Archive of SID
Shahid Chamran University of Ahvaz
Irrigation Sciences and Engineering (JISE) Vol. 43, No. 3, Fall 2020, p. 101-115

**EXTENDED ABSTRACT**

# Application of Multi-Criteria Decision-making Methods in Environmental Risk Assessment Studies of Yasuj Tang-E-Sorkh Dam during Construction Phase

K. Panahi[1] and S. Dashti [2*]

1- Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2*- Corresponding Author, Associate Professor, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. (soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir).

Received: Revised: Accepted:

**Keywords:** Risk, Environmental, Tang-E-Sorkh Dam, TOPSIS.
***DOI:*** 10.22055/jise.2018.24338.1722.

## Introduction

Dam construction has a long history in Iran. Nowadays, it seems to be the only solution to the drought crisis in the country; a method that has been abandoned in many countries, especially developed countries (Mohtashemi et al., 2014). Dam construction projects are more risky than other projects because they require high costs and complex spatial conditions (Shul and Fathizadeh, 2009). Today, in order to control, eliminate, or minimize the risks and risks to humans in the surrounding environment, special techniques and tools are designed (Jozi et al., 2012). Multi-criteria decision-making methods are a reliable tool for risk assessment and risk ranking (Mohammad Moradi, and Akhtrakavan, 2009). TOPSIS method is one of the most popular multi-criteria decision-making techniques (MCDM) (Manochehri & Shieh, 2013; Hsu et al., 2010). Therefore, it is obligatory to take steps to prepare for these risks before confronting them. Tang-e-Sorkh Yasouj Dam is aimed at exploiting maximum water resources of Bashar River and its branches to develop agriculture and irrigation. As this dam is under construction, in this research we try to prioritize the risks using the TOPSIS method based on three indicators of (risk intensity, the probability of occurrence and range of contamination).

## Methodology

In the first phase, Delphi technique was used to identify the risks of the project and then to rank the multi-criteria decision-making methods. Risk assessment indicators, including the severity of impact, the probability of occurrence and the extent of the contamination, do not have the same value and importance. In order to weigh the effective indicators in estimating the risk level and prioritize risk choices, the preferred method based on similarity to the ideal solution would be (TOPSIS); its software became the scoring spectrum for performing utilization calculations for each indicator of probability and intensity. The extent of pollution is very low (1) to very high (9) based on the hourly spectrum (Saaty, 1980). In this research, after determining the priority number of risk, the risk level was categorized into five levels (intolerable, measured, moderate, inconsistent, and partial) by applying 1 and 2 relationships (Makvandi et al., 2012).

(Number of Risks) n $1 + 3.3\log(n) = \text{Category Number}$ (1)

Category /smallest risk value - the largest amount of risk = length of the category (2)

## Results and discussion

In this research, from 30 primary risk factors, 26 risks in natural, technical and operational groups, safety and health, physical and chemical, biological, economic-social and cultural were

www.SID.ir

determined based on field visits, the existing environment reports and interviews with experts. Natural risks include seismicity and flood occurrence, the technical and operational risks, including the construction of a water diversion tunnel, machinery activities, road construction, excavation, drilling, construction of downstream and downstream binding, drilling and disposal of waste, health and the safety risks including human activities in the workshop, physical and chemical risks, including landslide, topographic changes and shape of the ground, loss of surface water quality and underground water, increased noise pollution and poor quality of the product air, biological risks, including biological migration, the risk of cutting habitat, undesirable effects on animal species, ablation of plants and trees, and the impact on aquatic organisms, the socio-cultural economic risks include migration, displacement and population resettlement, job loss and change in employment. Operational and technical risks are occurrences generally due to human errors or technical errors (Yang et al., 2015). In this research, three risks of the construction of a water diversion tunnel, road machinery and road construction activities were ranked first to third in an intolerable category, all three of which were grouped as operational and technical risks. The design of a water diversion tunnel for dam construction is one of the most effective and necessary measures, which are carried out in an environment of high uncertainty and are always associated with a high percentage of risk (Sayadi *et al.*, 2011). In this study the construction of a water diversion tunnel is located on the first level with a proximity coefficient of 0.755197. The action to build water diversion tunnels affects the quantity and quality of surface water, soil degradation, the creation of various types of contaminants, the change of use and life-affluent traffic. After risk-leveling, it was found that 11.54% of the risks were in the intolerable category, 7.7% in the significant category, 42.3% in the middle class, 23% in the tolerable category and 15.4% in the minor category.

## Conclusion

During construction and utilization, dams have caused inappropriate physical, chemical, biological, health and eventually severe ecological changes in all parts of the world. In this study, technical and operational risks have the highest risk-taking scores assigned. According to the current status of the situation and reports on the failure to implement the Tang-Sork Reservoir and releasing the region itself, it actually causes the negative effects of the lack of optimal utilization of water resources, waste of water and lack of control for water supply at that time, there will be no flood of drinking water and agriculture, and there will be no positive effects of development in the region that will create employment and increase income levels. Therefore, the goal of the environmental management and monitoring program is to provide information that identifies the predictions made from the project's effects in the areas with acceptable engineering and environmental considerations, and in addition, raise awareness about inappropriate environmental status.

## Acknowledgment

This work is supported by the Islamic Azad University of Ahvaz.

## References

1- Hsu, Y.L., Lee, C.H, and Kreng, V.B., 2010. The application of fuzzy delphi method and fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, 37, pp. 419–425.

2- Jozi, A., Monavari, M. and Khosravani, H. 2012. Environmental risk assessment of Roodbar dam of Lorestan in construction phase using an integrated method of multi attribute decision making and RAM-D model. *Environmental Researches*, 3(6), pp. 3-16. [In Persian].

3- Makvandi, R., Astani, S. and Anooshe, Z., 2012. Evaluation of environmental risk of wetlands using TOPSIS and EFMEA, case study: Shirin Sou wetland in Hamadan province. *Wetland EcoBiology*, 3 (12), pp. 25-40. [In Persian].

4- Mohammad Moradi, A. and Akhtrakavan, M., 2009. Methodology of multi-criteria decision making models. *Journal of Armanshahr*, *2*(2), pp. 113-125. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

5- Mohtashami, N., Nazari, M.R. and Hamed Rafiee, H., 2014. Evaluation of environmental damage of Alborz dam in Mazandaran by using the choice experiment approach. *Agricultural Economics*, 8(4), pp.127-153. [In Persian].

6- Manochehri, B. and E Shieh, E., 2013. Grading the socio-economic development rate of the North Khorasan Province with the use of TOPSIS model. *Urban Management Studies*, 5(4), pp. 62-72. [In Persian].

7- Rezaei, V. and Kamasi, M., 2015. Risk assessment of dam construction projects at various stages of construction using multi-criteria decision-making methods, international conference on civil engineering, architecture and urban infrastructure, pp. 1-14. [In Persian].

8- Saaty, T.L., 1980. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.

9- Sayadi, A., Hayati, M. and Monjezi, M., 2011. Risk ,management in tunnel construction using MADM techniques. *Industrial Management*, 3(7), pp. 99-116.[ In Persian].

10- Shul, A. and FathiZadeh, A.R., 2009. Risk and uncertainty assessment in Iranian dam construction projects using AHP method, 5th International Project Management Conference, Tehran, Ariana Research Group. [In Persian].

11- Yang, M., Faisal, K. and Amyotte, P., 2015. Operational risk assessment: a case of the Bhopal disaster. *Process Safety and Environmental Protection*, 97, pp. 70-79.

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

www.SID.ir

Archive of SID
علوم و مهندسی آبیاری
جلد ۴۳، شماره‌ی۳، پاییز ۹۹، ص. ۱۱۵-۱۰۱

# کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مطالعه‌های ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد تنگ‌سرخ یاسوج در مرحله ساخت

کبری پناهی [۱]، سولماز دشتی [۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۴ بازنگری: ۱۳۹۷/۹/۱ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۶

## چکیده

**اقلیم ایران ضرورت ذخیره، حفاظت و بهره‌برداری از آب را به سمت سدسازی سوق داده است. ایمنی سد از مهم‌ترین چالش‌های پیش رو در هنگام طراحی، ساخت و بهره‌برداری به‌شمار می‌رود. طرح‌های سدسازی از پتانسیل ریسک قابل توجهی برخوردارند. سد تنگ‌سرخ با هدف بهره‌برداری حداکثر از منابع آب رودخانه بشار و سرشاخه‌های آن به‌منظور توسعه کشاورزی و آبیاری بوده است. این پژوهش به‌منظور شناسایی، طبقه‌بندی و ارزیابی ریسک سد تنگ سرخ یاسوج در فاز ساخت با روش TOPSIS به انجام رسید. در این پژوهش براساس بازدید میدانی، گزارش وضع موجود و مصاحبه با خبرگان عوامل ریسک شناسایی شد، به‌منظور تلفیق نظرات و شناسایی نهایی عوامل ریسک از پرسش‌نامه دلفی و نظرات ۱۵ نفر خبره استفاده شد و نهایتا ۲۶ ریسک در گروه‌های حوادث طبیعی، فنی و عملیاتی، ایمنی و بهداشت، فیزیکی و شیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی مشخص شدند. براساس روش TOPSIS احداث تونل انحراف آب با ضریب نزدیکی ۰/۷۵۵۱۹۷، فعالیت ماشین آلات با ضریب نزدیکی ۰/۷۳۱۵۷۵ و ساخت و ساز جاده با ضریب نزدیکی ۰/۷۰۰۴۳۹ بیشترین میزان ریسک را در بین سایر ریسک‌های به‌دست آمده به‌خود اختصاص دادند. پس از سطح‌بندی ریسک مشخص شد که بیش‌ترین مخاطرات موجود در منطقه در سطح متوسط بوده است. به‌منظور تقلیل اثرات ریسک، ضرورت ارایه راه‌کارهای مدیریت زیستی الزامی بوده و بدین منظور گزینه‌های کاهش ریسک پیشنهاد گردید.**

**کلید واژه‌ها:** مخاطرات، محیطزیستی، سد تنگ‌سرخ، TOPSIS.

## مقدمه

سدها ساختمان‌های عظیم ساخته بشر می‌باشند که از یک طرف به لحاظ پیچیدگی و تعداد پارامترهای گوناگون و از طرف دیگر به علت سرمایه‌گذاری‌های سنگین، می‌بایستی ایمنی بالایی برای آن‌ها قائل شد. هر چند احداث سدهای بزرگ به‌واسطه مزایای اجتماعی و هزینه‌های زیاد آن‌ها و با وجود منافع زیاد آن، مضراتی را نیز به‌همراه داشته که در پاره‌ای از موارد جبران‌ناپذیر هستند (Nikbakht, 2013). آسیب دیدن و شکست سدها اگر هم با خسارت‌های جانی و مالی همراه نباشد، می‌تواند لطمه قابل توجهی به بخش اجتماعی محیطزیست تلقی شود (Najmaei, 2003). با توسعه فن‌آوری سدسازی و انتقال آب به نقاط دوردست، رشد اقتصادی شتاب بیشتری گرفت ولی هم‌زمان با این رشد، اثرات محیطزیستی توسعه منابع آب بر محیط‌های طبیعی و اجتماعی هم‌جوار نیز بروز کرد. لذا امروزه با پیشرفت علم، به‌تدریج اندیشه حفظ محیطزیست در برابر رشد لجام‌گسیخته صنعت، در سطح بین‌المللی نمودار گردیده است (Nikbakht, 2013).

ارزیابی ریسک امروزه در کشورهای توسعه‌یافته به‌علت گستره زیاد آن، به‌عنوان یک ابزار سیاست‌گذاری و طرح‌ریزی و هم‌چنین به عنوان مبنایی برای تمام اقدامات مدیریتی در زمینه محیطزیست محسوب می‌گردد (Tabibian, 2006). ارزیابی ریسک یکی از ارکان مدیریت ریسک پروژه بوده و هدف آن اندازه‌گیری ریسک‌ها براساس شاخص‌های مختلف است Sayadi et al. (2011) و مبنای ارزیابی ریسک و به‌طور گسترده مدیریت ریسک بر کاهش یا محدود کردن ریسک و ایجاد قطعیت متمرکز می‌باشد (Montague, 1990). پس می‌توان بیان داشت که ارزیابی ریسک یک روش سازمان‌یافته و سیستماتیک برای شناسایی خطرها و برآورد ریسک برای رتبه‌بندی تصمیم‌ها، برای کاهش ریسک به یک سطح قابل قبول است (Makvandi et al., 2015). امروزه به‌منظور کنترل، حذف یا به حداقل رساندن خطرات و به‌دنبال آن ریسک‌های موجود برای انسان در محیطزیست پیرامونش، روش‌ها و ابزارهای خاصی طراحی شده است (Jozi et al., 2012). روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ابزار قابل اعتمادی جهت ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک می‌باشد Mohammad Moradi و Akhtrakavan, (2009) که روش تاپسیس (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multiple Criteria Decision Making) است (Manochehri and Shieh, 2013). روش تاپسیس یکی از روش‌های ریاضی که از نوع جبرانی و زیرگروه سازشی است و به‌دلیل هم‌پوشانی معیارها در نقاط قوت و ضعف خود، توانایی بالایی در حل مسائل چندگزینه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID


دارد؛ همچنین این روش با ارایه‌ی رویکردی انعطاف‌پذیر بسیاری از موانع مربوط به عدم دقت و صراحت را تحت‌پوشش قرار می‌دهد (Hsu et al., 2010). این روش نیز اولین بار توسط Hwang و Yoon (1989) ارائه شد (به نقل از Dadelo et al., 2014). تاپسیس یک روش چند معیاره برای شناسایی راه‌حل‌ها از میان مجموعه‌ی محدودی از گزینه‌ها بر پایه‌ی حداقل‌سازی فاصله از راه-حل ایده‌ال مثبت و به حداکثر رساندن فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی است (Malek Akhlagh et al., 2015). منظور از راه‌حل ایده‌ال مثبت، از سودمندترین و کم‌هزینه‌ترین گزینه از میان همه‌ی گزینه‌ها و منظور از راه‌حل ایده‌ال منفی یکی از کم‌سودترین و پرهزینه‌ترین گزینه‌ها است. سپس گزینه‌ها با توجه به نزدیکی نسبی به راه‌حل-های ایده‌ال رتبه‌بندی می‌شود. بنابراین هدف این روش، یافتن بهترین گزینه که به راه‌حل ایده‌ال مثبت نزدیک و از راه‌حل ایده‌ال منفی دور است، می‌باشد (Joshi et al., 2011). به عبارت دیگر، تاپسیس رویکردی است برای مواجهه با سیستم‌های پیچیده‌ی مربوط به اتخاذ تصمیمات اولویت‌بندی میان چندین گزینه که به مقایسه‌ی گزینه‌های مورد نظر می‌پردازد (Malek Akhlagh et al., 2015). پروژه‌های بزرگی مانند سدسازی دارای ریسک‌های بالقوه در عملیات ساخت و هم‌چنین در مرحله بهره‌برداری بر محیط اطراف خود هستند. بنابراین ضروری است قبل از رویارویی با ریسک‌های حاصل از این پروژه‌ها به فکر اقداماتی برای آماده بودن در مقابل این ریسک‌ها بود. تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه ارزیابی ریسک صورت پذیرفته که می‌توان به مطالعات ارزیابی ریسک محیطزیستی سد بالارود در فاز ساختمانی Tabib Shuoshtari (2008)، ارزیابی ریسک محیطزیستی سد و نیروگاه برق‌آبی مسجدسلیمان با تلفیقی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy process)، تاپسیس و PORTFOLIO Mirjalili (2009)، ارزیابی ریسک محیطزیستی سد شیرین‌آب با استفاده از دو روش FMEA ( Failure Modes and Effects Analysis) و هازوپ (Hazard and Operability study) Nikbakht (2013)، ارزیابی ریسک ایمنی سد به‌وسیله تجزیه و تحلیل عدم قطعیت‌ها در استرالیا Chauhan و Bowles (2003)، تصمیم‌گیری در مورد مدیریت و ریسک‌های محیطزیستی بر سد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی Tesfamrin (2006)، ارزیابی ریسک هیدرولوژیکی سد ویلسون از حوضه رودخانه تنسی Faisal (2012) و ارزیابی ریسک سد گتوند علیا در مرحله بهره‌برداری با روش تلفیقی آنالیز مقدماتی خطر (Preliminary Hazard Analysis) و EFMEA (Environmental Failure Modes and Effects Analysis ) اشاره نمود (Jozi and Seifossadat, 2014). مطالعه‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌عنوان یک ابزار کمکی تخصصی کارایی لازم برای انجام مطالعه‌های ارزیابی ریسک را دارند. اگرچه طیف گسترده‌ای از این روش‌ها موجود می‌باشد ولی بسته به نوع و ماهیت پروژه، گستردگی پروژه و محدودیت‌ها، روش‌شناسی خاص برای هر پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه ارزیابی ریسک سد تنگ‌سرخ با روش تاپسیس صورت می‌پذیرد.

سد تنگ‌سرخ از نوع سدهای خاکی- سنگ‌ریزه‌ای با هسته رسی، با هدف بهره‌برداری حداکثر از منابع آب رودخانه بشار و سرشاخه‌های آن به‌منظور توسعه کشاورزی و آبیاری می‌باشد. این سد در مرحله ساخت می‌باشد و از مهم‌ترین اهداف چنین طرحی، انتقال آب رودخانه بشار به حوضه‌های مجاور، تأمین نیاز بلندمدت آب شرب و مصارف کشاورزی و صنعت شهر یاسوج می‌باشد ( Anonymous, 2012). در این تحقیق تلاش می‌شود با بهره‌گیری از روش تاپسیس ریسک‌ها براساس شدت وقوع ریسک، احتمال وقوع ریسک اولویت‌بندی گردند.

## مواد و روش‌ها

موقعیت سد مخزنی بشار (تنگ سرخ) در فاصله‌ی ۳۵ کیلومتری یاسوج است. ساختگاه سد مخزنی بشار (تنگ‌سرخ) در مختصات ″۵۳ ′۴۴ °۵۱ طول شرقی و ″۱۴ ′۱۲ °۳۰ عرض شمالی قرار دارد. رودخانه بشار یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه کارون است که از دامنه‌های غربی رشته کوه‌های زاگرس سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه پس از طی مسیر جنوب به شمال‌غربی خود با گذر از مجاورت شهر یاسوج به رودخانه کبکیان می‌پیوندد و با پذیرش جریان‌های دایمی و فصلی متعدد در طول ۱۱۵ کیلومتر مسیر پس از عبور از ایستگاه پاتاوه واقع در ۷۰ کیلومتری راه یاسوج- سمیرم به مسیر خود ادامه داده و با طی ۲۵ کیلومتر مسافت در مکانی به‌نام دزک (دژک) به رودخانه ماربر ملحق و از آن‌جا به رودخانه خرسان می‌پیوندد. رودخانه خرسان با دریافت رودخانه بارمت که از چهارمحال و بختیاری سرچشمه می‌گیرد با نام کارون وارد دشت خوزستان می‌شود (Anonymous, 2012). شکل (۱) موقعیت سد و دریاچه آن را نشان می‌دهد. سایر مشخصات فنی طرح در جدول (۱) درج شده است. حجم دریاچه سد مخزنی در رقوم نرمال ۷۱/۱ میلیون مترمکعب است و قادر به تأمین حقابه‌های کشاورزی و محیطزیستی پایین‌دست سد خواهد بود. رودخانه بشار با میانگین دبی سالانه ۱/۲۷ مترمکعب بر ثانیه در ساختگاه تنگ‌سرخ است. مساحت حوضه آبریز رودخانه بشار تا محل سد مخزنی تنگ‌سرخ ۳۸۴/۴ و تا محل ایستگاه هیدرومتری قلات (یاسوج) ۵۸۹ کیلومترمربع است. این منطقه در طبقه‌بندی‌های مختلف اقلیمی غالباً جزو مناطق مرطوب با ویژگی سرد قرار می‌گیرد. محدوده اکولوژیک این طرح در دامنه‌های جنوب‌شرقی کوه‌های زاگرس واقع شده است. محدودهٔ مخزن سد براساس اطلاعات موجود بیشه‌زار، جنگل، بوته‌زار و غیره می‌باشد. بخش عمده‌ای از اراضی زراعی و باغات مثمر روستاهای الله‌آباد، جهانگیرآباد و چشمه‌چنار در داخل دریاچه سد قرار می‌گیرد. فعالیت عمده اقتصادی ساکنین منطقه کشاورزی است و پایه‌های اقتصادی آن‌ها علاوه بر کشاورزی، صنعت دامداری، پرورش ماهی، گاوداری، باغداری و زراعت استوار شده است (Anonymous, 2012).

www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22055/jise.2018.24338.1722

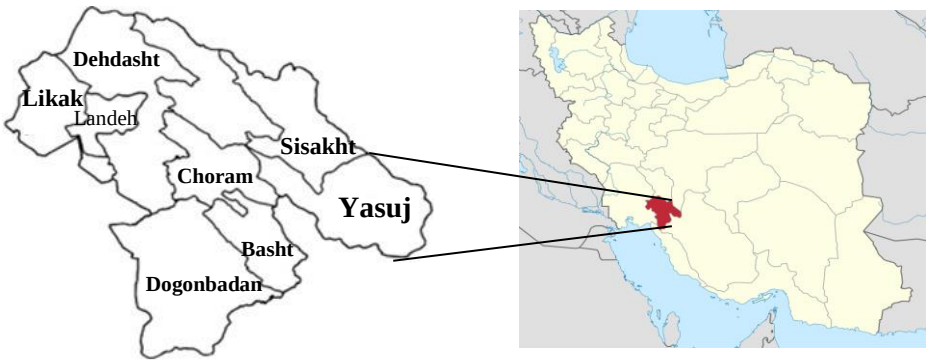


**Fig. 1- Location of the dam**

**شکل ۱- موقعیت سد**

**جدول ۱- مشخصات فنی سد مخزنی تنگ‌سرخ (Anonymous, 2012)**

**Table 1- Technical specification of Tangs-E-Sorkh Storage dam**

| Parameter | Description |
|---|---|
| Type of dam | Gravel earth dam with clay core |
| Dam height from the bed | 39.5 m |
| Crown length | 847 m |
| Crown width | 10 m |
| The volume of the lake in the normal cultivar | 71.1 mm3 |
| Lake level in normal cultivar | 475 He |
| The dam crown figure | 2044 m |
| The level of the crown is sloping | 2007 m |

هدف اصلی از انجام این پژوهش ارزیابی ریسک محیطزیستی سد تنگ‌سرخ براساس مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی می‌باشد، هم‌چنین با توجه به این‌که در این مطالعه از روش‌های مطالعه کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی نظیر پرسش‌نامه استفاده شده است، پژوهش حاضر بر اساس ماهیت و روش، یک پژوهش توصیفی از نوع پیمایشی است. الگوریتم اجرایی پژوهش در شکل (۲) آمده است.

در این پژوهش در فاز اول برای شناسایی ریسک پروژه از روش دلفی که فرایندی دارای ساختار برای پیش‌بینی و کمک به تصمیم-گیری در طی راندهای پیمایشی، جمع‌آوری اطلاعات و در نهایت، اجماع گروهی است، استفاده شد (Kennedy, 2004). تعداد ۱۵ نفر از خبرگان به‌عنوان نمونه مورد بررسی در این پژوهش استفاده شد و در آن خبرگان به هر معیار براساس طیف لیکرت از یک تا پنج نمره‌ای اختصاص دادند (Jabal Ameli et al., 2007). جهت تلفیق نظرات و شناسایی نهایی عوامل ریسک، آن دسته از عوامل ریسک که نمره‌ای بالاتر از سه (میانگین حسابی) داشته‌اند، پذیرش و به‌عنوان فاکتور نهایی انتخاب شدند. تعدادی از عوامل که میانگین حسابی کمتر از سه (میانگین کل) داشتند رد شدند (Azar and Memariani, 1994). سپس برای رتبه‌بندی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. به‌طورکلی روش‌های تصمیم-گیری چندمعیاره، به دو دسته چندهدفه و چندشاخصه تقسیم می-شوند (Azar and Rajabzadeh, 2008). مبادله در بین شاخص‌ها در آن‌ها مجاز است. مدل‌های جبرانی به سه گروه نمره-گذاری و امتیازدهی، سازشی و هماهنگ تقسیم می‌شوند (Asgarpour, 2008). با توجه به این‌که بین شاخص‌های انتخاب‌شده برای اولویت‌بندی ریسک‌های سد امکان مبادله وجود دارد؛ مدل مورد نظر باید از مدل‌های جبرانی انتخاب شود. با توجه به قابل فهم و مورد پذیرش بودن مدل برای تصمیم‌گیران، روش نزدیکی به حالت ایده‌ال (تاپسیس) از زیر گروه سازشی انتخاب شد که دارای کم‌ترین نقص در رتبه‌بندی گزینه‌هاست (Makvandi et al., 2015). شاخص‌های ارزیابی ریسک‌ها شامل شدت اثر، احتمال وقوع و گستره آلودگی دارای ارزش و اهمیت یکسانی نیستند. بدین منظور برای وزن‌دهی به شاخص‌های مؤثر در برآورد سطح ریسک و هم‌چنین اولویت‌بندی گزینه‌های ریسک از روش ترجیح براساس مشابهت به راه‌حل ایده‌ال (تاپسیس) و نرم‌افزار آن برای انجام محاسبات بهره‌گیری شد. طیف امتیازدهی به هر یک از شاخص‌های احتمال وقوع، شدت اثر و گستره آلودگی از خیلی‌کم (یک) تا خیلی‌زیاد (نه) براساس طیف ساعتی انتخاب شده است (Saaty, 1980). مدل تاپسیس توسط Hwang و Yoon (1989) پیشنهاد شد. این مدل از جمله مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، دراین مدل M گزینه به‌وسیله N شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (در این ماتریس گزینه‌ها (ریسک‌ها) و در ستون‌ها شاخص‌هایی که گزینه‌ها براساس آن‌ها رتبه‌بندی می‌شوند). در این روش علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه از نقطه ایده‌ال، فاصله آن از نقطه ایده‌ال منفی هم در نظر گرفته می‌شود، بدین معنی که گزینه انتخابی باید دارای کم‌ترین فاصله از راه حل ایده‌ال بوده، درعین‌حال دارای دورترین فاصله از راه‌حل

www.SID.ir

Archive of SID


ایده‌ال منفی باشد (Ertugrul and Karakasoglu, 2007؛ Opricovic and Tzeng, 2004).

حل یک مسئله به روش تاپسیس شامل شش مرحله می‌باشد:

۱. کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی تورم استفاده می‌شود.

$$j=1,...,n \;\; j=1,...,J \;\; r_{ij}=\frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j-1}^{j} f_{ij^2}}} \qquad (۱)$$

۲. به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) را در ماتریس قطری وزن‌ها ($W_{n\times n}$) ضرب می شود.

$$v=N\times W_{N\times N} \qquad (۲)$$

۳. تعیین راه حل ایده‌ال مثبت و راه‌حل ایده‌ال منفی: راه‌حل ایده‌ال مثبت و ایده‌ال منفی به صورت زیر تعریف می‌شوند: روابط (۳ و ۴).

$$A^{+}=\left\{V_1^{*},...,V_n^{*}\right\}=\left\{\left(m_j axv_{ij}\middle|i\in I'\right),\left(m_j inv_{ij}\middle|i\in I''\right)\right\}, \qquad (۳)$$

$$A^{-}=\left\{V_1^{-},...,V_n^{-}\right\}=\left\{\left(m_j inv_{ij}\middle|i\in I'\right),\left(m_j axv_{ij}\middle|i\in I''\right)\right\}, \qquad (۴)$$

«بهترین مقادیر» برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر است و «بدترین» برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگ‌ترین مقادیر است.

۴. به‌دست آوردن میزان فاصله‌ی هر گزینه تا ایده‌ال مثبت و منفی: فاصله‌ی اقلیدسی هر گزینه از ایده‌ال مثبت ($d_j^{+}$) و فاصله‌ی هر گزینه تا ایده‌ال منفی ($d_j^{-}$) براساس روابط ۵ و ۶ حساب می‌شود.

$$d_{i^{+}}=\sqrt{\sum_{j-1}^{n}\left(vij-v_j^{+}\right)^2}\;,\; i=1,2,...,M \qquad (۵)$$

$$d_{i^{-}}=\sqrt{\sum_{j-1}^{n}\left(vij-v_j^{-}\right)^2}\;,\; i=1,2,...,M \qquad (۶)$$

۵. تعیین نزدیکی نسبی ($CL^{*}$) یک گزینه به راه‌حل ایده‌ال:

$$CL_i^{*}=\frac{d_{i^{-}}}{d_{i^{-}}+d_{i^{+}}} \qquad (۷)$$

۶ رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس نزدیکی نسبی ($CL^{*}$) گزینه‌ای که نزدیکی نسبی آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است (Opricovic and Tzeng, 2004).

اولویت‌بندی در روش تاپسیس براساس سه اولویت شدت اثر، احتمال وقوع و گستره آلودگی می‌باشد که در جدول (۲) نحوه‌ی امتیازدهی به عوامل ریسک براساس شاخص‌ها بیان شده است. پس از تعیین عدد اولویت ریسک با روش تاپسیس، سطوح ریسک با بهره‌گیری از روش عمومی ریسک و روش William Fine رابطه (۸) برای محاسبه میزان ریسک‌ها در نظر گرفته شد (Malekhosseini, and Dashti, 2016).

(۸) میزان ریسک= شدت پیامدهای ریسک × احتمال وقوع × گستره آلودگی

پس از آن ریسک‌ها با توجه به تعداد رده و طول رده (روابط ۹ و ۱۰)، در پنج سطح (ریسک‌های غیرقابل تحمل، قابل توجه، متوسط، قابل‌تحمل و جزیی) طبقه‌بندی شدند (Makvandi et al., 2012).

(۹) تعداد رده = 1+3.3log(n) n(تعداد ریسک)

(۱۰) تعداد رده/کوچک‌ترین مقدار ریسک – بزرگ‌ترین مقدار ریسک = طول رده

**جدول ۲- نحوهٔ امتیازدهی به شدت اثر، احتمال وقوع و گستره آلودگی (Amanat Yazdy and Moharamnejad, 2013؛ Khazami, 2015)**

**Table 2- Method of scoring the severity, probability & extent of contamination**

| Description | Score |
|---|---|
| If the impact of the risk factor is too low | 1 |
| If the impact of the risk factor is low | 3 |
| If the impact is moderate due to the risk factor | 5 |
| If the impact due to the risk factor is high | 7 |
| If the impact caused by the risk factor is too high | 9 |
| If the probability of the outcome caused by the risk factor is too low | 1 |
| If the probability is low, the consequence of risk factors | 3 |
| If the probability of the outcome caused by the risk factor is moderate | 5 |
| If the probability of the outcome caused by the risk factor is high | 7 |
| If the probability of the outcome caused by the risk factor is too high | 9 |
| At the workstation level | 1 |
| At the unit level | 3 |
| At the project level | 5 |
| At the regional level | 7 |
| At the provincial level | 9 |

www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22055/jise.2018.24338.1722

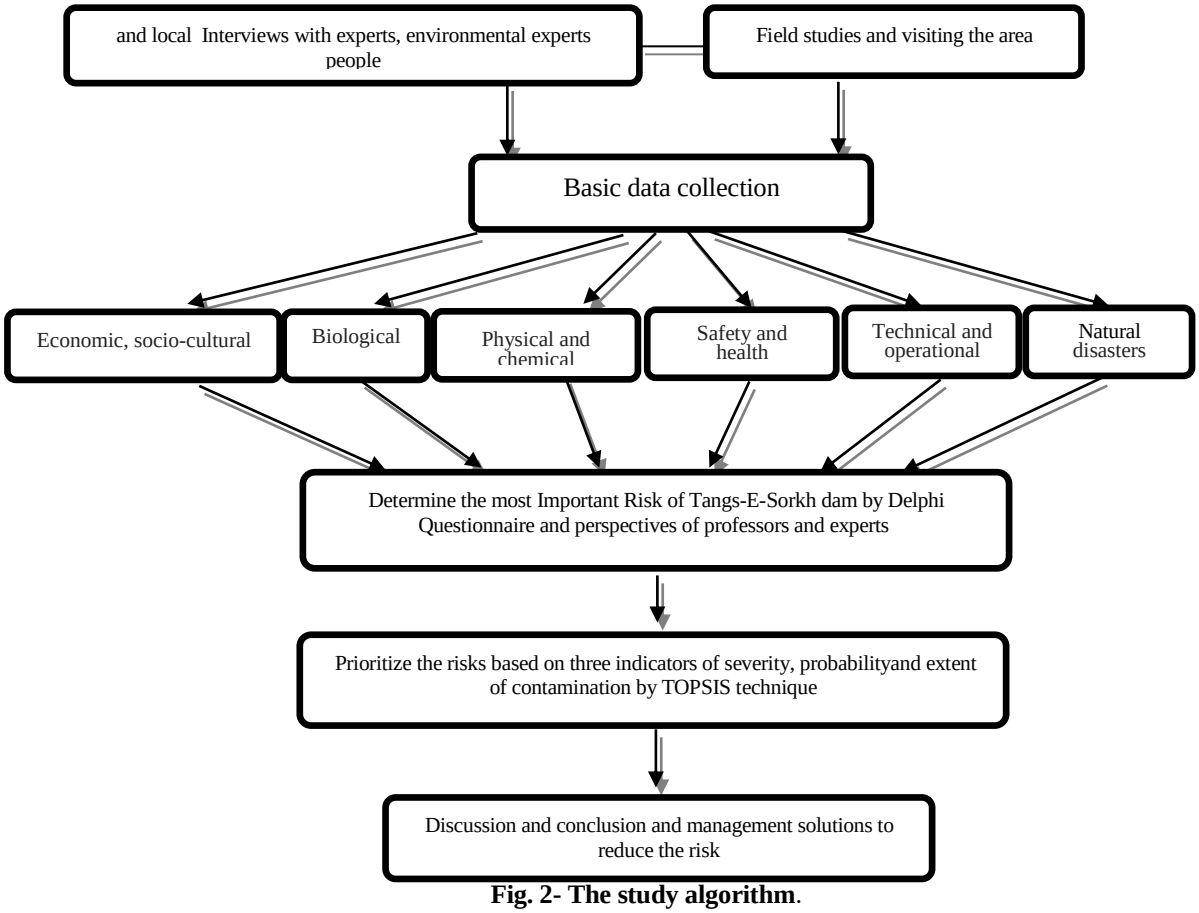


**Fig. 2- The study algorithm**.

**شکل ۲- الگوریتم اجرایی پژوهش**

## نتایج و بحث

در این پژوهش از ۳۰ عامل اولیه ریسک، ۲۶ عامل ریسک نهایی براساس بازدید میدانی، گزارش وضع موجود و مصاحبه با کارشناسان انتخاب، هم‌چنین ریسک‌های سد تنگ‌سرخ به‌همراه پیامدهای محیطزیستی آن‌ها ارایه شده است (جدول ۳) مجموعاً دو ریسک طبیعی و ۲۴ ریسک انسانی و فنی شناسایی شد. روش تاپسیس، شش مرحله دارد که در جدول (۴) نتایج مرحله سوم و چهارم روش (وزن نهایی شاخص‌ها با آنتروپی و ماتریس بی‌مقیاس موزون) ارایه شده است. هم‌چنین در جداول (۵) و (۶) اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی‌شده سد تنگ‌سرخ یاسوج در مرحله ساخت بر اساس روش تاپسیس و سطح‌بندی آن‌ها ارائه شده است.

ریسک احداث تونل انحراف آب بالاترین امتیاز و افت کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی پایین‌ترین امتیاز را به‌خود اختصاص دادند.

www.SID.ir

Archive of SID
دوره ۴۳ شماره ۳ سال ۱۳۹۹. ص ۱۱۵-۱۰۱


**جدول ۳- ریسک‌های شناسایی شده سد تنگ‌سرخ در مرحله ساخت**

**Table 3- Identified risks of Tangs-E-Sorkh dam during construction using TOPSIS methodology**

| Row | Risk | | Consequences of risk |
|---|---|---|---|
| 1 | | Seismicity | Mortality, Significant damage on residents and severe economic damage |
| 2 | | Occurrence of flood | Soil erosion, Significant damage on residents |
| 3 | | Excavation and embankment | Land use change, Dust and throw particles into the eyes which cause loss of vision, Vision problems and long-term illness (pulmonary and …), soil erosion (floods, destruction of vegetation), Noise Pollution |
| 4 | | Excavation | Hydrologic changes of area, increase water turbidity (Effect on surface water quality), effect on underground water quantity and quality, Effect on aquatic animals and also effect on animal habitat due to the diversion of the river floor |
| 5 | | Explosion | Escape and leave the animals living in the area, a threat to people's life |
| 6 | | Construction of water diversion tunnel | Effect on surface water quantity and quality, soil destruction, Creating all kinds of infections, land uses, effect on animal hesitancy |
| 7 | | Road construction | Pollution from consumables materials (Slurry, cement etc.), soil pollution, Probability of water pollution and effect on aquatic animals, Construction waste (trash), Construction effluents (Cement and concrete materials) which cause air pollution. |
| 8 | | Activity of different machines | Leakage of petroleum products from vehicles to water, Oil spills from instruments and vehicles to soil due to the burning of machinery, Emissions of fuel pollutants, Increased sound level and decreased hearing or job deafness, Neurological and psychiatric problems, effect on animals and Aquatic (by washing equipment and machinery) |
| 9 | | Construction of slopes and slopes | Changing ground topography and shape, changing soil texture and permeability, habitat destruction, destruction vegetation |
| 10 | | Disposal of waste | Increase several water and soil contamination. Surface and underground water pollution, Creating an unfavorable atmosphere, accumulation of animals and vermin |
| 11 | Safety and health risk | Human activity in the workshop | Contamination from consumables and non-consumables in the work place, Physical injury |
| 12 | | Erosion | Disturbing balance in the habitat, Habitat destruction, Threat lives of people in the area |
| 13 | | Landslide | Destruction animal habitat, increase soil erosion |
| 14 | | Changing the topography and shape of the earth | Change water pH, Adverse effects on aquatic animals, decrease water quality of rural |
| 15 | | Decreased quality of Surface and groundwater | Increased voice level and decreased hearing or job deafness, Neurological and psychiatric problems, effect on animals and Aquatic (by washing equipment and machinery), adverse effect on animals, disruption of balance and calm in the area |
| 16 | | Increased noise pollution | Impact on the health of workers working on the site, traveling villagers around the dam |
| 17 | | Unfavorable air quality | Adverse effect on vegetation, disruption biological balance in the area and ecosystem change |
| 18 | | Wildlife migration | Impossibility of gene exchange between living organisms in the region, increased internalization and eventually endangerment of the generation of living organisms in the area, Impossibility of fish movement to branches for spawning |
| 19 | | Risk of Fragmentation Habitat | Dispersion soil particles, increase erosion, increase flood occurrence, loss of soil stratification, creating abnormal sounds in the area |
| 20 | | Adverse effects on animal species | Adverse effects on plants and animals, soil degradation, disruption on soil texture and permeability, destruction of soil biological layer |
| 21 | | Uproot plants and trees | Decrease aquatic spawning, disruption food chain in the aquatic environment |
| 22 | | Effect on aquatic animals | inhabitation of nearby dam villages, increase urban population, social anomalies |
| 23 | | Migration | Unbalanced distribution of population in the region, social anomalies, losing job |
| 24 | | Population relocation and resettlement | Increase social abnormalities |
| 25 | | To lose a job | Soil destruction of area, resident movement, biological contamination |

www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22055/jise.2018.24338.1722


**جدول ٤- ماتریس بی‌مقیاس موزون ریسک‌های شناسایی شده سد تنگ‌سرخ در مرحله ساخت**

**Table 4- Weighted no Scale Matrix of Identified Risks of Tangs-E-Sorkh Dam During Construction**

| Risk code | Kind of risks | Impact intensity | Probability of incidence | extent of contamination |
|---|---|---|---|---|
| A1 | Seismicity | 0.173448 | 0.138145 | 0.239426 |
| A2 | Occurrence of flood | 0.173448 | 0.193403 | 0.239426 |
| A3 | Excavation and embankment | 0.173448 | 0.248661 | 0.279330 |
| A4 | Excavation | 0.173448 | 0.248661 | 0.199522 |
| A5 | Explosion | 0.173448 | 0.193403 | 0.199522 |
| A6 | Construction of water diversion tunnel | 0.277517 | 0.248661 | 0.199522 |
| A7 | Road construction | 0.248827 | 0.248661 | 0.199522 |
| A8 | Activity of different machines | 0.312207 | 0.193403 | 0.199522 |
| A9 | Construction of slopes and slopes | 0.173448 | 0.221032 | 0.199522 |
| A10 | Disposal of waste | 0.173448 | 0.193403 | 0.199522 |
| A11 | Human activity in the workshop | 0.208138 | 0.193403 | 0.119713 |
| A12 | Erosion | 0.242827 | 0.193403 | 0.159617 |
| A13 | Landslide | 0.173448 | 0.082887 | 0.199522 |
| A14 | Changing the topography and shape of the earth | 0.208138 | 0.138145 | 0.199522 |
| A15 | Decreased quality of Surface and groundwater | 0.104069 | 0.221032 | 0.079809 |
| A16 | Increased noise pollution | 0.173448 | 0.193403 | 0.119713 |
| A17 | Unfavorable air quality | 0.173448 | 0.165774 | 0.119713 |
| A18 | Wildlife migration | 0.138758 | 0.165774 | 0.199522 |
| A19 | Risk of Fragmentation Habitat | 0.277517 | 0.193403 | 0.119713 |
| A20 | Adverse effects on animal species | 0.173448 | 0.138145 | 0.199522 |
| A21 | Uproot plants and trees | 0.173448 | 0.193403 | 0.279330 |
| A22 | Effect on aquatic animals | 0.173448 | 0.138145 | 0.239426 |
| A23 | Migration | 0.138758 | 0.193403 | 0.199522 |
| A24 | Population relocation and resettlement | 0.173448 | 0.248661 | 0.159617 |
| A25 | To lose a job | 0.208138 | 0.138145 | 0.199522 |
| A26 | land use change | 0.173448 | 0.248661 | 0.199522 |
| | Weight of indicators | 0.333552 | 0.333529 | 0.332919 |

**جدول ٥- اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده سد تنگ‌سرخ در مرحله ساخت بر اساس روش تاپسیس**

**Table 5- Prioritization of identified risks of Tangs-E-Sorkh dam during construction using TOPSIS methodology**

| Risk code | Kind of risks | Proximity Coefficient | Rank |
|---|---|---|---|
| A6 | Construction of water diversion tunnel | 0.755197 | 1 |
| A8 | Activity of different machines | 0.731575 | 2 |
| A7 | Road construction | 0.700439 | 3 |
| A3 | Excavation and embankment | 0.659062 | 4 |
| A21 | Uproot plants and trees | 0.614506 | 5 |
| A4 | Excavation | 0.574240 | 6 |
| A26 | land use change | 0.574240 | 6 |
| A2 | Occurrence of flood | 0.571226 | 7 |
| A12 | Erosion | 0.566488 | 8 |
| A19 | Risk of Fragmentation Habitat | 0.548903 | 9 |
| A9 | Construction of slopes and slopes | 0.546138 | 10 |
| A24 | Population relocation and resettlement | 0.517707 | 11 |
| A10 | Disposal of waste | 0.511056 | 12 |
| A5 | Explosion | 0.511056 | 12 |
| A1 | Seismicity | 0.500736 | 13 |
| A22 | Effect on aquatic animals | 0.500736 | 13 |
| A14 | Changing the topography and shape of the earth | 0.494667 | 14 |
| A25 | To lose a job | 0.494667 | 14 |
| A23 | Migration | 0.455778 | 15 |
| A11 | Human activity in the workshop | 0.441962 | 16 |
| A20 | Adverse effects on animal species | 0.433512 | 17 |
| A18 | Wildlife migration | 0.418080 | 18 |
| A16 | Increased noise pollution | 0.384512 | 19 |
| A13 | Landslide | 0.374895 | 21 |
| A17 | Unfavorable air quality | 0.336682 | 21 |
| A15 | Decreased quality of Surface and groundwater | 0.323110 | 22 |

www.SID.ir

Archive of SID


**جدول ٦- سطح‌بندی ریسک‌های شناسایی شده سد تنگ‌سرخ در مرحله ساخت بر اساس روش تاپسیس**

**Table 6. Leveling the identified risks of Tangs-E-Sorkh dam during construction using TOPSIS methodology**

| Risk code | Kind of risks | Proximity Coefficient | Range of class | Category description | Abundance in the category |
|---|---|---|---|---|---|
| A6 | Construction of water diversion tunnel | 0.755197 | | | |
| A8 | Activity of different machines | 0.731575 | | | |
| A7 | Road construction | 0.700439 | | | |
| A3 | Excavation and embankment | 0.659062 | | | |
| A21 | Uproot plants and trees | 0.614506 | | | |
| A4 | Excavation | 0.574240 | | | |
| A26 | land use change | 0.574240 | | | |
| A2 | Occurrence of flood | 0.571226 | | | |
| A12 | Erosion | 0.566488 | | | |
| A19 | Risk of Fragmentation Habitat | 0.548903 | | | |
| A9 | Construction of slopes and slopes | 0.546138 | | | |
| A24 | Population relocation and resettlement | 0.517707 | | | |
| A10 | Disposal of waste | 0.511056 | | | |
| A5 | Explosion | 0.511056 | | | |
| A1 | Seismicity | 0.500736 | | | |
| A22 | Effect on aquatic animals | 0.500736 | | | |
| A14 | Changing the topography and shape of the earth | 0.494667 | | | |
| A25 | To lose a job | 0.494667 | | | |
| A23 | Migration | 0.455778 | | | |
| A11 | Human activity in the workshop | 0.441962 | | | |
| A20 | Adverse effects on animal species | 0.433512 | | | |
| A18 | Wildlife migration | 0.418080 | | | |
| A16 | Increased noise pollution | 0.384512 | | | |
| A13 | Landslide | 0.374895 | | | |
| A17 | Unfavorable air quality | 0.336682 | | | |
| A15 | Decreased quality of Surface and groundwater | 0.323110 | | | |

ریسک عملیاتی و فنی عموماً ناشی از اشتباهات انسانی یا اتفاقات و خطاهای روشی به‌وجود می‌آید (Yang et al., 2015). در این پژوهش نیز سه ریسک احداث تونل انحراف آب، فعالیت‌های ماشین‌های مختلف و ساخت‌وساز جاده در اولویت اول تا سوم و در رده‌ی غیرقابل تحمل قرار گرفتند که هر سه ریسک مورد نظر از گروه ریسک‌های عملیاتی و فنی می‌باشد. نتایج این پژوهش با تحقیقات Rezaian et al. (2015)، Ansari و Parvinnia (2016) و Rezaei و Kamasi (2015) مبتنی بر قرار گرفتن ریسک‌های فنی و عملیاتی دررده‌های بالای رتبه‌بندی ریسک همسو است.

طرح‌های ایجاد تونل انحراف آب برای عملیات احداث سد یکی از اقدامات موثر و ضروری می‌باشد که در محیطی با عدم قطعیت بالا انجام شده و همواره با درصد بالایی از ریسک همراه هستند (Sayadi et al., 2011). احداث تونل انحراف آب نیز در این پژوهش با ضریب نزدیکی ۰/۷۵۵۱۹۷ در رده‌ی اول قرار دارد. اقدام برای احداث تونل‌های انحراف آب بر کمیت و کیفیت آب‌های سطحی، تخریب خاک، ایجاد انواع آلودگی‌ها، تغییر کاربری‌ها، تردد حیات‌وحش اثر می‌گذارد. در تحقیقی که Fan et al. (2015) در سد آبشار لانگچانگ و Cooper et al. (2017) که در ایالات متحده آمریکا به‌انجام رساندند نیز به این نتیجه رسیدند که قطع تردد ماهیان به‌علت احداث سد سبب تغییر در جمعیت و تغذیه‌ی آن‌ها گشته است. زیرا با احداث سد کریدورهای طبیعی برای زادآوری و تغذیه ماهیان به‌هم می‌خورد و این عمل سبب اختلال در رشد و جمعیت ماهیان می‌شود. با احداث طرح سد تنگ‌سرخ یاسوج نیز که در مسیر مهاجرت گونه‌های ماهی رودرو که برای تخم‌ریزی به بالادست رودخانه مهاجرت می‌نمایند، اختلال به‌وجود می‌آید. احداث Fishway که مسیر دسترسی ماهیان از بالادست به پایین‌دست سد را امکان‌پذیر می‌سازد یکی از موضوعات مورد توافق سازمان محیط‌زیست می‌باشد که می‌تواند برای مرتفع کردن این مشکل مورد استفاده قرار گیرد اما درصورتی که امکان آن وجود نداشته باشد و یا هزینه‌های بسیار بالایی را بطلبد، می‌توان به انجام آن اقدام ننمود، زیرا ماهیان مهاجرت‌کننده به بالادست رودخانه که برای تخم‌ریزی رهسپار هستند، در صورت برخورد به دیواره سد می‌توانند از طریق رودخانه بشار بازگردند و تخم‌ریزی نمایند، انجام Fishway برای این سد نمی‌تواند از اولویت‌های اجتناب‌ناپذیر باشد. در نتیجه با توجه به اثراتی که این ریسک دارد، می‌توان بیان داشت که سبب ایجاد ریسک‌های محیط‌زیستی، ریسک‌های طبیعی و ریسک‌های اجتماعی- اقتصادی، فرهنگی می‌شود. پس مدیریت این ریسک می‌تواند کمک شایانی به کاهش ریسک‌ها در پروژه‌ی سد تنگ‌سرخ یاسوج در مرحله‌ی ساخت کند که با انجام مطالعات دقیق کتابخانه‌ی و میدانی در زمینه‌ی آب، خاک و حیات‌وحش منطقه و انتخاب بهترین مسیر تونل انحرافی آب کمترین آسیب به محیط‌زیست و جامع بومی منطقه زده می‌شود. نتایج این پژوهش با تحقیق Nikbakht (2013) همسو می‌باشد.

ساخت یک سد به ماشین‌های پر سروصدای بسیار زیادی نیاز دارد، این ریسک سبب ایجاد ریسک‌های ایمنی، بهداشت شغلی و

www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22055/jise.2018.24338.1722

محیط‌زیستی می‌گردند. توجه به مدیریت ایمنی و بهداشت شاغلان این پروژه یکی از ارکان مهم مدیریت ریسک در مرحله‌ی ساخت سد تنگ‌سرخ یاسوج می‌باشد که در این پژوهش فعالیت‌های ماشین‌ها با ضریب نزدیکی ۰/۷۳۱۵۷۵ در رده‌ی دوم و سطح غیرقابل تحمل ریسک‌های مرحله‌ی ساخت سد تنگ‌سرخ یاسوج قرار دارد و باید اقدامات اصلاحی لازم در جهت کاهش یا حذف این ریسک انجام گیرد. از جمله اقدامات اصلاحی برای کاهش این پیامد منفی، تمرکز بناهایی هم‌چون پارکینگ ماشین‌ها، تعمیرگاه، محل نگهداری سوخت، روغن موتور و موارد دیگری که موجب کاهش کیفیت خاک و آب خواهند شد، در مجاورت یک‌دیگر مورد پیشنهاد است. هم‌چنین محل قرارگیری این بناها بهتر است در مجاورت هیچ‌یک از آبراهه‌های اصلی یا فرعی نبوده و تا حد امکان دارای خاک نفوذناپذیر باشد. در خصوص کاهش اثرات مکان‌های نگهداری سوخت و تعمیرگاه‌ها و جلوگیری از ریزش مواد نفتی و روغنی بر خاک و شستشوی آن‌ها که منجر به ورود به آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد، استفاده از شیرآلات مناسب و اتصالات دقیق، بسترسازی مناسب محل استقرار مخازن نگهداری سوخت و کف‌سازی با بتن و به‌کارگیری ظروف مناسب جهت جمع‌آوری نشتی احتمال مواد سوختی هنگام بارگیری از راه‌کارهای مناسب به‌شمار می‌آید. ضمن این‌که مخازن فوق باید در مکان سر پوشیده استقرار یابند تا هنگام بارندگی، از شسته شدن و جاری گشتن روان‌آب آلوده به ترکیبات نفتی در سطح محوطه جلوگیری به‌عمل آید اما یکی از فاکتورهای مهم احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی، دفن زباله‌های تولیدی (به‌خصوص زباله‌های تولیدی انسانی) می‌باشند که در این خصوص، آموزش افراد در خصوص تفکیک زباله‌ها از مبدا، نصب سطل‌های مناسب جمع‌آوری زباله در سایت، جمع‌آوری به‌موقع و بهداشتی زباله‌ها، حمل با ماشین‌های مناسب و یا در صورت دفن در منطقه، مکان‌یابی صحیح دفن زباله صورت گیرد. آلودگی صوتی در فعالیت‌های پروژه بیشتر در نقاط محدود به عملیات پروژه و به‌صورت موقتی تولید می شود. جهت تقلیل اثرات سوء صدا بر محیط، کارکنان و ساکنین منطقه، محدود نمودن فعالیت‌های ساختمانی در محدوده زمانی روز، خارج نمودن تجهیزات و وسایل مستهلک، روغن‌کاری مرتب و تعمیر به‌موقع وسایل و تجهیزات مکانیکی جهت کاهش صدا، زمان‌بندی مشخص عملیات انفجار و اطلاع‌رسانی به‌موقع به افراد تحت‌تأثیر، جلوگیری از تردد غیرضروری ماشین‌های سنگین در سایت و البته استفاده از گوشی‌های مناسب برای کارکنان در معرض، از جمله فعالیت‌هایی است که باید توسط مسئولین اجرایی طرح و مسئولین HSE در منطقه صورت پذیرد.

ساخت‌وساز جاده برای دسترسی آسان به محل احداث هر پروژه امری ضروری می‌باشد که در این پژوهش ریسک ساخت‌وساز جاده با ضریب نزدیکی ۰/۷۰۰۴۳۹ در رده‌ی سوم و سطح غیرقابل تحمل قرار گرفته است. که نتایج پژوهش Rezaian et al. (2015) و Rezaian et al. (2013) مبتنی بر قرار گرفتن ریسک جاده‌سازی در سطح غیرقابل تحمل تأییدکننده‌ی این موضوع است، زیرا ایجاد جاده‌های دسترسی سبب آلودگی‌های ناشی از مواد مصرفی (دوغاب ، سیمان و ...)، آلودگی خاک، احتمال آلودگی آب و اثر بر حیات وحش و آبزیان، پسماندهای ساختمانی (نخاله) و پساب‌های ساختمانی (مصالح سیمانی و بتن) که از عوامل آلودگی هوا می‌باشند، می‌شود. در نتیجه می‌توان با عدم گسترش غیرضروری، محدود نمودن جاده‌سازی‌ها از نظر تعداد و عرض جاده‌ها که در واقع میزان تخریب محیط‌زیست و به‌خصوص رویشگاه‌های گیاهی را کاهش می‌دهد، می‌تواند شدت اثرات بر زیستگاه‌های حیات‌وحش را کاهش دهد. از طرف دیگر، احداث جاده‌های دسترسی، خطر تردد گونه‌های حیات‌وحش در منطقه را افزایش می‌دهد، لذا ملزم نمودن رانندگان به رعایت سرعت‌های پایین در منطقه و توجه به حیات‌وحش نیز می‌تواند اثرات سوء بر گونه‌های جانوری را کاهش دهد. از آن‌جایی که، رودخانه یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب برای گونه‌های جانوری به‌شمار می‌آید، با توجه به فعالیت‌های طرح به‌خصوص احداث جاده‌ها که در اطراف رودخانه صورت می‌پذیرد، درصد خطر برای حیات‌وحش افزایش می‌یابد، لذا احداث چند آبشخور مناسب در نزدیکی زیستگاه‌های جانوری توسط کارشناسان محیط‌زیست و با همکاری کارفرما، از دیگر راه‌کارهای کاهش اثرات به‌شمار می‌آید. همچنین می‌توان برای کاهش اثرات سوء پساب‌ها و پسماندهای حاصله به شیوه استاندارد و زیر نظر کارشناسان محیط‌زیست دفع شوند.

مهم‌ترین فعالیت‌های آلاینده خاک، شامل خاک‌برداری، ریزش مواد روغنی و سوخت، دفع نامناسب زباله‌ها و فاضلاب در محیط می‌باشد که در این بین، عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی از جمله فعالیت‌های غیرقابل اجتناب به‌شمار می‌آید. ریسک خاک‌برداری و خاک‌ریزی در این پژوهش که باز هم جزو ریسک‌های عملیاتی و فنی می‌شود با ضریب نزدیکی ۰/۶۵۹۰۶۲ در رده‌ی چهار و سطح قابل توجه قرار دارد که با نتایج پژوهش Rezaian et al (2015) که ارزیابی زیست‌محیطی سد پاوه‌رود زنجان را انجام دادند همسو می‌باشد. این عمل سبب تغییر کاربری اراضی، گرد و غبار و پرتاب ذرات به چشم که باعث کاهش دید می‌شود، مشکلات بینایی و بیماری درازمدت (ریوی و...)، فرسایش خاک (وقوع سیلاب‌ها، تخریب پوشش‌گیاهی) و آلودگی صوتی می‌شود که با کنترل مقدار مناسب خاک‌برداری و جلوگیری از مقدار اضافی آن، می‌توان شدت اثرات را کاهش داد. برای پیشگیری از اثرات خاک‌برداری و خاک-ریزی بر فرسایش خاک، که عمده‌ترین فعالیت احداث طرح محسوب می‌شود، اجرای این فعالیت در فصل خشک سال پیشنهاد می‌شود. با توجه به این‌که میزان بارندگی در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر کاستی چشم‌گیری نسبت به ماه‌های دیگر نشان می‌دهد (Anonymous, 2012)، مناسب‌ترین زمان انجام فعالیت خاک-برداری و خاک‌ریزی همین ماه‌ها خواهند بود. هم‌چنین چهار ریسک افزایش آلودگی صوتی، زمین لغزش، نامساعد شدن کیفیت آب و افت کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی که مربوط به ریسک محیط‌زیستی (فیزیک و شیمیایی) هستند، جزو چهار ریسک با سطح

www.SID.ir

Archive of SID


خطر جزیی رده‌بندی شده‌اند. با این وجود ریسک‌های ذکرشده سبب آلودگی‌های موجود در آب، خاک و هوا می‌شود. هم‌چنین سبب از بین رفتن و نابودی فون و فلور در منطقه مورد نظر می‌شود و بر اقتصاد و فرهنگ جامع تأثیر دارد. پس اقدامات اصلاحی لازم برای کاهش یا حذف این ریسک‌ها نیز ضروری می‌باشد هر چند که اقدامات اصلاحی لازم در مورد این ریسک‌ها جزو اقدامات اصلاحی ضروری نیستند.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش ریسک‌های فنی و عملیاتی بالاترین نمره ریسک‌پذیری را به خود اختصاص دادند. با توجه به شرایط وضع موجود و گزارشات عدم اجرای طرح سد مخزنی تنگ سرخ و رها نمودن منطقه به حال خود در واقع باعث بروز اثرات بسیار منفی ناشی از عدم بهره‌برداری بهینه از منابع آب، هدر رفتن آب و نبود کنترل برای تأمین آب به هنگام، برای شرب و کشاورزی و عدم کنترل سیلاب شده و اثرات مثبت توسعه در منطقه که ایجاد اشتغال و افزایش سطح درآمد است را نخواهد داشت. اقدامات پایش و مدیریت در پروژه احداث سد با توجه به شرایط خاص منطقه و نحوه اجرای طرح و نحوه بهره‌برداری باید در اختیار مدیران جهت تصمیم-گیری قرار گیرد. در کل باید کوشش کرد که اثرات مضر و مفید زیست‌محیطی و هم‌چنین اجتماعی ارزیابی شوند تا این هزینه‌ها به عنوان بخشی از ارزیابی اقتصادی یک پروژه سد درنظر گرفته شوند.

## تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت معنوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز صورت پذیرفته است بدینوسیله از آن‌ها تشکر و قدردانی می‌گردد.

## References


1- Anonymous, Abedan Faraz Consulting Engineers (a). 2012. Studies on the type of dam and body of the Tang-e-Sorkh reservoir dam. (In Persian).

2- Ansari, M. and Parvinnia, M., 2016. Risk assessment of Cham-e-Shir dam construction phase in building and utilization phases by William fine, in International Conference on *Civil Engineering, Urban and Environmental Management in the 3rd Millennium*, Iran. (In Persian).

3- Amanat Yazdy, L. and Moharamnejad, N., 2013. Environmental risk management of fire in oil warehouses and storage tanks (case study: sentral storage of Yazd oil products distribution company). *Journal of Environmental Studies*, 39(2), pp.61-72. (In Persian).

4- Asgarpour, M. C., 2008. Multidisciplinary decision making, 6th Edition, Tehran University Press. (In Persian).

5- Azar, A. and Memariani, A., 1994. AHP a new technique for group decision making, *Journal of Management Knowledge*, 27 and 28, pp. 22-32. (In Persian).

6- Azar, A. and Rajabzadeh, A., 2008. Applied decision Mmaking (M.A.D.M Approach), Third Edition, Negah Danesh, P.120. (In Persian).

7- Chauhan, S. and Bowles, D.S., 2003. Dam safety risk assessment with uncertainty analysis. In Australian committee on large dams risk workshop. *Launceston, Tasmania Australia*.

8- Cooper, A., Infante, D., Wesley, D., Wehrly, K., Wang, L. and Brendena, T., 2017. Assessment of dam effects on streams and fish assemblages of the conterminous USA. *Science of the Total Environment*, 586, pp. 879-889.

9- Dadelo, S., Turskis, Z., Kazimieras Zavadskas, E. and Dadeliene, R., 2014. Multi-criteria assessment and ranking system of sport team formation based on objective-measured values of criteria set, *Expert Systems with Application*, 41(14), pp. 6106–6113.

10- Ertugrul, I. and Karakasoglu, N., 2007. Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications Journal*, 36(1), pp. 702–715.

11- Faisal, H. 2012. Hydrological risk assessment of old dams, case study on Wilson dam of Tennessee river basin. *Journal of Hydrological Engineering*, 17(1), pp. 1-14.

12- Fan, H. He, D. and Wang, H., 2015. Environmental consequences of damming the mainstream Lancang-Mekong river: a review. *Earth-Science Reviews*, 146, pp. 77-91.


www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22055/jise.2018.24338.1722

13- Hsu, Y.L., Lee, C.H. and Kreng, V.B., 2010. The application of fuzzy Delphi method and fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, 37, pp. 419–425.

14- Hwang C. L. and Yoon, k., 1989. *Multiple attribute decision making: methods and applications, a state of the art survey.* New York: Springer-Verlag.

15- Jabal Ameli, M. H., Rezaie Far, A. and Langroudi, A.S., 2007. Project risk ranking using multi-purpose decision making process. *Journal of Technical School*, 41(7), pp. 863-871. (In Persian).

16- Joshi, R. Banwet, D.K. and Shankar, R., 2011. A delphi-AHP-TOPSIS based benchmarking framework for performance improvement of a cold chain. *Expert Systems with Applications*, 38, pp. 10170–10182.

17- Jozi, S.A. and S.H. Seifossadat. 2014. Environmental risk aassessment of Gotvand-Olia dam at operational phase using the integrated method of environmental failure mode and effects analysis (EFMEA) and preliminary hazard analysis. *Journal of Environmental Studies*, 40 (1), pp.107-120.

18- Jozi, A., Monavari, M. and Khosravani, H., 2012. Environmental risk assessment of Roodbar dam of Lorestan in construction phase using an integrated method of multi attribute decision making and RAM-D model. *Environmental Researches*, 3(6), pp. 3-16. (In Persian).

19- Khazami, M.S., 2015. Environmental risk assessment Ahvaz No.1 desalting plant Karun oil and gas production Co. by using AHP and TOPSIS methods. (Unpublished master's thesis). Islamic Azad University of Ahvaz, (In Persian).

20- Kennedy, H. P., 2004. Enhancing delphi research: methods and results. *Journal of Advanced Nursing*, 45(5), pp. 195-200.

21- Makvandi, R., Astani, S. and Anooshe, Z., 2012. Evaluation of environmental risk of wetlands using TOPSIS and EFMEA, Ccase study: Shirin Sou wetland in Hamadan province, *Wetland EcoBiology*, 3 (12), pp. 25-40. . (In Persian).

22- Makvandi, R., Astani, S. and Lorestani, B., 2015.Environmental risk assessment of wetland using TOPSIS and EFMEA (case Study: international wetland Gavkhoni), *Environmental Researches*, 6(11), pp. 35-58. (In Persian).

23- Malek Akhlagh E., Dorostkar Ahmadi, N., Mehdizade, M. and Akhavan Tavakoli N., 2015. Determination critical criteria of coach selectionby fuzzy delphi method and choosing the best coach using developed TOPSIS technique (case Study: Guilan، s Damash spors club). *Sport Management and Development*, 3(2), pp. 105-128. (In Persian).

24- Malekhosseini, S.F. and Dashti, S., 2016. Environmental risks assessment in Dena protected area using of multiple criteria decision making (TOPSIS), *Environmental Sciences*, 14(3), pp. 41-56. (In Persian).

25- Manochehri, B. and Shieh, E., 2013. Grading the Socio_ Economic development rate of the North Khorasan province with the using of TOPSIS model. *Urban Management Studies*, 5(3), pp. 62-72. (In Persian).

26- Mirjalili, S.A.A., 2009. Environmental risk assessment of dams and hydroelectric power plants in operation phase (case study of Masjed Soleiman dam and power plant). (M Sc. thesis). Islamic Azad University-Khouzestan Science and Research Branch. 225 p. (In Persian).

27- Mohammad Moradi, A. and Akhtrakavan, M., 2009. Methodology of multi-criteria decision making models. *Journal of Armanshahr*, *2*(2), pp. 113-125. (In Persian).

28- Montague, D.F., 1990. Process risk evaluation: what method to use? *Reliability Engineering and System Safety*, 29(1), pp. 27-53.

29- Najmaei, M., 2003. Dam and environment. Ministry of Energy, large Dams National Committee. First Edition, Tehran, Iran. (In Persian).

30- Nikbakht, N. 2013. Environmental risk assessment of Shirinab dam using FMEA and HAZOP method. M Sc. thesis. *Islamic Azad University- Khouzestan Science and Research Branch.* 181 P. (In Persian).

31- Opricovic, S. and Tzeng, G.T., 2004. Compromise solution by MCDM methods, a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *Operational Research*, 156, pp. 445- 455.

www.SID.ir

Archive of SID


32- Rezaei, V. and Kamasi, M. 2015. Risk assessment of dam construction projects at various stages of construction using multi-criteria decision-making methods, international conference on civil engineering, architecture and urban infrastructure, pp. 1-14. (In Persian).

33- Rezaian, S., Jozi, S.A. and Ataei, S., 2015. Assessing environmental risk caused by Zanjan·S Paverood dam in its construction stage using a combination of TOPSIS and RAM-D. *Razi Journal of Medical Sciences*, 22(138), pp.1-11. (In Persian).

34- Rezaian, S., Jozi, S.A. and Moradi Majd, N., 2013. Evaluation of environmental risk of Shafarood dam in Gilan during construction phase using multi-criteria decision-making methods, *Marine Science and Technology*, 8 (1), pp. 47-64 . (In Persian).

35- Saaty, T.L., 1980. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.

36- Sayadi, A., Hayati, M. and Monjezim M., 2011.Risk management in tunnel construction using MCDM techniques, *Industrial Management Journal*, 3(7), pp. 99-166. (In Persian).

37- Tabibian, M., 2006. *Environmental impact assessment in Australia*. First Edition. Tehran University Press. P. 448. (In Persian).

38- Tabib Shuoshtari, M., 2008. Environmental risk assessment of Balarood dam. . M Sc. thesis. *Islamic Azad University- Khouzestan Science and Research Branch*. 185 p (In Persian).

39- Tesfamrin, S., 2006. Risk-based environmental decision-making using fuzzy analytic environmental reserch and risk Assessment, *Stoch Environment Research Risk Assessment*, 21, pp. 35-50.

40- Yang, M., Faisal, K. and Amyotte, P., 2015. Operational risk assessment: a case of the Bhopal disaster. *Process Safety and Environmental Protection*, 97, pp. 70-79.

www.SID.ir