

Feasibility Analysis of Investment Projects with Fuzzy Data

Najmeh Ghandehary¹, Majid Esmaelian^{2*}

1- M.Sc., Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran

najmehghandehary@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran
 m.esmaelian@ase.ui.ac.ir

Abstract

In an uncertain economic decision environment, the knowledge of experts about discounting cash flows is confronted with a lot of ambiguities. Inexact parameters like cash flows and interest rates are usually estimated based on statistical techniques, expected values and fuzzy theory. In this study, by combining the fuzzy theory and Monte Carlo simulation, a method is presented for feasibility analysis of the investment projects using net present value and internal rate of return techniques with fuzzy data. The methods provided in literature have several gaps. Firstly, some of these methods are based on specific fuzzy numbers (triangular and trapezoidal); secondly, they consider life of project and duration of investment as deterministic values or discrete fuzzy numbers. However, in many real problems, cash flows are in the form of fuzzy numbers with different shape and also project life is considered as continuous fuzzy number. The Method is presented in this paper can be used for cash flows, interest rates and life of project without any restrictions on shape of fuzzy numbers as discrete or continuous fuzzy number. Computational efficiency of the proposed method is compared with other methods by solving several examples. The results show the accuracy and efficiency of the proposed method.

Keywords: Feasibility analysis, Fuzzy theory, Monte Carlo simulation, Fuzzy net present value, Fuzzy internal rate of return

امکان‌سنجی طرح‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از داده‌های فازی

نجمه قندهاری^۱، مجید اسماعیلیان^{۲*}

۱- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

najmehghandehary@yahoo.com

۲- استادیار، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

m.esmaelian@ase.ui.ac.ir

چکیده

در محیط نامطمئن اقتصادی، دانش افراد خبره دربارهٔ تنزیل جریان‌های نقدی با ابهام بسیار زیادی مواجه است. مقادیر جریان‌های نقدی و نرخ بهره به‌طور معمول، براساس روش‌های آماری یا مقادیر مدّ نظر حدس زده می‌شود. نظریهٔ فازی در تخمین پارامترهای نادقیق می‌تواند به کار گرفته شود. در این پژوهش با ترکیب نظریهٔ مجموعه‌های فازی و شبیه‌سازی مونت کارلو، روشی برای ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از روش‌های ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی با داده‌های فازی ارائه شده است. روش‌های پیشین، چندین نقص دارد: اولاً، برخی از این روش‌ها بر اعداد فازی خاص (مثلثی و ذوزنقه‌ای) مبتنی است؛ دوماً، دورهٔ عمر طرح و مدت‌زمان سرمایه‌گذاری را به‌صورت مقادیر قطعی یا اعداد فازی گسسته در نظر می‌گیرد؛ در حالی که در بسیاری از مسائل واقعی، علاوه بر اینکه جریان‌های نقدی به‌صورت اعداد فازی با اشکال مختلف است، دورهٔ عمر طرح به‌صورت عدد فازی پیوسته در نظر گرفته می‌شود. برای رفع این نقص، در این مقاله روش مبتنی بر شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی ارائه می‌شود که آن را بدون هیچگونه محدودیتی برای جریان‌های نقدی و نرخ‌های بهره و دورهٔ عمر طرح با انواع اعداد فازی و به‌صورت مقادیر فازی گسسته و پیوسته می‌توان استفاده کرد. با حل چندین مثال، کارایی محاسباتی روش پیشنهادی در قیاس با روش‌های پیشین نشان داده می‌شود و نتایج بدست آمده مشخص می‌کند دقت و کارایی این روش زیاد است.

واژه‌های کلیدی: امکان‌سنجی، ارزش فعلی خالص فازی، شبیه‌سازی مونت کارلو، نرخ بازده داخلی فازی، نظریهٔ فازی

مقدمه

در دهه‌های اخیر به دلیل پیشرفت علوم و مباحث مالی، تحول عظیمی رخ داد که انتخاب و تصمیم‌گیری درباره‌ی رد یا پذیرش هر طرحی را دشوار کرده است. تحلیل طرح‌ها و انتخاب از میان راه‌حل‌های ممکن برای هر طرح بسیار حساس است و تنها با استفاده از روش‌هایی بررسی می‌شود که در ارزیابی مالی - اقتصادی، اهمیت اساسی دارد. روش‌های سنتی مانند ارزش فعلی خالص، نرخ بازده داخلی، نسبت منفعت به هزینه، دوره‌ی بازگشت سرمایه و نرخ بازده حسابداری برای ارزیابی طرح‌ها استفاده می‌شود. این روش‌ها به‌طور عمده در وضعیت اطمینان کامل استفاده‌شده‌اند است و احتمال‌ها و مخاطرات آتی را در نظر نمی‌گیرند؛ بنابراین با توجه به عدم اطمینانی که امروزه بر محیط کسب و کار حاکم است، باید از روش‌های پیچیده‌ای مانند نظریه‌ی بازی‌ها، اختیارات سرمایه‌گذاری، نظریه‌ی فازی و شبیه‌سازی مونت کارلو بهره‌برد که عدم اطمینان محیطی را نیز می‌توانند لحاظ کنند [۱۰].

هدف این پژوهش، توسعه‌ی محاسبات فازی با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی برای عامل‌های ارزش زمانی پول و روش‌های ارزش فعلی خالص و روش نرخ بازده داخلی است؛ به‌گونه‌ای که این ارزیابی‌ها به نوع اعداد فازی محدود نشود و در عین حال، فرایند انجام محاسبات، کارایی محاسباتی داشته باشد. نتایج حاصل از روش پیشنهادی در قالب چندین مثال عددی با روش‌های فازی دیگر پژوهشگران مقایسه شده است.

مبانی نظری

اگرچه در بسیاری از علوم از نظریه‌ی فازی در بررسی‌ها استفاده شده است، در تحلیل امکان‌سنجی

طرح‌ها، به این نظریه کم‌تر توجه شده است. در خارج از ایران، پژوهش‌هایی درباره‌ی در نظر گرفتن عدم اطمینان در روش‌های امکان‌سنجی همچون ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی انجام شده است که از آن جمله به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

قهرمان و رویان و تولگا^۱ (۲۰۰۲) در مقاله‌ی خود، جریان‌های نقدی احتمالی و روش‌های بودجه‌بندی سرمایه‌ای را در وضعیت فازی مطالعه کرده‌اند و معتقدند مشخصات جریان نقدی برخی از طرح‌های سرمایه‌گذاری ممکن است به‌صورت اعداد فازی مثلثی و هندسی باشد. آنها برای محاسبه‌ی ارزش فعلی، ارزش آتی و ارزش یکنواخت سالانه، دوره‌ی بازگشت سرمایه و نرخ بازده داخلی در وضعیت فازی و تحت مفروضات مرکب شدن پیوسته و گسسته، فرمول‌هایی ارائه می‌دهند. نتایج مقاله‌ی ایشان نشان می‌دهد نرخ بهره و مقادیر جریان نقدی به‌طور معمول با حدس‌های قوی یا استنتاج‌ها از داده‌های آماری به دست می‌آید؛ بنابراین در تخمین این موارد از اعداد فازی می‌توان کمک گرفت [۹]. بوکلی، اسلامی و فیورینگ^۲ (۲۰۰۲) برای محاسبه‌ی ارزش آتی، ارزش فعلی، ارزش فعلی اقساط مساوی، ارزش آتی اقساط مساوی، ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی در وضعیت فازی و با استفاده از اصل گسترش و اصل تفکیک، فرمول‌هایی ارائه داده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی فازی به واقعیت نزدیک‌تر است؛ زیرا این روش‌ها در ارتباط با جریان‌های نقدی آتی است و با فازی کردن آنها، ابهام موجود در وضعیت و داده‌های آتی را در محاسبات می‌توان لحاظ کرد [۴].

1. Kahraman, Ruan & Tolga
2. Buckley, Eslami & Feuring

با طول عمر بی‌نهایت، فرمول‌هایی ارائه داده است [۱۷]. گورا، مگنیب و استفیانی^۵ (۲۰۱۴) با اشاره به اینکه در ارزیابی سرمایه‌گذاری‌ها، عدم اطمینان را با فواصل یا اعداد فازی می‌توان مدیریت کرد، از اعداد فازی برای متوسط نرخ بازده داخلی بهره بردند و بدین ترتیب بر مشکلات نرخ بازده داخلی سنتی غلبه کردند. آنها در تنظیمات محاسبات فازی بین سرمایه‌گذاری موقت، سود و جریان‌های نقدی که عناصر تشکیل‌دهنده از متوسط نرخ بازده داخلی هستند، روابطی ایجاد و روابط بین متوسط نرخ بازده داخلی فازی و ارزش فعلی خالص فازی را بررسی کردند [۸]. شفیق و جامن^۶ (۲۰۱۶) بیان کرده‌اند در محیط اقتصادی نامطمئن، اتخاذ تصمیم‌های سرمایه‌گذاری دشوار شده است؛ از این‌رو، از شبیه‌سازی مونت کارلو برای تخمین دقیق‌تر تکنیک ارزش فعلی خالص استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد شبیه‌سازی مونت کارلو، ابزار مناسبی برای لحاظ کردن عدم قطعیت در ارزش فعلی خالص است [۱۶].

در پژوهش‌های داخلی نیز منطق فازی در ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری و عدم قطعیت در مسائل بودجه‌بندی سرمایه‌ای به کار گرفته شده است که از آن جمله به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

اکبری مقدم و خلیلی عراقی (۱۳۸۹) معتقدند روش‌های پیچیده بودجه‌بندی سرمایه‌ای شامل روش‌های شبیه‌سازی مونت کارلو، نظریه بازی‌ها و اختیارات سرمایه‌گذاری است. آنان کاربرد شیوه‌های پیچیده بودجه‌بندی سرمایه‌ای در صنعت پتروشیمی ایران را بررسی کرده‌اند. یافته‌های پژوهش آنها نشان می‌دهد عامل عدم قطعیت مالی (عدم قطعیت سود و عدم قطعیت نرخ تورم) در استفاده از روش‌های بودجه‌بندی

یائو، چن و لین^۱ (۲۰۰۵) با اشاره به ابهام‌های موجود در جریان‌های نقدی و نرخ تنزیل، الگوی فازی را برای جریان‌های نقدی تنزیل شده توسعه دادند. در این الگو، اطلاعات مبهم در قالب اعداد فازی مثلثی و برای ارزیابی دارایی‌های مالی شرکت به کار رفته است. نتایج این پژوهش، بیان‌کننده مزیت الگوی فازی جریان‌های نقدی تنزیل شده در مقایسه با الگوی سنتی آن است [۱۹]. کوچتا^۲ (۲۰۰۸) با اشاره به این مطلب که تعریف‌های ارائه شده برای نرخ بازده داخلی فازی به بررسی و بحث نیاز دارد، در ابتدا برای نرخ بازده داخلی در وضعیت اطمینان تعاریفی ارائه و سپس به فازی‌ساختن نرخ بازده داخلی سنتی توجه کرده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد در ارزیابی طرح، به کاربرد نرخ بازده داخلی فازی در مقایسه با روش سنتی مفیدتر است؛ زیرا گاهی مرز رد یا پذیرش طرح مبهم است و استفاده از الگوی فازی، ابهام موجود را می‌تواند در نظر بگیرد [۱۱]. یوستانداگ^۳ و همکاران (۲۰۱۰) الگوی نظام‌مندی برای ارزیابی مالی - اقتصادی سرمایه‌گذاری در RFID ارائه کردند. در این رویکرد، آنان منافع و مخارج ارزیابی سرمایه‌گذاری بر RFID را مشخص کردند و سپس با شبیه‌سازی مونت کارلو، ارزش فعلی خالص را به دست آوردند [۱۸]. تسائو^۴ (۲۰۱۲) برای محاسبه ارزش فعلی خالص هنگام مواجهه با عدم اطمینان، مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها را بیان کرده است. او برای تخمین جریان‌های نقدی و هزینه‌های سرمایه از اعداد فازی استفاده کرده و با محاسبات فازی استاندارد، برای محاسبه ارزش فعلی خالص یک طرح، ارزش یکنواخت سالیانه چند طرح با طول عمر برابر و نیز ارزش یکنواخت سالیانه طرح‌هایی

1. Yao, Chen & Lin
2. Kuchta
3. Ustundag
4. Tsao

5. Guerraa, Magnib & Stefaninic
6. Shaffie & Jaaman

روش شاخه و حد مقایسه کرده‌اند [۶]. عباس تبار و همکاران (۱۳۹۳) از نظریه مجموعه‌های فازی به عنوان ابزاری برای ارزیابی وضعیت عدم قطعیت استفاده کردند. آنان با فرض فازی بودن متغیرهای نرخ بهره و تورم، نرخ تبدیل ارز، دوره ساخت و دوره عمر مفید طرح (با توجه به وضعیت روز کشور) روابط کلاسیک اقتصاد مهندسی را در محیط فازی تعمیم دادند. نتایج این مقاله نشان می‌دهد روش‌های ارزیابی امکان‌سنجی فازی نسبت به روش‌های کلاسیک آن، به تصمیم‌گیران و مسئولان اجرایی کمک می‌کند با توجه به میزان حساسیت انتخاب هر سناریو نسبت به تغییر متغیرهای اقتصادی، سناریوی برتر را انتخاب کنند [۱].

در مطالعات گذشته، اگرچه روش‌های معمول امکان‌سنجی همچون روش‌های ارزش فعلی خالص و روش‌های یکنواخت سالیانه و نسبت منفعت به هزینه و نرخ بازده داخلی، با داده‌های فازی بیان شده است، این محاسبات در بیشتر موارد با فرض مثلثی بودن مقادیر فازی بسط یافته است؛ در حالی که مطالعه حاضر به دنبال آن است که روش‌های ارزیابی فازی برای کلیه اعداد فازی استفاده‌شدنی باشد و به نوع خاصی محدود نشود. در اغلب مطالعات گذشته از اصل گسترش و محاسبات بازه‌ای برای ارزیابی طرح‌ها با داده‌های فازی استفاده شده است؛ در حالی که این پژوهش از شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی بهره برده است که ترکیبی از روش شبیه‌سازی مونت کارلوی سنتی و نظریه فازی است. این روش، این امکان را فراهم می‌آورد تا تمامی پارامترهای ورودی در ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری همچون جریان‌های نقدی درآمندی و هزینه‌ای، نرخ بهره و دوره عمر را به صورت اعداد فازی بتوان لحاظ کرد.

سرمایه‌ای پیچیده، عامل تأثیرگذاری محسوب می‌شود و عدم قطعیت نرخ تورم، اصلی‌ترین عامل مؤثر در روش‌های بودجه‌بندی سرمایه‌ای است [۲].

قاسمی و محمودزاده (۱۳۸۹) با اشاره به اینکه فرض وجود قطعیت کامل در وضعیت تحلیل اقتصادی ایستا استفاده و سبب آسان‌تر شدن تجزیه و تحلیل اقتصادی می‌شود، بیان می‌کنند در عمل، به دلیل وجود ریسک و عدم قطعیت، به طور معمول بین آنچه پیش‌بینی شده و آنچه تحقق یافته است، تفاوت وجود دارد. آنها با استفاده از منطق فازی، الگویی برای ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری در وضعیت عدم قطعیت ارائه کردند و روش‌های مختلف ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری (روش‌های ارزش خالص کنونی، یکنواخت سالیانه، نسبت منفعت به هزینه و نرخ بازده داخلی) را با اعداد فازی مثلثی بسط دادند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد ممکن است طرحی پس از بررسی با روش‌های ارزیابی کلاسیک، توجیه مالی - اقتصادی داشته باشد؛ ولی در بررسی با روش‌های فازی توجیه نداشته باشد. این تفاوت ناشی از آن است که در روش فازی، وجود عدم قطعیت سبب تفاوت خروجی‌های الگو با حالت اول می‌شود [۷]. فریدونی و مرادیان بروجنی (۱۳۹۰) از مفاهیم فازی، برنامه‌ریزی شانس و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید (SA) به عنوان وسیله‌ای برای تعیین ارزش خالص فعلی چند طرح و در نهایت، انتخاب اقتصادی‌ترین آنها بهره گرفته‌اند. در این مقاله، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و فرایند مالی خالص سالیانه براساس مقدار اعتبار به صورت فازی در نظر گرفته شده است. آنان ابتدا تکنیک شبیه‌سازی فازی را برای محاسبه مقدار تابع هدف و مقدار اعتبار متغیرهای فازی به کار گرفته‌اند؛ سپس با استفاده از الگوریتم SA الگو را حل و با نتایج حاصل از شبیه‌سازی فازی، براساس الگوریتم ژنتیک و

$$A = \bigcup_{\alpha \in (0,1]} A^\alpha \quad (4)$$

علامت \cup به معنای اجتماع و مجموعه A^α یک مجموعه فازی است که برای هر $x \in \Omega$ به شکل زیر تعریف می‌شود [۱۲]:

$$A^\alpha = \alpha \cdot A_\alpha \quad (5)$$

تعریف ۳- عدد فازی مثلثی: عدد فازی مثلثی \tilde{A} با سه پارامتر $x_1 < x_m < x_2$ تعریف می‌شود که قاعده مثلث در بازه $[x_1, x_2]$ و رأس آن $x = x_m$ است. اعداد فازی مثلثی را به صورت زیر می‌توان نوشت [۳]:

$$\tilde{A} = Tri(x_1, x_m, x_2) \quad (6)$$

عدد فازی مثلثی با تابع عضویت زیر تعریف می‌شود [۱۲]:

$$\tilde{A}(x) = \begin{cases} \frac{x - x_1}{x_m - x_1}, & x_1 \leq x \leq x_m \\ \frac{x - x_2}{x_m - x_2}, & x_m \leq x \leq x_2 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (7)$$

برای به دست آوردن $\tilde{A}[\alpha]$ از رابطه زیر استفاده می‌شود [۱۳]:

$$A[\alpha] = [A^{L(\alpha)}, A^{U(\alpha)}] = [x_1 + \alpha(x_m - x_1); x_2 + \alpha(x_m - x_2)] \quad (8)$$

تعریف ۴- عدد فازی دوزنقه‌ای: عدد فازی دوزنقه‌ای \tilde{A} با چهار پارامتر $x_1 < x_1^m < x_2^m < x_2$ تعریف می‌شود که آن را به صورت زیر می‌توان نوشت [۱۲]:

$$\tilde{A} = Trap(x_1, x_1^m, x_2^m, x_2) \quad (9)$$

عدد فازی دوزنقه‌ای با تابع عضویت زیر تعریف می‌شود:

لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ نظریه فازی را برای اقدام در وضعیت عدم اطمینان معرفی کرد [۲۰]. این نظریه، بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌های نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی می‌تواند الگوسازی کند و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در وضعیت عدم اطمینان فراهم کند. این نظریه، تعمیم یا گسترش طبیعی نظریه مجموعه‌های قطعی است که با زبان و فهم طبیعی انسان‌ها نیز موافق است. این نظریه نیاز به اندازه‌گیری‌های دقیق را کاهش می‌دهد [۱۳]. در ادامه، نگاه گذرایی بر تعریف‌ها و اصطلاحات مرتبط با نظریه فازی خواهیم افکند.

تعریف ۱- برش α : اگر \tilde{A} یک زیرمجموعه فازی از مجموعه مرجع Ω باشد، برش α از مجموعه \tilde{A} به صورت $A[\alpha]$ نشان داده می‌شود [۳]:

$$A[\alpha] = A_\alpha = \{x \in \Omega \mid \tilde{A}(x) \geq \alpha\}, 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (1)$$

برای هر عدد فازی \tilde{A} ، برش $A[\alpha]$ یک بازه محدود و بسته برای $0 \leq \alpha \leq 1$ است که به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$A[\alpha] = [A^{L(\alpha)}, A^{U(\alpha)}] \quad (2)$$

در معادله بالا، $A^{L(\alpha)}$ و $A^{U(\alpha)}$ تابع افزایشی (کاهشی) از α است و در سطح $\alpha = 1$ خواهیم داشت [۳]:

$$A^{L(1)} = A^{U(1)} \quad (3)$$

تعریف ۲- اصل تفکیک^۱: اصل تفکیک بیان می‌کند که چگونه براساس برش‌های α ، مجموعه‌های فازی را می‌توان تشکیل داد.

1. Alpha-Cuts
2. Resolution Principle

$$\tilde{A}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq x_1 \\ 2 \left(\frac{x-x_1}{x_1^m - x_1} \right), & x_1 \leq x \leq \frac{x_1 + x_1^m}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{x-x_1^m}{x_1^m - x_1} \right), & \frac{x_1 + x_1^m}{2} \leq x \leq x_1^m \\ 1, & x_1^m \leq x \leq x_2^m \\ 1 - 2 \left(\frac{x-x_2^m}{x_2 - x_2^m} \right), & x_2^m \leq x \leq \frac{x_2^m + x_2}{2} \\ 2 \left(\frac{x-x_2}{x_2 - x_2^m} \right), & \frac{x_2^m + x_2}{2} \leq x \leq x_2 \\ 0, & x > x_2 \end{cases} \quad (15)$$

تعریف ۷- درجه تساوی دو عدد فازی: با استفاده از اصل گسترش، میزان امکانی که عدد فازی \tilde{A} مساوی عدد فازی \tilde{B} است، به شکل زیر تعریف می شود [۱۲]:

$$V(\tilde{A} = \tilde{B}) = \underset{x=y}{\text{Max}}(\underset{x,y}{\text{Min}}(\tilde{A}(x), \tilde{B}(y))) \quad (16)$$

تعریف ۸- غیرفازی کردن^۲ با روش مرکز ثقل^۳: غیرفازی کردن برای تبدیل مقادیر فازی به مقادیر قطعی به کار می رود. یکی از رایج ترین شیوه های غیرفازی کردن مجموعه های فازی، روش مرکز ثقل است که در این پژوهش نیز از آن استفاده شده و به صورت زیر است [۱۴]:

$$df(\tilde{A}) = \frac{\int x \cdot \tilde{A}(x) \cdot d(x)}{\int \tilde{A}(x) \cdot d(x)} \quad (17)$$

شبه سازی مونت کارلو، یکی از روش های الگوسازی عدم قطعیت است. در این روش به جای حل تحلیلی، الگو برای چندین بار در شرایطی تصادفی آزمایش و بررسی می شود و سپس با تحلیل داده های به دست آمده، عملکرد سیستم واقعی مشخص می شود. در روش شبه سازی مونت کارلوی سنتی، نمونه های ایجاد شده به طور کامل، قطعی است؛ یعنی عدم قطعیت در

$$\tilde{A}(x) = \begin{cases} \frac{x-x_1}{x_1^m - x_1}, & x_1 \leq x \leq x_1^m \\ 1, & x_1^m \leq x \leq x_2^m \\ \frac{x-x_2}{x_2^m - x_2}, & x_2^m \leq x \leq x_2 \\ 0, & x > x_2 \end{cases} \quad (10)$$

برای به دست آوردن $A[\alpha]$ از رابطه زیر استفاده می شود [۱۲]:

$$A[\alpha] = [A^{L(\alpha)}, A^{U(\alpha)}] \quad (11)$$

$$= [x_1 + \alpha(x_1^m - x_1); x_2 + \alpha(x_2^m - x_2)]$$

تعریف ۵- عدد فازی گاوسی^۱: عدد فازی گاوسی یا اعداد فازی زنگوله ای شکل اغلب در موارد کاربردی استفاده می شود. تابع عضویت این عدد، به شکل زیر تعریف می شود:

$$\tilde{A}(x) = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \forall x \in \mathfrak{R} \quad (12)$$

که در آن μ میانگین و σ انحراف معیار توزیع گاوس است. برای به دست آوردن $A[\alpha]$ از رابطه زیر استفاده می شود [۱۳]:

$A[\alpha] = [A^{L(\alpha)}, A^{U(\alpha)}] = [-\sqrt{(2\sigma^2) \cdot \text{Ln}(\alpha)} + \mu; +\sqrt{(2\sigma^2) \cdot \text{Ln}(\alpha)} + \mu]$	(۱۳)
---	------

تعریف ۶- عدد فازی پی: عدد فازی پی \tilde{A} با چهار پارامتر $x_1 < x_1^m < x_2^m < x_2$ تعریف می شود که آن را به صورت زیر می توان نوشت [۱۲]:

$$\tilde{A} = Pi(x_1, x_1^m, x_2^m, x_2) \quad (14)$$

این عدد با تابع عضویت زیر تعریف می شود:

2. Defuzzification
3. Centroid Method

1. Gaussian Fuzzy Number

$$P^{j(\alpha)} = \frac{F^{j(\alpha)}}{(1+I^{k(\alpha)})^n}$$

for $j = 1, 2 \begin{cases} \text{where } k = j \text{ for negative } \tilde{F} \\ \text{where } k = 3 - j \text{ for positive } \tilde{F} \end{cases}$

(۱۸)

در معادله بالا $P^{1(\alpha)}$ عبارت سمت چپ و $P^{2(\alpha)}$ عبارت سمت راست در برش α است.

$$P[\alpha] = [P^{1(\alpha)}, P^{2(\alpha)}] = [P^{L(\alpha)}, P^{U(\alpha)}]$$

(۱۹)

آنان سپس با استفاده از اصل تفکیک، تابع عضویت \tilde{P} را به دست آوردند [۴].

(ب) وضعیتی که در آن، جریان‌های نقدی آتی و نرخ بهره به صورت اعداد فازی و تعداد دوره‌ها به صورت یک مجموعه فازی گسسته است: در این روش، بوکلی و همکاران، جریان‌های نقدی آتی، نرخ بهره و تعداد دوره‌ها را به صورت فازی در نظر گرفته‌اند. آنان \tilde{n} را به صورت یک مجموعه فازی گسسته غیرمنفی پنداشتند؛ به گونه‌ای که:

$$\tilde{n}(x) = \begin{cases} \lambda_i & \text{if } x = n_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (20)$$

برای محاسبه \tilde{P} تحت این شرایط، آنان فرمول زیر را ارائه کردند:

$$\tilde{P}(x) = \max_{1 \leq i \leq K} \{ \min \{ \tilde{P}_{n_i}(x), \lambda_i \} \}$$

(۲۱)

فرمول فوق سبب می‌شود بوکلی و همکاران فعلی جریان نقدی آتی فازی $\tilde{F}(1 + \tilde{I})^n$ را به سادگی محاسبه کنند. آنها ابتدا \tilde{P}_{n_i} را از معادله (۱۶) به‌ازای $1 \leq i \leq K$ محاسبه می‌کنند و هر \tilde{P}_{n_i} را در ارتفاع λ_i برش می‌زنند و سپس حاصل ماکزیمم را از مجموعه‌های فازی به دست می‌آورند [۴].

نظر گرفته نمی‌شود. از آنجا که بیشتر اطلاعات تجربی به‌طور معمول غیردقیق هستند، به رویکرد دیگری از شبیه‌سازی برای پشتیبانی از عدم قطعیت در سیستم‌های واقعی نیاز است. ایده اصلی روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی، نمایش چگونگی تولید اعداد فازی - تصادفی با رویکرد شبیه‌سازی مونت کارلو است. ترکیب محاسبات فازی و شبیه‌سازی مونت کارلو، به‌طور هم‌زمان، به عدم اطمینان و تصادفی بودن در محاسبات توجه می‌کند [۲۱].

روش پژوهش

در این پژوهش، روش ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی در وضعیت فازی بیان شده است. از آنجا که مبنای محاسبات این دو روش عامل ارزش فعلی است، ابتدا این عامل توضیح داده می‌شود:

بر اساس تعریف، ارزش فعلی عبارت است از جمع مقادیر هر جریان نقدی آتی که معادل آن در زمان حال محاسبه شده است [۴]. در این بخش، روش‌های بوکلی و شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی برای محاسبه ارزش فعلی فازی به شرح می‌آید.

روش بوکلی و همکاران

الف) وضعیتی که جریان‌های نقدی آتی و نرخ بهره به صورت اعداد فازی و تعداد دوره‌ها به صورت قطعی است:

بوکلی و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که ارزش فعلی جریان نقدی آتی فازی \tilde{F} در سال n با نرخ بهره فازی \tilde{I} را با برش α از \tilde{F} و \tilde{I} به صورت زیر می‌توان محاسبه کرد [۴]:

روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی

الف) وضعیتی که در آن، جریان‌های نقدی آتی و نرخ بهره به صورت اعداد فازی و تعداد دوره‌ها به صورت قطعی است: اطلاعات ورودی شامل جریان‌های نقدی آتی (F)، نرخ بهره (I) و تعداد دوره‌ها (n) است. \tilde{F} و \tilde{I} به صورت عدد فازی بیان می‌شود و با تولید اعداد تصادفی، هر بار، مقادیر کمی برای آنها می‌توان ایجاد

کرد؛ سپس مطابق روابط موجود در برنامه کامپیوتری، ورودی‌های شبیه‌سازی شده با عامل معلوم n ترکیب می‌شود و نتیجه آن اجرا $P[\alpha]$ را نشان می‌دهد؛ سپس با استفاده از اصل تفکیک، عدد فازی خروجی \tilde{P} مشخص می‌شود. در این بخش، برای محاسبه ارزش فعلی فازی از شبه‌الگوریتم زیر استفاده شده است.

1- For all $\alpha_i \in [0, 0/05, 0/1, \dots, 1]$, Select a α_i

2- For each α_i calculate α -cut of fuzzy parameters:

$$F_{\alpha_i} = [F^{L(\alpha_i)}, F^{U(\alpha_i)}]; I_{\alpha_i} = [I^{L(\alpha_i)}, I^{U(\alpha_i)}]$$

3- Based on α -cut create random number and calculate random Present Value at level α_i .

For $j = 1$ to *Maxitr*

$$F_j \in [F^{L(\alpha_i)}, F^{U(\alpha_i)}]; I_j \in [I^{L(\alpha_i)}, I^{U(\alpha_i)}]$$

$$P_j = \frac{F_j}{(1 + I_j)^n}$$

Next j

4- with use of *Maxitr* random value ($P_j, j = 1, \dots, \text{Maxitr}$) create α -cut of Present Value:

$$P^{L(\alpha_i)} = \underset{j=1}{\text{Min}}^{Maxitr} (P_j), P^{U(\alpha_i)} = \underset{j=1}{\text{Max}}^{Maxitr} (P_j)$$

5- Next α_i

6- Calculate Fuzzy Present Value (\tilde{P}) with use of all $[P^{L(\alpha_i)}, P^{U(\alpha_i)}]$ and Extension Principle.

\tilde{I} و \tilde{F} به صورت اعداد فازی و \tilde{n} به صورت یک مجموعه فازی گسسته بیان می‌شود. در این بخش برای محاسبه ارزش فعلی فازی از الگوریتم زیر استفاده شده است.

ب) وضعیتی که در آن، جریان‌های نقدی آتی و نرخ بهره به صورت اعداد فازی و تعداد دوره‌ها به صورت مجموعه فازی گسسته است: اطلاعات ورودی مشابه حالت الف است؛ با این تفاوت که \tilde{F}

K=1

1- For all $\lambda_i \in [\frac{n_1}{\lambda_1}, \frac{n_2}{\lambda_2}, \dots, \frac{n_m}{\lambda_m}]$, Select a λ_i

For all $\alpha_i \in [0, 0/05, 0/1, \dots, 1]$

2- Select a α_i

3- For each α_i calculate α -cut of fuzzy parameters:

$$F_{\alpha_i} = [F^{L(\alpha_i)}, F^{U(\alpha_i)}]; I_{\alpha_i} = [I^{L(\alpha_i)}, I^{U(\alpha_i)}]$$

4- Based on α - cut create random number and calculate random Present Value at level α_i

For $j = 1$ to *Maxitr*

$$F_j \in [F^{L(\alpha_i)}, F^{U(\alpha_i)}]; I_j \in [I^{L(\alpha_i)}, I^{U(\alpha_i)}]$$

$$P_j = \frac{F_j}{(1+I_j)^{n_j}}$$

Nex j

5- with use of *Maxitr* random value ($P_j, j = 1, \dots, \text{Maxitr}$) create α - cut of Present Value:

$$P_i^{L(\alpha'_k)} = \underset{j=1}{\overset{\text{Iteration}}{\text{Min}}} (P_j), P_i^{U(\alpha'_k)} = \underset{j=1}{\overset{\text{Iteration}}{\text{Max}}} (P_j)$$

$$\alpha'_k = \text{Min}(\lambda_k, \alpha_i)$$

$$k = k + 1$$

6- Next α_i

7- Next λ_k

8- Calculate Fuzzy Present Value (\tilde{P}) with use of all $[P^{L(\alpha'_k)}, P^{U(\alpha'_k)}]$ and Extension Principle.

وضعیت \tilde{n} را به صورت عبارت‌های چپ و راست در سطح α به صورت زیر می‌توان نمایش داد:

$$n[\alpha] = [n^{L(\alpha)}, n^{U(\alpha)}] \quad (22)$$

برای محاسبه ارزش فعلی فازی از الگوریتم زیر استفاده شده است:

ج) وضعیتی که در آن، جریان‌های نقدی آتی و نرخ بهره به صورت اعداد فازی و تعداد دوره‌ها نیز به صورت یک عدد فازی است: اطلاعات ورودی مشابه حالت الف است؛ با این تفاوت که \tilde{F} ، \tilde{I} و \tilde{n} هر سه به صورت اعداد فازی بیان می‌شود. در پژوهش حاضر برای نخستین بار، ارزش فعلی در وضعیتی محاسبه شده است که \tilde{n} به صورت یک عدد فازی است. در این

1- For all $\alpha_i \in [0, 0/05, 0/1, \dots, 1]$, Select a α_i

2- For each α_i calculate α - cut of fuzzy parameters:

$$F_{\alpha_i} \in [F^{L(\alpha_i)}, F^{U(\alpha_i)}]; I_{\alpha_i} \in [I^{L(\alpha_i)}, I^{U(\alpha_i)}]; n_{\alpha_i} \in [n^{L(\alpha_i)}, n^{U(\alpha_i)}]$$

3- Based on α - cut create random number and calculate random Present Value at level α_i .

For $j = 1$ to *Maxitr*

$$F_j \in [F^{L(\alpha_i)}, F^{U(\alpha_i)}]; I_j \in [I^{L(\alpha_i)}, I^{U(\alpha_i)}]; n_j \in [n^{L(\alpha_i)}, n^{U(\alpha_i)}]$$

$$P_j = \frac{F_j}{(1+I_j)^{n_j}}$$

Nex j

4- with use of *Maxitr* random value ($P_j, j = 1, \dots, \text{Maxitr}$) create α - cut of Present Value:

$$P^{L(\alpha_i)} = \underset{j=1}{\overset{\text{Maxitr}}{\text{Min}}} (P_j), P^{U(\alpha_i)} = \underset{j=1}{\overset{\text{Maxitr}}{\text{Max}}} (P_j)$$

5- Next α_i

6- Calculate Fuzzy Present Value (\tilde{P}) with use of all $[P^{L(\alpha_i)}, P^{U(\alpha_i)}]$ and Extension Principle.

اولیه آغاز می‌شود. به گفته آنها تمامی جریان‌های نقدی آتی باید تخمین زده شود و نرخ بهره I نیز ممکن است تخمینی باشد؛ بنابراین آنان جریان‌های نقدی فازی $\tilde{F} = \tilde{F}_0, \tilde{F}_1, \dots, \tilde{F}_n$ را با یک نرخ بهره فازی \tilde{I} در نظر گرفتند. \tilde{F}_0 یک عدد فازی منفی است و سایر \tilde{F}_t ها ممکن است اعداد فازی مثبت یا منفی باشد. آنان ارزش فعلی خالص فازی را به صورت زیر بیان کردند:

$$NPV = \tilde{F}_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\tilde{F}_t}{(1 + \tilde{I})^t} \quad (23)$$

پژوهشگران از محاسبات بازه‌ای^۲ و برش α برای ارزیابی معادله بالا بهره برده‌اند و برش α از \tilde{NPV} را به صورت زیر بیان کرده‌اند [۴]:

$$NPV[\alpha] = [NPV^{L(\alpha)}, NPV^{U(\alpha)}]$$

$$NPV^{L(\alpha)} = F_0^{L(\alpha)} + \sum_{t=1}^n \frac{F_t^{L(\alpha)}}{(1 + I^{U(\alpha)})^t} \quad (24)$$

$$NPV^{U(\alpha)} = F_0^{U(\alpha)} + \sum_{t=1}^n \frac{F_t^{U(\alpha)}}{(1 + I^{L(\alpha)})^t}$$

در روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی، اطلاعات ورودی شامل جریان‌های نقدی آتی در دوره t (F_t)، نرخ بهره (I) و تعداد دوره‌ها (n) است. \tilde{F}_t و \tilde{I} به صورت یک عدد فازی بیان می‌شود و با تولید اعداد تصادفی در هر بار، مقادیر کمی برای آنها می‌توان ایجاد کرد؛ سپس مطابق روابط موجود در برنامه کامپیوتری، ورودی‌های شبیه‌سازی شده با عامل معلوم n ، ترکیب می‌شود و نتیجه آن اجرا، $NPV[\alpha]$ را نشان می‌دهد؛ پس از آن، با استفاده از اصل تفکیک، عدد فازی خروجی \tilde{NPV} مشخص می‌شود. همانگونه که بوکلی نیز بیان کرده است، \tilde{F}_0 یک عدد فازی منفی است و سایر \tilde{F}_t ها ممکن است اعداد فازی مثبت یا منفی باشد.

روش ارزش فعلی خالص (NPV) در حالت عدم اطمینان

ارزش فعلی خالص، روش متداولی برای مقایسه گزینه‌های سرمایه‌گذاری است و عبارت است از تفاضل ارزش فعلی جریان‌های نقدی ورودی در دوره عمر طرح و ارزش فعلی سرمایه‌گذاری اولیه آن. اگر NPV طرح به‌ازای حداقل نرخ جذب‌کننده ($MARR$) مثبت باشد، طرح، انتخاب و در غیر این صورت رد می‌شود. مزایای استفاده از این روش، شناسایی ارزش زمانی پول و سهولت در محاسبه و معایب آن به شرح زیر است:

الف) تعیین نرخ تنزیل یا هزینه سرمایه مناسب دشوار است؛

ب) انتخاب نادرست برای طرح‌هایی که سرمایه‌گذاری اولیه یکسانی ندارد؛

ج) نامناسب بودن برای طرح‌هایی که دوره عمر یکسانی ندارد [۱۵].

در ادامه، روش‌های بوکلی و شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی برای محاسبه ارزش فعلی خالص فازی تشریح می‌شود.

بوکلی، اسلامی و فیورینگ (۲۰۰۲) فرمول ارزش فعلی خالص را برای اعداد فازی توسعه داده‌اند. آنان بیان کردند که $F = F_0, F_1, \dots, F_n$ جریان‌های نقدی تخمین زده شده برای یک پروژه سرمایه‌گذاری در طول n دوره زمانی است. اگر $F_t < 0$ باشد، آن‌گاه $(-F_t)$ سرمایه‌گذاری خالص طرح در پایان دوره t ام است. اگر $F_t > 0$ باشد، آن‌گاه F_t درآمد خالص طرح در پایان دوره t ام است. آنان فرض کرده‌اند که $F_0 < 0$ است؛ زیرا پروژه مد نظر، یک طرح سرمایه‌گذاری است که اغلب با سرمایه‌گذاری

2. interval arithmetic

1. Net Present Value

1- For all $\alpha_i \in [0, 0/05, 0/1, \dots, 1]$, Select a α_i

2- For each α_i calculate α - cut of fuzzy parameters:

$$F_{0\alpha_i} \in [F_0^{L(\alpha_i)}, F_0^{U(\alpha_i)}]; F_{t\alpha_i} \in [F_t^{L(\alpha_i)}, F_t^{U(\alpha_i)}]; I_{\alpha_i} \in [I^{L(\alpha_i)}, I^{U(\alpha_i)}]$$

3- Based on α - cut create random number and calculate random NetPresent Value at level α_i .

For $j = 1$ to $Maxitr$

$$F_{0_j} \in [F_0^{L(\alpha_i)}, F_0^{U(\alpha_i)}]; F_{t_j} \in [F_t^{L(\alpha_i)}, F_t^{U(\alpha_i)}]; I_j \in [I^{L(\alpha_i)}, I^{U(\alpha_i)}]$$

$$NPV_j = F_{0_j} + \sum_{t=1}^n \frac{F_{t_j}}{(1+I_j)^t}$$

Nex j

4- with use of $Maxitr$ random value ($NPV_j, j = 1, \dots, Maxitr$) create α - cut of NetPresent Value:

$$NPV^{L(\alpha_i)} = \min_{j=1}^{Maxitr} (NPV_j), NPV^{U(\alpha_i)} = \max_{j=1}^{Maxitr} (NPV_j)$$

5- Next α_i

6- Calcatale Fuzzy NetPresent Value (\tilde{NPV}) with use of all $[NPV^{L(\alpha_i)}, NPV^{U(\alpha_i)}]$ and Extention Principle.

روش بعد روش کوچتاست. در این روش، برخی از اطلاعات طرح به صورت اعداد فازی لحاظ می‌شود.
 دوره عمر پروژه = n (a)

$$= \tilde{CF}_0 = CF_0[\alpha]$$

$$b) = [CF_0^{L(\alpha)}, CF_0^{U(\alpha)}],$$

$$CF_0^{L(\alpha)} \leq 0 \quad (\alpha \in [0,1])$$

جریان نقدی خروجی زمان آغاز پروژه

$$= CIF_t[\alpha]$$

$$c) = [CIF_t^{L(\alpha)}, CIF_t^{U(\alpha)}],$$

$$CIF_t^{L(\alpha)} \geq 0 \quad (\alpha \in [0,1])$$

CIF_t = جریان نقدی ورودی در پایان دوره t ام.

بر اساس روش کوچتا (۲۰۰۸)، IRR فازی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\sum_{t=1}^n PV(CIF_t^{L(\alpha)}) + CF_0^{L(\alpha)} = 0, \text{ where } PV(CIF_t^{L(\alpha)}) =$$

$$\frac{CIF_t^{L(\alpha)}}{(1+IRR^{U(\alpha)})^t} \text{ for } t = 1, \dots, n$$

$$\sum_{t=1}^n PV(CIF_t^{U(\alpha)}) + CF_0^{U(\alpha)} =$$

$$0, \text{ where } PV(CIF_t^{U(\alpha)}) = \frac{CIF_t^{U(\alpha)}}{(1+IRR^{L(\alpha)})^t} \text{ for } t = 1, \dots, n$$

$$\tilde{IRR} = IRR[\alpha] = [IRR^{L(\alpha)}, IRR^{U(\alpha)}]$$

روش بعد نرخ بازده داخلی (IRR)^۱ در حالت عدم اطمینان است. نرخ بازده داخلی، نرخ بازده جریان نقدی تنزیل شده نیز نامیده می‌شود. این معیار با ارزش فعلی خالص ارتباط نزدیک دارد و چنانچه جریان‌های نقدی طرح‌ها، متعارف و مستقل از یکدیگر باشد، استفاده از هر دو روش به نتایج واحدی می‌انجامد. در صورتی که جریان‌های نقدی طرح‌ها متعارف نباشد، ممکن است نرخ بازده داخلی وجود نداشته باشد و یا چند نرخ بازده داخلی وجود داشته باشد. از مزایای این روش، در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و از معایب آن، زمان‌بر بودن آن در صورت مساوی نبودن جریان‌های نقدی سالیانه با هم و محاسبه دستی عملیات است [۵]. چنانچه نرخ بازده داخلی محاسبه شده از هزینه سرمایه یا نرخ بازده مدنظر بیشتر شود، طرح پذیرفته و در غیر این صورت رد می‌شود [۱۵]. در این بخش، روش‌های کوچتا و شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی برای محاسبه نرخ بازده داخلی فازی تشریح می‌شود.

1. Internal Rate of Return Method

در روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی اطلاعات ورودی شامل جریان نقدی خروجی در زمان آغاز طرح (F_0)، جریان‌های نقدی آتی در دوره t (F_t) و تعداد دوره‌ها (n) است. \tilde{F}_0 و \tilde{F}_t به صورت اعداد فازی بیان می‌شود و با تولید اعداد تصادفی در هر بار، مقادیر کمی برای آنها می‌توان ایجاد کرد؛ سپس مطابق روابط موجود در برنامه کامپیوتری، ورودی‌های شبیه‌سازی شده با عامل معلوم n ، ترکیب می‌شود و نتیجه آن اجرا، $IRR[\alpha]$ را نشان می‌دهد؛ سپس با استفاده از اصل تفکیک، عدد فازی \tilde{IRR} مشخص می‌شود.

(۲۵)

کوچتا (۲۰۰۸) فرمول زیر را نیز برای محاسبه IRR فازی ارائه می‌دهد:

$$\begin{aligned}
 -CF_0^{L(\alpha)} &= \sum_{t=1}^n PV(CIF_t^{L(\alpha)}), \text{ where } PV(CIF_t^{L(\alpha)}) \\
 &= \frac{CIF_t^{L(\alpha)}}{(1+IRR^{U(\alpha)})^t} \text{ for } t=1, \dots, n \\
 -CF_0^{U(\alpha)} &= \sum_{t=1}^n PV(CIF_t^{U(\alpha)}), \text{ where } PV(CIF_t^{U(\alpha)}) \\
 &= \frac{CIF_t^{U(\alpha)}}{(1+IRR^{L(\alpha)})^t} \text{ for } t=1, \dots, n \\
 \tilde{IRR} &= IRR[\alpha] = [IRR^{L(\alpha)}, IRR^{U(\alpha)}]
 \end{aligned} \quad (26)$$

کوچتا بیان کرد که IRR فازی محاسبه شده از فرمول ۲۶ را به سختی می‌توان محاسبه کرد و فرمول ۲۵ از نظر محاسباتی ساده‌تر است [۱۱].

1- For all $\alpha_i \in [0, 0/05, 0/1, \dots, 1]$, Select a α_i

2- For each α_i calculate α -cut of fuzzy parameters:

$$F_{0\alpha_i} \in [F_0^{L(\alpha_i)}, F_0^{U(\alpha_i)}]; F_{t\alpha_i} \in [F_t^{L(\alpha_i)}, F_t^{U(\alpha_i)}]$$

3- Based on α -cut create random number and calculate random IRR at level α_i .

For $j = 1$ to $Maxitr$

$$F_{0j} \in [F_0^{L(\alpha_i)}, F_0^{U(\alpha_i)}]; F_{tj} \in [F_t^{L(\alpha_i)}, F_t^{U(\alpha_i)}]$$

$$F_{0j} + \sum_{t=1}^n \frac{F_{tj}}{(1+IRR_j)^t} = 0$$

Nex j

4- with use of $Maxitr$ random value ($IRR_j, j = 1, \dots, Maxitr$) create α -cut of IRR:

$$IRR^{L(\alpha_i)} = \min_{j=1}^{Maxitr} (IRR_j), \quad IRR^{U(\alpha_i)} = \max_{j=1}^{Maxitr} (IRR_j)$$

5- Next α_i

6- Calculate Fuzzy IRR (\tilde{IRR}) with use of all $[IRR^{L(\alpha_i)}, IRR^{U(\alpha_i)}]$ and Extension Principle

داده‌های جریان نقدی، نرخ بهره و طول عمر جدول ۱ را در نظر بگیرید:

یافته‌ها

مثال عددی ۱: برای محاسبه ارزش فعلی با استفاده از روش پیشنهادی و مقایسه آن با روش بوکلی،

جدول (۱) فرضیه‌های مثال عددی

شرح	نرخ بهره	دوره عمر مفید	جریان نقدی	توضیح
حالت اول	$\tilde{i} = Tri(0/19, 0/20, 0/21)$	$n = 3$	$\tilde{F} = Tri(45000, 50000, 55000)$	- نرخ بهره عدد فازی مثلثی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی
حالت دوم	$\tilde{i} = Tri(0/19, 0/20, 0/21)$	$\tilde{n} = (\frac{2}{0/3}, \frac{3}{1}, \frac{4}{0/4})$	$\tilde{F} = Tri(45000, 50000, 55000)$	- نرخ بهره عدد فازی مثلثی - دوره عمر مفید مجموعه فازی گسسته - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی
حالت سوم	$\tilde{i} = Tri(0/19, 0/20, 0/21)$	$\tilde{n} = (2, 3, 4)$	$\tilde{F} = Tri(45000, 50000, 55000)$	- نرخ بهره عدد فازی مثلثی - دوره عمر مفید عدد فازی مثلثی - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی

برای هر یک از حالات موجود در جدول ۱، پیشنهادی محاسبه و نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است: $\tilde{P}V$ فازی با استفاده از روش بوکلی و روش

جدول (۲) محاسبه $\tilde{P}V$ با روش بوکلی و روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی پیشنهادی

حالت مدنظر	$\tilde{P}V_{Buckley}$	$\tilde{P}V_{Fuzzy\ Simulation\ (FSim)}$	درجه تساوی
حالت اول	$\tilde{P}V_{Buckley} = Tri(25401, 28935, 32638)$	$\tilde{P}V_{FSim} = Tri(25417, 28935, 32604)$	۰/۹۹

حالت دوم			1
حالت سوم	$\tilde{P}V_{\text{Buckley}} = \text{Tri}(20993, 28935, 38839)$	$\tilde{P}V_{\text{rSim}} = \text{Tri}(21367, 28935, 38489)$	۰/۹۹

و کوچتا، یک مثال عددی در نظر گرفته شده است. در این مثال، نرخ بهره و جریان‌های نقدی به صورت اعداد فازی مثلثی، دوزنقه‌ای و گاوسی و دوره عمر طرح، قطعی در نظر گرفته شده و حالت‌های مدنظر در جدول ۳ آورده شده است:

نتایج محاسبات فوق نشان می‌دهد اعداد فازی حاصل از روش پیشنهادی و روش بوکلی مساوی (درجه تساوی ۱ یا نزدیک ۱) است و روش پیشنهادی جریان نقدی، نرخ بهره و دوره عمر را به صورت انواع اعداد فازی گسسته و پیوسته در نظر می‌گیرد.

مثال عددی ۲: برای محاسبه NPV و IRR با استفاده از روش پیشنهادی و مقایسه آن با روش بوکلی

جدول (۳) فرضیه‌های مثال عددی

شرح	نرخ بهره	جریان نقدی	توضیح
۱	$\tilde{i} = \text{Tri}(0/08, 0/10, 0/12)$	$\tilde{F}_0 = \text{Tri}(-1100, -1000, -900)$ $\tilde{F}_1 = \text{Tri}(450, 500, 550)$ $\tilde{F}_2 = \text{Tri}(350, 400, 450)$ $\tilde{F}_3 = \text{Tri}(250, 300, 350)$ $\tilde{F}_4 = \text{Tri}(150, 200, 250)$ $\tilde{F}_5 = \text{Tri}(50, 100, 150)$	- نرخ بهره عدد فازی مثلثی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی
۲	$\tilde{i} = \text{Trap}(0/08, 0/09, 0/11, 0/12)$	$\tilde{F}_0 = \text{Trap}(-1100, -1050, -950, -900)$ $\tilde{F}_1 = \text{Trap}(450, 475, 525, 550)$ $\tilde{F}_2 = \text{Trap}(350, 375, 425, 450)$ $\tilde{F}_3 = \text{Trap}(250, 275, 325, 350)$ $\tilde{F}_4 = \text{Trap}(150, 175, 225, 250)$ $\tilde{F}_5 = \text{Trap}(50, 75, 125, 150)$	- نرخ بهره عدد فازی دوزنقه‌ای - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی دوزنقه‌ای
۳	$\tilde{i} = \text{Gauss}(\sigma = 0/006, \mu = 0/1)$	$\tilde{F}_0 = \text{Gauss}(\sigma = 30, \mu = -1000)$ $\tilde{F}_1 = \text{Gauss}(\sigma = 15, \mu = 500)$ $\tilde{F}_2 = \text{Gauss}(\sigma = 15, \mu = 400)$ $\tilde{F}_3 = \text{Gauss}(\sigma = 15, \mu = 300)$ $\tilde{F}_4 = \text{Gauss}(\sigma = 15, \mu = 200)$ $\tilde{F}_5 = \text{Gauss}(\sigma = 15, \mu = 100)$	- نرخ بهره عدد فازی گاوسی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی گاوسی

۴	$\tilde{i} = Tri(0/08,0/10,0/12)$	$\tilde{F}_0 = Trap(-1100, -1050, -950, -900)$ $\tilde{F}_1 = Trap(450, 475, 525, 550)$ $\tilde{F}_2 = Trap(350, 375, 425, 450)$ $\tilde{F}_3 = Trap(250, 275, 325, 350)$ $\tilde{F}_4 = Trap(150, 175, 225, 250)$ $\tilde{F}_5 = Trap(50, 75, 125, 150)$	- نرخ بهره عدد فازی مثلثی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی - دوزنقه‌ای
۵	$\tilde{i} = Tri(0/08,0/10,0/12)$	$\tilde{F}_0 = Gauss(\sigma = 30, \mu = -1000)$ $\tilde{F}_1 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 500)$ $\tilde{F}_2 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 400)$ $\tilde{F}_3 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 300)$ $\tilde{F}_4 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 200)$ $\tilde{F}_5 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 100)$	- نرخ بهره عدد فازی مثلثی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی گاوسی
۶	$\tilde{i} = Trap(0/08,0/09,0/11,0/12)$	$\tilde{F}_0 = Tri(-1100, -1000, -900)$ $\tilde{F}_1 = Tri(450, 500, 550)$ $\tilde{F}_2 = Tri(350, 400, 450)$ $\tilde{F}_3 = Tri(250, 300, 350)$ $\tilde{F}_4 = Tri(150, 200, 250)$ $\tilde{F}_5 = Tri(50, 100, 150)$	- نرخ بهره عدد فازی دوزنقه‌ای - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی
۷	$\tilde{i} = Trap(0/08,0/09,0/11,0/12)$	$\tilde{F}_0 = Gauss(\sigma = 30, \mu = -1000)$ $\tilde{F}_1 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 500)$ $\tilde{F}_2 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 400)$ $\tilde{F}_3 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 300)$ $\tilde{F}_4 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 200)$ $\tilde{F}_5 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 100)$	- نرخ بهره عدد فازی دوزنقه‌ای - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی گاوسی
۸	$\tilde{i} = Gauss(\sigma = 0/006, \mu = 0/1)$	$\tilde{F}_0 = Tri(-1100, -1000, -900)$ $\tilde{F}_1 = Tri(450, 500, 550)$ $\tilde{F}_2 = Tri(350, 400, 450)$ $\tilde{F}_3 = Tri(250, 300, 350)$ $\tilde{F}_4 = Tri(150, 200, 250)$ $\tilde{F}_5 = Tri(50, 100, 150)$	- نرخ بهره عدد فازی گاوسی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی
۹	$\tilde{i} = Gauss(\sigma = 0/006, \mu = 0/1)$	$\tilde{F}_0 = Trap(-1100, -1050, -950, -900)$ $\tilde{F}_1 = Trap(450, 475, 525, 550)$ $\tilde{F}_2 = Trap(350, 375, 425, 450)$ $\tilde{F}_3 = Trap(250, 275, 325, 350)$ $\tilde{F}_4 = Trap(150, 175, 225, 250)$ $\tilde{F}_5 = Trap(50, 75, 125, 150)$	- نرخ بهره عدد فازی گاوسی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی - دوزنقه‌ای
۱۰	$\tilde{i} = Tri(0/08,0/10,0/12)$	$\tilde{F}_0 = Tri(-1100, -1000, -900)$ $\tilde{F}_1 = Tri(450, 500, 550)$ $\tilde{F}_2 = Trap(350, 390, 410, 450)$ $\tilde{F}_3 = Trap(250, 280, 320, 350)$ $\tilde{F}_4 = Trap(150, 170, 230, 250)$ $\tilde{F}_5 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 100)$	- نرخ بهره عدد فازی مثلثی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی، - دوزنقه‌ای و گاوسی

۱۱	$\tilde{i} = Trap(0/08, 0/09, 0/11, 0/12)$	$\tilde{F}_0 = Gauss(\sigma = 30, \mu = -1000)$ $\tilde{F}_1 = Trap(450, 460, 540, 550)$ $\tilde{F}_2 = Tri(350, 400, 450)$ $\tilde{F}_3 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 300)$ $\tilde{F}_4 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 200)$ $\tilde{F}_5 = Tri(50, 100, 150)$	- نرخ بهره عدد فازی دوزنقه‌ای - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی، دوزنقه‌ای و گاوسی
۱۲	$\tilde{i} = Gauss(\sigma = 0/006, \mu = 0/1)$	$\tilde{F}_0 = Trap(-1100, -1050, -950, -900)$ $\tilde{F}_1 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 500)$ $\tilde{F}_2 = Gauss(\sigma = 15, \mu = 400)$ $\tilde{F}_3 = Tri(250, 300, 350)$ $\tilde{F}_4 = Tri(150, 200, 250)$ $\tilde{F}_5 = Trap(50, 70, 130, 150)$	- نرخ بهره عدد فازی گاوسی - دوره عمر مفید قطعی - جریان نقدی اعداد فازی مثلثی، دوزنقه‌ای و گاوسی

برای هر یک از حالات موجود در جدول ۳، با محاسبه شد. نتایج این محاسبات در جدول ۴ آمده
 روش بوکلی و روش پیشنهادی، \tilde{NPV} فازی است:

جدول (۴) محاسبه \tilde{NPV} با روش بوکلی و روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی

حالت مدتظر	$\tilde{NPV}_{Buckley}$	\tilde{NPV}_{FSim}	درجه تساوی نتایج دو روش $V(\tilde{NPV}_{Buckley} = \tilde{NPV}_{FSim})$
۱	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Tri(-118, 209, 559)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Tri(-116, 209, 556)$	۰/۹۹
۲	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Trap(-118, 43, 381, 559)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Trap(-116, 44, 380, 557)$	۱
۳	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Gauss(\sigma = 97, \mu = 209)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Gauss(\sigma = 97, \mu = 209)$	۰/۹۶
۴	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Trap(-118, 64, 354, 559)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Trap(-117, 64, 354, 557)$	۱
۵	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Gauss(\sigma = 95, \mu = 209)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Gauss(\sigma = 95, \mu = 209)$	۰/۹۹
۶	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Trap(-118, 186, 234, 559)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Trap(-116, 186, 234, 556)$	۰/۹۹
۷	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Pi(-198, 186, 234, 645)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Pi(-196, 186, 234, 643)$	۱
۸	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Tri(-128, 209, 577)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Tri(-126, 209, 576)$	۰/۹۸
۹	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Trap(-128, 64, 354, 577)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Trap(-127, 64, 354, 574)$	۱
۱۰	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Trap(-126, 165, 253, 569)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Trap(-125, 165, 253, 567)$	۰/۹۸
۱۱	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Pi(-166, 150, 270, 609)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Pi(-165, 150, 270, 607)$	۱
۱۲	$\tilde{NPV}_{Buckley} = Pi(-152, 141, 278, 603)$	$\tilde{NPV}_{FSim} = Pi(-151, 141, 278, 601)$	۱

محاسبه شده است. درجه تساوی ۱ یا نزدیک ۱، به معنای برابری عدد فازی حاصل از دو روش است. برای تصمیم‌گیری درباره پذیرش یا رد طرح، \tilde{NPV} فازی حاصل از هر دو روش با روش مرکز ثقل به یک عدد قطعی تبدیل شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است.

در جدول ۴ ستون نخست حالت مدتظر، ستون دوم \tilde{NPV} فازی محاسبه شده با روش بوکلی و همکاران و ستون سوم \tilde{NPV} فازی محاسبه شده با روش پیشنهادی است. ستون چهارم درجه تساوی \tilde{NPV} حاصل از دو روش است که با استفاده از رابطه ۱۶

جدول (۵) پذیرش یا رد طرح بر اساس روش ارزش فعلی خالص

حالت مدنظر	NPV قطعی روش بوکلی	پذیرش یا رد طرح	NPV قطعی روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی	پذیرش یا رد طرح
۱	۲۱۵	پذیرش طرح	۲۱۵	پذیرش طرح
۲	۲۱۶	پذیرش طرح	۲۱۶	پذیرش طرح
۳	۲۱۲	پذیرش طرح	۲۱۲	پذیرش طرح
۴	۲۱۵	پذیرش طرح	۲۱۵	پذیرش طرح
۵	۲۱۳	پذیرش طرح	۲۱۳	پذیرش طرح
۶	۲۱۶	پذیرش طرح	۲۱۶	پذیرش طرح
۷	۲۱۴	پذیرش طرح	۲۱۴	پذیرش طرح
۸	۲۱۳	پذیرش طرح	۲۱۳	پذیرش طرح
۹	۲۱۳	پذیرش طرح	۲۱۳	پذیرش طرح
۱۰	۲۱۴	پذیرش طرح	۲۱۴	پذیرش طرح
۱۱	۲۱۵	پذیرش طرح	۲۱۵	پذیرش طرح
۱۲	۲۱۳	پذیرش طرح	۲۱۳	پذیرش طرح

حل با استفاده از روش نرخ بازده داخلی
 نظر به اینکه برای محاسبه \tilde{IRR} فازی ورودی، جریان‌های نقدی و طول عمر است، تنها حالات اول، دوم، سوم، دهم، یازدهم و دوازدهم بررسی و از سایر حالات به علت مشابهت جریان نقدی با حالات فوق صرف نظر شد. در جدول ۶ نتایج محاسبات آمده است:

با توجه به جدول ۵ نتایج حاصل از الگوی پیشنهادی با نتایج حاصل از الگوی بوکلی و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد و نتیجه هر دو روش، پذیرش طرح است. این مقایسه، اعتبار نتایج الگوی پیشنهادی را نشان می‌دهد.

جدول (۶) محاسبه \tilde{IRR} با روش کوچتا و روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی

حالت مدنظر	\tilde{IRR}_{Kuchta}	\tilde{IRR}_{FSim}	درجه تساوی نتایج دو روش $V(\tilde{IRR}_{Kuchta} = \tilde{IRR}_{FSim})$
۱	$\tilde{IRR}_{Kuchta} = Tri(0/061,0/203,0/354)$	$\tilde{IRR}_{FSim} = Tri(0/061,0/203,0/354)$	۱
۲	$\tilde{IRR}_{Kuchta} = Trap(0/061,0/131,0/276,0/354)$	$\tilde{IRR}_{FSim} = Trap(0/061,0/131,0/276,0/354)$	۱
۳	$\tilde{IRR}_{Kuchta} = Gauss(\sigma = 0/043, \mu = 0/203)$	$\tilde{IRR}_{FSim} = Gauss(\sigma = 0/043, \mu = 0/203)$	۱
۱۰	$\tilde{IRR}_{Kuchta} = Trap(0/056,0/183,0/221,0/356)$	$\tilde{IRR}_{FSim} = Trap(0/056,0/183,0/221,0/356)$	۱
۱۱	$\tilde{IRR}_{Kuchta} = Pi(0/037,0/184,0/222,0/384)$	$\tilde{IRR}_{FSim} = Pi(0/037,0/184,0/222,0/384)$	۱
۱۲	$\tilde{IRR}_{Kuchta} = Pi(0/049,0/168,0/240,0/368)$	$\tilde{IRR}_{FSim} = Pi(0/049,0/168,0/240,0/368)$	۱

فازی حاصل از هر دو روش با روش مرکز ثقل به یک عدد قطعی تبدیل و وضعیت رد یا پذیرش هر حالت با توجه به حداقل نرخ جذب کننده بررسی شد. برای آنکه طرح اقتصادی باشد، IRR غیرفازی شده باید از حداقل نرخ جذب کننده غیرفازی شده بزرگ تر باشد. در جدول ۷ نتایج این محاسبات آمده است.

ستون اول جدول ۶ شماره حالت مدنظر، ستون دوم IRR فازی محاسبه شده با روش بوکلی و همکاران و ستون سوم IRR فازی محاسبه شده با روش پیشنهادی است. ستون چهارم درجه تساوی IRR حاصل از دو روش است که با استفاده از رابطه ۱۶ محاسبه شده است. درجه تساوی ۱ یا نزدیک به ۱، به معنای برابری عدد فازی حاصل از دو روش است. برای تصمیم گیری درباره پذیرش یا رد طرح، IRR

جدول (۷) پذیرش یا رد طرح براساس روش نرخ بازده داخلی

حالت مدنظر	IRR قطعی روش بوکلی	IRR قطعی روش شبیه سازی مونت کارلوی فازی	پذیرش یا رد طرح
۱	۰/۲۰۵۱	۰/۲۰۵۱	پذیرش طرح اگر حداقل نرخ جذب کننده کمتر یا مساوی ۲۰/۵۱ درصد باشد
۲	۰/۲۰۵۷	۰/۲۰۵۷	پذیرش طرح اگر حداقل نرخ جذب کننده کمتر یا مساوی ۲۰/۵۷ درصد باشد
۳	۰/۲۰۴۰	۰/۲۰۴۰	پذیرش طرح اگر حداقل نرخ جذب کننده کمتر یا مساوی ۲۰/۴۰ درصد باشد
۱۰	۰/۲۰۴۹	۰/۲۰۴۹	پذیرش طرح اگر حداقل نرخ جذب کننده کمتر یا مساوی ۲۰/۴۹ درصد باشد
۱۱	۰/۲۰۴۲	۰/۲۰۴۲	پذیرش طرح اگر حداقل نرخ جذب کننده کمتر یا مساوی ۲۰/۴۲ درصد باشد
۱۲	۰/۲۰۵۴	۰/۲۰۵۴	پذیرش طرح اگر حداقل نرخ جذب کننده کمتر یا مساوی ۲۰/۵۴ درصد باشد

نتایج و پیشنهادها

در این مطالعه برای ارزیابی طرح های سرمایه گذاری، یک الگوی شبیه سازی مونت کارلوی فازی برای روش ارزش فعلی خالص و نرخ بازده داخلی ارائه شد. جریان های نقدی و نرخ های بهره در آن به صورت اعداد فازی است. مقایسه نتایج حاصل از روش های پیشین و روش شبیه سازی پیشنهادی نشان می دهد مقادیر حاصل از روش شبیه سازی با نتایج

با توجه به جدول ۷ نتایج حاصل از الگوی پیشنهادی با نتایج حاصل از الگوی کوچتا (۲۰۰۸) مطابقت دارد و هر دو روش به نتیجه یکسانی درباره رد یا پذیرش طرح دست یافته اند. نظر به اینکه در این مثال، ترکیب اعداد فازی مثلثی، دوزنقه ای و گاوسی برای فازی کردن جریان های نقدی و نرخ بهره به کار رفت، اطمینان حاصل شد که روش پیشنهادی را برای کلیه اعداد فازی می توان به کار برد.

- [5] Fadaei N. M. E. (2003). *Principle of Capital Budgeting*. Tehran: Samt (in persian).
- [6] Fereidouni, S., & Moradian Borojeni, P. (2012). Fuzzy simulated annealing model for solving chance constrained capital budgeting problem and sensitivity analysis it. *Journal of Operational Research in Its Applications*. 8 (4): 13-27 (in persian).
- [7] Ghasemi, A., & Mahmoodzadeh, S. (2011). Assesment of economic projects in uncertain conditions (Fuzzy approach). *Tahghighate Eghtesadi*. 45 (93): 83-108 (in persian).
- [8] Guerraa, M. L., Magnib, C. A., & Stefaninic, L. (2014). Interval and fuzzy average internal rate of return for investment appraisal. *Fuzzy Sets and Systems*. 257: 217-241.
- [9] Kahraman, C., Ruan, D., & Tolga, E. (2002). Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows. *Information Sciences*. 142 (1): 57-76.
- [10] Khalili A. M. (2008). Capital budgeting: Multiple criteria. *Journal of Economic Research*. 8 (1): 99-118 (in persian).
- [11] Kuchta, D. (2008). *Fuzzy Rate of Return Analysis and Applications*. In C. Kahraman, *Fuzzy Engineering Economics with Applications (Studies in Fuzziness and Soft Computing)*. Berlin: Springer.
- [12] Menhaj, M. B. (2015). *Fuzzy Computations*. Tehran: Daneshnegar (in persian).
- [13] Mirfakhredini, H., Azar, A., & Pourhamidi, M. (2015). *Fuzzy Logic and Its Application in Management*. Yazd: Yazd University (in persian).
- [14] Ross, T. J. (2010). *Fuzzy Logic with Engineering Applications* (Third Edition ed.). John Wiley.
- [15] Seyed Motahari, S. M. (2011). *Evaluation, Investment and Projects Financing (Applied)*. Tehran: Business publishing company (in persian).
- [16] Shaffie, S. S., & Jaaman, S. H. (2016). Monte carlo on net present value for capital investment in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 219: 688-693. (in persian).
- [17] Tsao, C. T. (2012). Fuzzy net present values for capital investments in an

الگوی بوکلی و همکارانی (۲۰۰۲) و کوچتا (۲۰۰۸) برابر است. به کارگیری الگوی پیشنهادی برای انواع اعداد فازی (مثلی، دوزنقه‌ای و گاوسی) نشان داد که این الگو، جریان‌های نقدی و نرخ بهره را به صورت انواع اعداد فازی می‌تواند لحاظ کند و به نوع خاصی از اعداد فازی محدود نشود.

به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود با استفاده از الگوی شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی، روش‌های نسبت منفعت به هزینه و نرخ بازده خارجی را با داده‌های فازی محاسبه و نتایج را با روش‌های سایر پژوهشگران مقایسه کنند. روش شبیه‌سازی مونت کارلوی فازی را که در این پژوهش ارائه شده است، در مسائل فازی - احتمالی می‌توان به کار برد؛ در صورتی که این قابلیت برای روش‌های ارائه شده در مطالعات گذشته وجود ندارد. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران برای مسائل امکان‌سنجی با داده‌های فازی - احتمالی از الگوی شبیه‌سازی ارائه شده استفاده کنند.

References

- [1] Abbastabar, S., Khademi, N., Behnia, K., & Samadzad, M. (2016). Economic evaluation of public transit systems considering uncertainties in economic parameters: The case of the Qom Metro system. *Transportation Engineering*, 6 (1): 117-144 (in persian).
- [2] Akbari Moghadam, B. A., & Khalili A. M. (2010). Examining application of complicated capital budgeting techniques in the petrochemical industry. *Journal of Development Evolution Management*. 2 (4): 1-4 (in persian).
- [3] Buckley, J. J. (2005). *Simulating Fuzzy Systems (Studies in Fuzziness and Soft Computing)*. Berlin: Springer.
- [4] Buckley, J. J., Eslami, E., & Feuring, T. (2002). *Fuzzy Mathematics in Economics and Engineering (Studies in Fuzziness and Soft Computing)*. Berlin: Springer.

- uncertain environment. *Computers & Operations Research*. 39(8): 1885-1892.
- [18] Ustundag, A., Kılınç, M. S., & Cevikcan, E. (2010). Fuzzy rule-based system for the economic analysis of RFID investments. *Expert Systems with Applications*. 37(7): 5300-5306.
- [19] Yao, J. S., Chen, M. S., & Lin, H. W. (2005). Valuation by using fuzzy discounted cash flow model. *Expert Systems with Application*. 28 (2): 209- 222.
- [20] Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*. 3 (8): 338-353.
- [21] Zonouz, S. A., & Miremadi, G. (2006). A fuzzy-monte carlo simulation approach for fault tree analysis. *Reliability and Maintainability Symposium (RAMS) IEEE*: 428 – 433.