مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۳۹۹)
دوره‌ی ۱-۳۶، شماره‌ی ۲/۲، ص. ۲۹-۴۸

Original Article

طراحی سیستم هوشمند انتخاب پورتفولیوی پروژه‌ها با در نظرگیری ارزش در معرض ریسک

سید حسین ایرانمنش (دانشیار)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
مجید شخصی نیائی * (استادیار)
گروه مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی و مهندسی، دانشگاه یزد
سید سروش گل‌افشانی (کارشناسی ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

در این نوشتار روشی برای مسئله‌ی انتخاب پروژه‌ها ارائه شده است که قادر به یک‌پارچه‌سازی ارزیابی پروژه‌های منفرد با لحاظ کردن اثرات متقابل آنها روی پورتفولیوی پروژه‌های شرکت است. همچنین از آن‌جا که افراد خبره و دانش درونی آنها جزو منابع اصلی و غیرقابل جایگزین یک سازمان بوده و به مرور زمان شکل گرفته‌اند، در این سیستم از روشی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی برای کشف دانش خبرگان استفاده شده است. این سیستم در یک سازمان به صورت آزمایشی به کار گرفته شده که خروجی آن نزدیک به پورتفولیوی پروژه‌های مد نظر مدیران سازمان بوده و به متعادل‌سازی ریسک پورتفولیوی پروژه‌ها نیز کمک شایانی کرده است. به منظور اعتبارسنجی روش پیشنهادی، مدل بهینه‌سازی نظیر مسئله توسعه داده شده که علاوه بر کسب نتایج مشابه، زمان حل رویکرد پیشنهادی در مسائل اندازه بزرگ بسیار کم‌تر بوده است.

واژگان کلیدی: پورتفولیوی پروژه، ارزش در معرض ریسک، شبکه‌ی عصبی، شبیه‌سازی مونت‌کارلو، عدم قطعیت.

hiranmanesh@ut.ac.ir
m.niaei@yazd.ac.ir
soroush.golafshani@gmail.com

۱. مقدمه

مسئله‌ی انتخاب پروژه در برخی از تحقیقات با عنوان «انتخاب پورتفولیوی پروژه»[۱] مطرح شده است. واژه‌ی پورتفولیو که برگرفته از واژه‌ی مرسوم در استانداردهای مدیریت پروژه است، تأکیدی است بر نقش پروژه‌ها به عنوان دارایی سازمان. در این مسئله با تعدادی پروژه‌ی برگزیده مواجه هستیم که تصمیم‌گیرنده باید زیرمجموعه‌یی از آنها را به گونه‌یی انتخاب کند که اولا از محدودیت‌های فضای تصمیم‌گیری تخطی نشود و دوماً یک یا چند هدف بهینه شود.

در پیکره‌ی دانش مدیریت پروژه[۲]، پورتفولیو به مثابه مجموعه‌یی از پروژه‌ها، طرح‌ها، زیرپورتفولیوها و اقدامات است که جمع آنها با هم، در قالب «گروه» به حکمرانی اثربخش کارها و در نتیجه به تحقق اهداف راهبردی و اولویت‌های سازمان کمک می‌کند. در همین مرجع، مدیریت پورتفولیو در قالب مدیریت هماهنگ اجزای مختلف پورتفولیو به منظور دست‌یابی به اهداف سازمانی تعریف شده است.[۱]

مدیریت پورتفولیوی پروژه‌ها[۳]، فرایندی برای ارزیابی سازگار و عینی پروژه‌های برگزیده‌ی پورتفولیوی سازمان است. به طور کلی فرایندهای مدیریت پورتفولیوی پروژه‌ها را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: ۱. اولویت‌بندی پروژه‌ها، تشکیل پورتفولیو و اجرای آنها؛ ۲. نظارت و ارزیابی پروژه‌ها.[۲]

با توجه به محدودیت منابع سازمانی و در نتیجه نیاز مبرم به استفاده بهینه از آنها در اجرای پروژه‌های مناسب‌تر، لزوم به کارگیری یک فرایند ساختارمند به منظور بررسی و انتخاب صحیح پروژه‌ها کاملاً احساس می‌شود و سازمان‌ها برای دست‌یابی به اهداف و مقاصد خود، ناگزیر از کوشش در بررسی و انتخاب پروژه‌های مناسب هستند.[۳]

در برخی از تحقیقات ارائه شده در خصوص مسئله‌ی انتخاب پروژه، اثرات متقابل بین پروژه‌ها مورد بررسی قرار گرفته، که به صورت اثرات مثبت[۴] و منفی[۵] بررسی شده‌اند. سازمان‌ها باید توجه بیشتری به ترکیب پروژه‌های انتخاب شده داشته باشند تا حتی‌الامکان از تأثیرات منفی بین آنها بپرهیزند و از تأثیرات مثبت‌شان بهره‌برداری کنند. این در حالی است که در بیشتر مدل‌های انتخاب پروژه، پروژه‌ها به صورت منفک مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ این رویکرد با دنیای واقعی تطابق ندارد زیرا ممکن است منابع مورد نیاز برای ترکیب پروژه‌ها با مجموع منابع لازم برای هریک متفاوت باشد.[۴] علاوه بر این، عدم در نظرگیری تعاملات پروژه‌ها منجر به تولید جواب‌های ناکارا و استفاده‌ی ناکارآمد از منابع خواهد شد.[۵]

از طرفی، با توجه به این که در پورتفولیوی پروژه‌ها تعاملات بین پروژه‌ها اصولاً

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۸/۹/۲، اصلاحیه ۱۳۹۹/۵/۱۵، پذیرش ۱۳۹۹/۷/۸.
DOI:10.24200/J65.2020.54579.2061

توسط خبرگان قابل درک است، این ضرورت دیده می‌شود که با مدل‌سازی دانش موجود خبرگان، به سازمان این امکان را بدهیم که در بلندمدت نیز حتی با از دست دادن خبرگان موجود از دانش حاضر بهره‌مند شود. افراد خبره برای هر سازمان منابع ارزش‌مندی هستند و دلایل تشکیل سیستم‌های خبره برای جایگزینی با انسان عبارت است از:

- قابل دسترس بودن تجربه در زمان و مکان‌های مختلف،
- مکانیزه کردن یک کار روزمره که انجام آن نیاز به فرد خبره دارد،
- فرد خبره گران‌قیمت باشد،
- فرد خبره بازنشسته شده یا محل را ترک کند،
- محیط کاری خطرناک و حضور خبره در آن ضروری باشد.

از مزایای استفاده از سیستم‌های خبره می‌توان به افزایش قابلیت دسترسی، سهولت انتقال دانش، کاهش هزینه، کاهش خطر، دوام و بقاء تخصص‌ها، افزایش قابلیت اطمینان، قدرت تبیین، پاسخ‌دهی سریع‌تر و غیرحساس در همه‌ی مواقع، شکل‌گیری پایگاه تجربه و تسهیل آموزش کاربران اشاره کرد.[۶]

در این مطالعه سعی شده است اثر متقابل پروژه‌ها در صورت حضور هم‌زمان آنها در پورتفولیوی پروژه‌ها و همچنین استفاده از نظرات و دانش فنی خبرگان و تجارب سازمان در انتخاب پورتفولیوی پروژه در نظر گرفته شود. روش پیشنهادی در یک سازمان پروژه‌محور با سطوح متنوعی از تعداد و پیچیدگی پروژه‌ها پیاده‌سازی شده است که نتایج قابل قبولی حاصل شده است. سیستم پیشنهادی امکان بهره‌برداری از تجربه و دانش خبرگان را به دست داده و این کار را در محیطی تعاملی به انجام می‌رساند تا کاربر بتواند اطلاعات میانی شکل‌دهنده‌ی تصمیمات نهایی را نیز مشاهده و تحلیل کند. به عنوان مثال، صرفاً با فهرست پروژه‌های انتخاب شده مواجه نشود بلکه تعداد تکرارهایی که هر پروژه در پورتفولیو حضور داشته، ارائه می‌شود.

در بخش دوم مقاله، پیشینه‌ی پژوهش مورد بررسی قرار گرفته و در انتهای آن شکاف تحقیقاتی بر شمرده شده است. در بخش سوم رویکرد پیشنهادی و جزئیات آن ارائه شده و در بخش چهارم، سه نمونه موردی تحلیل شده‌اند. در فصل پنجم نیز جمع‌بندی مقاله ارائه شده است.

۲. پیشینه‌ی پژوهش

مسئله‌ی انتخاب پورتفولیوی پروژه توسط محققان متعدد و بیش از ۴۰ سال مورد بررسی قرار گرفته است. یام‌راتاناکول و همکاران مهم‌ترین دلایل جذب محققان به این مسئله‌طی این بازه زمانی گسترده را چنین برشمرده‌اند:[۷]

- با این که در ابتدای امر، مسئله‌ی انتخاب پورتفولیوی پروژه موضوعی حیاتی برای واحدهای تحقیق و توسعه‌ی محصول بوده، در ادامه برای کاربردهای دیگری نیز استفاده شده است.
- مسئله‌ی انتخاب پروژه در طیف گسترده‌یی از تصمیمات و مصارف کاربرد دارد.
- به واسطه‌ی گسترده بودن ماهیت موضوع، اغلب فرصت‌هایی برای تحقیقات آتی وجود دارد.

برخی از تحقیقات ارائه شده در این حوزه، به تأثیرات متقابل بین پروژه‌ها نیز پرداخته‌اند که در ادامه به صورت خلاصه به مرور آنها پرداخته‌ایم.

لیزیچ و همکاران[۸] تعاملات مختلف بین پروژه‌ها را بر شمرده و برای مدل‌سازی برخی از آنها، از پروژه‌های مصنوعی[۶] استفاده کردند. این پروژه‌ها متناسب با محدودیت‌های تعامل بین پروژه‌ها فعال می‌شوند. البته این محدویت‌ها اثر ترکیبی انواع تعاملاتی را که این محققان بر شمرده‌اند شامل نمی‌شود. کَنباز و مارل[۴] مدلی بر پایه‌ی تکنیک مسئله‌ی ارضای محدودیت[۷] ارائه داده‌اند که به دو صورت تعامل بین پروژه‌ها را مدل می‌کند: برخی را در تابع هدف لحاظ کرده و برخی را در محدودیتی برای حفظ تعادل اثربخشی. آنها با ارائه‌ی مثالی نشان داده‌اند که در نظرگیری/عدم در نظرگیری تعامل بین پروژه‌ها تا چه اندازه جواب نهایی را تغییر می‌دهد. آلوارز ـ گارسیا و فرناندز ـ کاسترو[۵] یک مدل چندهدفه‌ی فازی برای انتخاب پروژه‌های دارای تعامل ارائه کردند که در ناحیه‌ی معدنی کشور اسپانیا اجرا شده است. این مدل توسعه‌یی بر یکی از مدل‌های چندهدفه‌ی خطی بوده که تعامل بین پروژه‌ها به آن افزوده شده است. کارازو و همکاران[۹] چندین گونه‌ی تعامل بین پروژه‌ها را مورد بررسی قرار داده و تأثیرات موقت بر خروجی پورتفولیو را نیز مطرح کردند. علاوه بر این، تعاملات در مسائل فنی و منابع نیز مورد بررسی قرار گرفته است. کروز و همکاران[۱۰] مدلی چندهدفه برای این مسئله ارائه کردند و برای حل آن به جای شناسایی مرز کارا و سپس ارائه‌ی آن به تصمیم‌گیرنده برای انتخاب جواب از بین نقاط کارا، رویکرد جدیدی مبتنی بر الگوریتم مورچگان به صورت غیرغلبه‌یی[۸] ارائه کردند. تمرکز اصلی این تحقیق بر رویکرد حل مذکور و انتخاب جواب نهایی توسط تصمیم‌گیرنده بوده است. یو و همکاران[۱۱] از مدلی چندمعیاره برای ارزیابی پروژه‌ها با در نظرگیری تعاملات آنها استفاده کرده و سپس یک مدل غیرخطی عدد صحیح با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شده است. آذری تاکامی و همکاران[۱۲] مدلی غیرقطعی برای انتخاب پروژه با در نظرگیری تعاملات ارائه دادند که تعاملات بین پروژه‌ها را در قالب مجموعه‌های دارای تعامل بررسی می‌کند. در صورت انتخاب تمامی اعضا یا زیرمجموعه‌یی از هریک از این مجموعه‌ها، اثر مختلفی بر پورتفولیو اعمال خواهد شد. باتاچاریا[۱۳] گونه‌های مختلفی از تعاملات بین پروژه‌ها را بررسی کرده و از روشی مبتنی بر نظریه‌ی خاکستری برای در نظرگیری عدم قطعیت‌ها استفاده کرده‌اند. همچنین باتاچاریا و همکاران[۱۴] با رویکردی مشابه از نظریه‌ی فازی برای در نظرگیری عدم‌قطعیت‌ها استفاده کرده‌اند. رستگار و راستی برزکی[۱۵] یک مدل بهینه‌سازی برای انتخاب پروژه‌ها ارائه دادند که علاوه بر تعاملات بین پروژه‌ها، پیچیدگی آنها را نیز به عنوان یک عامل ورودی در مدل‌سازی لحاظ کرده‌اند. لی و همکاران[۱۶] در مدل انتخاب پروژه سیاست تقسیم‌پذیری پروژه‌های منتخب را هم‌زمان با تعاملات داخلی پروژه‌ها در نظرگرفته‌اند. در این سیاست، امکان انتخاب بخشی از پروژه نیز وجود دارد و تعاملات بین پروژه‌ها متناسب با سهم انتخاب شده از پروژه‌ها اعمال می‌شود. وو و همکاران[۱۷] برای وزن‌دهی به پروژه‌های منتخب از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده کرده و از الگوریتم ژنتیک غیرغلبه‌یی نوع ۲ برای حل مدل بهینه‌سازی انتخاب استفاده کرده‌اند. تعاملات بین پروژه‌ها در دو دسته‌ی فنی و منابع در نظر گرفته شده‌است. نئومیر و همکاران[۱۸] در انتخاب پروژه‌های فنّاوری اطلاعات، بحرانی بودن هر پروژه را نیز علاوه بر تعاملات داخلی آنها در نظرگرفته‌اند. برای مدل‌سازی مسئله نیز از رویکرد شبکه‌ی بیزی استفاده شده است. جعفرزاده و همکاران[۱۹] از ترکیب روش‌های تحلیل پوششی داده‌های فازی و طرح ریزی کیفیت برای ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها استفاده کرده‌اند که اولویت‌بندی، عدم قطعیت و وابستگی پروژه‌ها را در نظر می‌گیرد.

آلوارز ـ گارسیا و فرناندز ـ کاسترو یکی از خلاءهای موجود در تحقیقات انتخاب پروژه با در نظرگیری تعامل بین پروژه‌ها را چنین معرفی کرده‌اند: تعداد کمی از تحقیقات موجود، بهره‌برداری از تجربه و دانش خبرگان را ممکن می‌سازد و تعداد کم‌تری از

این تحقیقات این کار را در محیطی تعاملی به انجام می‌رساند.[۵] این خلاء پیشرانه‌ی انجام این تحقیق بوده، و تلاش شده است که با ارائه‌ی مدلی تعاملی، انتخاب پروژه‌ها با در نظرگیری تعاملات داخلی پروژه‌ها و مبتنی بر دانش خبرگان سازمان صورت پذیرد.

از طرفی، بر خلاف پوتفولیوی سهام که تأثیرات متقابل اجزای آن با استفاده از روش‌های آماری شناسایی می‌شود، در پورتفولیوی پروژه‌ها تعاملات بین پروژه‌ها اصولاً توسط خبرگان قابل درک است.

۳. رویکرد پیشنهادی

رویکرد پیشنهادی در قالب دو زیربند تشریح می‌شود:

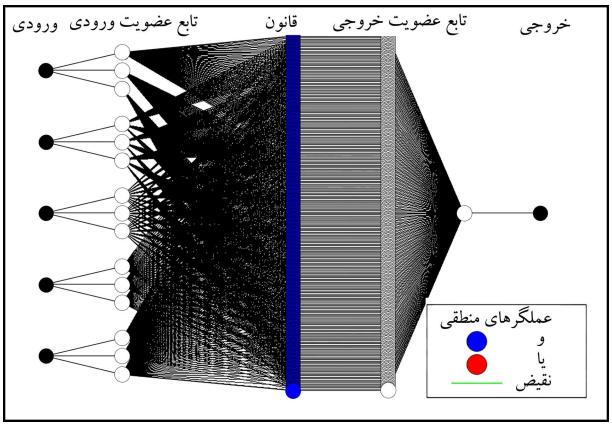
۱.۳. آموزش سیستم استنتاجی

در روش پیشنهادی فعالیت اصلی بر عهده‌ی یک سیستم استنتاج فازی[۹] با عنوان «سیستم ریسک پروژه» قرارگرفته که از ۵ ورودی تشکیل شده است: ۱. هزینه‌ی پروژه (اخذ از کاربر)؛ ۲. ارزش خالص فعلی؛ ۳. ارزش خالص فعلی در معرض ریسک (با کمک شبیه‌سازی مونت کارلو)؛ ۴. تأثیر پروژه روی پورتفولیو در تعامل با دیگر پروژه‌ها (اخذ جدول ارتباطات از کاربر)؛ ۵. وضعیت ریسک پورتفولیوی کنونی. وضعیت ریسک هر پروژه در راستای ارزیابی اضافه شدن یا نشدن به پورتفولیو، به عنوان خروجی اعلام می‌شود. نحوه‌ی محاسبه‌ی هریک از این شاخص‌ها در ادامه ارائه می‌شود.

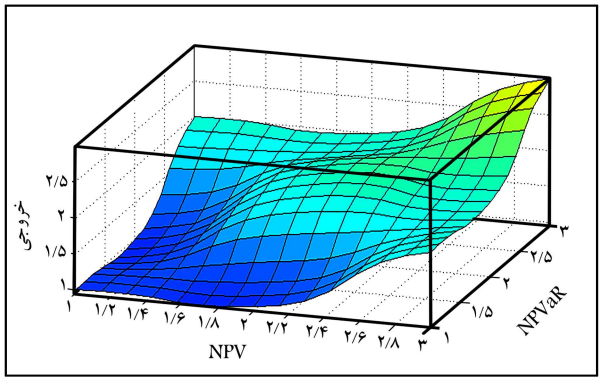
شایان ذکر است به دلیل ماهیت پویای مدل و تشکیل پورتفولیوهای پروژه متنوع در حین اجرا، سیستم استنتاج فازی دیگری با نام سیستم استنتاج فازی «ریسک پورتفولیو» در روش پیشنهادی دیده شده است که این سیستم با کمک ۳ ورودی شامل: ۱.ارزش خالص فعلی؛ ۲. ارزش خالص فعلی در معرض ریسک؛ ۳. هزینه‌ی پروژه، ریسک پروژه‌های موجود در پورتفولیو را با عنوان ریسک پورتفولیو، به صورت خروجی ارائه می‌کند.

تصاویر شماتیک سیستم استنتاج فازی ریسک پروژه در شکل ۱ و سیستم استنتاج فازی ریسک پورتفولیو در شکل ۲ ارائه شده است. از شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای تحلیل کمی عدم قطعیت در شاخص‌های مالی استفاده شده است. مثلاً برای تخمین ارزش در معرض ریسک، در هر تکرار از شبیه‌سازی مونت‌کارلو، ارزش احتمالی پورتفولیوی دارایی‌ها در پایان دوره‌ی نگه‌داری شبیه‌سازی می‌شود. سپس با استفاده از فراوانی ارزش‌های به دست آمده، ارزش در معرض ریسک محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که ارزش در معرض ریسک برابر با بیشینه مبلغ پولی است که با سطح اطمینان مشخص ممکن است در یک پورتفولیوی سرمایه‌گذاری به زیان تبدیل شود. ارزش در معرض ریسک اساساً در یک بازه زمانی محاسبه می‌شود که به آن دوره‌ی نگه‌داری گفته می‌شود و معمولاً در سطح اطمینان ۹۵٪ محاسبه می‌شود. سطح اطمینان ۹۵٪ به این معناست که به طور میانگین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که ضرر پورتفولیو در این دوره زمانی کم‌تر از مقدار محاسبه شده است.

در ابتدای امر و پیش از به کارگیری سیستم در سازمان لازم است همان طور که پیش‌تر هم ذکر شد، سیستم‌های استنتاجی فازی با دانش و تجربیات تصمیم‌گیرندگان و خبرگان سازمان آموزش داده شده تا تصمیم‌سازی‌های انجام یافته و منطق تصمیم‌گیری در سیستم به منطق حاکم در تصمیمات سازمان نزدیک شود

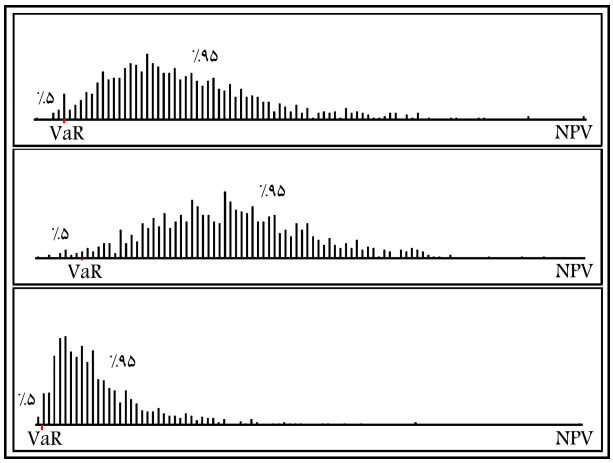


شکل ۱. شبکه‌ی عصبی سیستم ریسک پروژه.



شکل ۲. سیستم استنتاج فازی ریسک پورتفولیو.

و تصمیمات مشروعیت لازم برای پیاده‌سازی را داشته باشد. در این گام، ابتدا با استفاده از ماژول «سیستم استنتاجی فازی بر اساس شبکه انطباقی[۱۰]» در نرم‌افزار MATLAB نسخه‌ی ۲۰۱۳، داده‌های استخراج شده از نظرات مدیران سازمان و همین طور تصمیمات قابل قبول آنها در این راستا در ادوار گذشته، تبدیل به سیستم‌های استنتاجی فازی شد و قوانین آنها برای استفاده در مراحل تصمیم‌سازی استخراج شد. در ادامه برای شبیه‌سازی، نرخ تنزیل از کاربر اخذ می‌شود. به منظور دقت بیشتر کار و جلوگیری از ایجاد داده‌های پرت در این روش، ابتدا به تعداد مورد نظر کاربر (که محدودیتی ندارد) پورتفولیوی فرضی را تشکیل می‌دهیم. هرچه تعداد پورتفولیوهای فرضی تشکیل شده بیشتر باشد، به معنی دقیق‌تر شدن پیشنهاد سیستم و به عبارت دیگر به معنی افزایش تعداد دفعات بررسی شرایط هر پروژه است. بدیهی است تشکیل پورتفولیوی بیشتر منجر به افزایش زمان اجرای سیستم نیز خواهد شد. در انتها از پروژه‌هایی که بیشترین تعداد حضور در پورتفولیو را دارند، یا به عبارت دیگر بیشترین دفعات شایستگی خود را برای حضور در پورتفولیو به نمایش گذاشته‌اند، برای ساخت پورتفولیوی نهایی استفاده می‌شود. شیوه‌ی ایجاد پورتفولیو چنین است که در هر مرحله ابتدا از پروژه‌های پیشنهادی، به صورت تصادفی تعداد مورد نظر کاربر انتخاب می‌شود. سپس تا جایی که بودجه اجازه بدهد از بین دیگر پروژه‌ها مواردی که متناسب با پورتفولیو هستند انتخاب و در پورتفولیو قرار داده می‌شوند. یکی از شاخص‌های این انتخاب، ریسک هر پروژه است. به منظور تعیین ریسک هر پروژه، از شاخص «ارزش در معرض ریسک» کمک گرفته می‌شود و میزان ارزش خالص فعلی در معرض ریسک هر پروژه به عنوان شاخص ریسک آن پروژه تعیین می‌شود. چون شاخص ارزش خالص فعلی



شکل ۳. محاسبه‌ی ارزش در معرض ریسک بر اساس توزیع ارزش خالص فعلی.

دارای عدم‌قطعیت است، نمی‌توان مقدار آن را به صورت معینی در نظر گرفت و لذا از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای شبیه‌سازی این شاخص تکرارهای مختلف استفاده می‌شود. برای این اقدام تعداد انبوهی ارزش خالص فعلی به صورت تصادفی شبیه‌سازی شده و سپس نمودار ستونی پراکندگی این مقادیر برای تعیین میزان در معرض ریسک بودن ارزش خالص فعلی هر پروژه بررسی می‌شود. مقدار ل برای شاخص ارزش در معرض ریسک در این پژوهش ۰٫۰۵ در نظر گرفته شده و بدان معناست که سیستم، تعداد ارزش خالص فعلی‌هایی که کم‌تر از ۰٫۰۵ بیشترین ارزش خالص فعلی پیش‌بینی شده‌اند را در معرض خطر دانسته و لذا مقدار آن را به عنوان ارزش در معرض ریسک در نظر می‌گیرد. به منظور شفافیت بیشتر، شکل ۳ را در نظر بگیرید که محور عمودی، فراوانی هریک از مقادیر محور افقی (ارزش خالص فعلی) را نمایش می‌دهد و خط قرمز رنگ ارزش در معرض ریسک است که بر اساس توزیع احتمالی فراوانی‌ها و در سطح ۵ درصد محاسبه شده است.

در ادامه، پس از بررسی شبیه‌سازی و تعیین ارزش در معرض ریسک هر پروژه‌ی موجود در پورتفولیوی پروژه‌ها، ریسک پروژه‌ها و ریسک کلی پورتفولیو تعیین می‌شود و سپس، سیستم به طور تصادفی اقدام به انتخاب یک پروژه‌ی جدید از لیست پروژه‌ها می‌کند. با انجام مراحل پیش گفته، ارزش در معرض ریسک پروژه‌ی جدید نیز تعیین شده و سیستم استنتاج فازی در راستای تناسب این پروژه با پورتفولیو تصمیم‌گیری می‌کند. در صورت مناسب بودن پروژه و کافی بودن بودجه‌ی باقی‌مانده، برای حضور یا عدم حضور پروژه در پورتفولیوی پروژه‌ها تصمیم‌گیری می‌شود و این چرخه آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا تمامی پروژه‌ها بررسی شود و نیز به تعداد مورد نظر کاربر، پورتفولیو تشکیل شود. پس از اتمام کار با توجه به شایستگی پروژه‌ها نسبت به تشکیل پورتفولیوی نهایی اقدام می‌شود.

۲.۳. استفاده از سیستم استنتاجی

چارچوب پیشنهادی در قالب سه فاز مقدماتی، ارزیابی و انتخاب شکل ۴ توسعه داده شده است.

۱.۲.۳. فاز مقدماتی

در این فاز چندین فایل به عنوان ورودی به همراه تعدادی سوال از کاربر دریافت می‌شود. اطلاعات موجود از پروژه‌ها در این فایل‌ها عبارت‌اند از:

- کد پروژه؛
- میزان سرمایه‌گذاری مورد نیاز؛
- زمان برنامه‌ریزی شده برای اجرای پروژه؛
- میزان بازگشت سرمایه.

فایل ارتباطات شامل ارتباطات دوبه‌دو بین پروژه‌ها در قالب ماتریس ارتباطات است که قطر اصلی آن همگی ۱ بوده و درایه‌های بالا و پایین آن بیانگر سطح ارتباط بین پروژه‌هاست. مقدار این درایه‌ها نشانگر تأثیر مثبت یا منفی هر پروژه روی پروژه‌ی دیگر در صورت حضور هم‌زمان در پورتفولیوی پروژه‌های سازمان است و مقادیر آن از ۲- تا ۲+ متغیر است. (در جدول ۱ معنی این اعداد تشریح شده است.)

در ادامه و پس از اخذ این دو فایل، نرم‌افزار اقدام به چند پرسش شاخص از کاربر می‌کند:

- تعداد دفعاتی که پورتفولیو تشکیل شود؛
- تعداد پروژه‌های تصادفی اولیه در پورتفولیو؛
- نرخ تنزیل؛
- بودجه‌ی در دسترس.

بعد از اخذ این اطلاعات، فعالیت اصلی در قالب دو فاز ارزیابی و انتخاب شروع شده و گام‌های زیر انجام می‌شوند.

۲.۲.۳. فاز ارزیابی

۱. اولین دوره‌ی تشکیل پورتفولیو آغاز شده و در ابتدای آن، بودجه‌ی باقی‌مانده برابر با بودجه‌ی در دسترس (که از کاربر اخذ شده) قرار داده می‌شود.

۲. دو پروژه به صورت تصادفی انتخاب شده و به عنوان پروژه‌های اولیه‌ی تشکیل‌دهنده‌ی پورتفولیو در آن جای داده می‌شود.

۳. ارزش خالص فعلی برای پروژه‌های موجود در پورتفولیو از طریق شبیه‌سازی مونت‌کارلو برآورد می‌شود.

۴. میزان ارزش در معرض ریسک هر پروژه موجود در پورتفولیو تعیین می‌شود.

۵. میزان ریسک پورتفولیوی تشکیل شده از طریق بررسی میزان ریسک هر پروژه موجود در پورتفولیو در سیستم استنتاج فازی تعیین شده و ارزیابی کلی این ریسک‌ها نیز انجام می‌گیرد.

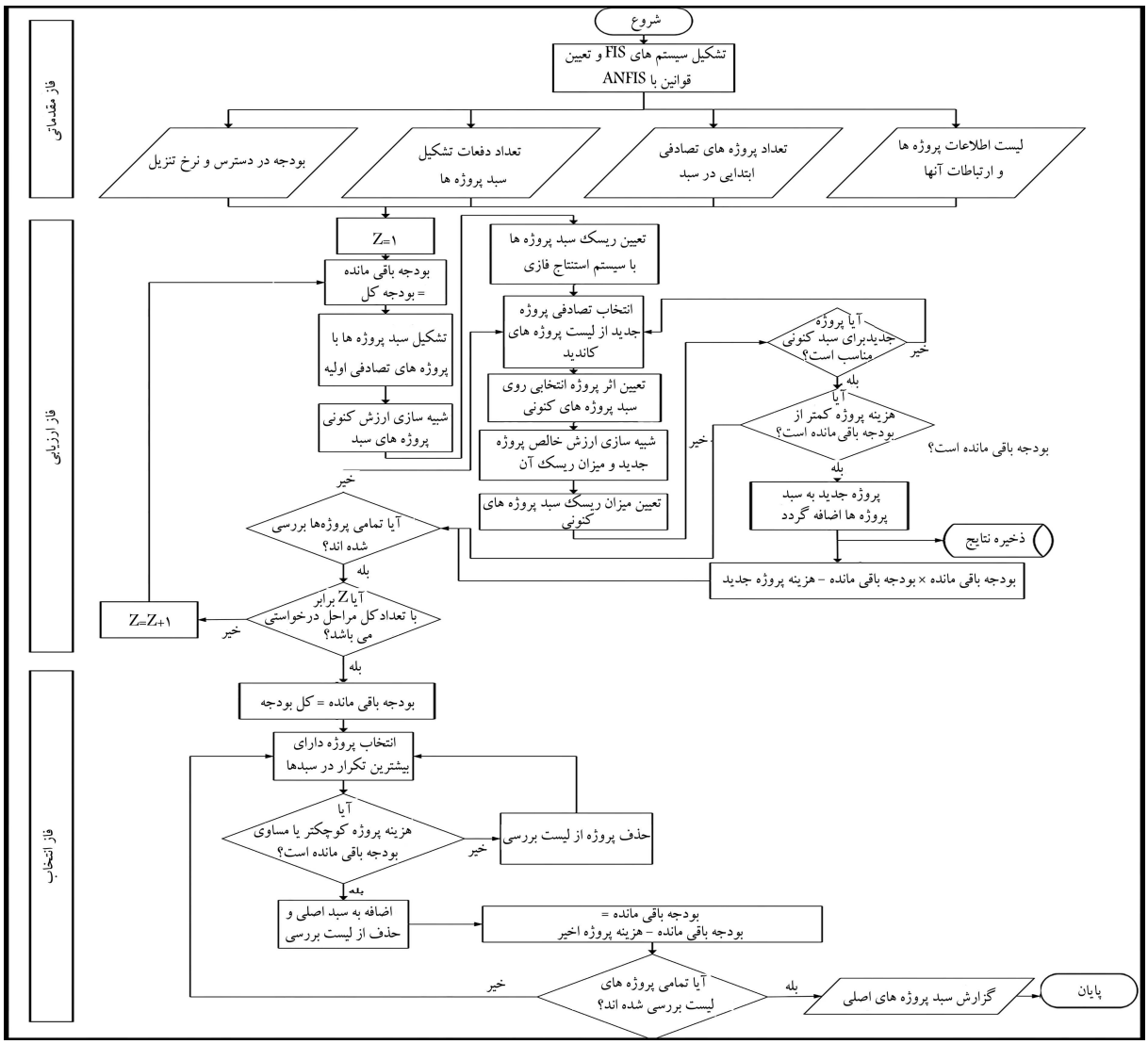
۶. یک پروژه‌ی جدید برای بررسی به صورت تصادفی انتخاب می‌شود.

۷. میزان تأثیر پروژه‌ی جدید روی پورتفولیوی فعلی پروژه‌ها از طریق جدول ارتباط بین پروژه‌ها ارزیابی می‌شود.

۸. شبیه‌سازی ارزش خالص فعلی پروژه جدید انجام شده و ارزش در معرض ریسک پروژه جدید تعیین می‌شود.

۹. این گام از طریق سیستم استنتاج فازی اصلی، به بررسی اضافه شدن یا نشدن پروژه‌ی جدید به پورتفولیوی پروژه‌ها می‌پردازد:

- بازگشت به گام ۶ در صورت مناسب نبودن پروژه،
- در صورت مناسب بودن وکفایت بودجه‌ی باقی‌مانده، پروژه‌ی مذکور به پورتفولیوی پروژه‌ها اضافه شده و هزینه‌ی آن از بودجه‌ی باقی‌مانده کسر می‌شود؛ ولی اگر هزینه‌ی آن بیشتر از بودجه‌ی باقی‌مانده بود، بدون کسر هزینه از لیست حذف می‌شود.



شکل ۴. چارچوب پیشنهادی.

- اگر تمامی پروژه‌ها بررسی شده باشند، پورتفولیوی جدید تشکیل می‌شود و به گام ۱ برمی‌گردیم؛ در غیر این صورت به گام ۶ بازمی‌گردیم.
- پس از تشکیل پورتفولیو به تعداد مورد نظر وارد فاز انتخاب پروژه‌ها می‌شویم.

۳.۲.۳. فاز انتخاب

۱. ابتدا بودجه‌ی باقی‌مانده برابر با بودجه‌ی در دسترس قرار می‌گیرد.

۲. در لیست پروژه‌ها، هزینه‌ی پروژه‌یی که دارای بیشترین حضور در پورتفولیوهای انتخابی بوده است، با بودجه‌ی باقی‌مانده مقایسه و بررسی می‌شود:

- اگر بودجه‌ی باقی‌مانده بیشتر از هزینه‌ی این پروژه بود، پروژه را به پورتفولیوی اصلی پروژه‌ها اضافه و از لیست پروژه‌های در دست بررسی حذف می‌کنیم و به گام قبلی بازمی‌گردیم.
- در صورت بیشتر بودن هزینه‌ی پروژه از بودجه‌ی باقی‌مانده، این پروژه حذف می‌شود و به گام قبلی بازمی‌گردیم.

۳. پس از بررسی تمامی پروژه‌ها، پورتفولیوی اصلی به عنوان خروجی نرم‌افزار گزارش می‌شود.

۴. مطالعه‌های موردی

در این بخش از نوشتار سه مطالعه‌ی موردی تشریح، و جزئیات اجرایی آنها خلاصه‌وار ارائه شده است.

۱.۴. مؤسسه‌ی مطالعات بین‌المللی انرژی

مؤسسه‌ی مطالعات بین‌المللی انرژی، وابسته به وزارت نفت و از مؤسسات آموزش عالی و پژوهشی تابع ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری است. این مؤسسه فعالیت خود را در سال ۱۳۷۰ به عنوان یک مرکز پژوهشی شروع کرده و اکنون شامل پژوهشکده‌های: اقتصاد و انرژی، مدیریت و منابع انسانی و مطالعات راهبردی فنّاوری است. هنگام انجام این مطالعه‌ی موردی، از طرف واحد برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌ی این سازمان تعداد ۱۰۰ پروژه‌ی بالقوه در پژوهشکده‌های مختلف این مؤسسه معرفی شد که قابلیت افزوده شدن به پورتفولیوی پروژه‌های سازمان را داشته‌اند. در جدول ۲ مشخصات کلی برخی از این پروژه‌ها، شامل هزینه‌ی انجام بودجه‌ی لازم)،

جدول ۱. امتیاز روابط بین پروژه‌ها.

امتیاز	شرح	مثال
-۲	تأثیر منفی زیاد بر هم	دارای نیروی انسانی مستقیم یا منابع اصلی مشترک بوده و اجرای هم‌زمان آنها عملا غیرممکن است، در صورت حضور هم‌زمان هر دوی آنها در پورتفولیو، قطعا یکی یا هر دوی آنها با تأخیر در برنامه‌ی زمان‌بندی مواجهه خواهد شد.
-۱	تأثیر منفی کم بر هم	این دو پروژه دارای منابع مشترک بوده اما اجرای مشترک آنها در صورت مدیریت درست منابع و زمان‌بندی ممکن است.
۰	دو پروژه کاملا مستقل	دو پروژه از منابع غیرپولی مشترک استفاده نمی‌کنند و شرح خدمات مشترک نیز ندارند.
+۱	تأثیر مثبت کم بر هم	شرح خدمات یکی از این دو پروژه قسمت کمی از شرح خدمات دیگری را تأمین کرده و اجرای آنها دارای هم‌افزایی است.
+۲	تأثیر مثبت زیاد بر هم	شرح خدمات یکی از این دو پروژه، بخش اعظمی از شرح خدمات دیگری را شامل می‌شود و اجرای آنها هم‌افزایی زیادی دارد.

جدول ۲. مشخصات کلی برخی از پروژه‌های مطالعه موردی.

کد	عنوان پروژه	هزینه انجام	زمان انجام (ماه)	میزان بازگشت سرمایه
۱	بررسی نقش فعلی و آینده‌ی اقتصادهای در حال ظهور (BRIC) در بازار انرژی و تبعات سیاست‌های آنها در ژئوپلتیک انرژی ایران	۷۲۱۸۹۲۱۲۵	۱۶	۲۳۶۴۷۳۸
۲	مطالعات تغییرات جغرافیایی ظرفیت‌های جهانی پالایشگاهی و پیامدهای آن بر تحولات جغرافیایی تقاضای جهانی	۵۴۰۶۰۱۰۰۰	۱۶	۱۷۵۵۷۸۲
۳	بازار گاز اروپا و راهبردهای ایران	۴۲۸۰۷۷۹۴۵	۵	۴۲۴۶۷۸۱
۴	بازنگری و تخمین مدل انرژی جهانی (IWEM)، مرحله‌ی اول: ارائه و تخمین ساختار جدید مدل حمل و نقل زمینی	۵۳۲۳۰۵۵۷۱	۶	۶۵۶۹۹۷۸
۵	بررسی آثار انواع معاملات فیزیکی و بورسی بر قیمت نفت خام و امکان به کارگیری شیوه‌های مختلف پوشش ریسک	۹۳۶۲۹۴۰۸۸	۱۵	۵۱۹۹۱۹۹
۶	بررسی پیامدهای بخشی شدن تعهدات کاهش انتشار گازهای گلخانه‌یی به رویکرد بخشی پس از ۲۰۱۲ (Post-Kyoto)	۹۷۶۰۰۲۱۶۲	۱۰	۶۴۶۶۳۸
۷	آسیب‌شناسی طرح‌های بخش بالادستی صنعت نفت کشور و ارائه‌ی راهکارهای مناسب همراه با مطالعه‌ی موردی	۵۰۴۹۲۲۵۰۴	۳	۶۳۴۴۲۸۹
۸	بررسی و تدوین استراتژی حضور مؤثر ایران در مجمع کشورهای صادرکننده‌ی گاز (GECF)	۷۸۹۶۸۷۵۹۹	۱۵	۲۹۷۸۳۵۵
...	...	...	...	...
۱۰۰	تعیین اولویت کشورهای صادرات گاز طبیعی ایران	۶۳۶۳۷۱۸۲۳	۱۷	۱۸۴۴۷۷۶

جدول ۳. خروجی رویکرد پیشنهادی.

تعداد دفعات تشکیل پورتفولیو	کد پروژه‌های انتخاب شده
۱۰ بار	۵۳-۴۸-۳۲-۲۹-۲-۳-۴-۵-۸-۱۵-۲۴-۲۵-۲۶-۹۹-۷۶-۶۵-۶۲-۵۷-۴۵-۲۸-۲۷-۹۱
۵۰ بار	۴-۲۶-۵۰-۴-۸-۵-۶۲-۷۶-۸۵-۳-۲۹-۱۵-۴۸-۲۵-۶۵-۲-۳۲-۱۵-۳۹-۵۷- ۶۲-۲۷- ۹۹-۹۷-۹۱-۲۸-۴۵

جدول ۴. مقایسه‌ی خروجی‌های سیستم و مدل قطعی.

تعداد پروژه‌ها در مثال عددی		کم (۱۶ پروژه)	متوسط (۱۰۰ پروژه)	زیاد (۱۰۰۰ پروژه)
شباهت پاسخ روش پیشنهادی و مدل بهینه‌سازی		٪۸۶	٪۹۴	٪۹۱
زمان محاسبه	سیستم پیشنهادی	۱۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۴ دقیقه
	مدل بهینه‌سازی	۱۲ ثانیه	۳ دقیقه	۲ ساعت
ترجیح سازمان		هر دو روش قابل قبول بوده‌اند	روش پیشنهادی بهتر ارزیابی شده است.	داده‌های این مثال شبیه‌سازی شده و متعلق به سازمان نبودند.

زمان لازم برای تکمیل و میزان بازگشت سرمایه ارائه شده است.

نتایج حاصل از اجرای سیستم به عنوان پشتیبان تصمیم‌گیری روی انتخاب پروژه‌های مؤسسه تهیه شد که شامل پورتفولیوی پروژه‌ها با بودجه ۲۰ میلیارد ریال به شرح جدول ۳ بوده است.

برخی از پروژه‌ها در هر دو حالت تعداد تکرار (۱۰ و ۵۰ تکرار) انتخاب شده‌اند که بیانگر مطلوبیت عمومی آنهاست. به منظور اعتبارسنجی رویکرد پیشنهادی، مدل بهینه‌سازی نظیر مسئله توسعه داده شده است که در ادامه تشریح خواهد شد.

علائم و نشانه‌های به کار رفته در مدل بهینه‌سازی انتخاب پروژه‌ها عبارت‌اند از:

مجموعه‌ها

i و j: پروژه‌های سازمان

k: ارکان تابع هدف

داده‌ها

TC_i: هزینه‌ی پروژه‌ی i

R_{ij}: تأثیرگذاری دوبه‌دوی پروژه‌های i و j روی پورتفولیو در صورت انتخاب توأمان

W_k: وزن رکن k در تابع هدف (به منظور بی‌بعدسازی اعداد موجود در توابع هدف)

Bd: کل بودجه‌ی در دسترس

NPV_i: ارزش خالص فعلی شبیه‌سازی شده پروژه i

VaR_i: ارزش در معرض ریسک برای پروژه‌ی i

متغیرها

x_i: متغیر صفر و یک انتخاب یا عدم انتخاب پروژه‌ی i در پورتفولیو

z: مقدار کل تابع هدف

مدل مذکور در قالب روابط ۱ تا ۳ تشکیل شده است.

$$\begin{aligned}\text{Max } z = {} & w_1 \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} R_{ij}x_i x_j \\ & + w_2 \sum_{i=1}^{I} NPV_i x_i \\ & - w_3 \sum_{i=1}^{I} VaR_i x_i \\ & - w_4 \sum_{i=1}^{I} TC_i x_i \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{I} TC_i x_i \le Bd \quad (2)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \qquad \forall i \quad (3)$$

به منظور خطی‌سازی مدل، متغیر y_{ij} تعریف شد که جایگزینی برای حاصل‌ضرب دو متغیر x_i و x_j است و محدودیت‌های لازم برای ارتباط‌دهی مقادیر y_{ij}، x_i و x_j نیز ایجاد شد. مدل خطی شده‌ی معادل به صورت روابط ۴ تا ۹ حاصل شد.

$$\begin{aligned}\text{Max } z = {} & w_1 \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} R_{ij}y_{ij} \\ & + w_2 \sum_{i=1}^{I} NPV_i x_i \\ & - w_3 \sum_{i=1}^{I} VaR_i x_i \\ & - w_4 \sum_{i=1}^{I} TC_i x_i \end{aligned} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{I} TC_i x_i \le Bd \quad (5)$$

$$y_{ij} \le x_i \qquad \forall i,j \quad (6)$$

$$2y_{ij} \ge x_i + x_j \qquad \forall i,j \quad (7)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \qquad \forall i \quad (8)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\} \qquad \forall i,j \quad (9)$$

مدل حاصل، یک مدل بهینه‌سازی خطی مختلط عدد صحیح است که برای حل آن از نرم‌افزار GAMS و با استفاده از الگوریتم حل CPLEX با دقت ۱۰۰ درصد استفاده شده است. در این راستا ورودی‌های سیستم و شبیه‌سازی‌های حاصله به عنوان ورودی به نرم‌افزار وارد شده و به منظور اعتبارسنجی، پاسخ‌ها با پاسخ‌های ارائه شده توسط سیستم پیشنهادی مقایسه شده‌اند. دست‌یابی به جواب‌های خوب در روش پیشنهادی نمایانگر صحت مدل و زمان حل منطقی آن به طور خاص در مسائل دارای اندازه بزرگ قابل توجه است. برای اجرای هر دو مدل، از رایانه‌یی با پردازنده‌ی ۴ هسته‌یی و RAM با ظرفیت ۴ گیگابایت استفاده شده است (جدول ۴).

جدول ۵. مشخصات کلی برخی از پروژه‌های شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب.

کد پروژه	هزینه‌ی انجام پروژه	زمان انجام پروژه (ماه)	میزان بازگشت سرمایه
۱	۱۶۷۸۲۵۹۸	۱۷	۲۳۶۴۷۳۸
۲	۱۷۱۰۰۰۰۰	۱۸	۱۷۵۵۷۸۲
۳	۶۵۴۴۰۰۰	۱۴	۴۲۴۶۷۸۱
۴	۱۰۶۸۴۱۰۰	۱۰	۵۱۹۹۱۹۹
۵	۱۰۸۱۸۹۴۰۹	۱۸	۶۳۴۴۲۸۹
۶	۱۴۳۶۲۱۳۱۰	۱۸	۲۹۷۸۳۵۵
۷	۶۳۳۳۰۰۰	۹	۱۸۴۴۷۷۶
۸	۱۱۸۴۵۰۰۰	۱۰	۲۷۲۱۲۲۹
۹	۱۱۹۶۰۹۶	۳	۳۷۹۶۸۶
...	...	...	...
۱۰۶	۲۰۷۰۰۰	۲	۲۴۹۴۰۷۵

۲.۴. شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب

شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب هم‌اکنون با بیش از ۴۵ میدان هیدروکربوری بزرگ و کوچک در گستره‌یی افزون بر ۴۰۰ هزار کیلومترمربع از استان بوشهر تا شمال خوزستان، حدود ۸۰ درصد نفت خام و ۱۶ درصد گاز کشور را تولید می‌کند.

در بررسی انجام شده، ۱۰۶ پروژه از واحدهای مختلف این شرکت شناسایی و انتخاب شد. اطلاعات برخی از این پروژه‌ها در جدول ۵ ارائه شده است.

پس از ورود اطلاعات به سیستم و آموزش سیستم با تصمیمات و اطلاعات قبلی سازمان، خروجی‌های سیستم با بودجه‌ی در دسترس به مقدار ۲۰۰،۰۰۰،۰۰۰ واحد و طی ۱۰ مرتبه تکرار شکل‌دهی پورتفولیو به دست آمد. در شکل ۵، فراوانی پروژه‌های منتخب در پورتفولیوهای ایجاد شده، نمایش داده شده است. پروژه‌هایی که در این شکل نشان داده نشده، در هیچ‌یک از پورتفولیوها حضور نداشته‌اند.

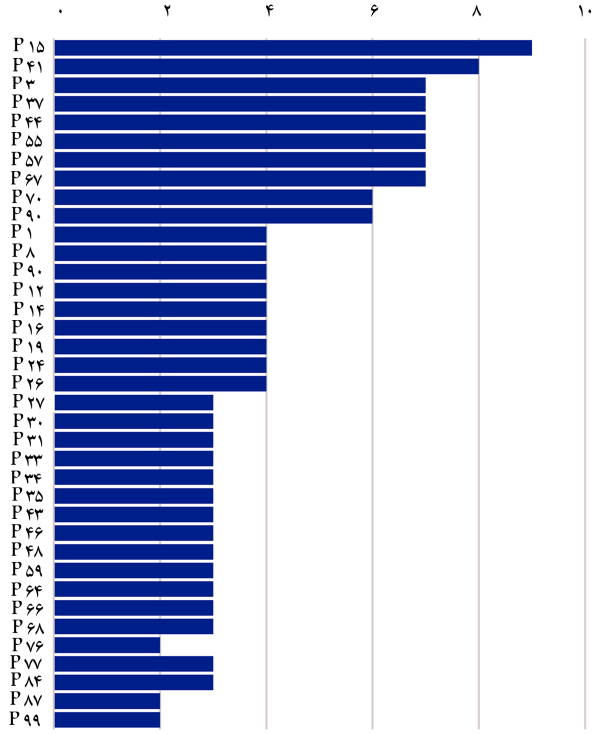
این اطلاعات به همراه نتایج نهایی به استحضار مدیران سازمان رسانده شد و رضایت خوبی از منظر منطقی بودن نتایج حاصل شده است.

۳.۴. مدیریت پژوهش و فنّاوری شرکت ملی نفت ایران

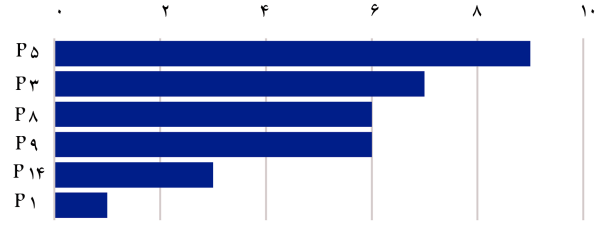
این مدیریت در سال ۱۳۷۹ بنا به مصوبه‌ی شورای محترم معاونین وزارت نفت پایه‌ریزی شده تا فعالیت‌ها و پژوهش‌های مرتبط با صنایع بالادستی نفت را دنبال کند. تنظیم و تدوین استراتژی پژوهش و فنّاوری در شرکت ملی نفت ایران، نهادینه کردن و گسترش فعالیت‌های پژوهشی، ایجاد زمینه‌های رشد، خلاقیت و نوآوری در صنعت نفت، تهیه و تدوین برنامه‌های مطالعاتی، راهنمایی و نظارت در طرح‌های تحقیقات بالادستی و استفاده بر اساس نیاز از دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش‌بنیان و پارک‌های علم و فنّاوری از جمله رسالت‌های پژوهشی این مدیریت بوده است.

در این سازمان ۱۶ پروژه از واحدهای مختلف شناسایی شدند که اطلاعات کلی تمامی آنها در جدول ۶ نمایش داده شده است.

پس از ورود اطلاعات به سیستم و آموزش سیستم با تصمیمات و اطلاعات قبلی سازمان، خروجی‌های سیستم با در نظرگیری بودجه‌ی در دسترس ۲۰۰،۰۰۰،۰۰۰ واحد و تعداد ۱۰ مرتبه محاسبه شد (شکل ۶). پروژه‌هایی که در این شکل نمایش



شکل ۵. فراوانی پروژه‌های منتخب شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب در پورتفولیوهای شکل‌یافته.



شکل ۶. فراوانی پروژه‌های منتخب مدیریت پژوهش و فنّاوری شرکت ملی نفت ایران در پورتفولیوهای شکل‌یافته.

جدول ۶. مشخصات کلی پروژه‌های مدیریت پژوهش و فنّاوری شرکت ملی نفت ایران.

کد پروژه	هزینه‌ی انجام پروژه	زمان انجام پروژه (ماه)	میزان بازگشت سرمایه
۱	۵۰۰۰	۳۶	۲۰۰
۲	۶۲۵۰۰	۶۶	۱۲۰۰
۳	۱۵۴۷۰	۳۹	۴۲۰
۴	۶۱۳۵۰۴	۳۶	۱۸۰۰۰
۵	۶۸۱۰۰	۳۶	۲۱۰۰
۶	۹۹۷۷۰	۲۴	۵۰۰۰
۷	۱۲۷۱۲۰۲	۳۰	۵۰۰۰
۸	۱۴۵۰۰	۱۶	۱۵۰۰
۹	۱۸۸۹۶	۱۸	۱۲۰۰
۱۰	۴۸۳۱۶۷	۲۱	۲۵۰۰۰
۱۱	۴۰۰۰۰	۳۰	۱۴۰۰
۱۲	۴۵۸۰۰	۳۰	۲۰۰۰
۱۳	۴۴۰۰	۳۱	۱۵۰
۱۴	۷۴۰۹۲	۳۷	۲۵۰۰
۱۵	۹۰۰۰۰۰	۶۰	۱۲۰۰۰
۱۶	۲۶۸۱۵	۲۴	۱۱۰۰

داده نشده است، در هیچ‌یک از پورتفولیوها حضور نداشته‌اند. نتایج میانی (فراوانی حضور پروژه‌ها در پورتفولیو) و نتایج نهایی توسط خبرگان سازمان بررسی شد که هر دو منطقی ارزیابی شدند.

۵. نتیجه‌گیری

مدل‌هایی که در ادبیات در مورد انتخاب پورتفولیوی پروژه ارائه شده، عمدتاً روی ریسک و فرصت‌های هر پروژه به طور منفرد تمرکز دارند و اثر یک یا چند پروژه‌ی جدید روی ریسک تمامی پورتفولیوهای پروژه را در نظر نمی‌گیرند. در سازمان‌های پروژه‌محور لازم است که معیار ریسک در سیاست‌های مربوط به تشکیل پورتفولیوی پروژه و انتخاب پروژه‌ها در نظرگرفته شود تا بدین طریق بیشینه‌سازی منافع پورتفولیوی پروژه و درنتیجه سازمان را تضمین کند.

در این نوشتار یک سیستم پشتیبان سیستم طراحی و اجرا شده که مهم‌ترین هدف در نظر گرفته شده برای آن، نزدیک شدن به یک سیستم هوشمند و قابلیت شخصی‌سازی اپراتوری آن در سازمان به روش کیفی بوده است. این موارد با نظرات کیفی کارشناسان و خبرگان توسط ANFIS به شکل قانون در سیستم استنتاج فازی لحاظ شدند که این حالت بسیار سهل‌تر از محاسبه و ارائه‌ی اوزان شاخص‌ها به شکل اعداد قطعی[11] بوده است. به کمک روش به کار رفته در این سیستم معیارهای بیشتری در تصمیم‌سازی سازمانی دخیل می‌شوند که شامل مواردی هستند که در سازمان و در ذهن خبرگان آن به مرور زمان، با تجارب متعدد و در نظر گرفتن استراتژی‌های مختلف شکل گرفته است و سیستم پیشنهادی با کمک روش انطباقی سعی در لحاظ کردن آنها در فرایند تصمیم‌سازی دارد.

به منظور بررسی قابلیت پیاده‌سازی و ارزیابی روش پیشنهادی، داده‌های یک سازمان پژوهشی مورد بررسی قرار گرفت که رضایت تصمیم‌گیران از جواب‌های حاصله از سیستم و نزدیکی آنها با استراتژی‌های سازمان، نمایانگر دست‌یابی سیستم پیشنهادی به هدف اصلی خود مبنی بر شبیه شدن به تصمیمات خبرگان در دنیای واقعی بوده است.

به منظور اعتبارسنجی رویکرد پیشنهادی نیز یک مدل بهینه‌سازی توسعه داده شد که روی سه مسئله (دو مسئله از سازمان مورد بررسی و یک مسئله‌ی ساختگی با تعداد پروژه زیاد) اجرا شد. نتایج بیان‌گر شباهت قابل قبول جواب‌ها (نزدیک به ۹۰ درصد شباهت) بود اما زمان حل رویکرد پیشنهادی در مسئله‌ی دارای تعداد زیاد پروژه، بسیار کم‌تر از مدل بهینه‌سازی بوده است.

به منظور تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود رویکرد پیشنهادی در سازمان‌ها و مسائل عددی بیشتری پیاده‌سازی و نتایج مقایسه شود. همچنین به عنوان یک پیشنهاد اجرایی توصیه می‌شود رویکرد پیشنهادی به صورت یک نرم‌افزار تجاری توسعه یابد.

پانوشت‌ها

1. project portfolio selection problem
2. PMBOK
3. project portfolio management
4. synergies
5. cannibalizations

6. dummy
7. constraint satisfaction problem
8. non-outranked ant colony optimization
9. fuzzy inference system
10. adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS)
11. crisp

منابع (References)

1. PMI. "A Guide to the Project Management Body of Knowledge – (PMBOK® GUIDE) Sixth Edition". *Newtown Square, PA: Project Management Institute*, (2017).
2. Iranmanesh, S.H., Ghoreyshi, S.M.N. and Shamekhi, A. "Project portfolio management – A comprehensive practical guide", *Tehran: Commercial Print and Publications Company*, (2010) (In Persian).
3. Dos Santos, and Brian L. "Selecting information systems projects: problems, solutions and challenges.", *Proceedings of the Twenty-Second Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Volume III: Decision Support and Knowledge Based Systems Track.* Vol. **3** IEEE, (1989).
4. Canbaz, B. and Marle, F. "Construction of project portfolio considering efficiency, strategic effectiveness, balance and project interdependencies", *International Journal of Project Organisation and Management*, **8**(2), pp. 103-126 (2016).
5. Alvarez-Garcia, B., Fernándwz-Castro, A.S. "A comprehensive approach for the selection of a portfolio of interdependent projects. An application to subsidized projects in Spain", *Computers & Industrial Engineering*, **118**, pp. 153-159 (2018).
6. Iranmanesh, S.H., Pashapour, S. and Astaraki, M. "Expert systems – A practical approach", *Tehran: International Institute for Energy Studies*, (2013).
7. Iamratanakul, S., Patanakul, P. and Milosevic, D. "Project portfolio selection: From past to present", *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, pp. 287–292, (2008).
8. Liesiö, J., Mild, P. and Salo, A. " Preference programming for robust portfolio modeling and project selection", *European Journal of Operational Research*, **181**(3), pp. 1488-1505 (2007).
9. Carazo, A. F., Gómez, T., Molina, J. and et al. "Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection", *Computers & Operations Research*, **37**, pp. 630-639 (2010).
10. Cruz, L., Fernández, E. R., Gomez, C. G. and et al. "Many-objective portfolio optimization of interdependent project 'a priori' incorporation of decisionmaker preferences". *Applied Mathematics & Information Sciences. An International Journal*, **8**(4), pp. 1517-1531 (2014).
11. Yu, L., Wang, S., Wen, F., and et al. "Genetic algorithm-based multi-criteria project portfolio selection". *Annals of Operations Research*, **197**(1), pp. 71-86 (2012).
12. Azari-Takami, M., Sheikh, R. and Sana, S. S. "A hesitant fuzzy set theory based approach for project portfolio selection with interactions under uncertainty". *Journal of Information Science and Engineering*, **34**(1), pp. 65-79 (2018).
13. Bhattacharyya, R. "A grey theory based multiple attribute approach for R&D project portfolio selection". *Fuzzy Information and Engineering*, **7**, pp. 211-225 (2015).
14. Bhattacharyya, R., Kumar, P. and Kar, S. "Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects". *Computers and Mathematics with Applications*, **62**, pp. 3857-3870 (2011).
15. Rastegar, H. and Rasti-Barzoki, D. "Multi-criteria approach to project portfolio selection considering structural hardness and correlations between projects". *Journal of Industrial and Systems Engineering*, **10**(4), pp. 141-157 (2017).
16. Li, X., Fang, S. C., Guo, X. and et al. "An extended model for project portfolio selection with project divisibility and interdependency". *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, **25**(1), pp. 119-138 (2016).
17. Wu, Y., Xu, C., Ke, Y. and et al. "Portfolio selection of distributed energy generation projects considering uncertainty and project interaction under different enterprise strategic scenarios". **Applied energy**, **236**, pp. 444-464 (2019).
18. Neumeier, A., Radszuwill, S. and Garizy, T. Z. "Modeling project criticality in IT project portfolios". *International Journal of Project Management*, **36**(6), pp. 833-844 (2018).
19. Jafarzadeh, H., Akbari, P. andAbedin, B. "A methodology for project portfolio selection under criteria prioritisation, uncertainty and projects interdependency–combination of fuzzy QFD and DEA". *Expert Systems with Applications*, **110**, pp. 237-249 (2018).