

Evaluation of the Environmental Risks of Jiroft Dam During the Utilization Phase

Fatemeh Bahadori Amjaz¹, Mojtaba Soleimani Sardo^{2*}

1- M.S. in Land Assessment and Management, Ardakan University, Ardakan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran

(*Corresponding Author Email: Mojtaba.soleimani@ujiroft.ac.ir)

Extended abstract:

Introduction

Dams are economically, politically, and socially important structures and their roles in the development of countries are undeniable. The purpose of this study was to investigate the environmental risks of Jiroft Dam in the utilization phase so as to reduce its negative effects. Construction of a large dam can threaten the environment in various ways. In this research, the physico-chemical, natural, biological, socio-economic and cultural, and safety and health risks of Jiroft Dam were evaluated.

Methodology

In this study, EFMEA method was used to assess the environmental risks of Jiroft Dam. To evaluate the relevant risks, 29 parameters in 5 groups, including physico-chemical, natural, socio-economic and cultural, biological, and safety and health risks were chosen. The data were collected by interviewing the experts. The risk factors were evaluated by using EFMEA method based on the probability of occurrence and severity and probability of detection. To determine priorities of the risk levels, the upper and lower limits of each risk and its average and standard deviation were obtained.

Discussion

Based on the Risk Priority Number (RPN), the soil erosion with RPN=100 and in river downstream morphology changes with RPN=12 showed the highest and lowest risk values related to the physico-chemical factors. Also, flood with RPN=60 and landslide with RPN=20 displayed the highest and lowest risk values related to the natural risk factors. Moreover, among the biological risk factors, the impacts on the habitat (RPN=75) and threats to the aquatic life of the downstream (RPN=80) demonstrated the highest numerical risk values. The lowest RPN was related to propagation of weeds in the downstream of the dam and changes in food chains (RPN=20). Also, land-use change (RPN=20) and social acceptance and security risks (RPN=6) revealed the highest and lowest risk levels related to the social, economic, and cultural factors. Furthermore, human mistakes before, during, and after the utilization phase, which were related to the safety (RPN=75) and health (RPN=48) risk factors depicted the highest levels of risk, while the growth of insects in Jiroft Dam Reservoir (RPN=12) indicated the lowest risk value.

Conclusion

According to the findings, soil erosion and sedimentation showed high-risk levels in the group of physico-chemical risks. Moreover, their effects on water sources (thermal layering), pollution (air, sound, soil, and water), downstream-suspended solids, soil eutrophication, and soil compaction were classified in a moderate-risk class, while the river morphology change was classified in the low-risk class. The earthquake, flood, and landslide were classified in the moderate-risk class. Also, the habitat risk and threatening to the aquatic life of the downstream related to the biological risks were classified in the high-risk class. Effects on the vegetation, blocking of the migration route (animal movement), propagation of weeds in downstream of the dam, changes to the food chains, and degradation of harbor area were classified in the moderate-risk class. Among the socio-economic and cultural indices,



the land use change as well as the reduced employment and income in the region were classified in the medium-risk class, while the social acceptance and security, tourism acceptance, and land acquisition were classified in the low-risk class. In the group of safety and health risks, human mistakes before, during, and after the utilization phase showed a high risk, while creating a suitable environment for the growth of insects in Jiroft Dam Reservoir displayed a low-risk level. The risks of explosions, war, and terrorism related to the dam, corrosion of facilities, and spread of diseases were classified in the moderate-risk class. The results of this research can significantly help to reduce the environmental hazards of the mentioned dam during the utilization phase.

Keywords: environmental impact assessment, EFMEA, water resources, Halilrood

References:

- Ademilua, O.L., Eluwole, A.B., & Talabi, A.O., (2016). **A Geophysical Approach to Post-Construction Integrity Assessment of Earth Dam Embankment, Case Study of Ero Dam, Ikun- Ekiti Southwest Nigeria.** SDRP Journal of Earth Sciences & Environmental Studies, 3 (1), 87-94. DOI: 10.15436/JESES.1.3.3
- Alomi'a Herrera, I., & Carrera Burneo, P., (2017). **Environmental flow assessment in Andean rivers of Ecuador, case study: Chanlud and El Labrado dams in the Machangara River.** Ecohydrology & Hydrobiology, 2017, 1- 10. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.ecohyd.2017.01.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecohyd.2017.01.002)
- Anagnostopoulos, S.A., (2006). **A Brief Report on Research Needs for Natural Hazards.** Department of Civil Engineering, University of Patras
- Beck, M.W., Claassen, A.H., & Hundt, P.J., (2012). **Environmental and livelihood impacts of dams: common lessons across development gradients that challenge sustainability.** International Journal of River Basin Management, 10 (1). 73- 92. DOI: 10.1080/15715124.2012.656133
- Bhakta Shrestha, B., & Kawasaki, A., (2020). **Quantitative assessment of flood risk with evaluation of the effectiveness of dam operation for flood control: a case of the Bago River Basin of Myanmar.** International Journal of Disaster Risk Reduction, 2020, 1- 37. DOI:10.1016/j.ijdrr.2020.101707
- Bid, S., & Siddique, G., (2020). **Water level fluctuation (WLF) of Panchet dam in India and assessment of its human risk using AHP method.** GeoJournal, 2020, 1- 26. DOI:10.1007/s10708-020-10266-5
- Chen, Sh., Chen, B., & Fath, B. D. (2012). **Ecological risk assessment on the system scale: A review of state-of-the-art models and future perspectives.** Ecological Modelling, 250 (2013), 25- 33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.10.015>
- Chen, Sh., Fath, B. D., & Chen, B., (2010). **Ecological risk assessment of hydropower dam construction based on ecological network analysis.** Procedia Environmental Sciences, 2 (2010), 725- 728. doi:10.1016/j.proenv.2010.10.083
- Darvishi, S., Jozi A., Malmasi, S., & Rezaian, S., (2018). **Environmental risk Assessment of dams at constructional phase using VIKOR and EFMEA methods (Case study: Balarood Dam, Iran).** Human and Ecological Risk Assessment, ISSN: 1080- 7039, 1- 21. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1558396>
- Gabriel-Martin, I., Sordo-Ward, A., Garrote, L., & Granados, I., (2019). **Stochastic Assessment of the Influence of Reservoir Operation in Hydrological Dam Safety through Risk Indexes.** Proceedings, 7 (12), 1- 6. <https://doi.org/10.3390/ECWS-3-05811>
- Jozi, A., & Salati, P., (2012). **Environmental Risk Assessment of Low-Density Polyethylene Unit Using the Method of Failure Mode and Effect Analysis.** Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 18 (1), 103- 113. DOI:10.2298/CICEQ110504051J
- Morales-Torres, A., Serrano-Lombillo, A., Escuder-Bueno, I., & Altarejos, G., (2016). **The suitability of risk reduction indicators to inform dam safety management.** Structure and infrastructure engineering: Maintenance management, life cycle designand performance, ISSN 1573- 2479, 1465- 1476. <http://dx.doi.org/10.1080/15732479.2015.1136830>
- Tsai, S., Yu, J., Ma, L., Luo, F., Zhou, J., Chen, Q., & Xu, L., (2017). **A study on solving the production process problems of the photovoltaic cell industry.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82 (3), 1- 8. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.105>
- Vazdani, S., Sabzghabaei, GH., Dashti, S., Cheraghi, M., Alizadeh, R., & Hemmati, A., (2017). **Fmea Techniques Used in Environmental Risk Assessment,** Assessment. Environment & Ecosystem Science, 1 (2): 16- 18. DOI:10.26480/ees.02.2017.16.18.



ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد جیرفت در مرحله بهره‌برداری

فاطمه بهادری امجز، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

fateme.bahadori95@gmail.com

مجتبی سلیمانی ساردو*، استادیار گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

mojtaba.soleimani@ujiroft.ac.ir

چکیده

سدها از نظر اقتصادی، سیاسی و اجتماعی سازه‌هایی بسیار مهم به شمار می‌آیند و نقش آنها در توسعه کشورهای انکارناپذیر است. از سوی دیگر، سدها سازه‌هایی با خطر پیش‌رونده محسوب می‌شوند؛ بنابراین با توجه به اهمیت راهبردی آنها، لازم است بتوان به‌طور دقیق ریسک‌هایی را شناسایی کرد که این سازه‌ها ایجاد می‌کنند. سد جیرفت، یکی از مهم‌ترین سدهای بتنی دو قوسی در جنوب استان کرمان روی رودخانه هلیل رود است که وظیفه تأمین نیاز آبی بخش‌های مختلف را بر عهده دارد. هدف از پژوهش حاضر، شناسایی و ارزیابی ریسک سد جیرفت در فاز بهره‌برداری با استفاده از روش EFMEA است. بدین منظور ریسک‌های مدنظر در پنج گروه محیط فیزیکی شیمیایی، طبیعی، بیولوژیکی، محیط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی و ایمنی و بهداشتی طبقه‌بندی شدند و سپس با مصاحبه با کارشناسان و متخصصان خبره درباره سد جیرفت کاربرد ارزیابی ریسک براساس احتمال وقوع، شدت اثر و احتمال کشف تکمیل شد. در این روش امتیازدهی به هر یک از ریسک‌های احتمالی در محیط‌های پذیرنده صورت گرفت. با مشخص شدن احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف، مقدار عددی اولویت هر ریسک (RPN) محاسبه شد و در نهایت به‌منظور تعیین اولویت سطح ریسک، حد بالا و پایین ریسک، مقادیر میانگین و انحراف معیار با استفاده از نرم‌افزار SPSS به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد در گروه ریسک‌های مربوط به محیط فیزیکی شیمیایی فرسایش خاک و رسوب‌گذاری، در محیط بیولوژیکی ریسک اثرگذاری بر زیستگاه و تهدید حیات آبزیان در پایین‌دست، در گروه ریسک‌های ایمنی و بهداشتی خطاها و اشتباهات انسانی، قبل، بعد و حین بهره‌برداری، سطح ریسک بالا را به خود اختصاص داده‌اند. با تکیه بر نتایج پژوهش و با برنامه‌ریزی درست و ارائه راهکارهای پیشگیرانه و اصلاحی، می‌توان خطرات محیط‌زیستی ناشی از سد را به میزان زیادی کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی آثار محیط‌زیستی، EFMEA، منابع آب، هلیل رود



مقدمه

به سبب غالب بودن اقلیم خشک در گستره وسیعی از کشور ایران، سدسازی برای تنظیم و بهنگام‌سازی جریان آب، تأمین نیاز شرب و کشاورزی و دیگر کاربردها مورد توجه قرار گرفته است (محتشمی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۲۸). سدها به منظور برآورده کردن نیازهای انسان در تولید انرژی برق‌آبی، تأمین آب برای مصارف خانگی، صنعتی و کنترل خشکسالی و سیل استفاده و در اندازه‌های کوچک تا بزرگ ساخته می‌شوند (Ademilua et al., 2016: 87). با وجود اهمیت آنها، آثار منفی سدسازی بر اکوسیستم مانند تغییر طبیعی رژیم جریان رودخانه‌ها، تغییر در جمعیت و تنوع گونه‌های بومی، نفوذ گونه‌های بیگانه و... گزارش شده است (Herrera & Burneo, 2017: 1). سدها یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر اکوسیستم رودخانه‌ها به شمار می‌روند که احداث آنها به تغییرات هیدرولوژی، مورفولوژی و زیستی منجر می‌شود و همواره نیازمند ارزیابی محیط‌زیستی است (Chen et al., 2010: 725). تأثیرات منفی زیست‌محیطی سدها می‌تواند در بالادست، پایین‌دست و در مخازن رخ دهد (Beck et al., 2010: 74)؛ از این رو ارزیابی آثار محیط‌زیستی سدها به منظور مطالعه، شناسایی و پیش‌بینی آثار آنها در محیط‌های فیزیکی شیمیایی، طبیعی، بیولوژیکی، اجتماعی اقتصادی و فرهنگی انجام می‌شود (قادری و همکاران، ۱۳۹۸). به منظور کنترل آسیب‌ها و صدمات ناشی از عوامل مخاطره‌آمیز باید به شناختی درست از خطر رسید تا خطرات شناسایی شده کنترل شوند یا به کلی از بین بروند. برای کنترل خطر به تعیین اولویت‌های خطرات نیاز است و برای تعیین اولویت‌ها، محاسبه ریسک آنها حائز اهمیت است (سوری لکی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۹).

کاهش خسارت بلایا نیازمند مدیریت ریسک با تأکید بر ارزیابی خطر، عناصر در معرض ریسک و آسیب‌پذیری این عناصر است. مطالعه در هر یک از این سطوح بسته به اهداف خاص آن، نیازمند شناسایی خطرات موجود، اطلاعات محیطی منطقه، عوامل تحریک و عناصر در معرض ریسک است. آناگنوستوپولس^۱ (2006) خطر را احتمال وقوع یک پدیده طبیعی همراه با خسارت و آسیب بالقوه در دوره زمانی خاصی در یک منطقه تعریف کرده است. از سوی دیگر، ریسک عبارت است از پیش‌بینی تلفات انسانی، افراد آسیب‌دیده، خسارت به دارایی‌ها و قطع فعالیت‌های اقتصادی که به سبب وقوع یک پدیده طبیعی فاجعه‌بار ایجاد می‌شود؛ به بیان دیگر خطر بر یک پدیده طبیعی دلالت دارد و ریسک بر عواقب آن. ریسک احتمال بالفعل شدن یک خطر که از حاصل ضرب احتمال یک واقعه نامطلوب معین در پیامد آن به دست می‌آید، تعریف می‌شود (زارعی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۲). ارزیابی ریسک فرایندی است که نتایج آنالیز ریسک را با رتبه‌بندی برای تصمیم‌گیری به کار می‌برد. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی درصدد سنجش ریسک‌های مربوط به محیط‌زیست است (طیب‌زاده مقدم و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۲۵). به این منظور بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، شناخت کامل محیط‌زیست منطقه تحت تأثیر، میزان حساسیت محیط‌زیست متأثر و ارزش‌های خاص محیط‌زیستی منطقه در نظر گرفته می‌شود (مقدمی و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۶).

احداث سدهای بزرگ آثار فیزیکی شیمیایی، طبیعی، بیولوژیکی، اجتماعی اقتصادی و فرهنگی و ایمنی و بهداشتی

مهمی را در محیط پیرامون به وجود می‌آورد؛ بنابراین با توجه به رشد و توسعه سدسازی در جهان به‌ویژه در ایران، لزوم بررسی آثار محیط‌زیستی سد اهمیت خاصی دارد (رضایان و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۴۴۶). ارزیابی ریسک زیست‌محیطی در پروژه‌های سدسازی در عملیات ساخت و همچنین در مرحله بهره‌برداری انجام می‌شود که بایستی عوامل ایجادکننده ریسک‌ها و ریسک‌های حاصل از این پروژه‌ها شناسایی شوند و اقداماتی برای به حداقل رساندن آنها پیشنهاد شود (Morales et al., 2016: 1471). در واقع با استفاده از ارزیابی ریسک سدها می‌توان تصمیماتی درباره این موضوعات اتخاذ کرد که آیا سطح ریسک‌هایی که با سد ایجاد می‌شوند قابل تحمل‌اند یا آیا لازم است ریسک‌های شناسایی شده با انجام بعضی از اقدامات کنترلی کاهش یابند (جوزی و سیف‌السادات، ۱۳۹۱: ۱۰۸).

روش‌های متنوعی برای بررسی و ارزیابی خطرات بالقوه فعالیت‌های یک پروژه یا توسعه وجود دارد که بسته به اطلاعات مورد نیاز، هر روش از کارایی ویژه‌ای در ارزیابی فعالیت‌ها برخوردار است (جوزی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۴۸). از جمله این روش‌ها می‌توان به FMEA^۱، HAZAN^۲ و William Fine اشاره کرد که هر یک دربرگیرنده مزایا و معایبی بسته به محیط مطالعه شده‌اند. تکنیک FMEA کاربردهای زیادی دارد که از آن جمله می‌توان به FMEA مربوط به محیط‌زیست معادل EFMEA^۳ اشاره کرد (مکوندی و همکاران، ۱۳۹۴). EFMEA یک روش سیستماتیک برای تعیین مشکلات احتمالی فرایند و تجزیه و تحلیل آن در جهت اقدامات اصلاحی و پیشگیری آسان است (نیک‌پیشه و همکاران، ۱۳۹۸: ۷۷). هدف EFMEA، شناسایی مهم‌ترین ریسک‌های محیط‌زیستی مؤثر و آثار آنها بر محیط‌زیست ناحیه تحت تأثیر است (قادری و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۲). این روش از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی ریسک است که در ارزیابی ریسک پروژه‌های گوناگون در مقایسه با سایر روش‌های ارزیابی ریسک، روش کامل‌تری است و همچنین با شناسایی نواقص و رفع بسیاری از خطاهای آشکار و پنهان موجود در فرایند یک پروژه و کاهش هزینه‌ها، روش مفیدی به شمار می‌رود (خیرخواه و امیری، ۱۳۹۸: ۱۷۵). در روش EFMEA، خطرات بالقوه موجود در منطقه مطالعه شده و آثار و علل مرتبط با آنها شناسایی و امتیازدهی می‌شود (قادری و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۴). در این روش، ابتدا برآوردهایی از وضعیت موجود و بازدیدهای میدانی صورت می‌گیرد و سپس با استفاده از نتایجی که از وضعیت موجود به دست آمده، جنبه‌های مثبت و منفی محیط‌زیستی در شرایط اضطراری، غیرنرمال و نرمال استفاده و شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف بررسی می‌شود (بالیست و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۷۰). در همین زمینه پژوهش‌هایی انجام شده است:

جوزی و سیف‌السادات (۱۳۹۱) ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد گتوند علیا را در مرحله بهره‌برداری با استفاده از روش تلفیقی آنالیز مقدماتی خطر و تکنیک EFMEA انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد در تکنیک EFMEA، شورشدن آب به علت گنبد نمکی، فرسایش و رسوب در پایین‌دست سد و ایجاد پساب و فاضلاب انسانی سطح ریسک بالا دارد و کمترین عدد اولویت ریسک به ایجاد محیط مناسب برای رشد و تکثیر حشرات و فشرده‌شدن خاک مربوط بوده است.

1. Failure Mode and Effect Analysis
2. Hazard analysis
3. Environmental Failure Mode and Effect Analysis

درویشی و همکاران^۱ (2018) در ارزیابی محیط‌زیستی سد بالارود خوزستان در محله ساختمانی از روش EFMEA و VIKOR استفاده کردند. بر مبنای نتایج در روش EFMEA و با مقایسه اعداد ریسک محاسبه‌شده، ریسک آلودگی آب رودخانه بالارود در اولویت قرار گرفت و در روش VIKOR، ریسک آلودگی آب در شرایط توافق (بالا، متوسط و پایین) به‌عنوان مهم‌ترین ریسک معرفی شد.

رضایان و همکاران (۱۳۹۴) آثار محیط‌زیستی سد رودبار لرستان را در مرحله بهره‌برداری با استفاده از نرم‌افزار MIKE11 و تکنیک LINMAP بررسی کردند. در پژوهش آنها میزان درآمد در سطح اول آثار مثبت طرح و پس از آن خدمات، صنعت و بازرگانی در سطح دوم قرار گرفت؛ همچنین جابه‌جایی در سطح اول آثار منفی سد، و فرسایش، رسوب‌گذاری در مخزن سد و گونه‌های گیاهی در معرض تهدید سکنه، هر سه در سطح دوم قرار گرفتند.

گابریل و همکاران^۲ (2009) به کمک شاخص ریسک جهانی (Global Risk index) تأثیر عملیات مخزن را در ایمنی سد هیدرولوژیکی با شاخص‌های ریسک ارزیابی و تأثیر سطح مخزن متغیر اولیه را در قالب سناریوسازی بررسی کردند.

باکتا و کاوازاکی^۳ (2020) خطر سیل را با ارزیابی اثربخشی عملیات سد برای کنترل سیل در حوضه رودخانه باگو در میانمار ارزیابی کمی کردند. این خطر با تمرکز بر خسارت ناشی از سیل به ساختمان‌های مسکونی و دارایی‌ها و بخش‌های کشاورزی برای بزرگ‌ترین سیل‌های اخیر و حوادث سیلاب با دوره‌های مختلف بازگشت ارزیابی شد. نتایج نشان داد عملیات سد برای کنترل سیل در منطقه مورد مطالعه، منطقه سیلاب را تقریباً ۱۰ درصد و خسارت سیل به ساختمان‌ها، دارایی‌ها و کشاورزی را به ترتیب تقریباً ۶۰، ۶۰ و ۱۰ درصد کاهش می‌دهد.

همچنین بید و سدیکو^۴ (2020) ریسک سد پانچت^۵ را در هند با استفاده از روش AHP ارزیابی کردند. نتایج ایشان نشان داد جابه‌جایی جمعیت و آب‌گرفتگی آبدی بیشترین (۱۰/۲۹) و کمترین (۹/۹۰) ارزش را به خود اختصاص داده است.

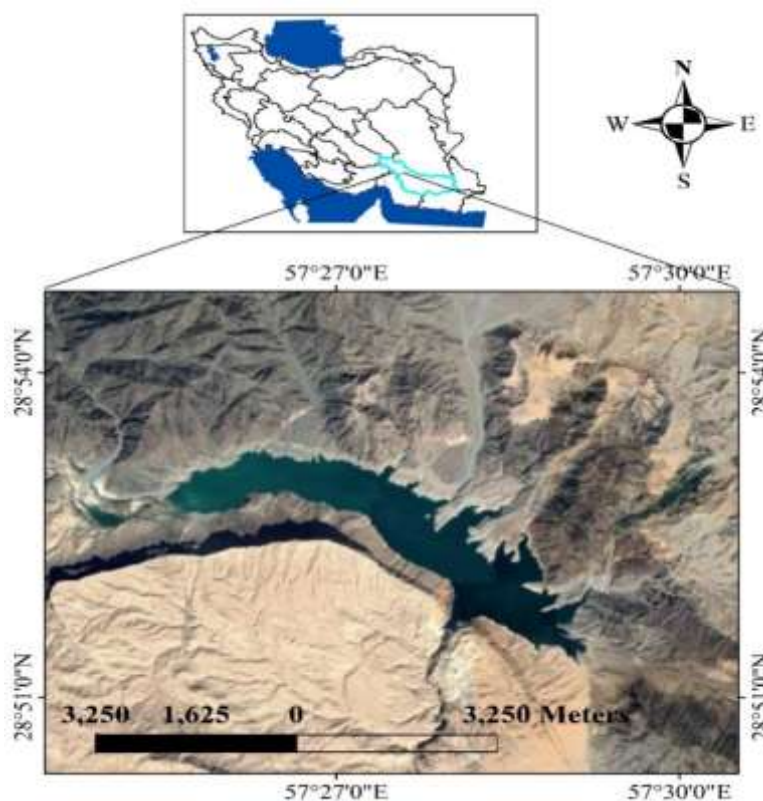
جمع‌بندی سوابق پژوهشی در زمینه ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها نشان از اهمیت موضوع دارد که می‌بایستی با توجه به ملاحظات اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی در هر ناحیه بررسی شود؛ از این رو هدف از پژوهش حاضر، بررسی آثار محیط‌زیستی سد جیرفت در مرحله بهره‌برداری و به‌منظور برنامه‌ریزی برای کاهش آثار منفی آن است. از آنجایی که حضور یک سد آن هم در مقیاس سدهای بزرگ از جنبه‌های گوناگون محیط‌زیست را تهدید می‌کند، آثار فیزیکی شیمیایی، طبیعی، بیولوژیکی، اجتماعی اقتصادی و فرهنگی، ایمنی و بهداشتی این سد بررسی شد.

1. Darvishi et al.
2. Gabriel et al.
3. Bhakta and Kawasaki
4. Bid and Siddiqu
5. Panchet

روش‌شناسی پژوهش

منطقه پژوهش

سد جیرفت در شمال غربی شهرستان جیرفت و روی رودخانه هلیل‌رود با مساحتی بیش از ۵۰۰ هزار هکتار احداث شده است. این محدوده در موقعیت بین ۲۸ درجه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی شهرستان جیرفت در استان کرمان قرار گرفته است (سلیمانی ساردو، ۱۳۹۴: ۱۳). سد جیرفت با ذخیره حدود ۳۳۶ میلیون مترمکعب آب برای تأمین نیازهای بخش شرب، کشاورزی، تفریحی و گردشگری، انرژی برقی و نیاز محیط‌زیستی دشت جیرفت و تالاب جازموریان و همچنین کنترل سیل مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (افضلی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۱۳).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی سد جیرفت؛ منبع: نگارنده

Figure 1. Geographical location of Jiroft Dam; Source: Author

در پژوهش حاضر، پس از بررسی کتابخانه‌ای و سوابق پژوهشی مربوط به موضوع، از سد جیرفت برای شناسایی فعالیت‌ها و ریسک‌های احتمالی سد که به ایجاد خطر منجر می‌شوند، بازدید میدانی صورت گرفت و ۲۹ پارامتر به‌مثابه عوامل کلی ریسک‌ها اعم از ریسک‌های فیزیکی شیمیایی، طبیعی، اجتماعی اقتصادی و فرهنگی، بیولوژیکی، ایمنی و بهداشتی در نظر گرفته شد. با شناسایی عوامل به‌وجودآورنده ریسک، کاربرد مرتبط تهیه، و سپس با مصاحبه و نظرخواهی از ۱۲ نفر از کارشناسان و متخصصان خبره در حوضه سد جیرفت، کاربرد ارزیابی ریسک کامل شد.

روش EFMEA

روش استفاده‌شده در این پژوهش، توصیفی تحلیلی است. در این روش برای امتیازدهی به شدت و احتمال وقوع و کشف هر یک از ریسک‌های احتمالی در محیط‌های پذیرنده از جدول ۱ تا جدول ۳ روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن بر محیط‌زیست استفاده شد و تعیین امتیاز شدت ریسک با استفاده از جدول ۱ صورت گرفت. با افزایش شدت ریسک واردشده به محیط‌های پذیرنده، زیان شدیدتری نیز به منابع وارد می‌شود و در نتیجه امتیاز بیشتری را دریافت می‌کند (همتی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۹: ۷۳).

جدول ۱. رتبه‌بندی شدت EFMEA

Table 1. EFMEA severity rate; (Vazdani et al., 2017)

امتیاز	شرح شدت	شدت
۵	به‌صورت بالقوه مخرب/ زیان شدید به منابع	خیلی زیاد
۴	مضر، اما مخرب نیست/ اتلاف یا مصرف زیاد منابع	زیاد
۳	نسبتاً مضر/ اتلاف با مصرف متوسط منابع	متوسط
۲	پتانسیل کم برای ضرر دارد/ اتلاف یا مصرف کم منابع	کم
۱	ضرر ناچیز است و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد/ اتلاف یا مصرف ناچیز منابع	خیلی کم

امتیاز احتمال وقوع ریسک با استفاده از جدول ۲ برآورد شد؛ از این رو هرچه احتمال وقوع ریسک در محیط‌های پذیرنده بیشتر باشد، در نتیجه امتیاز بیشتری را نیز دریافت خواهد کرد و برای استخراج احتمال کشف ریسک واردشده به محیط‌های پذیرنده، اگر هیچ امکانی برای شناسایی و کشف نباشد و خسارت واردشده نیز جبران‌پذیر نباشد (همتی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۹)، امتیاز بیشتری به آن تعلق می‌گیرد (جدول ۳).

جدول ۲. رتبه‌بندی احتمال وقوع EFMEA

Table 2. EFMEA occurrence rate (Vazdani et al., 2017)

امتیاز	احتمال وقوع
۵	رخداد بسیار زیاد و حتمی (امکان دارد هر روز اتفاق بیفتد)
۴	رخداد معمول (امکان دارد در طول هفته اتفاق بیفتد)
۳	رخداد محتمل و متوسط (امکان دارد در طول ماه اتفاق بیفتد)
۲	رخداد کم‌مقدار (امکان دارد در طول سال یک بار اتفاق بیفتد)
۱	رخداد غیرممکن و بعید (امکان دارد در هر ده سال یک بار اتفاق بیفتد)

جدول ۳. رتبه‌بندی احتمال کشف EFMEA

Table 3. EFMEA detection rate (Jozzi & Salati, 2012)

امتیاز	احتمال کشف
۵	هیچ کنترل شناخته‌شده‌ای برای کشف حالات خرابی شناسایی نشده است
۴	احتمال کشف حالات خرابی با کنترل جاری کم است
۳	احتمال کشف حالات خرابی با کنترل جاری متوسط است
۲	احتمال کشف حالات خرابی با کنترل جاری زیاد است
۱	احتمال کشف حالات خرابی با کنترل جاری خیلی زیاد است

با مشخص شدن احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف، با استفاده از رابطه ۱ مقدار عددی اولویت هر ریسک RPN محاسبه شد:

$$\text{RPN} = (S) * (O) * (D) \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه ۱ (S) شدت اثر، (O) احتمال وقوع و (D) احتمال کشف است (Tsai et al., 2017: 3) و در نهایت به منظور تعیین اولویت سطح ریسک و حد بالا و پایین ریسک، میانگین و انحراف معیار با استفاده از روابط ۲ و ۳ به دست آمد.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{N} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x - \bar{X})^2} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\bar{X} = \text{میانگین}$$

$$\sigma = \text{انحراف معیار}$$

$$X = \text{عدد مدنظر}$$

$$N = \text{تعداد مقادیرها (Vazdani et al., 2017)}$$

با استفاده از انحراف معیار داده‌ها و میانگین، میزان پخش‌شدگی به راست و چپ داده‌ها محاسبه می‌شود. میزان پخش‌شدگی به راست داده‌ها و چپ داده‌ها به ترتیب حد بالای ریسک و حد پایین ریسک را نشان می‌دهد (خیرخواه و امیری، ۱۳۹۸: ۱۸۰).

با استفاده از روابط ۴ و ۵ حد پایین و بالای ریسک به دست آمد؛ همچنین در این تجزیه و تحلیل میانگین داده‌ها حد متوسط در نظر گرفته و با استفاده از حدهای به دست آمده سطح ریسک‌ها محاسبه شد.

$$\text{High Risk} = \bar{X} + \delta \quad \text{رابطه ۴}$$

$$\text{Low Risk} = \bar{X} - \delta \quad \text{رابطه ۵}$$

در نهایت رده‌بندی سطح ریسک و اولویت‌بندی RPN در گروه‌های ریسک فیزیکی شیمیایی، طبیعی، بیولوژیکی، اجتماعی اقتصادی و ایمنی و بهداشتی تعیین و سپس سطح ریسک در محیط‌های پذیرنده به سه سطح، سطح ریسک بالا (H)، سطح ریسک متوسط (M) و سطح ریسک پایین (L) طبقه‌بندی شد.

یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل آنها

در این پژوهش، مقدار عددی اولویت ریسک (RPN) برای هریک از ریسک‌های محیط فیزیکی شیمیایی براساس جدول ۴ محاسبه شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، فرسایش خاک با مقدار عددی ۱۰۰، بیشترین و تغییر مورفولوژی رودخانه در پایین دست با مقدار عددی ۱۲، کمترین مقدار عددی ریسک را کسب کرده است.

جدول ۴. نتایج حاصل از محاسبه احتمال وقوع ریسک‌های محیط فیزیکی شیمیایی (منبع: نگارنده)

Table 4. The probability of occurrence of physico-chemical risks (Source: Author)

ردیف	پارامتر	احتمال وقوع	شدت اثر	احتمال کشف	RPN	سطح ریسک
۱	تأثیر بر منابع آب (لایه‌بندی حرارتی)	۳	۳	۵	۴۵	متوسط
	فرسایش خاک	۵	۵	۴	۱۰۰	بالا
۳	رسوب‌گذاری	۴	۵	۴	۸۰	بالا
۴	آلودگی (هوا، صوت، خاک و آب)	۴	۴	۳	۴۸	متوسط
۵	بار مواد معلق پایین‌دست	۳	۴	۳	۳۶	متوسط
۶	تغییر مورفولوژی رودخانه در پایین‌دست	۲	۲	۳	۱۲	پایین
۷	یوتریفیکاسیون	۲	۳	۴	۲۴	متوسط
۸	فشرده‌شدن خاک	۳	۳	۴	۳۶	متوسط

نتایج محاسبه مقدار عددی ریسک‌های طبیعی شناسایی شده در جدول ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار عددی ریسک به سیل با مقدار ۶۰ و کمترین مقدار عددی ریسک به زمین‌لغزش یا رانش زمین با مقدار ۲۰ مربوط است.

جدول ۵. نتایج حاصل از محاسبه احتمال وقوع ریسک‌های طبیعی (منبع: نگارنده)

Table 5. The probability of occurrence of natural risks (Source: Author)

ردیف	پارامتر	احتمال وقوع	شدت اثر	احتمال کشف	RPN	سطح ریسک
۱	زلزله و زمین‌لرزه القایی	۲	۴	۵	۴۰	متوسط
۲	سیل	۳	۵	۴	۶۰	متوسط
۳	زمین‌لغزش یا رانش زمین	۱	۴	۵	۲۰	متوسط

نتایج محاسبه مقدار عددی ریسک در محیط بیولوژیکی در جدول ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثرگذاری بر زیستگاه و تهدید حیات آبریان در پایین‌دست با مقدار عددی ۷۵ و ۸۰، بیشترین مقدار عددی ریسک را به خود اختصاص داده است؛ همچنین کمترین عدد اولویت ریسک به ریسک پراکنش علف‌های هرز در پایین‌دست سد و تغییر در زنجیره‌های غذایی با مقدار عددی ۲۰ مربوط است.

جدول ۶. نتایج حاصل از محاسبه احتمال وقوع ریسک‌های محیط بیولوژیکی (منبع: نگارنده)

Table 6. The probability of occurrence of biological risks (Source: Author)

سطح ریسک	RPN	احتمال کشف	شدت اثر	احتمال وقوع	پارامتر	ردیف
بالا	۷۵	۵	۵	۳	اثرگذاری بر زیستگاه	۱
متوسط	۴۸	۴	۳	۴	اثرگذاری بر پوشش گیاهی	۲
متوسط	۴۸	۴	۴	۳	انسداد مسیر مهاجرت (جابه‌جایی جانوران)	۳
متوسط	۲۰	۵	۲	۲	پراکنش علف‌های هرز در پایین دست سد	۴
متوسط	۲۰	۵	۲	۲	تغییر در زنجیره‌های غذایی	۵
متوسط	۲۴	۴	۳	۲	تخریب پناهگاه	۶
بالا	۸۰	۴	۴	۵	تهدید حیات آبریان در پایین دست	۷

نتایج محاسبه مقدار عددی ریسک‌های شناسایی شده در محیط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی در جدول ۷ نشان داده شده است. براساس یافته‌های پژوهش، بیشترین مقدار عددی ریسک به تغییر کاربری اراضی با مقدار ۳۰ و کمترین مقدار عددی ریسک به پذیرش اجتماعی و امنیت با مقدار ۶ مربوط است.

جدول ۷. نتایج حاصل از محاسبه احتمال وقوع ریسک‌های محیط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی (منبع: نگارنده)

Table 7. The probability of occurrence of social, economic and cultural risks (Source: Author)

سطح ریسک	RPN	احتمال کشف	شدت اثر	احتمال وقوع	پارامتر	ردیف
پایین	۶	۳	۱	۲	پذیرش اجتماعی و امنیت	۱
متوسط	۳۰	۳	۵	۲	تغییر کاربری اراضی	۲
پایین	۸	۲	۲	۲	پذیرش گردشگری	۳
متوسط	۲۴	۲	۴	۳	کاهش اشتغال و درآمد در منطقه	۴
پایین	۱۲	۳	۲	۲	تملك اراضی	۵

مقدار عدد اولویت ریسک برای هر یک از ریسک‌های ایمنی و بهداشتی براساس جدول ۸ محاسبه شده است. نتایج بررسی‌ها نشان داد ریسک خطاها و اشتباهات انسانی، قبل، بعد و حین بهره‌برداری و شیوع بیماری‌ها با مقدار عددی ۷۵ و ۴۸، بیشترین و ایجاد محیط مناسب برای رشد و تکثیر حشرات (مخزن سد جیرفت) با مقدار عددی ۱۲، کمترین مقدار عددی ریسک را به خود اختصاص داده است.

جدول ۸. نتایج حاصل از محاسبه احتمال وقوع ریسک‌های ایمنی و بهداشتی (منبع: نگارنده)

Table 8. The probability of occurrence of safety and health risks (Source: Author)

ردیف	پارامتر	احتمال وقوع	شدت اثر	احتمال کشف	RPN	سطح ریسک
۱	انفجار، جنگ و تروریسم	۱	۵	۴	۲۰	متوسط
۲	خطاها و اشتباهات انسانی، قبل، بعد و حین بهره‌برداری	۵	۵	۳	۷۵	بالا
۳	حوادث وابسته به عملیات سدسازی	۲	۴	۲	۱۶	متوسط
۴	خوردگی تأسیسات	۲	۳	۳	۱۸	متوسط
۵	شیوع بیماری‌ها	۳	۴	۴	۴۸	متوسط
۶	ایجاد محیط مناسب برای رشد و تکثیر حشرات (مخزن سد جیرفت)	۲	۲	۳	۱۲	پایین

با توجه به محاسبات آماری انجام‌شده، وضعیت محیط‌زیست منطقه مورد مطالعه، RPN‌های زیر ۱۲/۱۷۶ جنبه غیربازر و RPN‌های بین ۱۲/۱۷۶ تا ۶۲/۶۴۴ با وضعیت نه‌چندان مناسب و نیازمند تجدیدنظر در اولویت بعدی قرار گرفتند. در این بین RPN‌های بالاتر از ۶۲/۶۴۴ جنبه بارز داشتند و باید در اولویت بهبود قرار گیرند تا به‌کارگیری اقدامات تعیین‌شده مقدار شاخص RPN برای سال‌های بعد به مقدار کمتری برسد (جدول ۹).

$$\text{High Risk} = ۳۷/۴۱ + ۲۵/۲۳۴ = ۶۲/۶۴۴$$

$$\text{Low Risk} = ۳۷/۴۱ - ۲۵/۲۳۴ = ۱۲/۱۷۶$$

جدول ۹. تعیین سطح ریسک EFMEA (منبع: نگارنده)

Table 9. EFMEA risk level (Source: Author)

سطح ریسک	RPN
ریسک کم	$RPN < ۱۲/۱۷۶$
ریسک متوسط	$۱۲/۱۷۶ < RPN < ۶۲/۶۴۴$
ریسک زیاد	$RPN > ۶۲/۶۴۴$

در جدول‌های زیر برای ریسک‌های سطح متوسط و سطح بالا اقدامات کنترلی پیشنهادی مرتبط بیان شده است. جدول ۱۰ اقدامات کنترلی پیشنهادی ریسک‌های محیط فیزیکی شیمیایی را نشان می‌دهد. در ریسک‌های مربوط به این گروه، فرسایش و رسوب، سطح ریسک بالا داشتند. اثر فرسایش و رسوب در مخزن سد سبب فرسایش بیشتر دیواره‌های رودخانه و کاهش مواد مغذی در پایین دست می‌شود؛ در این صورت رسوب زیادی تولید می‌شود که به آزیان نیز آسیب می‌رساند؛ همچنین کاهش حجم مفید مخزن سد به دلیل رسوب‌گذاری از مهم‌ترین آثار محیط‌زیستی این مسئله است که بایستی با انجام فعالیت‌های آبخیزداری در بالادست سد برای کنترل فرسایش اقدام شود.

جدول ۱۰. اقدامات اصلاحی برای کاهش مهم‌ترین ریسک‌های محیط فیزیکی شیمیایی (منبع: نگارنده)

Table 10. Modification actions to reduce the most important physico-chemical risks (Source: Author)

ردیف	پارامتر	اقدامات کنترلی پیشنهادی
۱	تأثیر بر منابع آب (لایه‌بندی حرارتی)	- اختلاط آب دریاچه سد با رهاسازی آب - مدیریت زمان مانداب و پدیده لایه‌بندی آب برای جلوگیری از تغییر کیفیت آب خروجی از سد نسبت به آب ورودی به آن
۲	فرسایش خاک	- ایجاد پوشش گیاهی متناسب به‌ویژه در زمین‌های مشرف به رودخانه و دریاچه - اجرای اقدامات مربوط به حفاظت خاک در بالادست سد - اصلاح و بهبود خاک زراعی در اطراف محدوده طرح - شخم‌زدن عمود بر شیب اراضی کشاورزی به‌منظور جلوگیری از فرسایش خاک
۳	رسوب‌گذاری	- مدیریت حوضه‌های آبخیز، برنامه‌ریزی، اجرا و مدیریت پروژه‌ها و طرح‌های احیا و بازیابی وضعیت طبیعی اکوسیستم - سامان‌دهی مسیر آبراه‌ها - استفاده از روش‌های بیولوژیکی تثبیت و حفاظت دیواره‌ها (کشت گونه‌های تثبیت‌کننده کناره رودخانه) - طراحی و آنالیز روش‌های تثبیت اراضی شیب‌دار در داخل مخزن و محدوده نوسانات آب - بازسازی و احیای بستر رودخانه (اجرای پروژه‌های مهندسی رودخانه با هدف ارتقای وضعیت محیط‌زیستی) - ارزیابی روش‌های مختلف کنترل و مدیریت رسوب‌گذاری در مخازن سدها
۴	آلودگی (هوا، صوت، خاک و آب)	- کاهش و کنترل میزان سموم و کودهای مصرفی - طراحی سیستم‌های زهکشی مناسب - جلوگیری از ورود فاضلاب اراضی مسکونی به رودخانه - رعایت بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها - زهکشی اراضی و اجرای عملیات لای‌روبی - پایش کیفیت آب مخزن - بررسی و کنترل منشأ تولید منابع آلودگی - به‌کارگیری توأمان برنامه بهداشت حرفه‌ای و محافظت شغلی و روش‌های محافظت شخصی
۵	کاهش مواد آلی و بار مغذی در پایین‌دست سد	- تأمین متناوب نیازهای آبی پایین‌دست سد جیرفت
۶	یوتریفیکاسیون	- کنترل بهینه مانداب در مخزن سد - رهاسازی مواد آلی و آب‌های آلوده با طراحی تخلیه‌کننده‌های تحتانی - جلوگیری از ورود فاضلاب صنعتی، شهری و روستایی - ممانعت از ورود سموم و کودهای شیمیایی
۷	فشرده‌شدن خاک	- کاشت و جایگزین کردن گیاهان مناسب در اطراف محدوده شبکه

اقدامات کنترلی پیشنهادی ریسک‌های طبیعی که سطح ریسک متوسط دارند، در جدول ۱۱ نشان داده شده‌اند. سدها بر پوشش گیاهی اطراف رودخانه و دشت‌های سیلابی متأثر از برهم‌کنش پویایی سیلاب و رسوب تأثیرگذارند. سدها با ایجاد تغییر در مقدار و گستره زیر آب رفتن دشت‌های سیلابی و برهم‌خوردن تعامل زمین و آب، باعث ایجاد اختلال در فرایند تولیدمثل گیاهان و تجاوز به زمین‌های مرتفع بالادستی می‌شوند که در حالت عادی مصون از سیلاب بودند.

جدول ۱۱. اقدامات اصلاحی برای کاهش مهم‌ترین ریسک‌های طبیعی (منبع: نگارنده)

Table 11. Modification actions to reduce the most important natural risks (Source: Author)

ردیف	پارامتر	اقدامات کنترلی پیشنهادی
۱	زلزله و زمین‌لرزه القایی	- استفاده از ابزارهای هشداردهنده - ایجاد تراس‌بندی و سکوبندی مناسب برای حفظ شیب‌های دیواره‌ها در اطراف مخزن سد - کاهش زلزله‌های القایی با آبگیری سد طی زمان طولانی - بررسی فعالیت گسل‌ها، توان لرزه‌زایی و خطر زمین‌لرزه در منطقه
۲	سیل	- افزایش حجم ذخیره آب با احداث دیواره نهبان - ایجاد کانال برای هدایت جریان آب - حفظ و احیای پوشش گیاهی در مسیر سیلاب‌ها - اقدامات لازم برای کنترل حداکثر شدت رواناب‌های پیش‌بینی شده (ظرفیت گذردهی رودخانه) برای جلوگیری از وقوع سیلاب انجام شود.
۳	زمین‌لغزش یا رانش زمین	- شناخت نواحی مستعد وقوع زمین‌لغزش و حرکات توده‌ای - استفاده از روش‌های تثبیت و پایداری زمین‌لغزش‌ها

جدول ۱۲ اقدامات کنترلی پیشنهادی را برای ریسک‌های محیط بیولوژیکی نشان می‌دهد. ریسک‌های سطح بالا شامل اثرگذاری بر زیستگاه و تهدید حیات آبریان در پایین دست بود. مهم‌ترین اثر منفی قطع رژیم سیلاب‌های فصلی در طول رودخانه در پایین دست بر زندگی پرندگان و پستانداران است که در بلندمدت، کاهش سیلاب به تغییر پوشش گیاهی منجر می‌شود که برای بسیاری از گونه‌ها اهمیت زیادی دارد؛ به‌ویژه برای بسیاری از حیوانات که الگوهای رفتاری خود را با سیلاب‌های فصلی تطبیق داده باشند. اگر رژیم سیلاب تغییر کند، تغییرات پوشش گیاهی ممکن است پرندگان و حیوانات مرتبط با آن را در معرض خطر قرار دهد.

تغییرات چشمگیری در جمعیت ماهی‌ها در پایین دست سدها بر اثر عواملی چون مسدودشدن مسیر مهاجرت ماهیان، تغییرات در رژیم جریان و شرایط فیزیکی‌وشیمیایی (کدورت، دما و اکسیژن محلول)، ریخت‌شناسی و تولید اولیه به وجود می‌آید. این تغییرات ممکن است برای بعضی گونه‌ها مفید باشند، اما به‌طور کلی اثری معکوس بر اکثریت گونه‌های بومی خواهد گذاشت.

جدول ۱۲. اقدامات اصلاحی برای کاهش مهم‌ترین ریسک‌های محیط بیولوژیکی (منبع: نگارنده)

Table 12. Modification actions to reduce the most important biological risks (Source: Author)

ردیف	پارامتر	اقدامات کنترلی پیشنهادی
۱	اثرگذاری بر پوشش گیاهی	- توسعه کاربری حفاظت، جلوگیری از چرای بی‌رویه دام‌ها - اجرای طرح‌های آموزشی برای افزایش دانش بهره‌وران محلی، ترویج فرهنگ استفاده از منابع طبیعی - مدیریت بهتر مدیران منابع طبیعی و محیط‌زیست، احیا و تقویت پوشش گیاهی با کوددهی و بذریاشی - برای بازسازی این مناطق و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست
۲	انسداد مسیر مهاجرت (جابه‌جایی جانوران)	- حفظ یکپارچگی زیستگاه‌های آبی و مسیرهای مهاجرت گونه‌های مهاجر
۳	پراکنش علف‌های هرز در پایین دست سد	- به‌کارگیری اقدامات کنترلی به‌منظور کنترل رشد علف‌های هرز در مسیر رودخانه
۴	تغییر در زنجیره‌های غذایی	- شناسایی و بررسی مکان‌های عرضه خدمات اکوسیستمی - ارزیابی جریان محیط‌زیستی آب - توسعه شیلاتی در رودخانه (توسعه بخش شیلات با حفظ محیط‌زیست)
۵	تخریب پناهگاه	- قرق کردن بازه‌های خاصی از رودخانه‌ها یا حوضه‌های آبریز برای به حداقل رساندن پیامدهای اکوسیستمی با گذاشتن قوانین و سیاست‌های لازم یا با انتخاب مناسب ساختگاهها
۶	تهدید حیات آبریان در پایین دست	- رهاسازی حداقل دبی مورد نیاز آبریان از دریاچه سطح به مناطق پایین دست رودخانه با رعایت استانداردها و دستورکارهای مدیریت محیط‌زیستی (فصول تخم‌ریزی ماهیان به‌ویژه در فصول گرم و خشک)

جدول ۱۳ اقدامات کنترلی پیشنهادی را برای ریسک‌های محیط اجتماعی اقتصادی و فرهنگی نشان می‌دهد که در این گروه کاربری اراضی، RPN بیشتری داشت. تغییر در کاربری‌های اراضی نقش بسزایی در زندگی ساکنان روستاها دارد. اقتصاد و منبع معیشتی آنها تا حدود زیادی به زمین وابسته است؛ بنابراین تغییر کاربری اراضی را می‌توان نتیجه واکنش افراد به فرصت‌های اقتصادی بیان کرد. تغییر کاربری اراضی، یک بازخورد منفی از دیدگاه اقتصادی و یک بازخورد منفی از لحاظ اکولوژیکی در منطقه بر جای می‌گذارد. از اولین و مهم‌ترین پیامدهای اقتصادی می‌توان به تغییر منابع معیشتی افراد در منطقه اشاره کرد که فشار مضاعفی به اراضی پایین دست سد وارد کرده است.

جدول ۱۳. اقدامات اصلاحی برای کاهش مهم‌ترین ریسک‌های محیط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی (منبع: نگارنده)

Table 13. Modification actions to reduce the most important social, economic and cultural risks (Source: Author)

ردیف	پارامتر	اقدامات کنترلی پیشنهادی
۱	تغییر کاربری اراضی	- جلوگیری از تخریب اراضی و پیشگیری از تغییر کاربری‌های نامناسب همجوار طبیعی - بررسی روند تغییرات کاربری اراضی - انجام مطالعات ارزیابی آثار توسعه و ارزیابی توان اکولوژیکی - انجام مکان‌یابی و ارزیابی ریسک پیش از هر توسعه‌ای در منطقه - جلوگیری از ساخت‌وساز بی‌رویه و کنترل تغییر کاربری اراضی در حاشیه رودخانه
۲	اشتغال و درآمد	- افزایش اشتغال (تجاری، ورزشی، زراعت، پرورش ماهی و ماهیگیری) - ایجاد مشاغل جدید ناشی از ورود گردشگران

جدول ۱۴ اقدامات کنترلی پیشنهادی را برای ریسک‌های ایمنی و بهداشتی نشان می‌دهد. خطاها و اشتباهات انسانی، قبل، بعد و حین بهره‌برداری سطح ریسک زیاد پیامدهایی مانند افزایش بروز خطاهای انسانی و ایجاد حادثه را به دنبال دارند. در واقع مهم‌ترین نقش را در بروز حوادث ایفا می‌کنند و علل وقوع آن، شرایط نامساعد محیطی و جوئی، افزایش ساعات اضافه‌کاری، کار در شب با شرایط روحی و فیزیکی نامناسب یا افراد بیمار است.

جدول ۱۴. اقدامات اصلاحی برای کاهش مهم‌ترین ریسک‌های ایمنی و بهداشتی (منبع: نگارنده)

Table 14. Modification actions to reduce the most important safety and health risks
(Source: Author)

ردیف	پارامتر	اقدامات کنترلی پیشنهادی
۱	انفجار، جنگ و تروریسم	- جلوگیری از انجام انفجارها در طول شب و همچنین انجام‌اندادن یا به حداقل رساندن انفجارها در فصل بهار - مطالعات دفاعی - بررسی سوابق و تهدیدات بالقوه سدها در زمان جنگ
۱	خطاها و اشتباهات انسانی، قبل، بعد و حین بهره‌برداری	- نظارت کارشناسان HSE بر محیط کار، اعمال و رفتار ایمن در کارگران، برنامه‌های کاری و سلامت کارکنان - تغییر یا کاهش ساعات کاری در شرایط نامناسب - دادن مرخصی موقت به افراد با شرایط روحی و روانی نامناسب و همچنین شناسایی افراد دارای شرایط فیزیکی نامناسب - تأمین روشنایی کافی در شب
۲	حوادث وابسته به عملیات سدسازی	- رعایت اصول ایمنی و بهداشتی مرتبط با کارگران، کارکنان و فعالان در ساخت سد
۳	خوردگی تأسیسات	- پوشش‌های محافظتی (رنگ‌کردن) - حفاظت کاتدی (پوشش فولاد آلیاژ آهن با روی)، حفاظت آندی (پوشش فولاد آلیاژ آهن با یک فلز با فعالیت کتر مثل قلع) - پوشش کروماتی و فسفاتی - پوشش گالوانیزه
۴	شیوع بیماری‌ها	- اندازه‌گیری شاخص‌های آلاینده‌های میکروبی - رعایت مسائل بهداشتی به‌ویژه دفع درست زباله برای جلوگیری از بیماری‌های واگیردار - بررسی وضعیت آلودگی بیوشیمیایی آب و امکان رشد جلبک‌ها و خزها و باکتری‌های اشاعه‌دهنده بیماری‌ها در مخزن سد

نتیجه‌گیری

روش‌های متفاوتی برای پاسخ به حذف، کاهش و کنترل ریسک‌ها وجود دارد تا از آثار نامطلوب زیست‌محیطی پروژه کاسته شود (ملماسی و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۸). ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی، ایمنی و بهداشتی و بررسی علل وقوع و پیامدهای ناشی از آن و ارائه راهکارهایی برای کاهش این ریسک‌ها، موضوعی بسیار حیاتی در احداث پروژه‌های بزرگی مانند سدهاست که در این مطالعه ارزیابی ریسک‌های سد جیرفت با استفاده از روش EFMEA انجام شد.

در این پژوهش، آثار سوء و مخرب اجرای پروژه سد جیرفت در مرحله بهره‌برداری در ۵ گروه ریسک محیط فیزیکی شیمیایی، طبیعی، محیط بیولوژیکی، محیط اجتماعی اقتصادی و فرهنگی، ایمنی و بهداشتی شناسایی شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد فرسایش خاک و رسوب‌گذاری در گروه ریسک‌های مربوط به محیط فیزیکی شیمیایی، سطح ریسک زیادی داشتند. ایجاد پوشش گیاهی متناسب به‌ویژه در زمین‌های مشرف به رودخانه و دریاچه و مدیریت حوضه‌های آبخیز، برنامه‌ریزی، اجرا و مدیریت پروژه‌ها و طرح‌های احیا و بازیابی وضعیت طبیعی اکوسیستم به ترتیب برای ریسک‌های نام‌برده در اولویت اقدام پیشنهاد می‌شود. همچنین تأثیر بر منابع آب (لایه‌بندی حرارتی)، آلودگی (هوا، صوت، خاک و آب)، بار مواد معلق پایین‌دست، یوتریفیکاسیون و فشرده‌شدن خاک سطح ریسک متوسط و تغییر مورفولوژی رودخانه در پایین‌دست، سطح ریسک پایینی داشتند. برای ریسک‌های سطح متوسط به ترتیب اختلاط آب دریاچه سد با رهاسازی آب، کاهش و کنترل میزان سموم و کودهای مصرفی و طراحی سیستم‌های زهکشی مناسب، تأمین متناوب نیازهای آبی پایین‌دست سد جیرفت، کنترل بهینه مانداب در مخزن سد و کاشت و جایگزین کردن گیاهان مناسب در اطراف محدوده شبکه به‌عنوان اقدامات کنترلی پیشنهادی در اولویت بیان شد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد ریسک‌های طبیعی زلزله و زمین‌لرزه القایی، سیل و زمین‌لغزش یا رانش زمین سطح متوسط ریسک را داشتند که با توجه به فاصله از حریم گسل‌های موجود در منطقه و احتمال ایجاد شکست در بدنه سد این امر حائز اهمیت و نیازمند انجام پژوهش‌های بیشتر است. استفاده از سیستم‌های هشدار، افزایش حجم ذخیره آب با احداث دیواره نگهبان، شناخت نواحی مستعد وقوع زمین‌لغزش و حرکات توده‌ای برای ریسک‌های موجود پیشنهاد شد؛ همچنین در محیط بیولوژیکی، ریسک اثرگذاری بر زیستگاه و تهدید حیات آبریان در پایین‌دست، در گروه سطح ریسک بالا قرار گرفتند و احیا و تقویت پوشش گیاهی و رهاسازی حداقل دبی مورد نیاز آبریان از دریاچه سطح به مناطق پایین‌دست رودخانه با رعایت استانداردها و دستورکارهای مدیریت محیط‌زیستی برای آنها پیشنهاد می‌شود. ریسک‌های با اثرگذاری بر پوشش گیاهی، انسداد مسیر مهاجرت، پراکنش علف‌های هرز در پایین‌دست سد، تغییر در زنجیره‌های غذایی و تخریب پناهگاه در گروه سطح ریسک متوسط طبقه‌بندی شدند. در همین زمینه کاهش جریان رودخانه به سبب آبیگری مخزن سد و بی‌توجهی به رهاسازی دبی محیط‌زیستی به رودخانه هلیل رود به از بین رفتن تعادل اکولوژیک در پایین‌دست سد منجر شده که این مسئله به دلیل کاهش مواد آلی معلق به‌عنوان منبع تغذیه بسیاری از ریزآبریان بوده که تأثیر بر گونه‌های بزرگ‌تر و ماهی‌ها را در پی دارد و با کاهش تراکم و تنوع گونه‌ای در اکوسیستم‌های آبی، آسیب‌هایی را ایجاد می‌کند. برای گروه سطح ریسک متوسط محیط بیولوژیکی، توسعه کاربری حفاظت، جلوگیری از چرای بی‌رویه دام‌ها، به‌کارگیری اقدامات کنترلی به‌منظور جلوگیری از رشد علف‌های هرز در مسیر جریان رودخانه و شناسایی و بررسی مکان‌های عرضه خدمات اکوسیستمی برای به حداقل رساندن پیامدهای اکوسیستمی لازم برای آنها پیشنهاد شد.

همچنین در منطقه مطالعه‌شده، احداث سد به اجتماع بعضی گروه‌های عشایر منطقه و سکونت آنها در نزدیکی پشت دریاچه سد برای دسترسی آسان‌تر به آب و مرتع منجر شده که در پی آن چرای بیش از اندازه‌ای را شاهد هستیم که به قطع درختان و تخریب مراتع پیرامون و بالادستی انجامیده است. این موضوع تأثیر بسزایی در فرسایش

خاک داشته است که در بالادست سد نیاز به برنامه‌کنترلی دارد. از سوی دیگر، در پایین دست سد به دلیل افت کیفیت آب سد به سبب نگهداشت آن، خشکیدگی باغ‌های مرکبات گزارش شده است. در همین زمینه در پایین دست سد به ویژه در مسیر آبره‌ها نیازمند کنترل رشد علف‌های هرز هستیم؛ رشد نیزارها در مسیر جریان و با انسداد آبراهه اصلی به تغییر مسیر آب منجر می‌شود و نیازمند کنترل است.

در گروه ریسک‌های اجتماعی اقتصادی و فرهنگی، تغییر کاربری اراضی و کاهش اشتغال و درآمد در منطقه در طبقه ریسک متوسط قرار گرفته است که جلوگیری از تخریب اراضی، پیشگیری از تغییر کاربری و افزایش میزان اشتغال (تجاری، ورزشی، زراعت، پرورش ماهی و ماهیگیری) برای آنها پیشنهاد می‌شود؛ همچنین پذیرش اجتماعی و امنیت، پذیرش گردشگری و تملک اراضی در سطح ریسک پایین واقع شده‌اند. در همین زمینه مردم اهالی اطراف سد پیش از احداث در حوضه مستغرق، مرتع یا زمین زراعی و فعالیت عشایری داشته‌اند که با احداث سد، زمین‌های آنها خریداری شد و در ازای آن به آنها در مرکز شهر زمین مسکونی تعلق گرفت که بسیاری از آنها با احداث سد، شغل و پیشه اصلی خود را از دست داده و برخی به مشاغل کاذب روی آورده‌اند. از سوی دیگر با احداث سد، اراضی پایین دست در قالب شرکت احیای اراضی زیر سد جیرفت به اشخاص و نهادهایی واگذار شد. کاربری بیشتر این اراضی مرتعی بود و بر این اساس به مناطق کشاورزی تبدیل و بیشتر آنها پس از چند سال دوباره خشک شدند و باغ‌ها و سرمایه بسیاری از بین رفت که این مهم بر تغییر کاربری اراضی و اشتغال در منطقه مؤثر بوده است.

در گروه ریسک‌های ایمنی و بهداشتی، خطاها و اشتباهات انسانی در مرحله اجرا و بهره‌برداری، در طبقه ریسک بالا قرار گرفتند. در این زمینه نظارت کارشناسان HSE بر محیط کار، اعمال و رفتار ایمن در کارگران و برنامه‌های کاری و سلامت کارکنان پیشنهاد شد و ایجاد محیط مناسب برای رشد و تکثیر حشرات (مخزن سد جیرفت) در طبقه ریسک پایین قرار گرفت. ریسک‌های انفجار، جنگ و تروریسم، حوادث وابسته به عملیات سدسازی، خوردگی تأسیسات و شیوع بیماری‌ها سطح ریسک متوسط را به خود اختصاص دادند. در این زمینه انجام‌ندادن یا به حداقل رساندن انفجارها به ویژه در فصل بهار، رعایت اصول ایمنی و بهداشتی مرتبط با کارگران، کارکنان و فعالان در ساخت سد، پوشش‌های محافظتی و اندازه‌گیری شاخص‌های آلاینده‌های میکروبی پیشنهاد شد.

بر اساس پژوهش‌های طیب‌زاده مقدم و همکاران (۱۳۹۳) مهم‌ترین ریسک‌ها شامل تغییر کاربری اراضی، اثر بر جمعیت و فرسایش و رسوب‌گذاری هستند که در راستای نتایج پژوهش حاضر است. در مطالعه امیری و همکاران (۱۳۹۶) افت کیفیت زیستگاه آبی، تشدید فرسایش خاک و کاهش تمرکز و کارایی افراد به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها مشخص شدند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. همچنین در پژوهش جوزی و سیف‌السادات (۱۳۹۱) فرسایش و رسوب در پایین دست سد دارای سطح ریسک بالا و ایجاد محیط مناسب برای رشد و تکثیر حشرات دارای سطح ریسک پایین معرفی شد که نتایج این پژوهش مؤید نتایج آنهاست.

به‌طورکلی ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد جیرفت، شفافیت آشکاری را در بررسی آثار و پیامدهای بهره‌برداری از آن ایجاد می‌کند. پایش و بررسی پیوسته ریسک‌های شناسایی شده و ایجاد سیستم هشدار متناسب با آن می‌تواند در راستای کاهش آسیب‌پذیری نقش مهمی داشته باشد که نیازمند توجه به این مهم در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از سد جیرفت است.

منابع

- افضلی، زینب، زارع مهرجردی، محمدرضا، نبی‌بیان، صدیقه، (۱۳۹۷). اولویت‌بندی تخصیص منابع آب سد جیرفت تحت رویکرد خشکسالی با کاربرد تکنیک شباهت به گزینه ایدئال فازی (FTOPSIS)، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ۹، شماره ۳۳، ۱۱۲-۱۲۴.
- امیری، مهران، محمدی، احمد، غلیزاده، حسین، (۱۳۹۶). ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی، ایمنی و بهداشتی در مرحله ساخت سد و نیروگاه برق‌آبی بختیاری با به‌کارگیری روش FAHP. نشریه علمی پژوهشی سد و نیروگاه برق‌آبی، سال ۴، شماره ۱۴، ۳۵-۵۰.
- بالیست، جهانبخش، ملک محمدی، بهرام، چهارآذر، فائزه، معرب، یاسر، (۱۳۹۷). ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی واحد بهره‌برداری پالایشگاه نفت خام گچساران با تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تجزیه و تحلیل حالات خرابی و شکست محیط‌زیستی، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۲۰، شماره ۱، ص ۱۶۵-۱۷۸.
- جوزی، سید علی، سیف‌السادات، سیده حمیده، (۱۳۹۱). ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد گتوند علیا در مرحله بهره‌برداری با استفاده از روش تلفیقی آنالیز مقدماتی خطر و تکنیک EFMEA. محیط‌شناسی، دوره ۴۰، شماره ۱، ۱۰۷-۱۲۰.
- جوزی، سید علی، گلجی، ناصر، محمد فام، ایرج، (۱۳۹۰). ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی واحد پلی اتیلن شرکت پلیمر آریاساسول به روش EFMEA، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال ۶، شماره ۴، ۱۴۷-۱۵۹.
- خیرخواه، جواد، امیری، مهران، (۱۳۹۸). ارزیابی ریسک زیست‌محیطی سد باطله معدن مس سونگون با استفاده از روش EFMEA، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳۲، ۱۷۳-۱۸۹.
- رضایان، سحر، جوزی، سید علی، عطایی، صدف، (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد پاه رود زنجان در مرحله ساختمانی با استفاده از تلفیق روش‌های Topsis و RAM-D. نشریه زمین‌شناسی مهندسی، جلد ۱۰، شماره ۲، ۳۴۴۵-۳۴۶۴.
- رضایان، سحر، جوزی، سید علی، عطایی، صدف، (۱۳۹۴). بررسی اثرات محیط‌زیستی سد رودبار لرستان در مرحله بهره‌برداری با استفاده از نرم‌افزار MIKE11 و تکنیک LINMAP. محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۸، شماره ۳، ۴۱۳-۴۳۰.
- زارعی، اسماعیل، سرسنگی، ولی، فلاح، حسین، غلامی، عبدالله، میری، سمیراسادات، مرتضوی، اکرم‌السادات، رحیمی‌زاده، عزیز، (۱۳۹۳). ارزیابی ریسک واحدهای مختلف یک شرکت تولید لنت ترمز با استفاده از روش فرانک مورگان، مجله دانشکده علوم پزشکی نیشابور، سال ۲، شماره ۲، ۳۲-۳۶.
- سلیمانی ساردو، فرشاد، (۱۳۹۴). کاربرد تکنیک‌های GIS & RS به منظور تعیین کاربری اراضی در حوزه سد جیرفت، فصلنامه علمی، اقتصادی، اجتماعی - سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، شماره ۱۰۵، ۱۲-۱۸.

- سوری لکی، محسن، حبیبی، احسان، رحمانی، نگار، پارسازاده، بهار، چرخ‌انداز یگانه، رضا، (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت شغلی در یکی از شرکت‌های صنایع فلزی با استفاده از روش‌های آنالیز ایمنی شغلی و ویلیام فاین، مجله ره‌آورد سلامت، دوره ۲، شماره ۲، ۱۸-۳۱.
- طیب‌زاده مقدم، نگار، ملک‌محمدی، بهرام، یآوری، احمدرضا، (۱۳۹۳). مقایسه کاربرد روش مدل‌سازی بی‌زین و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها؛ مطالعه موردی: سد طالقان، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۹، شماره ۴، ۴۲۳-۴۳۵.
- قادری، سپیده، رحیمی، آذرنوش، هدایتی‌فر، محسن، عرب نجفی، سید محمد، (۱۳۹۴). ارزیابی و مدیریت ریسک محیط‌زیستی متروی تهران و حومه با استفاده از روش EFMEA؛ مطالعه موردی: پایانه صادقیه، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۶۵، ۶۱-۷۱.
- قادری، عباسعلی، پیرزاده، بهاره، شاه‌بیگی، نرجس، (۱۳۹۸). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کارخانه کمپوست زاهدان، مجله مخاطرات طبیعی، دوره ۸، شماره ۲۰، ۲۳۳-۲۴۴.
- محتشمی، نازیلا، صالح، ایرج، نظری، محمدرضا، رفیعی، حامد، (۱۳۹۳). ارزیابی آسیب‌های زیست‌محیطی احداث سد البرز در استان مازندران با استفاده از روش آزمون انتخاب، اقتصاد کشاورزی، جلد ۸، شماره ۴، ۱۲۷-۱۵۳.
- مقدمی، شمیم، عابدین‌زاده، نیلوفر، حقیقی خمایی، مریم، (۱۳۹۶). ارزیابی ریسک محیط‌زیستی احداث اسکله بندر کاسپین منطقه آزاد انزلی با استفاده از تلفیق روش‌های AHP، TOPSIS، پژوهش و فناوری محیط‌زیست، دوره ۲، شماره ۲، ۳۵-۴۴.
- مکوندی، رقیه، آستانی، سجاد، لرستانی، بهاره، (۱۳۹۴). ارزیابی ریسک محیط‌زیستی تالاب‌ها با استفاده از روش‌های TOPSIS و EFMEA؛ مطالعه موردی: تالاب بین‌المللی گاوخونی، پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۶، شماره ۱۱، ۸۵-۹۸.
- ملماسی، سعید، ارجمندی، رضا، نزاکتی، رؤیا، اله‌داد، زهرا، (۱۳۹۳). استفاده از روش ELECTRE در ارزیابی ریسک زیست‌محیطی پروژه‌های سدسازی، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۸، شماره ۴، ۵۷-۷۲.
- نیک‌پیشه کوه‌جهری، فاطمه، مروتی، مریم، صادقی‌نیا، مجید، امانت‌یزدی، لیلا، (۱۳۹۸). ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی صنایع فولاد به روش EFMEA؛ مطالعه موردی: کارخانه ذوب و فولاد اردکان، مجله مهندسی بهداشت محیط، سال ۷، ۷۶-۸۸.
- همتی‌نیا، سلمان، رضائیان، سحر، جوزی، سید علی، (۱۳۹۹). ارزیابی ریسک محیط‌زیستی پروژه‌های عمرانی معاونت خدمات شهری منطقه ۱۹ شهرداری تهران با استفاده از روش EFMEA مکانمند؛ مطالعه موردی: مرحله بهره‌برداری بوستان ولایت، پایداری، توسعه و محیط‌زیست، شماره ۲، ۶۹-۸۶.

- Ademilua, O.L., Eluwole, A.B., & Talabi, A.O., (2016). **A Geophysical Approach to Post-Construction Integrity Assessment of Earth Dam Embankment, Case Study of Ero Dam, Ikun- Ekiti Southwest Nigeria.** SDRP Journal of Earth Sciences & Environmental Studies, 3 (1), 87-94. DOI: 10.15436/JESES.1.3.3
- Alomí'a Herrera, I., & Carrera Burneo, P., (2017). **Environmental flow assessment in Andean rivers of Ecuador, case study: Chanlud and El Labrado dams in the Machangara River.** Ecohydrology & Hydrobiology, 2017, 1- 10. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.ecohyd.2017.01.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecohyd.2017.01.002)
- Anagnostopoulos, S.A., (2006). **A Brief Report on Research Needs for Natural Hazards.** Department of Civil Engineering, University of Patras
- Beck, M.W., Claassen, A.H., & Hundt, P.J., (2012). **Environmental and livelihood impacts of dams: common lessons across development gradients that challenge sustainability.** International Journal of River Basin Management, 10 (1). 73- 92. DOI: 10.1080/15715124.2012.656133
- Bhakta Shrestha, B., & Kawasaki, A., (2020). **Quantitative assessment of flood risk with evaluation of the effectiveness of dam operation for flood control: a case of the Bago River Basin of Myanmar.** International Journal of Disaster Risk Reduction, 2020, 1- 37. DOI:10.1016/j.ijdr.2020.101707
- Bid, S., & Siddique, G., (2020). **Water level fluctuation (WLF) of Panchet dam in India and assessment of its human risk using AHP method.** GeoJournal, 2020, 1- 26. DOI:10.1007/s10708-020-10266-5
- Chen, Sh., Chen, B., & Fath, B. D. (2012). **Ecological risk assessment on the system scale: A review of state-of-the-art models and future perspectives.** Ecological Modelling, 250 (2013), 25- 33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.10.015>
- Chen, Sh., Fath, B. D., & Chen, B., (2010). **Ecological risk assessment of hydropower dam construction based on ecological network analysis.** Procedia Environmental Sciences, 2 (2010), 725- 728. doi:10.1016/j.proenv.2010.10.083
- Darvishi, S., Jozi A., Malmasi, S., & Rezaian, S., (2018). **Environmental risk Assessment of dams at constructional phase using VIKOR and EFMEA methods (Case study: Balarood Dam, Iran).** Human and Ecological Risk Assessment, ISSN: 1080- 7039, 1- 21. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1558396>
- Gabriel-Martin, I., Sordo-Ward, A., Garrote, L., & Granados, I., (2019). **Stochastic Assessment of the Influence of Reservoir Operation in Hydrological Dam Safety through Risk Indexes.** Proceedings, 7 (12), 1- 6. <https://doi.org/10.3390/ECWS-3-05811>
- Jozi, A., & Salati, P., (2012). **Environmental Risk Assessment of Low-Density Polyethylene Unit Using the Method of Failure Mode and Effect Analysis.** Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 18 (1), 103- 113. DOI:10.2298/CICEQ110504051J
- Morales-Torres, A., Serrano-Lombillo, A., Escuder-Bueno, I., & Altarejos, G., (2016). **The suitability of risk reduction indicators to inform dam safety management.** Structure and infrastructure engineering: Maintenance management, life cycle design and performance, ISSN 1573- 2479, 1465-1476. <http://dx.doi.org/10.1080/15732479.2015.1136830>
- Tsai, S., Yu, J., Ma, L., Luo, F., Zhou, J., Chen, Q., & Xu, L., (2017). **A study on solving the production process problems of the photovoltaic cell industry.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82 (3), 1- 8. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.105>
- Vazdani, S., Sabzghabaei, GH., Dashti, S., Cheraghi, M., Alizadeh, R., & Hemmati, A., (2017). **Fmea Techniques Used in Environmental Risk Assessment,** Assessment. Environment & Ecosystem Science, 1 (2): 16- 18. DOI:10.26480/ees.02.2017.16.18

