



Paper Type: Original Article



Robust Investment Project Selection by Integrating Net Present Value Model, Robustness Analysis, and the Analytic Hierarchy Process

Behnaz Amiri¹, Ali Sorourkhah^{1,*} 

¹ Department of Management, Ayandegan Institute of Higher Education, Tonekabon, Iran; behnaz.amiri.pika76@gmail.com; sorourkhah@aihe.ac.ir.

Citation:



Amiri, B., & Sorourkhah, A. (2024). Robust investment project selection by integrating net present value model, robustness analysis, and the analytic hierarchy process. *Management: Modeling, analysis and applications*, 1(4), 244-248.

Received: 27/04/2024

Reviewed: 12/07/2024

Revised: 09/08/2024

Accepted: 17/09/2024

Abstract

Purpose: The main purpose of this study is to improve the process of selecting optimal investment projects under uncertainty by incorporating the probability of future scenarios. The Net Present Value (NPV) model, which is a fundamental economic evaluation criterion, was integrated with robust analysis and scenario weighting to enhance decision-making accuracy in dynamic and uncertain environments.

Methodology: This research is applied and descriptive–analytical in nature. First, the robust NPV model was employed to assess project performance across possible future scenarios. Then, using the Analytical Hierarchy Process (AHP), the weight of each scenario was determined based on its likelihood of occurrence. Subsequent post-analysis was conducted in three phases (excluding scenarios with occurrence probabilities below 1%, 5%, and 10%) to evaluate decision robustness. The case study included seven investment projects in Tonekabon County (restaurant, ecotourism lodge, water recreation, juice shop, fast food, and traditional teahouse).

Findings: The results indicated that the traditional teahouse project exhibited the highest robustness level across most scenarios and was selected as the optimal option. Post-analysis further revealed that after removing low-probability scenarios, the fast-food project could also serve as an acceptable alternative. These findings highlight the critical role of scenario weighting in enhancing the reliability of investment decisions under uncertainty.

Originality/Value: The novelty of this research lies in the simultaneous integration of the robust NPV model and the AHP to incorporate weighted future scenarios into investment decision-making. This hybrid approach enhances the credibility of results in uncertain conditions and can be effectively applied to other multi-criteria decision-making problems.

Keywords: Net present value, Robust analysis, Multi-criteria decision-making, Analytic hierarchy process, Investment.



Corresponding Author: sorourkhah@aihe.ac.ir

<https://doi.org/10.22105/mmaa.v1i4.105>

Licensee. **Management: Modeling, Analysis and Application**. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

در محاسبه بازده مورد انتظار جایی برای عدم اطمینان سرمایه‌گذاری ایجاد نمی‌کنند [6]. روش NPV نیز بر این اصل استوار است که جریان نقدی مورد انتظار به‌طور قطعی در پایان سال محقق خواهد. در پژوهش‌های پیشین تلاش شده است تا با بهره‌گیری از رویکردهای فازی و فازی توسعه‌یافته به مساله عدم قطعیت پرداخته شود [7]. با این وجود، این رویکردها صرفاً عدم قطعیت داده‌محور را بررسی می‌کنند.

اخیراً، مساله عدم قطعیت محیطی که در آن تغییر در شاخص‌های کلان اقتصادی، سیاسی و... می‌تواند نتیجه تصمیم‌ها را تحت الشعاع قرار دهد مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در پاسخ به این سوال که چگونه می‌توان با استفاده از شاخص NPV گزینه‌ها را در قالب سناریوهای بدیل آینده مورد ارزیابی قرار داد. نویسندگان ترکیب رویکردهای تحلیل استواری^۱ و NPV را پیشنهاد کردند [8]. در این رویکرد جدید، برخلاف رویکردهای پیش‌تر مطرح‌شده در ادبیات، مقادیر NPV در سناریوهای ممکن آینده محاسبه شد و طرحی که در بیشترین سناریوها عملکرد مناسبی داشت به‌عنوان گزینه برتر انتخاب شد. رویکرد ترکیبی تحلیل استواری و NPV ، با وجود نقاط قوتی که دارا است، یک کاستی مهم دارد؛ در طراحی سناریوهای آینده، قابل انتظار است که تمامی سناریوها امکان رخداد یکسانی نداشته باشند و این موضوعی است که در پژوهش پیشین مورد توجه قرار نگرفته است. از این رو، با هدف کمک به تصمیم‌گیرنده‌ها در کسب اطمینان بیشتر در اخذ تصمیم مناسب، مساله اصلی پژوهش حاضر چگونگی و نحوه در نظر گرفتن اوزان سناریوهای آینده در بررسی طرح‌های سرمایه‌گذاری کشور خواهد بود.

۲- روش‌شناسی

برای پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی، مراحل زیر اجرا می‌شود:

۱. مشخص کردن گزینه‌های تصمیم/طرح‌های سرمایه‌گذاری ($di, i=1, 2, \dots, m$)
۲. تعیین هزینه اولیه طرح‌های سرمایه‌گذاری ($CO_i, i=1, 2, \dots, m$)
۳. تعیین بازه زمانی (افق) تصمیم‌گیری ($T_j, j=1, 2, \dots, n$)
۴. تعیین عایدی حاصل از طرح‌های سرمایه‌گذاری در طول افق زمانی ($C_{ij}, i=1, 2, \dots, n \text{ \& } j=1, 2, \dots, n$)
۵. تعیین سناریوهای بدیل آینده ($Snp, p=1, 2, \dots, m$)
۶. محاسبه شاخص $NPVR$ طرح‌ها در سناریوهای مختلف ($NPVR_{ip}, i=1, 2, \dots, n \text{ \& } p=1, 2, \dots, m$)
۷. تعیین تراز استواری طرح‌های سرمایه‌گذاری ($R_{ip}, i=1, 2, \dots, n \text{ \& } p=1, 2, \dots, m$)
۸. انتخاب گزینه (طرح) استوار ($Max \sum R_i, i=1, 2, \dots, n$)
۹. تعیین وزن سناریوها با استفاده از رویکرد AHP
۱۰. ارایه تحلیل‌های پسینی

در مرحله ۱، مالک مساله طرح‌های سرمایه‌گذاری و در مرحله ۲، هزینه‌های مربوط به طرح‌ها را مشخص می‌کند. در مرحله ۳، بازه زمانی‌ای که در آن طرح‌های سرمایه‌گذاری مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت را مشخص می‌کنیم. در این پژوهش، بازه زمانی ۵ ساله در نظر گرفته شده است و عایدی حاصل از طرح‌های سرمایه‌گذاری در بازه ۵ ساله مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در مرحله ۴، به کمک مالک مساله، عایدی حاصل از هر یک از طرح‌های سرمایه‌گذاری در افق زمانی برآورد می‌شود. به‌منظور انجام تحلیل دقیق‌تر، همان‌گونه که در پیشینه مطالعاتی انجام می‌شود، برآوردها در سه حالت خوش بینانه، بدبینانه و محتمل انجام خواهد گرفت. در مرحله ۵، سناریوهای بدیل آینده تعریف می‌شوند. در این جا، برای تعریف سناریوهای بدیل آینده، نرخ بهره مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در مرحله ۶ و با توجه به این که هزینه اولیه طرح‌های سرمایه‌گذاری با یکدیگر متفاوت است، شاخص نسبت NPV ($NPVR$) در سه حالت خوش بینانه، بدبینانه و محتمل با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$NPVR_i = \frac{NPV_i}{\sum_{j=1}^t PV_i} \quad (1)$$

¹ Robustness analysis

که در آن:

$$PV_i = \frac{C_j}{(1+k)^j} \quad (2)$$

در مرحله ۷، ماتریس تحلیل استواری را تشکیل می دهیم، به طوری که در آن، درایه های مثبت $NPVR$ برابر ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ در نظر گرفته می شوند.

$$\text{If } NPVR_{ip} > 0 \rightarrow R_{ip} = 1, \quad \text{If } NPVR_{ip} \leq 0 \rightarrow R_{ip} = 0.$$

سپس، با استفاده از رابطه (۳)، تراز استواری گزینه های تصمیم مشخص می شود:

$$R_i = \sum_{i=1}^n R_{ip}. \quad (3)$$

در مرحله ۸، گزینه ای که بالاترین تراز استواری را (در مجموع حالت های خوش بینانه، بدبینانه و محتمل) کسب کند به عنوان گزینه برتر انتخاب می شود. در مرحله ۹، AHP برای تعیین اوزان سناریوها مورد استفاده قرار می گیرد و در محله پایانی، سناریوهایی که اوزان کمتری دارند از تحلیل ها کنار گذاشته می شوند و نتایج بر اساس سناریوهای باقی مانده گزارش می شود.

۳- مورد مطالعه

در این پژوهش، یک مساله انتخاب طرح سرمایه گذاری مناسب از میان چند طرح مختلف در شهرستان تنکابن، که پیش تر انجام شده است [8]، [9]، با اضافه کردن تحلیل های پسینی مورد بررسی قرار می گیرد. در مطالعه پیشین، سناریوها یکسان در نظر گرفته شده است و به دلیل این که همه سناریوها احتمال وقوع یکسانی ندارند، مساله مورد بحث با شرایط جدید مدنظر قرار می گیرد. یک تصمیم گیرنده (مالک مساله) قصد دارد از میان هفت طرح سرمایه گذاری کافه، رستوران، اقامتگاه بوم گردی، تفریحات آبی، فروشگاه ویتامینه، فست فود و سفره خانه مناسب ترین طرح را انتخاب نماید. در این بخش، گام های پیش تر اجرا شده به طور اجمالی مورد اشاره قرار می گیرد و به چگونگی انجام تحلیل های پسینی اشاره می شود.

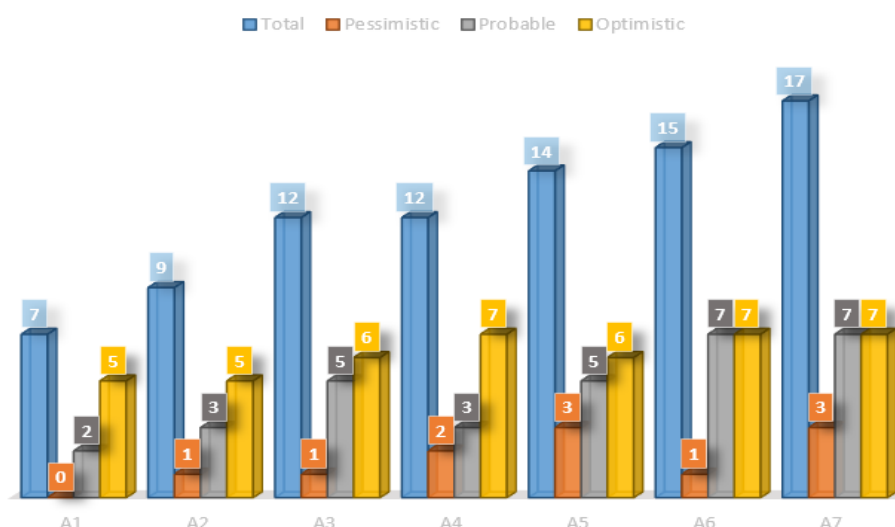
در گام اول، مالک مساله هفت طرح سرمایه گذاری کافه، رستوران، اقامتگاه بوم گردی، تفریحات آبی، فروشگاه ویتامینه، فست فود و سفره خانه را معرفی کرد. در گام بعد، هزینه مورد نیاز برای هر کدام از طرح ها را نیز مشخص نمود. در گام ۴، عایدی حاصل از طرح های سرمایه گذاری در سه حالت خوش بینانه، بد بینانه و محتمل مشخص شد. در مرحله ۵، برای تعریف سناریوهای آینده، شاخص نرخ بهره مطابق پیش بینی های کارشناسان، در ۷ سناریو (۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۴، ۲۶، ۲۸ و ۳۰٪) مشخص شد. با توجه به سه برآورد خوش بینانه، بدبینانه و محتمل، در مجموع، ۲۱ سناریو تعریف شد. در گام ۶، با استفاده از رابطه (۱)، $NPVR$ برای طرح های مختلف در سه حالت خوش بینانه، بدبینانه و محتمل محاسبه شد. در این جا، صرفا به نتایج حالت محتمل، مطابق جدول ۱، اشاره می شود.

جدول ۱- $NPVR$ طرح ها در حالت محتمل.

Table 1- $NPVR$ Plans in Probability Mode.

طرح	18%	20%	22%	24%	26%	28%	30%
رستوران	0.10	0.05	-0.01	-0.06	-0.10	-0.14	-0.18
بوم گردی	0.15	0.09	0.04	-0.01	-0.06	-0.10	-0.14
تفریحات آبی	0.23	0.17	0.12	0.07	0.02	-0.02	-0.06
ویتامینه	0.25	0.06	0.02	-0.02	-0.06	-0.09	-0.12
فست فود	0.25	0.19	0.13	0.08	0.03	-0.01	-0.05
سفره خانه	0.29	0.23	0.18	0.13	0.08	0.04	0.00
رستوران	0.38	0.23	0.28	0.23	0.19	0.15	0.11

در گام ۷، براساس $NPVRs$ حاصل شده در مرحله قبل، استواری طرح‌ها محاسبه می‌شوند به طوری که برای درایه‌های مثبت، عدد ۱، و برای درایه‌های منفی، عدد صفر در نظر گرفته شد. بر این اساس، استواری طرح‌ها در مجموع حالت‌های سه‌گانه در شکل ۱ نشان داده شده است. در مرحله ۸، طرح سرمایه‌گذاری سفره‌خانه که بالاترین تراز استواری را در مجموع ۲۱ سناریوی آینده به دست آورده است به عنوان طرح برتر برگزیده شد.



شکل ۱- تراز استواری طرح‌ها.

Figure 1- Solid alignment of designs.

در مرحله ۹، از روش AHP برای تعیین وزن سناریوها استفاده شد. در این گام، مالک مساله اقدام به مقایسات زوجی نمود و در نهایت، اوزان سناریوها، مطابق جدول ۲، حاصل شد.

جدول ۲- اوزان سناریوها.

Table 2- Weights of scenarios.

سناریوها	18%	20%	22%	24%	26%	28%	30%
خوش‌بینانه	0.003	0.006	0.011	0.019	0.054	0.036	0.027
بدبینانه	0.005	0.008	0.016	0.028	0.078	0.051	0.038
محتمل	0.013	0.023	0.043	0.077	0.215	0.142	0.106

در مرحله آخر، در سه فاز، سناریوهایی که وزن (احتمال وقوع) کمتر از ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ داشتند را حذف و نتایج را مجدداً بررسی کردیم. نتایج نشان داد که با حذف سناریوهایی که احتمال وقوع آنها کمتر از ۱٪ است، همچنان طرح سفره‌خانه بهترین طرح است. با این وجود، با حذف سناریوهایی که وزن کمتر از ۵٪ و ۱۰٪ دارند، گزینه فست‌فود نیز می‌تواند گزینه مناسبی باشد.

۴- نتیجه‌گیری

تصمیم‌گیری در شرایطی که متغیرهای آینده غیرقابل پیش‌بینی هستند، چالش‌هایی را به همراه خواهد داشت. زیرا در این شرایط، اطلاعات کامل در دسترس نیست و ممکن است ریسک‌ها و نواحی ناشناخته وجود داشته باشند. بر این اساس، در نظر گرفتن عدم قطعیت آینده در مساله مورد بررسی ضروری به نظر می‌رسد. در چنین شرایطی، تصمیم‌گیران باید از روش‌هایی مانند تحلیل استواری استفاده کنند تا پاسخ‌های مختلف را در مقابل احتمالات مختلف مورد ارزیابی قرار دهند. این رویکرد، برخلاف رویکردهای مبتنی بر احتمال و قطعیت، به دنبال یافتن راه‌حلی است که در مقابل نوسانات و عدم قطعیت عملکرد مطلوبی دارند.

در پژوهش حاضر، مساله انتخاب طرح سرمایه‌گذاری مناسب در شرایط عدم قطعیت در حالت سناریوهای وزنی مدنظر قرار گرفت. بر این اساس، سناریوهای مساله‌ای که پیش از این با ترکیب رویکردهای NPV و تحلیل استواری حل شده بود، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، وزن‌دهی شد و تحلیل‌های پسینی ارائه شد. نتایج نشان داد در حالی که با در نظر گرفتن همه سناریوها (۲۱ سناریو)، طرح سفره‌خانه بهترین انتخاب است، پس از حذف سناریوهایی که احتمال وقوع کمتری داشتند، طرح فست‌فود نیز می‌توانست به عنوان یک گزینه مطلوب مدنظر مالک مساله قرار گیرد. بر

اساس بازخورد مالک مساله، انجام تحلیل پسینی دو مزیت (در رابطه با اخذ تصمیم) داشت: ۱- این تحلیل نشان داد که انتخاب طرح سرمایه گذاری سفره خانه در هر صورت (۲۱ سناریو، حذف سناریوهای با احتمال وقوع کمتر از ۲٪، ۵٪ و ۱۰٪) گزینه مناسبی است و ۲- چنانچه سرمایه گذار، به هر دلیلی، قصد سرمایه گذاری در طرح سفره خانه را نداشته باشد، طرح فست فود نیز با استواری قابل قبول برای وی در دسترس قرار دارد.

ترکیب رویکرد NPV و تحلیل پادشکنندگی^۱، لحاظ نمودن شاخص های اثرگذار محیطی (اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و...) برای تعریف سناریوهای آینده، اخذ قضاوت های کلامی در قالب مجموعه های فازی، فازی مردد، نوتروسوفیک و...، ترکیب تحلیل استواری با حالت های خاص رویکرد NPV و استفاده از روش های پیشرفته تر، نظیر تحلیل شبکه ای، برای محاسبه احتمال وقوع سناریوها می تواند به عنوان برخی جهت گیری ها برای پژوهش های آتی در نظر گرفته شود.

مراجع

- [1] Tabar Firozjah, B. M., Ghodam, M. B., & Al-Dini, K. S. (2023). Study and explanation of factors affecting different decisions of investors in Iran. *Development and capital*, 8(2), 73–90. <https://doi.org/10.22103/jdc.2022.20398.1309>
- [2] Imeni, M. (2020). Fuzzy logic in accounting and auditing. *Journal of fuzzy extension and applications*, 1(1), 66–72. <https://doi.org/10.22105/jfea.2020.246647.1002>
- [3] Mongkoldhumrongkul, K. (2023). Techno-economic analysis of photovoltaic rooftop system on car parking area in Rayong, Thailand. *Energy reports*, 9, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.421>
- [4] Farungsang, L., Varquez, A. C. G., & Tokimatsu, K. (2025). Geospatial assessment and economic analysis of rooftop solar photovoltaic potential in Thailand. *Sustainability*, 17(15), 7052. <https://doi.org/10.3390/su17157052>
- [5] Waewsak, J., Khamharnphol, R., & Khunpetch, S. (2023). Techno-economic assessment of a 1 MW solar PV rooftop system at Thaksin University (Phatthalung campus), Thailand. *ASEAN journal of scientific and technological reports*, 26(1), 1051–1063. <https://doi.org/10.55164/ajstr.v26i1.248159>
- [6] Dusseault, B., & Pasquier, P. (2021). Usage of the net present value-at-risk to design ground-coupled heat pump systems under uncertain scenarios. *Renewable energy*, 173, 953–971. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.065>
- [7] Chrysafis, K. A., & Papadopoulos, B. K. (2021). Decision making for project appraisal in uncertain environments: A fuzzy-possibilistic approach of the expanded NPV method. *Symmetry*, 13(1), 27. <https://doi.org/10.3390/sym13010027>
- [8] Belalami, M. (2023). Presenting a soft-robust approach to the problem of investment project selection based on the net present value model under uncertainty [Thesis].
- [9] Lee, S., Cho, Y., & Ko, M. (2020). Robust optimization model for r&d project selection under uncertainty in the automobile industry. *Sustainability*, 12, 10210. <https://doi.org/10.3390/su122310210>

¹ Antifragility analysis