Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Risk assessment of using alborz industrial town's treated wastewater for restoration allahabad qazvin wetland using the bayesian network

Hossein Rabbaniha[1]✉, Shima Kabiri[2], Bijan Nazari[3], Razieh Analouei[4]

1. Corresponding Author, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: hrabbaniha@ut.ac.ir
2. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran. Email: kabiri82@gmail.com
3. Water Engineering Department, Faculty Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. Email: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir
4. Department of Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Email: r_analooei@yahoo.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Jan. 17, 2023

Revised: Feb. 7, 2023

Accepted: Feb. 21, 2023

Published online: Feb. 20, 2023

Keywords:
GeNIe model,
Heavy metals,
Wastewater transfer,
Wastewater treatment.

ABSTRACT

Wetlands play an essential role in the ecosystem and have a significant impact on people's lives, so the restoration of destroyed wetlands is vital. With the lack of water sources, municipal and industrial wastewater can be used as alternative water sources for various purposes. Due to the presence of contamination in wastewater, the use of wastewater carries risks depending on which purpose it is used for. In this study, the risk of using Alborz Industrial Town treated wastewater in Qazvin province to restore Allahabad Wetland has been investigated. First, by visiting the project's origin, route, and destination and holding numerous meetings with experts involved in the project, influential factors were identified within the scope of the project. Then, an integrated hierarchical structure was created to express these factors. This structure starts from the initial nodes which are the quality of the effluent and leads to the final node. Using the water quality data of the Alborz Industrial Town treatment plant that were collected in the year of study and collecting the opinion of 20 experts in the form of a questionnaire in order to evaluate each node, the risk of the wastewater transfer project to Allahabad Wetland was calculated using the Bayesian network method. The academic version of GeNIe software was used to calculate the risk using the Bayesian network method. The results showed that among the middle nodes of the risk structure, the lowest and highest values are related to the nodes of heavy metals in the health environment risk subgroup and the increase of implementation costs in the economic subgroup. Despite the fact that the effluent quality is within standard limits in most parameters, environmental, cultural, social, economic and technical health risks are equal to 44, 47, 50 and 49%, respectively. The total risk of the project, which is the result of four risks, was calculated as 49%. According to the acceptable quality of wastewater and the calculated risks, the nodes and weights of other economic, technical and social sectors have influenced the final risk. Therefore, to reduce the risk of the project, these parts should be examined. The technical and economic part of the project has more potential for project failure. Before implementing the project, various environmental, social, technical, and economic dimensions should be carefully examined and the possibility of creating risk should be minimized. To reduce the risk of the wastewater transfer project to the wetland, pollutants such as heavy metals must first be removed from the wastewater, and social tensions should be prevented by increasing the awareness of the people of the region and also by allocating water quotas. Allahabad Wetland plays an important role in the ecosystem and people livelihood of the region, and with a more detailed examination of the dimensions of the plan and risk reduction in the four environmental, social, economic, and technical sectors, the implementation of the wastewater transfer project to Allah Abad Wetland can be effective in its restoration.

Cite this article: Rabbaniha, H., Kabiri, Sh., Nazari, B., Analouei, R. (2023). Risk assessment of using alborz industrial town's treated wastewater for restoration allahabad qazvin wetland using the bayesian network, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53 (12), 2825-2837. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.353884.669431

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.353884.669431

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۳، شماره ۱۲ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

ارزیابی ریسک استفاده از پساب شهرک صنعتی البرز جهت احیاء تالاب الله‌آباد قزوین با استفاده شبکه بیزین

حسین ربانی‌ها[۱]✉، شیما کبیری[۲]، بیژن نظری[۳]، راضیه آنالوئی[۴]

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hrabbaniha@ut.ac.ir
۲. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه : kabiri82@gmail.com
۳. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. رایانامه: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir
۴. گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: r_analooei@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۱

واژه‌های کلیدی:
انتقال پساب،
تصفیه فاضلاب،
فلزات سنگین،
مدل GeNIe.

چکیده

تالاب‌ها نقش اساسی در اکوسیستم داشته و تأثیر زیادی بر زندگی مردم دارند لذا احیا تالاب‌های تخریب‌شده امری حیاتی است. با کمبود منابع آب، پساب‌های شهری و صنعتی می‌توانند به‌عنوان منابع آب جایگزین در مصارف مختلف استفاده شوند. در این پژوهش ریسک استفاده از پساب شهرک صنعتی البرز در استان قزوین جهت انتقال به تالاب الله‌آباد به‌منظور احیا آن مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر در محدوده طرح شناسایی شد. سپس با استفاده از داده‌های کیفیت آب تصفیه‌خانه شهرک صنعتی البرز که در سال انجام پژوهش برداشت شده‌اند و جمع‌آوری نظرات ۲۰ کارشناس با تخصص‌های محیط‌زیست، منابع آب و آبیاری و زهکشی در قالب پرسشنامه، ریسک طرح به روش شبکه بیزین محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در بین گره‌های میانی ساختار ریسک، کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به گره‌های فلزات سنگین و افزایش هزینه‌های اجرا است که در زیرگروه ریسک محیط‌زیستی بهداشتی و اقتصادی قرار می‌گیرد. علی‌رغم این‌که کیفیت پساب در بیشتر پارامترها در حد استاندارد است، ریسک‌های محیط‌زیستی-بهداشتی، اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و فنی به ترتیب برابر با ۴۴، ۴۷، ۵۰ و ۴۹ درصد محاسبه شد. با توجه به ریسک‌های محاسبه شده، بخش فنی و اقتصادی طرح پتانسیل بیشتری برای ایجاد شکست طرح را دارد. ریسک کلی طرح ۴۹ درصد محاسبه شد که می‌تواند آسیب‌های غیرقابل جبرانی به بار آورد و منجر به شکست پروژه گردد. قبل از اجرای طرح باید جنبه‌های مختلف محیط زیستی، اجتماعی و مسائل فنی و اقتصادی به دقت بررسی شده و احتمال ایجاد ریسک به حداقل برسد.

استناد: ربانی‌ها؛ حسین، کبیری؛ شیما، نظری؛ بیژن، آنالوئی؛ راضیه، (۱۴۰۱). ارزیابی ریسک استفاده از پساب شهرک صنعتی البرز جهت احیاء تالاب الله‌آباد قزوین با استفاده شبکه بیزین، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳ (۱۲)، ۲۸۳۷-۲۸۲۵. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.353884.669431

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.353884.669431

مقدمه

امروزه عواملی همچون رشد جمعیت و افزایش روز افزون تقاضا برای تأمین و مصرف آب موجب برداشت بی‌رویه از منابع آبی گردیده است. برداشت بی‌رویه از منابع آب باعث خشک شدن رودخانه‌های دائمی و موقت، افت آب‌های زیرزمینی و خشک شدن تالاب‌ها شده است. از این رو احیا و بازتوانی تالاب‌ها که نقش بسیار مهمی در چرخه آب، اکوسیستم منطقه و معیشت مردم دارند، حیاتی است. در دهه‌های اخیر استفاده از پساب به‌عنوان منبع جایگزین آب در کاربری‌های مختلف بسیار مورد توجه قرار گرفته و مطالعات بسیاری در این زمینه انجام شده است (Asano et al., 2007). در ایران حجم آب‌های شور و لب‌شور سطحی و زیرزمینی نزدیک به ۱۴ میلیارد مترمکعب، زهاب کشاورزی در حدود ۲۶ میلیارد مترمکعب و فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی ۱/۷ میلیارد مترمکعب تخمین زده شده است. در صورت استفاده غیر اصولی از این منابع موجب آلودگی آب، خاک و محصولات کشاورزی، تخریب محیطزیست و در نهایت تهدید سلامت انسان می‌شوند (یارقلی و همکاران، ۱۳۹۷). استفاده از پساب در کاربری‌های گوناگون می‌تواند دارای خطراتی باشد که با توجه به نوع و کیفیت پساب، نوع کاربرد و میزان تماس با انسان این خطرات شناسایی و تعیین می‌شوند.

ریسک یک مفهوم انتزاعی و دارای تعاریف بسیاری است اما می‌توان گفت که دربرگیرنده آینده و شک است و آن را می‌توان به صورت تابعی از احتمال و شدت آسیب‌پذیری تعریف کرد (Haimes, 2009, Aven, 2011). برای محاسبه ریسک (تحلیل ریسک) روش‌ها و ابزارهای مختلفی ارائه شده است (Torres et al., 2009; Tchobanoglus et al., 2003; V. Gheorghe & Mock, 1999; Vose, 2008). مرسوم‌ترین روش آن ضرب احتمال، شدت و آسیب‌پذیری است (Lowrance, 1976). ریسک شامل دو بخش تحلیل و مدیریت است که تحلیل به شناسایی مخاطرات و اجزا سامانه پرداخته و فاز مدیریتی آن، انتخاب گزینه‌ها و کاهش ریسک است. اهمیت تحلیل ریسک در آن است که مخاطرات سامانه شناسایی و با استفاده از مدل‌های مفهومی یا ریاضی ارزیابی می‌شوند (شفیعی نیستانک، ۱۳۹۹). یکی از ابزارهای خوب برای ارزیابی ریسک، استفاده از شبکه‌های بیزین است. شبکه بیزین درواقع روشی است برای توضیح رابطه‌ی بین علت‌ها و معلول‌ها که از گره‌ها و قوس‌ها برای نشان دادن این روابط استفاده می‌شود (علوی، ۱۳۹۰). با توجه به مزیت‌های شبکه‌های بیزین، پژوهش‌های متعددی برای استفاده از این روش در رشته‌های گوناگون انجام شده است.

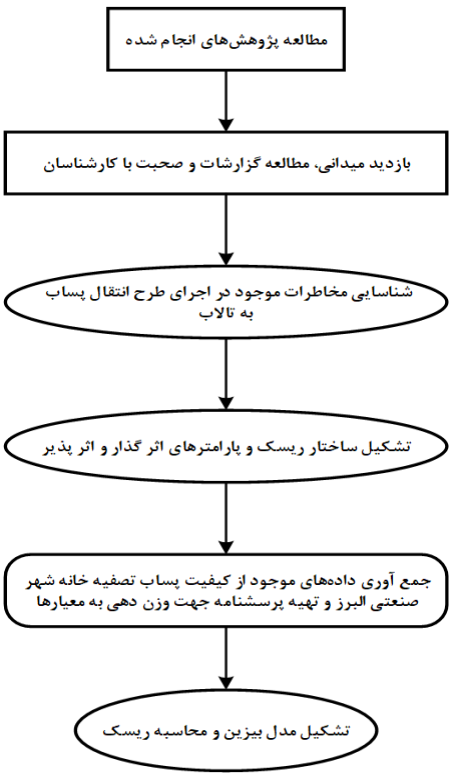
در پژوهشی ریسک استفاده از پساب شهرک صنعتی البرز قزوین برای استفاده در کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفت و ریسک استفاده از پساب برای انسان و گیاه تعیین گردید (طاهریون و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به معیارهای هزینه، پذیرش همگانی، تهدید سلامت و ذخیره آب به‌عنوان معیارهای خاص و کنترل با استانداردهای دولت کانادا به عنوان معیار عام به گزینه‌های مختلف استفاده از پساب بررسی شده و در نتیجه آبیاری باغچه منازل برترین گزینه انتخاب شد (Pan et al., 2018). به منظور مدیریت ریسک استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهرک اکباتان پژوهشی با تهیه یک سیستم استنتاج فازی اجرا شد. در این پژوهش ۱۷ معیار (مخاطرات) در سه دسته محیطزیستی، بهداشتی- اجتماعی و اقتصادی بررسی شده و آبیاری فضای سبز تصفیه‌خانه به‌عنوان گزینه برتر انتخاب شد (Shakeri & Nazif, 2018).

در پژوهشی ریسک تصفیه‌خانه شهرک مورچه‌خورت در استان اصفهان را با استفاده از شبکه‌های بیزین ارزیابی شده و نتایج نشان داد که ریسک تخطی پساب از میزان استاندارد در این تصفیه‌خانه برابر با ۳۰ درصد است که در بخش تصفیه اصلی و تکمیلی به ترتیب، نقص سیستم مخزن متعادل ساز و خطای اپراتور در بخش دوز نامناسب ماده منعقد کننده واحد پیش تصفیه شیمیایی اولویت‌های اول بودند (آنالوئی، ۱۳۹۵). در پژوهشی آسیب‌پذیری منابع آب حوضه آبریز Zhangjiakou را با در نظر گرفتن شاخص‌های هیدرولوژیکی، اجتماعی- اقتصادی، محیطزیستی و هیدرولیکی (مجموعاً ۲۶ شاخص) را با به کارگیری شبکه‌های بیزین و تحلیل سلسله مراتبی ارزیابی شد. نتایج این پژوهش نشان داد این حوضه دارای آسیب‌پذیری زیادی است و همچنین مزیت این روش نسبت به مدل‌سازی‌های هیدرولوژیکی در آن است که شاخص‌های تأثیرگذار دیگری نیز بررسی شده است (Wang et al., 2015). در تحقیقی دیگر ریسک شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب منطقه سه شهری تهران با استفاده از شبکه بیزین به صورت ترکیبی از پیامدهای شکست و احتمالات شکست محاسبه شد. در انتها نتایج نشان داد که ۶۲ درصد از لوله‌ها دارای خطرپذیری متوسط و ۱۲ درصد دارای خطرپذیری زیاد هستند (Anbari et al., 2017). اثرگذاری فاکتورهای آب بدون درآمد شبکه آبرسانی منطقه چهار تهران شامل تلفات ظاهری، تلفات واقعی و مصرف مجاز بدون قبض در پژوهشی بررسی شد. در این پژوهش با تهیه پرسشنامه‌هایی از کارشناسان درخواست شد تا به‌صورت کیفی به آن‌ها پاسخ بدهند. سپس با ورود این اطلاعات پایه به شبکه بیزین، احتمالات هر گره محاسبه گردید. نتایج حاکی از آن بود که هدر رفت ظاهری به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل شبکه آبرسانی است (Tabesh et al., 2018). با استفاده از شبکه بیزین ریسک استفاده از پساب در چهار کاربری کشاورزی، آبیاری فضای سبز، تغذیه مصنوعی آبخوان و بازچرخانی در صنعت به ترتیب ۲۶/۹، ۱۷/۷، ۱۸/۷ و ۱۱/۹ درصد محاسبه گردید (Shafiee

(Neyestanak & Roozbahani, 2021).

در تحقیقات متعددی ریسک‌ها و خطرات تهدیدکننده محیط‌زیست تالاب مورد ارزیابی قرار گرفته است. در پژوهشی ریسک‌های محیط زیستی تالاب شادگان رتبه‌بندی شده و سپس در نتایج عنوان شد که تغییر کاربری زیستگاه‌های طبیعی، تغییر در رژیم آب تأمین‌کننده تالاب مانند سدسازی، آلودگی آب ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌ها به درون تالاب و بهره‌برداری بی‌رویه از تولیدات بیولوژیکی تالاب و همچنین وقوع پدیدهٔ خشکسالی مهم‌ترین ریسک‌های تهدیدکننده تالاب شادگان به ترتیب اولویت هستند (رحیمی بلوچی و ملک محمدی، ۱۳۹۲). در پژوهشی دیگر شناسایی، رتبه‌بندی و ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی تهدیدکننده تالاب بین‌المللی خورخوران در استان هرمزگان انجام شد. نتایج نشان داد که از بین معیارهای محیط‌زیستی، آلودگی‌های نفتی (۰/۸۸۱۹)، صید بی‌رویه (۰/۸۷۷) و قاچاق سوخت (۰/۷۱۰۶) و در معیارهای طبیعی، خشکسالی و تغییرات اقلیم (۰/۷۲۱۱) در اولویت‌های اول دسته‌بندی شده‌اند (جعفری آذر و همکاران، ۱۳۹۶). در پژوهشی ریسک محیط زیستی تالاب Huixian در چین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که جیوه و کادمیم خطر بالقوه زیادی بر بخش‌های مختلف تالاب دارد (Huang et al., 2020).

در پژوهش حاضر، ریسک انتقال پساب شهرک صنعتی البرز استان قزوین به تالاب الله‌آباد جهت احیا تالاب مورد ارزیابی قرار گرفته است. به دلیل این که پساب حاوی آلاینده است هر چند که مقدار آن‌ها در حد استاندارد باشد، ولی بدیهی است که رهاسازی آن در طبیعت باعث بروز مشکلات محیط زیستی می‌گردد. همچنین در مبدأ انتقال، در حال حاضر از پساب بهره‌برداری می‌شود و به دلیل افت سطح آب زیرزمینی در مقصد و مسیر اجرای طرح نیز کشاورزی با کمبود آب مواجه بوده و امکان برداشت غیرمجاز از پساب وجود دارد. از طرفی جنبه‌های اقتصادی و فنی جزء جدانشدنی اجرا و بهره‌برداری هر پروژه‌ای است. از این رو اگر قبل از انجام پروژه، تحلیل ریسک انجام شود می‌توان آسیب‌ها و خطرات محیط زیستی و اجتماعی ناشی از اجرا پروژه و عواملی که باعث بروز شکست پروژه می‌شوند شناسایی و مدیریت گردند. در پژوهش‌های پیشین ارزیابی ریسک استفاده از پساب و همچنین خطرات موجود برای تالاب‌ها مورد بررسی قرار گرفته است ولی با توجه به بررسی منابع صورت گرفته، ارزیابی ریسک استفاده از پساب برای احیا تالاب مورد بررسی قرار نگرفته است. در این پژوهش مخاطرات و جنبه‌های باعث ایجاد ریسک در موفقیت و شکست پروژه به چهار دسته محیط‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی و فنی دسته‌بندی شد. سپس پارامترهای اثرگذار بر هر دسته با توجه به مطالعات پیشین و شرایط منطقه شناسایی و با توجه به نظرات کارشناسان و کیفیت پساب، ریسک انتقال پساب به تالاب الله‌آباد با هدف احیاء تالاب محاسبه گردید. محاسبه ریسک با کمک شبکه بیزین و مدل GeNIe انجام شده است. در شکل (۱) روند نمای انجام پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۱. روند نمای انجام پژوهش

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرک صنعتی البرز در مساحتی بالغ بر ۹۰۰ هکتار در ۱۵ کیلومتری شهر قزوین واقع شده است که از سال ۱۳۶۶ تاکنون واحدهای صنعتی متعددی در آن احداث و به بهره برداری رسیده است. در حال حاضر فاضلاب ناحیه شهرک صنعتی البرز، به تصفیه خانه البرز که در دست بهره‌برداری است هدایت می‌گردد. تصفیه‌خانه شهرک صنعتی البرز در حدود ۳ کیلومتری این شهرک صنعتی قرار گرفته که پس از جمع‌آوری فاضلاب واحدهای صنعتی، عملیات تصفیه بر روی آن‌ها اجرا می‌گردد. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده در منطقه و مصاحبه با کارشناسان شرکت آب و فاضلاب استان قزوین و مسئولین تصفیه‌خانه شهرک صنعتی البرز مشخص گردید که در این تصفیه‌خانه علاوه بر تصفیه فاضلاب صنعتی، فاضلاب شهری شهرهای الوند و بیدستان نیز وارد تصفیه‌خانه می‌گردد. ظرفیت اسمی تصفیه‌خانه شهرک صنعتی البرز ۷۰۰۰۰ مترمکعب در روز است که در حال حاضر به دلیل مشکلات موجود در تصفیه‌خانه از جمله فرسوده شدن تجهیزات با ۵۰ درصد ظرفیت مشغول به فعالیت است (شرکت مشاور پندام، ۱۴۰۰). بررسی‌ها در سطح شهرک صنعتی البرز نشان می‌دهد که فاضلاب تصفیه‌شده شهرک صنعتی البرز به دلیل حجم زیاد آن علاوه بر مصرف برای فضای سبز شهرک صنعتی در تمام فصول به بیرون از تصفیه‌خانه هدایت و به مصرف کشاورزی می‌رسد. واحدهای موجود در این تصفیه‌خانه عبارت‌اند از: واحد متعادل‌سازی، ایستگاه‌های پمپاژ، واحد آشغال‌گیری، واحد دانه‌گیری، واحد هوازی از نوع لجن فعال اختلاط کامل، واحد ته‌نشینی و واحد کلرزنی و گندزدایی.

تالاب الهآباد

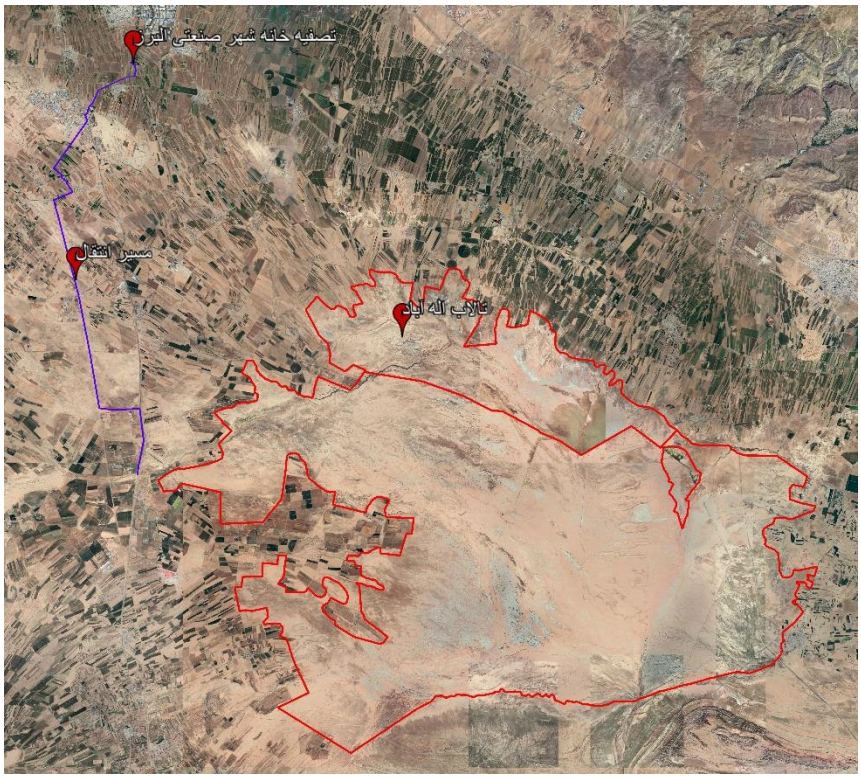
تالاب الهآباد در برگیرنده ۲ تالاب مجاور به نام‌های الله‌آباد (یعقوب‌آباد) در استان قزوین و تالاب صالحیه استان البرز است. موقعیت جغرافیایی محدوده ´۴۵ °۳۵ تا ´۰۵ °۳۶ عرض شمالی و ´۰۵ °۵۰ تا ´۴۰ °۵۰ طول شرقی است. وسعت تالاب الله‌آباد (یعقوب‌آباد) ۲۴۰۰ هکتار و وسعت تالاب صالحیه ۵۶۹ هکتار برآورد شده است. لازم به ذکر است که در مجاورت تالاب الله‌آباد، منطقه شکار ممنوع الله‌آباد با مساحتی به وسعت ۳۰۰۰۰ هکتار قرار دارد. این تالاب‌ها نظیر بسیاری از تالاب‌ها، فصلی بوده و به‌صورت دائمی دارای آب نمی‌باشند. به‌منظور بررسی بهتر محدوده مطالعاتی از منظر زمینه‌هایی نظیر هیدرولوژی بخش جنوبی منطقه که خروجی حوضه آبریز محسوب می‌گردد به وسعت ۴۹۴۲۸ هکتار به نام بیابان در نظر گرفته شده است. بر این اساس این محدوده به سه ناحیه تفکیک شده که شامل، تالاب الله آباد، تالاب صالحیه و محدوده بیابانی است. چهره پوشش گیاهی تالاب صالحیه–یعقوب آباد را می‌توان به نواحی شوره‌زاری، مناطق با پوشش گیاهی غنی‌تر، نواحی با پوشش فقیر و نواحی تا حدودی بدون پوشش طبقه بندی کرد، که متأسفانه وسعت مناطق پوشش فقیر و بدون پوشش در دشت غالب است و چهره پوشش گیاهی این منطقه را متزلزل نشان می‌دهد. این امر تسریع در احیا پوشش گیاهی منطقه را الزام‌آور می‌کند. عمده چالش‌های مرتبط با آب تالاب شامل معضل زهکش در تالاب، که باعث انتقال بیشتر روان آب‌های ورودی به خارج از منطقه می‌شود، احداث سد بر روی رودخانه‌های ابهر رود و خر رود (که باعث کاهش ورودی آب این رودخانه‌ها به تالاب شده است)، چاه‌های عمیق و نیمه عمیق غیرمجاز (که به‌صورت بی‌رویه برداشت می‌نمایند) و الگوی نادرست و کشت محصولات با مصرف آب بالا و تصرف اراضی تالاب است. به دلیل خشک شدن تالاب الله‌آباد و تبدیل شدن آن به یک منشأ ریزگرد در استان و همچنین موقعیت و نزدیکی آن نسبت به پایتخت در کارگروه آلودگی هوا استان برای مقابله با پدیده گرد و غبار با کلیات انتقال پساب شهرک صنعتی البرز به دشت الله‌آباد با هدف احیاء تالاب و نیز مقابله با کانون گرد و غبار با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی موافقت گردید. در شکل (۲) موقعیت تصفیه‌خانه، تالاب و مسیر انتقال مشخص شده است.

مخاطرات موجود در طرح انتقال پساب

به‌منظور شناسایی مخاطرات و تهیه ساختار ریسک استفاده از پساب جهت احیا تالاب گزارش‌های مربوط به مطالعات انجام‌شده (شرکت مشاور پندام، ۱۴۰۰) و تحقیقات پیشین در زمینه تحلیل ریسک استفاده از پساب بررسی شد. همچنین از مبدأ، مسیر و مقصد انتقال بازدید میدانی به عمل آمد و با کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین و اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان، جلسات متعدد برگزار و با استفاده از نظرات ایشان عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر شناسایی شد.

با توجه به فاصله بین تصفیه‌خانه و تالاب، مسیر انتقال از اراضی منابع طبیعی و شخصی به طول حدود ۲۲ کیلومتر عبور خواهد کرد (شرکت مشاور پندام، ۱۴۰۰). پروژه انتقال پساب به تالاب بر محیط‌زیست منطقه تالاب اثرگذار خواهد بود. همچنین به دلیل ارتباط بین اهالی منطقه در مبدأ، مقصد و مسیر انتقال مسائل اجتماعی فرهنگی قابل بروز است. از طرفی با توجه به حجم پساب و طول مسیر مسائل

فنی نیز باید در تحلیل پروژه مورد بررسی قرار گیرد. بررسی مسائل اقتصادی در هر پروژه‌ای جز لاینفک تحلیل ریسک پروژه خواهد بود.



شکل ۲. موقعیت تالاب الله‌آباد، تصفیه‌خانه شهرک صنعتی البرز و مسیر انتقال پساب

شبکه بیزین

همان‌گونه که عنوان شد، شبکه بیزین یکی از روش‌هایی است که برای تحلیل ریسک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Shafiee Neyestanak & Roozbahani, 2021; Tabesh et al., 2018; Anbari et al., 2017; Wang et al., 2015). شبکه بیزین یکی از ابزارهایی است که برای آنالیز مدل‌های ریسک یکپارچه قابل استفاده است. این روش بر اساس تئوری احتمال بوده و تکنیک مؤثری برای تصمیم‌سازی در مواردی است که اطلاعات کامل وجود ندارد و یا امکان جمع‌آوری داده‌های کافی برای کاهش عدم قطعیت‌ها موجود نیست (Pearl, 1988). شبکه بیزین در واقع روشی است برای توضیح رابطه‌ی بین علت‌ها و معلول‌ها که از گره‌ها و قوس‌ها برای نشان دادن این روابط استفاده می‌شود. هریک از متغیرهای تصمیم‌گیری در روش بیزین به‌صورت یک گره مدل می‌شوند. هر گره دارای حالات مختلف و یا مجموعه‌ای از مقادیر احتمالات برای هر متغیر است. گره‌ها توسط پیکان‌هایی که نشان‌دهنده جهت اثر و رابطه علت و معلول است، به هم متصل می‌شوند (Pearl, 1988). مبنای محاسبات در شبکه‌های بیزین، قاعده بیز است. قانون مورد استفاده به منظور به روز کردن گمان در مورد رخداد واقعه B، با فرض اینکه A، واکنش مربوط به رخداد B باشد، به‌صورت رابطه (۱) بیان می‌شود:

$$P\left(B_i|A\right)=\frac{P\left(A|B_i\right)\times P\left(B_i\right)}{P\left(A|B_1\right)\times P\left(B_1\right)+P\left(A|B_2\right)\times P\left(B_2\right)+....+P\left(A|B_n\right)\times P\left(B_n\right)} \quad \text{رابطه ۱)}$$

که P(A) احتمال وقوع پدیده A، P(B) احتمال وقوع پدیده B یا احتمال پیشین، P(A|B) احتمال وقوع رویداد A به شرط رخداد رویداد B و P(B|A) احتمال رخداد رویداد B به شرط وقوع رویداد A یا احتمال پسین است. به طور کلی می‌توان این‌گونه عنوان کرد که شبکه بیزین از دو جزء اصلی مجموعه روابط احتمالاتی و گراف خطی جهت‌دار تشکیل شده است. ارتباط بین گره‌ها در یک شبکه بیزین با مفهوم روابط خانوادگی شناخته می‌شود. اگر گره، هیچ والدی نداشته باشد (یعنی هیچ کمانی به سمت آن نباشد)، گره یک جدول احتمال مرزی خواهد داشت و اگر گره والد داشته باشد (یک یا چند کمان به سمت آن باشد)، دارای جدول احتمالات شرطی خواهد بود (Kamrani et al., 2020).

محاسبه ریسک

همان‌طور که بیان گردید ریسک تابعی از میزان تخطی و شدت اثر است. از این رو کیفیت پساب که پارامترهای ورودی هستند با مقدار

استاندارد مقایسه شده و بزرگی تخطی (علوی، ۱۳۹۰) طبق رابطه (۲) محاسبه شد:

$$MK_o = f\left(\frac{\sum_{r=1}^{k}(P_r - LS)}{LS \times r}\right)$$

رابطه ۲)

که در آن r تعداد کل نمونه‌های برداشت‌شده، P_r مقدار غلظت آلاینده در نمونه‌برداری شماره r ام، LS حد استاندارد و k تعداد نمونه‌هایی که مقدار آن‌ها از حد استاندارد تخطی دارد. پس از به دست آوردن میزان بزرگی تخطی برای یکسان‌سازی اعداد به دست آمده از رابطه (۲) توسط جدول (۱) امتیازدهی می‌شوند. مزیت این روش این است که خطر بالقوه پارامترهای مختلف و خطر آفرین مانند آرسنیک یا کادمیم دیده می‌شود. زیرا فلزی مانند کادمیم از معدود عناصری است که هیچ‌گونه نقش ساختاری در بدن انسان نداشته و ترکیبات آن حتی به میزان بسیار کم، سمی و در اندام‌ها و محیطزیست، ذخیره می‌شوند. خوردن مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از کادمیم موجب مسمومیت سریع کبد و کلیه‌ها می‌گردد. ترکیباتی که محتوی کادمیم هستند نیز باعث مسمومیت می‌شوند. کادمیوم عمدتاً در کلیه و کبد تجمع پیدا می‌کند و بر روی گوشت و شیر از اثر کم‌تری برخوردار است (وزارت نیرو، ۱۳۸۹). همچنین سازمان بهداشت جهانی سرطان‌زا بودن آرسنیک را تائید کرده و عنوان شده است که با تجمع در کبد، کلیه و عروق باعث گرفتگی و حتی ایجاد تومورهای سرطانی می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۸۹). از این رو اگر چه در داده‌برداری‌های فعلی این پارامترها مقدار کمتری از استاندارد دارند ولی وجود آن‌ها در پساب حتی به میزان کم با توجه به این که پساب منتقل شده به تالاب در معرض تبخیر قرار خواهد گرفت، می‌توانند باعث بروز آسیب شوند. اطلاعات کیفی پساب تصفیه‌خانه شهرک صنعتی البرز و مقدار استاندارد در جدول (۲) آورده شده است. برای مشخص نمودن شدت اثر هر پارامتر والد بر گره فرزند تعداد ۲۰ پرسشنامه تهیه و در اختیار متخصصین، کارشناسان و اساتید دانشگاهی با تخصص‌های مهندسی محیطزیست، آب‌های نامتعارف، آبیاری زهکشی و منابع آب قرار گرفت و مقدار شدت اثر پارامترها مشخص شد. در پرسشنامه‌ها مقدار شدت اثر هر گره والد بر فرزند به صورت کم، کم تا متوسط، متوسط، متوسط تا زیاد و زیاد امتیازدهی شده است. مقدار کمی مقادیر توصیفی به ترتیب ۱۰٪، ۳۰٪، ۵۰٪، ۷۰٪ و ۹۰٪ در نظر گرفته شد. پس از آن با میانگین‌گیری از نظرات کارشناسان و بزرگی تخطی جداول احتمالات شرطی برای تمامی گره‌ها تکمیل گردید. علاوه بر شدت اثر، گره‌های تأثیرگذاری وجود دارند که مقدار آن‌ها تابع کیفیت پساب نیست. برای تعیین مقدار آن‌ها نیز از پرسشنامه با همان مقدار امتیازدهی قبلی استفاده شده است. در نهایت هر گره به دو صورت موفقیت و شکست در نظر گرفته شد. شکست در گره‌های ورودی برابر با امتیاز نرمال شده بزرگی تخطی و موفقیت تفاضل آن از یک است. همچنین در گره‌های فرزند با توجه به مقدار وزن تخصیص داده شده توسط کارشناسان، احتمال شکست به صورت میانگین‌گیری وزنی از مقدار و شدت اثر گره‌های والد آن با توجه به رابطه (۳) محاسبه شد (Shafiee Neyestanak & Roozbahani, 2021). در این پژوهش برای محاسبه ریسک از نسخه آکادمیک نرم‌افزار GeNIe استفاده شد (GeNIe Modeler, 2017).

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

رابطه ۳)

که در آن x احتمال شکست پارامتر فرزند، w_i وزن پارامتر والد i ام بر روی پارامتر فرزند، x_i مقدار پارامتر والد i ام و i تعداد پارامترهای والد می‌باشند.

جدول ۱. تعاریف بزرگی تخطی

تعاریف کیفی از بزرگی تخطی	بزرگی تخطی	امتیاز بزرگی خطر
بسیار کوچک	۰ – ۰/۱	۰/۲
کوچک	۰/۱ – ۱	۰/۴
متوسط	۱ – ۳	۰/۶
بزرگ	۳ – ۵	۰/۸
بسیار بزرگ	۵ <	۱

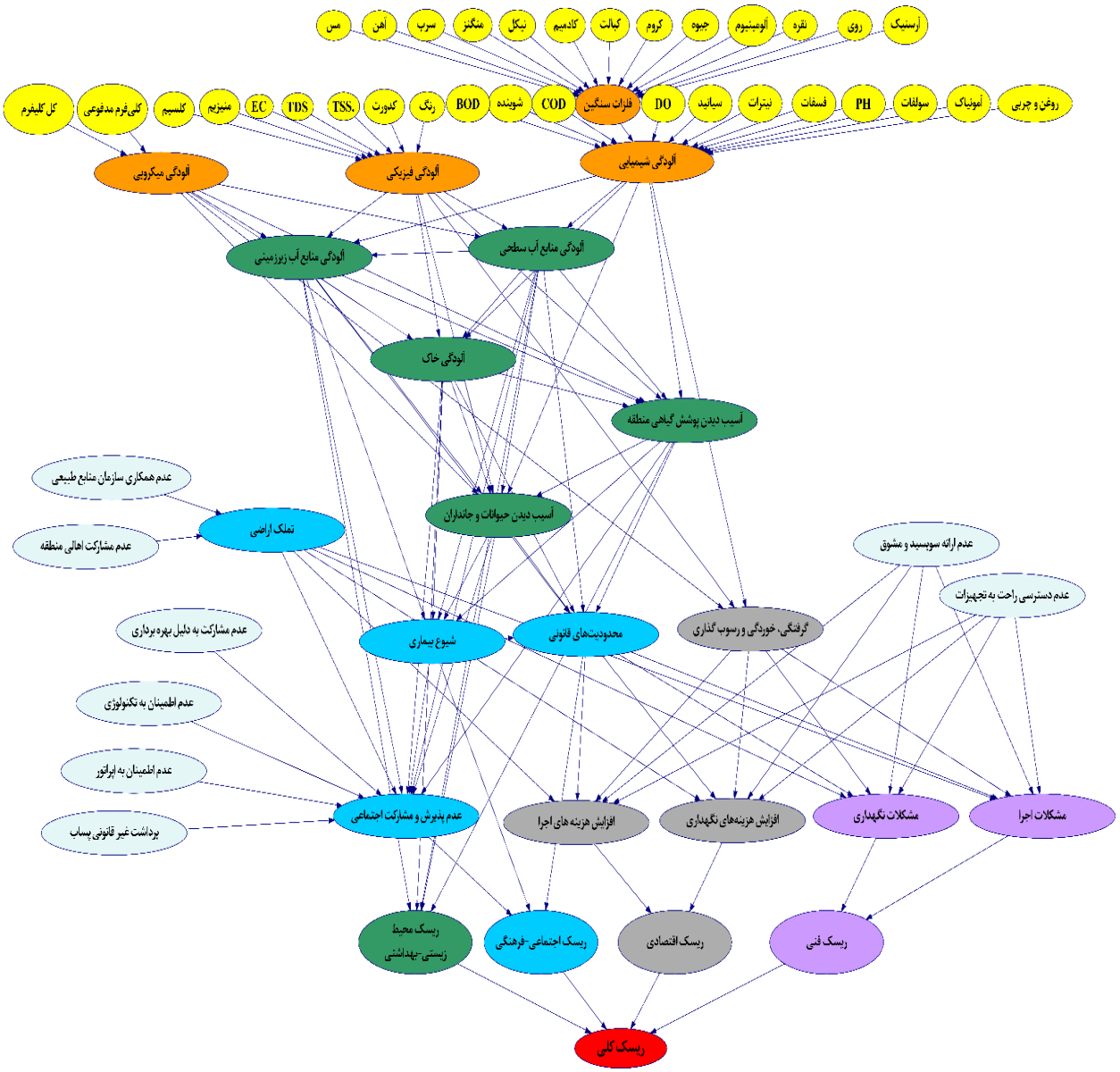
جدول ۲. میانگین کیفیت پساب اندازه‌گیری شده به همراه استاندارد مورداستفاده

ردیف	پارامتر	میانگین	استاندارد	واحد
۱	مس	۲۸	۱۰۰۰	ppb
۲	مگنز	۳۸/۷	۱۰۰۰	ppb
۳	کادمیم	۲۳/۸	۱۰۰	ppb
۴	کبالت	۳۱/۲	۱۰۰۰	ppb
۵	کروم	۳۴/۱	۵۰۰	ppb
۶	سرب	۳۴/۶	۱۰۰۰	ppb
۷	جیوه	۳۰/۲	۵۰	ppb
۸	آلومینیوم	۶۶/۲	۱۰۰۰	ppb
۹	نیکل	۲۴	۲۰۰۰	ppb
۱۰	نقره	۲۸/۸	۱۰۰۰	ppb
۱۱	روی	۹۵/۵	۲۰۰۰	ppb
۱۲	آرسنیک	۸/۵	۱۰۰	ppb
۱۳	آهن	۲۸۸/۵	۳۰۰۰	ppb
۱۴	مواد شوینده	۲/۵	۱/۵	mg/lit MBAS
۱۵	**BOD**	۲۸/۵	۳۰	mg/lit O2
۱۶	**COD**	۱۲۸	۶۰	mg/lit O2
۱۷	**DO**	۱/۶	۲	mg/lit O2
۱۸	سیانید	۰/۰۱	۰/۵	Mg/lit
۱۹	نیترات	۱۲/۶	۵۰	Mg/lit
۲۰	فسفات	۲/۲	۶	Mg/lit
۲۱	**PH**	۷/۴	۶/۵ – ۸/۵	-
۲۲	سولفات	۱۸۷/۷	۴۰۰	Mg/lit
۲۳	آمونیاک	۱۳/۲	۲/۵	Mg/lit
۲۴	چربی و روغن	۷/۶	۱۰	Mg/lit
۲۵	هدایت الکتریکی	۱/۹	۱/۲	dS/m
۲۶	کل جامدات محلول	۱۱۰۷	۷۵۰	Mg/lit
۲۷	کل مواد معلق	۲۳/۹	۴۰	Mg/lit
۲۸	کلسیم	۷۰/۸	۷۵	Mg/lit
۲۹	منیزیم	۷۵	۱۰۰	Mg/lit
۳۰	کدورت	۲۱/۷	۵۰	NTU
۳۱	رنگ	۶۳/۳	۷۵	Color Unit
۳۲	کلیفرم‌های مدفوعی	۳۲۰/۴	۴۰۰	MPN/100ml
۳۳	کل کلی‌فرم	۴۰۶/۲	۱۰۰۰	MPN/100ml

نتایج و بحث

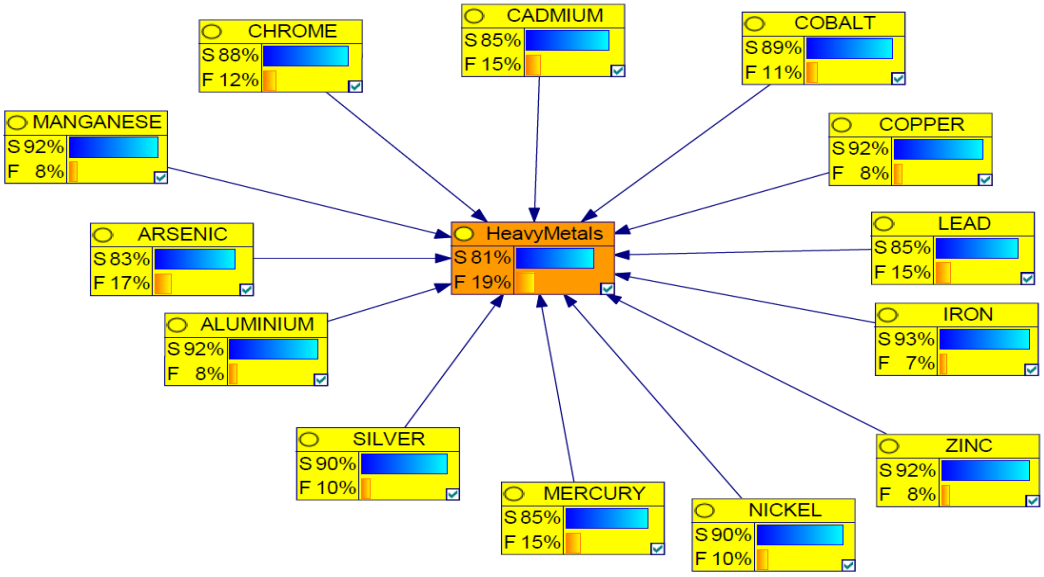
پارامترهای اثرگذار بر روی ریسک‌های محیطزیستی، اجتماعی، اقتصادی و فنی در قالب ساختار ریسک در شکل (۳) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۳)، ریسک محیطزیستی-بهداشتی تنها از پارامترهای کیفیت پساب اثر گرفته است. تخطی پارامترهای کیفیت پساب موجب بروز آلودگی‌های شیمیایی، فیزیکی و میکروبی شده و در مرتبه بعدی بر روی بخش‌های مختلف محیطزیست شامل منابع آب‌های سطحی، منابع آب زیرزمینی، خاک، پوشش گیاهی و حیوانات اثرگذار خواهند بود. ریسک اجتماعی فرهنگی شامل سه عامل اصلی محدودیت‌های قانونی جهت رهاسازی پساب در تالاب، عدم پذیرش و مشارکت توسط اهالی منطقه و شیوع بیماری در اثر استفاده مستقیم یا غیرمستقیم از پساب است. این فاکتورهای اصلی علاوه بر تأثیرپذیری از گره‌های آلودگی بخش محیطزیست، از گره‌های عدم مشارکت برای انتقال پساب به دلیل بهره‌برداری در حال حاضر، عدم اطمینان به تکنولوژی تصفیه‌خانه، عدم اطمینان به اپراتور تصفیه‌خانه، برداشت پساب به‌صورت غیرقانونی از مسیر انتقال و تملک اراضی نیز تأثیر پذیرفته‌اند (شکل ۳). ریسک اقتصادی از دو گره اصلی افزایش هزینه‌های اجرا و نگهداری منتج شده است. این دو گره فرزند گره‌های عدم دسترسی راحت به تجهیزات، گرفتگی، خوردگی و رسوب‌گذاری در تجهیزات، عدم ارائه یارانه و مشوق، محدودیت‌های قانونی جهت رهاسازی در تالاب و تملک اراضی می‌باشند. در نهایت ریسک فنی نیز از

دو گره مشکلات اجرا و نگهداری محاسبه می‌شود که هرکدام فرزند گره‌های عدم دسترسی راحت به تجهیزات، گرفتگی، خوردگی و رسوب‌گذاری در تجهیزات، عدم ارائه یارانه و مشوق، محدودیت‌های قانونی جهت رهاسازی در تالاب و تملک اراضی هستند (شکل ۳).



شکل ۳. ساختار ریسک انتقال پساب به تالاب الله‌آباد جهت احیا تالاب

با توجه به کیفیت پساب و مقایسه با مقادیر استاندارد، بزرگی تخطی محاسبه شده و با توجه به نظرات کارشناسان جداول احتمالات شرطی برای همه گره‌ها تکمیل شد. با اجرای شبکه بیزین در نرم‌افزار GeNIe، احتمال هر گره محاسبه شد. احتمال گره فلزات سنگین در شکل (۴) به صورت خروجی نرم‌افزار نشان داده شده است. با توجه به کیفیت‌های اندازه‌گیری‌شده از پساب، مقادیر فلزات سنگین در همه نمونه‌برداری‌ها زیر حد استاندارد بود. لذا با توجه به جدول (۱) امتیاز بزرگی خطر برای همه آن‌ها ۰/۲ در نظرگرفته شده و با توجه به شدت اثری که هر کدام دارند، مقدار موفقیت و شکست هر گره محاسبه شد. از بین ۱۳ فلز سنگین اندازه‌گیری‌شده، بیشترین و کمترین خطر به ترتیب مربوط به آرسنیک با ۱۷٪ و آهن با ۷٪ است. با توجه به ماهیت سمی آرسنیک میانگین نظرات کارشناسان باعث افزایش وزن این عنصر شده و در نتیجه ریسک این عنصر نسبت به بقیه عناصر بیشتر شد. در نهایت گره فلزات سنگین احتمال شکست یا خطر ۱۹٪ در این طرح را دارد (شکل ۴).



شکل ٤. ریسک گره فلزات سنگین (خروجی نرم‌افزار GeNIe)

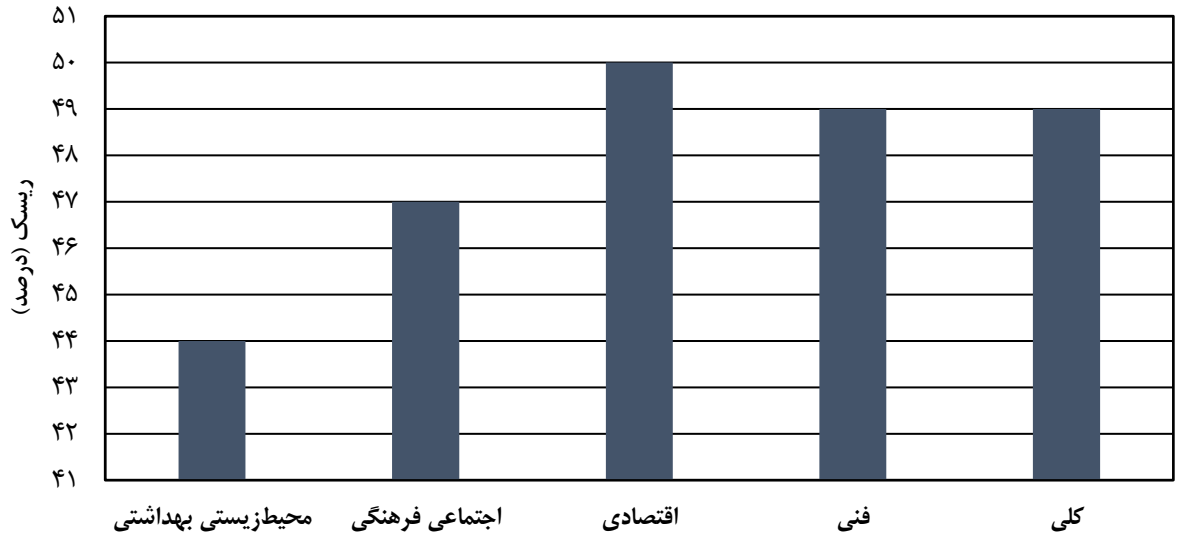
احتمال گره‌های میانی ساختار ریسک انتقال پساب به تالاب در جدول (۳) آورده شده است. حداقل احتمال شکست مربوط به فلزات سنگین با ۱۹ درصد و بیشترین احتمال شکست مربوط به گره افزایش هزینه‌های نگه‌داری برابر با ۴۹ درصد به‌دست‌آمده است. گره‌هایی که تأثیر مستقیم بر ریسک محیط زیستی دارند شامل آلودگی‌های میکروبی، شیمیایی، فیزیکی پساب، خاک، گیاهان، آسیب دیدن جانداران و آلودگی‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی از گره‌های تأثیرگذار بر ریسک‌های دیگر، احتمال کمتری دارند. دلیل این امر کیفیت خوب پساب در مقایسه با استاندارد است. از طرفی گره‌های تأثیرگذار بر ریسک محیط زیستی بر ریسک‌های بخش‌های دیگر اثرگذار هستند (شکل ۳) که نظرات کارشناسان باعث افزایش ریسک گره‌های میانی در بخش‌های اجتماعی، اقتصادی و فنی شده است. به‌طورکلی با توجه به نتایج محاسبات ریسک گره‌ها، اهمیت شاخص‌های اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و فنی از شاخص‌های محیط‌زیستی طرح بیشتر بوده است. دلیل این امر عدم استفاده غیرمستقیم از پساب توسط مردم مانند استفاده در کشاورزی یا آبیاری فضای سبز است.

جدول ۳. ریسک گره‌های فرزند

پارامتر	ریسک (درصد)
فلزات سنگین	۱۹
آلودگی میکروبی پساب	۳۳
آلودگی شیمیایی پساب	۳۰
آلودگی فیزیکی پساب	۲۵
آلودگی خاک	۳۹
آلودگی و آسیب دیدن پوشش گیاهی منطقه	۴۰
آسیب دیدن حیوانات و جانداران	۴۱
آلودگی منابع آب سطحی	۳۸
آلودگی منابع آب زیرزمینی	۳۸
شیوع بیماری در اثر استفاده از پساب به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم	۴۴
عدم پذیرش و مشارکت اجتماعی توسط اهالی حاشیه تالاب	۴۵
تملک اراضی	۴۷
محدودیت‌های قانونی جهت رهاسازی در تالاب	۴۴
گرفتگی، خوردگی و رسوب‌گذاری در تجهیزات ایستگاه پمپاژ و لوله‌ها	۳۸
افزایش هزینه‌های اجرا	۴۸
افزایش هزینه‌های نگه‌داری و بهره‌برداری	۴۹
مشکلات اجرا	۴۸
مشکلات نگه‌داری	۴۸

در شکل (۵) ریسک‌های محیط‌زیستی بهداشتی، اجتماعی فرهنگی، اقتصادی، فنی و کلی نشان داده شده است. ریسک محیط‌زیستی

بهداشتی برابر با ۴۴ درصد به‌دست‌آمده که مقایسه با ریسک دیگر بخش‌ها کمتر است. بیشترین مقدار مربوط به ریسک اقتصادی انتقال پساب به تالاب است که برابر با ۵۰ درصد است.



شکل ۵. ریسک‌های محیطزیستی-بهداشتی، اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی، فنی و کلی

ریسک نهایی پروژه انتقال پساب به تالاب الله‌آباد به‌منظور احیا تالاب، برابر با ۴۹ درصد محاسبه شده است. نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات پیشین همخوانی دارد به طوریکه ریسک استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهرک صنعتی البرز را برای انسان و گیاه به ترتیب برابر با ۴۶ و ۳۸ درصد محاسبه شده است (طاهریون و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین در پژوهشی دیگر ریسک‌های اجتماعی، محیطزیستی، اقتصادی و فنی استفاده از پساب برای تغذیه مصنوعی را به ترتیب برابر با ۳۹/۳، ۷/۵، ۱۸/۵ و ۱۹ درصد گزارش کردند (Shafiee Neyestanak & Roozbahani, 2021).

به دلیل ساختار سلسله مراتبی ریسک، پارامترهای اثرگذار بر ریسک محیطزیستی-بهداشتی غالباً بر ریسک در دیگر زمینه‌ها نیز اثرگذار بوده‌اند. همچنین نظرات کارشناسان بیشتر معطوف به جنبه‌های اقتصادی و فنی اجرای طرح بوده است. از این رو ریسک‌های اقتصادی، فنی و اجتماعی از ریسک محیط زیستی بیشتر شده است.

با توجه به کیفیت قابل قبول پساب، گره‌ها و وزن‌های دیگر بخش‌های اقتصادی، فنی و اجتماعی بر ریسک نهایی اثرگذار بوده‌اند. لذا برای کاهش ریسک طرح باید این بخش‌ها مورد بررسی قرار گیرند. به عنوان مثال با برگزاری جلسات توجیهی برای کشاورزان و اهالی منطقه در مبدأ و مقصد طرح و ایجاد اطمینان از کیفیت خوب پساب در منظر عمومی می‌توان خطرات اجتماعی طرح را کاهش داد. همچنین توجه و دقت بیشتر به جنبه‌های مالی و فنی در بخش اجرا و نگه‌داری در کاهش خطرات احتمالی مؤثر هستند. در جدول (۴) مجموعه راهکارهای پیشنهادی برای کاهش ریسک طرح ارائه شده است.

جدول ٤. راهکارهای پیشنهادی جهت کاهش ریسک‌ها چهارگانه

نوع ریسک	راه‌کار جهت کاهش ریسک
محیطزیستی-بهداشتی	حذف آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی از پساب، مطالعات بیشتر با استفاده از مدل‌سازی هیدرولیکی، آب زیرزمینی و کیفی به‌منظور بررسی اثرات بلند مدت اجرای طرح بر منابع آب و محیطزیست
اجتماعی-فرهنگی	رفع محدودیت‌های قانونی، جلوگیری از تماس اهالی منطقه با پساب، افزایش آگاهی اهالی منطقه از مزیت‌های اجرای طرح با برگزاری جلسات توجیهی، جلوگیری از استفاده غیرقانونی از پساب در مقصد و مسیر، تعیین الگوی کشت با نیاز آبی کم و تخصیص سهمیه آب به کشاورزان در مبدأ
اقتصادی	حذف آلاینده‌هایی که باعث بروز خوردگی، گرفتگی و رسوب‌گذاری در تجهیزات می‌شود، مطالعات بیشتر قبل از اجرا به کمک مدل-سازی و کوتاه نمودن زمان اجرا، بررسی در شرایط کم‌آبی که پساب ارزشمندتر خواهد شد
فنی	مدل‌سازی تجهیزات ایستگاه پمپاژ و خطوط لوله اعم از ثقلی و لوله قبل از اجرا، فراهم نمودن تجهیزات مورد نیاز جهت اجرای پروژه، بازرسی و ارزیابی مرتب طرح پس از اجرا

کیفیت پساب تاثیر مستقیم بر روی ریسک‌های چهارگانه دارد، لذا با حذف آلودگی‌های مختلف از پساب، آن گره از ساختار ریسک

حذف شده و باعث کاهش ریسک گره‌های فرزند آن گره می‌شود. ریسک اجتماعی – فرهنگی ناشی از عدم آگاهی اهالی منطقه است لذا با افزایش آگاهی درباره مفید بودن طرح برای احیاء تالاب و همچنین شناساندن خطرات استفاده از پساب صنعتی برای کشاورزی می‌توان ریسک‌های مجود در این زمینه را کاهش داد.

نتیجه‌گیری

تالاب‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین محیط‌های طبیعی برای انسان شناخته می‌شوند. تالاب الله‌آباد که در استان قزوین واقع شده است، در سال‌های اخیر با خشکی و مشکلاتی مانند ریزگرد که به واسطه خشکی پدید می‌آیند، مواجه شده است. استفاده از پساب به عنوان یک منبع آب جایگزین در کاربری‌های مختلف دارای خطرات بالقوه‌ای است که اگر قبل از اجرا شناسایی شوند، می‌توان از بروز مشکلات در پروژه جلوگیری نمود. در تحقیق حاضر پروژه انتقال پساب شهرک صنعتی البرز واقع در استان قزوین به تالاب الله‌آباد به منظور ارزیابی ریسک اجرای این طرح مورد ارزیابی قرار گرفت. ریسک کلی اجرای طرح در چهار زمینه محیط زیستی – بهداشتی، اجتماعی–فرهنگی، اقتصادی و فنی تقسیم شده و با توجه به مطالعات پیشین، شرایط منطقه و نظرات کارشناسان عوامل اثرگذار شناسایی شد. سپس با استفاده از روش شبکه بیزین و با تجمیع و در نظر گرفتن نظرات کارشناسان ریسک اجرای پروژه محاسبه شد. به دلیل این‌که در اهداف طرح استفاده مستقیم از پساب وجود ندارد، لذا ریسک محیط‌زیستی بهداشتی کمتر از ریسک‌های دیگر محاسبه شد. همچنین ریسک کلی اجرای این پروژه برابر با ۴۹ درصد محاسبه شد. با راه‌کارهای مختلف مانند حذف آلاینده‌های خطرناک مانند فلزات سنگین، افزایش آگاهی اهالی منطقه و تخصیص آب به کشاورزان مبدا می‌توان ریسک پروژه را کاهش داد. در صورت کاهش ریسک‌های موجود، این طرح می‌تواند نقش مفیدی در احیا تالاب الله‌آباد داشته باشد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

آنالوئی، راضیه (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک یکپارچه تصفیه‌خانه فاضلاب و بازمصرف پساب (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی مورچه-خورت اصفهان). پایان نام کارشناسی ارشد. به راهنمایی مسعود طاهریون. اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی عمران.

جعفری آذر، سمیرا؛ سبزقبائی، غلامرضا؛ توکلی، مرتضی و دشتی، سولماز. (۱۳۹۶). ارزیابی و تحلیل ریسک‌های زیست‌محیطی تالاب بین‌المللی خورخوران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره. *نشریه علوم و مهندسی آبیاری*، ۴۰ (۳)، ۶۳–۷۵.

رحیمی بلوچی، لیلا و ملک محمدی، بهرام. (۱۳۹۲). ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی تالاب بین‌المللی شادگان بر اساس شاخص‌های عملکرد اکولوژیکی. *مجله محیط شناسی*، ۳۹ (۱)، ۱۰۱–۱۱۲.

شرکت مهندسین مشاور پندام، (۱۴۰۰). مطالعات استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های مرکزی فاضلاب صنعتی استان قزوین. تهران، شرکت مهندسی مشاور پندام.

شفیعی نیستانک، جواد (۱۳۹۹). ارزیابی چند شاخصه ریسک استفاده از پساب تصفیه‌شده به عنوان منابع آب جایگزین با استفاده از شبکه‌های بیزین. *پایان نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی عباس روزبهانی. تهران: دانشگاه تهران، دانشکده ابوریحان.

طاهریون، مسعود؛ علوی، وجیهه و احمدی، آزاده. (۱۳۹۴). تحلیل ریسک استفاده از پساب تصفیه‌شده کشاورزی با استفاده از شبکه بیزین. *نشریه مهندسی عمران امیر کبیر*، ۴۸ (۱)، ۱۰۱–۱۰۹.

علوی، وجیهه (۱۳۹۰). تحلیل ریسک استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی با استفاده از روشهای تحلیل چندمعیاره و شبکه بیزی. *پایان نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی مسعود طاهریون. تهران: دانشکاه خوارزمی، دانشکده فنی و مهندسی.

وزارت نیرو. (۱۳۸۹). ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها. نشریه شماره ۵۳۵.

یارقلی، بهمن؛ عظیمی، محمد مهدی و پورمقدم، مجتبی. (آذر، ۱۳۹۷). تجربه‌ای موفق در استفاده از فاضلاب در کشت اکالیپتوس در اراضی شور استان بوشهر، دومین جشنواره ملی فناوری های آب، آب های نامتعارف (آب شور و پساب)، مشهد، ایران.

REFERENCES

Alavi, Vajihe (2012). Risk analysis of wastewater reuse in agriculture using MCDM and Bayesian network (Mater of Science Thesis). Kharazmi University. Tehran. (In Persian).

Analouei, Razieh (2017). Integrated Risk Assessment of Wastewater Treatment Plant and Water Reuse (Case Study: Wastewater Treatment Plant of Industrial complex of Moorchekhort) (Mater of Science Thesis). Isfahan University of Technology. Isfahan. (In Persian).

Anbari, M. J., Tabesh, M., & Roozbahani, A. (2017). Risk assessment model to prioritize sewer pipes inspection

in wastewater collection networks. *Journal of environmental management*, *190*, 91-101.
Asano, T., Burton, F., & Leverenz, H. (2007). Water reuse: issues, technologies, and applications. McGraw-Hill Education.
Aven, T. (2011). On some recent definitions and analysis frameworks for risk, vulnerability, and resilience. *Risk Analysis: An International Journal*, *31*(4), 515-522.
BayesFusion, L. L. C. (2017). GeNIe Modeler. User Manual. Available online: https://support. bayesfusion. com/docs/ (accessed on 21 October 2019).
Gheorghe, A., & Mock, R. (1999). *Risk engineering: bridging risk analysis with stakeholders values* (Vol. 6). Springer Science & Business Media.
Haimes, Y. Y. (2009). On the complex definition of risk: A systems-based approach. *Risk Analysis: An International Journal*, *29*(12), 1647-1654.
Huang, L., Rad, S., Xu, L., Gui, L., Song, X., Li, Y., ... & Chen, Z. (2020). Heavy metals distribution, sources, and ecological risk assessment in Huixian Wetland, South China. Water, 12(2), 431.
Jafariazar, S., Sabzghabaei, G. R., Tavakoly, M., & Dashti, S. S. (2017). Assessment and Analysis of Khur-e-khuran International Wetland Environmental Risks Using Multi-Criteria Decision-Making Methods. *Irrigation Sciences and Engineering*, *40*(3), 63-75. (In Persian).
Kamrani, K., Roozbahani, A., & Shahdany, S. M. H. (2020). Using Bayesian networks to evaluate how agricultural water distribution systems handle the water-food-energy nexus. *Agricultural Water Management*, *239*, 106265.
Lowrance, W. W. (1976). Of acceptable risk: Science and the determination of safety.
Ministry of Energy. (2010). Environmental Criteria of Treated Waste Water and Return Flow Reuse. No, 535. (In Persian)
Pan, Q., Chhipi-Shrestha, G., Zhou, D., Zhang, K., Hewage, K., & Sadiq, R. (2018). Evaluating water reuse applications under uncertainty: generalized intuitionistic fuzzy-based approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, *32*(4), 1099-1111.
PANDAM Consulting Engineers. (2021). Effluent use studies of central industrial wastewater treatment plants in Qazvin province. Tehran, Iran. (In Persian).
Pearl, J. (1988). Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference. Morgan kaufmann.
Rahimi Blouchi, L., & Malekmohammadi, B. (2013). Environmental Risk Assessment of Shadegan International Wetland Based on Ecological Indicators. *Journal of Environmental Studies*, *39*(1), 101-112. (In Persian).
Shafiee Neyestanak, J., & Roozbahani, A. (2021). Comprehensive Risk Assessment of Urban Wastewater Reuse in Water Supply Alternatives Using Hybrid Bayesian Network Model. *Water Resources Management*, *35*(14), 5049-5072.
Shafiee Neyestanak, Javad (2020). Multi-Attribute Risk Assessment of the Use of Treated Wastewater as Alternative Water Resources with Bayesian Networks (Mater of Science Thesis). University of Tehran, Tehran. (In Persian).
Shakeri, H., & Nazif, S. (2018). Development of an algorithm for risk-based management of wastewater reuse alternatives. *Journal of Water Reuse and Desalination*, *8*(1), 38-57.
Tabesh, M., Roozbahani, A., Roghani, B., Faghihi, N. R., & Heydarzadeh, R. (2018). Risk assessment of factors influencing non-revenue water using Bayesian networks and fuzzy logic. *Water Resources Management*, *32*(11), 3647-3670.
Taheriyoun, M., Alavi, V., & Ahmadi, A. (2016). Risk Analysis of Wastewater Reuse in Agriculture Using Baysian Network. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, *48*(1), 101-109. (In Persian).
Tchobanoglus, G., Burton, F., & Stensel, H. D. (2003). Wastewater engineering: treatment and reuse. *American Water Works Association. Journal*, *95*(5), 201.
Torres, J. M., Brumbelow, K., & Guikema, S. D. (2009). Risk classification and uncertainty propagation for virtual water distribution systems. *Reliability Engineering & System Safety*, *94*(8), 1259-1273.
Vose, D. (2008). *Risk analysis: a quantitative guide*. John Wiley & Sons.
Wang, X., Ma, F., Li, C., & Zhu, J. (2015). A bayesian method for water resources vulnerability assessment: A case study of the Zhangjiakou Region, North China. *Mathematical Problems in Engineering*, 120873.
Yargholi, B., Azimi, M, M. & M. Pormoghadam, M. 2018. Successful experience in using wastewater in eucalyptus cultivation in saline lands of Bushehr province. 2nd National Festival of Water Technologies, Unconventional Waters (Saline and Wastewater), Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).