ارزیابی طرح‌های اقتصادی در شرایط عدم قطعیت (رویکرد فازی)

عبدالرسول قاسمی

استادیار دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه علامه‌طباطبایی ghasemi@atu.ac.ir

سهیل محمودزاده

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه‌طباطبایی Soheil.mz@gmail.com

تاریخ دریافت : ۸۸/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۵

چکیده

فرض وجود قطعیت کامل که در شرایط تحلیل اقتصادی ایستا مورد استفاده قرار می‌گیرد، اگرچه تجزیه و تحلیل اقتصادی را آسان‌تر می‌کند، اما منطقی به نظر نمی‌رسد، زیرا در بیش‌تر پروژه‌ها زمان نقش مهمی را ایفا می‌کند. در این فاصله‌ی زمانی، مقدار درآمد و هزینه‌های آینده، تحت تأثیر عواملی قرار می‌گیرد که خارج از کنترل سرمایه‌گذار بوده و دقیقا قابل پیش‌بینی نیستند. لذا در عمل به‌دلیل وجود ریسک و عدم قطعیت، معمولا بین آن‌چه که پیش‌بینی شده و آن‌چه که تحقق یافته، تفاوت وجود دارد. در برخورد با شرایط ریسک و عدم قطعیت، حتی ممکن است با تغییر مختصر در مقدار پارامتر نامطمئن، نتیجه‌ی تحلیل اقتصادی تغییر کند.

در این مطالعه با استفاده از مباحث مربوط به منطق فازی در جهت رفع این نقصان تلاش خواهد شد. این پژوهش برای نخستین بار اقدام به ارائه‌ی مدلی جهت ارزیابی طرح‌های اقتصادی در شرایط عدم قطعیت با استفاده از منطق فازی می‌کند. هم‌چنین بررسی ادبیات موضوع در سایر کشورها نیز حاکی از اندک بودن تعداد مطالعات انجام گرفته در این زمینه است که آن هم با استفاده از نسبت منفعت به هزینه انجام گرفته است. بنابراین این مطالعه از نظر تعمیم و کاربرد منطق فازی، به سایر روش‌های ارزیابی طرح‌ها نیز می‌تواند منحصر به فرد قلمداد شود.

طبقه‌بندی JEL : C۶۱ ،CO۲

کلید واژه: اقتصاد مهندسی، فازی، عدم قطعیت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱- مقدمه

ارزیابی طرح‌های اقتصادی را می‌توان شاخه ای از اقتصاد کاربردی دانست که هدف آن تشریح روش‌های مختلفی است که برای ارزیابی و مقایسه اقتصادی امکانات و فرصت‌های سرمایه‌گذاری مورد استفاده قرار می‌گیرد و شامل روش‌ها و تکنیک‌هایی ریاضی برای ساده‌کردن مقایسه‌ی اقتصادی پروژه‌هاست، که مدیران، مهندسان و کارشناسان از آن به عنوان تصمیم‌گیری برای انتخاب پروژه‌های مناسب استفاده می‌کنند.

هر چند در عمل به دلیل وجود ریسک[۱] و عدم قطعیت[۲]، معمولا آن‌چه که پیش بینی شده و آن‌چه که تحقق یافته، متفاوتند، اما تفاوت‌هایی بین این دو مفهوم وجود دارد که باید به آن‌ها توجه شود. عدم‌قطعیت به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن، شخص نمی‌تواند با اطلاعاتی‌که در اختیار دارد، رفتار و سایر خصوصیات یک سیستم را از بعد کمّی و کیفی به‌صورت دقیق؛ توصیف، تعیین و یا پیش‌بینی کند. هم‌چنین براساس تعریف نایت،۳ عدم قطعیت، وضعیتی است که در آن احتمالات مربوط به وقایع، قابل تشخیص و تعیین نیستند. تصمیم‌گیرنده ممکن است تمامی رخدادهای ممکن را بداند، اما هیچ راهی برای تعیین احتمالات مربوط به آن‌ها وجود ندارد و یا تنها برخی از گزینه‌ها یا رخدادهای مربوط به آن‌ها شناخته شده است، اما ریسک به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن تصمیم‌گیرنده گرچه تمام گزینه‌های مختلف را می‌شناسد، اما نتایج حاصل از انتخاب هر گزینه به‌صورت تعدادی رخداد احتمالی است. بنابراین، با نامعلوم بودن نتایج هرگزینه، احتمالاتی برای آن در نظرگرفته می‌شود.

با توجه به کمبود آمار و اطلاعات در زمینه‌ی فراوانی وقوع رویدادها و حوادث در کشورهای در حال توسعه و عدم امکان محاسبه‌ی تابع توزیع احتمال، کاربرد منطق فازی با استفاده از تئوری امکان، می‌تواند عدم قطعیت‌های موجود را فرموله کند.

روش‌های کلاسیک ارزیابی طرح‌های اقتصادی، برگرفته از ریاضیات قطعی[۴] و منطق دو ارزشی و چند ارزشی است که خواهان داده‌های دقیق و کمی هستند. در این

۱- Risk.
۲- Uncertainty.
۱- Knight, ۱۹۲۱.
٤- Crisp.

روش‌ها، داده‌های مبهم[1] جایی در مدلسازی ندارد، که این امر به نوبه‌ی خود موجب انعطاف ناپذیری و عدم دقت در مدل‌های ریاضی می‌شود.

با توجه به آن‌که در روش کلاسیک ارزیابی طرح‌های اقتصادی، پیش فرض تحلیل‌گران، وجود قطعیت در مورد آینده است، بنابراین پارامترها به صورتی قطعی تعیین می‌شوند، لذا مدل‌های معمول، بیان دقیقی از واقعیت ارائه نمی‌دهند. اما منطق فازی توانایی دارد پارامترها را در یک بازه‌ی مورد بررسی قرار دهد. در این مطالعه با استفاده از مباحث مربوط به منطق فازی، در جهت رفع این نقصان تلاش خواهد شد.

بررسی ادبیات موضوع در سطح داخلی و خارجی، حاکی از نبود مطالعه‌ی مشابه در داخل کشور و انگشت شمار بودن تعداد مطالعات انجام گرفته در خارج از کشور است. وجه تمایز این مطالعه با تنها مطالعه‌ی بین‌المللی انجام گرفته در این زمینه را می‌توان در بسط روش‌های مختلف ارزیابی طرح‌های اقتصادی شامل روش ارزش خالص کنونی، روش یکنواخت سالیانه، روش نسبت منفعت به هزینه و روش نرخ بازده داخلی با استفاده از اعداد فازی مثلثی دانست. این در حالی است که تنها مطالعه‌ی انجام گرفته در این خصوص، به استفاده از روش نسبت منفعت به هزینه در حالت فازی اکتفا کرده است. از این‌رو، این پژوهش از نظر تعمیم و کاربرد منطق فازی به سایر روش‌های ارزیابی طرح‌ها نیز می‌تواند منحصر به فرد قلمداد شود.

۲- تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق

در ارزیابی طرح‌های اقتصادی معمولا پارامترها را قطعی در نظر می‌گیرند، اما در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه، عدم قطعیت و وجود ریسک از اهمیت قابل ملاحظه ای برخوردار است، لذا نمی‌توان در این گونه کشورها پارامترها را با اطمینان بالا در ارزیابی طرح‌های اقتصادی بیان کرد.

از آن‌جا که کشور ایران نیز جزء کشورهای ذکر شده می‌باشد، لذا باید این عدم قطعیت به نوعی وارد مدل‌های ارزیابی طرح‌های اقتصادی شود. یکی از ابزارهای قوی برای بیان این نااطمینانی، منطق فازی است. با استفاده از منطق فازی، می‌توان به جای محدود کردن پارامترهای یک مسأله به یک عدد، آن‌ها را به صورت اعداد فازی ارائه کرد و از آن‌جا که حد پایین و بالای پاسخ‌ها قابل اخذ است، می‌توان راه حل‌های کاربردی‌تری مطرح کرد.

۱- Vagueness.

رویکرد کلاسیک در سرمایه‌گذاری و بودجه بندی سرمایه‌ای، درصدد اندازه‌گیری عوامل سرمایه‌گذاری همانند جریان ورودی نقدی، جریان خروجی نقدی، نرخ بازده داخلی و ارزش فعلی سرمایه‌گذاری با استفاده از منطق صفر و یک است. امروزه در مدیریت مالی مطرح می‌شود که تمامی عوامل مورد نظر در سرمایه‌گذاری و بودجه‌بندی سرمایه‌ای را می‌توان بر اساس منطق فازی در بازه‌ی صفر و یک اندازه‌گیری کرد. به عنوان مثال، در نظر گرفتن نرخ تنزیل به صورت قطعی، در محاسبه‌ی نرخ بازده‌ی داخلی و یا محاسبه‌ی ارزش فعلی خالص سرمایه با توجه به افق بلندمدت سرمایه‌گذاری، یک امر غیرواقعی در مدل‌سازی نقدینگی سازمان‌هاست، در حالی که با استفاده از منطق فازی می‌توان به اندازه‌گیری فازی نرخ تنزیل اقدام و از این طریق اعتبار تصمیمات سرمایه‌گذاری را به واقعیت نزدیک‌تر کرد.

منطق فازی می‌تواند رویکردی نوین برای حل این مشکل در ارزیابی طرح‌های اقتصادی باشد و ضمن ایجاد انعطاف‌پذیری در مدل، تصویری خاکستری نیز از جهان واقعی ارائه کند. روشن است نتایج چنین مدل‌هایی به دلیل لحاظ کردن شرایط واقعی، دقیق‌تر و کاربردی‌تر خواهد بود. با توجه به مقدمه‌ی ذکر شده، به نظر می‌رسد که تفکر فازی بتواند با در نظر گرفتن عدم اطمینان، ارزیابی طرح‌های اقتصادی را بیش از پیش به واقعیت نزدیک‌تر کند.

به این منظور در این تحقیق تلاش شده است تا روش‌های اصلی ارزیابی طرح‌های اقتصادی توسط اعداد فازی بیان و بدین وسیله فاصله‌ی بین تئوری و واقعیت کم‌تر شود. تحقیق حاضر با در نظر داشتن اهداف زیر:

۱- بیان کمّی مدل‌های تحلیل اقتصادی پروژه‌ها با استفاده از اعداد فازی

۲- ارائه‌ی نتایج به‌کارگیری این مدل‌ها و مقایسه با روش‌های کلاسیک

۳- افزایش کارایی مدل‌های ارزیابی طرح‌های اقتصادی

۴- قصد دارد تا به سئوال‌های اساسی زیر پاسخ بدهد:

۵- آیا بیان پارامترهای اقتصاد مهندسی با اعداد فازی، دقت تحلیل‌ها را افزایش می‌دهد؟

۶- آیا نتایج حاصل از کاربرد منطق فازی، در مقایسه با روش‌های جاری متفاوت خواهد بود؟

۳- سوابق مربوطه

منطق فازی در بسیاری از علوم و با استفاده از روش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. اما هنوز توجه شایانی به این نظام فکری در اقتصاد نشده است. در این میان استفاده از این روش در تحلیل اقتصادی پروژه‌ها نیز کم‌تر مورد استفاده قرار گرفته است.

در میان مطالعات داخلی انجام شده، هیچ یک مورد ویژه و مستقیمی را در جهت کاربرد منطق فازی در ارزیابی طرح‌های اقتصادی بیان نکرده‌اند. در زیر به چهار مورد پژوهش بین المللی که در آن از محاسبات فازی در فرایند تحلیل اقتصادی پروژه‌ها استفاده شده است، اشاره می‌شود:

قهرمان[۱] و دیگران، در مقاله‌ی خود ابتدا به بیان اهمیت ریسک و این نکته که در فضای نااطمینانی اقتصاد، دانش افراد خبره نیز دچار خطا است، می‌پردازند. آن‌ها معتقدند نرخ بهره و مقادیر جریان نقدی معمولا توسط حدس‌های قوی یا استنتاجات از داده‌های آماری به‌دست می‌آیند. لذا اعداد فازی می‌توانند به این امر کمک شایانی کنند. سپس به ارائه‌ی مدل‌های خود برای کاربرد منطق فازی در اقتصاد مهندسی می‌پردازند.

قهرمان، در مقاله‌ای با عنوان "تحلیل نسبت منفعت به هزینه فازی و احتمالی برای پروژه‌های عمومی"، اقدام به ارائه‌ی مبانی نظری روش‌های یاد شده در نسبت منفعت به هزینه کرده و نتیجه گرفته است که کاربرد تئوری احتمال در ارزیابی‌های اقتصادی نیازمند وجود داده‌های تاریخی نسبتا زیادی در مورد درآمدها، هزینه‌ها و هم‌چنین نرخ بهره است، در حالی‌که منطق فازی بدون نیاز به این حجم از داده‌ها قادر است عدم قطعیت را در ارزیابی اقتصادی طرح‌ها فرموله کند.

ژیوژیا[۲] نیز پس از ارائه‌ی تعاریف معمول در اقتصاد مهندسی، به ارائه‌ی مدلی برای روش ارزش خالص کنونی با استفاده از روش اعداد فازی اتفاقی و الگوریتم هوشمند هیبرید می‌پردازد.

قهرمان و دیگران در مقاله‌ای متفاوت، با بیان صریح این نکته که پارامترهای مورد استفاده در اقتصاد مهندسی[۳] دارای خطا هستند، استفاده از اعداد فازی را یکی از روش‌هایی می‌دانند که به کاهش این خطا منجر می‌شود.

۱- Kaharaman.
۲- Xiaoxia.
۳- Engineering Economic.

۴- روش شناسی تحقیق

۴-۱- ارزیابی طرح‌های اقتصادی

تعریف مشخص ارزیابی طرح‌های اقتصادی عبارت است از: تحلیل اقتصادی تفاوت‌های مورد انتظار (پیش بینی شده[۱]) بین گزیدارها[۲] و یا طرح‌هایی که از نظر فنی ممکن (قابل توجیه) هستند. این تعریف، پیش بینی تفاوت های موجود بین گزیدارهای ممکن را در بر می‌گیرد. واژه‌ی پیش بینی، نشانگر توجه مطالعات ارزیابی به آینده است. اما از آن‌جا که هیچ چیز در آینده قطعیت ندارد، نتایج مطالعه‌ی ارزیابی را نمی‌توان قطعی تلقی کرد، زیرا اگر چه برخی پارامترهای مربوطه مانند هزینه‌ی اولیه، با اطمینان معلوم می‌باشد، اما پارامترهای دیگر نظیر ارزش اسقاط[۳] (یعنی بها در پایان عمر اقتصادی) را می‌توان فقط با درصدی از اطمینان تعیین کرد. از سوی دیگر، اساس این نتایج را نیز نمی‌بایستی حدس و گمان دانست، زیرا این پیش بینی‌ها و تخمین‌ها می‌بایستی منطقی بوده و بر اساس تجربه انجام گیرند. هم‌چنین از آن‌جا که تمام فعالیت‌های اقتصادی، با ریسک و عدم اطمینان همراه هستند، می‌بایستی در برآوردهایی که انجام می‌شود اثر ریسک و عدم اطمینان را مورد توجه قرار داد.

فرآیند ارزیابی طرح‌های اقتصادی، شامل پیش بینی نتایج هر گزیدار است. در برخی از موارد، نتایج اقتصادی یک سرمایه‌گذاری در مدتی کوتاه به‌دست می‌آید. در این حالت، می‌توان نتایج پیش بینی شده را گردآوری کرده و بر اساس نتیجه‌ی خالص، تصمیم‌گیری کرد. هنگامی که نتایج اقتصادی یک سرمایه‌گذاری طی چندین سال به‌دست می‌آید و انجام مخارج و تولید محصول در پروژه‌های مختلف هم‌زمان نباشد، نمی‌توان به آسانی تصمیم‌گیری کرد، لذا لازم است که برای تحلیل اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری، بهره و ارزش زمانی پول نیز در نظر گرفته شود.

- بهره[۴]: هزینه‌ی استفاده از سرمایه است. هرچه میزان نرخ بهره بیش‌تر باشد هزینه‌ی بیش‌تری برای استفاده از سرمایه پرداخت خواهد شد.

- ارزش زمانی پول[۵]: ارزش زمانی پول از اصول اساسی ارزیابی طرح‌های اقتصادی است و تمامی تکنیک‌های موجود، بر مبنای ارزش زمانی پول بنا شده است. هنگامی که

۱- Forecast (Estimation).
۲- Alternatives.
۳- Salvage Value.
٤- Interest Rate.
٥- Time Value of Money.

مدتی برای دریافت مبلغی پول در انتظار بمانید، ارزش آن در پایان این مدت می‌بایستی بیش‌تر از ارزش نقدی آن مبلغ باشد.

در ارزیابی طرح‌های اقتصادی برای مقایسه‌ی گزیدارها از چهار روش عمده‌ی تحلیل ارزش کنونی[۱]، روش معادل گردش نقدی سالانه[۲]، روش نسبت منفعت هزینه[۳] و روش نرخ بازده‌ی داخلی[۴] استفاده می‌شود.

۲-۴- تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت[۵]

عدم قطعیت، به وضعیتی اطلاق می‌شود که به علت نبود داده‌های کافی، احتمال وقوع رویدادها قابل اندازه‌گیری نیست. نوسان‌های نامنظم قیمت‌ها در بیش‌تر کشورهای جهان سوم، در شمار این رخدادها قرار می‌گیرند، چرا که وقوع آن را نمی‌توان به‌درستی پیش‌بینی کرد. بدیهی است عدم قطعیت در بلندمدت مشهودتر از کوتاه‌مدت است.

طرح‌ها در دنیای واقعی همیشه از اطلاعات با قطعیت پیروی نمی‌کند و تغییر و تحول، عامل شناخته شده‌ای در بیش‌تر فعالیت‌های مدیریت و مهندسی می‌باشد. نیروی انسانی هر روز ماهرتر می‌شود، خواص مواد به مرور زمان تغییر می‌کنند و ماشین‌هایی که ظاهرا مشابهند، مشخصه‌های عملیاتی مختلفی را ارائه می‌دهند. عوامل اقتصادی و سیاسی نیز از جمله عواملی هستند که در تغییر پارامترهای آینده مؤثرند.

گرچه شناخت تغییرات آسان است، ولی دخالت دادن آن‌ها در بررسی‌های اقتصادی دشوار به نظر می‌رسد. به همین جهت با وارد کردن تورم و هم‌چنین تحلیل حساسیت با تخمین‌های مختلف (خوش بینانه، بدبینانه، ممکن‌ترین)، تلاش می‌شود که با عوامل غیرقابل پیش‌بینی مقابله شود. برای دخالت دادن عدم اطمینان در یک مسأله‌ی ارزیابی طرح‌های اقتصادی، انجام مراحل زیر ضروری است:

۱- **تعریف مسأله**: آیا شرایط اقتضا می‌کند که عدم اطمینان، وارد ارزیابی اقتصادی شود؟ اصولا عدم اطمینان، زمانی وارد تصمیم‌گیری می‌شود که پاره‌ای از فعالیت‌ها و عوامل تعیین کننده تحت شرایط آینده‌ی دور غیرقابل پیش بینی و در معرض تغییرات نامعلوم باشند.

۲- **جمع آوری اطلاعات**: زمانی که عدم اطمینان مشهود است، کار دشواری می‌باشد. تشخیص نتایج حاصل از هر راه حل مسأله شامل موارد زیر است:

۱- Present Worth Method.
۲- Equivalent Uniform Cash Flow Method.
۳- Benefit Cost Ratio.
٤ - Internal Rate of Return.
۵- Decision Making under Uncertainty.

الف) شناسایی شرایط یا معیارهای آینده
ب) پیش بینی احتمال وقوع هر یک از شرایط
ج) محاسبه با استفاده از تکنیک‌های ارزیابی طرح‌های اقتصادی مانند NEUA , ROR , NPW و غیره.

گرچه شرایط و حوادث آینده قابل پیش بینی است، ولی عواملی مانند وضعیت آب و هوا، توسعه‌ی فنی و اقتصادی، اوضاع سیاسی، بازارهای جهانی، تقاضا و غیره قابل کنترل نیستند.

۱- فرموله کردن مسأله: در این حالت، همیشه حالت محافظه‌کارانه حفظ می‌شود، که این حالت در مطالعات اقتصادی همان برخورد بدبینانه با فرآیندهای مالی آینده می‌باشد. در ادامه مدل‌هایی ارائه می‌شوند که به فرموله کردن مسأله کمک می‌کنند.

۲- ارزیابی مسأله: برای انتخاب بهترین طرح، به هر یک از طرح‌ها وزن داده می‌شود، هزینه‌ها با درآمدها مقایسه می‌شوند و طرحی انتخاب می‌شود که دارای بهترین مقادیر معیارهای مورد نظر تصمیم‌گیری باشد.

۳-۴- *کاربرد منطق فازی جهت فرموله کردن عدم قطعیت*

عسگرزاده، معروف به زاده، در سال ۱۹۶۵، نظریه‌ی معروف سیستم‌های فازی را معرفی کرد. در فضایی که دانشمندان علوم مهندسی به دنبال روش‌های ریاضی برای حل مسایل دشوارتر بودند، نظریه‌ی فازی به گونه‌ای دیگر از مدل‌سازی اقدام کرد. منطق فازی معتقد است که ابهام در ماهیت علم است. بر خلاف دیگران که معتقدند باید تقریب‌ها را دقیق‌تر کرد تا بهره‌وری افزایش یابد، زاده معتقد است که باید به دنبال ساختن مدل‌هایی بود که ابهام را به عنوان بخشی از سیستم مدل کند.

"تئوری مجموعه‌های فازی، گامی برای نزدیک شدن بین قطعیت در مسائل کلاسیک ریاضیات و عدم قطعیت فراگیر در جهان واقع است. این نزدیکی در نتیجه‌ی تمایل بی‌حد و حصر بشر برای درک بهتر فرآیندهای فکری و شناختی است."

از آن‌جا که نتایج سرمایه‌گذاری‌ها، تحت تأثیر عواملی قرار دارند که خارج از کنترل سرمایه‌گذار هستند، در پیش بینی نتایج و تخمین پارامترهای هر مسأله، لازم است که عدم اطمینان، در نظر گرفته شود. برای مطالعه‌ی تأثیر عدم اطمینان، می‌بایستی منشا و علل آن را شناخت. به‌طور کلی، عدم اطمینان در فعالیت‌های اقتصادی ممکن است ۲ منشا یا علت اساسی داشته باشد:

- دانش ناقص نسبت به شرایط بازار
- دانش ناقص نسبت به رابطه‌ی بین عوامل تولید و محصول (تابع تولید)

راه ساده‌ی تعیین تأثیر تغییر عوامل نااطمینانی (یعنی پارامترهای نامطمئن) بر روی گزینش گزیدارها، روش تحلیل سر به سر و حساسیت است. اما روش دیگری که هدف انجام این تحقیق نیز می‌باشد، آن است که به‌جای در نظر گرفتن یک ارزش برای هر متغیر، یک عدد فازی را بر اساس آمار و نوسان احتمالی آن، در نظر گرفت. در این روش برای هر پارامتر با استفاده از منطق فازی یک عدد فازی مثلثی در نظر گرفته می‌شود.

تفاوت این شیوه‌ی نگرش به عدم اطمینان با روش تحلیل حساسیت در آن است که در تجزیه و تحلیل حساسیت، فرض اطمینان روی پارامترها وجود دارد و تغییر و نوسان پارامتر این فرض را تغییر نمی‌دهد. این در حالی است که در روش پیشنهادی این تحقیق، عدم اطمینان در مورد پارامترها از خصوصیات این تحلیل می‌باشد و فرض قطعیت کامل کنار گذاشته می‌شود.

هنگامی که پارامترهای مسأله‌ی مورد مطالعه، بر حسب اعداد فازی بیان می‌شوند، تحلیل اقتصادی پیچیده‌تر خواهد شد، زیرا اگر بخواهیم پارامترها را فازی بیان کنیم، محاسباتی طولانی لازم است.

با استفاده از مفاهیم پایه‌ای منطق فازی و هم‌چنین با توجه به ریاضیات خاص این منطق، می‌توان مدل‌های مربوط به محاسبات اقتصاد مهندسی را بسط و گسترش داد تا این مدل‌ها هم‌خوانی بیش‌تری با دنیای واقع داشته باشند. شایان ذکر است بسط این روش برای نخستین بار توسط نگارندگان مقاله انجام گرفته است.

۴-۴- بسط روش ارزش خالص کنونی با اعداد فازی

روش ارزش خالص کنونی به طور معمول در ارزیابی پروژه‌های اقتصادی به صورت زیر می‌باشد:

$$NPV = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

که در آن R درآمد، C هزینه و r نرخ بهره می‌باشد. در روش جدید، فرض بر این است که مقادیر این متغیرها را نمی‌توان به صورت دقیق مشخص کرد لذا این پارامترها را با استفاده از ریاضیات فازی به صورت اعداد فازی مثلثی غیر متقارن بیان می‌کنیم.

$$R_i^{Fuzzy} = (R_i, \alpha_i, \beta_i) \quad r^{Fuzzy} = (r, \alpha', \beta') \qquad C_i^{Fuzzy} = (C_i, \alpha_i'', \beta_i'')$$

در عدد فازی $x^{Fuzzy}=(x,\alpha,\beta)$، اندیس Fuzzy، بیانگر فازی بودن عدد، x بیانگر مرکز عدد فازی است که با بیش‌ترین امکان رخ خواهد داد و α,β به ترتیب بازه‌ی چپ و راست نامیده می‌شوند. لذا فرمول روش ارزش خالص کنونی با استفاده از اعداد فازی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$NPV_{Fuzzy}=\sum_{i=0}^{n}\frac{R_i^{Fuzzy}}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^i}-\sum_{i=0}^{n}\frac{C_i^{Fuzzy}}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^i}$$

با جای‌گذاری تعاریف اولیه در این فرمول خواهیم داشت:

$$\sum_{i=0}^{n}\frac{R_i^{Fuzzy}}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^i}=\sum_{i=0}^{n}\frac{(R_i,\alpha_i,\beta_i)}{(1+(r,\alpha',\beta'))^i}=\sum_{i=0}^{n}\frac{(R_i,\alpha_i,\beta_i)}{(1+r,\alpha',\beta')^i}$$

$$\sum_{i=0}^{n}\frac{C_i^{Fuzzy}}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^i}=\sum_{i=0}^{n}\frac{(C_i,\alpha_i'',\beta_i'')}{(1+(r,\alpha',\beta'))^i}=\sum_{i=0}^{n}\frac{(C_i,\alpha_i'',\beta_i'')}{(1+r,\alpha',\beta')^i}$$

از آن‌جا که در عدد فازی $x^{Fuzzy}=(x,\alpha,\beta)$، α,β به ترتیب به عنوان بازه‌ی چپ و راست تعریف شده‌اند، لذا یک عدد فازی را می‌توان به صورت زیر نیز بیان کرد:

$$(1+r,\alpha',\beta')\ \text{is equal with}\ (1+r-\alpha',1+r,1+r+\beta')$$

حال طبق قوانین ریاضیات فازی، معکوس یک عدد فازی نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{1}{(1+r-\alpha',1+r,1+r+\beta')}=\left(\frac{1}{1+r+\beta'},\frac{1}{1+r},\frac{1}{1+r-\alpha'}\right)$$

لذا به طور کلی خواهیم داشت:

$$\Rightarrow\frac{1}{(1+r,\alpha',\beta')}=\left(\frac{1}{1+r},\frac{1}{1+r}-\frac{1}{1+r+\beta'},\frac{1}{1+r-\alpha'}-\frac{1}{1+r}\right)$$

اکنون این عبارت را i بار در خود ضرب می‌کنیم تا توان i آن به‌دست آید:

$$\Rightarrow\frac{1}{(1+r,\alpha',\beta')^i}=\left(\frac{1}{1+r},\frac{1}{1+r}-\frac{1}{1+r+\beta'},\frac{1}{1+r-\alpha'}-\frac{1}{1+r}\right)^i=$$

$$i=1\Rightarrow\left(\frac{1}{1+r},\frac{1}{1+r}-\frac{1}{1+r+\beta'},\frac{1}{1+r-\alpha'}-\frac{1}{1+r}\right)$$

$$i=۲\Rightarrow\left(\frac{۱}{۱+r},\frac{۱}{۱+r}-\frac{۱}{۱+r+\beta'},\frac{۱}{۱+r-\alpha'}-\frac{۱}{۱+r}\right)^{۲}=$$

$$=\left(\frac{۱}{(۱+r)^{۲}},\left(\frac{۱}{۱+r}-\frac{۱}{۱+r+\beta'}\right)\frac{۲}{(۱+r)^{۱}},\left(\frac{۱}{۱+r-\alpha'}-\frac{۱}{۱+r}\right)\frac{۲}{(۱+r)^{۱}}\right)$$

$$i=۳\Rightarrow\left(\frac{۱}{۱+r},\frac{۱}{۱+r}-\frac{۱}{۱+r+\beta'},\frac{۱}{۱+r-\alpha'}-\frac{۱}{۱+r}\right)^{۳}=$$

$$\left(\frac{۱}{(۱+r)^{۲}},\left(\frac{۱}{۱+r}-\frac{۱}{۱+r+\beta'}\right)\frac{۲}{(۱+r)^{۱}},\left(\frac{۱}{۱+r-\alpha'}-\frac{۱}{۱+r}\right)\frac{۲}{(۱+r)^{۱}}\right)*$$

$$\left(\frac{۱}{۱+r},\frac{۱}{۱+r}-\frac{۱}{۱+r+\beta'},\frac{۱}{۱+r-\alpha'}-\frac{۱}{۱+r}\right)=$$

$$=\left(\frac{۱}{(۱+r)^{۳}},\left(\frac{۱}{۱+r}-\frac{۱}{۱+r+\beta'}\right)\frac{۳}{(۱+r)^{۲}},\left(\frac{۱}{۱+r-\alpha'}-\frac{۱}{۱+r}\right)\frac{۳}{(۱+r)^{۲}}\right)$$

با استفاده از روابط بالا و بسط این روش توان i عبارت فوق به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\Rightarrow\frac{۱}{(۱+r,\alpha',\beta')^{i}}=\left(\frac{۱}{۱+r},\frac{۱}{۱+r}-\frac{۱}{۱+r+\beta'},\frac{۱}{۱+r-\alpha'}-\frac{۱}{۱+r}\right)^{i}=$$

$$=\left(\frac{۱}{(۱+r)^{i}},\left(\frac{۱}{۱+r}-\frac{۱}{۱+r+\beta'}\right)\frac{i}{(۱+r)^{i-۱}},\left(\frac{۱}{۱+r-\alpha'}-\frac{۱}{۱+r}\right)\frac{i}{(۱+r)^{i-۱}}\right)$$

حال، ارزش کنونی درآمد وهزینه در سال‌های مختلف را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\sum_{i=۰}^{n}\frac{R_i{}^{Fuzzy}}{\left(۱+r^{Fuzzy}\right)^{i}}=\sum_{i=۰}^{n}\frac{(R_i,\alpha_i,\beta_i)}{(۱+r,\alpha',\beta')^{i}}$$

$$= \sum_{i=0}^{n} (R_i, \alpha_i, \beta_i) \left(\frac{1}{(1+r)^i}, \left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{i}{(1+r)^{i-1}}, \left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{i}{(1+r)^{i-1}} \right)$$

$$= \left(\sum_{i=0}^{n} \frac{R_i}{(1+r)^i}, \sum_{i=0}^{n} \left(\left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\alpha_i}{(1+r)^i} \right), \sum_{i=0}^{n} \left(\left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\beta_i}{(1+r)^i} \right) \right)$$

$$\sum_{i=0}^{n} \frac{C_i^{Fuzzy}}{(1+r^{Fuzzy})^i} = \sum_{i=0}^{n} \frac{(C_i, \alpha_i'', \beta_i'')}{(1+r, \alpha', \beta')^i}$$

$$= \sum_{i=0}^{n} (C_i, \alpha_i'', \beta_i'') \left(\frac{1}{(1+r)^i}, \left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{i}{(1+r)^{i-1}}, \left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{i}{(1+r)^{i-1}} \right)$$

$$= \left(\sum_{i=0}^{n} \frac{C_i}{(1+r)^i}, \sum_{i=0}^{n} \left(\left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\alpha_i''}{(1+r)^i} \right), \sum_{i=0}^{n} \left(\left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\beta_i''}{(1+r)^i} \right) \right)$$

و لذا فرمول ارزش خالص کنونی با استفاده از اعداد فازی به صورت زیر بیان خواهد شد:

$$\Rightarrow NPV_{Fuzzy} = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i^{Fuzzy}}{(1+r^{Fuzzy})^i} - \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i^{Fuzzy}}{(1+r^{Fuzzy})^i} =$$

$$= \left(\begin{array}{l} \sum_{i=0}^{n} \left(\frac{R_i}{(1+r)^i} - \frac{C_i}{(1+r)^i} \right), \\ \sum_{i=0}^{n} \left(\begin{array}{l} \left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}} \\ + \left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\alpha_i}{(1+r)^i} + \frac{\beta_i''}{(1+r)^i} \end{array} \right), \\ \sum_{i=0}^{n} \left(\begin{array}{l} \left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}} + \left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \\ \frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\beta_i}{(1+r)^i} + \frac{\alpha_i''}{(1+r)^i} \end{array} \right) \end{array} \right)$$

۴-۵- بسط روش یکنواخت سالیانه با اعداد فازی

محاسبه‌ی روش یکنواخت سالیانه به روش زیر است:

ابتدا ارزش فعلی همه‌ی درآمدها R_{Total} و هزینه‌ها C_{Tota} با استفاده از روابط ذیل محاسبه می‌شود:

$$R_{Total} = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i}{(1+r)^i} \quad , \quad C_{Total} = \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

سپس ارزش‌های فعلی حاصل به هزینه‌ی یکنواخت سالیانه تبدیل می‌شود.

$$EUA = (R_{Total} - C_{Total}) \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

اما از آن‌جا که در روش جدید پارامترها فازی در نظر گرفته شده‌اند و نرخ بهره نیز متغیر و فازی فرض می‌شود، لذا خواهیم داشت:

$$\left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] = \left[\frac{r^{Fuzzy}\left(1+r^{Fuzzy}\right)^n}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^n - 1} \right]$$

در این رابطه، عبارت $\left(1+r^{Fuzzy}\right)^n$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\left(1+r^{Fuzzy}\right)^n=(1+r,\alpha',\beta')^n\Rightarrow(1+r,\alpha',\beta')^n=$$

$$n=1\Rightarrow(1+r,\alpha',\beta')^1$$

$$n=2\Rightarrow(1+r,\alpha',\beta')^2=\left((1+r)^2,\ 2\alpha'_i(1+r),2\beta'(1+r)\right)$$

$$n=3\Rightarrow(1+r,\alpha',\beta')^3=\left((1+r)^3,\ 3\alpha'(1+r)^2,3\beta'(1+r)^2\right)$$

...

$$n=n\Rightarrow(1+r,\alpha',\beta')^n=\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1},n\beta'(1+r)^{n-1}\right)$$

حال ارزش‌های فعلی درآمد حاصل به درآمد یکنواخت سالیانه تبدیل می‌شود:

$$\Rightarrow EUA_R=\sum_{i=0}^{n}\frac{R_i^{Fuzzy}}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^i}*\left[\frac{r^{Fuzzy}\left(1+r^{Fuzzy}\right)^n}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^n-1}\right]=$$

$$=\sum_{i=0}^{n}\frac{(R_i,\alpha_i,\beta_i)}{(1+r,\alpha',\beta')^i}*\left[\frac{(r,\alpha',\beta')(1+r,\alpha',\beta')^n}{(1+r,\alpha',\beta')^n-1}\right]=$$

$$=\sum_{i=0}^{n}(R_i,\alpha_i,\beta_i)*\left[\frac{(r,\alpha',\beta')(1+r,\alpha',\beta')^{n-i}}{(1+r,\alpha',\beta')^n-1}\right]$$

با استفاده از رابطه‌ی زیر:

$$(1+r,\alpha',\beta')^n=\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1},n\beta'(1+r)^{n-1}\right)$$

و تبدیل n به $n-i$ خواهیم داشت:

$$n=n-i\Rightarrow(1+r,\alpha',\beta')^n=$$

$$\left((1+r)^{n-i},\ (n-i)\alpha'(1+r)^{n-i-1},(n-i)\beta'(1+r)^{n-i-1}\right)$$

$$\Rightarrow EUA_R=\sum_{i=0}^{n}(R_i,\alpha_i,\beta_i)*\left[\frac{(r,\alpha',\beta')\left((1+r)^{n-i},\ (n-i)\alpha'(1+r)^{n-i-1},(n-i)\beta'(1+r)^{n-i-1}\right)}{\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1},n\beta'(1+r)^{n-1}\right)-1}\right]=$$

$$=\sum_{i=0}^{n}(R_i,\alpha_i,\beta_i)*\left[\frac{\left(r(1+r)^{n-i},\ (r(n-i+1)+1)\alpha'(1+r)^{n-i-1},(r(n-i+1)+1)\beta'(1+r)^{n-i-1}\right)}{\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1},n\beta'(1+r)^{n-1}\right)-1}\right]=$$

$$=\sum_{i=0}^{n}\left[\frac{\left(R_ir(1+r)^{n-i},\ (\alpha(1+r)+(r(n-i+1)+1)\alpha')(1+r)^{n-i-1},(\beta(1+r)+(r(n-i+1)+1)\beta')(1+r)^{n-i-1}\right)}{\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1},n\beta'(1+r)^{n-1}\right)-1}\right]$$

ارزش فعلی هزینه‌ها نیز به صورت زیر تبدیل به هزینه‌ی یکنواخت سالیانه می‌شود:

$$\Rightarrow EUA_C = \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i^{Fuzzy}}{\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^i} * \left[\frac{r^{Fuzzy}\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^n}{\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^n - 1} \right] =$$

$$= \sum_{i=0}^{n} \frac{\left(C_i, \alpha_i'', \beta_i''\right)}{\left(1 + r, \alpha', \beta'\right)^i} * \left[\frac{\left(r, \alpha', \beta'\right)\left(1 + r, \alpha', \beta'\right)^n}{\left(1 + r, \alpha', \beta'\right)^n - 1} \right] =$$

$$= \sum_{i=0}^{n} \left(C_i, \alpha_i'', \beta_i''\right) * \left[\frac{\left(r, \alpha', \beta'\right)\left(1 + r, \alpha', \beta'\right)^{n-i}}{\left(1 + r, \alpha', \beta'\right)^n - 1} \right] =$$

$$EUA_C = \sum_{i=0}^{n} \left(C_i, \alpha_i'', \beta_i''\right) * \left[\frac{\left(r, \alpha', \beta'\right)\left((1+r)^{n-i},\ (n-i)\alpha'(1+r)^{n-i-1},\ (n-i)\beta'(1+r)^{n-i-1}\right)}{\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1}, n\beta'(1+r)^{n-1}\right) - 1} \right] =$$

$$= \sum_{i=0}^{n} \left(C_i, \alpha_i'', \beta_i''\right) * \left[\frac{\left(r(1+r)^{n-i},\ \left(r(n-i+1)+1\right)\alpha'(1+r)^{n-i-1},\ \left(r(n-i+1)+1\right)\beta'(1+r)^{n-i-1}\right)}{\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1}, n\beta'(1+r)^{n-1}\right) - 1} \right] =$$

$$= \sum_{i=0}^{n} \left[\frac{\left(C_i r(1+r)^{n-i},\ \left(\alpha''(1+r) + \left(r(n-i+1)+1\right)\alpha'\right)(1+r)^{n-i-1},\ \left(\beta''(1+r) + \left(r(n-i+1)+1\right)\beta'\right)(1+r)^{n-i-1}\right)}{\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1}, n\beta'(1+r)^{n-1}\right) - 1} \right]$$

لذا خواهیم داشت:

$$\Rightarrow EUA = EUA_R - EUA_C =$$

$$= \sum_{i=0}^{n} \left[\frac{\left(R_i r(1+r)^{n-i},\ \left(\alpha(1+r) + \left(r(n-i+1)+1\right)\alpha'\right)(1+r)^{n-i-1},\ \left(\beta(1+r) + \left(r(n-i+1)+1\right)\beta'\right)(1+r)^{n-i-1}\right)}{\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1}, n\beta'(1+r)^{n-1}\right) - 1} \right]$$

$$- \sum_{i=0}^{n} \left[\frac{\left(C_i r(1+r)^{n-i},\ \left(\alpha''(1+r) + \left(r(n-i+1)+1\right)\alpha'\right)(1+r)^{n-i-1},\ \left(\beta''(1+r) + \left(r(n-i+1)+1\right)\beta'\right)(1+r)^{n-i-1}\right)}{\left((1+r)^n,\ n\alpha'(1+r)^{n-1}, n\beta'(1+r)^{n-1}\right) - 1} \right]$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$\Rightarrow \mathrm{EUA} = \left(\begin{array}{l} \left(\sum_{i=0}^{n} \left[\frac{(R_i - C_i) r (1+r)^{n-i}}{\left((1+r)^n \, , \, n\alpha' (1+r)^{n-1} , n\beta' (1+r)^{n-1} \right) - 1} \right] \right), \\ \\ \left(\sum_{i=0}^{n} \left[\frac{((\alpha'' + \beta)(1+r) + (\alpha' + \beta')(r(n-i+1)+1))(1+r)^{n-i-1}}{\left((1+r)^n \, , \, n\alpha' (1+r)^{n-1} , n\beta' (1+r)^{n-1} \right) - 1} \right] \right), \\ \\ \left(\sum_{i=0}^{n} \left[\frac{((\beta'' + \alpha)(1+r) + (\beta' + \alpha')(r(n-i+1)+1))(1+r)^{n-i-1}}{\left((1+r)^n \, , \, n\alpha' (1+r)^{n-1} , n\beta' (1+r)^{n-1} \right) - 1} \right] \right) \end{array} \right)$$

۶-۴- بسط روش منفعت به هزینه با اعداد فازی

فرمول کلی نسبت منافع به مخارج در حالت فازی به صورت زیر است:

$$B/C = \frac{PW_B}{PW_C} \Rightarrow B/C = \frac{R_{Total}}{C_{Total}} \Rightarrow B/C_{Fuzzy} = \frac{\sum_{i=0}^{n} \frac{R_i^{Fuzzy}}{\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^i}}{\sum_{i=0}^{n} \frac{C_i^{Fuzzy}}{\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^i}}$$

از قبل اثبات شد که ارزش کنونی درآمد و هزینه در سال‌های مختلف به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$\sum_{i=0}^{n}\frac{R_i^{Fuzzy}}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^i}=\sum_{i=0}^{n}\frac{\left(R_i,\alpha_i,\beta_i\right)}{\left(1+r,\alpha',\beta'\right)^i}=$$

$$\left(\begin{array}{l}\sum_{i=0}^{n}\frac{R_i}{(1+r)^i},\sum_{i=0}^{n}\left(\left(\frac{1}{1+r}-\frac{1}{1+r+\beta'}\right)\frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}}+\frac{\alpha_i}{(1+r)^i}\right),\\ \sum_{i=0}^{n}\left(\left(\frac{1}{1+r-\alpha'}-\frac{1}{1+r}\right)\frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}}+\frac{\beta_i}{(1+r)^i}\right)\end{array}\right)$$

$$\sum_{i=0}^{n}\frac{C_i^{Fuzzy}}{\left(1+r^{Fuzzy}\right)^i}=\sum_{i=0}^{n}\frac{\left(C_i,\alpha_i'',\beta_i''\right)}{\left(1+r,\alpha',\beta'\right)^i}=$$

$$\left(\begin{array}{l}\sum_{i=0}^{n}\frac{C_i}{(1+r)^i},\sum_{i=0}^{n}\left(\left(\frac{1}{1+r}-\frac{1}{1+r+\beta'}\right)\frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}}+\frac{\alpha_i''}{(1+r)^i}\right),\\ \sum_{i=0}^{n}\left(\left(\frac{1}{1+r-\alpha'}-\frac{1}{1+r}\right)\frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}}+\frac{\beta_i''}{(1+r)^i}\right)\end{array}\right)$$

و لذا فرمول نسبت منفعت به هزینه با استفاده از اعداد فازی به صورت زیر بیان خواهد شد:

$$\Rightarrow B/C_{Fuzzy}=\frac{\left(\begin{array}{l}\sum_{i=0}^{n}\frac{R_i}{(1+r)^i},\sum_{i=.}^{n}\left(\left(\frac{1}{1+r}-\frac{1}{1+r+\beta'}\right)\frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}}+\frac{\alpha_i}{(1+r)^i}\right),\\ \sum_{i=0}^{n}\left(\left(\frac{1}{1+r-\alpha'}-\frac{1}{1+r}\right)\frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}}+\frac{\beta_i}{(1+r)^i}\right)\end{array}\right)}{\left(\begin{array}{l}\sum_{i=.}^{n}\frac{C_i}{(1+r)^i},\sum_{i=0}^{n}\left(\left(\frac{1}{1+r}-\frac{1}{1+r+\beta'}\right)\frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}}+\frac{\alpha_i''}{(1+r)^i}\right),\\ \sum_{i=0}^{n}\left(\left(\frac{1}{1+r-\alpha'}-\frac{1}{1+r}\right)\frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}}+\frac{\beta_i''}{(1+r)^i}\right)\end{array}\right)}$$

۴-۷- روش نرخ بازده‌ی داخلی

نرخ بازده‌ی داخلی عبارت است از نرخی که بـه ازای آن ارزش کنـونی جریـان‌هـای نقدی خروجی و ارزش کنونی جریان‌های نقدی ورودی با هم برابر شود.

$$NPW = 0$$
$$PW_B = PW_C$$
$$PW_B - PW_C = 0$$
$$\Rightarrow \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i^{Fuzzy}}{\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^i} = \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i^{Fuzzy}}{\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^i}$$

با برابر قرار دادن این دو عبارت در حالت فازی، نرخ بازده‌ی داخلی به‌دست مـی‌آیـد. شایان ذکر است که حل این معادله برای به‌دست آوردن نرخ بـازده‌ی داخلـی در حالـت پارامترهای قطعی نیز امری پیچیده است، لذا حـل ایـن معادلـه در حالـت فـازی نیـز از پیچیدگی‌های فراوانی برخوردار خواهد بود.

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i}{(1+r)^i}, \sum_{i=0}^{n} \left(\left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\alpha_i}{(1+r)^i} \right), \\ \sum_{i=0}^{n} \left(\left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\beta_i}{(1+r)^i} \right) \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i}{(1+r)^i}, \sum_{i=0}^{n} \left(\left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\alpha_i''}{(1+r)^i} \right), \\ \sum_{i=0}^{n} \left(\left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}} + \frac{\beta_i''}{(1+r)^i} \right) \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow ROR_{Fuzzy} = \text{obtained}\left(r_{Fuzzy}\right)$$

۵- مطالعه‌ی موردی

در این تحقیق، طرح تولید کیس کـامپیوتر توسـط هـر دو روش ارزیـابی طـرح‌هـای اقتصادی کلاسیک و فازی مورد بررسی قرار گرفته است. آمار و اطلاعـات مـورد نیـاز، از یک پروژه‌ی واقعی در داخل کشور جمع‌آوری شده است.

در جدول (۱) به منظور سهولت محاسبات و ارائه‌ی دید کلـی بـرای خواننـده، تمـام هزینه‌ها و درآمدهای طرح به صورت کل هزینه و درآمدها بیان شده است.

به عنوان مثال جمع هزینه‌ها شامل کل هزینه‌های تولید و کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری که هزینه‌ی سرمایه‌گذاری خود شامل هزینه‌ی سرمایه‌گذاری ثابت و هزینه‌ی سرمایه در گردش می‌باشد.

جدول ۱- هزینه‌ها و درآمد فروش طرح طی سال‌های فعالیت (میلیون ریال)

	سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ۴	سال ۵	سال ۶
کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری	۶۱۶۳۰	۵۶۵۲۰	۴۴۷۱	۴۱۷۵.۹	۴۸۰۲.۳	۵۵۲۲.۷
کل هزینه‌های تولید		۳۵۳۶۶.۵	۸۲۶۴۳	۹۶۱۴۴.۴	۱۱۰۱۷۶.۱	۱۲۶۳۱۲.۵
جمع هزینه‌ها	۶۱۶۳۰	۹۱۸۸۷.۱	۸۷۱۱۴	۱۰۰۳۲۰.۳	۱۱۴۹۷۸.۴	۱۳۱۸۳۵.۲
درآمد فروش		۴۷۶۱۰	۱۰۹۵۰۳	۱۲۵۹۲۸.۵	۱۴۴۸۱۷.۷	۱۶۶۵۴۰.۴
	سال ۷	**سال ۸**	**سال ۹**	**سال ۱۰**	**سال ۱۱**	
کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری	۶۳۵۱.۱	۷۳۰۳.۷	۸۳۹۹.۳	۹۶۵۹.۲	۱۱۱۰۸.۱	
کل هزینه‌های تولید	۱۴۴۸۷۶.۷	۱۶۸۸۴۹.۸	۱۹۳۳۹۱.۲	۲۲۱۶۱۳.۹	۲۵۴۰۷۰	
جمع هزینه‌ها	۱۵۱۲۲۷.۸	۱۷۶۱۵۳.۵	۲۰۱۷۹۰.۵	۲۳۱۲۷۳.۱	۲۶۵۱۷۸.۱	
درآمد فروش	۱۹۱۵۲۱.۴	۲۲۰۲۴۹.۷	۲۵۳۲۸۷.۱	۲۹۱۲۸۰.۲	۳۳۴۹۷۲.۲	

در جدول (۲)، ابتدا با استفاده از جمع هزینه‌ها ارزش کنونی تمام هزینه‌های سال‌های مربوطه محاسبه شده، سپس به همین ترتیب ارزش کنونی درآمدها نیز به‌دست آمده است، لذا ارزش فعلی نیز برابر خواهد بود با تفاضل ارزش کنونی درآمدها و هزینه‌ها، که برابر با ۶۳۶۰۲.۷ است. بنابراین ارزش فعلی، بیانگر سودآوری طرح مذکور می‌باشد.

جدول ۲- ارزیابی طرح اقتصادی تولید کیس

	سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ۴	سال ۵	سال ۶
جمع هزینه‌ها	۶۱۶۳۰	۹۱۸۸۷.۱	۸۷۱۱۴	۱۰۰۳۲۰.۳	۱۱۴۹۷۸.۴	۱۳۱۸۳۵.۲
ارزش کنونی هزینه‌ها	۵۱۳۵۸	۶۳۸۱۰.۵	۵۰۴۱۳.۲	۴۸۳۷۹.۸	۴۶۲۰۷.۲	۴۴۱۵۱.۳
درآمد فروش		۴۷۶۱۰	۱۰۹۵۰۳	۱۲۵۹۲۸.۵	۱۴۴۸۱۷.۷	۱۶۶۵۴۰.۴
ارزش کنونی درآمد		۳۳۰۶۲.۵	۶۳۳۶۹۸	۶۰۷۲۹.۴	۵۸۱۹۹	۵۵۷۷۴
درآمد- هزینه	-۶۱۶۳	-۴۴۲۷۷.۱	۲۲۳۸۹	۲۵۶۰۸.۱	۲۹۸۳۹.۴	۳۴۷۰۵.۲
ارزش فعلی	-۵۱۳۵۸	-۳۰۷۴۸	۱۲۹۵۶۶	۱۲۳۴۹.۶	۱۱۹۹۱.۸	۱۱۶۲۲.۷
	سال ۷	**سال ۸**	**سال ۹**	**سال ۱۰**	**سال ۱۱**	
جمع هزینه‌ها	۱۵۱۲۲۷.۸	۱۷۶۱۵۳.۵	۲۰۱۷۹۰.۵	۲۳۱۲۷۳.۱	۲۶۵۱۷۸.۱	
ارزش کنونی هزینه‌ها	۴۲۲۰۴.۹	۴۰۹۶۷.۷	۳۹۱۰۸.۴	۳۷۳۵۱.۹	۳۵۶۸۹.۸	
درآمد فروش	۱۹۱۵۲۱.۴	۲۲۰۲۴۹.۷	۲۵۳۲۸۷.۱	۲۹۱۲۸۰.۲	۳۳۴۹۷۲.۲	
ارزش کنونی درآمد	۵۳۴۵۰	۵۱۲۲۳	۴۹۰۸۸.۷	۴۷۰۴۳.۴	۴۵۰۸۳.۲	
درآمد- هزینه	۴۰۲۹۳.۶	۴۴۰۹۶.۲	۵۱۴۹۶۶	۶۰۰۰۷.۱	۶۹۷۹۴.۱	
ارزش فعلی	۱۱۲۴۵.۲	۱۰۲۵۵.۴	۹۹۸۰.۴	۹۶۹۱.۵	۹۳۹۳.۴	

گردش نقدی سالانه نیز عدد ۱۴۶۹۸.۸ به‌دست آمده است و همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد نشانگر قابل اجرا بودن طرح است.

نسبت منفعت به هزینه نیز برابر ۱.۱ به‌دست آمده است، که نشان می‌دهد ارزش کنونی درآمدها بیش از ارزش کنونی هزینه‌هاست و لذا طرح، توجیه اقتصادی دارد. مقادیر به‌دست آمده از روش‌های مختلف در جدول (۳) بیان شده‌اند.

جدول ۳- مقادیر روش‌های مختلف ارزیابی طرح تولید کیس

روش	ارزش فعلی	نسبت منفعت هزینه	نرخ بازده‌ی داخلی	گردش نقدی سالانه
مقدار	۶۳۶۰۲.۷	۱.۱	۰.۵	۱۴۶۹۸.۸

برای ارزیابی یک طرح در شرایط عدم قطعیت با استفاده از منطق فازی، نیازمند آن هستیم که تمام اعداد را به صورت فازی نمایش دهیم، تا عدم قطعیت به نوعی وارد مدل شود. برای تعیین مقادیر فازی هر پارامتر، یا باید به داده‌های تاریخی مراجعه کرد و با توجه به دامنه‌ی تغییر این داده‌ها در گذشته، مقادیر آن را با یک درجه‌ی اطمینان در نظر گرفت و یا با تدوین یک پرسش‌نامه‌ی بسیار ساده برای هر پارامتر، با مراجعه به خبرگان سه مقدار خوش‌بینانه، بدبینانه و ممکن‌ترین مقدار را استخراج کرد که در این تحقیق با مراجعه به سرمایه‌گذاران این طرح و با پیشنهاد آن‌ها موارد زیر در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که سرمایه‌گذاران این طرح به دلیل بدبینی، هزینه‌ها را با تغییرات بیش‌تری در نظر گرفته‌اند. به این منظور تمام هزینه‌های C به صورت $(\%۱۰C\ ,\ C,\ \%۱۰C)$ در نظر گرفته شده‌اند. این بدین معنی است که برای هزینه‌ها ده درصد امکان تغییر وجود دارد. شایان ذکر است با توجه به نرم افزار نوشته شده در برنامه‌ی اکسل، امکان هر گونه تغییر در اعداد فازی در نظر گرفته شده وجود دارد و این اعداد تنها بنا بر نظر نویسندگان تحقیق انتخاب شده‌اند.

درآمدها R نیز به صورت $(\%۲R\ ,\ R,\ \%۲R)$ در نظر گرفته شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با توجه به این‌که هزینه‌ها بیش‌تر در آینده صورت می‌گیرند، مقدار تغییرات بیش‌تری برای این عامل در نظر گرفته شده است.

نرخ بهره‌ی r نیز به صورت $(\%۲\ ,\ \%۲۰,\ \%۲)$ در نظر گرفته شده است، که امکان تغییر نرخ بهره از ۱۸ درصد تا ۲۲ درصد با مرکزیت ۲۰ درصد را نشان می‌دهد.

در جدول (۴)، هزینه‌ها و درآمدها و بازه‌های تغییر چپ و راست آن‌ها بیان شده‌اند. حال برای به‌دست آوردن ارزش کنونی فعلی از فرمول

$$NPV_{Fuzzy} = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i^{Fuzzy}}{\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^i} - \sum_{i=0}^{n} \frac{C_i^{Fuzzy}}{\left(1 + r^{Fuzzy}\right)^i}$$ که قبلا اثبات شده است بهره می‌گیریم.

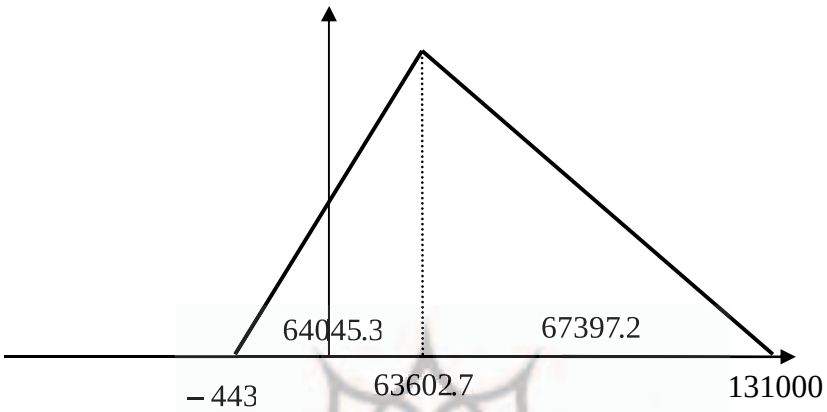
جدول ۴- تحلیل ارزش فعلی فازی

	سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ۴	سال ۵	سال ۶
جمع هزینه‌ها	۶۱۶۳۰	۹۱۸۸۷.۱	۸۷۱۱۴	۱۰۰۳۲۰.۳	۱۱۴۹۷۸.۴	۱۳۱۸۳۵.۲
مقادیر بازه‌های هزینه‌ها	۶۱۶۳۰	۹۱۸۸.۷	۸۷۱۱.۴	۱۰۰۳۲	۱۱۴۹۷.۸	۱۳۱۸۳.۵
ارزش کنونی هزینه‌ها	۵۱۳۵.۸	۶۳۸۱۰.۵	۵۰۴۱۳.۲	۴۸۳۷۹.۸	۴۶۲۰۷.۲	۴۴۱۵۱.۳
درآمد فروش		۴۷۶۱۰	۱۰۹۵۰۳	۱۲۵۹۲۸.۵	۱۴۴۸۱۷.۷	۱۶۶۵۴۰.۴
مقادیر بازه‌های درآمد		۹۵۲.۲	۲۱۹۰.۱	۲۵۱۸.۶	۲۸۹۶.۴	۳۳۳۰.۸
ارزش کنونی درآمد		۳۳۰۶۲.۵	۶۳۳۶۹.۸	۶۰۷۲۹.۴	۵۸۱۹۹	۵۵۷۷۴
درآمد- هزینه	-۶۱۶۳	-۴۴۲۷۷.۱	۲۲۳۸۹	۲۵۶۰۸.۱	۲۹۸۳۹.۴	۳۴۷۰۵.۲
ارزش فعلی	-۵۱۳۵.۸	-۳۰۷۴۸	۱۲۹۵۶.۶	۱۲۳۴۹.۶	۱۱۹۹۱.۸	۱۱۶۲۲.۷
بازه سمت چپ	۴۲۶.۵	۵۹۶۳.۲	۶۸۶۱.۹	۶۷۵۴.۸	۶۶۳۹.۲	۶۵۲۶.۶
بازه‌ی سمت راست	۴۲۹.۴	۶۰۷۰.۹	۷۰۵۱.۶	۶۹۹۷.۴	۶۹۲۹.۳	۶۸۵۹.۸
	سال ۷	**سال ۸**	**سال ۹**	**سال ۱۰**	**سال ۱۱**	
جمع هزینه‌ها	۱۵۱۲۲۷.۸	۱۷۶۱۵۳.۵	۲۰۱۷۹۰.۵	۲۳۱۲۷۳.۱	۲۶۵۱۷۸.۱	
مقادیر بازه‌های هزینه‌ها	۱۵۱۲۲.۷	۱۷۶۱۵.۳	۲۰۱۷۹	۲۳۱۲۷.۳	۲۶۵۱۷.۸	
ارزش کنونی هزینه‌ها	۴۲۲۰۴.۹	۴۰۹۶۷.۷	۳۹۱۰۸.۴	۳۷۳۵۱.۹	۳۵۶۸۹.۸	
درآمد فروش	۱۹۱۵۲۱.۴	۲۲۰۲۴۹.۷	۲۵۳۲۸۷.۱	۲۹۱۲۸۰.۲	۳۳۴۹۷۲.۲	
مقادیر بازه‌های درآمد	۳۸۳۰.۴	۴۴۰۵	۵۰۶۵.۷	۵۸۲۵.۶	۶۶۹۹.۴	
ارزش کنونی درآمد	۵۳۴۵۰	۵۱۲۲۳	۴۹۰۸۸.۷	۴۷۰۴۳.۴	۴۵۰۸۳.۲	
درآمد- هزینه	۴۰۲۹۳.۶	۴۴۰۹۶.۲	۵۱۴۹۶.۶	۶۰۰۷.۱	۶۹۷۹۴.۱	
ارزش فعلی	۱۱۲۴۵.۲	۱۰۲۵۵.۴	۹۹۸۰.۴	۹۶۹۱.۵	۹۳۹۳.۴	
بازه‌ی سمت چپ	۶۴۱۵.۸	۶۲۸۴.۱	۶۱۶۹.۵	۶۰۵۷.۳	۵۹۴۶.۴	
بازه‌ی سمت راست	۶۷۸۷.۸	۶۶۹۳.۹	۶۶۱۰.۶	۶۵۲۶.۲	۶۴۴۰.۱	

در جدول (۵) و شکل (۱)، مقادیر ارزش فعلی پروژه همراه با بازه‌های آن نشان داده شده‌اند.

جدول ۵- مقادیرتحلیل ارزش فعلی فازی

روش ارزش فعلی	بازه‌ی سمت راست	مقدار محتمل	بازه‌ی سمت چپ
مقدار فازی	۶۷۳۹۷.۲	۶۳۶۰۲.۷	۶۴۰۴۵.۳



شکل ۱- ارزش فعلی فازی طرح تولید کیس کامپیوتر

حال باید دید که آیا عدد به‌دست آمده از صفر بزرگ‌تر تلقی می‌شود یا خیر. برای مقایسه‌ی عدد فازی $x^{Fuzzy} = (x, \alpha, \beta)$ با عدد صفر، ابتدا عبارت زیر را محاسبه می‌کنیم:

$$S = \frac{-\alpha + ۲x + \beta}{۴}$$

اگر عبارت مذکور مثبت بود، می‌توان گفت عدد به‌دست آمده بزرگ‌تر از صفر در نظر گرفته می‌شود و طرح دارای توجیه اقتصادی است.

با توجه به عبارت فوق داریم:

$$S = \frac{-۶۴۰۴۵.۳ + ۲ * ۶۳۶۰۲.۷ + ۶۷۳۹۷.۲}{۴} = ۳۲۶۳۹.۳۲۵$$

عبارت بالا مثبت به‌دست آمده است، لذا با فرض تغییر هزینه‌ها و درآمدها نیز طرح دارای توجیه اقتصادی است.

نتایج حاصل از کابرد روش منفعت به هزینه در حالت فازی نیز به شرح جدول (۶) است.

جدول ۶- روش منفعت به هزینه‌ی فازی

	سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ۴	سال ۵	سال ۶
جمع هزینه‌ها	۶۱۶۳۰	۹۱۸۸۷.۱	۸۷۱۱۴	۱۰۰۳۲۰.۳	۱۱۴۹۷۸.۴	۱۳۱۸۳۵.۲
مقادیر بازه‌های هزینه‌ها	۶۱۶۳۰	۹۱۸۸.۷	۸۷۱۱.۴	۱۰۰۳۲	۱۱۴۹۷.۸	۱۳۱۸۳.۵
ارزش کنونی هزینه‌ها	۵۱۳۵.۸	۶۳۸۱۰.۵	۵۰۴۱۳.۲	۴۸۳۷۹.۸	۴۶۲۰۷.۲	۴۴۱۵۱.۳
بازه‌ی سمت چپ	۵۹۷.۸	۸۴۷۳.۲	۷۵۲۰.۷	۸۰۱۰.۴	۸۴۰۸.۲	۸۷۵۷.۹
بازه‌ی سمت راست	۶۰۰.۶	۸۵۴۴.۱	۷۶۰۴.۷	۸۱۱۸	۸۵۳۶۶	۸۹۰۵.۱
درآمد فروش		۴۷۶۱۰	۱۰۹۵۰۳	۱۲۵۹۲۸.۵	۱۴۴۸۱۷.۷	۱۶۶۵۴۰.۴
مقادیر بازه‌های درآمد		۹۵۲.۲	۲۱۹۰.۱	۲۵۱۸.۶	۲۸۹۶.۴	۳۳۳۰.۸
ارزش کنونی درآمد		۳۳۰۶۲.۵	۶۳۳۶۹.۸	۶۰۷۲۹.۴	۵۸۱۹۹	۵۵۷۷۴
بازه‌ی سمت چپ		۱۷۴۵.۳	۴۳۸۳.۹	۵۱۹۶.۸	۵۹۳۴.۴	۶۶۰۱.۵
بازه‌ی سمت راست		۱۷۸۲	۴۴۸۹.۶	۵۳۳۱.۸	۶۰۹۶.۱	۶۷۸۷.۴
	سال ۷	**سال ۸**	**سال ۹**	**سال ۱۰**	**سال ۱۱**	
جمع هزینه‌ها	۱۵۱۲۲۷.۸	۱۷۶۱۵۳.۵	۲۰۱۷۹۰.۵	۲۳۱۲۷۳.۱	۲۶۵۱۷۸.۱	
مقادیر بازه‌های هزینه‌ها	۱۵۱۲۲.۷	۱۷۶۱۵.۳	۲۰۱۷۹	۲۳۱۲۷.۳	۲۶۵۱۷.۸	
ارزش کنونی هزینه‌ها	۴۲۲۰۴.۹	۴۰۹۶۷.۷	۳۹۱۰۸.۴	۳۷۳۵۱.۹	۳۵۶۸۹.۸	
بازه‌ی سمت چپ	۹۰۶۳.۷	۹۴۶۹.۶	۹۶۸۰.۹	۹۸۵۸.۵	۱۰۰۰۴.۸	
بازه‌ی سمت راست	۹۲۲۷.۹	۹۶۵۱.۷	۹۸۷۶.۵	۱۰۰۶۶	۱۰۲۲۳	
درآمد فروش	۱۹۱۵۲۱.۴	۲۲۰۲۴۹.۷	۲۵۳۲۸۷.۱	۲۹۱۲۸۰.۲	۳۳۴۹۷۲.۲	
مقادیر بازه‌های درآمد	۳۸۳۰.۴	۴۴۰۵	۵۰۶۵.۷	۵۸۲۵.۶	۶۶۹۹.۴	
ارزش کنونی درآمد	۵۳۴۵۰	۵۱۲۲۳	۴۹۰۸۸.۷	۴۷۰۴۳.۴	۴۵۰۸۳.۲	
بازه‌ی سمت چپ	۷۲۰۲.۶	۷۷۴۲.۲	۸۲۲۴.۴	۸۶۵۲.۹	۹۰۳۱.۴	
بازه‌ی سمت راست	۷۴۱۰.۵	۷۹۷۰	۸۴۶۹.۹	۸۹۱۴.۳	۹۳۰۷	

تفاوت این روش با روش ارزش فعلی آن است که در این روش باید درآمد کل و هزینه‌ی کل به صورت فازی محاسبه شوند و سپس بر هم تقسیم شده و با عدد یک مقایسه شوند. در جدول (۷)، این مقادیر بیان شده‌اند. برای سهولت انجام ریاضیات فازی، به‌جای تقسیم دو عدد فازی که کمی پیچیده است، مقدار اول را در معکوس مقدار دوم ضرب می‌کنیم.

جدول ۷- مقادیر روش منفعت به هزینه‌ی فازی برای طرح تولید کیس

مقدار فازی	بازه‌ی سمت راست	مقدار محتمل	بازه‌ی سمت چپ
درآمد	۶۶۵۵۸.۷	۵۱۷۰۲۳.۲	۶۴۷۱۵.۴
هزینه	۹۱۳۵۴.۲	۴۵۳۴۲۰.۴	۸۹۸۴۵.۶
معکوس هزینه	۰.۰۰۰۰۰۰۵۴۵۰	۰.۰۰۰۰۰۲۲۰۵۵	۰.۰۰۰۰۰۰۳۶۹۸
نسبت منفعت به هزینه	۰.۴۲۸۵۷۳۵۱۹۰	۱.۱۴۰۲۷۳۲۰۴۱	۰.۳۳۳۹۴۱۶۱۲۷
معیار مرتب سازی		۰.۰۹۳۷۹۴۵۷۸۶	

نسبت منفعت به هزینه در روش فازی پیشنهادی به صورت تقریبی $(۰/۴۲۹ , ۱/۱۴ , ۰/۳۳۴)$ به‌دست آمده است. حال پرسش آن است که آیا عدد به‌دست آمده از یک بزرگ‌تر تلقی می‌شود یا خیر. اگر از یک بزرگ‌تر باشد، طرح دارای توجیه اقتصادی بوده و در غیر این صورت توجیه اقتصادی ندارد.

برای مقایسه‌ی عدد فازی $x^{Fuzzy} = (x, \alpha, \beta)$ با عدد یک، ابتدا عبارت زیر را محاسبه می‌کنیم:

$$S = \frac{-۲ + (-\alpha + ۲x + \beta)}{۴}$$

اگر عبارت مذکور مثبت بود، می‌توان گفت عدد به‌دست آمده بزرگ‌تر از یک در نظر گرفته می‌شود و طرح دارای توجیه اقتصادی است. با توجه به عبارت فوق داریم:

$$S = \frac{-۲ + (-۰/۳۳۴ + ۲*۱/۱۴ + ۰/۴۲۹)}{۴} = ۰/۰۹۳۸$$

عبارت بالا مثبت به‌دست آمده است، لذا با فرض تغییر هزینه‌ها و درآمدها و در نظر گرفتن روش منفعت به هزینه نیز، طرح دارای توجیه اقتصادی است.

برای به‌دست آوردن مقدار پرداخت‌های یکنواخت نیز از فرمول EUA فازی استفاده می‌شود.

جدول ۸- مقادیر روش پرداخت یکنواخت فازی برای طرح تولید کیس

مقدار فازی	بازه‌ی سمت راست	مقدار محتمل	بازه‌ی سمت چپ
پرداخت یکنواخت	۲۳۶۹۱.۲۵	۱۴۶۹۸.۸۳	۲۱۵۳۵.۳۲
معیار مرتب سازی		۷۸۸۸.۴۰	

برای مقایسه‌ی عدد فازی $x^{Fuzzy} = (x, \alpha, \beta)$ با عـدد صـفر، ابتـدا عبـارت زیـر را محاسبه می‌کنیم:

$$S = \frac{-\alpha + ۲x + \beta}{۴}$$

با توجه به عبارت فوق داریم:

$$S = \frac{-۲۱۵۳۵/۳۲ + ۲*۱۴۶۹۸/۸۳ + ۲۳۶۹۱/۲۵}{۴} = ۷۸۸۸/۴$$

عبارت بالامثبت به‌دست آمده است، لذا با استفاده از روش پرداخـت‌هـای یکنواخـت فازی نیز طرح دارای توجیه اقتصادی می‌باشد.

۶- خلاصه و یافته‌های تحقیق

از آن‌جا که فرض قطعیت در مدل‌های ارزیابی طرح‌های اقتصادی، انتزاعـی بـه نظـر می‌رسد و سبب می‌شود که عـدم قطعیـت موجـود در فعالیـت‌هـای اقتصـادی وارد ایـن مدل‌ها نشود، در این تحقیق با استفاده از علم ریاضیات فازی تلاش شد فاصله بـین ایـن مدل‌ها و واقعیات تا حد ممکن کم‌تر شود.

از آن‌جا که تخمین درآمدها و هزینه‌های طـرح‌هـای اقتصـادی بـه سـادگی ممکـن نیست، لذا از ریاضیات فازی برای بهبود این تخمین‌ها استفاده شـد. بـا اسـتفاده از روش جدید، تمام مقادیر از جمله نرخ بهره به صـورت اعـداد فـازی مثلثـی نامتقـارن در نظـر گرفته شدند تا برای این پارامترها به جای یک عدد، یک بـازه در نظـر گرفتـه شـود. بـا استفاده از این روش به پارامترها اجازه داده می‌شود در محدوده‌ی معینی تغییر کنند.

برای بررسی کارایی مدل‌های جدید، یک نمونه‌ی کاربردی مورد بررسی قرار گرفـت. این طرح مربوط به ارزیابی اقتصادی طرح تولید کیس می‌باشد. نتایج ارزیـابی کلاسـیک نشان داد که این طرح دارای توجیه اقتصـادی اسـت. سـپس بـا اسـتفاده از روش فـازی ارزیابی طرح‌های اقتصادی، طرح مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد حتی با استفاده از مقادیر متغیر برای پارامترها نیز طرح دارای ارزش اقتصادی است.

لازم به یادآوری است که ممکن است طرحی پس از بررسی توسط روش‌های ارزیابی کلاسیک دارای توجیه اقتصادی معرفی شود، ولی با بررسی توسط روش‌های فازی دارای توجیه اقتصادی نباشد.

این تفاوت از آن‌جا ناشی مـی‌شـود کـه در روش دوم، عـدم قطعیـت، سـبب تفـاوت خروجی‌های مدل با حالت اول می‌شود.

۷- پیشنهادهایی برای مطالعات آینده

در طول انجام این تحقیقبه نکاتی دست یافته شد که در نظر گرفتن تمامی آن‌ها در این مطالعه ممکن نبود، لذا در این قسمت به ارائه‌ی پیشنهاداتی پرداخته می‌شود که می‌تواند راه گشای مطالعات بعدی در این زمینه باشد.

- روش به‌دست آوردن نرخ بازده‌ی داخلی در حالت فازی، بسیار پیچیده است و احتیاج به حل یک معادله‌ی نسبتا پیچیده دارد، نظر می‌رسد. برای انجام مطالعات بعدی، به بررسی نحوه‌ی به‌دست آوردن نرخ بازده‌ی داخلی فازی بسیار مفید باشد، زیرا کمک می‌کند تا مجموعه‌ی مدل‌های ارزیابی طرح‌های اقتصادی در حالت فازی کامل‌تر شود. بهتر است محقق روی حل معادلات فازی تمرکز بیش‌تری داشته باشد تا بتواند مسیر تحقیق جدید را به بهترین نحو طی کند.

- یکی از مواردی که می‌تواند مورد بررسی بیش‌تری قرار گیرد، تحلیل حساسیت فازی است. برای انجام این کار پیشنهاد می‌شود که برش‌های $\alpha - \mathrm{Cut}$ از پارامترها در نظر گرفته شود. این بدان معناست که می‌توان محدوده‌ی تغییر پارامترها را تغییر داد. لذا می‌توان گفت که پارامترها به صورت اعداد فازی مثلثی نامتقارن بیان می‌شوند و در تحلیل حساسیت این اعداد فازی هستند که تغییر می‌کنند. البته این روش نیز دارای پیچیدگی‌های خاصی است که نیازمند مطالعه‌ی کافی در این زمینه می‌باشد.

۸- فهرست منابع

۱- اسکونژاد، محمد مهدی، ۱۳۸۸،"اقتصاد مهندسی: ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی". تهران: انتشارات دانشگاه امیر کبیر.

۲- سلطانی، غلامرضا، ۱۳۷۸، "اقتصاد مهندسی". انتشارات دانشگاه شیراز.

۳- آذر، عادل و حجت فرجی، ۱۳۸۷، "علم مدیریت فازی". تهران: نشر کتاب مهربان نشر.

۴- پور عبداله، محمد علی. "منطق برای ریاضی دانان". انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۷۱.

۵- طاهری، سید محمود، ۱۳۷۵، "آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی". انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۶- قاسمی، عبدالرسول، ۱۳۸۷،"اقتصاد و مدیریت ریسک (کاربرد در بخش کشاورزی)". تهران: انتشارات جنگل.

۷- کاسکو، بارت، ۱۳۷۷، "تفکر فازی". ترجمه علی غفاری، عادل مقصودپور، علیرضا پور ممتاز و جمشید قسیمی. تهران: انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۸- Kahraman C., D.Ruan, E.Tolga. (۲۰۰۲). “Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows, Journal of Information Sciences”, Vol.۱٤۲, Page.٥۷–۷٦, ۲۰۰۲.
۹- Kahraman C., Cengiz (۲۰۰۱). Fuzzy Versus Probabilistic Benefit/Cost Ratio Analysis for Public Work Projects. Int. Journal of Mathematics and Computer science.
۱۰- Kahraman C., E.Tolga, Z.Ulukanb (۲۰۰۰) “Justification of manufacturing technologies using fuzzy benefit/cost ratio analysis”, International Journal of Production Economics, Vol. ٦٦, Issue ۱, Page.٤٥-٥۲ ,۲۰۰۰.
۱۱- Lai, Y.J. and C.L. Hwang (۱۹۹٦).Fuzzy multiple objective decision making: methods and applications. ۲nd edition. New York: Springer, USA.
۱۲- Lai, Y.J. and C.L. Hwang,(۱۹۹۲). Fuzzy Mathematical programming Methods and Applications. springer - Verlag.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی