برآورد هزینه‌های وارد بر خدمات بوم‌سازگان اراضی زراعی ناشی از معدنکاری فلز بوکسیت جاجرم خراسان‌شمالی با استفاده از رویکرد انتقال منفعت

جلیل بادام فیروز*[۱]، حمیدسرخیل[۲]، رویا موسی زاده[۳]

۱*- گروه علمی اقتصاد محیط زیست، پژوهشکده محیطزیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیطزیست، تهران، ایران
۲- گروه زمین شناسی کاربردی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

نوع مقاله: پژوهشی تاریخ دریافت: تیر ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۰

چکیده

استخراج مواد معدنی نقش اساسی در توسعه اقتصادی، اجتماعی به همراه دارد، از طرفی معدن‌کاری و فرآیندهای وابسته به آن، می‌تواند پیامدهای آسیب رسان بر اکوسیستم‌های طبیعی داشته باشد که از آن جمله می توان به آلودگی هوا، آب و خاک، و هم‌چنین اثر بر روی تنوع زیستی و کاربری اراضی اشاره نمود. بنابراین با کمی‌سازی این پیامدها و تخمین هزینه خسارات وارد بر خدمات بوم سازگان می‌توان با اعمال رهکارهای مبتنی بر پیشگیری و کنترل اثرات، تخریب بوم سازگان‌های کشور را کاهش داد. محدوده معدنی بوکسیت جاجرم به عنوان بزرگترین و مهم‌ترین معدن بوکسیت کشور، در استان خراسان شمالی واقع شده است. معدنکاری فلز بوکسیت در طی فرآیند بهره‌برداری و استخراج ماده ارزشمند آلومینیوم، پیامدهای محیط‌زیستی منفی بر روی اکوسیستم‌های همجوار خود به همراه دارد. از آن‌جایی‌که بیشترین محدوده اثر این معدن، اراضی کشاورزی پایین دست و اطراف محدوده استخراجی این منطقه به میزان ۶۰۰۰ هکتار می‌باشد، لذا در این تحقیق هزینه خسارات محیط‌زیستی معدن با استفاده از رویکرد انتقال منفعت بر روی این بیوم برآورد گردیده است. هزینه خسارات وارد بر خدمات بوم سازگان ناشی از معدنکاری فلز بوکسیت در اراضی زراعی (برای مساحت ۱۰۰۰ هکتار از اراضی تحت تأثیر)، ۲۴۸۱۳۷۵ میلیون ریال (معادل ۹۹۲۵۵۰۰ دلار) در سال (۲۰۲۱) تخمین زده شده است، که این خود اهمیت بازسازی معدن و هم‌چنین احیای اکولوژیکی بعد از فعالیت معدنکاری در منطقه مزبور را می‌رساند. استفاده از ابزارهای اقتصادی در جهت پیشگیری و کنترل اثرات ناشی از فعالیت‌های معدنکاری بسیار ضروری است.

واژگان کلیدی: برآورد هزینه، خدمات بوم‌سازگان، معدن‌کاری فلز بوکسیت، جاجرم، اراضی زراعی، روش انتقال منفعت

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: jalil.badamfirooz@gmail.com

مقدمه

صنعت معدنکاری یکی از فعالیت‌های اقتصادی اساسی است که با زمین مادر رابطه عمیقی دارد. استخراج مواد معدنی، بیش از سایر فعالیت‌های صنعتی، اثر مخرب محیط زیستی را برجای می‌گذارد. این اثرات بین انواع مختلف مواد معدنی و مراحل تولید آن‌ها متفاوت است. معدن‌کاری اثرات محیط‌زیستی نامطلوب متعددی از جمله آلودگی هوا، آب و خاک و تأثیر بر جمعیت حیات وحش و رفتار آن‌ها دارد (Sahu *et al.*, 2015). معدن‌کاری برای تولید کالاها، خدمات و زیرساخت‌ها بسیار حیاتی است و منجر به ارتقاء کیفیت زندگی در جامعه می‌شود. (Agboola *et al.*, 2020). به علت خطر ناشی از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، مدیریت زهاب اسیدی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های عملیات معدن‌کاری است و اگر اکتشاف و استخراج مواد معدنی همراه با اصول مناسب دفع باطله‌ها و زهاب‌ها نباشد، در درازمدت پیامدهای محیط‌زیستی زیانباری را ایجاد می‌کند که توسعه اقتصادی حاصل از فعالیت‌های معدنکاری را دچار مشکلات بی‌شماری می‌نماید (Yari & Saghafi, 2017).

نتایج مطالعه انجام شده توسط Hirfan و همکاران (۲۰۱۶) با عنوان ارزش‌گذاری اقتصادی احیای بعد از معدن‌کاری نیکل در لووی شرقی نشان می‌دهد که مقادیر تمایل به پرداخت (WTP[1]) از طرف جامعه، به‌عنوان بهره‌برداران احیاء، ۲۲۶,۰۷۷ روپیه، جهت دستیابی به مزایای زیر بوده است: افزایش کیفیت محیط‌زیستی بعد از منطقه معدن‌کاری‌شده به میزان ۲۷/۵۶٪ افزایش درآمد اجتماع محلی به میزان ۲۲/۷۶٪، کاهش تخریب بوم سازگان منطقه به میزان ۸/۶۵٪، توسعه فعالیت‌های اقتصادی پویا به میزان ۷/۰۵٪ و افزایش تقاضای تولید گیاهان سالانه و فصلی به میزان ۴/۴۹٪. احیای مناطق بعد از معدن‌کاری پس از خاتمه فعالیت آن‌ها، همانند احیای بعد از معدنکاری نیکل در شهرستان لووی شرقی[2] باید از رشد اقتصادی برای توسعه منطقه‌ای حمایت کند. نتایج احیای منطقه بعد از معدن‌کاری نیکل، نشان‌دهنده تقویت کاربری اراضی بود (Hirfan *et al.*, 2016).

نتایج تحقیق Alun و Li (۲۰۱۷) با عنوان "تخمین هزینه تأثیر واقعی منابع آبی در معدن‌کاری و بهره‌برداری زغال سنگ در چین"، نشان می‌دهد که استخراج زغال سنگ در هر تن به طور کلی‌باعث کاهش ۱/۳۲ متر مکعب منابع آبی، آلودگی تا ۰/۸۸ متر مکعب منابع آبی و تخریب به طور متوسط ۰/۱۷ متر مربع محیط زیست اکولوژیک آب می شود، در نتیجه هزینه جامعی در حدود ۵۰/۶۱ یوان ایجاد می‌شود. به عنوان مثال، صنعت نیروگاه حرارتی، بهره‌برداری هر تن زغال سنگ منجر به کاهش منابع آب به میزان ۲۶/۳۵ متر مکعب و هزینه کل ۸۶/۶۱ یوان می‌گردد (Alun & Li , 2017).

خدمات بوم‌سازگان برای رفاه بشر ضروری هستند، اما اغلب فعالیت‌های معدن‌کاری منجر به تأثیرات سوء و نامطلوب بر روی خدمات بوم‌سازگان می‌شوند (Omotehinse *et al.*, 2019). معدن‌کاری، یکی از فعالیت‌های اقتصادی است که می‌تواند بر رفاه انسان، معیشت جوامع محلی، زمین، هوا و چرخه آبی، شرایط آب و هوایی، اکولوژیکی، زیبایی شناسی منطقه خود اثر گذارد. این فعالیت باید به‌طور مناسب با رعایت ملاحظات محیط زیستی مؤثر و متناسب طراحی شود. به گونه‌ای که رعایت قوانین می‌تواند خطرات این حوزه را تا حد زیادی کاهش دهد (Rai & Singh, 2004; Kamble & Bhosale, 2019). معدن‌کاری نقش کلیدی درازمدت در توسعه اقتصادی، اشتغال، زیرساخت‌ها و تأمین مواد خام ضروری برای جامعه دارد. برخی از اثرات منفی معدن‌کاری از دست رفتن پوشش گیاهی، نابودی پهنه‌های آبی، از دست رفتن تنوع‌زیستی، تغییرات کاربری اراضی، افزایش ناامنی اجتماعی، هزینه بالای زندگی و آلودگی هوا است (Worlanyo & Jiangfeng 2021).

کمی‌سازی اثرات معدن بوکسیت روی کیفیت محیطی هوا، برای ارزیابی کیفیت هوای موجود منطقه ضروری

[1] Willingness to pay

[2] East Luwu

است (Kamble & Bhosal, 2019). معدن بوکسیت جاجرم واقع در خراسان شمالی، بزرگ‌ترین معدن بوکسیت ایران است (Ghaemi & Zahiri, 2015).

Juniah و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با عنوان از دست رفتن ارزش محیط‌زیستی به عنوان پیامدهای بهره‌برداری از منابع طبیعی در معدن‌کاری روباز زغال سنگ در استان سوماترای جنوبی در اندونزی بیان نمودند که بهره‌برداری از منابع طبیعی زغال سنگ در معادن رو باز یکی از فعالیت‌هایی است که سبب تغییر کاربری زمین می‌شود و در اکوسیستم‌های جنگلی می‌تواند تهدیدی برای ارزش اقتصادی منابع طبیعی و محیط زیست تلقی شود.

در این مطالعه نتایج خسارات محیط‌زیستی در طول حیات معدن برای دوره زمانی ۲۰۲۳-۱۹۹۷ PV۲۰۰۹ ، ۷۳,۹۸ تریلیون روپیه تخمین زده شد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داده است که مقدار خسارات محیط‌زیستی ناشی از بهره‌برداری در معدن‌کاری زغال سنگ روباز منجر به از دست رفتن منابع جنگلی به ارزش ۸۳۴ بیلیون روپیه شده است و هم‌چنین منجر به از دست رفتن ذخایر زغال سنگ در طبیعت به ارزش ۷۳,۴۷ تریلیون روپیه گردیده است. خسارت‌های محیط زیستی ناشی از بهره‌برداری از معادن زغال سنگ روباز مجموعا مبلغ ۷۳,۹۸ تریلیون روپیه است. انتظار می‌رود فعالیت‌های احیا در اراضی معادن زغال سنگ، خسارات وارد بر منافع محیط زیستی را جبران کند و تنها به ارزش ۳۲۴,۲۳ بیلیون روپیه به جنگل‌ها منفعت برساند. ارزش این منفعت در مقایسه با خسارات وارده به محیط زیست به ارزش ۷۳,۹۸ تریلیون روپیه بسیار ناچیز است (Juniah *et al.*, 2017).

برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های پایدار سرزمین، ارزیابی تغییر در عرضه خدمات بوم‌سازگان ناشی از فعالیت‌های معدن‌کاری ضروری است. ارائه ارزش‌های اقتصادی و هزینه‌های محیط‌زیستی، منجر به ارتقای اگاهی ذی‌نفعان از اهمیت خدمات بوم‌سازگان می‌گردد. تخمین هزینه خسارت وارد خدمات بوم‌سازگان ناشی از معدنکاری حوزه مطالعاتی جدید در دنیا می باشد فعالیت معدنکاری نشان داده است که اثرات منفی بر روی خدمات بوم‌سازگان عرضه شده توسط اکوسیستم‌ها به همراه دارد. هدف این مقاله، تخمین هزینه خسارت وارد بر خدمات اکوسیستمی اراضی زراعی ناشی از معدن‌کاری فلز بوکسیت جاجرم خراسان شمالی با استفاده از رویکرد انتقال منفعت می‌باشد.

شناسایی و طبقه‌بندی‌های کالاها و خدمات اکوسیستمی

اکوسیستم‌ها پتانسیل عرضه طیف وسیعی از خدمات را دارند که برای رفاه، سلامت، معیشت و بقای انسان اهمیت اساسی دارند. خدمات اکوسیستم را می‌توان به عنوان منافعی که مردم از اکوسیستم‌ها به دست می‌آورند یا به عنوان سهم مستقیم و غیرمستقیم اکوسیستم‌ها در رفاه انسان توصیف کرد. مقالات جدیدتر خدمات اکوسیستم (ES) را به عنوان سهم ساختار و کارکرد اکوسیستم (در ترکیب با سایر نهاده‌ها) برای رفاه انسان تعریف می‌کنند (Ruskule *et al.*, 2018).

بر پایه سیستم طبقه‌بندی ارزیابی اکوسیستم هزاره (MA) چهار دسته اکوسیستم اصلی پیشنهاد شده است:

خدمات تولیدی: کالاها و محصولاتی که از اکوسیستم‌ها کسب می‌شوند، مانند غذا، مواد و انرژی که مستقیماً توسط مردم استفاده می‌شود.

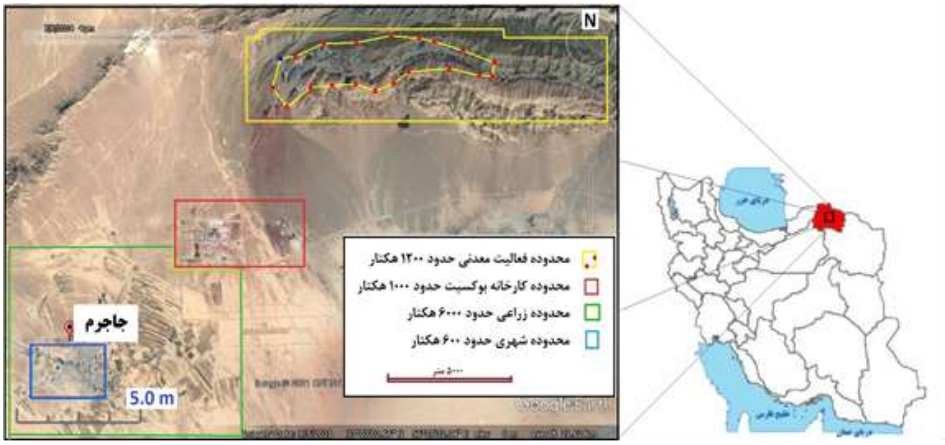
خدمات تنظیمی: منافعی که از اکوسیستم‌ها به‌واسطه کنترل فرایندهای طبیعی حاصل می‌شود (به عنوان مثال، تنظیم آب و هوا، تنظیم سیل).

خدمات فرهنگی: منافع غیرمادی که مردم از بوم‌سازگان کسب می‌کنند. به عبارتی خدماتی که مرتبط به نیازهای فرهنگی یا معنوی مردم است (به عنوان مثال، مزایای تفریحی، زیبایی شناختی و معنوی).

خدمات پشتیبان حیات: فرایندهای پایه که برای تولید سایر خدمات اکوسیستمی ضروری هستند. به عبارتی فرآیندها و کارکردهای اکوسیستم که زیربنای سه نوع دیگر از خدمات هستند (Ruskule *et al.*, 2018; Birkhofer *et al.*, 2015; Assessment, M.E., 2005).

مواد و روش‌ها

موقعیت محدوده مطالعاتی معدن بوکسیت جاجرم که در خراسان شمالی واقع شده است، از بزرگ ترین معادن بوکسیت ایران به شمار می‌رود. موقعیت محدوده مورد مطالعه معدن بوکسیت جاجرم- خراسان شمالی در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه معدن بوکسیت جاجرم-خراسان شمالی

انتخاب شاخص‌ها: با توجه به امکان پذیری و هم چنین دسترسی به اطلاعات کابردی، از سه شاخص/ضریب تاثیر استانی استفاده شده است که مطابق ذیل می باشند:

PIF_1 ضریب تاثیر استانی اقتصادی (مقدار تولید معادن درحال بهره‌برداری استان، مقدار آب مصرف شده معادن در حال بهره برداری استان و ارزش افزوده بخش معادن در حال بهره‌برداری استان

PIF_2 ضریب تاثیر استانی اراضی زراعی تحت کشت

PIF_3 ضریب تاثیر استانی مقدار باطله برداری معادن درحال بهره‌برداری استان (مبرقعی، ۱۳۹۹).

تشکیل و تعیین ابعاد و شاخص‌ها: شاخص‌های اقتصادی و محیط زیستی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص‌های اقتصادی و محیط زیستی

ابعاد	شاخص
اقتصادی PIF_1	مقدار تولید معادن درحال بهره‌برداری کشور استان
	مقدار آب مصرف شده معادن در حال بهره برداری استان
	ارزش افزوده بخش معادن در حال بهره‌برداری کشور استان
محیط زیستی	برخورداری استان از اراضی کشاورزی (کشاورزی)PIF_2
	مقدار باطله برداری معادن درحال بهره‌برداری استانPIF_3

نحوه جمع آوری اطلاعات و داده‌ها

گزارش‌های رسمی دولتی و مراکز معتبر آمار شامل: آمار مربوط به اراضی زراعی هر استان برحسب هکتار: سالنامه آماری کشور ۱۳۹۷، درگاه ملی آمار مرکز آمار ایران[1]

آمار مربوط به مقدار باطله‌برداری معادن در حال بهره‌برداری استان، مقدار آب مصرف شده معادن در حال بهره‌برداری استان، مقدار تولید معادن درحال بهره‌برداری و ارزش افزوده معادن در حال بهره‌برداری استان: بخش داده‌ها و اطلاعات آماری، جداول آماری بخش معدن، درگاه

[1] amar.org.ir

ملی آمار مرکز آمار ایران و گزارش نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره برداری کشور (۱۳۹۷)، درگاه ملی آمار مرکز آمار ایران و گزارش عملکرد معدن در بخش اطلاعات و آمار، سامانه وزارت صنعت، معدن و تجارت[1].

ماتریس اثرات نوع ماده معدنی و نوع فعالیت معدنی در هر اکوسیستم: به‌منظور تنظیم ماتریس اثرات، هر پروژه به پنج نوع فعالیت اصلی معدن سطحی، معدن زیرزمینی، کارخانه فرآوری و پرعیارسازی، تأسیسات جانبی و ساختمان اداری و راه تقسیم و هر کدام از این فعالیت‌های اصلی وابسته به بخش‌های مرتبط به زیر بخش هایی تقسیم گردید و سپس اثرات آن در بازه۰ تا ۳ امتیاز دهی شده و در نهایت جمع تمامی اثرات در هر پنج گروه به عنوان اثر کلی فعالیت معدنی در نظر گرفته می‌شوند. به طوری‌که در این تحقیق، به منظور بررسی تأثیر نوع فعالیت معدنکاری بر روی انواع خدمات اکوسیستمی برای فعالیت باطله‌برداری در یک معدن سطحی، پس از امتیاز دهی انواع خدمات اکوسیستم (تولیدی، تنظیمی، فرهنگی و زیبایی شناختی و پشتیبانی) برای زیر بخش‌های مرتبط به آن‌ها میانگین گیری نموده و به عنوان ضریب اهمیت فعالیت معدنی (استخراج یک معدن سطحی) L_2 محاسبه می‌گردد. (جدول ۳). هم‌چنین به منظور شناسایی اثرات نوع ماده معدنی، کلیه جنبه‌های اثر گذار بر محیط‌زیست ناشی از نوع ماده معدنی بر ویژگی‌های خدمات اکوسیستم مورد بررسی قرار گرفته و پارامترهای اثرگذار بر هر خدمت به تفصیل شناسایی خواهد شد. بدین ترتیب، بر حسب این‌که نوع ماده معدنی کدامیک از اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد یا خدمات آن‌ها را متأثر می‌سازد، اکوسیستم‌های آسیب دیده و خدمات متأثر ناشی از آن نوع ماده معدنی مشخص می‌گردد. به‌طوری‌که در این مرحله لازم است ماتریسی به منظور تعیین این‌که کدامیک از انواع معدنی خدمات و کارکردهای اکوسیستمی را بیشتر متأثر نموده است، تهیه و اثرات آن مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین صورت که ۲۰ خدمت کلی شناسایی شدند و سپس پرسش نامه‌ای در جمع خبرگان ارائه می‌شود. بدین صورت که اثرات هر پروژه به دو طبقه و ۷ دسته (شن و ماسه، کانه‌های فلزی، نمک‌های قلیایی، خاک‌های رسی، سنگ‌های قیمتی، سنگ‌های ساختمانی و مشتقات زغال سنگ و قیر طبیعی) تقسیم می‌گردد و سپس اثرات آن در بازه ۰ تا ۳ امتیازدهی شدند. در نهایت جمع تمامی اثرات در هر ۷ دسته به عنوان اثر کلی هر ماده معدنی در نظر گرفته خواهد شد. در این تحقیق برای بررسی اثرات معدن بوکسیت جاجرم، که یک معدن در طبقه دوم و بخش خاک‌های رسی، میکا و بوکسیت می‌باشد (جدول ۲)، بر یک اکوسیستم کشاورزی هم‌جوار، ابتدا n خدمت اکوسیستمی متأثر در حوزه کشاورزی امتیاز تأثیر از معدن‌کاری شن و ماسه مابین صفر تا ۳ دریافت کرده و پس از جمع امتیازات و میانگین گیری بر اساس n خدمت اکوسیستمی حوزه کشاورزی، عدد میانگین بدست آمده در ضریب نرمال شده اهمیت اکوسیستم کشاورزی ضرب شده و حاصل برای جمع شدن با سایر اکوسیستم‌های محاسبه شده ذخیره می‌گردد و بدین ترتیب پس از جمع-بندی سایر اکوسیستم‌ها عدد نهایی بدست آمده به تعداد زیر بخش اکوسیستم‌ها (n اکوسیستم) تقسیم می‌شود و ضریب اهمیت نوع ماده معدنی (بوکسیت) L1 بدست می‌آید.

L1 معدن بوکسیت

$$\mathbf{L_1} = l_1 + l_1 + l_1 + \cdots + l_1$$

ساحلی مرتعی جنگی کویر-بیابان کشاورزی

$$l_1 = \frac{(\sum_{i=1}^{n} A_i)}{n} \times \text{ضرایب نرمال سازی}$$

A1 =ضریب ۰ تا ۳ نسبت داده شده به تأثیر معدن‌کاری بوکسیت بر خدمت اکوسیستمی تأمین آب شرب از اکوسیستم کشاورزی

A2= ضریب ۰ تا ۳ نسبت داده شده به تأثیر معدن‌کاری بوکسیت بر خدمت اکوسیستمی تأمین غذا از اکوسیستم کشاورزی (قابل مشاهده در جدول ۲)

[1] mimt.gov.ir

جدول ۲- ماتریس اثرات انواع مواد معدنی و اثرات آن بر روی خدمات بوم سازگان کلیدی در اکوسیستم‌های واقع در محدوده اثر فعالیت معدنکاری

نوع ماده معدنی و استخراجی در طبقه / نوع اکوسیستم	ضریب اهمیت هر اکوسیستم (نرمال شده)		طبقه اول	طبقه دوم					
			شن و ماسه	کانه‌های فلزی	نمک‌های قلیایی، پتاس،نیترات	خاک‌های رسی، میکا، بوکسیت	سنگ‌ها و کانی‌های قیمتی و نیمه قیمتی	سنگ‌های ساختمانی تزئینی زینتی و نما	زغالسنگ، قیر طبیعی، شیل، آسفالت
اکوسیستم کشاورزی	۰/۳۴	تأمین آب شیرین							
		تأمین غذا							
		مواد خام (تولید علوفه، فیبر)							
		سوخت زیستی							
		منابع ژنتیکی							
		منابع دارویی							
		تنظیم کیفیت هوا							
		تنطیم آب و هوا							
		کنترل فرسایش							
		پالایش آب و تصفیه پسماند							
		تنظیم جریانات آب							
		کنترل بیولوژیکی							
		گرده افشانی							
		تفرج و گردشگری طبیعی							
		ارزش‌های علمی، آموزشی و تحقیقاتی							
		چرخه مواد مغذی							
		حفظ تنوع ژنتیکی (حفظ ذخایر ژنی)							
		تشکیل و حفظ حاصلخیزی خاک							
		چرخه آب							
		تولید اولیه							

جدول ۳- ماتریس تعامل نوع فعالیت معدنکاری و اثر بر روی انواع خدمات اکوسیستمی

نوع فعالیت معدنی / خدمات اکوسیستم		معدن سطحی				
		پی جویی و اکتشاف	روباره برداری(استخراج)	حفاری و انفجار	حمل باطله و مواد معدنی	احیاء و بازسازی
تولیدی	غذا					
	مواد خام زیستی (علوفه، الوار)					
	سوخت زیستی					
	آب شیرین					
	منابع ژنتیکی					
	منابع دارویی					
تنظیمی	حفظ کیفیت هوا					
	تنظیم آب و هوا					
	تنظیم جریان آب					
	کنترل فرسایش					
	کنترل سیل					
	پالایش آب و تصفیه پسماند					
	گرده افشانی					
	کنترل بیولوژیک آفات					
	تنظیم و کنترل بیماری					
	تنظیم اختلال و بلایای طبیعی					
فرهنگی	تفرج و گردشگری طبیعی					
	ارزش‌های معنوی و اخلاقی					
	ارزش‌های آموزشی و تحقیقاتی					
	ارزش‌های زیبایی شناسی					
	ارزش‌های وجودی و میراثی					
پشتیبان حیات	تامین زیستگاه					
	حفظ چرخه مواد غذایی					
	تولید مواد اولیه					
	حفظ تنوع ژنتیکی (حفظ ذخایر ژنی)					
	تشکیل و حفظ خاک					
	حفظ چرخه آب					
	جمع اثرات به تفکیک					

روش کلی تحقیق بر این موضوع استوار است که علاوه بر خدمات اکوسیستمی؛ نوع اکوسیستم تحت تأثیر و نیز تأثیر نوع فعالیت معدنی و ماده معدنی در میزان اثر پذیری پروژه مؤثر است. اما در کنار این عوامل ضرایب تأثیر استانی در بخش‌های تولید معادن، آب مصرفی، ارزش افزوده و هم‌چنین میزان باطله برداری نیز به عنوان ضریب تأثیرگذار هزینه تخریب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس رابطه (۱) نحوه تلفیق عوامل مؤثر را نشان می‌دهد.

در این راستا می‌توان روش‌شناسی را این‌گونه بیان کرد که پس از مشخص شدن نوع ماده معدنی و نوع عملیات معدن‌کاری مربوطه، اکوسیستم‌ها و نواحی رویشی تحت تأثیر شناسایی و اقدام به مشخص نمودن ضرایب آن‌ها مطابق جداول تهیه شده، می‌گردد. سپس ضرایب استانی محاسبه شده و نرمال شده وارد فرمول محاسبات گردیده و در انتها مطابق فرمول ارائه شده میزان هزینه خسارت محیط زیستی ناشی از فعالیت معدنی مزبور مشخص شود.

$$ESC = \sum_{i=1}^{n} ESV \times A \times \left(\frac{(\frac{PIF_1+PIF_2+PIF_3}{3} + 1) + L_2 + L_1}{3} \right)$$

که در آن هر یک از عوامل به صورت زیر تعریف می‌شوند؛

ESC هزینه تخریب وارده بر محیط زیست

n زمان

i بازه زمانی مطالعاتی

ESV ارزش خدمت در هر بازه بر حسب واحد هکتار

PIF_1 ضریب تأثیر استانی اقتصادی (تولید معادن درحال بهره‌برداری بر حسب استان، آب مصرف شده معادن در حال بهره‌برداری استان و ارزش افزوده بخش معادن در حال بهره‌برداری استان

PIF_2 ضریب تأثیر استانی اکوسیستم‌کشاورزی

PIF_3 ضریب تأثیر استانی باطله‌برداری معادن درحال بهره‌برداری استان

L_2 ضریب اهمیت نوع ماده معدنی

L_1 ضریب اهمیت نوع فعالیت معدنی

A ناحیه تحت تأثیر بر واحد هکتار

اما به زبانی ساده‌تر می‌توان فرمول تلفیق را این‌گونه بیان کرد که در گام اول ارزش خدمات اکوسیستم بر واحد هکتار محاسبه می‌شود و گام دوم مساحت ناحیه تحت تأثیر فعالیت معدنی بر واحد هکتار مشخص و در ارزش خدمات ضرب می‌شود. در ادامه ضرایب تأثیر استانی ناشی از دو حوزه تأثیر بر اکوسیستم، و هم‌چنین مباحث اقتصادی مرتبط با فعالیت معدنی استان مشخص خواهد شد. پس از میانگین گیری از ضرایب استانی سه گانه، PIF[1] میانگین حاصل را با یک جمع نموده و حاصل را با دو فاکتور دیگر، ضریب تأثیر ناشی از اهمیت نوع ماده معدنی (L2) و هم‌چنین ضریب تاثیر ناشی از اهمیت نوع فعالیت معدنی (L1) جمع شده، با میانگین‌گیری ضریبی حاصل خواهد شد که نشان دهنده تأثیر تخریبی ضرایب اهمیت خواهد بود.

نکته دارای اهمیت این رابطه این است که اگر از فعالیت معدنی یک‌سال گذشته باشد محاسبات یک‌باره پایان می‌پذیرد ولی با گذشت هر سال از عمر معدن تأثیر تخریبی محیط زیستی آن نیز به همان نسبت چند برابر می‌باشد به طوری‌که این رابطه با حضور زیگما در رابطه ریاضی مشخص شده است.

روش انتقال منفعت/ ارزش:

می‌توان در روش انتقال منفعت از ارزش‌های موجود، برای تخمین هزینه‌های خسارت خدمات بوم‌سازگان (ارزش‌های از دست رفته خدمات بوم سازگان) استفاده نمود. لازم به ذکر است در صورتی‌که زمان کافی برای انجام مطالعات برآورد ارزش‌های اقتصادی و هزینه‌های خسارات وارده بر محیط زیست در اختیار نباشد، می‌توان از روش انتقال منفعت برای برآورد هزینه‌های خسارات وارد بر خدمات بوم‌سازگان اکوسیستم‌های مربوطه استفاده نمود. برای محاسبه هزینه‌های وارد بر خدمات بوم سازگان (ES) مرتبط با هر اکوسیستم، با استفاده روش انتقال ارزش/

[1] Provincial Impact Factor

منفعت، می‌توان از ارزش‌های خدمات بوم سازگان پایگاه داده‌ای (De Groot *et al*., 2020) و یا (Costanza *et al*., 2014) استفاده نمود و ارزش‌های ذیربط را در بازه زمانی یک‌ساله برای کشور تعدیل نمود.

در این مطالعه با استفاده از رویکرد انتقال منفعت، از میانگین ضرایب ارزش‌های جهانی خدمات بوم‌سازگان در هر بیوم (دلار/ هکتار / سال: سطح قیمت ۲۰۲۰) بر اساس مطالعه جهانی دی گروت و همکاران (De Groot *et al*., 2020)، که به عنوان پایگاه داده ارزش‌گذاری خدمات بوم سازگان است (ESVD[1]) می‌باشد، استفاده شده است و میانگین ارزش‌های خدمات بوم‌سازگان برای ایران با استفاده از رابطه (۲) تعدیل گردیده است.

معادل ریالی یک دلار در این مطالعه با ارز نیمایی ۲۵۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. (IPRC, 2021).

$$WTP_{PS} = WTP_{SS}(GDP_{PS}/GDP_{SS})^{\varepsilon} \qquad (۲)$$

WTP_{PS}: تمایل به پرداخت در سایت هدف (مقصد) (کشوری که در آن ارزش می‌خواهد استفاده شود)

WTP_{SS}: تمایل به پرداخت در سایت مورد مطالعه (مبدأ) (کشوری‌که ارزش‌های منتقل‌شده به صورت اصلی محاسبه شده و انتقال داده می‌شود)

ε: کشش درآمدی تمایل به پرداخت نهایی است.

GDP_{PS} و GDP_{SS}: سرانه GDP در دلار PPP[2] به ترتیب در سایت هدف (مقصد) و سایت مورد مطالعه (مبدا) است.

شایان ذکر است نسبت سرانه GDP ایران به متوسط جهانی و کشش درآمدی تمایل به پرداخت از شاخص‌های اقتصادی قابل دسترس در سایت بانک جهانی برآورد گردیده است[3] (Pasten & Figueroa , 2011).

نتایج

در این تحقیق بخش فعالیت معدنی مرتبط با بوکسیت جاجرم که در مجاورت محدوده‌های زراعی و شهری قرار گرفته است، محدوده‌ای به وسعت ۱۲۰۰ هکتار را مستقیم تحت اثر فعالیت‌های مرتبط با این بخش خود ساخته است. لازم به ذکر است محدوده اثر فعالیت معدن‌کاری مشتمل بر اراضی زراعی است، این مساحت شامل حدود ۶۰۰۰ هکتار اراضی زراعی است، که به طور تقریبی ۱۰۰۰ هکتار از اراضی زراعی تحت تأثیر مستقیم فعالیت معدن‌کاری مزبور قرار دارد که برآورد هزینه خسارات خدمات بوم سازگان برای ۱۰۰۰ هکتار در نظر گرفته شده است. فرآیند برآورد هزینه خسارات محیط زیستی در مدت یک سال فعالیت فعلی معدن مزبور مطابق محاسبات ذیل صورت خواهد پذیرفت:

در جدول ۴ مقدار و سهم تولید معادن استان، مقدار و سهم آب مصرفی و ارزش افزوده معادن درحال بهره‌برداری استان در سال ۱۳۹۷ ارائه شده است. در جدول ۵ سهم سهم اراضی کشاورزی و باطله‌برداری استان (بر حسب درصد) لحاظ شده است.

جدول ۴- مقدار و سهم تولید معادن استان، مقدار و سهم آب مصرفی و ارزش افزوده معادن درحال بهره‌برداری کشور و سهم استان در سال ۱۳۹۷

استان	مقدار تولید معادن درحال بهره‌برداری (تن)	مقدار آب مصرف شده (مترمکعب)	ارزش افزوده معادن درحال بهره‌برداری (میلیون ریال)	سهم تولید معادن درحال بهره‌برداری (درصد)	سهم آب مصرفی (درصد)	سهم ارزش افزوده معادن (درصد)
خراسان شمالی	۴۳۹۴۴۶۲	۲۱۳۲۷۴	۸۱۴۴۲۸	۱/۲۲	۰/۱۳	۰/۲۶

ماخذ: بخش داده ها و اطلاعات آماری، بخش معدن، درگاه ملی آمار مرکز آمار ایران،(amar.org.ir)

[1] Ecosystem Services Valuation Database
[2] GDP per capita in PPP (Purchasing Power Parity) dollars
[3] (Data.worldbank.org/indicator)

جدول ۵- سهم اراضی کشاورزی و باطله‌برداری استان (درصد)

سهم شاخص‌های محیط زیستی	سهم اراضی کشاورزی	سهم باطله برداری معادن درحال بهره‌برداری
خراسان شمالی	۲/۶۴	۰/۰۸

پس از نرمال سازی اعداد جداول به هر استان مابین صفر تا ۱ نسبت داده خواهد شد.که همان اعداد ضرایب استانی سه گانه ما خواهند بود و در نهایت ضرایب PIF_1، PIF_2، PIF_3 برای اعمال در رابطه (۱) مشخص خواهد شد.

ضرایب اقتصادی تجمیع شده نرمال شده استان (PIF1)، ضرایب محیط زیستی مربوط به برخورداری استان از اکوسیستم‌های کشاورزی تجمیع شده نرمال شده استان (PIF2) و ضرایب محیط زیستی مربوط به سهم باطله برداری تجمیع شده نرمال شده استان (PIF3) به ترتیب در جداول ۶ تا ۸ ارائه شده است.

جدول ۶- ضرایب اقتصادی تجمیع شده نرمال شده استان (PIF1)

ضرایب تجمیع شده نرمال شده استان PIF1	ارزش افزوده سهم استان نرمال شده	سهم آب مصرفی استان نرمال شده	سهم تولید معادن نرمال شده	سهم تولید معادن درحال بهره‌برداری استان (درصد)	سهم ارزش افزوده معادن استان (درصد)	سهم آب مصرفی استان (درصد)	سهم ضرایب اقتصادی
۰/۰۴۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱۷	۰/۰۴۰	۱/۲۲	۰/۲۶	۰/۱۳	خراسان شمالی

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷- ضرایب محیط زیستی مربوط به برخورداری استان از اراضی کشاورزی تجمیع شده نرمال شده ستان (PIF2)

ضرایب تجمیع شده نرمال شده استانPIF2	سهم اراضی کشاورزی (درصد)
۰/۲۸	۲/۶۴

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۸- ضرایب محیط زیستی مربوط به سهم باطله برداری تجمیع شده نرمال شده به تفکیک استانها (PIF_3)

ضرایب تجمیع شده نرمال شده PIF_3	سهم باطله برداری (درصد)
۰/۰۰۲	۰/۰۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

ضرایب اقتصادی تجمیع شده نرمال شده استان، ضرایب محیط زیستی مربوط به برخورداری استان از اکوسیستم‌های حساس (اراضی کشاورزی) تجمیع شده نرمال شده استان و ضرایب محیط زیستی مربوط به سهم باطله برداری تجمیع شده نرمال شده استان در جدول ۹ ارائه شده است.

مجموع ضرایب L_2، ۲/۰۲۴ و مقدار نرمال شده جمع مقادیر L_1، ۱/۳۷۹ محاسبه گردید.

جدول ۹- ضرایب اقتصادی و محیط زیستی تجمیع شده نرمال شده استان (PIF1)،(PIF2) و (PIF_3)

ضرایب تجمیع شده نرمال شده PIF3	ضرایب تجمیع شده نرمال شده PIF2	ضرایب تجمیع شده نرمال شده PIF1	استان
۰/۰۰۲	۰/۲۸	۰/۰۴۶	خراسان شمالی

ماخذ: یافته‌های تحقیق

محاسبات مربوط به معدن بوکسیت جاجرم در خراسان شمالی:

PIF_1 استان خراسان شمالی=۰/۰۴۶

PIF_2 استان خراسان شمالی=۰/۲۸

PIF_3 استان خراسان شمالی=۰/۰۰۲

$$ESC = \sum_{i=1}^{n} ESV \times 1000 \times \frac{\left(\frac{0.046+0.28+0.002}{3}+1\right)+2.024+1.379}{3}$$

ESC=ESV*1000*1.5=**1654249960***1000*1.5= میلیون ریال ۲۴۸۱۳۷۵

مجموع هزینه خسارات محیط زیستی وارد بر خدمات بوم سازگان برای اراضی کشاورزی تحت تأثیر فعالیت معدن‌کاری بوکسیت جاجرم حدود ۲۴۸۱۳۷۵ میلیون ریال برآورد گردید.

با جایگزین کردن ارزش‌های خدمات بوم سازگان در هر بازه بر حسب واحد هکتار در اکوسیستم ذی‌ربط می‌توان هزینه تخریب فعالیت معدن بوکسیت جاجرم خراسان شمالی را در بخش پیت استخراجی اصلی معدن و برای مدت یک‌سال محاسبه نمود. مجموع هزینه خسارات محیط زیستی وارد بر خدمات بوم سازگان برای اراضی کشاورزی تحت تأثیر فعالیت معدن‌کاری بوکسیت جاجرم در خراسان شمالی در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول۱۰- مجموع هزینه وارد بر خدمات بوم سازگان برای اراضی کشاورزی برای فعالیت معدنکاری بوکسیت جاجرم در خراسان شمالی

اکوسیستم	مساحت	مجموع ضریب تاثیر استانی	ضریب تأثیر انواع مواد معدنی بر روی خدمات بوم سازگان (L_2)	ضریب تأثیر نوع فعالیت معدنکاری بر روی انواع خدمات اکوسیستمی (L_1)	ارزش اکوسیستم (ریال/ هکتار/ ۲۰۲۰)	ضریب کل	هزینه خسارت وارد بر خدمات بوم سازگان (میلیون ریال)
اراضی کشاورزی	۱۰۰۰	۱/۱	۲/۰۲۴	۱/۳۷۹	۱۶۵۴۲۴۹۹۶۰	۱/۵	۲۴۸۱۳۷۵

بحث

فعالیت معدن‌کاری نشان داده است که اثرات منفی بر روی خدمات بوم سازگان عرضه شده توسط اکوسیستم‌ها دارد. در این مطالعه امکان تخمین هزینه خسارت وارد خدمات بوم سازگان اراضی زراعی ناشی از معدن‌کاری فلز بوکسیت جاجرم خراسان شمالی با استفاده از رویکرد انتقال منفعت فراهم شده است. مجموع هزینه‌های وارد بر خدمات بوم سازگان برای اراضی کشاورزی تحت تأثیر فعالیت معدن‌کاری بوکسیت جاجرم حدود ۲۴۸۱۳۷۵ میلیون ریال برآورد گردید. در مطالعه‌ای با عنوان هزینه‌های وارد بر خدمات بوم سازگان ناشی از معدن‌کاری فلز و فشار آن بر روی زیست توده که توسط Tost و همکاران (۲۰۲۰) انجام یافته است، هزینه وارد بر خدمات اکوسیستم ناشی از معدن‌کاری فلزات مس، سنگ معدن آهن، طلا و بوکسیت برای مجموع بیوم‌ها، حدود ۵/۴ بیلیون دلار در سال (۲۰۱۶) تخمین زده شده است، که هزینه‌های وارد بر خدمات بوم‌سازگان ناشی از معدن‌کاری فلز بوکسیت برای مجموع بیوم‌های تالاب‌های ساحلی، مراتع، جنگل‌های معتدل و گرمسیری و درختزارها، ۵۹۷۶۷۹۰۶۶ دلار برآورد گردیده است (Tost *et al*., 2020). تنها مطالعه‌ای که در خصوص موضوع مورد تحقیق انجام شده است مربوط به مطالعه Tost و همکاران (۲۰۲۰) است، که هزینه‌های وارد بر خدمات بوم‌سازگان ناشی از معدن‌کاری فلزات را تخمین زده است. در این مطالعه نیز برآورد هزینه‌های وارد بر خدمات بوم‌سازگان ناشی از معدن‌کاری فلز بوکسیت جاجرم خراسان شمالی در ایران به نتایج یکسانی دست یافته است. از جمله این که معدن‌کاری فلزات هزینه خسارت بر خدمات بوم‌سازگان وارد می‌کند. در این مطالعه نیز مشابه تحقیق Tost و همکاران رویکرد مورد استفاده ، روش انتقال منفعت/ ارزش است. فلز مورد بررسی نیز مشابه درنظر گرفته شده است. بنابراین یافته‌های این دو مطالعه با یکدیگر هم‌خوانی دارد. وجه تمایز مطالعه حاضر با تحقیق Tost و همکاران در

بکارگیری از پایگاه داده به منظور تخمین هزینه‌های خسارات وارد بر خدمات بوم‌سازگان است. در تحقیق حاضر برآورد هزینه‌های وارد بر خدمات بوم‌سازگان بر پایه ارزش‌های ارائه شده در پایگاه داده (ESVD, 2020) است (De Groot *et al.*, 2020) ، در حالی‌که در تحقیق Tost و همکاران (۲۰۲۰) از پایگاه داده (ESVD, 2012) (De Groot *et al.*, 2012) استفاده شده است. Omotehinse و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی خود توضیح دادند که اقدامات کاهش اثر یا اصلاحی ضامن حفظ مزایای حاصل از ES اولویت‌دار و همین‌طور محافظت ذی‌نفعان متأثر از خسارات اکوسیستمی ناشی از تأثیرات پروژه بر اکوسیستم و در نتیجه حفظ رفاه آن‌ها است. کاهش اثرات سوء با شناسایی اقدامات پیشگیرانه، به حداقل رساندن تأثیرات، احیا، جبران زیان‌ها و افزایش دستاوردها در منافع ES انجام می‌شود (Omotehinse *et al.*, 2019). هدف اصلی اقدامات احیا، کاهش اثرات ناشی از فعالیت‌های معدن‌کاری و بازگرداندن زمین به وضعیت طبیعی و قبلی خود است. اهداف کلی احیاء شامل حفظ و کاهش اثرات وارد بر اکوسیستم در محدوده مطالعاتی برقراری مجدد توان زمین پیش از توسعه به منظور کاربری اراضی مناسب بعد از معدن‌کاری، جلوگیری از آلودگی خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی و و حفظ و پایش نواحی احیا شده می‌باشد (Mashaba, 2015). کمبود اقدامات قوی و مؤثر برای احیای اراضی معدنی وجود دارد. باید به مدیریت مناسب و حفاظت از محیط زیست به منظور جلوگیری از خسارت بیشتر به پوشش جنگلی و سطح نابودی خاک و نابودی کیفیت آب و تخریب خاک و آلودگی صدا و هوا برای محیط زیست سالم و توسعه پایدار منطقه توجه شود. اراضی معدنی باید به طور مناسب بازیابی و احیا شوند و هم‌چنین پوشش گیاهی و حیات وحش در اراضی معدنکاری قبلی احیا و تجدید شود و می‌تواند حتی برای کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. (Kamble & Bhosale, 2019). احیاء معدن یک روش ماندگار و مناسب برای کاهش اثرات منفی اراضی متروکه معادن و تضمین بهره‌برداری مؤثر و مولد از اراضی بایر معادن می‌باشد (Worlanyo & Jiangfeng, 2021). ارزش‌گذاری اقتصادی منابع محیط زیستی ضمن نشان دادن ارزش کمی کالاها و خدمات بوم سازگان، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان را در امر برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری جهت بهره‌برداری مطلوب و پایدار این منابع کمک می‌نماید. با استفاده از شاخص مربوط به ارزش‌ها و هزینه‌های محیط‌زیستی، می‌توان حداقل جریمه‌های بازدارنده را به منظور جلوگیری از خسارات بعدی و جبران بخشی از صدمات وارده لحاظ نمود. شایان ذکر است که دریافت مبالغ پولی خسارت‌های وارده، افزایش ملموسی در رفاه مردم ندارد و بسیاری از این کارکردها و خدمات به هیچ وجه قابل جایگزین نیستند. از کاربردهای عملی دیگر این مطالعات، این است که در سیستم حسابداری درآمد ملی ارزش این خدمات منعکس شود (Department of the Environment , 2012). بعد از اتمام و بستن فعالیت معدنکاری، توصیه می‌گردد که هزینه‌های احیای اکوسیستم برای رفع و یا کاهش خسارات وارده به خدمات بوم سازگان اکوسیستم‌های واقع در محدوده اثرات ناشی از فعالیت معدنکاری و نحوه تعیین اقدامات احیای اکوسیستم‌های آسیب دیده برآورد گردد، هم‌چنین مشارکت ذی‌نفعان محلی مدنظر قرار گیرد. شناسایی سهم بوم‌سازگان در اقتصاد ملی و جهانی، زمینه‌سازی جهت طراحی و اجرای سازوکارهای پرداخت برای خدمات اکوسیستمی، برآورد ارزش خدمات بوم‌سازگان و برآورد سهم آن در تولید ناخالص منطقه‌ای (GRP) و تولید ناخالص ملی (GDP)، ایجاد امکان لحاظ ارزش‌های اقتصادی بوم‌سازگان در تحلیل هزینه – فایده‌های طرح‌های توسعه و به‌کارگیری ابزارهای اقتصادی برای جبران هزینه‌های محیط زیستی و یا درونی‌سازی هزینه‌های وارد برخدمات بوم‌سازگان مشوقی برای فعالیت معدنکاری برای بهبود عملکرد پایداری آن در محدوده مطالعاتی، از جمله پیشنهادات کاربردی در مورد نحوه استفاده از نتایج چنین ارزش‌گذاری‌هایی می‌باشد. امید است بررسی حاضر، رویکردی نوین برای مطالعات بیشتر در

زمینه تخمین هزینه‌های خسارات محیط زیستی وارد بر خدمات بوم سازگان ناشی از فعالیت‌های معدنکاری باشد.

منابع

1. **Adiansyah, J.S., Rosano, M., Biswas, W. and Haque, N., 2017.** Life cycle cost estimation and environmental valuation of coal mine tailings management. Journal of Sustainable Mining.16(3), pp. 114-125.
2. **Agboola, O., Babatunde, D.E., Fayomi, O.S.I., Sadiku, E.R., Popoola, P., Moropeng, L., Yahaya, A. and Mamudu, O.A., 2020.** A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment and management. Results in Engineering, p.100181.
3. **Alun, G. and Li, S., 2017.** Actual influence cost estimation of water resources in coal mining and utilization in China. *Energy Procedia*, *142*, pp.2454-2460.
4. **Assessment, M.E., 2005.** *Ecosystems and human well-being* (Vol. 5, p. 563). United States of America: Island press.
5. **Birkhofer, K., Diehl, E., Andersson, J., Ekroos, J., Früh-Müller, A., Machnikowski, F., Mader, V.L., Nilsson, L., Sasaki, K., Rundlöf, M. and Wolters, V., 2015.** Ecosystem services—current challenges and opportunities for ecological research. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *2*, p.87.
6. **Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van Der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S.and Turner, R.K., 2014.** Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change. Vol. 26 pp. 152-158.
7. **De Groot, R., Brander, L.M., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L.C., Christie, M., Crossman, N.D., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L.C., ten Brink, P.and van Beukering, P., 2012**. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services. 1(1), pp. 50-61
8. **De Groot, R., Brander, l. and Solomonides, S. 2020.** Ecosystem Services Valuation Database (ESVD) Update of global ecosystem service valuation data. Available from: https://www.espartnership.org/esvd/.
9. **Department of the Environment (DoE). 2012.** Economic Valuation of Environmental Resources Bamou National Park.
10. **Figueroa, E. and Pasten, R., 2011**. Improving benefit transfer for wetland valuation: income adjustment and economic values of ecosystem goods and services . Waddenacademie.
11. **Ghaemi, M. and Zahiri, R., 2015.** Management of mineral waste in Jajarm bauxite mine (North Khorasan) and some solutions to use them in industry, to preserve part of the natural resources. 1st national conference on applied researchs in maintenance of environment, water and natural resources. (In Persian)
12. **Hirfan, S., Setyowati, E. and Tamsil, A., 2016.** Economic Valuation of the Post Nickel Mine Reclamation in East Luwu Regency, South Sulawesi. Resources and Environment. 6(6), pp. 143-147.
13. **IPRC. (Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of IRAN). 2021**; Available from: https://rc.majlis.ir/en/content/about_islamic_parliament_research_center.
14. **Juniah, R., Dalimi, R., Suparmoko, M., Moersidik, S.S. and Waristian, H., 2017.** Environmental value losses as impacts of natural resources utilization of in coal open mining. In MATEC Web of Conferences (Vol. 101, p. 04013). EDP Sciences.
15. **Kamble, P.H. and Bhosale, S.M., 2019.** Environmental impact of bauxite mining: A review. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*, *7*(1), pp.86-90.
16. **Mashaba, H., 2015.** Rehabilitation Plan and Closure Cost Estimate for the De Groote Boom Mining Area, Project Number: UAR2967 , 1-29.
17. **Morbarqei, N., 2020.** Preparation compilation of an instruction for estimating the costs of damage to the environment resulting from the implementation of road and railway projects, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Iran. (In Persian)
18. **Omotehinse, A.O., De Tomi, G. and Baninla, Y., 2020.** Proactive management of ecosystem services in oil sands pre-mining phase. Natural Resources Research, 29(2), pp.949-965.
19. **Rai, R. and Singh, T.N., 2004.** Cost benefit analysis and its environmental impact in mining. *I Control Pollution*, *20*(1).
20. **Ruskule, A., Vinogradovs, I. and Pecina, M.V., 2018.** The guidebook on ecosystem service framework in integrated planning
21. **Sahu, H.B., Prakash, N. and Jayanthu, S., 2015.** Underground mining for meeting environmental concerns–a strategic approach for sustainable mining in future. *Procedia Earth and Planetary Science*, *11*, pp.232-241.
22. **Tost, M., Murguia, D., Hitch, M., Lutter, S., Luckeneder, S., Feiel, S. and Moser, P., 2020** .Ecosystem services costs of metal mining and pressures on biomes. Journal of The Extractive Industries and Society.7(1), pp. 79-86.
23. **Worlanyo, A.S. and Jiangfeng, L., 2021.** Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: a review. *Journal of Environmental Management*, *279*, p.111623.
24. **Yari, E. and Saghafi, I., 2017.** Green mining is a strategy for optimal mine management. Second International Conference on Management Cohesion and Development Economics, pp 13 (In Persian)

Estimating the Costs Incurred On Ecosystem Services of Cultivated Areas Caused By the Mining of Bauxite Metal in Jajarm, North Khorasan Using the Benefit Transfer Approach

Jalil Badamfirooz[*1], Hamid Sarkheil[2], Roya Mousazadeh[1]

1[*]-Research group of environmental economics, Research Center for Environment and Sustainable Development, RCESD, Department of Environment, Tehran, Iran.
2- Department of Applied Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Abstract

Mineral extraction plays an essential role in economic and social development. On the other hand, mining and its dependent processes can have harmful consequences on natural ecosystems, including air pollution, water, soil, and the impact on biodiversity and land use. Therefore, by quantifying these consequences and estimating the costs of damages to ecosystem services, it is possible to reduce the destruction of ecosystems in the country by applying measures based on prevention and control of effects. Jajarm bauxite mining area, as the largest and most crucial bauxite mine in the country, is located in North Khorasan province. Bauxite mining has negative environmental consequences on neighboring ecosystems during the exploitation and extraction of valuable aluminum material. Since the maximum impact area of this mine is cultivated areas downstream and around the extraction area of this area is 6٬00 hectares, in this study, the cost of environmental damages to the mine has been estimated using the benefit-transfer approach on this biome. The cost of damages to ecosystem services due to bauxite mining in the cultivated Areas (for 1000 hectares of affected cultivated areas) is estimated at 2481375 million IRR (equivalent to USD 9925500) in the year (2021). This highlights the importance of mine reclamation as well as ecological rehabilitation after mining activities in the area.Using economic tools to prevent and control the effects of mining activities is essential.

Keywords: Cost Estimation, Ecosystem Services, Bauxite Metal Mining, Jajarm, Cultivated Areas, Benefit-Transfer Method.

Corresponding Author's email: Jalil.badamfirooz@gmail.com