Archive of SID

ارزیابی اقتصادی پروژه‌های BOT با یکپارچه‌سازی روش‌های شبیه‌سازی پویایی سیستم و منطق فازی

فرناد نصیرزاده*[1]، مصطفی خانزادی[2]، مجید علیپور[3]

۱- استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده

در سرمایه‌گذاری پروژه‌های BOT (ساخت، بهره‌برداری و اجرا)، یکی از مهم‌ترین تصمیماتی که باید توسط سرمایه‌گذاران بخش خصوصی اتخاذ گردد، انتخاب مناسب‌ترین طرح می‌باشد. تحقیقات انجام شده قبلی برای تعیین بهترین پروژه ازلحاظ اقتصادی، با نقایص عمده‌ای مواجه می‌باشند. از جمله، اثرات تمامی فاکتورهای مؤثر بر ارزیابی اقتصادی پروژه در نظر گرفته نشده است و همچنین از اثرات ریسک‌های موجود در پروژه نیز صرف‌نظر گردیده است. در این تحقیق ارزیابی اقتصادی پروژه‌های BOT با استفاده از یکپارچه‌سازی روش‌های شبیه‌سازی پویایی سیستم و منطق فازی انجام می‌گردد. برای این منظور ابتدا مقدار پارامترهای ورودی به سیستم با درنظرگرفتن عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های موجود به شکل اعداد فازی تعیین می‌شود. در ادامه ارزش حاضر خالص پروژه (NPV) با توجه به کلیه پارامترهای اثرگذار بر آن شبیه‌سازی می‌گردد. با استفاده از مدل شبیه‌ساز توسعه داده شده، مقدار NPV پروژه‌های مختلف با توجه به مقادیر متغیرهای ورودی که به شکل اعداد فازی تعیین گردیده‌اند، برای چرخه عمر پروژه به دست می‌آید. درنهایت با مقایسه گزینه‌های مختلف در پایان دوره قرارداد، اقتصادی‌ترین پروژه تعیین می‌گردد. برای تعیین قابلیت‌های مدل پیشنهادی، ارزیابی اقتصادی برای دو پروژه آزادراه نمونه انجام شده است.

کلمات کلیدی: شبیه‌سازی، ارزیابی اقتصادی، پروژه BOT، پویایی سیستم، منطق فازی، ارزش حاضر خالص

Integrating System Dynamic and Fuzzy Logic for Economic Assessment of BOT Projects

Farnad Nasirzadeh[1*], Mostafa Khanzadi [2], Majid Alipour [3]

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

3- PhD. Student in Construction Management, Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Abstract

The selection of the most appropriate project for the investment is one of the most important decisions that should be made by the private investors. This problem is of vital importance in BOT projects, where the total investment as

* نویسنده مسئول: فرناد نصیرزاده، f.nasirzadeh@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۲/۱۴ ، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۲/۱۵

www.SID.ir

Archive of SID

well as the investor's profit should be recovered by the project's income. There are several approaches proposed by the researchers to determine the best economical project in comparison to other projects. The previous researches, however, faced with some major defects. As an example, the effects of various factors affecting the project evaluation process as well as the existing risks and uncertainties are not taken into account. In this research, economic assessment of BOT projects is performed by integrating system dynamic simulation approach and fuzzy logic. For this purpose, first the project's NPV is modeled considering all the influencing factors qualitatively. The relationships that exist between different factors are then determined and the quantitative model is built. Using the developed model, the value of NPV is simulated considering the effects of all the influencing factors and the existing uncertainties. Finally, the value of project's NPV is determined as a triangular fuzzy number. Finally, the best alternative project is selected by comparing the simulated values of NPV. To evaluate the capabilities and performance of the proposed model, the project economical evaluation is performed for two highway projects and the best project is selected.

Keywords: Simulation, Economic assessment, BOT projects, System dynamics, NPV

۱- مقدمه

امروزه توسعه زیرساخت‌ها، یکی از ملاک‌های مهم توسعه‌یافتگی یک کشور به‌حساب می‌آید. ازآنجاکه توسعه زیرساخت‌ها نیاز به منابع مالی زیادی دارد، در بسیاری از کشورها منابع مالی کافی برای تأمین این نیازها وجود ندارد. یکی از بهترین روش‌های تأمین منابع مالی مورد نیاز برای توسعه زیرساخت‌ها، استفاده از منابع مالی بخش خصوصی است که می‌تواند شامل سرمایه‌های داخلی و خارجی باشد. در سال‌های اخیر انواع مختلفی از قراردادها برای جذب سرمایه‌های بخش خصوصی مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله معروف‌ترین این قراردادها قرارداد BOT است. در این نوع از قرارداد، تأمین مالی یک پروژه، به یک شرکت یا کنسرسیوم خصوصی واگذار می‌شود و پس از تکمیل ساخت آن پروژه، درآمد حاصل از آن پروژه برای دوره معینی که دوره بهره‌برداری یا دوره امتیاز نامیده می‌شود در اختیار سرمایه‌گذار قرار داده می‌شود به‌طوری‌که پس از استحصال کامل هزینه سرمایه‌گذاری شده و سود آن، پروژه به کارفرما (که معمولاً دولت میزبان می‌باشد) انتقال می‌یابد. انواع مختلفی از این نوع قرارداد که در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد به شرح زیر می‌باشند[۳-۱]: ساخت- بهره‌برداری و انتقال BOT ، ساخت- بهره‌برداری- مالکیت و انتقال BOOT[1]، ساخت- انتقال و بهره‌برداری BTO[2]، ساخت- بهره‌برداری و مالکیت BOO[3]، ساخت و انتقال BT[4]، تعمیر- بهره‌برداری و انتقال ROT[5] و بهره‌برداری و انتقال OT[6].

در سال‌های اخیر در کشورهای دنیا انواع مختلف قراردادهای BOT به‌طور گسترده‌ای برای جذب سرمایه‌های خصوصی مورد استفاده قرار گرفته است و از این راه تأمین مالی پروژه‌های زیربنایی شامل آزادراه‌ها، سدها، تونل‌ها، پل‌ها، بنادر، نیروگاه‌ها و ... توسط بخش خصوصی انجام می‌شود[۴]. امروزه حتی شهرداری‌ها نیز برای توسعه شهری از این قرارداد بهره می‌گیرند. به‌عنوان مثال در برخی شهرها احداث پله‌برقی برای پل‌های عابر پیاده سطح شهر به بخش خصوصی واگذار می‌گردد و درمقابل برای بازگشت سرمایه درآمد ناشی از اجاره تابلوهای تبلیغاتی که بر روی آن پل نصب می‌شود به سرمایه‌گذار داده می‌شود. ازآنجاکه سرمایه‌گذاران بخش خصوصی به دنبال کسب سود بیشتر در سرمایه‌گذاری هستند، یکی از مهم‌ترین تصمیماتی که سرمایه‌گذاران بخش خصوصی با آن روبرو هستند، انتخاب مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین طرح جهت سرمایه‌گذاری می‌باشد.

[1] Build- Own- Operate- Transfer
[2] Build- Transfer- Operate
[3] Build- Own- Operate
[4] Build- Transfer
[5] Reconstruct- Operate-Transfer
[6] Operate-Transfer

www.SID.ir

Archive of SID

در بین روش‌های مختلف ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها از جمله «روش ارزش حاضر خالص»، «روش نرخ بازده داخلی» و...، «روش ارزش حاضر خالص» شناخته‌شده‌ترین روشی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد[٤]. در این روش ارزش حاضر درآمدها و هزینه‌های طرح به‌طور جداگانه پیش‌بینی‌شده و از کسر نمودن این دو، ارزش حاضر خالص پروژه محاسبه می‌گردد. در صورت وجود چندین گزینه مختلف برای سرمایه‌گذاری، با فرض ثابت بودن مقدار دوره بازگشت سرمایه هرچقدر که مقدار NPV بیشتر باشد طبعاً پروژه ازنظر اقتصادی منفعت بیشتری خواهد داشت و شرکت‌های بیشتری حاضر به سرمایه‌گذاری در آن پروژه می‌باشند.

لوهمن و باکش در سال ۱۹۹٤ عملکرد روش‌های تعیین دوره بازگشت سرمایه، نرخ بازده داخلی و ارزش حاضر خالص را با درنظرگرفتن اثرات عدم قطعیت و به کمک تئوری احتمال در مقایسه با یکدیگر نشان دادند[٥]. گیوسپه در سال ۲۰۰٦ روشی جدید برای تعیین طول دوره بازگشت سرمایه معرفی نموده است که باتوجه به ریسک‌های موجود در پروژه با کمک نظریه احتمال مقدار طول دوره بازگشت سرمایه را به دست می‌آورد. در این مقاله با فرض ثابت بودن مقدار NPV هرچقدر که طول دوره بازگشت سرمایه کوتاه‌تر باشد پروژه ازنظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه‌تر است[٦]. چان و چو در سال ۲۰۱۰ در تحقیقی روش‌های کاهش دوره بازگشت سرمایه را مورد بحث قرار دادند. در این تحقیق نشان داده شده است پروژه‌های ساخت که در حالت عادی ازلحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیستند تحت شرایط خاصی مثل تغییر در شرایط کاربری یا تغییر در طراحی اولیه می‌توانند مقرون‌به‌صرفه باشند[۷]. شریف و مک کوان در سال ۲۰۰۱ روشی ارائه نمودند که در آن با در نظر گرفتن هر دو دسته متغیرهای مالی و غیرمالی در سرمایه‌گذاری، با استفاده از تئوری امکان و ریاضیات فازی، عدم قطعیت موجود در ارزیابی پروژه‌ها در نظر گرفته شده است[۸]. همین محققان در سال ۲۰۰۷ تحقیق دیگری انجام دادند که در آن یک مدل پشتیبان تصمیم‌گیری ارائه شده است که در آن جهت ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها از منطق فازی و ریاضیات فازی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود در پروژه‌ها استفاده شده است. درنهایت نرم‌افزار ابداعی محققان توضیح داده شده است[۹]. خانزادی و همکاران در سال ۱۳۸۹ در مقاله‌ای به تعیین دوره بهره‌برداری با استفاده از روش شبیه‌سازی پویایی سیستم پرداختند. در این مقاله دوره بهره‌برداری در قراردادهای BOT با در نظر گرفتن اثرات کلیه پارامترهای اثرگذار و اندرکنش‌های داخلی آنها تعیین شده است[۱]. در تحقیقات دیگری از همین نویسندگان، دوره بهره‌برداری با در نظر گرفتن اثر تمامی فاکتورها و نیز عدم قطعیت‌ها، با یکپارچه‌سازی روش پویایی سیستم و منطق فازی تعیین گردیده است[١٤و١٥]. هرچند که دو تحقیق اخیر صرفاً در زمینه تعیین طول دوره بهره‌برداری بوده است و طول دوره بهره‌برداری، ملاک مناسبی برای ارزیابی اقتصادی و همچنین انتخاب پروژه مقرون‌به‌صرفه از بین چند پروژه مختلف نمی‌باشد.

اگرچه در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در مورد ارزیابی اقتصادی پروژه‌های BOT انجام شده است[۸-٥]، اما نقایص عمده‌ای در کارهای انجام شده قبلی دیده می‌شود. در هیچ‌کدام از تحقیقات انجام شده قبلی در این زمینه، عوامل و فاکتورهای اثرگذار بر مقدار ارزش حاضر خالص پروژه که دارای تعاملات پیچیده‌ای با یکدیگر می‌باشند در نظر گرفته نشده‌اند. ضمن اینکه ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های موجود نیز در اکثر تحقیقات قبلی در نظر گرفته نشده‌اند. در معدوده تحقیقات انجام شده قبلی که اثر ریسک‌ها لحاظ شده است نیز از تئوری احتمال استفاده شده است[٥و٦]، حال آنکه داده‌های آماری در پروژه‌های BOT علی‌الخصوص در کشور ما یا اصلاً موجود نبوده و یا به‌ندرت می‌توان داده‌های زیادی در مورد یک نوع پروژه خاص به دست آورد و لذا استفاده از تئوری احتمال برای این منظور امکان‌پذیر نمی‌باشد[۱۰و۱۱و۱٥]. اگرچه روش مونت‌کارلو مشکل نداشتن اطلاعات را حل می‌نماید ولی خود با برخی اشکالات روبرو است که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: زمان‌بر بودن محاسبات با توجه به تکرارهای زیاد، حساسیت زیاد به تغییر در داده‌های ورودی و عدم امکان در نظر گرفتن ارتباط بین داده‌های مختلف ورودی مسئله[۱۷].

در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از یکپارچه‌سازی روش‌های شبیه‌سازی پویایی سیستم و منطق فازی، روشی جدید برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها ارائه گردد تا معایب فوق‌الذکر برطرف شده و ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها با دقت بیشتری انجام شود. در این راستا با استفاده از روش شبیه‌سازی پویایی سیستم، پارامترهای مختلف اثرگذار بر ارزش خالص حاضر و اثر آنها بر روی یکدیگر و همچنین پروژه موردنظر

www.SID.ir

Archive of SID

شبیه‌سازی می‌شود. به علاوه از منطق فازی برای در نظر گرفتن اثرات ریسک‌ها بر روی پروژه موردنظر استفاده می‌شود. برای این منظور ابتدا کلیه عوامل و فاکتورهای اثرگذار بر مقدار ارزش حاضر خالص مشخص شده و مدل کیفی پروژه با استفاده از حلقه‌های بازخوردی علت و معلولی تهیه می‌گردد. سپس روابط ریاضی موجود بین متغیرها تعیین گردیده و مدل‌سازی کمی جهت تعیین ارزش حاضر خالص پروژه انجام می‌گردد. درنهایت با استفاده از مدل کمی تهیه شده، مقدار NPV با توجه به مقادیر متغیرهای ورودی که به شکل اعداد فازی تعیین گردیده‌اند، برای چرخه عمر پروژه به دست آمده و با مقایسه گزینه‌های مختلف تحت بررسی، بهترین پروژه ازنظر اقتصادی تعیین می‌گردد. برای تعیین قابلیت‌های مدل پیشنهادی، ارزیابی اقتصادی پروژه برای دو پروژه آزادراه نمونه انجام شده است.

۲- روش شبیه‌سازی پویایی سیستم(SD)

در تعریف سیستم گفته می‌شود که سیستم کلیتی است که حداقل دو جزء مستقل داشته باشد، به‌صورتی‌که (۱) هریک از اجزا بتواند بر روی عملکرد یا خصوصیات کل سیستم اثر بگذارد، (۲) هیچ‌کدام از اجزا یا زیر گروهی از آنها نتواند اثر مستقلی بر روی کل سیستم داشته باشد و برای اثرگذاری نیازمند تأثیر سایر اجزا باشد[۱۰و۱۱]. مجموعه اجزای تشکیل‌دهنده سیستم در کنار هم یک مجموعه پیوسته را تشکیل می‌دهند که درنهایت هدف یکسانی را دنبال می‌کنند.

روش پویایی سیستم یک روش قدرتمند در تحلیل پدیده‌های واقعی است که در طول زمان دارای ماهیت پویا هستند. مسائل از دیدگاه و نگرش سیستم‌های پویا حداقل دارای دو جنبه‌اند، اول آن‌که این‌گونه مسائل دارای خاصیت پویا بوده و مرتباً در حال تغییرند و دوم وجود بازخوردهای متعدد در سیستم تحت بررسی می‌باشد. قدرت واقعی روش پویایی سیستم، طراحی مدل شبیه‌ساز مسئله می‌باشد[۱]. مراحل ایجاد سیستم شبیه‌ساز به شرح زیر است[۱۰و۱۱]:

۱) تعیین مهم‌ترین ورودی‌ها و جریان‌هایی که سطح ورودی را تغییر می‌دهد
۲) تعریف منابع اطلاعاتی که بر جریان‌ها اثر دارند
۳) تعریف حلقه‌های بازخورد اصلی
٤) ترسیم حلقه‌های علی و معلولی که ورودی‌ها، جریان‌ها و منابع اطلاعاتی را به هم مرتبط می‌کند
۵) برآورد عوامل و شرایط اولیه
٦) شبیه‌سازی مدل و تجزیه‌وتحلیل نتایج

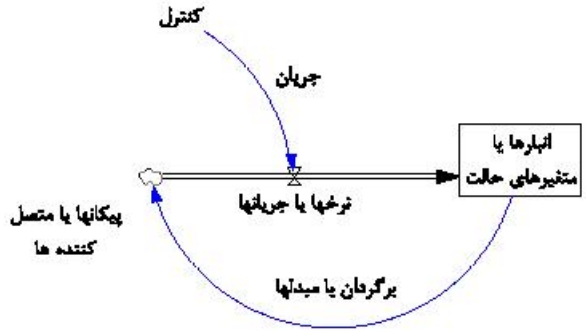
چهار بلوک ساختاری که به‌منظور کمی‌سازی حلقه‌های بازخوردی و نهایتاً کمی‌سازی مدل در یک مدل پویایی سیستم بکار می‌رود، عبارت‌انداز:

- انبارها یا متغیرهای حالت
- نرخ‌ها یا جریان‌ها
- پیکان‌ها یا متصل‌کننده‌ها
- برگردان‌ها یا مبدل‌ها

دو متغیر اول یعنی انبارها و نرخ‌ها، ساختار اصلی مدل را تشکیل داده و برای مدل کردن جریان کار و منابع در یک پروژه استفاده می‌شوند. انبارها، سطح یا حالت سیستم را به‌طور پیوسته نمایش می‌دهد. جریان‌ها هر نوع افزایش یا کاهش یا هر نوع تغییر در سطح یا حالت را سبب می‌شوند. در نمودارهای علت و معلولی، پیکان‌ها نشان‌دهنده جهت و علامت تأثیر ارتباطات بین متغیرهای مختلف سیستم می‌باشند و برگردان متغیری است که آهنگ کارکرد فرایند سیستم را تعیین می‌کند[۱۲]. در شکل۱ این چهار متغیر به‌طور شماتیک نشان داده شده است.

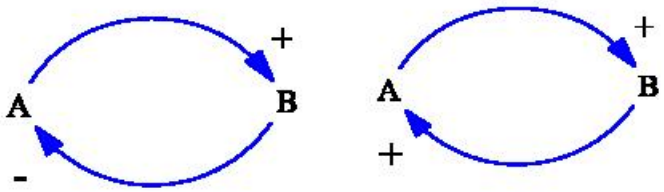
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: نمایش شماتیک متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی با روش پویایی سیستم

در مدل پویایی سیستم حلقه‌های بازخوردی متعددی وجود دارد که بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند و تأثیرات حلقه‌های مزبور، مبین رفتار سیستم خواهد بود. هر حلقه بازخورد در حکم ساختار سیستم موردنظر است. این نظریه در مقابل دیدگاه سنتی ارائه شده است که جریان تأثیرگذاری بین پدیده‌ها را یک‌طرفه می‌انگاشتند. آنها با یک فرض نادرست از قانون علیت، به یک رابطه یک‌طرفه بین علت‌ها و معلول‌ها معتقد بودند.
به‌طورکلی سیستم‌های پویا شامل دو نوع بازخورد است: ۱- بازخورد مثبت یا تقویت‌کننده ۲- بازخورد منفی یا خنثی‌کننده. معمولاً هر دو نوع بازخورد در پروژه‌های ساخت مشاهده می‌شود. تشخیص نوع بازخوردها در پروژه‌های ساخت، به درک چگونگی کارکرد سیستم کمک شایانی می‌کند. در شکل۲ یک حلقه بازخورد مثبت (تقویت‌کننده) و یک حلقه بازخورد منفی (متعادل‌کننده) به‌طور شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۲: نمایش شماتیک یک حلقه بازخورد تقویت‌کننده و یک حلقه بازخورد متعادل‌کننده

۳- منطق فازی

برای در نظر گرفتن اثرات ریسک‌های وارد بر پروژه از منطق فازی استفاده شده است. اعداد فازی یا همان توابع عضویت فازی که برای نشان دادن یک مقدار استفاده می‌شوند دارای شکل‌های مختلفی می‌باشند. معروف‌ترین این اشکال توابع مثلثی، ذوزنقه‌ای، زنگوله‌ای و سیگموئید است. نکته قابل‌توجه آن است که، چهار تابع عضویت معرفی‌شده، به معنای توابع کامل و جامع نیستند، بلکه در موارد ضروری و کاربردهای خاص، می‌توان توابع عضویت خاصی را ایجاد کرد[۲و۱٤].
در مجموعه اعداد فازی افراد می‌توانند برحسب درجه اطمینانی که دارند یک عدد که بین صفر و یک می‌باشد را برای انجام محاسبات انتخاب نمایند. به این عدد درجه عضویت یا اصطلاحاً برش α[1] گفته می‌شود. مجموعه برش α به مجموعه‌ای از اعداد اطلاق می‌شود که ناشی از برش تابع عضویت یک عدد فازی در درجه عضویت‌های مختلف است. برای این منظور بایستی عدد فازی مربوطه را با هر درجه عضویتی که مدنظر است با یک خط موازی محور xها قطع داده و مقادیرx به دست آمده از تقاطع خط ترسیم شده با تابع عضویت عدد فازی مربوطه را به‌عنوان مجموعه برش α درنظر گرفت[۱٦].

[1] α cut

www.SID.ir

Archive of SID

٤- محاسبه ارزش حاضر خالص(NPV)

روش‌های مختلفی برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها وجود دارند که از آن جمله «روش ارزش حاضر خالص»، «روش نرخ بازده داخلی» و «روش شاخص سودآوری» می‌باشد. از بین روش‌های موجود برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، «روش ارزش حاضر خالص» شناخته‌شده‌ترین روشی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. «ارزش حاضر خالص» عبارت است از تفاوت ارزش حال هزینه‌های اجرای یک پروژه و ارزش حال درآمدهای ناشی از آن[١٠]. اگر NPV مثبت باشد سرمایه‌گذاری ازلحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه بوده و در غیراین‌صورت سرمایه‌گذاری در طرح دارای بازدهی کافی نمی‌باشد. ازآنجاکه ارزش حاضر خالص ممکن است مثبت، منفی یا صفر باشد، باید کاملاً متوجه علامت جبری این معیار باشیم. در روش ارزش حاضر خالص، برای تبدیل هزینه و درآمدهای طرح در سال‌های مختلف به ارزش حاضر، از فاکتوری به نام نرخ تنزیل استفاده می‌شود. نرخ تنزیل در واقع عکس تورم می‌باشد. به این معنی که تورم ارزش پولی یک سال را نسبت به سال آینده حساب می‌کند، درحالی‌که نرخ تنزیل ارزش پولی یک سال را نسبت به سال قبل نشان می‌دهد.

برای محاسبه ارزش حاضر خالص از رابطه زیر استفاده می‌شود[١٤و١٥]:

$$NPV = \sum_{T=1}^{T=t_f} \frac{NCF(t)}{(1+r)^t} \qquad (١)$$

که دراین‌رابطه NPV بیانگر ارزش حاضر خالص، NCF(t) بیانگر اختلاف درآمد و هزینه در سال tام، r بیانگر مقدار نرخ تنزیل، t(f) طول مدت قرارداد و t سال موردنظر برای محاسبه ارزش حاضر می‌باشند. مقدار اختلاف هزینه و درآمد در سال t ام از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$NCF(t) = \left(I(t) - C_m(t)\right) \qquad (٢)$$

دراین رابطه $I(t)$ بیانگر درآمد در سال t ام و $C_m(t)$ نشان‌دهنده هزینه در سال tام‌است. با جایگذاری رابطه فوق در رابطه١ می‌توان رابطه مذکور را به‌صورت زیر بازنویسی کرد:

$$NPV(t) = \sum_{T=1}^{T=tf} \frac{(I(t) - Cm(t))}{(1+r)^t} \qquad (٣)$$

در پروژه‌های احداث آزادراه، درآمدهای پروژه عموماً از طریق دریافت عوارض حاصل می‌شود. لذا می‌توان درآمد یک آزادراه را در سال t ام با کمک رابطه زیر به دست آورد.

$$I(t) = q \times p \qquad (٤)$$

که در رابطه فوق q بیانگر تعداد خودرو عبوری در سال و p مقدار عوارض دریافتی از هر وسیله نقلیه است.

درنهایت با کمک رابطه ٤ می‌توان رابطه٣ را به‌صورت زیر نوشت:

$$NPV(t) = \sum_{T=1}^{T=TT} \frac{((q \times p) - Cm(t))}{(1+r)^t} \qquad (٥)$$

ازآنجاکه در سال‌های اولیه قرارداد که زمان ساخت پروژه می‌باشد، درآمد پروژه صفر می‌باشد و فقط هزینه ساخت وجود دارد لذا می‌توان رابطه فوق را به‌صورت زیر بازنویسی کرد.

$$NPV(t) = \sum_{T=1}^{T=0} \frac{(-C_o(t))}{(1+r)^t} + \sum_{T=tc}^{T=tf} \frac{((q \times p) - Cm(t))}{(1+r)^t} \qquad (٦)$$

٥- مدل‌سازی تعیین مقدارNPV به کمک روش پویایی سیستم

برای محاسبه مقدار NPV به کمک روش شبیه‌سازی پویایی سیستم، مراحل مدل‌سازی به شرح زیر انجام می‌شوند.

٥-١- انتخاب حدومرزهای مسئله

www.SID.ir

Archive of SID

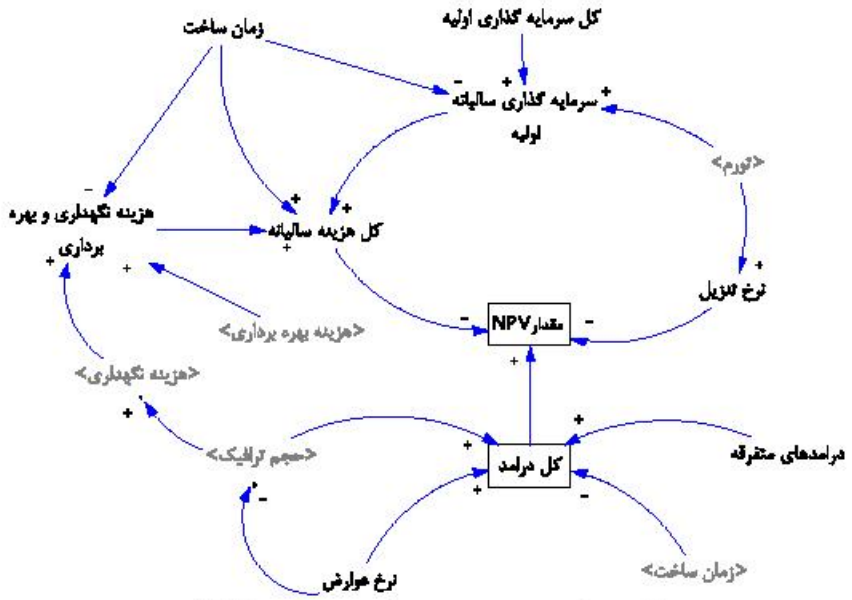
همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، اولین گام در مدل‌سازی با روش پویایی سیستم انتخاب مرزهای مسئله است. بدون شک می‌توان پارامترهای بسیار زیادی را پیدا کرد که بر روی مسئله موردنظر اثر می‌گذارند. اما نمی‌توان مسئله را با درنظر گرفتن تمام آنها حل کرد، چراکه این کار به زمان و انرژی بسیار زیادی نیاز دارد و چه‌بسا که اصلاً مسئله قابل حل نباشد. لذا محدود کردن پارامترهای مؤثر بر مسئله یک کار معقول می‌باشد[۱۲].

لذا برای مدل‌سازی و تعیین مقدار NPV، ابتدا پارامترهای اصلی مؤثر بر مقدار NPV شامل هزینه ساخت، زمان ساخت، هزینه نگهداری و بهره‌برداری، حجم ترافیک و نرخ تنزیل انتخاب می‌شوند. در این تحقیق پس از ترسیم مدل کیفی پارامترهای اصلی مؤثر بر NPV، بعضی از پارامترهای اصلی فوق‌الذکر نیز خود با توجه به زیر پارامترهای مؤثر بر آنها مدل‌سازی می‌شوند. این پارامترها شامل سه پارامتر هزینه نگهداری، هزینه بهره‌برداری و حجم ترافیک می‌باشند که خود به‌صورت مفصل مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته و اثرات پارامترهای مؤثر بر آنها شناسایی شده و درنهایت با درنظرگیری تغییرات آنها در طول زمان، مقدار NPV به نحو مناسبی تعیین می‌شود.

۵-۲- مدل‌سازی کیفی

پس‌ازاینکه حدومرزهای مسئله شناخته شدند، بایستی مدل‌سازی کیفی انجام شود. در این قسمت مهم‌ترین ابزار برای مدل‌سازی کیفی، استفاده از نظر خبرگان و استفاده از تحقیقات انجام شده قبلی می‌باشد. در مدل‌سازی کیفی کلیه پارامترهای مؤثر بر مسئله شناسایی شده و ارتباطات داخلی بین آنها با استفاده از حلقه‌های بازخوردی علت و معلولی به‌صورت کیفی مشخص می‌شود. مدل کیفی در طول انجام کار چندین بار مورد بازبینی قرار می‌گیرد و درنهایت مدلی کامل با درنظر گرفتن تمام پارامترها، برای انجام گام بعدی که مدل‌سازی کمی می‌باشد توسعه داده خواهد شد. مدل‌سازی قسمت‌های مختلف مسئله در زیر به‌صورت مشروح بیان شده است.

برای مدل‌سازی کیفی همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، پارامترهای هزینه ساخت، زمان ساخت، هزینه نگهداری و بهره‌برداری، حجم ترافیک، هزینه عوارض و نرخ تنزیل، به‌عنوان فاکتورهای کلیدی برای تعیین مقدار NPV درنظر گرفته شده‌اند. در شکل۳ ارتباطات داخلی بین فاکتورهای اصلی مؤثر بر مقدار NPV نشان داده شده است.



شکل ۳: مدل کیفی پارامترهای اصلی مؤثر بر مقدارNPV

در این شکل روابط تشدید شونده یا مثبت با علامت + و ارتباطات متعادل‌کننده یا منفی با علامت – نشان داده شده است. به‌عنوان مثال حجم ترافیک بر کل درآمد اثر تشدیدکننده دارد بدین معنی که با افزایش مقدار حجم ترافیک، مقدار درآمد هم متناسب با آن افزایش می‌یابد و

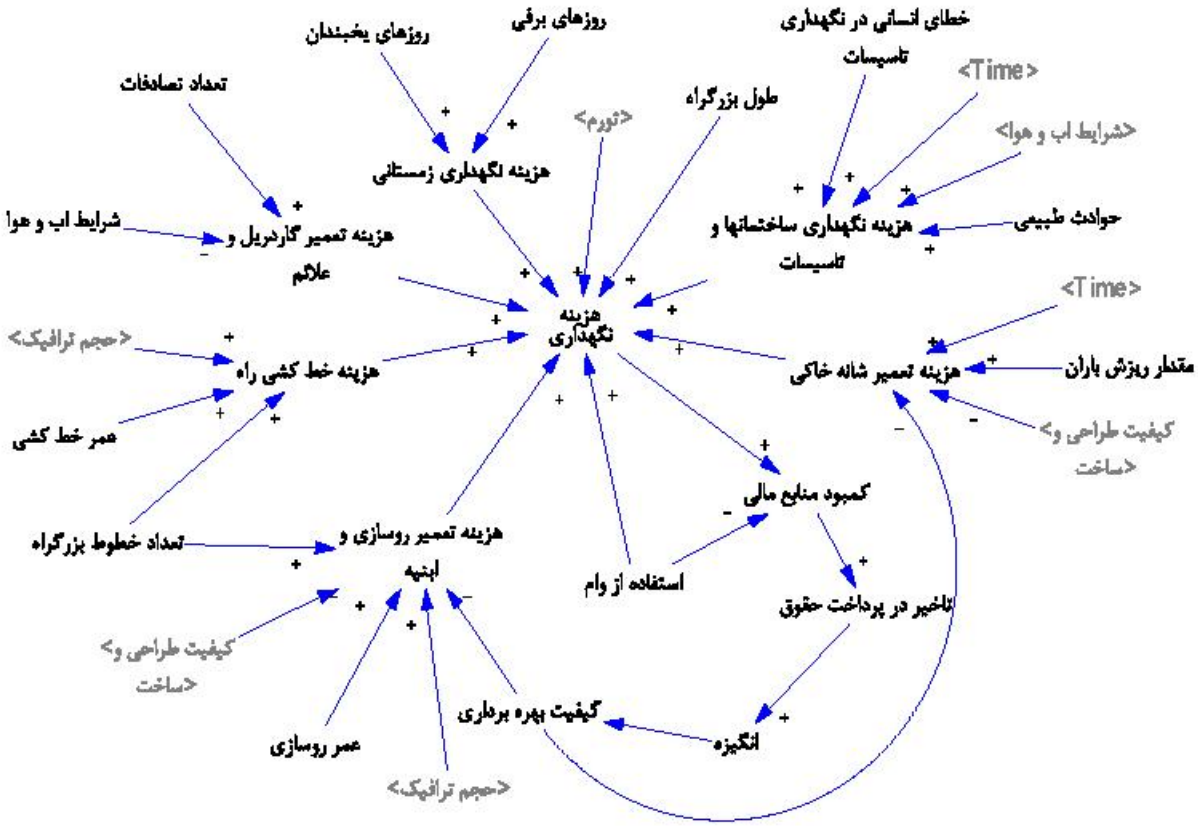
www.SID.ir

Archive of SID

برعکس. به‌عنوان یک مثال دیگر، در شکل شماره ۳ می‌توان دید که زمان ساخت، روی درآمد اثر تعدیل‌کننده دارد، چراکه هر چه زمان ساخت افزایش یابد مقدار درآمد کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که هرکدام از پارامترهای فوق نیز خود تحت تأثیر چندین زیر پارامتر می‌باشد که با یکدیگر دارای ارتباطات پیچیده هستند و در طول زمان تغییر می‌کنند. در قسمت زیر سه پارامتر اصلی هزینه نگهداری، هزینه بهره‌برداری و حجم ترافیک نیز خود با توجه به زیر پارامترهای مؤثر بر آنها به‌صورت کیفی مدل‌سازی می‌گردند.

۵-۲-۱ مدل‌سازی کیفی هزینه‌های نگهداری آزادراه

همان‌طور که قبلاً گفته شد یکی از پارامترهای بسیار مهم و مؤثر بر مقدار ارزش حاضر خالص پروژه، مقدار هزینه‌های نگهداری راه است. هزینه‌های نگهداری راه که تقریباً ۱۵ تا ۲۵ درصد درآمد سالانه آزادراه را به خود اختصاص می‌دهد نقش بسیار مهمی در تعیین مقدار NPV دارد. از جمله مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار بر هزینه نگهداری آزادراه، هزینه نگهداری زمستانی، هزینه‌های نگهداری تأسیسات، هزینه نگهداری شانه خاکی، هزینه تعمیر روکش آسفالت و ابنیه فنی، هزینه تعمیر گاردریل و علائم و هزینه خط‌کشی می‌باشد. هرکدام از این پارامترها به‌نوبه خود تحت تأثیر چند پارامتر دیگر می‌باشد که درنهایت با استفاده از نظرات خبرگان و با توجه به تعاملات بین پارامترها، مدل کیفی نشان داده شده در شکل ٤ به‌عنوان مدلی برای هزینه نگهداری آزادراه درنظر گرفته شده است.



شکل ٤: مدل کیفی پیش‌بینی هزینه‌های نگهداری آزادراه

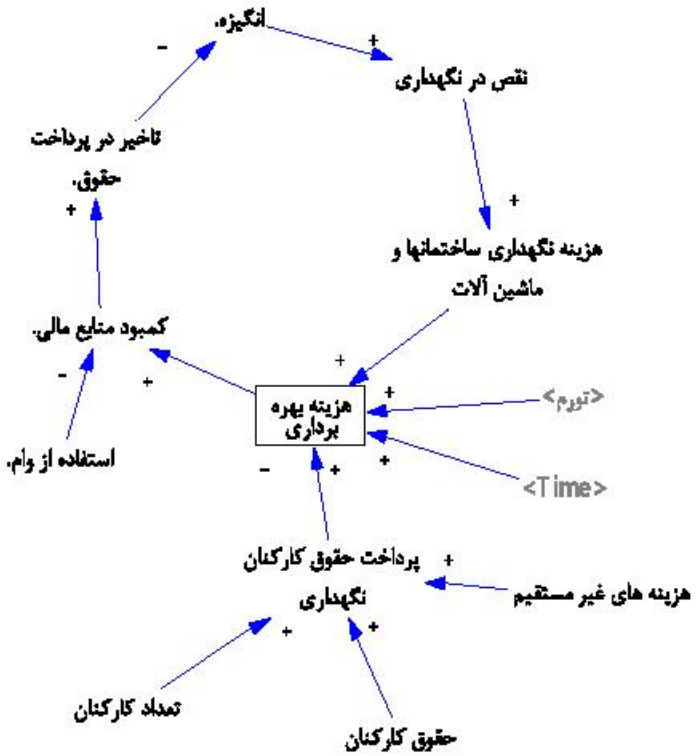
۵-۲-۲ مدل‌سازی کیفی هزینه‌های بهره‌برداری آزادراه

با توجه به اینکه بین ۱۰ تا ۱۵ درصد از درآمد آزادراه صرف هزینه‌های بهره‌برداری می‌شود، لذا یکی دیگر از پارامترهای مهم و مؤثر بر مقدار ارزش حاضر خالص پروژه، هزینه‌های بهره‌برداری از آزادراه است. قسمت عمده هزینه‌های بهره‌برداری از آزادراه، شامل هزینه پرسنل اداری و

www.SID.ir

Archive of SID

پرسنل مستقر در باجه‌های عوارضی است. از دیگر هزینه‌های این قسمت می‌توان به هزینه‌های حمل‌ونقل، دفتر اداری، تأسیسات و... اشاره کرد. در شکل۵ مدل کیفی هزینه‌های بهره‌برداری آزادراه با توجه به‌تمامی عوامل و فاکتورهای اثرگذار نشان داده شده است.



شکل ۵: مدل کیفی پیش‌بینی هزینه‌های بهره‌برداری آزادراه

۵-۲-۳ مدل‌سازی کیفی حجم ترافیک

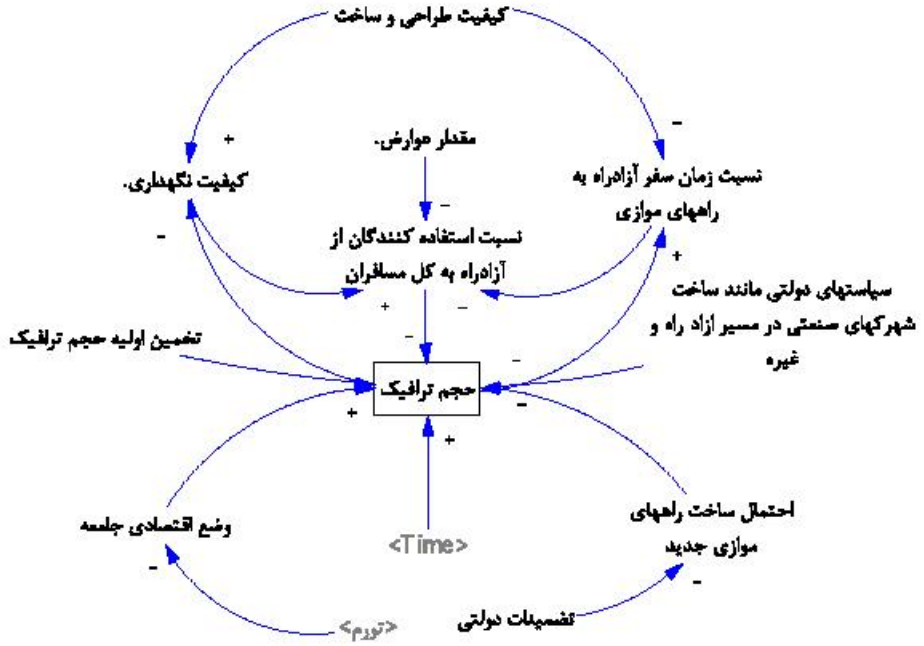
با توجه به اینکه بیش از ۹۵ درصد درآمد آزادراه از طریق دریافت عوارض از خودروهای عبوری است لذا یکی دیگر از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر مقدار ارزش حاضر خالص پروژه، حجم ترافیک است. در خصوص درآمدهای فرعی آزادراه‌ها می‌توان به درآمد ناشی از تبلیغات و اجاره اماکن رفاهی بین‌راهی اشاره نمود، که در این مطالعه از آن صرف‌نظر شده است.

با توجه به رشد روزافزون وسایل نقلیه و تعداد سفرها، این پارامتر غیرقطعی‌ترین و ناشناخته‌ترین پارامتر از بین سایر پارامترها می‌باشد. وجود مسائل بسیار پیچیده در تعیین این پارامتر، یکی از دلایل اختلاف زیاد پیش‌بینی‌های اولیه با واقعیت است. لذا در این قسمت سعی شده است تا با مدل‌سازی مناسب، بتوان مقدار این پارامتر را در مراحل بعدی به نحو مطلوبی تعیین نمود. برای این منظور پارامترهای مؤثر بر حجم ترافیک شناسایی شده است. پس از شناسایی این پارامترها، ارتباطات کیفی بین آنها پیدا می‌شود.

در شکل٦ مدل‌سازی کیفی پارامترهای تأثیرگذار بر حجم ترافیک نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦: مدل کیفی پیش‌بینی حجم ترافیک

۵-۳- مدل‌سازی کمی

پس از انجام مدل‌سازی کیفی عوامل مؤثر بر مقدار ارزش حاضر خالص پروژه که با شناخت کلیه عوامل مؤثر و تعیین ارتباطات کیفی بین آنها همراه بود، در مرحله بعد مدل‌سازی کمی انجام می‌گیرد. درحقیقت در مرحله مدل‌سازی کمی، روابط ریاضی بین کلیه فاکتورها و پارامترهای اثرگذار تعیین می‌گردد تا مدل به‌صورت کمی قادر به تعیین مقدار ارزش حاضر خالص پروژه گردد. برای تعدادی از متغیرها، روابط ریاضی موجود بین آنها به‌طور طبیعی وجود داشته و به‌سادگی قابل‌تعیین می‌باشد. اما در مواردی که روابط موجود بین متغیرها به‌سادگی قابل‌تعیین نمی‌باشد، برای تعیین روابط ریاضی موجود، از یکی از روش‌های زیر استفاده گردید:

الف) مدل‌سازی کمی با استفاده از داده‌های تاریخی

در صورت وجود داده‌های تاریخی می‌توان از آنها استفاده کرده و ارتباط ریاضی بین پارامترها و فاکتورهای اثرگذار را تعیین نمود. برای این کار لازم است تا داده‌های واقعی مربوط به یک یا چند پروژه را در چند سال متوالی داشته باشیم و با انجام رگرسیون به معادلات ریاضی موجود بین متغیرهای موردنظر دست پیدا کنیم.

ب) مدل‌سازی کمی با استفاده از نظر خبرگان

گاهی اوقات داده‌های تاریخی در مورد یک یا چند پارامتر در دسترس نیست. در این حالت روش نظرسنجی از خبرگان می‌تواند بهترین گزینه برای تعیین روابط ریاضی بین عوامل و فاکتورهای اثرگذار باشد. برای این کار از روش استنتاج فازی استفاده می‌شود.

در روش استنتاج فازی پس از به دست آوردن قواعد کنترل و تشکیل پایگاه داده‌ها، نیاز به موتور استنتاج داریم تا با پذیرفتن ورودی‌های فازی بر اساس قواعد پایگاه داده‌ها، خروجی فازی مناسب را ایجاد کند. ازآنجاکه در قسمت شرط ممکن است توابع فازی همپوشانی داشته باشند یا به‌عبارت‌دیگر مقدار ورودی با دو تابع عضویت تعریف شود لذا لازم است تا یک استراتژی رقابتی در موتور استنتاج وجود داشته باشد تا بتواند خروجی فازی مناسب را ایجاد کند. در ادامه مدل ممدانی برای ایجاد موتور استنتاج مناسب بیان می‌شود.

در مدل ممدانی قواعد به فرم زیر است:

www.SID.ir

Archive of SID

$$if\ x\ is\ \tilde{A}_i\ and\ y\ is\ \tilde{B}_i\ then\ z\ is\ \tilde{C}_i \quad (۷)$$

حال اگر متغیرهای ورودی x و y با مجموعه‌های مقدم هر دو قاعده فوق همپوشانی داشته باشد خروجی z باید منتج از هر دو قاعده باشد. اگر x_0 و y_0 را توسط سنسورها به‌عنوان پارامترهای کنترلی فرایند به دست آوریم و آنها را به‌صورت $\tilde{x}_0$ و $\tilde{y}_0$ فازی نمائیم مجموعه‌های $\tilde{A}_1$ و $\tilde{A}_2$ را در نقاطی با تابع عضویت $\mu_{\tilde{A}_1}(x_0)$ و $\mu_{\tilde{A}_2}(x_0)$ و $\tilde{y}_0$ مجموعه‌های $\tilde{B}_1$ و $\tilde{B}_2$ را در نقاطی با تابع عضویت $\mu_{\tilde{B}_1}(x_0)$ و $\mu_{\tilde{B}_2}(x_0)$ قطع می‌کنند. قدرت هر یک از قاعده‌های فوق را می‌توان به‌صورت زیر به دست آورد.

$$\alpha_1 = \mu_{\tilde{A}_1}(x_0) \wedge \mu_{\tilde{B}_1}(x_0) \quad (۸)$$

$$\alpha_2 = \mu_{\tilde{A}_2}(x_0) \wedge \mu_{\tilde{B}_2}(x_0)$$

که در آن $\wedge$ همان اپراتور عطف است و می‌توان آن را با عملگر مینیمم مدل کرد.

پس از به دست آوردن قدرت هر یک از قاعده‌های شرکت‌کننده در رقابت می‌توان خروجی قاعده‌ها را به‌صورت زیر به دست آورد.

$$\mu_{\tilde{C}_1}(z) = \alpha_1 \times \mu_{\tilde{C}_1} \qquad z \in Z \quad (۹)$$

$$\mu_{\tilde{C}_2}(z) = \alpha_2 \times \mu_{\tilde{C}_2} \qquad z \in Z$$

که در روابط فوق Z حوزه تعریف مقادیری است که خروجی هر یک از دو قاعده می‌تواند اخذ نماید. پس از به دست آوردن خروجی فازی توسط هر یک از قاعده‌ها، با اجتماع این نتایج، می‌توان نتیجه رقابت را به دست آورد، به‌عبارت‌دیگر نتیجه کلی ترکیب ماکزیمم–مینیمم و یا ماکزیمم–ضرب به‌صورت زیر می‌باشد.

$$\mu_{\tilde{C}}(z) = \mu_{\tilde{C}_1}(z) \vee \mu_{\tilde{C}_2}(z) = \left[\alpha_1 \times \mu_{\tilde{C}_1}\right] \vee \left[\alpha_2 \times \mu_{\tilde{C}_2}\right] \quad (۱۰)$$

که در آن $\mu_{\tilde{C}}(z)$ تابع عضویت خروجی کنترل‌کننده، حاصل از ترکیب دو قاعده فوق می‌باشد. عملگرهای $\vee$ و $\wedge$ می‌توانند با ماکزیمم و مینیمم مدل شوند.

خروجی موتور استنتاج یک تابع عضویت است که به‌وسیله‌ی واحد غیرفازی‌کننده تبدیل به یک مقدار قطعی می‌شود. در این تحقیق از روش غیرفازی‌کننده مرکز سطح زیمرمن استفاده شده است[۱۶].

برای این کار ابتدا پارامترهای موردنظر با متغیرهای زبانی شناسایی می‌شوند. به این منظور مقادیر ممکن برای هر پارامتر با استفاده از توابع توزیع مختلف نشان داده می‌شود. به‌عنوان مثال مقادیر ممکن برای یک پارامتر با اعداد فازی خوب، متوسط و بد می‌توانند تعریف شود یا مقادیر ممکن برای پارامتر دیگری با متغیرهای زبانی خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد ممکن است شناسایی شود. در هر حالت نظر خبرگان در این مورد می‌تواند به‌عنوان یک ملاک مناسب انتخاب شود. پس‌ازاینکه کلیه پارامترهای ورودی و خروجی با متغیرهای زبانی تعریف شدند به بررسی اثر پارامترهای ورودی بر پارامتر خروجی می‌پردازیم. برای این کار یک نظرسنجی از افراد درگیر با موضوع مربوطه انجام می‌شود.

۵-٤- ارزیابی اقتصادی پروژه

پس از انجام مدل‌سازی کمی و تعیین ارتباطات ریاضی بین متغیرها، مرحله مدل‌سازی کمی انجام می‌گیرد. نرم‌افزار(VENSIM 5.9) به‌این‌منظور مورد استفاده قرار گرفته است. در این نرم‌افزار ابتدا مدل‌سازی کیفی انجام شده و سپس به مدل‌سازی کمی و واردکردن روابط کمی بین پارامترها پرداخته می‌شود. درنهایت با دادن مقادیر پارامترهای ورودی به مدل، مقدار NPV شبیه‌سازی و تعیین می‌گردد. قابل‌ذکر است که پارامترهای ورودی به سیستم اعداد فازی می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

پس از به دست آوردن مقدار NPV، ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها انجام می‌گردد. اگر مقدار NPV در مدت قرارداد منفی باشد، قطعاً پروژه غیراقتصادی بوده و مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد. درحالی‌که هر چه مقدارNPV بیشتر باشد، پروژه سودآوری بیشتری خواهد داشت. برای بررسی ارزیابی اقتصادی بین دو پروژه و انتخاب پروژه سودآورتر، مقدارNPV دو پروژه در طول دوره قرارداد آنها مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در واقع اگر مقدار NPV در یک پروژه نسبت به پروژه مشابه دیگری در انتهای دوره قرارداد بیشتر باشد به این معنی است که مقدار سودآوری آن پروژه از پروژه مشابه بیشتر است و به‌طبع باید از طرف سرمایه‌گذار جهت اجرا انتخاب شود.

٦- مطالعه موردی

برای نشان دادن قابلیت‌ها و کاربرد مدل شبیه‌سازی پویایی سیستم ارائه شده، مطالعه موردی بر روی دو پروژه ساخت آزادراه با استفاده از روش پیشنهادی انجام شده است. اطلاعات کلی مربوط به این دو پروژه به شرح زیر بوده است:

پروژه شماره ۱:

مقدار کل هزینه سرمایه‌گذاری مورد نیاز یک عدد فازی مثلثی با مقادیر(۱۰۰۰و۱۰۵۰ و۱۱۵۰) میلیارد ریال است. کل زمان ساخت پیش‌بینی‌شده ۳ سال است. مقدار پیش‌بینی حجم ترافیک عبوری در سال اول بهره‌برداری(۳/۵ و ٤ و ٤/٥) میلیون وسیله در سال که دارای رشد ۵٪ است و مقدار عوارض دریافتی در سال اول بهره‌برداری ۵۰۰۰ ریال از هر وسیله نقلیه است که در سال‌های بعد با نرخ تورم افزایش خواهد یافت.

پروژه شماره ۲:

مقدار کل هزینه سرمایه‌گذاری مورد نیاز (۱۳۰۰و ۱۳۸۰ و ۱۵۰۰) میلیارد ریال است، کل زمان ساخت پیش‌بینی‌شده ٤ سال، مقدار پیش‌بینی حجم ترافیک عبوری در سال اول بهره‌برداری (٤و ٤/٥ و ٥) میلیون وسیله در سال که دارای رشد ۵٪ است و مقدار عوارض دریافتی در سال اول بهره‌برداری ٦۰۰۰ ریال از هر وسیله نقلیه است که در سال‌های بعد با نرخ تورم افزایش خواهد یافت.

مقدار نرخ تورم در هر دو پروژه با توجه به یکسان بودن نرخ در کشور معادل ۱۰٪ درنظر گرفته شده است. همچنین مقدار طول دوره قرارداد با درنظر گرفتن طول دوره بهره‌برداری برای هر دو پروژه ٤۵ سال فرض شده است. لازم به ذکر است برای مقایسه دو پروژه با شرایط مختلف ازلحاظ اقتصادی باید طول دوره قرارداد آنها یکسان باشد تا بتوان آنها را مقایسه نمود. درغیراین‌صورت می‌بایست با روش‌های مقایسه‌ای دیگری آنها را قیاس نمود که در این مقاله به آنها پرداخته نشده است.

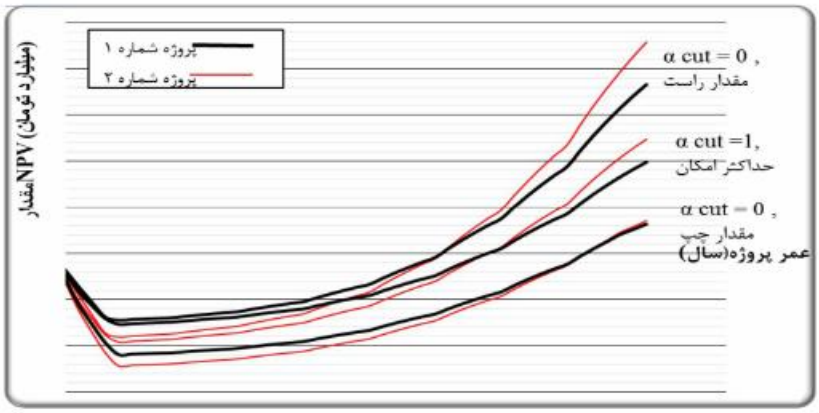
با استفاده از مدل پویایی سیستم پیشنهادی، مقدار ارزش حاضر خالص پروژه با توجه به مقادیر تمامی پارامترها و فاکتورهای اثرگذار، شبیه‌سازی و تعیین می‌گردد. در شکل۷ مقادیر شبیه‌سازی‌شده مقدار ارزش حاضر خالص پروژه در سال‌های مختلف دوره قرارداد، در سه حالت خوش‌بینانه، محتمل و بدبینانه نشان داده شده است.

انتخاب پروژه برتر ازنظر اقتصادی

با توجه به شکل۷، مقادیر NPV دو پروژه در دوره قرارداد ٤۵ ساله آنها و در سه حالت خوش‌بینانه، محتمل و بدبینانه مشخص می‌شود. درنهایت مقدار NPV پروژه‌های شماره ۱ و ۲ در دوره قرارداد آنها به شکل دو عدد فازی مثلثی به دست می‌آید (شکل۸). حال برای مقایسه دو پروژه بایستی دو عدد فازی به دست آمده مربوط به NPV پروژه‌های ۱و۲ با هم مقایسه شود.

www.SID.ir

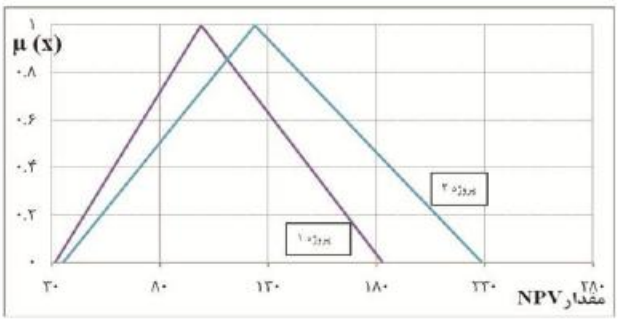
Archive of SID



شکل ۷: نمودار NPV برای چرخه طول دوره قرارداد معرفی‌شده

برای مقایسه دو عدد فازی در سال‌های اخیر مقالات زیادی منتشرشده است. معروف‌ترین روش مقایسه دو عدد فازی، غیرفازی‌سازی دو عدد و درنهایت مقایسه اعداد قطعی به دست آمده است. در این مقاله از روش غیرفازی‌سازی مرکز سطح برای مقایسه دو عدد فازی استفاده شده است. روش مرکز سطح، مرسوم‌ترین روشی است که برای غیرفازی‌سازی یک عدد فازی استفاده می‌شود[۱۵و۱۶].

با رسم دو عدد فازی مربوط به دو پروژه موردنظر در شکل۸ می‌توان به مقایسه آنها پرداخت. با توجه به شکل۸ مقدار دیفازی(غیرفازی) شده NPV برای پروژه شماره یک در دوره قرارداد برابر ۱۰۵ و برای پروژه شماره دو، برابر ۱۳۰ می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که پروژه شماره دو ازلحاظ اقتصادی برای سرمایه‌گذاری مناسب‌تر است و سرمایه‌گذار بیشتر تمایل خواهد داشت که در این پروژه سرمایه‌گذاری نماید.



شکل ۸: مقدار NPV برای دوره قرارداد معرفی‌شده

۷- نتیجه‌گیری

قراردادهای BOT از سال‌ها پیش برای تأمین مالی، ساخت و بهره‌برداری از پروژه‌های زیربنایی، توسط بخش خصوصی مورد استفاده قرار گرفته است. در این نوع قراردادها، با توجه به انجام سرمایه‌گذاری توسط بخش خصوصی و بالا بودن ریسک سرمایه‌گذاری، ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها و انتخاب پروژه با سودآوری بیشتر در ابتدای امر کاری ضروری می‌باشد. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است اما اغلب آنها با نقایصی مواجه هستند. از جمله این نقایص آن است که در اغلب آنها پارامترهای مؤثر بر مقدار NPV به‌صورت کلی درنظر گرفته شده‌اند و زیر پارامترها و ارتباط بین آنها در هیچ‌کدام از کارهای قبلی دیده نشده است. ضمن اینکه از عدم قطعیت‌های موجود در حل مسئله صرف‌نظر شده است.

در این تحقیق با استفاده از یکپارچه‌سازی روش شبیه‌سازی پویایی سیستم و منطق فازی، روشی جدید برای ارزیابی اقتصادی پروژه در قراردادهای BOT ارائه شده است. روش یکپارچه پویایی سیستم فازی پیشنهادی قادر است تا علاوه بر درنظر گرفتن کلیه پارامترهای اثرگذار، ارتباط بین زیر پارامترها و اندرکنش‌های بین آنها را شبیه‌سازی نماید. برای‌این‌منظور ابتدا تمام پارامترهای اثرگذار بر مقدار NPV

www.SID.ir

Archive of SID

شناسایی می‌گردد. سپس با توجه به پارامترهای به دست آمده، روابط بین آنها تعیین شده و مدل‌سازی کیفی انجام می‌گیرد. پس از آن مدل‌سازی کمی با کمک روش‌های موجود صورت پذیرفته و مدل آماده انجام شبیه‌سازی و تعیین مقدار NPV می‌شود. درنهایت با دادن مقادیر متغیرهای ورودی به مدل به شکل اعداد فازی، مقدار NPV محاسبه می‌شود. با به دست آمدن مقادیر NPV برای سال‌های مختلف عمر پروژه، می‌توان ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها را انجام داده و پروژه‌ها را با یکدیگر مقایسه نمود. با توجه به مقادیر NPV به دست آمده برای پروژه‌های مورد مطالعه، هر پروژه‌ای که در پایان دوره قرارداد مربوطه خود مقدار NPV بیشتری داشته باشد، ازنظر اقتصادی مقرون به‌صرفه‌تر بوده و سرمایه‌گذاران می‌توانند با اطمینان بیشتری در آن پروژه سرمایه‌گذاری کنند. به اعتقاد محققان، مدل پیشنهاد شده در این تحقیق می‌تواند ارزیابی اقتصادی پروژه‌های BOT را با توجه به درنظر گرفتن پارامترها و زیر پارامترهای مختلف اثرگذار بر پروژه و درنظر گرفتن ارتباطات بین آنها، با دقت بیشتری نسبت به مدل‌های قبلی انجام دهد. ضمن اینکه مدل پیشنهادی این قابلیت را دارد که عدم قطعیت‌های تأثیرگذار بر حل مسئله را با استفاده از منطق فازی به‌خوبی درنظر گرفته و مدل‌سازی نماید.

۸- مراجع

[۱] خانزادی مصطفی، نصیرزاده فرناد، علیپور مجید. (۱۳۸۹). "*تعیین دوره بهره‌برداری در قراردادهای BOT با استفاده از رویکرد پویایی سیستم*". *ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه*. تهران. ایران.

[۲] خانزادی مصطفی، نصیرزاده فرناد، علیپور مجید. (۱۳۹۰). "*استفاده از تجمیع پویایی سیستم و تکنیک فازی دلفی در تعیین دوره بهره‌برداری در قراردادهای BOT*". *هفتمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه*. تهران. ایران.

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

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

[5] Lohmann, Jack R., Baksh, Shariff N. "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, 1994.

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

[7] Chan, A.L.S., Chow, T.T. "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, 2010.

[8] Mohamed.sherif, and Mc cowan.alison k, "modeling project investment decisions under uncertainty using possibility theory." *International Journal of Project Management*, vol. 19, pp. 231–241, 2001.

[9] Mohamed.sherif, and Mc cowan.alison k, "Decision Support System to Evaluate and Compare Concession Options" *J. Constr. Eng. Manage.*, vol.133 (2), pp. 114–123, 2007.

[10] Nasirzadeh, Farnad. Afshar, Abbas. Khanzadi, Mostafa. Howich, Susan. "Integrating system dynamic and fuzzy logic modeling for construction risk management". *J. Construction Management and Economics* .vol.26:11pp.1197-1212, 2008.

[11] Nasirzadeh, Farnad. Afshar, Abbas. Khanzadi, Mostafa. Howich, Susan. "dynamic risk analisis in construction projects". Can. *J. Civ. Eng.*vol.35 pp.820-831, 2008.

[12] Sterman, J. "*Business Dynamics.*" McGraw-Hill Pub, 2000.

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

[14] Khanzadi. M., Nasirzadeh. F., and Alipour. M., "Using Fuzzy-Delphi Technique to Determine the Concession Period in BOT Projects.", *IEEE.* 978-1-4244-6928-4/10, 2010.

[15] Khanzadi. M., Nasirzadeh. F., and Alipour. M., " Integrating system dynamics and fuzzy logic modeling to determine concession period in BOT projects". *J. Automation in construction*,vol. 22, pp.368-376, 2012.

[16] Zimmermann, H.J. "*Fuzzy Set Theory and its Application*", 4th edition, Kluwer Academic Publishers, Boston, Drodrecht and London, 2001.

[17] A. Shaheen, A. Fayek, S. AbouRizk, "Fuzzy numbers in cost range estimating", *Journal of Construction Engineering Management* vol.133 (4).pp. 325–334, 2007.

www.SID.ir