



Environmental impact assessments of the irrigation and drainage plans using ICOLD, ICOLD Modified and Leopold matrices

Maryam Varavipour¹ | Ali Rashkan² | Mahsa Jabbari³

1. Corresponding Author, Department of Water Engineering, College of AbuRaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: mvaravi@ut.ac.ir
2. Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Technology of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: rashkan@ut.ac.ir
3. Department of Environment, Hydraulics and Water Structures Research Institute, Water Research Institute, Ministry of Energy, Tehran, Iran. E-mail: mahsa.jabbari@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 2 October 2025

Received in revised form

24 December 2025

Accepted 30 January 2026

Published online 22 June 2026

Keywords:

*Environmental Impact Assessment
Irrigation and Drainage of Varamin
Leopold Matrix
Modified ICOLD*

ABSTRACT

The primary goal of an Environmental Impact Assessment (EIA) is to establish baseline environmental conditions, evaluate the potential impacts of a project's activities, apply corrective measures to address deficiencies, and reassess conditions after these measures are implemented. This environmental auditing cycle—assessment, corrective action, verification, and re-auditing—must be executed with accuracy and logical coherence to ensure effective mitigation strategies. The Varamin Irrigation and Drainage Project was examined from multiple perspectives using three assessment tools: the conventional ICOLD matrix, the modified ICOLD matrix, and the Leopold matrix. Findings indicate that each approach offers distinct methodological advantages, and their integration yields a more comprehensive evaluation. The conventional ICOLD matrix delivers a rapid, general overview of environmental impacts, particularly during the construction phase, serving as an initial decision-support framework. The modified ICOLD matrix, adapted for greater precision and regional relevance, identifies more detailed and cumulative impacts, enabling both qualitative and quantitative analysis. The Leopold matrix provides a multidimensional framework that systematically links project activities such as canal and drain construction or operational stages to environmental components including water resources, soil quality, ecosystems, and local communities. Through its structured cause-and-effect analysis, it facilitates prioritization of key environmental concerns. By combining these three methodologies, decision-makers gain a holistic understanding of environmental trade-offs, making it possible to minimize adverse outcomes while enhancing project benefits. This integrated approach ensures that environmental considerations are embedded in planning and management processes, leading to more sustainable project outcomes in the Varamin region.

Cite this article: Varavipour, M., Rashkan, A., & Jabbari, M. (2026). Environmental impact assessments of the irrigation and drainage plans using ICOLD, ICOLD Modified and Leopold matrices. *Journal of Water and Irrigation Management*, 16 (1), 15-30. DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2026.402235.1258>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2026.402235.1258>

Publisher: University of Tehran Press.



ارزیابی اثرات محیط زیستی پروژه‌های آبیاری و زه‌کشی با استفاده از ماتریس آیکولد مرسوم، اصلاح‌شده و لئوپولد

مریم وراوی پور^۱ | علی رشکن^۲ | مهسا جبّاری^۳

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: mvaravi@ut.ac.ir

۲. گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: rashkan@ut.ac.ir

۳. گروه محیط زیست، پژوهشکده هیدرولیک و سازه‌های آبی، مؤسسه تحقیقات آب وزارت نیرو، تهران، ایران. رایانامه: mahsa.jabbari@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف از ارزیابی اثرات محیط زیست پروژه، تحلیل وضعیت محیط‌زیستی فعالیت‌های پروژه و اثرات آن بر محیط زیست منطقه بوده که اجرای اقدامات اصلاحی ارزیابی می‌شود. چرخه ممیزی زیست‌محیطی، اقدامات اصلاحی، بررسی نتیجه و ممیزی مجدد در تحلیل نتایج باید دقیق و منطقی باشد تا اقدامات مناسب اصلاحی تعریف و اجرا شود. با توجه به اجرای پروژه آبیاری و زه‌کشی در دشت ورامین با استفاده از سه ابزار ارزیابی شامل ماتریس آیکولد مرسوم، آیکولد اصلاح‌شده و ماتریس لئوپولد از جنبه‌های گوناگون مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که هر یک از این مدل‌ها رویکرد و مزایای خاص خود را داشته و تجمیع آن‌ها تصویری جامع و دقیق از پیامدهای احتمالی پروژه ارائه می‌دهد. ماتریس آیکولد مرسوم، با ارائه‌نمایی کلی و سریع از آثار-به‌ویژه در مرحله ساخت به ایجاد شفافیت اولیه و تسهیل روند تصمیم‌گیری کمک می‌کند. نسخه اصلاح‌شده آیکولد، با دقت بالاتر و تطبیق با شرایط محلی، توانست اثرات جزئی‌تر و تجمعی را شناسایی کند و تحلیل کیفی و کمی جامع‌تری ارائه دهد. ماتریس لئوپولد، با رویکرد چندبعدی، روابط علت و معلولی بین فعالیت‌های پروژه (نظیر احداث کانال‌ها، زه‌کش‌ها و بهره‌برداری) و مؤلفه‌های محیطی (آب، خاک، اکوسیستم، جوامع محلی) را شناسایی و اولویت‌بندی نمود. ترکیب نتایج سه ماتریس، به تیم مدیریتی و تصمیم‌گیران این امکان را می‌دهد که با دیدی جامع، اثرات منفی را به حداقل و منافع مثبت را به حداکثر برسانند.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:

آبیاری و زه‌کشی ورامین
آیکولد اصلاح‌شده
ارزیابی زیست‌محیطی
ماتریس لئوپولد

استناد: وراوی پور، مریم؛ رشکن، علی و جبّاری، مهسا (۱۴۰۵). ارزیابی اثرات محیط زیستی پروژه‌های آبیاری و زه‌کشی با استفاده از ماتریس آیکولد مرسوم، اصلاح‌شده و لئوپولد. نشریه مدیریت آب و آبیاری، ۱۶ (۱)، ۱۵-۳. DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2026.402235.1258>



۱. مقدمه

توزیع نامناسب جریان‌های سطحی در ایران موجب ایجاد محدودیت‌های قابل توجه در دسترسی به منابع آب شده است، به‌گونه‌ای که بخش عمده‌ای از این جریان‌ها پیش از بهره‌برداری مؤثر، از دسترس خارج می‌شوند. هم‌زمان با رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای آب در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و شرب، ضرورت برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های آبیاری و زه‌کشی با هدف استفاده بهینه از منابع آب بیش از پیش احساس می‌شود. این پروژه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین طرح‌های توسعه‌ای، نقش اساسی در افزایش تولیدات کشاورزی، ارتقای بهره‌وری مصرف آب و تقویت امنیت غذایی ایفا می‌کنند. با این حال، اجرای پروژه‌های آبیاری و زه‌کشی می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای بر محیط‌های طبیعی و انسانی به‌همراه داشته باشد. تغییر رژیم جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی، کاهش کیفیت منابع آب، تشدید فرسایش خاک، تخریب زیستگاه‌ها و تغییر کارکرد اکوسیستم‌های منطقه‌ای از جمله مهم‌ترین اثرات بالقوه این پروژه‌ها محسوب می‌شوند. در صورت بی‌توجهی به این پیامدها، دستاوردهای اقتصادی و اجتماعی طرح‌ها می‌تواند با خسارت‌های بلندمدت محیط‌زیستی همراه شود. از سوی دیگر، تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های معاصر در حوزه حفاظت از اکوسیستم‌ها، بر شدت و پیچیدگی این اثرات می‌افزاید (Naranjo-Fernández *et al.*, 2020). تغییر الگوهای بارش، افزایش دما و فراوانی رخدادهای حدی، پایداری منابع آب و کارایی سامانه‌های آبیاری و زه‌کشی را با عدم قطعیت‌های جدی مواجه کرده است. در چنین شرایطی، انجام ارزیابی دقیق و جامع اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های آبیاری و زه‌کشی پیش از اجرا، ضرورتی اساسی و اجتناب‌ناپذیر برای تضمین توسعه پایدار منابع آب و حفظ اکوسیستم‌ها به‌شمار می‌رود.

در حال حاضر، کاربرد روش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی^۱ برای توسعه پروژه‌ها و ساختارهای مختلف در بیش‌تر کشورهای جهان پذیرفته و در حال انجام است. از این روش برای شناسایی و پیش‌بینی اثرات اجتماعی و محیط‌زیستی یک طرح جهت تصمیم‌گیری موردقبول در اجرای طرح استفاده گردیده و منبعی برای ایجاد توسعه پایدار است (Nahvi *et al.*, 2018). هدف EIA حفاظت از محیط‌زیست و ارتقای توسعه پایدار در سطح استراتژیک می‌باشد (Jie *et al.*, 2010). وجود اثرات مثبت و منفی و همچنین اقدامات محیط‌زیستی پروژه آبیاری به مواردی مانند محیط فرهنگی-اجتماعی، وضعیت بهداشت محل اجرای طرح، فناوری پذیرفته‌شده، چارچوب‌های قانونی، نهادی و سیاستی و شرایط محیط‌زیستی پایین‌دست منطقه بستگی دارد (Gadissa *et al.*, 2018) و برای پیشگیری و کنترل بهتر وقایع، در ابتدا پیامدها و آثار طرح‌ها بر محیط‌زیست شناسایی و پیش‌بینی می‌شود، سپس اقدام به اجرای صحیح آن‌ها می‌شود (Beiranvand & Komasi, 2019). امروزه جهت ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های مهندسی آب از روش‌های زیادی استفاده می‌شود که روش‌های ماتریس آیکولد و لئوپولد از روش‌های مرسوم و رایج در بسیاری از نقاط جهان از جمله کشورمان می‌باشد. روش آیکولد که توسط کمیته ملی سدهای بزرگ طراحی شده، ماتریسی است که به شکل کیفی به ارزیابی اثرات می‌پردازد و ماتریس لئوپولد به‌صورت کمی به ارزیابی زیست‌محیطی می‌پردازد. ذرتی‌پور و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثرات محیط‌زیستی شبکه آبیاری و زه‌کشی با استفاده از دو روش ماتریس آیکولد مرسوم^۲ و آیکولد اصلاح‌شده^۳ پرداختند. نتایج دو روش همخوانی داشته و غلبه امتیازات مثبت بر منفی، اجرای پروژه را بلامانع نشان داد. مجموع امتیازات مثبت در ماتریس آیکولد مرسوم و اصلاح‌شده به‌ترتیب ۷۹۳ و ۴۵۸/۹۶ و مجموع امتیازات منفی ۴۴۷ و ۲۸۵/۸۴ بود. بیش‌ترین امتیازات مثبت در هر دو روش مربوط به بعد اجتماعی-اقتصادی (۴۸۰ و ۱۶/۲۵۷) بود که نشان‌دهنده نقش سازنده پروژه در این بخش است (Zoratipour *et al.*, 2022). پژوهشی که توسط آشفته و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص ارزیابی اثرات زیست‌محیطی چندمعیاره شبکه‌های آبیاری جایگزین با روش مبتنی بر ماتریس اتخاذشده انجام گرفت کاربرد تحلیل ماتریسی لئوپولد را برای ارزیابی گزینه‌های اجرا و عدم اجرای پروژه در مورد پروژه آبیاری سد شهریار در ایران نشان داده است. اثرات دو گزینه بر مؤلفه‌های فیزیکی، زیستی و اجتماعی-اقتصادی-فرهنگی در کوتاه‌مدت (ساخت و

بلندمدت (عملیات) ارزیابی شد. نتایج کلی نشان داده است که اجرای پروژه پیشنهادی آبیاری سد شهریار امتیاز کلی برابر با ۳۸۸ را به دست آورد و در نتیجه سودمندتر از گزینه عدم اجرا که امتیاز ۳۵۶- را به دست آورد (Ashofteh *et al.*, 2017). در پژوهشی که توسط پوریا عطایی و همکاران (۲۰۱۸) در مورد ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های تغذیه مصنوعی: دشت حمامی در ایران انجام شد، نتایج حاکی از آن است که اجرا و بهره برداری از طرح های تغذیه مصنوعی بیشترین تأثیرات مثبت بر محیط اجتماعی-اقتصادی دارد. این در حالی است، که نمی توان تأثیرات منفی وارد شده بر محیط های فیزیکی، اکولوژیکی و فرهنگی را نادیده گرفت و باید اثرات آن را کاهش داد. همین پژوهشگران در مطالعه ای دیگر به ارزیابی مؤلفه های زیست محیطی احداث شبکه آبیاری و زه کشی در راستای توسعه روستایی (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زه کشی بند فیض آباد استان فارس) پرداختند. در این پژوهش از روش ماتریس ایکولد استفاده شد که اثر هر یک از فعالیت های طرح بر مؤلفه های زیست محیطی فیزیکی، اکولوژیکی و اجتماعی- فرهنگی در دو مرحله احداث و بهره برداری سنجیده شد. یافته ها نشان داد که پیامدهای وارد شده طرح بر کل محیط زیست مثبت بوده است (۱۴۸ امتیاز). این در حالی است که محیط اجتماعی فرهنگی ۱۸۷+ امتیاز محیط اکولوژیکی ۱۳- امتیاز و محیط فیزیکی ۲۶- امتیاز را به خود اختصاص داده است. با توجه به نتایج، اجرای طرح شبکه آبیاری و زه کشی بند فیض آباد با رعایت استانداردها بلامانع می باشد (Ataei *et al.*, 2018).

ماتریس های ارزیابی اثرات زیست محیطی نظیر ایکولد مرسوم، ایکولد اصلاح شده و لئوپولد، از پرکاربردترین ابزارهای مورد استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات طرح های آبیاری و زه کشی به شمار می روند که هر یک دارای توانمندی ها و محدودیت های خاص خود هستند. مرور مطالعات پیشین نشان می دهد که اغلب پژوهش ها به صورت منفرد از این روش ها استفاده کرده اند و بررسی های تطبیقی نظام مند برای ارزیابی کارآمدی و حساسیت آن ها در شرایط واقعی پروژه های آبیاری و زه کشی، به ویژه در اقلیم های خشک و نیمه خشک ایران، محدود بوده است. این خلأ پژوهشی، زمینه ساز ضرورت انجام مطالعه ای مقایسه ای با رویکرد کاربردی می باشد که بتواند تفاوت ها، مزایا و کاستی های این ابزارها را در بستر یک پروژه واقعی آشکار سازد. بر این اساس، هدف اصلی این پژوهش، مقایسه و ارزیابی عملکرد ماتریس های ایکولد مرسوم، ایکولد اصلاح شده و لئوپولد در شناسایی، پیش بینی و اولویت بندی اثرات زیست محیطی پروژه های آبیاری و زه کشی است که به طور مشخص در قالب مطالعه موردی طرح زه کشی ورامین در استان تهران انجام می شود. در این پژوهش، با اعمال هم زمان این روش ها بر یک پروژه واحد، میزان دقت، حساسیت و قابلیت تفکیک اثرات هر یک مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد. نتایج حاصل از این پژوهش می تواند به عنوان یک چارچوب کاربردی برای انتخاب آگاهانه و هدفمند ابزار ارزیابی اثرات زیست محیطی در طرح های آبیاری و زه کشی مورد استفاده قرار گیرد و ضمن افزایش دقت مطالعات EIA، از تصمیم گیری های ناکارآمد و پیامدهای نامطلوب زیست محیطی در فرایند توسعه منابع آب جلوگیری کرده و مسیر توسعه پایدار را هموار سازد.

۲. روش شناسی پژوهش

۲.۱. موقعیت و ویژگی های منطقه مطالعاتی

منطقه ورامین قطب تولیدات کشاورزی و دامی استان تهران و کشور است. ۱۳۰ هزار هکتار اراضی مستعد کشاورزی این شهرستان زمینه مطلوبی برای رشد و توسعه این منطقه بوده و نشانگر هویت کارآفرینی در تمام نقاط این منطقه است. در سال های اخیر کارشناسان، مسئولین و کشاورزان منطقه به ضرورت زه کشی در این منطقه پی برده اند. از این رو، جهاد کشاورزی شهرستان ورامین با هدف بهره برداری بهینه از منابع آب و خاک، توسعه کشاورزی در منطقه و فراهم نمودن زمینه های شغلی مناسب، مطالعات تکمیلی احداث زه کش ها و اصلاح در حدود ۱۱۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی منطقه جنوب و جنوب غربی دشت ورامین را در دستور کار خود قرار داده است. زهداربودن اراضی منطقه باعث ایجاد مشکلات

متعدد اقتصادی و اجتماعی برای بومیان این مناطق شده است. برخی از این مشکلات عبارتند از افزایش شوری خاک، کم بازدهی زمین‌های کشاورزی، بالآمدن سطح آب زیرزمینی در اراضی کشاورزی و حتی در مناطق مسکونی (به‌ویژه مناطق شمالی و شمال غربی محدوده مطالعاتی). شکل (۱) موقعیت محدوده منطقه را نشان می‌دهد.

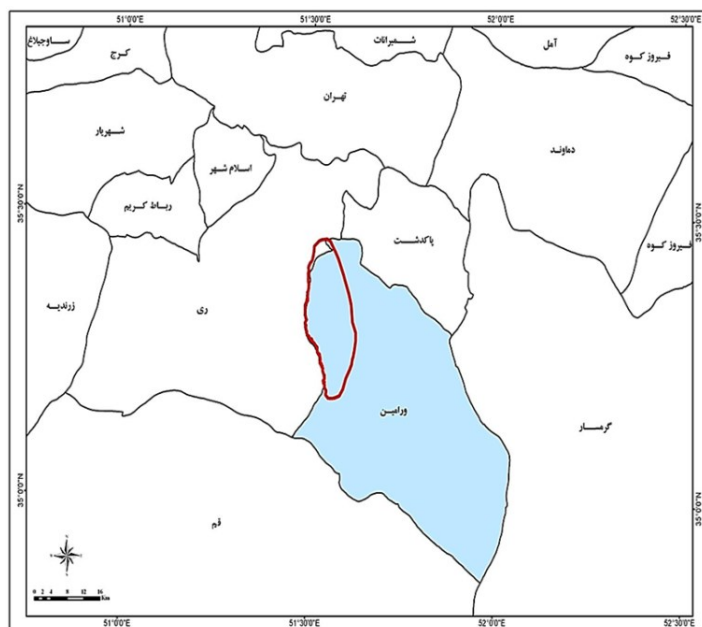


Figure 1. Location of the case study

۲.۲ پوشش گیاهی

هدف از مطالعات پوشش گیاهی، شناسایی وضع موجود گونه‌ها، شناسایی جوامع و واحدهای رویشی و زیستگاهی حساس، ارزیابی میزان اثرپذیری آن‌ها از طرح و ارائه روش‌ها و راه‌کارهای حذف یا کاهش قابل توجه آثار منفی می‌باشد. برای تعیین تیپ‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه با مراجعه به مراکز علمی و تحقیقاتی مختلف استان مانند مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی، ادارات کل منابع طبیعی و محیط‌زیست استان و بهره‌گیری از نقشه‌های خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، اراضی کشاورزی و جمع‌آوری اطلاعات از منابع تحقیقاتی سابق و بررسی‌های صحرائی اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید. از عواملی که در تعیین نوع پوشش گیاهی هر منطقه می‌تواند دخالت داشته باشد می‌توان به ارتفاع محل، عمق، رطوبت و نوع خاک، سرعت باد و فشار ناشی از چریدن اشاره کرد. خاک شهرستان ورامین به‌ویژه بخش‌های جنوبی شهرستان از نوع آبرفت‌های رودخانه جاجرود و رودخانه جاجرود بوده و دارای بافت لوم، لوم رسی، رس و سیلت همراه با نمک با اسیدیته به نسبت بالا (قلیایی) می‌باشد. ارتفاع این منطقه در حدود ۸۵۰ متر از سطح دریا و میزان متوسط بارندگی آن سالانه ۱۲۲ میلی‌متر می‌باشد. شرایط ادا فیزیکی به‌همراه شرایط اقلیمی و وجود چرای بی‌رویه دام‌ها در شهرستان ورامین، پوشش گیاهی این منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. از نظر جوامع گیاهی، کل شهرستان ورامین به‌ویژه مناطق جنوبی دشت ورامین، در جامعه استپی قرار می‌گیرد. با این وجود بخش اعظم منطقه را اراضی کشاورزی تشکیل می‌دهند که در طول سال پوشیده از گیاهان زراعی است که اغلب فصلی بوده و با گذشت فصول تغییر می‌کنند. بخشی از اراضی منطقه (به‌ویژه در بخش‌های جنوبی، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی شهرستان ورامین) نیز به‌صورت بایر بوده که اغلب پوشیده‌شده از گونه‌های خاص مناطق استپی-بیابانی است. در یک

تقسیم‌بندی کلی می‌توان پوشش گیاهی شهرستان ورامین را در سه بخش تیپ گیاهان زراعی (باغات و کشتزارها)، تیپ گیاهان مرتعی (استپی) و گیاهان اکوسیستم‌های آبی موردبررسی قرار داد.

۴.۲. شناسایی و بررسی محیط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی

رشد روزافزون جمعیت و متعاقب آن بهره‌برداری گسترده و گاه بی‌رویه از منابع طبیعی امروزه به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های بشر در مسیر ادامه حیات بر روی کره خاکی بدل گشته است. هم‌زمان با رشد جمعیت، میزان نیاز به آب و غذا افزایش یافته و به همان نسبت تولید فاضلاب، زه‌آب زراعی و همچنین زائدات و فاضلاب‌های صنعتی نیز افزایش خواهد یافت. در سال‌های اخیر علاوه بر رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و نرخ مهاجرت به مراکز استان‌ها، تغییر نوع زندگی و به فراخور آن نحوه استفاده از منابع طبیعی، الگوی مصرف آب در کشور را دچار تغییرات و تنش‌های جدی کرده است. بنابراین پیش از اتخاذ هرگونه تصمیم و یا اعمال احتمالی تغییرات در نحوه مدیریت تقاضای آب کشور، بررسی تفصیلی شرایط کنونی جمعیتی و همچنین الگوی تغییرات آن در سال‌های اخیر ضروری و حیاتی می‌نماید. از سویی دیگر، اساسی‌ترین هدف توسعه، دست‌یافتن به پیشرفت‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی است. بنابراین به‌منظور برنامه‌ریزی برای توسعه، آگاهی از وضعیت موجود منابع اجتماعی و اقتصادی، ضروری و جزء جدایی‌ناپذیر مطالعات مربوطه است.

۵.۲. پیش‌بینی اثرات طرح بر محیط زیست

اثرات مثبت و منفی شبکه زه‌کشی ورامین بر محیط‌های فیزیکی، طبیعی و اقتصادی-اجتماعی در مراحل ساختمانی و بهره‌برداری موردبررسی قرار می‌گیرد. شکل (۲) روندنمای انجام پژوهش را نشان می‌دهد.

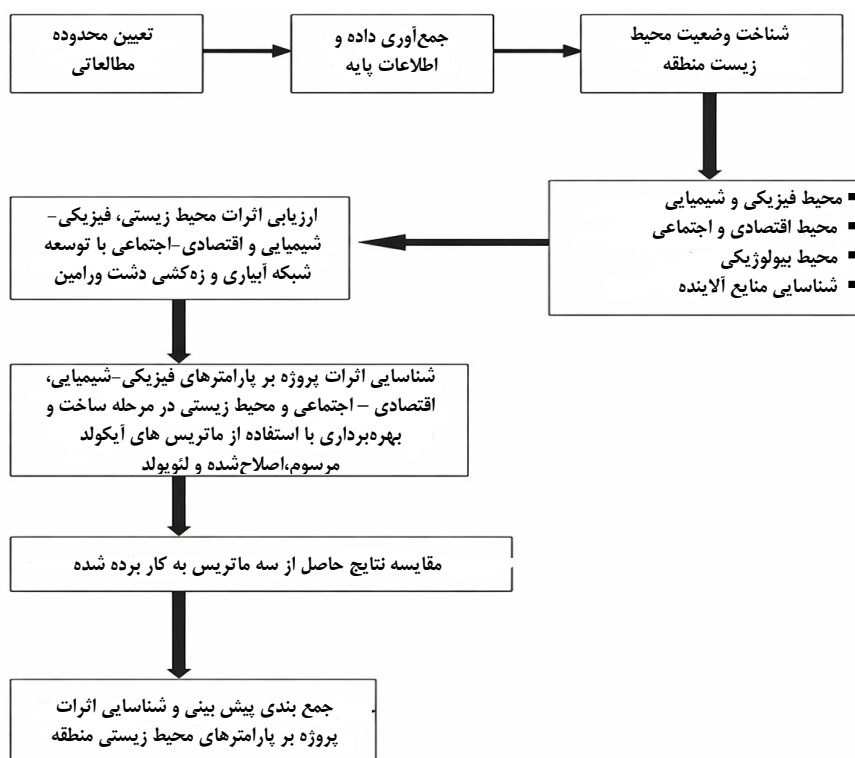


Figure 2. Research Workflow

۲.۵.۱. ارزیابی اثرات محیط زیستی

مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی بر چارچوب تعیین اثرات و پیامدها استوار است. به‌طور کلی اثرات زیست‌محیطی تغییراتی است که در اثر فعالیت‌های مختلف پروژه در محیط‌های فیزیکی، بیولوژیک و اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی پدید می‌آیند. طرح و یا طرح‌های مهندسی رودخانه در مرحله اجرا و بهره‌برداری شامل فعالیت‌های مختلفی است که بر اثر طبیعت این‌گونه فعالیت‌ها، عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی-اجتماعی در محیط زیست، محل و یا محدوده طرح و یا طرح‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در مطالعات شناسایی ارزیابی زیست‌محیطی طرح‌ها لازم است بیش‌تر با استفاده از اطلاعات موجود، این اثرات شناسایی و پیش‌بینی گردند و زمینه برای تجزیه و تحلیل اثرات و ارائه برنامه‌های تقلیل اثرات نامطلوب فراهم آید.

۲.۵.۲. ماتریس لئوپولد^۴

ماتریس‌ها، روابط علت و معلولی بین کارهای انجام‌شده در هر طرح را با پارامترهای محیط‌زیستی موردبررسی قرار می‌دهند. روش ماتریس، روشی کمی است، در صورت کم‌تجربه‌بودن ارزیاب و ارزش‌دهی غلط به دلیل میانگین‌گیری از تمام پارامترها، اشتباه تا حد زیادی تعدیل می‌شود و در کل نتیجه خللی وارد نمی‌شود (Beiranvand & Komasi, 2019). ماتریس‌ها انواع مختلفی دارند که در سال‌های گذشته توسعه و تکامل یافته و کاربرد فراوانی پیدا نموده‌اند و به صورت‌های مختلف دیگری نیز توسعه و به‌کاررفته است که برای نمونه می‌توان به ماتریس مور، ماتریس ارزیابی سریع، ماتریس ایکولد مرسوم، ماتریس ایکولد اصلاح‌شده و نیز ماتریس لئوپولد ایرانی اشاره نمود (Piri, 2011; Rostami et al., 2020).

ماتریس لئوپولد روشی ساده برای خلاصه‌سازی و رتبه‌بندی اثرات زیست‌محیطی فراهم می‌کند و کمک می‌کند تا بر آن دسته از اثراتی که بیش‌ترین اهمیت را دارند تمرکز شود. مزیت قالب ماتریسی این است که طیف کامل اقدامات، عوامل و اثرات مرتبط را یادآوری می‌کند. تا حد ممکن، تعیین میزان اثر (بزرگی) براساس اطلاعات واقعی انجام می‌شود. با این حال، تعیین اهمیت ممکن است تا حدی شامل نظر شخصی ارزیاب باشد. این جداسازی داده‌های واقعی از نظرات شخصی، یکی از مزایای ماتریس لئوپولد به‌شمار می‌آید (Ponce, 2017). در این روش، ماتریسی تشکیل می‌شود که ریز فعالیت‌های پروژه در مرحله ساختمانی در ستون‌های آن و فاکتورهای مختلف محیط‌زیست (بیولوژیکی، اقتصادی-اجتماعی، فیزیکی-شیمیایی، فرهنگی و استراتژیکی) در سطرها آن نوشته می‌شوند. در مربع محل تقاطع، هر فعالیت محیط‌زیستی که از آن فعالیت متأثر خواهد شد، شدت و دامنه اثر پیش‌بینی و ارزیابی می‌شود. در جمع‌بندی اثرات، میانگین اثرات مثبت و منفی برای هر فعالیت و هر فاکتور محیط‌زیستی محاسبه می‌شود و در نهایت نمرات دامنه و اهمیت اثرات در یکدیگر ضرب‌شده و نتایج جمع‌جبری می‌شوند و با توجه به نتیجه، گزینه برتر انتخاب می‌شود و رتبه‌بندی در ماتریس لئوپولد صورت می‌پذیرد. پس از تکمیل جدول برای هر یک از گزینه‌ها، مجموع حاصل ضرب اعداد مربوط به هر یک از دو ویژگی (اهمیت و دامنه اثر) بیانگر کمی تأثیر آن فعالیت بر تمام عوامل زیست‌محیطی موردبررسی است. برای تصمیم‌گیری در خصوص اثرات پیامدهای منفی و مثبت پروژه، از مبانی موجود در جدول (۱) استفاده می‌شود (Aliakbari-Beidokhti et al., 2017; Nazariha & Alinezhad, 2002; Valizadeh & Hakimian, 2019).

Table 1. Average Positive and Negative Environmental Impacts of the Project Based on the Leopold Matrix

Negative Impacts	Average Rating Range	Positive Impacts	Average Rating Range
Destructive or Very Severe Negative Consequences	-5 to -4.1	Excellent or Very Good Positive Consequences	+5 to +4.1
Severe, Bad, or Destructive Negative Consequences	-4 to -3.1	Good Positive Consequences	+4 to +3.1
Moderate Negative Consequences	-3 to -2.1	Moderate Positive Consequences	+3 to +2.1
Weak Negative Consequences	-2 to -1.1	Weak Positive Consequences	+2 to +1.1
Negligible Negative Consequences	-1 to 0	Negligible Positive Consequences	+1 to 0

۳.۵.۲. ماتریس آیکولد

ماتریس آیکولد یکی از روش‌هایی است که با استفاده از آن می‌توان نتایج کیفی EIA را در یک پروژه به صورت کمی بیان کرد. ماتریس آیکولد به عنوان یک روش سازمان‌یافته با چارچوبی فشرده، توانایی ارزیابی و تعیین میزان اثربخشی پروژه‌ها را در مراحل ساخت و بهره‌برداری را به طور جداگانه دارد (Ataei *et al.*, 2018). در این روش اثر هر یک از فعالیت‌های طرح بر عوامل زیست‌محیطی منطقه مطالعاتی در دو مرحله احداث و بهره‌برداری پروژه به تفکیک محیط‌های فیزیکی اکولوژیکی، اجتماعی و فرهنگی سنجیده و برای بزرگی دامنه اثر امتیازی بین صفر تا ۳ داده می‌شود. این ماتریس شامل چندین سطر و ستون است. در ستون‌های این ماتریس عوامل زیست‌محیطی آورده و در سطرها آن ریز فعالیت‌های پروژه نوشته می‌شود (KARImI *et al.*, 2014). از محاسن این ماتریس بیان ویژگی‌های هر اثر بر محیط‌زیست می‌باشد، به طوری که علامت‌ها و اعداد مورد استفاده در این ماتریس وضعیت و خصوصیات اثر را شرح می‌دهند (Mousavi *et al.*, 2012). برای ارزیابی توسط این ماتریس از علائمی با نمادهای ABCDE± استفاده می‌شود که خلاصه‌ای از آن در جدول (۲) ارائه می‌شود.

Table 2. Symbols and Abbreviations Applied in the Assessment Using the Conventional ICOLD Matrix

<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	Environmental Effect
Effect Specificity	Time of Occurrence	Effect Continuity	Effect Certainty	Effect Intensity	
Project Implementation (Y)	Short-term (I)	Temporary (T)	Certain ©	High (3)	Favorable Effect (+)
No-Option Scenario (N)	Medium term (M)	Permanent (P)	Probable (P)	Medium (2)	Unfavorable Effect (-)
	Long-term (L)		Improbable (I)	Low (1)	
			Uncertain (N)		

از محاسن ماتریس آیکولد، بیان ویژگی‌های هر اثر بر محیط‌زیست می‌باشد به طوری که علامت‌ها و اعداد مورد استفاده در این ماتریس، وضعیت و خصوصیات اثر را شرح می‌دهند. معایب این روش این است که، جمع‌بندی اثرات منفی و مثبت پروژه صورت نمی‌گیرد و از این رو، برای دستیابی به یک ارزیابی کمی و شناسایی گزینه مطلوب، بیش‌تر از روش‌های دیگر نظیر ماتریس لئوپولد استفاده می‌شود (Ghanian *et al.*, 2023).

۴.۵.۲. ماتریس آیکولد اصلاح‌شده

در این روش، برای کمی نمودن اثر فعالیت‌های پروژه بر روی جنبه‌های مختلف محیط‌زیست از ضرایب کمی متناسب با برخی از علائم به کاررفته در روش آیکولد مرسوم استفاده می‌شود. ضریب تأثیر مورد استفاده در روش موردنظر، از حاصل ضرب ارقام پیشنهادی برای قطعیت اثر، زمان وقوع اثر و نیز تداوم آن تعیین می‌گردد. در این روش فرض بر این است که شدت اثر هر فعالیت از پروژه عمدتاً به این سه عامل وابسته است. در جدول (۳) نمادها و ضرایب مورد استفاده در ماتریس آیکولد اصلاح‌شده ارائه می‌شود (Mohammadi *et al.*, 2016).

Table 3. Symbols and Coefficient Values Used for the Assessment in the Modified ICOLD Matrix

Coefficient	Status	Symbol	Impact Type	Coefficient	Status	Symbol	Impact Type	Coefficient	Status	Symbol	Impact Type
0.7	Temporary	T	Duration of Impact	1	Short-term	I	Time of Impact Occurrence	1	Certain	C	Certainty of Impact
				1.25	Medium-term	M		0.5	Probable	P	
1.5	Permanent	P		1.5	Long-term	L		0	Improbable	I	

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳.۱. گزینه اجرای طرح (ماتریس آی‌کولد مرسوم و اصلاح‌شده)

در این پژوهش، اجرای طرح در سه مرحله شامل فاز ساختمانی، فاز بهره‌برداری و مرحله پس از اقدامات اصلاحی مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی اثرات پروژه از یک ماتریس با ۴۴ پارامتر محیط‌زیستی شامل ۱۸ پارامتر فیزیکی، ۱۲ پارامتر زیستی و ۱۴ پارامتر اقتصادی-اجتماعی در محور عمودی و ۱۵ فعالیت در محور افقی استفاده شد. این فعالیت‌ها به تفکیک شامل پنج فعالیت در مرحله احداث، هفت فعالیت در دوره بهره‌برداری و سه فعالیت در مرحله پس از اقدامات اصلاحی هستند. نتایج تحلیل اثرات فعالیت‌ها با استفاده از ماتریس ICOLD، به صورت خلاصه در جدول‌های (۴)، (۵) و (۶) به ترتیب برای سه فاز یادشده ارائه شده است. در جدول‌های اشاره‌شده ابتدا تعداد پارامترهای مثبت و منفی حاصل از شمارش خانه‌های ماتریس تعیین شده و سپس شدت اثر و ضریب تأثیر هر کدام در مراحل مختلف در هم ضرب گردیده است. حاصل این محاسبات، عدد نهایی ارزیابی برای هر مرحله را نشان می‌دهد.

Table 4. Findings of the Modified ICOLD Matrix during the Construction Phase

Abbreviations	Impact Coefficient	Impact Intensity	Effects on the Physical Environment				Effects on the Natural Environment				Effects on the Socio-Economic Environment			
			Number		Result		Number		Result		Number		Result	
			Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative
CIT	0.7	1	0	4		0	0			0	6			
		2	0	4	0	8.40	1	0	1.40	0	4	2	5.60	7.00
		3	0	0			0	0			0	0		
CIP	1.5	1	0	0			0	1		0	0			
		2	0	1	0	3.00	0	0	0	1.50	2	0	6.00	0
		3	0	0			0	0			0	0		
CLP	2.25	1	0	0			0	0		0	0			
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	0	0			0	0			0	0		
CLT	1.05	1	0	0			0	0		0	0			
		2	0	0	0	0	2	0	0	4.20	0	0	0	0
		3	0	0			0	0			0	0		
MIT	0.35	1	0	6			0	4		4	0			
		2	0	0	0	2.10	0	0	0	1.40	0	1	1.40	0.70
		3	0	0			0	0			0	0		
MIP	0.75	1	0	0			0	3		1	0			
		2	0	0	0	0	0	0	0	2.25	0	1	0.75	1.50
		3	0	0			0	0			0	0		
MLP	1.25	1	0	0			0	0		3	0			
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.75	0
		3	0	0			0	0			0	0		
MLT	0.52	1	0	2			0	0		0	0			
		2	0	0	0	1.04	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	0	0			0	0			0	0		
Total	-	-	0	17	0	14.54	2	22	1.40	9.35	14	10	17.50	9.20

تعداد فعالیت‌های اجرایی اعم از ساختمانی، بهره‌برداری و اصلاحی-کنترلی به ترتیب پنج، هفت و سه و در مجموع ۱۵ فعالیت می‌شود. تعداد پارامترهای زیست‌محیطی نیز برای بخش فیزیکی، طبیعی و اقتصادی، اجتماعی به ترتیب ۱۸، ۱۲ و ۱۴ می‌باشد. پس از این‌رو، مجموع اثرات محتمل در ماتریس آی‌کولد برابر با ۶۶۰ است که از حاصل ضرب مجموع فعالیت‌های اجرایی و مجموع پارامترهای زیست‌محیطی به دست آمده است. از مجموع ۱۱۳ اثر مثبت با درجه

اهمیت کم، متوسط و زیاد که به ترتیب با +۱، +۲ و +۳ نشان داده می‌شوند؛ تعداد ۱۳ اثر در محیط فیزیکی، ۱۹ اثر در محیط طبیعی و ۳۰ اثر در محیط اقتصادی، اجتماعی با میزان اهمیت کم شناسایی شدند. هم‌چنین، تعداد اثرات با میزان اهمیت متوسط در محیط‌های سه‌گانه به ترتیب هشت، نه و ۲۳ می‌باشد. تعداد اثرات با اهمیت زیاد (+۳) در محیط اقتصادی، اجتماعی نسبت به دو محیط دیگر بیش‌تر است. به طوری که در این محیط ۷ اثر آن هم در بخش بهره‌برداری دیده می‌شود. حال آن که در محیط فیزیکی و طبیعی این تعداد آثار به ترتیب به ۳ و ۱ کاهش یافته است. از مجموع ۸۲ اثر منفی در هر سه محیط یادشده، به ترتیب در محیط فیزیکی، طبیعی و اقتصادی، تعداد ۲۸، ۱۶ و ۱۷ اثر با اهمیت کم (-۱) دیده می‌شود. آثاری که دارای اهمیت متوسط (-۲) هستند در محیط فیزیکی ۸ اثر، در محیط طبیعی ۵ و در محیط اقتصادی، اجتماعی ۲ اثر شناسایی شدند. تنها در محیط فیزیکی آن هم در بخش بهره‌برداری ۲ اثر با میزان اهمیت زیاد (-۳) دیده شد.

Table 5. Outcomes of the Modified ICOLD Matrix Assessment in the Operation Phase

Abbreviations	Impact Coefficient	Impact Intensity	Effects on the Physical Environment				Effects on the Natural Environment				Effects on the Socio-Economic Environment					
			Number		Result		Number		Result		Number		Result			
			Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative		
CIT	0.7	1	0	9	0.00	7.70	0	2	0.00	1.40	12	0	9.80	0.00		
		2	0	1			0	0			1	0				
		3	0	0			0	0			0	0				
CIP	1.5	1	0	2	3.00	18.00	1	0	13.50	9.00	0	0	21.00	3.00		
		2	1	2			4	3			3	1				
		3	0	2			0	0			2	0				
CLP	2.25	1	2	1	31.50	2.25	4	2	15.75	13.50	4	3	69.75	11.25		
		2	5	0			0	2			6	1				
		3	1	0			1	0			5	0				
CLT	1.05	1	0	0	0/0	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00		
		2	0	0			0	0			0	0				
		3	0	0			0	0			0	0				
MIT	0.35	1	0	2	0.00	0.70	0	0	0.00	0.00	5	0	1.75	0.00		
		2	0	0			0	0			0	0				
		3	0	0			0	0			0	0				
MIP	0.75	1	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	1	0	0.75	0.00		
		2	0	0			0	0			0	0				
		3	0	0			0	0			0	0				
MLP	1.25	1	0	2	3.75	1.50	0	4	2.50	5.00	0	4	0.00	5.00		
		2	1	0			1	0			0	0				
		3	0	0			0	0			0	0				
MLT	0.52	1	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00		
		2	0	0			0	0			0	0				
		3	0	0			0	0			0	0				
Total	-	-			10	21	38.25	30.15	10	13	31.75	28.90	39	9	103.05	25.19

۲.۳. گزینه اجرای طرح (ماتریس لئوپولد)

ماتریس لئوپولد ابزاری کلیدی برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی فعالیت‌های انسانی بر اجزای مختلف محیط است. در این بخش ادهای بخش ساختمانی و محیط فیزیکی پروژه بررسی شده‌اند. جدول (۶) ماتریس تشکیل شده برای بخش ساختمانی - محیط فیزیکی را نشان می‌دهد.

Table 6. Leopold Matrix for the Physical Environment in the Construction Phase

Environmental parameter	Construction of access roads	Fuel supply and storage drilling machines	Transportation	Waste disposal	Construction of concrete structures	Total activity points
Climate and microclimate	-4	-10	3	-1	-2	-14
Water quantity of Band-e Ali Khan Wetland	9	1	7	-7	4	14
Water quality of Bande Ali Khan Wetland	4	1	-2	7	2	12
Quantity of Water in the Shour River	0	6	10	1	-10	7
Quality of Water in the Shour River	-3	-1	-9	-9	-4	-26
Groundwater quality	10	5	9	-1	-2	21
Groundwater quantity	-4	4	4	-7	-10	-13
Flood	8	4	-4	3	1	12
Sedimentation of the Shour River	0	8	1	5	-3	11
Sedimentation of Band-e Ali Khan Wetland	0	1	-3	4	0	2
The self-purification capacity of Shour River	10	9	4	-3	8	28
The self-purification capacity of Band-e Ali Khan Wetland	-7	-8	-8	3	6	-14
Morphology of the Shour River	-3	-6	3	-3	-3	-12
Landform	-8	8	6	10	-8	8
Soil erosion	10	-4	-7	5	-8	-4
Soil quality	-9	10	7	2	-10	0
Air quality	1	-2	-3	7	-6	-3
Sound quality	-5	-4	-7	4	-1	-13
Biodiversity	-9	7	-9	10	-4	-5
Natural landscape	10	-7	-5	2	-2	-2
Total points	10	22	-22	41	-52	16

همان‌طور که در جدول (۶) ملاحظه می‌شود اعداد مثبت به معنای اثر مثبت (بهبود شرایط یا منفعت) است و اعداد منفی نشان‌دهنده اثر منفی (تشدید آسیب یا افت کیفیت) است. ستون آخر یعنی جمع امتیاز فعالیت‌ها نشان‌دهنده هر یک از فعالیت‌هایی است که اثر مثبت یا منفی بر کل محیط گذاشته است. ردیف آخر (جمع امتیاز پارامتر) نشان می‌دهد هر پارامتر در کل پروژه چه وضعیتی خواهد داشت. با بررسی فعالیت‌ها در بخش ساختمانی و در محیط فیزیکی می‌توان گفت که دفع پسماند با مجموع امتیاز ۴۱ بیش‌ترین اثر مثبت را داشته که احتمالاً به دلیل پیش‌بینی سیستم مدیریت پسماند مناسب و کاهش آلودگی است. ساخت سازه‌های بتنی با امتیاز منفی ۵۲ بیش‌ترین اثر مخرب را داشته که این اثر به‌ویژه بر کیفیت و کمیّت آب‌ها، خاک و منظر طبیعی بوده است. این فعالیت بیش‌ترین نقطه ضعف پروژه است. مجموع کل امتیازات (+۱۶) شده است. اما این نتیجه تا حد زیادی به امتیازهای بالای دفع پسماند و تأمین سوخت بستگی دارد و توسط اثرات منفی سازه بتنی تهدید می‌شود.

در جدول (۷) ماتریس لئوپولد برای بخش ساختمانی محیط طبیعی آورده شده است. در ادامه به بررسی این جدول پرداخته می‌شود.

Table 7. Leopold Matrix for the Natural Environment in the Construction Phase

Parameter	Construction of access roads	Supply and storage of fuel for drilling machines	Transportation	Waste disposal	Construction of concrete structures
Crop cover	-4	-3	-1	-2	1
Rangeland vegetation cover	9	-8	5	-4	-3
Vegetation cover of Band-e Ali Khan Wetland	4	10	4	7	4
Vegetation of the Shour River	0	-9	4	-7	-8
Mammal diversity and density	-3	1	8	3	3
Bird diversity and density	10	-5	1	7	6
Diversity and Density of Amphibians	-4	-9	9	-2	-7
Diversity and density of reptiles	8	10	-8	10	7
Insect diversity and density	0	-10	-6	-9	-3
Diversity and Density of Aquatic Species	0	1	8	9	-7
Threatened plant species	10	1	-4	4	-9
Sum of activity effects	30	-21	20	16	-16

همان‌طور که ملاحظه می‌شود جاده‌های دسترسی با مجموع امتیاز +۳۰ بیش‌ترین اثر مثبت بر پوشش گیاهی (+۹) و تنوع پرندگان (+۱۰) داشته است و بر پوشش گیاهی زراعی (-۴) و برخی گونه‌های جانوری (-۷) بیش‌ترین اثر منفی را دارد. دفع پسماند با مجموع امتیاز (+۱۶) روی پوشش گیاهی تالاب (+۷)، تراکم پرندگان (+۷) و تنوع آبزیان (+۹) اثر مثبت داشته است. ساخت سازه‌های بتنی (-۱۶) نیز بیش‌ترین اثر منفی روی پوشش گیاهی رودخانه شور (-۸)، تنوع و تراکم دوزیستان (-۷) و تراکم گونه‌های گیاهی در معرض تهدید (-۹) داشته است. در جدول (۸) ماتریس لئوپولد برای بخش ساختمانی، محیط اقتصادی، اجتماعی تشکیل داده شد.

Table 8. Leopold Matrix for the Socio-Economic Environment in the Construction Phase

Parameter	Construction of access roads	Supply and storage of fuel for drilling machines	Transportation	Waste disposal	Construction of concrete structures	Sum of parameters
Population growth	-4	10	7	-7	-10	3
Preventing rural migration	9	-10	-7	-9	4	-19
Human health	4	1	3	-5	10	12
Livestock health	0	1	7	-1	2	5
Plant health	-3	6	-2	-7	-2	-10
Wildlife health	8	4	9	-9	-10	-1
Accidents and safety	0	8	-4	-7	-2	-14
Land value	10	1	1	3	-10	-5
Land Ownership	-7	9	-3	5	1	10
Land use	-3	-8	4	4	-3	-12
Agriculture and Animal Husbandry	10	8	3	3	8	33
Public facilities and equipment	-9	-4	6	-3	6	-7
Commerce, services and industry	1	10	-7	10	-3	3
Infrastructure facilities	-5	-2	7	5	-8	-13
Total activities	11	34	24	-18	0	-15

با توجه به جدول (۸) می‌توان گفت که فعالیت کشاورزی و دامپروری (+۳۳)، سلامت انسان (+۱۲) و مالکیت اراضی (+۱۰) دارای بیش‌ترین اثر مثبت هستند. این در حالی است که جلوگیری از مهاجرت روستاییان (-۱۹)، حوادث و ایمنی (-۱۴)، زیرساخت‌ها (-۱۳) و کاربری اراضی (-۱۲) دارای بیش‌ترین اثر منفی هستند. دفع پسماند با امتیاز (-۱۸) به‌عنوان فعالیت مخرب و سخت رسانی به ماشین آلات حفاری (+۳۴) مؤثرترین اثر شناخته شد.

در جدول (۹) ماتریس لئوپولد، بخش بهره‌برداری - محیط فیزیکی آمده است. براساس جدول (۱۰)، کیفیت هوا، کیفیت آب رودخانه شور، توان خودپالایی تالاب بند علیخان و کمیته آب‌های زیرزمینی به ترتیب با (+۳۰)، (+۱۹)، (+۱۸) و (+۱۴) امتیاز، بیش‌ترین اثر مثبت را داشتند. این در حالی است که اقلیم و میکروکلیم با امتیاز (-۱۸) بیش‌ترین اثر منفی را دارد. درخصوص فعالیت‌ها هم باید اشاره داشت که تردد ماشین‌آلات (+۲۵)، رهاسازی زه‌آب و نگهداری سازه‌ها هر یک با امتیاز (+۱۶) بیش‌ترین تأثیر مثبت را داشته و لایروبی زه‌کشی (-۹) تنها فعالیت منفی محسوب می‌شود.

در جدول (۱۰) همچون محیط ساختمانی به بررسی بخش بهره‌برداری در محیط طبیعی پرداخته شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تنوع دوزیستان (-۵) قوی‌ترین اثر منفی را دارد که احتمالاً حساس به تغییرات هیدرولوژی و کیفیت آب است. در این ماتریس برخی فعالیت‌ها همچون زه‌کشی زه‌آب از اراضی کشاورزی و لایروبی زه‌کشی تأثیر مثبت داشته‌اند. تردد ماشین‌آلات (-۱۳) تأثیر منفی قابل توجه بر تنوع زیستی به‌ویژه بر تنوع دوزیستان و آبزیان دارد.

Table 9. Leopold Matrix for the Physical Environment in the Operation Phase

Environmental parameters	Drainage of water from agricultural lands	Drainage dredging	Removing weeds inside the drain with mechanical means	Washing machines	Release of sewage from agricultural lands	Machinery traffic	Maintenance of technical structures	Total parameters
Climate and microclimate	-9	-5	9	3	1	-8	-9	-18
Water quantity of Band-e Ali Khan Wetland	4	9	-9	3	2	-3	4	10
Water quality of Band-e Ali Khan Wetland	9	1	0	-4	-1	-9	10	6
Quantity of Water in the Shour River	6	-8	2	-3	3	7	4	11
Quality of Water in the Shour River	-6	-6	9	8	3	3	8	19
Groundwater quality	-10	10	4	2	2	-1	0	7
Groundwater quantity	6	2	9	0	-8	3	2	14
Flood	1	4	-7	5	9	-6	-3	3
Sedimentation of the Shour River	-10	-10	8	1	-5	8	-7	-15
Sedimentation of Band-e Ali Khan Wetland	3	-10	5	-9	-3	1	-4	-17
The self-purification capacity of Shour River	4	7	-3	-8	1	-5	1	-3
The self-purification capacity of Band Ali Khan Wetland	-6	5	10	-1	1	8	1	18
Shour river Morphology	-6	-6	9	-3	3	6	8	11
Shape of the Land	10	-4	-10	10	-2	2	-9	-3
Soil erosion	-2	-4	-7	-3	7	7	-7	-9
Soil quality	0	5	-4	-4	4	-5	0	-4
Air quality	6	8	-9	3	4	9	9	30
Sound quality	4	-7	-10	3	-5	8	8	1
Total activities	4	-9	6	3	16	25	16	61

Table 10. Leopold Matrix for the Natural Environment in the Operation Phase

Parameter	Drainage of water from agricultural lands	Drainage dredging	Removing weeds inside the drain with mechanical means	Washing machines	Release of sewage from agricultural lands	Machinery traffic	Maintenance of technical structures
Crop cover	3	3	0	0	0	0	0
Rangeland vegetation cover	2	2	0	0	0	-1	0
Vegetation cover of Band Ali Khan Wetland	2	2	0	0	0	-2	0
Vegetation of the Shour River	2	2	0	0	0	-2	0
Mammal diversity and density	1	1	0	0	0	-1	0
Bird diversity and density	1	1	0	0	0	-1	0
Diversity and density of amphibians	-1	-1	0	0	0	-2	0
Diversity and density of reptiles	1	1	0	0	0	-2	0
Insect diversity and density	1	1	0	0	0	2	0
Diversity and density of aquatic animals	0	0	0	0	0	-2	0
Threatened plant species	2	2	0	0	0	-1	0
Total activities	14	14	0	0	0	-13	0

با توجه به جدول (۱۱)، بیش‌ترین آسیب‌ها به‌ترتیب مربوط به کشاورزی و دامپروری (۲۸-)، بازرگانی، خدمات و صنعت (۲۷-)، تأسیسات و تجهیزات عمومی (۲۲-)، سلامت گیاهان (۲۰-) و مالکیت و کاربری اراضی (۱۵- و ۱۴-) است. سوء اثرها ناشی از لایروبی زه‌کشی، رهاسازی زه‌آب و تردد ماشین‌آلات است و تأثیر منفی زیادی بر کشاورزی و دامپروری و ارزش اقتصادی زمین دارد. همچنین باید گفت که اثر مثبت قابل‌توجه وجود ندارد به‌جز در حوادث و ایمنی با امتیاز (+۵). جمع کل امتیازها نیز ۱۵۲- شده است که نشان‌دهنده این است که طرح اثر خالص منفی قابل‌توجه دارد و این زنگ خطری است برای بخش مدیریتی که بیان می‌کند بدون اقدامات جدی کاهش اثرات، موازنه محیطی-اقتصادی به ضرر منطقه خواهد بود.

Table 11. Leopold Matrix for the Socio-Economic Environment in the Operation Phase

Parameter	Drainage of water from agricultural lands	Drainage dredging	Removing weeds inside the drain with mechanical means	Washing machines	Release of sewage from agricultural lands	Machinery traffic	Sum of parameters
Population growth	0	0	2	-2	-9	5	-4
Preventing rural migration	-7	4	-6	5	5	-7	-6
Human health	-9	-1	5	0	1	4	0
Livestock health	-1	-9	5	1	4	3	3
Plant health	-10	-6	5	5	-7	-7	-20
Wildlife health	-7	3	-8	-2	3	2	-9
Accidents and safety	1	5	5	-6	4	-4	5
Land value	3	2	3	-8	-9	0	-9
Land ownership	1	5	-5	-2	-9	-5	-15
Land use	-5	-9	-2	2	-1	1	-14
Agriculture and animal husbandry	-7	-2	-10	0	-1	-8	-28
Public facilities and equipment	-9	3	5	-6	-9	-6	-22
Commerce, services and industry	2	-6	0	-7	-7	-9	-27
Infrastructure and infrastructure facilities	5	-5	4	5	-5	-10	-6
Total activities	-43	-16	3	-15	-40	-41	-152

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به ماهیت مداخله‌گرایانه‌ی طرح‌های آبیاری و زه‌کشی و پتانسیل آن‌ها در ایجاد پیامدهای زیست‌محیطی در مقیاس‌های محلی و حوضه‌ای، انجام ارزیابی جامع اثرات زیست‌محیطی پیش‌نیاز اصلی دست‌یابی به توسعه‌ای پایدار در این‌گونه پروژه‌ها محسوب می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که آثار طرح‌های آبیاری و زه‌کشی محدود به محدوده فیزیکی پروژه نیست و می‌تواند از طریق تغییر در رژیم هیدرولوژیکی، کیفیت منابع آب و خاک و ساختار اکوسیستم‌ها، محیط‌های بالادست و پایین‌دست و همچنین جوامع انسانی وابسته را تحت تأثیر قرار دهد.

به‌کارگیری هم‌زمان سه ابزار ارزیابی شامل ماتریس آیکولد مرسوم، آیکولد اصلاح‌شده و ماتریس لئوپولد امکان تحلیل چندلایه و مکمل اثرات زیست‌محیطی را فراهم ساخت. ماتریس آیکولد مرسوم با ارائه تصویری سریع و کلی، به‌ویژه در مرحله ساخت، برای شناسایی اولیه اثرات بحرانی و حمایت از تصمیم‌گیری‌های مقدماتی مناسب ارزیابی شد. در مقابل، آیکولد اصلاح‌شده با لحاظ شرایط بومی و افزایش دقت تحلیلی، توانست اثرات تجمعی، غیرمستقیم و بلندمدت پروژه را با وضوح بیش‌تری آشکار سازد و مبنای مطمئن‌تری برای مقایسه گزینه‌های مدیریتی فراهم کند. ماتریس لئوپولد نیز با رویکرد سیستماتیک و چندبعدی خود، روابط علت و معلولی میان فعالیت‌های اجرایی پروژه و مؤلفه‌های مختلف محیط‌زیست را شناسایی کرده و اولویت‌بندی اثرات شاخص را امکان‌پذیر ساخت.

تجمع نتایج حاصل از این سه روش نشان داد که اتکای صرف بر یک ابزار ارزیابی، نمی‌تواند پیچیدگی‌های زیست‌محیطی طرح‌های آبیاری و زه‌کشی را به‌طور کامل منعکس کند. در مقابل، رویکرد تلفیقی پیشنهادی ضمن افزایش اعتبار نتایج، چارچوبی عملی برای کاهش اثرات منفی، تقویت پیامدهای مثبت و ارتقای پایداری زیست‌محیطی پروژه فراهم می‌آورد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در ارزیابی‌های زیست‌محیطی آتی طرح‌های آبیاری و زه‌کشی، از رویکردهای ترکیبی و بومی‌سازی‌شده استفاده شود تا تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و اجرایی بر پایه تحلیل‌های جامع، واقع‌گرایانه و مبتنی بر شرایط منطقه‌ای صورت گیرد.

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Environmental impact assessments (EIA)
2. International Committee on Large Dam (ICOLD)
3. Modified ICOLD Matrix
4. Leopold Matrix

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Aliakbari-Beidokhti, Z., Ghazizade, M. J., & Gholamalifard, M. (2017). Environmental impact assessment of municipal solid waste disposal site using rapid impact assessment matrix (riam) analysis in mashhad city, iran. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 16(10).
- Ashofteh, P.-S., Bozorg-Haddad, O., & Loáiciga, H. A. (2017). Multi-criteria environmental impact assessment of alternative irrigation networks with an adopted matrix-based method. *Water Resources Management*, 31(3), 903-928.
- Ataei, P., Khatir, A., Izadi, N., & Frost, K. J. (2018). Environmental impact assessment of artificial feeding plans: the Hammami plain in Iran. *EQA-international Journal of Environmental Quality*, 27, 19-38.
- Beiranvand, B., & Komasi, M. (2019). Monitoring and numerical analysis of pore water pressure changes Eyvashan dam during the first dewatering period. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 6(1), 1-7.
- Gadissa, T., Nyadawa, M., Behulu, F., & Mutua, B. (2018). The effect of climate change on loss of lake volume: case of sedimentation in central rift valley basin, Ethiopia. *Hydrology*, 5(4), 67.
- Ghanian, M., Taqipour, M., Abdeshahi, A., & Forouzani, M. (2023). Environmental Impact Assessment of Land reclamation Project in Khuzestan Province; case of study Miyanab irrigation and drainage network. *Journal of Geography and Planning*, 27(84), 95-109.
- Jie, L., Jing, Y., Wang, Y., & Shu-xia, Y. (2010). Environmental impact assessment of land use planning in Wuhan city based on ecological suitability analysis. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 185-191.
- KARImI, S., AlAvIPoor, F. S., ForouGhI, N., Nahavandchi, M., & Khakian, A. (2014). Environmental Impact Assessment (EIA) of Gas Pipeline Transmission (Case Study: Duzdizan-Ahar). *Current World Environment*, 9(3), 686.
- Mohammadi, M., Jozi, S., & Pursina, S. (2016). Assessing environmental effects of aromatizing unit by comparing leopold, modified leopold, and icold techniques. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(3), 746-768.
- Mousavi, S., Sheikh Goudarzi, M., & Kaviani, A. (2012). A comparison of modified Leopold Matrix and ICOLD Matrix in the environmental impact assessment of Koor (Nahang) dam in the Sistan and Baluchistan province. *Journal of Environmental Management and Planning*, 2(4), 15-25.
- Nahvi, A., Daghighi, A., & Nazif, S. (2018). The environmental impact assessment of drainage systems: a case study of the Karun river sugarcane development project. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(2), 185-195.
- Naranjo-Fernández, N., Guardiola-Albert, C., Aguilera, H., Serrano-Hidalgo, C., Rodríguez-Rodríguez, M., Fernández-Ayuso, A., Ruiz-Bermudo, F., & Montero-González, E. (2020). Relevance of spatio-temporal rainfall variability regarding groundwater management challenges under global change: Case study in Doñana (SW Spain). *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 34(9), 1289-1311.
- Nazariha, M., & Alinezhad, S. (2002). Planning for improvement and reduce of negative environmental signs of Rajaii Dam. *Environmental Studies*, 30, 9-18.
- Piri, H. (2011). Environmental impact assessment of Chah Nimeh Four construction in Zabol. *Town and Country Planning*, 3(5), 145-163.
- Ponce, V. (2017). The Leopold Matrix for evaluating environmental impact. *edisciplinas. usp. br*. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5778102/mod_resource/content/1/full_leopold_matrix.pdf (accesado en 1 de septiembre, 2021).

- Rostami, A. A., Sattari, M. T., & Mosaferi, M. (2020). Environmental Impact Assessment of the Sanitation Project of AjiChay River by Two Methods of Pastakia and Weighted Checklist. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab (in persian)*, 31(5), 41-57.
- Valizadeh, S., & Hakimian, H. (2019). Evaluation of waste management options using rapid impact assessment matrix and Iranian Leopold matrix in Birjand, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(7), 3337-3354.
- Zoratipour, E., Hooshmand, A., & Cheraghi, M. (2022). Environmental Impact Assessment of Irrigation and Drainage Network Using the Conventional and Modified ICOLD Matrix Methods. *Environment*, 8(2), 317-332.