

ارائه یک رویکرد یکپارچه-حمایتی تصمیم برای سرمایه گذاران پروژه در محیط های بالقوه و عدم قطعیت

امیرعباس محمدی

دکتری مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات دانشگاه آزاد واحد تهران شمال

چکیده

در تصمیم گیری های پروژه های سرمایه گذاری معمولاً فرض می شود که مقادیر تخمینی پارامترهای پروژه قطعی هستند و با گذشت زمان تغییر نمی کنند. اما، پارامترهای پروژه در طول عمر پروژه به طور نرمال تغییر می کنند. بنا براین وجود یک انحراف یا فاصله بین مقادیر پیش بینی شده و مقادیر واقعی حتمی می باشد و همچنین به دلیل عدم قطعیت آینده، اکثر اوقات پیش بینی مقدار دقیق و درست پارامترهای پروژه غیر ممکن است. در این مقاله، یک رویکرد تصمیم گیری حمایتی یکپارچه بر اساس شبیه سازی و تئوری مجموعه فازی برای سرمایه گذاران پروژه در محیط های احتمالی و عدم اطمینان ارائه شد.

روشی که در مقالات بررسی شده وجود داشت به بررسی ریسک دار بودن یا نبودن "تنها یک پروژه" می پرداخت و نتیجه ای که می گرفت این بود که پروژه دارای ریسک بالا یا دارای ریسک کم یا بدون ریسک می باشد و همچنین از توزیع یکنواخت و اعداد فازی مثلثی متقارن برای تعیین پارامترهای پروژه استفاده کرده بود. معیار ارزیابی که برای تعیین ریسک پروژه استفاده می کرد انحراف یا همان تغییر پذیری NPV بود.

کلمات کلیدی :

عدم اطمینان در طرح های اقتصادی - عدم قطعیت - پارامترهای ریسک در پروژه ها - شبیه سازی - محاسبات فازی - پروژه های سرمایه گذاری

روش کار برای تعیین ریسک یک پروژه در مقالات بررسی شده

با استفاده از شبیه سازی، ۲۰۰ مرتبه یک پروژه را با توجه به توزیع احتمال یکنواخت هر یک از پارامترها تولید می کرد و سپس با محاسبه NPV هر تکرار، میانه و انحراف معیار را بدست می آورد. حال اگر انحراف کمتر از میانه باشد (نه خیلی نزدیک) پروژه دارای ریسک نمی باشد اما اگر انحراف بزرگتر از میانه یا مساوی با آن باشد پروژه دارای ریسک زیاد می باشد. در نهایت، یک مثال که پارامترهای ریسک پروژه دارای توزیع یکنواخت و یک مثال که پارامترهای ریسک به صورت عدد فازی مثلثی در نظر گرفته شده بود، تشریح شد. برای حالتی هم که پارامترها به صورت فازی بودند، عدد فازی را به صورت تخمینی به نزدیکترین توزیع احتمال یکنواخت تبدیل می کرد و سپس تصمیم گیری را انجام می داد.

مرور ادبیات مقالات بررسی شده

شبیه سازی، به عنوان یک تکنیک به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است، یک فرایندی است که یک مدل شبیه سیستم واقعی به وسیله برنامه نویسی یا با استفاده از بسته های شبیه سازی ساخته می شود و طراحی آزمایشات انجام می شود تا رفتار سیستم شبیه سازی شده را مشاهده کنند [6-9]. شبیه سازی یک فن آماری بر اساس رویکرد رفتاری می باشد که برای از پیش تعیین کردن توزیع احتمالات و اعداد تصادفی برای تخمین خروجی های ریسک دار به کار برده می شود. اخیراً استفاده از شبیه سازی برای ارزیابی پروژه های سرمایه گذاری تحت شرایط ریسک و عدم اطمینان در حال افزایش می باشد [1,10,11].

از آنجایی که عدم قطعیت در پروژه‌های سرمایه گذاری معمولاً به صورت فازی مطلق در تخمین پارامترها نسبت به تصادفی بیان می‌شوند، در اکثر مواقع، توزیع احتمال پارامترهای ریسک پروژه که بر NPV تأثیر می‌گذارند به آسانی بدست نمی‌آیند. مجموعه‌های فازی می‌توانند برای انواع موقعیت‌ها مفید واقع شوند [12-14]. مفهوم اولیه در مورد مجموعه‌های فازی در [15] پیشنهاد شد. فازی کردن اطلاعات غیر قابل اطمینان و از دست رفته که محققان مطرح شده مطالعه کردند تکنیک‌های تحلیلی غیر قابل کاربرد بودند. هر رویدادی که مطالعه شد می‌تواند به متغیرهای عدم اطمینان بجای استفاده از مقدارهای دقیق تحت فرضیات از پیش تعریف شده مدل شود [16].؛ Iwamura [19] و Hung [20] با روش برنامه نویسی محدودیت بر اساس داده‌های فازی بودجه سرمایه را بهینه سازی می‌کنند؛ از شبکه عصبی برای شبیه سازی تحلیل اقتصادی ریسک پروژه‌ها استفاده می‌کنند [21]. مدل ارزیابی تحقیق و توسعه پروژه بر اساس مجموعه‌های فازی اولویت دار [22]؛ فرایند انتخاب پروژه‌های حمل و نقل با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی [23]؛ مدیریت ریسک سرمایه گذاری‌های کشاورزی با استفاده از شبیه سازی [24]؛ بودجه بندی سرمایه فازی [25]؛ مدل سازی تصمیمات سرمایه گذاری پروژه با استفاده از نظریه احتمال [26]؛ بودجه بندی سرمایه از طریق اعداد تصادفی و اعداد فازی [27]؛ استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی برای حل کردن مسائل اقتصادی [28]؛ مشخص کردن سود بهینه یک مسئله سرمایه گذاری با اعداد فازی مثلثی [29]؛ ارزیابی بهینه سازی چند معیاره پروژه‌های سرمایه گذاری با شبیه سازی و مدل‌سازی پاسخ هموار [10]؛ تصمیم گیری چند معیاره در مجموعه‌های فازی [30]؛ انتخاب پروژه سرمایه گذاری بهینه بر اساس اعداد فازی و الگوریتم ژنتیک [31]؛ ارزیابی ریسک پروژه با پوشش دادن اعداد فازی به تابع توزیع احتمال نزدیک به آن و تحلیل و آنالیز آن با استفاده از تکنیک‌های شبیه سازی [32].

مقدمه

عدم اطمینان در طرح‌های اقتصادی

در ارزیابی اقتصادی طرح‌ها فرض بر این است که جریان نقدی طرح‌ها قطعی و از پیش تعیین شده می‌باشد. به عبارت دیگر فرض بر این است که تخمین مقادیر طول عمر طرح، حداقل نرخ جذب کننده سرمایه گذار، درآمدها و هزینه‌های طرح در هر سال تخمینی صحیح بوده و اطلاعات مذکور در زمان تصمیم گیری در اختیار تصمیم گیر قرار دارد. واضح است که هیچ تضمینی در یکسان بودن مقادیر تخمین زده شده با آن چه در عمل مشاهده می‌شود نیست و لذا همواره یک نوع عدم قطعیت در مطلوبیت تصمیم اتخاذ شده وجود خواهد داشت. به عنوان مثال در یک طرح سرمایه گذاری برای معرفی و تولید یک محصول جدید، سود دهی طرح، به طور مستقیم وابسته به صحت برآورد از حجم تقاضا برای محصول، سهم قابل کسب در بازار، هزینه‌های تولید محصول، قیمت فروش محصول، هزینه و عمر مفید دستگاه‌ها و تجهیزات مورد نیاز و بسیاری پارامتر دیگر که اغلب تخمین آن‌ها همراه با عدم اطمینان است، می‌باشد.

یک روش معمول در برخورد با عدم اطمینان در داده‌های مسئله این است که برای مقادیر غیر قطعی، بهترین تخمین‌ها توسط افراد مطلع و با تجربه در زمینه مربوطه تهیه می‌شود و سپس بر اساس آن یکی از معیارهای ارزیابی طرح‌ها نظیر ارزش فعلی*، ارزش یکنواخت سالیانه[†] و یا نرخ بازگشت سرمایه[‡]، به ازاء مقادیر مختلف داده‌ها محاسبه می‌گردد. بدین ترتیب تصمیم گیر قادر خواهد بود که محدوده‌ای را برای معیار در نظر گرفته شده بدست آورد و یا اینکه احتمال متناظر با وقوع حالت‌های مختلف را محاسبه نموده تا بر اساس آن بتواند تبعات اتخاذ هر تصمیم را مورد ارزیابی بهتر، قرار دهد.

* Net Present Value

† Annual Equivalent Worth

‡ Rate of Return

سه روش برای تحلیل عدم اطمینان در جریان نقدی طرح‌ها عبارتند از: تحلیل حساسیت^{*}، تحلیل سر به سر[†] و تحلیل سناریوها[‡]. همچنین در صورتی که توزیع احتمالی پارامترهای یک طرح معلوم باشد می‌توان تابع توزیع احتمالی توأم[§] پارامترها را تعیین و سپس بر اساس آن، تابع توزیع احتمالی ارزش فعلی طرح را بدست آورد. سوالی که در اینجا مطرح است این است که با توجه تابع توزیع احتمالی ارزش فعلی چند طرح، چگونه بهترین طرح از بین آن‌ها انتخاب شود. در این حالت چهار روش که در بیشتر کتب مورد استفاده قرار می‌گیرد به شرح زیر است:

۱. روش بیشترین میانگین

۲. روش کم‌ترین ضریب تغییرات

۳. روش بیشترین احتمال

۴. روش حداقل سطح رضایت

باید توجه داشته باشیم که هیچ کدام از آن‌ها به تنهایی نمی‌تواند معیار تصمیم‌گیری نهایی برای تصمیم‌گیر باشد.

ریسک در طرح‌های اقتصادی

از آنجایی که پارامترهای پروژه به سختی می‌توانند به طور صحیح تخمین زده شوند، تحلیل گر پروژه اغلب یک بازه از ارزش‌های ممکن را برای المان‌های جریان نقدی در نظر می‌گیرد. اگر یک بازه از ارزش‌ها برای پارامترهای پروژه امکان پذیر باشد، یک بازه‌ی ارزشی برای NPV که امکان پذیر می‌باشند به دست می‌آید. بنابراین می‌تواند گفته شود که اصطلاح ریسک پروژه همان تغییر پذیری NPV است. ریسک بیشتر یک پروژه به معنی تغییر پذیری بیشتر در NPV می‌باشد. ارزش هر پارامتر پروژه از بی‌شمار ریسک و عدم قطعیت که اغلب تعیین آن‌ها سخت و دشوار می‌باشد تأثیر می‌پذیرد. به همین دلیل لازم است تا پارامترهای ریسک پروژه با احتمالات یا توزیع احتمالات آن‌ها برای آنالیز ریسک و عدم اطمینان پروژه به طور صریح بیان شود. بنابراین برای تعیین سطح ریسک هر گزینه پروژه، قبل از هر کاری، می‌بایستی NPV های مختلف به ازاء همه ترکیبات احتمالی پارامترهای پروژه بدست آید. باید به این نکته توجه داشته باشیم که بهتر است ابتدا NPV مورد انتظار هر گزینه را قبل از اندازه‌گیری ریسک پروژه که به وسیله واریانس و انحراف استاندارد NPV محاسبه می‌شود، بدست آوریم. چرا که NPV مورد انتظار یک گزینه پروژه یک معیار مهم می‌باشد که در اندازه‌گیری ریسک پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. واضح و روشن می‌باشد که یک گزینه پروژه با NPV مورد انتظار منفی بیش از حد دارای ریسک می‌باشد.

فرمولی که برای محاسبه ارزش فعلی بکار می‌رود به صورت زیر می‌باشد:

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{[A_t(1+xe)^t - I_t(1+ye)^t](1-V) + D_tV}{(1+i)^t} + \frac{H}{(1+i)^N} - I_0.$$

معرفی پارامترها

A_t : جریان نقدی مثبت^{**} در دوره t

I_t : جریان نقدی منفی^{††} در دوره t

* Sensitivity Analysis

† Break-even Analysis

‡ Scenario Analysis

§ Joint Probability Distribution Function

** positive cash flows

†† negative cash flows

I_0 : هزینه سرمایه گذاری اولیه*

D_t : نرخ استهلاک[†] در دوره t

H : ارزش اسقاط[‡]

N : عمر اقتصادی[§] پروژه

i : نرخ تنزیل متورم شده قابل قبول سالیانه**

e : نرخ تورم سالیانه^{††}

x : نرخ انعکاس از تورم^{‡‡} جریان نقدی مثبت

y : نرخ انعکاس از تورم جریان نقدی منفی

V : نرخ مالیات^{§§}

جریان نقدی مثبت پایان دوره t ام A_t ، از حاصل جمع حاصل ضرب تقاضاها یا خدمات پروژه در قیمت فروش هر واحد از آن‌ها بدست می‌آید.

$$A_t = \sum_{i=1}^n P_i * Q_i.$$

P_i : قیمت واحد محصول i ام

Q_i : تقاضای i امین محصول

شبیه سازی*** تعیین سطح ریسک پروژه

شبیه سازی یک فن آماری بر اساس رویکرد رفتاری می‌باشد که برای از پیش تعیین کردن توزیع احتمالات و اعداد تصادفی برای تخمین خروجی‌های ریسک دار به کار برده می‌شود. شبیه سازی بر اساس رویکرد ارزیابی پروژه، قادر است تا تصمیم‌های سرمایه گذاری قابل اطمینان تری بگیرد، چرا که ریسک و عدم اطمینان آینده را در فرایند آنالیز در نظر می‌گیرد. زمانی که توزیع احتمال پارامترهای پروژه شناخته شده باشد، توزیع احتمال NPV و فاصله اطمینان همه NPV ها به وسیله تکنیک شبیه سازی و مدل شبیه سازی شده بهبود داده شده برای ارزیابی یک پروژه می‌توانند بدست آیند. تمرکز بر روی تکنیک شبیه سازی برای ارزیابی پروژه، محاسبه واریانس سود دهی پروژه است، که با استفاده از اعداد تصادف تولید شده برای پارامترهای پروژه با استفاده از توزیع احتمال مربوطه‌شان می‌باشد. با هر بار اجرای شبیه سازی NPV های مختلفی بدست می‌آید و با تعداد اجراهای کافی توزیع احتمال NPV بدست می‌آید.

با استفاده از شبیه سازی، همه پارامترهای تأثیرگذار بر NPV در صورت نیاز می‌توانند به صورت احتمالی بیان شوند. علاوه بر این، در این مدل ممکن است پارامترهای ریسک پروژه با توجه به تابع توزیع خاص آن‌ها تعریف

* investment cost

† depreciation rate

‡ salvage value

§ economical life

** discount rates

†† inflation rate

‡‡ reflection rate of inflation rate

§§ tax rate

***Simulation

شوند مانند: توزیع یکنواخت، نرمال، وایبل یا پواسن و.... با کمک مدل شبیه سازی ارائه شده، علاوه بر NPV های پروژه، فاصله اطمینان و نمودار هیستوگرام برای NPV های مورد انتظار نیز بدست می آید.

تشریح روش شبیه سازی

شبیه سازی انجام شده در این مطالعه توسط کد نویسی در محیط ویژوال استودیو ۲۰۱۰ صورت گرفته است. مقدار پارامترهای تأثیرگذار بر NPV با توجه به توزیع خاص آن ها به صورت تصادفی انتخاب می شود. تکنیک مورد استفاده شده در تولید این پارامترها در شبیه سازی روش تبدیل معکوس و تبدیل مستقیم می باشد. زمانی از روش تبدیل معکوس می توان استفاده نمود که تابع معکوس توزیع را بتوان محاسبه نمود. در صورتی که تابع معکوس را به راحتی نتوان بدست آورد از روش های دیگر استفاده می شود که ما از روش تبدیل مستقیم استفاده کرده ایم. روش های تولید اعداد تصادفی با توزیع های خاص عبارتند از:

- روش تبدیل معکوس
- تبدیل مستقیم
- روش پیچش
- روش رد و قبول

با توجه به اینکه تابع توزیع های مورد استفاده در این مطالعه یکنواخت، نرمال می باشد، در ادامه به نحوه تولید مقدار پارامترها با توجه به توزیع خاص آن ها می پردازیم.

توزیع یکنواخت

فرض کنید که R یک عدد تصادفی در بازه $[0,1]$ باشد. در این صورت برای تولید اعداد تصادفی در بازه $[a,b]$ به صورت زیر عمل می کنیم.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad F(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases}$$

$$F(X) = \frac{X-a}{b-a} = R \Rightarrow X-a = R(b-a) \Rightarrow X = a + R(b-a)$$

X عدد تصادفی تولید شده در بازه مورد نظر می باشد.

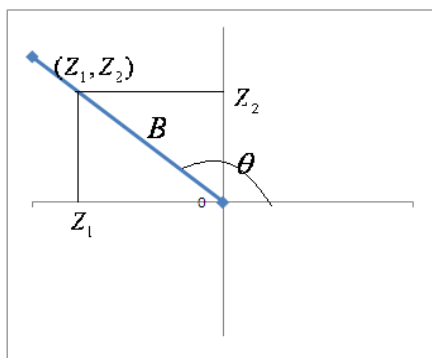
توزیع نرمال

برای تولید اعداد تصادفی نرمال از روش مستقیم استفاده شده است.

$$Z_1 \sim N(0,1), Z_2 \sim N(0,1) \Rightarrow B^2 = Z_1^2 + Z_2^2, Z_1 = B \cos \theta, Z_2 = B \sin \theta$$

$$B^2 \sim \chi^2(2) \sim \text{Exp}(2) \Rightarrow B^2 = -2 \ln(R) \Rightarrow B = (-2 \ln(R))^{1/2}, \theta = 2\pi R$$

$$\Rightarrow Z_1 = (-2 \ln(R_1))^{1/2} \cos(2\pi R_2), Z_2 = (-2 \ln(RR_1, R_2, \dots))^{1/2} \sin(2\pi R_2)$$



که در این روش R_1 و R_2 اعداد تصادفی بین $[0,1]$ و Z_1 و Z_2 دو عدد تصادفی نرمال استاندارد $x \sim N(0,1)$ تولید شده می‌باشند. سپس با استفاده از رابطه $x = \mu + z\sigma$ تبدیل به عدد تصادفی نرمال با توزیع $x \sim N(\mu, \sigma)$ می‌شود.

ادامه شبیه سازی به این صورت می‌باشد، برای ترکیبات مختلف از پارامترهای پروژه، با توجه به توزیع‌های خاص آن‌ها، NPV پروژه سرمایه گذاری محاسبه می‌شود. این پروسه برای تعداد تکرار معینی انجام شده و NPV آن‌ها محاسبه و ذخیره می‌شود. سپس با انجام عملیات آماری توسط نرم افزار SPSS بر روی داده‌های خروجی از شبیه سازی، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. عملیات آماری انجام گرفته بر روی داده‌ها عبارت اند از:

- ✓ محاسبه میانگین و میانه
- ✓ انحراف معیار
- ✓ تست تصادفی بودن داده‌ها (k-s)
- ✓ تخمین نزدیک ترین توزیع آماری به داده‌ها
- ✓ پیدا کردن مینیمم و ماکسیمم داده
- ✓ رسم نمودار هستوگرام

بهبود یک روش برای ارزیابی و مقایسه ریسک‌های چندین گزینه پروژه

حالت اول: پارامترهای ریسک پروژه دارای توزیع احتمال باشند

اگر بخواهیم ریسک یک پروژه را از لحاظ کم بودن یا زیاد بودن اندازه گیری کنیم می‌توانیم از روش ارائه شده در مقالات مدیریت ریسک استفاده کنیم. اندازه‌گیری به این صورت می‌باشد که هر چه انحراف معیار به میانگین نزدیکتر شود، سطح ریسک پروژه نیز بالاتر می‌رود. یا از طریق مشاهده نمودار هیستوگرام هر چه داده‌های موجود در قسمت مثبت نمودار بیشتر باشد، پروژه دارای ریسک کمتری می‌باشد. حال سوال این است که اگر چندین پروژه داشته باشیم و بخواهیم آن‌ها را از لحاظ سوددهی و ریسک توأم با یکدیگر مقایسه کنیم، مقایسات ما می‌بایستی چگونه باشد؟ برای مقایسه پروژه‌ها ابتدا هر یک از پروژه‌ها را شبیه سازی کرده و خروجی حاصل از آن‌ها را طبق روشی که در زیر شرح داده می‌شود، مورد مقایسه قرار می‌دهیم.

بعد از انجام تست تصادفی بودن و اینکه آیا از توزیع خاصی پیروی می‌کند یا نه در صورت پیروی کردن از توزیع خاصی می‌توانیم از روش‌های شناخته شده که قبلاً نیز اشاره شد استفاده کنیم، مانند روش بیشترین میانگین، کم‌ترین ضریب تغییرات، بیشترین احتمال، حداقل سطح رضایت. اما از آنجایی که این روش‌ها به تنهایی کافی نیستند، لازم است تا روشی را برای مقایسه پروژه‌ها ارائه دهیم که سه حالت بیشترین میانگین، کم‌ترین ضریب تغییرات و بیشترین احتمال را در نظر بگیرد. برای همین منظور ما می‌توانیم از روش‌های پیشنهادی زیر برای ارزیابی ریسک پروژه‌ها و مقایسه آن‌ها با یکدیگر استفاده کنیم:

۱. استفاده از روش مقدار قطعی پول که فرمول به صورت زیر می‌باشد:

$$Q_A = E[A] - R\sigma[A]$$

که در این فرمول R ضریب فرار از ریسک می‌باشد که این ضریب هر چه بیشتر باشد اطمینان ما از پروژه بیشتر می‌باشد. در نهایت پروژه‌ای که مقدار قطعی پول بیشتری داشته باشد در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد، و دارای مقدار ریسک کمتری برای سرمایه گذاری می‌باشد.

۲. برای مقایسه دو پروژه A و B در صورتی که یکی از شرط‌های زیر برقرار باشد، پروژه A انتخاب می‌شود.

1 >> if $E[A] \geq E[B]$ and $Var[A] < Var[B]$ Then A Better than B

2 >> if $E[A] > E[B]$ and $Var[A] \leq Var[B]$ Then A Better than B

3 >> if $E[A] > E[B]$ and $Var[A] > Var[B]$ and $C.V[A] <$

$C.V[B]$ Then A Better than B

$$C.V[X] = \frac{\sigma[X]}{E[X]}$$

4 >> if $E[B] + 4\sigma[B] \leq E[A] - 4\sigma[A]$ Then A Better than B

5 >> if $E[B] - \sigma[B] < E[A] - \sigma[A]$ Then A Better than B

در شرط سوم $C.V$ ضریب تغییرات پروژه می باشد و در شرط چهارم بدترین و بهترین حالت پروژه ها در نظر گرفته شده است که تصمیم گیر* می تواند بسته به شرایط ضریب ۴ را کمتر نیز در نظر بگیرد. شرط پنجم نیز بیان می کند که ریسک پروژه A کمتر از B می باشد.

اگر بخواهیم از این روش برای ارزیابی ریسک چندین گزینه پروژه استفاده کنیم می بایستی برای همه ترکیبات ۲ تایی پروژه ها مقایسات را انجام داده تا در نهایت یک ترتیب از پروژه ها بدست آید.

۳. استفاده از روش پایداری[†] پروژه ها که دو حالت خوش بینی و بدبینی را برای تعیین ریسک توأم با یکدیگر در نظر می گیرد.

$$R_A = \alpha E[A] - (1 - \alpha)\delta[A]$$

که در این حالت ضریب α درجه خوش بینی نامیده می شود. که هرچه α بزرگ تر انتخاب شود تصمیم گیر نسبت به پروژه خوش بین تر می باشد و با کاهش آن از درجه خوش بینی کاسته می شود. همچنین در این حالت هرچه این مقدار بزرگ تر باشد نشان دهنده پایداری بیشتر پروژه می باشد. پروژه ای که دارای مقدار R_x بیشتری باشد در رتبه بالاتری قرار می گیرد. که در این روش هرچه پروژه در بازه بزرگتری از α دارای R_x مثبت تری باشد نشان دهنده این است که آن پروژه از پایداری بیشتری برخوردار می باشد. با قرار دادن $R_x \geq 0$ می توانیم بازه مورد نظر را بدست آوریم:

$$\frac{\delta[x]}{E[x] + \delta[x]} \leq \alpha \leq 1$$

* Decision Maker

† Robust

حالت دوم: پارامترهای ریسک پروژه به صورت اعداد فازی مثلثی باشند

در حالتی که پارامترهای ریسک پروژه به صورت اعداد فازی مثلثی باشند برای محاسبه ارزش فعلی طرح می‌بایستی از محاسبات فازی استفاده کنیم. فرمول مورد استفاده به صورت زیر می‌باشد:

$$N\bar{B}D = \sum_{t=1}^N \frac{[\bar{A}_t(1 + \bar{x}\bar{e})^t - \bar{I}_t(1 + \bar{y}\bar{e})^t]}{(1 + \bar{i})^t} (1 - V) + D_t V \frac{H}{(1 + \bar{i})^N} - I_0$$

$$\bar{A}_t = \sum_{i=1}^n \bar{P}_i * \bar{Q}_i.$$

محاسبات فازی چهار

عمل گر جمع، تفریق،

ضرب و تقسیم با این فرض که A و B دو عدد فازی مثلثی می‌باشند به صورت زیر می‌باشد:

$$\bar{A} = \text{TFN}(l_a, m_a, u_a) \text{ and for } \bar{B} = \text{TFN}(l_b, m_b, u_b)$$

$$\bar{A} + \bar{B} = \text{TFN}(l_a + l_b, m_a + m_b, u_a + u_b)$$

$$\bar{A} - \bar{B} = \text{TFN}[\min(l_a - l_b, l_a - u_b, u_a - l_b, u_a - u_b); (m_a - m_b); \max(l_a - l_b, l_a - u_b, u_a - l_b, u_a - u_b)]$$

$$\bar{A} * \bar{B} = \text{TFN}[\min(l_a.l_b, l_a.u_b, u_a.l_b, u_a.u_b); (m_a.m_b); \max(l_a.l_b, l_a.u_b, u_a.l_b, u_a.u_b)]$$

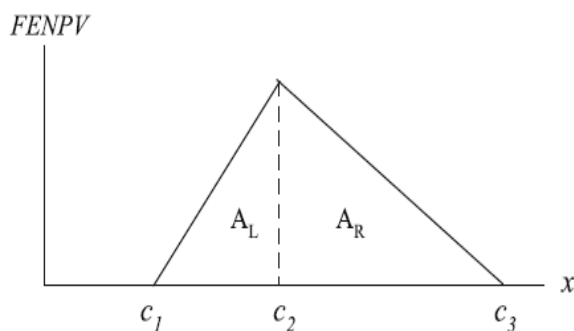
$$\bar{A}/\bar{B} = \text{TFN}[\min(l_a/l_b, l_a/u_b, u_a/l_b, u_a/u_b); (m_a/m_b); \max(l_a/l_b, l_a/u_b, u_a/l_b, u_a/u_b)].$$

اما سوالی که در اینجا مطرح می‌باشد این است که اگر چندین پروژه با پارامترهای فازی داشته باشیم، بعد از محاسبه

NPV فازی برای هر یک از پروژه‌ها مقایسه می‌بایستی چگونه باشد؟

با توجه به اینکه NPV فازی بدست آمده از فرمول به صورت عدد فازی نامتقارن می‌باشد یعنی فاصله حالت محتمل از حالت‌های بدبینانه و خوش بینانه یکسان نیست ما برای مقایسه اعداد فازی از میانگین آن‌ها استفاده می‌کنیم، که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

فرض کنید NPV فازی ما به صورت یک عدد فازی چوله به راست باشد. (شکل زیر)



A FENPV with right-skewed distribution.

در این صورت برای محاسبه میانگین عدد فازی $\bar{C}$ از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\hat{C} = [C_1(\alpha), C_3(\alpha)]$$

$$E(\hat{C}) = \int_0^1 [(1 - \lambda)C_1(\alpha) + \lambda C_3(\alpha)] d\alpha$$

$$\lambda \in [0,1]$$

که در این فرمول λ شاخص بدبینی و خوش بینی می‌باشد.

حال اگر فرض کنیم عدد فازی ما دارای چولگی به راست باشد، شاخص بدبینی و خوش بینی از فرمول زیر بدست می‌آید.

$$\lambda = \frac{AR}{AL + AR}$$

و میانگین از رابطه زیر بدست خواهد آمد.

$$E(FENPV) = \frac{(1 - \lambda)C_1 + C_2 + \lambda C_3}{2}$$

بعد از محاسبه میانگین های ارزش فعلی پروژه ها آن ها را بر اساس کاهش ارزش فعلی مرتب می کنیم.

آزمایش های محاسباتی*

در این قسمت روش پیشنهادی برای ارزیابی ریسک پروژه ها را با ۵ مثال فرضی مورد تحلیل و بررسی قرار می دهیم. پروژه های فرضی به صورت پروژه های سرمایه گذاری در نظر گرفته شده است. هدف ما کسیم کردن ارزش فعلی پروژه ها همراه با در نظر گرفتن مقدار ریسکی که در هر یک از پروژه ها وجود دارد می باشد. در همه این پروژه ها مقدار استهلاک سالیانه از روش جمع ارقام سنوات[†] محاسبه شده است. مثال ها به گونه ای تولید شده اند که همه پروژه ها دارای ریسک باشند و به راحتی بتوانیم روش پیشنهادی را روی آن ها پیاده کنیم و قابلیت تجزیه و تحلیل را داشته باشند. توزیع احتمال پارامترهای ریسک پروژه به دو حالت توزیع یکنواخت و نرمال در نظر گرفته شده اند. در این پروژه ها مقدار سرمایه گذاری اولیه و ارزش اسقاط و عمر اقتصادی و مالیات به صورت قطعی در نظر گرفته شده اند. همچنین در این مثال ها کلیه نرخ های بهره، تورم و نرخ انعکاس از نرخ تورم به صورت مقدار از ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. مثال ها به دو صورت تولید شده اند. در حالت اول پارامترهای ریسک پروژه دارای توزیع یکنواخت و در حالت دوم پارامترهای ریسک دارای توزیع نرمال می باشند.

حالت اول: توزیع احتمال پارامترهای ریسک به صورت یکنواخت

در این حالت پنج پروژه سرمایه گذاری A, B, C, D, E را در نظر می گیریم که توزیع پارامترهای ریسک پروژه به صورت یکنواخت در نظر گرفته شده اند. مشخصات پارامترهای ریسک پروژه و مقدار آن ها در جدول های زیر نشان داده شده اند. همان طور که قبل اهم اشاره کردیم عمر اقتصادی، ارزش اسقاط، هزینه سرمایه گذاری و نرخ مالیات پروژه ها به صورت قطعی در نظر گرفته شده اند و نرخ های تنزیل شده و انعکاس ها و مالیات ها به صورت مقدار از ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. برای هر یک از پروژه های مورد نظر شبیه سازی را انجام داده ایم. شبیه سازی توسط کد نویسی در محیط ویژوال استودیو ۲۰۱۰ و تحت زبان C صورت گرفته است. شبیه سازی برای هر یک از پروژه ها برای ۴۰۰ بار تکرار شده است و NPV های حاصل از شبیه سازی در نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

توزیع یکنواخت پارامترهای ریسک پروژه همراه با نمادهای نشان دهنده هر یک از پارامترها برای پنج پروژه A, B, C, D, E نشان داده شده است.

پارامترهای پروژه	نماد	پروژه A	پروژه B	پروژه C
تقاضای محصول در دوره t	Qt	U[500,2000]	U[500,1600]	U[700,1500]

* Computational experiments

† Sum of the years Digits Method

U[90,160]	U[70,140]	U[40,160]	P_t	قیمت واحد محصول در دوره t
U[16000,35000]	U[9000,25000]	U[8000,40000]	I_t	هزینه سرمایه گذاری در دوره t
U[8,15]	U[10,16]	U[10,14]	i	نرخ بهره
5	5	5	N	عمر اقتصادی پروژه
120000	50000	90000	H	ارزش اسقاط سرمایه گذاری
240000	190000	209000	I_0	هزینه سرمایه گذاری اولیه
U[4,7]	U[4,8]	U[4,10]	e	نرخ تورم سالیانه
U[60,90]	U[80,95]	U[80,95]	x	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی +
U[65,90]	U[65,85]	U[70,85]	y	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی -
40	30	30	V	نرخ مالیات سالیانه

جدول ۱

پروژه E	پروژه D	نماد	پارامترهای پروژه
U[500,1500]	U[600,1700]	Q_t	تقاضای محصول در دوره t
U[70,200]	U[90,240]	P_t	قیمت واحد محصول در دوره t
U[9000,30000]	U[18000,4200]	I_t	هزینه سرمایه گذاری در دوره t
U[10,16]	U[10,17]	i	نرخ بهره
5	5	N	عمر اقتصادی پروژه
250000	180000	H	ارزش اسقاط سرمایه گذاری
350000	300000	I_0	هزینه سرمایه گذاری اولیه
U[4,8]	U[4,7]	e	نرخ تورم سالیانه
U[65,85]	U[65,90]	x	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی +
U[65,95]	U[55,95]	y	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی -
20	50	V	نرخ مالیات سالیانه

جدول 2

نتایج حاصل شده توسط نرم افزار SPSS

بعد از این که شبیه سازی را برای هر یک از پنج پروژه برای ۴۰۰ بار اجرا کردیم، ۴۰۰ مقدار برای NPV به وجود می آید. برای اینکه ما بتوانیم عملیات های آماری را بر روی داده ها انجام دهیم، خروجی های حاصل شده از شبیه سازی را توسط نرم

افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. خروجی‌های حاصل از نرم افزار SPSS در جدول زیر اعم از: میانه، میانگین، انحراف استاندارد، واریانس، دامنه، مینیمم و ماکسیمم، مجموع، و صدک‌ها نشان داده شده است.

Statistics						
		ProjectA	ProjectB	ProjectC	ProjectD	ProjectE
N	Valid	400	400	400	400	400
Mean		106050	90475	86522	88119	89764
Median		96537	88842	83444	79886	88590
Mode		-7.44E4a	-5.01E4a	-8.72E3a	-7.56E4a	-9.63E4a
Std. Deviation		71287.7	44719.4	40576.1	68104.2	72130.9
Variance		5.082E+09	2E+09	1.646E+09	4.638E+09	5.203E+09
Range		379000	292000	218000	417000	470000
Minimum		-74400	-50100	-8716.75	-75600	-96300
Maximum		304000	242000	210000	341000	374000
Sum		42400000	36200000	34600000	35200000	35900000
Percentiles	25	59421	60670	56025	41677	38631
	50	96537	88842	83444	79886	88590
	75	151680	117200	112660	131380	141990

جدول ۳

تست تصادفی بودن داده‌ها

ما برای اطمینان پیدا کردن از اینکه پارامترهای ریسک پروژه به صورت کاملاً تصادفی شبیه سازی شده‌اند، داده‌ها (NPV) را توسط نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم و خروجی حاصل شده از نرم افزار در مورد تصادفی بودن یا نبودن داده‌ها در جدول زیر نشان داده شده است. از آنجایی که مقدار sig همه پروژه‌ها بزرگ‌تر از ۰.۰۵ می‌باشد، می‌توانیم نتیجه بگیریم که همه داده‌ها به صورت تصادفی تولید شده‌اند.

Runs Test					
	ProjectA	ProjectB	ProjectC	ProjectD	ProjectE
Test Value ^a	106049.99	90474.968	86522.021	88119.135	8.98E+04
Cases < Test Value	225	204	213	221	202
Cases >= Test Value	175	196	187	179	198
Total Cases	400	400	400	400	400
Number of Runs	192	207	207	200	184
Z	-0.597599	0.6090076	0.6882747	0.1219997	-1.7
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.5501078	0.5425194	0.4912798	0.9028992	0.089
a. Mean					

جدول ۴

تست نرمال بودن داده‌ها

ما برای اطمینان از این که داده‌های حاصل از شبیه سازی (NPV) از توزیع خاصی پیروی می‌کنند یا نه تست One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test را بر روی داده‌ها انجام دادیم. نتیجه حاصل شده از این تست در جدول زیر نشان داده شده است. نتیجه‌ای که از این تست می‌توان گرفت این است که از آنجایی که مقدار Sig همه پروژه‌ها از ۰.۰۵ بزرگ‌تر می‌باشد، می‌توانیم چنین نتیجه بگیریم که NPV همه پروژه‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند و ادامه محاسبات خود را می‌توانیم بر اساس میانگین و انحراف معیار داده شده در جدول زیر انجام دهیم.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test							
			Project A	Project B	Project C	Project D	Project E
N			400	400	400	400	400
Normal Parameters ^a	Mean		106050	90475	86522	88119	89764
	Std. Deviation		71287.7	44719.4	40576.1	68104.2	72130.9
Most Extreme Differences	Absolute		0.068	0.052	0.041	0.06	0.032
	Positive		0.068	0.052	0.041	0.06	0.032
	Negative		-0.027	-0.033	-0.023	-0.033	-0.02
Kolmogorov-Smirnov Z			1.356	1.037	0.818	1.19	0.649
Asymp. Sig. (2-tailed)			0.051	0.232	0.515	0.118	0.793
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.		.047c	.223c	.507c	.115c	.782c
	95% Confidence Interval	Lower Bound	0.043	0.215	0.497	0.108	0.774
		Upper Bound	0.051	0.231	0.517	0.121	0.79
a. Test distribution is Normal.							
c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 2000000.							

جدول ۵

مقایسه بر اساس پایداری

خروجی حاصل را توسط روش پایداری* پروژه‌ها به ازاء مقادیر مختلف α مورد ارزیابی قرار دادیم. نتایج محاسباتی پروژه‌ها در جدول زیر نشان داده شده است.

$$R_A = \alpha E[A] - (1 - \alpha)\delta[A]$$

* Robust

α	R Project A	R Project B	R Project C	R Project D	R Project E
0.2	-35820.16	-17680.52	-15156.48	-36859.56	-39751.92
0.4	-352.62	9358.36	10263.14	-5614.92	-7372.94
0.5	17381.15	22877.8	22972.95	10007.4	8816.55
0.6	35114.92	36397.24	35682.76	25629.72	25006.04
0.8	70582.46	63436.12	61102.38	56874.36	57385.02
1	106050	90475	86522	88119	89764

جدول ۶

رتبه بندی پروژه‌ها با بکارگیری این روش در جدول زیر نشان داده شده است. حال اگر فرد تصمیم گیرنده فردی باشد که در حالت تعادلی قرار داشته باشد یعنی $\alpha = 0.5$ باشد، رتبه بندی پروژه‌ها به صورت C-B-A-D-E می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این حالت پروژه A با اینکه ارزش فعلی* آن از همه پروژه‌ها بزرگ‌تر است در رتبه ۴ قرار می‌گیرد. قرار گرفتن پروژه A در رتبه ۴ به دلیل بزرگ بودن انحراف معیار آن می‌باشد، که این بزرگی انحراف معیار باعث می‌شود تا ریسک پروژه زیاد شود و در رتبه بالا قرار نگیرد. همچنین قرار گرفتن پروژه C در رتبه ۱ به دلیل داشتن انحراف معیار کوچک‌تر نسبت به سایر پروژه‌ها می‌باشد، اگرچه این پروژه از لحاظ ارزش فعلی دارای کوچک‌ترین مقدار در بین پروژه‌ها می‌باشد. وقتی که ارزش فعلی و انحراف معیار توأم با یکدیگر برای رتبه بندی در نظر گرفته می‌شوند باعث می‌شود تا پروژه‌ای که دارای ریسک کمتر نسبت به سایرین است در رتبه بالاتری قرار بگیرد.

* Net Present Value

α	رتبه بندی پروژهها
0.2	C-B-A-D-E
0.4	C-B-A-D-E
0.5	C-B-A-D-E
0.6	B-C-A-D-E
0.8	A-B-C-E-D
1	A-B-E-D-C

جدول ۷

این رتبه بندی برای پروژهها را از طریق بدست آوردن بازه پایداری برای α نیز می توانیم بدست آوریم. این بازه برای پروژههای مختلف در جدول زیر نشان داده شده است. نتیجه رتبه بندی C-B-A-D-E خواهد بود. در این حالت هر چه بازه پایداری بزرگتر باشد پروژه در اولویت بالاتری قرار می گیرد.

$$\frac{\delta[x]}{E[x] + \delta[x]} \leq \alpha \leq 1$$

ProjectA	$0.401988 \leq \alpha \leq 1$
ProjectB	$0.330778 \leq \alpha \leq 1$
ProjectC	$0.31925 \leq \alpha \leq 1$
ProjectD	$0.435942 \leq \alpha \leq 1$
ProjectE	$0.445542 \leq \alpha \leq 1$

جدول ۸

مقایسه بر اساس مقدار قطعی پول

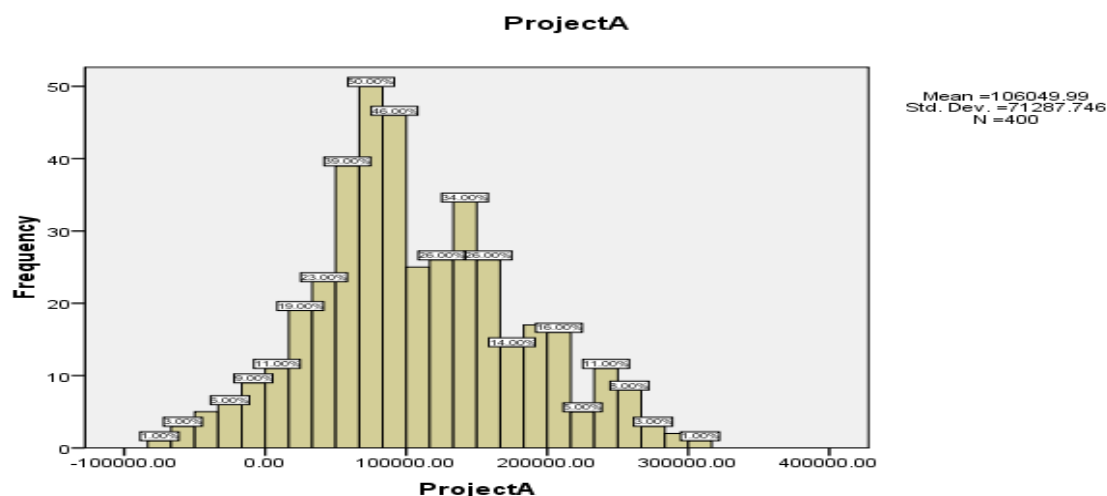
در این روش تصمیم گیر معمولاً ضریب فرار از ریسک را ۰.۷ تا ۰.۸ در نظر می گیرد. استفاده از این روش رتبه بندی پروژهها به B-C-A-D-E می باشد. که در مقایسه با روش قبل ترتیب دو پروژه B-C جا به جا شده است. حال اگر به پروژهها با اطمینان بیشتری بنگریم رتبه بندی ما به همان رتبه بندی روش قبل بر می گردد یعنی C-B-A-D-E.

$$Q_A = E[A] - R\sigma[A]$$

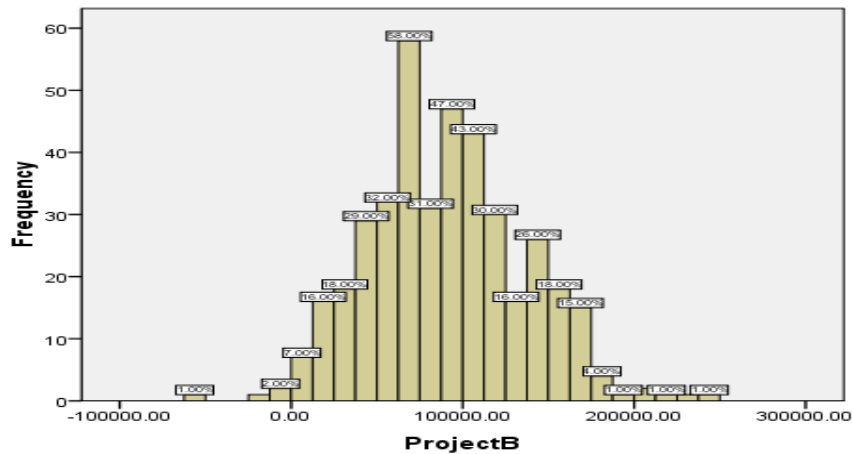
α	QProject A	QProject B	QProject C	QProject D	QProject E	رتبه بندی پروژه ها
0	106050	90475	86522	88119	89764	A-B-E-D-C
0.2	91792.46	81531.12	78406.78	74498.16	75337.82	A-B-C-E-D
0.4	77534.92	72587.24	70291.56	60877.32	60911.64	A-B-C-E-D
0.5	70406.15	68115.3	66233.95	54066.9	53698.55	A-B-C-D-E
0.6	63277.38	63643.36	62176.34	47256.48	46485.46	B-A-C-D-E
0.8	49019.84	54699.48	54061.12	33635.64	32059.28	B-C-A-D-E
1	34762.3	45755.6	45945.9	20014.8	17633.1	C-B-A-D-E

جدول ۹

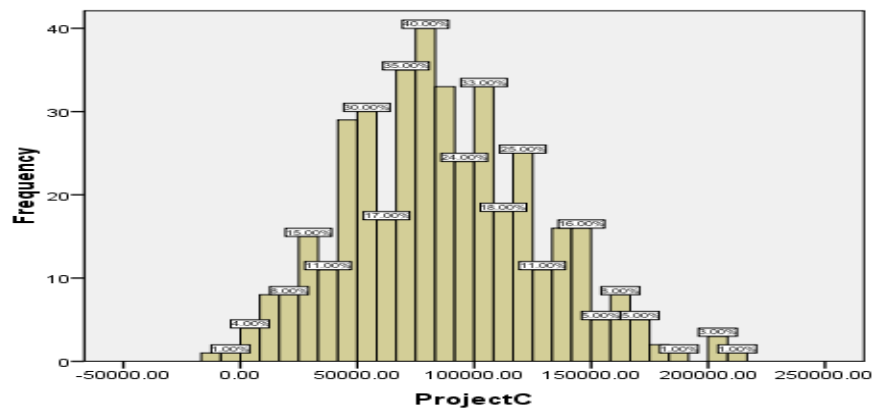
این رتبه بندی ها در مورد پروژه ها از طریق مشاهده نمودارهای هیستوگرام و جعبه ای نیز به سهولت قابل درک می باشد. همانطور که در نمودار هیستوگرام پروژه C مشاهده می شود، تنها دو دسته از داده ها با فراوانی کم در ناحیه منفی نمودار قرار گرفته اند، و بقیه در ناحیه مثبت با فراوانی بالا قرار گرفته اند. اما در بقیه پروژه ها تعداد دسته های بیشتری با فراوانی بیشتری در ناحیه منفی قرار گرفته اند. همین عامل باعث می شود تا پروژه C در رتبه ۱ قرار بگیرد. و پروژه E نیز نسبت به بقیه پروژه ها تعداد دسته های بیشتر با فراوانی بیشتر در ناحیه منفی قرار گرفته است، و همین، دلیل بر این است که پروژه دارای ریسک بیشتری نسبت بقیه باشد و در رتبه پایین تری (بدتر) قرار بگیرد. این تحلیل ها از روی نمودارهای جعبه ای که با فاصله اطمینان ۹۵ درصد رسم شده نیز قابل مشاهده و درک می باشد.



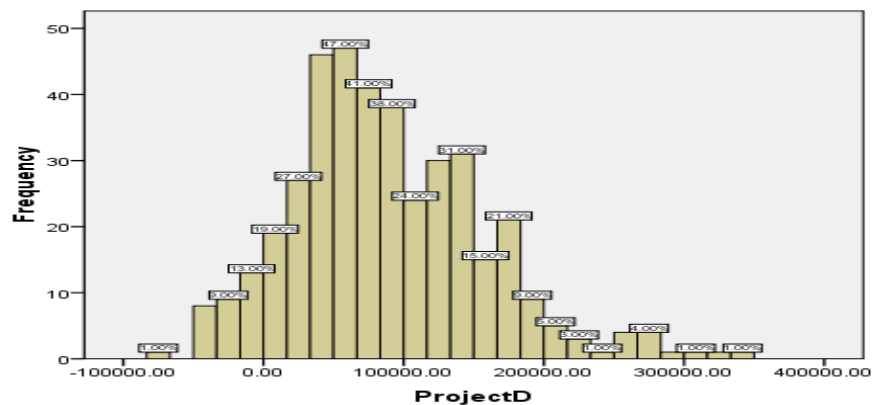
ProjectB

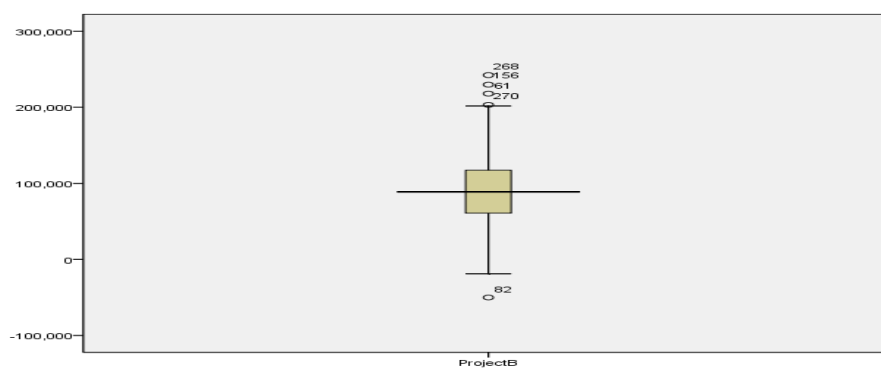
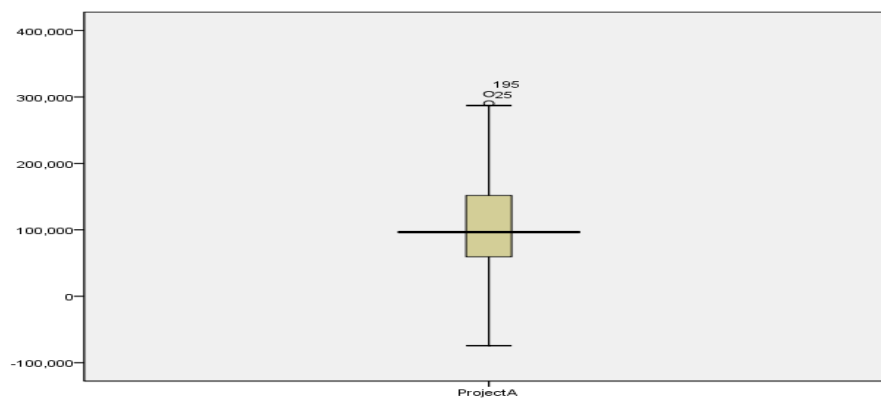
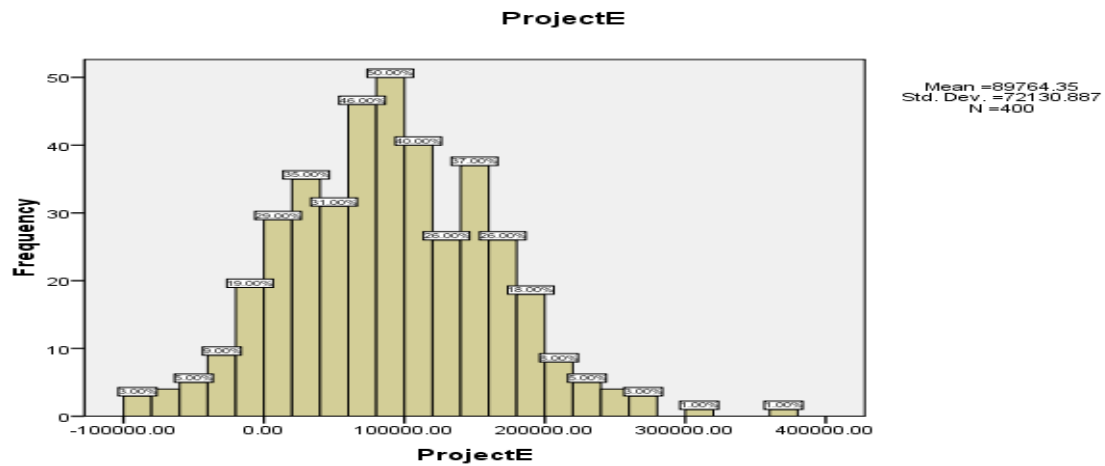


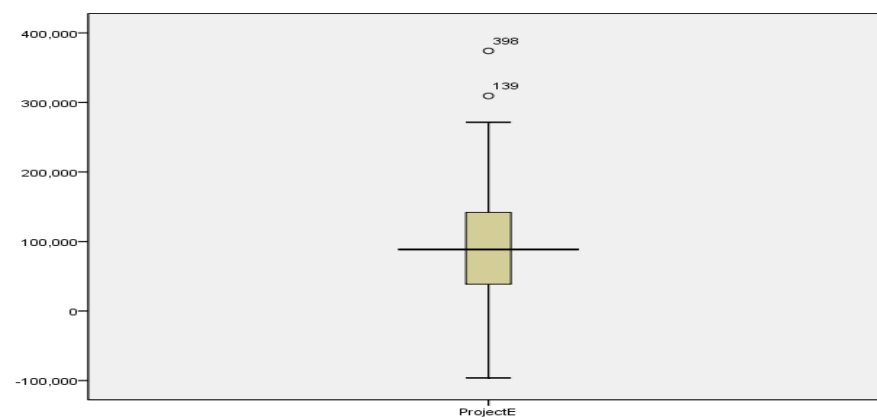
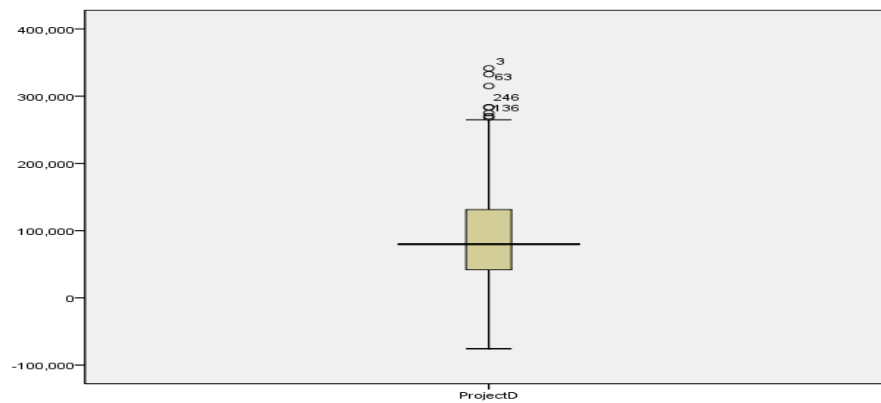
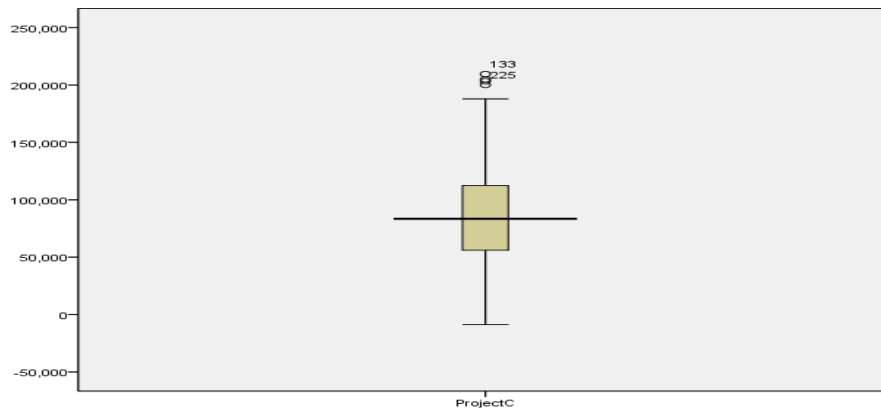
ProjectC



ProjectD







حالت دوم: توزیع احتمال پارامترهای ریسک پروژه به صورت نرمال

در این حالت نیز پنج پروژه سرمایه گذاری A,B,C,D,E مستقل از پروژه های قبلی را در نظر می گیریم که پارامترهای ریسک پروژه به صورت نرمال در نظر گرفته شده اند. مشخصات پارامترهای ریسک پروژه و مقدار آن ها در جدول های زیر نشان داده شده اند. در این مثال هم شبیه مثال قبل پارامترهای پروژه طوری طراحی شده اند که قابلیت بحث بر روی میانگین و انحراف معیار ارزش فعلی پروژه ها وجود داشته باشد. در این جدول ها مقدار میانگین پارامترها و انحراف معیار آن ها داده شده است. همان طور که قبلاً هم اشاره کردیم عمر اقتصادی، ارزش اسقاط، هزینه سرمایه گذاری و نرخ مالیات

پروژه‌ها به صورت قطعی در نظر گرفته شده‌اند و نرخ‌های بهره* و تورم[‡] و انعکاس از تورم[§] و مالیات[¶] ها به صورت مقدار از ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. برای هر یک از پروژه‌های مورد نظر شبیه سازی را انجام داده‌ایم. شبیه سازی برای هر یک از پروژه‌ها برای ۴۰۰ بار تکرار شده است و NPV های حاصل از شبیه سازی در نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

پروژه C	پروژه B	پروژه A	نماد	پارامترهای پروژه
N[1300,500]	N[1200,400]	N[1400,600]	Qt	تقاضای محصول در دوره t
N[125,60]	N[110,50]	N[100,36]	P _t	قیمت واحد محصول در دوره t
N[20000,15000]	N[15000,10000]	N[20000,10000]	I _t	هزینه سرمایه گذاری در دوره t
N[14,6]	N[12,6]	N[12,5]	i	نرخ بهره
5	5	5	N	عمر اقتصادی پروژه
125000	100000	80000	H	ارزش اسقاط سرمایه گذاری
210000	194000	200000	I ₀	هزینه سرمایه گذاری اولیه
N[6,4]	N[6,3]	N[8,3]	e	نرخ تورم سالیانه
N[80,12]	N[90,5]	N[85,9]	x	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی +
N[75,15]	N[80,5]	N[80,15]	y	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی -
40	30	30	V	نرخ مالیات سالیانه

جدول ۱۰

پروژه E	پروژه D	نماد	پارامترهای پروژه
N[1200,500]	N[1400,200]	Qt	تقاضای محصول در دوره t
N[140,50]	N[160,40]	P _t	قیمت واحد محصول در دوره t
N[23000,10000]	N[28000,7000]	I _t	هزینه سرمایه گذاری در دوره t
N[12,5]	N[14,4]	i	نرخ بهره
5	5	N	عمر اقتصادی پروژه
140000	180000	H	ارزش اسقاط سرمایه گذاری
340000	300000	I ₀	هزینه سرمایه گذاری اولیه
N[5,3]	N[4,2]	e	نرخ تورم سالیانه
N[75,14]	N[70,20]	x	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی +

* interest rate

† inflation rate

‡ reflection rate of inflation rate

§ tax rate,

N[80,10]	N[80,10]	y	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی -
20	50	V	نرخ مالیات سالیانه

جدول ۱۱

نتایج حاصل شده توسط نرم افزار SPSS

خروجی‌های حاصل شده از شبیه سازی را توسط نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. خروجی‌های حاصل از نرم افزار SPSS در جدول زیر اعم از: میانه، میانگین، انحراف استاندارد، واریانس، دامنه، مینیمم و ماکسیمم، مجموع، و صدک ها نشان داده شده است.

Statistics						
		Project A	Project B	Project C	Project D	ProjectE
N	Valid	400	400	400	400	400
Mean		153171.8	168384.6	166783.9	151098.6	171452.4
Median		136101	155858.4	162239.5	145241	159500.9
Mode		-88715.4	-47964.7	303585.8	-69061.3	-176616
Std. Deviation		107022.4	111469.8	121007.9	76387.7	140807.7
Variance		1.15E+10	1.24E+10	1.46E+10	5.84E+09	1.98E+10
Range		636238.8	775131.7	746589.6	490252.4	850657.7
Minimum		-88715.4	-47964.7	-123870	-69061.3	-176616
Maximum		547523.4	727167	622719.6	421191.2	674041.4
Sum		61268731	67353825	66713551	60439451	68580956
Percentiles	25	78708.25	85326.42	78627.62	97953.15	67306.03
	50	136101	155858.4	162239.5	145241	159500.9
	75	220223.1	233576.9	237302.7	202831.6	257008
a. Multiple modes exist. The smallest value is shown						

جدول ۱۲

مقایسه بر اساس پایداری

خروجی حاصل را توسط این روش را به ازاء مقادیر مختلف α مورد ارزیابی قرار دادیم و نتایج محاسباتی پروژهها در جدول زیر نشان داده شده است.

$$R_A = \alpha E[A] - (1 - \alpha)\delta[A]$$

α	Project A	Project B	Project C	Project D	Project E
0.2	-54983.52213	-55498.90604	-63449.54533	-30890.4364	-78355.68524
0.4	-2944.68499	471.9613189	-5891.18932	14606.82948	-15903.66631
0.5	23074.73358	28457.395	22887.98868	37355.46242	15322.34315
0.6	49094.15215	56442.82868	51667.16669	60104.09537	46548.35261
0.8	101132.9893	112413.696	109225.5227	105601.3613	109000.3715
1	153171.8264	168384.5634	166783.8787	151098.6271	171452.3905

جدول ۱۳

رتبه پروژهها به ازاء α های مختلف در جدول زیر نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می شود با در نظر گرفتن ضریب خوش بینی ۰.۵ رتبه بندی پروژهها به صورت D-B-A-C-E می باشد. در این مثال هم همان طور که در مثال قبل شرح داده شد، لزومی ندارد پروژهای که در رتبه ۱ قرار گرفته است دارای میانگین ارزش فعلی* بزرگتری نسبت به سایر پروژهها داشته باشد و یا پروژهای که در رتبه آخر قرار می گیرد دارای ارزش فعلی کوچکتری نسبت به سایر پروژهها داشته باشد. بلکه رتبه بندی بر اساس میزان ریسک و پایداری پروژهها می باشد.

α	رتبه بندی پروژهها
0.2	D-A-B-C-E
0.4	D-B-A-C-E
0.5	D-B-A-C-E
0.6	D-B-C-A-E
0.8	B-C-E-D-A
1	E-B-C-A-D

جدول ۱۴

* Net Present Value

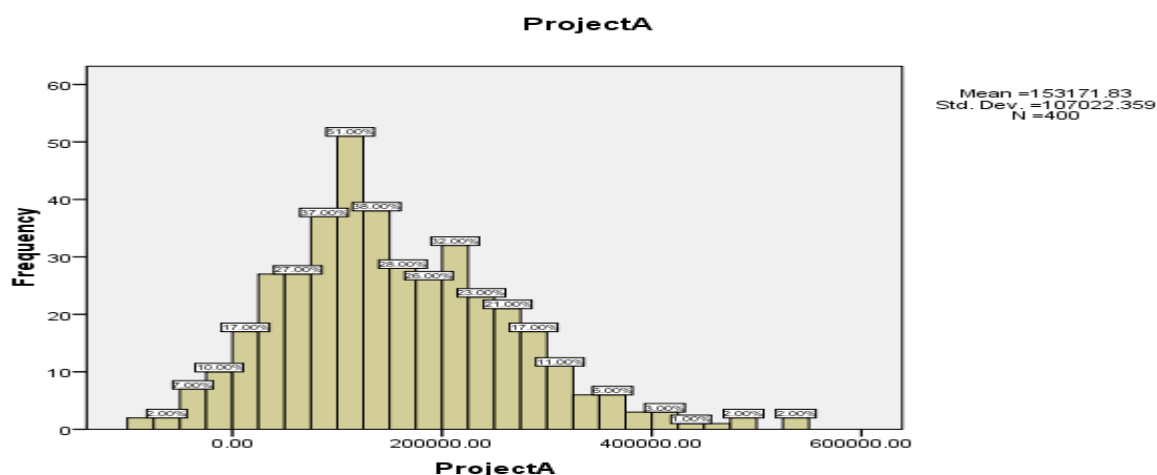
مقایسه بر اساس مقدار قطعی پول

نتیجه محاسباتی حاصل شده از این روش در جدول زیر نشان داده شده است. این روش نیز با در نظر گرفتن ضریب اطمینان بزرگتر از ۰.۸ نتیجه‌ی یکسانی با روش قبل ارائه می‌دهد.

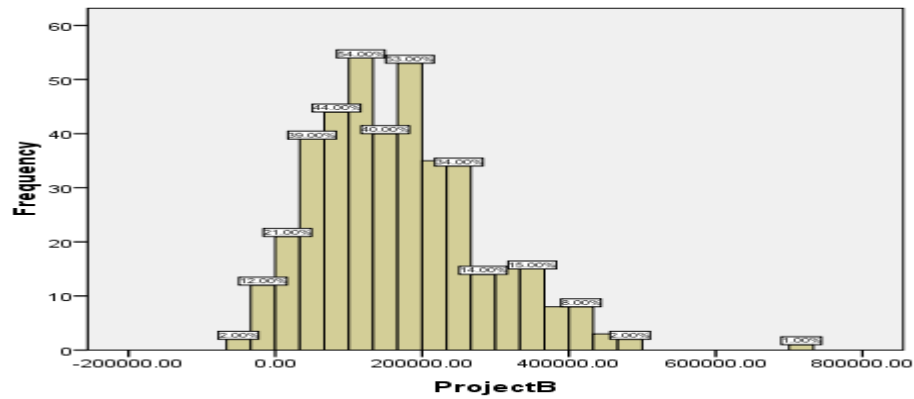
α	ProjectA	ProjectB	ProjectC	ProjectD	ProjectE	رتبه بندی پروژه‌ها
0	153171.8	168384.6	166783.9	151098.6	171452.4	E-B-C-A-D
0.2	131767.4	146090.6	142582.3	135821.1	143290.8	B-E-C-D-A
0.4	110362.9	123796.7	118380.7	120543.5	115129.3	B-D-C-E-A
0.5	99660.65	112649.7	106279.9	112904.8	101048.5	D-B-C-E-A
0.6	88958.41	101502.7	94179.14	105266	86967.77	D-B-C-A-E
0.8	67553.94	79208.74	69977.56	89988.47	58806.23	D-B-C-A-E
1	46149.47	56914.79	45775.98	74710.92	30644.69	D-B-A-C-E

جدول ۱۵

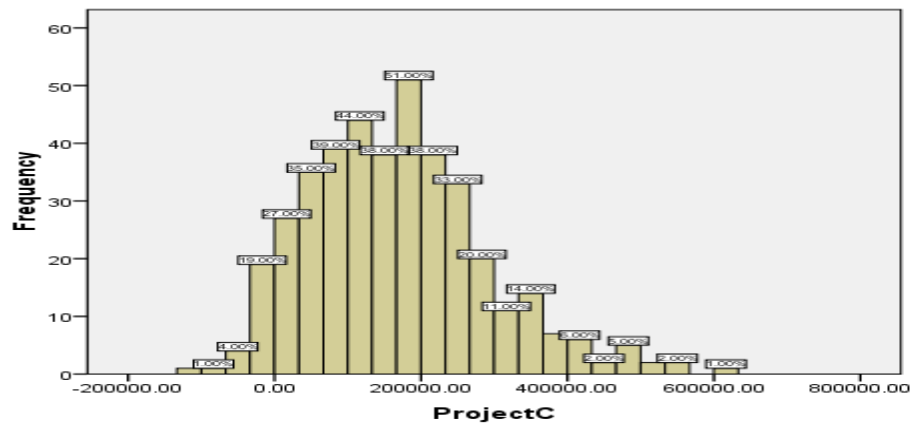
رتبه بندی حاصل شده از دو روش قبل برای زمانی که پارامترهای ریسک پروژه دارای توزیع نرمال باشند از طریق مشاهده نمودارهای هیستوگرام قابل درک و مشاهده می‌باشد.



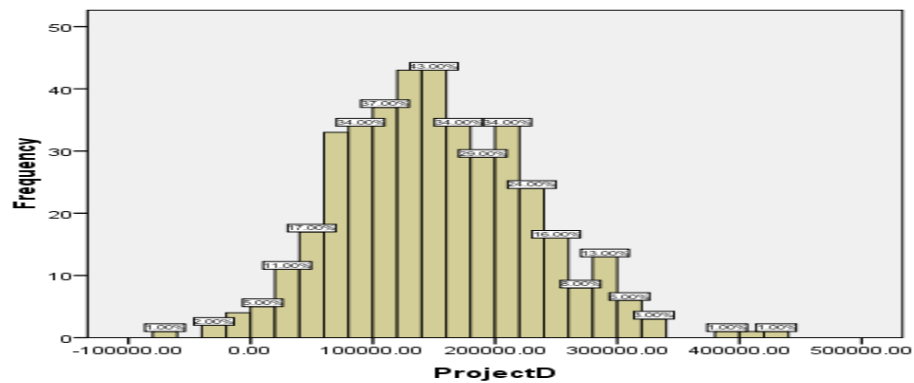
ProjectB

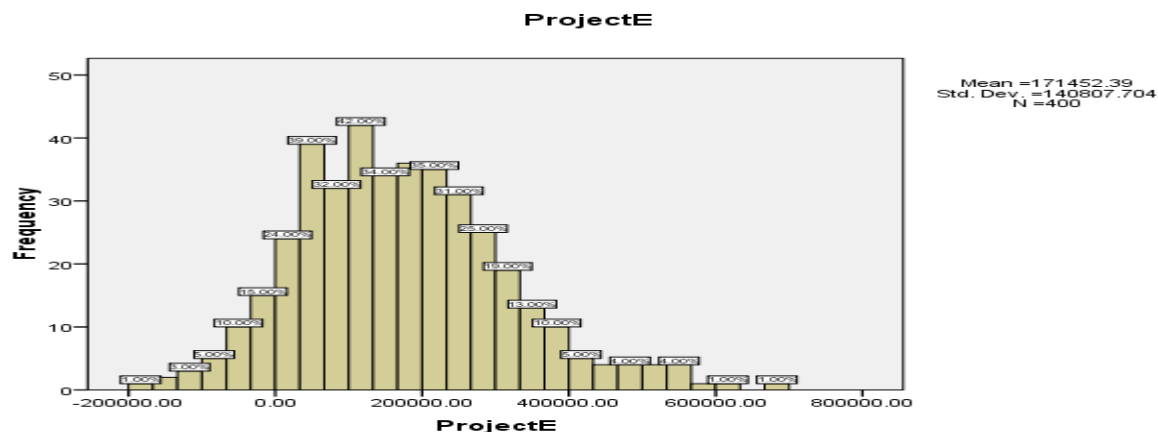


ProjectC



ProjectD





حالت سوم: پارامترهای پروژه به صورت فازی باشد

در این حالت نیز ۵ پروژه A, B, C, D, E به صورت فرضی تولید شده‌اند. مشخصات پارامترهای ریسک پروژه و مقدار آن‌ها در جدول‌های زیر نشان داده شده‌اند.

پارامترهای پروژه	نما	پروژه A	پروژه B	پروژه C
تقاضای محصول در دوره t	Q_t	TFN(1400,1500,16000)	TFN(1100,1300,1600)	TFN(900,1000,1100)
قیمت واحد محصول در دوره t	P_t	TFN(140,160,200)	TFN(140,170,200)	TFN(150,170,190)
هزینه سرمایه گذاری در دوره t	I_t	TFN(20000,24000,29000)	TFN(18000,24000,29000)	TFN(15000,20000,24000)
نرخ بهره	i	TFN(14,17,20)	TFN(13,16,19)	TFN(13,16,19)
عمر اقتصادی پروژه	N	5	5	5
ارزش اسقاط	H	100000	50000	150000

				سرمایه گذاری
400000	300000	350000	I_0	هزینه سرمایه گذاری اولیه
TFN(3,5,8)	TFN(4,6,8)	TFN(4,5,8)	e	نرخ تورم سالانه
TFN(80,85,90)	TFN(80,90,95)	TFN(85,90,95)	x	نرخ انعکاس تورم جریان نقدی +
TFN(70,80,90)	TFN(70,80,90)	TFN(75,80,85)	y	نرخ انعکاس تورم جریان نقدی -
30	40	30	V	نرخ مالیات سالانه

جدول ۱۶

پروژه E	پروژه D	نماد	پارامترهای پروژه
TFN(900,1300,1500)	TFN(800,1000,1300)	Q_t	تقاضای محصول در دوره t
TFN(160,170,180)	TFN(160,170,180)	P_t	قیمت واحد محصول در دوره t
TFN(14000,20000,24000)	TFN(15000,17000,19000)	I_t	هزینه سرمایه گذاری در دوره t
TFN(10,13,17)	TFN(10,13,17)	i	نرخ بهره
5	5	N	عمر اقتصادی پروژه
160000	50000	H	ارزش اسقاط سرمایه گذاری
450000	300000	I_0	هزینه سرمایه گذاری اولیه
TFN(4,6,8)	TFN(3,5,8)	e	نرخ تورم سالانه
TFN(80,85,95)	TFN(80,85,95)	x	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی +
TFN(70,80,90)	TFN(70,80,90)	y	نرخ انعکاس تورم برای جریان نقدی -
50	40	V	نرخ مالیات سالانه

جدول ۱۷

نتیجه محاسبات فازی برای پروژه‌ها در جدول زیر آمده است.

	پروژه A	پروژه B	پروژه C	پروژه D	پروژه E
λ	0.572122	0.640483	0.612311109	0.644394063	0.521134193
E(FENPV)	92191.86	215765	64076.3956	142423.4244	36329.98598

جدول ۱۸

در نهایت ترتیب پروژه‌ها به صورت E-D-A-C-B خواهد بود. که B دارای بیشترین میانگین ارزش فعلی و E دارای کمترین ارزش فعلی می‌باشند، که به ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار ریسک در بین پروژه‌ها می‌باشند.

نتیجه گیری

در طول ارزیابی پروژه‌های سرمایه گذاری، تصمیمات در صورتی که فقط با در نظر گرفتن سود دهی پروژه باشند، عاقلانه به نظر نمی‌رسد. چرا که، انحراف در مقدار پارامترها به طور مستقیم بر سود دهی و امکان پذیری پروژه تأثیر می‌گذارد. بنابراین سطح ریسک گزینه‌های پروژه، می‌بایستی در فاز ارزیابی مورد تحلیل و بررسی قرار بگیرد. در این مطالعه پارامترهای ریسک پروژه را به دو صورت ۱: حالتی که پارامترهای ریسک پروژه دارای توزیع احتمال یکنواخت یا نرمال باشند ۲: حالتی که پارامترهای ریسک پروژه به صورت اعداد فازی مثلثی باشند را مورد تحلیل و بررسی قرار دادیم. در حالت اول از تکنیک شبیه سازی برای بدست آوردن توزیع احتمال ارزش فعلی پروژه‌ها استفاده کردیم و روش‌هایی از جمله روش مقدار ارزش قطعی پول و روش پایداری پروژه‌ها را برای ارزیابی پروژه‌ها و رتبه بندی آنها بر اساس ریسک انجام دادیم. بعد از اجرای این دو روش برای رتبه بندی پروژه‌ها مشاهده نمودیم که هر دو روش برای ارزیابی ریسک و رتبه بندی پروژه‌ها به نتیجه یکسانی رسیدند. همچنین برای حالت دوم که پارامترهای ریسک پروژه به صورت اعداد فازی مثلثی متقارن یا نامتقارن می‌باشند نیز روشی را برای ارزیابی ریسک و رتبه بندی پروژه‌ها ارائه نمودیم. برای اینکه روش پیشنهادی به آسانی برای ارزیابی پروژه‌ها مورد استفاده قرار گیرد داشتن دانش در مورد شبیه سازی و مجموعه‌های فازی در سطح شروع لازم می‌باشد.

منابع و مراجع

- I. اقتصاد مهندسی / گل مکانی، حمید رضا / انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (واحد تفرش) ۱۳۸۶
- II. اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی / اسکو نژاد، م.م. / مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران / چاپ یازدهم، ۱۳۷۸
- III. جزوه درسی دکتر مصلحی
- IV. جزوه درسی شبیه سازی دکتر اشجری
- V. An integrated decision support approach for project investors in risky and uncertain environments, Özgür Armaneri , Güzin Özdaşoğlu, Özgür Yalçınkay, Journal of Computational and Applied Mathematics 234 (2010) 2530_2542
- VI. Investment project valuation based on a fuzzy binomial approach, Shu-Hsien Liao, Shiu-Hwei Ho, Information Sciences 180 (2010) 2124–2133
- VII. Using simulation software to solve engineering economy problems, Eyler R. Coatesa,*, Michael E. Kuhl, Computers & Industrial Engineering 45 (2003) 285–294

منابع مقالات بررسی شده

- [1] Ö. Armaneri, Ö. Yalçınkaya, H. Eski, Evaluation of risky investment projects from economical viewpoint via simulation metamodeling methodology, in: Proceedings of the V. Industrial-Management Science and Engineering Congress, Zonguldak, 2005
- [2] T.M. Alessandri, D.N. Ford, D.M. Lander, K.B. Leggio, M. Taylor, Managing risk and uncertainty in complex capital projects, The Quarterly Review of Economics and Finance 44 (2004) 751_767.
- [3] F. Choobineh, A. Behrens, Use of intervals and possibility distributions in economic analysis, Journal of the Operational Research Society 43 (9) (1992) 907_918.
- [4] C.S. Park, Contemporary Engineering Economics, 3rd ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, Upper Saddle River, 2002.
- [5] H. Eski, Ö. Armaneri, Engineering Economics, Gazi Publishing, Ankara, 2006.
- [6] C.D. Pegden, R.E. Shannon, R.P. Sadowski, Introduction to Simulation Using Siman, McGraw-Hill Inc., New Jersey, 1990.
- [7] A.M. Law, W.D. Kelton, Simulation Modeling & Analysis, McGraw-Hill Inc., Singapore, 1991.
- [8] W.D. Kelton, R.P. Sadowski, D.A. Sadowski, Simulation with Arena, 1st ed., McGraw-Hill Inc., New York, 1997.
- [9] S.L. Rosen, C.M. Harmonosky, M.T. Traband, A simulation optimization method that considers uncertainty and multiple performance measures, European Journal of Operational Research 181 (2007) 315_330.

- [10] Ö. Armaneri, Ö. Yalçınkaya, Evaluation of risky investment projects through simulation and response surface methodology, Lectures on Modeling and Simulation 7 (2) (2006) 21_30.
- [11] Ö. Armaneri, G. Özdaşoğlu, Ö. Yalçınkaya, Proje risk düzeyinin belirlenmesi için simülasyonu ve bulanık kümeler teorisini temel alan bütüncül bir yaklaşım, Journal of Science and Technology 9 (2) (2008) 223_239 (in Turkish).
- [12] A. Kaufmann, On the relevance of fuzzy sets for operations research, European Journal of Operational Research 25 (3) (1986) 330_335.
- [13] V. Henn, M. Ottomanelli, Handling uncertainty in route choice models: from probabilistic to possibilistic approaches, European Journal of Operational Research 175 (2006) 1526_1538.
- [14] T.Y. Chou, S.T. Chou, G.H. Tzeng, Evaluating IT/IS investments: a fuzzy multi-criteria decision model approach, European Journal of Operational Research 173 (2006) 1026_1046.
- [15] L.A. Zadeh, Fuzzy sets, Information and Control 8 (3) (1965) 338_353.
- [16] Z. Zadeh, Fuzzy Logic and Modeling Principles, Bilge Art Formation, İstanbul, 2001.
- [17] T.J. Ross, Fuzzy Logic with Engineering Applications, John Wiley & Sons, West Sussex, 2004.
- [18] G. Klir, B. Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1995.
- [19] K. Iwamura, B. Liu, Chance constrained integer programming models for capital budgeting in fuzzy environments, Journal of the Operational Research Society 49 (1998) 854_860.
- [20] X. Huang, Chance-constrained programming models for capital budgeting with NPV as fuzzy parameters, Journal of Computational and Applied Mathematics 198 (2007b) 149_159.
- [21] A.B. Badiru, D.B. Sieger, Neural network as a simulation metamodel in economic analysis of risky projects, European Journal of Operational Research 105 (1998) 130_142.
- [22] H.S. Hwang, J.C. Yu, R&D project evaluation model based on fuzzy set priority, Computers & Industrial Engineering 35 (3_4) (1998) 567_570.
- [23] E. Avineri, J. Prashker, A. Ceder, Transportation projects selection process using fuzzy sets theory, Fuzzy Sets and Systems 116 (2000) 35_47.
- [24] T. Merna, D.V. Storch, Risk management of an agricultural investment in a developing country utilising the CASPAR programme, International Journal of Project Management 18 (2000) 349_360.
- [25] D. Kuchta, Fuzzy capital budgeting, Fuzzy Sets and Systems 111 (2000) 367_385.
- [26] S. Mohamed, A.K. McCowan, Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory, International Journal of Project Management 19 (2001) 231_241.
- [27] C. Kahraman, D. Ruan, E. Tolga, Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows, Information Sciences 142 (2002) 57_76.
- [28] E.R. Coates, M.E. Kuhl, Using simulation software to solve engineering economy problems, Computers & Industrial Engineering 45 (2003) 285_294.
- [29] E. Ammar, H.A. Khalifa, Characterization of optimal solutions of uncertainty investment problem, Applied Mathematics and Computation 160 (2005) 111_124.

- [30] L. Dimova, P. Sevastianov, D. Sevastianov, MCDM in a fuzzy setting: investment projects assessment application, *International Journal of Production Economics* 100 (1) (2006) 10_29.
- [31] X. Huang, Optimal project selection with random fuzzy parameters, *International Journal of Production Economics* 106 (2) (2007a) 513_522.
- [32] B. Rebiasz, Fuzziness and randomness in investment project risk appraisal, *Computers & Operations Research* 34 (2007) 199_210.
- [33] D. Dubois, H. Prade, Plenary talk, possibility theory and its applications: a retrospective and prospective view-IRIT-CNRS, Université Paul Sabatier, Toulouse, 2005