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

چکیده

هدف از ارزیابی اثرات محیط زیست پروژه، تحلیل وضعیت محیط‌زیستی فعالیت‌های پروژه و اثرات آن بر محیط زیست منطقه بوده کهاجرای اقدامات اصلاحی ارزیابی می‌شود. چرخه ممیزی زیست محیطی، اقدامات اصلاحی، بررسی نتیجه و ممیزی مجدد در تحلیل نتایج باید دقیق و منطقی باشد تا اقدامات مناسب اصلاحی تعریف و اجرا شود. باتوجه 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 ارائه نمایی کلی و سریع از آثار ـ به‌ویژه در مرحله ساخت ـ 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.

کلمات کلیدی: *آبیاری و زهکشی ورامین ، آیکولد اصلاح‌شده، ارزیابی زیست‌محیطی، ماتریس لئوپولد*

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 به عنوان 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 به همراه 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 خسارات 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 به شمار می‌رود.

در حال حاضر، کاربرد روش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی[1] 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 ارتقاء 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 ازجمله کشورمان می‌باشد. روش آیکولد که توسط کمیته ملی سدهای بزرگ طراحی‌شده، ماتریسی است که به شکل کیفی به ارزیابی اثرات می‌پردازد و ماتریس لئوپولد به‌صورت کمی به ارزیابی زیست‌محیطی می‌پردازد. ذرتی پور و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثرات محیط‌زیستی شبکه آبیاری و زهکشی با استفاده از دو روش ماتریس آیکولد مرسوم[2] و آیکولد اصلاح‌شده[3] 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 ٤٥٨/٩٦ و مجموع امتیازات منفی ٤٤٧ و ٢٨٥/٨٤ بود. بیشترین امتیازات مثبت در هر دو روش مربوط به بعد اجتماعی–اقتصادی (٤٨٠ و ١٦/٢٥٧) بود که

نشان‌دهنده نقش سازنده پروژه در این بخش است (Zoratipour et al., 2022). تحقیقی که توسط آشفته و همکارانش (۲۰۱۷) در خصوص ارزیابی اثرات زیست‌محیطی چند معیاره 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 درنتیجه سودمندتر از گزینه عدم اجرا که امتیاز ۳۵٦– را به دست آورد (Ashofteh et al., 2017). در تحقیقی که توسط پوریا عطایی و همکارانش در مورد ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های تغذیه مصنوعی: دشت حمامی در ایران انجام شد، نتایج حاکی از آن است که اجرا و بهره‌برداری از طرح‌های تغذیه مصنوعی بیشترین تأثیرات مثبت بر محیط اجتماعی–اقتصادی دارد. این در حالی است، که نمی‌توان تأثیرات منفی واردشده بر محیط‌های فیزیکی، اکولوژیکی و فرهنگی را نادیده گرفت و باید اثرات آن را کاهش داد. همین محققان در مطالعه‌ای دیگر به ارزیابی مؤلفه‌های زیست‌محیطی احداث شبکه آبیاری و زهکشی در راستای توسعه روستایی (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی بند فیض‌آباد استان فارس) پرداختند. در این تحقیق از روش ماتریس آیکولد استفاده شد که اثر هر یک از فعالیت‌های طرح بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی فیزیکی، اکولوژیکی و اجتماعی – فرهنگی در دو مرحله احداث و بهره‌برداری سنجیده شد. یافته‌ها نشان داد که پیامدهای واردشده طرح بر کل محیط‌زیست مثبت بوده است (۱٤۸) امتیاز). این در حالی است که محیط اجتماعی فرهنگی ۱۸۷+ امتیاز محیط اکولوژیکی ۱۳– امتیاز و محیط فیزیکی ۲٦– امتیاز را به خود اختصاص داده است. با توجه به نتایج، اجرای طرح شبکه آبیاری و زهکشی بند فیض‌آباد با رعایت استانداردها بلامانع می‌باشد (Ataei et al., 2018).

ماتریس‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نظیر آیکولد مرسوم، آیکولد اصلاح‌شده و لئوپولد، از پرکاربردترین ابزارهای مورد استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات طرح‌های آبیاری و زهکشی به شمار می‌روند که هر یک دارای توانمندی‌ها و محدودیت‌های خاص خود هستند. مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که اغلب پژوهش‌ها به‌صورت منفرد از این روش‌ها استفاده کرده‌اند و بررسی‌های تطبیقی نظام‌مند برای ارزیابی کارآمدی و حساسیت آن‌ها در شرایط واقعی پروژه‌های آبیاری و زهکشی، به‌ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران، محدود بوده است. این خلأ پژوهشی، زمینه‌ساز ضرورت انجام مطالعه‌ای مقایسه‌ای با رویکرد کاربردی می‌باشد که بتواند تفاوت‌ها، مزایا و کاستی‌های این ابزارها را در بستر یک پروژه واقعی آشکار سازد. بر این اساس، هدف اصلی این پژوهش، مقایسه و ارزیابی عملکرد ماتریس‌های آیکولد مرسوم، آیکولد اصلاح‌شده و لئوپولد در شناسایی، پیش‌بینی و اولویت‌بندی اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های آبیاری و زهکشی است که به‌طور مشخص در قالب مطالعه موردی طرح زهکشی ورامین در استان تهران انجام می‌شود. در این تحقیق، با اعمال هم‌زمان این روش‌ها بر یک پروژه واحد، میزان دقت، حساسیت و قابلیت تفکیک اثرات هر یک مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یک چارچوب کاربردی برای انتخاب آگاهانه و هدفمند ابزار ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در طرح‌های آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار گیرد و ضمن افزایش دقت مطالعات EIA، از تصمیم‌گیری‌های ناکارآمد و پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی در فرآیند توسعه منابع آب جلوگیری کرده و مسیر توسعه پایدار را هموار سازد.

۲.مواد و روش‌ها

۲. ۱ موقعیت و ویژگی‌های منطقه مطالعاتی

منطقه ورامین قطب تولیدات کشاورزی و دامی استان تهران و کشور است. ۱۳۰هزار 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 سال‌های اخیر کارشناسان، مسئولین و کشاورزان منطقه به ضرورت زهکشی در این منطقه پی برده‌اند. از این رو جهاد کشاورزی شهرستان ورامین با هدف بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک، توسعه کشاورزی در منطقه و فراهم نمودن زمینه‌های شغلی مناسب، مطالعات تکمیلی احداث زهکش‌ها و اصلاح در حدود ۱۱۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی منطقه جنوب و جنوب غربی دشت ورامین را در دستور کار خود قرار داده است. زهدار بودن 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، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در اراضی کشاورزی و حتی در مناطق مسکونی (به ویژه مناطق شمالی و شمال غربی محدوده مطالعاتی). شکل ۱ موقعیت محدوده منطقه را نشان می‌دهد.

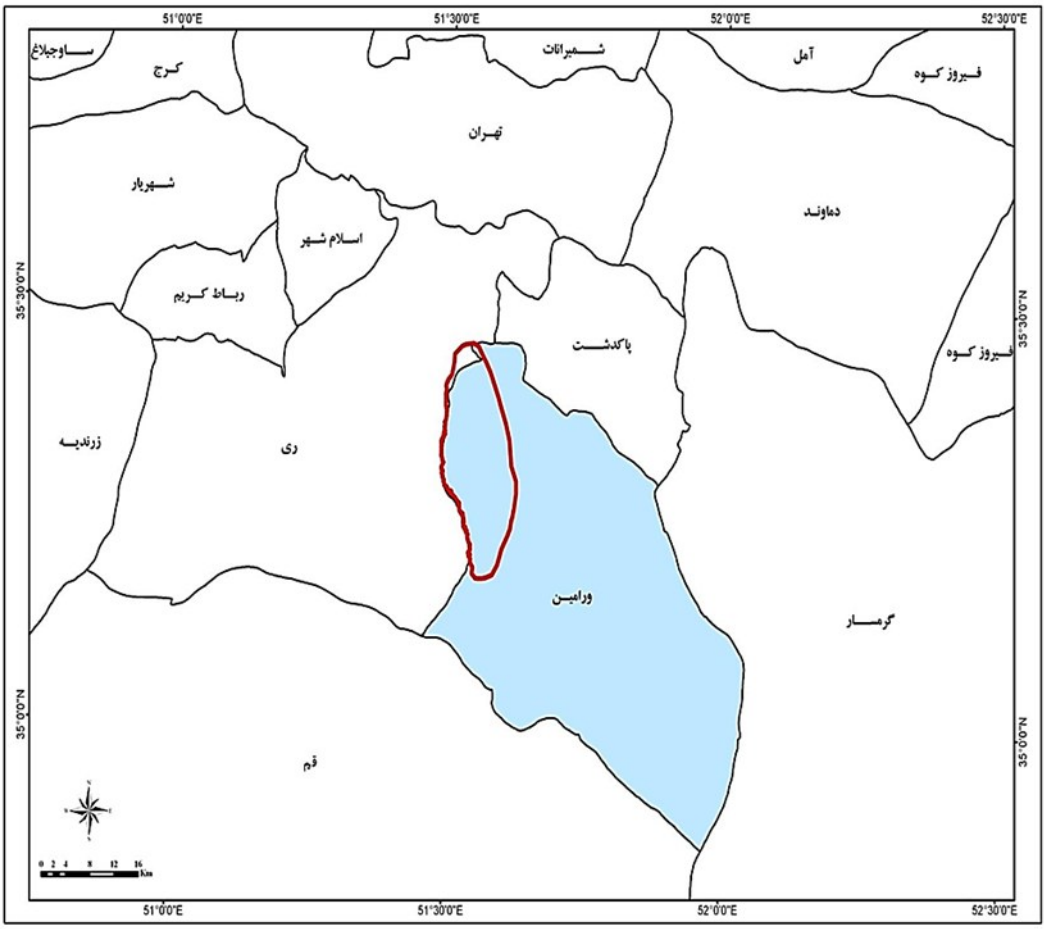

Figure 1. Location of the case study

۳.۲ 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 جمع آوری اطلاعات از منابع تحقیقاتی سابق و بررسی‌های صحرایی اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه جمع آوری 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 به ویژه 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 (قلیائی) می‌باشد. ارتفاع این منطقه در حدود ۸۵۰ متر از سطح دریا و میزان متوسط بارندگی آن سالانه ۱۲۲ میلیمتر می‌باشد. شرایط ادافیکی به همراه شرایط اقلیمی و وجود چرای بیرویه دام‌ها در شهرستان ورامین، پوشش گیاهی این منطقه را تحت تاثیر قرار داده است. از نظر جوامع گیاهی، کل شهرستان ورامین به ویژه 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 (به ویژه در بخش‌های جنوبی، جنوب شرقی و جنوب غربی شهرستان ورامین) نیز بصورت بایر بوده که اغلب پوشیده شده از گونه‌های خاص مناطق استپی- بیابانی است. در یک تقسیم بندی کلی می‌توان پوشش گیاهی شهرستان ورامین را در سه بخش تیپ گیاهان زراعی (باغات و کشتزارها)، تیپ گیاهان مرتعی (استپی) و گیاهان اکوسیستم‌های آبی مورد بررسی قرار داد.

٤.٢ شناسایی و بررسی محیط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی

رشد روزافزون جمعیت و متعاقب آن بهره برداری گسترده و گاه بی رویه 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، زه آب 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 هر گونه تصمیم و یا اعمال احتمالی تغییرات در نحوه مدیریت تقاضای آب کشور، بررسی تفصیلی شرایط کنونی جمعیتی و هم چنین الگوی تغییرات آن در سالهای اخیر ضروری و حیاتی می‌نماید. از سویی دیگر، اساسی‌ترین هدف توسعه، دست یافتن به پیشرفت‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی است. بنابراین به منظور برنامه ریزی برای توسعه، آگاهی از وضعیت موجود منابع اجتماعی و اقتصادی، ضروری و جزء جدایی ناپذیر مطالعات مربوطه است.

٥.٢ پیش بینی اثرات طرح بر محیط زیست

اثرات مثبت و منفی شبکه زهکشی ورامین بر محیط‌های فیزیکی، طبیعی و اقتصادی- اجتماعی در مراحل ساختمانی و بهره برداری مورد بررسی قرار می‌گیرد. شکل شماره ۲ روندنمای انجام پژوهش را نشان می دهد.

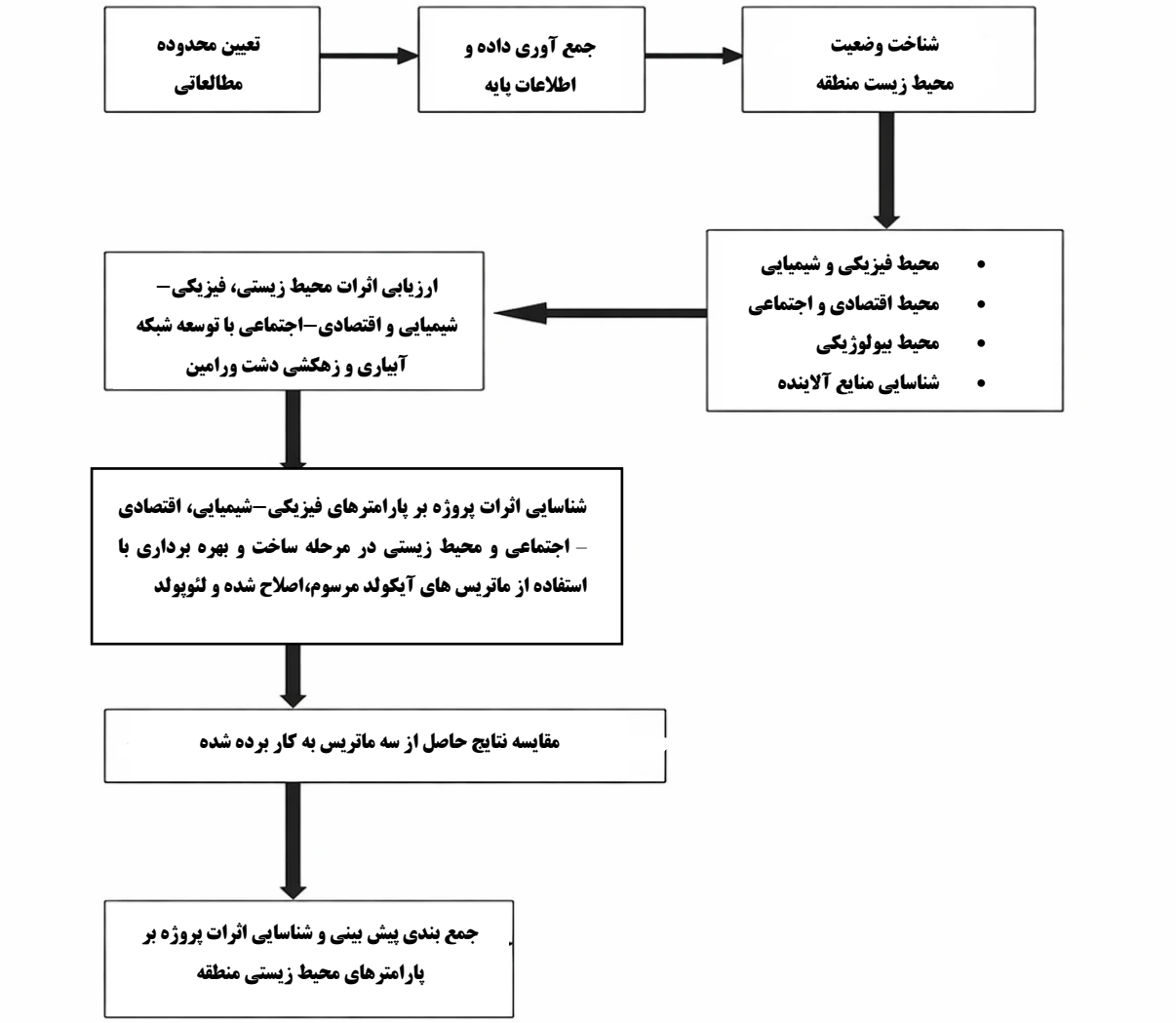

Figure 2. Research Workflow

۱.۵.۲ ارزیابی اثرات محیط زیستی

مطالعات ارزیابی زیست محیطی بر چارچوب تعیین اثرات و پیامدها استوار است. به‌طور کلی اثرات زیست محیطی تغییراتی است که در اثر فعالیت‌های مختلف پروژه در محیط‌های فیزیکی، بیولوژیک و اقتصادی ـ 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، اقتصادی‌ـ اجتماعی در محیط زیست، محل و یا محدوده طرح و یا طرح‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در مطالعات شناسایی ارزیابی زیست محیطی طرح‌ها لازم است عمدتاً 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[٤]

ماتریس‌ها، روابط علت و معلولی بین کارهای انجام‌شده در هر طرح را با پارامترهای محیط‌زیستی موردبررسی قرار می‌دهند. روش ماتریس، روشی کمّی است، در صورت کم‌تجربه بودن 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 تکامل‌یافته 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 آیکولد مرسوم، ماتریس آیکولد 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) بر اساس 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 به شمار 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 سطرهای 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 درنهایت نمرات دامنه و اهمیت اثرات در یکدیگر ضرب شده و نتایج جمع جبری 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 حاصل‌ضرب 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

۲.۵.۳ ماتریس آیکولد

ماتریس آیکولد یکی از روش‌هایی است که با استفاده از آن می‌توان نتایج کیفی EIA را در یک پروژه به‌صورت کمّی بیان کرد. ماتریس آیکولد به‌عنوان یک روش سازمان‌یافته با چارچوبی فشرده، توانایی ارزیابی و تعیین میزان اثربخشی پروژه‌ها را در مراحل ساخت و بهره‌برداری را به‌طور 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 سطرهای آن ریز فعالیت‌های پروژه نوشته می‌شود (KArImI et al., 2014). از محاسن این ماتریس بیان ویژگی‌های هر اثر بر محیط‌زیست می‌باشد به‌طوری‌که علامت‌ها و اعداد مورداستفاده 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

E	*D*	C	B	A	Environmental Effect
Effect Specificity	Time ofOccurrence	EffectContinuity	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 به‌طوری‌که علامت‌ها و اعداد مورداستفاده 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 کمّی و شناسایی گزینه مطلوب، عمدتاً از روش‌های دیگر نظیر ماتریس لئوپولد استفاده می‌شود (*Ghanian et al., 2023*).

۲.۵.٤ ماتریس آیکولد اصلاح شده

در این روش، برای کمّی نمودن اثر فعالیت‌های پروژه بر روی جنبه‌های مختلف محیط‌زیست از ضرایب کمّی متناسب با برخی از علائم به‌کاررفته درروش آیکولد مرسوم استفاده می‌شود. ضریب تأثیر مورداستفاده درروش موردنظر، از حاصل‌ضرب 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 مورداستفاده 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
1.5	Permanent	P		1.25	Medium-term	M		0.5	Probable	P	
				1.5	Long-term	L		0	Improbable	I	

۳. نتایج و بحث

۱.۳ گزینه اجرای طرح (ماتریس آیکولد مرسوم و اصلاح شده)

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 ٤٤ پارامتر محیط‌زیستی شامل ۱۸ پارامتر فیزیکی، ۱۲ پارامتر زیستی و ١٤ پارامتر اقتصادی–اجتماعی در محور عمودی و ۱۵ فعالیت در محور افقی استفاده شد. این فعالیت‌ها به تفکیک شامل ۵ فعالیت در مرحله احداث، ۷ فعالیت در دوره بهره‌برداری و ۳ فعالیت در مرحله پس از اقدامات اصلاحی هستند. نتایج تحلیل اثرات فعالیت‌ها با استفاده از ماتریسICOLD، به‌صورت خلاصه در جداول ٤، ۵ و٦ به‌ترتیب برای سه فاز یادشده ارائه شده است. در جدول های اشاره شده 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

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

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

Effects on the Socio-Economic Environment				Effects on the Natural Environment				Effects on the Physical Environment				Impact Intensity	Impact Coefficient	Abbreviations
Result		Number		Result		Number		Result		Number				
Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive			
0.00	9.80	0 0 0	12 1 0	1.40	0.00	2 0 0	0 0 0	7.70	0.00	9 1 0	0 0 0	1 2 3	0.7	CIT
3.00	21.00	0 1 0	0 3 2	9.00	13.50	0 3 0	1 4 0	18.00	3.00	2 2 2	0 1 0	1 2 3	1.5	CIP
11.25	69.75	3 1 0	4 6 5	13.50	15.75	2 2 0	4 0 1	2.25	31.50	1 0 0	2 5 1	1 2 3	2.25	CLP
0.00	0.00	0 0 0	0 0 0	0.00	0.00	0 0 0	0 0 0	0.00	00/0	0 0 0	0 0 0	1 2 3	1.05	CLT
0.00	1.75	0 0 0	5 0 0	0.00	0.00	0 0 0	0 0 0	0.70	0.00	2 0 0	0 0 0	1 2 3	0.35	MIT
0.00	0.75	0 0 0	1 0 0	0.00	0.00	0 0 0	0 0 0	0.00	0.00	0 0 0	0 0 0	1 2 3	0.75	MIP
5.00	0.00	4 0 0	0 0 0	5.00	2.50	4 0 0	0 1 0	1.50	3.75	2 0 0	0 1 0	1 2 3	1.25	MLP
0.00	0.00	0 0 0	0 0 0	0.00	0.00	0 0 0	0 0 0	0.00	0.00	0 0 0	0 0 0	1 2 3	0.52	MLT
25.19	103.05	9	39	28.90	31.75	13	10	30.15	38.25	21	10	-	-	Total

تعداد فعالیت‌های اجرایی اعم از ساختمانی، بهره‌برداری و اصلاحی-کنترلی به ترتیب ۵، ۷ و ۳ و در مجموع ۱۵ فعالیت می‌شود. تعداد پارامترهای زیست‌محیطی نیز برای بخش فیزیکی، طبیعی و اقتصادی، اجتماعی به ترتیب ۱۸، ۱۲ و ١٤ می‌باشد. پس از این رو، مجموع اثرات محتمل در ماتریس آیکولد برابر با ٦٦٠ است که از حاصل ضرب مجموع فعالیت‌های اجرایی و مجموع پارامترهای زیست‌محیطی بدست آمده است. از مجموع ۱۱۳ اثر مثبت با درجه اهمیت کم، متوسط و زیالد 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 سه گانه به ترتیب ۸، ۹ و ۲۳ می‌باشد. تعداد اثرات با اهمیت زیاد (۳+) در محیط اقتصادی، اجتماعی نسبت به دو محیط دیگر بیشتر است. به طوریکه در این محیط ۷ اثر آن هم در بخش بهره‌برداری دیده می‌شود. حال آنکه 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، اجتماعی تعداد ۲۸، ١٦ 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.

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 ادههای بخش ساختمانی و محیط فیزیکی پروژه بررسی شده‌اند. جدول ٦ 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

Environmental parameter	Construction of access roads	Fuel supply and storage	Drilling machines	Transportation	Waste disposal	Construction of concrete structures	Total activity points
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

مقاله آماده استخر

Environmental parameter	Construction of access roads	Fuel supply and storage	Drilling machines	Transportation	Waste disposal	Construction of concrete structures	Total activity points
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 ٦ ملاحظه می‌شود اعداد مثبت به معنای اثر مثبت (بهبود شرایط یا منفعت) است و اعداد منفی نشان دهنده اثر منفی (تشدید آسیب یا افت کیفیت) است. ستون آخر یعنی جمع امتیاز فعالیت‌ها نشان‌دهنده‌ی هریک از فعالیت‌هایی است که اثر مثبت یا منفی برکل 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 ٤١ بیشترین اثر مثبت را داشته که احتمالا به دلیل پیش‌بینی سیستم مدیریت پسماند مناسب و کاهش آلودگی است. ساخت سازه‌های بتنی با امتیاز منفی ٥٢ بیشترین اثر مخرب را داشته که این اثر به ویژه برکیفیت و کمیّت آب‌ها، خاک و منظر طبیعی بوده است. این فعالیت بیشترین نقطه ضعف پروژه است. مجموع کل امتیازات (١٦+) شده است. اما این نتیجه تا حدزیادی به امتیازهای بالای دفع پسماند و تامین سوخت بستگی دارد و توسط اثرات منفی سازه بتنی تهدید می‌شود.

در جدول ٧ 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

مقاله آماده انتشار

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 (٤–) و برخی گونه‌های جانوری (۷–) بیشترین اثر منفی را دارد. دفع پسماند با مجموع امتیاز (١٦+) روی پوشش گیاهی تالاب (۷+)، تراکم پرندگان (۷+) و تنوع آبزاین (۹+) اثر مثبت داشته است. ساخت سازه‌های بتنی (١٦–) 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	7	-10	3
Preventing rural migration	9	-10	-7	-9	4	-6	-19
Human health	4	1	3	-5	10	-1	12
Livestock health	0	1	7	-1	2	-4	5
Plant health	-3	6	-2	-7	-2	-2	-10
Wildlife health	8	4	9	-9	-10	-3	-1
Accidents and safety	0	8	-4	-7	-2	-9	-14
Land value	10	1	1	3	-10	-10	-5
Land Ownership	-7	9	-3	5	1	5	10
Land use	-3	-8	4	4	-3	-6	-12
Agriculture and Animal Husbandry	10	8	3	3	8	1	33
Public facilities and equipment	-9	-4	6	-3	6	-3	-7

Parameter		Construction of access roads	Supply and storage of fuel for drilling machines	Transportation	Waste disposal	Construction of concrete structures	Sum of parameters
Commerce, services and industry	1	10	-7	10	-3	-8	3
Infrastructure facilities	-5	-2	7	5	-8	-10	-13
Total activities	11	34	24	-18	0	-66	-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 روستائیان (۱۹–)، حوادث و ایمنی (۱٤–)، زیرساخت‌ها (۱۳–) و کاربری اراضی (۱۲–) دارای بیشترین اثر منفی هستند. دفع پسماند با امتیاز (۱۸–) به عنوان فعالیت مخرب و سخت رسانی به ماشن آلات حفاری (۳٤+) موثرترین 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 کمیّت آب‌های زیرزمینی به ترتیب با (۳۰+)، (۱۹+)، (۱۸+) و (۱٤+) امتیاز، بیشترین اثر مثبت را داشتند. این در حالی است که اقلیم و میکروکلیما با امتیاز (۱۸–) بیشترین اثر منفی را دارد. درخصوص فعالیت‌ها هم باید اشاره داشت که تردد ماشن آلات (۲۵+)، رهاسازی زهاب و نگهداری سازه‌ها هریک با امتیاز (۱٦+) بیشترین تاثیر مثبت را داشته و لایروبی زهکشی (۹–) تنها فعالیت منفی محسوب می‌شود.

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	-6	5	10	-1	1	8	1	18

مقاله آماده انتشار

Band Ali Khan Wetland								
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 [illegible]	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	-1	0
Vegetation cover of Band Ali Khan Wetland	2	2		0	0	-2	0
Vegetation of the Shour River	2	2		0	0	-2	0
Mammal diversity and density	1	1		0	0	-1	0

Parameter	Drainage of water from agricultural lands	Drainage dredging	Removing weeds inside the drain with mechanical ...	Washing machines	Release of sewage from agricultural lands	Machinery traffic	Maintenance of technical structures
Bird diversity and density	1	1		0	0	-1	0
Diversity and density of amphibians	-1	-1		0	0	-2	0
Diversity and density of reptiles	1	1		0	0	-2	0
Insect diversity and density	1	1		0	0	2	0
Diversity and density of aquatic animals	0	0		0	0	-2	0
Threatened plant species	2	2		0	0	-1	0
Total activities	14	14		0	0	-13	0

در جدول ۱۰ (جدول بالا) 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 احتمالا حساس به تغییرات هیدرولوژی و کیفیت آب است. در این ماتریس برخی فعالیتها همچون زهکشی زهاب از اراضی کشاورزی و لایروبی زهکشی تاثیر مثبت داشته‌اند. تردد ماشین‌آلات (۱۳-) تاثیر منفی قابل توجه بر تنوع زیستی به ویژه بر تنوع دوزیستان و آبزیان دارد.

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

مقاله آماده انتشار

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
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

با توجه به جدول ۱۱ بیشترین آسیب‌ها به ترتیب مربوط به کشاورزی و دامپروری (۲۸-)، بازرگانی، خدمات و صنعت (۲۷-)، تاسیسات و تجهیزات عمومی (۲۲-)، سلامت گیاهان (۲۰-) و مالکیت و کاربری اراضی (۱۵- و ۱٤-) است. سوء اثرها ناشی از لایروبی زهکشی، رهاسازی زهاب و تردد ماشین آلات است و تاثیر منفی زیادی بر کشاورزی و دامپروری و ارزش اقتصادی زمین دارد. همچنین باید گفت که اثر مثبت قابل توجه وجود ندارد به جز در حوادث و ایمنی با امتیاز (۵+). جمع کل امتیازها نیز ۱۵۲- شده است که نشان دهنده‌ی این است که طرح اثر خالص منفی قابل توجه 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.

٤.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 محدوده‌ی 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.

مقاله آماده انتشار

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 اولیه‌ی 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.

تجمیع 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. پی نوشت ها

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

٦. 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: Duzduzan-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.

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

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.

Keywords: Environmental Impact Assessment, Irrigation and Drainage of Varamin, Leopold Matrix, Modified ICOLD