A New Multi-objective Model for Projects Portfolio Optimization considering Integrated Efficiency-risk Approach using NSGA-II

Mohammadreza Sharifi Ghazvini
PHD Student of Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran, st_mr_sharifi@azad.ac.ir
Vahidreza Ghezavati *
Associate Professor of Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran, v_ghezavati@azad.ac.ir
Ahmad Makui
Professor of Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, amakui@iust.ac.ir
Sadigh Raissi
Associate Professor of Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran, raissi@azad.ac.ir

Abstract: A project portfolio is a crucial decision-making process used to prepare an optimum collection of vast alternative projects. In most of the previous modeling methods, the focus is directed towards maximizing project efficiency and so, the role of risky aspects in selecting appropriate projects has been neglected. This paper presents an integrated multi-objective mathematical programming (MOMP) based on efficiency-risk for selecting a project portfolio using various techniques including data envelopment analysis (DEA), risk priority number (RPN) and non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA-II). The proposed model can support both the capability to nominate mutually exclusive projects (conflicting projects that only one of them can be done) or any type of predecessor projects (doing a project depends on another project) and concurrent projects (need to be done at the same time) selection. Another advantage of the model is that the hyper heuristic solutions can be found in the form of several non-dominated cases and it is possible for organization's experts to choose the best and the most suitable solutions.

Keywords: Projects Portfolio Optimization; Data Envelopment Analysis (DEA); Risk Priority Number (RPN); Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGAII)

Introduction: In the competitive world, intelligent optimum decision making is a vital task in the success of large systems. Due to lack of resources, it is not always possible to fully evaluate all proposed developmental projects. In this context, it is important to make an optimal portfolio of desired projects. The present article aimed to identify an applied methodology for the selection of project portfolios with regard to efficiency and risk assessment and the alignment of the projects' purposes with the organization's goals, while also considering the existing resource limitations and regarding risk as a main indicator. The efficiency of the projects is examined with regard to the resources used. The present paper seeks to respond to the following main questions:

- ✓ How can an optimal project portfolio be selected for an organization with maximum efficiency and minimum risk?
- ✓ Does project risk assessment in view of the two criteria of impact and probability sufficiently address the economic conditions and the complexity of the projects in the majority of research and development projects?
- ✓ What is the drawback of current risk assessment methods for project portfolios?

Responding to these questions can help organization managers select optimal project portfolios and achieve their strategic organizational objectives. Many studies have been conducted on the selection

* Corresponding author

Archive of SID

www.SID.ir

of project portfolios and most of them follow a qualitative and quantitative approach and use combination classification. One of the applied studies conducted on project selection is by Eilat et al., (2008), in which projects were selected within the combinational framework of DEA and a balance score card was used to select proper research and development projects (Tahri, 2015) presented two numerical methods for mathematical optimization problems for both single and multiple objectives using two values (0 and 1) as the decision variable. (Huang et al., 2016) discussed the joint problem of optimal project selection and scheduling in situations when the projects' initial outlays and net cash inflows are determined by experts' estimates due to the lack of historical data. A literature review reveals that there are a lot of optimization models available to prepare project portfolios. Most of them have one objective function to maximize project benefits or to minimize operating costs subject to operational constraints. In most modeling methods, the role of risk aspects in selecting appropriate projects has been neglected. A few of them have explored the aspect of model constraints. In other words, in the past, the main focus is directed towards economic projects while the sustainable factors (e.g., environmental and social risks) have been neglected. For this purpose, this study presents an integrated MOMP based on efficiency-risk for selecting a project portfolio using various techniques including DEA, RPN and non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA-II).

Materials and Methods:
Step1) Preparing a list of candidate & feasible projects
Step2) Calculating efficiency of each project by using the DEA method
Step3) Calculating the risk priority number for each project
Step4) Developing a MOMP model to select the best projects
Step5) Solving the model using a Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGAII) method

Results and Discussion: One of the main advantages of NSGAII is that the at-hand solutions can be found in the form of several non-dominated cases and therefore, it is possible for organization's experts to choose the best and the most suitable solutions. Stated differently, the expert's knowledge and viewpoints can be considered due to flexibility and availability of different solutions. Besides, it is feasible to compute the adjusted efficiency and to select the solution(s) producing the maximum efficiency as the final optimal answer(s).

Conclusion: This article used the concepts of DEA, RPN, MOMP and NSGAII modeling to propose an applied methodology for extracting an optimal portfolio of projects. In other words, we suggest the use of a Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II as a solution method for the presented multi-objective model in order to deduce the optimal projects portfolio. By comparing the results for the proposed algorithm and existing methods, it was concluded that the previous methods can give portfolio of projects with suitable profit but these solutions face high risk and low reliability. Thus, such solutions are not acceptable by managers in organizations. The lack of attention to risk aspects leads to the non-realization of the estimated profit due to high probability of risk. Therefore, the valuable resources will be wasted. Whereas, by adjusting profit with the risk numbers, it is indicated that the profit gained by our method is so better and higher than previous methods after risk. This can indicate novelty, applicability, and performance of our method.

References

Eilat, H., Golany, B. & Shtub, A. (2008). R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach. *Omega*, 36**,** 895-912.

Huang, X., Zhao, T. & Kudratova, S. (2016). Uncertain mean-variance and mean-semivariance models for optimal project selection and scheduling. *Knowledge-Based Systems*, 93**,** 1-11.

Tahri, H. (2015). Mathematical Optimization Methods: Application in Project Portfolio Management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 210**,** 339-347.

Archive of SID

www.SID.ir

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۹، پیاپی ۱۷، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷
دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۷ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۰
صص: ۱۵۷-۱۳۹

ارائه مدلی مفهومی برای انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها با رویکرد ترکیبی کارایی-ریسک مبتنی‌بر روش ژنتیک چندهدفه با مرتب‌سازی نامغلوب (NSGAII)

محمدرضا شریفی قزوینی [۱]، وحیدرضا قضاوتی [۲*]، احمد ماکوئی [۳]، صدیق رئیسی [٤]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران، st_mr_sharifi@azad.ac.ir
۲- دانشیار مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران،v_ghezavati@azad.ac.ir
۳- استاد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، amakui@iust.ac.ir
٤- دانشیار مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران، raissi@azad.ac.ir

چکیده: از مهم‌ترین موضوعات برای موفقیت سازمان‌ها، مسئلهٔ انتخاب مناسب پرتفوی پروژه‌ها است. در پژوهش‌های قبلی انتخاب سبد پروژه‌ها با تمرکز روی میزان کارایی پروژه‌ها انجام و کمتر به نقش ریسک توجه شده است؛ بنابراین در این مقاله مدلی چندهدفه برای انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها با رویکرد ترکیبی کارایی- ریسک و با استفاده از تکنیک‌های DEA، RPN، MOMP و NSGAII ارائه شده است که در آن نه‌تنها پارامتر ریسک شاخص اصلی در نظر گرفته شده است، کارایی پروژه‌ها و محدودیت منابع نیز در آن لحاظ شده است. همچنین مدل پیشنهادی قابلیت انتخاب سبد بهینه را در شرایط گوناگون ازجمله نبود پروژه‌های ناسازگار (پروژه‌های متضاد که تنها یکی از آنها انجام‌شدنی است)، پروژه‌های پیش‌نیاز (پروژه‌هایی که انجام یکی وابسته به انجام دیگری است) و هم‌نیاز (پروژه‌هایی که لازم است هم‌زمان انجام شوند) دارد. از نوآوری‌های اصلی این مقاله ارائهٔ روش حل فرا ابتکاری است که چندین پرتفوی بهینهٔ نامغلوب پروژه‌ها را ارائه می‌کند.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک چندهدفه با مرتب‌سازی نامغلوب (NSGAII)، پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها، تحلیل‌پوششی‌داده (DEA)، ریسک، عدد امتیاز ریسک (RPN)، کارایی.

---

*نویسنده مسؤول

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در دنیای رقابتی امروز، موفقیت شرکت‌ها به‌شدت وابسته به داشتن رویه‌ای مؤثر در انتخاب بهترین تصمیمات در لحظات حساس است؛ به‌همین منظور لازم است مدیران شرکت، پروژه‌هایی را دنبال کنند که به‌واسطهٔ آن بتوان از منابع موجود سازمان بهترین استفاده را کرد. اگرچه انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها از ضروریات بقای شرکت در میدان پررقابت بازارهای تجاری محسوب می‌شود، وجود دیدگاهی مستمر روی سبد انتخابی و وجود انعطاف زیاد در تغییر اولویت‌های پروژه‌ها از ملزومات فرایند کنترل پروژه است؛ بنابراین فرایند انتخاب سبد بهینه، فرایندی دوره‌ای است که با در نظر گرفتن هم‌زمان شاخص‌های متعدد باعث انتخاب کاراترین پروژه‌ها با کمترین ریسک ممکن از میان پروژه‌های پیشنهادی می‌شود؛ به‌گونه‌ای که این انتخاب سازمان را متحمل هزینه‌های اضافی نکند (لوین[۱]، ۲۰۰۵). برای کارایی[۲] تعاریف متنوعی ارائه شده است که به‌طورکلی عبارت از نسبت ستاده به داده است و به چگونگی استفاده از منابع و مدیریت صحیح آنها توجه دارد؛ درحالی‌که اگر در یک واحد تصمیم‌گیری (در این مقاله، پروژه‌ها واحد تصمیم‌گیری هستند) چند ورودی و چند خروجی وجود داشته باشد، کارایی، خارج‌قسمت مجموع موزون خروجی‌ها به مجموع موزون ورودی‌ها است (پاجرس و لوپز[۳]، ۲۰۱٤)؛ به همین دلیل در این مقاله سعی شده است در این زمینه به پرسش‌های زیر پاسخ داده شود:

- ✓ چگونه برآورد کارایی هر پروژه کاندید محاسبه می‌شود؟
- ✓ چگونه می‌توان برای یک سازمانِ مشخص، پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها را با بیشترین کارایی و درعین‌حال کمترین ریسک انتخاب کرد؟
- ✓ چگونه مدل تحقیق در عملیاتی چندهدفه و روش NSGAII[٤]، پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها را با دو تابع هدف کارایی و ریسک[٥] ارائه می‌کنند؟
- ✓ آیا در ارزیابی ریسک پروژه‌های منتخب، دو معیار شدت اثر و احتمال وقوع ریسک به‌گونه‌ای بررسی شده است که پاسخگوی شرایط اقتصادی سازمان و چشم‌انداز برنامه‌های توسعهٔ آن باشد؟

باتوجه‌به ضرورت موضوع سعی شده است تا متدولوژی یکپارچهٔ کاربردی و درعین‌حال چابک برای محاسبهٔ کارایی و ریسک پروژه‌ها، مدل‌سازی چندهدفهٔ ریاضی با اهداف کارایی و ریسک و انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها با استفاده از روش NSGAII و با در نظر گرفتن محدودیت‌های منابع سازمان معرفی شود تا هم به ریسک به‌عنوان شاخص اصلی توجه کند و هم کارایی پروژه‌ها باتوجه‌به منابع صرف‌شده در نظر گرفته شود. درزمینهٔ انتخاب پرتفوی پروژه‌ها پژوهش‌های زیادی شده است که درادامه برخی از آنها مرور شده است. یکی از مطالعات مطرح در حوزهٔ انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها را ایلات، گولانی و اشتوب[٦] (۲۰۰۸) انجام داده‌اند. آنها از ترکیب دو روش DEA[۷] و BSC[۸] برای انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها استفاده کردند و براساس این مدل لیست بلندی از پروژه‌ها را بررسی و تحلیل کرده‌اند. ازجمله موارد مهم در این پژوهش استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای نخستین‌بار برای ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها است. از دیگر مدل‌هایی که درزمینهٔ انتخاب سبد پروژه‌ها استفاده می‌شود، تحلیل سلسله مراتبی فازی است. هوانگ، چو و چیانگ[۹] (۲۰۰۸)، مسئلهٔ انتخاب سبد فناوری را مسئلهٔ تصمیم‌گیری چندشاخصه مطرح کردند و با توسعهٔ مدل فازی ۲۷ معیاره، سبد پروژه‌ها را ارزیابی کردند. یکی از نقاط قوت کار

Archive of SID

www.SID.ir

هوانگ استفاده از منطق فازی برای ارزیابی است. اکثر مدل‌هایی که از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده می‌کنند فقط رتبه‌بندی اولیه‌ای نسبت به پروژه‌ها می‌دهند. باتاچاریا، کومار و کار[۱۰] (۲۰۱۱)، انتخاب سبد پروژه‌های پژوهشی با رویکرد فازی را بحث و در آن از برنامه‌ریزی چندهدفهٔ فازی برای آسان‌کردن تصمیم‌گیری و انتخاب پروژه‌ها استفاده کرده‌اند. همچنین وابستگی و اثر پروژه‌ها بر یکدیگر را در مدل خود در نظر گرفتند و این مسئله را با الگوریتم ژنتیک حل کرده‌اند. چانگ و لی[۱۱] (۲۰۱۲)، مدل یکپارچهٔ تحلیل پوششی داده‌های فازی/ مسئلهٔ کوله‌پشتی را برای انتخاب سبد پروژه به کار گرفتند و پس از فرموله‌کردن مسئله آن را با الگوریتم کلونی زنبورعسل حل کردند. در این مقاله، آنها ابتدا با استفاده از متغیرهای فازی، داده‌های مسئله را برای ورود به مسئلهٔ کوله‌پشتی آماده و پس از تعریف مسئله آن را با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل حل کردند.

قاپانچی، توانا و خباز[۱۲] (۲۰۱۲) روشی برای انتخاب سبدهایی از پروژه‌ها ارائه کردند که در آن تعامل بین پروژه‌ها و عدم‌قطعیت لحاظ شده است. در این پژوهش سبدی از پروژه‌های IS/IT ارائه شد که نویسندگان در آن با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی و شاخص ریسک، پروژه‌های کاندید را انتخاب کردند. پس از انتخاب با استفاده از الگوریتم شاخه و کران (ایلات برای نخستین بار در سال ۲۰۰۶ در مقاله خود انجام داد) شروع به تشکیل سبدهای مختلف کردند. روش پیشنهادی متکی بر استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای است. استفاده از داده‌های کمّی و کیفی، همچنین در نظر گرفتن مؤثر و مناسب روابط و وابستگی‌های موجود در مسئلهٔ انتخاب سبد پروژه ازجمله نقاط قوت روشِ ارائه‌شده است و در پژوهش*های* آتی نیز استفاده از منطق فازی و اعداد فازی را در روش پیشنهاد می‌کند. نسیف، سانتیاگوفیلو و نوگوئرا[۱۳] (۲۰۱۳) روشی برای انتخاب پروژه در حوزهٔ IT با استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری پشتیبانی براساس منطق فازی ارائه دادند. آنها با استفاده از مطالعهٔ موردی، اعتبارسنجی مدلِ توسعه‌داده‌شده را با (۱) شناسایی پروژه‌ها؛ (۲) ارتباط پروژه‌ها با برنامه‌ریزی استراتژیک؛ (۳) دسته‌بندی پروژه‌ها؛ (٤) تعریف متغیرهای زبان‌شناسی و توابع فازی؛ (٥) تعریف قوانین استنباطی؛ (٦) محاسبهٔ قوانین و (۷) برقرای تعادل سبد پروژه انجام دادند. عباسیان جهرمی و رجائی (۲۰۱۳) مدلی ترکیبی باتوجه‌به استدلال مبتنی‌بر مورد فازی برای پروژه‌ها ارائه دادند. در این مقاله عوامل ایجاد خطر در صنعت ساخت و ساز و گزارشات قدیمی این شرکت‌ها در نظر گرفته شده است و مناسب‌ترین پرتفوی شرکت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی آرمانی صفر و یک انتخاب شده است. آنها در این مقاله میزان ریسک پروژه‌ها را به‌کمک روش سادهٔ وزن‌دهی و درنهایت به‌کمک برنامه‌ریزی خطی آرمانی صفر و یک، نقطهٔ تعادل بهینهٔ ریسک و درآمد (تئوری پرتفوی) را براساس وضعیت فعلی شرکت و تجربهٔ موفق قبلی محاسبه کرده‌اند.

توانا، خلیلی دامغانی و سعدی نژاد (۲۰۱۳) مدل DEA فازی را برای انتخاب بهینهٔ پروژه درزمینهٔ تکنولوژی پیشرفته و دربارهٔ مطالعاتی واقعی ارائه کردند. در این پژوهش مقادیر عدم‌قطعیت با برنامه‌ریزی خطی فازی چندهدفه محاسبه می‌شود. حسن‌زاده، نعمتی و سان[۱٤] (۲۰۱٤) یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه برمبنای اعداد دوتایی ارائه کردند که به‌موجب آن یک تابع چندهدفه با قیودی که دارای ضرایب نامعین هستند برای انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها حل می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

آلتونتاس و درلی[15] (۲۰۱٤) روشی جدید برمبنای DEMATEL و PCA[16] برای اولویت‌بندی سبد پروژه در طرح‌های سرمایه‌گذاری ارائه دادند. در روش ارائه‌شده برای اولویت‌بندی، دو معیار مهم در نظر گرفته شد که منعکس‌کنندهٔ اهداف دولت بود. این دو معیار عبارتند از (۱) کاهش نرخ کمبود تجارت خارجی و (۲) فعال‌سازی جذب سرمایه‌گذاری‌های جدید. پاجرس و لوپز (۲۰۱٤) روشی برای در نظر گرفتن تعاملات بین پروژه‌ها براساس گروه پژوهشی INSISOC ارائه دادند. آنها نشان دادند ترکیب‌بندی سبد پروژهٔ شرکت زمانی که تعاملات بین پروژه‌ها در نظر گرفته شود به‌شدت تغییر می‌کند و رایج‌ترین روش‌های ارزیابی پروژه‌ها را چک‌لیست‌ها، امتیازبندی چندمعیاره و مدل‌های ریاضی معرفی کردند. طاهری[17] (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای دو روش ریاضی برنامه‌ریزی عددصحیح و برنامه‌ریزی آرمانی را برای انتخاب سبد پروژه‌ها ارائه داد. در مدل‌های مذکور، حداکثرکردن سود و حداقل‌کردن انحراف از سود، سرمایه‌گذاری، منابع انسانی و ریسک مربوط به سبد پروژه‌های انتخاب‌شده توابع هدف در نظر گرفته شده‌اند. توانا، کرامت‌پور، سانتوس آرتیاگا[18] و همکاران (۲۰۱۵) در مقالهٔ روش هیبرید فازی برای انتخاب سبد پروژه با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، تاپسیس و برنامه‌ریزی عددصحیح سعی در انتخاب سبد بهینهٔ پروژه کردند. این مقاله دارای سه مرحلهٔ اصلی برای انتخاب سبد پروژه است؛ در مرحلهٔ نخست اهداف، پروژه‌ها و معیارهای ارزیابی شناسایی شده است. در مرحلهٔ دوم با استفاده از روش تاپسیس فازی پروژه‌ها رتبه‌بندی و در مرحلهٔ آخر با استفاده از برنامهٔ عددصحیح، سبد پروژه انتخاب شده است. هوانگ، چائو و کودراتوفا[19] (۲۰۱٦) یک مدل پیوستهٔ انتخاب بهینهٔ پروژه و برنامهٔ زمان‌بندی آنها را پیشنهاد داده‌اند که به‌کمک آن در شرایطی که سرمایهٔ اولیهٔ پروژه و میزان نقدینگی مشخص نباشد، سبد بهینهٔ پروژه و برنامه‌ریزی آنها ارائه شده است. رولاند، فیگوئرا و دی اسمیت[20] (۲۰۱٦) مدلی برای انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها پیشنهاد دادند که به‌واسطهٔ آن سبد بهینه با اجماع نظرات مختلف از متخصصین گوناگون تهیه می‌شود؛ بدین صورت که سبدپروژه‌ها را به زیرمجموعه‌های خاصی تقسیم می‌کند به‌گونه‌ای که در هریک از این زیر مجموعه‌ها تنها یک‌سری از قیود لحاظ می‌شود؛ درنتیجه در سبد بهینهٔ نهایی، مصالحه‌ای بین نظرات مختلف پدید خواهد آمد. رلیچ و پاولفسکی[21] (۲۰۱۷) در مقالهٔ «یک رویکرد متوسط وزنی فازی برای انتخاب سبد پروژه‌های محصولات جدید» روشی برای ارزیابی و انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها ارائه کرده‌اند. آنها برای انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها از روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره شامل معیارهای کمّی و کیفی استفاده کردند. آنها در مدل خود از روش میانگین وزنی فازی برای اولویت‌بندی و از روش شبکه‌های عصبی برای تخمین کارایی آنها استفاده کردند. در این پژوهش ارزیابی پروژه‌ها براساس معیارهای ارتباط با بازار، تیم پروژه، کارایی پروژه، ریسک و استراتژی انجام شده است.

به‌طور خلاصه براساس مرور ادبیات انجام‌شده مشخص شد پژوهش‌های حوزهٔ انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها نقاط قوت و ضعف متعددی دارند؛ بنابراین این پژوهش با ارائهٔ رویکردی یکپارچه مبتنی‌بر کارایی- ریسک علاوه بر حفظ نقاط قوت، سعی در برطرف‌کردن نقاط ضعف دارد. جدول ۱ مقایسه‌ای تطبیقی بین مدل‌های ارائه‌شده در پژوهش‌*های* قبلی و مدل پیشنهادی این پژوهش نشان می‌دهد. در این جدول دلایل ارائهٔ مدل پیشنهادی و استفاده از روش‌های مختلف کمّی و کیفی در این مدل مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- رده‌بندی پژوهش‌های انجام‌شده درزمینهٔ انتخاب پرتفوی پروژه‌ها

پژوهش‌های	نام مدل	محاسبات کارایی	محاسبات عدد ریسک	وجود رویکرد یکپارچهٔ کمی-کیفی	مدل‌سازی مفهومی کارایی ریسک	ارائهٔ راه‌حل دقیق تابع چندهدفه	وجود جواب‌های متنوع و ارائهٔ جواب بهینه	اسکوپ در نظر گرفتن شاخص ریسک
(ایلات و همکاران، ۲۰۰۸)	ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه	√	√	-	-	-	-	-
(باتاچاریا و کومار، ۲۰۱۱)	انتخاب فازی سبد پروژه‌های وابسته	-	√	-	√	-	-	بررسی شاخص ریسک به‌عنوان محدودیت
(شیخ رابوری و همکارانش، ۲۰۱۲)	انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها در کارخانهٔ الکتریکی	√	√	√	-	-	-	
(طاهری، ۲۰۱۵)	انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها با روش‌های ریاضی	-	-	√	√	√	-	
(توانا و همکاران، ۲۰۱۵)	انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها با رویکرد ترکیبی	√	-	-	√	√	-	
(رلیچ و پاولفسکی، ۲۰۱۷)	انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها با رویکرد میانگین فازی وزن‌دهی‌شده	√	√	-	√	-	-	
مدل پیشنهادی این تحقیق	رویکرد یکپارچه کارایی-ریسک	√	√	√	√	√	√	بررسی شاخص ریسک به‌عنوان تابع هدف

باتوجه‌به جدول ۱ مشاهده می‌شود در بیشتر مدل‌های ارائه‌شده، یا نقش مؤثر ریسک در انتخاب سبد بهینه نادیده گرفته شده و یا پارامتر ریسک تنها به‌عنوان یک محدودیت در مدل ریاضی لحاظ شده است؛ به عبارت دیگر در بسیاری از مقالات قبلی به‌دلیل ارائه‌ندادن روش حل، اهداف اصلی انتخاب سبد پروژه‌ها در مرحلهٔ حل به محدودیت مدل منتقل شده است و تأثیرگذاری لازم را در انتخاب سبد بهینه نخواهند داشت؛ بنابراین لازم است مدلی ارائه شود که به‌واسطهٔ آن سبد پروژه‌های سازمان باتوجه‌به محدودیت‌های سازمانی و اهداف ترکیبی کارایی-ریسک مدل‌سازی شود و همچنین به‌کمک روش حل مناسب و بدون حذف یکی از اهداف کارایی یا ریسک، بهترین سبد بهینه پیشنهاد داده شود؛ بنابراین باتوجه‌به آنچه گفته شد، هدف از پژوهش حاضر ارائهٔ رویکردی ترکیبی برای انتخاب سبد بهینهٔ پروژه به‌وسیلهٔ روش تحلیل پوششی داده‌ها، محاسبه عدد ریسک (RPN[۲۲])، مدل‌سازی ریاضی چندهدفه و الگوریتم NSGAII به‌گونه‌ای است که سبد بهینه‌ای از پروژه‌ها با حداکثر کارایی و

Archive of SID

www.SID.ir

حداقل ریسک برای سازمان‌ها انتخاب شود. لازم به ذکر است که در گذشته به‌دلیل نگاه سودآوری به پروژه‌ها به‌جای نگاه پایداری پروژه‌ها کمتر به پارامتر ریسک توجه و انتخاب سبد بهینهٔ پروژه‌ها بیشتر به‌کمک پارامترهای کمی و سودآوری انجام می‌شد. در پروژه‌های پایدار به سه اصل توسعهٔ اقتصادی، مسائل زیست‌محیطی و رفاه اجتماعی توجه می‌شود؛ برخی از پارامترهای این اصول عبارتند از هزینه، مصرف انرژی، منابع لازم، پتانسیل‌های بالقوه، کیفیت خدمات، ایمنی، تأثیرات اجتماعی و تأثیرات زیست‌محیطی. پارامترهای اقتصادی بیشتر بر کارائی و پارامترهای محیط زیستی و اجتماعی بیشت بر پارامتر ریسک تمرکز دارند (قزوینی، قضاوتی، رئیسی و همکاران، ۲۰۱۷). وجود روش انتخاب بهینهٔ سبد پروژه‌ها با رویکرد ترکیبی کارایی- ریسک ازجمله نوآوری‌های اصلی این مقاله است. درادامهٔ این مقاله در قسمت بعد روش و متدلوژی استفاده‌شده در این پژوهش بررسی می‌شود. در قسمت سوم، مطالعهٔ موردی و در قسمت آخر نتایج حاصل و پیشنهاداتی برای پژوهش‌های بعدی ارائه شده است.

روش پژوهش

در این پژوهش برای انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها مبتنی‌بر کارایی- ریسک از روش‌های مختلف استفاده شده است. به‌طورکلی گام‌های انجام این پژوهش به‌ترتیب عبارتند از:

انتخاب لیست اولیه از پروژه‌های کاندید: باتوجه‌به منابع محدود هر سازمان، در نظر گرفتن تمامی پروژه‌ها در لیست پروژه‌های کاندید غیرممکن است؛ بنابراین در مرحلهٔ نخست با بهره‌گیری از روش‌هایی همچون نظرخواهی از خبرگان و مطالعهٔ ادبیات موجود درزمینهٔ انتخاب سبد پروژه تنها یک‌سری از پروژه‌ها کاندید می‌شوند و لیست کوتاه‌شده‌ای از آنها تهیه می‌شود. این لیست کوتاه پتانسیل کافی برای تبدیل‌شدن به سبد بهینهٔ نهایی را از طریق اعمال مدل پیشنهادی خواهد داشت. درادامه مدل پیشنهادی تشریح می‌شود. باتوجه‌به اینکه موضوعات مختلفی به‌عنوان پروژه در هر سازمان ارائه می‌شود، نویسندگان این مرحله را پالایش اولیهٔ لیست پروژه‌ها براساس نظر خبرگان پیشنهاد داده‌اند و انجام این مرحله براساس نظر مدیران ارشد هر سازمان اختیاری است.

محاسبهٔ میزان کارایی هر پروژه با استفاده از روش DEA: پس از اینکه پروژه در لیست منتخب قرار گرفت، این سوال مطرح می‌شود که کدامین معیارها برای مقایسه و انتخاب پروژه‌های کاندید باید لحاظ شود. به همین منظور مطالعات گسترده‌ای

درزمینهٔ انتخاب عوامل و معیارهای تأثیرگذار انجام شده است؛ برای مثال در مقالهٔ دورتا، ریبرو و دکاروالو[۲۳] (۲۰۱٤) عوامل گوناگونی مطرح شده است؛ ازجمله میزان افزایش توان رقابتی سازمان، هم‌راستایی با اهداف استراتژیک سازمان، مزایای اجتماعی، نحوهٔ ارتباط با دیگر پروژه‌ها، منابع انسانی، پتانسیل جذب بازار، سطح فناوری، میزان پیچیدگی، مدت زمان اجرا. البته باتوجه‌به شرایط حاکم بر فضای پروژه‌ها معیارها تغییر می‌کند؛ بنابراین لازم است پس از انجام نظرسنجی از خبرگان، عوامل تأثیرگذار برای ورودی و خروجی مسئلهٔ کارایی پروژه انتخاب شود. سپس شاخص‌های به‌دست‌آمده برای ورودی در روش DEA (توانا، کرامت پور، سانتوس آرتیاگا و همکاران، ۲۰۱۵؛ چانگ و لی، ۲۰۱۲؛ ایلات، گولانی و اشتوب، ، ۲۰۰۸) در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از نرم‌افزار Matlab کارایی پروژه‌ها تعیین می‌شود. مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) مدلی ناپارامتریک است که

Archive of SID

www.SID.ir

برای تخمین درجهٔ کارایی و رتبه‌بندی به کار می‌رود. تحلیل پوششی داده‌ها ابزار اندازه‌گیری کارایی با قابلیت داشتن یک ورودی و یک خروجی و حتی چندین ورودی و چندین خروجی با استفاده از نسبت مجموع وزنی خروجی‌ها نسبت به مجموع وزنی ورودی‌ها است. مدل پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها که به نام چارنز، کوپر و رودز است در زیر آورده شده است.

$$Max\ \mathrm{Eff}_j = \frac{\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} V_i X_{io}} \qquad (۱)$$

$$St:$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij}} \le 1 \qquad \forall j$$

$$U_r \ge 0$$

$$V_i \ge 0$$

پارامترها و متغیرهای این مدل عبارتند از:

n : تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده

m : تعداد معیارهای ورودی

s : تعداد معیارهای خروجی

x_{ij}: مقدار iامین ورودی برای jامین پروژه

y_{rj}: مقدار rامین خروجی برای jامین پروژه

U_r: مقادیر وزنی شاخص‌های ورودی

V_r: مقادیر وزنی شاخص‌های ورودی

Eff_j: مقدار کارایی نسبی مربوط به واحد تصمیم‌گیرنده پروژهٔ j ام

تابع هدف این مدل کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده (DMU[۲۴]) را حداکثر می‌کند؛ به این صورت که مجموع وزنی خروجی‌ها تقسیم بر مجموع وزنی ورودی‌ها را حداکثر می‌کند. محدودیت مدل نیز نشان می‌دهد مقادیر کارایی همهٔ واحدهای تصمیم‌گیرنده کمتر از یک است. ازآنجایی‌که این مدل غیرخطی است، برخی از پژوهشگران از حالت تبدیل‌یافتهٔ این مدل استفاده می‌کنند. این مدل الگوی برنامه‌ریزی خطی است و به‌دنبال حداکثرکردن امتیاز کارایی نسبی واحد j ازطریق انتخاب مجموعه‌ای از اوزان برای تمام ورودی‌ها و خروجی‌ها است. این درحالی‌است که امتیاز هر واحد باید کوچک‌تر یا مساوی یک شود. این مدل به‌صورت رابطهٔ (۲) است.

$$Max\ Eff_j = \sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} \qquad (۲)$$

$$St:$$

$$\sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} \le 0$$

$$U_r \ge 0$$

$$V_i \ge 0$$

Archive of SID

www.SID.ir

مدل رابطهٔ ۲ باید برای هریک از واحدهای تصمیم‌گیری اجرا شود تا کارایی نسبی تک‌تک واحدها مشخص شود. لازم به ذکر است که در روش پیشنهادی این مقاله از مدل اندرسون-پیترسون (روش ابرکارایی) برای تعیین کاراترین پروژه استفاده می‌شود. در مدل اندرسون-پیترسون به‌دلیل حذف محدودیت مربوط به واحد درحال ارزیابی (که حد بالای آن یک است) کارایی می‌تواند بیش از یک باشد و بدین ترتیب واحدهای کارا نیز با امتیازاتی بیشتر از یک رتبه‌بندی می‌شوند.

محاسبهٔ عدد ریسک پروژه‌ها: به‌طور خلاصه در این قسمت در چهار مرحلهٔ زیر عدد ریسک هر پروژه محاسبه می‌شود. درادامه هریک از مراحل بررسی می‌شود.

شناسایی نوع ریسک‌های پروژه: همواره در اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌ها ریسک‌های مختلفی وجود دارند (روانشادنیا و عباسیان جهرمی، ۱۳۹۱؛ نظری، جابری و صادق عمل نیک، ۱۳۹۲) و در استاندارد مدیریت پروژه اشاره‌شده به‌وسیلهٔ اشنایدر[۲۵] (۲۰۰۸) تقسیم‌بندی‌های مختلفی از انواع ریسک ارائه شده است؛ ازجمله ریسک‌های مهم شامل تغییر نرخ تورم، تغییر نرخ ارز، تغییر سیاست‌های دولت، محدودیت‌های بین‌المللی، ریسک پیچیدگی طرح، ریسک نبود نیروی انسانی متخصص، ریسک مربوط به قرارداد، ریسک تغییر در اسکوپ و زمان اجرا و ریسک مربوط به شرایط آب و هوا هستند.

محاسبهٔ ریسک iام از پروژه jام (RPN_{ij}): در این بخش برای محاسبهٔ ریسک از چهار معیار احتمال[۲۶]، شدت[۲۷]، مدیریت‌پذیری[۲۸] و نزدیک‌بودن یا دوربودن[۲۹] ریسک پروژه استفاده می‌شود.

به‌عبارت‌دیگر عدد اولویت ریسک iام برای پروژهٔ j ام به‌کمک فرمول (۳) در زیر به دست می‌آید.

P_{ij} عبارت است از احتمال ریسک iام در پروژهٔ jام

S_{ij} عبارت است از شدت تأثیر ریسک iام در پروژهٔ jام

M_{ij} عبارت است از مدیریت‌پذیری ریسک iام در پروژهٔ jام

X_{ij} عبارت است از میزان فاصله از ریسک iام در پروژهٔ jام

$$RPN_{ij} = P_{ij} \times S_{ij} \times M_{ij} \times X_{ij} \qquad \forall i, j \qquad (۳)$$

در بیشتر منابع از دو معیار احتمال و شدت برای محاسبهٔ عدد اولویت ریسک استفاده می‌شود. از نوآوری‌های به‌کاررفته در این پژوهش افزایش دقت و تعدیل این عدد اولویت ریسک با دو پارامتر مدیریت‌پذیری (چه‌مقدار ریسک پیش‌بینی‌شده مدیریت‌پذیر است و هرچه این مدیریت‌پذیری راحت‌تر باشد ضریب بزرگ‌تری را به‌خود اختصاص می‌دهد) و دور و نزدیک‌بودن ریسک (هرچه ریسک پیش‌بینی‌شده زودتر اتفاق بیفتد ضریب بزرگ‌تری را به‌خود اختصاص می‌دهد) است (هاپکینسن، کلوز و هیلسون[۳۰] و همکاران، ۲۰۰۸). جدول ۲ عدد اولویت را درحالتی ارائه می‌دهد که ریسک تنها متأثر از دو معیار احتمال و شدت ریسک است (اشنایدر، ۲۰۰۸). لازم به ذکر است مقادیر احتمال و شدت ریسک‌ها در پنج سطح خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و بسیارزیاد دسته‌بندی شده است. جدول ۳ شاخص دور و نزدیک‌بودن ریسک را نشان می‌دهد. ستون آخر این جدول تعداد روزهای لازم برای

Archive of SID

www.SID.ir

رخ‌دادن هر ریسک را به‌گونه‌ای نشان می‌دهد که با افزایش تعداد روزهای لازم برای رخداد یک ریسک، ضریب آن کاهش می‌یابد. درنهایت جدول ٤ میزان مدیریت‌پذیری ریسک را به‌گونه‌ای نشان می‌دهد که اگر برای کنترل‌کردن یک ریسک نیاز به عملیات ساده و کم‌هزینه باشد ضریب مربوط به مدیریت‌پذیری آن بزرگ‌تر در نظر گرفته می‌شود (هاپکینسن، کلوز و هیلسون و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول ۲- امتیاز احتمال × شدت

		شدت				
		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
احتمال	خیلی زیاد	٦	۱۲	۱۸	۳٦	۷۲
	زیاد	۵	۷	۱٤	۲۸	٥٦
	متوسط	۳	۵	۱۰	۲۰	٤۰
	کم	۲	۳	٦	۱۲	۲٤
	خیلی کم	۱	۱	۲	٤	۸

جدول ۳- امتیاز نزدیکی و دوری هر ریسک

زمان وقوع (روز)	ضریب	فاصله از ریسک
۰<=	۱	سررسیده
۰>	۱	نزدیک
٦۰>	۰/۹	متوسط
۱۸۰>	۰/۸	دور

جدول ٤- امتیاز مدیریت‌پذیری هر ریسک

شرح	ضریب	مدیریت‌پذیری
تغییرات زیاد نیاز است	۰/۹	سخت
مقداری تغییرات نیاز است	۱	متوسط
حداقل تغییرات نیاز است	۱/۱	آسان

محاسبهٔ ضرایب اهمیت هر ریسک با استفاده از نظر نخبگان: پس از تعیین ریسک‌های هر پروژه اولویت‌بندی آنها به‌عنوان ضرائب اهمیت برآورد می‌شود تا با محاسبهٔ میانگین وزنی اعداد ریسک هر پروژه و ضریب اهمیت آنها، عدد ریسک پروژه تخمین زده شود. از این عدد برای ضریب یکی از توابع هدف مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه برای حداقل‌کردن ریسک پورتفوی پروژه‌ها استفاده می‌شود. البته باید توجه داشت که براساس شرایط خاص هر پروژه لازم است ماتریس ضرایب اهمیت ریسک مربوط به همان پروژه با نظرسنجی از خبرگان تهیه شود. درادامه بردار وزن شاخص‌های مربوط به ریسک پروژه مطابق با نظر نخبگان به‌صورت رابطهٔ (٤) در نظر گرفته می‌شود و سپس با استفاده از رابطهٔ (۵) بردار نرمالیز وزن‌ها به دست می‌آید.

$$W' = (w_1', w_2', \ldots, w_n')^T \qquad (٤)$$

$$W_i = \frac{w_i'}{\sum w_i'} \qquad (۵)$$

Archive of SID

www.SID.ir

محاسبهٔ امتیاز ریسک پروژهٔ jام (RPNj): باتوجه‌به اینکه عدد اولویت ریسک‌ها به‌ازاءِ هر پروژه و ضریب اهمیت هر ریسک محاسبه شد، در این بخش به‌کمک روش میانگین وزنی و فرمول (٦) عدد اولویت ریسک پروژهٔ jام محاسبه می‌شود. این اعداد تشکیل‌دهندهٔ یکی از توابع هدف مسئلهٔ برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفهٔ مرحلهٔ بعد است (i نشان‌دهندهٔ ریسک، j نشان‌دهندهٔ پروژه و k نشان‌دهندهٔ تعداد ریسک‌های هر پروژه است).

$$RPN_j=\sum_{i=1}^{K}\left(RPN_{ij}*W_i\right) \qquad (٦)$$

ارائهٔ مدل ریاضی چندهدفه (MOMP) برای انتخاب بهترین سبد پروژه‌ها با در نظر گرفتن هم‌زمان کارایی و ریسک پروژه‌ها: MOMP مدلی است که توابع هدف و محدودیت‌های آن به‌صورت خطی یا غیرخطی هستند و از چندین تابع هدف تشکیل شده است. شکل کلی این مدل‌ها به‌صورت فرمول (۷) است.

$$\begin{aligned} \text{Max or Min}\quad & z_1 = f_1(x) \\ & z_2 = f_2(x) \\ & \cdots\cdots \\ & z_k = f_k(x) \\ & st: \\ & g_1(x)\le\ge b_1, g_2(x)\le\ge b_2,\ g_m(x)\le\ge b_m,\ x\ge 0 \end{aligned} \qquad (۷)$$

MOMPبه‌کاررفته در این پژوهش، حداکثرکردن کارایی و حداقل‌کردن ریسک پرتفوی پروژه‌ها با محدودیت‌های تعریف‌شده در سازمان‌های چندپروژه‌ای مانند محدودیت بودجه، نیروی انسانی و ... است. برای این پژوهش به‌صورت معادلهٔ (۸) به کار رفته است.

$$\begin{aligned} & Max\ z_1 = \sum_{j=1}^{n}\left[Eff_j \times x_j\right] \\ & Min\ z_2 = \sum_{j=1}^{n}\left[RPN_j \times x_j\right] \\ & St: \\ & \sum_{j=1}^{n}\left[C_j \times x_j\right] \le Bud \\ & \sum_{j=1}^{n}\left[H_j \times x_j\right] \le Hum \\ & x_j = \begin{cases} 1 & \text{If project j is selected for portfolio,} \\ 0 & \text{Otherwise,} \end{cases} \end{aligned} \qquad (۸)$$

j: شاخص پروژه

n: تعداد پروژه‌های کاندیدشده

Bud: حداکثر مقدار بودجه در دسترس

Hum: حداکثر مقدار نیروی انسانی در دسترس

Eff_j: کارایی پروژهٔ jام

RPN_j: عدد ریسک پروژهٔ jام

C_j: بودجهٔ تخمین‌زده‌شده برای پروژهٔ jام

H_j: مقدار نیروی انسانی لازم برای پروژهٔ jام

Archive of SID

www.SID.ir

تابع هدف نخست مجموع کارایی و تابع هدف دوم مجموع ریسک پرتفوی پروژه‌ها را نشان می‌دهد. محدودیت‌های نخست و دوم به‌ترتیب بودجه و نیروی انسانی لازم سبد پروژه‌ها را (که باید از حداکثر در دسترس کمتر باشد) نشان می‌دهد. درنهایت نوع متغیرهای تصمیم به‌صورت صفر و یک هستند؛ درصورتی‌که هریک از آنها یک شود یعنی پروژهٔ متناظر آن در پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها قرار می‌گیرد و در صورت صفرشدن متغیر تصمیم یعنی پروژهٔ متناظر آن در پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها قرار نمی‌گیرد. لازم به ذکر است مدل استفاده‌شده می‌تواند دارای محدودیت‌های بیشتری باشد. همچنین به‌کمک متغیرهای صفر و یک می‌توان پروژه‌های پیش‌نیاز، هم‌نیاز و ناسازگار تعریف کرد.

حل مدل پیشنهادی پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها به‌کمک روش NSGAII : برای حل مدل چندهدفه بهینه‌سازی سبد پروژه از روش ژنتیک چندهدفه با مرتب‌سازی نامغلوب NSGAII استفاده می‌شود. الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم‌های اکتشافی حل مسئله است که از مدل‌سازی زیستی جمعیت جانداران به وجود آمده است. در این الگوریتم خصوصیات نسل جانداران به‌مقدار توابع هدف و بهبود در خصوصیات نسلی درپیِ گذشت زمان تشبیه و ظهور نسل‌های جدید از آمیزش نسل‌های قبلی به بهبود در مقدار توابع هدف مانند شده است؛ به‌عبارت‌دیگر این الگوریتم از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول یا جواب بهینه برای پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کند.

NSGAII دارای مزایای منحصر به فردی نسبت به سایر روش‌های ژنتیک است؛ ازجملهٔ این مزایا شامل سرعت زیاد این روش در یافتن جواب و امکان حل مسائل چندهدفه هستند (توبوی[۳۱]، ۲۰۰۸). لازم به ذکر است در بیشتر روش‌های حل مسائل چندهدفه با لحاظ ضرایبی مشخص، توابع هدف به یک تابع هدف تبدیل می‌شود و یا پارامتر اصلی تابع هدف تبدیل به محدودیت مدل می‌شود. در هریک از این حالات تأثیرگذاری آن پارامتر کاهش می‌یابد؛ ولی در روش NSGAII این مشکل حل شده است و مجموعه جواب‌های نامغلوب با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای توابع هدف ارائه می شود. درادامه گام‌های اجرای الگوریتم NSGAII تشریح می‌شود (کوئلو، لامنت و فن ولهوزن[۳۲]، ۲۰۰۷):

گام ۱- تولید جمعیت اولیه: در این مرحله به‌میزان جمعیت اولیه[۳۳]، جواب‌های تصادفی تولید می‌شود. هر جواب به‌صورت یک بردار $n * 1$ (n تعداد پروژهٔ کاندید است) در نظر گرفته شده و شامل n متغیر تصمیم است که هرکدام مقدار صفر یا یک را افراض می‌کند. $X = [1,0,0,1,1,0,...]$ $X = a\ \text{feasible solution}$

به این منظور به تعداد متغیرهای تصمیم عدد تصادفی بین صفر و یک تولید و درصورتی‌که عدد تولیدشده کوچک‌تر از ۰,۵ باشد مقدار متغیر تصمیم صفر و در غیر این صورت مقدار متغیر تصمیم یک در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است که در هر مرحله پس از تعیین مقدار متغیر تصمیم، موجه‌بودن جواب کنترل می‌شود و درصورت ناموجه‌بودن جواب اصلاح خواهد شد.

گام ۲- ارزیابی جواب‌های اولیه: پس از تولید جمعیت اولیه، برای هر جواب میزان توابع هدف محاسبه و جواب‌های نامغلوب[۳۴] مشخص می‌شوند. برای جواب نامغلوب خطی فرضی در نظر گرفته می‌شود و شمارهٔ خط[۳۵] برای جواب‌ها ذخیره می‌شود. سپس سایر جواب‌ها دومرتبه بدون در نظر گرفتن جواب‌های خط نخست ارزیابی و جواب‌های نامغلوب خط دوم مشخص می‌شوند و این عمل تا مشخص‌شدن شمارهٔ خط همهٔ جواب‌های موجود در جمعیت اولیه ادامه پیدا می‌کند. پس از مشخص‌شدن شمارهٔ خط جواب‌ها برای هر جواب فاصلهٔ ازدحامی[۳۶] براساس

Archive of SID

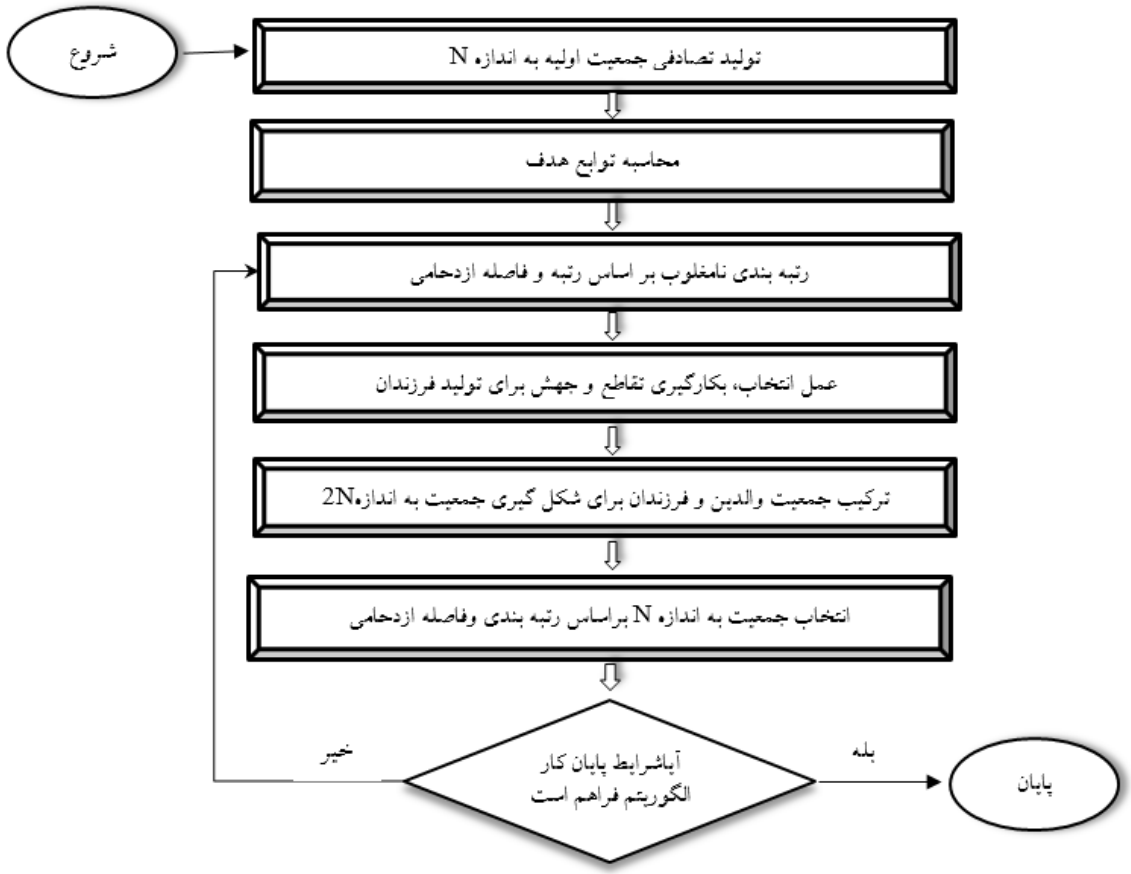
www.SID.ir

میزان اختلاف موجود در هریک از توابع هدف با جواب‌های قبلی و بعدی موجود در همان خط محاسبه و سپس میزان برازندگی جواب‌ها براساس شمارهٔ خط و فاصلهٔ ازدحامی مشخص می‌شود.

گام ۳- تولید جواب‌های جدید: به‌تعداد اندازهٔ جمعیت[۳۷] و براساس میزان برازندگی جواب‌ها، نمونه‌هایی از جمعیت موجود انتخاب و به‌صورت دوتایی وارد الگوریتم آمیزش[۳۸] می‌شوند. نحوهٔ عملکرد این الگوریتم به‌این‌صورت است که ژن‌های هر جواب را به دو بخش تقسیم و سپس بخش‌ها را با یکدیگر جابه‌جا می‌کند. درنهایت باعث ایجاد دو جواب جدید خواهد شد. بدیهی است درصورت غیرموجه‌شدن جواب‌ها، اصلاحات لازم انجام می‌شود.

گام ٤- جهش ژنتیکی[۳۹]: هر جواب با میزان احتمال مشخصی دچار جهش ژنتیکی می‌شود. ژن‌های مربوط به جواب‌های جهش‌یافته، دومرتبه به‌صورت تصادفی تغییر می‌کنند.

گام ۵- ایجاد جمعیت جدید: پس از ایجاد جواب‌های جدید، جمعیت موجود دو برابر جمعیت اولیه است که براساس فرآیند گفته‌شده در مرحلهٔ دوم باید ارزیابی و جواب‌هایی با شایستگی بیشتر به‌میزان اندازهٔ جمعیت اولیه به‌عنوان نسل جدید برای عملیات آمیزش و تولید نسل بعدی انتخاب شوند. این فرآیند تا رسیدن به جمعیت نهایی ادامه می‌یابد و درنهایت جواب‌های خط نخست در جمعیت نهایی به‌عنوان دسته جواب بهینه ارائه می‌شود. خلاصهٔ مراحل ذکرشده در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱ – الگوریتم ژنتیک رتبه‌بندی نامغلوب NSGAII (سنتیل کومار، گانسان و کارتیکیان[٤۰]، ۲۰۱۲)

www.SID.ir

بحث

در این قسمت، مسئلهٔ ارائه‌شده در مقالهٔ طاهری (۲۰۱۵) با روش ارائه‌شدهٔ وی و روش پیشنهادی ارئه‌شده در این مقاله مقایسه و بحث می‌شود. در مقالهٔ طاهری (۲۰۱۵) پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها با دو روش انجام شده است: الف) روش برنامه‌ریزی خطی عددصحیح (ILP[41]) برای انتخاب پرتفوی بهینه با در نظر گرفتن سود پروژه به‌عنوان تابع هدف؛ ب) روش برنامه‌ریزی آرمانی عددصحیح (IGP[42]) برای انتخاب پرتفوی بهینه و حداقل‌کردن انحراف از سود، میزان سرمایه‌گذاری، منابع انسانی و ریسک به‌عنوان تابع هدف.

درادامه گام‌های مربوط به انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها با روش پیشنهادی این مقاله ارائه می‌شود و درنهایت با نتایج مقالهٔ طاهری مقایسه می‌شود.

جمع‌آوری داده‌ها: در گام نخست ابتدا باید عناوین پروژه‌های کاندید و معیارهای اثرگذار در ارزیابی پروژه‌ها و مقدار هریک از این پارامترها مشخص شود. داده‌های ورودیِ برگرفته از مقالهٔ طاهری به‌شرح جدول ۵ هستند.

جدول ۵- پروژه‌های کاندید و مقادیر پارامترهای آنها (طاهری، ۲۰۱۵)

ردیف	شرح پروژه	بودجه (MAD[43])	سود (MAD)	نیروی انسانی	درجهٔ اضطراری	ریسک
۱	پروژهٔ ۱	٤۰۰۰۰	۱٦۰۰۰۰	۵	۲	۳
۲	پروژهٔ ۲	۵۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۸	۳	۰
۳	پروژهٔ ۳	٦۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰	۷	۲	٤
٤	پروژهٔ ٤	۷۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰	۱۰	۲	٤
۵	پروژهٔ ۵	۸۰۰۰۰	۳۵۰۰۰۰	۹	۳	۲
٦	پروژهٔ ٦	۹۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰	۸	٤	۲
۷	پروژهٔ ۷	۱۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۷	۱	۱
۸	پروژهٔ ۸	۱۱۰۰۰۰	۳۲۰۰۰۰	٦	۱	۵
حداکثر در دسترس		۳۰۰۰۰۰	-	۵۰	-	-

محاسبهٔ کارایی پروژه‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها: در این مرحله شاخص‌های به‌دست‌آمده از گام نخست به‌عنوان مقادیر ورودی روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده و میزان کارایی هر پروژه تعیین می‌شود؛ بنابراین کارایی پروژه‌های انتخاب‌شده در گام نخست براساس روش DEA به‌صورت جدول ٦ محاسبه می‌شوند.

جدول ٦- نتایج کارایی پروژه‌های کاندید مطالعهٔ موردی (طاهری، ۲۰۱۵)

ردیف	نام پروژه‌ها	کارایی (آندرسون-پیترسون)	وضعیت کارایی
۱	پروژهٔ ۱	۱/۰۳٤	کارا
۲	پروژهٔ ۲	۱/۲	کارا
۳	پروژهٔ ۳	۰/٦٦	ناکارا
٤	پروژهٔ ٤	۰/۹۸	ناکارا
۵	پروژهٔ ۵	۱/۱٤۸	کارا
٦	پروژهٔ ٦	۱/۲۵	کارا
۷	پروژهٔ ۷	۰/٦٦	ناکارا
۸	پروژهٔ ۸	۱/۳۷۱	کارا

Archive of SID

www.SID.ir

محاسبهٔ عدد ریسک پروژه‌ها: برای محاسبهٔ ریسک پروژهٔ نخست ارائه‌شده در مقالهٔ طاهری (پروژه۱) فرض می‌شود این پروژه دارای ۵ نوع ریسک شامل ریسک‌های R_{11}، R_{21}، R_{31}، R_{41} و R_{51} و درجه اهمیت نرمالیزه‌شده هریک از این ریسک‌ها به‌ترتیب برابر با W_{11}= ٪۲۰، W_{21}= ٪۱۰، W_{31}= ٪۲۰، W_{41}=۱۵ ٪، و W_{51} =۲۵٪ است (این ضرایب ازطریق طوفان فکری و باکمک نظر خبرگان پیشنهاد شده است). همچنین وضعیت معیارهای چهارگانه مربوط به ریسک R_{11} به‌شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

- احتمال وقوع زیاد و شدت وقوع متوسط (براساس جدول ۲ عدد ١٤ استخراج می‌شود)؛
- درجهٔ نزدیکی وقوع ریسک، نزدیک و یا همان قریب‌الوقوع باشد (براساس جدول ۳، فاکتور ۱ استخراج می‌شود)؛
- مدیریت‌پذیری ریسک مشکل باشد (براساس جدول ٤ عدد ۹/۰ استخراج می‌شود).

باتوجه‌به معیارهای بالا مقدار RPN_{11} با استفاده از رابطهٔ (۳) به‌شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$RPN_{11} = 14 \times 1 \times 9.0 = 12.6$$

به همین ترتیب سایر اعداد اولویت ریسک به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$RPN_{21} = 7 \times 0.8 \times 1 = 5.6,\ RPN_{31} = 28 \times 1 \times 1 = 28,\ RPN_{41} = 12 \times 0.9 \times 1.1 = 11.88,\ RPN_{51} = 24 \times 0.9 \times 0.9 = 19.44$$

درنهایت به‌کمک ضرایب ریسک به‌دست‌آمده از نظر نخبگان و با استفاده از فرمول (٦)، عدد کلی ریسک پروژهٔ ۱ (RPN_1) برابر خواهد بود با:

$$RPN_1 = 12.6 \times 0.2 + 5.6 \times 0.1 + 28 \times 0.3 + 11.88 \times 0.15 + 19.44 \times 0.25 = 18.11$$

به همین ترتیب عدد ریسک هر پروژه محاسبه می‌شود؛ ولی ازآنجاکه هدف، مقایسه با نتایج ارائه‌شده در مقالهٔ طاهری است، از همان اعداد ارائه‌شده در این مقاله به‌عنوان اعداد ریسک پروژه‌ها استفاده می‌شود. این اعداد در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷- اعداد ریسک پروژه‌های کاندید (طاهری، ۲۰۰۸)

پروژه‌ها	پروژهٔ ۱	پروژهٔ ۲	پروژهٔ ۳	پروژهٔ ٤	پروژهٔ ۵	پروژهٔ ٦	پروژهٔ ۷	پروژهٔ ۸
RPN (مطلق)	۳	۰	٤	٤	۲	۲	۱	۵
RPN (درصد)	٪١٤	٪۰	٪١٩	٪١٩	٪۹/۵	٪۹/۵	٪۵	٪٢٤

مدل‌سازی مسئله: در این مرحله، مدل برنامه‌ریزی ریاضی دوهدفه (MOMP) برای انتخاب سبد پروژه فرمول‌بندی و این مدل با روش NSGAII و در نرم‌افزار Matlab کدنویسی و اجرا شده است. درنهایت نتایج حاصل از اجرای مدل MOMP نشان‌دهندهٔ پروژه‌هایی است که در سبد قرار می‌گیرند. هدف از انجام این پژوهش تعیین پروژه‌ها برای سبد پروژه با در نظر گرفتن ریسک و کارایی پروژه‌ها است؛ بنابراین اهداف عبارتند از: کارایی و ریسک و محدودیت‌ها عبارتند از: بودجه و نیروی انسانی.

Archive of SID

www.SID.ir

حل مدل پیشنهادی پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها به‌کمک NSGAII: در مرحلهٔ آخر، مدل MOMP با روش NSGAII و در نرم‌افزار Matlab حل می‌شود. نتایج در جدول ۸ نشان داده شده است. به عبارت دیگر در جدول ۸ نتایج حل مثال طاهری (۲۰۱۵) با دو روش مذکور و روش پیشنهادی این مقاله مشاهده می‌شود. همچنین مجموعهٔ ٤ جبهه از جواب‌های نامغلوب پورتفوی پروژه‌ها نیز در شکل ۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است جمعیت تصادفی اولیهٔ پورتفوی پروژه‌ها قبل از اجرای روش NSGAII در شکل ۳ مشاهده می‌شود. ازجمله مزیت‌های روش NSGAII، ارائهٔ چندین جواب نامغلوب است؛ یعنی این امکان وجود دارد که از بین چندین جواب، بهترین آنها به‌وسیلهٔ خبرگان سازمان انتخاب شود؛ به‌عبارت‌دیگر وجود چندین جواب بهینه در روش NSGAII باعث می‌شود انعطاف‌پذیری لازم برای لحاظ کردن نظر خبرگان برای انتخاب جواب بهینه وجود داشته باشد. از طرف دیگر این امکان وجود دارد که به‌کمک فرمول (۹) مقادیر سود تعدیل‌شدهٔ پرتفوی پروژه‌ها محاسبه و از بین جواب‌های ارائه‌شده جوابی با حداکثر سود تعدیل‌شده به‌عنوان جواب بهینه انتخاب شود (لوین، ۲۰۰۵). در آخرین سطر جدول ۸ مقادیر سود تعدیل‌شدهٔ هریک از جواب‌های پیشنهادی در روش NSGAII مشاهده می‌شود.

$$AP = P \times (1 - RPN\%) \qquad (۹)$$

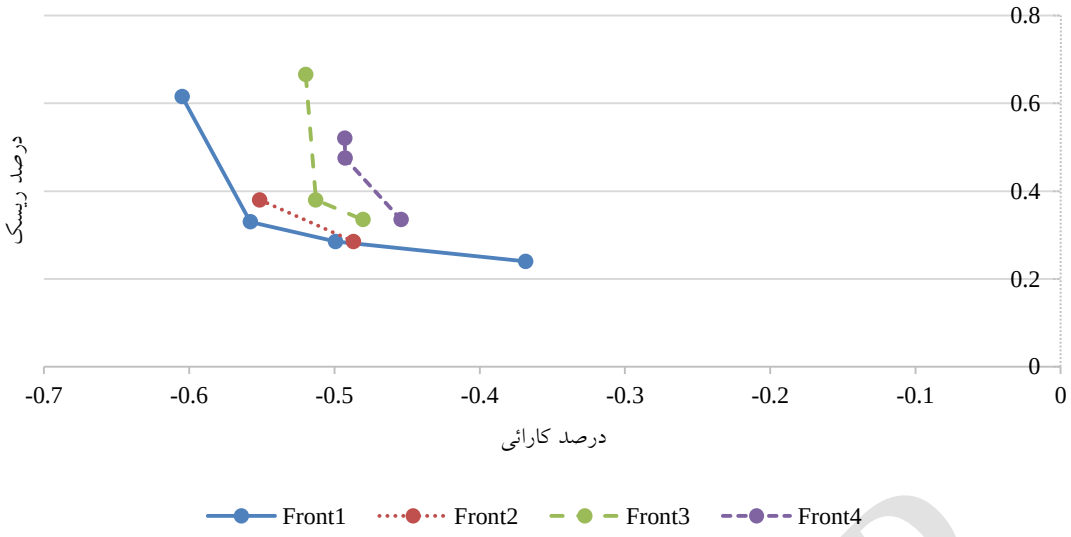
AP = Adjust Profit, P = Profit , RPN = Risk Priority Number

جدول ۸- مقایسهٔ نتایج مدل به‌کاررفته در مقالهٔ طاهری با مدل پیشنهادی این پژوهش

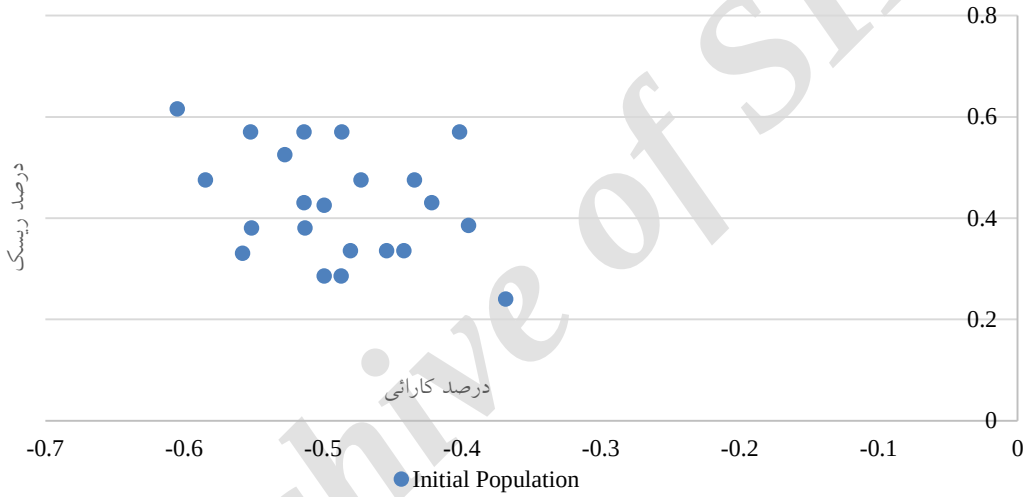
ردیف	نام پروژه	متغیر تصمیم	روش ارائه‌شده در مقالهٔ طاهری (۲۰۱۵)		روش پیشنهادی (کارایی-ریسک)			
			ILP	IGP	جواب بهینهٔ ۱	جواب بهینهٔ ۲	جواب بهینهٔ ۳	جواب بهینهٔ ٤
۱	پروژهٔ ۱	X1	۱	۱	۱	۰	۱	۱
۲	پروژهٔ ۲	X2	۱	۱	۱	۰	۱	۱
۳	پروژهٔ ۳	X3	۱	۱	۱	۰	۰	۰
٤	پروژهٔ ٤	X4	۱	۱	۱	۰	۰	۰
٥	پروژهٔ ٥	X5	۱	۰	۱	۱	۱	۰
٦	پروژهٔ ٦	X6	۰	۰	۰	۱	۱	۱
۷	پروژهٔ ۷	X7	۰	۱	۰	۱	۰	۱
۸	پروژهٔ ۸	X8	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سود خالص			۱۱۳۰۰۰۰	۹۸۰۰۰۰	۱۱۳۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰	۹۷۰۰۰۰	۸۲۰۰۰۰
درصد ریسک			٪٦۱/٥	٪٥۷	٪٦۱/٥	٪۲٤	٪۳۳	٪۲۸/٥
سود تعدیل‌شده			٤۳٥۰٥۰	٤۲۱٤۰۰	٤۳٥۰٥۰	٦۰۸۰۰۰	٦٤۹۹۰۰	٥۸٦۳۰۰

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- نمودار جواب‌های نهایی برای فرانت‌های ۱ تا ٤



شکل ۳- نمودار جمعیت تصادفی اولیه

با مقایسهٔ نتایج، مشخص می‌شود سود تعدیل‌شده از مدل پیشنهادی در بهترین جواب نامغلوب (جواب بهینهٔ ۳) این پژوهش حدود ۵۰٪ بهبود را نسبت به بهترین جواب ارائه‌شده از مدل طاهری دارد. این بهبود از حاصل تقسیم بهترین سود تعدیل‌شدهٔ پورتفوی به‌دست‌آمده از این مقاله (عدد ٦٤٩٩٠٠ که جواب بهینهٔ نامغلوب ۳ است) به بهترین سود تعدیل‌شدهٔ پورتفوی به‌دست‌آمده از مدل طاهری (عدد ٤٣٥٠٥٠) محاسبه می‌شود. همچنین اگر معیار مدنظر خبرگان سازمان، تنها میزان سود خالص (بدون در نظر گرفتن میزان ریسک پروژه‌ها) باشد، جواب بهینهٔ ۱ انتخاب خواهد شد و اگر معیار مطلوب تنها کم‌بودن ریسک پروژه در نظر گرفته شود، جواب بهینهٔ ۲ ارائه‌شدهٔ مدل پیشنهادی بهتر از مدل طاهری است. به‌طورکلی در روش پیشنهادی، کلیهٔ پارامترهای ورودی مانند کارایی، ریسک و ارتباط بین پروژه‌های یک پرتفوی بهینه بررسی‌شدنی است و همین امر اعتبار و کارایی زیاد مدل پیشنهادی را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به اینکه در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده، پارامترهای کارائی و کمّی نقطهٔ تمرکز مراحل مختلف انتخاب پرتفوی پروژه‌ها بوده است، ضرورت ایجاد مدل یکپارچهٔ انتخاب بهینهٔ پروژه‌ها با رویکرد کارایی-ریسک احساس می‌شود. در همین راستا در این مقاله مدل ترکیبی چندهدفه برای انتخاب پرتفوی بهینه پروژه‌ها با رویکرد ترکیبی کارایی- ریسک مبتنی‌بر روش ژنتیک چندهدفه با مرتب‌سازی نامغلوب پیشنهاد شده است. این روش دارای ویژگی‌های متعددی است؛ ازجمله ۱) توجه هم‌زمان به پارامترهای کارایی-ریسک و یکپارچه‌سازی آنها در انتخاب پرتفوی بهینه پروژه‌ها؛ ۲) محاسبهٔ کارایی هر پروژه با استفاده از روش DEA؛ ۳) تخصیص اهمیت کلیدی به پارامترهای ریسک در کنار پارامترهای کارایی به‌عنوان یکی از پارامترهای اصلی تابع چندهدفه و نه به‌عنوان محدودیت تابع هدف در انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها؛ ٤) تعدیل عدد ریسک به‌کمک دو معیار جدید Manageability و Proximity علاوه بر معیارهای سنتی Impact و Probability؛ ٥) مدل‌سازی ریاضی انتخاب سبد پروژه‌ها با رویکرد ترکیبی کارایی-ریسک و استفاده از روش حل ژنتیک چندهدفه با مرتب‌سازی نامغلوب (NSGAII) برای حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه (MOMP)؛ ٦) ارائهٔ چندین جواب نامغلوب برای ارائه به سازمان و استفاده از نظر نخبگان برای انتخاب جواب بهینهٔ نامغلوب و پیشنهاد جواب نامغلوب بهینه براساس فرمول سود تعدیل شده.

به‌علاوه در این مقاله چارچوب جامع انتخاب پرتفوی پروژه‌ها مبتنی‌بر کارایی-ریسک با به‌کارگیری روش‌های مختلف DEA، RPN، MOMP ، NSGAII برای ارزیابی مورد مطالعاتی پیشنهادی مقالهٔ طاهری ارائه شد. براساس این چارچوب مشخص شد در بهترین سبد بهینهٔ انتخاب‌شده (جواب بهینه ۳)، از میان ۸ پروژهٔ مطالعه‌شده تنها ٤ عدد از آنها در پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها قرار می‌گیرد. همچنین با حل معادلهٔ مدل MOMP چندهدفهٔ پیشنهادی با هدف حداکثرکردن کارایی سبد پروژه‌ها، هم‌زمان با حداقل‌کردن ریسک آنها و با احتساب محدودیت‌های بودجه و نیروی انسانی به‌عنوان محدودیت‌ها، مشخص شد سود تعدیل‌شده از مدل پیشنهادی در بهترین جواب نامغلوب (جواب بهینه ۳) این مقاله، حدود ۵۰٪ بهبود را نسبت به بهترین جواب ارائه‌شدهٔ مدل طاهری دارد.

به‌طورکلی نتایج حاصل از مدل ارائه‌شده در این مقاله راه‌گشای مطالعات آینده درزمینهٔ انتخاب پرتفوی بهینهٔ پروژه‌ها است؛ به‌گونه‌ای که بتوان هر نوع پارامتر غیرقطعی (کارایی، ریسک و ...) و هر نوع محدودیت غیرخطی مطلوب را به‌صورت شاخص اصلی در مدل مربوطه لحاظ کرد. همچنین این مقاله با ارائهٔ مدل ترکیبیِ ریسک-کارایی، زمینهٔ پژوهش‌های آینده را درخصوص ارائهٔ روش‌هایی نوین برای تنظیم مقادیر بودجه و ارائهٔ برنامهٔ زمان‌بندی اجرای پروژه‌ها در سبد بهینه با پروژه‌هایی با کارایی زیاد و ریسک کم هموار می‌سازد.

References

Abbasianjahromi, H. & Rajaie, H. (2013). "Application Of Fuzzy Cbr And Modm Approaches In The Project Portfolio Selection In Construction Companies". *Iranian Journal Of Science And Technology. Transactions Of Civil Engineering*, 37(C1): 143.

Altuntas, S. & Dereli, T. (2015). "A Novel Approach Based On Dematel Method And Patent Citation Analysis For Prioritizing A Portfolio Of Investment Projects". *Expert Systems With Applications*, 42(3): 1003-1012.

Archive of SID

www.SID.ir

Bhattacharyya, R., Kumar, P. & Kar, S. (2011). "Fuzzy R&D Portfolio Selection Of Interdependent Projects". *Computers & Mathematics With Applications,* 62(10)**:** 3857-3870.

Chang, P.-T. & Lee, J.-H. (2012). "A Fuzzy Dea And Knapsack Formulation Integrated Model For Project Selection". *Computers & Operations Research,* 39(1): 112-125.

Coello, C. A. C., Lamont, G. B. & Van Veldhuizen, D. A. (2007). "Evolutionary Algorithms For Solving Multi-Objective Problems", *Springer*.

Dutra, C. C., Ribeiro, J. L. D. & De Carvalho, M. M. (2014). "An Economic–Probabilistic Model For Project Selection And Prioritization". *International Journal Of Project Management*, 32(6): 1042-1055.

Eilat, H., Golany, B. & Shtub, A. (2008). "R&D Project Evaluation: An Integrated Dea And Balanced Scorecard Approach". *Omega,* 36(5): 895-912.

Ghapanchi, A. H., Tavana, M., Khakbaz, M. H. & Low, G. (2012). "A Methodology For Selecting Portfolios Of Projects With Interactions And Under Uncertainty". *International Journal Of Project Management,* 30(7): 791-803.

Ghazvini, M. S., Ghezavati, V., Raissi, S. & Makui, A. (2017). "An Integrated Efficiency–Risk Approach In Sustainable Project Control". Sustainability, 9(9): 1575.

Hassanzadeh, F., Nemati, H. & Sun, M. (2014b). "Robust Optimization For Interactive Multiobjective Programming With Imprecise Information Applied To R&D Project Portfolio Selection". *European Journal Of Operational Research,* 238(1): 41-53.

Hopkinson, M., Close, P., Hillson, D. & Ward, S. (2008) "Prioritising Project Risks–A Short Guide To Useful Techniques". *Buckinghamshire, England: British Library Cataloguing In Publication Data*.

Huang, C.-C., Chu, P.-Y. & Chiang, Y.-H. (2008) "A Fuzzy Ahp Application In Government-Sponsored R&D Project Selection". *Omega,* 36(6): 1038-1052.

Huang, X., Zhao, T. & Kudratova, S. (2016). "Uncertain Mean-Variance And Mean-Semivariance Models For Optimal Project Selection And Scheduling". *Knowledge-Based Systems,* 93: 1-11.

Levine, H. A. (2005). "Project Portfolio Management". *A Practical Guide To Selecting Projects, Managing Portfolios, And Maximizing Benefits." Jossey-Bass.*

Nassif, L. N., Santiago Filho, J. C. & Nogueira, J.M. (2013). "Project Portfolio Selection In Public Administration Using Fuzzy Logic". *Procedia-Social And Behavioral Sciences,* 74: 41-50.

Nazari, Ahad, Jaberi, M. & Sadeghamalnik, M. (2003). A Risk Management Model for the Project-Based Organizations. *Journal of Industrial Engineering,* 47 (1), 93-104.

Pajares, J. & López, A. (2014). "New Methodological Approaches To Project Portfolio Management: The Role Of Interactions Within Projects And Portfolios". *Procedia-Social And Behavioral Sciences,* 119: 645-652.

Ravanshadnia, M. & Abbasianjahromi, H. (2002). From Project Management to Project Portfolio Managemnet. *Isatis Fadak Publication.*

Relich, M. & Pawlewski, P. (2017). "A Fuzzy Weighted Average Approach For Selecting Portfolio Of New Product Development Projects". *Neurocomputing,* 231: 19-27.

Roland, J., Figueira, J. R. & De Smet, Y. (2016). "Finding Compromise Solutions In Project Portfolio Selection With Multiple Experts By Inverse Optimization". *Computers & Operations Research,* 66: 19-22.

Senthilkumar, C., Ganesan, G. & Karthikeyan, R. (2012). "Optimization Of Ecm Process Parameters Using Nsga-Ii". *Journal Of Minerals And Materials Characterization And Engineering,* 11(10): 931.

Archive of SID

www.SID.ir

Snyder, C. S. A Guide To The Project Management Body Of Knowledge: Pmbok (®) Guide. 2014. Project Management Institute.

Tahri, H. (2015). "Mathematical Optimization Methods: Application In Project Portfolio Management". *Procedia-Social And Behavioral Sciences,* 210**,** 339-347.

Tavana, M., Keramatpour, M., Santos-Arteaga, F. J. & Ghorbaniane, E. (2015). "A Fuzzy Hybrid Project Portfolio Selection Method Using Data Envelopment Analysis, Topsis And Integer Programming". *Expert Systems With Applications,* 42(22): 8432-8444.

Tavana, M., Khalili-Damghani, K. & Sadi-Nezhad, S. (2013). "A Fuzzy Group Data Envelopment Analysis Model For High-Technology Project Selection: A Case Study At Nasa". *Computers & Industrial Engineering,* 66(1): 10-23.

Thu Bui, L. (2008). "Multi-Objective Optimization In Computational Intelligence: Theory And Practice", *Igi Global*.

[1] - Levine
[2] -Efficiency
[3] - Pajares & López
[4] - Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II
[5] -Risk
[6] - Eilat, Golany & Shtub
[7]- Data Envelopment Analysis
[8] - Balance Score Card
[9] - Huang, Chu & Chiang
[10] - Bhattacharyya, Kumar & Kar
[11] - Chang & Lee
[12] - Ghapanchi, Tavana, Khakbaz & Low
[13] - Nassif, Santiago Filho & Nogueira
[14] - Sun
[15] - Altuntas & Dereli
[16] - Patent Citation Analysis
[17] - Tahri
[18] - Santos-Arteaga
[19] - Huang, Zhao & Kudratova
[20] - Roland, Figueira & De Smet
[21] - Relich & Pawlewski
[22] - Risk Priority Number
[23] - Dutra, Ribeiro & De Carvalho
[24] - Decision Making Units
[25] - SNYDER
[26] - Probability
[27] - Impact
[28] - Manageability
[29] - Proximity
[30] - Hopkinson, Close & Hillson
[31] - Thu Bui
[32] - Coello, Lamont & Van Veldhuizen
[33] - Initial Population
[34] - Non-Dominated
[35] - Pareto Front
[36] - Crowding Distance
[37] - Population Size
[38] - Crossover
[39] - Mutation
[40] - Senthilkumar, Ganesan & Karthikeyan
[41] - integer linear programming
[42] - integer goal programming
[43] -Moroccan Dirham

Archive of SID

www.SID.ir