محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٥، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٨، صفحهٔ ٦٧٨-٦٦٣

کاربرد خدمات اکوسیستمی در ارزیابی چرخهٔ حیات با استفاده از روش TES_LCA (مطالعهٔ موردی:کارخانه سیمان فراز فیروزکوه)

مریم رباطی[1]*، مریم‌السادات حسینی[2]، نبی ا... منصوری[3]

۱. استادیار، دکتری علوم محیط‌زیست، دانشکدهٔ مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۲. کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی- محیط‌زیست، گرایش ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

m.hosseini421@gmail.com

۳. استاد، دکتری مهندسی محیط‌زیست، دانشکده مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران nmansourin@gmail.com

تاریخ وصول مقاله: ١٣٩٨/٠٦/١٤ تاریخ پذیرش مقاله: ١٣٩٨/١٢/٠٨

چکیده

صنعت سیمان بزرگ‌ترین منتشرکننده دی‌اکسیدکربن در بخش صنعت است. هدف از انجام این تحقیق معرفی روش TES_LCA در کاربرد خدمات اکوسیستمی در ارزیابی چرخهٔ حیات کارخانه سیمان فراز فیروزکوه است که برای انجام این کار از نرم‌افزارSima Pro ورژن ۹ استفاده شده است و تعداد ۱۱شاخص زیست‌محیطی از جمله تغییرات آب و هوایی و تخریب لایه اوزون و... تحت۴ سناریو کلی که عبارت‌اند از: سناریو اول: تولید سیمان پورتلندبدون در نظر گرفتن خدمات اکوسیستمی منطقه، سناریو دوم: تولید سیمان پوزولان بدون در نظرگرفتن خدمات اکوسیستمی منطقه، سناریوسوم: تولید سیمان پورتلند با در نظر گرفتن خدمات اکوسیستمی منطقه،سناریو چهارم: تولید سیمان پوزولان با درنظرگرفتن خدمات اکوسیستمی منطقه، مورد پردازش و بررسی قرار گرفتند و این نتیجه به دست آمد که اثرهای مسمومیت انسان سرطانی و غیرسرطانی و مسمومیت آب‌های شیرین و گرمایش کره زمین به ترتیب نمود بیشتری نسبت به دیگر آثار زیست‌محیطی دارند. همچنین مشخص شد که استفاده از خدمات اکوسیستمی در فرایند ارزیابی چرخه حیات باعث دقیق‌تر شدن نتایج ارزیابی چرخه حیات شده و مقداری از آثار زیست‌محیطی را برای نتایج ارزیابی چرخه حیات کارخانه سیمان فراز فیروزکوه کاهش می‌دهد و کارخانه سیمان فراز فیروزکوه با فرایند تولید سیمان پوزولان که در ماده اصلی آن از خاکستر بادی استفاده شده است، آثار زیست‌محیطی کمتری را نسبت به تولید سیمان پورتلند دارد.

کلیدواژه

خدمات اکوسیستمی، صنعت سیمان، نرم‌افزار Sima Pro، LCA، TES_LCA.

۱. سرآغاز

سیمان از صنایع مهم درکشور است که ضمن تولید سیمان مصرفی، جمع کثیری از جوانان را جذب اشتغال می‌کند. با توجه به ذرات گردوغباری که این کارخانه در جریان تولید سیمان برجای می‌گذارد، باعث آلوده شدن هوا، از بین رفتن تدریجی پوشش‌های گیاهی و حیات‌وحش و... می‌شود (حیدری و همکاران، ۱۳۹۵).

کارخانه سیمان دارای چندین مرحله تولید با فناوری‌های مختلفی است که در راستای تولید محصول یعنی سیمان با کیفیت و انواع مختلف اقدام می‌کند. در

* نویسنده مسئول: Email: Maryamrobati1984@gmail.com

تولید این نوع مادهٔ لازم برای ساختمان‌سازی و بسیاری ازکارهای دیگر نظیر راه‌سازی و.... مراحلی طی می‌شود که باعث آلودگی‌هایی نظیر آلودگی هوا توسط گازهایی نظیر SO_2،NO،VOC،CO،CO_2 و آلودگی خاک و آلودگی آب از طریق مصرف آب در این صنعت می‌شود. در کشور ما نیز طی چند سال گذشته نیاز به این مادهٔ پراهمیت، مهندسی بیشتر شده است و این نیاز به تأسیس کارخانه‌های متعددی در سطح کشور انجامید (شکوهیان و همکاران، ۱۳۹۶).

در حال حاضر ارزیابی چرخه حیات(LCA) جزء وسیع‌ترین روش‌های به کار رفته برای ارزیابی و طراحی سیستم‌های پایدار است. این روش گزینه‌هایی را ترجیح می‌دهدکه تأثیرات محیطی کمتری دارند اما این روش ظرفیت حمل طبیعت را برای کنترل این تأثیرات در نظر نمی‌گیرد و حتی ممکن است به گرفتن تصمیماتی بیانجامد که باعث انتخاب کالاها و خدمات اکوسیستم‌های در خطر یا تجزیه شده می‌شود. بنابراین برای به دست آوردن معیارهای پایداری محیطی مطلق، نقش خدمات اکوسیستمی باید به‌طور صریح مشخص شوند و ظرفیت حمل بار اکولوژیکی باید بررسی شود. (Liu & Bakshi, 2018).

۲. پیشینه نظری تحقیق

با توجه به اهمیت و نقش اکوسیستم‌ها در ارزیابی چرخهٔ حیات که به ایجاد فرصت‌هایی می‌انجامد که پایداری را افزایش می‌دهند و با توجه به این که تاکنون پژوهش و مطالعه‌ای در این زمینه در ایران صورت نگرفته است، در این تحقیق می‌خواهیم باشناسایی و حفاظت از اکوسیستم‌ها و خدمات گوناگونی که ارائه می‌دهند، به ایجاد این پایداری کمک کنیم.

در رابطه با کاربرد خدمات اکوسیستمی در ارزیابی چرخه حیات با استفاده از روش TES_LCA پژوهش‌هایی در ایران و جهان صورت گرفته است که در ذیل به چند نمونه از این تحقیقات که ارتباط بیشتری با موضوع مورد نظر دارند، اشاره می‌شود:

Liu و Bakshi (۲۰۱۸) در مطالعهٔ خود بر خدمات اکوسیستمی در ارزیابی چرخهٔ حیات از طریق تشویق همکاری‌های تکنولوژیکی و اکولوژیکی، با گسترش گام‌های LCA برای ترکیب تقاضا و عرضه کالا و خدمات اکوسیستمی در مقیاس‌های فضایی چندگانه، روشی را برای همکاری تکنولوژی و اکولوژی در ارزیابی چرخه حیات (TES_LCA) به کار بردند و دریافتند که با محاسبهٔ شاخص‌های پایداری، محیط‌زیست مطلوبی را فراهم می‌آورند و با شناسایی فرصت‌ها از طریق حفاظت از اکوسیستم‌ها به بهبود چرخه حیات کمک می‌کنند.

همچنین Gopalakrishnan و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهش خود روی ارزیابی ظرفیت اکوسیستم‌های محلی برای رویارویی با تقاضای صنعتی خدمات اکوسیستمی دریافتند که اکثر صنایع ممکن است مقدار زیادی اراضی در اطراف سایت‌های تولید خود داشته باشند اما تنها با شناسایی و محاسبه خدمات اکوسیستمی ارائه شده توسط سیستم‌های زیست‌محیطی، می‌توان تاحدزیادی به جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرد.

Othoniel و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعات خود باعنوان ارزیابی آثار چرخه حیات بر خدمات اکوسیستمی (وعده‌ها، مشکلات و چشم‌انداز)، دریافتند که شیوه‌های فعلی LCIA برای ارزیابی آثار روی خدمات اکوسیستمی به دلیل ناقص بودن مدل‌سازی زنجیره‌های علت و معلولی، مناسب نیستند و ماهیت جریان خدمات اکوسیستمی در نظر گرفته نمی‌شود و مدل‌سازی ES در LCIA توسط چارچوب محاسباتی استاتیک آن محدود شده است و ارزیابی خدمات اکوسیستمی نیز برخی محدودیت‌ها را تجربه می‌کند.

در تحقیق کربن-نیتروژن به‌عنوان سوخت حمل‌ونقل این نتیجه به دست آمد که برای تأمین خدمات اکوسیستمی مانند جایگزینی سوخت‌های زیستی به جای سوخت‌های فسیلی باید ظرفیت اکوسیستم‌ها مورد توجه قرار بگیرد (Liu & Bakshi, 2018).

Danielle Maia و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی که روی خدمات اکوسیستمی در ارزیابی چرخه حیات (توصیه‌هایی برای سوخت‌های زیستی) انجام دادند، دریافتند که با وجود روند افزایشی در ترویج استفاده از سوخت‌های زیستی برای حمل‌ونقل به‌عنوان منبع انرژی کربن کم فسیل، دانش کمی دربارهٔ آثار زیست‌محیطی چند بعدی آن‌ها وجود دارد. رویکردهایی مانند ارزیابی چرخهٔ حیات به طور گسترده‌ای برای تجزیه‌وتحلیل عملکردهای زیست‌محیطی مختلف سوخت‌های فسیلی استفاده شده‌اند. این تحقیق برای غلبه بر این چالش که سوخت‌های زیستی چه تأثیری بر اکوسیستم‌ها و خدمات ارائه شده آن‌ها دارند، توصیه‌هایی را برای بهبود کلی خدمات اکوسیستمی در ارزیابی چرخه حیات با تمرکز بر سوخت‌های زیستی ارائه می‌کند.

در پژوهشی باعنوان خدمات اکوسیستمی در ارزیابی چرخه حیات-قسمت ۲ (سازگاری با اطلاعات منطقه‌ای و خدماتی) این نتیجه به دست آمد که ارزیابی چرخه حیات (LCA) به دلیل تنوع فضایی در بهره‌وری از فرایند سیستم‌های تکنولوژیکی و وضعیت فعلی سیستم‌های زیست‌محیطی در میان متخصصان LCA بیشتر مورد توجه است. با این حال نقش خدمات اکوسیستمی(ES)[1] در حمایت از فعالیت‌های فناوری هنوز نادیده گرفته شده است. همکاری تکنولوژیکی-زیست‌محیطی در ارزیابی چرخهٔ حیات (TES_LCA) روشی است که تعاملات بین و درون سیستم‌های فنی و زیست‌محیطی را در طول چرخهٔ حیات محصول به دست می‌دهد که در این تحقیق از آن استفاده شده است. این پژوهش برای تسهیل پذیرش چارچوب محاسباتی پایه در قسمت ۱ ارائه شده است که شامل تکنولوژی‌ها و اکوسیستم‌ها به صورت یکپارچه است. ساختار محاسباتی TES_LCA برای تغییر تنوع در سیستم‌های تکنولوژیکی-زیست‌محیطی در قسمت ۲ اصلاح شده است که این ساختار محاسباتی توسعه یافته باید در نرم‌افزار LCA با عملکردهای مدیریت اطلاعات جغرافیایی اجرا شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که اطلاعات منطقه‌ای دربارهٔ میزان تقاضا و عرضه در نسخه‌های آینده پایگاه موجودی چرخه حیات قرار گیرد (Liu & Bakshi, 2018).

علی اکبری (۱۳۹۷) در بررسی خود بر اهمیت خدمات اکوسیستمی با رویکرد توسعه پایدار با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی و با طرح ضرورت خدمات اکوسیستمی، مهم‌ترین خدمات موجود در این رابطه را معرفی می‌کند که شامل خدمات تدارکی، خدمات تنظیمی، خدمات فرهنگی و خدمات حمایتی می‌شود و از این طریق رهیافتی مناسب برای توسعهٔ پایدار ارائه می‌دهد و در نهایت چنین نتیجه‌گیری کرد که ارزش‌گذاری تولیدات و خدمات اکوسیستمی عرصه‌ای است که در فضای کنونی مدیریت سیاسی و اقتصادی جهان، به‌خصوص آنجا که با نگرانی‌های محیط زیستی تلاقی می‌یابند، با اقبال فزاینده‌ای روبه‌رو شده است.عبادی قاجاری(۱۳۹۷) نیز در بررسی جایگاه خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی کاربری زمین، ضمن تعریف مفاهیم مرتبط، روش‌های قابل استفاده برای هماهنگ‌سازی خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی کاربری زمین را معرفی می‌کند. سپس با ارائه نمونه‌های مطالعاتی در چین، هاوایی وبریتانیا با استفاده از خدمات اکوسیستم به برنامه‌ریزی کاربری زمین پرداخته است و درنهایت اصولی برای یکپارچه‌سازی خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی کاربری زمین ارائه داده است.

موسی‌زاده و بادام فیروز (۱۳۹۷) نیز در تحقیق ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی به‌منظور حفاظت و احیاء تالاب‌های ساحلی (مطالعه موردی: تالاب انزلی)، به‌منظور ارزیابی خدمات اکوسیستمی از روش انتقال منفعت استفاده کردند و مجموع ارزش اقتصادی خدمت اکوسیستمی در محدوده تالاب را در سال ۱۳۹۵ معادل ۳۸۳۱۷۸۳۹ میلیون ریال تخمین زدند و به عبارتی مجموع ارزش‌های هر هکتار را ۲۰۰۴ میلیون ریال برآورد کردند.

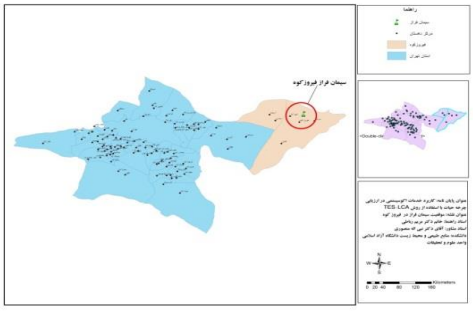
در پژوهشی دیگر با نام ارزیابی چرخه حیات در بوم نظام‌های تولید چغندرقند در دشت میامی (شاهرود)، روش

LCA بر اساس روش ارائـه شـده در ISO14044 محاسـبه شد. گروه‌های تأثیر شامل گرمایش جهانی، اسیدی شـدن و تخلیه منابع آبی بودند. نتایج نشان داد که به ازای تولید یک تن محصول ۳۳/۲۶ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن به محـیط وارد می‌شـود کـه درگرمـایش جهـانی مـؤثر هسـتند. همچنـین پتانسیل اسیدی کردن محیط برای تولید یک تن چغندرقنـد برابر ۴۲/ معادل کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد بوده کـه در اثـر احتراق سوخت‌های فسیلی و مصرف کودهای نیتروژنه بـه محیط منتشر می‌شوند. دربـارهٔ شـاخص زیسـت‌محیطـی و شـاخص تخلیـه منـابع آبـی نیـز بـه ازای تولیـد یـک تـن چغندرقند به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۱ به دسـت آمـد (حجتـی و همکاران، ۱۳۹۷).

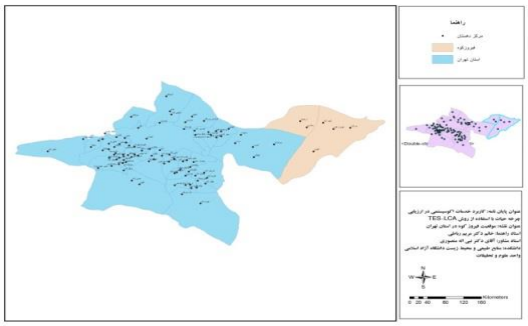
۳. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

فیروزکـوه یکـی از شـهرهای اسـتان تهـران در فاصـله ۵۵کیلومتری شرق دماونـد در طـول جغرافیـایی ۵۲ درجـه و۵۰دقیقه و عرض جغرافیـایی ۳۵درجـه و۵۵ دقیقـه واقـع شده اسـت. فیروزکـوه در اقلـیم سـرد و کوهسـتانی دامنـه ارتفاعات روی رسوبات آبرفتی دوران چهارم و تشـکیلات زمین‌شناسی قرارگرفته اسـت. ارتفـاع متوسـط آن از سـطح دریا ۱۹۵۰ متر است. این شهر در حوزهٔ دشـت کـویر زیـر حوزه رودخانه حبله واقع شده است (پروژه مطالعـه جـامع محیط‌زیست کشور).

شـهرک صـنعتی فیروزکـوه، درکنـار جـاده دماونـد–فیروزکوه و در نزدیکی شهر فیروزکـوه مسـتقر اسـت. ایـن شهرک شامل دو فاز است که فاز نخسـت آن بـه مسـاحت ۲۸ هکتار است که حدود۹۲ درصد پیشرفت فیزیکی داشـته است.آب شهرک از طریق چـاه تـأمین و حـدود ۵مگـاوات برق دارد (پروژه مطالعه جامع محیط‌زیست کشور).



نقشه ۱. موقعیت کارخانه سیمان فراز در شهرستان فیروزکوه



نقشه۲. موقعیت جغرافیایی شهرستان فیروزکوه در استان تهران

روش کار

نخست مطالعـه کلیـات و پیشـینه تحقیـق بـه صـورت کتابخانه‌ای و مراجعه بـه سـایت‌هـای علمـی تخصصـی و مقاله‌های چاپ شده برای بررسی کلیات موضوع و مفـاهیم مـورد نیـاز انجـام مـی‌شـود. رویکـرد حـاکم بـر فضـای تحقیق،کاربردی است. سپس شناسایی منطقهٔ مـورد مطالعـه از طریق مشاهده و بررسـی آن از دیـدگاه ارزیـابی چرخـهٔ حیات در محل کارخانه سـیمان فیروزکـوه و اجـرای مـدل TES-LCA برای بررسی و ارزیابی چرخه حیـات صـورت مـی‌پـذیرد. در همـین راسـتا، ایـن پـژوهش بـه شناسـایی اکوسیسـتم‌هـا و خـدمات اکوسیسـتمی و نقـش آن‌هـا در ارزیابی چرخه حیات و بررسـی معیارهـای پایـداری بـرای ایجاد پایداری زیست‌محیطی مطلق می‌پردازد و سعی بر آن دارد تا برنامـه‌ریـزان و سـرمایه‌گـذاران اقتصـادی را بـرای هدفمند بودن برنامه‌ها مسـاعدت نمایـد. همچنـین در ایـن تحقیق از نرم‌افزار Sima Pro استفاده می‌شود.

۴. روش TES_LCA

این روش می‌توانـد پایـداری زیسـت‌محیطـی مطلـق را بـا

اندازه‌گیری و مقایسه میزان عرضه و تقاضا فراهم کند که توسط باکشی و همکارانش در سال ۲۰۱۵ به‌عنوان روشی برای تأمین خدمات اکوسیستمی مورد نیاز سیستم‌های تکنولوژیکی از اکوسیستم‌های موجود در مقیاس فضایی انتخاب شده مطرح شد(Liu & et al., 2018).

روش TES_LCA با اصلاح روش LCA مرسوم توسعه یافته است که شامل نقش اکوسیستم و خدمات اکوسیستمی و همچنین وابستگی متقابل بین سیستم‌های تکنولوژیکی و زیست‌محیطی است.این روش به شناسایی فرصت‌ها برای ارتقا یک چرخه حیات نه تنها با کاهش آثار بلکه با ذخیره و حفاظت از اکوسیستم‌ها کمک می‌کند. این مدل شامل ۴ مرحله به شرح زیر است:

۱. تعریف هدف و دامنه مطالعاتی ۲. تجزیه‌وتحلیل فهرست موجودی ۳. ارزیابی آثار ۴. تجزیه‌وتحلیل و تفسیر (Liu & et al., 2018).

مرحله اول:تعریف هدف و دامنه مطالعاتی

هدف:

هدف از انجام این روش (۱) ارزیابی آثار چرخه حیات و ظرفیت اکوسیستم‌های مربوطه برای کاهش این آثار و (۲) مشخص کردن فرصت‌های بهبود با وجود تغییرات تکنولوژیکی و اکولوژیکی است. شناسایی فرصت‌های بهبود از طریق سیستم‌های اکولوژیکی یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد روش TES_LCA است (Liu & et al., 2018).

محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی سیستم‌های تکنولوژیکی

فعالیت‌های تکنولوژیکی ممکن است در سطوح متفاوتی از تجمع مدل‌سازی شوند که می‌تواند در دامنه‌ای از فعالیت‌های فردی در مقیاس تجهیزات تا یک بخش اقتصادی متراکم در مقیاس اقتصادی باشد که اطلاعات آن از طریق مجموعه‌ای از داده‌های اولیه در دسترس به دست می‌آید و این داده‌ها را می‌توان با گرفتن میانگین از داده‌های تکنولوژی‌های مشابه در منطقهٔ جغرافیایی خاص به دست آورد و برای درستی کار باید بیشتر فعالیت‌ها را در مقیاس تجهیزات کامل در نظر بگیریم.اگر کوچک‌ترین فعالیت تکنولوژی شامل فرایندهای تولیدی باشد، سپس کوچک‌ترین مقیاس زیست‌محیطی می‌تواند محل کارخانه یا شرکت‌های بزرگ باشد (Bakshi & et al., 2015).

محدودهٔ مطالعاتی سیستم‌های اکولوژیکی

برخلاف LCA رایج، روشTES_LCA به‌وضوح شامل اهداف و شناسایی خدمات اکوسیستمی است و به این ترتیب تعاملات درونی و بین سیستم‌های تکنولوژیکی و اکولوژیکی به طور واضح‌تری نمایان می‌شوند که ارزیابی پایداری زیست‌محیطی مطلق و شناخت تفاوت منطقه‌ای را باتوجه به هر ES موردنظر ممکن می‌سازد. این گام نیاز به اطلاعاتی دربارهٔ اکوسیستم‌هایی دارد که در آن‌ها سیستم‌های تکنولوژیکی مورد نظر قرار دارند. هر فعالیت تکنولوژیکی دریک اکوسیستم محلی قرار می‌گیرد که این اکوسیستم محلی ممکن است باتوجه به ویژگی‌های کلی زمین در حوزه فعالیت مورد نظر تخمین زده شود. برای مثال، تولید برق از نیروگاه‌های برق با سوخت زغال‌سنگ به میزان بالایی از آب برای خنک کردن نیاز دارد و لذا این احتمال وجود دارد که این تسهیلات نزدیک به منابع آب واقع شده باشند. بیوسفر جهانی، بزرگ‌ترین مقیاس اکولوژیکی است (Liu & et al., 2018)

محدودهٔ مطالعاتی خدمات اکوسیستمی

در این بخش بزرگترین مقیاس اکوسیستمی در نظر گرفته می‌شود که برای ارزیابی خدمات اکوسیستمی مد نظر مورد نیاز است. برای مثال، به خاطر جریان جهانی CO_2، خدمات اکوسیستمی (ES) تجزیه کربن فراهم شده توسط هر قسمت از دنیا می‌تواند به طور بالقوه نیاز این خدمت را در هر جای دیگر برآورده کند، ازاین‌رو بزرگترین مقیاس اکولوژیکی برای ارزیابی خدمات اکوسیستمی تجزیه کربن مقیاس جهانی است. برعکس، آلاینده‌های دیگر هوا مانند

SO_2 و NO_x فقط توسط اکوسیستم‌های موجود در محدوده جغرافیایی محدودتر قابل انتقال و تنظیم هستند. بدین ترتیب بزرگترین مقیاس برای ارزیابی خدمات اکوسیستمی تنظیم کیفیت هوا مقیاس منطقه‌ای است. باتوجه به این که ES تولید شده در یک سیستم می‌تواند در سیستم دیگر هم سودمند باشد، این تخمین می‌تواند در نبود اطلاعات مکانی در مقیاس‌های کوچکتر استفاده شود(Liu & et al., 2018)

مرحله دوم:تجزیه‌وتحلیل فهرست موجودی

فهرست سیستم‌های تکنولوژیکی

در این مرحله LCI رایج سیستم‌های تکنولوژیکی را می‌توان به‌عنوان تقاضا برای خدمات اکوسیستمی(ES) در نظر گرفت که نشان دهندهٔ میزان کلی مقدار ES مورد نیاز است. برای مثال مقدار CO_2 انتشار یافته و میزان آب به کار رفته نیاز به تجزیه کربن و خدمات نظارت بر آب را نشان می‌دهند. این اطلاعات ممکن است از منابعی مانند مدل‌های مهندسی کامل و مجموعه داده‌های LCA به دست آید. فهرست سیستم‌های تکنولوژیکی شامل همه جریان‌های مرتبط با واحد عملکردی است، صرف‌نظر از مقیاسی که در آن فعالیت‌های تکنولوژیکی مدل‌سازی می‌شود (Liu & et al., 2018).

فهرست سیستم‌های اکولوژیکی (زیست‌محیطی)

مدل‌ها و مجموعه داده‌های به کار رفته برای LCA رایج حاوی اطلاعاتی درباره کالاها و خدمات اکوسیستمی نیست. این فهرست توانایی اکوسیستم‌ها برای فراهم کردن خدمات اکوسیستمی موردنیاز را نشان می‌دهد که به‌عنوان عرضه خدمات اکوسیستمی استفاده می‌شود. برای مثال، گیاهان سبز خدمات اکوسیستمی تجزیه کربن را با گرفتن دی‌اکسیدکربن اتمسفر و تجزیه آن به ماده ارگانیک از طریق فتوسنتز تأمین می‌کنند. اطلاعات درباره تأمین خدمات اکوسیستمی (ES) می‌تواند از مدل‌های اکولوژیکی مانند INVEST، EPIC، i_Three،DNDC، CENTURY، APEX و مدل‌های دیگر مانندSWAT و HEC برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی و داده‌های سنجش از دور از منابعی مانند National Land Cover Database و Enviro Atlas به دست آید. همچنین از نرم‌افزار INVEST که شامل مجموعه‌ای از مدل‌ها است، برای برآورد عرضه خدمات اکوسیستمی در مناطق بزرگ استفاده می‌شود.

National Land Cover Database یک برنامه طبقه‌بندی زمین است که اطلاعات مربوط به پوشش زمین تا یک قطعه فضایی حدود۳۰متر شامل روند تغییرات پوشش زمین را فراهم می‌کند و برای اندازه‌گیری نوع پوشش زمین استفاده می‌شود (Liu & et al., 2018).

تخصیص خدمات اکوسیستمی

وقتی یک ES توسط چندین کاربر مورد نیاز است، عرضه آن نیاز به تقسیم بین کاربرها دارد و تخصیص خدمات اکوسیستمی با توجه به عواملی مانند جمعیت یا میزان نیاز صورت می‌گیرد. درحالی که اجتناب از تخصیص فقط عرضه و تقاضای کلی یک ES در سیستم را در نظر می‌گیرد. حق استفاده از خدمات اکوسیستمی به صورت مالکیت خصوصی و مالکیت عمومی تعریف می‌شود. این مرحله به محاسبه کل تقاضای خدمات اکوسیستمی در مقیاس اکولوژیکی انتخاب شده و نه فقط برای سیستم‌های مورد استفاده، نیاز دارد (Liu & et al., 2018).

۱. مالکیت خصوصی به این معنی است که صاحبان زمین حق استفاده از خدمات اکوسیستمی که از زمین آن‌ها تولید می‌شود را دارند و صاحب آن هستند. برای محاسبه عرضه ES تحت مالکیت خصوصی، اطلاعات مالکیت زمین در سیستم مورد نیاز است.

۲. مالکیت عمومی به این معنی است که خدمات اکوسیستمی تولید شده از کل زمین متعلق به هر فعالیتی در سیستم صرف نظر از مالکیت آن‌ها است. این روش تمام عرضه ES از اکوسیستم را بر اساس ویژگی‌های انتخابی کاربران در نظر می‌گیرد. برای مثال اگر چندین کاربر که در

زمین عمومی قرار دارند نیاز به خدمات اکوسیستمی تسریع کربن داشته باشند، این خدمات باید بین فعالیت‌هایی که CO_2 تولید می‌کنند تقسیم شود.

نمایش عملی از این طرح‌های تخصیص عبارت‌اند از: سیستم‌های کاپیتالیست وسوسیالیست. در کشورهای سوسیالیست، انسان‌ها معمولاً مجاز به داشتن ملک نیستند و در آن مالکیت خدمات اکوسیستمی دولت بیشتر نمایان است. از طرف دیگر در کشورهای کاپیتالیست، انسان‌ها مجاز به داشتن ملک هستند و بدین ترتیب مالکیت خصوصی خدمات اکوسیستمی مد نظر قرار می‌گیرد (Liu & et al., 2018).

در طبقه‌بندی پیشنهادی ارزیابی اکوسیستم هزاره (۲۰۰۵)، اکوسیستم‌ها از منظر خدماتی که برای جامعه فراهم می‌سازند، دیده می‌شوند و خدمات اکوسیستمی منافعی هستند که افراد از اکوسیستم به دست می‌آورند. این تعریف تمامی منافع ملموس و ناملموسی که افراد از اکوسیستم به دست می‌آورند را خدمات در نظر گرفته است و برای اهداف عملیاتی، خدمات اکوسیستم را در راستای مسیر کاربردی به چهار طبقه خدمات فراهم‌سازی، حمایتی، تنظیمی و فرهنگی تقسیم کرده‌اند (برزعلی، ۱۳۹۷).

۱. خدمات فراهم‌سازی(تأمینی[۲])

فرایندهایی هستند که تولیدات گیاهی و حیوانی را آماده می‌کنند. بسیاری از تولیدات به طور مستقیم مصرف می‌شوند و معمولاً برای آن‌ها بازار وجود دارد. این خدمات شامل کالاهای قابل لمس مانند غذا، آب، سوخت، فیبر و منابع ژنتیکی هستند که به طور مستقیم از اکوسیستم به دست می‌آیند. به دلیل استفاده مستقیم بیشتر آن‌ها ارزش بازاری دارند و دادوستد می‌شوند (برزعلی، ۱۳۹۷).

در مطالعه حاضر گازهای خروجی CO و NO_2 کارخانه سیمان فراز فیروزکوه که توسط پوشش گیاهی منطقه جذب می‌شوند، نقش تأمینی داشته و به عنوان خدمات تأمین کننده معرفی می‌شوند.

۲. خدمات تنظیمی[۳]

مانند تصفیه آب، حفاظت خاک در مقابل فرسایش، تنظیم آشفتگی‌ها (سیل، خشکی، آتش) و بیماری‌هایی که به عملکرد اکوسیستم وابسته هستند و در تنظیم فرایندهای ضروری اکولوژیکی و سیستم‌های حمایتی زندگی سهم دارند (برزعلی، ۱۳۹۷) که در این پژوهش گاز خروجی SO_2 کارخانه سیمان فراز فیروزکوه که توسط پوشش گیاهی منطقه جذب می‌شود، به‌عنوان خدمات تنظیم‌کننده شناخته می‌شود.

۳. خدمات فرهنگی[۴]

مزایای غیرمادی هستند که اکوسیستم‌ها از طریق رشد معنوی، افزایش شناخت و تأمل، تفریح و سرگرمی و تجربه زیبایی‌شناسی برای انسان‌ها فراهم می‌کنند. مانند: تنوع فرهنگی، تفریح و اکوتوریسم، اطلاعات تاریخی ومذهبی (برزعلی، ۱۳۹۷).

این تحقیق به دلیل نبود ارزش‌های زیبایی شناختی، تفریح وسرگرمی یا اطلاعات تاریخی و مذهبی فاقد خدمات اکوسیستمی فرهنگی است.

۴. خدمات حمایتی[۵]

خدماتی ضروری برای تولید سایر خدمات اکوسیستم هستند، مانند تشکیل خاک و چرخه مواد.

تفاوت آن‌ها با دیگر خدمات فراهم‌سازی، تنظیمی و فرهنگی در این است که تأثیر این خدمات بر انسان‌ها به صورت غیرمستقیم است یا مدت زمان زیادی لازم است تا تأثیر آن‌ها مشخص شود. درصورتی که تأثیر ۳دسته دیگر خدمات به صورت مستقیم و در مدت زمانی کوتاه برای انسان‌ها قابل لمس است(برزعلی، ۱۳۹۷).

در این پروژه گازهای خروجی O_3 و NO_2 کارخانه سیمان فراز فیروزکوه که توسط پوشش گیاهی منطقه جذب می‌شوند، به‌عنوان خدمات اکوسیستمی حمایت‌کننده معرفی می‌شوند.

باتوجه به نتایج به دست آمده برای سناریوهای اول و دوم، به نظر می‌رسد میزان کربن ذخیره شده در کاربری‌ها باگذشت زمان، به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. همچنین با مشاهده نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که این نرم‌افزار تنها میزان کربن ذخیره شده در کاربری‌ها را محاسبه می‌کند و قادر به محاسبه میزان جذب آلاینده‌ها توسط کاربری‌ها نیست و هیچ ماژولی برای محاسبه میزان جذب انتشار آلاینده‌ها در آن تعریف نشده است.

مرحله سوم: ارزیابی آثار

معیارهای پایداری تکنولوژیکی-اکولوژیکی(محیطی)

باعرضه و تقاضای اندازه‌گیری شده و تخصیص یافته، معیارهای پایداری TES محاسبه می‌شود:

$$V_k=\frac{S_k-D_k}{D_k} \qquad (۴)$$

که در آن S_k و D_k به ترتیب عرضه و تقاضای k ES ام هستند.این معیار میزانی را نشان می‌دهدکه برای آن فعالیت تکنولوژیکی در محدوده ظرفیت حمل اکوسیستم مربوطه است و می‌توان برای هریک از مقیاس‌های مطرح شده در مرحله اول برای محاسبه معیار پایداری از آن استفاده کرد(Liu & Bakshi, 2018).

معیار پایداری تکنو-اکولوژیکی برای هر سیستم تکنولوژیکی I.....,i=1 در هر مقیاس اکولوژیکی J.....,j=1 برای هر خدمات اکوسیستمی K.....,k=1 به صورت زیر تعریف می‌شود: (Bakshi & et al.,2015)

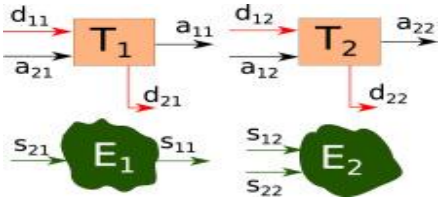
$$V_{i,j,k}=\frac{S_{i,j,k}-D_{i,j,k}}{D_{i,j,k}} \qquad (۵)$$

پایداری زیست‌محیطی مطلق برای k ES ام در مقیاس سرویس موردنظر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V_k^* \geq 0 \qquad (۶)$$

پایداری مطلق نیاز به برآورده کردن این شرط در سرویس‌های مورد نظر برای هر ES دارد. شاخص پایداری مثبت نشان می‌دهد که خدمات موردنیاز سایت‌ها درظرفیت اکوسیستم‌های محلی برای عرضه آن‌ها قرار دارد. لذا، عدم پایداری در بعضی از سرویس‌ها به خاطر اندازه‌گیری نادیده گرفته می‌شود که این مشکل با محاسبه معیارها برای هر جزء حل می‌شود ولی به داده‌های بیشتری نیاز دارد. اگر مقدار معادله (۶) منفی باشد، میزان تقاضا از عرضه تجاوز می‌کند و این شرایط برای توسعه پایدار مطلوب نیست و به این معنی است که خدمات اکوسیستمی با نرخی سریع‌تر از حالت معمول استفاده می‌شود و میزان فعالیت انسانی بسیار بیشتر از ظرفیت احیا طبیعت است. چنین وضعیتی معمولاً باعث بروز نشانه‌هایی از قبیل تخلیه آب‌های زیرزمینی و منابع فسیلی و انباشت CO_2 در جو می‌شود (Liu & Bakshi, 2018).

مرحله چهارم: تجزیه و تحلیل و تفسیر



شکل ۱. جریان‌های درنظرگرفته شده در سینرژی تکنو-اکولوژی در مقیاس انتخاب شده

(لئو و همکاران، ۲۰۱۸)

دستورالعمل برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای از فرایندهای صنعتی طبق وزارت صنعت، معدن و تجارت در سال ۱۳۹۴:

- برآورد تولید کلینکر با استفاده از داده‌های تولید سیمان

در این روش با کمک یک ضریب انتشار میزان O_2 منتشره از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۷)

$$CO_2emission=[\sum_i(M_{ci}*C_{cli})-Im+Ex]*EF_{clc}$$

CO_2 emission= انتشار CO_2 ناشی از تولید سیمان (تن)

M_{ci}= وزن سیمان تولیدی از نوع i (تن)

C_{cli}= نسبت کلینکر سیمان نوع i

Im= واردات کلینکر (تن)

Ex= صادرات کلینکر (تن)

EF_{clc}= ضریب انتشار کلینکر در سیمان خاص (تن CO_2 برتن کلینکر)

انجام کار در نرم‌افزار سیماپرو

سناریو ۱

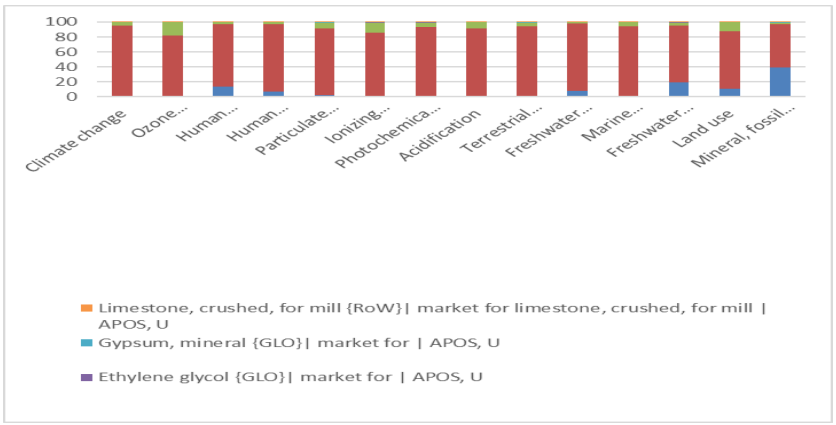
در جدول ۱ ورودی‌های مواد و انرژی لازم برای تولید یک کیلوگرم سیمان پورتلند قابل مشاهده است. این اطلاعات از پایگاه داده اکوینونت و نرم‌افزار سیماپرو استخراج شده است. این اطلاعات وارد نرم‌افزار سیماپرو شده است تا ارزیابی آثار زیست‌محیطی انجام پذیرد. ارزیابی آثار برای ۱/۱ میلیون تن سیمان پورتلند انجام شده است.

شکل ۲، درصد تأثیر هر ورودی یا خروجی در اثر زیست‌محیطی را نشان می‌دهد. همچنین مقادیر کمی شده هر اثر زیست‌محیطی را در مرحله مشخصه سازی[۶] نشان می‌دهد.

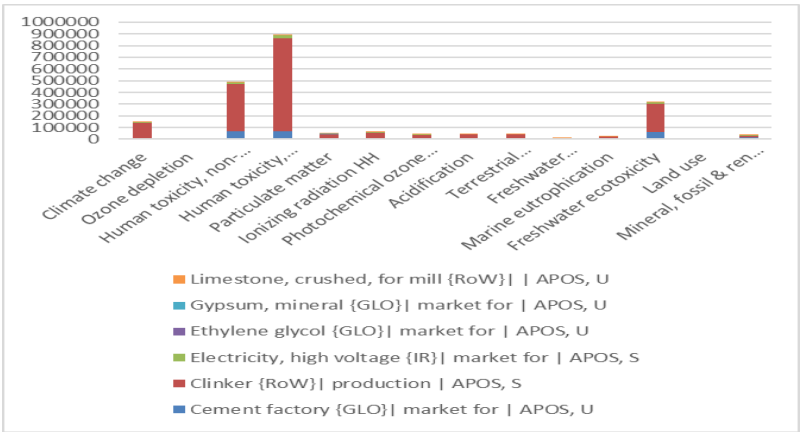
مرحله نرمال کردن امکان مقایسه بین آثار زیست‌محیطی را فراهم می‌کند. این امکان با بی بعد کردن همه آثار زیست‌محیطی فراهم می‌شود.

جدول ۱. ورودی‌های مواد و انرژی برای تولید یک کیلوگرم سیمان پورتلند

ورودی	واحد	مقدار
کلینکر (clinker)	کیلوگرم	۰/۹۰۳
برق	کیلووات ساعت	۰/۰۵۵۸
اتیلن گلیکول (ethylene glycol)	گرم	۰/۱۹
سنگ گچ (gypsum)	گرم	۴۷/۵
سنگ آهک (lime stone)	گرم	۵۰



شکل ۲. درصد تأثیر هر ورودی بر هر اثر زیست‌محیطی در مرحله مشخصه سازی



شکل ۳. مرحله نرمال کردن ارزیابی چرخه حیات تولید سیمان پورتلند در یک سال

سناریو ۲

ورودی‌ها مواد و انرژی لازم برای تولید یک کیلوگرم سیمان پوزولان است. در این تحقیق درصد خاکستر بادی[۷] برای سیمان پوزولان بین ۱۵ تا ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است. این اطلاعات از پایگاه داده اکوینونت و نرم‌افزار سیماپرو استخراج شده است. این اطلاعات وارد نرم‌افزار سیماپرو شده است تا ارزیابی آثار زیست‌محیطی انجام پذیرد. ارزیابی آثار برای ۱/۱ میلیون تن سیمان پوزولان (ظرفیت تولید یک سال کارخانه فراز فیروزکوه) انجام شده است.

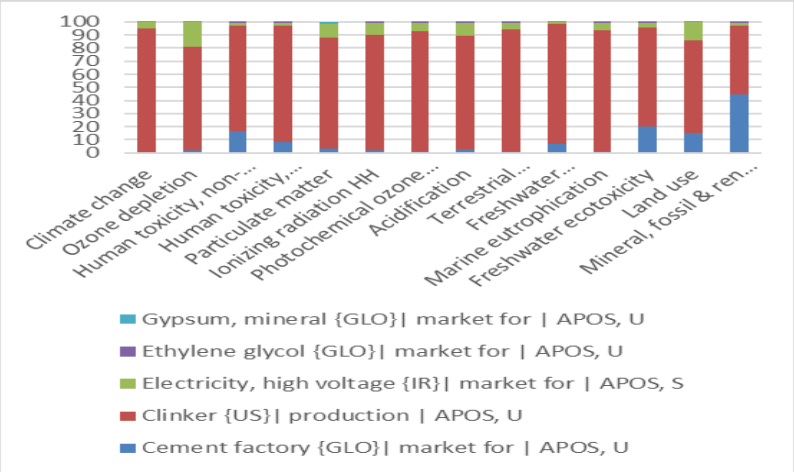
شکل ۴، درصد تأثیر هر ورودی یا خروجی در اثر زیست‌محیطی را نشان می‌دهد و نیز مقادیر کمی شده هر اثر زیست‌محیطی را در مرحله مشخصه‌سازی نشان می‌دهد.

سناریو ۳

ورودی‌ها و خروجی‌ها برای سناریو ۳ همان ورودی‌ها و خروجی‌ها برای سناریو ۱ هستند به‌علاوه خدمات اکوسیستمی منطقه‌ای که کارخانه سیمان فراز فیروزکوه در آن مستقر است. در این بخش خدمات اکوسیستمی منطقه توسط مقاله‌های بین‌المللی جدول ۳ بررسی شده‌اند.

جدول ۲. ورودی‌های مواد و انرژی برای تولید یک کیلوگرم سیمان پوزولان (با ۱۵ تا ۴۰ درصد خاکستر بادی)

ورودی	واحد	مقدار
کلینکر (clinker)	کیلوگرم	۰/۶۹
برق	کیلووات ساعت	۰/۰۴۷۵
اتیلن گلیکول (ethylene glycol)	گرم	۰/۳۱
سنگ گچ (gypsum)	گرم	۳۶/۲
خاکستر بادی (fly ash)	درصد	۱۵ تا ۴۰

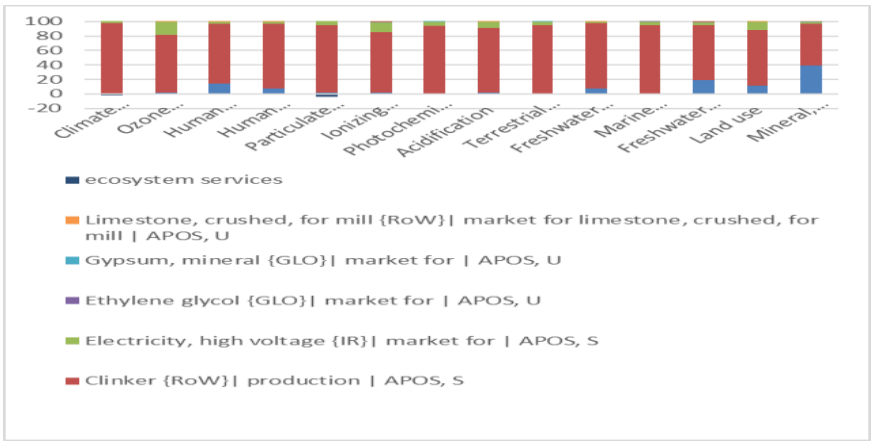


شکل ۴. درصد تأثیر هر ورودی بر هر اثر زیست‌محیطی در مرحله مشخصه سازی برای تولید سیمان پوزولان

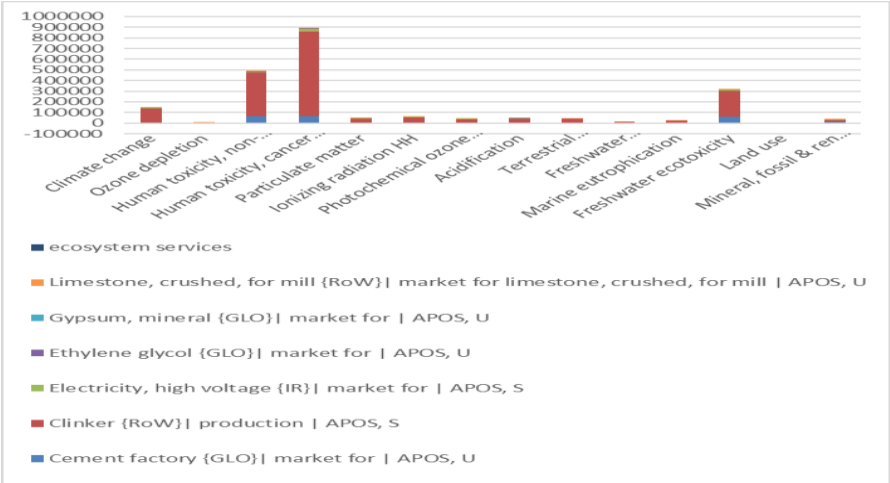
جدول۳. خدمات اکوسیستمی حذف آلاینده‌ها توسط فضای سبز

آلاینده	واحد	مقدار
CO	گرم بر مترمربع	۰/۰۸
NO2	گرم بر مترمربع	۰/۹۲
O3	گرم بر مترمربع	۳/۷۳
PM10	گرم بر مترمربع	۰/۷۹
PM2.5	گرم بر مترمربع	۰/۳
SO2	گرم بر مترمربع	۰/۰۷

(سلمی و همکاران، ۲۰۱۶)



شکل ۵. درصد تأثیر هر ورودی و خدمات اکوسیستم در مرحله مشخصه سازی سناریو ۳



شکل ۶. مرحله نرمال کردن ارزیابی چرخه حیات تولید سیمان پورتلند به‌علاوه خدمات اکوسیستمی در یک سال

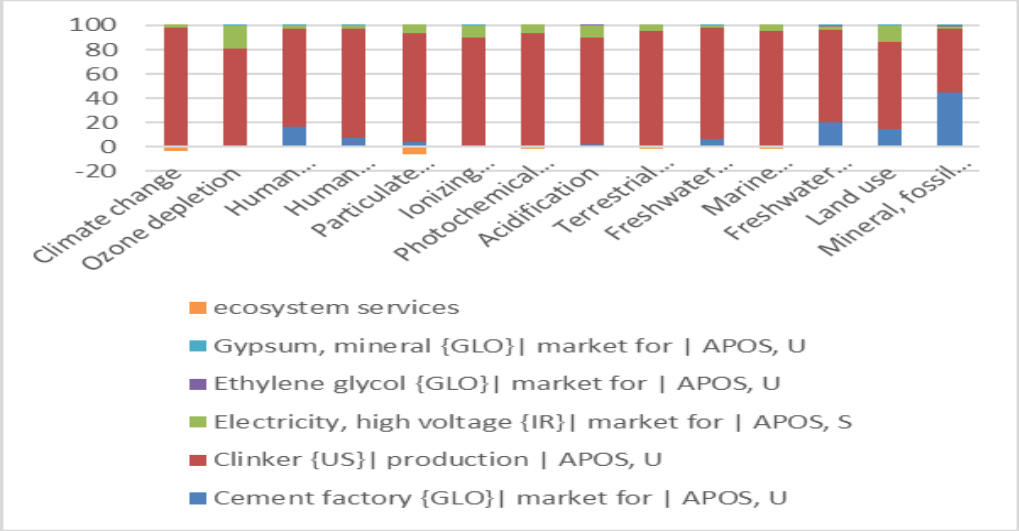
جدول۴. خدمات اکوسیستمی حذف آلاینده‌ها توسط فضای سبز

آلاینده	واحد	مقدار
CO	گرم بر مترمربع	۰/۰۸
NO2	گرم بر مترمربع	۰/۹۲
O3	گرم بر مترمربع	۳/۷۳
PM10	گرم بر مترمربع	۰/۷۹
PM2.5	گرم بر مترمربع	۰/۳
SO2	گرم بر مترمربع	۰/۰۷

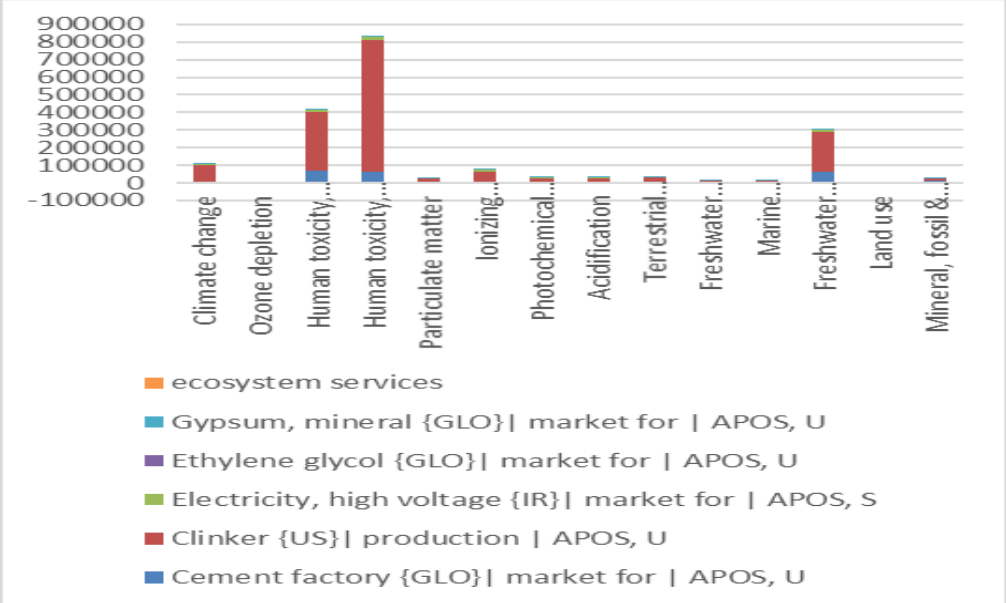
(سلمی و همکاران، ۲۰۱۶)

سناریو ۴

ورودی‌ها و خروجی‌ها برای سناریو ۴ همان ورودی‌ها و خروجی‌ها برای سناریو ۲ هستند به‌علاوه خدمات اکوسیستمی منطقه‌ای که کارخانه سیمان فراز فیروزکوه در آن مستقر است. در این بخش همانند سناریو۳ خدمات اکوسیستمی توسط مقاله‌های بین‌المللی بررسی شده‌اند.



شکل ۷. درصد تأثیر هر ورودی و خدمات اکوسیستم در مرحله مشخصه سازی سناریو ۴

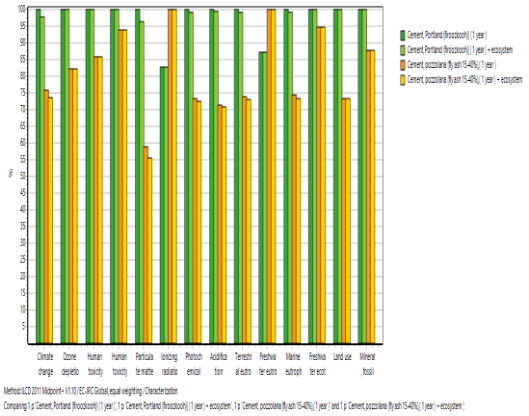


شکل ۸. مرحله نرمال کردن ارزیابی چرخه حیات تولید سیمان پوزولان به‌علاوه خدمات اکوسیستمی در یک سال

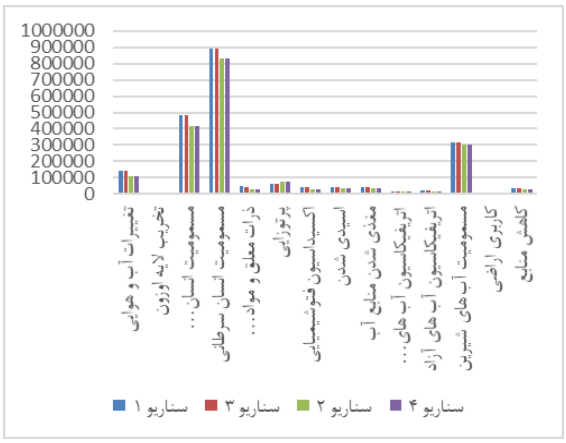
مقایسه نتایج سناریوهای یک تا چهار

در این بخش نتایج ۴ سناریو مورد مقایسه قرار گرفته است. با انجام این مقایسه میزان انتشار آلاینده و ایجاد آثار زیست‌محیطی برای تولید سیمان پورتلند و پوزولان و همچنین میزان تأثیر خدمات اکوسیستم منطقه روی ارزیابی چرخه حیات تولید سیمان بررسی شود.

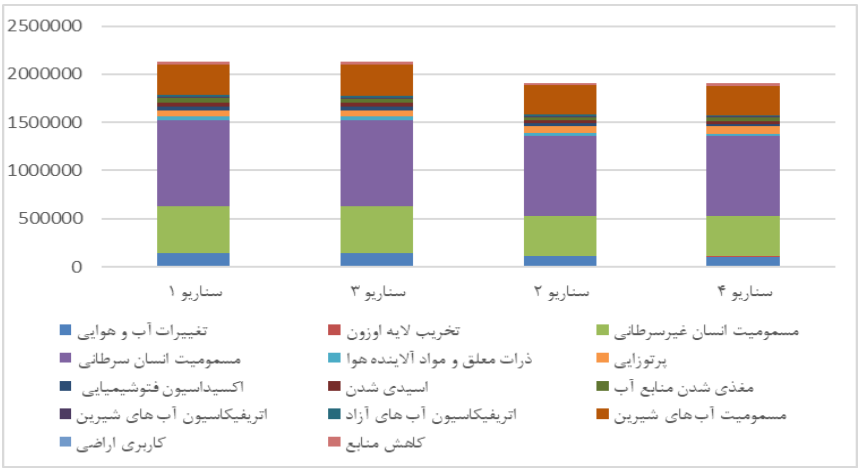
در شکل ۹ مقایسه ۴ سناریو در مرحله مشخصه سازی را مشاهده می‌کنید. در اکثر آثار زیست‌محیطی سناریو ۱ که تولید سیمان پورتلند است اثر بیشتری به محیط‌زیست داشته است. در هر دو سناریو (سناریوهای ۳ و ۴) که خدمات اکوسیستمی در نظر گرفته شده است، کمی تأثیر در کاهش آثار زیست‌محیطی نسبت به سناریوهایی که خدمات اکوسیستمی در نظر گرفته نشده دیده می‌شود.



شکل ۹. مقایسه ۴ سناریو در مرحله مشخصه سازی



شکل ۱۰. مقایسه ۴ سناریو در مرحله نرمال‌سازی



شکل ۱۱. مقایسه سناریوهای ارزیابی چرخه حیات کارخانه سیمان فراز فیروزکوه

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، ۴ سناریو به صورت کلی با یکدیگر مقایسه شده‌اند و این یافته‌ها از شکل به دست می‌آید که سناریو ۱ آثار زیست‌محیطی بیشتری داشته و سناریوهای ۳ و۴ آثار زیست‌محیطی کمتری دارند. همچنین در میان آثار زیست‌محیطی، آثار مسمومیت انسان سرطانی، مسمومیت انسان غیر سرطانی، مسمومیت آب‌های شیرین و گرمایش کره زمین (تغییرات آب وهوایی) به ترتیب نمود بیشتری دارند.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر گرچه توانست کاربرد خدمات اکوسیستمی در ارزیابی چرخه حیات با استفاده از روش TES_LCA مطالعه موردی : کارخانه سیمان فراز فیروزکوه را مشخص و روشن نماید، ولی واقعیت آن است که باید در ابعاد و نرم‌افزارهای مختلف استفاده شود .بسیاری از پژوهشگران در حوزه محیط‌زیست در ایران و خارج از کشور تحقیقات زیادی را انجام داده‌اند اما با این عنوان و نرم‌افزار تحقیقی صورت نگرفته است.

در این تحقیق ۴ سناریو برای بررسی ارزیابی چرخه حیات کارخانه تولید سیمان در فیروزکوه مدنظر قرار گرفت. این ارزیابی چرخه حیات با روش TES_LCA در۴ سناریو شامل:

۱. تولید سیمان پورتلند،
۲. تولید سیمان پوزولان

۳. تولید سیمان پورتلند با خدمات اکوسیستمی
۴. تولید سیمان پوزولان با خدمات اکوسیستمی

و با کمک نرم‌افزار Sima Pro انجام پذیرفت و نتایج زیر برای این تحقیق به دست آمد.

- کلینکر به‌عنوان ماده اصلی تولید سیمان است و این ماده بیشترین تأثیر را در ایجاد همه آثار زیست‌محیطی دارا است. همچنین بعد از کلینکر بخش ساخت کارخانه سیمان[۸] بیشترین تأثیر را در اثرهای زیست‌محیطی کاهش منابع معدنی و سوختی و تجدید پذیر و مسمومیت آب دارد.
- سناریو ۱ نشان می‌دهد که اثرهای مسمومیت انسان سرطانی و غیر سرطانی نمود بیشتری نسبت به سایر آثار زیست‌محیطی دارد. همچنین مسمومیت آب‌های شیرین و گرمایش کره زمین در رده‌های بعدی قرار دارند.
- در مرحله تولید انرژی برق، ایجاد آثار زیست‌محیطی مانند تخلیه لایه اوزون و اسیدی سازی نقش پررنگی دارد.
- در سناریو ۲ مشابه سناریو ۱ اثرهای مسمومیت انسان سرطانی و غیر سرطانی نمود بیشتری نسبت به سایر آثار زیست‌محیطی دارد. همچنین مسمومیت آب‌های شیرین و گرمایش کره زمین در رده‌های بعدی قرار دارند.
- نتایج مرحله نرمال کردن ارزیابی آثار برای سناریو ۳ نیز مشابه دو سناریو قبلی نشان می‌دهد که اثرهای مسمومیت انسان سرطانی و غیرسرطانی نمود بیشتری نسبت به سایر آثار زیست‌محیطی دارد. همچنین مسمومیت آب‌های شیرین و گرمایش کره زمین در رده‌های بعدی قرار دارند.
- درنهایت سناریو ۳ نشان می‌دهد که خدمات اکوسیستمی روی آثار زیست‌محیطی گرمایش جهانی، ذرات معلق و آلاینده هوا، اکسیداسیون، اسیدی شدن و یوتریفیکاسیون یا مغذی شدن منابع آب تأثیر مثبت داشته است.
- در نتایج مرحله نرمال کردن ارزیابی آثار برای سناریو ۴ مشابه سناریوهای قبلی اثرهای مسمومیت انسان سرطانی و غیرسرطانی نمود بیشتری نسبت به سایر آثار زیست‌محیطی دارد. همچنین مسمومیت آب‌های شیرین و گرمایش کره زمین در رده‌های بعدی قرار دارند.
- درنهایت سناریو ۴ نشان می‌دهد همانند سناریو ۳ خدمات اکوسیستمی بر آثار زیست‌محیطی گرمایش جهانی، ذرات معلق و آلاینده هوا، اکسیداسیون، اسیدی شدن و یوتریفیکاسیون یا مغذی شدن منابع آب تأثیر مثبت داشته است.
- درمرحله آخر نتایج ۴ سناریو، مورد مقایسه قرار گرفته و این نتایج حاصل شد که در اکثر شاخص‌های زیست‌محیطی سناریو ۱ اثر بیشتری به محیط‌زیست داشته و بار زیست‌محیطی بیشتری دارد. درحالی که در دو سناریو ۳ و ۴ که خدمات اکوسیستمی در نظر گرفته شده است، کمی تأثیر در کاهش آثار زیست‌محیطی نسبت به سناریوهایی که خدمات اکوسیستمی در نظر گرفته نشده دیده می‌شود و همچنین مشخص شد که استفاده از خدمات اکوسیستمی در فرایند ارزیابی چرخه حیات باعث دقیق‌تر شدن نتایج ارزیابی چرخه حیات شده و مقداری از آثار زیست‌محیطی را برای نتایج ارزیابی چرخه حیات کارخانه سیمان فراز فیروزکوه کاهش می‌دهد.
- کارخانه سیمان فراز فیروزکوه با فرایند تولید سیمان پوزولان که در ماده اصلی آن از خاکستر بادی استفاده شده است، آثار زیست‌محیطی کمتری را نسبت به تولید سیمان پورتلند نشان داد.

۶. پیشنهادات

۱. شناسایی تمامی واحدهای صنعتی در فیروزکوه و ارزیابی زیست‌محیطی چرخه حیات این واحدها
۲. در نظر گرفتن خدمات اکوسیستمی کاربری‌های دیگر اراضی در ارزیابی چرخه حیات تولید سیمان فیروزکوه
۳. متمرکز کردن عملیات کنترل و مقابله با آلاینده‌ها و نظارت بر آن در کارخانه سیمان فراز فیروزکوه

۴. پیش‌بینی فاصله مناسب بین محل‌های مسکونی با کارخانه سیمان فراز فیروزکوه منطبق با یافته‌های مطالعات ارزیابی توان اکولوژیک

۵. دقت در انتخاب مکان برای کمپینگ، ساختمان‌ها و محل دفع آلاینده‌ها، برای کنترل آلودگی ناشی از تولید سیمان

۶. نمونه‌برداری از پارامترهای آلاینده هوا به‌ویژه CO و ذرات معلق در ایستگاه‌های مختلف و NO2، SO تا شعاع ۵ کیلومتر از شهرک صنعتی هر ماه یک بار

۷. بررسی نرم‌افزارهای دیگر برای مشخص کردن مقدار جذب آلاینده‌ها توسط خدمات اکوسیستمی منطقه فیروزکوه

۸. در فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه ارزیابی چرخه حیات به جای استفاده از نرم‌افزار سیماپرو به دلیل عدم دسترسی راحت به آن می‌توان از نرم‌افزار IWM نیز استفاده کرد.

یادداشت

1. Ecosystem Services
2. provisioning services
3. regulating services
4. cultural services
5. supporting services
6. charactrization
7. fly ash
8. cement factory

منابع

برزعلی، م.۱۳۹۷. ارزیابی خدمات اکوسیستم‌های مرتعی از منظر تولید آب و نگهداشت خاک با استفاده از نرم‌افزارINVEST (حوضه آبخیز آرک – استان گلستان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مدیریت مرتع، دانشکدهٔ مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

حجتی، م، اصغری، ح. و اخیانی، ا. ۱۳۹۷. ارزیابی چرخهٔ حیات دربوم نظام‌های تولید چغندرقند دردشت میامی(شاهرود). دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. اولین همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش‌های زیست‌محیطی.

حیدری، ا. ۱۳۹۵. ارزیابی زیست‌محیطی پروژه‌های عمرانی با استفاده از جدول SWOT نمونه موردی کارخانه سیمان اندیمشک. بابل، موسسه علمی تحقیقاتی کومه علم آوران دانش. دومین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری.

شکوهیان، م.، رحیمی، ا.، خضیرالسعیدی، د.ن. و المیاحی، زهرا. ۱۳۹۶. بررسی روند تولید سیمان درکارخانه سیمان و میزان آلاینده‌های آن جهت ارزیابی آثار زیست‌محیطی در مرحله بهره‌برداری مطالعه موردی کارخانه سیمان قاین. کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط‌زیست.

عبادی قاجاری، س. ۱۳۹۷. جایگاه خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی کاربری زمین. فصلنامه علمی ترویجی محیط‌زیست. شماره ۶۰.

موسی‌زاده، ر. و بادام فیروز، ج. ۱۳۹۷. ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی به‌منظور حفاظت و احیاء تالاب‌های ساحلی مطالعه موردی تالاب انزلی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین درعلوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست.

Bakshi, B.R., Ziv, G. and Lepech, M.D. 2015. Techno-ecological synergy: a framework for sustainable engineering. Environ. Sci. Technol. 49 (3): 1752e1760.

Maia de Souza, D. Russo Lopes, G. Hansson, J. and Hansen, K. 2018. Ecosystem services in life cycle assessment: A synthesis of knowledge and recommendations for biofuels. Ecosystem services, 30: 200-210.

Gopalakrishnan,V. and Bakshi.B.R,Ziv,G. 2016. Assessing the capacity of local ecosystems to meet industrial demand foe ecosystem services. 3319_3333.

Liu, X. and Bakshi, B.R. 2018. Ecosystem services in life cycle assessment while encouraging tecnoecological synergies.J.ind. Ecol.

Liu, X., Singh, S., Gibbemeyer, E.L., Tam, b.e, Urban, R.A. and Bakshi, b.r. 2018. The carbon nitrogen nexus of transportation fuels, J. Clean. Prod. 180: 790-803.

Othoniel, B., Rugani, B., Heijungs, R., Benetto, E. and Withagen, C. 2016. Assessment of life cycle impacts on ecosystem services:promise, problems, and prospects. Environ.Sci. Technol. 50,1077-1092.

Liu, X. Ziv, G. Bhavik R. and Bakshi. 2018. Ecosystem services in life cycle assessment - Part 1: A computational framework. Journal of Cleaner Production, 197: 314-322.

Liu, X. Ziv, G. Bhavik R. and Bakshi. 2018. Ecosystem services in life cycle assessment - Part 2: Adaptations to regional and serviceshed information. Journal of Cleaner Production 197: 772-780.

Selmi,W. Weber, C. Rivière, E. Blond, N. Lotfi, M. and Nowak, D. 2016. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourgcity, France. Urban Forestry & Urban Greening, 17 :192–201.

.