

Economic Evaluation of Projects under Uncertainty Using Fuzzy Logic, Analytical Hierarchy Process and Binary Integer Programming

Meisam Jafari Eskandari¹
Mehrdad Saboonian²
Mohsen Dorri³

Abstract

One of the most important economic project evaluation methods and the comparison between them is current values. This method is one of the most important and the simplest techniques in engineering economy. The calculation of the present value of the traditional methods to compare projects is not enough because it does not consider a major uncertainty factor. In this paper, we present an approach for the selection of projects by using current value. In order to include the uncertainties in the problem, fuzzy logic is used. Then, using analytic hierarchy process and binary integer programming with respect to the other objectives of the project, the most economical project was chosen. This model considers qualitative and quantitative objective and uncertainty to select the best projects in real-world situations.

Keywords: Economic evaluation of the project, uncertainty, fuzzy logic, analytical hierarchy process, binary integer programming

JEL: G110, G170, O210

-
1. Assistant Professor, Payame Noor University, Industrial Engineering Department, Tehran, Iran, Corresponding Author ,Email: meisam_jafari@pnu.ac.ir
 2. MSc Student, Payame Noor University, Industrial Engineering Department, Tehran, Iran, Email: sabonian@yahoo.com
 3. PhD Student, Payame Noor University, Industrial Engineering Department, Tehran, Iran, Email: m.dori@yahoo.com

<http://jfm.alzahra.ac.ir/>

ارزیابی اقتصادی پروژه ها در شرایط عدم قطعیت با استفاده از منطق فازی،

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی صفر و یک^۱

میثم جعفری اسکندری^۲، مهرداد صابونیان^۳ و محسن درّی^۴

چکیده

یکی از مهم ترین روش های ارزیابی طرح های اقتصادی و مقایسه بین آنها، روش ارزش فعلی است. این روش یکی از مهم ترین و در ضمن ساده ترین تکنیک های اقتصاد مهندسی است با این وجود محاسبه ارزش فعلی به روش سنتی برای مقایسه پروژه ها به تنهایی کافی نیست چرا که عامل مهمی به نام عدم قطعیت پارامترها را در نظر نمی گیرد. علاوه بر مقایسه اقتصادی، عوامل دیگری مانند محدودیت زمان در گزینش یک پروژه باید مورد توجه قرار گیرد. هدف این مقاله ارائه رویکردی برای انتخاب پروژه ها به کمک روش ارزش فعلی با رفع کمبودهای ذکر شده می باشد. جهت لحاظ کردن عدم قطعیت در مسئله منطق فازی مورد استفاده قرار گرفته است. سپس به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی صفر و یک با لحاظ کردن سایر اهداف پروژه، اقتصادی ترین پروژه انتخاب شده است. این مدل با در نظر گرفتن اهداف مختلف کمی و کیفی و عدم قطعیت پارامترها قادر است بهترین پروژه ها در شرایط دنیای واقعی را انتخاب کند. در این مقاله تلاش شده است تا روشی مناسب برای انتخاب ترکیبی از پروژه ها بر اساس اهداف مورد نظر صاحبان پروژه ارائه گردد. با توجه به نتایج حاصله می توان از این مدل کاربردی برای پروژه هایی که عدم قطعیت در پارامترهای آن وجود دارد در ابعاد وسیع استفاده نمود.

واژه های کلیدی: ارزیابی اقتصادی پروژه، عدم قطعیت، منطق فازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی،

برنامه ریزی صفر و یک

طبقه بندی موضوعی: G170, G110, O210

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/jfm.2017.14141.1290

۲. استادیار، دانشگاه پیام نور، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران، نویسنده مسئول، Email: Meisam_jafari@pnu.ac.ir

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور تهران شمال، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران، Email: sabonian@yahoo.com

۴. دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، مرکز تحصیلات تکمیلی، تهران، ایران،

Email: Dorri.mohsen@gmail.com

مقدمه

انتخاب صحیح پروژه، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای موفقیت مالی برای اشخاص و شرکت‌ها است (کلینند و همکاران، ۲۰۰۲). مدیران ارشد در سراسر دنیا به‌طور پیوسته با مسائلی از این قبیل مواجه‌اند که چگونه مناسب‌ترین پروژه‌ها را از بین پروژه‌های مختلف در دست بررسی، انتخاب کنند و چگونه از علوم و دانش‌های موجود جهت پیش‌بینی شکست یا عدم شکست پروژه‌های تحت بررسی استفاده کنند و یا به عبارتی بهتر، پروژه‌های خود را چگونه انتخاب کنند تا مانع از سوء مصرف منابع گردند (جوشی و همکاران، ۲۰۰۲). انتخاب مهم‌ترین پروژه در یک سازمان کاری دشوار است چراکه عوامل متعددی مانند ریسک، اهداف و منابع در دسترس سازمان بر روی این انتخاب اثر می‌گذارند. مشکل دیگر عدم قطعیت در آینده است. در شرایط عدم قطعیت و ریسک، حقیقت فقدان اطلاعات قابل اعتماد نمی‌تواند نادیده گرفته شود (کارلسون و همکاران، ۲۰۰۲). قالیباف اصل و همکاران (۲۰۱۴) ارزیابی عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک از شاخصه‌ای ریسک، بازده، تنوع پرتفوی و نسبت فعالیت معاملاتی را مورد بررسی قرار دادند. پژوهش‌های انجام شده روی مبحث انتخاب پروژه از لحاظ دو منظر قابل بررسی است: (۱) کاربردها و (۲) روش‌های حل (ایرانمنش و همکاران، ۲۰۱۱). انتخاب پروژه در زمینه‌های متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال چیدامروننگ (۱۹۹۹) کاربرد روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی را در انتخاب استراتژی‌های تولید نشان داد. کیم و همکارانش (۱۹۹۷) یک رویکرد ماتریسی برای صنعت ارتباطات معرفی کردند. پارک و همکارانش (۱۹۹۰) یک رویکرد یکپارچه اقتصادی و استراتژیک برای انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری ارائه دادند. فیتزپاتریک و اسکین (۲۰۰۵) مدلی برای تشکیل گروه‌های کاری برای انتخاب پروژه معرفی کردند. از منظر روش‌های حل، ابتدایی‌ترین روش‌ها تنها به جنبه‌های مالی و اقتصادی در انتخاب پروژه‌ها توجه داشتند؛ مانند ارزش فعلی، نرخ برگشت سرمایه و دوره بازگشت سرمایه (لیبیتور ۱۹۸۷)؛ اما این روش‌ها به‌تنهایی سایر فاکتورهای تأثیرگذار بر انتخاب پروژه را نادیده می‌گیرند (بریور، ۱۹۹۳)؛ بنابراین اکنون روش‌های رتبه‌دهی و نمره‌دهی معیارها به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش‌ها به رتبه‌دهی پروژه‌ها با توجه به ارزیابی‌های اهداف مختلف می‌پردازند. به هر هدف، وزنی داده می‌شود، سپس پروژه‌ها بر اساس اهداف رتبه‌بندی می‌شوند (چن و چنگ، ۲۰۰۹). به‌عنوان مثال الحربی (۲۰۰۱)، کاربرد روش AHP را در مسائل انتخاب پروژه نشان داد. محمود زاده و همکاران (۲۰۰۷) نیز در پژوهش خود، تکنیک‌های

AHP فازی و TOPSIS را به کار بردند. براتوسوا و همکاران (۲۰۱۵) روش های سنتی ارزیابی پروژه های سرمایه گذاری در شرکت های بزرگ را مورد بررسی قرار دادند.

مروری بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تکنیک های زیادی جهت ترکیب این روش ها وجود دارد. به عنوان مثال لی و همکاران (۲۰۰۸) جهت انتخاب پروژه برای سرمایه گذاری در انرژی بادی از AHP و ترکیب آن با آنالیز^۱ BOCR استفاده کرده اند. هوانگ (۲۰۰۷) روش شبیه سازی فازی را جهت مواجه شدن با عدم قطعیت مطرح کرد. ایران منش و همکاران (۲۰۰۱) چارچوبی بر مبنای شبیه سازی مونت کارلو برای مسئله انتخاب پروژه ارائه دادند. با بررسی مقالات ارائه شده در زمینه انتخاب پروژه مشاهده گردید که مقالات کمی کوشیده اند اهداف مختلف انتخاب پروژه را بر آورده کنند و اکثراً تنها به بر آورده کردن یک جنبه رضایت داده اند. علاوه بر این، تعداد اندکی از آن ها عدم قطعیت را در محاسبه پارامترها لحاظ کردند. لذا لزوم ارائه مدلی جهت ادغام اهداف و همچنین وارد کردن عدم قطعیت در این مدل ها کاملاً احساس می شود؛ بنابراین در این مقاله یک رویکرد ترکیبی برای انتخاب اقتصادی ترین پروژه به وسیله منطق فازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی صفر و یک برای روبه رو شدن با مشکلات بالا ارائه شده است.

روش شناسی پژوهش

مدل پیشنهادی دارای گام های زیر می باشد:

- گام اول، محاسبه NPW به کمک اعداد فازی مثلثی

یکی از مهم ترین روش های ارزیابی اقتصادی پروژه ها، روش ارزش فعلی پروژه است. ارزش فعلی خالص برابر ارزش فعلی درآمدها منهای ارزش فعلی هزینه هاست و از رابطه زیر به دست می آید.

$$NPW = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+i)^t} \quad (1)$$

1. Analysis of benefits, opportunities, costs, and risks

در معادله بالا B_t و C_t به ترتیب نشان‌دهنده درآمد و هزینه در دوره t می‌باشند. برای محاسبه ارزش فعلی پروژه، نرخ بهره موردنیاز است. نرخ بهره می‌تواند توسط دولت تعیین گردد (نوالخا، ۲۰۰۵).

با توجه به کمبود آمار و اطلاعات در زمینه فراوانی وقوع رویدادها و حوادث در کشورهای درحال توسعه و عدم امکان محاسبه تابع توزیع احتمال، کاربرد منطق فازی با استفاده از تئوری امکان، می‌تواند عدم قطعیت‌های موجود را فرموله کند. از آنجاکه کشور ایران نیز جزء کشورهای ذکرشده می‌باشد، لذا باید این عدم قطعیت به‌نوعی وارد مدل‌های ارزیابی طرح‌های اقتصادی شود. با استفاده از منطق فازی، می‌توان به‌جای محدود کردن پارامترهای یک مسئله به یک عدد، آن‌ها را به‌صورت اعداد فازی ارائه کرد و از آنجاکه حد پایین و بالای پاسخ‌ها قابل اخذ است می‌توان راه‌حل‌های کاربردی‌تری مطرح کرد. برای محاسبه مقدار ارزش فعلی به روش فازی ابتدا مقادیر R_i ، C_i و r را به شکل اعداد فازی مثلثی به شکل زیر بیان می‌کنیم.

$$\begin{aligned} R_i^{Fuzzy} &= (R_i, \alpha_i, \beta_i) & r^{Fuzzy} &= (r, \alpha', \beta') & C_i^{Fuzzy} &= (C_i, \alpha_i'', \beta_i'') \end{aligned} \quad (2)$$

پس با قرارگیری این اعداد در رابطه NPW و ساده‌سازی معادله حاصل، مقدار NPW در حالت فازی به شکل زیر به دست می‌آید:

$$NPW = \begin{cases} \sum_{i=0}^n \left(\frac{R_i}{(1+r)^i} - \frac{C_i}{(1+r)^i} \right), \\ \sum_{i=0}^n \left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}} + \left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}} \\ \quad + \frac{\alpha_i}{(1+r)^i} + \frac{\beta_i''}{(1+r)^i} \\ \sum_{i=0}^n \left(\frac{1}{1+r-\alpha'} - \frac{1}{1+r} \right) \frac{iR_i}{(1+r)^{i-1}} + \left(\frac{1}{1+r} - \frac{1}{1+r+\beta'} \right) \frac{iC_i}{(1+r)^{i-1}} \\ \quad + \frac{\beta_i}{(1+r)^i} + \frac{\alpha_i''}{(1+r)^i} \end{cases} \quad (3)$$

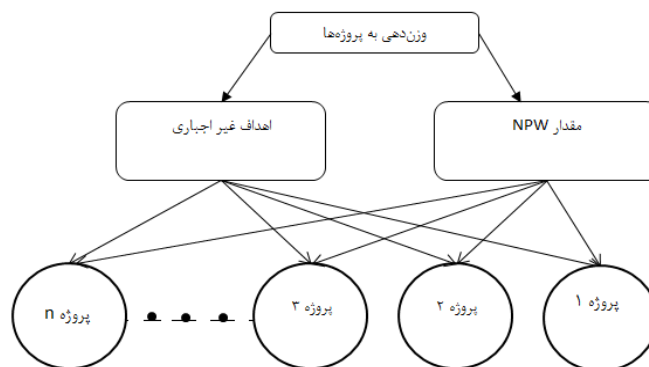
تمام پروژه‌های مستقل که ارزش خالص فعلی آن‌ها بزرگ‌تر یا مساوی صفر باشد قابل قبول‌اند. عدد حاصل‌شده برای NPW یک پروژه با عدد $\frac{-\alpha+2X+\beta}{4}$ مقایسه می‌شود. و صورتی که از آن بزرگ‌تر بود، پروژه انتخاب می‌گردد و به گام بعد می‌رود. در غیر این صورت آن پروژه حذف می‌شود.

- گام دوم، مشخص کردن اهداف

اهداف سازمان به نحوی هستند که می توانند با توجه به نوع سازمان، از سازمانی به سازمان دیگر تغییر کنند. این اهداف می توانند شامل اهداف اجباری (غیرقابل انعطاف) و اهداف غیراجباری (انعطاف پذیر) باشند. همچنین این اهداف می توانند شامل اهداف مالی، اهداف زمانی، اهداف مرتبط با نیروی انسانی و مواردی مشابه با این باشند. این اهداف می بایست به طور جدا مورد بررسی قرار گیرند. در این گام اهداف اجباری و غیراجباری به طور مجزا مشخص می شوند. با توجه به اینکه اهداف غیراجباری کمی نیستند در روش تحلیل سلسله مراتبی به منظور وزن دهی به پروژه ها مورد استفاده قرار می گیرند. در واقع اهداف غیراجباری به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی به شکل کمی تبدیل می شوند؛ اما اهداف اجباری، کمی هستند و در گام چهارم در مدل برنامه ریزی صفر و یک به کار گرفته می شوند.

- گام سوم، استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی^۱

در این گام به دنبال رتبه دهی (وزن دهی) پروژه ها بر اساس اهداف غیراجباری و ارزش فعلی خالص هستیم. لذا از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده می کنیم. ابتدا نمودار سلسله مراتبی به شرح شکل ۱ تشکیل می شود:



شکل ۱. نمودار سلسله مراتبی

سپس به کمک نظریات خیرگان مسئله با روش AHP حل می‌شود و برای پروژه‌های ۱ تا n مقادیر وزنی P_1 تا P_n به دست می‌آید.

- گام چهارم، نوشتن مدل برنامه‌ریزی خطی:

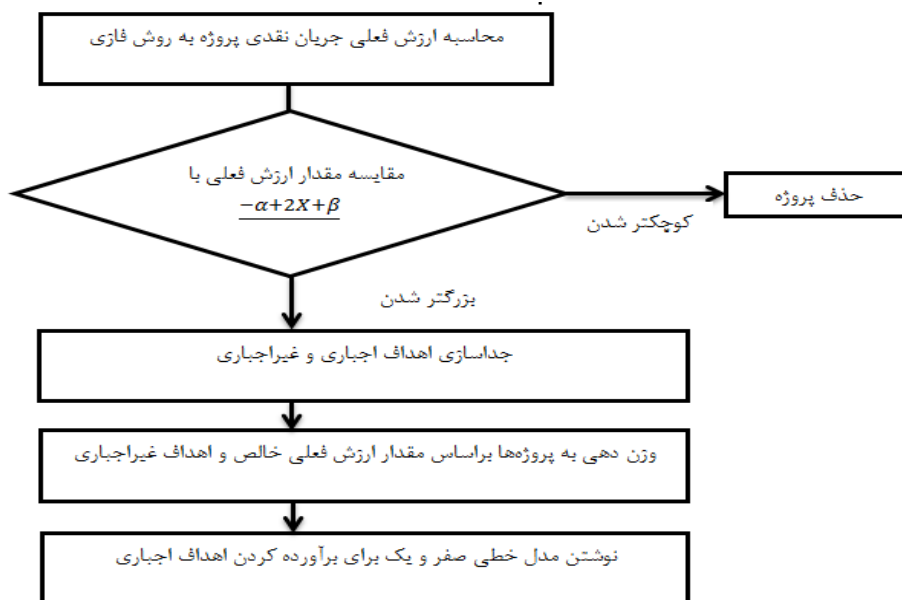
مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک مسئله به شکل زیر جهت برآورده کردن اهداف اجباری نوشته می‌شود:

$$Max Z = \sum_{i=1}^n P_i X_i \quad (4)$$

$$\sum a_{ij} X_i \leq b_j \quad (5)$$

$$X_i \in \{0, 1\} \quad (6)$$

شکل ۲ نشان‌دهنده گام‌های الگوریتم می‌باشد.



شکل ۲. گام‌های الگوریتم پیشنهادی

مثال عددی

حال با توجه به شکل ۲ و گام‌های مسئله اقدام به ارائه یک مثال عددی می‌نماییم. پروژه A، B و C وجود دارند. هدف انتخاب مناسب‌ترین ترکیب از این پروژه‌هاست.

اهداف اجباری عبارت‌اند از:

- (۱) حداکثر ۳۵ ماه جهت تکمیل پروژه‌ها (۲) حداکثر ۳۲۰ میلیون دلار بودجه جهت اتمام پروژه‌ها
 - (۳) حداکثر ۲۴ روز زمان جهت طراحی اولیه پروژه (۴) حداکثر ۴۲۰ هزار دلار دستمزد کارگران
- اهداف غیراجباری عبارت‌اند از:

- (۱) حمایت‌های دولت
 - (۲) اثرات مثبت فرهنگی
 - (۳) نظر مثبت مردمی نسبت به اجرای پروژه و نداشتن اثر منفی بر روی محیط‌زیست
- جدول ۱ میزان مصرف منابع برای هر پروژه را نشان می‌دهد:

جدول ۱. میزان مصرف منابع

مصرف منابع	A	B	C
مدت‌زمان برنامه‌ریزی و طراحی (روز)	۱۰	۱۴	۸
زمان ساخت (ماه)	۱۶	۱۸	۱۰
بودجه موردنیاز (میلیون دلار)	۵۰	۲۴۰	۸۰
دستمزد کارکنان (ده هزار دلار)	۱۸	۲۴	۱۵

جدول ۲ نحوه برآورده کردن اهداف غیراجباری را نشان می‌دهد.

جدول ۲. اهداف غیراجباری

اهداف غیراجباری	A	B	C
حمایت‌های دولت	ندارد	ندارد	دارد
اثرات مثبت فرهنگی	ندارد	دارد	دارد
نظر مثبت مردمی	ندارد	ندارد	دارد
حفظ محیط‌زیست	دارد	دارد	ندارد

جریان نقدی پروژه‌ها در جدول ۳ ارائه شده است:

جدول ۳. جریان نقدی پروژه‌ها

A	سال ۰	سال ۱	سال ۲	سال ۳
هزینه‌ها	۵۰۰۰۰۰۰۰	-	-	-
درآمدها	-	۲۳۷۵۰۰۰۰	۲۳۷۵۰۰۰۰	۲۳۷۵۰۰۰۰
B	سال ۰	سال ۱	سال ۲	سال ۳
هزینه‌ها	۲۴۰۰۰۰۰۰۰	-	-	-
درآمدها	-	۱۱۸۲۶۰۰۰۰	۱۱۸۲۶۰۰۰۰	۱۱۸۲۶۰۰۰۰
C	سال ۰	سال ۱	سال ۲	سال ۳
هزینه‌ها	۸۰۰۰۰۰۰۰۰	-	-	-
درآمدها	-	۴۲۰۰۰۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰۰۰۰

گام اول، محاسبه NPW در حالت فازی می‌باشد و برای ارزیابی یک پروژه 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 پرسشنامه بسیار ساده برای هر پارامتر، با مراجعه به خبرگان سه مقدار خوش بینانه، بدبینانه و ممکن‌ترین مقدار را استخراج کرد. همان‌گونه که در فرمول ۲ بیان شد برای محاسبه مقدار ارزش فعلی به روش فازی ابتدا مقادیر R_i و C_i را محاسبه می‌نماییم. با استفاده از نظریات خبرگان مقادیر زیر برای هزینه، درآمد و نرخ بهره در نظر گرفته شده‌اند.

هزینه‌ها: (C_1, C_2, C_3) درآمدها: (R_1, R_2, R_3) نرخ بهره: (r_1, r_2, r_3)

از اعداد بالا مشخص است که برای هزینه‌ها $C/8\%$ ، برای درآمدها $R/2\%$ و نرخ بهره 2% امکان تغییر وجود دارد. در جدول بعدی به محاسبه NPW می‌پردازیم:

جدول ۴. محاسبه ارزش NPW به روش فازی

سال ۳	سال ۲	سال ۱	سال ۰	A
۰	۰	۰	۵۰۰۰۰۰۰۰	هزینه‌ها
۲۳۷۵۰۰۰۰	۲۳۷۵۰۰۰۰	۲۳۷۵۰۰۰۰	۰	درآمدها
۰	۰	۰	۵۴۰۰۰۰۰۰	بازه سمت راست هزینه
۰	۰	۰	۴۶۰۰۰۰۰۰	بازه سمت چپ هزینه
۲۴۲۲۵۰۰۰	۲۴۲۲۵۰۰۰	۲۴۲۲۵۰۰۰	۰	بازه سمت راست درآمد
۲۳۲۷۵۰۰۰	۲۳۲۷۵۰۰۰	۲۳۲۷۵۰۰۰	۰	بازه سمت چپ درآمد
سال ۳	سال ۲	سال ۱	سال ۰	B
۰	۰	۰	۲۴۰۰۰۰۰۰	هزینه‌ها
۱۱۸۲۶۰۰۰۰	۱۱۸۲۶۰۰۰۰	۱۱۸۲۶۰۰۰۰	۰	درآمدها
۰	۰	۰	۲۲۰۸۰۰۰۰	بازه سمت راست هزینه
۰	۰	۰	۲۲۰۸۰۰۰۰	بازه سمت چپ هزینه
۱۲۰۶۲۵۲۰۰	۱۲۰۶۲۵۲۰۰	۱۲۰۶۲۵۲۰۰	۰	بازه سمت راست درآمد
۱۱۵۸۹۴۸۰۰	۱۱۵۸۹۴۸۰۰	۱۱۵۸۹۴۸۰۰	۰	بازه سمت چپ درآمد
سال ۳	سال ۲	سال ۱	سال ۰	C
۰	۰	۰	۸۰۰۰۰۰۰۰	هزینه‌ها
۴۲۰۰۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰۰۰	۰	درآمدها
۰	۰	۰	۸۶۴۰۰۰۰۰	بازه سمت راست هزینه
۰	۰	۰	۷۳۶۰۰۰۰۰	بازه سمت چپ هزینه
۴۲۸۴۰۰۰۰	۴۲۸۴۰۰۰۰	۴۲۸۴۰۰۰۰	۰	بازه سمت راست درآمد
۴۱۱۶۰۰۰۰	۴۱۱۶۰۰۰۰	۴۱۱۶۰۰۰۰	۰	بازه سمت چپ درآمد

پس از قرار دادن مقادیر بالا در معادله محاسبه ارزش فعلی به روش فازی نتایج به شرح جدول

۵ حاصل گردید:

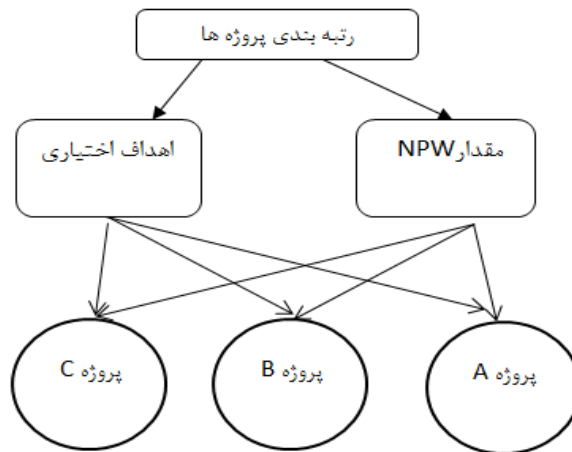
جدول ۵. مقادیر ارزش فعلی پروژه‌ها

پروژه	بازه سمت راست	مقدار محتمل	بازه سمت چپ
A	۳۰۳۲۴	۲۸۹۳۵	۲۹۸۰۰
B	۹۳۰۵۰۰۰	۹۱۱۲۵۰۰	۹۲۸۰۰۰۰
C	۸۹۴۵۰۰۰	۸۴۷۲۲۲۲	۸۵۶۷۹۹۰

حال باید ببینیم که این اعداد از صفر بزرگ تر هستند یا نه. برای این منظور حاصل عبارت زیر را به دست آورده و با صفر مقایسه می‌کنیم.

$$\frac{-\alpha + 2X + \beta}{4}$$

این مقادیر برای پروژه اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۳۵۹۸، ۴۵۶۲۵۰۰ و ۴۳۳۰۳۶۳ به دست می‌آید. پس اجرای هر سه پروژه اقتصادی است. به گام دوم می‌رویم. گام دوم و سوم: در این گام ابتدا دیاگرام سلسله مراتبی به شکل ۳ ترسیم می‌شود.



شکل ۳. رسم نمودار سلسله مراتبی با هدف وزن دهی به پروژه‌ها در این پژوهش

با حل مدل در نهایت امتیاز هر طرح به شکل جدول ۶ به دست می‌آید. در وزن دهی پروژه‌ها بر اساس اهداف غیراجباری ملاک برآورده کردن تعداد بیشتری از اهداف است. به عنوان مثال در این

مسئله پروژه C بر A ارجحیت دارد اما اینکه این ارجحیت چقدر است توسط خبرگان مشخص می شود. در این پژوهش از نظریات ۱۰ خبره استفاده شد.

جدول ۶. وزن هر پروژه به روش AHP

۰/۵۸	A
۴/۴۵۵	B
۳/۷۴	C

گام چهارم: مدل برنامه ریزی خطی مسئله به شکل زیر نوشته می شود. وزن های کسب شده از جدول ۶ به عنوان ضرایب تابع هدف به کار برده می شوند.

$$\text{MAX } Z = 0.58X_1 + 4.455X_2 + 3.74X_3$$

$$10X_1 + 14X_2 + 8X_3 \leq 24$$

$$16X_1 + 18X_2 + 10X_3 \leq 35$$

$$50X_1 + 240X_2 + 80X_3 \leq 320$$

$$18X_1 + 24X_2 + 15X_3 \leq 42$$

$$X_1, X_2, X_3 \in \{0, 1\}$$

پس از حل این مسئله به کمک نرم افزار Lingo دو پروژه B و C به عنوان پروژه های برتر انتخاب می گردند.

نتیجه گیری و بحث

یکی از محورهای مهم مطالعات امکان‌سنجی پروژه، ارزیابی اقتصاد آن است. هر پروژه صرف‌نظر از نوع و اندازه بایستی صرفه اقتصاد داشته باشد. وجاهت اقتصاد یک پروژه حصول اطمینان از سودمند سرمایه‌گذار آن بوده و موجبات پایدار و ماندگار آن را فراهم می‌سازد. نحوه مواجهه در ارزیابی اقتصاد پروژه‌ها بخش خصوصی و دولتی قدر با یکدیگر متفاوت است. در پروژه‌ها بخش خصوصی بیشینه ساز منافع از موضع سرمایه‌گذار ارزیابی می‌گردد و ممکن است منافع یا مضرات اجتماعی یک سرمایه‌گذار کمتر مورد توجه قرار گیرد در صورتی که در پروژه‌ها دولتی از آن جهت که منظور از سرمایه‌گذار رفاه حال عامه مردم است منافع و مضرات عمومی یک سرمایه‌گذار مورد توجه قرار می‌گیرد و لذا از طریق مقایسه مجموعه منافع و مضرات تحلیل و ارزیابی اقتصاد آن صورت می‌پذیرد. انتخاب صحیح پروژه، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای موفقیت مالی برای اشخاص و شرکت‌ها است. در انتخاب بهترین ترکیب پروژه‌ها برای سازمان عوامل متعددی دخیل هستند که می‌توان به محدودیت منابع، ریسک و ... اشاره کرد. در این مقاله تلاش شده است تا روشی مناسب برای انتخاب ترکیبی از پروژه‌ها بر اساس اهداف مورد نظر صاحبان پروژه ارائه گردد. این اهداف به دو دسته اهداف انعطاف‌پذیر و اهداف غیر انعطاف‌پذیر تقسیم شده و هر یک به‌طور مجزا در مراحل مختلف وارد مدل گردیده‌اند. علاوه بر این در این مدل تحلیل اقتصادی پروژه‌ها در شرایط عدم قطعیت به کمک منطق فازی صورت گرفته است. در پایان مدل پیشنهادی برای حل یک مثال عددی به کاررفته است. این مدل با در نظر گرفتن اهداف مختلف کمی و کیفی و عدم قطعیت پارامترها قادر است بهترین پروژه‌ها در شرایط دنیای واقعی را انتخاب کند. با توجه به نتایج حاصله می‌توان از این مدل کاربردی برای پروژه‌هایی که عدم قطعیت در پارامترهای آن وجود دارد در ابعاد وسیع استفاده نمود. برتری نسبت این مدل به مدل‌های موجود در نظر گرفتن هم‌زمان تمامی ابعاد تأثیرگذار بر روی پروژه است. ویژگی عدم قطعیت نیز در تحلیل اقتصادی پروژه‌های واقعی نقشی بسزا را ایفا می‌نماید. برای کاربردی نمودن موضوع پیشنهاد می‌گردد برای داده‌های واقعی را با توجه به عملکرد این مدل و در نظر گرفتن ابعاد اجرایی آزمون نموده و سپس برای ارزیابی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد مدل را با رویکرد استوار نیز برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها مورد بررسی قرار دهیم.

منابع

- قالیباف اصل، حسن.کردی، ملیحه و اژدری، فاطمه(۱۳۹۲). "فرا اعتمادی مدیران سرمایه‌گذاری و شاخص‌های ارزیابی عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک"، فصلنامه راهبرد مدیریت مالی، دوره ۱، شماره ۱
- AL-Harbi, K.B. (2001). "Application of the AHP in project management" *International Journal of Project Management*, 19-27
 - Brewer, PC., Gatian, A.W., & Reeve, J.M. (1993). "Managing uncertainty" *Management Accounting*, 39-45
 - Bartošová, V., Majerčák, P., & Hrašková, D. (2015). "Taking Risk into Account in the Evaluation of Economic Efficiency of Investment Projects: Traditional Method" *Procedia Economics and Finance*, 24, 68-75.
 - Carlsson, C., Fuller, R., Heikkila, M., & Majlender, P.(2007). "A fuzzy approach to R&D project portfolio selection" *International Journal of Approximate Reasoning*, 93-105
 - Chiadamrong, N.(1999). "An integrated fuzzy multi-criteria decision making method for manufacturing strategies selection" *Computers & Industrial Engineering*, 433-436
 - Cleland, D., Ireland L. (2002) "Project management: strategic design and implementation" New York: McGraw Hill
 - Chen, C.T., & Cheng, H. L.(2009). "A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment" *International Journal of Project Management*, 27, 389-399
 - C.Liang-Q.Li.(2008)."Enterprise information system project selection with regard to BOCR" *International Journal of Project Management*
 - Fitzpatrick, E.L., & Askin, R. G. (2005). "Forming effective worker teams with multifunctional skill requirements" *Computers & Industrial Engineering*, 48(3),593-608
 - Huang, X.(2007). "Optimal project selection with random fuzzy Parameters" *International Journal Production Economics*, 106, 513-522
 - Kim, K., Park, K., & Seo, S. (1997). "A matrix approach for telecommunications technology selection" *Computers & Industrial Engineering*, 33(3-4), 833-836
 - Liberatore, MJ. (1987). "An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation" *IEEE Transactions on Engineering Management*, 34(1), 12-18
 - Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, J., Pariazar, M., & Zaeri M.S.(2007)." Project selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique" *International Journal of Human and social sciences*, 59-66

- Nawalkha s.k., Soto G.M., & Beliaeva N.A.(2005). "Interest rate risk modeling: The fixed income valuation course" New York: John Willey and sons
- Pillai, A.S., Joshi, A., Rao, K.S.,(2002). "Performance measurement of R&D projects in a multi projects concurrent engineering environment" International Journal of project management, 165-177
- Park, Y.H., Park, E.H., & Ntuen, C.A.(1990). "Investment decisions: An integrated economic and strategic approach" Computers & Industrial Engineering, 19(1-4), 534-538
- Shakhshi-Niaei, M., Torabi, S., & Iranmanesh, S.(2011). "A comprehensive framework for project selection problem under uncertainty and real-world constraints" Computers & Industrial Engineering, 61, 226-237