علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره دو، اردیبهشت ماه ۱۴۰۰

# بهینه‌سازی اثرات زیست‌محیطی ناشی از صنعت ساخت‌وساز با چندین حالت اجرایی فعالیت‌ها: روش ماتریس لئوپولد ایرانی

**سید علی بنی هاشمی** [۱]

**محمد خلیل زاده** [۲] *

mo.kzadeh@gmail.com

**علیرضا شهرکی** [۳]

**محسن رستمی مال خلیفه** [۴]

**سید سعیدرضا احمدی‌زاده** [۵]

**تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۵** **تاریخ پذیرش: ۹۹/۴/۲۹**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** صنعت ساخت‌وساز و اجرای طرح‌های عمرانی، به‌عنوان یکی از عوامل آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌شمار می‌رود. توجه به اثرات تخریبی و آلودگی‌های ایجاد شده از اجرای طرح‌های عمرانی، لزوم ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و شناخت آن‌ها را در جهت کاهش اثرات، امری ضروری می‌سازد. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه آب‌رسانی روستایی در شهرستان بیرجند با استفاده از روش ماتریس لئوپولد ایرانی است.

**روش بررسی:** در این پژوهش ارزیابی اثرات منفی زیست‌محیطی اجرای پروژه آب‌رسانی روستایی در شهرستان بیرجند طی سال ۱۳۹۸ در دو محیط فیزیکی-شیمیایی و بیولوژیکی و در فاز ساختمانی با استفاده از روش ماتریس ایرانی انجام پذیرفته است. به این منظور برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی حالت‌های اجرایی مختلفی برای اجرای فعالیت‌های پروژه تدوین شده و به ازای هر کدام از آن‌ها ماتریس لئوپولد تشکیل گردیده است.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۴- دانشیار گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۵- دانشیار گروه علوم محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که میانگین اثرات زیست‌محیطی در دوران ساخت در ۷ حالت اجرایی موردبررسی بر محیط به میزان ۱/۵۸-، ۱/۹۵-، ۲/۱۵-، ۲/۵-، ۲-، ۲/۲۱- و ۲/۲۲- است. همچنین تعداد پیامدهای زیست‌محیطی در آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی بیشترین و مناطق حفاظت شده کمترین مقدار را دارند.

**بحث و نتیجه‌گیری:** با توجه به تحلیل انجام شده در هیچ‌یک از ردیف‌ها و ستون‌های هفت ماتریس بررسی شده برای حالت‌های اجرایی، میانگین رده‌بندی کمتر از ۳/۱- یافت نشد، لذا انجام پروژه آب‌رسانی مورد تأیید می‌باشد. برای کاهش اثرات نیز کمترین میزان اثرات زیست‌محیطی هر فعالیت انتخاب گردید که باعث می‌شود میانگین اثرات زیست‌محیطی کل پروژه ۱/۵۲- گردد.

**واژه‌های کلیدی:** آلودگی، پروژه‌های عمرانی، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، ماتریس لئوپولد ایرانی، شهرستان بیرجند.

*J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 2, May, 2021*

# Optimizing the Environmental Impacts of the Construction Industry with Multi-Mode Activities:
## The Iranian Leopold Matrix Method

**Sayyid Ali Banihashemi** [1]
**Mohammad Khalilzadeh** [2*]
mo.kzadeh@gmail.com
**Alireza Shahraki** [3]
**Mohsen Rostamy-Malkhalifeh** [4]
**Seyed Saeedreza Ahmadizade** [5]

Admission Date:July 20, 2020 Date Received: December 26, 2019

**Abstract**

**Background and Objective:** The construction industry and the implementation of civil engineering projects are considered as one of the causes of environmental pollution. Considering the destructive effects and the contaminants created by the implementation of the development plans, it is necessary to evaluate the environmental impacts and identify them in order to reduce the impacts. The purpose of this study was to evaluate the environmental impacts of the rural water supply project in Birjand city using the Leopold Matrix Method of Iran.

**Method:** In this study, the environmental impacts of rural water supply project implementation in Birjand city during the year 2019 and in two physical-chemical and biological environments and in the construction phase were evaluated using Iranian matrix method. To this end, various implementation modes have been formulated to evaluate the environmental impacts of the project activities and a Leopold Matrix has been developed for each of them.

**Findings:** The results showed that the average environmental impacts during construction in the 7 execution modes were -1.58, -1.95, -2.15, -2.5, -2, -2.21 and -2.22. Also, the number of environmental impacts on surface and groundwater pollution are highest and protected areas are least.

**Discussion and Conclusion:** According to the analysis performed in none of the seven matrices and columns examined for the executable states, the average rankings were not found to be less than -3.1. So the project execution the supply is approved. To minimize the impacts, the lowest environmental impacts of each activity were selected, which would mean the average environmental impact of the whole project -1.52.

**Keywords:** Pollution, Construction Projects, Environmental Impact Assessment, Iranian Leopold Matrix, Birjand.

1- Ph.D. Student, Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(Corresponding Author)
3- Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Tehran, Iran
4- Associate Professor, Department of Mathematics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
5- Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Birjand University, Birjand, Iran

**مقدمه**

مدت‌زمان انجام پروژه‌های ساخت‌وساز و هزینه‌های آن دو عامل اساسی و مهم در موفقیت پروژه‌ها و عملکرد شرکت‌ها به شمار می‌روند. دراین‌بین توجه به اثرات زیست‌محیطی ناشی از اجرای پروژه‌ها تا حد زیادی مورد غفلت قرارگرفته است. مطالعات گذشته تأثیرات منفی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های صنعت ساخت‌وساز را موردبررسی قرار داده‌اند(۱). بهره‌مندی از مواهب طبیعی و قابلیت‌های بالقوه محیط‌زیست، حق قانونی هر انسانی است. لیکن بهره‌برداری از امکانات طبیعی، پیشرفت اجتماعی و رشد اقتصادی نبایستی به شکلی انجام پذیرد که نابودی منابع پایه یعنی آب، خاک، جنگل، مرتع، هوا و ... را در برداشته و آسیب جبران‌ناپذیری را متوجه محیط‌زیست و جامعه سازد(۲). در چند دهه اخیر به دنبال پیشرفت علم و فناوری و کشف اثرات مخرب فعالیت‌های بشری بر محیط‌زیست، تلاش برای حفظ و احیای منابع طبیعی و خدادادی در کانون توجه افراد و سازمان‌ها قرارگرفته است(۳). اجرای برنامه‌های توسعه صنعتی و عمرانی بدون درنظرگرفتن ملاحظات محیط‌زیستی در کنار نبود ضوابط روشن و همچنین اجرای ضعیف برخی قوانین موجود جهت حفاظت از محیط‌زیست، باعث تداوم ورود آلاینده‌های شیمیایی به آب، خاک و هوا در مناطق مختلف کشور شده است(۴). بنابراین تقلیل آلودگی‌ها و کاهش اثرات تخریبی محیط‌زیست، ازجمله برنامه‌های مهم هر پروژه‌ای است. این امر مهم از طریق ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در محورهای مختلف، مدیریت صحیح، تصویب لوایح و قوانین لازم، کاربرد وسایل مورد لزوم و نظارت و پایش صحیح و به‌موقع ممکن می‌گردد (۵). توجه به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و اهمیت موارد قانونی آن به اواخر دهه ۱۹۶۰ در ایالات‌متحده آمریکا بر می‌گردد. بر اساس قانون سیاست محیط‌زیستی ملی آمریکا که در سال ۱۹۶۹ وضع گردید، ارزیابی برای صدور مجوز اجرای پروژه‌های عمرانی از ابتدای ژانویه ۱۹۷۰ آغاز شد. بدین ترتیب، سازمان‌ها و مؤسسات موظف شدند برای جلوگیری از آثار منفی طرح‌ها و پروژه‌های صنعتی و عمرانی بر محیط‌زیست، قبل از اجرای آن‌ها گزارش ارزیابی زیست‌محیطی را ارائه کنند(۶). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی از سال ۱۳۷۳ در کشور ایران جایگاه قانونی یافته است (۷). کانتر معتقد است ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، شامل شناسایی سامانمند و بررسی آثار پروژه‌ها و برنامه‌ها و طرح‌های پیشنهادی بر اجزای فیزیکی، زیستی، فرهنگی و اقتصادی-اجتماعی محیط‌زیست می‌باشد. به اعتقاد وی، هدف از انجام و ارزیابی اثرات محیط‌زیست، حصول اطمینان از این است که تمامی گزینه‌های موردنظر توسعه، موافق با توسعه پایدار باشند و هرگونه پیامد محیط‌زیستی در مرحله طراحی پروژه باید شناسایی و موردتوجه قرار گیرد (۳). فرآیند ارزیابی زیست‌محیطی شامل شناسایی پروژه، تعیین محدوده پروژه و شناسایی اثرات، پیش‌بینی اثرات، ارزیابی اثرات شناسایی‌شده و درنهایت کاهش اثرات و طراحی سیستم پایش و بازنگری می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، فرآیند ارزیابی زیست‌محیطی روشی جهت تعیین، پیش‌بینی و تفسیر اثرات زیست‌محیطی یک پروژه بر کل مجموعه محیط‌زیست است و درواقع ارزیابی، یکی از راه‌های مقبول برای دست‌یابی به اهداف توسعه پایدار است(۸). ارزیابی آثار محیط‌زیست، ابزاری برای حصول اطمینان از اجرای مناسب و صحیح پروژه می‌باشد که می‌تواند برای تعیین، پیش‌بینی و تفسیر آثار محیط‌زیستی یک پروژه و یا طرح پیشنهادی بر کل مجموعه محیط‌زیست، بهداشت عمومی و سلامت اکوسیستم‌هایی که حیات و تداوم زیست انسان‌ها به آن‌ها بستگی دارد، به‌کار رود. مهم‌ترین اهداف ارزیابی زیست‌محیطی آثار توسعه را می‌توان در زمینه‌های زیر خلاصه کرد: ۱. بالا بردن سطح آگاهی محیط‌زیستی مسئولان و تصمیم‌گیرندگان، ۲. شناخت مشکلات محیط‌زیستی ناشی از اجرای طرح‌های توسعه‌ای، ۳. پیش‌بینی ظهور آثار محیط‌زیستی مهم و پایدار طرح‌های توسعه، ۴. لحاظ‌کردن معیارهای محیط‌زیستی در برنامه‌ریزی‌های عمرانی و ۵. حفظ کیفیت منابع تجدیدپذیر برای بیشترین بازده بهره‌برداری همراه با حفظ صحیح چرخه‌های حیاتی(۶). با توجه به موارد فوق و از آن‌جاکه فعالیت‌های جوامع انسانی در راستای توسعه به هر طریقی که باشد، آثار گوناگونی بر محیط‌زیست دارد، توجه به میزان و نتیجه تأثیرات از اهمیت بسزایی برخوردار است. همچنین با نگاهی به سوابق طرح‌ها و پروژه‌های صنعتی و

عمرانی در کشور درمی‌یابیم که برنامه‌ریزی‌های گذشته بدون درنظرگرفتن ملاحظات محیط‌زیستی بوده و بسیاری از آن‌ها بدون توجه به این امر احداث و بهره‌برداری شده‌اند. بنابراین توجه به اثرات تخریبی و کاهش غیرقابل‌جبران و پرهزینه بسیاری از طرح‌های عمرانی، لزوم ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه‌ها، امری لازم و ضروری می‌باشد. جدول۱ پیشینه پژوهش در حوزه اثرات محیط‌زیست را نشان می‌دهد.

**جدول ۱- پیشینه پژوهش در حوزه ارزیابی اثرات محیط‌زیست**

Table 1. Research Background in Environmental Impact Assessment

| محققان | هدف پژوهش | روش ارزیابی | متغیرهای موردبررسی |
|---|---|---|---|
| فورمن و دبلینگر(۹) | بررسی اثرات بزرگراه ماساچوست بر محیط‌زیست جانوری | روی هم‌گذاری | بیولوژیکی (۹ نوع) |
| مارزوک و همکاران (۱۰) | بررسی آلودگی‌های ساخت‌و ساز با استفاده از بهینه-سازی چندهدفه | مدل‌سازی | آلودگی صوتی، گازها، گردوغبار |
| ژو و همکاران(۱۱) | مسئله موازنه زمان، هزینه و محیط‌زیست برای سیستم‌های ساخت‌وساز با عدم قطعیت فازی | مدل‌سازی | فیزیکی و بیولوژیکی |
| اوزکان‌دنیز و ژو(۱۲) | بهینه‌سازی انتشار گازهای گلخانه‌ای در پروژه‌های ساخت بزرگراه | مدل‌سازی | گازهای گلخانه‌ای (۸ نوع) |
| یو و همکاران(۱۳) | تدوین اهداف چین درزمینه صرفه‌جویی انرژی و کاهش آلودگی | مدل‌سازی | رشد اقتصادی، گازهای گلخانه‌ای |
| نژادی و همکاران (۱۴) | ارزیابی آثار محیط‌زیستی بزرگراه تهران-پردیس بر تخریب اکوسیستم | روی هم‌گذاری | بیولوژیکی |
| فلاحتکار و همکاران (۱۵) | ارزیابی اثرات زیست‌محیطی احداث آزادراه قمیشلو | ماتریس-چک‌لیست | فیزیکی، بیولوژیکی، فرهنگی/اجتماعی |
| دلنواز و خالصی(۱۶) | ارزیابی اثرات زیست‌محیطی بزرگراه طبقاتی شهید صدر تهران | کدگذاری-ماتریس | فیزیکی، بیولوژیکی، فرهنگی/اجتماعی |
| حسینی و همکاران (۳) | بررسی اثرات زیست‌محیطی پروژه خط انتقال سوخت به نیروگاه | ماتریس | فیزیکی، بیولوژیکی، فرهنگی/اجتماعی |
| توکلی و محمدیاری(۱۷) | ارزیابی اثرات زیست‌محیطی احداث مجتمع تفریحی-توریستی | ماتریس | فیزیکی، بیولوژیکی، فرهنگی/اجتماعی |
| حیدری و همکاران (۱۸) | ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کارخانه سیمان زاوه | ماتریس | فیزیکی، بیولوژیکی، فرهنگی/اجتماعی |
| آشفته و بزرگ‌حداد (۱۹) | ارزیابی اثرات زیست‌محیطی اجرای شبکه آبیاری | ماتریس | فیزیکی، بیولوژیکی، فرهنگی/اجتماعی |
| گلچوبی و صالحی | ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تفرجگاه‌های شهری | ماتریس | فیزیکی، بیولوژیکی، |

| | | | |
|---|---|---|---|
| (۲۰) | | | فرهنگی/اجتماعی |
| کریمی و همکاران (۲۱) | ارزیابی اثرات محیط‌زیستی نیروگاه حرارتی بیستون | ماتریس | فیزیکی، بیولوژیکی، فرهنگی/اجتماعی |
| زنگی دارستانی(۲۲) | ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تونل انتقال آب به شهر کرمان | ماتریس | فیزیکی، بیولوژیکی، فرهنگی/اجتماعی |

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در پروژه‌های عمرانی، دو گزینه اجرا و عدم اجرای پروژه را موردبررسی قرار می‌دهند. در برخی موارد نیز گزینه پذیرش مشروط را بر اساس رعایت اصول زیست‌محیطی پیشنهاد می‌کنند. درصورتی‌که اجرای پروژه می‌تواند با حداقل اثرات زیست‌محیطی همراه باشد. نوآوری مقاله حاضر در آن است که برای هر فعالیت اجرایی پروژه، حالت‌های مختلفی در نظر گرفته‌شده است. به‌جای آنکه پروژه را در سه گزینه قبول، رد و پذیرش مشروط نتیجه‌گیری شود، میزان اثرات زیست‌محیطی پروژه در هرکدام از حالت‌های اجرایی محاسبه می‌گردد. پروژه موردمطالعه در هفت روش اجرایی مختلف مورد ارزیابی قرارگرفته و درنهایت بهترین روش اجرا ازنظر اثرات زیست‌محیطی ارائه و پیشنهاد می‌گردد. در مرحله اول، اجرای پروژه ازنظر زیست‌محیطی تأییدشده است، ولی به دنبال آن هستیم که با حداقل اثرات زیست‌محیطی، فعالیت‌های پروژه را به انجام برسانیم. بنابراین هدف از این مقاله ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه آب‌رسانی روستایی در شهرستان بیرجند است که بتوان پروژه را با حداقل اثرات زیست‌محیطی انجام داد.

## مواد و روش‌ها

پروژه موردمطالعه مربوط به آب‌رسانی روستایی در شهرستان بیرجند طی سال ۱۳۹۸ می‌باشد. طول اجرای لوله‌گذاری مسیر ۳ کیلومتر است. با توجه به این‌که به‌نوعی این پروژه مرمت و اصلاح خطوط لوله‌گذاری قدیمی روستا می‌باشد، لذا اثرات زیست‌محیطی تنها در فاز ساختمانی طرح موردبررسی قرارگرفته است. به‌عبارت‌دیگر لوله‌گذاری و اجرای عملیات پروژه در کنار لوله‌گذاری قدیمی انجام می‌شود.

فرآیند ارزیابی اثرات زیست‌محیطی شامل شناسایی، ارزیابی داده‌ها و جمع‌بندی در رابطه با اثرات زیست‌محیطی پروژه آب‌رسانی در پروژه موردمطالعه می‌باشد. روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی وجود دارد که انتخاب نوع روش، تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله زمان موردنیاز برای ارزیابی، هزینه، اطلاعات موجود و موردنیاز، نوع طرح مورد ارزیابی و سایر موارد است(۷). برخی از این روش‌ها شامل چک‌لیست، ماتریس، تجزیه‌و تحلیل سیستمی و روی هم‌گذاری نقشه‌ها هستند. روش ماتریس با توجه به کمی‌نمودن نتایج و کاربرد گسترده‌تر در این تحقیق مورداستفاده قرارگرفته است. روش ماتریس ارزیابی لئوپولد برای اولین بار توسط لئوپولد و همکاران در سال ۱۹۷۱ ارائه شد(۲۳). مزیت اصلی ماتریس لئوپولد ارائه چک‌لیستی از عوامل موردنیاز برای انجام ارزیابی اثرات زیست‌محیطی می‌باشد. این ماتریس بعدها توسط دکتر مجید مخدوم اصلاح شد و به‌عنوان ماتریس لئوپولد ایرانی توسط متخصصین ارزیابی مورداستفاده قرار گرفت(۲۴). ماتریس‌ها، درواقع رابطه علت و معلولی بین یک فعالیت و اثر آن بر اجزاء مهم محیط‌زیست را بیان می‌کنند. علاوه بر این، با گردآوری تمام عوامل مرتبط با پروژه ازیک‌طرف و پارامترهای مرتبط با محیط‌زیست از طرف دیگر در یک جدول، شمایی نسبتاً ساده، خلاصه و قابل ادراک از اثرات فعالیت‌ها بر اجزاء زیست‌محیطی ترسیم می‌گردد(۱۹). در این تحقیق اثرات زیست‌محیطی حاصل از اجرای هر فعالیت علاوه بر ماهیت و نوع فعالیت، به عوامل دیگری همچون منابع استفاده‌شده در هر فعالیت و مدت‌زمان انجام آن فعالیت نیز وابسته است که در روش‌های مختلف اجرای هر فعالیت موردبررسی قرار می‌گیرد. نحوه امتیازدهی اثرات زیست‌محیطی در روش ماتریس لئوپولد بدین‌صورت است: در روش ماتریس لئوپولد، ستون‌های ماتریس از فعالیت‌های پروژه و سطرها از فاکتورهای زیست‌محیطی

تشکیل می‌گردد. در این ماتریس برای هر سلول دو عدد در نظر گرفته می‌شود. یک عدد مربوط به دامنه و شدت اثر و عدد دیگر به اهمیت یا بزرگی اثر اشاره دارد. برای نشان دادن دامنه اثر از اعداد ۱، ۲ و ۳ که به ترتیب بیانگر محدوده بلافصل طرح، محدوده تحت تأثیر مستقیم و محدوده اثرات غیرمستقیم می‌باشند، استفاده‌شده است. محدوده و تأثیر اثرات بر هر یک از پارامترهای زیست‌محیطی درروش ماتریس لئوپولد ایرانی از ۱- تا ۵- برای اثرات منفی (تخریب کم تا تخریب بسیار زیاد) و از ۱+ تا ۵+ برای اثرات مثبت (سودمندی ناچیز تا سودمندی بسیار زیاد) ارزش‌گذاری می‌گردد. در جمع‌بندی اثرات، میانگین اثرات مثبت و منفی برای هر فعالیت و هر فاکتور زیست‌محیطی محاسبه گردیده و درنهایت برای هر یک از اجزای محیط‌زیستی و برای هر یک از مراحل ساختمانی و بهره‌برداری، گزینه‌های مختلف عددی محاسبه می‌گردد. در این مرحله، میانگین اثرات مثبت بیانگر مقبولیت محیط‌زیستی پروژه می‌باشد، اما درصورتی‌که میانگین رده‌بندی بین ۳/۱- الی ۵- باشد، پروژه ازلحاظ مطالعات زیست‌محیطی موردپذیرش قرار نمی‌گیرد. نتیجه‌گیری از ماتریس لئوپولد ایرانی با توجه به نتیجه میانگین رده‌بندی نسبت به اثرات ایجادشده به شرح زیر است:

۱. پروژه تأیید می‌شود زمانی که هیچ‌یک از میانگین‌های سطر یا ستون از ۳/۱- کوچک‌تر نباشد.

۲. پروژه مردود می‌شود زمانی که بیش از نیمی از میانگین‌های سطر یا ستون‌ها از ۳/۱- کوچک‌تر باشد.

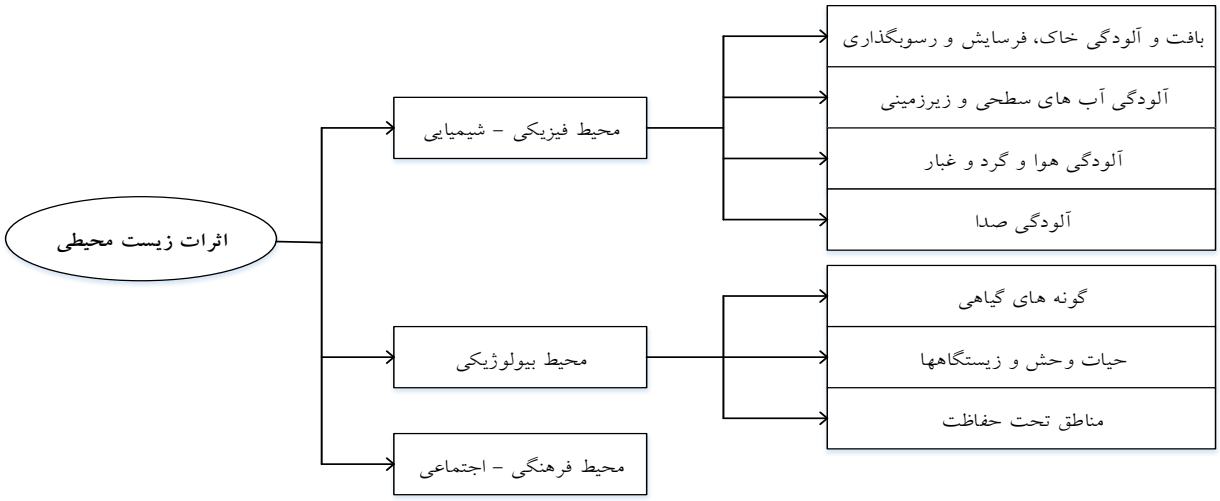
۳. پروژه با گزینه اصلاحی تأیید می‌شود زمانی که کمتر از نیمی از میانگین‌های رده‌بندی ستون‌ها کوچک‌تر از ۳/۱- باشد و در سطرهای ماتریس هیچ‌یک از میانگین‌ها کوچک‌تر از ۳/۱- نباشد.

۴. پروژه با ارائه طرح‌های بهسازی تأیید می‌شود زمانی که هیچ‌یک از میانگین‌های رده‌بندی در ستون‌ها کوچک‌تر از ۳/۱- نباشد و کمتر از نیمی از میانگین‌های رده‌بندی سطرها کوچک‌تر از ۳/۱- باشد.

۵. پروژه با گزینه اصلاحی و طرح‌های بهسازی تأیید می‌شود زمانی که هم در ستون‌ها و هم در سطرها کمتر از نیمی از میانگین‌های رده‌بندی کوچک‌تر از ۳/۱- باشد(۲۰).

**یافته‌ها**

برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های پروژه مورد مطالعه، هفت عامل از محیط فیزیکی و محیط بیولوژیکی در فاز ساخت پروژه جهت ارزیابی اثرات زیست‌محیطی با توجه به ماهیت پروژه و منطقه اجرا انتخاب گردید. این عوامل عبارت‌اند از آلودگی خاک، آلودگی آب، آلودگی هوا و آلودگی صدا در محیط فیزیکی و عوامل گونه‌های گیاهی، حیات‌وحش و زیستگاه‌ها و مناطق تحت حفاظت در محیط بیولوژیکی (شکل ۱).




**شکل ۱- معیارهای بررسی اثرات زیست‌محیطی پروژه موردمطالعه**

Figure 2. Environmental Impact Assessment Criteria of the Project under Study

برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه موردمطالعه از روش ماتریس لئوپولد ایرانی که توسط دکتر مخدوم ارائه‌شده است، استفاده گردید. به همین منظور ۷ ماتریس برای ارزیابی اثرات تشکیل شد که هر ماتریس مربوط به یک روش اجرایی به شرح ذیل می‌باشد.

۱. کلیه فعالیت‌های پروژه با حداقل منابع (ماشین‌آلات، نیروی انسانی، مواد مصرفی) انجام می‌شوند. انجام این حالت برای اجرای هر فعالیت باعث افزایش مدت‌زمان اجرای فعالیت می‌گردد (حداقل استفاده از منابع).

۲. این حالت پیش‌بینی نرمال‌تری را برای انجام فعالیت با ترکیب منابع و زمان اجرای فعالیت ارائه می‌دهد (محتمل‌ترین حالت).

۳ و ۴. ترکیب استفاده از منابع در هر فعالیت به‌گونه‌ای تغییر می‌کند که باعث کاهش زمان اجرای فعالیت گردد (تغییر منابع).

۵، ۶ و ۷: در این سه حالت اجرایی، میزان مصرف منابع در حالت‌های ۲، ۳ و ۴ ثابت نگهداشته شده و زمان اجرای فعالیت افزایش می‌یابد.

در هر سلول ماتریس، میزان تأثیر هرکدام از فعالیت‌های پروژه بر عوامل مشخص‌شده از ۱- تا ۵- درج می‌گردد و درنهایت میانگین جبری سطری برای فعالیت‌های پروژه به دست می‌آید.

جدول ۲ میزان اثرات زیست‌محیطی ناشی از هر حالت اجرایی و پیامدهای هر اثر زیست‌محیطی را در حالت‌های اجرایی مختلف از ماتریس لئوپولد ایرانی نشان می‌دهد. با توجه به این‌که حداکثر مقدار میانگین سطری ۵- است، لذا اثرات بر عدد ۵- تقسیم‌شده و به‌صورت درصد بیان می‌گردند. جدول ۳ خلاصه نتایج را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، مجموع اثرات زیست‌محیطی حاصل از هر حالت اجرایی مشخص‌شده است. به‌عنوان‌مثال، در فعالیت دهم پروژه (حفاری و خاک‌برداری مسیر) میزان اثرات زیست‌محیطی در هر حالت اجرایی متفاوت است (شکل ۲). در حالت‌های اجرایی سوم و ششم از دو بیل مکانیکی و در سایر حالت‌ها از یک بیل مکانیکی برای انجام فعالیت استفاده‌شده است. همچنین تعداد نیروی انسانی از ۳ نفر تا ۱۰ نفر متغیر است. مدت‌زمان اجرای فعالیت نیز بین ۸ تا ۱۳ روز با توجه به ترکیب منابع، تغییر می‌کند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های پروژه در هفت حالت اجرایی (جدول ۳)، کمترین اثرات مربوط به هرکدام از فعالیت‌های پروژه در هر روش اجرایی استخراج می‌شود و عدد نهائی اثرات زیست‌محیطی حاصل از اجرای پروژه محاسبه می‌گردد.

**جدول ۲. نتیجه ارزیابی اثرات و پیامدهای زیست‌محیطی حالت‌های اجرایی مختلف**

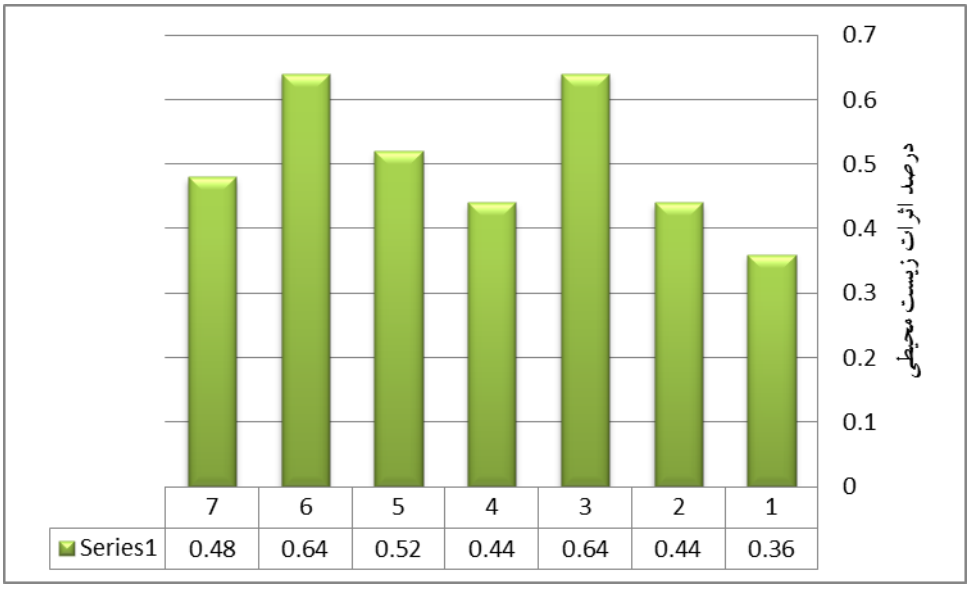
Table 2. Results of Environmental Impact Assessment of Different Execution Modes

| حالت‌های اجرایی | اثرات زیست‌محیطی | آلودگی خاک | آلودگی آب‌ها | آلودگی هوا | آلودگی صدا | گونه‌های گیاهی | حیات‌وحش و زیستگاه‌ها | مناطق تحت حفاظت | تعداد اثرات | جمع جبری اثرات | میانگین رده‌بندی اثرات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | تعداد پیامدها | ۲۱ | ۲۲ | ۱۷ | ۳ | ۱۳ | ۲ | ۰ | ۷۸ | -۱۲۳ | -۱/۵۸ |
| | جمع جبری پیامدها | -۳۶ | -۴۰ | -۲۵ | -۶ | -۱۴ | -۲ | ۰ | | | |
| | میانگین رده‌بندی پیامدها | -۱/۷۱ | -۱/۸۲ | -۱/۴۷ | -۲ | -۱/۰۸ | -۱ | ۰ | | | |
| ۲ | تعداد پیامدها | ۲۱ | ۲۲ | ۱۷ | ۴ | ۱۳ | ۲ | ۰ | ۷۹ | -۱۵۴ | -۱/۹۵ |
| | جمع جبری پیامدها | -۴۶ | -۵۱ | -۳۲ | -۹ | -۱۴ | -۲ | ۰ | | | |
| | میانگین رده‌بندی پیامدها | -۲/۱۹ | -۲/۳۲ | -۱/۸۸ | -۲/۲۵ | -۱/۰۸ | -۱ | ۰ | | | |
| ۳ | تعداد پیامدها | ۲۱ | ۲۲ | ۱۷ | ۵ | ۱۲ | ۲ | ۰ | ۷۹ | -۱۷۰ | -۲/۱۵ |
| | جمع جبری پیامدها | -۴۸ | -۵۸ | -۳۵ | -۱۴ | -۱۳ | -۲ | ۰ | | | |
| | میانگین رده‌بندی پیامدها | -۲/۲۹ | -۲/۶۴ | -۲/۰۶ | -۲/۸۰ | -۱/۰۸ | -۱ | ۰ | | | |
| ۴ | تعداد پیامدها | ۲۱ | ۲۲ | ۱۷ | ۶ | ۱۲ | ۲ | ۰ | ۸۰ | -۱۸۰ | -۲/۲۵ |
| | جمع جبری پیامدها | -۵۱ | -۶۲ | -۳۸ | -۱۴ | -۱۳ | -۲ | ۰ | | | |
| | میانگین رده‌بندی پیامدها | -۲/۴۳ | -۲/۸۲ | -۲/۲۴ | -۲/۳۳ | -۱/۰۸ | -۱ | ۰ | | | |
| ۵ | تعداد پیامدها | ۲۱ | ۲۲ | ۱۷ | ۴ | ۱۳ | ۲ | ۰ | ۷۹ | -۱۵۸ | -۲ |
| | جمع جبری پیامدها | -۴۶ | -۵۱ | -۳۴ | -۱۱ | -۱۴ | -۲ | ۰ | | | |
| | میانگین رده‌بندی پیامدها | -۲/۱۹ | -۲/۳۲ | -۲ | -۲/۷۵ | -۱/۰۸ | -۱ | ۰ | | | |
| ۶ | تعداد پیامدها | ۲۱ | ۲۲ | ۱۷ | ۵ | ۱۳ | ۲ | ۰ | ۸۰ | -۱۷۷ | -۲/۲۱ |
| | جمع جبری پیامدها | -۴۸ | -۶۲ | -۳۷ | -۱۴ | -۱۴ | -۲ | ۰ | | | |
| | میانگین رده‌بندی پیامدها | -۲/۲۹ | -۲/۸۲ | -۲/۱۸ | -۲/۸۰ | -۱/۰۸ | -۱ | ۰ | | | |
| ۷ | تعداد پیامدها | ۲۱ | ۲۲ | ۱۷ | ۶ | ۱۴ | ۲ | ۰ | ۸۲ | -۱۸۲ | -۲/۲۲ |
| | جمع جبری پیامدها | -۴۷ | -۶۳ | -۴۰ | -۱۵ | -۱۵ | -۲ | ۰ | | | |
| | میانگین رده‌بندی پیامدها | -۲/۲۴ | -۲/۸۶ | -۲/۳۵ | -۲/۵۰ | -۱/۰۷ | -۱ | ۰ | | | |

**جدول ۳- اثرات زیست‌محیطی پروژه موردمطالعه**

Table 3. Environmental Impacts of the Project under Study

| فعالیت | فعالیت‌های پروژه | اثرات زیست‌محیطی حالت‌های اجرایی | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ |
| ۱ | تجهیز کارگاه | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ |
| ۲ | خط ریزی و حفاری کف کانال | ۰/۳۶ | ۰/۴۴ | ۰/۶۴ | ۰/۴۴ | ۰/۵۲ | ۰/۶۴ | ۰/۴۸ |
| ۳ | ریسه کردن لوله‌ها | ۰/۲۰ | ۰/۳۰ | ۰/۴۰ | ۰/۵۰ | ۰/۴۰ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ |
| ۴ | رگلاژ و تسطیح کف کانال | ۰/۲۷ | ۰/۴۰ | ۰/۴۷ | ۰/۵۳ | ۰/۴۰ | ۰/۵۳ | ۰/۵۳ |
| ۵ | جوش و انتقال لوله‌ها به کف کانال | ۰/۴۵ | ۰/۶۰ | ۰/۴۵ | ۰/۶۰ | ۰/۶۰ | ۰/۴۵ | ۰/۶۰ |
| ۶ | لوله‌گذاری و عملیات سرندی | ۰/۳۰ | ۰/۴۰ | ۰/۵۰ | ۰/۶۰ | ۰/۴۰ | ۰/۶۰ | ۰/۶۰ |
| ۷ | تست کردن | ۰/۴۰ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۰/۶۰ | ۰/۵۰ | ۰/۶۰ | ۰/۶۰ |
| ۸ | پر کردن کانال | ۰/۳۰ | ۰/۳۵ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۰/۳۰ | ۰/۴۴ | ۰/۴۴ |
| ۹ | تسطیح و رگلاژ کف مخزن | ۰/۲۷ | ۰/۵۵ | ۰/۳۳ | ۰/۶۵ | ۰/۶۰ | ۰/۳۳ | ۰/۶۴ |
| ۱۰ | حفاری و خاک‌برداری مسیر | ۰/۳۶ | ۰/۴۴ | ۰/۶۴ | ۰/۴۴ | ۰/۵۲ | ۰/۶۴ | ۰/۴۸ |
| ۱۱ | حفاری و پی‌کنی محل مخزن | ۰/۲۰ | ۰/۴۰ | ۰/۳۳ | ۰/۴۷ | ۰/۳۳ | ۰/۴۰ | ۰/۴۷ |
| ۱۲ | بتن مگر | ۰/۳۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ |
| ۱۳ | تهیه و اجرای آرماتوربندی و قالب‌بندی و بتن کف | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ | ۰/۳۳ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ |
| ۱۴ | آرماتوربندی و قالب‌بندی دیوار و سقف | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ | ۰/۴۷ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ |
| ۱۵ | بتن سقف و دیوار | ۰/۴۷ | ۰/۵۳ | ۰/۵۳ | ۰/۵۳ | ۰/۵۳ | ۰/۵۳ | ۰/۴۷ |
| ۱۶ | حفاری محل حوضچه | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۴۸ | ۰/۴۸ | ۰/۲۰ | ۰/۴۸ | ۰/۴۸ |
| ۱۷ | آجرچینی حوضچه | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۳۳ | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۳۳ |
| ۱۸ | اجرای دال بتنی | ۰/۴۰ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۰ |
| ۱۹ | حفاری محل | ۰/۲۰ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۴۷ | ۰/۳۳ | ۰/۴۰ | ۰/۴۷ |
| ۲۰ | ساخت قسمت فولادی | ۰/۲۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۲۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۲۰ |
| ۲۱ | قالب‌بندی و بتن‌ریزی | ۰/۴۰ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۰ |
| ۲۲ | رنگ‌آمیزی | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۳۳ | ۰/۲۷ | ۰/۲۷ | ۰/۳۳ |
| ۲۳ | نصب علائم مسیر | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ |
| ۲۴ | آزمایش و تست آب‌بندی مخزن | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۰/۳۵ | ۰/۳۰ | ۰/۳۵ | ۰/۳۰ |
| ۲۵ | رفع نقص و تحویل موقت | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ |




**شکل ۲-اثرات زیست‌محیطی حالت‌های اجرایی فعالیت ۱۰**

Figure 2. Environmental Impacts of Execution Modes of Activity 10

**جدول ۴-موازنه اثرات زیست‌محیطی-زمان-هزینه در پروژه موردمطالعه**

Table 4. Environmental Impacts-Time-Cost Trade off the Project under Study

| شماره فعالیت | حالت اجرایی | اثرات منفی زیست‌محیطی | مدت‌زمان (روز) | هزینه (هزار ریال) | شماره فعالیت | حالت اجرایی | اثرات منفی زیست‌محیطی | مدت‌زمان | هزینه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱ | ۰/۳۰ | ۲ | ۱۰۰,۰۰۰ | ۱۴ | ۴ | ۰/۴۰ | ۲۲ | ۳۸۷,۲۰۰ |
| ۲ | ۱ | ۰/۳۶ | ۱۴ | ۱۲۶,۰۰۰ | ۱۵ | ۷ | ۰/۴۷ | ۳ | ۲۴,۴۰۰ |
| ۳ | ۱ | ۰/۲۰ | ۲۵ | ۴۰,۰۰۰ | ۱۶ | ۲ | ۰/۲۰ | ۴ | ۲۲,۴۰۰ |
| ۴ | ۱ | ۰/۲۷ | ۵ | ۱۶,۰۰۰ | ۱۷ | ۳ | ۰/۲۷ | ۲ | ۱۲,۸۰۰ |
| ۵ | ۳ | ۰/۴۵ | ۴ | ۴۸,۸۰۰ | ۱۸ | ۷ | ۰/۴۰ | ۳ | ۱۹,۴۴۰ |
| ۶ | ۱ | ۰/۳۰ | ۲۲ | ۷۰,۴۰۰ | ۱۹ | ۱ | ۰/۲۰ | ۴ | ۱۶,۰۰۰ |
| ۷ | ۱ | ۰/۴۰ | ۱۱ | ۸,۸۰۰ | ۲۰ | ۴ | ۰/۲۰ | ۳ | ۱۴,۴۰۰ |
| ۸ | ۵ | ۰/۳۰ | ۱۶ | ۱۲۸,۰۰۰ | ۲۱ | ۷ | ۰/۴۰ | ۳ | ۲۴,۲۴۰ |
| ۹ | ۱ | ۰/۲۷ | ۷ | ۳۹,۲۰۰ | ۲۲ | ۳ | ۰/۲۷ | ۳ | ۷,۲۰۰ |
| ۱۰ | ۱ | ۰/۳۶ | ۱۳ | ۱۱۷,۰۰۰ | ۲۳ | ۴ | ۰/۲۰ | ۲ | ۶,۴۰۰ |
| ۱۱ | ۱ | ۰/۲۰ | ۸ | ۱۹,۲۰۰ | ۲۴ | ۳ | ۰/۳۰ | ۴ | ۱۶,۰۰۰ |
| ۱۲ | ۱ | ۰/۳۵ | ۴ | ۸,۰۰۰ | ۲۵ | ۱ | ۰/۲۰ | ۲ | ۱۰۰,۰۰۰ |
| ۱۳ | ۲ | ۰/۳۳ | ۲۰ | ۲۴۰,۰۰۰ | | | | | |

میانگین اثرات زیست‌محیطی پروژه موردمطالعه از روش‌های اجرایی مختلف که دارای کمترین اثرات هستند، ۰/۳۰۴ می‌باشد. به عنوان مثال، فعالیت‌های ۱ و ۲ و ۳ در حالت اجرایی اول دارای کمترین اثرات زیست‌محیطی هستند. در ادامه با

توجه به این‌که در برخی از فعالیت‌ها، چندین روش اجرایی دارای اثرات زیست‌محیطی یکسان هستند، انتخاب روش اجرایی نهائی با اولویت دوم مدت‌زمان و اولویت سوم هزینه صورت می‌گیرد. جدول ۴ نتیجه نهائی انتخاب حالت اجرایی در هر فعالیت را با توجه به اولویت عامل محیط‌زیست، زمان و هزینه هر فعالیت نشان می‌دهد. دلیل انتخاب عامل محیط‌زیست به‌عنوان عامل با اولویت اول آن است که عدم تأیید اثرات زیست‌محیطی پروژه منجر به عدم انجام آن شده و در سایر موارد نیز کاهش اثرات زیست‌محیطی با افزایش زمان و هزینه اجرای هر فعالیت همراه خواهد بود. با توجه به جدول ۵، با انتخاب روش‌های اجرایی بیان‌شده در هر فعالیت، این پروژه با کمترین اثرات زیست‌محیطی انجام می‌شود. همچنین در اولویت دوم، مدت‌زمان اجرای فعالیت و در اولویت سوم، هزینه انجام پروژه در حداقل مقدار خواهد بود.

## بحث و نتیجه‌گیری

انجام هر پروژه عمرانی و صنعتی دارای اثرات مثبت و منفی متعددی است. برخی از این آثار اجتناب‌ناپذیر بوده و آنچه اهمیت بالایی دارد این است که پروژه را با کمترین اثرات منفی انجام داده و از خسارات جبران‌ناپذیر بر محیط‌زیست جلوگیری شود. این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات زیست‌محیطی خط انتقال آب روستایی در شهرستان بیرجند انجام‌شده است. برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های پروژه موردمطالعه، هفت عامل در محیط فیزیکی-شیمیایی و محیط بیولوژیکی در نظر گرفته‌شده است. این عوامل عبارت‌اند از بافت و آلودگی خاک، فرسایش و رسوب‌گذاری، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، آلودگی هوا و گردوغبار و آلودگی صدا در محیط فیزیکی-شیمیایی و عوامل گونه‌های گیاهی، حیات‌وحش و زیستگاه‌ها و مناطق تحت حفاظت در محیط بیولوژیکی. برای آن‌که اجرای این پروژه از اهمیت زیادی برخوردار است، بنابراین در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، تنها سه گزینه اجرا، عدم اجرا و اجرای مشروط نخواهیم داشت. در این پروژه به دنبال آن هستیم که پروژه را با کمترین اثرات زیست‌محیطی به پایان برسانیم. ازاین‌رو برای هر فعالیت پروژه ۷ روش اجرایی که هر روش منجر به یک ماتریس ارزیابی اثرات می‌باشد، تشکیل گردید. تعداد پیامدهای زیست‌محیطی و جمع جبری پیامدها در هرکدام از حالت‌های اجرایی فعالیت‌ها متفاوت می‌باشد که در جدول ۳ جزئیات آن بیان‌شده است. میانگین رده‌بندی اثرات برای هرکدام از ۷ حالت اجرایی در سطر و ستون کوچک‌تر از ۳/۱- نیستند که نتیجه می‌شود اجرای این پروژه ازلحاظ محیط‌زیستی تأیید می‌گردد ولی به دنبال آن هستیم که پروژه با کمترین اثرات زیست‌محیطی و در اولویت دوم و سوم، با کمترین زمان و هزینه اجرا گردد. کمترین میانگین رده‌بندی اثرات مربوط به حالت اجرایی اول ۱/۵۸- و بیشترین میانگین مربوط به حالت اجرایی چهارم ۲/۲۵- است. حالت اجرایی اول دارای ۷۸ اثر با جمع جبری اثرات ۱۲۳- و حالت اجرایی چهارم با ۸۰ اثر و جمع جبری اثرات ۱۸۰- می‌باشد. حالت اجرایی اول، حداقل استفاده از منابع در کلیه فعالیت‌های پروژه است و بنابراین میزان اثرات زیست‌محیطی بسیار کم بوده ولی زمان و هزینه پروژه افزایش می‌یابد. حالت اجرایی چهارم نیز تغییر منابع در جهت کاهش مدت‌زمان پروژه است که کاهش مدت‌زمان، افزایش استفاده از منابع و درنتیجه افزایش اثرات زیست‌محیطی و هزینه را به همراه دارد. بیشترین تعداد پیامدها مربوط به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی در کل ۷ حالت اجرایی است که جمع جبری این پیامد بین ۴۰- و ۶۳- متغیر است. در ادامه پیامد بافت و آلودگی خاک، فرسایش و رسوب-گذاری با ۲۱ پیامد و جمع جبری بین ۳۶- و ۵۱- در رده دوم، پیامد آلودگی هوا و گردوغبار با ۱۷ پیامد و جمع جبری بین ۲۵- و ۴۰- در رده سوم، پیامد گونه‌های گیاهی با تعداد ۱۲ و ۱۳ پیامد و جمع جبری بین ۱۳- و ۱۵- در رده چهارم، پیامد آلودگی صوتی بین ۳ و ۶ و جمع جبری بین ۶- و ۱۵- در رده پنجم، پیامد حیات‌وحش و زیستگاه‌ها با تعداد ۲ پیامد و جمع جبری ۲- در رده ششم و درنهایت پیامد مناطق تحت حفاظت کمترین مقدار را داراست. با توجه به جداول ۴، ۵ و ۶، اجرای فعالیت‌های پروژه در حالتی که کمترین اثرات زیست‌محیطی را به دنبال داشته باشد، باعث می‌شود که میزان اثرات زیست‌محیطی پروژه ۱/۵۲- (یا ۰/۳۰۴) گردد که کمترین میزان در اثرات زیست‌محیطی می‌باشد.

در این تحقیق، برای ارزیابی اثرات منفی و کاهش آن‌ها در پروژه آب‌رسانی روستایی در شهرستان بیرجند، برای انجام هر فعالیت، چندین حالت اجرایی از ترکیبات مختلف منابع و مدت‌زمان اجرا تدوین گردید. در نهایت به‌جای آن‌که در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه‌ها دو حالت اجرا و عدم اجرای پروژه موردبررسی قرار گیرد، برای هر حالت اجرایی تدوین‌شده فعالیت‌ها، یک ماتریس ارزیابی اثرات تدوین و تحلیل گردید. سپس برای هر یک از فعالیت‌های پروژه، آن حالت اجرایی انتخاب گردید که دارای کمترین اثرات زیست‌محیطی باشد. برای فعالیت‌هایی که چند حالت اجرایی با مقدار یکسان اثرات زیست‌محیطی وجود داشت، اولویت دوم مدت‌زمان انجام فعالیت بود که کمترین مدت‌زمان انتخاب و در نهایت اولویت سوم هزینه اجرای فعالیت است که کمترین میزان انتخاب شود. این مسئله که به‌صورت یک مسئله موازنه اثرات زیست‌محیطی-زمان-هزینه مطرح می‌گردد که اولویت بهینه‌سازی اهداف به ترتیب بیان‌شده خواهد بود. نتایج نشان داد که در تمام هفت حالت اجرایی موردبررسی که هفت ماتریس تشکیل‌شده است، میانگین‌های سطری و ستونی همگی کمتر از ۳/۱- نیستند ولیکن اجرای پروژه مورد تأیید است. ولی اثرات زیست‌محیطی ناشی از اجرای هرکدام از فعالیت‌های پروژه در حالت‌های اجرایی متغیر است. بنابراین برای هر فعالیت، آن روش اجرایی انتخاب می‌گردد که دارای کمترین میزان اثرات زیست‌محیطی باشد.

**ملاحظات اخلاقی**

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

**تشکر و قدردانی**

این مقاله حاصل بخشی از رساله دکتری با عنوان "ارائه مدل بهینه‌سازی پروژه (مسئله موازنه زمان-هزینه-کیفیت-اثرات زیست‌محیطی) در محیط فازی با استفاده از آنالیز ارزش حاصله و تحلیل پوششی داده‌ها" در سال ۱۳۹۹ است که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران اجراشده است.

**Reference**

1. Liu S, Tao R, Tam C.M. 2013. Optimizing cost and CO2 emission for construction projects using particle swarm optimization. *Habitat International*, *37*: 155-162.
2. Yunesian M, Dastoorani M, Nouri J, Mahvi A, Neshat A, Mahmoodian S. 2009. Environmental health impact assessment of an industrial estate. *Journal of School of Public Health and Institue of Public Health Resaerch*, *7*(1): 1-9. (In Persian)
3. Hosseini S, Alimohammadi M, Nabizadeh R, Dehghani M.H. 2016. Environmental Impact Assessment of the fuel transmission line to combined cycle power Plant of Chabahar project using Iranian Matrix. *Journal of Environmental Health Engineering*, *4*(1): 20-29. (In Persian)
4. Siyahati Ardakani G, Mirsanjari M, Azimzadeh H, Solgi E. 2018. The environmental assessment of some heavy metals in surface soil around pelletizing industries and Ardakan steel. *Iranian Journal of Health and Environment, 11*(3): 449-464. (In Persian)
5. Mirzaei N, Nori J, Mahvi A.H, Yunesian M, Malaki A. 2010. Assessment of Environmental Impacts produced by Compost Plant in Sanandaj. *Scientific Journal of Kurdestan University of Medical Sciences*, *14*(4): 79-88. (In Persian)
6. Khatami S.H. 2008. Investigation of environmental assessment reports of

development plans and projects of the country. *Journal of Environment and Development, 1*(2): 55-62. (In Persian)

7. Barzehkar M, Kargari N, Mobarghaee Dinan N. 2016. Investigation and Comparison Capabilities of Common Methods of Environmental Impact Assessment and ELECTRE-TRI Multi-Criteria Decision Method. *Journal of Human & Environment, 14*(1): 43-54. (In Persian)
8. Shariat M, Monavari S.M. 1996. Introduction to Environmental Impact Assessment, EPA. Tehran. (In Persian)
9. Forman R.T, Deblinger R.D. 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation biology*, *14*(1): 36-46.
10. Marzouk M, Madany M, Abou-Zied A, El-said M. 2008. Handling construction pollutions using multi-objective optimization. *Construction Management and Economics*, *26*(10): 1113-1125.
11. Xu J, Zheng H, Zeng Z, Wu S, Shen M. 2012. Discrete time–cost–environment trade-off problem for large-scale construction systems with multiple modes under fuzzy uncertainty and its application to Jinping-II Hydroelectric Project. *International Journal of Project Management*, *30*(8): 950-966.
12. Ozcan-Deniz G, Zhu Y. 2017. Multi-objective optimization of greenhouse gas emissions in highway construction projects. *Sustainable cities and society*, *28*: 162-171.
13. Yu S, Zheng S, Zhang X, Gong C, Cheng J. 2018. Realizing China's goals on energy saving and pollution reduction: Industrial structure multi-objective optimization approach. *Energy policy*, *122*: 300-312.
14. Nezhadi A, Makhdom M, Monavari S.M, Bali A, Farahani Rad H. 2008. Biodiversity Impact Assessment of Tehran- Pardis Highway on Two Protected Areas: Khojir and Sorkhehesar. *Journal of Environmental Studies, 34*(45): 97-106. (In Persian)
15. Falahtkar S, Sadeghi A, Soffianian A. 2010. Environmental Impact Assessment of GHAMESHLOO highway using ICOLD matrix and Checklist. *Town and Country Planing*, *2*(2): 110-121. (In Persian)
16. Delnavaz M, Khalesi J. 2016. Application of Leopold Matrix and Coding Methods for Environmental Impacts Assessment of Shahid Sadr Expressway in Tehran. *Journal of Civil and Environmental Engieering (University of Tabriz), 46.3*(84): 77-90. (In Persian)
17. Tavakoly M, Mohammadyary F. 2018. Environmental impact assessment of tourist entertainment complex in the region's national natural monuments DEHLORAN. *Journal of Geographic Space, 17*(60): 149-167. (In Persian)
18. Heidari E.S, Alidadi H, Sarkhosh M, Sadighian S. 2017. Zaveh Cement Plant Environmental Impact Assessment Using Iranian Leopold Matrix. *Journal of Research in Environmental Health, 3*(1): 84-93. (In Persian)
19. Ashofteh P.S, Bozorg-Haddad O. 2019. Environmental Impact Assessment of Irrigation Network Implementation on Triple Environments. *Journal of Civil and*

*Environmental Engieering (University of Tabriz), 48.4*(93): 91-101. (In Persian)

20. Golchubi-Diva SH, Salehi E. 2019. Environmental Impact Assessment of Urban Recreation (Case Study: Morvarid Tourism Area of Neka). *Urban Tourism Quarterly, 5*(3): 101-115. (In Persian)
21. Karimi H, Naderi H, Moradi H. 2018. Environmental Impact Assessment of Bistoon's Thermal Power Plant using RAPID matrix and Iranian matrix. Journal of Environmental Science and Technology, *Available Online from 24 April 2018, In Press*. (In Persian)
22. Zangi Drestani M. 2019. Environmental Impact Assessment of Water Transfer Tunnel to Kerman. *Journal of Tunneling & Underground Space Engineering, 8*(1), 45-54. (In Persian)
23. Leopold L.B. 1971. *A procedure for evaluating environmental impact* (Vol. 28, No. 2). US Dept. of the Interior.
24. Makhdom M. 2008. Four points in evaluating development impacts. *Journal of Environment and Development, 2*(3): 9-12. (In Persian)