سال پنجم، شماره ۱، ۱۳۹۷، صفحات ۱۳ تا ۲۰
نشریه آب و توسعه پایدار

2018, Vol.5, No.1, Pages 13 to 20
Journal of Water and Sustainable Development

تعیین و تحلیل عامل‌های موثر بر قیمت آب در قراردادهای BOT طرح‌های آب و فاضلاب با به‌کارگیری شبیه‌سازی پویایی سیستم

سیدعلی چاوشیان[۱]، مرتضی بیات[۲]، سیدحسین سجادی‌فر[۳*]

۱- دکتری مدیریت جامع حوضه آبریز، مرکز منطقه‌ای مدیریت آب شهری تحت پوشش یونسکو. ۲- دانشجوی دکتری مدیریت ساخت، دانشگاه علم و صنعت ایران. ۳- دکتری سیستم‌های اقتصادی، مشاور اقتصادی، شرکت آب و فاضلاب استان تهران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: h.sajadifar@gmail.com)
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۱۰

چکیده

قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی، ابزاری کارآمد برای بهره‌مندی از پتانسیل‌های فنی، اجرایی، مدیریتی و منابع مالی بخش خصوصی در زمینه‌ی احداث و توسعهٔ پروژه‌های زیرساخت مورد توجه است. یکی از مهمترین و رایج‌ترین انواع مشارکت عمومی- خصوصی، قراداهای BOT می‌باشد. شناسایی و تعیین متغیرهای تصمیم‌گیری در این مدل قراردادی در موفقیت‌آمیز بودن آن و حصول به هدف‌های پیش‌بینی شدهٔ ذی‌نفعان، حیاتی و حایز اهمیت است. در مدل قراردادی BOT، قیمت محصول یکی از مهم‌ترین متغیرهای تصمیم‌گیری است که ذی‌نفعان حاضر در پروژه نسبت به آن دارای ترجیحات متفاوتی هستند. تنوع پارامترهای موثر بر قیمت محصول در پروژه‌های BOT، عدم قطعیت و وجود وابستگی‌ها و تأثیرات متقابل این پارامترها، محیط تصمیم‌گیری را پیچیده و لزوم نگرش سیستمی و به‌کارگیری مدل ریاضی را برای حل مساله نمایان می‌سازد. در این پژوهش با مروری بر شیوه‌های متداول تعیین قیمت محصول در پروژه‌های BOT، با به‌کارگیری مدل‌سازی پویایی سیستم، روشی برای تعیین قیمت محصول از نظر سرمایه‌گذار ارائه خواهد شد. شیوهٔ پیشنهادی محدود به پروژه‌های بخش آب و فاضلاب نبوده و می‌تواند در پروژه‌های BOT سایر بخش‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مدل مالی، پروژه‌های BOT، شبیه‌سازی پویایی سیستم، صنعت آب و فاضلاب.

Determining and Analysing Effective Factors on Water Price in Water and Sanitation BOT Contracts using System Dynamic Simulation

S.A. Chavoshian[1], M. Bayat[2], S.h. Sajadifar[3*]

1- PhD, Directors, UNESCO Regional Centre on Urban Water Management, Tehran, Iran. 2- Ph.D student, Construction Management, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran. 3- PhD, Economic Systems, Economic Consultant, Tehran Province Water & Wastewater Company, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: h.sajadifar@gmail.com)
Received: 12-06-2017
Accepted: 01-08-2017

Abstract

Public-pivate partnership contracts are considered as effective tools for taking advantage of the technical, executive, managerial, and financial resources of the private sector potentials in order to construct and develop infrastructures. One of the most important and common types of public-private partnership are BOT contracts. Identifying the decision-making variables in the contractual model appropriately is vital in the contract's success and in achieving the expected objectives of the stakeholders. The price of products in BOT contracts is the main decision-making variable that the project stakeholders have contradictory preferences. The variety of effective parameters that influence product prices in BOT projects, including uncertainty and their dependencies and interactions, complicates the decision making process. This reveals the necessity of a systematic approach and applying a mathematical model for solving the problems. In this paper, the most common methods for determining product prices in BOT projects is reviewed. A new system dynamics model is provided to determine the product price of BOT contracts from the viewpoint of the project investor. The proposed techniques are not limited to water and wastewater sector projects but also could be used in other BOT projects of the industrial sector.

Keywords: Financial model, BOT project, System dynamic simulation, Water and wastewater industry.

DOI: 10.22067/jwsd.v4i1.1.65078

مقدمه

نیاز به احداث و بهره‌برداری پروژه‌های زیربنایی[1] برای تأمین کالا یا خدمات عمومی و کمبود منابع مالی سبب شده دولت‌ها توجه ویژه‌ای به مکانیسم‌های مشارکت عمومی-خصوصی[2] داشته باشند تا موفق به جذب سرمایه‌ی بخش خصوصی شوند. مشارکت‌های عمومی- خصوصی، نوعی توافق بلندمدت بین بخش دولتی و خصوصی برای اجرا یا مدیریت پروژه‌های زیرساخت خدمات بخش عمومی است (Grimsy و Lewis، ۲۰۰۲). این نوع از قراردادها، امکان انتقال ریسک‌های ساخت، سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از پروژه را به بخش خصوصی فراهم می‌کند (Kwak و همکاران، ۲۰۰۹).

این نوع سیستم‌های قراردادی یکپارچه، با هدف انتقال وظایف دولت و استفاده از منابع مالی بخش خصوصی در انجام پروژه‌های بزرگ و پیچیده، به خصوص پروژه‌های زیربنایی، تسهیلات رفاهی و عمومی ایجاد شده‌اند.

از بین انواع شیوه‌های مشارکت عمومی-خصوصی، سیستم احداث- بهره‌برداری-واگذاری[3] بنا به مشخصات و ویژگی‌های خاص قراردادی، تأمین منابع مالی مورد نیاز و قابلیت انتقال ریسک به بخش خصوصی جایگاه ویژه‌ای دارد. در این مدل، دولت میزبان امتیاز طراحی، ساخت و بهره‌برداری را به شرکت پروژه[4] به‌عنوان صاحب امتیاز واگذار می‌نماید و صاحب امتیاز، مسئولیت تأمین منابع مالی مورد نیاز را به عهده داشته و در پایان دوره‌ی امتیاز، تأسیسات احداثی و بهره‌برداری از آن به دولت میزبان انتقال می‌یابد. صاحب امتیاز به‌طور معمول یک شرکت تک‌منظوره است (شرکت پروژه) و توسط حامیان پروژه تشکیل می‌شود. مراحل مختلف پیاده‌سازی پروژه به شیوه BOT[5] شامل تعریف پروژه (که به‌طور معمول توسط دولت میزبان براساس مطالعات امکان‌سنجی اولیه صورت می‌گیرد)، دعوت به مناقصه، تسلیم پیشنهادات متقاضیان، انتخاب برنده مناقصه، مذاکره و تدوین توافقنامه واگذاری امتیاز، طراحی، ساخت، بهره‌برداری و انتقال تأسیسات به دولت میزبان می‌باشد. شیوه BOT به دلیل حضور عامل‌ها و ذی‌نفعان مختلف با مطلوبیت‌های متفاوت و متناقض، ساختار قراردادی پیچیده‌ای دارد.

قیمت محصول یکی از مهم‌ترین متغیرها در قرادادهای BOT است که تعیین‌کننده‌ی توجیه‌پذیری مالی و سودآوری بوده و در مرحله‌ی مذاکره به شدت مورد توجه ذی‌نفعان قرار دارد (Shen و همکاران، ۲۰۰۷). قیمت محصول، متغیر تصمیم‌گیری پیچیده و در عین حال در معرض ریسک می‌باشد. از نظر سرمایه‌گذار، هم‌زمان با تعیین قیمت محصول به‌صورت حداقل ممکن که احتمال برنده شدن در مناقصه را حداکثر می‌کند، این قیمت باید به‌گونه‌ای تعیین شود که سود مورد انتظار را حداکثر نماید (Yelin و همکاران، ۲۰۱۲). قیمت‌گذاری محصول برای قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی، به دلیل فقدان شیوه‌های علمی و مبانی تئوری منجر به تعیین قیمت‌های بسیار بالا یا پایین می‌شود (Li، ۲۰۰۷). بررسی گستره‌ی ادبیات مرتبط با موضوع نشان می‌دهد که در قیمت‌گذاری محصول در قراردادهای BOT (به‌ویژه مدیریت بخشی آب) مطالعات چندانی انجام نشده و تعداد معدودی شیوه‌های عددی برای تعیین قیمت محصول با استفاده از ارزش فعلی خالص[6]، مدل برازش غیرخطی[7] و شبیه‌سازی مونت‌کارلو تهیه شده است (Yelin و همکاران، ۲۰۱۲). شیوه‌ی NPV و تخصیص ریسک، مدلی برای تعیین حداقل قیمت آب در پروژه‌های آبرسانی کشور مالزی ارائه شده‌است (Cheng و Tiong، ۲۰۰۵). اثر تنظیم قیمت بر ظرفیت بزرگراه‌ها در قراردادهای BOT با الگوریتم ژنتیک بررسی شده‌است(Subprasom و Chen، ۲۰۰۷) با به‌کارگیری شبیه‌سازی فازی، مدلی برای تعیین قیمت محصول و طول دورهی امتیاز ارائه شد (Ng و همکاران، ۲۰۰۷).

مواد و روش‌ها

۱- مدل مالی

مدل مالی شامل مجموعه‌ای از توابع ریاضی است که ارتباط بین پارامترها و متغیرهای مالی را تعریف می‌کند(Sandalkhan و همکاران، ۲۰۰۳). از مدل مالی به‌عنوان یک ابزار ضروری و پشتیبان تصمیم‌گیری در ارزیابی مالی پروژه استفاده می‌شود. اولین گام در تدوین یک مدل مالی، جمع‌آوری اطلاعات صحیح هزینه‌های پروژه و محاسبه‌ی جریان نقدی آتی پروژه می‌باشد. هر فرصت سرمایه‌گذاری می‌تواند به‌صورت کامل توسط جریان نقدی آتی پروژه توصیف شود (Marshall و Bansal، ۱۹۹۲). برای تعیین ارزش پروژه، پس از تخمین جریان نقدی، محاسبه‌ی ارزش زمانی پول[8] حایز اهمیت است. اصل اساسی در تأمین مالی و ارزیابی مالی، ارزش زمانی پول است (Sandalkhan و همکاران، ۲۰۰۳). خروجی نهایی مدل مالی، توجیه‌پذیری پروژه را از منظر هر یک از ذی‌نفعان مشخص می‌کند. از منظر سرمایه‌گذاران، معیار ارزیابی، حداقل نرخ داخلی بازگشت سرمایه می‌باشد. وام‌دهندگان با انجام آنالیز حساسیت با استفاده از مدل مالی، اطمینان از بازپرداخت اصل وام و پرداخت سود مورد انتظار را حتی در شرایط بدبینانه، کنترل و ارزیابی می‌کنند. دولت میزبان نیز در ارزیابی مالی پیشنهادات دریافتی در فرآیند مناقصه و تعیین برنده باتوجه‌به معیار تعریف شده در مناقصه و همچنین اطمینان از حصول حداقل سود مورد انتظار و جلوگیری از تحصیل سود غیرمتعارف سرمایه‌گذار، مدل مالی را به‌کار می‌گیرد. شرکت پروژه، دولت میزبان و وام‌دهنده به‌طور معمول از یک مدل مالی مورد توافق استفاده می‌کنند، هر چند ورودی‌های مدل برای هر یک از ذی‌نفعان متفاوت است.

پارامترهای ورودی و متغیرهای تصمیم‌گیری یک مدل مالی به شرح زیر قابل دسته‌بندی هستند:

- پارامترهای اقتصاد کلان: نرخ تورم، قیمت مواد اولیه، نرخ بهره و تسعیر ارز[9]، نرخ مالیات، نرخ سود سپرده.
- هزینه‌های دوره اجرا: هزینه‌های مستقیم دوره اجرا، هزینه تملک اراضی، هزینه‌های بالاسری شرکت پروژه و بیمه دوره اجرا.
- هزینه‌های تعمیر، نگهداری و درآمدهای دوره بهره‌برداری.
- مشخصات وام: میزان وام، نرخ بهره وام، دوره تنفس وام[10] و دوره بازپرداخت وام.
- ویژگی‌های پروژه BOT مورد نظر: طول دوره طراحی و اجرا، طول دوره امتیاز، نسبت آورده به وام، قیمت محصول (کالا یا خدمت) تولیدی پروژه.

برخی از پارامترهای ورودی مدل مالی به‌طور مستقیم مربوط به پروژه خاص، مد نظر نیست ولی بر توابع مطلوبیت ذی‌نفعان و معیارهای ارزیابی مالی تأثیر می‌گذارند (نرخ تورم یا تسعیر ارز). در مورد سایر پارامترهای ورودی مدل مانند مشخصات وام (میزان وام و نرخ بهره وام)، باید بین ذی‌نفعان توافق شود، و یا این‌که به‌عنوان متغیر تصمیم‌گیری در نظر گرفته شوند به‌طوری‌که این متغیرها چنان تعیین شوند که با به‌کارگیری مدل، معیارهای ذی‌نفعان حاضر در پروژه را ارضا کنند. برای نمونه، قیمت محصول می‌تواند به‌عنوان پارامتر ورودی مدل مالی توافق شود و با استفاده از مدل، طول دوره‌ی امتیاز به‌عنوان متغیر چنان تعیین شود که ضمن تأمین حداقل نرخ بازگشت سرمایه برای حامیان پروژه، بازپرداخت اصل وام و پرداخت بهره وام را با اطمینان مناسبی امکان‌پذیر نماید. در مقابل می‌توان طول دوره‌ی امتیاز را ثابت و به‌عنوان پارامتر ورودی مدل مالی در نظر گرفت و قیمت محصول را به‌عنوان متغیر چنان تعیین کرد که معیارهای قابل قبول حامیان پروژه و وام‌دهندگان را تأمین نماید. در نتیجه متغیرهای تصمیم‌گیری و ساختار مدل مالی برای هر پروژه BOT باید به‌صورت ویژه و سفارشی تعریف شود. به‌طورخلاصه هر مدل مالی از اجزای زیر تشکیل می‌شود:

- فرضیات مدل مالی.
- پارامترهای ورودی (قطعی و یا تحت تأثیر ریسک‌ها غیرقطعی باشند)
- متغیرهای تصمیم‌گیری (شاخص‌های ارزیابی مناقصه‌گران در مناقصه و تعیین برنده مناقصه)
- توابع مطلوبیت (معیارهای ارزیابی مالی ذی‌نفعان پروژه).

۲- روابط محاسباتی مدل مالی

Ranasinghe (۱۹۹۶) روابط محاسباتی برآورد کل هزینه اجرایی پروژه را ارائه کردند، این روابط توسط سایر محققین توسعه یافت و در مدل مالی پروژه‌های BOT به‌کارگرفته شد. این مدل در این بخش به‌اختصار مرور می‌شود (Xueqing Zhang، ۲۰۰۵).

$$C_T = C_B + C_E + C_I \quad (۱)$$

$$C_B = \sum_{i=1}^{m} C_B^i \quad (۲)$$

$$C_E = \sum_{i=1}^{m} C_E^i = \sum_{i=1}^{m} \left\{ C_B^i \left[\prod_{k=1}^{i} (1+e_k) - 1 \right] \right\} \quad (۳)$$

$$C_I = \sum_{i=1}^{m} C_I^i = (1-R) \sum_{i=1}^{m} \left\{ \left[C_B^i (1+r_D)^{m-i+1} \prod_{k=1}^{i} (1+e_k) - C_B^i \prod_{k=1}^{i} (1+e_k) \right] \right\} \quad (۴)$$

در روابط فوق، C_T: کل هزینه اجرایی پروژه که به ابتدای دوره تنزیل شده. C_B: برآورد هزینه اجرایی بر مبنای سال محاسبه (ابتدای دوره). C_E: تعدیل قیمت ناشی از تورم در طول دوره اجرا. C_I: بهره وام در دوره‌ی اجرا. C_B^i: برآورد هزینه اجرایی بر مبنای سال پایه برای سال iام از دوره اجرا C_B^i میزان تعدیل ناشی از تورم در سال iام از دوره اجرا. C_I^i: بهره متعلق به وام در سال iام از دوره اجرا. M: طول دوره‌ی اجرا. e_k: نرخ تعدیل هزینه‌های اجرایی در سال kام از دوره اجرا (e_1=0). R: درصد آورده تأمین مالی پروژه. r_D: نرخ بهره وام.

$$E_i = RC_B^i \prod_{k=1}^{i} (1+e_k) \quad (۵)$$

$$D_i = (1-R) C_B^i \prod_{k=1}^{i} (1+e_k) \quad (۶)$$

مطابق رابطه‌ی فوق برای i=1,2,...,m، E_i: سهم آورده از هزینه‌های اجرایی پروژه در سال iام. D_i: سهم وام در تأمین هزینه‌های اجرایی سال iام. فرض بر آن است که هزینه‌های اجرایی پروژه با ترکیبی از آورده حامیان پروژه و وام با درصد ثابتی به‌عنوان سهم هریک در دوره اجرا تأمین می‌شود.

$$P_D = (1-R) \sum_{i=1}^{m} \left[C_B^i (1+r_D)^{m-i+1} \prod_{k=1}^{i} (1+e_k) \right] \quad (۷)$$

در رابطه فوق، P_D: وام دریافتی به‌صورت تجمعی و با احتساب بهره متعلقه در دوره ساخت که برای زمان انتهای دوره اجرای پروژه محاسبه شده است. r_D: نرخ بهره وام.

$$D_j = (1-R) \frac{r_D (1+r_D)^n}{(1+r_D)^n - 1} \sum_{i=1}^{m} \left[C_i (1+r_D)^{m-i+1} \prod_{k=1}^{i} (1+e_k) \right] \quad (۸)$$

مطابق رابطه فوق برای j=1,2,…,n (n طول دوره‌ی بازپرداخت وام) D_j اقساط وام (بازپرداخت اصل و بهره) که در پرداخت‌های مساوی سالیانه تنظیم شده است.

$$I_j = D_J - DP_j = D_j - \frac{D_j}{(1+r_D)^{n-j+1}} \quad (۹)$$

در رابطه فوق، I_j: قسط بهره وام که در سال jام از دوره بهره‌برداری باید پرداخت شود. DP_j: میزان قسط بازپرداخت اصل وام در سال j ام از دوره بهره‌برداری.

$$PBIT_j = RE_j - OM_j - DE_j \quad (۱۰)$$

مطابق رابطه فوق برای j=1,2,…,p، p: طول دوره‌ی بهره‌برداری حامیان از تأسیسات احداثی. $PBIT_j$: سود شرکت پروژه از محل فروش محصول و قبل از پرداخت وام و مالیات. RE_j: کل دریافتی. OM_j: هزینه سالیانه بهره‌برداری و نگهداری. DE_j: استهلاک سرمایه‌گذاری.

$$NATCI_j = PBIT_j + DE_j - D_j - TAX_j = RE_j - OM_j - D_j - TAX_j \quad (۱۱)$$

در رابطه فوق، $NATCI_j$: خالص باقی‌مانده جریان نقدی در سال زام از دوره‌ی بهره‌برداری پس از پرداخت هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری و پرداخت اقساط وام و مالیات. DE_j: استهلاک سالیانه تأسیسات احداثی است که در محاسبه درآمد مشمول مالیات جزء هزینه‌ها لحاظ شده و مطابق رابطه (۱۲) به شیوه خطی مستقیم[11] محاسبه می‌شود.

$$DE_j=C_T/n_d \qquad (۱۲)$$

در رابطه فوق، C_T: کل هزینه‌های اجرایی پروژه. n_d: طول دوره بهره‌برداری.

$$TAX_j=r^j_{tax}(RE_j-OM_j-DE_j-I_j) \qquad (۱۳)$$

در رابطه فوق، TAX_j: مالیات بر درآمد شرکت پروژه در سال زام. r^j_{tax} : نرخ مالیات بر درآمد.

همانطور که مشاهده می‌شود در محاسبه مالیات بر درآمد، استهلاک سالیانه و میزان بهره وام به عنوان هزینه لحاظ شده که عامل اخیر یکی از انگیزه‌های حامیان در استفاده از وام است.

$$NPV_E=\sum_{j=1}^{p}\frac{NATCI_j}{(1+r)^{j+m}}-\sum_{i=1}^{m}\frac{E_i}{(1+r)^{i-1}} \qquad (۱۴)$$

در رابطه فوق برای $i=1,2,\ldots,m$ و $j=1,2,\ldots,p$، NPV_E: ارزش فعلی خالص پروژه از دیدگاه حامیان. r: نرخ تنزیل[12] از منظر حامیان پروژه و نرخ داخلی بازگشت سرمایه برای حامیان پروژه (IRRE) نرخ تنزیلی است که NPV_E به ازای آن معادل صفر می‌شود.

از منظر حامیان پروژه، درصورتی‌که $NPV_E\geq 0$ یا $IRRE\geq IRREmin$ باشد، پروژه مالی قابل قبول است.

$$DSCR_j=(RE_j-OM_j-TAX_j)/D_j \qquad (۱۵)$$

در رابطه فوق، $DSCR_j$: نسبت پوشش بازپرداخت وام[13] (معیاری برای ارزیابی وام اعطایی).

از منظر وام‌دهنده، زمانی جریان نقدی پروژه قابلیت بازپرداخت اصل و پرداخت بهره وام اعطایی را خواهد داشت که رابطه $DSCR_j\geq DSCRmin$ برقرار باشد. حداقل قابل قبول نسبت پوشش بازپرداخت وام بستگی به عامل‌های مختلفی مانند نوع پروژه، شرایط کشور میزبان، ریسک‌های پروژه و فرصت‌های دیگر در اختیار وام دهنده دارد و از منظر نهادهای مالی بین‌المللی این حداقل برابر ۱/۵ می‌باشد (bakatjan و همکاران، ۲۰۰۳).

نتایج و بحث

• به‌کارگیری شبیه‌سازی پویایی سیستم در مدل مالی قرارداد BOT

مراحل چهارگانه‌ی شبیه‌سازی پویایی سیستم در خصوص مدل مالی قرارداد BOT به شرح زیر است:

- تعریف مسأله: مدل مالی قرارداد BOT به‌عنوان یک سیستم پویا با پارامترهای مختلف و با رفتار غیرخطی در بستر زمان لحاظ می‌شوند. مسأله عبارت است از تعیین قیمت محصول به‌گونه‌ای که مطلوبیت ذی‌نفعان مختلف را تأمین نماید.

- مفهومی‌سازی سیستم: با استفاده از نمودارهای علت معلولی و حلقه‌های بازگشتی، تصویری کامل و قابل فهم از مدل مالی به‌عنوان یک سیستم پیچیده و نحوه تأثیر و تأثر پارامترها و متغیرها و توابع مطلوبیت مدل بر یکدیگر به دست می‌آید.

- فرمول‌بندی مدل: در این بخش با استفاده از دیاگرام جریان و انباره[20] و به‌کارگیری ابزارهایی مانند انباره و جریان و سپس تعریف توابع ریاضی که بیان کننده‌ی روابط کمی بین متغیرها و پارامترهای مدل هستند مدل ریاضی آماده تحلیل مسأله می‌گردد.

- تحلیل و صحت‌سنجی: رفع ایرادات احتمالی مدل[21] و تحلیل مدل[22] (رفتار خروجی‌های سیستم) در این مرحله انجام می‌گیرد. با به‌کارگیری اطلاعات تاریخی از نحوه‌ی رفتار سیستم، رفتار مدل به‌عنوان خروجی مدل ریاضی تهیه شده و صحت سنجی می‌شود (در صورت در اختیار داشتن داده‌های تاریخی). انجام آنالیز حساسیت در بررسی صحت

۳- شبیه‌سازی پویایی سیستم[14]

شبیه‌سازی پویایی سیستم یک شیوه و تکنیک مدل‌سازی ریاضی برای فهم بهتر و تحلیل دقیق‌تر و ابزاری برای پیش‌بینی رفتار سیستم‌های پیچیده می‌باشد. شبیه‌سازی پویایی سیستم در تحلیل سیستم‌های پیچیده که دارای رفتار غیرخطی پیوسته و یا گسسته در بستر زمان هستند ابزاری کارآمد می‌باشد و در گستره‌ی وسیعی از علوم مختلف از قبیل جامعه‌شناسی، مدیریت، صنعت، زیست‌شناسی اقتصاد و مهندسی کاربرد دارد. این شبیه‌سازی با توصیف روابط و تأثیر و تاثر عامل‌های حاضر در سیستم با استفاده از نمودارهای علت معلولی[15] و با بکارگیری ابزارهایی مانند انباره[16]، جریان[17] و حلقه‌های بازگشتی[18]، امکان فهم بهتر و دقیق‌تر از رفتار سیستم را فراهم می‌آورد (Ogunlana و همکاران، ۲۰۰۳). مراحل پیاده‌سازی شبیه‌سازی پویایی سیستم در شکل (۱) نشان داده شده است (Le و Law، ۲۰۰۹).

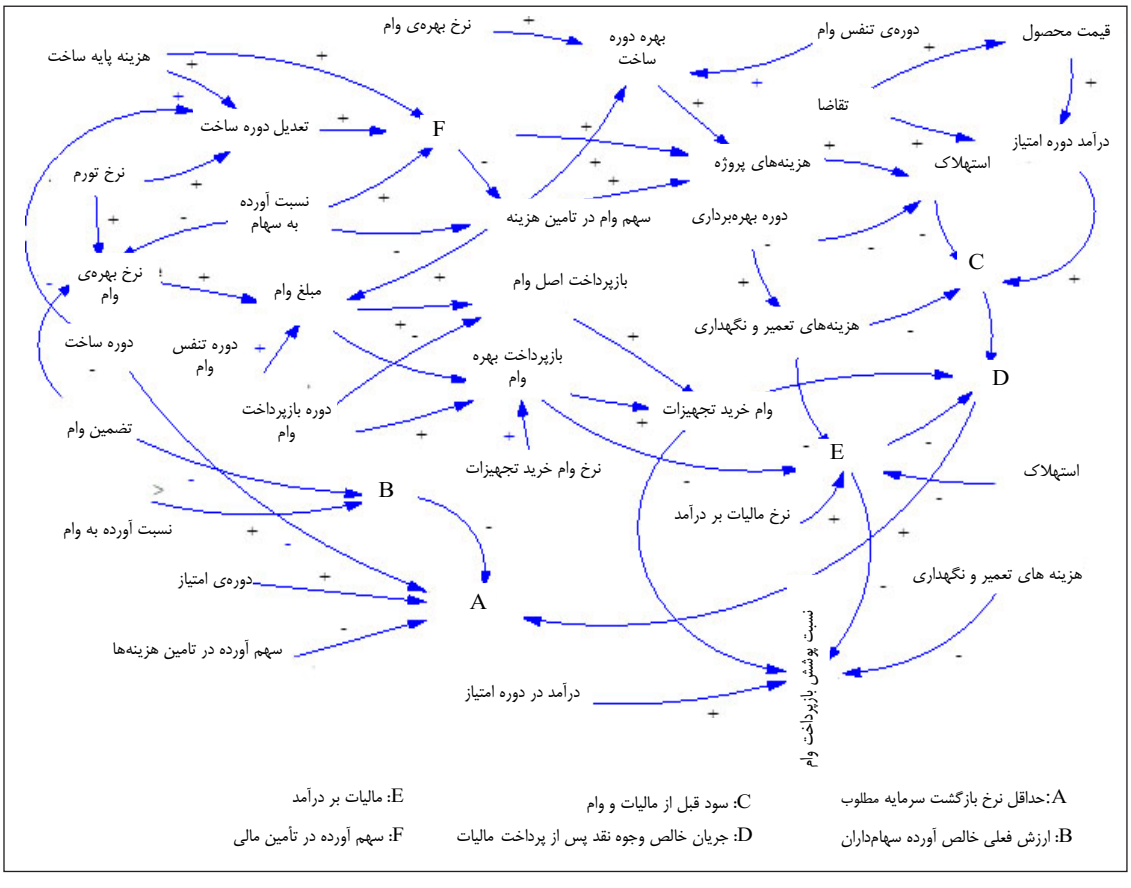
شکل ۱ - مراحل اصلی پیاده‌سازی شبیه سازی پویائی سیستم

مدل مالی در قراردادهای BOT سیستم پیچیده از عامل‌های مختلف با رفتار غیرخطی است. در این پژوهش تلاش شده با به‌کارگیری شبیه‌سازی پویایی سیستم ضمن مفهومی‌سازی[19] مدل مالی، ابزاری برای تحلیل و آنالیز حساسیت به‌عنوان پشتیبان تصمیم‌گیری ارائه شود. تا با به‌کارگیری آن، حامیان پروژه قادر باشند قیمت محصول را به‌گونه‌ای پیشنهاد دهند که ضمن افزایش شانس برنده شدن در مناقصه (ارائه‌ی حداقل قیمت ممکن برای محصول) و اطمینان از حداقل نرخ بازگشت سرمایه مد نظر، مطلوبیت وام‌دهندگان را در بازپرداخت وام دریافتی تأمین نمایند.

مدل‌سازی انجام شده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
با استفاده از نرم‌افزار Vensim نسخه‌ی PLE x32 و مطابق توضیحات بخش‌های آتی شبیه‌سازی پویایی سیستم برای مدل مالی قرارداد BOT پیاده‌سازی شده است.

۱- نمودار علت معلولی در مدل مالی قرارداد BOT

از نمودار علت-معلولی برای بررسی و تحلیل تعاملات پویای بین عناصر سیستم استفاده می‌شود که در آن تأثیرگذاری مثبت و منفی عناصر بر یکدیگر به ترتیب با علامت‌های (+) و (-) نمایش داده می‌شود. باتوجه‌به روابط ریاضی مدل مالی قرارداد BOT، نمودار علت- معلولی مدل مالی به‌عنوان یک سیستم پویا در شکل (۲) ارائه شده است. در نمودار مذکور، حداقل نرخ بازگشت سرمایه مطلوب سرمایه‌گذاران تابعی از سطح آورده و ریسک‌های پروژه است.



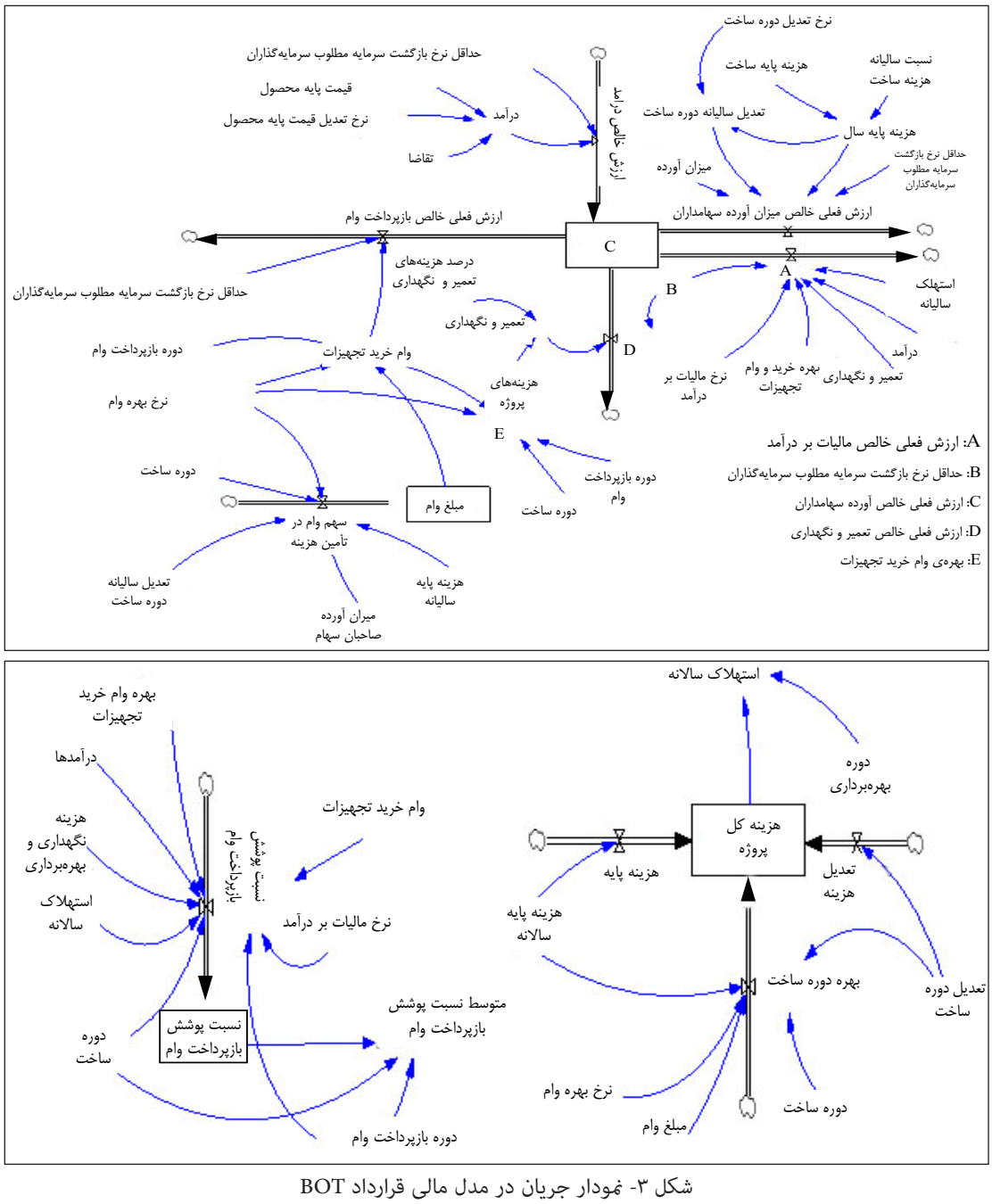
شکل ۲- نمودار علت-معلولی (دیاگرام تأثیر) مدل مالی قرارداد BOT

۲- نمودار جریان در مدل مالی قرارداد BOT

پس از تعیین چارچوب اصلی مدل و مشخص شدن نحوه ارتباط بین متغیرهای کلیدی در قالب نمودار علت و معلولی و با استفاده از نمودارهای جریان، مدل مالی صورت‌بندی می‌شود.
نمودارهای علت و معلولی، درک تصویری از ساختار سیستم ارائه می‌کنند؛ ولی این نمودارها برای بررسی رفتار سیستم در طول زمان کافی نیستند و برای درک بهتر رفتار سیستم باید روابط بین متغیرهای سیستم تدوین شوند و مقدار متغیرها در طول زمان شبیه‌سازی شود. برای انجام این‌کار باید نمودارهای جریان طراحی شوند (Sterman، ۲۰۰۰).
در شکل (۳) نمودار جریان برای مدل مالی قرارداد BOT پیاده‌سازی شده است.

۳-آنالیز حساسیت و تعیین قیمت محصول به‌عنوان متغیر تصمیم‌گیری

در این بخش با استفاده از مدل ریاضی تهیه شده و در خصوص یک پروژه BOT فرضی سدسازی با مشخصات مندرج در جدول (۱) و با تکنیک آنالیز حساسیت قیمت پایه محصول محاسبه شده است. هرگونه الگوی قیمت[۲۳] در مدل قابل پیاده‌سازی است، اما در مثال کاربردی، قیمت محصول در دوره‌ی بهره‌برداری به‌صورت ثابت فرض شده است و قیمت محصول (سنت برای هر مترمکعب آب تنظیمی سد) به‌گونه‌ای تعیین شده که ضمن برآورده کردن مطلوبیت سرمایه‌گذاران ($NPV_{equity\ holders}\geq 0$) مطلوبیت مد نظر وام‌دهندگان $DSCR_j \geq DSCR_{min}$ در طول سال‌های بازپرداخت وام نیز تأمین شود. در این مدل‌سازی فرض شده که قیمت محصول و تقاضا بر یکدیگر تأثیری ندارند.

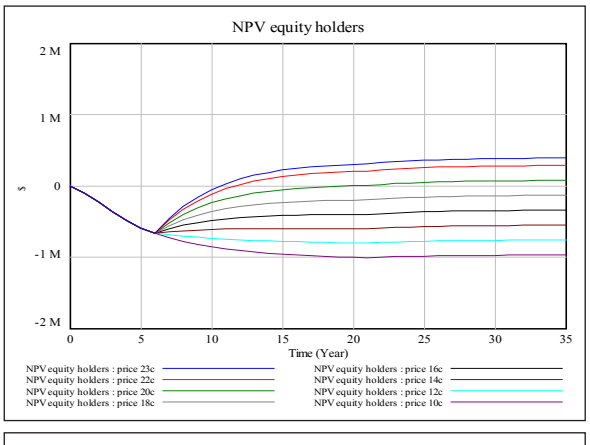


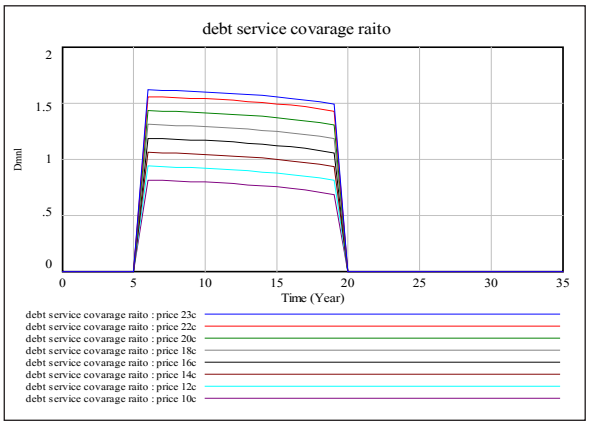
شکل ۳- نمودار جریان در مدل مالی قرارداد BOT

جدول ۱- فرضیات مثال کاربردی

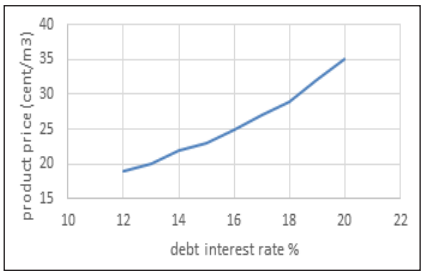
پروژه‌ی BOT: سد مخزنی با حجم آب قابل تنظیم سالیانه‌ی ۱۰ میلیون مترمکعب برای مصارف کشاورزی	هزینه پایه اجرای پروژه (برآورد شده براساس نرخ‌های سال اول شروع پروژه): ۵ میلیون دلار
دوره اجرا: ۵ سال	توزیع هزینه پایه اجرای پروژه در سال‌های اجرا: ابتدای پروژه ۱۰ درصد، سال اول ۱۵ درصد، سال‌های دوم و سوم و چهارم هر کدام ۲۰ درصد، سال پنجم ۱۵ درصد
دوره امتیاز (ساخت و بهره‌برداری): ۳۵ سال	قیمت فروش محصول به‌صورت ثابت در دوره بهره‌برداری
دوره بازپرداخت وام: ۱۵ سال	ضریب پوشش بازپرداخت وام مطلوب وام دهندگان ۱/۵
دوره تنفس وام = طول دوره ساخت: ۵ سال	هزینه تعمیر و نگهداری هر سال ۰/۵ درصد سرمایه‌گذاری
نرخ بهره وام: ۱۵ درصد	استهلاک سرمایه‌گذاری به صورت خطی در دوره بهره‌برداری
آورده سرمایه‌گذاران: ۲۰ درصد	مالیات تنها بر درآمد با نرخ ۲۰ درصد
نرخ داخلی بازگشت سرمایه مطلوب سرمایه‌گذاران: ۲۵ درصد	بازپرداخت وام در اقساط مساوی در دوره بازپرداخت وام

همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، پایینترین قیمتی که هم‌زمان مطلوبیت سرمایه‌گذاران و وام‌دهندگان را تأمین می‌کند، ۲۳ سنت برای هر مترمکعب آب کشاورزی است. قیمت ۲۰ و ۲۲ سنت برای هر مترمکعب آب، گرچه مطلوبیت سرمایه‌گذارن را تأمین می‌کند، اما به‌دلیل عدم تأمین معیار مطلوب وام دهندگان قابل قبول نخواهد بود. مدل تهیه شده امکان انجام هرگونه آنالیز حساسیت و سناریوسازی را در اختیار تحلیلگر قرار می‌دهد. به‌عنوان نمونه، حداقل قیمت قابل قبول محصول براساس تابعی از میزان بهره وام در شکل (۵) نمایش داد شده است. امکان لحاظ کردن ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها در مدل وجود دارد و پارامترهای ورودی مدل به‌صورت غیرقطعی (فازی) می‌توانند در نظر گرفته شوند که در این صورت خروجی‌های مدل (معیارهای تصمیم‌گیری) نیز اعداد فازی خواهند بود. امکان تلفیق مدل تهیه شده با شبیه‌سازی مونت کارلو[۲۴] و اعمال ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها در مدل با استفاده از توابع توزیع احتمال پارامترهای ورودی مدل وجود دارد. به‌عنوان نمونه چنانچه عدم قطعیت در برآورد هزینه‌ی پایه اجرای پروژه مطابق شکل (۶)به‌صورت یک عدد فازی در نظر گرفته شود، خروجی مدل (قیمت محصول) مطابق شکل (۷) عددی فازی خواهد بود.

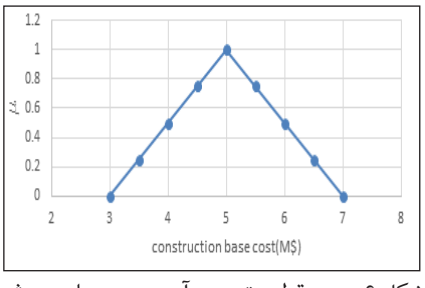




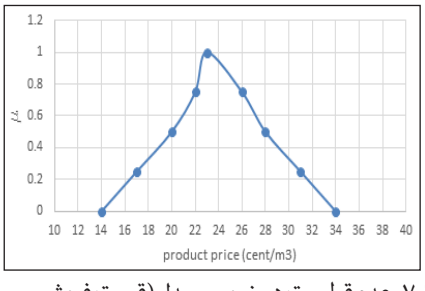
شکل ۴- اثر قیمت محصول بر معیارهای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران و وام‌دهندگان



شکل ۵- تغییرات قیمت محصول با نرخ بهره وام



شکل ۶- عدم قطعیت در برآورد هزینه پایه پروژه



شکل۷- عدم قطعیت در خروجی مدل (قیمت فروش محصول)

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مدل مالی در قراردادهای BOT به‌عنوان مدل قراردادی فراگیر و شناخته شده از مشارکت‌های عمومی - خصوصی، با وجود پارامترهای متنوع و معیارهای تصمیم‌گیری گوناگون و حضور ذی‌نفعان مختلف با مطلوبیت‌های مختلف و بعضاً متضاد، سیستمی پیچیده است که تصمیم‌گیری را دشوار می‌کند. در این پژوهش، با به‌کارگیری شبیه‌سازی پویایی سیستم و نگرش به مدل مالی به‌عنوان یک سیستم پویا، روابط علت - معلولی بین عامل‌های مختلف مدل مالی با استفاده از دیاگرام تأثیر، تصویرسازی می‌شود، که درک قابل فهمی از ماهیت مدل مالی ارایه می‌کند. در مرحله بعد با استفاده از دیاگرام جریان و توابع ریاضی که بیانگر نحوه‌ی تأثیر و تأثر پارامترها و متغیرهای مدل بر یکدیگر می‌باشد شبیه‌سازی مدل مالی تکمیل شد. در نهایت با به‌کارگیری مدل ریاضی تهیه شده در بستر یک نمونه‌ی کاربردی از یک پروژه BOT فرضی، قیمت محصول تولیدی به‌گونه‌ای تعیین شد که مطلوبیت سرمایه‌گذاران و وام‌دهندگان را به‌طور هم‌زمان تأمین نماید.

مدل تهیه شده قابلیت اعمال ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها را در مدل مالی پروژه BOT فراهم می‌کند که امکان تلفیق آن با تئوری‌های فازی و شبیه‌سازی مونت کارلو وجود دارد. در این مدل فرض شده، قیمت محصول و تقاضا بر یکدیگر تأثیری ندارند و مستقل از یکدیگرند که فرض صحیحی نیست. چنانچه منحنی تغییرات تقاضا مشخص باشد، امکان پیاده‌سازی آن در مدل وجود دارد. برای توسعه مدل و سفارشی‌سازی آن برای پروژه‌های مشخص، می‌توان با تعیین پارامترهای موثر بر قیمت محصول، تقاضا و نحوه‌ی اثر آن‌ها بر یکدیگر و تعریف توابع ریاضی مربوطه، این موضوع را در مدل پیاده‌سازی کرد.

پی‌نوشت

1- Infrastructure Projects
2- Public - Private Partnership (PPP)
3- Build – Operate - Transfer
4- Project Company (Single Purpose Vehicle or SPV)
5- Build–operate–transfer
6- Net Present Value (NPV)
7- Nonlinear Regression Model
8- Time Value of Money
9- Exchange Rate
10- Grace Period
11- Straight-line Depreciation
12- Discount Rate
13- Debt Service Coverage Ratio (DSCR)
14- System Dynamic Simulation (SDS)
15- Causal Loop Diagram (Influence Diagram)
16- Stock
17- Flow
18- Feedback Loop
19- System Conceptualization
20- Stock and Flow Diagram
21- Debugging
22- Model Analysis
23- Price Pattern
24- Monte carlo simulation

منابع

Bakatjan S., Arikan M. and Tiong R.L.K. 2003. Optimal capital structure Model for BOT Power Projects in Turkey. Journal of Construction Engineering and Management, 129(1): 89-97.

Cheng L.Y. and Tiong R.L.K. 2005. Minimum feasible tariff model for BOT water supply projects in Malaysia. Construction Management and Economics 233: 255-263.

Grimsy D. and Lewis M. K. 2002. Evaluation the Risks of Public-Private Partnerships for Infrastructure projects. Int. J. Proj. Manag, 20(2): 107-118.

Kwak Y.H., Chih Y. and Ibbs. C.W. 2009. Towards a Comperhensive Underestanding of Public Private Partneships for Infrastructure Development. Calif. Manage. Rev, 51(2): 51-78.

Le M.A.T. and Law K.H. 2009. System dynamic Approach for simulation of experience transfer in the AEC industry. J. Costr. Eng. Manage, 25(4): 195-203.

Li J.H. 2007. Pricing model and empirical analysis of PPP projects' product or service. Master thesis. Southeast University. China.

Marshall J.F. and Bansal V.K. 1992. Valuation relationships and applications. Financial Engineering. New York Institute of Finance. Allyn and Bacon Inc. New York.

Ng S.T., Xie J., Chung Y.K. and Jefferies M. 2007. A Simulation Model for Optimizing the Concession Period of Public-Private Partnerships Schemes. International Journal of Project Management, 25: 791-798.

Ogunlana S.O., Li H. and Sukhera F.A. 2003. System dynamics approach to exploring performance enhancement in construction organization. Journal of Construction Engineering and Management, 129(5): 528-536.

Shen L.Y., Bao H.J., Wu Y.Z. and Lu W.S. 2007. Using Bargaining-Game Theory for Negotiating Concession Period for BOT-Type Contract. J.Constr. Eng. Manage, 133: 385-392.

Sterman J. 2000. Business Dynamics System Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw –Hill Publication, ISBN-10: 9780072389159.

Subprasom K. and Chen A. 2007. Effects of regulation on highway pricing and capacity choice of build-operate-transfer scheme. J. Constr. Eng. Manag, 1331: 64-71.

Ranasinghe M. 1996. Total project cost: A simplified model for decision makers. Constr. Manage. Econom, 14: 497–505.

Yelin X., Chengshuang S., Miroslaw J.S., Albert. P.C.C., John, F.Y.Y. and Hu C. 2012. System Dynamics SD-based concession pricing model for PPP highway projects. International Journal of Project Management, 30: 240-251.

Zhang X. 2005. Financial viability Ananlysis and capital structure optimization in privatized public Infrastructure projects. J. Costr. Eng. Manage, 131: 656-668.