بوم‌شناسی کاربردی/ سال سیزدهم / شماره چهارم / ۱۴۰۳/ صفحات ۲۱ تا ۴۰

برآورد هزینه- فایده آزادراه بندرعباس- کرمان با استفاده از ارزش مکانی خدمات اکوسیستم

ملیحه عرفانی[1*] و فاطمه جهانی‌شکیب[2]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۷)

چکیده

مداخله در طبیعت از طریق اجرای طرح‌های مختلف توسعه به منظور رفع نیازهای روزافزون جمعیت اجتناب‌ناپذیر است. هر گونه مداخله دارای پیامدهای منفی و مثبت بر خدمات اکوسیستم است. از این‌رو، در دهه های اخیر ارزیابی اثرات محیطزیستی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است. ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم می‌تواند به‌عنوان رویکردی مکمل در تحلیل اثرات محیطزیستی، نقش مؤثری در تصمیم‌گیری‌های توسعه‌ای ایفا کند. با این حال، در ارزیابی پروژه‌های عمرانی این موضوع کمتر مدنظر قرار گرفته است. از این‌رو، پژوهش حاضر با تلفیق رویکردهای ارزیابی اثرات محیطزیستی و ارزش‌های اقتصادی خدمات اکوسیستم، به برآورد هزینه-فایده احداث آزادراه بندرعباس-کرمان پرداخته است. خدمات اکوسیستمی مورد نظر شامل نگهداشت رسوب، تولید آب، کیفیت زیستگاه، ترسیب کربن، تولید غذا، گردشگری، کیفیت رویشگاه، تولید علوفه و تولید اکسیژن است. نتایج مطالعه با بروزرسانی بر اساس نرخ تورم سالیانه نشان داد که در فاز ساختمانی و بهره‌برداری منتهی به سال ۱۴۰۳ به‌ترتیب ۱۶۱,۸۴۲,۷۵۰,۷۸۵ و ۳۳۲,۳۰۷,۴۷۲,۰۳۱ تومان خسارت (هزینه) بر اثر اجرای طرح بر خدمات اکوسیستم تحمیل شده است. همین‌طور فایده در مرحله ساختمانی در هیچ یک از خدمات اکوسیستمی رخ نداده و در فاز بهره‌برداری فایده‌ای معادل ۳۶۶,۰۲۴,۶۰۸,۹۶۰ تومان به همراه داشته است و بنابراین خسارت خالص از اجرای این طرح ۱۲۸,۱۲۵,۶۱۳,۸۵۶ تومان برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی، ارزیابی اثرات توسعه، برآورد خسارت، ارزشگذاری اقتصادی، خدمات اکوسیستم

---

۱. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: maliheerfani@uoz.ac.ir

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

مقدمه

در جهان امروز که با رشد شتابان جمعیت و گسترش فزاینده نیازهای انسانی مواجه است، اجرای طرح‌های توسعه‌ای در عرصه‌های گوناگون اقتصادی، اجتماعی و زیرساختی به ضرورتی انکارناپذیر بدل شده است؛ ضرورتی که به‌ناچار با مداخله در نظام‌های طبیعی و بهره‌برداری گسترده از منابع طبیعی همراه است (۲۲). این روند، اگرچه پاسخی به مطالبات روزافزون بشر به‌شمار می‌رود، اما در عین حال چالشی بنیادین در زمینه حفظ پایداری بوم‌شناختی ایجاد می‌کند (۲۸). هر گونه مداخله در طبیعت دارای پیامدهای منفی و گاه مثبت بر خدمات اکوسیستم است، از این روست که ارزیابی اثرات محیط زیستی (Environmental Impact Assessment, EIA) دهه‌ها در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است تا مانع تخریب گسترده محیط‌زیست در اثر اجرای طرح‌های توسعه شود (۳ و ۲۹). EIA یک روش ارزیابی جامع و پیشگیرانه است که ارتباطات متقابل بین شاخه‌های علمی مختلف مربوط به زمین، حیات و علوم اجتماعی را در نظر می‌گیرد. فرآیند EIA روشی برای تعیین، پیش‌بینی، ارزیابی و کاهش اثرات بیوفیزیکی، اجتماعی و سایر اثرات مهم پروژه‌های توسعه‌ای پیشنهادی قبل از اتخاذ تصمیمات حیاتی برای پذیرش یا رد آن توسط یک نهاد حاکم است (۲۵ و ۲۷).

اجرای مؤثر EIA به‌عنوان یک موضوع با اهمیت جهانی به‌ویژه مرحله پیش‌بینی اثرات که به‌عنوان هسته EIA شناخته می‌شود، متشکل از چهار مرحله است که عبارتند از: شناسایی تأثیر، ارزیابی تأثیر، ارزیابی اهمیت و اقدامات کاهشی بر پیامدهای محیط‌زیستی احتمالی فعالیت‌های توسعه‌ای پروژه. اثربخشی پیش‌بینی تأثیر، نشان‌دهنده کیفیت فرآیند EIA است و می‌تواند تصمیم‌گیری محیط‌زیستی را بهتر با اهداف توسعه پایدار هماهنگ کند (۳). با این‌حال، EIA به‌دلیل تأثیر متقابل منافع سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و همچنین زمینه‌های نهادی و سیاستی با مشکلات اساسی در دستیابی موثر به اهداف خود مواجه بوده است. یکی از دلایل را می‌توان در این حقیقت جستجو کرد که روش‌های به‌کار رفته، کمتر توسعه یافته‌اند به‌نحوی که روش‌های EIA عمدتاً توصیفی و ذهنی و کمتر تحلیلی و عینی هستند (۲۱). اعتبار و دقت فرآیند EIA را می‌توان با اتخاذ روش‌های ارزیابی دقیق‌تر و توانمندسازی قانون‌گذاران برای استفاده از آنها بهبود بخشید (۲۹). از این‌رو لازم است به عناصر جدید تجزیه و تحلیل برای ایجاد تغییرات قابل‌توجه و بهبود اثربخشی در فرآیند EIA پرداخته شود (۳).

زیرساخت‌ها، به‌ویژه بزرگراه‌ها، نقشی کلیدی در ارتقاء رفاه اجتماعی و تسهیل سرمایه‌گذاری در مسیر توسعه پایدار ایفا می‌کنند (۳۳). با توجه به گستره و پیچیدگی اثرات محیط‌زیستی، بزرگراه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پروژه‌های توسعه‌ای، در زمره طرح‌های مشمول EIA در ایران قرار می‌گیرند. بر اساس پژوهش‌های اخیر، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه‌های بزرگراهی در سطح ملی و بین‌المللی مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته است. این مطالعات از ترکیبی از روش‌های مکانی (مانند GIS و سنجش از دور) و غیرمکانی (نظیر ماتریس‌های تصمیم‌گیری و تحلیل‌های چندمعیاره) برای تحلیل جامع و چندبُعدی پیامدها بهره گرفته‌اند. برای نمونه، شیرین‌کلم و همکاران (۲۰۲۵) با استفاده از یک رویکرد کاربردی، به EIA ساخت بزرگراه امام علی (ع) با بهره‌گیری از چارچوب‌های ارزیابی غیرمکانی و مبتنی بر تحلیل ماتریسی پرداختند. در این تحقیق، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP, Analytical Hierarchy Process) در کنار ماتریس اصلاح‌شده لئوپولد استفاده شد که نتایج آنها نشان داد که کارفرمایان به‌جای تأیید کامل پروژه، موظف به اصلاح و بهبود آن بوده‌اند (۲۸). ون و همکاران (۲۰۲۵) با تحلیلی پویا به بررسی اثرات محیط‌زیستی بزرگراه لینگوا در استان گانسو چین پس از احداث پرداختند. آنها مطالعه خود را به صورت مکانی و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای GF-1 با وضوح بالا انجام دادند و نشان دادند که بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ پس از احداث بزرگراه، زمین‌های زراعی و جنگلی کاهش و مناطق مرتعی اطراف جاده افزایش یافته است.

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

همچنین آنها با استفاده از شاخص ریسک بوم‌شناسی سیمای–سرزمین نشان دادند که اثرات بوم‌شناختی تحمیل‌شده روندی کاهشی در طول سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ داشته است (۳۳). کیم و همکاران (۲۰۲٤) نیز با تمرکز بر آزادراه‌ها و بزرگراه‌های دو بانده، مدلی برای EIA آنها از نظر انتشار آلاینده‌ها ارائه کردند. این مطالعه با تکیه بر روش‌های مکانی و استفاده از نرم‌افزارهای مدل‌سازی، نشان داد که ترافیک می‌تواند اثرات قابل‌توجهی بر کیفیت هوا و سلامت محلی داشته باشد (۱۵). در کشور پاکستان، ارزیابی استراتژیک محیط‌زیستی برای تحلیل اثرات بوم‌شناختی و اجتماعی–اقتصادی ناشی از احداث بزرگراه‌ها انجام شد؛ در این مطالعه، تلاش شد تا اثرات مستقیم، غیرمستقیم و تعاملی پروژه‌ها شناسایی و بررسی شوند. برای این منظور، از منابع ثانویه مانند مقالات علمی و گزارش‌های EIA بهره گرفته شد و گزینه‌های مختلف با استفاده از معیارها و شاخص‌های تأثیر ارزیابی گردیدند تا گزینه‌ای پایدار و مناسب برای تحقق اهداف انتخاب شود (۲). کین و همکاران (۲۰۲۳) مطالعه خود را با هدف ارزیابی اثرات بزرگراهی در اطراف منطقه حفاظت‌شده کوه چانگ‌بای در کشور شمال شرق چین طراحی کردند. مطالعه آنها در بازه ده ساله و با استفاده از پایش فاکتورهای اکولوژیک شامل پوشش گیاهی و حیات وحش انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین اثرات بین سال های چهارم تا سال هفتم بهره برداری از بزرگراه و تا محدوده ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر در کنار جاده رخ می دهد و پس از آن با افزایش زمان بهره‌برداری، تغییر اکوسیستم در امتداد خط سال به سال کاهش می‌یابد و به تدریج به سمت پایداری می‌رود (۲٤). در مجموع، این مطالعات نشان می‌دهند که استفاده ترکیبی از روش‌های مکانی (نظیر GIS و شبیه‌سازی انتشارآلاینده‌ها) و غیرمکانی (مانند روش‌های مبتنی بر ماتریس) می‌تواند دید جامعی نسبت به اثرات محیط‌زیستی بزرگراه‌ها ارائه دهد.

پروژه‌های توسعه اغلب در تشخیص وابستگی خود به خدمات اکوسیستم ناکام هستند، که می‌تواند منجر به نتایج منفی شود. ضروری است ارزیابی دقیق اثرات و وابستگی به این خدمات هنگام برنامه‌ریزی پروژه‌های جدید انجام شود (۱۷).

یکی از عناصری که می‌توان جهت افزایش دقت و اعتبار روش‌های EIA به‌کار برد، ارزش خدمات اکوسیستمی است. همچنین ارزش خدمات اکوسیستمی را می‌توان به‌عنوان روشی مستقل برای EIA به‌کار برد. استفاده از ارزش خدمات اکوسیستم با داشتن توانایی بالا در قانع کردن مسئولین با کمک اعداد خسارات و فایده می‌تواند در بهبود روش‌های EIA نقش اساسی داشته باشد. با این وجود مطالعات اندکی در جهان با به‌کارگیری خدمات اکوسیستم در EIA انجام شده است. این ارزیابی‌ها معمولاً با استفاده از مدل‌ها و روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که ارزش خدمات اکوسیستم را محاسبه و تغییرات ناشی از پروژه‌ها را تحلیل می‌کنند. بنابراین به کارگیری این رویکرد ضمن به حداقل‌رساندن آسیب به محیط زیست، بیشترین مزایای خالص را برای جامعه ارائه می‌کند (۳۱). از جمله این مطالعات می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

گیلارد و همکاران (۲۰۲۵) در چارچوب یک پروژه لایروبی در آدلاید، استرالیا، خدمات اکوسیستم را در مرحله ارزیابی اثرات محیط‌زیستی لحاظ کردند. فرآیند به‌کار رفته، ارزش‌های قابل‌توجهی را برای این منطقه از نظر خدمات تأمین‌کننده، تنظیم‌کننده و فرهنگی آشکار ساخت و نشان داد که بسیاری از این خدمات در معرض خطر از بین رفتن به دلیل لایروبی هستند (۱۱). ارزیابی مکانی اثرات محیط زیستی جاده ها با استفاده از خدمات اکوسیستم تنظیم رطوبت خاک و کنترل فرسایش در مطالعه نپوشیوالنکو و همکاران (۲۰۲٤) در اوکراین مورد توجه قرار گرفت. آنها با استفاده از شاخص رطوبت توپوگرافی و ضریب فرسایش نشان دادند که جاده‌ها منجر به تغییر رژیم آبی و افزایش فرسایش خاک شده که بیشترین تأثیر آن در مجاورت جاده رخ می‌دهد و می‌توانند پیامدهای منفی قابل توجهی برای پوشش خاک و اجزای زیستی اکوسیستم‌ها داشته باشد (۲۰). ارزیابی خدمات اکوسیستم مبتنی بر داده‌ها و نظرات کارشناسی در بنادر روستوک آلمان و شچچین لهستان انجام شد و نشان داد که خدمات اکوسیستمی ترسیب کربن، کیفیت آب، تنوع زیستی در اثر عمیق‌سازی کانال متحمل خسارت شده‌اند (۲۷). در

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

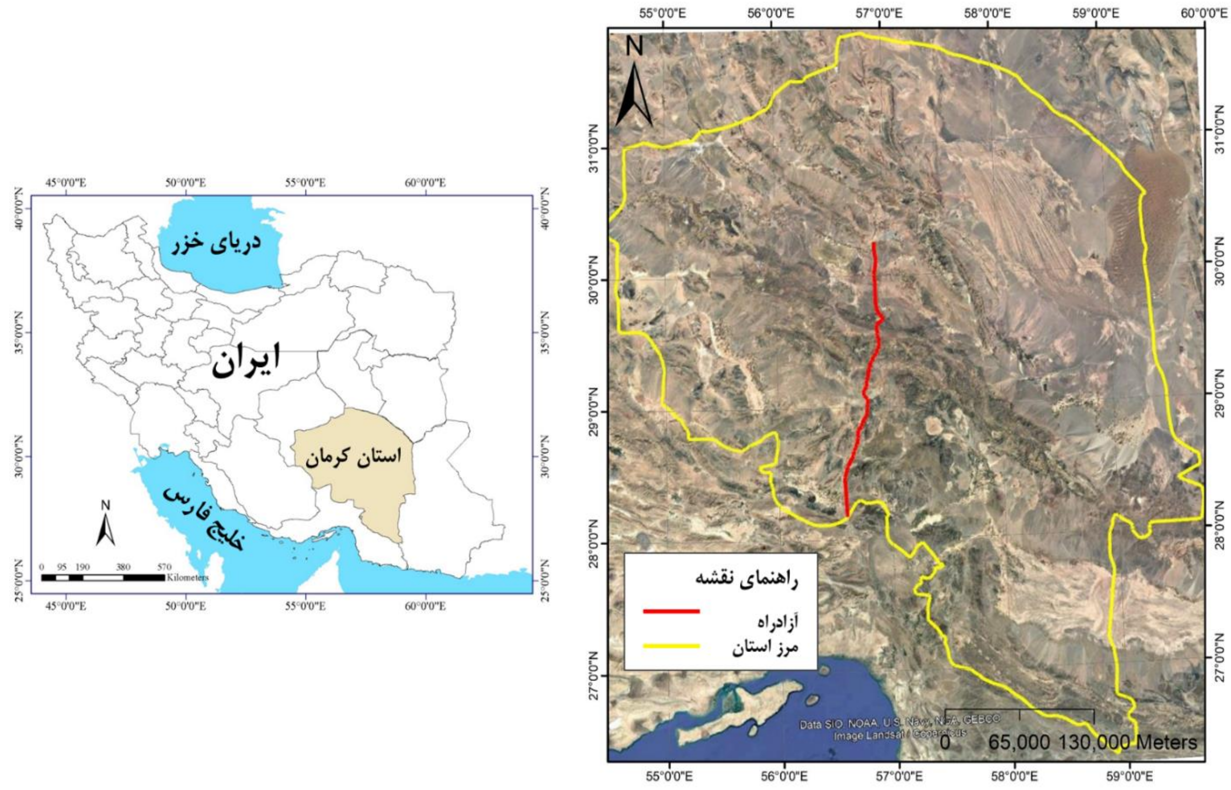
مطالعه‌ای که در منطقه ساحلی بلژیک با هدف بهبود فرآیند ارزیابی اثرات محیط‌زیستی از طریق ادغام خدمات اکوسیستم انجام شد، رویکردی پیشنهاد گردید که بر فرآیندهای اکوسیستم به‌عنوان محرک‌های اصلی خدمات اکوسیتم و تنوع زیستی تمرکز داشت. این رویکرد به شناسایی خدمات اکوسیستم اولویت‌دار کمک کرده و بنابراین این روش نیاز به داده‌ها را محدود می‌کند، همچنین به انتخاب عینی‌تر اثرات کمک می‌کند (۳۲). در پروژه‌هایی مانند "One Line Four Mines" در چین، از داده‌های ویژگی‌های استفاده زمین برای پیش‌بینی سریع اثرات خدمات تنظیمی اکوسیستم استفاده شده است (۱٤). این روش‌ها به تصمیم‌گیران شهری کمک می‌کنند تا شرایط استفاده از زمین را کنترل کنند. کومی و همکاران (۲۰۲۳) پویایی تغییرات ناشی از معدنکاری در ارزش خدمات اکوسیستم و هزینه‌های اقتصادی متعاقب آن را برای خانوارهای روستایی در منطقه آهافو غنا ارزیابی کردند. آنها هزینه اقتصادی خدمات اکوسیستم از دست رفته را با استفاده از تخمین هزینه‌های جایگزینی و احتمالی تعیین کردند و نشان دادند که خدمات تأمین بیشترین تأثیر را از معدن پذیرفته ، در حالی که خدمات فرهنگی کمترین تأثیر را متحمل شده است (۱٦). برخی از مطالعات نیز (۱ و ۱۳) ارزیابی اثرات سناریوهای مختلف کاربری اراضی را مانند جنگل‌-زدایی، شهرنشینی و گسترش کشاورزی بر ارائه خدمات اکوسیستم مورد استفاده قرار داده‌اند. لذا با اندازه‌گیری هزینه‌ها و مزایای این توسعه‌ها، سیاستگذاران می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌تری در مورد استفاده از زمین بگیرند که توسعه اقتصادی را با حفاظت از محیط زیست متعادل می کند.

در ایران تاکنون از ارزشگذاری خدمات اکوسیستمی در فرایند ارزیابی اثرات محیطزیستی به‌عنوان رویکردی مستقل و یا کمکی استفاده نشده است. اما در چندین مورد خسارت‌های وارد شده در اثر فعالیت‌های مختلف بر خدمات اکوسیستمی بررسی شده‌اند که شامل برآورد خسارت‌های وارد شده به اکوسیستم‌های مختلف ایران در اثر انتشار آلودگی نفتی حاصل از به آتش کشیدن چاه‌های نفت در کشور کویت توسط عراق و برآورد خسارت‌های تحمیل شده بر اثر جنگ خلیج فارس بر اکوسیستم‌های جنگلی حرا و جنگل‌های غرب ایران است (۱۹). همچنین در سال ۲۰۰۵ بانک جهانی مطالعه‌ای را در ایران جهت ارزیابی خسارت‌های ناشی از توسعه بر بخش‌های مختلف محیطزیست از جمله جنگل، ساحل، آب و هوا انجام داد (۲٦). به طور کلی، تا کنون الگو و تکنیک مشخصی به‌منظور لحاظ نمودن ارزشگذاری اقتصادی در فرایند EIA ارایه نشده است و مطالعات یاد شده تنها به برآورد خسارت جدای از الگوی معمول ارزیابی آثار توسعه بر محیطزیست و یا از خدمات اکوسیستم به‌عنوان معیارهای EIA و بدون ارزشگذاری و برآورد هزینه- فایده استفاده کرده‌اند. از این‌رو مطالعه حاضر با هدف به کارگیری ارزشگذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم، جهت برآورد هزینه- فایده و خسارات آزادراه بندرعباس- کرمان در بخش استان کرمان انجام شد. همچنین یک رویکرد به‌عنوان مکمل روش‌های معمول EIA ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

توسعه آزادراه‌ها بر اساس قوانین ایران مشمول مطالعات EIA است. آزادراه بندرعباس- کرمان به‌طول ۳۵٦ کیلومتر شهرستان بندرعباس استان هرمزگان را به شهرستان کرمان در استان کرمان متصل می‌کند و حدود ۲۵۰ کیلومتر آن در استان کرمان واقع شده است که جهت مطالعه حاضر بخش مرتبط با استان کرمان انتخاب شده است. در محدوده مورد مطالعه متوسط درجه حرارت و بارندگی به ترتیب ۲۰/٦ و ۱۵۹/۵ میلی‌متر و اقلیم منطقه خشک است. کاربری اراضی غالب محدوده مورد مطالعه را مرتع فقیر و پس از آن بیشه‌زار و بوته‌زار و رخنمون‌های سنگی تشکیل می‌دهند. همچنین رویشگاه‌های این منطقه، ایرانو تورانی و نوبوسندی است. از نظر وضعیت پوشش گیاهی، ۱۵ تیپ گیاهی و در مجموع ۹۳ گونه گیاهی مهم در ناحیه بلافصل پروژه وجود دارد که در سطح ملی حفاظت شده‌اند و از این بین دو گونه نیز



شکل۱. منطقه مورد مطالعه و موقعیت آزادراه در استان کرمان

در سطح بین‌المللی در طبقه حفاظت‌شده قرار دارند.پرندگان اصلی محدوده مطالعاتی شامل ۲۰ گونه مهم‌اند که شاخص زیستگاه‌های کوهستانی، دشتی ایرانو تورانی، دشتی نوبوسندی و مناطق کوهستانی حد واسط ایرانوتورانی و نوبوسندی‌اند. ۱۷ گونه مهم پستاندار ازجمله خرس سیاه، آهو، قوچ و میش، کل و بز، کفتار، گرگ، روباه و تشی در زیستگاه‌های حاشیه مسیر پیشنهادی زیست می‌کنند که از این بین ۳ گونه ارزش بین‌المللی و ۱۳ گونه ارزش ملی دارند. خزندگان و دوزیستان با ۳۲ گونه مهم از غنای بالایی برخوردارند. همچنین مسیر مورد تایید در مجاورت و خارج از منطقه شکار ممنوع انجرک–رابر و مناطق حفاظت شده بیدوئیه و کوجوپار قرار دارد (٤).

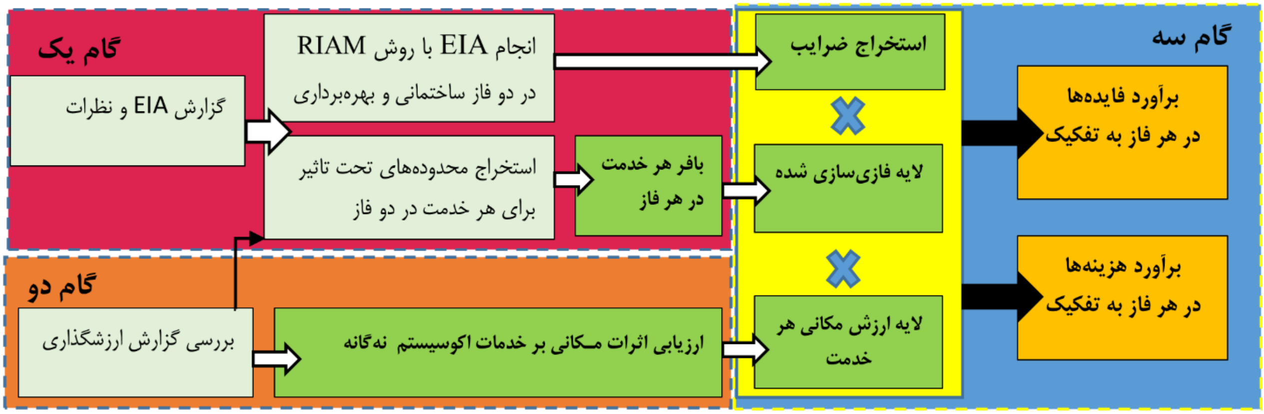
در محدوده مورد مطالعه ۱۹ روستای دارای سکنه وجود دارد و بخش اعظم این آزادراه با سکونتگاه‌های انسانی دارای فاصله‌ای بیش از ۵۰۰ متر است (حریم وزارت راه) است. شکل ۱ مسیر آزادراه در استان هرمزگان و کرمان را نشان می‌دهد (٤).

روش پژوهش

روش به کار رفته در این مطالعه به منظور برآورد هزینه فایده آزادراه بندرعباس- کرمان در سه گام ذیل تشریح شده است که برای دو فاز ساختمانی و بهره‌برداری انجام شد. خدمات اکوسیستم مورد نظر شامل نگهداشت رسوب، تولید آب، کیفیت زیستگاه، ترسیب کربن، تولید غذا، گردشگری، کیفیت رویشگاه، تولید علوفه و تولید اکسیژن بوده که لایه‌های آنها تهیه گردید (٦) و ارزش‌های تومانی آنها برای انتهای سال ۱٤۰۳ با توجه به نرخ تورم به‌روزرسانی شدند.

علت انتخاب سال ۱٤۰۰ به عنوان سال مبنا، انجام مطالعات ارزش‌گذاری اقتصادی منابع پایه استان کرمان در این سال است. همچنین گزارش EIA آزادراه (٤) نیز برای استخراج اطلاعات مورد نیاز مطالعه شد. مراحل کار در قالب شکل ۲ نشان داده شده است.

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]



شکل ۲. فلوچارت روش به کار رفته در برآورد هزینه فایده آزادراه بندرعباس- کرمان

گام اول- تعیین ضرایب اثرات بر خدمات اکوسیستم

این مرحله جهت به‌دست آوردن ضرایب نشان‌دهنده میزان اثرات احداث آزادراه بر هر یک خدمات اکوسیستمی مورد نظر انجام شد. بدین منظور از روش ارزیابی اثرات سریع اصلاح شده (Modified RIAM, Rapid Impact Assessment Matrix) استفاده شد. این روش از انواع روش‌های مبتنی بر ماتریس بوده و برای نشان دادن سریع اثرات منفی و مثبت ناشی از اجرای یک پروژه به کار می‌رود (۱۲). دلیل انتخاب این روش جهت محاسبه ضرایب نیز موجود بودن اطلاعات مورد نیاز برای اجرای این روش در گزارش طرح بود. علاوه برتحلیل کیفی و محتوای گزارش EIA، شناخت مستقل نویسندگان از منطقه و تعامل با کارشناسان محیط زیست نیز مبنای محاسبه ضرایب قرار گرفت. در ماتریس اثرات این روش، اجزاء محیط‌زیست که در مطالعه حاضر خدمات کوسیستم نه گانه هستند در ردیف‌ها و معیارهای ارزیابی در ستون‌ها قرار می‌گیرند. معیارهای ارزیابی در این روش در دو طبقه کلی A (معیارهایی که از نظر اهمیت، مهم محسوب شده و می‌توانند از مقیاس یا امتیاز برخوردار شوند) و B (معیارهایی که بر اساس موقعیت ارزشگذاری شده، اما به طور مستقل امتیاز اثر را تحت الشعاع قرار نمی‌دهند) تقسیم‌بندی می‌شوند. معیارهای طبقه A شامل A1- شعاع اثرگذاری (در دامنه ۰ تا ٤) وA2- بزرگی اثر (در دامنه -۳ تا +۳) هستند و معیارهای طبقه B شامل B1- پایداری، B2- برگشت پذیری، B3- تجمع‌پذیری و B4- حساسیت محیط‌زیست هدف پروژه است که همگی در دامنه ۱ تا ٤ امتیازدهی می‌شوند. هرچه اعداد بزرگتر امتیاز اثرگذاری بیشتر و مثبت و منفی بودن اعداد نیز اثرات مثبت و منفی را نشان می‌دهد. تکمیل ماتریس ارزیابی اثرات سریع اصلاح شده بر اساس گزارش طرح و نظر کارشناسی انجام شد. پس از تکمیل ماتریس، امتیازهای بدست آمده برای هرکدام از معیارهای گروه A در هم ضرب شده و امتیازهای معیارهای گروه B با هم جمع می‌شوند. مجموع امتیازهای گروه B در نتایج گروه A ضرب گردیده تا بدین ترتیب رتبه ارزیابی نهایی (Environmental Score, ES) برای آن شرایط خاص به‌دست آید. دامنه امتیازهای ES در این روش بین ۱۹۲+ تا ۱۹۲- است که برای به‌دست آوردن ضرایب اثرگذاری در بازه ۰ تا ۱، امتیازهای ES برای هر یک از خدمات اکوسیستم بر عدد ۱۹۲ تقسیم شد و ES استاندارد شده که نشان دهنده ضرایب اثرگذاری است، به دست آمد.

گام دوم- تعیین محدوده تحت تاثیر برای هر یک از خدمات اکوسیستم و نقشه‌سازی و فازی‌سازی آن

بر اساس گزارش طرح و نظر کارشناسی شعاع تاثیرگذاری پروژه بر هر یک از خدمات اکوسیستم مورد نظر تعیین شد. همچنین با بررسی مطالعات منتشر شده (۲۰، ۲٤ و ۳۳)، از شعاع تعیین شده برای هر یک از خدمات اکوسیستم با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه اطمینان حاصل شد. شعاع تاثیرگذاری که نشان دهنده محدوده تحت تاثیر پروژه است به‌صورت یک بافر اطراف

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

محدوده بلافصل نقشه‌سازی شد. پس از اعمال تابع فاصله در محدوده بافر به روش تابع یکطرفه خطی کاهشی فازی‌سازی گردید. دامنه ارزش‌های مورد استفاده جهت فازی‌سازی بین ۰ تا ۱ در نظر گرفته شد. به‌نحوی که امتیاز یک به پیکسل‌های محدوده بلافصل و مجاور آن و امتیاز صفر به پیکسل‌های انتهای محدوده تحت تاثیر تخصیص یافت. اندازه پیکسل‌ها با توجه به ابعاد لایه‌های خدمات اکوسیستم ۳۰ در ۳۰ متر در نظر گرفته شد. در تمامی نقشه‌ها محورهای مختصات بر اساس واحد متر و سیستم مختصات UTM-Zone 40N و بیضوی WGS 84 است.

گام سوم- تجمیع ارزیابی اثرات محیطزیستی مکانی و غیرمکانی و برآورد هزینه- فایده

با توجه به اینکه داده‌های اولیه ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم مربوط به سال ۱۴۰۰ بوده‌اند (٦)، قبل از استفاده از آنها در محاسبات هزینه- فایده، ارزش‌های آنها برای انتهای سال ۱٤۰۳ با توجه به نرخ تورم به‌روزرسانی شدند. بدین منظور، از نرخ‌های رسمی تورم سالانه اعلام‌شده توسط مرکز آمار ایران و بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استفاده شد. نرخ تورم سالانه در سال‌های ۱٤۰۱، ۱٤۰۲ و ۱٤۰۳ به‌ترتیب برابر با ٪٤٦.٥، ٪٤٢.۰ و ٪۳۲.٥ گزارش شده است. معادله کلی برای به‌روزرسانی ارزش‌ها با در نظر گرفتن تورم سالانه به‌صورت زیر است:

$$V_n = V_0 \times \prod_{i=1}^{n}(1 + r_i) \quad (۱)$$

که در آن V_n و V_0 به‌ترتیب ارزش به‌روزشده در سال n و ارزش اولیه را نشان می‌دهد، r_i نرخ تورم، n تعداد سال‌هایی است که باید اثر تورم در آن لحاظ شود. اما از آنجا که نرخ تورم در ایران هر سال متفاوت است، معادله بالا به شکل گسسته زیر برای این مطالعه در نظر گرفته شده است:

$$V_{1404} = V_{1400} \times (1 + 0.465) \times (1 + 0.420) \times (1 + 0.325) \quad (۲)$$

بنابراین با انجام محاسبات عددی: ارزش ۱٤۰٤≈ ارزش ۱٤۰۰×۲.۷۷ به‌دست آمد و بر این اساس، تمام ارزش‌های خدمات اکوسیستم مربوط به سال ۱٤۰۰، در این پژوهش با ضریب ۲/۷۷ برای سال ۱٤۰٤ به‌روز شدند.

در ادامه با ضرب ضرایب اثرگذاری گام اول که نماینده ارزیابی غیرمکانی است در لایه‌های نقشه‌ای فازی گام دوم و همین‌طور لایه ارزش‌گذاری به‌روز شده خدمات اکوسیستم مربوطه که ارزیابی مکانی را نشان می‌دهند، لایه هزینه و یا فایده برای هر یک از خدمات اکوسیستم به‌دست آمد. این مرحله که حاصل تجمیع دو مرحله‌ی پیشین است، تلفیقی از ارزیابی غیرمکانی (ضرایب اثرگذاری) و ارزیابی مکانی (تلفیق لایه‌های مکانی خدمات اکوسیستمی با لایه‌های فازی مربوطه) بوده و در شکل ۲ نمایش داده شده است. بر این اساس، در صورتی که مقدار ES استاندارد شده مثبت باشد، به عنوان فایده، و در صورت منفی بودن، به عنوان هزینه در نظر گرفته می‌شود. شایان ذکر است که با وجود آن‌که دو خدمت گردشگری و تولید غذا در فاز بهره‌برداری دارای اثرات مثبت بالقوه هستند، اما به دلیل تخریب اراضی کشاورزی و از بین رفتن قابلیت‌های گردشگری در محدوده‌ی بلافصل آزادراه، ارزش ازدست‌رفته‌ی این دو خدمت به عنوان هزینه نیز در تحلیل منظور گردیده است. بنابراین این دو خدمت در فاز بهره‌برداری هم دارای فایده و هم هزینه هستند. نحوه نقشه‌سازی و ارزشگذاری خدمات اکوسیستم (٦) به همراه توضیحات تکمیلی در خصوص معیارهای مورد استفاده، روش-های به‌کار رفته و منبع علمی هر یک از خدمات اکوسیستمی در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین پیوست ۱ نقشه‌های آنها را نشان می‌دهد.

نتایج

ارزیابی غیرمکانی اثرات محیطزیستی آزادراه بندرعباس- کرمان بر روی خدمات اکوسیستم و تعیین محدوده تحت تاثیر

اثر فعالیت‌های پروژه در مرحله آماده‌سازی و بهره‌برداری در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. در فاز بهره‌برداری اثر آزادراه بر خدمات فرهنگی و تولید غذا هم مثبت و هم منفی است. اثرات منفی به‌علت حذف مناطق دارای ارزش گردشگری و اراضی کشاورزی در محدوده بلافصل آزادراه و اثرات مثبت عمدتا به-دلیل بهبود شبکه دسترسی می باشد. ارزش‌های ذکر شده در

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

جدول ۱. تشریح نقشه‌سازی و ارزشگذاری خدمات اکوسیستم و معیارهای آنها

خدمات	نحوه نقشه سازی	معیارهای نقشه‌سازی	روش ارزشگذاری	معیارهای ارزشگذاری	منبع
کیفیت زیستگاه	مدل InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)	کاربری اراضی، جدول منابع تهدید انسانی، نقشه منابع تهدید، مناطق تحت حفاظت موجود در منطقه، انواع زیستگاه و حساسیت انواع زیستگاه به هر تهدید، جداول و حساسیت تیپ‌های زیستگاهی به هر تهدید، وزن نسبی و فاصله اثر هر تهدید	هزینه خسارت اجتناب شده	نقشه خدمت کیفیت زیستگاه، بر اساس خسارت به تنوع زیستی، جریمه‌های مصوب و آمار مربوط به سرشماری حیات وحش در مناطق تحت حفاظت سازمان محیط زیست استان کرمان	۷
کیفیت رویشگاه	مدل InVEST	کاربری اراضی، جدول منابع تهدید انسانی، نقشه منابع تهدید، مناطق تحت حفاظت موجود در منطقه، انواع رویشگاه و حساسیت انواع رویشگاه به هر تهدید، جداول و حساسیت تیپ‌های رویشگاهی به هر تهدید، وزن نسبی و فاصله اثر هر تهدید	روش بازاری	نقشه خدمت کیفیت رویشگاه، ارزش اقتصادی گیاهان دارویی دارای مجوز بهره‌برداری مانند ارزش آنغوزه تلخ	۵
ترسیب کربن	مدل InVEST	کاربری اراضی و داده کربن در چهار منبع ذخیره بیوماس روزمینی، بیوماس زیرزمینی، خاک و ماده آلی مرده به تفکیک طبقات کاربری اراضی	هزینه اجتماعی کربن / مالیات کربن (Social Cost of Carbon)	نقشه خدمت ترسیب کربن، هزینه اجتماعی دی اکسید کربن، ارزش هر تن کربن با نرخ تنزیل ۵ درصد	۸
گردشگری	تحلیل چندمعیاره مکانی (Multi-Criteria Evaluation , MCE)	معیارهای مختلف اکولوژیک (۱۸ زیرمعیار) و اقتصادی – اجتماعی (۱۰ زیرمعیار)	روش بازاری	نقشه خدمت گردشگری، سهم گردشگری در تولید ناخالص داخلی(GDP) با استفاده از آمار واحد میراث فرهنگی و گردشگری استان کرمان	٦
تولید آب	مدل InVEST	مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model, DEM)، عمق خاک، میانگین بارندگی سالانه، حجم آب قابل دسترس گیاه (Plant Available Water Capacity, PAWC)، کاربری اراضی، حوزه‌ها و زیر حوزه‌ها، جدول ضرایب (شامل حداکثر عمق گیاهان در خاک منطقه، ضریب تبخیر و تعرق هر کاربری اراضی، ارزش فیلترسازی گیاهان در هر پیکسل برای هر کاربری)	قیمت سایه‌ای (روش هزینه جایگزین)	نقشه خدمت تولید آب، هزینه برداشت غیرمجاز در بخش کشاورزی، صنعت و شرب برای هر مترمکعب به روش داده–ستاده	۹

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

ادامه جدول ۱

نگهداشت رسوب	مدل InVEST	کاربری اراضی، مدل رقومی ارتفاع (DEM)، شاخص فرسایندگی باران (R)، شاخص فرسایش پذیری خاک (k)، جداول ضرایب (عامل پوشش گیاهی (C) و عامل عملیات حفاظتی (P) به تفکیک هر کاربری ارضی)	ارزش جایگزینی	نقشه خدمت نگهداشت رسوب، ارزش اقتصادی حفظ حاصلخیزی خاک مبتنی بر سه عنصر ازت، فسفر و نیتروژن موسوم به کود NPK	٦
تولید اکسیژن	محاسبه فتوسنتز	بر اساس معادلات بوم‌شناختی، میزان اکسیژن تولید شده از ترسیب کربن بر اساس وزن‌های اتمی برآورد می‌شود.	هزینه جایگزینی	نقشه خدمت تولید اکسیژن، قیمت تولید اکسیژن به شیوه صنعتی و پزشکی معادل با شارژ کپسول اکسیژن	٨
تولید غذا	میانگین وزن دار	لایه کشاورزی به تفکیک شهرستان، میزان محصولات زراعی و محصولات باغی سال زراعی سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰	ارزش بازاری	نقشه خدمت تولید غذا، قیمت فروش محصول در بازار مصرف	٦
تولید علوفه	تولید علوفه در واحد سطح (نقشه‌محور)	بر اساس نظر کارشناسان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کرمان تولید علوفه در مراتع کم تراکم استان به طور متوسط ۱۵ کیلوگرم بر هکتار و در اراضی مرتعی با تراکم متوسط و بالاتر ۷۰ کیلوگرم در هکتار	ارزش بازاری	نقشه خدمت تولید علوفه، ۰.۷ قیمت جو	٦

جدول ۳ بخش مثبت اثر را ارزیابی می کند و ضرایب به‌دست آمده از آن در خارج از محدوده بلافصل اعمال شدند. به‌عبارتی محدوده بلافصل اثر منفی و خارج از آن تا شعاع ۵ کیلومتری با ضرایب نشان داده شده در جدول ۳ اثر مثبت است. محدوده بلافصل آزادراه ۱۵۰ متر (۳۰ متر ابعاد پیکسل و ٦۰ متر بافر از هر طرف) با توجه به حریم فنی طرح (٦۰ متر از طرفین محور مرکزی) و ۱۵ متر اطراف این حریم از دو طرف که تحت تاثیر مستقیم پروژه قرار دارند بر اساس گزارش EIA (٤)، در نظر گرفته شد. محدوده تحت تاثیر در جداول ۲ و ۳ نیز جهت نقشه‌سازی بافرهای مورد نیاز برای هر یک خدمات اکوسیستم استفاده شد.

بر اساس جدول ۲ در فاز ساختمانی، بیشترین اثر منفی استاندارد شده بر کیفیت زیستگاه (٦٦/۰-)، تولید غذا (٦۱/۰-) و کیفیت رویشگاه (٤٤/۰-) مشاهده شد. این خدمات با محدوده تحت تأثیر به ترتیب ۱۰۰۰، ۱۵۰ و ۱۵۰ متر، بیشترین تخریب را در اثر ساخت‌وساز مسیر متحمل شده‌اند. سایر خدمات مانند ترسیب کربن، تولید آب، نگهداشت رسوب، تولید اکسیژن و تولید علوفه نیز با امتیاز اثر منفی برابر (۲۲/۰-) در وسعت‌های محدودتر، تأثیرپذیر بودند.

در فاز بهره‌برداری مطابق با جدول ۳، کیفیت زیستگاه با اثر منفی استاندارد شده ۷۵/۰- در شعاع ۵۰۰۰ متری بیشترین آسیب را متحمل شد. پس از آن، ترسیب کربن و تولید اکسیژن با مقدار ٤٤/۰- در محدوده ۱۰۰۰ متری قرار دارند. در مقابل، تنها دو خدمت اکوسیستمی دارای اثر مثبت بودند: گردشگری (۳۸/۰) و تولید غذا (۲۳/۰) که در محدوده ۵۰۰۰ متری تأثیر مثبت نشان داده‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که خدمات فرهنگی و کشاورزی به دلیل بهبود دسترسی، قابلیت بهره‌برداری ثانویه دارند، اما بخش

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

جدول ۲. ماتریس اثرات متقابل در روش RIAM اصلاح‌شده در فاز ساختمانی آزادراه بندرعباس- کرمان

خدمات اکوسیستم	معیارهای ارزیابی						ES	ES استاندارد شده	محدوده تحت تاثیر (متر)
	A1	A2	B1	B2	B3	B4			
کیفیت زیستگاه	۳	-۳	۳	۴	۳	۴	-۱۲۶	-۰/۶۶	۱۰۰۰
کیفیت رویشگاه	۲	-۳	۴	۴	۲	۴	-۸۴	-۰/۴۴	۱۵۰
ترسیب کربن	۱	-۳	۴	۴	۲	۴	-۴۲	-۰/۲۲	۱۵۰
گردشگری	۲	-۲	۴	۴	۲	۴	-۵۶	-۰/۲۹	۱۰۰۰
تولید آب	۱	-۳	۴	۴	۲	۴	-۴۲	-۰/۲۲	۱۵۰
نگهداشت رسوب	۱	-۳	۴	۴	۲	۴	-۴۲	-۰/۲۲	۱۵۰
تولید اکسیژن	۱	-۳	۴	۴	۲	۴	-۴۲	-۰/۲۲	۱۵۰
تولید غذا	۳	-۳	۳	۴	۲	۴	-۱۱۷	-۰/۶۱	۱۵۰
تولید علوفه	۱	-۳	۴	۴	۲	۴	-۴۲	-۰/۲۲	۱۵۰

جدول۳. ماتریس اثرات متقابل در روش RIAM اصلاح‌شده در فاز بهره‌برداری آزادراه بندرعباس- کرمان

خدمات اکوسیستم	معیارهای ارزیابی						ES	ES استاندارد شده	محدوده تحت تاثیر (متر)
	A1	A2	B1	B2	B3	B4			
کیفیت زیستگاه	۳	-۳	۴	۴	۴	۴	-۱۴۴	-۰/۷۵	۵۰۰۰
کیفیت رویشگاه	۲	-۲	۴	۴	۳	۳	-۵۶	-۰/۲۹	۱۰۰۰
ترسیب کربن	۲	-۳	۴	۴	۳	۳	-۸۴	-۰/۴۴	۱۰۰۰
گردشگری	۳	۲	۴	۴	۳	۱	۷۲	۰/۳۸	۵۰۰۰
تولید آب	۱	-۱	۴	۴	۲	۴	-۱۴	-۰/۰۷	۱۰۰۰
نگهداشت رسوب	۱	-۱	۴	۴	۲	۴	-۱۴	-۰/۰۷	۱۰۰۰
تولید اکسیژن	۲	-۳	۴	۴	۳	۳	-۸۴	-۰/۴۴	۱۰۰۰
تولید غذا	۲	۲	۴	۴	۲	۱	۴۴	۰/۲۳	۵۰۰۰
تولید علوفه	۲	-۱	۴	۴	۳	۳	-۲۸	-۰/۱۵	۱۰۰۰

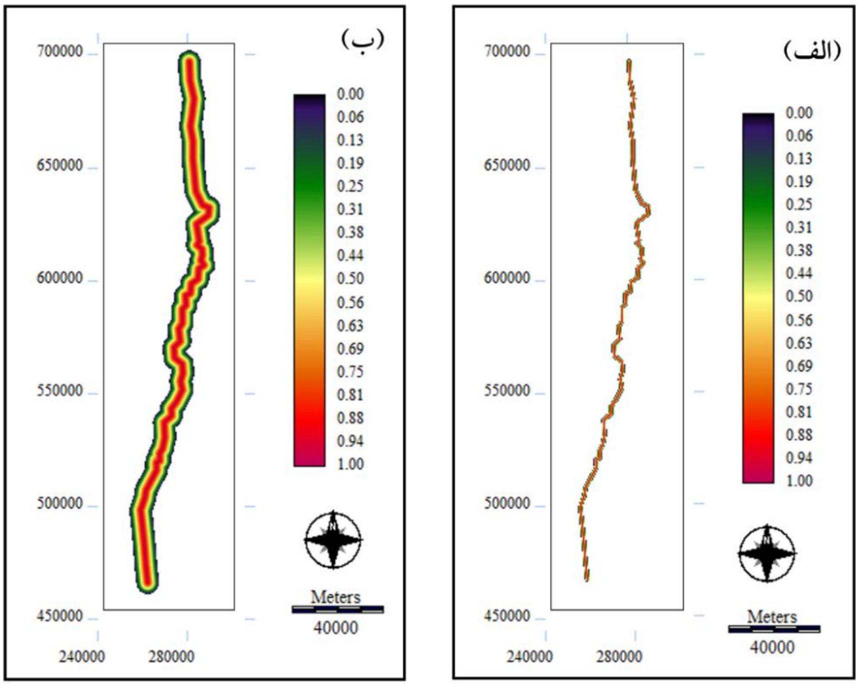
وسیعی از خدمات تنظیمی و پشتیبان همچنان در معرض آسیب قرار دارند.

در فاز ساختمانی درصورت وجود اطلاعات مکانی تونل‌ها و مکان معادن سنگ و برداشت از اراضی کوهستانی و رخنمون‌های سنگی مسیر طرح جهت فراهم نمودن مواد موردنیاز زیرسازی مسیر آزادراه امکان ارزیابی دقیق‌تر وجود دارد که متاسفانه این اطلاعات در دسترس نبوده و یا موجود نیست. از این‌رو برای کل محدوده تحت تاثیر خدمات زیستگاه و فرهنگی، از بافر فازی شده با ارزش‌های یکنواختی استفاده شد. شکل ۳ بافرهای مورد استفاده (فازی شده) محدوده‌های تحت تاثیر به‌کار گرفته شده برای خدمات مختلف اکوسیستم را نشان می‌دهد.

برآورد هزینه-فایده طرح آزادراه بندرعباس- کرمان

در فاز ساختمانی اثر طرح بر همه خدمات اکوسیستم منفی بوده و موجب افزایش هزینه می‌شود. در فاز بهره‌برداری در دو خدمت فرهنگی و تولید غذا همان‌طوری‌که قبلا بیان شد، هم اثر منفی و

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]



شکل۳. بافرهای مورد استفاده (فازی شده) محدوده‌های تحت تاثیر طرح آزاد راه بندرعباس- کرمان به‌کار گرفته شده برای خدمات مختلف اکوسیستم (الف–۱۰۰۰ متری و ب- ۵۰۰۰ متری)

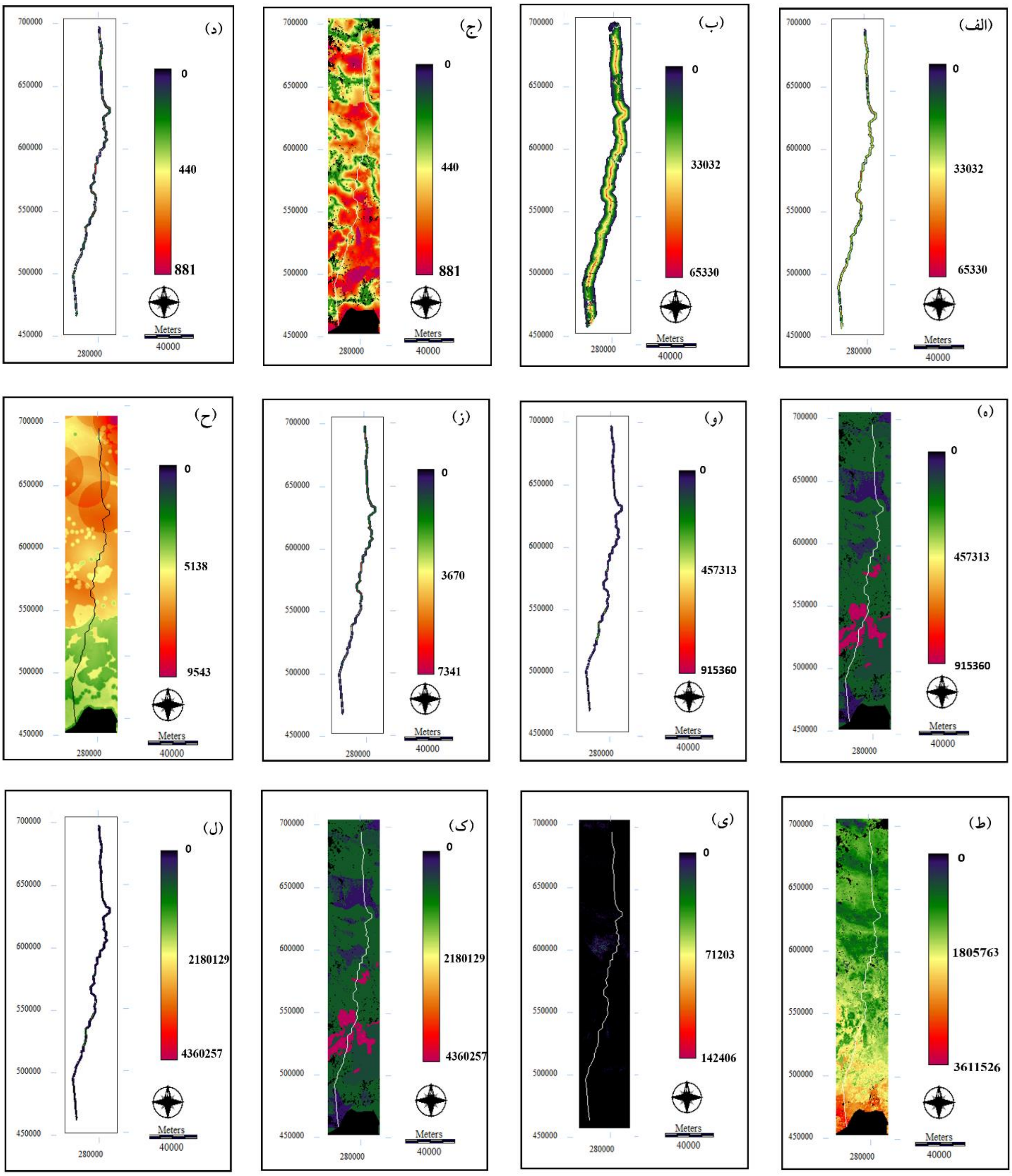
هم اثر مثبت رخ می می‌دهد. شکل‌های ٤ و ٥ هزینه‌های تحمیل شده بر خدمات اکوسیستمی را در فاز ساختمانی و بهره‌برداری نشان می‌دهد و شکل ٦ نقشه‌های فایده را به تصویر می‌کشد. لازم به ذکر است که به علت کم عرض بودن برخی از محدوده‌های تحت تاثیر و بالتبع بافرهای نقشه‌سازی شده، در صورتی که این بافرها کمتر از ۱۵۰ متر باشند، به علت مشخص نبودن ارزش‌های خدمات اکوسیستمی در محدوده آنها، از چارچوب وسیعتری برای نشان دادن هزینه‌های وارد شده استفاده شد تا بر اساس رنگ‌های نشان دهنده ارزش‌های پیرامونی بافر (که به علت عرض کم به صورت یک خط سفید نشان داده شده است) محدوده داخل بافر قابل شناسایی باشد.

نتایج حاصل از تحلیل هزینه–فایده آزادراه بندرعباس—کرمان (جدول ٤) نشان می‌دهد که اجرای این پروژه، هزینه‌های قابل‌توجهی در حوزه خدمات اکوسیستم در پی داشته است. بیشترین هزینه‌ها در فازهای ساختمانی و بهره‌برداری مربوط به خدماتی چون تولید آب (٥٧,١٦٥,١٨٢,٥٠٠ تومان برای هر فاز) و تولید غذا (٥٠,٤٤٤,٠٨٢,٢٠٠ تومان برای هر فاز) بوده است که نشان‌دهنده‌ی تأثیر زیاد پروژه بر منابع آبی و کاربری‌های کشاورزی منطقه می‌باشد. همچنین تولید اکسیژن نیز با هزینه فاز ساختمانی ٣٢,٢٥١,٠٢٦,٩٠٠ تومان و هزینه فاز بهره‌برداری ١٣٦,٠٣٨,٦٠٥,٧٠٠ تومان، سهم بالایی از بار هزینه‌های تحمیل شده پروژه را به خود اختصاص داده است. با این حال، بررسی فایده‌ها نشان می‌دهد که تنها بخش‌هایی نظیر فرهنگی (٢,٩٠٨,٦٣٢,٩٦٠ تومان) و تولید غذا (٣٦٣,١١٥,٩٧٦,٠٠٠ تومان) دارای فایده و سود قابل توجهی هستند. سایر خدمات اکوسیستم از جمله کیفیت زیستگاه، ترسیب کربن، تولید اکسیژن و نگهداشت رسوب فاقد فایده مستقیم اقتصادی برآورد شدند.

بحث

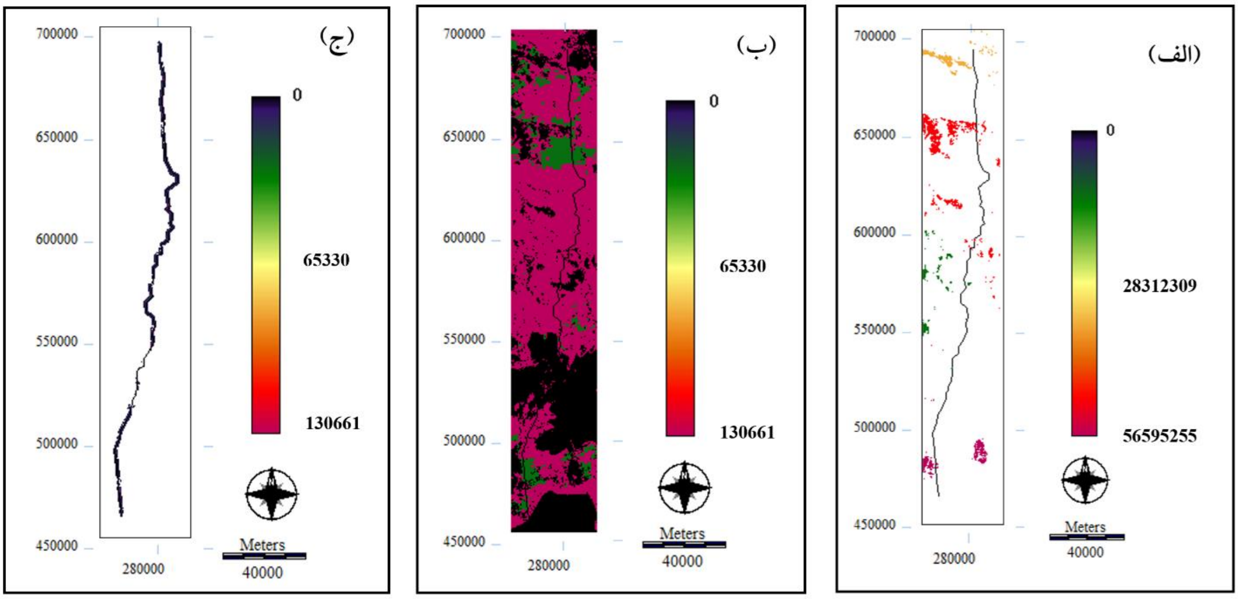
مطالعه حاضر با هدف برآورد هزینه–فایده آزادراه بندرعباس—کرمان به‌عنوان یکی از پروژه‌های مشمول EIA، با تکیه بر ارزش مکانی خدمات اکوسیستم انجام شد. اگرچه پروژه

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

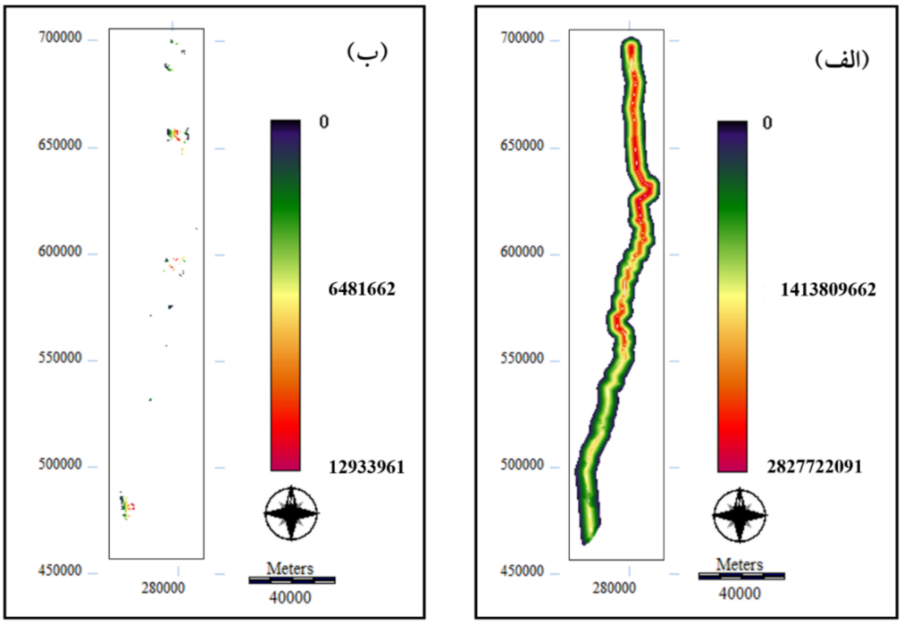


شکل ٤. هزینه وارد شده (تومان) در اثر طرح آزادراه بندرعباس- کرمان بر خدمت کیفیت زیستگاه (در فاز ساختمانی (الف) و بهره‌برداری (ب))، خدمت کیفیت رویشگاه (در فاز ساختمانی (ج) و بهره‌برداری (د))، ترسیب کربن (در فاز ساختمانی (ه) و بهره‌برداری (و))، گردشگری (در فاز ساختمانی (ز) و بهره‌برداری (ح))، تولید آب و رسوب در فاز ساختمانی و بهره‌برداری در محدوده بلافصل(آب (ط) و رسوب (ی)) و تولید اکسیژن (در فاز ساختمانی (ک) و بهره‌برداری (ل)).

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]



شکل ۵. هزینه وارد شده (تومان) در اثر طرح آزادراه بندرعباس- کرمان بر خدمت تولید غذا (در فاز ساختمانی و بهره‌برداری در محدوده بلافصل (الف)) و خدمت علوفه (در فاز ساختمانی در محدوده بلافصل (ب) و بهره‌برداری (ج))



شکل ٦. فایده وارد شده (تومان) در اثر طرح آزادراه بندرعباس- کرمان بر خدمات گردشگری (الف) و تولید غذا (ب) در فاز بهره‌برداری

موفق به اخذ مجوز محیط زیستی شده و اثرات آن ناچیز ارزیابی شده‌اند، اما هرگونه تغییر در طبیعت هر چند جزئی می‌تواند پیامدهای مثبت یا منفی به‌همراه داشته باشد. بنابراین، حتی در پروژه‌هایی با اثرات ناچیز نیز برآورد هزینه–فایده و ردیابی خسارات وارد بر خدمات اکوسیستم اهمیت دارد. از آن جا که پروژه‌های توسعه‌ای معمولاً با هدف پاسخ‌گویی به نیازهای جامعه اجرا می‌شوند، آثار مثبت اقتصادی–اجتماعی آن‌ها در کنار آثار بوم‌شناختی و خدمات اکوسیستمی بررسی شده و در مجموع،

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

جدول ٤. هزینه- فایده آزادراه بندرعباس- کرمان (تومان)

فاز	هزینه ساختمانی	هزینه بهره برداری	فایده بهره برداری
کیفیت زیستگاه	۱۰۷۰۰۷۹۲۵٤۰	٥۱۹۷٦۳۳٥٤۰۰	۰
کیفیت رویشگاه	۲۲۲٥۷۲۳۳	٦۷۱۹۰٤۲۲	۰
ترسیب کربن	٦۷۷٦۰٤۳۲٥۰	۲۸٥۸۲۱۳٤۲۰۰	۰
فرهنگی (گردشگری)	٦٥۲۲۸۱۲٦۲	۲۱٦۲٦۹۹۳۸	۲۹۰۸٦۳۲۹٦۰
تولید آب *	٥۷۱٦٥۱۸۲٥۰۰	٥۷۱٦٥۱۸۲٥۰۰	۰
نگهداشت رسوب	۳۳۹۹۱۸۱	۳۳۹۹۱۸۱	۰
تولید اکسیژن	۳۲۲٥۱۰۲٦۹۰۰	۱۳٦۰۳۸٦۰٥۷۰۰	۰
تولید غذا	٥۰٤٤٤۰۸۲۲۰۰	٥۰٤٤٤۰۸۲۲۰۰	۳٦۳۱۱٥۹۷٦۰۰۰
تولید علوفه	۳۸۲۷٦۸٥۷۲۰	۷۸۱٤۲۷۲٤۹۰	۰
جمع کل	۱٦۱۸٤۲۷٥۰۷۸٥	۳۳۲۳۰۷٤۷۲۰۳۱	۳٦٦۰۲٤٦۰۸۹٦۰

***توضیح در خصوص مبلغ خسارت وارد شده به خدمت تولید آب: در صورتی‌که بزرگراه کاملاً مانع جریان آب شود، هزینه برآورد شده صادق است. پس از احداث بزرگراه با توجه به کارایی پل‌ها و کانال‌های آب، درصد خسارت از مبلغ ذکر شده از جدول قابل محاسبه است.**

توجیه‌پذیر تلقی می‌گردند. با این حال، می‌توان برای خدمات اکوسیستم نقش تعیین‌کننده و وتوئی در پذیرش یا رد پروژه‌ها در نظر گرفت. هرچند حذف کامل خسارات ممکن نیست، ولی با تعیین آستانه‌هایی برای اثرات، می‌توان در مسیر حفاظت از محیط‌زیست و اصلاح گزینه‌های توسعه حرکت کرد.

با این‌وجود جایگاه منطقی ارزیابی هزینه خسارت پس از اجرای پروژه نیست. در مطالعات مشابهی نیز ارزیابی اثرات بزرگراه‌ها بعد از احداث و بهره‌برداری و حتی در بازه‌های طولانی پس از بهره‌برداری انجام شده است (٢٤ و ٣٣) که ناکافی بودن اتکا به مطالعات EIA جهت نشان دادن ابعاد اثرات محیط‌زیستی جاده‌ها را نشان می‌دهد. همچنین بررسی چندین نمونه EIA در سطح جهان نشان داد که تنها تعداد اندکی از این گزارش‌ها به‌طور معنادار به تعامل میان انواع مختلف اثرات تجمعی توجه کرده‌اند (٢٩)، در حالی‌که ماتریس اصلاح‌شده ارزیابی سریع اثرات، این عامل را در نظر می‌گیرد که در مطالعه حاضر مورد توجه قرار گرفت. بررسی گزارش طرح EIA (٤) مورد استفاده در مطالعه حاضر نیز نشان داد که دامنه تأثیرات مورد مطالعه، جایگزین‌ها و اقدامات کاهشی در گزارش‌های تحلیل‌شده به‌طور ضعیف مشخص شده‌اند، درحالی‌که توصیف پروژه و عوامل محیطی از کیفیت بالاتری برخوردار بودند که مشابه یافته‌های نیتا و همکاران (٢٠٢٢) در کشور رومانی است (٢١).

نتایج ارزیابی غیرمکانی اثرات آزادراه بندرعباس—کرمان (جداول ٢ و ٣) نشان داد که ساخت و بهره‌برداری از این پروژه، تأثیرات گسترده و عمدتاً منفی بر خدمات اکوسیستم داشته است. خدمات تنظیمی و پشتیبان مانند کیفیت زیستگاه، ترسیب کربن، تولید اکسیژن و تولید آب، بیشترین آسیب را در هر دو فاز ساختمانی و بهره‌برداری متحمل شده‌اند که این امر نشان‌دهنده شکنندگی شدید این کارکردها در برابر تغییرات فیزیکی ناشی از زیرساخت‌های بزرگ‌مقیاس است. این نتایج با مطالعات کیم و همکاران (٢٠٢٤) همراستا است (١٥). همچنین از بین رفتن اراضی کشاورزی در فاز ساختمانی و بهره‌برداری و بنابراین تحمیل هزینه بر خدمت تولید غذا نیز همراستا با مطالعه ون و همکاران (٢٠٢٥) است (٣٣). تاثیر بزرگراه به عنوان یک شکل زمین انسانی بر تغییر توزیع آب نیز توسط مطالعه دیگری تایید

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

شده است (۲۰). همچنین خدمات تأمین مانند تولید غذا و خدمات فرهنگی نظیر گردشگری، تنها مؤلفه‌هایی بودند که در فاز بهره‌برداری اثرات مثبت قابل‌توجهی دریافت کردند. با این حال، این اثرات مثبت بهبود دسترسی و بهره‌برداری اقتصادی، در مقایسه با خسارات محیط زیستی حاصل از پروژه، بسیار محدود بوده و نمی‌تواند توجیهی برای آسیب به خدمات اکوسیستمی حیاتی باشد. به‌طور کلی در مطالعه حاضر، به‌استثنای خدمت تولید غذا، خدمت گردشگری تنها موردی بود که دارای برآیند هزینه–فایده مثبت بود، هرچند این برآیند در مقایسه با تولید غذا به‌مراتب کمتر است. این نتیجه مشابه با یافته‌های مطالعه کومی و همکاران (۲۰۲۳) است که ارزش از دست رفته خدمات فرهنگی را در مقایسه با خدمات تنظیمی و تأمینی در اثر اجرای پروژه توسعه‌ای مورد مطالعه خود، کمتر برآورد کرده است (۱۶).

مطالعه حاضر از گزارش EIA برای رسیدن به هدف برآورد هزینه- فایده استفاده کرده است. این رویکرد نشان می‌دهد که گزارش‌های EIA نباید صرفاً به عنوان اسناد اداری بایگانی شده باقی بمانند، بلکه لازم است در فرآیندهای اجرایی، تصمیم‌سازی و همچنین در مطالعات علمی و پژوهشی مورد استفاده مجدد و هدفمند قرار گیرند. استفاده از این‌گونه گزارش‌ها در مطالعات تکمیلی و کاربردی نیز در پژوهش‌های دیگران مورد تأیید قرار گرفته است (۲).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، خسارات تحمیل شده با بروزرسانی بر اساس نرخ تورم سالیانه در فاز ساختمانی و بهره‌برداری منتهی به سال ۱۴۰۳ بر اثر اجرای طرح بر خدمات اکوسیستم در فاز ساختمانی ۱۶۱,۸۴۲,۷۵۰,۷۸۵ و در فاز بهره- برداری ۳۳۲,۳۰۷,٤۷۲,۰۳۱ تومان به‌دست آمد. همین‌طور فایده در مرحله ساختمانی در هیچ یک از خدمات اکوسیستم رخ نداده و در فاز بهره‌برداری فایده‌ای معادل ۳٦٦,۰۲٤,٦۰۸,۹٦۰ تومان به‌همراه داشته است و بنابراین هزینه خاص از اجرای این طرح ۱۲۸,۱۲۵,٦۱۳,۸۵٦ تومان برآورد گردید (شکل‌های ٤ و۵ و جدول ٤). ذکر این نکته ضروری است که فقط نُه خدمت اکوسیستمی، آن هم از برخی جنبه‌های محدود در این برآوردها دخیل بوده‌اند که از این‌رو اعداد برآورد شده حداقل خسارات وارد شده را نشان می‌دهند.

در بسیاری از کشورها، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی مبتنی بر خدمات اکوسیستم هنوز به‌صورت کامل و کمی انجام نمی‌شود و عمدتاً بر پایه نظرات کارشناسی کیفی و تجربی پیش می‌رود. در همین راستا، شرنوسکی و همکاران (۲۰۲٤) ارزیابی اثرات توسعه در ناحیه ساحلی بلژیک را با بهره‌گیری از چارچوب خدمات اکوسیستم و بر اساس نظرات متخصصان انجام دادند، بدون آنکه ارزش‌گذاری کمی یا برآورد مستقیم خسارات انجام گیرد (۲۷). در مقابل، مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های مکانی و ارزش‌گذاری کمی خدمات اکوسیستم، نه‌تنها امکان تحلیل دقیق و عددی اثرات محیط‌زیستی ناشی از اجرای آزادراه را فراهم کرده، بلکه با تلفیق آن با تحلیل هزینه–فایده، رویکردی جامع برای سنجش پیامدهای توسعه‌ای بر خدمات اکوسیستم ارائه کرده است. این تفاوت روش‌شناسی، گامی مؤثر در جهت به‌کارگیری ظرفیت واقعی خدمات اکوسیستم در تصمیم‌سازی توسعه‌ای به شمار می‌رود.

یکی از روش‌های EIA رویکرد روی‌هم‌گذاری نقشه‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی است که EIA را به‌صورت مکانی انجام می‌دهد. چالش اصلی بر سر راه این مطالعات درخصوص پروژه‌های توسعه‌ای خطی مانند آزادراه‌ها است. چرا که مبنای تصمیم‌گیری در این روش‌ها ویژگی‌های یگان‌های محیط‌زیستی است که پدیده‌ای پلی‌گونی است. رویکرد ترکیبی به‌کار رفته در این مطالعه که ارزیابی مکانی و غیرمکانی را با هم یکپارچه می‌کند و مبنای تصمیم‌گیری نیز ارزش‌های خدمات اکوسیستم تحت تاثیر قرار گرفته در واحد پیکسل است، محدودیت روش روی‌هم‌گذاری را ندارد و به‌راحتی قابل استفاده برای انواع پروژه‌های توسعه‌ای و ازجمله پروژه‌های خطی است.

علی‌رغم پیشرفت قابل توجهی در ارزیابی خدمات اکوسیستم، چالش‌ها و محدودیت‌های متعددی در خصوص به کار گیری ان در مطالعات EIA و برآورد هزینه- فایده وجود دارد که باید رفع شوند. برخی از چالش‌های قابل توجه عبارتند از:

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

الف) شکاف یا کمبود داده مناسب: یکی از چالش‌های عمده در ارزشگذاری خدمات اکوسیستم فقدان داده‌های قابل اعتماد و جامع در مورد ارائه خدمات اکوسیستم و ارزش‌های اقتصادی آنها است. این امر به‌ویژه در مورد انواع خاصی از خدمات اکوسیستم، مانند خدمات تنظیم و فرهنگی، که اغلب اندازه‌گیری و ارزش‌گذاری آنها دشوار است (۳۰). ب) محدودیت‌های روش‌شناختی و نبود استانداردهای مشخص: ارزشگذاری خدمات اکوسیستم اغلب با محدودیت‌های روش‌شناختی مانند عدم وجود روش‌های استاندارد برای اندازه‌گیری و ارزشگذاری خدمات اکوسیستم مانع می‌شود. این می‌تواند منجر به ناهماهنگی در نتایج مطالعات مختلف شود و مقایسه یافته‌ها را در مناطق و زمینه‌های مختلف دشوار سازد (۲۳). ج) عدم قطعیت: ارزیابی خدمات اکوسیستم اغلب در معرض عدم اطمینان قابل‌توجهی است، به‌ویژه در مواردی که درک محدودی از تعامل پیچیده بین انسان و سیستم‌های طبیعی وجود دارد. این عدم قطعیت می‌تواند پیش‌بینی دقیق تأثیرات سناریوهای مختلف و مداخله‌های سیاست بر ارائه خدمات اکوسیستم را دشوار سازد (۱۸). د) موانع سیاسی و نهادی: ادغام ارزشگذاری خدمات اکوسیستم در فرآیندهای تصمیم‌گیری اغلب توسط موانع سیاسی و نهادی جلوگیری می‌شود. به‌عنوان مثال، سیاستگذاران ممکن است به‌دلیل عدم آگاهی یا درک از مزایای آنها تمایلی به اتخاذ رویکردهای ارزشگذاری خدمات اکوسیستم نداشته باشند، یا به این دلیل که آنها با سایر اولویت‌های سیاست در تضاد دیده می‌شوند. لذا بسیاری از ارزیابی‌ها نتوانسته‌اند به‌طور مؤثر خدمات اکوسیستم را به اهداف مدیریتی و تصمیم‌گیری مرتبط کنند، که این موضوع نیازمند همکاری میان‌رشته‌ای و مشارکت ذینفعان است (۱۰).

مقایسه بین هزینه‌ها و فواید نشان داد که پروژه آزادراه مورد مطالعه، علی‌رغم دستاوردهای اقتصادی، فاقد توازن محیطزیستی است و ارزش بسیاری از خدمات طبیعی در فرآیند تصمیم‌گیری نادیده گرفته شده است. لازم به‌ذکر است که هزینه‌های برآورد شده تنها برای یک سال بوده و در واقع نشان‌دهنده خساراتی است که هر ساله به خدمات اکوسیستم تحمیل می‌شود. براساس برخی از مطالعات که به صورت پویا و در بازه زمانی چند ساله انجام شده‌اند (۲۴ و ۳۳) اثرات در طول ٤ تا ۷ سال کاهش می‌یابند. از این رو انجام مطالعات تکمیلی جهت به دست آوردن ضرایبی جهت نشان دادن شدت خسارات تحمیل شده در طول زمان برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد.

روش به کار رفته در این مطالعه که در سه گام و برای دو فاز ساختمانی و بهره‌برداری انجام شد، به عنوان الگو برای سایر طرح‌های توسعه‌ای درحال ساخت و یا بهره‌برداری که گزارش EIA آنها تایید شده است، نیز قابل اجرا و توصیه است. پژوهش حاضر تلاشی هرچند ناچیز در راستای اجرایی شدن قوانین جهت حفاظت از منابع طبیعی مانند اصل پنجاهم قانون اساسی، قانون حفاظت و بهسازی محیطزیست، قانون ایمنی زیستی مصوب ۱۳۸۸، قانون برنامه چهارم (ماده ۵۹) و برنامه پنجم توسعه (تبصره ۲ بند ج ماده ۱۹۲) که بر برآورد ارزش‌های اقتصادی منابع طبیعی و هزینه‌های ناشی از آلودگی و تخریب محیط زیست در فرایند توسعه تاکید دارد، بوده و شایسته است که مورد توجه پژوهشگران و تصمیم‌گیران جهت بهره‌برداری در مطالعات مشابه و ارتقا روش‌های EIA و به‌کارگیری نتایج در تصمیم‌گیری‌ها قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

اگر چه ارزیابی اثرات محیطزیست برای بسیاری از کاربری‌ها در ایران به‌طور قانونی الزامی است، اما روش‌های آن، چه در ایران و چه در تمام دنیا کمتر پیشرفت کرده است. ضعف اساسی اکثر این روش‌ها در به‌کارگیری اعداد ذهنی در تصمیم‌گیری‌ها براساس نظر کارشناسی است. ارزشگذاری اقتصادی خدمات اکوسیستم به‌عنوان روشی مستقل و یا مکمل روش‌های سنتی می‌تواند در این زمینه موثر باشد و قدرت بالاتری برای اقناع تصمیم گیرندگان در تایید و یا رد پروژه‌ها به‌دلیل استدلال‌های مالی و برآورد خسارات تحمیل‌شده به محیط‌زیست و یا فایده‌های اجرای پروژه دارد. مطالعه حاضر ارزیابی هزینه- فایده یکی از طرح‌های مشمول EIA را در استان کرمان با تلفیق ارزش

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

خدمات اکوسیستم در فرایند EIA انجام داد. حسن اصلی این روش در بیان هزینه‌ها و فایده‌ها به‌صورت اعداد پولی است که توانایی بالایی در اقناع تصمیم‌گیران در رد و یا قبول پروژه دارد. همچنین حسن دیگر این روش نشان دادن مکانی هزینه‌ها و فایده‌ها به‌صورت مکانی است که مکان‌های توسعه طرح‌های بهسازی را نشان می‌دهد و برنامه‌های پایش را نیز می‌توان در این مکان‌ها در نظر گرفت. نتایج این مطالعه به‌روشنی نشان داد که پروژه آزادراه بندرعباس- کرمان که مطالعات EIA آن انجام شده و مورد تایید قرار گرفته، چگونه منجر به آسیب به محیط‌زیست می‌شود. این آسیب‌ها بیشتر در خدمات اکوسیستمی تولید آب در مرحله ساختمانی (۵۷,۱۶۵,۱۸۲,۵۰۰ تومان) و تولید اکسیژن (۱۳۶,۰۳۸,۶۰۵,۷۰۰ تومان) در فاز بهره‌برداری است. همچنین کمترین خسارات در بخش نگهداشت رسوب رخ داده است. در کل با کسر فایده‌های مورد انتظار در بخش‌های گردشگری و کشاورزی، خسارت کل معادل ۱۲۸,۱۲۵,۶۱۳,۸۵۶ تومان برآورد گردید. نکته قابل‌ذکر در این رابطه، سالانه‌بودن این خسارت است و بنابراین هرساله این خسارات بر خدمات اکوسیستم تحمیل می‌شوند. بنابراین اگرچه توسعه جهت برآورد نیازهای جمعیت روبه‌رشد اجتناب‌ناپذیر است، اما توجه به آنچه در حال از دست- رفتن است و در محاسبات متداول گنجانده نمی‌شود، دیدگاه تازه‌ای را جهت حفاظت از محیط‌زیست فراهم می‌آورد. همچنین تمامی خدمات اکوسیستم نیز در این مطالعه گنجانده نشده‌اند و بنابراین خسارات وارد شده بیش از مبلغ برآوردشده در این تحقیق است. این نتایج می‌تواند مورد توجه پژوهشگران برای مطالعات مشابه و توسعه روش‌ها و سازمان‌های دخیل برای به- کارگیری نتایج قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر از طرح پژوهشی تحت عنوان "برآورد هزینه فایده و خسارات طرح های مشمول ارزیابی با استفاده از ارزش مکانی منابع محیط زیستی استان کرمان" و با شماره قرارداد ۱۶۹۸/۱۱۰–۵۲ مورخ ۱۴۰۱/۰۳/۲۳ استخراج شده است. این طرح از محل اعتبارات سازمان حفاظت محیط زیست اجرا شده است و بدینوسیله از کلیه مسئولین و کارشناسان مربوطه قدردانی می‌شود.

منابع

1. Acharya, R. P., Maraseni, T. and Cockfield, G. 2019. Global trend of forest ecosystem services valuation–An analysis of publications. *Ecosystem Services,* 39: 100979.
2. Ali, S. S. and Batool, A. 2024. Integration of strategic environmental assessment (SEA) in motorway/highway planning and construction: A case study for sustainable infrastructure development in Pakistan. *NUST Journal of Natural Sciences,* 9(4).
3. Caro-Gonzalez, A. L., Nita, A., Toro, J. and Zamorano, M. 2023. From procedural to transformative: a review of the evolution of effectiveness in EIA. *Environmental Impact Assessment Review,* 103: 107256.
4. Elzam Consulting Engineers. 2017. Environmental impact assessment study of the Bandar Abbas–Kerman freeway. Department of Environment of Iran, Kerman. (In Persian)
5. Erfani, M., Ardakani, T. and Jahanishakib, F. 2024. Spatial evaluation of the habitats of rangeland medicinal plants and revealing hot spots of plant habitat quality in Kerman province. *Journal of Range and Watershed Management,* 77(4): 491-505. (In Persian)
6. Erfani, M., Ardakani, T., Joorabian Shoushtari, Sh. and Jahani, F. 2021. Economic valuation report of environmental basic resources in Kerman Province. Department of Environment of Iran, Kerman. (In Persian)
7. Erfani, M., Jahanishakib, F., Ardakani, T. 2023. Habitat quality assessment using InVEST model and its valuation through cost compensation method in Kerman province. *Iranian Journal of Applied Ecology,* 12(2): 11-23 (In Persian)
8. Erfani, M. and Jahanishakib, F. 2024. Economic valuation of atmospheric gas regulation services through spatial modeling in Kerman province, Iran. *ECOPERSIA,* 12(4): 391-404.

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

9. Erfani, M., Joorabian shooshtari, S., Ardakani, T. and Jahanishakib, F. 2023. Spatial gradient modeling of water yield service using InVEST in northern sub-basins of Kerman province, *Water and Irrigation Management,* 13(1): 63-81. (In Persian)
10. Forbes, V.E. and Calow, P. 2013. Use of the ecosystem services concept in ecological risk assessment of chemicals. *Integrated Environmental Assessment and Management,* 9(2): 269-275.
11. Gaylard, S., Colella, R., Nelson, M., Lavery, P. and Waycott, M. 2025. Incorporating ecosystem service assessments into development planning − impact from a dredging project in South Australia on seagrass. *Ecosystem Services* 66: 101738.
12. Ghobadi, M., Ahmadipari, M. and Pazoki, M. 2020. Assessment of disposal scenarios for solid waste management using fuzzy rapid impact assessment matrix; a case study of Khorramabad Industrial Estate. *Pollution 6*(3): 531-541.
13. Gong, J., Xu, C. X., Yan, L. L. and Guo, Q. H. 2019. A critical review of progresses and perspectives on ecosystem services from 1997 to 2018. Ying Yong Sheng tai xue bao. *The Journal of Applied Ecology,* 30(10): 3265-3276.
14. Guo, C., Han, B., Shu, C., Ding, S. and Wang, H. 2023. Research on CLUFS and Its application in rapid prediction of the impact of regulating services value in construction projects. *Land,* 12(11): 2041.
15. Kim, C., Butt, A A., Harvey, J. T. and Ostovar, M. 2024. Environmental impacts from traffic on highway construction work zones: Framework and simulations. *International Journal of Sustainable Transportation,* 18(8): 680-694.
16. Kumi, S., Addo-Fordjour, P. and Fei-Baffoe, B. 2023. Mining-induced changes in ecosystem services value and implications of their economic and relational cost in a mining landscape, Ghana. *Heliyon, 9*(10): e21156.
17. Landsberg, F., Stickler, M., Henninger, N. and Treweek, J. 2013. Weaving ecosystem services into impact assessment. World Resources Institute, Washington, DC.
18. Mangi, S. C. 2013. The impact of offshore wind farms on marine ecosystems: a review taking an ecosystem services perspective. *Proceedings of the IEEE*, *101*(4): 999-1009.
19. Mobareghee, N. and Barghjelveh, S. 2012. Feasibility of combining two issues "Environmental Impact Assessment" and "Ecosystem Services Valuation" in Iran. *Environmental Researches*, *2*(3): 49-64. (In Persian)
20. Neposhyvailenko, N., Omelych, I. and Dziuba, N. 2024. Assessment of environmental impact of road construction based on results of remote sensing monitoring. *Agrology*, 7(2): 54-60.
21. Nita, A., Hossu, C. A., Mitincu, C. G. and Iojă, I. C. 2022. A review of the quality of environmental impact statements with a focus on urban projects from Romania. *Ecological Informatics*, 70: 101723.
22. Pinheiro, M. D. 2025. Environmental Impact Assessment—Exploring New Frontiers. *Environments* 12(1): 8.
23. Polasky, S., Tallis, H. and Reyers, B. 2015. Setting the bar: Standards for ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24): 7356-7361.
24. Qin, X., Wang, Y., Cui, S., Liu, S., Liu, S. and Wangari, V.W. 2023. Post-assessment of the eco-environmental impact of highway construction–A case study of Changbai Mountain Ring Road. *Environmental Impact Assessment Review*, 98: 106963.
25. Radzuan, H. S. M. and Martin, J. 2024. An evaluation of air quality impact prediction performance undertaken as part of environmental impact assessment (EIA) in India. *Heliyon*, 10(11): e31263.
26. Sarraf, M., Owaygen, M., Ruta, G. and Croitoru, L. 2005. Islamic Republic of Iran: Cost assessment of environmental degradation, rural development, water and environment department. Middle East and North African Region. (World Bank, Report No. 32043-IR). Available online at: https://documents1.worldbank.org. Accessed 5 May 2025.
27. Schernewski, G., Jekat, M., Kösters, F., Neumann, T., Steffen, S. and von Thenen, M. 2024. Ecosystem services supporting environmental impact assessments (EIAs): Assessments of navigation waterways deepening based on data, experts, and a 3D ecosystem model. *Land*, 13(10): 1653.
28. Shirinkalam, P., Salehi, E. and Jajarmi, H. I. 2025. A practical approach to environmental and social impact assessment of highway construction. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 24(1): 79.
29. Singh, G. G., Lerner, J., Mach, M., Murray, C. C., Ranieri, B., St-Laurent, G. P., Wong, J., Guimaraes, A., Yunda-Guarin, G., Satterfield, T. and Chan, K. M. 2020. Scientific shortcomings in environmental impact statements internationally. *People and Nature*, 2(2): 369-379.
30. Teixeira, R. F. 2014. Integrating biodiversity and ecosystem services in life cycle assessment: methodological proposals for new challenges. *Chemical engineering transactions*, 42: 127-132.
31. Tinch, R., Beaumont, N., Sunderland, T., Ozdemiroglu, E., Barton, D., Bowe, C., Börger, T., Burgess, P. J., Cooper, C. N., Faccioli, M., Failler, P., Gkolemi, I., Kumar, R., Longo, A., McVittie, A., Morris, J., Park, J., Ravenscroft, N., Schaafsma, M., Vause, J. and Ziv, G. 2019. Economic valuation of ecosystem goods and services: a review for decision makers. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 8(3): 359–378.
32. Van der Biest, K., Staes, J., Prigge, L., Schellekens, T., Bonte, D., D'hondt, B., Ysebaert, T., Vanagt, T. and Meire, P. 2023. Integrating ecosystem services into impact assessments: a process-based approach applied to the Belgian coastal zone. *Sustainability*, 15(21):15506.

33. Wen, M., Zhang, L., Wan, H., Shi, P., Lu, L., Zhao, Z., Zhang, Z. and Wu, J. 2025. Analysis of roadside land use changes and landscape ecological risk assessment based on GF-1: A case study of the linghua expressway. *Remote Sensing*, 17(2): 211.

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

Estimation of the Cost-Benefit of the Bandar Abbas-Kerman Freeway Using the Spatial Value of Ecosystem Services

Malihe Erfani[1]* and Fatemeh Jahanishakib[2]

(Received: May 08-2025; Accepted: July 29-2025)

Abstract

Intervention in nature through the implementation of various development projects to meet the growing needs of the population is inevitable. Any intervention has both negative and positive consequences for ecosystem services; therefore, environmental impact assessment has been a focus of attention worldwide for decades. Ecosystem services valuation can serve as a complementary approach in environmental impact assessments, playing a significant role in development-related decision-making. Though, this has been ignored in the evaluation of infrastructure projects. The present study integrates environmental impact assessment approaches with the economic valuation of ecosystem services to conduct a cost-benefit analysis of the Bandar Abbas–Kerman freeway construction project. The ecosystem services considered included sediment retention, water production, habitat quality, carbon sequestration, food production, tourism, vegetation quality, forage, and oxygen production. The results (updated based on the annual inflation rate) showed that the project imposed damages (costs) of 161,842,750,785 tomans and 332,307,472,031 tomans on ecosystem services in the construction and operation phases, respectively. Similarly, no benefit observed in ecosystem services during the construction phase, while the operation phase resulted in a benefit equivalent to 366,024,608,960 tomans. Consequently, the net damage from the implementation of this project was estimated to be 128,125,613,856 tomans.

Keywords: Environmental Impact Assessment (EIA), Damage estimate, Economic evaluation, Ecosystem services

[DOI: 10.47176/ijae.13.4.14532]

1. Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran
2. Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.
* Corresponding Author, Email: maliheerfani@uoz.ac.ir