مدیریت صنعتی
Journal of Industrial Management
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۷، شمارهٔ ۳
پاییز ۱۳۹۴
ص. ۵۳۲- ۵۱۱

بهینه‌سازی سبد پروژه با اثر متقابل با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری (TLBO)

رضا شیخ[۱]، مریم آذری[۲]

چکیده: امروزه سازمان‌ها با انبوهی از پروژه‌ها و فرصت‌های سرمایه‌گذاری مواجه‌اند. با وجود ضرورت توجه به معیارهای مختلف، پیچیدگی مدل‌های چندهدفه در کنار ضعف ابزارهای بهینه‌سازی در حل این مدل‌ها، مدیران را مجبور ساخته تا معیارهای انتخاب را محدودتر کرده و اغلب به معیارهای مالی اکتفا کنند. در این مقاله با بهره‌گیری از الگوریتمی کارا مبتنی بر فرایند آموزش و یادگیری علاوه‌بر معیارهای مالی، عواملی همچون توانایی سازمان در اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌ها، میزان تحقق راهبردهای سازمان در پرتو پروژه‌های انتخابی و همچنین تأثیر متقابل مجموعه پروژه‌های منتخب بر یکدیگر در قالب یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک چندهدفه بررسی و بهینه گردید. در نهایت مدل ارائه‌شده در یک سازمان پروژه‌محور اعمال و نحوهٔ عملکرد الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی گروه ذرات مقایسه شد. نتایج حاکی از توانایی الگوریتم پیشنهادی در دستیابی به پاسخ بهینه و برتری آن نسبت به سایرین است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: *اثر متقابل پروژه‌ها، الگوریتم فراابتکاری خود بهینه مبتنی بر آموزش و یادگیری، بهینه‌سازی چندهدفه، بهینه‌سازی سبد پروژه.*

۱. دانشیار گروه مدیریت، دانشکدهٔ مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
۲. کارشناسی‌ارشد رشتهٔ MBA، دانشکدهٔ مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۱/۲۴
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۲۷
نویسندهٔ مسئول مقاله: رضا شیخ
E-mail: resheikh@shahroodut.ac.ir

مقدمه

پروژه‌ها شریان حیاتی بسیاری از سازمان‌های امروزی هستند (هاروی، ۲۰۱۰). انتخاب صحیح پروژه‌ها و محل سرمایه‌گذاری با توجه به محدودیت منابع در انجام هر پروژه‌ای عامل اصلی رشد و بقای سازمان محسوب می‌شود. به‌طوری‌که وضعیت کنونی هر سازمانی را می‌توان ثمرهٔ تصمیمات گذشتهٔ آن سازمان در خصوص چگونگی تخصیص منابع دانست. از طرفی ضرورت تأمین اهداف سازمان، مسئلهٔ بودجه‌بندی سرمایه‌های شرکت را از مسئلهٔ صرفاً مالی خارج کرده و به موضوع چندوجهی تبدیل می‌کند که به‌طور مستقیم با راهبرد سازمان در ارتباط است؛ شرایطی که بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره یا مدل‌های چندهدفه را اجتناب‌ناپذیر کرده است. مطالعات پژوهشگرانی از جمله پرز و گومز (۲۰۱۴) و خلیلی دامغانی و سعدی‌نژاد (۲۰۱۳) نمونه‌هایی از کاربرد مدل‌های چندهدفه در بهینه‌سازی سبد پروژه است. هرچند روش‌های مذکور امکان بررسی چندجانبهٔ مسائل و مدلسازی دقیق‌تر شرایط را فراهم می‌آورند، رشد نمایی محاسبات در صورت افزایش تعداد معیارها یا پروژه‌های قابل بررسی، به‌کارگیری آن را با مشکل مواجه می‌کند. به‌طوری‌که عملاً مدیران ناچار می‌شوند معیارهای انتخاب را محدودتر کرده و اغلب به معیارهای مالی اکتفا کنند. این امر موجب جهت‌گیری بسیاری از پژوهشگران از جمله کارازو و همکاران (۲۰۱۰)، پورکاظمی ، فتاحی، مظاهری و اسدی (۱۳۹۲)، فارسیجانی، فتاحی و نوروزی (۱۳۹۱) به سمت روش‌های بهینه‌سازی ابتکاری و فراابتکاری شد، چراکه فرایند جست‌وجوی جامع تصادفی، احتمال دستیابی به پاسخ‌های برتر را به‌شدت افزایش می‌دهد. در بین ابزارها و روش‌های بهینه‌سازی که تاکنون استفاده شده است، الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری از جمله ژنتیک و بهینه‌سازی گروه ذرات رایج‌ترین و کاراترین ابزارهای بهینه‌سازی محسوب می‌شوند (رائو و کلیانکر، ۲۰۱۲؛ فقیه و منتظری، ۱۳۸۷). اجرای هر یک از الگوریتم‌های فراابتکاری پیشین مستلزم تعیین شاخص‌های کنترلی خاصی است که عملکرد الگوریتم و پاسخ نهایی را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طوری‌که انتخاب نادرست پارامترها محاسبات را افزایش داده یا ممکن است جواب بهینهٔ محلی ارائه دهد (رائو، سوسانی و وخریا، ۲۰۱۱) . این در حالی است که هیچ روشی برای برآورد این پارامترها وجود ندارد و عملاً مقادیر آنها باید با سعی و خطا تعیین شود. رائو، سوسانی و وخریا در سال ۲۰۱۱ به‌دنبال حل این مشکل با الهام از فرایند طبیعی آموزش و یادگیری، الگوریتمی را ارائه کردند که بدون نیاز به هیچ پارامتر کنترلی خاص عملیات بهینه‌سازی را انجام می‌دهد. در این پژوهش سعی شده با بهره‌گیری از این الگوریتم علاوه‌بر معیارهای مالی، عوامل مهمی همچون توانایی سازمان در اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌ها، میزان تحقق راهبردهای سازمان در پرتو پروژه‌های انتخابی و همچنین تأثیر متقابل مجموعه پروژه‌های منتخب بر یکدیگر در قالب یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک

چندهدفه بررسی شود. الگوریتم مورد استفاده تاکنون در ادبیات مهندسی و اغلب برای بهینه‌سازی متغیرهای طراحی در حوزهٔ برق و مکانیک به‌کار رفته است. قابلیت بهینه‌سازی و شناسایی بهینهٔ کلی بدون نیاز به تعیین هیچ نوع پارامتر کنترلی خاص از ویژگی‌های بارز این روش نسبت به سایر روش‌های فراابتکاری به‌شمار می‌رود. در نهایت نحوهٔ عملکرد الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی گروه ذرات که پیش از این در مسائل مشابه به‌کار رفته است، مقایسه شد.

اهداف اصلی پژوهش حاضر مدل‌سازی مسئلهٔ انتخاب سبد پروژه با توجه به معیارهای چندگانه و بهینه‌سازی آن براساس الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری است.

ازاین‌رو مهم‌ترین سؤال تحقیق عبارت است از:

۱. مدل‌سازی مسئلهٔ انتخاب سبد پروژه با توجه به معیارهای مالی، توانایی سازمان در اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌ها، میزان همسویی پروژه با راهبردهای سازمان و اثر متقابل بین پروژه‌ها چگونه است؟

۲. کارایی الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری در حل مسئلهٔ انتخاب سبد پروژه در مقایسه با الگوریتم‌های بهینه‌سازی گروه ذرات و ژنتیک چگونه است؟

پیشینهٔ نظری پژوهش

انتخاب سبد پروژهٔ بهینه به لحاظ نظری و کاربردی اهمیت خاصی دارد. این انتخاب شامل مجموعه‌ای از پروژه‌ها با هدف تأمین معیارهای مختلف مالی و غیرمالی است (عباسی، اشرفی و شریفی، ۲۰۱۴). تاکنون مدل‌های انتخاب سبد پروژهٔ بسیاری ارائه شده است. بسیاری از مدل‌های انتخاب اولیه براساس مدل برنامه‌ریزی خطی، مدل‌های امتیازی، رتبه‌بندی و چک‌لیست‌ها طرح شده‌اند (کلدریک، لانگرست، ایوی و هنیس، ۲۰۰۵؛ تید، بسانت و پویت، ۲۰۰۵). این مدل‌ها اغلب ویژگی‌های یک پروژه را به معیار مالی تبدیل می‌کنند. مرور ادبیات انتخاب سبد پروژه نشان می‌دهد که در زمینهٔ طبقه‌بندی رویکردهای انتخاب سبد پروژه دو مکتب فکری وجود دارد (یامارتاناکول، پاتاناکول و میلوشویچ، ۲۰۰۸). مکتب اول برگرفته از نظرهای بیکر، فریلند و پوند در اوایل دههٔ ۱۹۹۰، رویکردهای کمی در انتخاب پروژه و تخصیص منابع را عرضه می‌کند. درحالی‌که مکتب دوم، روش‌های کیفی مانند نمودارهای حبابی و مدل‌های رتبه‌بندی را در انتخاب و اولویت‌بندی پروژه‌ها در بر می‌گیرد (بیکر و فریلند، ۱۹۷۵؛ بیکر و پوند، ۱۹۶۴؛ سانتیاگو و بیفانو، ۲۰۰۵؛ گوپتا و ماناداکوویچ، ۱۹۹۲).

هیدنبرگر و استومر (۱۹۹۹) با ادغام دو مکتب مذکور مدل‌های انتخاب سبد پروژه را به شش گروه روش‌های اندازه‌گیری سود، رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی، مدل‌های فراابتکاری و شبیه‌سازی،

اختیار حقیقی و مدل‌های Ad Hoc تقسیم کرده‌اند. در مقابل تعدادی از پژوهشگران از سیستم‌های پشتیبان تصمیم برای انتخاب سبد پروژهٔ بهینه استفاده کردند (خلیلی دامغانی، سعدی‌نژاد، آریانژاد، ۲۰۱۱؛ قاسم‌زاده و آرچر، ۲۰۰۰؛ تیان، ما، لیونگ، کووک و لیو، ۲۰۰۵). لیتوینچف، لوپز، آلوارز و فرناندز (۲۰۱۰) با ارائهٔ یک مدل دوهدفه، حفظ تعادل بین معیارهای کیفی و تعداد پروژه‌های انتخابی را مدنظر قرار دادند. لئو (۲۰۱۲) بر کنترل ریسک سبد پروژه متمرکز شد و روشی برای تنوع‌بخشی بهینه توسعه داد که ریسک بازار و فنی را شامل می‌شد. فان ویک (۲۰۱۰) بر اهمیت رو به رشد ملاحظات تکنولوژیکی در انتخاب پرتفولیو تأکید و یک چارچوب ارزیابی فنی که سرعت ارزیابی مدیر پرتفولیو را بهبود می‌بخشد، پیشنهاد کرد. کزولت، گرون و لینتون (۲۰۱۳) با ارزیابی روش‌های کمی و کیفی مختلف ضمن توجه به اثر متقابل پروژه‌ها، مسیری روشن برای تأمین توازن سبد پروژه پیشنهاد کردند. محقر جعفرنژاد، گلابچی و جبارزاده (۱۳۹۲) ایجاد سینرجی میان پروژه‌ها را به تصمیمات سازمان مادر نسبت داده‌اند. به‌طوری‌که این سازمان‌ها با ایجاد بستری مناسب، می‌توانند زمینهٔ انتخاب پروژه‌ها با سینرجی مثبت را فراهم کنند.

بررسی پژوهش‌های مذکور حاکی از اهمیت و تأثیر بسزای هر یک از عوامل ملاحظات تکنولوژیکی، اثر متقابل پروژه‌ها، کنترل ریسک سبد، اطمینان از توازن و تعادل سبد پروژه و... در نتایج تصمیم است؛ ازاین‌رو توجه همزمان به این عوامل بسیار کارگشا خواهد بود. هرچند مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی قابلیت بسیار زیادی در مدل‌سازی توابع هدف، محدودیت‌ها و شرایط مختلف دارند و دستیابی به جواب بهینه را با اطمینان بسیار بالایی تضمین می‌کنند. لکن پیچیدگی توابع ریاضی در نتیجهٔ افزایش ابعاد مسئله و تعدد توابع هدف و محدودیت، حل آن را با مشکل مواجه می‌کند (رضوی، سوخکیان و زیارتی، ۱۳۹۰). به‌منظور پوشش این نقیصه در اواخر قرن بیستم پژوهشگران به استفاده از روش‌های تقریبی جدید یا فراابتکاری مبادرت ورزیدند که در سال‌های اخیر در مدیریت سبد پروژه بیشتر به‌کار گرفته شده است. این دسته از روش‌ها نیز مفهومی همراستا با مدل‌های برنامه‌ریزی دارند. اما وجه تمایز آنها، در تعیین جواب‌ها و مدل‌سازی پروژه‌های با پیچیدگی بالاست. در مقایسهٔ الگوریتم‌های بهینه‌سازی دو معیار همگرایی و عملکرد مطرح می‌شود. بعضی از الگوریتم‌ها در عین همگرایی، عملکرد ضعیفی دارند؛ یعنی فرایند بهبود آنها کارایی و سرعت لازم را ندارد؛ برعکس بعضی دیگر از الگوریتم‌ها همگرایی ندارند، ولی عملکردشان بسیار عالی است. توازن بین همگرایی و عملکرد تابعی از مقدار پارامترهای کنترلی خاص هر الگوریتم است. متأسفانه با وجود تأثیر بسزای مقادیر این پارامترها بر عملکرد الگوریتم‌های تکاملی، هیچ روشی برای برآورد آنها وجود ندارد و عملاً با سعی و خطا تعیین می‌شوند.

پیشینهٔ تجربی

تاکنون روش‌های متعددی برای انتخاب پروژه به‌کار گرفته شده است که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند. سانتوس (۱۹۸۹) با بهره‌گیری از شیوه‌های رتبه‌بندی خط‌مشی‌ای برای انتخاب سبد پروژه ارائه کرد. روش مورد استفاده هرچند از قابلیت بررسی چندین عامل مانند سود اقتصادی، اهداف کسب‌وکار و ... به‌صورت همزمان برخوردار بود، در بررسی مسائلی مانند میزان دسترسی منابع یا رابطهٔ بین پروژه‌ها کارایی مناسبی نداشت. لوتسما (۱۹۹۰) و لوکاس و مور (۱۹۷۶) روش امتیازدهی را برای انتخاب پروژه‌ها پیشنهاد کردند. مدل امتیازدهی می‌تواند همهٔ عوامل مهم در فرایند انتخاب پروژهٔ مهم را در نظر بگیرد و شاخصی نظری را برای انتخاب بین پروژه‌های مختلف فراهم می‌کند. با استفاده از این روش، هر پروژه در چارچوبی یکنواخت با امتیازدهی به عوامل مختلف و مشترک بین پروژه‌ها ارزیابی می‌شود. مهم‌ترین اشکال این روش نیز در عدم توجه به مسئلهٔ شدنی بودن منابع در دسترس است. مورالیدار، سانتانام و ویلسون (۱۹۹۰) از فرایند تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی در انتخاب پروژه کمک گرفت. در این روش هرچند یک فرایند رتبه‌دهی مناسب برای انتخاب پروژه‌ها ایجاد می‌شود، امکان بررسی محدودیت‌های موجود در محیط تصمیم‌گیری وجود ندارد. قاسم‌زاده، آرچر و ایوگوم (۱۹۹۹) با پیشنهاد یک فرایند پیش‌ارزیابی صلاحیت پروژه‌ها را ابتدا براساس ملاحظات راهبردی ارزیابی کرده و در صورت برآوردن معیارهای اولیه، در مجموعهٔ پروژه‌های قابل انتخاب در فرایند انتخاب سبد پروژه وارد کردند. در تحقیقات آکادمیکی و عملیاتی به‌طور گسترده‌ای به این چارچوب اشاره شده است. همچنین مدل‌های متنوعی از برنامه‌ریزی ریاضی برای انتخاب سبد پروژه‌ها معرفی شده است؛ موخرجی و برا (۱۹۹۵) کارایی برنامه‌ریزی آرمانی در انتخاب مجموعهٔ پروژه‌های صنعت استخراج زغال سنگ در هند را بررسی کردند. سانتانام و کیپاریسیس (۱۹۹۶) یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره را با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی صفر و یک در انتخاب پروژه‌های سیستم‌های فناوری اطلاعات پیشنهاد کردند. بدری و دیویس (۲۰۰۱) یک مدل جامع برنامه‌ریزی آرمانی صفر و یک را در انتخاب مجموعه پروژه‌های مؤسسات خدمات بهداشتی معرفی کردند. ماوروتاس، دیاکولاکی و مورنتزیس (۲۰۰۸) با ارائهٔ یک روش دومرحله‌ای ابتدا پروژه‌ها را رتبه‌بندی و سپس با استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح سبد پروژه را انتخاب کردند. دورنر، گوجار، هارتل، اشتراس و استومر (۲۰۰۴) با توجه به مدل پیشنهادی استومر و هیدنبرگر (۲۰۰۱) و معرفی الگوریتم PACO به‌عنوان یک الگوریتم فراابتکاری کارا، یک مدل چندهدفه را در انتخاب مجموعهٔ پروژه ارائه و حل کردند. هوانگ (۲۰۰۷) با ادغام الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی فازی تصادفی، عدم قطعیت‌ها را به‌صورت فازی تصادفی در انتخاب پروژه مدنظر قرار داد. امیری (۲۰۱۲) به‌دنبال حل مسئلهٔ انتخاب سبد پروژه یک الگوریتم تکاملی

چندهدفه مبتنی بر الگوریتم جست‌وجوی هارمونی را ارائه کرد. هرچند ادبیات مربوط به انتخاب و بهینه‌سازی سبد پروژه بسیار غنی است، نبود مدلی که بتواند همزمان سه معیار مهم سازمان (محدودیت منابع، توانایی اجرای موفقیت‌آمیز پروژه و امکان تحقق راهبردهای سازمان در پرتو سبد پروژهٔ منتخب) را مدنظر قرار دهد، بسیار احساس می‌شود؛ این در حالی است که از تأثیر متقابل پروژه‌ها در واقعیت هم نمی‌توان چشم پوشید. پیچیدگی مدل در نتیجهٔ توجه به معیارهای مذکور بهره‌گیری از الگوریتم‌های فراابتکاری را اجتناب‌ناپذیر کرده است. با توجه به برتری الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری نسبت به سایر الگوریتم‌های فراابتکاری، در این پژوهش سعی شده مدل ارائه‌شده با استفاده از این الگوریتم حل شود. کاربرد این الگوریتم در حوزهٔ مدیریت و به‌ویژه بهره‌گیری از آن در زمینهٔ تشکیل سبد و بهینه‌سازی آن کاملاً نو و جدید است.

مدل مفهومی

مسئلهٔ انتخاب و بهینه‌سازی سبد پروژه به‌طور کلی به‌دنبال انتخاب مجموعهٔ مناسب و محدودی از پروژه‌های پیشنهادی است، به‌طوری‌که ضمن تأمین اهداف چندگانهٔ سازمان بر محدودیت‌های موجود فائق آید. در این مقاله سعی شده با ادغام معیارها و اهداف اصلی ارائه‌شده توسط کوپر و ایجت (۲۰۰۸) و شنهار، دویر، لوی و مالتز (۲۰۰۱) مسئلهٔ انتخاب سبد پروژهٔ مدل‌سازی و سپس با استفاده از الگوریتم خود بهینه مبتنی بر آموزش و یادگیری بهینه‌سازی شود.

شکل ۱. مدل مفهومی

مدل‌سازی چندهدفهٔ مسئلهٔ انتخاب سبد پروژه با رویکرد پیشنهادی

مسئلهٔ انتخاب و بهینه‌سازی سبد پروژه زمانی بروز می‌یابد که پروژه‌های پیشنهادی یا به‌عبارتی فرصت‌های سرمایه‌گذاری سازمان بیش از توان مالی و منابع در دسترس آن باشد. شرایطی که تأمین اهداف و تحقق رسالت و مأموریت سازمان مشروط به انتخاب مجموعهٔ مناسب و محدودی از پروژه‌های پیشنهادی خواهد بود. ازاین‌رو تصمیم‌گیران همواره با دو گزینهٔ انتخاب یا عدم انتخاب پروژه مواجه‌اند. بنابراین با توجه به ماهیت تصمیم بهترین روش به‌منظور مدل‌سازی این‌گونه مسائل مدل‌های برنامه‌ریزی صفر و یک است. در این پژوهش افق برنامه‌ریزی چنددوره‌ای بوده و امکان اجرای پروژه یا محدودیت منابع در دوره‌های زمانی مختلف لحاظ شده است. برای مثال متغیر باینری x_{it} = ۱ بیانگر اجرای پروژه i در دورهٔ t است.

بررسی اهداف و تشکیل توابع هدف

همان‌طورکه توضیح داده شد، در این پژوهش علاوه‌بر معیارهای مالی، توانایی سازمان در اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌ها، میزان همسویی پروژه با راهبردهای سازمان و اثر متقابل بین پروژه نیز در انتخاب سبد بهینه مدنظر قرار گیرد. در ادامه هر یک از اهداف و محدودیت‌ها به‌تفصیل بررسی می‌شود.

الف) ماکزیمم‌سازی ارزش مالی سبد پروژه

چنانچه b_{it} ارزش مالی حاصل از اجرای پروژهٔ i در دورهٔ t و b_{ij} ارزش مضاعف یا سینرجی حاصل از قرارگیری پروژه‌های iوj در سبد پروژهٔ سازمان، c_{it} و c_{ij} به‌ترتیب هزینهٔ مورد نیاز پروژهٔ i در دورهٔ t و هزینهٔ مضاعف ناشی از قرارگیری همزمان دو پروژهٔ i و j در سبد پروژه باشد، ماکزیمم ارزش مالی سبد پروژه در طول T دورهٔ زمانی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Max\ Z_1 \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(b_{it}-c_{it})x_{it}+\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}(b_{ij}-c_{ij})\sum_{t=1}^{T}x_{it}\times\sum_{t=1}^{T}x_{jt} \qquad \text{رابطهٔ ۱)}$$

x_{it} متغیر باینری که مقدار یک آن بیانگر اجرای پروژهٔ i در دورهٔ t است.

ب) تضمین همسویی پرتفولیو با راهبردهای سازمان

تأمین رسالت و مأموریت سازمان مستلزم تدوین راهبردهای درست و دستیابی به آن آنهاست. این مهم جز با همسویی فعالیت‌های سازمان با راهبردهای آن به‌دست نمی‌آید. چنانچه w_{i}، میزان اهمیت (وزن) راهبرد i ، S تعداد راهبردهای سازمان و S_{ij}، میزان همسویی پروژه i با

راهبرد j سازمان تعریف شود؛ با استفاده از رابطهٔ زیر می‌توان سبدی با حداکثر میزان همسویی با راهبردهای سازمان تشکیل داد.

رابطهٔ ۲) $$Max\ Z_2 \sum_{j=1}^{S} w_j \sum_{i=1}^{N} S_{ij} \sum_{t=1}^{T} x_{it}$$

ج) بررسی میزان موفقیت پروژه‌ها

یک پروژه هرچند عواید مالی خوبی داشته و با راهبردهای سازمان همسو باشد، زمانی برای سازمان مفید خواهد بود که با موفقیت انجام گیرد. ازاین‌رو در انتخاب پروژه توجه به عوامل موفقیت پروژه نیز ضروری به‌نظر می‌رسد. براساس تکنیک ارائه‌شده توسط شنهار و دویر (۲۰۰۱) میزان موفقیت یک پروژه را می‌توان براساس چهار بعد «فناوری، تازگی، پیچیدگی و محدودیت زمانی» بررسی کرد. به‌طوری‌که هرچه نمرهٔ پروژه در هر یک از ابعاد مذکور کمتر باشد، احتمال موفقیت بیشتری خواهد داشت.

با تعریف P_j و P_{ij} به‌عنوان بیشترین امتیاز تعریف‌شده برای بعد j و نمرهٔ پروژهٔ i در بعد j احتمال موفقیت پروژه را می‌توان براساس روابط ۳ و ۴ محاسبه و حداکثر کرد.

رابطهٔ ۳) $$v_i = \sum_{j=1}^{4} \frac{P_{ij}}{P_j} \qquad i = 1, 2, \ldots, N$$

رابطهٔ ۴) $$Min\ Z_3 \sum_{i=1}^{N} \sum_{t=1}^{T} v_i x_{it}$$

بررسی محدودیت‌های مدل

رابطهٔ ۵) $$-\varepsilon \le \sum_{i \in LT} \sum_{t=1}^{T} x_{it} - \sum_{i \in ST} \sum_{t=1}^{T} x_{it} \le \varepsilon$$

رابطهٔ ۶) $$-\delta \le \sum_{i \in HR} \sum_{t=1}^{T} x_{it} - \sum_{i \in LR} \sum_{t=1}^{T} x_{it} \le \delta$$

رابطهٔ ۷) $$\sum_{i=1}^{N} \sum_{t=1}^{T} c_{it} x_{it} \le B$$

$$\sum_{t=1}^{T} x_{it} = 1 \qquad \forall i \in S_m$$ رابطهٔ ۸)

$$\sum_{t=1}^{T} x_{it} \le 1 \qquad i = 1,2,...,N$$ رابطهٔ ۹)

$$\sum_{t=1}^{T} x_{it} \le \sum_{j \in Q_i} \sum_{t=1}^{T} x_{jt}$$ رابطهٔ ۱۰)

$$|A_i| \sum_{t=1}^{T} x_{it} \le \sum_{j \in A_i} \sum_{t=1}^{T} x_{jt}$$ رابطهٔ ۱۱)

$$x_i = 0,1$$ رابطهٔ ۱۲)

هدف دیگر مدیریت سبد پروژه، اطمینان از برقراری توازن بین پروژه‌های سبد تشکیلی به‌منظور محافظت سازمان در شرایط مختلف است. این هدف در قالب دو محدودیت ۵ و۶ و با توجه به تعدادی از فاکتورهای ارائه‌شده توسط کوپر (۲۰۰۸) مدل‌سازی شده است. رابطهٔ ۵ توازن بین پروژه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت را بررسی می‌کند. محدودیت ۶ در بررسی ریسک سبد پروژه، تناسب بین پروژه‌های با ریسک بالا و پایین را حفظ می‌کند. در این روابط ST و LT به‌ترتیب مجموعه پروژه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت، LR و HR به‌ترتیب مجموعه پروژه‌های کم‌ریسک و پرریسک را نشان می‌دهند. d و e اعداد مثبت کوچکی‌اند که با توجه به سیاست‌های سازمان تعیین می‌شوند. در رابطهٔ ۷ محدودیت بودجه مورد توجه قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که هزینه‌های اجرای پروژه از حداکثر بودجهٔ در دسترس، B، تجاوز نکند. ممکن است در شرایطی سازمان ملزم به اجرای مجموعه پروژه‌های خاصی شود. ازاین‌رو رابطهٔ ۸ برای اطمینان از انتخاب پروژه‌های اجباری، S_m، تنظیم شد. در بعضی شرایط انتخاب یک پروژه منوط به انتخاب تعدادی پروژهٔ دیگر یا انتخاب دست‌کم یکی از پروژه‌های یک مجموعه است. این شرایط به‌صورت محدودیت‌های ۱۰ و ۱۱ مدل‌سازی شده است. با توجه به چنددوره‌ای بودن افق برنامه‌ریزی محدودیت ۹ از انتخاب مجدد یک پروژه در دوره‌های دیگر جلوگیری می‌کند.

روش‌شناسی تحقیق

در همهٔ الگوریتم‌های تکاملی و مبتنی بر مجموعه‌های هوشمند، تعیین پارامترهای کنترلی معمول از جمله اندازهٔ جمعیت و تعداد تولید اجتناب‌ناپذیر است. در الگوریتم‌های مختلف علاوه‌بر

پارامترهای معمول، پارامترهای کنترلی خاص آن الگوریتم نیز باید تعیین شود. انتخاب درست مقادیر پارامترهای کنترلی بسیار حساس است و عملکرد الگوریتم را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌علاوه انتخاب نادرست پارامترها ممکن است محاسبات را افزایش یا جواب بهینهٔ محلی ارائه دهد.

الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری[1] (TLBO) از جدیدترین الگوریتم‌های ابتکاری است که بدون نیاز به تعیین پارامتر کنترلی خاص عملیات بهینه‌سازی را انجام می‌دهد. این الگوریتم را که الهام‌گرفته از فرایند طبیعی آموزش و یادگیری است، اولین بار رائو، ساوسانی و وخاریا (۲۰۱۱) در مورد مسئلهٔ بهینه‌سازی متغیرهای طراحی ارائه کردند. قابلیت بسیار زیاد این الگوریتم در حل مسائل ریاضی پیچیده، غیرخطی و چندهدفه موجب گستردگی کاربری آن شده است. توگان (۲۰۱۲)، ساتاپاتی و نایک (۲۰۱۲)، نیکنام، عزیزپناه و نریمانی (۲۰۱۲)، رائو و پاتل (۲۰۱۳)، رائو و پاتل (۲۰۱۴)، و حسینی، حسین‌پور و بسطائی (۲۰۱۴)، از الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری برای بهینه‌سازی مسائل خود استفاده کرده‌اند.

الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری

الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری الگوریتمی برگرفته از فرایند آموزش و یادگیری است که بر مبنای تأثیر آموزگار بر بازده دانش‌آموزان در یک کلاس بنا نهاده شده است و طی دو مرحله فرایند بهینه‌سازی را انجام می‌دهد. کران‌های بالا و پایین متغیرها، تعداد تولید و تابع برازندگی ورودی این الگوریتم محسوب می‌شود. ابتدا اعضای کلاس با توجه به حدود کران متغیرها تولید می‌شوند. بهترین پاسخ با توجه به تابع برازندگی به‌عنوان استاد انتخاب می‌شود. در مرحلهٔ اول که فاز آموزش نامیده می‌شود، استاد سعی می‌کند با تأثیر بر سطح دانش اعضای کلاس میانگین آن را بالا برد تا سطح خود را افزایش دهد.

با فرض اینکه M_i میانگین سطح کلاس و T_i استاد در تکرار iام باشد، پس از آموزش استاد میانگین جدید بهبود می‌یابد و برابر T_iخواهد شد که با M_{new} نشان داده می‌شود. بنابراین پاسخ براساس اختلاف بین میانگین موجود و جدید طبق رابطهٔ زیر به‌روز می‌شود:

$$Difference - mean_i = r_i(M_{new} - T_F M_i) \quad \text{(رابطهٔ ۱۳)}$$

در رابطهٔ ۱۳ r_i یک عدد تصادفی در بازهٔ $[۰,۱]$ و T_F همان فاکتور آموزش است که کیفیت آموزش و توانایی استاد در انتقال دانش را تعیین می‌کند. مقدار T_F به‌صورت تصادفی و با احتمال

1. Teaching-learning based optimization algorithm

$T_F = round[۱ + rand(۰,۱)\{۲ - ۱\}]$ می‌تواند ۱ یا ۲ باشد. این اختلاف، پاسخ‌های موجود را براساس رابطهٔ زیر اصلاح می‌کند:

$$x_{new,i} = x_{old,i} + Difference - mean_i$$ رابطهٔ ۱۴)

در مرحلهٔ دوم (فاز یادگیری)، دانش حاصل از تعامل متقابل یادگیرنده‌ها میانگین سطح کلاس را بهبود می‌دهد. روند الگوریتم در فاز دوم به این ترتیب است که دو عضو از کلاس تصادفی با یکدیگر در تعامل قرار می‌گیرند و دانش حاصل از تعامل آن دو بر سطح دانش سایر اعضا تأثیر می‌گذارد. میزان تأثیر براساس رابطهٔ ۱۵ تعیین می‌شود:

رابطهٔ ۱۵)

$$\text{If } f(X_i) < f(X_j)$$

$$x_{new,i} = x_{old} + r(x_i - x_j)$$

Else

$$x_{new} = x_{old} + r(x_j - x_i)$$

در صورت بهبود در تابع برازندگی این تأثیر پذیرفته می‌شود.

فرایند مذکور تا یافتن پاسخ بهینه یا برآورد شرایط توقف تکرار می‌شود.

تشریح مدل با استفاده از مقادیر عددی

از آنجا که روش‌شناسی تحقیق بر مدل‌سازی ریاضی و بهینه‌سازی استوار است، بررسی درستی مدل و کارایی روش بهینه‌سازی مورد استفاده مستلزم اجرای آن در قالب مثال عددی یا مطالعهٔ موردی و مقایسهٔ نتایج با سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی است. ازاین‌رو در این بخش پس از بررسی پروژه‌های پیشنهادی به یک شرکت پیمانکاری فعال در صنعت ساخت‌وساز و پروژه‌های عمرانی، کارایی مدل و الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری در شناسایی سبد پروژهٔ بهینه با الگوریتم‌های ژنتیک و ازدحام ذرات[1] مقایسه می‌شود. به این منظور ابتدا با استفاده از روش دلفی نظرهای کارشناسان و خبرگان در مورد شاخص‌هایی مانند هزینه‌ها، ارزش مالی هر پروژه، میزان بودجهٔ قابل تخصیص، سود مضاعف حاصل از سینرجی و هزینهٔ مشترک ناشی از تأثیر متقابل پروژه‌ها جمع‌آوری شد. همچنین در بیان میزان همسویی پروژه‌ها با راهبرد سازمان و بررسی میزان موفقیت پروژه‌ها نظرهای متخصصان و خبرگان به‌صورت متغیرهای زبانی جمع‌آوری شد. سپس با توجه به ادبیات موضوع و روابط موجود توابع عضویت استخراج شد. در نهایت با استفاده از تابع مقایسهٔ روبنز اعداد فازی به‌دست‌آمده به اعداد قطعی تبدیل شد.

1. Particle swarm optimization

مجموعهٔ پروژه‌های پیشنهادی بـه سـازمان، میـزان سـرمایه‌گـذاری لازم و همچنـین سـایر مشخصات و رتبه‌بندی‌های برآوردشده توسط کارشناسان در جدول‌هـای ۱ و ۲ جمـع‌آوری شـده است.

جدول ۱. مجموعه پروژه‌های پیشنهادی به شرکت

پروژه	برآورد هزینه (میلیارد ریال)	مدت اجرا (ماه)	منفعت (میلیارد ریال)
۱. ساخت بزرگراه	۵۱۰/۲	۳۵	۱۰۳
۲. ساخت یک قطعه راه‌آهن	۳۳۰	۴۰	۵۷/۳
۳. زیرسازی راه‌آهن مرکز ایران	۱۸۱/۵	۱۵	۳۱/۰۵
۴. عملیات لوله‌گذاری در ترکمنستان	۱۵۰	۱۲	۳۳/۳
۵. زیرسازی راه آهن جنوب ایران	۱۸۰	۱۹	۲۸
۶. ساخت سد خاکی	۷۰۰	۴۰	۱۰۷/۱
۷. پروژهٔ آپارتمان مسکونی لاله	۲۰	۱۲	۵
۸. ساخت پل روگذر میدان طالقانی	۹۰۰	۳۶	۲۶۸
۹. پروژهٔ احداث سوله‌های کارگاهی شهرک صنعتی	۳۰	۶	۶/۷
۱۰. ساخت هتل پنج ستاره واقع در منطقهٔ ۲	۱۸۰	۳۰	۵۲
۱۱. احداث برج مسکونی- تجاری فدک	۱۰۰	۱۸	۲۹
۱۲. پروژهٔ مجتمع تجاری-اداری آرین	۱۲۰	۲۰	۳۷
۱۳.احداث کارگاه‌های اسکلت فلزی با ابعاد ۱۵۰۰ متر مربع	۹۰	۸	۱۷
۱۴. مقاوم‌سازی تعدادی از مدارس استان	۳	۵	۰/۶
۱۵. ساخت بیمارستان در منطقهٔ ۳	۲۰۰	۴۰	۶۷
۱۶. توسعهٔ فرودگاه	۳۵	۱۲	۷/۳
۱۷. تعریض خیابان شریعتی	۱۷	۵	۴
۱۸. ساخت سد بتنی	۱۰۰۰	۴۸	۲۶۸
۱۹. ساخت مجموعهٔ ورزشی	۴۵۰	۲۴	۹۸
۲۰. اتمام کمربندی شرقی	۳۰۰	۱۸	۸۸

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲. نتایج برآوردهای کارشناسان

پروژه	میزان همسویی با راهبرد										بررسی میزان موفقیت			
	s۱	s۲	s۳	s٤	s٥	s٦	s۷	s۸	s۹	s۱۰	فناوری	تازگی	پیچیدگی	محدودیت زمان
x۱	۰/۸۴										۲	۱	۲	۳
x۲		۰/۸۷									۲	۱	۳	۱
x۳		۰/۷۴									۳	۱	۱	۴
x۴								۰/۶۸			۲	۲	۳	۴
x۵		۰/۹۷									۳	۲	۱	۱
x۶						۰/۸۸					۳	۳	۲	۴
x۷			۰/۸۷								۴	۱	۱	۴
x۸				۰/۷۹							۳	۱	۳	۳
x۹							۰/۶۶				۲	۲	۱	۲
x۱۰									۰/۹۸		۲	۲	۱	۱
x۱۱			۰/۹۳								۳	۳	۲	۲
x۱۲					۰/۸۷						۱	۲	۲	۴
x۱۳							۰/۸۹				۲	۲	۲	۳
x۱۴								۰/۹۵			۲	۲	۳	۲
x۱۵								۰/۸۹			۳	۳	۳	۴
x۱۶		۰/۹۵									۳	۲	۱	۱
x۱۷	۰/۴۳										۱	۱	۲	۳
x۱۸						۰/۹۱				۰/۹۴	۴	۳	۲	۱
x۱۹								۰/۵۷			۱	۳	۳	۱
x۲۰	۰/۶۹										۳	۲	۳	۴
	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۴۸	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۲۷	۰/۱۱	میزان اهمیت هر راهبرد			

سازمان قصد دارد با تشکیل سبد پروژه‌ای متناسب با درجهٔ اهمیت هر یک از راهبردهای خود در جهت تحقق آن اقدام کند. براساس نظر هیأت مدیره حداکثر بودجهٔ قابل تخصیص معادل ۳۱۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است و پروژه‌هایی که بیش از ۲۰ ماه زمان لازم داشته باشند، پروژهٔ بلندمدت محسوب می‌شوند. با توجه به سیاست شرکت، افق برنامه‌ریزی یک‌دوره‌ای در نظر گرفته شده است.

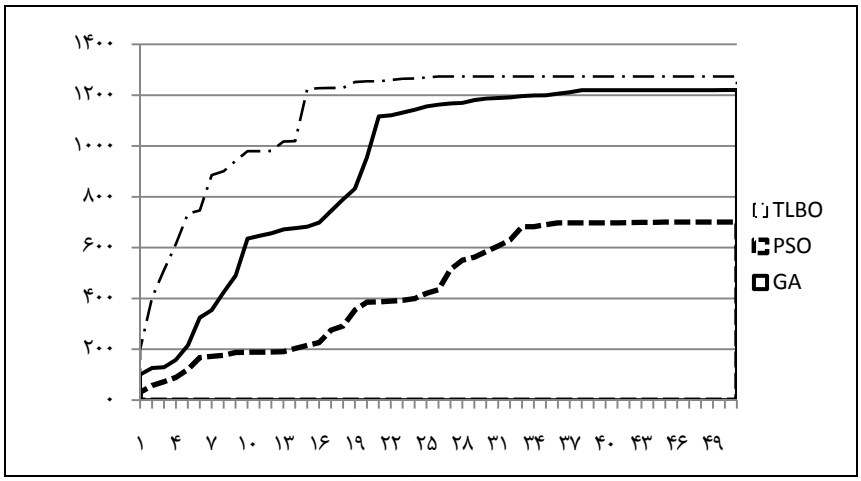
یافته‌های پژوهش

در این بخش نتایج بهینه‌سازی مسئلهٔ انتخاب سبد پروژه شرکت معرفی‌شده در بخش قبل، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری ارائه می‌شود. همچنین پس از مقایسهٔ نتایج با الگوریتم‌های مشابه مانند الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی ازدحام ذرات نشان داده می‌شود که الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری قادر است بدون تعیین هیچ نوع پارامتر کنترلی خاص با تعداد تکرار کمتر و سرعت بیشتر پاسخی بهتر ارائه کند. مقادیر پارامترهای کنترلی خاص الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات در جدول ۳ آمده است.

برای مقایسهٔ نتایج الگوریتم‌ها، تعداد دفعات تکرار هر الگوریتم ۵۰ در نظر گرفته شده است. مقایسهٔ منحنی همگرایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری، ژنتیک و بهینه‌سازی گروه ذرات در شکل ۲ نشان‌دهندهٔ برتری الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری نسبت به بهینه‌سازی گروه ذرات و بهینه‌سازی گروه ذرات نسبت به ژنتیک است. این برتری از لحاظ جواب نهایی و از لحاظ سرعت و تعداد دفعات تکرار الگوریتم است.

جدول ۳. پارامترهای کنترلی خاص الگوریتم PSO

تعداد ذرات	۳۰
حداکثر دفعات تکرار الگوریتم	۵۰
C۱	۲
C۲	۲
ضریب میرایی	۰/۹۹۹۹
اینرسی	عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه [۱و۰]



شکل ۲. نمودار مقایسهٔ منحنی‌های همگرایی الگوریتم‌های TLBO، PSO و GA برای مسئلهٔ مورد نظر

جدول ٤. مقایسهٔ زمان رسیدن به بهترین جواب برای الگوریتم‌های TLBO، PSO و GA

	زمان (ثانیه)	تعداد تکرار	بهترین پاسخ
TLBO	۱/۰۵	۲۶	۱۲۷۴/۴
GA	۲۱/۳۳	۴۷	۷۰۱/۳۵
PSO	۲/۵۶	۳۸	۱۲۲۱/۷

جدول‌های ۵ و ۶ تحلیل حساسیت مدل و تشکیل سبد در حالت چندهدفه و تک‌هدفه را نشان می‌دهد. مقایسهٔ جدول‌های ۵ و ۶ نشان می‌دهد در حالتی که انتخاب سبد تنها براساس معیار بیشینه‌سازی منفعت سازمان صورت گیرد، میزان همسویی سبد منتخب با راهبردهای سازمان کمتر و همچنین احتمال موفقیت مجموعه پروژه‌های منتخب کمتر از حالتی است که انتخاب به‌صورت چندهدفه و با توجه به هر سه معیار انجام گیرد. ازاین‌رو توصیه می‌شود مدیران اجرایی به‌منظور نتیجه‌گیری بهتر به‌جای ساده‌سازی تصمیم از طریق محدود کردن معیارهای تصمیم‌گیری، از روش‌های کارایی بهینه‌سازی از جمله الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری استفاده کنند.

جدول ۵. سبد پروژهٔ منتخب در حالت تک‌هدفه (هدف: منفعت سبد)

راهبرد	پروژه‌های انتخابی	اندازهٔ سبد	z*۱	z*۲	z*۳
۱	p۸ , p۲۰	۱۰	۸۶۶/۶	۳۰۷۵	۹۷
۲	p۱۶				
۳	p۱۰ , p۱۱				
۴	p۸ , p۲۰				
۵	p۱۰ , p۱۲				
۶	p۴ , p۸ , p۱۳ ,p۱۵ , p۱۸				
۷	p۱۰ , p۱۳ , p۱۵ , p۱6				
۸	p۴ , p۱۵				
۹	p۱۰ , p۱۱, p۱۲				
۱۰	p۱۸				

جدول ٦. سبد پروژهٔ منتخب در حالت چندهدفه

راهبرد	پروژه‌های انتخابی	اندازهٔ سبد	z*۱	z*۲	z*۳
۱	p۸ , p۲۰	۹	۸۵۰/۳	۳۰۹۸	۸۷
۲	p۱۶				
۳	p۱۹				
۴	p۸ , p۲۰				
۵	p۱۲				
۶	p۸ , p۱۳,p۱۴ ,p۱۵ , p۱۸				
۷	p۱۳ ,p۱۴, p۱۵ , p۱۶				
۸	P۱۴,p۱۵ , p۱۹				
۹	p۱۲ , p۱۹				
۱۰	p۱۸				

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهشگران روش‌های بسیاری را برای ارزیابی و انتخاب سبد پروژه ارائه کرده‌اند که به دلایل مختلف از جمله صعوبت کاربرد بسیاری از این روش‌ها کاربردی نشده‌اند. بیشتر مدل‌های پیشنهادی تنها بر معیار سوددهی و بازده تمرکز داشته‌اند. در این مقاله با ارائهٔ یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک چندهدفه علاوه‌بر توجه به تأثیرات متقابل پروژه‌ها، توانایی سازمان در اجرا موفقیت‌آمیز پروژه، میزان همسویی پروژه‌ها با راهبردهای سازمان و همچنین محدودیت منابع در دوره‌های زمانی مختلف لحاظ شده است. نتایج مدل پیشنهادی و تحلیل حساسیت آن نشان می‌دهد که انتخاب بر مبنای ارزش مالی لزوماً بهینه نبوده و باید از مدل‌های چندهدفه و چندمعیاره استفاده شود.

با توجه به رشد نمایی محاسبات در صورت افزایش تعداد معیارها یا تعداد پروژه‌های مورد بررسی و لزوم استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی، کارایی الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری در حل مسئلهٔ انتخاب سبد پروژه بررسی و با الگوریتم‌های ازدحام ذرات و ژنتیک که در تحقیقات پورکاظمی، فتاحی، مظاهری و اسدی (۱۳۹۲) و فارسیجانی، فتاحی و نوروزی (۱۳۹۱) به‌کار گرفته شده بود، مقایسه و برتری آن تأیید شد. به‌طوری‌که الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری بدون نیاز به تعیین هیچ نوع پارامتر کنترلی خاص از بهینه‌های محلی عبور کرده و پاسخ نهایی بهتری را ارائه کرد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی کارایی الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری در حل این مسئله نسبت به سایر الگوریتم‌های فراابتکاری بررسی و مقایسه شود. همچنین با توجه به امکان مواجهه با شرایط عدم اطمینان، تعمیم مدل در آن شرایط کارگشا خواهد بود. به‌عنوان پیشنهاد اجرایی توصیه می‌شود مدیران اجرایی به‌منظور نتیجه‌گیری بهتر به‌جای ساده‌سازی تصمیم از طریق محدود کردن معیارها، از روش‌های کارای بهینه‌سازی از جمله الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری استفاده کنند.

References

Abbassi, M., Ashrafi, M. & Sharifi Tashnizi, E. (2014). Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: A Cross-Entropy based methodology. *Technovation*, 34 (1): 54–63.

Amiri. B. (2012), A Multi-Objective Hybrid Optimization Algorithm for Project Selection Problem, *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(7): 6995-7002.

Badri, M. & Davis, D., (2001). A comprehensive 0-1 goal programming model for project selection. *International Journal of Project Management*, (19): 243–252.

Baker, N. R., Pound, W.H. (1964). R&D project selection. *IEEE Transactions on Engineering* Management, (11): 124 -134.

Baker, N., & Freeland, J. (1975). Recent advances in R&D benefit measurement and project selection methods. *Management science*, 21(10): 1164-1175.

Carazo, A. F., Gómez, T., Molina, J., Hernández-Díaz, A. G., Guerrero, F. M., & Caballero, R. (2010). Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection. *Computers & operations research*, 37(4): 630-639.

Casault, S., Groen, A.J., Linton, J.D. (2013). Selection of a portfolio of R&D projects. In*: Handbook on the Theory and Practice of Program Evaluation*, chapter 4. Edward Elgar Publishing, UK, pp. 89–111.

Coldrick, S., Longhurst, P., Ivey, P., Hannis, J., (2005). An R&D options selection model for investment decisions. *Technovation*, (25): 185–193.

Cooper, R. G., Edgett, S. J. (2008). *Portfolio Management for New Products: Picking the Winners.* Product Innovation Best Practices Series. Retrieved From: http://www.stage-gate.net/downloads/wp/wp_11.pdf.

Doerner, K. Gutjahr, W. J. Hartl, R. F. Strauss, C. & Stummer, C. (2004). Pareto ant colony optimization: A metaheuristic approach to multiobjective portfolio selection. Annals of Operations Research, (131), 79-99.

Faghih, N., Montazeri, M. M. (2008). Genetic Algorithms for Assembly Line Balancing Problem, *Journal of Industrial Management*, 1(1): 107-124.
(*in Persian*)

Farsijani, H., Fattahi, M., Noroozi, M. H. (2012). Project Portfolio Selection with Considering Interaction Between Projects using Particle Swarm Optimization (PSO) & Chaotic Dynamic, *Journal of Industrial Management Perspective* 2(5), 27-48. (*in Persian*)

Ghasemzadeh, F., Archer, N. & Iyogum, P. (1999). A zero-One Model for Project Portfolio Selection and Scheduling, *Journal of the Operational Research Society*, 50 (7): 745-755.

Ghasemzadeh, F., Archer, N.P. (2000). Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems*, (29): 73–88.

Gupta, S.K., Mandakovic, T. (1992). Contemporary approaches to R&D project selection: a literature search. In: Kocaoglu, D.F. (Ed.). Management of R&D and Engineering. North Holland, Amsterdam, pp. 67–87.

Harvey, M. (2010). *Project Management*. (4th edition). Pearson Education Limited, Edinburgh.

Heidenberger, K & Stummer, C. (1999). Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modeling approaches. *International Journal of Management Review*, 1: 197-224.

Hoseini, M., Hosseinpour, H., Bastaee, B. (2014). A new multi objective optimization approach in distribution systems, *Optimization Letters*, 8 (1): 181-199.

Huang, X. (2007). Optimal project selection with random fuzzy parameters. *International Journal of Production Economics*, (106): 513-522.

Iamratanakul, S., Patanakul, P. Milosevic, D. (2008). Project Portfolio Selection: From Past to Present. In: *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, ICMIT'

Khalili-Damghani, K Sadi-Nezhad, S.,(2013) ,A decision support system for fuzzy multi-objective multi-period sustainable project selection" *Computers & Industrial Engineering*, 1045–1060.

Khalili-Damghani, K., Sadi-Nezhad, S., & Aryanezhad, M. B. (2011). A modular decision support system for optimum investment selection in presence of uncertainty: Combination of fuzzy mathematical programming and fuzzy rule based system. *Expert Systems with Applications*, 38, 824–834.

Litvinchev, I.S., López, F., Alvarez, A., Fernández, E., 2010. Large-scale public R&D portfolio selection by maximizing a biobjective impact

measure. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*-Part A: Systems and Humans 40 (3): 572–582.

Lootsma FA, Mensch TCA, Vos FA. (1990). Multi-criteria analysis and budget reallocation in long term research planning. *European Journal of Operational Research*, 47(3): 293-305

Lucas H. C., Moore J. R. (1976). A multiple-criterion scoring approach to information system project selection. *Information*, 14 (1): 1-12.

Luo, L.-M. (2012). Optimal diversification for R&D project portfolios. *Scientometrics*, 91: 219–229.

Mavrotas, G, Diakoulaki, D. & Kourentzis, A. (2008). Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints. *European Journal of Operational Research*, (187): 177-192.

Mohaghar, A., Jafarnejad, A., Golabchi, M., Jabbarzadeh, U. (2012). Identifying Functions of Parent Organization: A Case Study in Project-Based Organizations of the Construction Industry, *Journal of Industrial Management*, 5(2): 141-154. (*in Persian*)

Mukherjee, K. & Bera, A. (1995). Application of goal programming in project selection decision--A case study from the Indian coal mining industry. *European Journal of Operational Research*, 82: 18-25.

Muralidhar K., Santhanam R. & Wilson RL. (1990). Using the analytic hierarchy process for information system project selection. *Information and Management.* 18 (1): 87-95.

Niknam, T. Azizipanah-Abarghooee, R. & Narimani, M.R. (2012). A new multi objective optimization approach based on TLBO for location of automatic voltage regulators in distribution systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* (25): 1577–1588.

Perez, F., & Gomez, T. (2014). Multiobjective project portfolio selection with fuzzy constraints. *Annals of Operations Research*, 1-23.

Pourkazemi, M. H., Fatahi, M. N., Mazaheri, S., Asadi, B. (2013). Project Portfolio Optimization with Considering Interaction between Projects Using Imperialist Competitive Algorithm (ICA). *Journal of Industrial management*, 5(1): 1-20. (*in Persian*)

Rao, R. V., & Kalyankar, V. D. (2012). Parameter optimization of machining processes using a new optimization algorithm. *Materials and Manufacturing Processes*, 27, 978–985.

Rao, R.V. & Patel, V. (2013). Multi-objective optimization of heat exchangers using a modified teaching-learning-based optimization algorithm. *Applied Mathematical Modelling*, 37 (3): 1147–1162

Rao, R.V. & Patel, V. (2014). A multi-objective improved teaching-learning based optimization algorithm for unconstrained and constrained optimization problems. *International Journal of Industrial Engineering Computations* (5): 1–22.

Rao, R.V. Savsani, V.J. & Vakharia, D.P. (2011). Teaching–learning-based optimization: A novel method for constrained mechanical design optimization problems. *Computer-Aided Design*, (43): 303–315.

Razavi, M., Soukhkian, M .A., Ziarati, K. (2011), A Meta Heuristic Algorithms Based on Ant Colony System For Solving Multi Depots Location-routing Problem with Multiple Using of Vehicle, *Journal of Industrial management*, 5 (5): 17-38. (*in Persian*)

Santhanam, R. & Kyparisis, G. J.(1996). A decision model for interdependent information system project selection. *European Journal of Operational Research*, (89): 380-399.

Santiago, L.P., Bifano, T.G. (2005). Management of R&D projects under uncertainty: a multidimensional approach to managerial flexibility. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 52, 269–280.

Santos, B. L. (1989). Selecting information systems projects: problems, solutions & challenges. *IEEE: System Sciences Conference, Hawaii*, 1131-1140.

Satapathy, S. C., Naik, A. (2012). Improved teaching learning based optimization for global function optimization, *Decision Science Letters*, (2): 23–34.

Shenhar A, Dvir D, Levy O & Maltz A (2001). Project success: a multidimensional strategic concept. *Long Range Planning*, 34(6): 699–725.

Stummer, C., & Heidenberger, K. (2001). Interactive R&D portfolio selection considering multiple objectives, project interdependencies,

and time: A three-phase approach. In D. F. Kocaoglu & T. R. Anderson (Eds.), *Technology Management in the Knowledge Era: Proceedings of the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*. 423–428.

Tian, Q., Ma, J., Liang, J., Kwok, R., Liu, O. (2005). An organizational decision support system for effective R&D project selection. *Decision Support Systems* 39, 403–413.

Tidd, J., Bessant, J., Pavitt, K., (2005). Managing Innovation Integrating Technological, Market and Organizational Change, 3rd ed. *John Wiley & Sons, Sussex*.

Togˇan, V. (2012). Design of planar steel frames using Teaching–Learning Based Optimization. *Engineering Structures*, (34): 225–232.

Van Wyk, R.J. (2010). Technology assessment for portfolio managers. *Technovation*, 30 (4): 223–228.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی