Civil and Project Journal, 2022, 4(6), 11-24
https://doi.org/10.22034/CPJ.2022.359964.1158

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Note

Investigating and Prioritizing Life Cycle Risks of Water and Sewage Projects Using AHP Hierarchical Analysis Process Technique (Case Study of Water and Sewage Projects in Ilam Province)

Ali Ghorbani*[1], Zeinab NoorMoradi[2]

1- Master student in Civil Engineering, Construction Management of Payam Noor Karaj University

2- Department of Construction Managemnent, Faculty of Engineering, Payam-e Noor University

Received: 31 August 2022; Revised: 31 August 2022; Accepted: 02 October 2022; Published: 02 October 2022

Abstract

Examining the technical, social, environmental, geographic, and economic features is necessary in the process of water and sewage projects on a large scale. The purpose of this research is to identify and rank water and sewage risks in Ilam province. In this research, using in-depth library studies to identify risk in the life cycle and using CVR content validity to remove irrelevant factors. Then, by designing a questionnaire and a statistical community of 40 water and sewage experts, which was determined using Cochran's formula, the effect of the importance of risk factors in the life cycle of the project was investigated. . In this research, the internal reliability of the structure is 0.76, which has established a good internal consistency, then using the Friedman test, the risks have been ranked, and in this research, the risks of lack of plans and executive details, lack of proper design, and the need The changes in the implementation phase compared to the plan have the most important risk and changes. Then, in order to prioritize the life cycle stages of the project, using the AHP technique and a community of experts (5 to 7 people), the life cycle stages have been examined with safety-cost-time alternatives, and the results show that design and planning have the highest priority and They have attributed the least importance to the establishment in this research.

Keywords:

Identification, Ranking, Risk, Life cycle, Water, Sewage

Cite this article as: Ghorbani A, NoorMoradi Z. (2022). Investigating and Prioritizing Life Cycle Risks of Water and Sewage Projects Using AHP Hierarchical Analysis Process Technique (Case Study of Water and Sewage Projects in Ilam Province). Civil and Project Journal;4(6):11–24. https://doi.org/10.22034/cpj.2022.359964.1158

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

*Corresponding author E-mail address: *zeinabnoormoradi1994@gmail.com*

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۱، ۴(۶)، ۱۱-۲۴
https://doi.org/10.22034/CPJ.2022.359964.1158

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

بررسی و اولویت بندی ریسک های چرخه حیات پروژه های آب و فاضلاب با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP (مطالعه موردی پروژه های آب و فاضلاب استان ایلام)

علی قربانی[۱]، زینب نورمرادی*[۲]

۱- استادیار،گروه مهندسی عمران،دانشگاه پیام نور، تهران،ایران
۲- دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مدیریت ساخت دانشگاه پیام نور کرج

تاریخ دریافت: ۰۹ شهریور ۱۴۰۱؛ تاریخ بازنگری: ۰۹ شهریور ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۰ مهر ۱۴۰۱؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۰ مهر ۱۴۰۱

چکیده

بررسی ویژگی های فنی، اجتماعی، زیست محیطی ،جغرافیایی و نیز اقتصادی در فرایند پروژه های آب و فاضلاب در مقیاس گسترده ضروری می باشد . هدف از این پژوهش شناسایی و رتبه بندی ریسک های آب و فاضلاب در استان ایلام نیز می باشد. در این پژوهش با استفاده از مطالعات کتاب خانه ای عمیق به شناسایی ریسک در چرخه حیات و با استفاده از روایی محتوا CVR به حذف فاکتور های غیر مرتبط پرداخته شده است . سپس با طراحی پرسشنامه و جامعه اماری ۴۰ نفره از کارشناسان آب و فاضلاب که با استفاده ازفرمول کوکران تعیین گردیده است به بررسی اثر اهمیت عامل های ریسکی در چرخه حیات پروژه پرداخته شده است. . در این پژوهش پایایی درونی سازه ۷۶/ ۰ که که حاکی از همسانی درونی خوبی بوده است می باشد. سپس با استفاده از آزمون فریدمن به رتبه بندی ریسک ها پرداخته شده است که در این پژوهش ریسک های عدم وجود نقشه ها و دتایل های اجرایی و عدم طراحی صحیح و نیاز به تغییرات در مرحله اجرا نسبت به طرح بیشترین اهمیت ریسکی و تغییرات را برخوردار بوده است . سپس برای اولویت بندی مراحل چرخه حیات پروژه با استفاده از تکنیک AHP و جامعه خبرگان (۵ الی ۷ نفره)به بررسی مراحل چرخه حیات با الترناتیو های ایمنی – هزینه – زمان پرداخته شده است که نتایج نشان می دهد طراحی و برنامه ریزی بالاترین اولویت و استقرار کمترین اهمیت را در این پژوهش به خود اختصاص داده اند.

کلمات کلیدی:

شناسایی، رتبه بندی، ریسک، چرخه حیات، آب و فاضلاب

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: *zeinabnoormoradi1994@gmail.com*

۱. مقدمه

توسعه و پیاده سازی روش های مدیریت پروژه های موفق، به خصوص مکانیسم های مدیریت ریسک، اساس موفقیت پروژه های بزرگ می باشد. وجود ریسک ها و عدم قطعیت ها در طول مراحل مختلف انجام یک پروژه، یکی از عوامل اصلی شکست پروژه است به نحوی که وقوع یک ریسک می تواند باعث تشدید اثر سایر ریسک ها گردد. در واقع، اغلب مدیران دیدگاهی فنی در حل مسایل مربوط به پروژه های خود دارند که این موضوع از آگاهی آنها نسبت به ریسک ها میکاهد. از طرف دیگر پروژه های عمرانی بدلیل خصوصیات خاص دارای عدم قطعیت‌هایی زیادی هستند که بصورت بالقوه اهداف پروژه را به خطر می اندازد. هر موضوعی که به نوعی اهداف پروژه را بخطر بی اندازد نوعی ریسک برای پروژه محسوب میشود. بنابراین میتوان بسیاری عدم موفقیت های پروژه را ناشی از نادیده یا دست کم گرفتن ریسک یا عدم شناسایی و ارزیابی اثربخش باشد(pmbok,2004).

عدم قطعیت‌ها در چرخه عمر پروژه زمینه‌ساز ریسک های زیادی می‌شود که به نوبه خود بر اهداف تاثیر دارد. البته عدم قطعیت در مراحل اولیه پروژه علی الخصوص فاز های طراحی و برنامه ریزی بیشتر و باهمیت تر هستند. این نقص دررابطه با برآورد هزینه و زمان بیشتر خود نمایی می کند که معمولاً شرکت‌های پیمانکاری با آن مشکل مواجه هستند. همچنین عدم قطعیت در روابط بین سازمان ها اگرچه ساده و بی اهمیت به نظر برسد اما بسیار پیچیده و پراهمیت هست به‌طوری‌که محدوده‌ها، ارتباط‌ها ظرفیت‌های نهادهای حاضر در پروژه را در برمی‌گیرد که مشکلات تأخیر و زمان در پروژه را ایجاد می‌کند (مهدوی میمندو همکاران، ۱۳۹۵).

ریسک در پروژه ها یک وضعیت یا رویداد غیر قطعی، اجتناب ناپذیر و مربوط به آینده است، که اگر اتفاق بیفتد حداقل بر یکی از اهداف پروژه تاثیر می گذارد. در پروژه های عمرانی وقوع ریسک های پروژه ای بر عملکرد زمان هزینه و کیفیت پروژه تاثیر گذارند(pmbok,2004). برخی از این ریسک ها به ماهیت سازمان های عامل پروژه مرتبط بوده و تنها آنها مسئولیت مدیریت آنها را برعهده دارند در حالی که سایر موارد به شکل نزدیکی وابسته به محیط اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژیکی و سیاسی هستند که شرکتها در آن فعالیت می کنند. (باقلانی و همکاران، ۱۳۹۳).

از آنجا که آب منشا حیات و الفبای عمران و آبادانی است، هرجا که اثری از آب بوده حیات نیز پدید آمده و نشانه هایی از آن باقی مانده است (ولایتی، ۱۳۸۳).پروژه های طرح و توسعه شبکه آب و فاضلاب از جمله مهم ترین زیر ساخت های منابع و تامین آب شهری هستند که از پیچیدگی ها و عدم قطعیت های زیادی بر خوردار می باشند به طوری که بخش عمده ای از بودجه کشور صرف سرمایه گذاری در اجرای پروژه های آب و فاضلاب می گردد. اگر چه ۵۹ درصد از این پروژه ها کمتر از ۱۰ میلیون دلار اما تعداد قابل توجهی از پروژه ها ۳۱ درصد در محدوده ۱۰ الی ۵۰ میلیون دلار قرار دارند این تنوع در اندازه پروژه می توان به تنوع در پیچیدگی پروژه را نشان می دهد(Molenaar,2004)

برای مدیریت و اولویت بندی ریسک در چرخه حیات پروژه . تاکنون مطالعاتی کمی در این زمینه برای این‌چنین پروژه‌ای انجام‌شده است

۱.۱. ضرورت و اهمیت

در مطالعات پروژههای زیر بنایی ، عدم قطعیت های بسیاری راجع به پیش بینی آینده پروژه که به سه عامل زمان، هزینه و ایمنی مربوط است، وجود دارد. باوجوداین عدم قطعیتها فرآیند مالی این طرحها همیشه دارای ریسک مخصوص به خود میباشد.بنابراین باید پیشبینی دقیق تری در مورد آنها صورت گیرد تا نتیجه به واقعیت نزدیکتر باشد. شناسایی و رتبه بندی ریسک ها و داشتن یک تخمین صحیح از هزینه های ریسک پروژه، میتواند به طور قابل ملاحظه ای عدم قطعیتهای سرمایه گذاری را از دیدگاه بخش خصوصی کاهش دهد و نقش موثری در مدیریت ریسک پروژه ایفا نماید. ازاینرو شناسایی و تجزیه

وتحلیل کیفی و کمی ریسکها و برآورد هزینه ریسک، در مدیریت ریسک پروژههای زیربنایی مانند اجرایی پروژه های آب و فاضلاب در مرحله امکانسنجی(طرح توجیهی)، در سیاستگذاریهای این حوزه در آینده و درصد موفقیت اینگونه پروژهها، تأثیر بسزایی خواهد داشت. با توجه به حجم سرمایه گذاری موردنیاز در این حوزه، دست نیافتن به اهداف زمانی و هزینه ای و کیفیتی در پروژههای آب و فاضلاب، میتواند موجب زیانهای بزرگ مالی شود.

ارزیابی و مدیریت ریسک ها به عنوان بخشی از فرآیند به لحاظ اجرای درست وظایف مدیریت، کاهش رخدادهای پرهزینه و پیش بینی نشده، تخصیص(اختصاص) موثرتر و کاراتر منابع موجود و غیره حائز اهمیت است. این موضوع در شبکه توزیع و خطوط انتقال اب فاضلاب با توجه به گستردگی و پیچیدگی پروژه ها در مرحله طراحی ،ساخت و بهره برداری از حساسیت بیشتری برخوردار است. شبکه توزیع و انتقال آب در هر منطقه خصوصا در مناطق استان ایلام در مراحل مختلفی انجام می گیرد که هر مرحله دارای ریسک های متفاوتی می باشد که شناسایی و مدیریت این ریسک ها کمک موثری در بهبود و ارتقاء فرآیند توزیع آب و بهره برداری از شبکه های توزیع خواهد داشت. لذا با توجه به گستردگی بخش ها و حجم عملیات شبکه های توزیع و انتقال آب، رعایت دقیق استانداردها بهنگام برنامه ریزی، طراحی، توسعه و اجرا (چرخه حیات)در مراحل مختلف ضروری بوده و کم توجهی به این بخش مشکلات عدیده ای را پدید می آورد. لذا ضروری است به شناسایی ریسک های چرخه عمر پروژه خصوصا در منطقه استان ایلام پرداخته شود و مدیریت صحیحی جهت جلوگیری از این ریسک ها یا کاهش اثرات آنها بر موفقیت پروژه صورت گیرد.

۲.۱. اهداف

هدف از انجام این تحقیق شناسایی و اولویت دهی به ریسک های موثر و مهم چرخه حیات در پروژه های آب و فاضلاب می باشد . بعلاوه این تحقیق قصد دارد که یک ساختار شکست ریسک برای این پروژه شناسایی و نهایی کند.

۱.۲.۱. اهداف فرعی

این تحقیق به شناسایی ریسک‌ها و رونمایی مشکلاتی خواهد پرداخت، که می‌تواند از تعویق افتادن احتمالی پروژه ها جلوگیری به عمل آورد.

۳.۱. سوالات

ریسک های موجود در چرخه حیات پروژه های آب و فاضلاب با چه اولویتی رتبه بندی می شوند؟

۲. پیشینه تحقیق

سلیمانی ملکان (۱۳۹۱)، به آنالیز ریسک در تصفیه خانه آب به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) در تصفیه خانه‌های ۳ و ۴ شهر تهران پرداختند. در این پژوهش سعی گردید تا با استفاده از روش‌ها و مطالعات انجام گرفته میزان آسیب‌پذیری در تصفیه‌خانه‌های آب مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور با تدوین الگوی مد نظر میزان ریسک در تصفیه‌خانه‌های آب شماره‌ی ۳ و ۴ شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تعیین ریسک در گام نخست، ارزش دارایی‌هایی تصفیه خانه تعیین گردید

پرامن شرستا [1]و همکاران در سال (۲۰۱۹) در زمینه عملکرد در طراحی و ساخت ساز و مدیریت ریسک در پروژه های آب و فاضلاب تحقیقاتی نیز انجام داده است بر اساس اهداف این مطالعه، یک بررسی انجام شده طراحی پرسش نامه شامل سوالات مرتبط با سطوح رضایت منافع مختلف رتبه بندی مزایا؛ ارزیابی هزینه؛ برنامه؛ نوآوری ها مورد استفاده در پروژه ها؛ و کیفیت

[1] Pramen P. Shrestha

پروژه ها تکمیل شده است که با استفاده از تحلیل آماری به رتبه بندی ریسک ها و تاثیر عملکرد سازمان در زمینه رضایت و کیفیت پروژه پرداخته است.

پرامن شرستا و همکاران در سال (۲۰۱۶) در زمینه ریسک تحویل و جایگزینی (طراحی و ساخت) سنتی پروژه های اب و فاضلاب پرداخته است و اذعان دارد شناسایی ریسک در پروژه های آب و فاضلاب در بهبود عملکرد پروژه کمک می کند در این پژوهش با نظر سنجی صاحبان سیاست به استخراج ۱۴ فاکتور در این زمینه پرداخته است.

فرح بخش و همکاران در سال (۱۳۹۳) تحقیقاتی در زمینه شناسایی و ارزیابی ریسک های پروژه شبکه توزیع آب انجام داده اند که با استفاده از مصاحبه (طوفان فکری) و مطالعات کتاب خانه ای به شناسایی ریسک پرداخته اند و با استفاده از مجموعه ای نسبتا کامل از معیار های (احتمال وقوع – اثر ریسک – قابلیت مدیریت ریسک ، قابلیت کشف ریسک ، تاخیر اثر ریسک و اثر نزدیکی زمان وقوع ریسک جهت استفاده از تکنیک تصمیم گیری چند شاخصه به رتبه بندی ریسک ها پرداخته است.

مائده عسگریان و همکاران در سال (۱۳۹۴) تحقیقاتی در زمینه ارزیابی ریسک شبکه جمع آوری فاضلاب تحقیقاتی نیز صورت گرفته است . که در زمینه مدیریت عملکرد شبکه در شرایط بحرانی در منطقه تصفیه خانه شهرک غرب مورد مطالعه قرار گرفته اند . که با استفاده از مطالعات کتاب خانه ای و مصاحبه به جمع آوری داده ها پرداخته شده است. که با استفاده از سیستم تصمیم گیری فازی به رتبه بندی داده ها پرداخته است که مهم ترین ریسک در سیستم تصفیه خانه شهرک غرب ورود موادشیمیایی و تغییرات شدید در کیفیت فاضلاب نیز شناسایی شده است.

ارشاد مرادی در سال (۱۳۹۷) تحقیقاتی در زمینه شناسایی و رتبه بندی علل تاخیر در پروژه های آب و فاضلاب با استفاده از تکنیک FMEA (مطالعه موردی: پروژه های آب و فاضلاب شهر تهران).که با استفاده از مصاحبه به شناسایی فاکتور هایی در زمینه علل تاخیر پروژه آب و فاضلاب پرداخته است . و نتایج حاصل نشان می دهد عدم رعایت قرارداد ها ،نوسان هزینه ها ، منتبع انسانی کار امد از عوامل مهم در مشکلات در پرو ژه هانیز می باشد .

جین در سال(۲۰۱۹)تحقیقاتی در زمینه سنجش چرخه عمر ساخت پروژه خط لوله آب و فاضلاب انجام داده است در این پژوهش به شناسایی عوامل مدیریت ساخت و نگهداری خط لوله ویا یک سیستم زیر بنایی کلی در یک چرخه عمر در مراحل ساخت ، تولید ، نصب و تعمیر و نگهداری سایت پرداخته شده و به کنترل و سنجش نشر گاز های گلخانه ای در این صنعت با استفاده از نر م افزار متلب پرداخته شده است.

کریستدوآلو و همکاران (۲۰۰۹)، روشی برای مدیریت مبتنی بر ریسک در شبکه های آبرسانی با بهره گیری از سیستم شبیه سازی و پیش نورو فازی را ارائه نموده اند. در این روش پارامتر موثر بر شکست لوله ها مانند جنس، قطر، طول و عمر لوله مورد بررسی قرار گرفته و مهمترین عوامل مورد بررسی قرار گرفته اند و مهمترین عوامل ایجاد ریسک شکست لوله ها با روش نورو فازی مشخص شده اند و سپس پهنه بندی ریسک لوله های شبکه های نمونه ای در کشورهای انگلستان و قبرس صورت گرفته است . در واقع در این تحقیق ساختار یک سیستم پشتیبانی در تصمیم گیری بر مبنای روش نورو فازی بیان شده است

۳. روش تحقیق

این تحقیق، با توجه به اینکه هدف آن شناسایی و رتبه بندی ریسک های پروژه آب و فاضلاب استان ایلام می باشد از نظر هدف کاربردی است و از نظرشیوه گردآوری داده ها توصیفی (غیر آزمایشی) و با بررسی و مطالعه موردی بر روی شرکت انجام می شود. و هدف اصلی آن شناسائی و رتبه بندی ریسک ها و موانع پروژه های اب و فاضلاب در چرخه حیات عمر پروژه نیز می باشد.

با استفاده از نرم افزارآماری spss به ترسیم نمودارهای لازمه و بر اساس امتیازات و میانگین نتایج به رتبه بندی عامل‌ها پرداخته خواهد شد. و با استفاده از آنالیز تحلیل کلموگروف اسمیرنوف نوع آزمون (پارامتریک و. غیر پارامتریک را تشخیص داده و با استفاده از آزمون فرید من (غیر پارامتریک) به رتبه بندی زیر آیتم ها پرداخته خواهد شد و سر عامل ها را با استفاده از تکنیک AHP اولویت بندی و وزن دهی خواهد شد.

۱.۳. روش جمع آوری داده ها

برای گردآوری داده های مورد نیاز، ابزارهای متفاوتی مورد نیاز می باشد که هر کدام از آنها تابع روش و ماهیت تحقیق است در هر تحقیق از یک یا چند ابزار جهت جمع آوری و گردآوری داده ها استفاده می شود. در این تحقیق با توجه به اهداف و سوالات تحقیق، از روش تحقیق کتابخانه ای شامل مطالعه اسناد و مدارک، مقالات معتبر و پایان نامه ها، مطالب سایتهای اینترنتی معتبر، تحقیق میدانی شامل مشاهدات عینی، مصاحبه و تهیه و تدوین پرسشنامه می باشد(معتمدی راد و همکاران ،۱۳۹۴).

۲.۳. جامعه آماری

از مهندسین و کارشناسان ارشد و مدیران ارشد شرکت آب و فاضلاب استان ایلام در در این پژوهش بهره برده شده است. تعداد نفرات شناسایی شد در این جامعه نفره۴۵بر اساس تخفیف فرمول کوکران ۴۰ نفر مورد ارزیابی قرار گرفته است . بر این اساس ۴۰پرسش نامه در سطح جامعه پخش شد و در هنگام جمع آوری ۴۰ عدد پرسش نامه جمع آوری گردید. اساس نمونه‌گیری احتمالی تصادفی ساده نیز می‌باشد.

همچنین برای اولویت بندی مراحل در چرخه حیات برای تکنیک AHP از ۷ نفر از خبرگان در این صنعت و همچنین اساتید این رشته بهره گرفته شده است.

۳.۳. اعتبار و روایی

مفهوم یادشده به این امر اشاره دارد که ابزار اندازه‌گیری، در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد، به‌عبارت‌دیگر این مفهوم بیانگر این مطلب است که گزینه‌ها (سؤالات) به‌کار رفته برای سنجش یک مقیاس تا چه اندازه با یکدیگر مرتبط هستند. چراکه اعتبار یکی از بهترین روش‌های سنجش میزان هماهنگی درونی ابزار اندازه‌گیری است(سرمده و همکاران،۱۳۹۵). اعتبار یک سنجه، ثبات و هماهنگی منطقی پاسخ‌ها در ابزار اندازه‌گیری را نشان می‌دهد و یکی از ویژگی‌های فنی ابزار اندازه‌گیری است. که به ارزیابی درستی و خوب بودن، یک سنجه کمک می‌کند(دانایی فرد ،۱۳۹۳)در این تحقیق به‌منظور اعتبار آزمون از روش آلفا کرونباخ و از نرم‌افزار SPSS22 استفاده‌شده است. برای محاسبه آلفا کرونباخ ابتدا باید واریانس نمره‌های هر زیرمجموعه سؤال‌های پرسش‌نامه و واریانس کل را محاسبه کرد.

شاخص نسبت روایی محتوایی (CVR): این شاخص توسط لاوشه (۱۹۷۵) طراحی شده است. جهت محاسبه این شاخص از نظرات کارشناسان متخصص در زمینه محتوای آزمون مورد نظر استفاده می‌شود و با توضیح اهداف آزمون برای آن‌ها و ارائه تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای سؤالات به آن‌ها، از آن‌ها خواسته می‌شود تا هریک از سؤالات را بر اساس طیف سه بخشی لیکرت «گویه ضروری است»، «گویه مفید است ولی ضروری نیست» و «گویه ضرورتی ندارد» طبقه بندی کنند. سپس بر اساس فرمول زیر، نسبت روایی محتوایی محاسبه می‌شود (Lawshe 1975,).

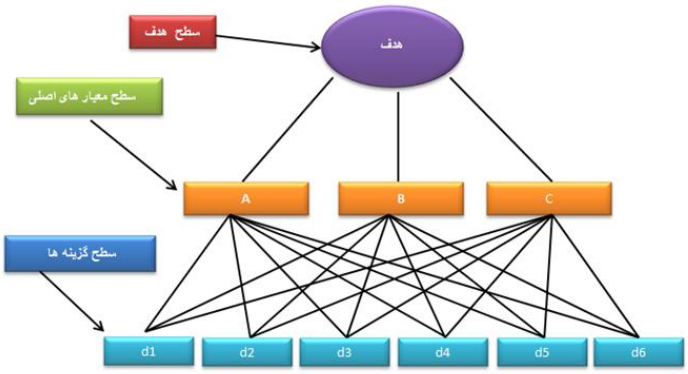
با توجه به نتایج به دست امده از روایی محتوا ۲۱ فاکتور غیر مرتبط ویا ضعیف از ۴۱ فاکتور شناسایی شده از مطالعات کتا خانه ای حذف گردید.

۴. روش تحلیل داده ها

مراحل انجام یک تحلیل کیفی، شامل سه فعالیت می باشد در فعالیت اول که تلخیص داده ها می باشد ابتدا اطلاعات و داده های اضافی حذف و پالایش شده و سپس سایر داده های باقی مانده بر اساس اصولی خلاصه می شوند. در فعالیت دوم که عرضه داده ها نام گرفته است داده های باقی مانده خلاصه شده به صورت سازمان یافته ای ظاهر و عرضه می شود و نهایتا در مرحله یا فعالیت سوم نتیجه گیری و تایید انجام می شود(خاکی ،۱۳۸۴)

روش تجزیه و تحلیل در این پژوهش با استفاده از تکنیک Analytic Hierarchy process (AHP) نیز میباشد .

این تکنیک برای اولین بار توسط Saaty در سال ۱۹۷۰ مطرح و بر اساس مقایسه های زوجی بنا نهاده شده است(Vargas, 1990) . این روش همچنین پیچیدگی های ناشی از تاثیر عوامل مختلف بر مسئله را با تمرکز مرحله به مرحله بر این عوامل و سپس ترکیب کردن نتایج این بررسی ها حل می کند. در واقع AHP یک مسئله چند بعدی را به یک مسئله یک بعدی تبدیل می کند و تصمیم گیری های پیچیده را قابل فهم و مقایسه می کند. این ویژگی می توان برای ترکیب و یکی کردن نظرات افراد با توجه به اهمیت نظر آنها استفاده کرد(Saaty&Sodenkamp,2008).



شکل ۱. مدل سلسله مراتبی AHP

تعداد سطوح بستگی به پیچیدگی مسئله دارد، از انجایی که اصول AHP بر مقایسات زوجی استوار است Saaty پیشنهاد می کند که حتی المقدور تعداد عوامل در هر سطح از ۹ عامل تجاوز ننماید (مشیری ، ۱۳۸۲).

۱.۴. توضیح روش AHP

به کار گیری این روش مستلزم چهار گام عمده زیر است:

گام اول : مدل سازی

در این گام مساله و هدف از تصمیم گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط هستند ، در می اید. عناصر تصمیم شامل شاخص هایتصمیم گیری و گزینه های تصمیم است.

گام دوم قضاوت ترجیهی

مقایسه هایی بین گزینه های مختلف تصمیم بر اساس هر شاخص صورت می پذیرد.

گام سوم: محاسبات وزن های نسبی :

وزن و اهمیت عناصر تصمیم نسبت به هم از طریق مجموعه ای از محاسبات عددی تعیین می شود.

گام چهارم: ادغام وزن های نسبی

این گام به منظور رتبه بندی گزینه های تصمیم صورت می پذیرد.(فیروز آبادی ،۱۳۸۷)

۲.۴. پرسشنامه

برای اجرای این پژوهش تعداد ۴۵ نفر از جامعه موردنظر انتخاب‌شده است و با استفاده از فرمول آماری کوکران با تخفیف در تعداد جمعیت به ۴۰ نفر کاهش پیداکرده است. برای این پژوهش ۴۵ عدد پرسش‌نامه با مقیاس طیف لیکرت ۵ نقطه‌ای برای ارزش‌گذاری سؤالات طراحی‌شده است ۵ عدد پرسش‌نامه را به‌عنوان ضریب اطمینان به جامعه اضافه گردیده است که در صورت پاسخ ندادن یا حذف پرسش‌نامه از مقدار درخواستی کاسته نشود. این پرسش‌نامه به تعداد ۴۵ عدد به‌صورت حضوری برای عوامل در پروژه های آب و فاضلاب و جمع‌آوری‌شده است که در هنگام جمع‌آوری تعداد ۴۰ عدد بازگشت داشته است و تعداد ۵ عدد از پرسش‌نامه‌ها بازگردانده نشدو درمجموع ۴۰ عدد جمع‌آوری و برای تجزیه‌وتحلیل، اولویت‌بندی و ارزش‌گذاری عامل‌هایی که با استفاده از مطالعات کتاب‌خانه‌ای به‌دست‌آمده است در این تحقیق به کار گرفته‌شده است.

و در بخش تکنیک AHP (۷)پرسش نامه در زمینه ایمنی – هزینه – زمان پخش و جمع آوری گردید .

۳.۴. پایایی درونی سازه

پرسشنامه ای دارای اعتبار و روایی است که برای اندازه گیری یک ویژگی کافی و مناسب باشد. ثانیاً این وسیله باید پایایی (Reliability) داشته باشد. پایایی مقیاسی است که به‌وسیله آن، درجه اعتماد و سازگاری پرسشنامه در اندازه گیری یک مفهوم نشان داده می‌شود. به این معنی که اگر در چند زمان مختلف در یک جمعیت از آن استفاده شود در نتایج به‌دست‌آمده اختلاف چندانی مشاهده نشود و ابزار اندازه‌گیری (پرسشنامه) در شرایط یکسان نتایج یکسانی به دست دهد(Cronbach,1951). شاخصی برای تعیین میزان پایایی پرسشنامه ها است. مقدار این شاخص بین صفرتا یک در نوسان است. وضعیت مطلوب هنگامی است که این مقدار نزدیک به یک باشد هرچه این شاخص به یک نزدیک‌تر شود به معنی همبستگی درونی بالاتر و همگن‌تر بودن پرسشنامه خواهد بود.

جدول ۱. نتایج آلفا کرونباخ و پایایی درونی سازه

مؤلفه‌ها	Alpha Cronbach's
برنامه ریزی	۰/۷۶۳
استقرار	
طراحی	
ساخت (اجرا)	
بهره برداری	

۴.۴. تفسیر آزمون کلموگروف اسمیرنوف

در تفسیر این آزمون بر اساس سطح خطای ۵ درصد و سطح احتمال ۹۵ درصد این فرضیه را تأیید یا رد می‌کند. چنانچه سطح معنی‌داری کمتر از ۵ درصد باشد تفاوت بین آزمون‌ها را نتیجه‌گیری می‌کند و فرض H0را رد می‌نماید و اگر سطح معنی‌داری بیش از ۵ درصد باشد تفاوت بین آزمون‌ها وجود ندارد و فرض H1 را رد می‌کند. و با توجه به نتایج بدست امده داده های این تحقیق غیر نرمال نیز می باشد.

۵.۴. آزمون فرید من و رتبه بندی داده ها

آزمون فرید من یک آزمون نا پارامتریک و تعمیم‌یافته آزمون ویلکاکسون است و معادل نا پارامتریک آزمون اندازه‌های مکرر (درون‌گروهی) است که از آن برای مقایسه میانگین رتبه‌ها در بین K متغیر (گروه) استفاده می‌شود. که دارای دو فرضیه H۰ و H1 نیز می‌باشد (Iman & Davenport ,1980).

جدول ۲. نتایج رتبه‌بندی فاکتورهای ریسکی بر اساس آزمون فرید من

RANKs	
فاکتور ها ی چرخه حیات پروژه های اب و فاضلاب	رتبه بندی
عدم وجود نقشه ها و دنایل های اجرایی	۲۱.۰۳
افزایش نرخ تورم و نوسان نرخ ارز	۲۰.۶۱
عدم تامین بودجه کافی و عدم تامین به موقع	۲۰.۱۳
عدم برآورد قیمت تمام شده	۲۰.۰۳
تخصیص نادرست نیروی انسانی	۱۹.۸۴
عدم آموزش و تخصصی پیمانکاران و پرسنل	۱۹.۴۳
مشکل در ارتباط میان ساختار کارفرما با مجوز دهندگان	۱۹.۱۶
تغییر مشخصات طرح (اسکوپ پروژه)	۱۸.۵۴
تاخیر در تخصیص بودجه پروژه از سوی کارفرما	۱۵.۸۷
تاخیر در تخصیص بودجه پروژه از سوی کارفرما	۱۵.۶۴
عدم انتخاب صحیح پیمانکار و صلاحیت ناکافی آن ها	۱۳.۸۱
عدم انتخاب صحیح پیمانکار و صلاحیت ناکافی آن ها	۱۳.۷۴
عدم توجه به استانداردهای کیفی کالا در زمان تامین کالاها و تدارکات	۱۳.۲۳
عدم برآورد هزینه ناشی از ریسک های محتمل	۱۳.۱۶
عدم برنامه ریزی صحیح منابع	۱۲.۵۷
هزینه های غیر قابل پیش بینی	۱۲.۳۱
عدم برآورد قیمت تمام شده پروژه	۱۱.۷۳
مشکلات ناشی از افزایش پیمان جهت بهره برداری از پروژه	۱۰.۳۶
عدم برآورد واحد زمان انجام پروژه در قسمت های مختلف	۱۰.۲۴
مشکلات ناشی از افزایش پیمان جهت بهره برداری از پروژه	۸.۶۶
عدم وجود نقشه ها و دنایل های اجرایی	۲۱.۰۳
افزایش نرخ تورم و نوسان نرخ ارز	۲۰.۶۱
عدم تامین بودجه کافی و عدم تامین به موقع	۲۰.۱۳
عدم برآورد قیمت تمام شده	۲۰.۰۳
تخصیص نادرست نیروی انسانی	۱۹.۸۴
عدم آموزش و تخصصی پیمانکاران و پرسنل	۱۹.۴۳

۵. تحلیل تکنیک AHP

۱.۵. محاسبه میانگین هندسی و مقایسه زوجی

جدول ۳. میانگین هندسی و مقایسه زوجی شاخص ها

	ایمنی	زمان	هزینه
ایمنی	۱.۰۰۰	۰.۱۱۵	۰.۱۲۸
زمان	۸.۶۶۰	۱.۰۰۰	۷.۸۹۰
هزینه	۷.۸۴۰	۰.۱۲۷	۱.۰۰۰
جمع	۱۷.۵۰۰	۱.۲۴۲	۹.۰۱۸

در این بخش به مقایسه زوجی معیارها با توجه به جدول (۳) پرداخته می شود . در این ماتریس سطر i با سطر j مورد مقایسه قرار می گیرد به طوری که تمامی عناصر قطر اصلی این ماتریس عدد یک می باشد همچنین هر مقدار زیر قطر اصلی ، معکوس مقدار بالای قطر است .

جدول ۴. میانگین هندسی و مقایسه زوجی نسبت به ایمنی

ایمنی	برنامه ریزی	استقرار	طراحی	ساخت و اجرا	بهره برداری
برنامه ریزی	۱.۰۰۰	۸.۴۲۰	۷.۳۵۰	۸.۱۲۰	۰.۲۰۸
استقرار	۰.۱۱۹	۱.۰۰۰	۰.۱۵۱	۰.۱۳۸	۰.۱۲۷
طراحی	۰.۱۳۶	۶.۶۲۰	۱.۰۰۰	۷.۵۰۰	۰.۱۲۰
ساخت و اجرا	۰.۱۲۳	۷.۲۵۰	۰.۱۳۳	۱.۰۰۰	۰.۱۱۴
بهره برداری	۴.۸۰۰	۷.۹۰۰	۸.۳۲۰	۸.۷۶۰	۱.۰۰۰
جمع	۶.۱۷۸	۳۱.۱۹۰	۱۶.۹۵۴	۲۵.۵۱۸	۱.۵۶۹

در این بخش به مقایسه زوجی شاخص ها نسبت به ایمنی با توجه به جدول (۴) پرداخته می شود . در این ماتریس سطر i با سطر j مورد مقایسه قرار می گیرد به طوری که تمامی عناصر قطر اصلی این ماتریس عدد یک می باشد همچنین هر مقدار زیر قطر اصلی ، معکوس مقدار بالای قطر است .

۲.۵. ماتریس به هنجار شده مقایسات زوجی شاخص ها و وزن های نسبی

جدول ۵. ماتریس به هنجار شده مقایسات زوجی نسبت به ایمنی و وزن نسبی

ایمنی	برنامه ریزی	استقرار	طراحی	ساخت و اجرا	بهره برداری	میانگین
برنامه ریزی	۰.۱۶۲	۰.۲۷۰	۰.۴۳۴	۰.۳۱۸	۰.۱۳۳	۰.۲۶۳
استقرار	۰.۰۱۹	۰.۰۳۲	۰.۰۰۹	۰.۰۰۵	۰.۰۸۱	۰.۰۲۹
طراحی	۰.۰۲۲	۰.۲۱۲	۰.۰۵۹	۰.۲۹۴	۰.۰۷۷	۰.۱۳۳
ساخت و اجرا	۰.۰۲۰	۰.۲۳۲	۰.۰۰۸	۰.۰۳۹	۰.۰۷۳	۰.۰۷۴
بهره برداری	۰.۷۷۷	۰.۲۵۳	۰.۴۹۱	۰.۳۴۳	۰.۶۳۷	۰.۵۰۰
جمع						۱.۰۰۰

در این بخش به هنجار سازی مقایسات زوجی شاخص ها نسبت به ایمنی و وزن نسبی داده ها با توجه به جدول (۵) پرداخته می شود . برای این منظور هر مقدار ماتریس را بر جمع ستون ها ی مربوطه تقسیم می کنیم و و در بخش محاسبه وزن نسبی در بخش میانگین داده ها را جمع می کنیم که در مجموع باید به عدد یک برسد.

۳.۵. وزن دهی و رتبه بندی

جدول ۶. ماتریس وزن دهی و رتبه بندی

	ایمنی	هزینه	زمان	وزن نسبی شاخص ها	رتبه
برنامه ریزی	۰.۲۶	۰.۱۴	۰.۵۲	۰.۰۵۵	۰.۲۳۰
استقرار	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۷۲۵	۰.۰۲۲
طراحی	۰.۱۳	۰.۴۳	۰.۲۶	۰.۲۲۰	۰.۳۷۹
ساخت و اجرا	۰.۰۷	۰.۱۸	۰.۰۹		۰.۱۵۳
بهره برداری	۰.۵۰	۰.۲۳	۰.۱۰		۰.۲۱۵

یا توجه به جدول (۶) در این بخش وزن نسبی شاخص ها را در ماتریس وزن نسبی گزینه ها با توجه به هر شاخص ضرب کرده و طبق آن گزینه ها را رتبه بندی می شود.

جدول ۷. جدول رتبه بندی چرخه حیات پروژه آب و فاضلاب

عوامل چرخه حیات پروژه آب و فاضلاب	رتبه
طراحی	۰.۳۷۹
برنامه ریزی	۰.۲۳۰
بهره برداری	۰.۲۱۵
ساخت و اجرا	۰.۱۵۳
استقرار	۰.۰۲۲

۴.۵. محاسبه نرخ ناسازگاری

جدول ۸. محاسبه نرخ ناسازگاری AHP

نرخ ناسازگاری زمان IRI	۰.۰۲۶
نرخ ناسازگاری هزینه IRI	۰.۰۶۰
نرخ ناسازگاری ایمنی IRI	۰.۰۷۵
نرخ ناسازگاری معیار های زوجی IRI	۰.۱۱۶

در صورتی که نرخ ناسازگاری کوچک تر یا مساوی ۰/۱ باشد ($IR \leq 0/10$) ، در مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد و می توان کار رو ادامه داد در غیر این صورت ، تصمیم گیرنده باید در مقایسات زوجی تجدید نظر کند شاخص تصادفی (مهرگان،۱۳۸۳).

معادله ۱ فرمول محاسبه نرخ ناسازگاری

$$IR = \frac{\text{ناسازگاری شاخص } II}{\text{شاخص ناسازگاری تصادفی } IRI}$$

۶. ساختار شکست ریسک

جدول زیر به نمایش ساختار شکست ریسک بر اساس رتبه بندی آزمون فرید من و وزن دهی تحلیل سلسله مراتبی جمع بندی شده است.

جدول ۹. ساختار شکست ریسک در چرخه حیات پروژه آب و فاضلاب

ریسک های اصلی	وزن AHP	فاکتور های ریسکی	رتبه بندی (فرید من)
طراحی	۰.۳۷۹	عدم وجود نقشه ها و دنایل های اجرایی	۲۱.۰۳
		عدم طراحی صحیح (نیاز به تغییرات زیاد در مرحله اجرا نسبت به طرح)	۱۸.۵۴
برنامه ریزی	۰.۲۳۰	عدم تامین بودجه کافی و عدم تامین به موقع	۲۰.۱۳
		تاخیر در تخصیص بودجه پروژه از سوی کارفرما	۱۵.۶۴
		ارایه راهکار جهت میزان عقب ماندگی زمانی برای اجرای پروژه توسط مشاور و کارفرما گروه	۱۳.۷۴
		عدم برنامه ریزی صحیح منابع	۱۲.۵۷
		هزینه های غیر قابل پیش بینی	۱۲.۳۱
		عدم برآورد قیمت تمام شده پروژه	۱۱.۷۳
		تعیین دقیق محدوده اجذا	۸.۶۶
بهره برداری ساخت و اجرا	۰.۲۱۵	افزایش نرخ تورم و نوسان نرخ ارز	۲۰.۶۱
		عدم برآورد قیمت تمام شده	۲۰.۰۳
		شرایط hseحاکم بر محل پروژه هم برای جامعه و هم پیمانکار	۱۹.۸۴
		عدم آموزش و تخصصی پیمانکاران و پرسنل	۱۹.۴۳
		مشکل در ارتباط میان ساختار کارفرما با مجوز دهندگان	۱۹.۱۶
		عدم برآورد واحد زمان انجام پروژه در قسمت های مختلف	۱۰.۲۴
		عدم توجه به استانداردهای کیفی کالا در زمان تامین کالاها و تدارکات	۱۳.۲۳
استقرار	۰.۰۲۲	تاخیر در تخصیص بودجه پروژه از سوی کارفرما	۱۵.۸۷
		کفایت مطالعات محلی از شرایط و محل پروژه	۱۳.۸۱
		عدم برآورد هزینه ناشی از ریسک های محتمل	۱۳.۱۶
		مشکلات ناشی از افزایش پیمان جهت بهره برداری از پروژه	۱۰.۳۶

۷. نتیجه گیری

در اولویت بندی ریسک های چرخه حیات پروژه اب و فاضلاب با استفاده از آزمو نهای آماری و تحلیل سلسه مراتبی عوامل طراحی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است ونتایج نشان می دهد طراحی در این بخش از مهمترین عوامل در چرخه حیات برخوردار نیز می باشد.و رتبه دوم را برنامه ریزی به خود اختصاص داده است. و همچنین فاکتور هایی چون در بخش طراحی (عدم وجود نقشه ها و دتایل های اجرایی) و(عدم طراحی صحیح (نیاز به تغییرات زیاد در مرحله اجرا نسبت به طرح) بیشترین حساسیت را در این موضوع به خود اختصاص داده اند و رتبه دوم برنامه ریزی نیز فاکتور های (عدم تامین بودجه کافی و عدم تامین به موقع) ،(تاخیر در تخصیص بودجه پروژه از سوی کارفرما) با لا ترین اولویت را در بین فاکتور های دیگر نیز بدست اورده اند. همچنین استقرار نیز کمترین امتیاز در بخش اولویت بندی را به خود اختصاص داده است و همچنین در بخش بهره برداری یکی ازعوامل مهم که مورد ارزیابی قرار گرفته است شرایط hse حاکم بر محل پروژه هم برای جامعه و هم پیمانکار نیز می باشد .

در بخش رتبه بندی چرخه حیات ریسک در پروژه های آب وفاضلاب با استفاده از تکنیک AHPدر این پژوهش با توجه به جدول (۹) . طراحی بیشترین اولویت و برنامه ریزی دومین اولویت را به خود اختصاص داده است و مرحله ساخت و اجرا ، استقرار ، کمترین رتبه را به خود اختصاص داده است که نشان می دهد در جامعه کنونی بزرگترین ضعف سیستم در بخش طراحی و برنامه ریزی و بودجه در منطقه و یا استان را دارا می باشد.

مراجع

ارشاد مرادی (۱۳۹۷). شناسایی و رتبه بندی علل تاخیر در پروژه های آب و فاضلاب با استفاده از تکنیک FMEA (مطالعه موردی: پروژه های آب و فاضلاب شهر تهران)،پایان نامه کارشناسی ارشد – دانشگاه صفا دشت البرز.

باقلانی, مصطفی و فریدون شیروانی(۱۳۹۳)، ارزیابی پاسخ های مبتنی بر ریسک های پروژه های عمرانی در شرایط فازی، اولین کنگره ملی مهندسی ساخت و ارزیابی پروژه های عمرانی، گرگان، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان گلستان

حسینی فشارکی, سیدابراهیم و خداداد سریزدی(۱۳۹۵) ، تحلیل و آنالیز تاخیرات و ریسک های موجود در پروژه های عمرانی، دومین همایش بین المللی معماری، عمران و شهرسازی در آغاز هزاره سوم، تهران، کنسرسیوم آنابافت شهر انجمن معماری و شهرسازی استان البرز، جامعه مهندسان شهرساز موسسه بناشهر پایدار - موسسه فرهنگی هنری سلوی نصر،

خاکی، غلام رضا. روش تحقیق با رویکردی به پایان‌نامه‌نویسی. بازتاب; ۱۳۸۴.

دانائی‌فرد، حسن, الوانی، سید مهدی, آذر، عادل. روش‌شناسی پژوهش کمی در مدیریت: رویکردی جامع. صفار,اشراقی; ۱۳۹۳.

سرمد، زهره, بازرگان‌هرندی، عباس, حجازی، الهه. روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. آگه; ۱۳۹۵.

فرح بخشی, مجید؛ منصور قلعه نوی و ابراهیم رضایی نیک،(۱۳۹۳) ، شناسایی و ارزیابی ریسکهای پروژه با استفاده از روشهای تصمیمگیری چندشاخصه در محیط فازی (مطالعه موردی: پروژههای شبکه توزیع آب شهر مشهد)، ششمین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران، مشهد، دبیرخانه دائمی کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران،

مائده عسگریان ، مسئود تابش ، عباس روزبهانی .(۱۳۹۴) ارزیابی شبکه های جمع آوری فاضلاب با استفاده از رویکرد تصمیم گیری فازی . دوره ۲۶ – شماره ۴ مجله اب و فاضلاب

معتمدی راد، مهدی,(۱۳۹۴). شناسایی عوامل موثر بر اجرای مهندسی ارزش و ارائه راهکارهایی برای بهبود پیاده‌سازی آن (مطالعه موردی: مهندسی ارزش تقاطع غیرهمسطح بلوار آزادی شهرداری مشهد). دولتی - دانشگاه پیام نور (وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری) - دانشگاه پیام نور استان البرز - دانشکده فنی

مهدوی میمند, امین و سیدمصطفی مرتضوی مهدی آباد (۱۳۹۵)، بررسی تحلیلی شناسایی مدیریت ریسک های معمول در پروژه های ساختمانی، کنفرانس بین المللی عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط زیست در هزاره سوم، رشت، شرکت پیشگامان پژوهش های نوین

رازقی، سعید. (۱۳۸۶). ارزیابی ریسک هزینه و زمان پروژه لندفیل پتروشیمی بندر امام و تعیین راهکار بهبود. پایان نامه کارشناسی ارشد، نجف آباد: دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد.

ولایتی، سعدالله. (۱۳۸۳). جغرافیای آب¬ها. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

سلیمانی ملکان، محمود. (۱۳۹۱). آنالیز ریسک در تصفیه خانه آب به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) مطالعه ی مورد تصفیه خانه های۳ و ۴ شهر تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور).

مشیری، اسماعیل،(۱۳۸۰). مدل تعدیل شده AHP برای نظر سنجی و تصمیم گیری‌های گروهی دانش مدیریت، ش ۵۲، سال ۱۴

مهرگان محمد رضا،(۱۳۸۲). پژوهش عملیاتی پیشرفته، نشر کتاب دانشگاهی

خاتمی فیروزآبادی، علی، (۱۳۸۷)تصمیمگیری چند معیاره، دیوید اولسون، انتشارات مدیران امروز، تهران، اول

Christodolou, S., Deligianni, A., Aslani, P., Agathokleous, A. (2009). Risk – based asset management of water piping networks using neurofuzzy systems. Journal of Computers, Environment and Urban systems, 33: 138-149.

Cronbach LJ. Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika 1951;16:297–334

Jin, Y. (2019). Estimating life cycle emissions in managing practical sewer pipeline projects. .Journal of environmental management, 231, 605-611

Miles MB, Huberman AM, Huberman MA, Huberman PM. Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook. SAGE Publications; 1994

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2004). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Newtown Square, Pa, Project Management Institute

Shrestha, P. P., Batista, J., & Maharjan, R. (2016). Risks Involved in Using Alternative Project .Delivery (APD) Methods in Water and Wastewater Projects. Procedia Engineering, 145, 219-223

Shrestha, P. P., Maharjan, R., & Batista, J. R. (2018). Performance of Design-Build and Construction Manager-at-Risk Methods in Water and Wastewater Projects. Practice Periodical on Structural Design and Construction, 24(1), 04018029.

Saaty, T.L. and Sodenkamp, M., 2008. Making decisions in hierarchic and network systems. International Journal of Applied Decision Sciences, 1(1), pp.24-79.