



Shahid Sattari Air University

Presenting the Model of Economic Evaluation of Defense Projects in Conditions of Uncertainty

Esmaeil mehdizadeh¹, Mehdi nazari²

Abstract

Background & Purpose: The present research seeks to provide a suitable method for the economic evaluation of defense projects under conditions of uncertainty.

Methodology: In this research, the modified internal rate of return (MIRR) method has been examined and compared with other methods of economic evaluation of projects, then a proposed method to calculate this method in the case that the primary data is It is provided to be definitive. The main goal of this research is the economic evaluation of defense projects in the case that the initial data are uncertain, therefore, the mentioned method is proposed using fuzzy logic for problems with uncertain data. Because this research seeks to find viable ways to solve practical problems in the evaluation of organizational projects, it is a practical research and on the other hand, because it provides a new method in the evaluation of projects in the state of uncertainty. It is considered a development method.

Findings: According to the studies conducted and the comparison of the results of the economic evaluation of projects in different economic conditions using NPV and IRR methods, it was determined that if the MIRR method is used with common lifetime, the said method It will lead to reliable results.

Conclusion: According to the results obtained from the modified internal rate of return method in the fuzzy state, it can be concluded that this method can be considered as a suitable criterion for the economic evaluation of defense projects under conditions of uncertainty.

Keywords: *Modified internal rate of return, fuzzy logic, triangular fuzzy numbers, fuzzy ranking*

¹ Associate professor of azad university

² Master of industrial engineering



ارائه الگوی ارزیابی اقتصادی پروژه‌های دفاعی در شرایط عدم قطعیت

اسماعیل مهدی زاده^۱، مهدی نظری^۲

چکیده

زمینه و هدف: تحقیق حاضر به دنبال ارائه روشی مناسب جهت ارزیابی اقتصادی پروژه‌های دفاعی در شرایط عدم قطعیت است.

روش‌شناسی: در این تحقیق روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده (MIRR) همراه با دیگر روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته، سپس روشی پیشنهادی جهت محاسبه این روش در حالتی که داده‌های اولیه به صورت قطعی باشند ارائه گردیده است. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی اقتصادی پروژه‌های دفاعی در حالتی است که داده‌های اولیه به صورت غیرقطعی باشند، از اینرو روش مذکور با استفاده از منطق فازی برای مسائل با داده‌های غیر قطعی پیشنهاد شده است. از آنجا که این تحقیق به دنبال پیدا کردن راه‌های قابل اجرا برای حل مشکلات عملی در ارزیابی پروژه‌های سازمانی است، یک تحقیق کاربردی و از سوی دیگر به دلیل اینکه به ارائه یک روش جدید در ارزیابی پروژه‌ها در حالت عدم قطعیت می‌پردازد یک روش توسعه‌ای محسوب می‌شود.

یافته‌ها: با توجه به مطالعات انجام شده و مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها در شرایط مختلف اقتصادی با استفاده از روش‌های NPV و IRR مشخص گردید در صورتی که از روش MIRR با طول عمر مشترک استفاده شود، روش مذکور به نتایج قابل اطمینان منجر خواهد شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بدست آمده از روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده در حالت فازی می‌توان نتیجه گرفت که این روش را می‌توان به عنوان معیاری مناسب جهت ارزیابی اقتصادی پروژه‌های دفاعی در شرایط عدم قطعیت در نظر گرفت.

کلمات کلیدی: نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده، منطق فازی، اعداد فازی مثلثی، رتبه‌بندی فازی

^۱ دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

^۲ کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

مقدمه

در دنیای امروز یکی از اهداف مدیران به حداکثر رساندن سود و بازگشت سرمایه در پروژه‌های سرمایه‌گذاری است. ارزیابی اقتصادی یک پروژه و مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با یکدیگر جهت رتبه‌بندی و انتخاب بهترین پروژه یکی از موضوعات مهمی است که مدیران شرکت‌ها برای رسیدن به این هدف با آن مواجه هستند. اقتصاد مهندسی مجموعه‌ای از تکنیک‌های ریاضی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد و ابزارهای تصمیم‌گیری را فراهم می‌آورد تا مقایسه اقتصادی پروژه‌ها را ساده‌تر نماید. روش‌های مختلفی برای این کار وجود دارد که مدیران می‌توانند با استفاده از آن‌ها اقتصادی‌ترین پروژه را انتخاب کنند. از جمله آن‌ها می‌توان به ارزش خالص فعلی (NPV^1)، روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی (IRR^2)، روش یکنواخت سالیانه، نسبت منافع به مخارج و ... اشاره کرد. در بین این روش‌ها، روش NPV و IRR از پرکاربردترین روش‌ها هستند و در بسیاری از موارد پروژه‌های سرمایه‌گذاری در شرایط یکسان براساس این دو معیار ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند. اما با این همه در بسیاری از موارد این دو رتبه‌بندی متفاوتی را انجام می‌دهند (اسکوتزاد، ۱۳۹۰).

نظرسنجی‌ها نشان می‌دهد که شیوه‌ها در کشورهای مختلف، از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. گاهی اوقات IRR ترجیح داده می‌شود و گاهی اوقات NPV . مطالعات نشان می‌دهد NPV بیشتر در آلمان و هلند، اما IRR بیشتر در انگلستان و فرانسه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

NPV روشی بسیار مفید است که عملکرد یک پروژه را به صورت مبلغ بازگشت نشان می‌دهد و به نتایج قابل اطمینان منجر می‌شود. روش ارزش فعلی یک فرایند مالی یا طرح اقتصادی، تبدیل ارزش آینده کلیه دریافت‌ها و پرداخت‌ها به ارزش فعلی در زمان حال یا مبدأ پروژه با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول است که به صورت مجموع ارزش فعلی درآمدهای خالص سالیانه بدست آمده و در طول عمر پروژه تعریف می‌شود (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۹). IRR نیز که روشی پرکاربرد برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها است، در مقایسه با NPV دارای نقاط ضعفی است. نخست اینکه انتخاب پروژه‌ها براساس IRR ممکن است به انتخاب پروژه‌ای با NPV پایین‌تر و در نتیجه سود پایین‌تر منجر شود و نتیجه حاصله با روش NPV ناسازگار است (سعیدآبادی و همکاران، ۱۳۹۴).

¹ Net Present Value

² Internal Rate Of Return

دوم اینکه اگر نرخ بهره در طول دوره‌های مختلف متغیر باشد این روش کارایی لازم را ندارد و سوم امکان به وجود آمدن چندین نرخ بازگشت سرمایه داخلی پیچیده از جمله نواقص روش IRR هستند. با وجود این نواقص بسیاری از مدیران تمایل به استفاده از روش IRR دارند که این امر به دلایل زیر است.

۱- محاسبات روش IRR نسبت به روش NPV قابل فهم‌تر است.
 ۲- مقایسه اقتصادی پروژه‌ها با استفاده از روش NPV به عمر پروژه‌ها بستگی دارد و در صورت ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌هایی با عمر متفاوت با استفاده از این روش محاسبات طولانی و امکان خطا افزایش می‌یابد.
 مشکلات و نواقص روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی را می‌توان با به کار بردن روش‌های اصلاحی کاهش داد. از جمله این شاخص‌ها روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده^۱ (MIRR) است که شاخص موثرتر و صحیح‌تری از قابلیت سودآوری شرکت است. با استفاده از این شاخص در شرایطی که داده‌ها به صورت قطعی هستند می‌توان سودآور بودن پروژه را تحلیل کرد.

یکی از مشکلاتی که سیستم‌ها با آن مواجه هستند، ورود یک سری اطلاعات نادقیق به این سیستم‌ها است. چون در شرایط واقعی عمدتاً با انواع وقایع پیش‌بینی نشده مواجه می‌شویم که باعث بوجود آمدن چنین شرایطی می‌شود، وجود عدم قطعیت نسبت به اطلاعات ورودی مورد نیاز در بسیاری موارد امری گریزناپذیر و محیط اجرای پروژه همواره با نوعی عدم قطعیت همراه و در نتیجه در بسیاری از پروژه‌ها تطابق کامل میان برنامه‌ریزی و اجرا مشاهده نمی‌شود. در چنین شرایطی دو برخورد متفاوت می‌تواند وجود داشته باشد.

۱- بدون توجه به واقعیت و وجود عدم قطعیت نسبت به اطلاعات ورودی از جمله نرخ بهره و جریان نقدی عملاً آن‌ها را قطعی و قابل اطمینان در نظر گرفته و بر اساس آن محاسبات را انجام دهیم. که نتیجه آن چیزی جز یک برنامه‌ای با کارایی پایین و غیر قابل اجرا نخواهد بود.

۲- نوع دیگر برخورد آن است که غیرقطعی بودن داده‌ها را به عنوان یک واقعیت پذیرفته و در صدد انجام برنامه‌ریزی و بکارگیری راهکارهای لازم جهت استفاده از همین داده‌های غیر قطعی باشیم.

¹ Modified Internal Rate Of Return

از جمله راهکارهای مناسب برای بکارگیری داده‌های غیرقطعی، منطق فازی است. بنابراین با توجه به اینکه اعداد فازی به خوبی می‌توانند بیانگر این عدم قطعیت باشند برای حل این مشکل می‌توان از منطق فازی استفاده کرد. این منطق در شرایطی که داده‌های گذشته در دسترس نبوده و یا نسبی باشند می‌تواند برای مواجهه با ابهام و عدم قطعیت به کار رود. از آنجا که در پروژه‌های مختلف ممکن است با تغییرات و نوسانات مختلف روبرو شویم، و عدم توجه به این تغییرات منجر به نتایج غیر قابل اطمینان خواهد شد، بهره‌گیری از منطق فازی در این تحقیق بهبود عملکرد، تصمیم‌گیری منطقی‌تر، کنترل بهتر و نتایج قابل اطمینانی را به دنبال خواهد داشت. از اینرو در این تحقیق عواملی جریان نقدی و نرخ بهره، غیر قطعی و به صورت اعداد فازی مثلثی بیان می‌شوند.

پیشینه تحقیق

با توجه به اینکه IRR در بین بسیاری از مدیران به عنوان معیار تصمیم‌گیری برتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طی سال‌های گذشته مطالعات زیادی در جهت یافتن روش‌های اصلاحی برای این روش صورت گرفته است. در ابتدا به بررسی سابقه تحقیقات صورت گرفته در حالت قطعی پرداخته و سپس به نحوه پیدایش تفکر فازی در ارزیابی‌های اقتصادی می‌پردازیم.

IRR یک تکنیک دارای سابقه تاریخی برای ارزیابی جریان‌های نقدی قطعی است و سابقه آن به تحقیقات صورت گرفته توسط بولدینگ و کینز^۱ بر می‌گردد. این شاخص به طور گسترده ای بعنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری مدیران، تحلیل‌گران و کارشناسان مورد استفاده قرار می‌گیرد و در بسیاری مشاغل و مدرسه‌های مدیریتی به دانشجویان تدریس می‌شود (مگنی^۲، ۲۰۱۲). در سال ۱۷۸۷ یک دانشمند فرانسوی به نام دوویلارد^۳ برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها روشی به نام MIRR ارائه کرد. وی علم آمار و اقتصاد سیاسی را با هم کار می‌کرد. توانایی تحلیل فوق‌العاده این دانشمند به او اجازه می‌داد تا نتایج آماری و مالی را با روش‌های ریاضی و هندسی حل کند. وی با بهینه‌سازی ساختارهای تحلیلی این معیار مالی را ارائه نمود. فیشر^۴ در سال ۱۹۳۰ نشان داد که در مقایسه با NPV روش MIRR می‌تواند به نتایج اشتباهی منجر شود. وی بیان داشت که تفاوت در رتبه‌بندی می‌تواند به علت اعمال فرض سرمایه‌گذاری مجدد و یا به دلیل تفاوت در طول عمر پروژه صورت گیرد (مگنی،

¹ Boulding and Keynes

² Magni

³ Duveillard

⁴ Fisher

۲۰۱۲). خرابی و ریمباچ^۱ در سال ۱۹۸۹ اظهار داشتند که MIRR و NPV می‌توانند برای ارزیابی پروژه‌ها مورد استفاده قرار گیرند ولی MIRR هنگام تفسیر پروژه‌های سرمایه‌گذاری، یک شاخصی از کارایی پروژه ارائه می‌دهد که از روش NPV امکان‌پذیر نیست (کیرولف^۲، ۲۰۰۸). در سال ۱۹۹۰ معیار نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده توسط بوتلی، فرناندز و شاموی^۳ (۱۹۹۷) به کار گرفته شد و سپس توسط الستون^۴ گسترش یافت (باقرزاده و کمیجانی، ۱۳۸۹). گرچه MIRR یک معیار قابل مقایسه با NPV است، اما مقیاس را به خوبی منعکس نمی‌کند و بنابراین برخلاف NPV، این امکان برای پروژه‌های ناسازگار وجود ندارد تا تنها با استفاده از MIRR آن‌ها را مقایسه کرد. شال^۵ (۱۹۹۲) برای غلبه بر این نقصان یک MIRR تعدیل یافته را پیشنهاد کرد که برای رتبه‌بندی پروژه‌های ناسازگار به کار می‌رود (حاج داسینسکی^۶، ۱۹۹۶). مطالعات بارنز و واکر^۷ در سال ۱۹۹۷ در مورد ۵۰۰ نمونه به طور تصادفی نشان داد که گرچه MIRR یک نرخ سرمایه‌گذاری قابل اعتماد است، ولی تنها در ۳ درصد از زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. و این روش به طور آشکار یک فرایند پیچیده است مخصوصاً در زمانی که گزینه‌های زیادی جهت ارزیابی تحت بررسی باشند (آلت شولر و مگنی^۸، ۲۰۱۱). دیویدکاری و میشل‌دان^۹ در سال ۱۹۹۷ یک روش ساده برای محاسبه MIRR ارائه دادند و نشان دادند که چگونه می‌توان اصلاحاتی را در این روش به وجود آورد که در ارتباط با پروژه‌های ناسازگار، رتبه‌بندی ارائه شده توسط این روش با رتبه‌بندی ارائه شده توسط روش NPV سازگاری داشته باشد. در روش محاسبه MIRR ارائه شده توسط آن‌ها برای پروژه‌هایی که هزینه اولیه متفاوتی دارند، هزینه اولیه تمام پروژه‌ها برابر بزرگترین هزینه اولیه در بین پروژه‌های موجود در نظر گرفته می‌شود. تا زمانی که بزرگترین هزینه اولیه در محاسبات برای تمام پروژه‌ها استفاده می‌شود، رتبه‌بندی ارائه شده توسط این روش با رتبه‌بندی حاصل از روش NPV یکسان است.

بورنز و واکر^{۱۰} (۱۹۹۷) مطالعاتی را در مورد کاربرد MIRR در ۵۰۰ نمونه از شرکت‌ها انجام دادند، نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که گرچه MIRR یک معیار قابل اطمینان برای ارزیابی

¹ Kharabe & Rimbach

² Kierulff

³ Bottomley, Fernandez, and Shamway

⁴ Alston

⁵ Shull

⁶ Hajdasinski

⁷ Burns & Walker

⁸ Altshuler & Magni

⁹ David Cary & Michael Dunn

¹⁰ Burns & Walker

اقتصادی است، ولی به دلیل دشواری در فهم و همچنین محاسبات آن، تنها در ۳ درصد از زمان توسط مدیران این شرکت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین به دلیل نبود حمایت آکادمیک، فارغ التحصیلان دانشگاه‌ها آگاهی نسبتاً کمی نسبت به این معیار دارند. مطالعات ریان^۱ در سال ۲۰۰۲ نشان داد که MIRR تنها در ۹/۳ درصد از شرکت‌ها بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد از زمان مورد استفاده قرار می‌گرفت (کیرولف، ۲۰۰۸).

ساتیاسی^۲ (۲۰۰۴) با استفاده از اطلاعات به دست آمده از چهار طرح آبخیزداری در دو نقطه از هندوستان، روش MIRR را برای ارزیابی اقتصادی این طرح‌ها به کار گرفت. در این بررسی‌ها نتایج حاصله از روش MIRR با نتایج حاصل از روش NPV سازگاری داشتند.

الستون و پاردی^۳ (۲۰۰۷) تخمین‌های پیشین در مورد IRR را به دلیل این فرض غیرمحمول که هزینه مالی این سرمایه‌گذاری‌ها برابر نرخ بازگشت ذینفعان است، مورد انتقاد قرار دادند. آن‌ها از مفهوم MIRR در تحقیق و توسعه کشاورزی استفاده کردند و نشان دادند که چگونه MIRR، که بر این فرض متکی نیست می‌تواند نرخی را به دست دهد که به اندازه نصف IRR است. میلان و همکاران^۴ (۲۰۰۸) تحقیقاتی را در مورد فراهم کردن اجزاء اقتصادی - فنی برای تصمیمات حمایتی درباره شدنی یا نشدنی بودن استفاده از دستگاه کود افشان در محصولات کشاورزی در ایالت انجام دادند. در این روش‌شناسی نرخ بهره در این ارزیابی‌ها ۱۳/۱ درصد بود. نتایج حاصل از روش‌های ارزیابی پروژه نشان داد که نتیجه حاصل از روش MIRR با نتیجه حاصل از روش NPV بسیار نزدیک بود.

هربرت کیرولف^۵ (۲۰۰۸) مشکلات مرتبط با NPV و IRR را برشمرد و اظهار داشت که چگونه MIRR با نقاط ضعف این دو روش مواجه می‌شود. وی بیان داشت تا زمانی که IRR اصلاح نشده است، با بکارگیری MIRR یک پروژه به لحاظ مالی می‌تواند ارزیابی شود. هنگام ارزیابی پروژه‌های با اندازه یکسان، پروژه با MIRR بالاتر نسبت به دیگر پروژه‌ها ترجیح داده می‌شود. الستون (۲۰۱۱) با بیان اینکه معیار IRR در بسیاری موارد نامعقول است، با استفاده از سه نرخ IRR، B/C و MIRR به ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی پرداخت. محاسبات نشان داد که نتایج حاصل از روش MIRR با نتایج حاصل از روش B/C سازگاری دارد. چریموشکین^۶ (۲۰۱۲) یک بحث منطقی و بسیار دقیق

¹ Ryan

² Satyasai

³ Alston & Pardy

⁴ Millan et al

⁵ Herbert Kierulff

⁶ Cheremushkin

در مورد لغزش در فرض سرمایه‌گذاری مجدد در جریان‌های نقدی میانی ارائه داد. وی اظهار داشت که فرض سرمایه‌گذاری مجدد در جریان نقدی که NPV و IRR را محاسبه می‌کند وجود ندارد و اشتباهات موجود در ادعاهای وجود فرض سرمایه‌گذاری مجدد را تشریح می‌کند. همچنین نشان می‌دهد معیارهای MIRR و ^۱ MNPV که به طور متداول بین کارشناسان و محققان مورد استفاده قرار می‌گیرند، اشتباهات زیادی دارند و می‌توانند بسیار گمراه کننده باشند. سیمونلی و بیاسینو^۲ (۱۹۹۲) فرضیاتی در مورد اعداد فازی، برای بدست آوردن یک IRR در حالت جریان نقدی مبهم ارائه دادند. در این روش اعداد فازی که مورد استفاده قرار می‌گیرند لزوماً پیوسته نیستند و توابع عضویت آن‌ها می‌تواند ثابت فرض شود. آن‌ها همچنین برای مسئله مورد بررسی نشان دادند که تحت فرضیات مناسب برای حالت فازی، در صورتی که جریان نقدی یک تغییر علامت داشته باشد، یک IRR می‌تواند وجود داشته باشد. کارلسون (۲۰۰۰) در یک مقاله نرخ بازگشت داخلی فازی را مورد بررسی قرار داد. وی در ابتدا جریان نقدی پروژه‌ها را در حالت فازی و مستقل از عمر پروژه در نظر گرفت و بعد از آن جریانات نقدی فازی را در یک حالت وابسته به عمر پروژه مورد مطالعه قرار داد. نتایج تحقیقات نشان داد که در صورتی که میزان فازی شدن داده‌ها به عمر پروژه وابسته باشد، نرخ بازگشت داخلی فازی نتایج بهتری را ارائه می‌دهد (سپهوند، ۱۳۸۹).

کاجتا^۳ (۲۰۰۱) روشی برای تخمین نرخ بازگشت سرمایه داخلی در حالت فازی ارائه داد که در آن داده‌ها بصورت غیرقطعی بودند. وی همچنین از مفهوم آلفا برش برای این روش استفاده نمود. روش ارائه شده بر مبنای این فرض بود که مجموعه‌ای از معادلات برای IRR در هر سطحی از آلفا می‌تواند ارائه شود. کارمن^۴ (۲۰۰۲) نرخ بازگشت فازی را مورد تحلیل و مسئله نرخ بازگشت سرمایه داخلی فازی با کاربردهای قطعی را تعریف کرد. وی همچنین مسئله تخمین نرخ بازگشت سرمایه داخلی با رویکرد فازی را در چارچوب مسئله‌ای کلی‌تر نسبت به معادلات فازی حل نمود و مفهوم نرخ بازگشت سرمایه داخلی فازی محدود را بعنوان راه حل معادله فازی غیرخطی تحلیل و پیشنهاد کرد.

اسکانتجز^۵ و همکاران در سال ۲۰۰۴ تفسیری از IRR با استفاده از منطق فازی ارائه می‌دهد. در این تحقیق نمایش فازی IRR از طریق مفهوم آلفا برش همراه با اصول منطق فازی ارائه شده است. و هدف اصلی آن ارائه پیشنهاد برای محاسبه IRR در سرمایه‌گذاری

¹ Modified NPV

² Simonelli & Biacino

³ Kuchta

⁴ Kahraman

⁵ Sanches et al

به شکلی است که عدم قطعیت به شکل اعداد فازی ارائه و قابلیت‌های آن را نیز نشان می‌دهد. منطق فازی برای ارزیابی هزینه قطعی صنایع بزرگ الکترونیک در تایلدن پیشنهاد شده است. دو پارامتر انتخاب شده ورودی در مدل منطق فازی عبارتند از تقاضای اوج و فرکانس قطع. پست عایق هوا و پست عایق گاز برای نشان دادن ارزیابی ارزش اقتصادی جدید بر حسب بازده سرمایه‌گذاری و نرخ بازده داخلی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که پست جدید بر حسب سرمایه‌گذاری پست عایق هوا، هم با در نظر گرفتن هزینه قطع و هم بدون در نظر گرفتن آن، بهتر از بازده سرمایه‌گذاری و نرخ بازگشت سرمایه پست عایق گاز است (دتموت و همکاران^۱، ۲۰۱۰).

لیائو و هو^۲ یک رویکرد دوجمله‌ای فازی را پیشنهاد کردند که می‌تواند در ارزیابی پروژه تحت عدم قطعیت استفاده شود. این رویکرد پیشنهادی همچنین ارزش انعطاف‌پذیری‌های تعبیه‌شده در پروژه را نشان می‌دهد. علاوه بر این، روشی را برای محاسبه مقدار میانگین NPV منبسط شده فازی پروژه نمودند که کل ارزش پروژه را نشان می‌دهد.

خو و همکاران (۲۰۱۱)^۳ بر اساس ویژگی‌های پروژه‌های سرمایه‌گذاری شبکه‌ای، یک سیستم شاخص ارزیابی چندسطحی ساخته و از یک روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی جدید استفاده و با تعدیل‌های فازی بهبود می‌یابد تا از ابهام قضاوت‌های ذهنی کارشناسان جلوگیری و ارزیابی‌های بیشتری را انجام دهد. در مطالعاتی دیگر کاربرد رویکرد فازی برای مشکلات در اقتصاد و امور مالی ارائه شده است. این مطالعات نشان می‌دهد مشکل زمانی پیش می‌آید که مقایسه بین گزینه‌های سرمایه‌گذاری انحصاری متقابل با استفاده از نرخ بازده داخلی (IRR) انجام شود. مشکل دیگری که ناشی از مدیریت حسابداری است، با تعیین مقدار سفارش اقتصادی با داده‌های نادقیق و مبهم بوجود می‌آید. این رویکرد آن چیزی را که در مدل اعداد فازی محدب توسعه یافته است، تعمیم می‌دهد (کوسینسکی و چواستیک^۴، ۲۰۱۳). در مطالعه‌ای دیگر تصمیمات سرمایه‌گذاری ظرفیت بهینه تحت عدم قطعیت با رویکرد گزینه‌های واقعی بررسی شد. در مورد تصمیم تولید، یک سناریوی انعطاف‌پذیر و غیرقابل انعطاف بررسی و نتایج بررسی‌ها نشان داد شرکت انعطاف‌پذیر می‌تواند بدون هزینه، تولید را در طول زمان با سطح ظرفیت به عنوان حد بالایی تنظیم کند، در حالی که شرکت انعطاف‌ناپذیر تولید را از لحظه سرمایه‌گذاری به بعد در سطح ظرفیت ثابت می‌کند.

¹ Detmote et al

² Liao and Ho

³ Xu et al

⁴ Kosiński and Chwastyk

همچنین نرخ بهره‌برداری اولیه از ظرفیت شرکت انعطاف‌پذیر می‌تواند بسیار پایین باشد (ورنا و همکاران^۱، ۲۰۱۶).

اسکندری و همکاران (۱۳۹۶) روش ارزش فعلی را برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها در شرایط عدم قطعیت داده‌ها استفاده نمودند. آنها همچنین از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و همچنین برنامه‌ریزی صفر و یک جهت ارزیابی‌های خود استفاده کردند. گیسین و ولکووا^۲ (۲۰۱۷) نرخ بازده داخلی یک جریان نقدی فازی را به عنوان راه حل یک معادله جبری با ضرایب فازی ارائه کردند. در مطالعاتی که توسط آنان صورت گرفت یک آنالوگ از شرایط نورستروم ارائه شد که وجود نرخ بازده داخلی منحصر به فردی را ارائه و برای در نظر گرفتن تعامل پرداخت‌ها، اضافه کردن مقادیر فازی را با توجه به هنجارهای مثلثی در نظر گرفتند. جیوانی و ماسابو^۳ (۲۰۱۸) زمان و اندازه بهینه سرمایه‌گذاری را برای یک شرکت انحصاری تحت عدم قطعیت تقاضا و انعطاف‌پذیری حجم بررسی کردند. آن‌ها دو مدل مختلف انعطاف‌پذیری حجم را مطالعه و نشان دادند انعطاف‌پذیری حجم نزولی به شرکت‌ها اجازه می‌دهد هر مقداری را کمتر از ظرفیت نصب شده تولید کند. انعطاف‌پذیری حجم بالا اجازه می‌دهد تا تولید را بالاتر از اندازه ظرفیت شرکت گسترش دهد.

لفلی^۴ (۲۰۱۸) در پاسخ به این موضوع که کدام روش برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها مناسب است، نرخ رشد حاشیه‌ای^۵ (MGR) را به عنوان حلقه گمشده ارزیابی اقتصادی پروژه‌های معرفی نمودند و بیان که نرخ بازگشت سرمایه داخلی و نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح‌شده باید نادیده گرفته شوند و مدیران باید از NPV و MGR استفاده کنند. کوندراتنکو و همکاران^۶ (۲۰۱۹) یکی از رویکردهای چشم‌انداز برای حل مشکل ارزیابی و انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری مبتنی بر پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی هوشمند^۷ (IIS) معرفی نمودند. آن‌ها ابزارهای نرم‌افزاری موجود برای ارزیابی سودآوری پروژه سرمایه‌گذاری تجزیه و تحلیل و یک IIS را برای انتخاب پروژه سرمایه‌گذاری بر اساس موتور استنتاج فازی نوع ممدانی ایجاد کردند. نتایج آزمایش IIS برای چندین نمونه واقعی از پروژه‌های سرمایه‌گذاری صحت و کارایی انتخاب پروژه را تایید می‌کند.

¹ Verena et al

² Gisin and Volkova

³ Giovanni and Massabo

⁴ Lefley

⁵ Marginal Growth Rate

⁶ Kondratenko et al

⁷ Intelligent Information System

لاوریننکو و همکاران^۱ (۲۰۲۰) از رویکردی برای ارزیابی اثربخشی و ریسک پروژه‌های سرمایه‌گذاری بر اساس منطق فازی جهت رسمی‌سازی عدم قطعیت استفاده کردند. در این کار برخی از متغیرهای ورودی مانند ارزش فعلی خالص، نرخ بازده داخلی، دوره بازپرداخت پروژه، نرخ بازده حسابداری، شاخص بازگشت سرمایه، در نظر گرفته شده است. در مطالعات آنان استفاده از اعداد فازی مثلثی دوزنقه‌ای به عنوان اصطلاحات زبانی پیشنهاد شده است. بابایی و جاسبی (۱۴۰۰) با تعریف فرآیندهای مالی برحسب اعداد فازی راهکاری جدیدی را ارائه کردند تا ضمن محاسبه نرخ بازگشت سرمایه داخلی در شرایط عدم قطعیت، درجه اقتصادی بودن پروژه و قابلیت اطمینان آن و همچنین سازگاری با روش ارزش فعلی را مشخص می‌کند.

بولتورک و سیکر^۲ (۲۰۲۳) روش تحلیل ارزش فعلی فازی کروی را برای اولین بار برای پرداختن به پارامترهای فازی سرمایه‌گذاری بیمارستان اورژانس عمومی، که در حال حاضر موضوع اصلی در ترکیه است، ارائه دادند. بیمارستان اورژانس عمومی برای سه مکان در سمت اروپایی استانبول با استفاده از روش تحلیل ارزش فعلی فازی کروی ارزیابی شد. آن‌ها همچنین به منظور استحکام و کاربرد روش پیشنهادی یک تجزیه و تحلیل حساسیت و مقایسه انجام دادند.

روش‌شناسی تحقیق

در این تحقیق روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن با نتایج روش NPV و IRR مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در ادامه روشی پیشنهاد می‌گردد که نتایج آن با نتایج حاصل از روش پرکاربرد NPV یکسان باشد. از آنجا که در پروژه‌های اقتصادی عوامل پیش‌بینی نشده‌ای ممکن است بر تصمیم‌گیری مدیران و ارزیابی‌های انجام گرفته اثرگذار باشد، لذا در ادامه روشی ارائه می‌شود که ضمن بکارگیری روش‌های اصلاحی جهت برطرف نمودن نواقص موجود در روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده و یکسان بودن نتایج حاصل از آن با نتایج حاصل از روش NPV جهت ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌های دفاعی، اطلاعات را به صورت فازی دریافت نموده و محاسبات را با توجه به این اطلاعات ورودی انجام می‌دهد. لذا بدین منظور پروژه‌های ناسازگار با طور عمر متفاوت و داده‌های اولیه غیرقطعی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و

¹ Lavrynenko

² Boltürk and Seker

در نهایت با استفاده از روش لی و لای^۱ رتبه‌بندی و مناسب‌ترین پروژه به لحاظ سودآوری انتخاب می‌شود.

منطق فازی

واژه‌ی فازی در فرهنگ لغت آکسفورد به صورت مبهم، گنگ، نادقیق، گیج، مغشوش، در هم و نامشخص تعریف شده است.

منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور لطفی زاده^۲، طی مقاله‌ای تحت عنوان مجموعه-های فازی^۳ ارائه شد. کاربرد اصلی این منطق در شرایط عدم اطمینان است و طبق این منطق، به سادگی می‌توان بسیاری از مفاهیمی را که در قالب اعداد کمی نمی‌گنجد و به نوعی متغیر زبانی به حساب می‌آیند، به شکل ریاضی فرمول‌بندی نمود و از آن‌ها در جهت تصمیم‌گیری استفاده کرد.

برخی مفاهیم اولیه در مورد مجموعه‌های فازی

متغیرهای زبانی

متغیر زبانی، متغیری است که مقادیر آن کلمات یا جملات یک زبان طبیعی و یا مصنوعی باشد. همانگونه که در محاسبات ریاضی از متغیرهای عددی استفاده می‌گردد، در منطق فازی نیز از متغیرهای زبانی^۴ استفاده می‌شود. متغیرهای زبانی بر اساس ارزش‌های زبانی که در مجموعه عبارت قرار دارند بیان می‌شوند. عبارت زبانی صفاتی برای متغیرهای زبانی هستند و مقادیر مورد قبول برای این متغیرها به جای اعداد، کلمات و جملات زبان‌های انسانی یا ماشینی هستند (لطفی زاده، ۱۹۷۵).

تابع عضویت

تعلق یا عضویت یک عضو به یک مجموعه مفهومی کاملاً قطعی و دقیق است. بنابراین یک شی یا عضو یک مجموعه است و یا نیست. پس تابع عضویت فقط می‌تواند دو مقدار ۰ و ۱ را داشته باشد. به منظور توصیف تغییرات تدریجی و اندک، لطفی‌زاده درجات بین ۰ و ۱ و مفهوم عضویت درجه‌بندی شده را معرفی کرده است. بر اساس این نظریه، یک عدد فازی، مجموعه فازی خاصی به صورت زیر است.

$$\tilde{A} = x \in R / \mu_{\tilde{A}}(x)$$

¹ Lee and Li

² Zadeh

³ Fuzzy sets

⁴ Linguistic variables

که در آن x ، مقادیر حقیقی عضو مجموعه R را می‌پذیرد و تابع عضویت آن به صورت $\mu_{\bar{A}}(x)$ است.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in A \\ 0 & \text{if } x \notin A \end{cases}$$

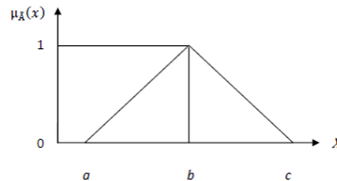
حال اگر برد تابع بالا را از مجموعه دو عضوی $\{0 و 1\}$ را به بازه $[0 و 1]$ گسترش دهیم، تابعی خواهیم داشت که به هر عضو x ، عددی از بازه $[0 و 1]$ را نسبت می‌دهد. این تابع تابع عضویت A نامیده می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\mu_{\bar{A}}: X \rightarrow [0 و 1]$$

مجموعه \bar{A} که به هر x از X ، در بازه $[0 و 1]$ را نسبت می‌دهد، یک زیر مجموعه فازی از X نامیده می‌شود. در این مجموعه نزدیکی بیشتر به یک نشان دهنده تعلق بیشتر x به مجموعه \bar{A} و نزدیکی بیشتر به صفر نشان دهنده تعلق کمتر x به مجموعه \bar{A} است (آذر و فرجی، ۱۳۷۸).

اعداد فازی

یک عدد فازی به وسیله یک بازه از اعداد حقیقی که هر کدام یک درجه عضویت بین ۰ و ۱ را دارند مشخص می‌شود. بیشترین اعداد فازی مورد استفاده، اعداد فازی مثلثی و دوزنقه‌ای هستند. اعداد فازی مثلثی، به دلیل محاسبات ساده‌تر، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این رو، ما نیز در این تحقیق از اعداد فازی مثلثی استفاده می‌کنیم. عدد فازی مثلثی به وسیله سه عدد حقیقی به صورت (a, b, c) تعریف می‌شود شکل ۱ عدد فازی مثلثی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: عدد فازی مثلثی (\bar{A})

b محتمل‌ترین مقدار عدد فازی مثلثی است. این اعداد دارای تابع عضویتی هستند که شامل دو بخش خطی چپ و راست است که در راس $(b, 1)$ به هم متصل می‌شوند.

رتبه‌بندی فازی

رتبه‌بندی اعداد فازی^۱ بر اساس یک یا چند ویژگی مختلف از اعداد فازی صورت می‌گیرد. این ویژگی ممکن است مرکز ثقل، ناحیه زیر تابع عضویت و یا تقاطع بین مجموعه‌ها باشد. یک روش رتبه‌بندی، ویژگی مشخصی از اعداد فازی را در نظر گرفته و آن‌ها را بر اساس این ویژگی رتبه‌بندی می‌کند. در این روش گزینه‌های مختلف با استفاده از معیارهای مختلف با یکدیگر مقایسه و در نهایت گزینه با بهترین شرایط انتخاب می‌شود (اصغریور، ۱۳۷۸).

روش‌های مختلفی برای رتبه‌بندی اعداد فازی وجود دارد و بسیاری از این روش‌های رتبه‌بندی برای تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی ارائه شده‌اند. که در ادامه به ذکر چند نمونه از این روش‌ها اشاره می‌شود.

- رتبه بندی با استفاده از برش α^2
- رتبه بندی با استفاده روش آدامو^۳
- رتبه بندی با استفاده روش باکلی و چاناس^۴
- رتبه بندی با استفاده روش چن و هوانگ^۵
- رتبه بندی با استفاده روش لی و لای^۶

لی و لای یک روش میانگین ارزش تعمیم یافته را برای رتبه‌بندی و مقایسه اعداد فازی ارائه کردند. در این روش از دو معیار برای رتبه‌بندی استفاده می‌شود. نخستین معیار میانگین و دومین معیار انحراف استاندارد است. در این روش مجموعه‌ای بهتر است که میانگین بالاتر و انحراف استاندارد پایین‌تری داشته باشد. روش یاد شده یکی از منطقی‌ترین روش‌ها برای رتبه‌بندی اعداد فازی است. در حالی که یک مجموعه عدد فازی مثلی باشد، مقادیر میانگین و انحراف استاندارد به طریق زیر محاسبه می‌شوند (لی و لای، ۲۰۰۸).

$$\bar{x}(\bar{A}) = \frac{a+2b+c}{4}$$

$$\sigma(\bar{A}) = \frac{1}{18}(a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc)$$

بدین ترتیب دو عدد فازی به ترتیب زیر با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

¹ Fuzzy Ranking

² α -cut

³ Adamo

⁴ Buckley & Chanas

⁵ Chen & Huang

⁶ Lee & Li

$\bar{B} < \tilde{A}$	آنگاه	$\bar{x}_{(\bar{B})} < \bar{x}_{(\tilde{A})}$	- اگر
$\bar{B} < \tilde{A}$	آنگاه	$\sigma_{(\tilde{A})} < \sigma_{(\bar{B})}$	- اگر $\bar{x}_{(\bar{B})} = \bar{x}_{(\tilde{A})}$ و
$\bar{B} \approx \tilde{A}$	آنگاه	$\sigma_{(\tilde{A})} = \sigma_{(\bar{B})}$	- اگر $\bar{x}_{(\bar{B})} = \bar{x}_{(\tilde{A})}$ و

مفاهیم فازی در اقتصاد مهندسی

در این بخش مفاهیم اصلی اقتصاد مهندسی تحت محیط فازی معرفی می‌شوند. این مفاهیم عبارتند از ارزش زمانی پول، نرخ بهره اسمی و موثر، ارزش فعلی فازی، ارزش آینده فازی، ارزش یکنواخت سالیانه فازی.

ارزش زمانی پول

ارزش زمانی پول از اصول اساسی اقتصاد مهندسی است و کلیه تکنیک‌های موجود براساس ارزش زمانی پول بنا گذاشته شده‌اند. ارزش زمانی پول با یک نرخ بهره نشان داده شده و ارزش زمانی بالاتر به معنای نرخ بالاتر است. برای مثال یک نرخ بهره ۱۰ درصد در سال به این معنی است که مقدار پول در سال به میزان ۱۰ درصد رشد می‌کند.

در حالت فازی ارزش زمانی پول نه مثل حالت قبل قطعی است و نه احتمالی. این ارزش می‌تواند چنین بیان شود " حدود ۱۰ درصد در سال " یا بین " ۹ درصد تا ۱۱ درصد ". اصطلاح اول می‌تواند به وسیله اعداد فازی مثلثی و اصطلاح دوم می‌تواند به وسیله اعداد فازی دوزنقه‌ای بیان شود.

همچنین بر اساس منطق فازی و اعداد فازی مثلثی روابط زیر برقرار است.

$$\tilde{P} = (P_b, P_m, P_u) \quad \text{ارزش فعلی}$$

$$\tilde{F} = (F_b, F_m, F_u) \quad \text{ارزش آینده فازی}$$

$$\tilde{A} = (A_b, A_m, A_u) \quad \text{ارزش یکنواخت سالیانه فازی}$$

از اینرو بر اساس عملیات ریاضی اعداد فازی روابط زیر برقرار است (کارمن، ۲۰۰۸).^۱

$$1 \oplus \tilde{i} = (1, 1, 1) \oplus (i_b, i_m, i_u) = (1+i_b, 1+i_m, 1+i_u)$$

$$(1 \oplus \tilde{i})^n = (1+i_b)^n, (1+i_m)^n, (1+i_u)^n$$

$$\tilde{F} / (1 \oplus \tilde{i})^n = (F_b / (1+i_b)^n, F_m / (1+i_m)^n, F_u / (1+i_u)^n)$$

$$\tilde{P} \otimes (1 \oplus \tilde{i})^n = (P_b (1+i_b)^n, P_m (1+i_m)^n, P_u (1+i_u)^n)$$

¹ Kahraman

در حالت فازی رابطه بین پارامترها به صورت زیر بیان می‌شوند.

$$\tilde{A} = \tilde{P} \otimes (\tilde{A} / \tilde{P}, \tilde{I}, N)$$

$$(\tilde{P} / \tilde{A}, \tilde{I}, N) = (i_l(1+i_l)^n / (1+i_l)^n - 1, i_m(1+i_m)^n / (1+i_m)^n - 1, i_u(1+i_u)^n / (1+i_u)^n - 1)$$

$$\tilde{A} = \tilde{F} \otimes (\tilde{A} / \tilde{F}, \tilde{I}, N)$$

$$(\tilde{F} / \tilde{A}, \tilde{I}, N) = (i_u / (1+i_u)^n - 1, i_m / (1+i_m)^n - 1, i_l / (1+i_l)^n - 1)$$

در صورتیکه تصمیم‌گیرندگان بخواهند در بین m گزینه یکی را انتخاب کنند، می‌توانند از این رویکردها استفاده نموده و یکی از m گزینه که شرایط اقتصادی بهتری دارد را انتخاب نمایند.

همچنین ارزش یکنواخت سالیانه فازی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A\tilde{W}_k = (\sum_{j=1}^{N_{kj}} \frac{\tilde{A}_{kj}}{(1+i)^j} - \tilde{C}_k) \otimes (\tilde{A} / \tilde{P}, \tilde{I}, N) \oplus S_k(\tilde{A} / \tilde{F}, \tilde{I}, N)$$

در رابطه بالا \tilde{I} نرخ بهره، $\tilde{C}_k = (C_{kl}, C_{km}, C_{ku})$ هزینه اولیه k امین گزینه، N_k طول عمر k امین گزینه، \tilde{A}_{kj} جریان نقدی ز امین دوره برای k امین گزینه و \tilde{S}_k ارزش اسقاطی k امین گزینه است. پس از محاسبه تمام گزینه‌ها، می‌بایست گزینه‌های مختلف برای مقایسه با یکدیگر رتبه‌بندی و مناسب‌ترین گزینه انتخاب شود.

نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده^۱ (MIRR)

در این بخش، روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده جهت ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها در نظر گرفته شده و به بررسی مزایا و معایب روش مذکور پرداخته می‌شود. سپس در جهت رفع نارسایی این روش برای پروژه‌های ناسازگار روش طول عمر مشترک پیشنهاد و در انتها روش مذکور را برای حالتی که داده‌ها به صورت غیرقطعی هستند به کار می‌گیریم.

MIRR به لحاظ مشخصات فنی برای پروژه یک تکنیک مشابه IRR است ولی محاسبات آن نسبت به IRR بسیار سریعتر و ریسک کمتری دارد. این معیار نه تنها ویژگی‌های نرخ بازگشت داخلی را دارد، بلکه بسیاری از مشکلات مرتبط با روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی

^۱ Modified Internal Rate of Return

را نیز حل می‌کند. نتیجه حاصل از این روش با نتیجه حاصل از روش NPV در بسیاری از موارد یکسان است. در مواردی که در پروژه‌های مختلف سرمایه‌گذاری چند سال به طول می‌انجامد، روش مذکور جریان نقدی را به دو فاز سرمایه‌گذاری و فاز بازگشت تقسیم کرده و محاسبات را براساس این دو فاز انجام می‌دهد. اما با این وجود ابهامات بسیاری همچنان در مورد آن وجود دارد.

روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$MIRR = \sqrt[n]{\frac{FV_B}{PV_C}} - 1$$

در رابطه بالا FV_B ارزش آینده تمامی درآمدها و PV_C ارزش فعلی کلیه هزینه‌ها و n برابر طول دوره است.

مثال عددی

دو پروژه A و B با مشخصات جدول ۱ را با استفاده از روش MIRR ارزیابی و با نتایج حاصل از روش NPV مقایسه می‌کنیم.

جدول ۱. جریان نقدی دو پروژه A و B

نام پروژه	A	B
هزینه اولیه	100	100
1	30	50
2	35	50
3	45	40
4	60	20
i	0.05	0.05

ارزیابی پروژه‌ها با استفاده از روش NPV

$$NPV_A = -100 + 30\left(\frac{1}{1.05}\right) + 35\left(\frac{1}{1.05}\right)^2 + 45\left(\frac{1}{1.05}\right)^3 + 60\left(\frac{1}{1.05}\right)^4 = 48.5523$$

$$NPV_B = -100 + 50\left(\frac{1}{1.05}\right) + 50\left(\frac{1}{1.05}\right)^2 + 40\left(\frac{1}{1.05}\right)^3 + 20\left(\frac{1}{1.05}\right)^4 = 43.9781$$

ارزیابی پروژه‌ها با استفاده از روش MIRR

$$MIRR_A = \sqrt[6]{\frac{30(1.05)^3 + 35(1.05)^2 + 45(1.05) + 60}{100}} - 1 = 0.16$$

$$MIRR_B = \sqrt[3]{\frac{50(1.05)^3 + 50(1.05)^2 + 40(1.05) + 20}{100}} - 1 = 0.15$$

محاسبات نشان می‌دهد که پروژه A اقتصادی‌تر از پروژه B است و نتایج ارزیابی‌ها با استفاده از هر دو روش NPV و MIRR یکسان است.

معایب روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده

با وجود مزایایی که برای روش نرخ بازگشت داخلی اصلاح شده بیان شد، ولی در برخی موارد روش مذکور جواب مناسب را ارائه نداده و نتایج حاصل از این روش با نتایج حاصل از روش NPV یکسان نیست. این روش در چند حالت، طرح‌های اقتصادی را به طور اشتباه ارزیابی نموده و در نتیجه رتبه‌بندی حاصل از آن با نتایج رتبه‌بندی حاصل از روش NPV متفاوت است.

- طرح‌ها دارای هزینه اولیه متفاوت باشند. هنگامی که هزینه اولیه طرح‌ها با یکدیگر متفاوت است، روش مذکور در بسیاری اوقات قادر به رتبه‌بندی صحیح پروژه‌ها نیست.

- طرح‌ها دارای طول عمرهای متفاوتی باشند. در مواردی که طرح‌ها دارای طول عمر نابرابر باشند نیز این روش ارزیابی صحیحی از طرح‌های مورد مطالعه نداشته و نتایج حاصل از آن با نتایج حاصل از روش NPV متفاوت است.

مثال عددی

سه پروژه P، Q و F با طول عمرهای متفاوت مطابق جدول ۲ جهت ارزیابی اقتصادی در حالتی که داده‌ها به صورت قطعی هستند با استفاده از روش MIRR ارزیابی و با نتایج حاصل از روش NPV مقایسه می‌کنیم.

جدول ۲. جریان نقدی سه پروژه با طول عمرهای متفاوت در حالت قطعی

نام پروژه	P	Q	F
هزینه اولیه	150	150	150
1	40	85	120
2	60	70	145
3	85	145	-
4	110	-	-
5	95	-	-
6	60	-	-

i	0.12	0.12	0.12
---	------	------	------

ارزیابی پروژه‌ها با استفاده از روش NPV

$$NPV_P = -150 + 40\left(\frac{1}{1.12}\right) + 60\left(\frac{1}{1.12}\right)^2 + 85\left(\frac{1}{1.12}\right)^3 + 110\left(\frac{1}{1.12}\right)^4 + 95\left(\frac{1}{1.12}\right)^5 + 60\left(\frac{1}{1.12}\right)^6 = 148.26$$

$$NPV_Q = -150 + 85\left(\frac{1}{1.12}\right) + 70\left(\frac{1}{1.12}\right)^2 + 145\left(\frac{1}{1.12}\right)^3 - 150\left(\frac{1}{1.12}\right)^4 + 85\left(\frac{1}{1.12}\right)^5 + 70\left(\frac{1}{1.12}\right)^6 + 145\left(\frac{1}{1.12}\right)^6 = 145.34$$

$$NPV_F = -150 + 120\left(\frac{1}{1.12}\right) + 145\left(\frac{1}{1.12}\right)^2 - 150\left(\frac{1}{1.12}\right)^3 + 120\left(\frac{1}{1.12}\right)^4 + 145\left(\frac{1}{1.12}\right)^5 - 150\left(\frac{1}{1.12}\right)^6 + 120\left(\frac{1}{1.12}\right)^6 = 176.95$$

نتایج محاسبات نشان می‌دهد که بیشترین NPV مربوط به پروژه F و رتبه‌بندی پروژه‌ها به صورت $F > P > Q$ است.

ارزیابی پروژه‌ها با طول عمر متفاوت با استفاده از روش MIRR

$$MIRR_P = \sqrt[6]{\frac{40(1.12)^5 + 60(1.12)^4 + 85(1.12)^3 + 110(1.12)^2 + 95(1.12) + 60}{150}} - 1 = 0.25$$

$$MIRR_Q = \sqrt[3]{\frac{85(1.12)^2 + 70(1.12) + 145}{150}} - 1 = 0.30$$

$$MIRR_F = \sqrt[2]{\frac{120(1.12) + 145}{150}} - 1 = 0.36$$

نتایج محاسبات نشان می‌دهد که بیشترین MIRR مربوط به پروژه F و رتبه‌بندی پروژه‌ها با نتایج حاصل از روش NPV متفاوت و به صورت $F > Q > P$ است.

یافته‌های پژوهش

هنگام ارزیابی پروژه‌هایی با طول عمر متفاوت، نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده کارایی لازم را نداشته و قادر به ارزیابی درست پروژه‌های مذکور نیست. در صورتی که در فرآیند مالی پروژه‌های مورد مطالعه اصلاحاتی صورت گیرد، این روش قادر خواهد بود تا ارزیابی صحیحی از پروژه‌های مذکور ارائه داده و به نتایج قابل اطمینان منجر شود. برای رسیدن به این هدف هنگامی که چند پروژه با طول عمر متفاوت تحت مطالعه باشد، پروژه‌ها باید با عمر یکسان مورد مقایسه قرار گیرند بدین ترتیب که عمر مشترکی برای پروژه‌ها در نظر گرفته و پروژه‌ها را بر اساس عمر مشترک ارزیابی و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم. بدین

منظور جریان مالی ارائه شده در جدول ۲ را با استفاده از روش جدید (MIRR*) محاسبه نموده و نتیجه حاصل را با سایر روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها مقایسه می‌کنیم. ارزیابی پروژه‌ها با طول عمر متفاوت با استفاده از روش پیشنهادی

$$MIRR^*_P = \sqrt[6]{\frac{40(1.12)^5 + 60(1.12)^4 + 85(1.12)^3 + 110(1.12)^2 + 95(1.12) + 60}{150}} - 1 = 0.26$$

$$MIRR^*_Q = \sqrt[6]{\frac{85(1/12)^5 + 70(1/12)^4 + 145(1/12)^3 - 150(1/12)^2 + 85(1/12) + 145}{150}} - 1 = 0.25$$

$$MIRR^*_F = \sqrt[6]{\frac{120(1/12)^5 + 145(1/12)^4 - 150(1/12)^3 + 120(1/12)^2 + 145(1/12) + 145}{150}} - 1 = 0.27$$

جدول ۳. رتبه‌بندی پروژه‌ها با استفاده از روش‌های مختلف ارزیابی

نام روش	نتیجه رتبه‌بندی
NPV	F > P > Q
IRR	F > Q > P
MIRR	F > Q > P
MIRR*	F > P > Q

نتایج محاسبات نشان می‌دهد در صورتی که برای ارزیابی پروژه‌هایی با طول عمر متفاوت از روش MIRR با طول عمر مشترک استفاده شود، نتایج حاصله با نتایج حاصل از روش NPV یکسان خواهد بود.

روش پیشنهادی جهت داده‌های غیر قطعی

بر طبق تعریف، هزینه‌های سالیانه، درآمدها، نرخ بهره و عمر پروژه از پارامترهای موثر بر نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده هستند که تقریباً هیچ‌کدام از آن‌ها را نمی‌توان بصورت قطعی پیش‌بینی کرد. از اینرو برای تعیین آن‌ها می‌توان بر اساس یک سری اطلاعات از افراد خبره استفاده نمود. لذا این پارامترها قابلیت آن را دارند تا بصورت فازی در محاسبات وارد شوند. در این تحقیق پارامترهای فازی که شامل درآمدها، هزینه‌ها و نرخ بهره است، بصورت اعداد فازی مثلثی بیان می‌شوند.

نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده فازی (MIRR)

این روش با استفاده از اعداد فازی مثلی به ارزیابی اقتصادی پروژه‌های ناسازگار در حالتی که داده‌ها به صورت غیرقطعی هستند پرداخته و طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\overline{MIRR} = \left(\sqrt[n]{\frac{FV}{IO}} \right) \ominus (1, 1, 1)$$

پارامترهای ورودی روش پیشنهادی به شرح ذیل می‌باشند.

ارزش آینده	FV
ارزش فعلی	PV
نرخ سود (بهره)	i
سال (تعداد دوره)	n
سرمایه اولیه	IO
عمر k امین گزینه	N_k
نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده فازی	\overline{MIRR}
نرخ بهره فازی	$\tilde{I} = (i_1, i_m, i_u)$
ارزش فعلی خالص فازی	$\tilde{P} = (P_1, P_m, P_u)$

پس از انجام محاسبات بالا، پروژه‌ها با استفاده از روش لی و لای رتبه‌بندی و با یکدیگر

مقایسه می‌شوند.

مثال عددی

جدول ۴ جریان نقدی مربوط به سه پروژه ناسازگار با طول عمر متفاوت و هزینه اولیه یکسان را نشان می‌دهد با استفاده از روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده فازی پروژه‌ها را ارزیابی نموده و در نهایت با استفاده از روش رتبه‌بندی لی و لای آن‌ها را رتبه‌بندی می‌نماییم.

جدول ۴. جریان نقدی سه پروژه با طول عمرهای متفاوت و هزینه اولیه یکسان در حالت فازی

نام پروژه	X	Y	Z
هزینه اولیه	(170, 230, 290)	(170, 230, 290)	(170, 230, 290)
1	(117, 200, 285)	(245, 300, 360)	(160, 184, 220)
2	(220, 245, 270)	(135, 175, 265)	(215, 255, 280)
3	(124, 180, 235)	-	(270, 295, 325)
4	(200, 225, 250)	-	-
5	(195, 218, 245)	-	-
6	(220, 125, 250)	-	-
i	(0.21, 0.25, 0.29)	(0.21, 0.25, 0.29)	(0.21, 0.25, 0.29)

$$\overline{\text{MIRR}}_x^* = \sqrt[6]{\frac{(117, 200, 285)(1.21, 1.25, 1.29)^5 + (220, 245, 270)(1.21, 1.25, 1.29)^4 + (124, 180, 235)(1.21, 1.25, 1.29)^3 + (200, 225, 250)(1.21, 1.25, 1.29)^2 + (195, 218, 245)(1.21, 1.25, 1.29) + (220, 125, 250)}{(170, 230, 290)}} \\ -(1,1,1) = (0.3485, 0.4688, 0.6354)$$

$$\overline{\text{MIRR}}_y^* = \sqrt[6]{\frac{(245, 300, 360)(1.21, 1.25, 1.29)^5 + (-155, -55, 95)(1.21, 1.25, 1.29)^4 + (245, 300, 360)(1.21, 1.25, 1.29)^3 + (-155, -55, 95)(1.21, 1.25, 1.29)^2 + (245, 300, 360)(1.21, 1.25, 1.29) + (135, 175, 265)}{(170, 230, 290)}} \\ -(1,1,1) = (0.2169, 0.4131, 0.6318)$$

$$\overline{\text{MIRR}}_z^* = \sqrt[6]{\frac{(160, 184, 220)(1.21, 1.25, 1.29)^5 + (215, 255, 280)(1.21, 1.25, 1.29)^4 + (-20, 65, 155)(1.21, 1.25, 1.29)^3 + (160, 184, 220)(1.21, 1.25, 1.29)^2 + (215, 255, 280)(1.21, 1.25, 1.29) + (270, 295, 325)}{(170, 230, 290)}} \\ -(1,1,1) = (0.33, 0.4583, 0.6087)$$

جدول ۵. جدول نتایج میانگین و انحراف معیار پروژه‌ها

نام پروژه	\bar{X}	σ
X	0.480375	0.003459
Y	0.418725	0.00718
Z	0.463825	0.003243

نتیجه رتبه‌بندی با استفاده از روش لی و لای نشان می‌دهد که پروژه X اقتصادی‌تر بوده و رتبه‌بندی پروژه‌ها به صورت $X > Z > Y$ است.

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده به عنوان یکی از روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها معرفی شد. اما کاربرد این روش با مشکلات زیادی همراه بود، از جمله اینکه در ارزیابی اقتصادی پروژه‌هایی با طول عمر متفاوت ناموفق عمل می‌کرد. برای حل مشکل ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌های با عمر متفاوت استفاده از طول عمر مشترک برای تمام پروژه‌ها پیشنهاد و برای تحلیل و فهم بهتر روش ارائه شده مثال عددی ارائه شد. با نگاهی به مثال ارائه شده و مقایسه نتیجه حاصل از این روش با نتیجه حاصل از سایر روش‌ها، مشاهده گردید که روش مذکور نواقص موجود در روش نرخ بازگشت سرمایه داخلی

اصلاح شده را در ارتباط با داده‌های قطعی بر طرف می‌کند. لذا با استفاده از این روش در شرایطی که داده‌ها به صورت قطعی هستند می‌توان پروژه‌ها را ارزیابی نمود. اما از آنجایی که در دنیای واقعی برای انجام بسیاری از پروژه‌ها نیازمند جمع‌آوری اطلاعات از افراد خبره هستیم و این اطلاعات تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی قرار می‌گیرند، لذا در این زمینه با نوعی عدم قطعیت در اطلاعات ورودی مواجه خواهیم شد. در زمینه اطلاعات ورودی غیرقطعی نیز استفاده از منطق فازی پیشنهاد گردید. با بهره‌گیری از پارامترهای فازی، روش پیشنهادی را با استفاده از اعداد فازی مثلثی حل و در نهایت با ذکر مثالی به ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌های با طول عمر متفاوت پرداخته شد. نتایج عددی بدست آمده نشان دادند که روش مورد بررسی، روشی مناسب و قابل اطمینان برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌های سازمانی بوده و می‌توان هنگام ارزیابی اقتصادی چند پروژه، آن‌ها را از نظر سودآور بودن تحلیل و در پایان رتبه‌بندی کرد. از آنجایی که بسیاری از پروژه‌های دفاعی در زمره پروژه‌های پیچیده و مبهم هستند، عدم قطعیت در این پروژه‌ها امری گریزناپذیر بوده، لذا مطالعات پژوهشی زیر جهت تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد.

- محاسبه نرخ بازگشت سرمایه داخلی اصلاح شده در شرایط عدم قطعیت با در نظر گرفتن نرخ مالیات و استهلاک
- استفاده از روش پیشنهادی جهت پروژه‌های با عمر نامحدود
- استفاده از روش پیشنهادی با در نظر گرفتن تورم

همچنین از آنجایی که شناسایی عوامل تاثیرگذار در عدم قطعیت، در پروژه‌ها کمک می‌کند تا ابهامات و عدم قطعیت را بهتر درک نموده و بهبودهای لازم را در مدیریت پروژه اعمال نمود، پیشنهاد می‌گردد در پروژه‌های دفاعی عوامل تاثیرگذار در عدم قطعیت نظیر: تغییرات در نیازها و الزامات، محدودیت‌های منابع، عوامل خارجی، پیچیدگی‌های فنی و ارتباطات نامناسب، که همگی از عوامل تاثیرگذار در عدم قطعیت هستند در محاسبات اقتصادی مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

- آذر، عادل. فرجی، حجت. (۱۳۸۷). علم مدیریت فازی. چاپ سوم، تهران موسسه کتاب مهربان نشر، صفحه ۹۲-۳۷.
- اصغریور، محمدجواد. (۱۳۷۸). تصمیم‌گیری‌های چند معیاره. چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۳۷۳-۳۹۶.
- اسکونژاد، محمد مهدی. (۱۳۹۰). اقتصاد مهندسی. چاپ سی و ششم، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صفحه ۸-۱۵۷.

- باقرزاده، علی. کمیجانی، اکبر. (۱۳۸۹). اندازه‌گیری و تحلیل نرخ بازگشت سرمایه‌گذاری در تحقیقات کشاورزی ایران، صفحه ۱۷۸-۲۰۱
- بابایی، بهنام و جاسبی، عبدالله. (۱۴۰۰). محاسبه میزان اقتصادی بودن فرایندهای مالی سرمایه‌گذاری فازی با به کارگیری شاخص نرخ بازده سرمایه اقتصادی قابل اعتماد، دوفصلنامه پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره: ۱۲، شماره: ۱
- جعفری اسکندری، میثم. صابونیان، مهرداد و دری، محسن. (۱۳۹۶). ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها در شرایط عدم قطعیت با استفاده از منطق فازی. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی صفر و یک. راهبرد مدیریت مالی، صفحه ۱۷۱-۱۸۴.
- سپهوند، حدیث. (۱۳۸۹). پیش‌بینی نرخ بازگشت سرمایه با استفاده از سیستم عصبی فازی با نگرش ویژه به صنعت سیمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- عالم تبریز، اکبر، روغنیان، عماد، و مجیبیان، فاطمه. (۱۳۹۱). یک مدل ترکیبی برای رتبه بندی اعداد فازی غیرنرمال. نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دوره ۲۳. شماره ۱. صفحات ۱۳۰-۱۳۷.
- قلی‌پور، میترا. پورحاجی، زهرا. خلیق دوست، فاطمه و فقیه نیا ترشیزی، یوسف (۱۳۹۹). مقایسه روشهای ارزیابی اقتصادی NPV، MIRR، AIRR و IRR کالسیک در تحلیل عملکرد استقرار سیستم مدیریت ایمنی، سلامت و محیط زیست سلامت کار ایران. دور ۱۷-۱۳۹۹/۳۵.
- Alston, J. M. and Pardy, G.P. (2007). *Attribution and other problems in assessing the returns to agricultural R&D*. *Agricultural Economics*, 25, 212-254.
- Alston, J.M., Andersen, M.A. James, J.S. and Pardey, P.G. (2011). *The economic returns to U.S. public agricultural research*. *American Journal of Agricultural Economics* 5, 1257-1277.
- Altshuler, D., Magni, C.A. (2011). *why IRR is not the rate of return for your investment: introducing AIRR to the real estate community.*, Department of Economics Cefin - Center. 18, 1-23.
- Burns, R. M., & Walker, J. (1997). *Investment techniques among the Fortune 500: A rationale approach*. *Managerial Finance*, V 239, 3-15.
- Bierman, Harold Jr., and Seymour Smidt. (1993). *The Capital Budgeting Decision. Economic Analysis of Investment Projects*. New York: Macmillan Publishing Company. 424.
- Buckley, J. (1987). *The fuzzy mathematics of finance*. *Fuzzy Sets and Systems* 21, 257-273.
- Chiu, C.Y., Park, C.S. (1994). *Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion*. *The Engineering Economist* 39, 113-138.
- Cary, D., Dunn, M. (1997). *adjustment of modified internal rate of return for scale and time span differences*. *the Academy of Accounting and Financial Studies* 2, 57-63.
- Cheremushkin, S.V. (2012). *Logic and mathematical arguments of facility of implicit reinvestment assumption supposedly embedded in formulas of cash flow discounting and internal interest rate*. Mordovian State University.
- D. Giovanni and I. Massabo. (2018). "Capacity investment under uncertainty: The effect of volume flexibility", *International Journal of Production Economics*, vol. 198, pp. 165-176.
- E. Boltürk and S. Seker. (2023). "Spherical Fuzzy Present Worth Analysis Method for Emergency Hospital Investment Analysis," in *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 70, no. 8, pp. 2891-290.
- F. Lefley. (2018). "Dispelling the Myth Around the Financial Appraisal of Capital Projects," in *IEEE Engineering Management Review*, vol. 46, no. 1, pp. 47-51, 1 Firstquarter.

- Guerra, M. L., Magni, C.A. (2012). *Stefanini, L. Interval and fuzzy Average Internal Rate of Return for investment appraisal. Applied Mathematical Sciences, 1-34.*
- Hajdasinski, M. (1996). *Technical note: Adjusting the modified internal rates of return. The Engineering Economist 41, 173-186.*
- Kuchta, D. (2001). *A fuzzy model for R&D project selection with benefit, outcome and resource interactions. The Engineering Economist 46, 164-180.*
- Kahraman, C., Ruan, D., Tolga, E. (2002). *Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows. Information Sciences 142, 57-76.*
- Kahraman, C. (2008). *Fuzzy Engineering Economics with Appl. springerlink.com, pp. 71-81.*
- Kierulff, H. (2008). *MIRR: A better measure". Business Horizons 51, 321-329.*
- Kosiński, W., Kościński, K. (2013). *Ordered fuzzy numbers approach to an investment project evaluation 4. 50-62*
- K. Wu, Z. Xu and C. Duan. (2011). *"Research and Implementation of Evaluation System Model for Grid Investment Based on Improved Fuzzy-AHP Method," 10th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science, Wuxi, China., pp. 350-353*
- Li-Wei Lee, Shyi-Ming Chen. (2008). *Fuzzy risk analysis based on fuzzy numbers with different shapes and different deviations. Department of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan, ROC. Volume 34, Issue 4, May 2008, Pages 2763-2771*
- Lee, H. K. (2005). *First Course on Fuzzy Theory and Application. Springer, 129-215.*
- Millan, J., Rebollar, s., Salazar, J. (2008). *Fertilizers manufacturing mixes of corn and potatoe in Toluca Valley, State of Mexico. V 23*
- Magni, C. A. (2012). *Average internal rate of return and investment decisions: a new perspective. Engineering Economist, 2, 150-180.*
- Osborne, M.J. (2010). *A resolution to the NPV-IRR debate? The Quarterly Review of Economics and Finance 50, 234-239.*
- Simonelli, M.R., Biacino, L. (1992). *The interval rate of return of fuzzy cash flows, Stochastica, 13-22.*
- Scanches, A.L., Igor, E.G., Pamplona, E.O., Montevechi, J.A.B. (2004). *an interpretation for the internal rate of return through fuzzy calculation, 1-19.*
- S. -H. Liao and S. -H. Ho. (2010). *"Investment Project Valuation Based on the Fuzzy Real Options Approach," International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence, Hsinchu, Taiwan, 2010, pp. 94-101.*
- S. Lavrynenko, G. Kondratenko, I. Sidenko and Y. Kondratenko. (2020). *"Fuzzy Logic Approach for Evaluating the Effectiveness of Investment Projects," IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Zbarazh, Ukraine, pp. 297-300.*
- T. Detmote, P. Teansri, P. Bhasaputra and W. Pattaraprakorn. (2010). *"Outage cost application in economic value evaluation of 115/22 kV substation construction for electronic industrial customers," The 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, Chiang Mai, Thailand., pp. 1285-1289.*
- V. Hagspiel, K. J.M. Huisman, Peter M. Kort. (2016). *"Volume flexibility and capacity investment under demand uncertainty" 2016 International Journal of Production Economics Volume 178., Pages 95-108*
- V. B. Gisin and E. S. Volkova. (2017). *"Internal rate of return of investment projects with fuzzy interactive payments," 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), St. Petersburg, Russia, , pp. 731-733.*
- Y. Kondratenko, G. Kondratenko, I. Sidenko and M. Taranov. (2019). *"Intelligent Information System for Investment in Uncertainty," 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), Metz, France. pp. 216-221.*

Zadeh, L.A. (1975). *The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-I Information Science*, 199- 249.