دومین کنفرانس بین المللی مدیریت استراتژیک پروژه‌ها
2nd International Conference on Strategic Project Management
۱۴ و ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۰ تهران، مرکز همایش های بین المللی صدا و سیما

ارزیابی اقتصادی پروژه های BOT با استفاده از منطق فازی

فرناد نصیرزاده
دکترای مهندسی و مدیریت ساخت، عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی معماری، بخش مهندسی و مدیریت پروژه
F.nasirzadeh@gmail.com
مصطفی خانزادی
دکترای مهندسی عمران، عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران
Khanzadi@iust.ac.ir
مجید علیپور
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علم و صنعت ایران
M_alipour@civileng.iust.ac.ir

واژه‌های کلیدی
پروژه **BOT** ، منطق فازی ، **NPV** ، مدیریت ریسک.

چکیده
پروژه های BOT[1] تحت تاثیر مجموعه ای از ریسکها و عدم قطعیتها می باشند. یکی از مهمترین پارامترها در ارزیابی این نوع پروژه ها، ارزیابی اقتصادی با در نظر گرفتن اثرات ریسکها می باشد. اشتباه در محاسبات ارزیابی اقتصادی می تواند یک پروژه بزرگ را با شکست مواجه کند. محققان قبلی مدلهای مختلفی برای ارزیابی اقتصادی پروژه پیشنهاد داده اند. اما تحقیقات انجام شده قبلی با نقایص عمده ای مواجه می باشند که دقت و اعتبار نتایج بدست آمده از آنها را با مشکل مواجه میکند. ازجمله این نقایص آن است که در اکثر تحقیقات قبلی، اثرات کلیه عوامل موثر بر ارزیابی اقتصادی پروژه در نظر گرفته نشده است. علاوه بر این در بسیاری از تحقیقات قبلی اثرات ریسکها و عدم قطعیتها نیز بر پارامترهای موثر بر ارزیابی اقتصادی پروژه در نظر گرفته نشده است.
در این تحقیق ارزیابی اقتصادی پروژه در قراردادهای BOT با استفاده از منطق فازی انجام می گردد. رویکرد منطق فازی پیشنهادی علاوه بر در نظر گرفتن تمامی پارامترهای اثرگذار، ریسکهای موجود در پروژه و اثرات آنها بر ارزیابی اقتصادی پروژه را نیز در نظر می گیرد. برای این منظور ابتدا مقدار پارامترهای اثر گذار بر مقدار NPV[2] با در نظر گرفتن اثرات ریسکها بدست آمده و در ادامه مقدار ارزش فعلی خالص

---

[1] Build-Operate-Transfer

[2] Net present value

(NPV) برای چرخه عمر پروژه بدست آمده و بررسی ارزیابی اقتصادی پروژه انجام می گردد . برای تعیین قابلیتهای مدل پیشنهادی، فرآیند ارزیابی اقتصادی برروی یک پروژه آزادراه نمونه پیاده می گردد.

مقدمه

دردنیای امروزتوسعه زیر ساختها، یکی از ملاکهای مهم توسعه یافتگی یک کشور به حساب می آید . زیر ساختها نیاز به منابع مالی زیادی دارند. در بسیاری از کشورها منابع مالی کافی برای تامین این نیاز وجود ندارد یا مقدار آنها ناچیز است. یکی از روشهای جدید تامین منابع مالی مورد نیاز برای زیر ساختها استفاده ازمنابع مالی بخش خصوصی می باشد. قرارداد های **BOT** معروفترین چارچوب قراردادی است که در این زمینه مورد استفاده قرار میگیرد. در این نوع از قرارداد، تامین مالی یک پروژه زیر بنایی به یک شرکت یا کنسرسیوم خصوصی واگذار می شود و پس از تکمیل ساخت آن پروژه، درآمد حاصل از آن پروژه برای دوره معینی به سرمایه گذار تعلق می گیرد و پس از استحصال کامل هزینه سرمایه گذاری شده و سود آن، پروژه به کار فرما (دولت) انتقال می یابد. امروزه انواع مختلفی از این نوع قرارداد در دنیا استفاده می شود که مهمترین آنها به شرح زیرهستند[1] : ساخت - بهره برداری و انتقال **BOT** ، ساخت- بهره برداری- مالکیت وانتقال **BOOT**[1]، ساخت- انتقال و بهره برداری **BTO**[2]، ساخت - بهره برداری ومالکیت **BOO**[3] ، ساخت و انتقال **BT**[4]، تعمیر– بهره برداری و انتقال **ROT**[5] و بهره برداری و انتقال **OT**[6] .

قراردادهای فوق در سالهای اخیر بسیار مورد توجه بخش خصوصی و دولت واقع شده است تا تامین مالی پروژه های زیر بنایی توسط بخش خصوصی انجام شود. از جمله این پروژه ها آزادراهها، سدها، تونلها، پلها، بنادر، نیروگاهها و ... میباشد[2]. با توجه به بالا بودن هزینه سرمایه گذاری در این پروژه ها، یکی از مهمترین عوامل انتخاب این قراردادها ارزیابی اقتصادی این پروژه ها است. بنابر این ارزیابی اقتصادی پروژه و تعیین مقدار NPV و طول دوره بهره برداری پارامترهای مهم و اساسی این نوع قراردادها میباشند.

در سال ۱۹۹۴ (لوهمن و باکش) در مقاله ای روش تعیین دوره بازگشت سرمایه، نرخ بازده داخلی و ارزش فعلی حاضر را با در نظر گرفتن اثرات عدم قطعیت و به کمک تئوری احتمال را نشان داده اند و ارتباط بین عوامل معرفی شده را نشان داده اند[3]. آلسی در سال ۲۰۰۶ در مقاله ای روشی جدید برای تعیین NPV معرفی کرده است که با توجه به ریسکهای موجود در پروژه با کمک نظریه احتمال مقدار طول مقدار NPV بدست می آید[4]. چان و چو در سال ۲۰۱۰ در تحقیقی در مورد روشهای کاهش دوره بازگشت سرمایه را بحث کرده اند. در این مقاله نشان داده شده است که در پروژه های ساخت که در حالت عادی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیستند تحت شرایط خاصی مثل تغییر در شرایط کاربری یا تغییر در طراحی اولیه میتوانند مقرون به صرفه باشند[5].

---

[1] Build-Own-Operate-Transfer

[2] Build-Transfer -Operate

[3] Build-Own-Operate

[4] Build-Transfer

[5] Reconstruct- Operate-Transfer

[6] Operate-Transfer

هر چند در طی سالهای اخیر تحقیقات نسبتا زیادی برای ارزیابی اقتصادی پروژه های BOT انجام شده است، اما نقایص عمده ای در کارهای انجام شده قبلی دیده میشود. در تحقیقات قبلی، اثرات فاکتورهای موثر بر پروژه اکثرا به صورت کلی در نظر گرفته شده است و این مطلب با توجه به ریسک بالای پروژه های زیر بنایی یک نقص بزرگ به شمار میاید. در معدود کارهای انجام شده قبلی که اثر ریسکها در نظر گرفته شده است نیز از تئوری احتمال برای این منظور استفاده شده است که با توجه به نبود اطلاعات تاریخی در این نوع پروژه ها و علی الخصوص در کشورهای جهان سوم، استفاده از آنها را ناممکن می سازد. با توجه به مطالب فوق، تعیین پارامترهای مختلف موثر بر اقتصاد پروژه و بررسی ریسک در آنها نقش زیادی در بالا بردن دقت محاسبات در تعیین مقدار NPV و بررسی ارزیابی اقتصادی پروژه خواهد داشت.

در این تحقیق سعی شده است تا با کمک منطق فازی معایب فوق الذکر برطرف شده و پارامترهای مختلف اثرگذار بر پروژه و همچنین ریسک موجود در آنها دیده شده و مقدار NPV با دقت مناسبی برآورد گردد.

منطق فازی[1] :

منطق فازی برای اولین با در سال ۱۹۶۲ توسط پروفسور لطفی زاده مطرح شد. اولین مقاله وی در سال ۱۹۶۵ به طور رسمی تئوری مجموعه های فازی را به جهانیان معرفی کرد. علمی جدید که در زمان نه چندان زیادی سراسر دنیا را فرا گرفت و روز به روز بر کاربردهای آن افزوده شد. هدف مجموعه های فازی بهبود مدلهای بسیار ساده شده ای بود که قادرند سیستمهای پیچیده را با در نظر گرفتن جنبه های انسانی حل نماید[6],[7]. توابع عضویت مجموعه های فازی میتوانند با توجه به تعریف آنها، اشکال مختلفی داشته باشند. رایجترین توابع کاربردی در منطق فازی عبارتند از: تابع عضویت مثلثی[2]، تابع عضویت ذوزنقه ای[3]، تابع عضویت زنگوله ای[4] و تابع عضویت سیگموئید[5].

مجموعه برش α به مجموعه ای از اعداد اطلاق میشود که یک سری از اعداد که ناشی از برش تابع عضویت یک عدد فازی در α های مختلف است را در بر میگیرد. برای این منظور بایستی عدد فازی مربوطه را در هر α ای که مد نظر است با یک خط موازی محور x ها قطع داده و مقادیر x بدست آمده از تقاطع خط α با تابع عضویت عدد فازی مربوطه به عنوان مجموعه برش α در نظر گرفته شوند.

اصل توسعه:

اساس اصل توسعه بر این پایه استوار است که، عملگرهای جبری که بر روی اعداد حقیقی انجام میشوند قابل توسعه بر روی اعداد فازی نیز میباشند[8].یک روش بر مبنای تعریف برش α[6] مجموعه های فازی و تحلیل ریاضی در اصل توسعه مورد استفاده قرار میگیرد.

۱) یک مقدارمشخص برش α انتخاب شود. در حالتی که $0\leq \alpha\leq 1$

۲) مقادیر قطعی عدد فازی مربوطه متناظر با برش α انتخاب شده بدست می آید. این مقادیر به صورت زیر نشان داده میشوند. $[a\alpha, b\alpha]$

۳) با استفاده از مقادیر قطعی بدست آمده در مرحله قبل و عملگرهای داخلی مقدار خروجی متناظر با ورودی های داده شده در همان بـرش α بدست میاید.

۴) مراحل ۱ تا ۳ برای تمام مقادیر برش α بایستی تکرار شوند. ترکیب جوابهای خروجی به ازای مقادیر مختلف برش α مقدار خروجی را به

---

[1] Fuzzy Logic

[2] Triangular

[3] Trapezoidal

[4] Bill

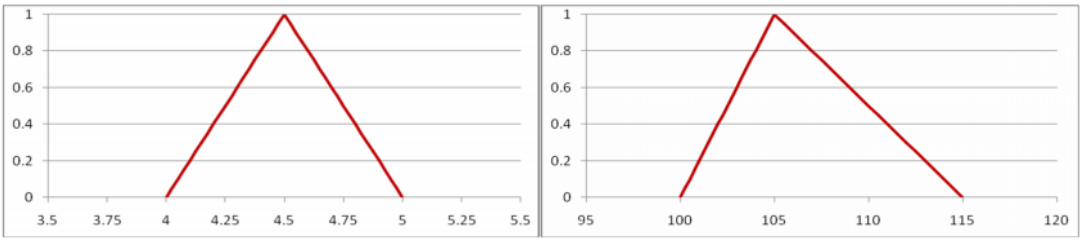
[5] Sigmoid

[6] α–cut

صورت یک عدد فازی نشان میدهد.

در حالتی که بیشتر از یک ورودی بر مقدار خروجی اثر میگذارد بایستی ترکیبات مختلفی در مرحله ۳ در نظر گرفته شوند و خروجی مدل بایستی به ازای تمام ترکیبات مختلف و تمام برش α های مختلف شبیه سازی شود . مقدار خروجی بدست آمده از مرحله ۳ با [xα,yα]داده میشود، که yα, xα به ترتیب بیانگر مینیمم و ماکزیمم مقادیر خروجی هستند[8],[9],[10],[11] .

محاسبه ارزش فعلی خالص (NPV):



شکل ۲:تابع عضویت ارائه شده برای هزینه ساخت(میلیارد تومان) شکل ۱: تابع عضویت ارائه شده برای زمان ساخت(سال)

در واقع مقدار ارزش یک هزینه را در سالهای مختلف توسط NPV به سال حاضر تبدیل میکنند. برای محاسبه ی NPV یک سری روابط مشخص داده شده است که تقریبا در اکثر کارهای انجام شده قبلی از آن استفاده شده است [12].

فرمول محاسبه ی NPV به صورت زیر است:

$$NPV\ (Tf\ ) = \sum_{T=1}^{T=Tf} \frac{(I(t) - Cm\ (t))}{(1+r)^t} \qquad (۱)$$

که در آن (t) بیانگر زمان ، T (f) عمر پروژه ، I (t) در امد در سال t ام ، Cm (t) هزینه در سالt ام و r بیانگر نرخ تنزیل می باشد .از آنجا که زمان ساخت در امد صفر و هزینه صرفا برای ساخت مصرف می شو د می توان فرمول فوق را بصورت زیر بازنویسی کرد .

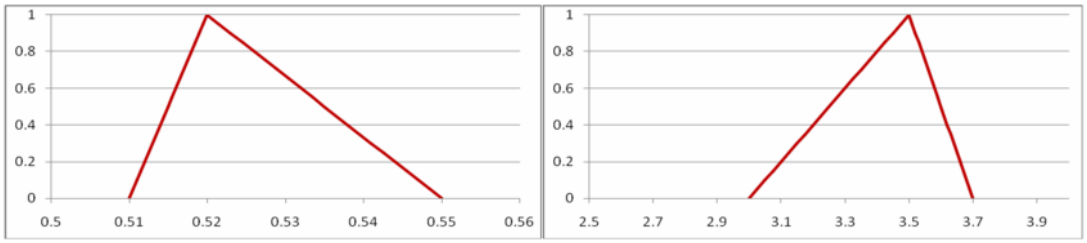
$$NPV(Tf) = \sum_{T=1}^{T=T0} \frac{(-Cc(t)}{(1+r)^t} + \sum_{T=To+1}^{T=Tf} \frac{(q \times p - Co(t))}{(1+r)^t} \qquad (۲)$$

که در آن (t_0) زمان ساخت پروژه، (q) مقدار حجم ترافیک، (p) مقدار عوارض دریافتی از هر وسیله، Cc (t) هزینه ساخت پروژه و Co(t) هزینه نگهداری و بهره برداری از پروژه می باشد.

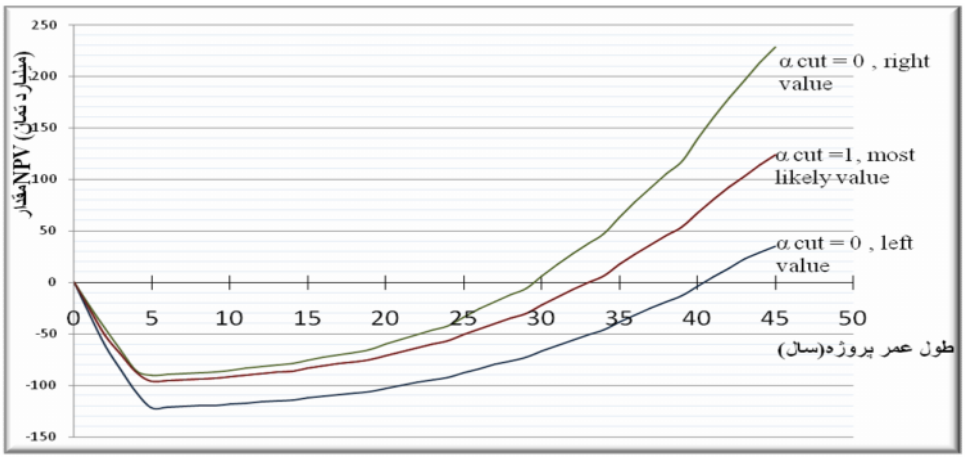
مدلسازی تعیین ارزش فعلی خالص (NPV) با استفاده از منطق فازی :

برای محاسبه مقدار NPV ابتدا بایستی پارامترهای ورودی شناسایی شوند. برای این منظور پارامترهای هزینه ساخت، زمان ساخت، هزینه نگهداری و بهره برداری ،حجم ترافیک ، هزینه عوارض و نرخ تنزیل بایستی در طول چرخه عمر پروژه پیش بینی شوند. هر کدام از پارامتر های فوق بر اساس آنچه در منطق فازی گفتیم دارای یک تابع عضویت فازی هستند و با توجه به ریسکهای موجود تعیین میگردند. هر پارامتر توسط نظر خبرگان و توابع مختلف عضویت مشخص می شود که در نهایت مقدار NPVاز روی مقادیر این پارامترهای ورودی با کمک روابط ارائه شده بالا محاسبه می شود. مقادیر نشان داده شده در اشکال ۱تا۴ که برای هزینه ساخت، زمان ساخت، حجم ترافیک و هزینه بهره برداری و نگهداری توسط نظر خبرگان برای پروژه نمونه شماره ۱ مورد مطالعه پیش بینی شده اند بیانگر مقادیر این پارامترها

می باشند. برای پروژه شماره ۲ نیز بطور مشابه مقادیر این پارامترها تعیین گردیده است. پس از یافتن مقادیر پارامترهای مذکور مقدارNPV در طول عمر پروژه محاسبه می شود و نمودار تجمعیNPV رسم می شود.



شکل ۳: تابع عضویت حجم ترافیک(میلیون وسیله در سال) شکل ۴: تابع عضویت هزینه نگهداری و بهره برداری(میلیارد تومان)



شکل ۵ :نمودار تجمعیNPV برای چرخه عمر پروژه شماره ۱

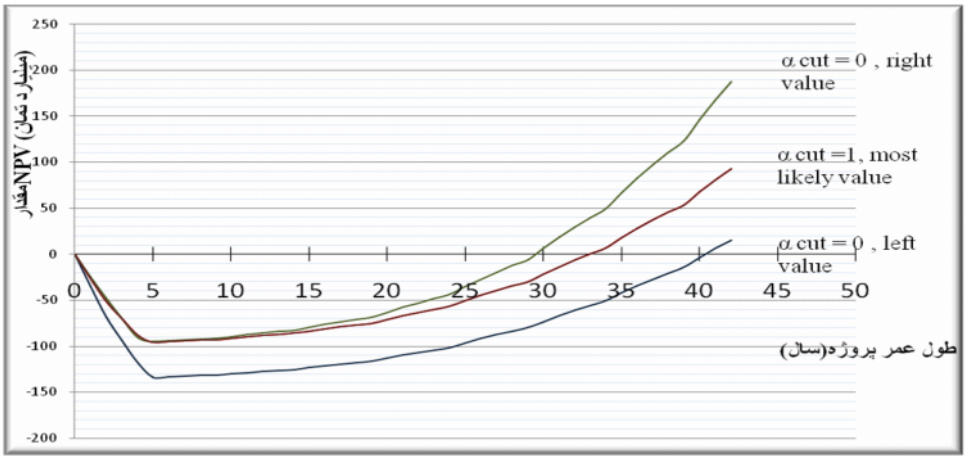
ارزیابی اقتصادی پروژه:

مقدارNPV با توجه به روابط ۱ و ۲ و با کمک اصل توسعه فازی می تواند بدست آید. در پروژه های مورد مطالعه ذکر شده، مقدار NPV بدست آمده در شکلهای ۵ و ۶ نشان داده شده است.

پس از بدست آوردن مقدار NPV در مورد ارزیابی اقتصادی پروژه ها بحث میشود. این مقدار برای دو یا چند پروژه باید مورد بررسی قرار گرفته و پروژه ای که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر است مشخص گردد. در این حالت پروژه ای که دارای NPV بیشتری در پایان عمر خود باشد طبعا مقدار سودآوری بیشتری خواهد داشت.

از آنجا که مقادیر ورودی برای تعیین مقدار NPV مقادیر فازی هستند لذا مقدار خروجی هم یک عدد فازی خواهد بود. با توجه به اینکه اعداد فازی ورودی مقادیر با تابع عضویت مثلثی انتخاب شده اند لذا مقدار خروجی هم یک مقدار فازی با تابع عضویت مثلثی است. برای پروژه شماره ۱ با توجه به مقادیر ورودی، مقدار NPV نشان داده شده در شکل ۵ در پایان عمر پروژه برابر با عدد فازی مثلثی (۲۲۹ و ۱۲۴ و ۳۵) سال بدست میاید. همچنین برای پروژه شماره ۲ با توجه به مقادیر ورودی مقدار NPV نشان داده شده در شکل ۶ در پایان عمر پروژه برابر با عدد فازی مثلثی (۱۸۸ و ۹۲ و ۱۵) سال بدست میاید.

حال با توجه به مقادیر ارائه شده برای NPV دو پروژه، میتوان دو عدد فازی بدست آمده را مقایسه نمود. برای مقایسه دو عدد فازی روشهای مختلفی ارائه شده است که یکی از این روشها روش غیر فازی سازی است. در این روش دو عدد غیر فازی را با هم مقایسه کرده و عددی که مقدار بیشتری را نشان دهد نشان دهنده پروژه مقرون به صرفه تر میباشد.



شکل ۶ :نمودار تجمعي NPV برای چرخه عمر پروژه شماره ۲

برای غیر فازی سازی روشهای مختلفی وجود دارد از جمله روش مرکز ثقل، روش مرکز مجموعها، روش ارتفاع، روش مرکز بزرگترین سطح، روش متوسط ماکزیمم. روش مرکز ثقل یکی از معروفترین روشها و دارای کاربرد زیاد است. این روش تقریبا بهترین روش غیر فازی سازی است[13]. به همین منظور این روش در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. برای استفاده از این روش مرکز سطح قسمت بالای برش α پیدا شده و به عنوان یک عدد قطعی برای عدد فازی مربوطه و برش α مورد نظر در نظرگرفته میشود. اگر α برابر صفر باشد سطح مورد نظر برابر کل عدد فازی مربوطه است و برای α برابر نیم، سطح مورد نظر برابر نصف بالای سطح عدد فازی میباشد.

در پروژه های مورد مطالعه با توجه به مقادیر بدست آمده برای دو پروژه مشخص میشود که پروژه شماره ۱ از نظر اقتصادی سود آوری بیشتری دارد و برای سرمایه گذاری گزینه مناسب تری است.

نتیجه گیری

قراردادهای BOT از سالها پیش توسط بخش خصوصی برای تامین مالی، ساخت و بهره برداری از پروژه های زیر ساختی مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به بالا بودن هزینه سرمایه گذاری در این پروژه ها، یکی از مهمترین عوامل انتخاب این قراردادها ارزیابی اقتصادی این پروژه ها است. در سالهای اخیر کارهای زیادی در این زمینه انجام شده است اما همه آنها با نقایصی مواجه هستند. ازجمله این نقایص آن است که در اغلب آنها پارامترهای موثر بر تعیین مقدار NPV در نظر گرفته نشده است. در معدود کارهای انجام شده قبلی که اثر ریسکها در نظر گرفته شده است نیز از تئوری احتمال برای این منظور استفاده شده است که با توجه به یکتا بودن پروژه های ساخت و عدم وجود اطلاعات تاریخی کافی این روش با مشکلاتی همراه است.

در این تحقیق منطق فازی برای ارزیابی اقتصادی پروژه های BOT بکار گرفته شده است تا علاوه بر در نظر گرفتن کلیه پارامترهای اثرگذار، اثر ریسکها و عدم قطعیتها بر روی پارامترهای مختلف نیز شبیه سازی گردد. برای این منظور ابتدا تمام پارامترهای اثر گذار بر مقدار NPV با توجه به اثرات ریسکهای موثر بر آنها پیدا میگردد. سپس با توجه به مقادیر بدست آمده به کمک اصل توسعه و روابط موجود به محاسبه مقدار NPV پرداخته میشود. در نهایت با توجه به مقدار تابع عضویت بدست آمده برای NPV ، مقدار آن در پایان عمر پروژه به صورت یک عدد فازی و سپس یک مقدار قطعی به کمک روش غیر فازی ساز بدست می آید. سپس برای پروژه های مختلف مراحل فوق تکرار شده و در نهایت مقادیر خروجی بدست آمده برای پروژه های مختلف مقایسه شده و پروژه مناسب انتخاب میشود. به نظر می رسد که مدل پیشنهاد شده در این تحقیق میتواندارزیابی اقتصادی پروژه را با در نظر گرفتن اثرات ریسکها و عدم قطعیتها بر پارامترهای اثرگذار بر مقدار NPV با دقت بیشتری نسبت به مدلهای قبلی تعیین نماید.

منابع و مراجع

[1] Kumaraswamy, M. M., and Morris, D. A. (2002). “Build-operate-transfer-type procurement in Asian Mega projects.” J. Constr. Eng. Manage.,vol. 128(2), pp. 93–102.

[2] Liou . Fen-May. and Huang . Chih-Pin. (2008). “Automated Approach to Negotiations of BOT Contracts with the Consideration of Project Risk.” J. Constr. Eng. Manage., vol.134 (1), pp. 18–24.

[3] Lohmann, Jack R., Baksh, Shariff N. (1994). “IRR, NPV and payback period and their relative performance in common capital budgeting decision procedures for dealing with risk”. J. Engineering Economist .vol. 39, pp. 17-47.

[4] Giuseppe Alesii. (2006). “Payback Period and Internal Rate of Return in Real Options Analysis.” J. Engineering Economist. Vol. 51 (3), pp. 237-257.

[5] Chan, A.L.S., Chow, T.T. (2010). “Investigation on energy performance and energy payback period of application of balcony for residential apartment in Hong Kong.” J. Energy and Buildings. Vol. 42 (12), pp. 2400-2405.

[6] Zadeh. L. A., (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8: pp. 338-353.

[۷] حسني. سيد محمد حسين، پايان نامه كارشناسي ارشد ،(۱۳۸۸)، " انتخاب روش بهينه اجراي پروژه با استفاده از تصميم گيري گروهي فازي". دانشگاه علم و صنعت ايران.

[8] Dong.w.m and Wong .f .s (1987). “Fuzzy weighted averages and implementation of the extension principle.” j.fuzzy sets and system, vol .21, pp. 183-199.

[9] Giatechetti, R. and Young, R. (1997) “A parametric representation of fuzzy numbers and their arithmetic operation”. Fuzzy Sets and Systems, vol .91, pp. 185-202.

[10] Nasirzadeh, F Afshar, A. and Khanzadi, M. and Howick, S. (2008). “Integrating system dynamic and fuzzy logic modeling for construction risk management”. J. Construction Management and Economics .vol.26:11pp.1197-1212.

[11] Nasirzadeh, F. Afshar, A. and Khanzadi, M(2008). “dynamic risk analisis in construction projects”. Can. J. Civ. Eng.vol.35 pp.820-831.

[12] Shen, L. Y., and Wu, Y. Z. (2005). “Risk concession model for build operate transfer contract projects.” J.Construction Engineering and Management, vol. 131(2), pp.211–220.

[۱۳] زاهدي. مرتضي، (۱۳۷۸)،"تئوري مجموعه هاي فازي و كاربردهاي آن"، انتشارات پيک ايران.