Qualitative approach and decision-making procedures for selecting BOT and BOO projects based on the risk in the water and wastewater industry

R. Shahrjerdi[1*], M. Raoufinia[2], S.H. Sajadifar[3], A. Khalili[4]

1,3,4- PhD of Industrial Engineering & PhD of Economic Systems & Master of Civil Engineering, Markazi Province Water and Wastewater Company, Iran.
2- PhD student of Industrial Engineering, Azad University, Tehran Shomal, Iran.
*(Corresponding Author Email: r.shahrjerdi@yahoo.com)

Received: 13-11-2014
Accepted: 19 -2-2015

Abstract

One of the most important strategies for governments to increase the efficiency of different economic sectors, including public services such as water, is to protect and strengthen the private sector. BOT and BOO contracts are among the most common and popular procedures of development of participation and investment from private sector. In this context, providing a good basis for the selection of investment projects using a powerful tool in order to improve the product quality and creating a qualitative customer-driven system (Quality Function Development) is very important. Therefore, the use of multi-criteria decision-making techniques, such as the similarity of the ideal options is necessary to choose the ideal investment. In this paper, a new method proposed to solve the problem of selection of investment projects by employing a powerful tool to improve product quality (Fuzzy Quality Function Deployment (F(QFD)) and Fuzzy multi-criteria decision making techniques (FTOPSIS) and then by considering the factors of risk and their impact on four important factors of the projects including: time, cost, scope and quality. Consequently, FQFD was used to calculate the weight of each risk factor, and then they were ranked by FTOPSIS algorithm based on the development of infrastructure projects and assets. Subsequently, we show through a case study of the proposed method.

Keywords: Build-Operate-Transfer, project risk management, similarity to the fuzzy ideal option model, fuzzy quality function development.

رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک در صنعت آب و فاضلاب

رضا شهرجردی[۱*]، مرجان رئوفی‌نیا[۲]، سید حسین سجادی‌فر[۳]، عبدالرضا خلیلی[۴]

۱،۳،۴-به ترتیب دکترای مهندسی صنایع، دکترای سیستم‌های اقتصادی و کارشناس ارشد مهندسی عمران، شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی. ۲- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد تهران شمال.
*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: r.shahrjerdi@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۳۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین راهبردهای دولت‌ها برای افزایش کارآمدی بخش‌های مختلف اقتصادی، از جمله خدمات بخش عمومی مانند آب و فاضلاب، حمایت از ورود بخش خصوصی و گام برداشتن در مسیر خصوصی‌سازی است. استفاده از روش‌های BOT و BOO رویکردهای بسیار معمول و پرطرفدار در جذب مشارکت و سرمایه‌های بخش خصوصی محسوب می‌شوند. در این زمینه، فراهم‌سازی بسترهای مناسب در راستای انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از ابزاری قدرتمند برای بهبود کیفیت محصول و ایجاد سامانه‌ی کیفیتی مشتری مدار (توسعه‌ی عملکرد کیفیت) بسیار حایز اهمیت بوده و در این راستا استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند شباهت به گزینه‌های ایده‌آل به منظور انتخاب گزینه‌ی ایده‌آل سرمایه‌گذاری ضروری است. هدف این پژوهش، پیشنهاد روشی جدید برای رفع مشکل انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری با رویکرد مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل و توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی با در نظر گرفتن فاکتورهای ریسک و تأثیر آن‌ها بر چهار فاکتور پروژه‌ها (زمان، هزینه، محدوده و کیفیت) می‌باشد. وزن نسبی هر یک از فاکتورهای ریسک با استفاده از توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی محاسبه و در نهایت با رویکرد مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی، پروژه‌های BOT بر اساس توسعه‌ی زیر ساخت‌ها و دارایی‌ها رتبه‌بندی شده است. با ارایه‌ی یک مطالعه‌ی موردی عملیاتی شده، مراحل این روش پیشنهادی تصریح شده است.

واژه‌های کلیدی: BOT، مدیریت ریسک پروژه، مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی، توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی.

مقدمه

وظیفه‌ی اصلی صنعت آب و فاضلاب کشور، تأمین آب و خدمات دفع بهداشتی فاضلاب است که نیل به آن مستلزم صرف هزینه‌های بسیاری می‌باشد. نیاز به سرمایه‌گذاری کلان و حاشیه‌ی سود زیاد (مصارف سرمایه‌ای) یکی از مشخصات منحصر به فرد صنعت آب و فاضلاب بوده و نظر به وجود پاره‌ای مشکلات، سرمایه در گردش عملیات مستمر و منابع سرمایه‌ای داخلی صنعت (حق انشعاب، سرمایه‌ی اهدایی و تبصره‌های قانونی) توانایی پوشش مصارف سرمایه‌ای را ندارند. این موضوع ناشی از محدودیت‌های قانونی در اعمال قیمت‌های اقتصادی، افزایش سطح عمومی نهاده‌های تولید و تجهیزات فنی (تورم)، وضعیت نوسانات بودجه‌ی عمومی دولت، آلودگی منابع آبی و حوضه‌های آبخیز حاشیه‌ی شهرها، مسایل زیست محیطی و موارد مشابه می‌باشد. این در حالی است که تأمین منابع مالی از طریق بازار سرمایه‌ی داخلی (انتشار سهام در بازار بورس اوراق بهادار و اوراق قرضه) با توجه به محدودیت‌های قانونی و شرایط اقتصادی و اجتماعی حاکم بر صنعت و کشور وجود ندارد. بنابراین جذب سرمایه‌های برون سازمانی و مشارکت عمومی با توجه به موجود بودن بسترهای قانونی (اصل ۴۴ قانون اساسی) یکی از روش‌های مؤثر برای تأمین منابع مالی سرمایه‌گذاری در صنعت آب و فاضلاب و گذر از مشکل تأمین نقدینگی است. بسیاری از سازمان‌ها برای نیل به وظایفی که برای آن‌ها تدوین شده نظر به بسیاری از موارد با کمبود سرمایه در گردش و کسری منابع مالی سرمایه‌گذاری مواجهه می‌باشند که برای جبران آن متوسل به منابع مالی برون سازمانی می‌شوند. همچنین در سطح کلان و ملی بسیاری از دولت‌ها به خصوص کشورهای حوزه‌ی پولی یورو، آمریکای شمالی و جنوب شرق آسیا به منظور کاهش فعالیت‌ها و هزینه‌های دولتی، عدالت توزیعی منابع عمومی و ایجاد اقتصادی پویا، فعالیت‌های گسترده‌ای را از طریق ایجاد بسترهای مناسب در راستای تأمین منابع مالی و سرمایه‌ی واحدهای بخش خصوصی انجام داده‌اند.

برای نمونه در کشور هلند صنعت آب و فاضلاب آن توسط ۱۰ شرکت انجام می‌شود که سهام ۹ شرکت آن به جز شرکت watemet که مسؤولیت تأمین آب شهر آمستردام را بر عهده دارد، صد درصد دولتی است. در ترکیب ترازنامه‌ی آن‌ها سهم تسهیلات مالی دریافتی بیشتر از مجموع حقوق صاحبان سهام و بدهی‌های جاری است. برای مثال در شرکت آب dunea با نام تجاری و بین‌المللی داین واتر بدریف در سال ۲۰۰۷ نسبت تسهیلات مالی دریافتی به مجموع بدهی‌ها و حقوق صاحبان سهام، ۴۷ درصد (۴۶ درصد سال ۲۰۰۶) گزارش شده است. روش‌های تأمین مالی در سال‌های اخیر رشد زیادی داشته و سازمان‌ها را با تصمیم‌گیری‌های بسیار حساسی مواجهه ساخته که چه روشی می‌تواند در تأمین سرمایه‌گذاری راهگشا باشد و با توجه به محدویت موجود انتخاب چه پروژه‌های سرمایه‌گذاری بیش‌ترین کارآمدی را خواهد داشت. پژوهش حاضر برای رفع مشکل پیچیدگی انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری بهینه، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری ایده‌آل[1] با رویکرد عملکرد کیفیت فازی و نیز در نظر گرفتن فاکتورهای ریسک به اولویت بندی انتخاب پروژه‌ها (گزینه‌های ترجیحی) می‌پردازد. یک سازمان می‌تواند منابع مالی مورد نیاز خود را از روش‌های منابع داخلی،استقراضی و یا غیراستقراضی (BOO، BOT، ...) تامین نماید. چند سالی است که استفاده از روش‌های BOT[2] و BOO[3] در مقایسه با سایر روش‌ها در کشورهای مختلف استفاده فراوان شده و کارآمدی و اثربخشی آن‌ها به اثبات رسیده است. این پژوهش نظر به کارآمدی روش‌های BOT و BOO در مقایسه با سایر روش‌های تأمین مالی و همچنین وجود بسترهای قانونی و شرایط حاکمیتی صنعت آب و فاضلاب و با هدف رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT مبتنی بر ریسک انجام شده است. مطالعات متعددی در زمینه‌ی تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک انجام شده که در ادامه به تعدادی از آن‌ها به صورت اختصار مطابق جدول (۱) اشاره می‌شود.

جدول۱- تعدادی از پژوهش‌های انجام شده برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO

محققان	موضوع
Wang و همکاران (۱۹۹۸ و ۲۰۰۰)	تعیین ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های BOT در بخش‌های زیر ساختی مختلف شامل قابلیت اطمینان تیم، تغییر در قوانین، موارد بحرانی و فساد
Kumaraswamy (۲۰۰۱)	انتخاب روش‌های انجام BOT در کشور هنگ کنگ در چارچوب مدیریت مؤثر برای احداث تونل‌های مترو و حمل و نقل عمومی
Zhao و همکاران (۲۰۱۰)	ایجاد محیطی برای برخورداری از تسهیلات کاربردی پروژه‌های با رویکرد BOT در پروژه‌های نیروگاهی کشور چین
Kang & Feng (۲۰۰۹,۲۰۰۵) و Chen (۲۰۰۹)	ارزیابی ریسک‌های ذاتی که بخش‌های خصوصی در پروژه‌های BOT هلدینگ با آن مواجهه بوده پرداخته و مدلی برای ارزیابی ریسک آن‌ها ارایه داده‌اند.
Tiong و همکاران (۱۹۹۸، ۲۰۰۰)، He (۱۹۹۶)، Dey (۱۹۹۹) و Walker & Smith (۱۹۹۵)	استراتژی کاهش ریسکی در شرایط برنده شدن امتیاز BOT

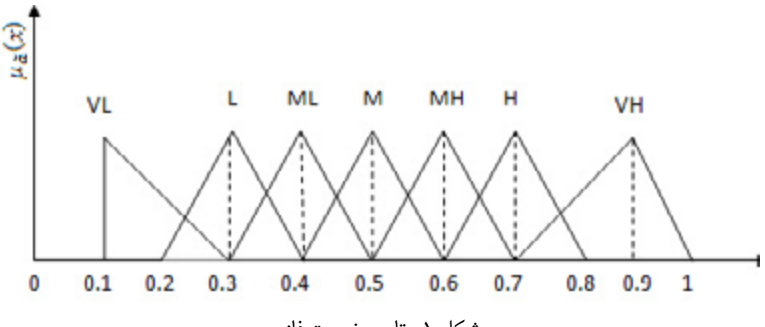
مدیریت ریسک پروژه (مبانی نظری)

ریسک پروژه به صورت شانس وقوع رخدادی تعریف می‌شود که دارای بیش‌ترین اثر منفی احتمالی بر هدف‌های پروژه می‌باشد و با عبارت‌هایی نظیر احتمال وقوع و پیامد، اندازه‌گیری می‌شود. استاندارد راهنمای گسترهی دانش مدیریت پروژه[۴]، که توسط مؤسسه‌ی مدیریت پروژه[۵] تدوین شده است به عنوان راهنمایی برای تحقق الزامات پروژه اعم از استاندارد مدیریت پروژه، ریسک، برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل فعالیت‌های پروژه به کار می‌رود و قابلیت تعمیم به تمامی مدیریت پروژه‌ها در کشور ما را نیز دارد. تعاریف و برداشت‌های متعددی از مدیریت ریسک توسط اشخاص و مؤسسه‌های صاحب نظر مدیریت ریسک پروژه شده، که به نظر می‌رسد تعریف Burke (۲۰۱۳) و مؤسسه‌ی مدیریت پروژه از سایرین جامع‌تر می‌باشد. طبق تعریف Burke مدیریت ریسک فرآیندی است با مفهوم تشخیص، تحلیل و پاسخی به تمام مسائل نامعین در طول دوره‌ی حیات پروژه، که شامل حداکثرسازی نتایج وقایع مثبت و حداقل سازی تبعات وقایع منفی است. Dey پیشنهاد کرده است که این فرآیندها دارای سه لایه‌ی تعیین فاکتورهای ریسک، تحلیل اثرات آنها و پاسخگویی به ریسک می‌باشد (Dey، ۱۹۹۹). همچنین Turner مدیریت ریسک را به پنج مرحله تقسیم می‌کند که شامل تشخیص منبع ریسک، تعیین اثر ریسک‌های انفرادی، ارزیابی کل اثرات ریسک، اندازه‌گیری ریسک و کاهش آن در صورت امکان و کنترل ریسک‌های تعیین شده است (Turner و همکاران، ۱۹۹۲). همچنین تعریف مؤسسه‌ی مدیریت پروژه به این شرح است: رویدادهای نامعین یا موقعیتی که اگر اتفاق بیفتد بر هدف پروژه تاثیر مثبت یا منفی خواهد گذاشت. ادبیات مرتبط با مدیریت ریسک پروژه به طور عمده به توصیف نیاز به رتبه‌بندی می‌پردازد و در واقع نیاز به تمرکز بر مدیریت ریسک، ریسک‌های بالاتر را نشان می‌دهد (Archer و Baccarini، ۲۰۰۱). مطابق تعاریف ارایه شده مدیریت ریسک پروژه عبارت است به حداقل رساندن نتایج و پیامدهای حاصل از رویدادهای نامطلوب و به حداکثر رساندن نتایج حاصل از رویدادهای مطلوب. مدیریت ریسک پروژه از شش فرآیند برنامه‌ریزی، شناسایی ریسک، تجزیه و تحلیل کیفی و کمی، برنامه‌ریزی پاسخ ریسک و کنترل تشکیل شده است. نکته‌ی بسیار حایز اهمیت این که ریسک‌های پروژه به ندرت مستقل از یکدیگر می‌باشند و به طور معمول دارای درجه‌ای از روابط متقابل می‌باشند که با لحاظ کردن این تعاملات می‌توان به ارزیابی یا شناسایی صحیح‌تر مهم‌ترین ریسک‌های تاثیرگذار در موفقیت پروژه دست پیدا کرد. ریسک‌های پروژه از تنوع بسیار زیادی برخوردار می‌باشند و جامعیت خاصی برای تمام پروژه‌ها ندارند؛ با این وجود بر اساس چهارمین نسخه از ویرایش راهنمای گسترده‌ی مدیریت پروژه در سال ۲۰۱۲ ریسک‌های اصلی پروژه شامل ریسک فنی، درون سازمانی، برون سازمانی و مدیریتی می‌باشند.

مجموعه و اعداد فازی

بنیاد منطق فازی بر شالوده‌ی نظریه‌ی مجموعه‌های فازی استوار است و تعمیمی از نظریه‌ی کلاسیک مجموعه‌ها می‌باشد. مطابق تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه است یا نیست و در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و دستگاه اعداد دودویی (باینری) تبعیت می‌کند. تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهند و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. منطق فازی کاربردهای فراوانی در علوم مختلف دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تفسیری است که این علم از ساختار تصمیم‌گیری‌های موجودات هوشمند و در رأس آن‌ها، هوش انسان می‌باشد.

یک مجموعه‌ی فازی $\tilde{A}$ در یک وضعیت جهانی بر اساس عنصر X تعریف می‌شود. تابع عضویت $M_{\tilde{A}}(X)$ که مقدار آن برابر با یک عدد حقیقی در فواصل [۰,۱] است، خصوصیات این مجموعه را بیان می‌کند. عدد فازی مثلثی به سه گوشه مثبت $\tilde{N}$[۶] به صورت (N_1,N_2,N_3) تعیین می‌شود. اعداد فازی مثلثی در میان اعداد فازی متداول (ذوزنقه‌ای) به دلیل سادگی در مدل‌سازی و تفسیر آسان، بیشترین کاربرد را دارند. در این پژوهش با استفاده از متغیرهای زبانی[۷] تعداد هفت عدد فازی مثلثی مطابق جدول (۲) و شکل (۱) تعریف شده است. یک متغیر زبانی متغیری است که ارزش‌های آن بر اساس اصطلاحات زبانی بیان می‌شود. مفهوم متغیر زبانی در رابطه با موقعیت‌ها بسیار پیچیده، اما مفید بوده و یا تعریف کمّی درستی از آن‌ها ارایه نشده است.



شکل ۱– تابع عضویت فازی

جدول ۲- اعداد فازی مثلثی به هر یک از متغیرهای زبانی

متغیرهای زبانی	نشانه	اعداد فازی
خیلی کم	VL	(۰.۱, ۰.۱, ۰.۳)
کم	L	(۰.۲, ۰.۳, ۰.۴)
متوسط به پایین	ML	(۰.۳, ۰.۴, ۰.۵)
متوسط	M	(۰.۴, ۰.۵, ۰.۶)
متوسط به بالا	MH	(۰.۵, ۰.۶, ۰.۷)
زیاد	H	(۰.۶, ۰.۷, ۰.۸)
خیلی زیاد	VH	(۰.۷, ۰.۹, ۱, ۰)

توسعه‌ی عملکرد کیفیت

توسعه‌ی عملکرد کیفیت [۸] به عنوان یکی از روش‌های مدیریت کیفیت یک راهنمای ساختار یافته و خطی است که به موجب آن، نیازهای مشتری به محصولات و خدمات، مطابق با نیازهای آن‌ها تولید می‌شود. این فرآیند به طور معمول با کیفیت اجزای عملکردی آغاز شده و سپس به کیفیت همه‌ی قسمت‌ها و فرآیندها گسترش می‌یابد. توسعه‌ی عملکرد کیفیت از دو جزء کیفیت و عملکرد تشکیل یافته که منجر به گسترش در طول فرآیند طراحی می‌گردد. توسعه‌ی عملکرد کیفیت در واقع روش توسعه، گسترش ویژگی‌ها و کارکردهایی است که به محصولات با توجه به نیاز مشتریان، کیفیت می‌بخشد. هدف اصلی توسعه‌ی عملکرد کیفیت مطابق جدول (۳) می‌باشد.

جدول ۳- تعدادی از اهداف اصلی توسعه‌ی عملکرد کیفیت

محسوس	نامحسوس
• طراحی محصول با هزینه‌ی کمتر	• افزایش رضایت مشتری
• حذف تغییرات مکرر فنی	• تسهیل در کار گروهی با چندین نظام مختلف
• شناسایی مقدماتی نقاط بحرانی پروژه	• ایجاد منبعی قابل تبدیل برای دانش فنی
• تعیین فرآیندهای آتی تولید	• تشویق اعضای توسعه‌ی عملکرد کیفیت به انتقال دانش
• کاهش زمان توسعه‌ی محصول و تخصیص بهینه‌ی منابع	• اجرای دقیق و همزمان تمامی عناصر توسعه‌ی عملکرد کیفیت
	• تبدیل خواسته‌های نامفهوم مشتریان به خواسته‌های قابل درک
	• شناسایی بهتر خواسته‌های مشتری

مدل پیشنهادی

مدل پیشنهادی برای انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری BOT یا BOO در این پژوهش، ترکیبی از روش‌های توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی و مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی است که در سه مرحله و مطابق شکل (۲) انجام شده است:

۱- تعیین ریسک‌های متنوع پروژه.

۲- محاسبات توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی برای به دست آوردن وزن‌های فاکتورهای ریسک.

۳- ارزیابی (رتبه‌بندی) پروژه‌های سرمایه‌گذاری با مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی و تعیین بهترین پروژه‌ی سرمایه‌گذاری.

شکل ۲- نمودار فرآیند انتخاب بهترین پروژه‌ی سرمایه‌گذاری BOT یا BOO

تکنیک‌های تصمیم‌گیری فازی

تکنیک‌های متنوعی برای رتبه‌بندی و انتخاب گزینه‌های ترجیحی وجود دارد که مدل شباهت به راه‌حل ایده‌آل یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌های کلاسیک مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره [۹] است. مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل به طور گسترده برای از بین بردن مشکلات رتبه‌بندی در موقعیت‌های واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد و روش بسیار مناسب برای حل مسایل تصمیم‌گیری در محیط فازی می‌باشد (Zamri و Abdullah، ۲۰۱۴). وزن فاکتورهای ریسک به عنوان یکی از پیش‌نیازهای مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در این پژوهش با استفاده از روش توسعه‌ی عملکرد کیفیت محاسبه شده و رتبه‌بندی معیارها، توسط متغیرهای در چارچوب اعداد فازی مثبت مثلثی انجام شده است.

مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی

منطق مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی، راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی است. راه‌حل ایده‌آل مثبت، معیارهای با مطلوبیت نزولی را حداکثر و معیارهای مطلوبیت صعودی را حداقل می‌نماید. راه‌حل ایده‌آل منفی، معیارهای مطلوبیت صعودی را حداکثر و معیارهای مطلوبیت نزولی را حداقل می‌کند. گزینه‌ی بهینه، نزدیک‌ترین گزینه به راه‌حل ایده‌آل مثبت و دورترین گزینه از راه‌حل ایده‌آل منفی است. حل یک مسئله با مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی مستلزم ماتریس تصمیم‌گیری است که شامل مجموعه‌ای از m گزینه است که بر اساس n شاخص ارزیابی می‌شوند.

$$G=\left[G_{ij}\right]_{m*n}=\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ A_m \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & \cdots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & \cdots & G_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ G_{m1} & G_{m2} & \cdots & G_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

مطابق ماتریس فوق $A_1, A_2, \ldots, A_m$ گزینه‌ها می‌باشند که توسط تصمیم‌گیرندگان (خبرگان صنعت) بایستی ارزیابی شوند. $C_1, C_2, \ldots, C_n$ معیارهایی هستند که در مقابل عملکرد گزینه‌ها در نظر گرفته می‌شوند. G_{ij} رتبه‌ی گزینه‌ی A_i در برابر معیار C_j و W_j وزن C_j می‌باشد. این وزن‌ها اهمیت معیارهای ارایه شده توسط تصمیم‌گیرندگان از طریق بررسی‌ها و ارزیابی‌های ذهنی را با واژه‌های زبانی مطابق جدول (۲) نشان می‌دهند.

مطالعه موردی

به منظور آشنایی و نحوه‌ی استفاده از رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک در صنعت آب و فاضلاب و تحلیل نتیجه‌ها و یافته‌ها، یک نمونه‌ی واقعی که در سال ۱۳۹۲ در یکی از شرکت‌های بخشی صنعت آب و فاضلاب انجام شده است ارایه می‌گردد. لازم به ذکر است به دلیل محرمانه بودن اطلاعات از ذکر نام محل و پروژه‌های آن خودداری شده است. هدف اصلی پژوهش اولویت‌بندی انتخاب پنج پروژه‌ی سرمایه‌گذاری BOT بر اساس ۳۰ عامل ریسک اولیه بر چهار فاکتور پروژه‌ها (زمان، هزینه، محدوده و کیفیت) با رویکرد مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی و توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی می‌باشد. همچنین به منظور تعیین وزن فاکتورهای ریسک با رویکرد مدل‌هایی که پیش‌تر توضیح داده شد، با پرسشنامه، از نظرات ۱۵ نفر از کارشناسان خبره و متخصصین دانشگاهی که با مدیریت پروژه آشنایی کامل دارند استفاده شده است. لازم به ذکر است، حل یک مسئله با رویکرد مدل‌های علمی مانند مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی و موارد مشابه مستلزم برنامه‌نویسی در بستر نرم‌افزارهای محاسبات عددی و جبرخطی مانند Matlab و C++ می‌باشد که به دلیل حجم گسترده‌ی محاسبات و اطلاعات از گزارش آن‌ها صرف‌نظر شده و فقط جداول نتایج نهایی ارایه شده است.

یافته‌های مطالعه‌ی موردی

مطابق مطالبی که پیشتر گفته شد، در این بخش مراحل انجام عملیات محاسباتی موضوع اصلی پژوهش در خصوص پشنهاد یک راه حل علمی در مقابل روش‌های تصمیم‌گیری سلیقه‌ای و غیرعلمی برای رفع مشکل انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری (یعنی تصمیم‌گیری غیرقطعی به قطعی) به اختصار گزارش می‌شود.

۱- انتخاب ریسک‌ها از لحاظ تأثیرگذاری

در مرحله‌ی نخست برای انتخاب ریسک‌ها (نماینده‌ی ریسک‌ها) از لحاظ درجه‌ی تاثیرگذاری و اهمیت نیاز با استفاده از نظر کارشناسان خبره و فعال در این پروژه‌ها (۱۵ نفر) انجام شده است. ابتدا با کاربرد تکنیک طوفان ذهنی[10] تعداد ۳۰ ریسک تأثیرگذار بر پنج پروژه‌ی BOT انتخابی شناسایی و سپس با استفاده از روش دلفی[11] به ۱۰ ریسک کاهش یافته (نماینده‌ی ریسک‌ها) که در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول ۴- خطرات نهایی شده در پروژه‌های BOT و BOO

عنوان ریسک	کد اختصاصی	عنوان ریسک	کد اختصاصی
مالکیت	R_{01}	عملکرد	R_{06}
مدیریت	R_{02}	حوادث غیر مترقبه	R_{07}
ساخت	R_{03}	مالی	R_{08}
خرید (تدارکات)	R_{04}	تعارض قانونی	R_{09}
نگهداری	R_{05}	تاخیر در ساخت	R_{10}

فاکتورهای زمان، هزینه، محدوده و کیفیت در پروژه‌های سرمایه‌گذاری، دارای وزن‌های مختلفی بر اساس مفاهیم کارشناسی هستند که در واقع نیازهای مشتریان می‌باشند. سپس با استفاده از نظر کارشناسان، اهمیت نهایی هر کدام از فاکتورها با اعداد فازی مثلثی تعیین شده است (جدول ۵).

.همچنین برای یکپارچه‌سازی اثر هر فاکتور ریسک که در مرحله‌ی قبل اندازه‌گیری شده، از معادلات ۱ تا ۵ استفاده شده است.

(۱)

$$\bar{I}_i=(I_{i1},I_{i2},I_{i3})=\bar{W}_T\bar{I}_{iT}+\bar{W}_C\bar{I}_{iC}+\bar{W}_S\bar{I}_{iS}+\bar{W}_Q\bar{I}_{iQ}$$

(۲) معادله‌ی تأثیر عامل ریسک بر زمان

$$\bar{I}_{iT}=(I_{iT1},I_{iT2},I_{iT3})$$

(۳) معادله‌ی تأثیر عامل ریسک بر هزینه

$$\bar{I}_{iC}=(I_{iC1},I_{iC2},I_{iC3})$$

(۴) معادله‌ی تأثیر عامل ریسک بر محدوده

$$\tilde{I}_{iS}=(I_{iS1},I_{iS2},I_{iS3})$$

(۵) معادله‌ی تأثیر عامل ریسک بر کیفیت

$$\tilde{I}_{iQ}=(I_{iQ1},I_{iQ2},I_{iQ3})$$

در مرحله‌ی بعدی اثر هر فاکتور ریسک (R) بر روی زمان، هزینه، کیفیت و محدوده با استفاده از یکپارچگی نظرات کارشناسان به عنوان اعداد فازی مثلثی تعیین می‌شود و سپس اثر نهایی هر فاکتور ریسک (I) به وسیله‌ی اثر امتیاز چندگان‌های که بر روی هر فاکتور ریسک بر اساس نیازمندی و اهمیت هرکدام از آن‌ها تعیین شده، معین می‌شود.

جدول ۵- ماتریس تصمیم فازی

عنوان	R_{01}	R_{02}	R_{03}	R_{04}	R_{05}	R_{06}	R_{07}	R_{08}	R_{09}	R_{10}
پروژه‌ی یک	VL	VH	H	ML	H	L	VH	L	L	L
پروژه‌ی دو	L	ML	L	L	ML	M	VL	L	M	M
پروژه‌ی سه	M	H	M	L	M	ML	VL	L	M	VL
پروژه‌ی چهار	L	VH	VH	VH	H	L	VH	M	M	ML
پروژه‌ی پنج	H	H	M	VH	VH	ML	L	ML	H	ML

۲- تعیین وزن نهایی فاکتورهای ریسک

وزن‌های نسبی هر یک از فاکتورهای ریسک در این مرحله به صورت رابطه‌ی ۶ حاصل می‌شود.

$$\tilde{P}_i * \tilde{I}_i = \tilde{PL}_i = (PI_{i1}, PI_{i2}, PI_{i3}) \qquad (۶)$$

مطابق رابطه‌ی فوق $\tilde{PI}_i$ یک عدد فازی مثلثی بوده و بر اساس رابطه‌ی (۷) قابل تبدیل به عدد صحیح می‌باشد و اشاره به وزن یا اهمیت فاکتور ریسک دارد و در نهایت وزن نسبی ۱۰ فاکتور ریسک مطابق جدول (۶) محاسبه شده است.

$$(PI_{i1}+2PI_{i2}+PI_{i3})/4 \qquad (۷)$$

جدول ۶- وزن نسبی هر یک از عوامل ریسک

رتبه	عنوان ریسک	کد اختصاصی	وزن (درصد)
۱	حوادث غیر مترقبه	R_{07}	۰/۱۶
۲	مالی	R_{08}	۰/۱۴
۲	خرید (تدارکات)	R_{04}	۰/۱۴
۳	نگهداری	R_{05}	۰/۱۱
۳	تعارض قانونی	R_{09}	۰/۱۱
۴	عملکرد	R_{06}	۰/۰۸
۴	تاخیر در ساخت	R_{10}	۰/۰۸
۵	مدیریت	R_{02}	۰/۰۷
۵	ساخت	R_{03}	۰/۰۷
۶	مالکیت	R_{01}	۰/۰۴

جدول (۶) نشان می‌دهد، بیشترین درصد وزن نسبی عوامل ریسک به حوادث غیر مترقبه (۱۶ درصد) و کمترین به عامل مالکیت (۴ درصد) اختصاص دارد. این در حالی است که عامل‌های ریسک مالی و خرید با ۱۴ درصد، نگهداری و تعارض قانونی با ۱۱ درصد، عملکرد و تاخیر در ساخت با هشت درصد و مدیریت و ساخت با هفت درصد دارای وزن‌های نسبی و رتبه‌های یکسانی می‌باشند.

۳- رتبه‌بندی پروژه‌ها

رتبه‌بندی پروژه‌ها در مرحله‌ی سوم بر اساس روش شباهت به راه حل ایده‌آل فازی انجام شده است. پروژه‌ی انتخابی دارای حداکثر ارزش مقدارهای شاخص ضریب نزدیکی[۱۲] است که به عنوان پروژه‌ی بهینه بر اساس محاسبات راه حل ایده‌آل فازی تعیین شده و رتبه بندی دیگر پروژه‌ها بر طبق مقدارهای شاخص ضریب نزدیکی به ترتیب نزولی بر اساس طرح مربوطه تعیین شده است. نتیجه‌ی نهایی پژوهش روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT مبتنی بر ریسک مطابق جدول (۷) می‌باشد. طبق این جدول، بهترین پروژه‌ی انتخابی (گزینه) با ضریب اطمینان بسیار قطعی بر اساس

فاکتورهای ریسک، پروژه‌ی شماره‌ی چهار و سایر پروژه‌ها در اولویت انتخاب بعدی قرار دارند. این جدول در واقع تلفیقی از مدل‌های علمی و کمی پژوهش و حل مسئله است که می‌تواند به صورت قطعی و ضریب اطمینان بسیار زیاد مورد استفاده‌ی مدیریت در انتخاب پروژه‌ی سرمایه‌گذاری باشد. انتخاب پروژه‌ی چهار (گزینه) به نوعی بهترین تصمیم مدیریت (تصمیم‌گیری علمی و گروهی) در راستای فرآیند مدیریت، استفاده‌ی بهینه از منابع محدود، بازده‌ی سرمایه‌گذاری و نوعی کاهش هزینه‌های فرصت از دست رفته می‌باشد.

جدول ۷- نتایج رتبه‌بندی پروژه‌های پیشنهادی با رویکرد مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی

رتبه	عنوان	فاصله‌ی بردار ایده‌آل مثبت	فاصله‌ی بردار ایده‌آل منفی	ضریب نزدیکی
۱	پروژه‌ی چهار	۰/۰۷	۱/۳۵	۰/۹۵
۲	پروژه‌ی یک	۰/۲۳	۱/۲۰	۰/۸۴
۳	پروژه‌ی سه	۰/۳۵	۱/۰۷	۰/۷۵
۴	پروژه‌ی دو	۰/۳۸	۱/۰۴	۰/۷۳
۵	پروژه‌ی پنج	۱/۰۵	۰/۳۸	۰/۲۶

جمع‌بندی

وظیفه‌ی اصلی مدیریت یعنی برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، رهبری و کنترل، مستلزم اندازه‌گیری صحیح و به موقع عوامل مؤثر می‌باشد و بدون اندازه‌گیری فرآیند مدیریت امکان‌پذیر نمی‌باشد. بهبود وضعیت سازمان‌ها و حرکت از وضعیت "بودن" به سمت "شدن" مستلزم اندازه‌گیری فعالیت‌ها و عوامل مؤثر بر مدیریت است و تولید اطلاعات قطعی که ناشی از تجزیه و تحلیل علمی داده‌ای باشد، تأثیر عمده‌ای بر تصمیم‌گیری‌های خواهد داشت و مدل‌های علمی از جمله تکنیک‌هایی که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شد (اعداد و مجموعه‌های فازی، توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی و مدل مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل) قادر به تولید اطلاعات دقیق برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت می‌باشند.

امروزه نظر به شرایط محیطی حاکم بر سازمان‌ها (اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی) این باور را باید داشته باشیم که تصمیم‌گیری بهینه با لحاظ کردن شاخص‌های کمی و کیفی محیطی و ترکیب آن‌ها با نظرات خبرگان صنعت یا تصمیم‌گیرندگان نهایی در بستر مدل‌های علمی هنر اصلی مدیریت در راستای ایجاد ارزش افزوده‌ی اقتصادی، افزایش حقوق صاحبان سهام (ارزش سهام در بازارهای سرمایه)، انتظارات ذی‌نفعان و حرکت در مسیر برنامه‌های هدف‌گذاری شده است. این موضوع به خصوص در کشورهای در حال توسعه که از فقر مدیریت و منابع سرمایه‌ای بسیار رنج می‌برند و در صنعتی به حساسیت بسیار بالای آب و فاضلاب که نیازمند سرمایه‌گذاری کلان است و از طرفی با طیف گسترده‌ای از آحاد جامعه و مسایل متنوع و پیچیده‌ی زیست محیطی مواجهه است، بسیار پر رنگ جلوه می‌نماید. نتایج پژوهش می‌تواند به عنوان یک ایده و راهنمای اولیه در اختیار مدیریت ارشد (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور) و بخشی (شرکت‌های آب و فاضلاب استانی و تبصره‌ای) صنعت در راستای ایجاد بسترهای لازم برای استقرار فرهنگ سازمانی در استفاده از مدل‌های کمّی در زمینه‌های مختلف به خصوص تصمیم‌گیری‌های علمی باشد. همچنین نگهداری نتیجه‌های حاصل از فعالیت‌های فوق و موارد مشابه و تصمیم‌هایی که بر اساس آن‌ها اتخاذ شده، منجر به ایجاد دانش سازمانی می‌شود که در تصمیم‌گیری‌های آینده مفید واقع خواهد شد. حال با توجه به نتایج بالا در تدوین راهکاری علمی در انتخاب صحیح پروژه‌ها و توجه به این که خصوصی‌سازی به عنوان یکی از مهمترین برنامه‌های پیش روی کشور می‌باشد، لذا با توجه به شرایط خاص سازمان‌هایی که عهده‌دار خدمات بخش عمومی می‌باشند (مانند صنعت آب و فاضلاب) و آماده سازی آن‌ها برای توسعه‌ی مشارکت بخش خصوصی، می‌توان فرآیند واگذاری امور توسعه‌ای را با به کارگیری روش‌هایی مانند BOO و BOT در این بخش با اطمینان خاطر بیش‌تری پیش برد.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد خصوصی‌سازی و استفاده از ظرفیت‌های برون سازمانی در صنعت آب و فاضلاب با به‌کارگیری روش‌هایی مانند BOO و BOT امری بسیار مهم می‌باشد که در راستای حصول نتایج بهتر و جلوگیری از تاثیر هر چه کمتر خطرات ریسک در این پروژه‌ها نیاز به استفاده از ظرفیت‌های کارشناسان

خبره و علمی کردن فرآیند انتخاب می‌باشد. به طوری که مطابق نتایج پژوهش محاسبه‌ی دقیق وزن‌های عوامل مؤثر در پروژه‌ها می‌تواند تا حد زیادی در اثربخشی استفاده از روش شباهت به راه حل ایده‌آل فازی مهم باشد و در نهایت نتایج رتبه‌بندی را برای پروژه‌های دیگر تغییر دهد (تحلیل حساسیت). از سویی، می‌توان با برنامه‌ریزی مستمر در راستای آماده سازی صنعت آب و فاضلاب برای توسعه‌ی مشارکت بخش خصوصی و ترسیم گام‌های علمی و عملی در راستای سنجش و ارزیابی قراردادهای سرمایه‌گذاری در مسیر افزایش کارآمدی فعالیت‌ها و بهبود ارایه‌ی خدمات به آحاد جامعه حرکت نمود.

پی نوشت

1- Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS)

2 -Build Operation Transfer (BOT)

3- Build Operation Own (BOO)

4- Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

۵- مؤسسه‌ی مدیریت پروژه در سال ۱۹۶۹با شش عضو در آمریکا تأسیس شد و در حال حاضر بیش از ۲۰۰ هزار عضو در ۱۵۰ کشور دارد و هدف اصلی آن فراهم سازی استاندارد مدیریت پروژه می‌باشد که یکی از آنها استاندارد راهنمای گسترهی دانش مدیریت پروژه می‌باشد.

6 .Positive Triangular Fuzzy Number (PTFU)

7 .Linguistic terms

8. Quality Function Deployment (QFD)

9- Multiple Criterion Decision Making (MCDM)

۱۰- طوفان ذهنی یا یورش فکری (Brainstorming) یک تکنیک خلاقیت فردی یا گروهی است که در طی آن، با جمع آوری فهرستی از ایده‌ها که توسط اعضای تیم تولید می‌شود، برای رسیدن به یک جمع‌بندی یک مسأله تلاش می‌شود.

۱۱- دلفی (Delphi) فرآیندی ساختار یافته برای جمع‌آوری و طبقه‌بندی دانش موجود در نزد گروهی از خبرگان صنعت است که از طریق توزیع پرسشنامه‌هایی در بین این افراد و بازخورد کنترل شده پاسخ‌ها و نظرات دریافتی انجام می‌گیرد. کاربرد این تکنیک برای تصمیم‌گیری گروهی است.

12- Closeness Coefficient (CC_i)

منابع

Baccarini D. and Archer R. 2001. The risk ranking of projects: a methodology. International Journal of Project Management, 19(3): 139-145.

Burke R. 2013. Project management: planning and control techniques. New Jersey, USA

Chen C. 2009. Can the pilot BOT Project provide a template for future projects? A case study of the Chengdu No. 6. Water Plant B Project. International Journal of Project Management, 27(6): 573-583.

Dey P.K. 1999. Process re-engineering for effective implementation of projects. International Journal of Project Management, 17(3): 147-159.

He J. 1996. Introduction to the application of BOT scheme in China. Journal of Foreign Investors, 1: 5-7.

Kang C.C., Feng C.M. and Khan H.A. 2005. Risk assessment for build-operate-transfer projects: a dynamic multi-objective programming approach. Computers & operations research, 32(6): 1633-1654.

Kang C.C. and Feng C.M. 2009. Risk measurement and risk identification for BOT projects: A multi-attribute utility approach. Mathematical and Computer Modelling, 49(9): 1802-1815.

Kumaraswamy M. and Zhang. X. 2001. Governmental role in BOT-led infrastructure development. International Journal of Project Management, 19(4): 195-205.

Turner J.R. 1992. The handbook of project-based management: Improving the processes of achieving strategic objectives. McGraw-Hill Companies. London, UK.

Walker C.T. and Smith. A.J. 1995. Privatized infrastructure: The build operate transfer approach. Thomas Telford. London, UK.

Wang S.Q., Tiong, Robert L.K., Ting S.K. Chew D. and Ashley D. 1998. Evaluation and competitive tendering of BOT power plant project in China. Journal of construction engineering and management, 124(4): 333-341.

Wang S.Q., Tiong, Robert L.K., Ting S.K. and Ashley D. 2000. Evaluation and management of political risks in China's BOT projects. Journal of construction engineering and management, 126(3): 242-250.

Zamri N. and L. Abdullah. 2014. A New Qualitative Evaluation for an Integrated Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS and MCGP, in Recent Advances on Soft Computing and Data Mining. Springer, 79-88.

Zhao Z.Y., Zuo, Jian, Zillante, George, Wang and Xin-Wei. 2010. Critical success factors for BOT electric power projects in China: thermal power versus wind power. Renewable Energy, 35(6): 1283-1291.