Journal of Water and Wastewater, Vol. 32, No. 6, pp: 98-114

Provide a Model for Determining the Competitive Price Range in Public Private Partnership Water and Wastewater Projects in Iran (Case Study of Wastewater Collection and Treatment Plant Sirjan City)

A. Zakeri Afshar[1], H. R. Abbasian Jahromi[2], S. M. Mirhosseini[3], M. Ehsanifar[4]

1. PhD Candidate, Dept. of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran (Corresponding Author) habasian@kntu.ac.ir
3. Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
4. Assoc. Prof., Dept. of Industrial Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

(Received May 1, 2021 Accepted Sep. 25, 2021)

To cite this article:
Zakeri Afshar, A., Abbasian Jahromi, H. R., Mirhosseini, S. M., Ehsanifar, M. 2022. "Provide a model for determining the competitive price range in public private partnership water and wastewater projects in Iran (case study of wastewater collection and treatment plant Sirjan city)" Journal of Water and Wastewater, 32(6), 98-114. Doi: 10.22093/wwj.2021.283540.3135. (In Persian)

Abstract

In order to choose the method of project implementation in the form of partnership or conventional method, various factors in the formation of the concept of value for money creation in each project are evaluated to be the basis for decision making. Many countries use Public Sector Comparators (PSC) to reach this decision. In this research, the correct calculation of PSC and simulation of risks to achieve a negotiable price range in water and wastewater projects in Iran has been done. The data collection tool in this study was to review various articles to identify the types of risks and distribute questionnaires and interviews with experts in the water and wastewater industry in order to determine the main and effective risks and then, the occurrence and severity of the effects of each risk. The price range was determined using the Monte Carlo simulation. After determining the main risks on PSC, using Monte Carlo method and risk distribution functions, the minimum and maximum amount of each risk and the total risk were determined for 70%, 80% and 90% confidence coefficients. According to the obtained model, to determine the price range, the price presented in the case study should be 500% to 550% in the minimum case and 750% to 850% increase in the maximum case for different reliability coefficients. As a result of this study, inflation risks, exchange rate fluctuations, regional political instability, public and private sector corruption have had the greatest impact on the PSC and price range determination.

Keywords: Public Private Partnership, Public Sector Comparator, Risk Simulation, Value for Money (VFM).

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۲، شماره ۶، صفحه: ۱۱۴-۹۸

ارائه مدل برای تعیین بازه قیمتی رقابتی در پروژه‌های مشارکت عمومی و خصوصی آب و فاضلاب در ایران (مطالعه موردی شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهرستان سیرجان)

ارسلان ذاکری افشار[۱]، حمیدرضا عباسیان جهرمی[۲]، سیدمحمد میرحسینی[۳]، محمد احسانی‌فر[۴]

۱- دانشجوی دکترا مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران،
واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران،
دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
(نویسنده مسئول) habasian@kntu.ac.ir
۳- استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد اراک،
دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۴- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، واحد اراک،
دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

(دریافت ۱۴۰۰/۲/۱۱ پذیرش ۱۴۰۰/۷/۳)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
ذاکری افشار، ا.، عباسیان جهرمی، ح. ر.، میرحسینی، س. م.، احسانی‌فر، م.، ۱۴۰۰، "ارائه مدل برای تعیین بازه قیمتی رقابتی در پروژه‌های مشارکت عمومی و خصوصی آب و فاضلاب در ایران (مطالعه موردی شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهرستان سیرجان)"
مجله آب و فاضلاب، ۳۲(۶)، ۱۱۴-۹۸. **Doi: 10.22093/wwj.2021.283540.3135**

چکیده

به‌منظور انتخاب روش انجام پروژه به شکل مشارکت یا روش متعارف، عوامل مختلف در شکل‌گیری مفهوم ارزش‌آفرینی منابع در هر پروژه ارزش‌گذاری می‌شود تا مبنایی برای تصمیم‌گیری قرار گیرد. برای دستیابی به این تصمیم کشورهای زیادی از مقایسه‌گر بخش عمومی استفاده می‌کنند. در این پژوهش به محاسبه صحیح PSC و شبیه‌سازی ریسک‌ها برای دستیابی به بازه قیمتی قابل‌مذاکره در پروژه‌های آب و فاضلاب در ایران پرداخته شد. ابزار جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش بررسی پژوهش‌های مختلف برای شناسایی انواع ریسک‌ها و توزیع پرسش‌نامه و مصاحبه با خبرگان صنعت آب و فاضلاب به‌منظور تعیین ریسک‌های اصلی و مؤثر بود و سپس با توجه به احتمال و شدت اثر هرکدام از ریسک‌ها به تعیین بازه قیمتی با استفاده از شبیه‌سازی به روش مونت‌کارلو بود. پس از تعیین ریسک‌های اصلی بر PSC، با استفاده از روش مونت‌کارلو و توابع توزیع ریسک، میزان کمینه و بیشینه هر ریسک و ریسک کل برای ضرایب اطمینان ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد تعیین شد و بر همین اساس مقدار PSC برای مطالعه موردی شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهرستان سیرجان محاسبه شد. بر اساس مدل به‌دست آمده به‌منظور تعیین بازه قیمتی، میزان قیمت ارائه شده در مطالعه موردی، در حالت کمینه باید ۵۰۰ تا ۵۵۰ درصد و در حالت بیشینه ۷۵۰ تا ۸۵۰ درصد افزایش برای ضرایب اطمینان مختلف به‌دست آمد. در نتیجه این پژوهش ریسک‌های تورم، تغییر نرخ ارز، بی‌ثباتی سیاسی منطقه‌ای، فساد بخش دولتی و خصوصی بیشترین تأثیر را بر PSC و تعیین بازه قیمتی داشته است.

واژه‌های کلیدی: مشارکت عمومی و خصوصی PPP، مقایسه‌گر بخش عمومی، شبیه‌سازی ریسک VFM

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

۱- مقدمه

مشارکت عمومی و خصوصی[1] مکانیسمی است که در آن بخش عمومی (دولت و سایر نهادهای حکومتی) به‌منظور تأمین خدمات زیربنایی (اعم از آب و فاضلاب، حمل‌ونقل، سلامت و آموزش) از ظرفیت‌های بخش خصوصی (دانش، تجربه و منابع مالی) استفاده می‌کنند. به بیان دیگر بخش خصوصی به نیابت از دولت در برخی از وظایف و مسئولیت‌های تأمین این خدمات نقش‌آفرینی می‌کند. در PPP قراردادی بین بخش عمومی و خصوصی به‌منظور تسهیم ریسک، مسئولیت، منافع و هم‌افزایی منابع و تخصص هر دو بخش در ارائه خدمات زیربنایی منعقد می‌شود. در PPP نقش دولت از سرمایه‌گذاری، اجرا و بهره‌برداری در پروژه‌های زیرساختی به سیاست‌گذار و تنظیم‌کننده مقررات و ناظر بر کیفیت و کمیت ارائه خدمات تبدیل می‌شود. PPP تنها با هدف تأمین مالی پروژه انجام نمی‌شود و بهره‌گیری از دیگر ظرفیت‌های بخش خصوصی مانند دانش و تجربه تخصصی، مهارت‌های مدیریتی، انگیزه برای مصرف بهینه منابع نیز می‌تواند مورد توجه باشد، با این توضیح که در PPP به‌دلیل انتقال ریسک و مسئولیت بیشتر به بخش خصوصی، نتایج عوامل فوق تأثیر بیشتری خواهند داشت (Portal, 2016).

بهره‌گیری از PPP در هر پروژه لزوماً منجر به افزایش منافع نشده و در برخی موارد نیز ممکن است استفاده از روش‌های مشارکتی باعث افزایش هزینه برای بخش عمومی شود، بنابراین به‌منظور انتخاب روش انجام پروژه به شکل مشارکتی یا روش متعارف، عوامل مختلف در شکل‌گیری مفهوم ارزش‌آفرینی منابع در هر پروژه بررسی و ارزش‌گذاری می‌شود تا مبنایی برای تصمیم‌گیری قرار گیرد. تحلیل ارزش‌آفرینی منابع برای بخش سرمایه‌پذیر برای انتخاب بین دو روش اجرای متعارف و PPP استفاده می‌شود. استفاده از چنین روشی دستیابی سرمایه‌پذیر به ارزش مورد انتظار خود را در مقابل سرمایه‌گذاری انجام شده تضمین می‌کند.

هرومادا در پژوهش خود با عنوان استفاده از شبیه‌سازی دینامیکی برای طراحی و پیاده‌سازی پروژه‌های PPP/PFI[2] "مقایسه‌گر بخش عمومی[3]" یک ابزار ارزیابی برای بخش عمومی است که با توجه به اطلاعات پیچیده درباره فرایند کل هزینه‌ها، درآمدها و ریسک‌ها در طی چرخه حیات پروژه PPP/PFI کمک می‌کند. PSC در پروژه‌های مرجع ارزش‌آفرینی منابع را در پروژه‌های PPP/PFI مقایسه می‌کند و با تأثیر بیشترین راه‌حل ممکن در بخش عمومی پیشنهاد می‌کند. PSC یک راهنمای مهم برای بخش عمومی (در مواقعی که نیاز به انتخاب شریک خصوص دارد) است. این پژوهش یک روش اصلاح شده برای PSC است که از شبیه‌سازی دینامیک در طی ارزیابی اولیه و مراحل قبل از اجرا در پروژه‌های PPP/PFI استفاده کند (Hromada, 2017).

در راهنمای ملی پروژه‌های PPP کشور استرالیا با عنوان مناقصه‌گر بخش عمومی به‌صورت کامل در خصوص مشخصات و پارامترهای مربوط به PSC شرح داده شده است که در آن به مؤلفه‌های PSC که شامل ریسک‌های باقیمانده، هزینه‌های پایه (PSC خام)، بی‌طرفی در رقابت و ریسک‌های قابل‌انتقال است اشاره شده و نحوه محاسبه هر کدام و پارامترهای تأثیرگذار آن با مثال‌های عملی آمده است (Australia, 2008).

یسکومبه به چگونگی اینکه طرف بخش عمومی می‌تواند تصمیم بگیرد که آیا استفاده از مدل مشارکت برای تدارک تأسیسات مذکور، روش درستی می‌باشد پرداخته شده است. منطقاً باید ارزش خالص فعلی هزینه قرارداد مشارکت، در طول فرایند تدارکات و نیز در مقایسه با PSC، به‌طور منظم مجدداً محاسبه شود تا اطمینان ایجاد شود که قرارداد مشارکت مزیت خود را نسبت به PSC حفظ کرده است و به‌عنوان ابزاری برای مذاکره با پیشنهاددهندگان مناقصه برای کاهش قیمت‌هایشان استفاده شود. بهترین زمان کاربرد آن در مراحل اولیه تدارکات است، یعنی زمانی که بتواند برای تصمیم‌گیری تأثیرگذار باشد. اگر اساساً PSC وجود نداشته باشد یا اگر فقط یک‌بار آن هم در مراحل اولیه تدارکات، شاخص PSC محاسبه شود، در این صورت، چگونه طرف بخش عمومی می‌تواند مطمئن شود که تدارکات در چارچوب مشارکت می‌تواند موجد بهترین ارزش‌آفرینی منابع باشد؟ ساده‌ترین پاسخ به این سوال آن است که بهترین ارزش‌آفرینی منابع از طریق تداوم رقابت بین پیشنهاد دهندگان مناقصه حاصل می‌شود، بنابراین فرایند تدارکات باید به‌گونه‌ای باشد که بیم وجود رقیب، هرچه طولانی‌تر حفظ شود (Yescombe, 2011).

[1] Public Private Partnership (PPP)
[2] Private Finance Initiative (PFI)
[3] Public Sector Comparator (PSC)

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

در پژوهش‌های متعدد روش‌های متفاوتی به‌منظور محاسبه ریسک‌ها و هزینه‌های آن ارائه شده است. در پژوهش سوسه‌نو و همکاران این موضوع مطرح شده است که در طول دوره قرارداد بلندمدت پروژه‌های PPP، تغییر مقررات دولتی می‌تواند منجر به مشکل در مدیریت ریسک‌های متنوع در ارتباط با اقدامات دولت و مشکلات نظارتی شود (Suseno et al., 2015).

تغییر مقررات دولتی یکی از ریسک‌های ممکن در پروژه است. با وجود تجربه کم در اجرای پروژه‌های PPP می‌تواند یکی از مشکلات دولت‌ها یا دولت‌های محلی باشد (Yuan et al., 2018).

در پژوهش شرستا و همکاران با عنوان تأثیر انتقال ریسک در پروژه‌های PPP تصفیه‌خانه‌های فاضلاب این قراردادها ممکن است یک رویکرد ارزشمند برای ایجاد یک مشارکت سازنده میان دولت و بخش خصوصی در رابطه با به اشتراک‌گذاری ریسک و مدیریت باشد؛ بنابراین، استفاده از چنین رویکردهایی در پژوهش‌های آینده بیشتر می‌تواند مورد توجه قرار گیرد (Shrestha et al., 2017).

در پژوهش پورنوس و بودا با عنوان شبیه‌سازی آموزشی و ریسک پروژه‌های ساخت به آسیب‌پذیری بخش ساخت در مقابل تغییرات مالی به‌ویژه در دوره‌های رکود اقتصادی به علت هزینه‌های زیاد سرمایه‌گذاری اشاره دارد که این تغییرات محیط اقتصادی باعث کمبود سرمایه، نوسانات نرخ ارز و بی‌ثباتی سیاسی ریسک‌های مالی پروژه‌های ساخت‌وساز را افزایش می‌دهد. به‌عبارت دیگر کاربرد روش‌ها در طراحی مالی، زمان‌بندی و مانیتور کردن پروژه بسیار مهم است (Purnuş and Bodea, 2015).

در پژوهش دیگر با عنوان ارزیابی ریسک‌های مالی و مدل کردن PPP بر اساس پروژه‌های زیرساخت بزرگ‌راه‌های هند در این پژوهش ریسک‌های مالی پروژه‌های بزرگ‌راهی زیرساختی به‌وسیله شناسایی پارامترهایی مثل جریان ترافیک، هزینه‌های پروژه با تجزیه‌وتحلیل پروژه‌های بزرگ‌راهی مبتنی بر پروژه PPP واقعی در جهان، در هند مدل می‌کند. این روش برای ارزش خالص فعلی[1] و ابزارهای مدل ریسک که در شبیه‌سازی مونت‌کارلو با توجه به توزیع احتمالات برای پارامترهای مختلف ورودی کاربرد دارد و عدم‌قطعیت‌های مرتبط با NPV را به ما می‌دهد. این مدل در ۳۰ پروژه مدل بزرگ‌راهی BOT[2] در جهان برای شناسایی ریسک‌های بحرانی و استراتژی کاهش استرس به کار برده شده است (Kumar et al., 2018).

در این پژوهش، با بررسی و شناسایی انواع ریسک‌های مؤثر بر PPP در حوزه آب و فاضلاب، اقدام به محاسبه PSC و تعیین بازه قیمتی قابل‌مذاکره در پروژه‌های آب و فاضلاب شد.

۲- اجزای PSC

مفهوم شاخص PSC عبارت است از هزینه فرضی انجام یک پروژه، درصورتی که توسط دولت تأمین مالی، اجرا و بهره‌برداری شود و با در نظر گرفتن هزینه ریسک‌های به عهده دولت برآورد می‌شود (Australia, 2008).

این شاخص باید مطابق با مشخصات خروجی مطلوب، ریسک‌های تعهد شده و با فرض کارآمدترین شکل ممکن در اجرای پروژه توسط دولت بوده و مقدار آن به‌صورت ارزش فعلی خالص جریان‌های نقدی پروژه محاسبه شود. مؤلفه‌های شاخص بخش دولتی عبارت‌اند از:

- مقایسه‌گر خام بخش عمومی[3]
- بی‌طرف سازی رقابت[4]
- ریسک‌های باقیمانده[5]
- ریسک انتقالی[6]

۲-۱- شاخص Row PSC

این شاخص شامل سرمایه و هزینه‌های عملیاتی مرتبط با تحویل مشخصات خروجی در مدت زمانی معین است. Raw PSC تخمینی از هزینه تحویل پروژه مرجع به دولت، قبل از در نظر گرفتن تعدیل در مورد بی‌طرفی رقابتی و ریسک است.

Raw PSC هزینه اصلی برای تولید و تحویل پروژه مرجع به دولت را ارائه می‌دهد. در واقع PSC جریان‌های نقدی واقعی را با شاخص‌سازی مناسب برای نشان دادن تورم و سایر عوامل تشدیدکننده پیش‌بینی می‌کند. Raw PSC شامل مؤلفه‌های هزینه‌های مستقیم، هزینه‌های غیرمستقیم و درآمد قابل‌شناسایی شخص ثالث می‌شود.

[1] Net Present Value (NPV)
[2] Build Operate Transfer (BOT)

[3] Raw PSC
[4] Competitive Neutrality
[5] Retained Risk
[6] Transferred Risk

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

- هزینه‌های مستقیم: هزینه‌هایی که می‌توانند به یک سرویس خاص اختصاص داده شوند.
- هزینه‌های غیرمستقیم: سایر هزینه‌های تحمیل شده که ارتباط مستقیمی با تولید خدمات ندارند. اینها هزینه هایی هستند که به تولید یک سرویس کمک می‌کنند، اما صرفاً به یک سرویس متحمل نمی‌شوند.
- درآمد شخص ثالث قابل‌شناسایی

بر اساس موارد ذکر شده، Raw PSC به‌صورت زیر تعریف می‌شود

$$\text{Raw PSC} = (\text{Operating Cost} - \text{Third Party Revenue}) + \text{Captial Cost} \quad (۱)$$

که در آن

Raw PSC مقایسه‌گر خام بخش عمومی، Operating Costs هزینه‌های عملیاتی، Third Party Revenue درآمد بخش ثالث، Capital Costs هزینه‌های سرمایه است.

۲-۲- بی‌طرف‌سازی رقابت

بی‌طرفی رقابتی به معنای آن است که مشاغل دولتی و خصوصی در یک شرایط مساوی با یکدیگر رقابت می‌کنند. این مهم برای استفاده مؤثر از منابع در اقتصاد و در نتیجه دستیابی به رشد و توسعه ضروری است؛ بنابراین اصل بی‌طرفی در رقابت در سراسر جهان، حمایت گسترده‌ای دارد.

در واقع، بی‌طرفی رقابتی، مزیت‌های رقابتی خالص را که به‌واسطه مالکیت بخش دولتی به یک تجارت دولتی تعلق می‌گیرد، از بین می‌برد.

۲-۳- ریسک‌های باقیمانده

ریسک‌های حفظ شده آن خطرات یا بخش‌هایی از ریسک است که در یک قرارداد PPP، بخش عمومی پیشنهاد می‌کند آن را متحمل شود. دولت‌ها هر ریسکی را که به بخش خصوصی منتقل نشود حفظ می‌کنند. هزینه ریسک حفظ شده اندازه‌گیری کاملی از هزینه کامل را برای دولت فراهم می‌کند.

۲-۴- ریسک‌های انتقالی

ریسک‌های منتقل شده به خطراتی گفته می‌شود که طبق قرارداد PPP به بخش خصوصی منتقل می‌شوند. نوع و تعداد ریسک‌هایی که به‌عنوان ریسک‌های منتقل شده طبقه‌بندی می‌شوند، باید بر اساس هر پروژه مجزا ارزیابی شوند.

با مشخص شدن مؤلفه‌ها در نهایت می‌توان شاخص PSC را به‌صورت زیر محاسبه کرد

$$\text{PSC} = \text{Raw PSC} + \text{Competitive Neutrality} + \text{Transferred Risk} + \text{Retained Risk} \quad (۲)$$

۳- روش پژوهش

در این پژوهش با بررسی پژوهش‌های مختلف در حوزه پروژه‌های PPP و پژوهش‌های حوزه آب و فاضلاب، ریسک‌های مختلف شناسایی شد با توجه به تنوع ریسک‌ها و موضوع پژوهش حدود ۱۷۰ ریسک استخراج شد و سپس ۴۰ ریسک که بیشترین اشتراک، اثرگذاری و ارجاعات در مطالعات و پروژه‌ها را داشتند، به‌عنوان ریسک‌های منتخب انتخاب شد و این ریسک‌ها از طریق طرح پرسش‌نامه در بین خبرگان صنعت نسبت به اولویت‌بندی ریسک‌ها اقدام شد. با توجه به اینکه هدف پژوهش تعیین بازه قیمتی بود و باید ریسک‌های کیفی را به کمّی تبدیل کنیم به‌همین دلیل پرسش‌نامه دوم بین شرکت‌کنندگان اول توزیع شد و نسبت به کمّی کردن هر یک از ریسک‌ها بر هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری در سه حالت خوش‌بینانه، بدبینانه و محتمل‌ترین حالت سوال پرسیده شد و سپس با استفاده از روش پرت و تحلیل مونت‌کارلو برای ضرایب اطمینان ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد پرداخته شد. شکل ۱، مسیر انجام پژوهش را به‌صورت شماتیک، نمایش می‌دهد.

۳-۱- مدیریت و ارزیابی ریسک

بر اساس تعریف مؤسسه مدیریت پروژه، مدیریت ریسک به‌عنوان یکی از ۱۲ سطح اصلی «کلیات دانش مدیریت پروژه» معرفی شده است. در این تعریف، مدیریت ریسک پروژه عبارت است از: کلیه فرایندهای مرتبط با شناسایی، تحلیل و پاسخ‌گویی به هرگونه

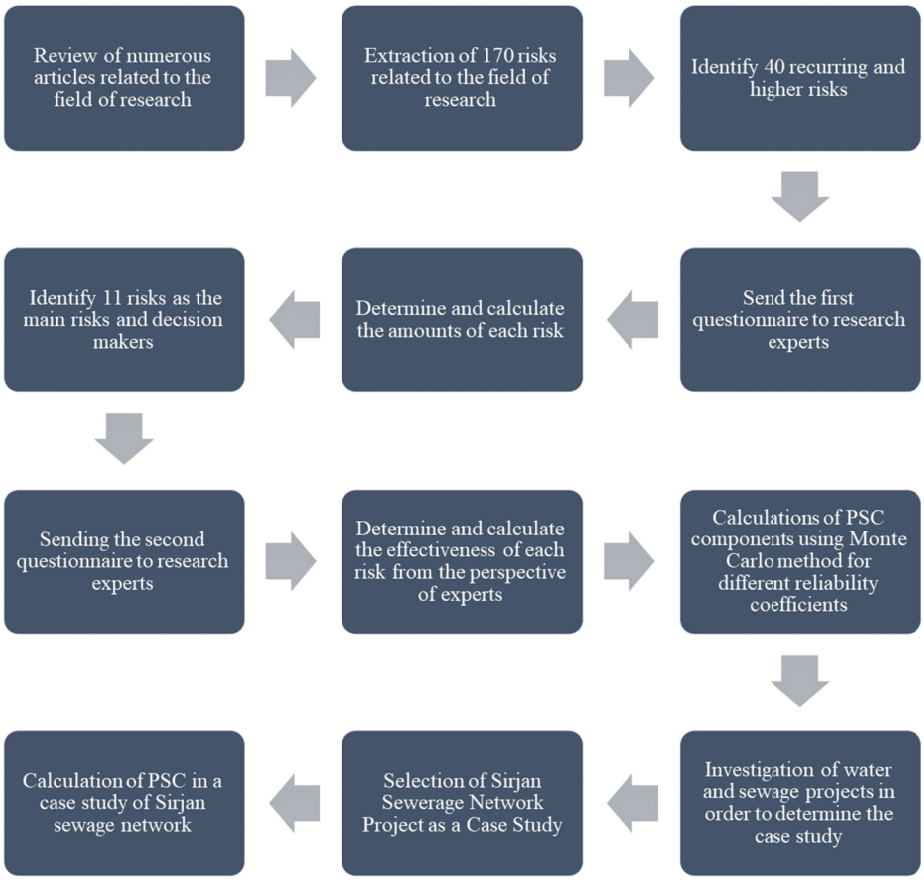


Fig. 1. Research method chart

شکل ۱- چارت شماتیک روش انجام پژوهش

عدم‌اطمینان که شامل حداکثری نتایج رخدادهای مطلوب و به حداقل رساندن نتایج وقایع نامطلوب است (Institute, 2013).

- شناسایی و ارزیابی ریسک

ریسک، بخش ذاتی و بالقوه هر پروژه است. به‌منظور تعیین دقیق و قابل‌اعتنا شاخص PSC قیمت‌گذاری باید، جامع و واقع‌بینانه مشتمل بر تمامی خطرات کمّی و کیفی باشد. به‌همین منظور شناسایی و ارزیابی ریسک بخشی مهم در تعیین شاخص PSC است.

در تخصیص ریسک بین ذی‌نفعان پروژه باید سه اصل زیر رعایت شود:

- اصل اول: ریسک باید به طرفی منتقل شود که بیشترین کنترل را نسبت به وقوع آن داشته و در صورت وقوع آن، با کمترین هزینه توسط وی مدیریت شود.
- اصل دوم: طرفی که ریسک را تعهد می‌کند باید در قبال آن حق یا امتیازی دریافت کند.
- اصل سوم: طرفی که ریسک را تعهد می‌کند باید توان مالی مناسب برای جلوگیری از وقوع ریسک یا پوشش آن در صورت وقوع داشته باشد.

ارزیابی ریسک به دو صورت ارزیابی کیفی و کمّی انجام می‌شود:

۱- ارزیابی کیفی ریسک: در ارزیابی کیفی، به دنبال مقایسه اهمیت نسبی ریسک‌های مربوط به پروژه با توجه به تأثیر وقوع آنها بر نتایج پروژه هستند. در ارزیابی کیفی ریسک، با توجه به اثر ریسک بر نتایج، جدول و یا ماتریس "احتمال اثر" تشکیل می‌شود. احتمال و اثر ریسک‌های شناسایی شده به‌وسیله مصاحبه و یا روش‌های دیگر توسط افراد خبره ارزیابی می‌شود. مقدار برآورد شده احتمال و اثر ریسک در هم ضرب شده و سپس ماتریس "احتمال- اثر"

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

به‌منظور اولویت‌بندی و درجه‌بندی ریسک‌ها از ۱ تا ۵ و یا از کم تا زیاد، تشکیل داده می‌شود.

اطلاعات به‌دست‌آمده از ارزیابی کیفی در ارزیابی اولیه ریسک و اثرات آن بر پروژه ارزشمندتر از ارزیابی کمّی است.

۲- ارزیابی کمّی ریسک: ارزیابی کمّی ریسک، فرایند تحلیل عددی تأثیر ریسک‌های شناسایی شده بر اهداف پروژه است. تحلیل کمّی ریسک معمولاً بعد از تحلیل کیفی آن انجام می‌شود. در این مرحله خروجی مرحله ارزیابی کیفی ریسک یا همان تخمین ریسک ارزیابی می‌شود. این مرحله شامل کمّی‌سازی احتمال و پیامدهای ناشی از وقوع احتمالی ریسک‌های با اهمیت و تحلیل حساسیت آنها است و هدف از آن کمک به تحلیل‌گر در تصمیم‌گیری است. در این مرحله ریسک‌هایی که بیشترین تأثیر را بر اهداف دارند، با هدف بهبود درک تصمیم‌گیرنده، ارزیابی و تحلیل می‌شوند.

روش‌ها و ابزارهای ارزیابی کمّی ریسک شامل مصاحبه، استفاده از توزیع آماری، آنالیز حساسیت، تحلیل ارزش مالی مورد انتظار[1]، مدل‌سازی و شبیه‌سازی مانند روش مونت‌کارلو و قضاوت مهندسی است. بسته به اهمیت و اطلاعات در دسترس می‌توان از هر یک از ابزارهای فوق استفاده کرد.

بعد از مشخص شدن احتمال و اثر هر ریسک، هزینه تحمیل شده هر ریسک را می‌توان از معادله زیر محاسبه کرد

(۳) هزینه ریسک = هزینه مبنای پروژه × احتمال وقوع ریسک × اثر ریسک

هزینه کل ریسک‌های پروژه از معادله زیر به دست می‌آید

$$\text{total cost} = \sum_{i=1}^{n} \text{base cost} * p_i * I_i \qquad (۴)$$

که در آن

total cost هزینه کل ریسک‌های پروژه، p_i احتمال وقوع ریسک iام و I_i اثر ریسک i ام است.

پس از محاسبه هزینه‌های ریسک، باید زمان وقوع این هزینه‌ها نیز در جریان نقدینگی مشخص شود.

[1] Expected Monetary Value Analysis

۳-۲- جامعه آماری و نحوه جمع‌آوری داده‌ها

در این پژوهش با بررسی پژوهش‌های مختلف ۱۷۰ نوع ریسک در خصوص پروژه‌های PPP در حوزه آب و فاضلاب شناسایی شد و بر اساس میزان اثرگذاری و ارتباط با حوزه، ۴۰ ریسک به‌عنوان ریسک‌های مؤثر تعیین شد که در جدول ۱ نمایش داده شده است. به‌منظور بررسی اثر ریسک‌های تعیین شده، پرسش‌نامه‌ای بین ۱۰۵ نفر از خبرگان حوزه PPP توزیع شد و بر اساس نتایج حاصله ۱۱ ریسک به‌عنوان ریسک‌های با اولویت بیشتر انتخاب شد. هدف از این پژوهش محاسبه PSC و تعیین اثر هر ریسک بر روی هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری بود. به‌همین منظور پرسش‌نامه‌ی دوم به‌منظور تعیین اثر هر یک از ۱۱ ریسک بر روی هزینه‌های ساخت‌وساز و بهره‌برداری و سهم بخش عمومی خصوصی در هر ریسک، طراحی و بین خبرگان توزیع شد. از نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌ی دوم با استفاده از توزیع مثلثی پرت و شبیه‌سازی مونت‌کارلو بازه‌ی تأثیرگذاری هر ریسک با ضرایب اطمینان ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد و همچنین سهم بخش عمومی و بخش خصوصی در هر ریسک محاسبه و بازه قیمتی PSC تعیین شد.

۳-۳- روش مدل‌سازی مونت‌کارلو

این روش کاربردهای فراوانی در تحلیل فرایندهای تصادفی گسسته و نیز مسائل پیچیده قابلیت اعتماد با تابع شرایط حدی مشتمل بر چند نقطه حداکثر محتمل دارد. روش مونت‌کارلو برای برآورد احتمال خرابی بر مبنای سه گام اساسی به‌صورت زیر قابل استفاده است (Ghiass, 2014).

۱- تولید تصادفی اعداد با استفاده از تابع توزیع تجمعی احتمال متغیرهای تصادفی در بازه صفر و یک

۲- برآورد مقدار هر متغیر تصادفی با استفاده از خصوصیات آماری متغیرهای تصادفی بر اساس عدد تولید شده تصادفی در گام یک

۳- برآورد تابع شرایط حدی مطابق با داده‌های تولید شده گام دوم و تخمین احتمال خرابی

روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو، یک روش نمونه‌گیری تصادفی ساده بر اساس ایجاد دنباله‌ای از نمونه‌های تصادفی است که هر متغیر تصادفی X_i به‌صورت تصادفی نمونه‌گیری شده و سپس تابع حالت حدی بررسی می‌شود. اگر $g(X_i) \leq 0$ برقرار باشد. در چنین

جدول ۱- مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی شده در پژوهش‌های مربوط به حوزه پژوهش

Table 1. The most important risks identified in research articles

Risk area	Risk title	References to risk
Policy, regulatory and legal risk	Political interventions Termination of the contract by the government Regional political instability Public and private sector corruption Poor monitoring and control Change in the law	(Ameyaw and Chan, 2013) (Ameyaw and Chan, 2015a) (Chan et al., 2015) (Cheung and Chan, 2011) (Shrestha et al., 2017) (Wibowo and Mohamed, 2008) (Xu et al., 2011) (Zheng and Tiong, 2010)
Construction risk	Risk of incompleteness Transgression of time Exceeding the cost	(Ameyaw and Chan, 2015a) (Chan et al., 2015) (Cheung and Chan, 2011) (Shrestha et al., 2017) (Tahmasbi and Zarepour, 2020) (Wibowo and Mohamed, 2008) (Zheng and Tiong, 2010)
Risk during operation	Water theft Change in demand Change in interest rates Change in foreign exchange rates Inflation Exceeding operating costs Inlet wastewater quality	(Ameyaw and Chan, 2013) (Ameyaw and Chan, 2015a) (Chan et al., 2015) (Cheung and Chan, 2011) (Shrestha et al., 2017) (Wibowo and Mohamed, 2008) (Zheng and Tiong, 2010)
Relationship risk	Inexperience in PPP	(Ameyaw and Chan, 2013) (Ameyaw and Chan, 2015a)
Supply risk	Lack of timely supply of materials and equipment	(Tahmasbi and Zarepour, 2020)
Financing risk	Interest rate Exchange rate change Inflation No increase in capital	(Choi et al., 2010) (Cheung and Chan, 2011) (Ameyaw and Chan, 2015b) (Chan et al., 2015) (Wibowo and Mohamed, 2008)
Market risk/Income	Low level of water prices Difficulty adjusting the price of delivered water Insufficient volume of sewage Competition from other wastewater/water treatment plants Change in the cost of wastewater/water treatment Change or decrease in demand	(Choi et al., 2010) (Zheng and Tiong, 2010) (Chan et al., 2015) (Cheung and Chan, 2011) (Ameyaw and Chan, 2015a) (Wibowo and Mohamed, 2008)
Beneficiaries management	Social problems in locating the pipeline Lack of awareness of the benefits of project implementation for them	(Tahmasbi and Zarepour, 2020)
Social environment	Changes in industrial wastewater quality Excessive increase of incoming sewage Excessive reduction of incoming sewage	(Asgarian et al., 2015)
Licensing risk	Land ownership Approvals/Permits Site conditions due to linearity and inner city sewage projects	(Shrestha et al., 2017) (Carpintero and Helby Petersen, 2016)
Tax risks	Land or building tax Income tax Employee insurance	(Tahmasbi and Zarepour, 2020)
Other possible risks	Asset ownership risk Overhaul risk and upgrade facilities	(Shrestha et al., 2017)

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

حالتی نمونه تولید شده داده تصادفی X_i در ناحیه خرابی و در غیر این صورت در ناحیه سلامتی قرار می‌گیرد. این آزمون (شبیه‌ساز متغیرهای تصادفی با کنترل تابع حالت حدی) به تعداد زیادی تکرار نیازمند است که در هر یک از این دفعات بردار X_i به‌طور تصادفی انتخاب می‌شود تا چندین نقطه در ناحیه خرابی تولید شود.

۴- نتایج پرسش‌نامه

طی بررسی به‌عمل آمده، ۹۲ درصد از خبرگان مشارکت‌کننده در این پژوهش، سابقه کاری بیش از ۸ سال دارند (شکل ۲) و ۵۸ درصد از جمع خبرگان همکار در پژوهش بیش از ۶ سال سابقه کار مرتبط با موضوع پژوهش را دارند (شکل ۳).

۱۰۰درصد خبرگان مشارکت‌کننده در پژوهش دارای تحصیلات دانشگاهی بوده که از این میان ۸۶ درصد جمعیت، تحصیلات کارشناسی ارشد و بالاتر دارند (شکل ۴).

حوزه فعالیت خبرگان مشارکت‌کننده در پژوهش از حوزه‌هایی با قابلیت تعریف پروژه‌های PPP در نظر گرفته شد که از این میان، ۷۳ درصد از مشارکت‌کنندگان در حوزه‌های مرتبط فعالیت داشته که منحصراً ۵۲ درصد از مشارکت‌کنندگان در حوزه آب و فاضلاب فعالیت دارند (شکل ۵).

بر اساس تحلیل نتایج پرسش‌نامه اول، مطابق جدول ۲، ۱۱ عنوان ریسک از ۴۰ ریسک مطرح شده، به‌عنوان ریسک‌های با اولویت بیشتر تعیین شد.

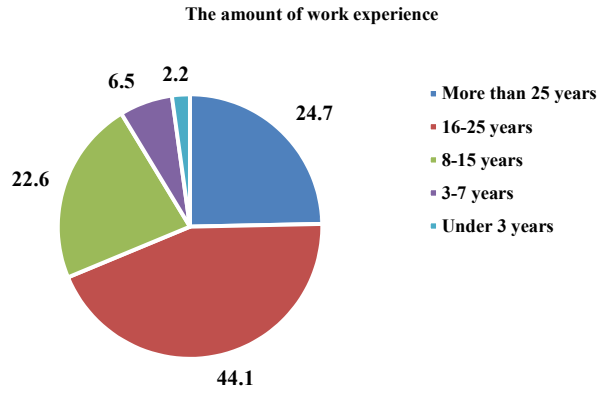


Fig. 2. The work experience of the experts in this study

شکل ۲- میزان سابقه کار خبرگان بررسی شده

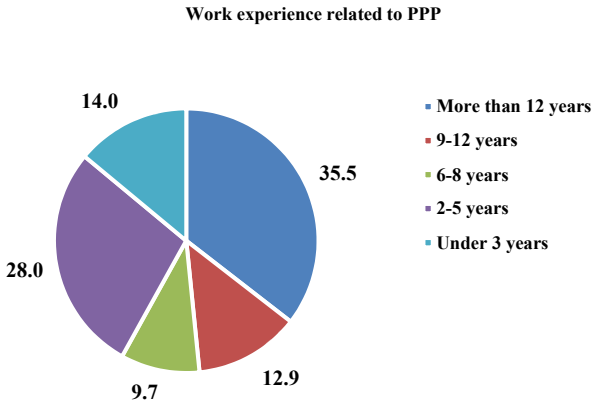


Fig. 3. Extent of work experience related to PPP of research experts

شکل ۳- میزان سابقه کار مرتبط با PPP خبرگان بررسی شده

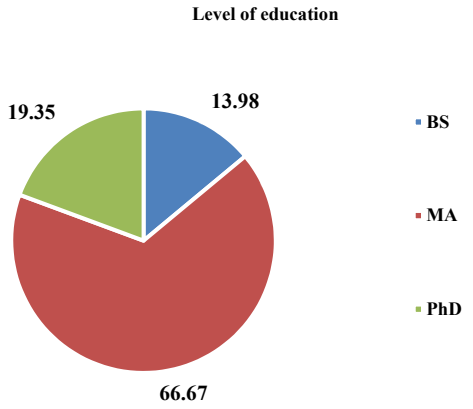


Fig. 4. Level of education of the experts under study

شکل ۴- سطح تحصیلات خبرگان بررسی شده

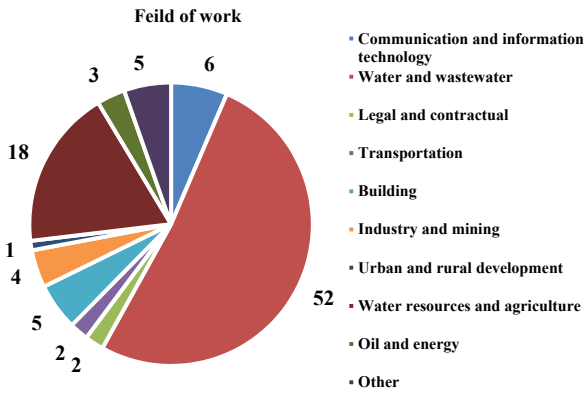


Fig. 5. Field of work of the experts under study

شکل ۵- حوزه فعالیت خبرگان بررسی شده

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲، با توجه به مقدار در نظر گرفته شده برای هر ریسک و همچنین در نظر گرفتن ریسک‌ها به‌صورت مشترک در دوران ساخت‌وساز و دوران بهره‌برداری، ۱۱ ریسک مطابق با جدول ۳ بر اساس نظر خبرگان، به‌عنوان ریسک‌های مؤثرتر بر هزینه‌های دوران ساخت‌وساز و دوران بهره‌برداری تعیین شد.

پرسش‌نامه دوم به‌منظور تعیین اثر هر یک از ریسک‌های فوق بر هزینه‌های دوران ساخت‌وساز و دوران بهره‌برداری در سه حالت خوش‌بینانه، محتمل‌ترین حالت و بدبینانه و همچنین تعیین سهم هر یک از بخش‌های عمومی و خصوصی در تأمین هزینه‌های هر ریسک طراحی و در اختیار خبرگان قرار گرفت.

در تئوری و رابطه مربوط به محاسبه PSC، قسمتی از هزینه‌های مربوط به تعیین PSC مربوط به ریسک‌های باقیمانده و ریسک‌های انتقال‌یافته است، در طراحی پرسش‌نامه دوم با دیدگاه اشتراک بین بخش خصوصی و بخش دولتی در نظر گرفته شد و سهم هر بخش در هزینه‌های یک ریسک تعیین شد. اطلاعات جمع‌آوری شده از پرسش‌نامه دوم با استفاده از توزیع مثلثی پرت پیاده‌سازی شد و پس از تعیین توابع توزیع در هر سه حالت خوش‌بینانه، محتمل‌ترین حالت و بدبینانه با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو، میزان اثر هر ریسک برای ضرایب اطمینان ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد تعیین شد. شکل‌های ۶، ۷ و ۸ نمونه‌ای از تحلیل انجام شده به روش فوق را برای ریسک تورم در دوران ساخت‌وساز، نمایش می‌دهند.

در جدول ۴ مقدار کمینه و بیشینه هر یک از ریسک‌ها بر اساس تحلیل و شبیه‌سازی انجام شده در دوره‌های ساخت‌وساز و بهره‌برداری آمده است.

ریسک‌های تجاوز از زمان و عدم‌تکمیل، از جمله ریسک‌های مختص دوره ساخت‌وساز هستند، به همین منظور در دوره بهره‌برداری محاسبه نمی‌شوند. بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۴، با توجه به اختلاف حد بالا و پایین در تمامی ضرایب اطمینان در نظر گرفته شده، ریسک فساد بخش دولتی و خصوصی تأثیرگذارترین ریسک و عدم‌افزایش سرمایه کم‌اثرترین ریسک برای هر دو دوره ساخت و بهره‌برداری استنتاج می‌شود.

به‌طور کلی با مقایسه بین ریسک‌های در نظر گرفته شده در هر دسته، بر اساس نتایج جدول ۵، ریسک‌های سیاسی، نظارتی و قانونی مؤثرترین ریسک‌ها در محاسبات ریسک کل و هزینه تمام شده یک پروژه هستند.

بر اساس تعریف، ریسک کل معادل است با مجموع تمامی ریسک‌های محتمل در یک پروژه، با این حال، میزان ریسک کل حاصل از جمع جبری ریسک‌های تعیین شده و ریسک کل حاصل از شبیه‌سازی به روش مونت کارلو، اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند. همان طور که در روش کار شرح داده شد، در این پژوهش در ابتدا، ۱۷۰ نوع ریسک تعیین شد، در مرحله اولیه ۴۰ ریسک به‌عنوان ریسک‌های با اثرگذاری بیشتر تعیین شد و بر اساس نتایج حاصل از نظر خبرگان، این تعداد به ۱۱ ریسک تقلیل پیدا کرد. با این وصف در صورت جمع جبری ریسک‌ها، مقدار برآورد شده از میزان حقیقی ریسک کمتر خواهد بود، به همین دلیل و به‌منظور اثربخشی ریسک‌ها بر روی یکدیگر، ریسک کل نیز با شبیه‌سازی تعیین شد.

۵- مطالعه موردی

۵-۱- مشخصات طرح شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهر سیرجان

به منظور بررسی کاربردی مدل به دست آمده در محاسبه شاخص، اقدام به مطالعه موردی بر روی طرح شبکه جمع‌آوری و

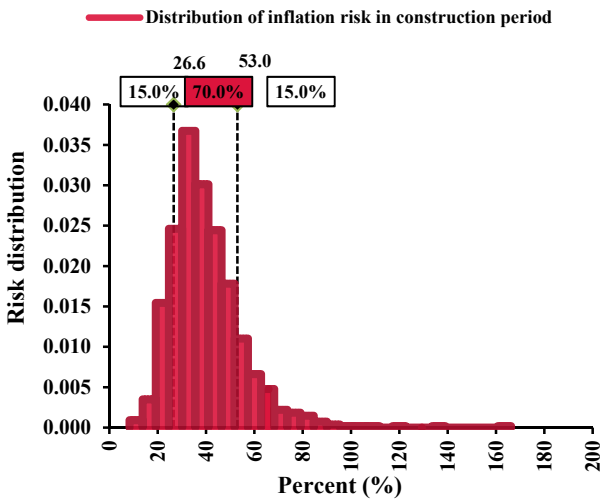


Fig. 6. Inflation risk distribution in construction period costs with 70% reliability

شکل ۶- تأثیر ریسک تورم بر هزینه‌های دوره ساخت با ضریب اطمینان ۷۰ درصد

جدول ۲- تعیین مقدار ریسک‌های پرسش‌نامه اول

Table 2. Determining the risk values of the first questionnaire

Risk area	Risk title	The amount of risk (probability × intensity)
Policy, regulatory and legal risk	Political interventions	63.729
	Termination of the contract by the government	35.246
	Regional political instability	55.514
	Public and private sector corruption	51.618
	Poor monitoring and control	46.206
	Change in the law	37.187
Construction risk	Risk of incompleteness	44.706
	Transgression of time	53.389
	Exceeding the cost	58.959
Risk during operation	Water theft	34.397
	Change in demand	33.025
	Change in interest rates	40.728
	Change in foreign exchange rates	76.022
	Inflation	79.685
	Exceeding operating costs	59.237
	Inlet wastewater quality	34.796
Relationship risk	Inexperience in PPP	38.467
Supply risk	Lack of timely supply of materials and equipment	46.745
Financing risk	Interest rate	48.762
	Exchange rate change	75.241
	Inflation	78.787
	No increase in capital	43.945
Market risk / income	Low level of water prices	41.790
	Difficulty adjusting the price of delivered water	41.958
	Insufficient volume of sewage	30.063
	Competition from other wastewater/water treatment plants	19.742
	Change in the cost of wastewater/water treatment	43.426
	Change or decrease in demand	26.906
Beneficiaries management	Social problems in locating the pipeline	39.938
	Lack of awareness of the benefits of project implementation for them	32.763
Social environment	Changes in industrial wastewater quality	35.793
	Excessive increase of incoming sewage	33.613
	Excessive reduction of incoming sewage	26.560
Licensing risk	Land ownership	36.925
	Approvals/Permits	34.682
	Site conditions due to the linearity and inner city sewage projects	32.680
Tax risks	Land or building tax	19.548
	Income tax	27.237
	Employee insurance	29.027
Other possible risks	Asset ownership risk	28.742
	Overhaul risk and upgrade facilities	36.029

جدول ۳- تعیین ریسک‌های مؤثر بر هزینه‌های ساخت‌وساز و بهره‌برداری بر اساس تحلیل پرسش‌نامه اول

Table 3. Determining the risks affecting construction and operation costs based on the analysis of the first questionnaire

Risk area	**Financing risk**			
Risk title	Inflation	Exchange rate change	Interest rate	No increase in capital
Risk area	Policy, regulatory and legal risk			
Risk title	Political interventions	Regional political instability	Public and private sector corruption	Poor monitoring and control
Risk area	Construction risk			
Risk title	Transgression of time		Risk of incompleteness	
Risk area	Supply risk			
Risk title	Lack of timely supply of materials and equipment			

جدول ۴- مقدار مربوط به بازه هر ریسک با استفاده از تحلیل ریسک به روش مونت‌کارلو

Table 4. Values for each risk interval using risk analysis utilizing the Monte Carlo method

Risk	**Construction period**						**Operation period**					
	Safety factor 70%		**Safety factor 80%**		**Safety factor 90%**		**Safety factor 70%**		**Safety factor 80%**		**Safety factor 90%**	
	Min.	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**	**Min.**	**Max.**
Inflation	26.6	52.1	24.6	58.3	20.9	67.4	23.5	49.0	21.1	52.4	18.8	61.1
Exchange rate change	28.9	60.9	26.5	67.6	22.4	77.9	26.2	59.8	24.1	66.7	22.0	76.3
Interest rate	12.4	32.7	11.0	37.2	9.5	45.3	13.2	35.3	11.9	39.2	10.2	50.3
No increase in capital	10.8	26.0	9.6	28.7	7.6	33.6	8.5	22.8	7.1	26.2	6.0	32.2
Political interventions	16.0	52.0	14.0	60.0	11.0	74.0	14.7	42.2	12.4	48.9	10.3	60.4
Regional political instability	19.6	48.6	17.4	57.2	14.6	69.6	17.2	50.3	14.7	58.3	11.9	70.5
Public and private sector corruption	15.0	59.0	12.0	72.0	11.0	101.0	16.1	52.8	14.1	63.3	11.7	85.8
Poor monitoring and control	14.0	42.0	12.0	48.0	10.0	69.0	15.0	47.0	13.0	58.0	11.0	81.0
Transgression of time	15.7	35.6	14.3	40.7	12.5	50.0	---	---	---	---	---	---
Risk of incompleteness	12.6	40.7	11.6	46.7	9.7	60.4	---	---	---	---	---	---
Lack of timely supply of materials and equipment1	11.1	30.9	9.9	36.4	8.1	47.7	9.5	25.4	8.4	30.0	7.1	39.7
Total risk (simulated)	558.0	770.0	535.0	813.0	498.0	881.0	408.0	612.0	393.0	653.0	368.0	718.0

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

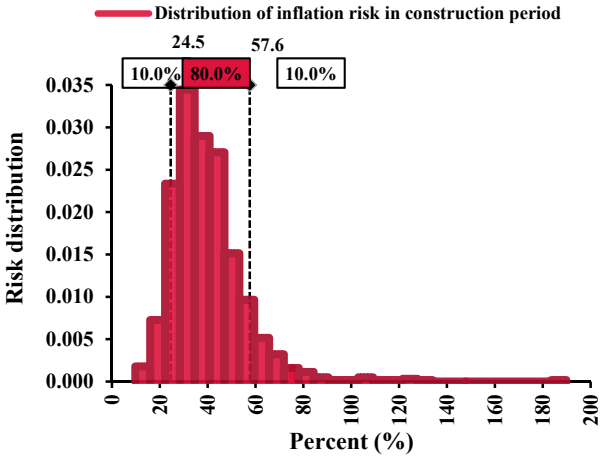


Fig. 7. Risk distribution of inflation risk in construction period costs with 80% reliability

شکل ۷- تأثیر ریسک تورم بر هزینه‌های دوره ساخت با ضریب اطمینان ۸۰ درصد

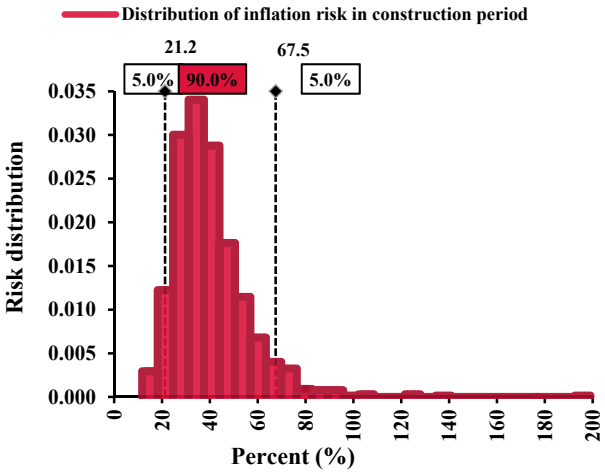


Fig. 8. Inflation risk distribution in construction period costs with 90% reliability

شکل ۸- تأثیر ریسک تورم بر هزینه‌های دوره ساخت با ضریب اطمینان ۹۰ درصد

تصفیه فاضلاب شهر سیرجان شد. این طرح به دو علت وجود اطلاعات کافی به‌منظور بررسی مدل استخراج شده و محاسبه PSC و همچنین وجود اطلاعات برای دو فاز ساخت و بهره‌برداری، از میان گزینه‌های موجود، انتخاب شد. طرح شبکه مورد مطالعه، در دو فاز احداث شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر سیرجان به طول ۴۰۴ کیلومتر و تصفیه‌خانه فاضلاب با ظرفیت ۳۰۰۱۳ مترمکعب در شبانه‌روز است که هر دو فاز به‌طور موازی اجرا خواهند شد. این تصفیه‌خانه در دو مدول با ظرفیت ۵۳۱۱۳ مترمکعب در شبانه‌روز است که مرحله اول طرح اجرای مدول اول با ظرفیت ۳۰۰۱۳ مترمکعب در شبانه‌روز است. واحدهای مشترک بین دو مدول با PSC دبی متوسط ۵۳۱۱۳ مترمکعب در شبانه‌روز طراحی و ساخته خواهند شد تا بتوان در مرحله دوم طرح، تجهیزات مدول دوم تصفیه‌خانه را بدون نیاز به عملیات ساختمانی در آنها نصب و راه‌اندازی کرد. ظرفیت تولید پساب در این تصفیه‌خانه پس از اجرای مدول اول در حدود ۱۱ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود که به منطقه گل‌گهر انتقال خواهد یافت. در منطقه گل‌گهر از سال ۱۳۹۷ به بعد با در نظر گرفتن طرح‌های توسعه‌ای تولید کنسانتره، گندله و فولاد، سالانه حدود ۲۴.۵ میلیون تن آب مصرف می‌شود که با اجرای این طرح حدود ۴۵ درصد از نیاز آب منطقه از طریق تصفیه فاضلاب شهر سیرجان قابل‌تأمین است.

کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح حدود ۲۵۳۰ میلیارد ریال مشتمل بر حدود ۲۵۰۰ میلیارد ریال سرمایه‌گذاری ثابت و حدود

جدول ۵- برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح

Table 5. Estimating project investment costs

No.	Description	Total Million Rials	Total Million Dollar	Total (Million Rials)
1	Sewage collection network	1,710,000	-	1,710,000
2	Wastewater treatment plant	419,897	2,800	680,000
3	Office supplies	5,000	-	5,000
4	vehicles	3,000	-	3,000
5	Miscellaneous and unforeseen	2,000	-	2,000
	Total fixed assets	2,139,897	2,800	2,400,000
6	Net interest before operating costs	100,000	-	100,000
	Fixed investment sum	2,239,897	2,800	2,500,000
	Total investment	2,239,897	2,800	2,500,000

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135

۳۰ میلیارد ریال سرمایه در گردش موردنیاز است. همچنین از سرمایه‌گذاری ثابت طرح حدود ۲۷۵ میلیارد ریال هزینه‌های انجام شده و حدود ۲۲۲۵ میلیارد ریال هزینه‌های سرمایه‌گذاری باقیمانده است. همچنین از کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری باقیمانده حدود ۱۹۶۵ میلیارد ریال در بخش ریالی و حدود ۲۸۰۰ هزار یورو در بخش ارزی به شرح جدول ۵ ارائه شده است.

بهای تمام شده محصول در اولین سال بهره‌برداری حدود ۳۰ هزار ریال بر مترمکعب است که با توجه به کاهش هزینه‌های استهلاک و هزینه‌های تأمین مالی طی دوره ۳۵ ساله بهره‌برداری حدود ۱۱ هزار ریال بر مترمکعب برآورد شده است. در ادامه جزئیات تفکیک هزینه‌های ثابت و متغیر طرح و همچنین نقطه سربه‌سری طی سال‌های نخست بهره‌برداری مطابق با جدول ۶ است. بر اساس مقدار جدول ۶، جمع کل هزینه‌های بهره‌برداری معادل ۶،۵۵۰،۱۴۶ میلیون ریال تعیین شده است.

به منظور تعیین بی‌طرفی در رقابت، هزینه‌های مربوط به بیمه در دوران ساخت و بهره‌برداری و هزینه مربوط به حق امتیاز در دوران بهره‌برداری به میزان ۲۸۸،۹۰۵ میلیون ریال در نظر گرفته می‌شود. نحوه محاسبه بی‌طرفی در رقابت در جدول ۷ ارائه شده است.

با توجه به تحلیل‌های انجام شده و اطلاعات مربوط به پروژه شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب سیرجان، PSC مطابق با جدول ۸ برای ضرایب اطمینان ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد محاسبه شده است.

در شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نمودارهای مربوط به محاسبه PSC نشان داده شده است.

جدول ۶- برآورد هزینه‌های بهره‌برداری طرح

Table 6. Estimation of project operating costs

Description	Years of operation (Million Rials)				
	1399	1400	1401	1402	1433
Energy cost	6,937	12,477	12,751	13,032	19,000
Repair and maintenance	25,194	45,311	46,307	47,327	69,000
Personnel costs	9,451	16,998	17,371	17,754	25,884
Other unforeseen expenses - 3%	1,247	2,244	2,293	2,343	3,417
Production costs	42,830	77,030	78,721	80,456	117,301
Administrative and organizational expenses	1,475	2,653	2,712	2,771	4,041
Operating costs	44,305	79,683	81,433	83,227	121,341
Depreciation cost	72,390	144,686	144,522	144,3999	-
Financing costs	-	323,926	253,888	183,850	-
Total operating costs	116,695	548,295	479,843	411,476	121,341

جدول ۷- محاسبه هزینه بی‌طرفی در رقابت

Table 7. Calculation of the cost of competitive neutrality

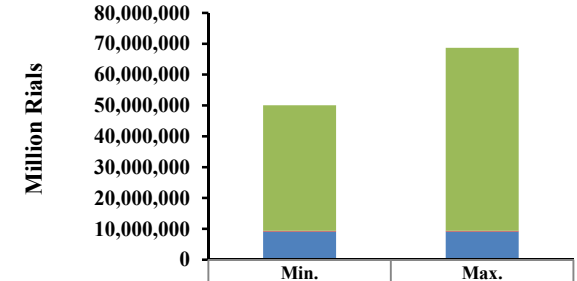
No.	Item	Criterion	Unit	Total cost (Million Rials)
1	Exploitation period royalties	500	Million rials per year	17,500
2	Construction insurance share	1.60	Percentage per year of construction cost	35,600
3	Operation insurance share	3.60	Percentage of operating costs per year	235,805
			Total	288,905

جدول ۸- محاسبه PSC برای ضرایب اطمینان متفاوت

Table 8. Calculation of PSC for different safety factors

Safety factor	70%		80%		90%	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Raw PSC	9,050,146	9,050,146	9,050,146	9,050,146	9,050,146	9,050,146
Competitive neutrality	307,005	307,005	307,005	307,005	307,005	307,005
Retained and transferred risk	40,674,594	59,336,891	39,117,072	63,097,451	36,554,536	69,055,045
PSC	50,031,745	68,694,042	48,474,223	72,454,601	45,911,686	78,412,196

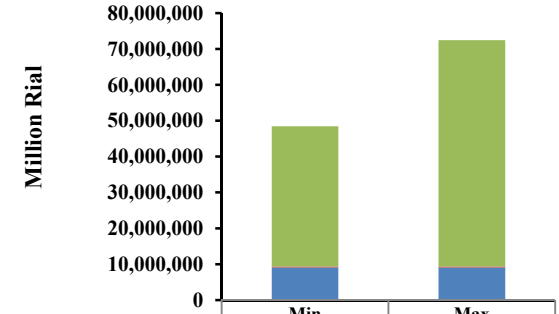
dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.283540.3135



	Min.	Max.
Retained & transferred risks	40,674,594	59,336,891
Competitive neutrality	307,005	307,005
Raw PSC	9,050,146	9,050,146

Fig. 9. Calculation of minimum and maximum PSC for for 70% safety factor

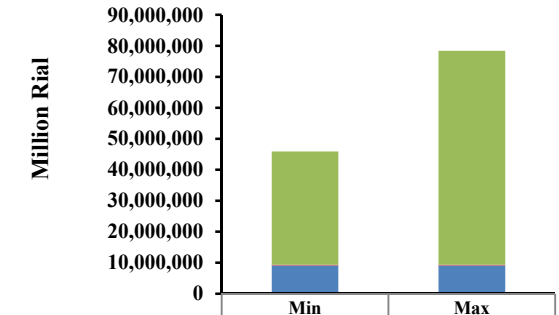
شکل ۹- محاسبه کمینه و بیشینه PSC برای ضریب اطمینان ۷۰ درصد



	Min	Max
Retained & transferred risks	39,117,072	63,097,451
Competitive neutrality	307,005	307,005
Raw PSC	9,050,146	9,050,146

Fig. 10. Calculation of minimum and maximum PSC for for 80% safety factor

شکل ۱۰- محاسبه کمینه و بیشینه PSC برای ضریب اطمینان ۸۰ درصد



	Min	Max
Retained & transferred risks	36,554,536	69,055,045
Competitive neutrality	307,005	307,005
Raw PSC	9,050,146	9,050,146

Fig. 11. Calculation of minimum and maximum PSC for for 90% safety factor

شکل ۱۱- محاسبه کمینه و بیشینه PSC برای ضریب اطمینان ۹۰درصد

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از پرسش‌نامه، ۹۲ درصد از خبرگان مشارکت‌کننده در این پژوهش، سابقه کاری بیش از ۸ سال داشتند و ۵۸ درصد از جمع خبرگان همکار در پژوهش بیش از ۶ سال سابقه کار مرتبط با موضوع پژوهش و ۸۶ درصد جمعیت، تحصیلات کارشناسی ارشد و بالاتر و ۷۳ درصد از مشارکت‌کنندگان در حوزه‌های مرتبط فعالیت داشته که منحصراً ۵۲ درصد از مشارکت‌کنندگان در حوزه آب و فاضلاب فعالیت داشتند این اطلاعات نشان‌دهنده این موضوع است که میزان اعتبار نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌ها که اطلاعات پایه پژوهش و تحلیل‌های انجام شده بوده است، شرایط قابل‌اعتنا و اعتباری دارد. با توجه به اینکه کل هزینه‌های مطالعه موردی ۹۰۵۰ میلیارد ریال در دوران ساخت و بهره‌برداری برآورد شد، اما با تحلیل ریسک‌ها و شبیه‌سازی انجام شده در بازه‌های قابل‌اطمینان ۷۰ و ۸۰ و ۹۰ درصد مقدار PSC در حالت کمینه بین ۵۰۰ تا ۵۵۰ درصد افزایش و در حالت بیشینه ۷۵۰ و ۸۵۰ درصد را نشان می‌دهد. این نتایج نشان‌دهنده این است که با توجه به شرایط اقتصادی و سیاسی که در ایران وجود دارد پروژه‌های PPP در دوران ساخت و بهره‌برداری با افزایش حداقل ۵۰۰ درصد و حداکثر ۸۵۰ درصد را تجربه خواهد کرد. در ضمن بعضی از نتایج دیگر به شرح زیر است:

- علی‌رغم اینکه موضوع پژوهش در زمینه آب و فاضلاب بوده و عموم خبرگان مشارکت‌کننده نیز از همین حوزه می‌باشند، ۱۱ ریسک منتخب طی نظرسنجی انجام شده، قابلیت تعمیم به‌تمامی پروژه‌های PPP را دارند.
- با توجه به نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌های پژوهش و تحلیل انجام شده، اثرگذارترین ریسک، فساد بخش دولتی و خصوصی و کم‌اثرترین ریسک عدم‌افزایش سرمایه است.
- ریسک‌های سیاسی، نظارتی و قانونی، اثرگذارترین دسته از ریسک‌ها بر تعیین بازه قیمتی در پروژه‌های PPP و محاسبه PSC هستند.
- تعیین بازه قیمتی در پروژه‌های PPP، علاوه بر وابستگی به تعیین و محاسبه صحیح ریسک‌ها، به مدت زمان پروژه نیز بسیار وابسته است.

۷- قدردانی

نویسندگان، مراتب سپاسگزاری خود را از شرکت کاریز، مجری طرح فاضلاب شهرستان سیرجان به ویژه مدیرعامل محترم شرکت جناب آقای امانی و همچنین دفتر تجهیز منابع مالی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور که در این پژوهش همراه ما بودند، اعلام می‌دارند.

References

Ameyaw, E. E. & Chan, A. P. 2013. Identifying public-private partnership (PPP) risks in managing water supply projects in Ghana. *Journal of Facilities Management*, 11(2), 152-182.

Ameyaw, E. E. & Chan, A. P. 2015a. Evaluation and ranking of risk factors in public–private partnership water supply projects in developing countries using fuzzy synthetic evaluation approach. *Expert Systems with Applications,* 42, 5102-5116.

Ameyaw, E. E. & Chan, A. P. 2015b. Risk ranking and analysis in PPP water supply infrastructure projects: an international survey of industry experts. *Facilities*, 33, 428-453.

Asgarian, M., Tabesh, M. & Rouzbahni, A. 2015. Risk assessment of wastewater collection performance using the fuzzy decision-making approach. *Journal of Water and Wastewater*, 26, 74-87. (In Persian)

Australia, I. 2008. National public private partnership guidelines. *Attorney General's Department of Australia, Canberra*, 42.

Carpintero, S. & Helby Petersen, O. 2016. Public–private partnerships (PPPs) in local services: risk-sharing and private delivery of water services in Spain. *Local Government Studies,* 42, 958-979.

Chan, A. P., Lam, P. T., Wen, Y., Ameyaw, E. E., Wang, S. & Ke, Y. 2015. Cross-sectional analysis of critical risk factors for PPP water projects in China. *Journal of Infrastructure Systems,* 21, 04014031.

Cheung, E. & Chan, A. P. 2011. Risk factors of public-private partnership projects in China: comparison between the water, power, and transportation sectors. *Journal of Urban Planning and Development,* 137, 409-415.

Choi, J. H., Chung, J. & Lee, D. J. 2010. Risk perception analysis: participation in China's water PPP market. *International Journal of Project Management,* 28, 580-592.

Ghiass, M. 2014. An introduction to the Monte Carlo simulation methods. *Polymerization,* 4, 67-77.

Hromada, E. 2017. Utilization of dynamic simulation for design and optimization of PPP/PFI projects. *Procedia Engineering,* 196, 399-406.

Institute, P. M. 2013. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide*, Project Management Institute.

Kumar, L., Jindal, A. & Velaga, N. R. 2018. Financial risk assessment and modelling of PPP based Indian highway infrastructure projects. *Transport Policy,* 62, 2-11.

Portal, N. P. P. P. 2016. *What is Public-Private Partnership?* [Online]. Available: https://ppp.mporg.ir/Portal/View/Page.aspx?PageId=6f9b3fde-4097-49ed-a590-c7276b65060d.

Purnuş, A. & Bodea, C. N. 2015. Educational simulation in construction project financial risks management. *Procedia Engineering,* 123, 449-461.

Shrestha, A., Chan, T. K., Aibinu, A. A. & Chen, C. 2017. Efficient risk transfer in PPP wastewater treatment projects. *Utilities Policy,* 48**,** 132-140.

Suseno, Y. H., Wibowo, M. A. & Setiadji, B. H. 2015. Risk analysis of BOT scheme on post-construction toll road. *Procedia Engineering,* 125**,** 117-123.

Tahmasbi, H. A. & Zarepour, M. 2020. Identification and prioritizing risk of rural water and wastewater projects using multi-attribute decision making methods in fuzzy environment. *Journal of Water and Wastewater,* 30(6)**,** 35-50. (In Persian)

Wibowo, A. & Mohamed, S. 2008. Perceived risk allocation in public-private-partnered (PPP) water supply projects in Indonesia. *Construction in Developing Countries,* 349-356.

Xu, Y., Yang, Y., Chan, A. P., Yeung, J. F. & Cheng, H. 2011. Identification and allocation of risks associated with PPP water projects in China. *International Journal of Strategic Property Management,* 15**,** 275-294.

Yescombe, E. R. 2011. *Public-Private Partnerships: Principles of Policy andFinance*, Elsevier.

Yuan, J., Li, X., Chen, K. & Skibniewski, M. J. 2018. Modelling residual value risk through ontology to address vulnerability of PPP project system. *Advanced Engineering Informatics,* 38**,** 776-793.

Zheng, S. & Tiong, R. L. 2010. First public-private-partnership application in Taiwan's wastewater treatment sector: case study of the Nanzih BOT wastewater treatment project. *Journal of Construction Engineering and Management,* 136**,** 913-922.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.