مهندسی صنایع و مدیریت شریف (تابستان ۱۴۰۳)
دوره‌ی ۴۰، شماره‌ی ۱، ص. ۱۱۵-۱۲۴، [یادداشت فنی]

Research Note

انتخاب بهینه‌ی پروژه‌های پورتفولیو به کمک مدل ترکیبی برنامه‌ریزی ریاضی فازی با در نظرگرفتن وابستگی میان پروژه‌ها

علی بزرگی امیری * **(دانشیار)**
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران
علیرضا ادیبی (کارشناس ارشد)
گروه مهندسی صنایع، پردیس البرز، دانشگاه تهران
حمیدرضا ادیبی (کارشناس ارشد)
گروه مدیریت کسب‌وکار، دانشکده‌ی مدیریت، دانشگاه خوارزمی

بیشتر شرکت‌های مبتنی بر پروژه، به‌منظور حداکثر نمودن ارزش تجاری سازمان و افزایش سودآوری، در افق‌های زمانی مشخص، اقدام به تعریف پروژه‌های مناسب می‌نمایند. دراین بین با توجه به‌اینکه پروژه‌های یک پورتفولیو برای دستیابی به منابع مورد نیاز خود با یکدیگر رقابت می‌کنند، وابستگی میان پروژه‌های یک سازمان و تأثیر بالقوه و بالفعل آنها برای انتخاب سبد پروژه‌ها، برای مدیران اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. مقاله حاضر، با استفاده از تکنیک‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم استنتاج فازی، یک مدل ترکیبی برنامه‌ریزی ریاضی فازی ارائه داده است که به‌دنبال انتخاب پروژه‌های یک پورتفولیو با ایجاد حداکثر هم‌افزایی میان آنها در شرایط عدم قطعیت است. در چارچوب ارائه شده از مفهوم هم‌افزایی به‌گونه‌ای استفاده می‌شود که محدودیت‌های زمانی، هزینه‌ای و تعاملات میان آنها ارضا شده و تصمیم‌گیرندگان امکان ارزیابی حالت‌های مختلف انتخاب را داشته باشند. همچنین، به‌منظور بیان اثربخش بودن مدل پیشنهاد شده، یک مطالعه موردی در صنعت تلکام ارائه شده است.

واژگان کلیدی: انتخاب پورتفولیو پروژه‌ها، وابستگی میان پروژه‌ها، برنامه‌ریزی ریاضی فازی، سیستم استنتاج فازی، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی.

alibozorgi@ut.ac.ir
alireza.adibi@ut.ac.ir
std_adibi@khu.ac.ir

۱. پژوهش‌های پیشین

پروژه‌ها تقریباً به‌عنوان اجزای اصلی اجرایی یک سازمان در نظرگرفته می‌شوند. در اکثر ساختارهای سازمانی ازجمله ماتریس قوی، ماتریس ضعیف، ماتریس بالانس، پروژه محور، مجازی، هیبریدی و دفتر مدیریت پروژه، از پروژه‌ها جهت دستیابی به اهداف سازمان استفاده می‌شود.[۱] بسیاری از سازمان‌ها پروژه‌های موفق خود را به‌عنوان مزیت رقابتی در نظرگرفته و از یک سیستم مدیریت پورتفولیو جامع به‌منظور مدیریت پروژه‌ها، طرح‌ها و عملیات جهت تحقق اهداف سازمانی خود استفاده می‌کنند. با حرفه‌ای‌تر شدن مدیریت پروژه‌ها، تمرکز سازمان‌ها از روی مدیریت بر یک یا چند پروژه‌ی پیچیده به‌صورت مجزا برداشته و به مدیریت مجموعه‌ای به‌هم‌پیوسته از پروژه‌ها معطوف شده است؛ بنابراین، یک فرایند مدیریت پورتفولیو رسمی به‌عنوان یک نیازمندی جهت پیاده‌سازی یکپارچه به‌شمار می‌رود و استفاده از یک سیستم پورتفولیو به‌منظور مدیریت پروژه‌ها جهت دستیابی به‌اهداف و استراتژی‌های سازمان براساس معیارهای موردنظر مدیریت، واجب و ضروری است. اجزای پورتفولیو ممکن است با یکدیگر مرتبط یا غیرمرتبط و همچنین، مستقل یا وابسته باشند. اهمیت این موضوع مربوط به این واقعیت است که اجزای پورتفولیو برای به‌دست آوردن سهمی از کل و یا بخشی از مجموعه منابع محدود با یکدیگر رقابت می‌کنند.[۲] انتخاب پورتفولیو پروژه در بسیاری از زمینه‌ها از جمله تحقیق و توسعه، داروسازی، تحلیل‌های مالی و سامانه‌های اطلاعاتی کاربرد دارد.[۳]

آرچر و همکاران[۴] یک مدل کاربردی به‌عنوان چارچوب انتخاب پورتفولیو پروژه ارائه داده‌اند که به‌کمک آن در هر مرحله هدف مشخصی محقق می‌شود و خروجی آن به تکمیل مرحله بعدی کمک می‌کند؛ بدین ترتیب که پروژه‌ها پس از غربالگری

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۴۰۱/۲/۵، اصلاحیه ۱۴۰۱/۸/۴، پذیرش ۱۴۰۱/۱۱/۲.

استناد به این مقاله:
بزرگی‌امیری، علی، ادیبی، علیرضا، و ادیبی، حمیدرضا، ۱۴۰۳. انتخاب بهینه‌ی پروژه‌های پورتفولیو به کمک مدل ترکیبی برنامه‌ریزی ریاضی فازی با در نظرگرفتن وابستگی میان پروژه‌ها. مهندسی صنایع و مدیریت شریف، ۴۰(۱)، صص. ۱۱۵-۱۲۴. DOI:10.24200/J65.2023.58393.2227

یک‌به‌یک با توجه به معیارهای اقتصادی مورد ارزیابی قرارگرفته و به‌کمک ابزارهای تصمیم‌گیری و آنالیز حساسیت امتیازبندی می‌شوند. انگلاند و گراهام[۵] فرایندی را ارائه داده‌اند که در آن تیم مدیریتی پروژه‌ها، منابع و تعاملات میان آنها را بررسی نموده و طی چهار مرحله خروجی‌های به‌هم وابسته‌ای ایجاد می‌کنند؛ بدین‌ترتیب که ابتدا پروژه‌ها شناسایی و سپس، اهداف پروژه‌ها متناسب با اهداف استراتژیک و توانایی‌های سازمانی دسته‌بندی می‌شوند و پس از ارزیابی پروژه‌ها با مقایسه منابع در دسترس و موردنیاز، اولویت هر پروژه مشخص می‌شود. کوپر و همکاران[۶] یک فرایند چندمرحله‌ای ارائه داده است که در دو سطح بررسی تصمیمات استراتژیک و تصمیمات تاکتیکی برای سبد پروژه بررسی می‌شود. مسکندل[۷] با ارائه‌ی یک چارچوب مفهومی جامع با محور قراردادن استراتژی سازمانی، برای پروژه‌های سازمانی پورتفولیو تعریف می‌کند. وی با ایجاد پیوند میان استراتژی کسب‌وکار سازمان، مدیریت پورتفولیو پروژه و موفقیت کسب‌وکار، مدلی ارائه داده است تا شکاف میان استراتژی و پیاده‌سازی آن پر شود.

شفاهی و همکاران[۸] یک روش اکتشافی دومرحله‌ای به‌کمک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی ارائه می‌دهد که در آن به‌دنبال حداکثر رساندن ارزش خالص فعلی سرمایه‌گذاری‌های آینده می‌باشند و محدودیت‌های موقتی بودجه و سرمایه‌گذاری مجدد بر روی استراتژی در نظر گرفته شده است. آنها برای حل مشکلات در ابعاد بزرگ، ابتدا اندازه مسئله را کاهش داده و پس از ساده‌سازی، پروژه‌های مطلوب انتخاب می‌شوند. دو و همکاران[۹] مسئله‌ی انتخاب سبد سیستم تسلیح شده را شرح داده و تجزیه‌وتحلیل نموده‌اند. آنها ابتدا با بررسی سیستم تسلیح شده در انتخاب پورتفولیو به سؤالاتی نظیر بررسی تنظیمات خاص تصمیم‌گیری سیستم‌ها، انتخاب معیارهای لازم برای یک سیستم، انتخاب پورتفولیو و نوع روابط میان انتخاب یک سیستم و مؤلفه‌های مرتبط با پروژه‌ها برای پذیرش یا رد این روش پاسخ داده‌اند و در نهایت به‌منظور رتبه‌بندی روش و یکور در شرایط عدم قطعیت را توسعه دادند. سانگ و همکاران[۱۰] یک روش مبتنی بر تجزیه‌وتحلیل مقبولیت چندمعیاره‌ی تصادفی برای انتخاب پورتفولیو پروژه‌ها و برنامه‌ی زمان‌بندی آنها با در نظرگرفتن معیارهای عدم قطعیت و اطلاعات اولیه نامشخص ارائه داده است. در مدل پیشنهادی سانگ از مقادیر تصادفی برای مدل‌سازی مقادیر معیارهای نامشخص و از فضای وزنی با توسعه یکنواخت برای اوزان ناشناخته استفاده می‌کند. توانا و همکاران[۱۱] با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی و ایجاد یک فرایند با استفاده از ابزار سلسله مراتبی فازی و سیستم استنتاج فازی، چارچوبی امکان‌پذیر با در نظرگرفتن معیارهای کمی و کیفی را فراهم می‌آوردند. در این مطالعه، یک رویکرد ترکیبی دومرحله‌ای برای ارزیابی و انتخاب نمونه بهینه پروژه‌ها در شرایط عدم قطعیت پیشنهاد شده است که در مرحله اول، ارزش هر پروژه از منظر استراتژیک-عملیاتی و ریسک آن با استفاده از معیارهای کیفی سنجیده می‌شود و پس‌ازآن یک مدل ریاضی با سه تابع هدف که به‌دنبال حداکثر سازی سود، حداکثر سازی ارزش پروژه و به حداقل رساندن ریسک پروژه می‌باشند، ارائه می‌دهد.

کِسکین[۱۲] در پژوهشی با یک رویکرد دومرحله‌ای فازی، مدلی برای انتخاب سبد پروژه برای پروژه‌های نسل چهارم صنعت ارائه داده است. در این پژوهش معیارهای و وابستگی‌های میان پروژه‌ها در نظرگرفته شده است. لی و همکاران[۱۳] به حل مسئله انتخاب پورتفولیو پروژه‌ها با توجه به وابستگی‌های موجود میان پروژه‌ها و محدودیت‌های کاردینالی آنها پرداختند. وی برای افزایش بهره‌وری محاسبات یک روش خطی سازی را ارائه داده‌اند که شامل متغیرهای کمتر و محدودیت‌های برابر است. همچنین، رویکردی ارائه داده‌اند که به‌کمک برش باینری عمومی می‌توان گزینه‌های بیشتری را در اختیار تصمیم‌گیرنده برای انتخاب قرار داد. ما و همکاران[۱۴] در تحقیق خود به ارائه مدلی برای انتخاب پورتفوی بهینه پروژه‌ها با در نظرگرفتن پایداری اقتصادی، محیط‌زیست و اجتماعی پرداخته‌اند. تانساکل[۱۵] در تحقیق خود به ارائه مدل فازی برای انتخاب پورتفوی پروژه‌ها با در نظرگرفتن عملکرد مالی و رضایت مشتریان و کارمندان پرداخته‌است. در این تحقیق چهار مدل ریاضی برای حداکثر سازی ارزش فعلی خالص و نرخ نسبت فایده به هزینه ارائه شده است.

ماوروتاس و ماکرولوس[۱۷] یک روش انتخاب پورتفولیوی پروژه تحقیق و توسعه را پیشنهاد نموده‌اند که با عدم قطعیت ذاتی ارزیابی پروژه تحقیق و توسعه سروکار دارد. با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری با تجزیه‌وتحلیل چند معیاره، برنامه‌ریزی ریاضی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو امکان حل مسائل بزرگ را فراهم آورده‌است. هریسون و همکاران[۱۸] مسئله انتخاب پورتفولیو پروژه‌ها را با حداکثر رساندن ارزش کل پورتفولیو از طریق انتخاب و زمان‌بندی زیرمجموعه‌ای از پروژه‌ها با محدودیت‌های عملیاتی مختلف حل نموده است. وی از برنامه پایتون که برای تولید نمونه‌های مشکل استفاده نموده که به محققان اجازه می‌دهد، نمونه‌های جدیدی برای حل مسئله تولید کنند. بای و همکاران[۱۹] یک روش پیشنهادی مدل سیستم‌ها پویایی را با در نظرگرفتن هم‌فزایی پویا برای پیش‌بینی ارزش تحقق استراتژیک از طریق اجرای پورتفولیو پروژه ارائه کرده‌اند. این روش را می‌توان در فرایند انتخاب پورتفولیوی پروژه، که شامل سه رویه است، به‌کاربرد: حذف پروژه با محدودیت منابع، تعیین ارزش عملکردی پروژه و شبیه‌سازی مدل‌سازی رویکرد پویایی سیستم. رنجبر و همکاران[۲۰] مسئله انتخاب پورتفولیو را از میان مجموعه‌ای از پروژه‌های ممکن که باید از نقطه‌نظر پیمانکار به‌طور هم‌زمان برنامه‌ریزی شوند، مورد مطالعه قرار می‌دهد. در این مقاله، ساختاری متشکل از یک روش چند معیاره ترکیبی فازی و یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی دوهدفه فازی برای رسیدگی به ابعاد کمی و کیفی مسئله انتخاب پورتفولیوی پروژه و زمان‌بندی ارائه شده است. مارگس و فرج[۲۱] پورتفولیوها را در یک فرایند تولید صریح، تولید و ازاستراتژی‌های امکان‌سنجی و کارایی برای کاهش پیچیدگی محاسباتی استفاده می‌شود. اطلاعات جزئی در یک فرایند ساختار یافته برای استخراج ثابت‌های مقیاس استفاده می‌شود.

برای انتخاب پروژه‌ها، از روشی ترکیبی استفاده شده که یک رویکرد سه مرحله‌ای است. برای محاسبه‌ی پارامترهای تابع هدف از سیستم استنتاج فازی استفاده می‌شود. استفاده از این روش به ما این امکان را می‌دهد تا پارامترهای با واحدهای اندازه‌گیری متفاوت (نظیر زمان و هزینه) را کنار یکدیگر گذاشته و به امتیاز واحدی از ترکیب ورودی‌های تعریف‌شده برای تابع هدف دست پیدا شود. به این منظور در ابتدا تیم تصمیم‌گیری با توجه به نیازها و تخصص‌های لازم تشکیل شده و پس‌ازآن سایر مراحل ارزیابی، انتخاب معیارها و تهیه جدول هم‌افزایی میان پروژه‌ها به کمک این تیم تهیه می‌شود. در نهایت به‌کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی، پروژه‌ها به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که میان آنها هم‌افزایی ایجاد شود. این هم‌افزایی با توجه به وابستگی میان پروژه‌های موجود صورت می‌پذیرد و تمرکز این پژوهش بیش‌تر در این قسمت است. استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی فازی ارائه شده به ما این امکان را می‌دهد تا گزینه‌های متعددی را مورد بررسی و ارزیابی قرار داده و به هیئت‌مدیره جهت تصمیم‌گیری نهایی ارائه دهیم. با پیاده‌سازی مراحل طراحی شده، یک مسئله در دنیای واقعی موردمطالعه موردی قرار می‌گیرد و با انجام تجزیه‌وتحلیل حساسیت روی نتایج به‌دست آمده، اثربخشی و کارایی رویکرد پیشنهادی خود را ارزیابی می‌شود.

در ادامه به بیان دقیق مسئله پرداخته و به‌همراه مقدمه‌ای، رویکرد پیشنهادی تشریح می‌شود. بسپس، به پیاده‌سازی مدل پیشنهادی در یک مطالعه موردی (حوزه ICT) اختصاص یافته و شامل بحث در مورد نتایج به‌دست آمده است. بخش

بعدی، تجزیه و تحلیل حساسیت روی نتایج مطالعه موردی به‌دست آمده است و در نهایت با نتیجه‌گیری، پژوهش ما به پایان می‌رسد.

۲. بیان مسئله و راه‌حل پیشنهادی

نمی‌توان با قطعیت گفت که در یک سازمان پروژه محور، پروژه‌های یک پورتفولیو از هم مستقل هستند و عوامل بسیاری باعث می‌شود که پروژه‌ها وابستگی درونی به یکدیگر داشته باشند. گاهی معیارهای ارزیابی انتخاب پروژه‌ها با یکدیگر در تضاد بوده و انتخاب سبد پروژه با پیچیدگی مواجه می‌شود. این در شرایطی است که هم‌افزایی میان پروژه‌های یک پورتفولیو، موجب ایجاد هم‌سویی میان استراتژی شرکت و پروژه‌های سازمانی شده و شکاف میان معیارهای ارزیابی را کاهش داده و متناسب با استراتژی عمل می‌نماید؛ بنابراین، در انتخاب بهینه‌ی پورتفولیو پروژه‌ها نه‌تنها سود حاصل از اجرای پروژه‌ها، بلکه عوامل دیگری مانند ریسک اجرایی، توانایی سازمانی اجرای پروژه و بودجه را نیز باید در نظرگرفت که این مهم در رویکرد انتخاب معیارها و روش انتخاب، امکان‌پذیر است. این پژوهش، تلاش دارد با ارائه یک چارچوب منسجم نقش مستقیم در ارزیابی و انتخاب پروژه‌های سازمانی داشته و سرعت و دقت تصمیم‌گیری را افزایش دهد. از طرف دیگر برای محقق نمودن این مهم تلاش می‌شود وابستگی میان پروژه‌ها در نظرگرفته شود تا با بررسی ماهیت عملیاتی پروژه‌ها و نتایج بدست آمده از هر یک در راستای اهداف استراتژیک سازمان بوده و بهترین گزینه‌ها با عنایت به محدودیت‌های بودجه‌ای، هزینه‌ای و کیفیت پیش‌بینی‌شده، محقق شود.

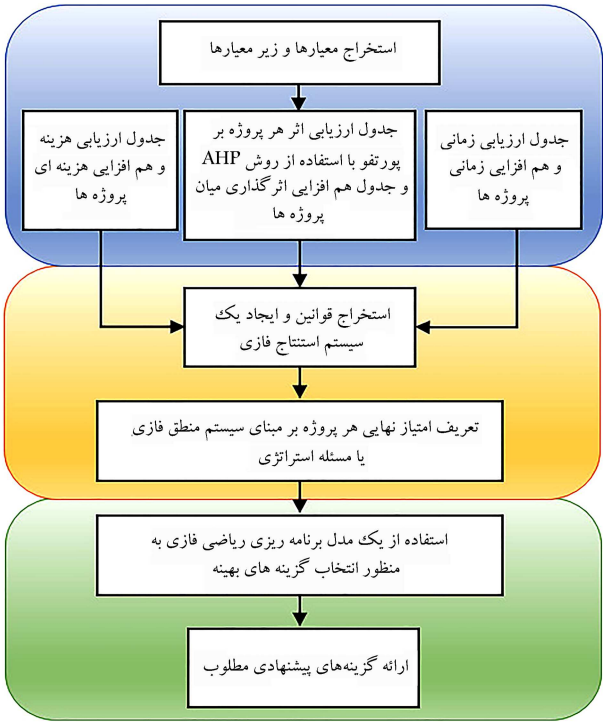
فرایند پیشنهادی ما با استخراج معیارها، زیرمعیارها و هم‌افزایی میان پروژه‌ها توسط تیم تصمیم‌گیری آغاز می‌شود. هم‌افزایی حاصل وابستگی‌های میان پروژه از عوامل محدودیت‌ساز پروژه‌ها نظیر منابع، زمان، هزینه، ریسک وغیره می‌تواند باشد. برای حل مسئله، ابتدا معیارها و زیرمعیارهای انتخاب پروژه با بررسی هم‌پوشانی میان عوامل وابسته‌ساز پروژه‌ها توسط تیم پروژه، شناسایی و انتخاب می‌شوند. معیارها با توجه به تجربه سازمانی و بررسی شرکت‌های بین‌المللی این حوزه شناسایی، بررسی و انتخاب شده‌اند. سپس میزان هم‌افزایی زمانی و هزینه‌ای به‌عنوان دو پارامتر اول مدل، توسط تیم تصمیم‌گیری استخراج شده و اثرگذاری میان پروژه‌ها به کمک روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان پارامتر سوم قابل محاسبه است. در مرحله بعدی، یک سیستم استنتاج فازی به‌منظور فراهم آوردن گزینه‌های مختلف ایجاد، امتیاز نهایی هر پروژه استخراج و به‌عنوان تابع هدف در مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی پیشنهادی استفاده می‌شود. استفاده از سیستم استنتاج فازی این امکان را فراهم می‌آورد تا معیارهای منتخب با واحدهای اندازه‌گیری مختلف را با یکدیگر جمع نموده و امتیاز نهایی محاسبه شود. شکل ۱ چارچوب استفاده شده در این مطالعه را نمایش می‌دهد. جدول ۱ خلاصه‌ای از منابع مورد مطالعه در این پژوهش و روش حل مسئله هریک جهت تصمیم سازی را نمایش میدهد. در ادامه، مراحل و ارائه نتایج حاصل در مطالعه موردی تشریح می‌شود.

۱.۲. مرحله اول: تشکیل تیم و استخراج معیارها، زیرمعیارها و هم‌افزایی میان پروژه‌ها

در ابتدا به‌منظور بررسی امکان هم‌افزایی میان پروژه‌ها، تیمی متشکل از اشخاص پاسخگو و مسئول نسبت به پروژه و سازمان تشکیل می‌شود که با توجه به نقش هر شخص در سازمان هر یک مسئولیت مجزایی داشته و امکان تعارض میان نیازمندی‌های اجرایی هر یک وجود دارد. اعضای پروژه شامل مدیر پروژه (مسئول نسبت به نیازهای پروژه)، مدیر میانی (مسئول نسبت به نیازهای سازمانی) و متخصصان مرتبط با حوزه‌های درگیر با پروژه بوده و به‌عنوان مسئول بخش سازمانی خود عضوی از تیم تصمیم‌گیری پروژه هستند. مدیریت پروژه در نقش نماینده‌ی سازمان، به‌دنبال منتخب است و وظیفه دارد با تصمیم‌گیری‌های خود از توسعه‌ی پیمانکاران منتخب (از منظر توان تولید و ...) حمایت نموده و پروژه را مطابق با برنامه‌ی زمان‌بندی به پایان برساند.

جدول ۱. مروری بر منابع مطالعه شده و روش‌های تصمیم سازی آن‌ها.

منبع	سال	روش
آرچر	۱۹۹۹	ارائه چارچوب
آنگلاند	۱۹۹۹	ارائه فرایند
کوپر	۲۰۰۱	ارائه فرایند
مسکندل	۲۰۱۰	ارائه چارچوب
شفاهی	۲۰۱۸	برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی
دو	۲۰۱۹	سیستم تسلیح شده، ویکور
سانگ	۲۰۱۹	تجزیه‌وتحلیل مقبولیت چندمعیاره‌ی تصادفی
توانا	۲۰۱۹	برنامه‌ریزی ریاضی فازی
کسکین	۲۰۱۹	چارچوب دو مرحله‌ای فازی
لی	۲۰۲۰	برنامه‌ریزی خطی
ما	۲۰۲۰	استفاده از معیارهای پایداری
تنساکول	۲۰۲۰	برنامه‌ریزی ریاضی فازی
ماوروتاس	۲۰۲۱	تصمیم‌گیری معیاره، برنامه‌ریزی ریاضی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو
هریسون	۲۰۲۲	برنامه‌ریزی خطی
بای	۲۰۲۲	ارائه فرایند (سیستم‌های پویا)
رنجبر	۲۰۲۲	تصمیم‌گیری چند معیاره و برنامه‌ریزی ریاضی فازی دوهدفه
مارگس	۲۰۲۲	ارائه فرایند، تصمیم‌گیری چند معیاره



شکل ۱. چارچوب انتخاب سبد پروژه‌ها.

جدول ۲. معیارها و زیرمعیارهای محاسبه اثر پروژه.

معیارها و زیرمعیارها	کد معیارها و زیرمعیارها
قابلیت اجرا	الف
تجربیات مشابه	الف.۱
تضمین اجرایی	الف.۲
ریسک اجرا	الف.۳
قابلیت انعطاف‌پذیری	ب
استفاده بهینه از منابع	ب.۱
افزایش همکاری	ب.۲
کاهش تأخیر	ب.۳
کاهش دوباره‌کاری	ب.۴
هماهنگی با استراتژی سازمان	پ
افزایش رضایت‌مندی مشتری	پ.۱
بهبود E2E کیفیت شبکه	پ.۲

معیارها و زیرمعیارهای انتخاب پروژه‌ها (که در راستای اهداف پورتفولیو و سازمان است) توسط تیم منتخب شناسایی و به‌کمک آنها مقدار اثر هر پروژه محاسبه می‌شود (در این مطالعه از نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۱۱ استفاده شده است). به‌منظور شناسایی و انتخاب معیارها دو حوزه‌ی نیازمندی‌ها و تجربه سازمانی و نمونه‌های موفق پیاده‌سازی شده در شرکت‌های بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفته و اهم معیارهای موردنیاز توسط تیم پروژه انتخاب شده‌اند.

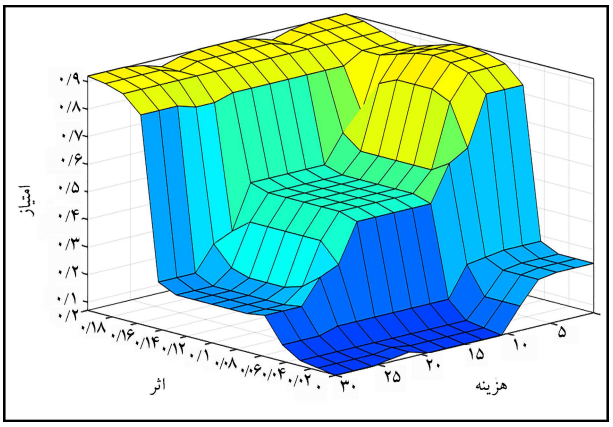
سپس میزان هم‌افزایی میان پروژه‌ها و هم‌پوشانی زمانی و هزینه‌ای آنها با استفاده از روش طوفان فکری تخمین زده می‌شود. برای این منظور ساختار شکست پروژه‌ها تا سطح بسته‌های کاری شکسته شده و میزان هم‌پوشانی و هم‌افزایی میان بسته‌های کاری با توجه به معیارهای تعیین شده، شناسایی می‌شوند. جدول ۲ معیارها و زیرمعیارهای استخراج شده در مطالعه موردی را نمایش می‌دهد.

۲.۲. مرحله دوم: ایجاد سیستم منطق فازی و مشخص نمودن امتیاز نهایی هر پروژه

در این مرحله، به‌کمک نظر خبرگان، سیستم استنتاج فازی با بهره‌گیری از اصطلاحات بیانی (جدول ۳) تهیه شده است تا به‌کمک آن امتیاز افزوده‌ی هر پروژه استخراج شده و در مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی مرحله بعد، به‌عنوان پارامتر تابع هدف مورد استفاده قرار گیرد. شکل ۲ اصطلاحات بیانی قضاوتی و مقادیر ورودی به مدل سیستم استنتاج فازی و جداول ۴، ۵ و ۶ اصطلاحات بیانی اثر، هزینه و زمان پروژه‌ها به‌همراه مقادیر بازه‌های در نظر تعریف شده را نشان می‌دهند.

با توجه به اینکه هر پارامتر شامل سه سطح کم، متوسط و زیاد است و از اپراتور And در تهیه قوانین استنتاج فازی استفاده شده است، خروجی پرسشنامه شامل تعداد ۲۷ قانون بوده و قضاوت نهایی با استفاده از روش طوفان فکری به کمک نظر خبرگان و مدیران میانی تهیه شده است (امتیاز هر پروژه به کمک جعبه‌ابزار FIS Editor GUI در نرم‌افزار MATLAB۲۰۱۷b محاسبه شده است).

جدول ۷ مقادیر ورودی سیستم استنتاج فازی و امتیاز نهایی هر پروژه را نشان می‌دهد. ستون مقادیر ورودی از راست به چپ مقادیر اثر، هزینه و زمان مرتبط با هر پروژه است.



شکل ۲. ارتباط مقادیر زمان و اثر با هزینه به‌دست آمده.

جدول ۳. اصطلاحات بیانی مرتبط با قضاوت پروژه‌ها و بازه‌های تعریف شده.

بازه‌های کمی در نظر گرفته شده	قضاوت
قوی	[۰٫۴ ۱ +∞]
نیمه قوی	[۰ ۰٫۵ ۱]
متوسط	[۰٫۴ ۰ ۰٫۴]
نیمه ضعیف	[−۱ −۰٫۵ ۰]
ضعیف	[−∞ −۱ ۰٫۴]

جدول ۴. اصلاحات بیانی اثر پروژه‌ها به‌همراه مقادیر بازه‌های تعریف شده.

اثر زیاد	اثر متوسط	اثر کم
[۰٫۶ ۰٫۸ ∞ ∞]	[۰٫۲ ۰٫۴ ۰٫۶ ۰٫۸]	[−∞ −∞ ۰٫۲ ۰٫۴]

جدول ۵. اصلاحات بیانی هزینه‌ی پروژه‌ها به‌همراه مقادیر بازه‌های تعریف شده.

هزینه زیاد	هزینه متوسط	هزینه کم
[۲۰ ۲۵ ∞ ∞]	[۵ ۱۲ ۱۸ ۲۵]	[−∞ −∞ ۵ ۱۰]

جدول ۶. اصلاحات بیانی زمان پروژه‌ها به‌همراه مقادیر بازه‌های تعریف شده.

زمان زیاد	زمان متوسط	زمان کم
[۹ ۱۵ ∞]	[۳٫۰۲ ۵٫۰۲ ۱۰ ۱۲]	[−∞ ۰ ۶]

جدول ۷. امتیاز نهایی هر پروژه.

پروژه	مقادیر ورودی	امتیاز
۱	[۰٫۱۲۶ ۷ ۱۱]	۰٫۷۲
۲	[۰/۱۰۹ ۱۰ ۱۲]	۰٫۵۰
۳	[۰/۱۲۵ ۳۰ ۱۰]	۰٫۲۱
۴	[۰٫۱۱۸ ۱۲ ۹]	۰٫۵۰
۵	[۰٫۰۸۹ ۵ ۷]	۰٫۹۱
۶	[۰٫۱۰۶ ۱۵ ۱۱]	۰٫۵۰
۷	[۰٫۱۱۹ ۵ ۷]	۰٫۹۰
۸	[۰٫۱۰۶ ۱۰ ۸]	۰٫۵۰
۹	[۰٫۱۰۲ ۱۱ ۱۵]	۰٫۵۰

۳.۲. مرحله سوم: انتخاب بهینه پورتفولیو پروژه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی

در این مرحله از مقادیر محاسبه شده در مراحل قبل به‌عنوان پارامترهای ورودی مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی استفاده می‌شود. شاخص‌ها، متغیرها و پارامترهای مسئله به‌شرح ذیل قابل بیان است:

- **شاخص‌ها**

i, j: پروژه i ام و j ام.

- **پارامترها**

$\tilde{A}_i$: امتیاز افزوده پروژه i؛

B: بودجه مصوب؛

TT: زمان کل؛

$Minl$: حداقل میزان اثر؛

c_i: هزینه پروژه i؛

c_j: هزینه پروژه j؛

t_i: زمان پروژه i؛

t_j: زمان پروژه j؛

I_i: اثر پروژه i؛

I_j: اثر پروژه j؛

$\tilde{S}C_{ij}$: هم‌افزایی میان پروژه‌های i و j؛

$\tilde{S}T_{ij}$: هم‌افزایی میان پروژه‌های i و j؛

$\tilde{S}_{ij}$: هم‌افزایی میان پروژه‌های i و j؛

w_i: وزن پروژه i؛

θ: ذخیره مدیریتی؛

α, β: ضریب امکان انتخاب؛

y_{ij}: در صورت انتخاب شدن پروژه‌های i و j برابر ۱ و در غیر این صورت ۰.

- **متغیرها**

x_i: در صورت انتخاب شدن پروژه‌ی iام برابر ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ است.

مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی (از نوع محدودیت نرم و عدد فازی) به شرح ذیل بیان می‌شود.

$$MaxZ = \sum_{ij=1}^{n} \tilde{A}_i x_i \qquad (1)$$

$s.t.$

$$\sum_{i=1}^{n} c_i x_i - \left[\sum_{1<i<j<n} \tilde{S}C_{ij}(c_i + c_j)\right] \times y_{ij} \tilde{\leq} B \qquad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} t_i x_i - \left[\sum_{1<i<j<n} \tilde{S}T_{ij}(t_i + t_j)\right] \times y_{ij} \tilde{\leq} TT \qquad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{n} I_i x_i + \left[\sum_{1<i<j<n} \tilde{S}_{ij}(I_i + I_j)\right] \times y_{ij} \tilde{\geq} MinI \qquad (4)$$

$$y_{ij} = x_i \times x_j \qquad (5)$$

$$y_{ij}, x_i, x_j \in \{0, 1\} \qquad (6)$$

$$i, j = 1, 2, 3 \cdots n \qquad (7)$$

تابع هدف ۱ به‌دنبال حداکثر سازی امتیاز افزوده پروژه‌ی iام است به‌صورتی که محدودیت‌های تعریف شده ارضا شود. محدودیت اول (۲) حداکثر بودجه تعریف شده برای پروژه‌های پورتفولیو را مشخص نموده و در صورت وجود هم‌افزایی، مقدار هزینه ذخیره شده (کم شده) را از هزینه‌ی پروژه iام حذف می‌نماید. محدودیت دوم (۳) حداکثر زمان تعریف شده جهت تحقق اقلام قابل تحویل پروژه‌ها را مشخص می‌نماید به‌صورتی که در صورت وجود هم‌افزایی میان پروژه‌ی iام و jام زمان ذخیره شده از زمان پروژه‌ی iام کسر می‌شود. محدودیت سوم (۴) حداقل هم‌پوشانی میان پروژه‌های یک پورتفولیو را مشخص می‌کند و در صورت وجود هم‌افزایی مقدار اثر به پروژه‌ی iام قابل اضافه شدن است. محدودیت چهارم (۵) شرط فعال‌سازی هم‌افزایی بوده و محدودیت پنجم (۶) نشان‌دهنده‌ی صفر و یکی بودن پارامتر (۷) نشان‌دهنده تعداد پروژه‌های بررسی شده است.

$$Nec(a \geq g) = 1 - poss(a < g) = 1 - \underset{r<g}{Sup}\{\mu_A(r)\} \qquad (8)$$

بنابراین، با توجه به اینکه متغیر امکانی α همان متغیر امکانی مرتبط با تابع هدف مسئله است می‌توان نوشت:

$$MaxZ$$

$s.t.$

$$Nec(\sum_{ij=1}^{n} \tilde{A}_i x_i \geq g) \geq 0.5 \qquad (9)$$

در نتیجه تابع هدف مدل را می‌توان به مدل قطعی تبدیل نمود. در مرحله بعدی، محدودیت‌ها دیفازی می شوند. بدین منظور همان‌طورکه توضیح داده شد از روش خیمنز استفاده شده است. در این روش از رتبه‌بندی کارایی برای غیر فازی کردن محدودیت‌های یک مدل امکانی استفاده می‌شود.[۱۶] طبق روش رتبه‌بندی، برای هر زوجی از اعداد فازی a و b، درجه بزرگ‌تر یا مساوی بودن عدد فازی a نسبت به عدد فازی b به‌صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$Degree(\tilde{a}. \geq \tilde{b}.) =$$

$$\mu_M(\tilde{a}., \tilde{b}.) \equiv degree\ of\ preference\ of\ \tilde{a}\ over\ \tilde{b}$$

$$\mu_M(\tilde{a}., \tilde{b}.) \equiv$$

$$\begin{cases} 0 & E_2^a < E_1^b \\ \frac{E_2^a - E_1^b}{E_2^a - E_1^a + E_2^b - E_1^b} & 0 \in [E_1^a - E_2^b < 0\ ,\ E_2^a - E_1^b > 0] \\ 1 & E_1^a < E_2^b \end{cases} \qquad (10)$$

حال چنانچه دو شرط ذیل برقرار باشد، می‌گوییم عدد فازی a. حداقل با درجه بتا از عدد فازی b. بزرگ‌تر یا مساوی است و می توان نوشت:

$$\beta \in [0, 1],\ \ \mu_M(\tilde{a}., \tilde{b}.) \geq \beta$$

$$\tilde{a}. \geq_\beta \tilde{b}. \equiv \frac{E_2^a - E_1^b}{E_2^a - E_1^a + E_2^b - E_1^b} \geq \beta \qquad (11)$$

با توجه به موارد گفته شده می‌توان مدل فازی عنوان شده را به شکل ذیل به مدل قطعی تبدیل نمود:

$$MaxZ = \sum_{ij=1}^{n} \tilde{A}_i x_i - \gamma \left[\sum_{i=1}^{n} w_i x_i \right] \quad (12)$$

$s.t.$

$$\sum_{i=1}^{n} c_i x_i - \left[\sum_{1<i<j<n} (\beta E_1^{\tilde{S}C_{ij}(c_i+c_j)} + (1-\beta) E_2^{\tilde{S}C_{ij}(c_i+c_j)}) \right] \times y_{ij} \leq B + B(1-\alpha)\theta \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^{n} t_i x_i - \left[\sum_{1<i<j<n} (\beta E_1^{\tilde{S}T_{ij}(t_i+t_j)} + (1-\beta) E_2^{\tilde{S}T_{ij}(t_i+t_j)}) \right] \times y_{ij} \leq TT + TT(1-\alpha)\theta \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^{n} I_i x_i + \left[\sum_{1<i<j<n} \beta E_2^{\tilde{S}_{ij}(I_i+I_j)} + (1-\beta) E_1^{\tilde{S}_{ij}(I_i+I_j)} \right] \times y_{ij} \geq MinI + MinI(1-\alpha)\theta \quad (15)$$

$$y_{ij} = x_i \times x_j \quad (16)$$

$$y_{ij}, x_i, x_j \in \{0, 1\} \quad (17)$$

$$i, j = 1, 2, 3 \cdots n \quad (18)$$

$$\alpha, \beta \in [0, 1] \quad (19)$$

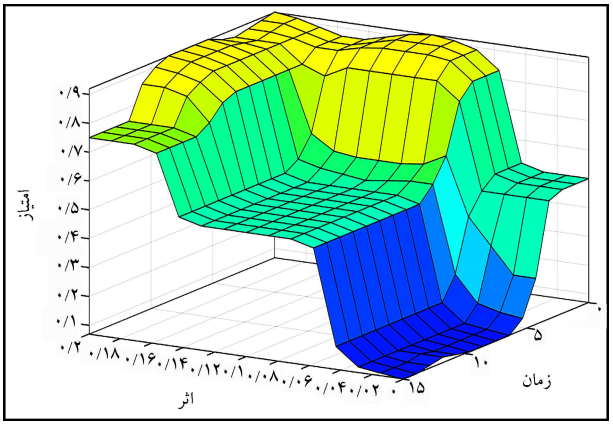
لازم به‌ذکر است که مقدار تتا (ذخیره مدیریتی) در محدودیت‌ها برابر ۱۰٪ در نظر گرفته‌شده و مقدار گاما در تابع هدف برابر ۰٫۵ است. همچنین با توجه به اینکه برای دیفازی نمودن تابع هدف نیاز به مشخص بودن وزن هر پروژه است، از روش آنتروپی جهت مشخص نمودن وزن هر پروژه استفاده شده است. جداول مرتبط با درصد هم‌افزایی زمانی، هزینه‌ای و اثرگذاری میان پروژه‌های iام و jام که توسط تیم تصمیم‌گیری استخراج شده در قسمت ضمیمه نشان داده شده است.

سیستم استنتاج فازی:

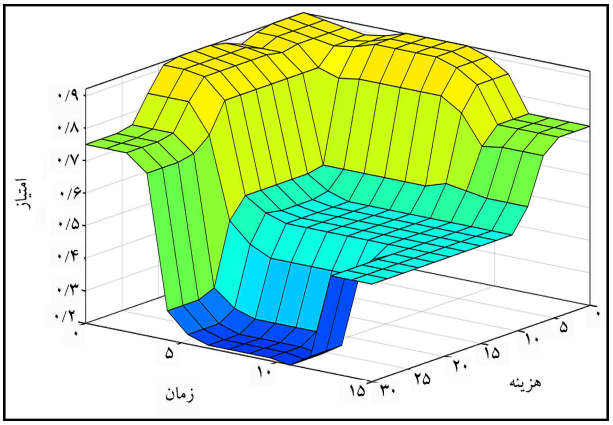
در خصوص سیستم استنتاج فازی ازآنجاکه سه ورودی اثر، هزینه و زمان به سیستم وارد و یک خروجی توسط سیستم استنتاج فازی به‌عنوان امتیاز هر پروژه ارائه می‌شود، جهت بررسی به یک نمودار چهاربعدی نیاز است که این مهم امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین، تصاویر سه‌بعدی تولید شده توسط نرم‌افزار مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد. همان‌طورکه در اشکال ذیل مشاهده می‌شود هر نمودار رابطه‌ی میان یک جفت ورودی و یک خروجی را نمایش می‌دهد. محورهای X و Y مقادیر ورودی به سیستم و محور Z نمایانگر مقادیر خروجی سیستم (امتیاز) است. پارامتر هزینه بین ۰ تا ۳۰ واحد پولی، زمان بین ۰ تا ۱۵ واحد زمانی (ماه) و اثرگذاری هر پروژه بین ۰ و ۰٫۲ محاسبه شده و مقدار خروجی (امتیاز) نیز بین ۰ و ۱ است.

سطح خروجی در شکل ۲ نشان می‌دهد که هزینه و اثر با یکدیگر رابطه معکوس دارند به‌گونه‌ای که افزایش یکی موجب کاهش امتیاز و افزایش دیگری موجب افزایش امتیاز می‌شود. تفاوت آن با شکل ۳ در شدت نزولی بودن شیب زمان است به‌طوری که کاهش زمان بیشتر از ۷ الی ۸ ماه با توجه به نظر خبرگان قابل‌قبول نیست. هزینه طی دو مرحله و با سه سطح صفر شده و زمان طی یک مرحله و در دو سطح به این مقدار می‌رسد.

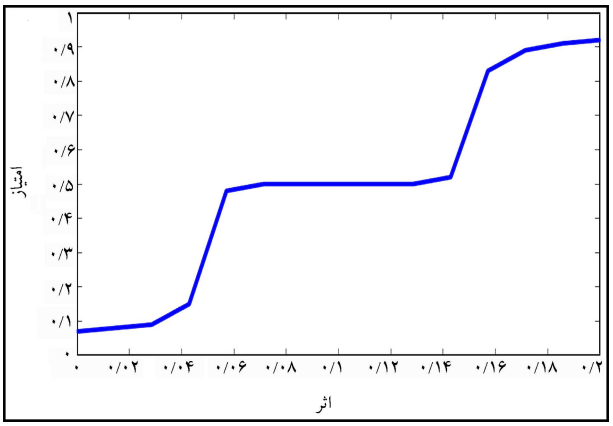
سطح خروجی در شکل ۳ نشان می‌دهد که زمان و اثر با یکدیگر رابطه معکوس دارند بدین ترتیب که افزایش یکی موجب کاهش امتیاز دیگری می‌شود. همچنین با افزایش امتیاز مقدار اثر طی سه مرحله افزایش و زمان طی دو مرحله کاهش می‌یابد.



شکل ۳. ارتباط مقادیر زمان و اثر با امتیاز به‌دست آمده.



شکل ۴. ارتباط مقادیر زمان و هزینه با امتیاز به‌دست آمده.

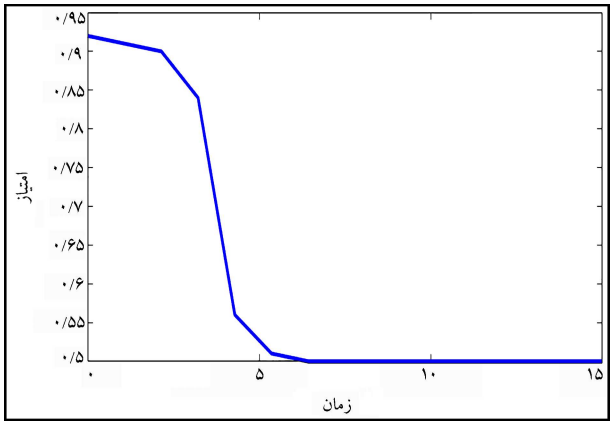


شکل ۵. ارتباط خطی مقادیر اثر و امتیاز.

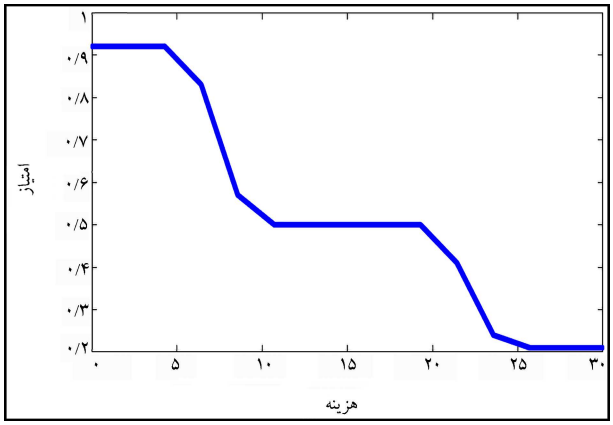
سطح خروجی در شکل ۴ نشان می‌دهد که هزینه و زمان نسبت به امتیاز با یکدیگر رابطه مستقیم دارند. شکل‌های ۵، ۶ و ۷ روابط خطی هر یک از مقادیر هزینه، زمان و اثر را با امتیاز حاصل شده از سیستم استنتاج فازی نمایش می‌دهند.

۳. تجزیه‌وتحلیل

به‌منظور قطعی نمودن، ما مقدار امکان تابع هدف را از مقدار ۰٫۵ بزرگ‌تر در نظر می‌گیریم. با توجه به نوع دی‌فازی نمودن مدل ریاضی فازی، این امکان برای



شکل ۶. ارتباط خطی مقادیر زمان و امتیاز.



شکل ۷. ارتباط خطی مقادیر زمان و امتیاز.

تصمیم‌گیرنده فراهم آورده شده تا به ازای مقادیر مختلف آلفا و بتا نتایج مختلف انتخاب پروژه‌ها را بررسی و تجزیه‌وتحلیل نمایند. بدین صورت که مقادیر آلفا و بتا در بازه [۰٫۵،۱] انتخاب شده و به‌ازای اختلاف ۰٫۱ به‌صورت زوجی مورد بررسی قرار گرفتند که منتج به تولید تعداد ۲۵ حالت متفاوت گردید. مدل، توسط نرم‌افزار GAMS حل و خلاصه نتایج حاصل‌شده در جدول‌های ۸ و ۹ نشان داده شده استجدول‌ها به این سؤال پاسخ می‌دهند که به‌ازای مقادیر مختلف آلفا و بتا کدام پروژه‌ها بیشترین امتیاز افزوده را برای پورتفولیو ایجاد می‌کنند و میزان عدم قطعیت را اندازه‌گیری می‌کنند.

به‌عنوان نمونه در جداول بالا ۱۹ درصد از جواب‌های به‌دست آمده پروژه‌های سوم و چهارم را انتخاب نکرده‌اند و در چهار ردیف اول مجموع پروژه‌های منتخب، ارزشی برابر با مقدار ۴٫۱۴۵ دارند؛ به‌گونه‌ای که در سه مورد تعداد دو پروژه و در مورد آخر تعداد سه پروژه هیچ‌گاه انتخاب نمی‌شوند. این موضوع موجب می‌شود تا مدیران مسئول امکان انتخاب گزینه‌های متعدد متناسب با فرهنگ و توان سازمانی خود را داشته باشند.

بررسی نتایج به‌دست آمده به‌ازای هر پروژه:

جدول ۱۰ نشان می‌دهد که انتخاب پروژه‌های شماره ۱، ۵ و ۷ حتمی بوده و پروژه ۸ شانس بسیار بالایی برای انتخاب شدن در پورتفولیو را دارد. پروژه‌های شماره ۹ و ۳ به‌ترتیب کمترین مقبولیت انتخاب را داشته و از منظر تعداد دفعات انتخاب، پروژه‌های ۲ و ۴ احتمال یکسانی برای انتخاب شدن داشته و پروژه‌ای امکان انتخاب شدن دارد که از منظر مدیریت جذابیت بیشتری داشته باشد.

جدول ۸. فراوانی انتخاب و نتایج به‌دست آمده در مطالعه موردی.

ردیف	فراوانی انتخاب	پروژه‌های منتخب								
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	٪۱۹	√	√	×	×	√	√	√	√	√
۲	٪۶۲	√	√	×	√	√	×	√	×	√
۳	٪۱۵	√	√	×	√	√	√	√	√	×
۴	٪۴	√	√	×	√	√	×	√	×	×
۵	٪۴۴	√	√	√	√	√	×	√	×	×
۶	٪۲۳	√	√	√	×	√	√	√	√	×
۷	٪۳۳	√	×	√	√	√	√	√	√	×
۸	٪۱۰۰	√	×	√	√	√	√	√	√	√

جدول ۹. مقادیر و فراوانی تابع هدف.

ردیف	فراوانی تابع هدف	مقدار تابع هدف
۱	٪۷۲	۴٫۱۴۵
۲	٪۲۵	۳٫۸۳
۳	٪۳	۳٫۸۲۵

جدول ۱۰. فراوانی انتخاب هر پروژه.

پروژه	فراوانی انتخاب
۷	٪۱۰۰
۵	٪۱۰۰
۱	٪۱۰۰
۴	٪۷۵
۲	٪۷۵
۸	٪۶۳
۶	٪۶۳
۳	٪۵۰
۹	٪۳۸

بررسی اثرات عدم قطعیت بر نتیجه‌گیری نهایی:

با در نظر گرفتن ابهام ۵۰ درصدی در مدل، پروژه‌های ۱، ۵ و ۷ و در حالت قطعی مسئله تنها تأمین‌کننده‌ی شماره ۵ در تمامی حالت‌های تغییر بودجه انتخاب می‌شوند. این تجزیه‌وتحلیل به ما نشان می‌دهد وجود عدم قطعیت در اطلاعات ورودی مسئله تأثیر شدیدی بر نتیجه‌ی نهایی تیم تصمیم‌گیری پروژه نگذاشته و استفاده از محدودیت فازی تا حد مطلوبی به عدم قطعیت موجود پاسخ داده است.

بررسی حساسیت تابع هدف:

به‌منظور بررسی حساسیت تابع هدف و نتایج به‌دست آمده، مقادیر سمت راست هر محدودیت را با ثابت در نظر گرفتن دو محدودیت دیگر تغییر دادیم. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد تغییر پارامتر هم‌پوشانی میان پروژه‌ها، بیش‌ترین اثر را بر نتایج به‌دست آمده در این مدل نشان می‌دهد. پس از محدودیت سوم، تغییر بودجه و پس‌ازآن تغییر زمان بیش‌ترین اثرگذاری را بر روی مقدار تابع هدف می‌گذارد.

جدول ۱۱ قوانین استخراج شده توسط تیم تصمیم‌گیری برای محاسبه‌ی پارامتر

جدول ۱۱. قوانین استخراج شده برای ایجاد سیستم استنتاج فازی.

ردیف	اثر	هزینه	زمان	قضاوت
۱	کم			
۲	متوسط	کم		
۳	نیمه ضعیف			
۴	زیاد			
۵	کم			
۶	متوسط	متوسط	کم	
۷	ضعیف			
۸	زیاد			
۹	نیمه ضعیف			
۱۰	متوسط			
۱۱	ضعیف			
۱۲	زیاد			
۱۳	کم			
۱۴	قوی			
۱۵	متوسط	کم	متوسط	
۱۶	متوسط			
۱۷	زیاد			
۱۸	نیمه قوی			
۱۹	کم			
۲۰	قوی			
۲۱	متوسط			
۲۲	زیاد			
۲۳	کم			
۲۴	قوی			
۲۵	متوسط	متوسط	زیاد	
۲۶	قوی			
۲۷	زیاد			
۲۸	نیمه قوی			
۲۹	کم			
۳۰	متوسط			
۳۱	زیاد			
۳۲	کم			
۳۳	متوسط			
۳۴	زیاد			
۳۵	کم			
۳۶	متوسط	زیاد		
۳۷	زیاد			
۳۸	نیمه قوی			
۳۹	کم			
۴۰	متوسط			
۴۱	زیاد			
۴۲	کم			
۴۳	متوسط			
۴۴	زیاد			
۴۵	کم			
۴۶	متوسط			
۴۷	زیاد			

جدول ۱۲. درصد هم‌افزایی میان پروژه‌های i و j از منظر هزینه.

پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	-	۲	۳	۴	-	-	-	-	-
۲		-	-	-	-	۶	-	-	-
۳			-	-	-	-	-	۴	-
۴				-	-	-	-	-	۷
۵					-	-	۳	۵	۲
۶						-	-	-	-
۷							-	-	-
۸								-	-
۹									-

جدول ۱۳. درصد هم‌افزایی میان پروژه‌های i و j از منظر زمان.

پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	-	۱۵	۱۰	-	۵	-	-	-	-
۲		-	-	-	-	۶	-	-	۵
۳			-	-	-	-	-	۴	-
۴				-	-	-	۱۲	-	۷
۵					-	-	-	-	-
۶						-	-	۱۸	-
۷							-	-	-
۸								-	-
۹									-

جدول ۱۴. درصد هم‌افزایی میان پروژه‌های i و j از منظر اثرگذاری.

پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	-	-	-	-	۲۵	-	-	-	-
۲		-	-	-	-	۲۸	-	-	۱۰
۳			-	-	-	-	-	۱۲	-
۴				-	۱۱	-	-	-	-
۵					-	-	۱۹	-	۳۵
۶						-	-	۷	-
۷							-	-	-
۸								-	-
۹									-

تابع هدف را نشان می‌دهد. جداول ۱۲، ۱۳ و ۱۴ درصد هم‌افزایی هزینه‌ای، زمانی و اثرگذاری میان پروژه‌ها را نمایش می‌دهد.

۴. نتیجه‌گیری

انتخاب پروژه‌های یک پورتفولیو یکی از تصمیمات مهم در سازمان‌ها است که سودآوری سازمان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه با عنایت به ماهیت پروژه‌ها یک رویکرد ترکیبی دومرحله‌ای با در نظرگرفتن معیارهای کمی و کیفی، مبتنی بر فرایند تجزیه‌وتحلیل سلسله‌مراتبی، سیستم استنتاج فازی و برنامه‌ریزی ریاضی فازی برای ارزیابی و انتخاب بهینه پروژه‌های پورتفولیو در شرایط عدم قطعیت پیشنهاد شده که رویکردی جدید برای حل مسئله انتخاب بهینه پروژه‌های یک پورتفولیو بوده و هدف اصلی آن ایجاد حداکثر هم‌افزایی میان پروژه‌ها است.

این انتخاب باید به‌گونه‌ای باشد که با ایجاد هم‌افزایی میان پروژه‌ها، ضمن ایجاد رقابت میان آنها و کاهش زمان تأخیر در تأمین محصولات مورد نیاز پروژه، هزینه نهایی را کاهش داده و مجموع کیفیت مطلوب سازمان را افزایش دهد. برای این منظور در مرحله اول شاخص‌های اصلی ارزیابی شناسایی‌شده و معیارها و زیر معیارها به‌کمک روش فرایند تجزیه‌وتحلیل سلسله‌مراتبی مشخص و میزان هم‌افزایی میان پروژه‌ها استخراج می‌شوند. در مرحله دوم با ایجاد یک سیستم استنتاج فازی مقدار امتیاز هر پروژه استخراج و در نهایت به‌کمک یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی پروژه‌های بهینه پورتفولیو انتخاب می‌شوند. مفهوم ذخیره مدیریتی که در استانداردهای مدیریت پروژه ارائه می‌شود به‌کمک روش فازی در مدل به‌کارگرفته‌شده و به‌کمک روش خیمنزگزینه‌های متعدد به مدیران مسئول به‌جهت تصمیم‌گیری ارائه می‌شود که

نتایج مطلوب آن در مطالعه موردی نشان داده شده است. استفاده از رویکرد فازی این امکان را برای تیم پروژه فراهم می‌آورد تا با بررسی گزینه‌های مختلف مطلوب‌ترین گزینه‌ها را با توجه به استراتژی سازمان انتخاب نمایند.

برخی نکات کلیدی وجود دارد که باید در اجرای روش حل پیشنهادی مورد توجه قرار گیرد. تصمیم‌گیری‌ها بر اساس نظرات تصمیم‌گیرندگان تیم پروژه است؛ بنابراین، مدل پیشنهادی به تعداد متخصصان و تجربیات آنها بسیار حساس است. همچنین برخی از محدودیت‌های عملی و واقعی مرتبط با سازمان و پروژه ممکن است در مدل ریاضی در نظر گرفته نشده باشند که مدیران باید مدنظر قرار دهند (مانند محدودیت‌های استراتژی سازمان، ریسک پروژه، تدارکات پروژه و غیره). بررسی جواب‌های مختلف در محدوده پذیرش تعیین شده به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد تا نتیجه‌ی حالت‌های مختلف انتخاب تأمین‌کنندگان را به‌صورت کمی مشاهده نموده و مورد ارزیابی قرار دهند. اثر نهایی این موضوع در افزایش دقت تجزیه‌وتحلیل و سرعت تصمیم‌گیری به صورت قابل‌ملاحظه‌ای در مطالعه موردی مشاهده شده است.

به‌عنوان پژوهش‌های آتی، این امکان وجود دارد تا محاسبه‌ی پارامتر امتیاز قرارداد مرتبط با پروژه‌ها با چند منبع، محاسبه‌ی حجم خرید هر پروژه با استفاده از روش تعادل استکلبرگ و نیز اضافه نمودن محدودیت‌های دیگر پروژه نظیر ریسک و تدارکات را به مدل مورد مطالعه قرار داد.

منابع (References)

1. Dionisio, C., Griffiths, M., Clemens, N., Favrot, J., Fewell, J., Hu, E., Kauffman, B., Rad, N., Marucci, G., Nielsen, K., Specht, M., Suarez, M., Thomas, L. and Uzaga, J., 2021. *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, 7th Edition. PA: Project Management Institute, 370.
2. Butler, S., Chatzipanos, P., Clemens, N., McKee, D., Wu, T., Ross, D., Sikma, G. and Long, W., 2017. *The Standard for Portfolio Management*. 4th Edition. PA: Project Management Institute, 206.
3. Abbassi, M., Ashrafi, M. and Sharifi Tashnizi, E., 2014. Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: A Cross-Entropy based methodology. *Technovation*, *34*(1), pp.54-63. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.09.001.
4. Archer, N. and Ghasemzadeh, F., 1999. An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, *17*(4), pp.207-216. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00032-5.
5. Englund, R. and Graham, R., 1999. From experience: Linking projects to strategy. *Journal of Product Innovation Management: An International Publication Of The Product Development & Management Association*, *16*(1), pp.52-64. https://doi.org/10.1111/1540-5885.1610052.
6. Cooper, R., Edgett, S. and Kleinschmidt, E. 2001. Portfolio management for new product development: Results of an industry practices study. *R&D Management*, *31*(4), pp.361-380. https://doi.org/10.1111/1467-9310.00225.
7. Meskendahl, S., 2010. The influence of business strategy on project portfolio management and its success_A conceptual framework. *International Journal of Project Management*, *28*(8), pp.807-817. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.06.007.
8. Shafahi, A., Haghani, A., 2018. Project selection and scheduling for phase-able projects with interdependencies among phases. *Automation in Construction*, *93*, pp.47-62. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.008.
9. Dou, Y., Zhou, Z., Xu, X. and Lu, Y., 2019. System portfolio selection with decision-making preference baseline value for system of systems construction. *Expert Systems with Applications*, *123*, pp.345-356. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.045.
10. Song, S., Yang, F. and Xia, Q., 2019. Multi-criteria project portfolio selection and scheduling problem based on acceptability analysis. *Computers & Industrial Engineering*, *135*, pp.793-799. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.056.
11. Tavana, M., Khosrojerdi, G., Mina, H. and Rahman, A., 2019. A hybrid mathematical programming model for optimal project portfolio selection using fuzzy inference system and analytic hierarchy process. *Evaluation and Program Planning*, *77*, pp.45-48. https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2019.101703.
12. Keskin, F., 2019. A two-stage fuzzy approach for industry 4.0 project portfolio selection within criteria and project interdependencies context. *J. Multi-Criteria Decis,Anal*, pp. 43-46https://doi.org/10.1002/mcda.1691.
13. Li, X., Huang, Y.H., Fang, S.C. and Zhang, Y., 2020. An alternative efficient representation for the project portfolio selection problem. *European Journal of Operational Research*, *281*(1), pp. 100-113. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.08.022.
14. Ma, J., Harstvedt, JD., Jaradat, R. and Smith, B., 2020. Sustainability driven multi-criteria project portfolio selection under uncertain decision-making environment. *Computers & Industrial Engineering*, *140*, pp.10-12. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106236.
15. Tansakul, N. and Yenradee, P., 2020. Fuzzy improvement-project portfolio selection considering financial performance and customer satisfaction. *International Journal of Knowledge and Systems Science*, *11*(2), pp.41-70. 10.4018/IJKSS.2020040103.
16. Jiménez, M., 1996. Ranking fuzzy numbers through the comparison of its expected interactive. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, *4*(4), pp.379-388. https://doi.org/10.1142/S0218488596000226.

17. Mavrotas, G. and Makryvelios, E. 2021. Combining multiple criteria analysis, mathematical programming and Monte Carlo simulation to tackle uncertainty in Research and Development project portfolio selection: A case study from Greece. *European Journal of Operational Research**, *291*(2), pp.794-806. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.09.027.

18. Harrison, K.R., Elsayed, S.M., Garanovich, I.L., Weir, T., Boswell, S.G. and Sarker, R.A. 2022. Generating datasets for the project portfolio selection and scheduling problem. *Data in Brief*, *42*, p.108208. https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108208.

19. Bai, L., Bai, J. and An, M., 2022. A methodology for strategy-oriented project portfolio selection taking dynamic synergy into consideration. *Alexandria Engineering Journal*, *61*(8), pp.657-6369. https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.04.034.

20. Ranjbar, M., Nasiri, M.M. and Torabi, S.A., 2022. Multi-mode project portfolio selection and scheduling in a build-operate-transfer environment. *Expert Systems with Applications*, *189*, p.116134. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116134.

21. Marques, A.C., Frej, E.A. and de Almeida, A.T., 2022. Multicriteria decision support for project portfolio selection with the FITradeoff method. *Omega*, *111*, p. 102661. https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102661.