر کشور، طرح‌های عمرانی آن است که به عنوان معیار و شاخصی عمده در رونق اقتصادی آن کشور مورد بررسی قرارمی‌گیرد. بنابراین، پیشرفت، رفاه و تعالی یک ملت وابستگی بسیاری به موفقیت طرح‌های عمرانی آن کشور دارد و موفقیت در اجرای طرح‌های عمرانی، سازوکارها و عواملی را می‌طلبد تا چرخه امور به نحو مطلوب با کمترین هزینه و بیشترین سود به پایان برسد.

پروژه‌های عمرانی کارهای پیچیده‌ای هستند. این پروژه‌ها به ناگزیر با مجموعه‌ای از نقشه‌ها و مشخصات فنی تشریح می‌شوند و توسط پیمانکاری اصلی و تعدادی پیمانکار دست دوم (جزء) اجرا می‌شوند که بسیاری از آن‌ها از قبل با یکدیگر کار نکرده‌اند. جنبه‌های منحصر به فرد هر پروژه و مجموعه تشکیل‌دهنده هر تیم از عوامل معمول عدم توافق‌هایی است که رخ می‌دهند [۵].

مدیریت پروژه از ابزارهای ویژه‌ای برای موفقیت فعالیت‌های پیچیده مانند پروژه‌ها است. موفقیت مدیریت پروژه به نتایج نهایی پروژه‌ها مربوط می‌شود. اهداف مدیریت پروژه شامل کنترل زمان، هزینه و میزان پیشرفت پروژه‌ها است. در واقع مدیریت پروژه فرایندی در جهت کنترل موفقیت در دستیابی به اهداف پروژه است [۶].

موفقیت پروژه‌های عمرانی، موفقیت در اهداف خاص مدیریت پروژه

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: zanjirchi@yazd.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

از طریق مصرف منابع برای انجام فعالیت‌ها و وظایف است [۷]. به عبارتی دیگر، موفقیت یک پروژه از نظر هزینه، زمان و اهداف کیفیت به موفقیت در مدیریت پروژه بستگی دارد [۲].

عموماً، اطلاعات مربوط به ترجیح‌های تصمیم‌گیرندگان در ارتباط با معیارها و به دلیل‌های مختلف بر اساس قضاوت کیفی آن‌ها بیان می‌شود. در عمل نیز قضاوت تصمیم‌گیرندگان اغلب نامطمئن است و به وسیله مقادیر عددی دقیق قابل بیان نیستند. بنابراین، به منظور مواجهه با پیچیدگی‌های این‌گونه مسائل تصمیم‌گیری، استفاده از رویکردهای جدید و بین‌رشته‌ای امری ضروری است. نظریه خاکستری یکی از روش‌هایی است که برای مطالعه عدم اطمینان و ناکامل‌بودن اطلاعات بکار می‌رود [۸]. حوزه پژوهش در زمینه استفاده از نظریه سامانه خاکستری و تصمیم‌گیری چندمعیاره یک حوزه نسبتاً جدید است.

۱- ۲- مبانی نظری پژوهش

عملکرد و موفقیت پروژه‌های عمرانی (به ویژه در کشورهای در حال توسعه) به دلایل زیادی مناسب نیست. پژوهش‌های متعدد معیارهایی مانند زمان تأخیر، بالابودن هزینه‌ها، کیفیت، امنیت و بهره‌وری را برای بررسی موفقیت و عملکرد پروژه‌ها درنظر گرفته‌اند [۹].

پیمانکاران در پروژه‌های عمرانی به بیشینه‌کردن سود خود برای رشد بازار تمایل دارند. به منظور دستیابی به این هدف، شناسایی عواملی که در موفقیت پروژه‌ها تأثیرگذار هستند، اهمیت فراوانی دارد [۱۰]. در ادامه، به مرور برخی تحقیقات انجام‌شده در زمینه معیارهای مؤثر در موفقیت پروژه‌های عمرانی پرداخته شده است.

موضوع افزایش زمان اجرای پروژه‌ها در مقایسه با برآوردهای اولیه از موضوعات مهمی است که بررسی علل آن از دیدگاه مدیریت ضروری به نظر می‌رسد [۴]. معیار تأخیر زمانی در میزان سودآوری اکثر پروژه‌های عمرانی تأثیرگذار است. تأخیر در پروژه‌های عمرانی با عملکرد زمان، هزینه و کیفیت در ارتباط است. برنامه زمانی به دلیل تأثیری که در موفقیت پروژه‌های عمرانی دارد، نقش کلیدی را در مدیریت پروژه ایفا می‌کند. تأخیر در پروژه‌های عمرانی سبب افزایش هزینه‌ها، تأخیر در تکمیل پروژه‌ها، بهره‌وری پایین و فسخ قرارداد می‌شود. بنابراین، تأخیر در پروژه‌های عمرانی سبب نارضایتی تمامی گروه‌های درگیر در پروژه خواهد شد [۱۰].

از آن‌جایی که برنامه‌ریزی و کنترل پروژه جنبه‌های مختلفی مانند تنظیم اهداف، مدیریت ریسک، رویه‌های مدیریت و مدیریت تغییر را شامل می‌شود، در موفقیت پروژه‌های عمرانی تأثیر بسیاری دارد. پروژه‌های عمرانی در مقیاس گسترده به دقت بالایی از طریق برنامه‌ریزی قبل از عملیات اجرایی نیاز دارند و در زمان انجام پروژه نیز کنترل آن حائز اهمیت است. با پرداختن به برنامه‌ریزی در شرایط اضطراری و کنترل احتمالی، پروژه به نتایج مورد انتظار دست نخواهد یافت [۷].

نیروی انسانی یک منبع مهم در پروژه‌های عمرانی محسوب می‌شود. این معیار سایر منابع مانند مواد، تجهیزات و منابع مالی را برای انجام این پروژه‌ها بکار می‌گیرد. نیروی انسانی به بهبود کنترل مواد، هزینه ساخت و سودآوری کمک می‌کند [۱۱].

موفقیت پروژه‌های عمرانی وابستگی بسیاری به پیمانکاران دارد. انتخاب پیمانکاران مناسب نه تنها سبب اطمینان از کیفیت کلی پروژه می‌شود، بلکه فرصتی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها است [۲].

عامل تعهد یک ویژگی ضروری در موفقیت هر پروژه است [۱۲]. نظارت و بازخور به وسیله مدیر پروژه، نشان‌دهنده عامل تعهد در پروژه است. در واقع، مدیر پروژه با واگذاری اختیار به سایر اعضای تیم پروژه، میزان تعهد خود را نشان می‌دهد [۱۳].

معیار تهیه مواد در پروژه‌های عمرانی به معنی مدیریت تهیه مواد مؤثر از بخش پیمانکاران است. در پروژه‌ها باید سامانه تهیه مواد کارا و مؤثر ایجاد شود. تهیه مواد سبب ایجاد تأخیر در پروژه‌های عمرانی می‌شود. بنابراین، فرایند تهیه مواد در پروژه‌ها به منظور جلوگیری از تأخیر در عرضه باید بهبود پیدا کند.

آب و هوای مرطوب مانع از انجام فرایندهای ساختمانی مختلف می‌شود. تعداد زیادی از شغل‌های مربوط به یک پروژه به دلیل بارش باران مختل می‌شود. لازم به ذکر است که این موضوع، به نوع کار انجام‌شده توسط آن‌ها، وضعیت زمین و سایر متغیرهای مربوط به آب و هوا بستگی دارد. شرایط آب و هوایی گرم و سرد بر کارایی افراد و عملکرد شغلی آن‌ها تأثیرگذار است. مطالعات انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهند که اگرچه بدن انسان ظرفیت قابل توجهی در تطبیق با شرایط آب و هوایی مختلف دارد، اما این شرایط سبب کاهش در توانایی و عملکرد می‌شود.

دوباره‌کاری در پروژه‌های عمرانی به منزله انجام برخی از کارها در یک زمان اضافی به دلیل عدم انطباق با نیازها بوده و ناشی از خطاها، شکست، خطر و تغییر سفارش‌ها است.

مدیریت جریان نقدینگی ابزاری کارآمد برای پیمانکاران است که سودآوری پروژه‌ها را تضمین می‌کند. پیمانکاران با پیش‌بینی مناسب جریان نقدینگی می‌توانند برنامه‌ریزی پروژه را به نحوی انجام دهند که از منابع مالی به صورت بهینه استفاده شود [۱۴].

در ادامه به شماری از پژوهش‌هایی که به پیش‌بینی پروژه‌های عمرانی پرداختند، اشاره شده است.

۱- ۳- پیشینه پژوهش

گررو و همکاران[1] (۲۰۱۳) در تحقیقی با بررسی ۱۶۸ پروژه ساختمانسازی که در اسپانیا انجام شده است و نیز با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه، مدلی را به منظور پیش‌بینی و تخمین طول مدت پروژه‌ها ارائه کردند. در مدل ارائه‌شده نوع پروژه، مساحت طبقات، رابطه بین هزینه و مساحت طبقات و تعداد طبقات به عنوان متغیرهای پیش‌بینی‌کننده استفاده

[1] M. A. Guerrero et al.

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. در این تحقیق، میزان ثبات مقادیر پیش‌بینی‌شده نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است [۱۵].

در تحقیق دیگری، چان و چان[1] (۲۰۰۴) به ارائه مدلی با استفاده از رگرسیون چندگانه برای پیش‌بینی زمان انجام پروژه‌ها در هنگ‌کنگ پرداختند. به منظور شناسایی عوامل تأثیرگذار بر زمان انجام پروژه، از پرسشنامه استفاده شده است. نتایج نشان داد که طول مدت انجام پروژه از طریق یک مجموعه از عوامل کلیدی قابل مدلسازی است. داده‌های بدست‌آمده از مدل ارائه‌شده در این تحقیق، با داده‌های واقعی مربوط به طول مدت زمان انجام پروژه مورد مقایسه قرار گرفته است [۱۶].

در تحقیقی دیگر، چووآ و همکاران[2] (۱۹۹۷) عوامل کلیدی موفقیت پروژه در ارتباط با دستیابی به عملکرد موفقیت‌آمیز در زمینه بودجه را با استفاده از شبکه‌های عصبی شناسایی کرده‌اند. مدل ارائه‌شده در این تحقیق، می‌تواند به عنوان ابزاری به منظور پیش‌بینی عملکرد بودجه پروژه‌های ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مدل ارائه‌شده با داشتن اطلاعات ناکافی از ورودی‌ها نیز قابل استفاده است [۱۷].

پیودم و همکاران[3] (۲۰۰۹) در تحقیقی دیگر با استفاده از شبکه‌های عصبی، مدلی را به منظور پیش‌بینی بودجه و طول مدت انجام پروژه‌های عمرانی مربوط به ساخت بزرگراه‌ها در طول مراحل ساخت ارائه دادند. در این تحقیق، عوامل تأثیرگذار بر بودجه و طول مدت پروژه استخراج شده است. مدل ارائه‌شده در این پژوهش برای پیش‌بینی طول مدت و بودجه مربوط به پروژه‌های عمرانی به مدیران پروژه کمک خواهد کرد [۱۸].

در تحقیق دیگری، اودینکا و همکاران[4] (۲۰۱۲)، عوامل ریسک قابل توجه در پیش‌بینی هزینه‌های پروژه را شناسایی کردند. هدف این تحقیق، توسعه مدل‌های رگرسیون چندگانه به منظور ارزیابی تأثیرهای ریسک‌های شناسایی‌شده در پیش‌بینی پیشرفت پروژه‌ها است. در این تحقیق، امکان مقایسه بین هزینه‌های پیش‌بینی‌شده و واقعی با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بر اساس عوامل ریسک فراهم شده است [۱۹].

در پژوهشی دیگر، روانشادنیا و همکاران[5] (۲۰۰۷) به پیش‌بینی جریان نقدینگی پروژه‌های ساخت‌وساز پرداختند. در این تحقیق، اثر جریان نقدینگی ورودی و خروجی پیمانکار در پروژه با لحاظ‌کردن اثرهای تأخیرها و تأمین مالی احتمالی مورد توجه قرارگرفته است. در نهایت، معادلات لازم برای پیش‌بینی جریان نقدینگی در پروژه‌های عمرانی اعم از تجاری، مسکونی، اداری، آموزشی و صنعتی ارائه شده است [۱۴].

عباس‌نیا و همکاران[6] (۲۰۰۸) با هدف کاهش هزینه‌های تأمین مصالح بر اساس مدیریت و برنامه‌ریزی مصالح مورد نیاز در پروژه‌های عمرانی، روشی را پیشنهاد کردند که طی آن، با بهره‌گیری از یک شبکه عصبی مصنوعی، داده‌های ورودی مربوط برای دوره‌های آتی پروژه با استفاده از تحلیل ریسک مهیا شده و پیش‌بینی هزینه‌های تهیه و نگهداری مصالح در طول دوره اجرای پروژه در حالت‌های مختلف انجام می‌شود [۲۰].

در تحقیق گل‌پیرا و مرادی[7] (۲۰۱۰)، روشی به منظور محاسبه میزان پیشرفت دقیق پروژه‌ها ارائه شده است. برای این منظور، فعالیت‌های پروژه با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی و تاپسیس ارزش‌گذاری شده و پس از نرمال‌سازی، از آن‌ها برای دستیابی به درصد پیشرفت واقعی‌تر و صحیح‌تر استفاده شده است. در نهایت برای اثبات صحت و بهبودی روش مورد استفاده در این تحقیق، مدل ارائه‌شده در یک پروژه عملی به صورت موردی پیاده‌سازی شده است [۳].

در پژوهش حاضر، از تلفیق دو روش تاگوچی و تاکسونومی خاکستری به منظور پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه‌ها استفاده شده است. بنابراین، میزان پیشرفت پروژه‌ها با توجه به نتایج حاصل از تاکسونومی پیش‌بینی شده و راهکارهای لازم در زمینه افزایش میزان پیشرفت پروژه در پروژه‌هایی که میزان آن کم است، به مدیران شرکت ارائه شده است. برای این منظور، در ابتدا معیارهای مناسب در این زمینه جمع‌آوری شد. سپس پرسشنامه‌ها در اختیار ۴ نفر از خبرگان شرکت قرار گرفت و پس از جمع‌آوری اطلاعات، وزن مربوط به هر معیار با استفاده از روش تاگوچی خاکستری تعیین شد. در نهایت، میزان پیشرفت ۱۲ پروژه با استفاده از روش تاکسونومی خاکستری پیش‌بینی شده است.

۲- روش تحقیق

نوع تحقیق حاضر از لحاظ هدف، کاربردی است و با رویکرد میدانی-پیمایشی انجام می‌شود. در این تحقیق، از یک پرسشنامه به منظور تعیین سهم مشارکت هر یک از معیارهای مؤثر بر میزان پیشرفت پروژه و یک پرسشنامه تاکسونومی برای پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه‌ها استفاده شده است. در پرسشنامه تاکسونومی، ۱۲ پروژه با درنظر گرفتن ۱۷ معیار مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. پرسشنامه‌ها در اختیار ۴ نفر از خبرگان شرکت قرار گرفت که سابقه کاری و تحصیلات آن‌ها مطابق با جدول ۱ است.

پس از جمع‌آوری اطلاعات، وزن مربوط به هر معیار با استفاده از روش

جدول ۱: اطلاعات خبرگان

Table1. Expert Information

	سابقه کاری	تحصیلات
خبره ۱	۳ سال	مهندس مکانیک
خبره ۲	۵ سال	ارشد مهندسی عمران
خبره ۳	۴ سال	مهندس عمران
خبره ۴	۳ سال	مدیریت

[1] A. P. C. Chan & D. W. M. Chan
[2] D. K. H. Chua et al.
[3] W. Pewdum et al.
[4] H. Odeyinka et al.
[5] M. Ravanshadonya et al.
[6] R. Abbasnia et al.
[7] H. Golpira & V. Moradi

www.SID.ir

Archive of SID

تاگوچی خاکستری تعیین شد. در نهایت، میزان پیشرفت ۱۲ پروژه با استفاده از روش تاکسونومی خاکستری پیش‌بینی شده است. با توجه به نتایج حاصل از تاکسونومی، میزان پیشرفت پروژه‌ها پیش‌بینی شده و راهکارهای لازم در ارتباط با افزایش میزان پیشرفت پروژه در پروژه‌هایی که میزان آن کم است، به مدیران شرکت ارائه شده است. در ادامه، مراحل اجرایی تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳- روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

۳- ۱- نظریه مجموعه‌های خاکستری

نظریه خاکستری[1] در سال ۱۹۸۲ توسط دنگ[2] مطرح شد. این نظریه در تصمیم‌گیری در شرایط وجود اطلاعات ناقص مورد استفاده قرار می‌گیرد و در مواردی مانند تجزیه و تحلیل، مدلسازی، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری و کنترل، به دفعات مورد استفاده قرار گرفته است [۲۱].

فرض کنید که X یک مجموعه مرجع جهانی باشد. در این صورت، یک مجموعه خاکستری G از X بر حسب دو ضابطه $\mu_G(x)$ و $\overline{\mu_G}(x)$ تعریف می‌شود.

اعداد خاکستری زیر را درنظر بگیرید:

$$\otimes_1 \in [a,b],\ a<b;\quad \otimes_2 \in [c,d],\ c<d \qquad (۱)$$

در این تحقیق، از روابط خاکستری زیر استفاده شده است. به منظور انجام محاسبات بر روی اعداد خاکستری بازه‌ای، این روابط بکار برده شده است.

- جمع اعداد خاکستری:

$$\otimes_1 + \otimes_2 = (a+c, b+d) \qquad (۲)$$

- تفریق اعداد خاکستری:

$$\otimes_1 - \otimes_2 = (a-d, b-c) \qquad (۳)$$

- ضرب اعداد خاکستری:

$$\otimes_1 \times \otimes_2 = \begin{bmatrix} \min(a\times d, a\times d, b\times c, b\times d), \\ \max(a\times d, a\times d, b\times c, b\times d) \end{bmatrix} \qquad (۴)$$

- تقسیم اعداد خاکستری:

$$\otimes_1 \times \otimes_2 = \left[\min\left(\frac{a}{d},\frac{a}{d},\frac{b}{c},\frac{b}{c}\right),\ \max\left(\frac{a}{d},\frac{a}{d},\frac{b}{c},\frac{b}{c}\right) \right] \qquad (۵)$$

- تبدیل اعداد خاکستری به قطعی:

$$\frac{(a+b)}{2} \qquad (۶)$$

برای دستیابی به یک هدف خاص، لازم است تا تصمیم‌گیرنده چندین معیار را به صورت توأم ارزیابی کرده و گزینه‌های مختلف را بر اساس معیارها مورد بررسی قرار دهد. چنین فرآیندی تصمیم‌گیری چندمعیاره[3] (MCDM) نامیده می‌شود. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش‌هایی هستند که با استفاده از معیارهای کمی و کیفی چندگانه به رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری پرداخته و تصمیم‌گیرندگان را در انتخاب گزینه مناسب یاری می‌کنند [۲۲].

۳- ۲- تاکسونومی خاکستری

تاکسونومی عددی، ارزیابی عددی شباهت‌ها و نزدیکی‌ها بین واحدهای همگن و درجه‌بندی آن عنصرها به گروه‌های همگن است. در این روش، شاخص‌هایی به منظور طبقه‌بندی نقاط مورد بررسی برای هر کدام از نقاط درنظر گرفته می‌شود. تعداد این شاخص‌ها از یک تا m متغیر خواهد بود (در صورتی که m شاخص برای هر یک از نقاط مورد بررسی درنظر گرفته شود) [۲۳]. فرض کنید مجموعه A حاوی n نقطه‌ای باشد که باید مورد طبقه‌بندی قرار گیرد. هر یک از این نقاط با $\otimes X_i$ نشان داده می‌شود و هر یک از نقاط $\otimes X_1, \otimes X_2, \ldots, \otimes X_n$ می‌توانند یک تا m خصوصیت را دارا باشند. در واقع، نقاط مورد بررسی n بردار m بعدی است که از کنار هم قرار دادن آن‌ها، ماتریس زیر حاصل می‌شود:

$$B = \begin{matrix} \otimes X_{11} & \otimes X_{12} & \cdots & \otimes X_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \otimes X_{n1} & \otimes X_{n2} & \cdots & \otimes X_{nm} \end{matrix}$$

هر کدام از n سطر ماتریس فوق، خصوصیات و یا شاخص‌های یکی از نقاط مورد بررسی است. از کنار هم قرار دادن این شاخص‌ها، ماتریس B (که ماتریسی $n\times m$ است) حاصل شده است. این ماتریس را ماتریس داده‌های خام یا ماتریس اولیه می‌نامند. انجام محاسبات تاکسونومی خاکستری مطابق با مراحل زیر است:

[1] Gray theory
[2] Deng
[3] Multiple Criteria Decision Making

شکل ۱: مراحل اجرایی تحقیق

Fig. 1. Implementation of study

www.SID.ir

Archive of SID

– مرحله اول: تشکیل ماتریس داده‌های خام

در این مرحله، ماتریس B (که نحوه تشکیل آن بیان شد)، تشکیل می‌شود. همان‌طور که مشخص است، هر کدام از درایه‌ها و یا اعضای این ماتریس با نماد $\otimes X_{ij}$ نشان داده می‌شود. $\otimes X_{ij}$ خاصیت j–ام از نقطه مورد بررسی i–ام است.

قبل از انجام مرحله دوم، لازم است تا میانگین و انحراف معیار هر کدام از ستون‌های این ماتریس محاسبه شود. بنابراین به تعداد سطرهای ماتریس B، دو سطر میانگین و انحراف معیار اضافه می‌شود.

$$\otimes \bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} \otimes x_{ij}}{n} \qquad (۷)$$

رابطه فوق، میانگین ستون j–ام ماتریس B را نشان می‌دهد. همچنین انحراف معیار هر ستون i–ام ماتریس از رابطه ۸ محاسبه می‌شود:

$$\otimes S_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\otimes X_{ij} - \otimes \bar{X}_j)^2}}{n} \qquad (۸)$$

– مرحله دوم: تشکیل ماتریس استاندارد (Z)

پس از گذر از مرحله اول، ماتریس استاندارد Z را که هر درایه یا عضو آن با $\otimes Z_{ij}$ نشان داده می‌شود، تشکیل خواهد شد. در واقع، هر عضو ماتریس Z از عضو متناظر در ماتریس B حاصل می‌شود. رابطه زیر روش بدست‌آوردن $\otimes Z_{ij}$ از $\otimes X_{ij}$ را نشان می‌دهد (رابطه ۹):

$$\otimes Z_{ij} = \frac{\otimes x_{ij} - \otimes \bar{x}_j}{\otimes s_j} \qquad (۹)$$

میانگین و انحراف معیار هر ستون در ماتریس محاسبه‌شده به ترتیب برابر با صفر و یک است.

– مرحله سوم: محاسبه فواصل مرکب بین نقاط

برای محاسبه فاصله بین دو نقطه در یک فضای m بعدی، روش‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از این فواصل، فواصل اقلیدسی است که برای دو برابر X و Y از این فضا به روش زیر استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned} X &= (x_1, \ldots, x_m) \\ Y &= (y_1, \ldots, y_m) \\ d_{xy} &= \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + \cdots + (x_m - y_m)^2} \end{aligned} \qquad (۱۰)$$

بنابراین، در ماتریس Z برای محاسبه فاصله دو نقطه a و b از رابطه ۱۱ استفاده می‌شود:

$$\otimes d_{ab} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (\otimes Z_{aj} - \otimes Z_{bj})^2} \qquad (۱۱)$$

سپس ماتریس D که هر عضو آن بیانگر فاصله بین دو نقطه است، تشکیل می‌شود.

– مرحله چهارم: تعیین کوتاهترین فاصله

در ماتریس D کوچکترین عدد هر سطر بیانگر کوتاهترین فاصله بین دو نقطه است. اگر d_{ab} کوچکترین عدد سطری از ماتریس D باشد، به این معنی است که نقطه b نسبت به هر نقطه دیگر نزدیک‌تر است.

– مرحله پنجم: تعیین نقاط همگن

در این مرحله، حد پایین و حد بالای فواصل از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} \otimes d_{-} &= \otimes \bar{d} - 2 \otimes s_d \\ \otimes d_{+} &= \otimes \bar{d} + 2 \otimes s_d \end{aligned} \qquad (۱۲)$$

که در آن، $\bar{d}$ میانگین فاصله‌های کمینه و s_d انحراف معیار آن‌ها است. نقاطی که فاصله آن‌ها بین دو حد $\otimes d_{-}$ و $\otimes d_{+}$ است، همگن بوده و در یک گروه قرار می‌گیرند و نقاطی که کمترین فاصله آن‌ها از نقاط دیگر بین دو حد فوق نباشد، در این گروه قرار نمی‌گیرند.

– مرحله ششم: رتبه‌بندی نقاط از لحاظ توسعه‌یافتگی

اگر تمامی نقاط مورد بررسی در مرحله پنجم در یک گروه قرار نگیرند، داده‌های مربوط به نقاط همگن از ماتریس داده‌های اولیه (یعنی A) در ماتریس جداگانه‌ای قرار گرفته و ماتریس استاندارد دوباره محاسبه می‌شود. حاصل بزرگترین مقدار هر ستون در ماتریس استاندارد به عنوان مقدار ایده‌آل انتخاب می‌شود. سپس سرمشق توسعه با استفاده از مقدار ایده‌آل از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\otimes C_{io} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (\otimes D_{ij} - \otimes D_{oj})^2} \qquad (۱۳)$$

در این رابطه، $\otimes D_{ij}$ درایه متناظر با سطر i–ام و ستون j–ام ماتریس استانداردی است که مقدار ایده‌آل با استفاده از آن محاسبه شده است و نیز $\otimes D_{oj}$ مقدار ایده‌آل ستون j–ام همین ماتریس است.

هر چقدر که متناظر با نقطه‌ای کوچک باشد، بیانگر توسعه‌یافتگی نقطه i–ام است؛ به این معنی که فاصله بین نقطه i–ام تا نقطه ایده‌آل کمتر است و هر چقدر که $\otimes C_{io}$ نقطه‌ای بزرگ باشد، دلیلی بر عدم توسعه نقطه i–ام خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

– مرحله هفتم: محاسبه درجه توسعه‌یافتگی نقاط

برای بدست‌آوردن درجه توسعه‌یافتگی نقاط (که با $\otimes F_i$ برای درجه توسعه‌یافتگی نقطه i–ام نشان داده می‌شود)، از رابطه ۱۴ می‌توان استفاده نمود:

$$\otimes F_i = \frac{\otimes c_{io}}{\otimes c_o}$$
$$\otimes C_o = \otimes \bar{C}_{io} - 2 \otimes s_{io} \quad (۱۴)$$

انحراف معیار $\otimes s_{io}$ ها:

$$\otimes S_{io} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\otimes C_{io} - \otimes \bar{C}_{io})^2}}{n} \quad (۱۵)$$

و میانگین $\otimes C_{io}$ ها (رابطه ۱۶):

$$\otimes \bar{C}_{io} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \otimes C_{io}}{n} \quad (۱۶)$$

درجه توسعه‌یافتگی بین صفر و یک بوده و طیف خاکستری مورد استفاده در روش تاکسونومی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: طیف خاکستری مورد استفاده در روش تاکسونومی [۲۴]

Table 2. Gray scale used in taxonomy

عبارت	عدد خاکستری
متوسط ضعیف	(۳،۴)
ضعیف	(۱،۳)
خیلی ضعیف	(۰،۱)
خوب	(۶،۹)
متوسط خوب	(۵،۶)
نسبتاً خوب	(۴،۵)
خیلی خوب	(۹،۱۰)

۳– ۳– روش تاگوچی

روش تاگوچی یکی از روش‌های طراحی بر مبنای آزمایش‌ها[1] (DOE) بوده که به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها، زمان و مواد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش خصوصیات عملکرد سامانه را با تنظیم مؤلفه‌ها و کاهش حساسیت عملکرد سامانه بهینه می‌کند [۲۵].

روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی در سال ۱۹۶۰ توسط پروفسور تاگوچی معرفی شد. این روش می‌تواند با کمترین تعداد آزمایش‌ها، شرایط بهینه را تعیین کند و سبب کاهش چشمگیر زمان و هزینه انجام آزمایش‌های مورد نیاز شود. روش طراحی آزمایش، یک روش نظام‌مند و کارآمد برای تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی است که علاوه‌بر سهولت مراحل تولید، سبب بهبود عملکرد و کیفیت محصولات می‌شود. روش طراحی آزمایش‌ها، از روش‌های مفیدی است که به وسیله آن می‌توان متغیرهای کلیدی را (که بر مشخصه کیفی مورد نظر فرآیند اثر می‌گذارند)، شناسایی نمود. با بکارگیری این روش، می‌توان عامل‌های ورودی قابل کنترل را به طور نظام‌مند تغییر داد و اثرهای آن‌ها را بر مؤلفه‌های خروجی ارزیابی نمود [۲۶].

۳– ۳– ۱– سهم مشارکت خاکستری هر یک از عامل‌ها

یکی از نتایج بدست‌آمده از طراحی آزمایش‌های تاگوچی، انجام تحلیل واریانس (ANOVA) بر روی نتایج (پاسخ‌ها) است. با استفاده از این روش، سهم مشارکت هر یک از عامل‌ها در توزیع پراکندگی پاسخ مطابق با گام‌های زیر بدست می‌آید. مؤلفه‌های مربوط به محاسبه سهم مشارکت به شرح زیر است [۲۸]:

الف) مجموع پاسخ آزمایش‌های عامل مورد نظر در سطح یک: $\otimes A_1 = (\underline{a}_1, \bar{a}_1)$

ب) مجموع پاسخ آزمایش‌های عامل مورد نظر در سطح دو: $\otimes A_2 = (\underline{a}_2, \bar{a}_2)$

پ) مجموع پاسخ آزمایش‌های عامل مورد نظر در سطح سه: $\otimes A_3 = (\underline{a}_3, \bar{a}_3)$

ت) مجموع پاسخ آزمایش‌های عامل مورد نظر در سطح k: $\otimes A_k = (\underline{a}_k, \bar{a}_k)$

ث) مجموع پاسخ‌ها: $\otimes T$

ج) ضریب تصحیح: $\otimes CF$

چ) مجموع مربع‌های کل: $\otimes S_T$

ح) مجموع مربع‌های عامل A–ام: $\otimes S_A$

خ) مجموع مربع‌های عامل B–ام: $\otimes S_B$

د) مجموع مربع‌های عامل n–ام: $\otimes S_n$

ذ) مجموع مربع‌های خطا: $\otimes S_e$

ر) تعداد کل آزمایش‌ها: N

ز) تعداد آزمایش‌های عامل A در سطح یک: N_{A1}

ژ) تعداد آزمایش‌های عامل A در سطح دو: N_{A2}

س) تعداد آزمایش‌های عامل A در سطح سه: N_{A3}

ش) تعداد آزمایش‌های عامل B در سطح یک: N_{B1}

ص) تعداد آزمایش‌های عامل B در سطح دو: N_{B2}

ض) تعداد آزمایش‌های عامل B در سطح سه: N_{B3}

ط) تعداد آزمایش‌های عامل n–ام در سطح k–ام: N_{nk}

ظ) سهم مشارکت عامل A–ام: $\otimes P_A$

ع) سهم مشارکت عامل B–ام: $\otimes P_B$

[1] Design of Experiment

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: قضاوت‌های خاکستری مورد استفاده در روش تاگوچی خاکستری [۲۸]

Table 3. gray judgments used in the gray taguchi

قضاوت‌های قطعی	قضاوت‌های خاکستری
۱	(۰،۱)
۲	(۱،۳)
۳	(۳،۴)
۴	(۴،۵)
۵	(۵،۶)
۶	(۶،۹)
۷	(۹،۱۰)

غ) سهم مشارکت عامل n–ام: $\otimes P_n$

– گام اول: تعیین متغیر پاسخ هر آزمایش

الف) مقدار متغیر پاسخ آزمایش یک: $\otimes Y_1$

ب) مقدار متغیر پاسخ آزمایش دو: $\otimes Y_2$

پ) مقدار متغیر پاسخ آزمایش m–ام: $\otimes Y_m$

– گام دوم: محاسبه مجموع مربع‌های کل و یک عامل با استفاده از رابطه‌های ۱۷ و ۱۸

• مجموع مربع‌های کل:

$$\otimes S_T = \sum_{i=1}^{m} \otimes Y_i^{\,2} - \otimes CF$$
$$\otimes CF = \frac{\otimes T}{N} \qquad (۱۷)$$
$$\otimes T = (\otimes Y_1, \otimes Y_2, \ldots, \otimes Y_m)$$

• مجموع مربع‌های یک عامل:

$$\otimes S_A = \left(\frac{\otimes A_1}{N_{A_1}} + \frac{\otimes A_2}{N_{A_2}} + \ldots + \frac{\otimes A_k}{N_{A_k}}\right) - \otimes CF \qquad (۱۸)$$

$$\otimes S_e = \otimes S_T - (\otimes S_A + \otimes S_B + \ldots + \otimes S_n) \qquad (۱۹)$$

– گام سوم: محاسبه درصد سهم مشارکت با استفاده از رابطه ۲۰

$$\otimes P_A = \frac{\otimes S_A}{\otimes S_T} \times 100$$
$$\otimes P_B = \frac{\otimes S_B}{\otimes S_T} \times 100 \qquad (۲۰)$$
$$\otimes P_n = \frac{\otimes S_n}{\otimes S_T} \times 100$$

۳– ۳– ۲– مراحل اجرایی تحقیق

الف) شناسایی معیارهای مؤثر در زمینه میزان پیشرفت پروژه: به این منظور، در ابتدا مطالعه عمیق و گسترده‌ای بر روی ادبیات تحقیق این سازه انجام گرفت. در این مطالعه، تلاش شد تا معیارهای مناسب از نگاه محققان مختلف جمع‌آوری و تحلیل شود. سپس این معیارها در اختیار خبرگان قرار گرفت و با استفاده از نظرهای آن‌ها، مورد تعدیل واقع شده و معیارهای دیگری نیز اضافه شدند.

ب) تدوین پرسشنامه مناسب به منظور محاسبه وزن هر معیار با استفاده از تاگوچی خاکستری و پرسشنامه تاکسونومی خاکستری برای پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه: در این بخش برای تدوین پرسشنامه، از معیارهای تعریف‌شده در مرحله قبل استفاده شد. پرسشنامه تحقیق در دو بخش تدوین شد: بخش اول به تعیین اهمیت هر یک از ۱۷ معیار تعیین‌شده با درنظر گرفتن میزان پیشرفت پروژه مربوط می‌شود. بخش دوم نیز به موفقیت میزان پیشرفت پروژه با درنظر گرفتن هر معیار در جدول تاکسونومی پرداخت.

پ) تعیین خبرگان در صنعت مورد نظر و جمع‌آوری اطلاعات: به منظور جمع‌آوری اطلاعات، تعداد ۴ نفر از افرادی که در شرکت مورد بررسی دارای سابقه، تجربه و تحصیلات مرتبط هستند، انتخاب و پرسشنامه‌های تحقیق در اختیار آن‌ها قرار گرفت.

ت) محاسبه وزن هر معیار با استفاده از روش تاگوچی خاکستری: وزن هر معیار با استفاده از سهم مشارکت و رابطه ۲۰ محاسبه شده است.

ث) پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه با استفاده از روش تاکسونومی خاکستری: در این مرحله، میزان موفقیت پروژه‌ها نسبت به هر معیار محاسبه شد. سپس پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه‌ها با استفاده از روش تاکسونومی خاکستری محاسبه شده است.

٤– نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تعیین وزن معیارهای مؤثر در زمینه میزان پیشرفت پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش تاگوچی خاکستری، پرسشنامه‌های مربوطه تهیه و بین خبرگان توزیع شده است.

در ادامه، گام‌های مربوط به روش تاگوچی خاکستری مطرح شده است.

– گام اول: تعداد معیارهای مؤثر در زمینه میزان پیشرفت پروژه، ۱۷ معیار شامل نیروی انسانی، حمل‌ونقل، تولید کارخانه‌ای[1] (LSF)، تدارکات،

[1] Light Steel Farming

www.SID.ir

Archive of SID

نقدینگی، تورم، پرداخت‌های انجام‌شده توسط کارفرما، اشتباه‌های طراحی، تغییرهای طراحی، انواع اضافه‌کاری‌ها، شرایط آب‌وهوایی، تعهدهای پیمانکاران، تنوع اضافی فراتر از خواسته مشتری، رعایت ضوابط و مقررات دولتی، برنامه‌ریزی صحیح پروژه، تداخل‌های احتمالی فازهای اجرایی با یکدیگر و درگیری بیش از حد سامانه با قوانین داخلی است. در سه سطح مربوط به میزان پیشرفت پروژه که مورد بررسی قرار می‌گیرد، به منظور طراحی آزمایش از ارتوگونال L_{36} استفاده شده است. جدول ۴ مقادیر مربوط به ارتوگونال L_{36} را با توجه به ۱۷ عامل سه‌سطحی با متغیر پاسخ Y نشان می‌دهد [۲۸]. در این جدول، هر یک از سطرها نشان‌دهنده یک آزمایش با ترکیب‌های مختلفی از مؤلفه‌ها و سطوح آن‌ها است. همچنین ترتیب هر یک از آزمایش‌ها به صورت تصادفی است [۲۷].

– گام دوم: محاسبه سهم مشارکت: با استفاده از رابطه‌های ۱۷ تا ۱۹، مقدار مجموع مربع‌های کل و مجموع مربع‌های هر معیار محاسبه شده است. جدول ۵ این مقادیر را نشان می‌دهد.

بعد از این مرحله، سهم مشارکت هر یک از معیارها طبق رابطه ۲۰ محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از رابطه ۶، اعداد به حالت قطعی تبدیل شده‌اند. جدول ۶ سهم مشارکت ۱۷ معیار را نشان می‌دهد.

در مرحله بعد با توجه به وزن‌های بدست‌آمده برای ۱۷ معیار از طریق روش تاگوچی خاکستری، میزان پیشرفت ۱۲ پروژه از پروژه‌های شرکت ایستا شامل مجتمع تجاری فرهاد، مجتمع تجاری ابن‌سینا، دانشسرا، کریما، خانه‌سازی گلبهار، طلاساز، کفایتی، بنیاد، آهویی، اشرف‌زاده، اکبرزاده و نمایشگاه با استفاده از تاکسونومی خاکستری پیش‌بینی شد. مقادیر مربوط به میزان پیشرفت پروژه‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ٤: ارتوگونال L_{36} با یک متغیر پاسخ

Table 4. Orthogonal L_{36} with one response variable

آزمایش‌ها / معیارها	۱	۲	۳	۴	...	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	Y
۱	۱	۱	۱	۱	...	۱	۱	۱	۱	*
۲	۱	۱	۱	۱	...	۲	۲	۲	۲	*
۳	۱	۱	۱	۱	...	۳	۳	۳	۳	*
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۳۴	۲	۲	۱	۱	...	۱	۲	۳	۲	*
۳۵	۲	۲	۱	۱	...	۲	۳	۱	۳	*
۳۶	۲	۲	۱	۱	...	۳	۱	۲	۱	*

جدول ۵: مقدار مجموع مربع‌های کل و مجموع مربع‌های هر معیار

Table 5. The sum of the total squares and the sum of squares of each criterion

مجموع مربعات	مقدار
$\otimes S_T$	(۷۵،۸۹)
$\otimes S_1$	(۹،۱۱/۱۱)
$\otimes S_2$	(۱/۷۸،۵/۴)
⋮	⋮
$\otimes S_{17}$	(۰/۱۹۵،۰/۸۸)

جدول ٦: سهم مشارکت معیارها با استفاده از روش تاگوچی خاکستری

Table 6. contribution rate of criteria using Gray Taguchi

معیارها	وزن‌ها	معیارها	وزن‌ها
نیروی انسانی	۰/۱۲۵	انواع اضافه‌کاری‌ها	۰/۱
حمل و نقل	۰/۰۴۶	شرایط آب و هوایی	۰/۰۳۴
تولید کارخانه‌ای	۰/۳۷۴	تعهدات پیمانکاران	۰/۰۰۶
تدارکات	۰/۰۰۷	تنوع اضافی فراتر از خواسته مشتری	۰/۰۱۵
نقدینگی	۰/۰۰۱	رعایت ضوابط و مقررات دولتی	۰/۰۶۲
تورم	۰/۰۰۵	برنامه‌ریزی صحیح پروژه	۰/۰۳۱
پرداخت‌های انجام‌شده توسط کارفرما	۰/۱۱۴	تداخلات احتمالی فازهای اجرایی با هم	۰/۰۱۵
اشتباهات طراحی	۰/۰۱۴	درگیری بیش از حد سیستم با قوانین داخلی	۰/۰۰۷
تغییرات طراحی	۰/۰۰۵	وزن میزان خطا	۰/۰۴۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷: میزان پیشرفت پروژه‌ها

Table 7. Projects Progress Rate

پروژه‌ها	مجتمع تجاری فرهاد	مجتمع تجاری ابن‌سینا	دانشسرا	کریما	خانه‌سازی گلبهار	طلاساز
میزان پیشرفت	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۶۴	۰/۷۶	۰/۷
پروژه‌ها	کفایتی	بنیاد	آهویی	اشرف‌زاده	اکبرزاده	نمایشگاه
میزان پیشرفت	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۶۵	۰/۸۴	۰/۶۷	۰/۹۰

۵- بحث و نتیجه‌گیری

موفقیت در پروژه‌ها یک عامل مهم و اساسی برای کشورها و جوامع محسوب می‌شود. هنگامی یک پروژه موفقیت‌آمیز خواهد بود که با توجه به بودجه مورد نظر به موقع به پایان برسد و رضایت را در پی داشته باشد. اما عملکرد پروژه و موفقیت آن‌ها در صنایع عمرانی (به ویژه در کشورهای در حال توسعه) ضعیف است. بنابراین، تحقیق‌های زیادی به منظور مواجهه با این چالش انجام شده است. مطالعات زیادی در ارتباط با تأثیر معیارهایی مانند تأثیر تأخیرها، هزینه‌های زیاد، کیفیت، عملکرد و بهره‌وری در انواع پروژه‌های عمرانی انجام شده است. در این مطالعات تنها به یک یا چند عامل از عوامل مؤثر بر موفقیت پروژه‌ها پرداخته شده است؛ در حالی که در این تحقیق با بررسی ادبیات تحقیق، معیارهای مختلف تأثیرگذار بر موفقیت پروژه‌های عمرانی ارائه شده است.

تحقیق‌های انجام‌شده در زمینه بررسی موفقیت پروژه‌های عمرانی عموماً از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور بررسی موفقیت و میزان پیشرفت پرژه‌ها استفاده کرده‌اند. روش تاکسونومی یک روش درجه‌بندی و رده‌بندی بر اساس ویژگی‌های مورد نظر یک مجموعه است که آن مجموعه را به زیرمجموعه‌های کم و بیش همگن تقسیم می‌کند و به صورت سلسله‌مراتب تبدیل می‌کند. این روش، بسیار ساده و قابل فهم است که به راحتی با تعریف درست و صحیح شاخص‌های مورد نظر استفاده‌کننده و کمّی‌کردن اطلاعات آن شاخص‌ها می‌توان رتبه‌بندی صحیح و مناسبی از جامعه مورد مطالعه بدست آورد. نظریه خاکستری نیز یکی از روش‌هایی است که برای مطالعه عدم اطمینان و ناکامل‌بودن اطلاعات بکار می‌رود. به همین دلیل با توجه به قابلیت‌های این دو روش، برای اولین بار در این تحقیق از تلفیق این دو به منظور پیش‌بینی میزان پیشرفت پروژه‌ها استفاده شده است.

با توجه به قابلیت نظریه خاکستری برای مطالعه عدم‌اطمینان و ناکامل‌بودن اطلاعات، در این تحقیق از تلفیق دو روش تاگوچی و تاکسونومی خاکستری به منظور پیش‌بینی میزان پیشرفت ۱۲ مورد پروژه عمرانی استفاده شده است. برای این منظور، در ابتدا تعداد ۱۷ معیار تأثیرگذار بر موفقیت پروژه‌های عمرانی شامل نیروی انسانی، حمل‌ونقل، تولید کارخانه‌ای، تدارکات، نقدینگی، تورم، پرداخت‌های انجام‌شده توسط کارفرما، اشتباه‌های طراحی، تغییرهای طراحی، انواع اضافه‌کاری، شرایط آب و هوایی، تعهدهای پیمانکاران، تنوع کار اضافی فراتر از محدوده خواسته مشتری، رعایت ضوابط و مقرارت دولتی، برنامه‌ریزی صحیح پروژه، تداخل‌های احتمالی فازهای اجرایی با یکدیگر و درگیری بیش از حد سامانه با قوانین داخلی، با مروری بر ادبیات تحقیق و نظرهای خبرگان جمع‌آوری شد. سپس پرسشنامه‌ها در اختیار ۴ نفر از خبرگان شرکت قرار گرفت و پس از جمع‌آوری اطلاعات، وزن مربوط به هر معیار با استفاده از روش تاگوچی خاکستری تعیین شد. در نهایت، با استفاده از روش تاکسونومی خاکستری میزان پیشرفت ۱۲ پروژه پیش‌بینی شده است.

نتایج حاصل از محاسبه سهم مشارکت در روش تاگوچی خاکستری نشان داد که از بین معیارهای مؤثر بر میزان پیشرفت پروژه‌های عمرانی، معیار تولید کارخانه‌ای (LSF) سهم بیشتری را به خود اختصاص داده است. زیرا سازه‌های LSF در پیشرفت پروژه‌های عمرانی (که از تولید کارخانه‌ای استفاده می‌کند)، نقش مهمی دارد. معیار نیروی انسانی نیز سهم بیشتری را به خود اختصاص داده است. علت این امر، اهمیت نقش نیروی انسانی در انجام پروژه‌ها است و معیارهای پرداخت‌های انجام‌شده توسط کارفرما، انواع اضافه‌کاری‌ها، حمل‌ونقل و شرایط آب و هوایی، رتبه سوم تا ششم را به خود اختصاص داده‌اند. از آن‌جایی که تأخیر در پرداخت توسط کارفرما سبب کاهش نقدینگی شرکت می‌شود و پیشرفت پروژه را نیز به تأخیر می‌اندازد، بنابراین از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این تحقیق، میزان پیشرفت هر پروژه نسبت به هر معیار با استفاده از روش تاکسونومی محاسبه شد. نتایج حاصل نشان داد که میزان پیشرفت پروژه نمایشگاه، ۹۰ درصد است و دلیل این موضوع، استفاده از تولید کارخانه‌ای (LSF) در این پروژه است. سازه‌های LSF (که در این تحقیق با عنوان تولید کارخانه‌ای بیان شده است)، به دلیل افزایش در سرعت انجام پروژه‌ها نقش مهمی در میزان پیشرفت پروژه‌ها دارد. بنابراین به مدیران شرکت پیشنهاد می‌شود تا پروژه‌های عمرانی برخوردار از سازه LSF را به میزان بیشتری مورد توجه و اولویت قرار دهند. زیرا این موضوع به دلیل افزایش سرعت انجام پروژه سبب بازگشت سریع‌تر سرمایه اولیه خواهد شد. در پروژه‌هایی که از سازه LSF استفاده نمی‌شود و میزان پیشرفت پروژه نیز کم‌تر است، پیشنهاد می‌شود تا به نیروی انسانی خود توجه بیشتری نمایند و انگیزه نیروهای خود را افزایش دهند تا به این ترتیب، سرعت کار در این پروژه‌ها بیشتر شود و کارفرما نیز به موقع پرداخت‌های خود را انجام دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

در پژوهش‌های آینده می‌توان با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) روش تاگوچی علاوه‌بر محاسبه سهم مشارکت معیارها، اثرهای معیارها را نیز مورد بررسی قرار داد. همچنین می‌توان از ترکیب روش تاگوچی خاکستری با روش تاپسیس برای میزان پیشرفت پروژه‌ها استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود تا نتایج این روش‌ها به منظور تعیین بهترین رویه کنترل میزان پیشرفت پروژه‌ها و افزایش کارایی، با نتایج میزان پیشرفت پروژه‌ها در نرم‌افزار MSP مقایسه شود.

مراجع

[1] S. A. R., Safavi, M. A., Shayanfar, S. M., Nasr Azadani, E. E., Eshtharian; Investigating the Causes of Delay in Implementation of Urban construction Projects according to Project Factors, *6th International Project Management Conference*, 2010 (in Persian).

[2] A. K., Munns; B. F., Bjeirmi; The Role of Project Management in Achieving Project Success, *International Journal of Project Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 81-87, 1997.

[3] S. R., Toor; S. O., Ogunlana; Construction Professionals' Perception of Critical Successfactors for Large-scale Construction Projects, *Construction Innovation*, Vol. 9, No. 2, pp. 149-167, 2009.

[4] G., Dong; D., Yamaguchi; M., Nagai; A Grey-Based Decisionmaking Approach to the Supplier Selection Problem, *Mathematical and Computer Modeling*, Vol. 46, pp. 573-581, 2006.

[5] N. D., Long; S., Ogunlana; T., Quang; K. C., Lam; Large Construction Projects in Developing Countries: A Case Study from Vietnam, *International Journal of Project Management*, Vol. 22, pp. 553-561, 2004.

[6] R. F., Aziz; Ranking of Delay Factors in Construction Projects after Egyptian Revolution, *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 52, pp. 387-406, 2013.

[7] F., Olabosipo; O., Ayodeji; O., James; Factors Affecting the Performance of LA, *Mediterranean Journal of Social Sciences*, Vol. 2, No. 2, pp. 251-257, 2011.

[8] H., Doloi; A., Sawhney; K. C., Iyer; S., Rentala; Analysing Factors Affecting Delays in Indian Construction Projects, *International Journal of Project Management*, Vol. 30, pp. 479-489, 2012.

[9] K. C., Iyer; K. N., Jha; Factors Affecting Cost Performance: Evidence from Indian Construction Projects, *International Journal of Project Management*, Vol. 23, pp. 283-295, 2005.

[10] M. A., Guerrero; Y., Villacampa; A., Montoyo; Modeling Construction Time in Spanish Building Projects, *International Journal of Project Management*, Vol. 32, pp. 861-873, 2013.

[11] A. P. C., Chan; D. W. M., Chan; Developing a Benchmark Model for Project Construction Time Performance in Hong Kong, *Building and Environment*, Vol. 39, pp. 339-349, 2004.

[12] D. K. H., Chua; P. K., Loh; Y. C., Kog; E. J., Jaselskis; Neural Network for Construction Project Success, *Expert Systems with Applications*, Vol. 13, No. 4, pp. 317-328, 1997.

[13] W., Pewdum; T., Rujirayanyong; V., Sooksatra; Forecasting Final Budget and Duration of Highway Construction Projects, *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 16, No. 6, pp. 544-557, 2009.

[14] H., Odeyinka; J., Lowe; A., Kaka; Regression Modelling of Risk Impacts on Construction Cost Flow Forecast, *Journal of Financial Management of Property and Construction*, Vol. 17, pp. 203-221, 2012.

[15] S., Liu; Y., Lin; Grey Information Theory and Practical Applications, *Springer, London*, 2006.

[16] L. V., Utkin; Multi-Criteria Decision Making with a Special Type of Information about Importance of Groups of Criteria, *6th International Symposium on Imprecise Probability: Theories and Applications*, 2009.

[17] M., Masoud; M., Moezi; S. N., Bashiri; Degree of Underdevelopment of the Province of Esfehan with Numerical Taxonomy, *Urban and Regional Studies*, Vol. 2, No. 8, pp. 39-54, 2011.

[18] D., Golmohamadi; M., Melat-parast; Developing a Grey-based Decision-making Model for Supplier Selection, *Int. J. Production Economics*, Vol. 137, pp. 191-200, 2012.

[19] B. T. H. T., Baharudin; M. R., Ibrahim; N., Ismail; Z., Leman; M. K. A., Ariffin; D. L., Majid; Experimental Investigation of HSS Face Milling to AL6061 Using Taguchi Method, *Procedia Engineering*, Vol. 50, pp. 933-941, 2012.

[20] J., Antony; Design of Experiments for Engineers and Scientists, *Elsevier Science and Technology Books*, 2003.

[21] S., Kamaruddin; A. K., Zahid; S. H., Foong; Application of Taguchi Method in the Optimization of Injection Moulding Parameters for Manufacturing Products from Plastic Blend, *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, No. 6, pp. 574-580, 2010.

[22] I., Jaman; M. W., Alzahrani; The Impact of Contractors' Attributes on Construction Project Success: A Post Construction Evaluation, *International Journal of Project Management*, Vol. 31, pp. 313-322, 2013.

www.SID.ir

Archive of SID

[23] H., Golpira, V., Moradi; New Method for Calculating the Projects Progress Based on Multi-criteria Decision Making, *Journal of Industrial Management*, Vol. 5, No. 14, pp. 31-42, 2010 (in Persian).

[24] P., Nejadsabzi; Investigation and Identification of Effective Factors on Delay execution in Marouk Dam Project, Design Research Plan, *Lorestan Regional Water Company*, 2010 (in Persian).

[25] E., Shakeri, A., Ghorbani; Project Management and Understanding the Major Causes of Claims Contractors for construction Projects, *The 2nd International Project Management Conference*, 2010 (in Persian).

[26] M., Ravanshadia, B., Esmaili, M. T., Banki; Prediction Cash Flow of Construction Projects, *National Conference on the Development of the Executive System of Urban Construction Projects*, 2007 (in Persian).

[27] R., Abbassnia, E. E., Eshteharian, F., Zamani; Prediction Preparing and Maintaining the Cost of Materials for Construction Projects using Neural Networks to Reduce Costs, *International Conference on Strategic Project Management*, 2010 (in Persian).

[28] E., Zeynali; Design Experiment with Tughuchi Method using Qualitek Software, *Research & Technology Company: Tehran*, 2008 (in Persian).

برای ارجاع به این مقاله از عبارت زیر استفاده کنید:

Please cite this article using:

S. M., Zanjirchi, F., Aziz, M., Amani, "Developing a Model for Forecasting the Success of Construction Projects Integration Taguchi (DOE) and TAXONOMY". *Amirkabir J. Civil Eng.*, 49(1) (2017) 185-195.

DOI: 10.22060/ceej.2016.703

www.SID.ir