خلاصه‌ای از رویکرد
ارزیابی چرخه‌ی حیات[1]

هلیا خاتمی
دانشجوی کارشناسی ارشد علوم محیط‌زیست ـ آلودگی‌های محیط‌زیست، دانشگاه تهران
helia.khatami@ut.ac.ir

امروزه با گسترش پیامدهای منفی محیط‌زیستی مثل باران‌های اسیدی، آلودگی‌هوا، گرمایش زمین، فرسایش خاک، آلودگی آب‌ها و تاثیرات این پیامدها بر زندگی افراد و تنوع زیستی، آگاهی انسان‌ها در ارتباط با محیط‌زیست و حفاظت از آن افزایش یافته‌است. این امر سبب علاقه‌مندی انسان‌ها و محققان زمینه‌ی محیط‌زیست به درک بهتر منشا و پیامدهای مخاطرات محیط‌زیستی شده است (احمدی سعیدآباد و همکاران، ۱۳۹۹) همچنین برای دستیابی به اهداف پایداری مانند کاهش کربن، شرکت‌ها ابتدا باید زنجیره تامین و فعالیت‌های تجاری خود را بررسی کنند تا محصولات و یا فرآیندهایی که بیشترین تأثیر را دارند، شناسایی کنند. این امر برای اطمینان از این است که مقرون به صرفه‌ترین اقدامات برای دستیابی به هدف پایداری انتخاب شوند (Huang and Parry, 2014). در دهه‌های اخیر، ابزارهای فراوانی برای ارزیابی‌های محیط‌زیستی تکامل پیدا کرده‌اند. یکی از معروف‌ترین و کارآمدترین این ابزارها،

[1] Life Cycle Assessment

ارزیابی چرخه‌ی حیات (LCA) است که آثار منفی وارد شده از طرف یک سیستم، کالا یا خدمت بر محیط‌زیست را نمایان می‌کند.

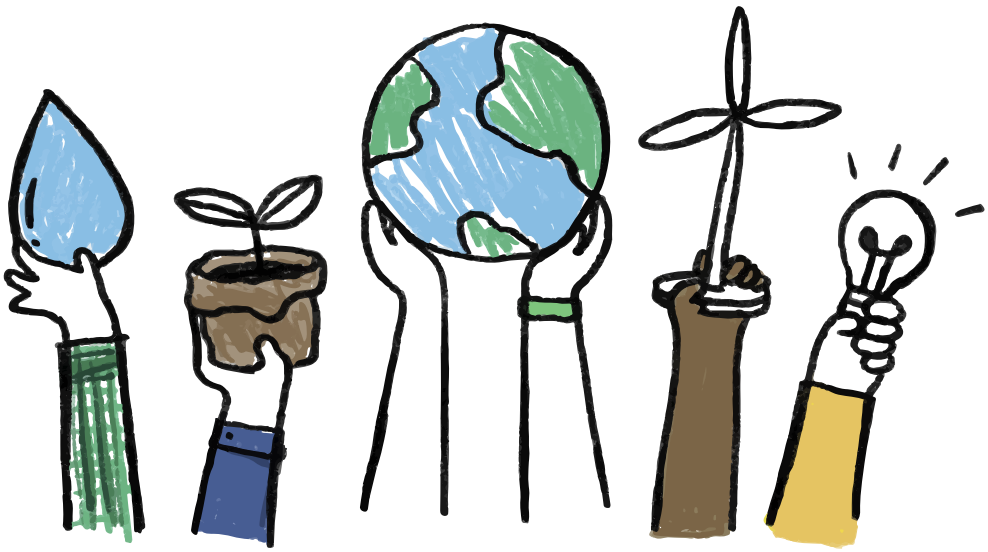
تاریخچه:

ایده LCA در دهه ۱۹۶۰ زمانی که تخریب محیط زیست و به ویژه دسترسی محدود به منابع شروع به تبدیل شدن به یک نگرانی شد، شکل گرفت. LCA یک تکنیک تحلیل محیطی نسبتاً جدید است که در دهه ۱۹۷۰ میلادی توسعه یافت. در سال‌های اولیه تاریخ LCA، نگرانی‌های‌محیط‌زیستی که توسط روش‌های ارزیابی چرخه حیات مورد توجه قرار می‌گرفتند، با تغییر نگرانی‌های عمومی تغییر می‌کرد و هیچ سازگاری یا هماهنگی بین روش‌های کاربردی وجود نداشت. به این معنی که در برخی از سال‌ها تمرکز بر روی تولید پسماند جامد بود. در برخی دیگر از سال‌ها با نوسان قیمت نفت و گاز، تمرکز بر روی مصرف انرژی بود. در طول دهه ۱۹۹۰ بسیاری از روش‌های ارزیابی اثر تکامل یافتند. سازمان جهانی استاندارد (ISO) با استفاده از استانداردهای ISO 14042، ISO 14041، ISO 14040 و ISO 14043 اقدام به یکنواخت‌سازی و استاندارد نمودن روش ارزیابی چرخه‌ی حیات نمود. از آن زمان به بعد، هدف این بوده است که تمام اثرات محیط‌زیستی مرتبط، مستقل از تغییر نگرانی‌های عمومی، با هدف اجتناب از تغییر تمرکز روش بر مسائل مختلف، کمیت‌سازی شود. بنابراین مفهوم ارزیابی چرخه‌ی حیات به صورتی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، تکامل پیدا کرد.

ارزیابی چرخه‌ی حیات:

ارزیابی چرخه‌ی حیات، که به آن تجزیه و تحلیل از گهواره تا گور نیز گفته می‌شود، مقدار بارهای محیط‌زیستی یک محصول را در طول عمر آن از دستیابی به مواد خام، از طریق تولید، حمل و نقل، استفاده و دفع نهایی تعیین می‌کند. یک شیء ساخته دست بشر چرخه حیات خود را با برداشت و استخراج منابع آغاز می‌کند و به دنبال آن تولید، استفاده و در نهایت مدیریت شیء به عنوان زباله، پایان می‌دهد. به این ترتیب بازیافت یا استفاده مجدد را می‌توان به عنوان «شروع جدید» برای چرخه زندگی سایر اشیاء ساخته دست بشر در نظر گرفت (Hauschild et al,. 2018).

LCA همواره توسط تعدادی از صنایع برای تهیه‌ی گزارش کارایی محیط‌زیستی و نظارت بر محیط زیست استفاده می‌شود. نتایج LCA



علاوه بر آگاهی از عملکرد محیطزیستی یک محصول، می‌تواند از بازاریابی یا برچسب‌گذاری محیطزیستی نیز پشتیبانی کند. به طور کلی نتایج ارزیابی چرخه‌ی حیات را می‌توان برای توسعه محصول، معیارگذاری و سیاست‌گذاری استفاده کرد (Huang and Parry, 2014). لازم به ذکر است که این ابزار جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی محصول را در بر نمی‌گیرد و تمرکز آن تنها بر پیامدهای محیطزیستی است. ارزیابی چرخه‌ی حیات یکی از چندین فنون مدیریت محیطزیستی است اما ممکن است همیشه مناسب‌ترین روش برای استفاده در همه‌ی فعالیت‌ها نباشد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

ارزیابی چرخه زندگی (LCA) دارای تعدادی ویژگی تعیین کننده است که آن را قادر می‌سازد به سؤالاتی بپردازد که هیچ ابزار ارزیابی دیگری نمی‌تواند به آن‌ها پاسخ دهد. این ویژگی‌ها شامل: ۱- داشتن یک چشم‌انداز چرخه زندگی، ۲- پوشش دادن طیف وسیعی از مسائل محیطزیستی، ۳- کمی بودن، ۴- مبتنی بر علم بودن، می‌باشد که در ادامه به‌طور خلاصه به این ویژگی‌ها می‌پردازیم:

۱.داشتن یک چشم‌انداز چرخه زندگی:

دلیل اصلی در نظر گرفتن چشم‌انداز چرخه حیات این است که امکان شناسایی و جلوگیری از جابجایی بار بین مراحل یا فرآیندهای چرخه حیات را در صورتی که تلاش‌ها برای کاهش اثرات محیطزیستی در یک فرآیند یا مرحله چرخه زندگی به طور ناخواسته تأثیرات زیست‌محیطی (احتمالاً بزرگ‌تر) در دیگر فرآیندها یا مراحل چرخه زندگی ایجاد کند، را فراهم می‌کند.

۲. پوشش دادن طیف وسیعی از مسائل محیطزیستی:

LCA به جای تمرکز انحصاری بر تغییر آب و هوا که این روزها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، طیف گسترده‌ای از مسائل زیست محیطی را پوشش می‌دهد. این مسائل شامل تغییرات آب و هوایی، استفاده از آب شیرین، اشغال زمین و تغییر کاربری، یوتروفیکاسیون آبزیان، اثرات سمی بر سلامت انسان، کاهش منابع تجدیدناپذیر و اثرات سمی محیطزیستی از فلزات و مواد شیمیایی آلی مصنوعی است. دلیل اصلی در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی متعدد، اجتناب از جابجایی بار محیطزیستی است. جابجایی بار در صورتی اتفاق می‌افتد که تلاش‌ها برای کاهش یک نوع اثر محیطزیستی به‌طور ناخواسته، انواع دیگر اثرات محیطزیستی را افزایش دهند.

۳.کمی بودن:

نتایج LCA به این سوال پاسخ می‌دهد که «یک سیستم محصول به طور بالقوه چقدر بر محیط زیست تأثیر می گذارد؟» ماهیت کمی LCA به این معنی است که می‌توان از آن برای مقایسه اثرات محیطزیستی فرآیندها و سیستم‌های محصول مختلف استفاده کرد (Hauschild et al., 2018).

مراحل ارزیابی چرخه‌ی حیات:

چهار مرحله در مطالعه LCA وجود دارد. کار اصلی شامل تشکیل یک موجودی(inventory) است که در آن تمام بارهای مهم محیطزیستی (ورودی و خروجی) کمّی و گردآوری می‌شود. این امر با ارزیابی اثر، محاسبه و ارائه نتایج به روشی از پیش تعریف شده که امکان مقایسه یا تجزیه و تحلیل بیشتر را فراهم می‌کند، دنبال می‌شود.

۱) تعیین هدف و محدوده (scope):

مرحله اول LCI، تعیین مرز، سطح جزئیات و چارچوب زمانی مطالعه است. تعیین هدف و دامنه، شالوده‌ی ارزیابی چرخه‌ی حیات است زیرا تعیین‌کننده‌ی چارچوب مطالعه است. مرز انجام مطالعه، دلیل انجام مطالعه، مرز سیستم و واحدهای عملکردی، مواردی که با یکدیگر مقایسه خواهند شد، روش گردآوری داده‌ها، نحوه‌ی استفاده از نتایج و مخاطبان مرتبط با نتایج حاصل شده، در این مرحله مشخص می‌گردند (عطاریان و مختارانی، ۱۳۹۳).

۲) تجزیه و تحلیل موجودی چرخه زندگی(سیاهه نویسی)(LCI[1]):

مرحله نسبتاً هدفمندی است که داده‌های ورودی‌های محیطی (مانند مواد خام، انرژی، منابع طبیعی و غیره) و خروجی‌ها (مانند

[1] Life Cycle Inventory

انتشارآلاینده‌ها، شستشو، زباله‌های جامد و غیره) را در سیستمی که در مرحله قبل تعریف شد، جمع‌آوری و گردآوری می‌کند. منبع جمع‌آوری داده‌ها در این بخش نقش موثری در دقت و صحت داده‌ها و در نتیجه نتایج حاصل‌شده دارد. داده‌ها توسط اندازه‌گیری مستقیم، اندازه‌گیری آزمایشگاهی، اسناد صنعتی و دولتی، پایگاه‌های داده (همانند ETH-ESU، BUWAL، Ecoinvent و GaBi)، قضاوت‌های مهندسی و یا از منابع علمی حاصل می‌گردند (عطاریان و مختارانی، ۱۳۹۳).

۳) ارزیابی پیامدهای چرخه حیات (LCIA[1]):

هدف از این مرحله، تهیه‌ی اطلاعات تکمیلی برای کمک به ارزیابی نتایج LCI است. در این گام اثرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسان و طبیعت ارزیابی می‌گردد. ارزیابی پیامد چرخه حیات (LCI) با مرتبط کردن داده‌های سیاهه با رده پیامدهای زیست‌محیطی، شاخص رده پیامدها را شناسایی می‌کند و در ادامه اطلاعاتی برای تفسیر چرخه حیات فراهم می‌آورد. اکسیداسیون فتوشیمیایی، یوتریفیکاسیون، تخریب ازن، تخریب منابع، گرمایش جهانی، پتانسیل اسیدسازی، انباشت انرژی و استفاده از آب‌های تازه از رده پیامدهای پرکاربرد در این ارزیابی است (عطاریان و مختارانی، ۱۳۹۳). اقداماتی که در این مرحله صورت می‌گیرند شامل تعریف دسته‌ی اثر، طبقه‌بندی، نرمال کردن، گروه‌بندی، وزن دهی و تجزیه و تحلیل کیفیت داده‌هاست (Huang and Parry, 2014). ارزیابی پیامدها همچنین اطلاعاتی را برای مرحله‌ی تفسیر فراهم می‌کند و ممکن است شامل بازنگری در هدف و دامنه‌ی کاربرد باشد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

٤) تفسیر:

مرحله‌ای برای جمع‌آوری، بررسی و ارزیابی نتایج از فاز LCIA یا LCI، برای نتیجه‌گیری و ارائه‌ی راهکار است. این تفسیر در راستای نتیجه‌گیری و تصمیم‌گیری مطابق با هدف و دامنه‌ی مشخص‌شده در مرحله‌ی اول صورت می‌گیرد (ایزو ۱۴۰۴۰). در این مرحله نتایج تفسیر می‌شوند، یافته‌های مرحله‌ی ارزیابی پیامدها، محدودیت‌ها و توصیه‌ها برای ارگان‌ها و تصمیم‌گیرندگان مطرح می‌شود (عطاریان و مختارانی، ۱۳۹۳). به طور کلی، نتایج LCA می‌تواند در زمینه‌های زیر کمک کند:

- شناسایی فرصت‌هایی برای بهبود عملکرد محیطزیستی یک محصول یا فرآیند در دوره چرخه حیات آن.
- تصمیم‌گیری در صنعت، ارگان دولتی یا سازمان‌های غیردولتی (مانند برنامه‌ریزی استراتژیک، تعیین اولویت، سیاست‌گذاری)
- بازاریابی (به عنوان مثال گزارش و علامت‌گذاری محیطزیستی) (Huang and Parry, 2014)

نقاط ضعف LCA :

نقطه قوت اصلی LCA جامعیت آن از نظر چشم‌انداز چرخه عمر و پوشش مسائل محیطزیستی است. این امر ما را قادر می‌سازد تا آثار محیطزیستی سیستم‌هایی که از صدها فرآیند ایجاد شده‌اند و موجب مصرف هزاران ماده اولیه و انتشار آلاینده‌ها هستند را باهم مقایسه کنیم. گرچه این جامع بودن از نظر چشم‌انداز می‌تواند به‌عنوان محدودیت نیز شناخته شود. به این صورت که برای انجام محاسبات نیاز است تا در مدل‌سازی سیستم‌ها ساده‌سازی و کلی سازی صورت گیرد و این امر می‌تواند باعث جلوگیری از محاسبه‌ی آثار واقعی محیطزیستی یک سیستم شود.

یک محدودیت دیگر مربوط به مدل‌های LCA این است که ارزیابی بر اساس عملکرد متوسط فرآیندها صورت می‌گیرد و رویدادهای نادر اما بسیار مشکل‌ساز مانند نشت نفت دریایی یا حوادث در سایت‌های صنعتی در آن‌ها درنظر گرفته نمی‌شود. برای مثال می‌توان به استفاده از انرژی هسته‌ای به عنوان یک منبع انرژی سازگار با محیطزیست پس از انجام محاسبات چرخه‌ی حیات اشاره کرد. در ارزیابی چرخه‌ی حیات، رخدادهایی با احتمال کم اما بسیار ویرانگر مثل اتفاقات چرنوبیل و یا فوکوشیما درنظر گرفته نمی‌شوند.

آخرین محدودیت این متد این است که LCA

[1] Life Cycle Impact Assessment

می‌توانـد بـه شـما بگویـد چـه سیسـتم محصولـی بـرای محیـط زیسـت بهتـر اسـت، امـا نمی‌توانـد بـه شـما بگویـد کـه ایـن سیسـتم «بـه انـدازه کافـی خـوب» هسـت یـا خیـر. بنابرایـن صحیـح نیسـت کـه تنهـا بـا اسـتناد بـر نتایـج مقایسـه‌ی ارزیابـی حیـات چنـد محصـول بـا یکدیگـر، محصولـی را کـه آثـار محیطزیسـتی کمتـری داشـته اسـت، از نظـر محیطزیسـتی پایـدار بـه حسـاب آوریـم.

جمع‌بندی:

امـروزه ابزارهـای متعـددی بـرای ارزیابـی پیامدهـای محیطزیسـتی ناشـی از تولیـد یـک محصـول یـا یـک سیسـتم وجـود دارد. هـر یـک از ایـن ابزارهـا دارای نقـاط قـوت و ضعـف متعـددی هسـتند. بنابرایـن انتخـاب ابـزار مناسـب در هـر مطالعـه بـه هـدف آن مطالعـه بسـتگی دارد. ارزیابـی چرخـه‌ی حیـات بـه عنـوان یـک ابـزار مدیریـت محیطزیسـتی در دهه‌هـای اخیـر از جایـگاه ویـژه‌ای برخـوردار شـده اسـت. همانطـور کـه پیش‌تـر نیـز ذکـر شـد، ایـن ابـزار جنبه‌هـای اقتصـادی و اجتماعـی تولیـد محصـولات را در نظـر نمی‌گیـرد امـا بـا در نظـر گرفتـن آثـار بالقـوه‌ی محیطزیسـتی می‌توانـد گزینه‌هـا و انتخاب‌هایـی بـا بـار محیطزیسـتی کمتـر را شناسـایی کنـد. همچنیـن بـرای دخیـل کـردن جنبه‌هـای اقتصـادی و اجتماعـی در تصمیم‌گیری‌هـا می‌تـوان از نتایـج حاصـل شـده از LCA در ترکیـب بـا نتایـج مربـوط بـه تجزیـه و تحلیل‌هـای اقتصـادی و اجتماعـی اسـتفاده کـرد.

منابع

۱. احمـدی سـعیدآباد، فاطمـه و شـریفی پاجایـی، سـید حسـن و نبوی پله سـرائی، اشـکان و اسـدپور، قاسـم،۱۳۹۹،مروری بـر ارزیابـی چرخـه حیـات LCA،چهارمیـن کنفرانس بیـن المللی پژوهـش هـای نویـن در مهندسـی کشـاورزی، محیـط زیسـت و منابـع‌طبیعی،کـرج،https://civilica.com/doc/1122356

۲. زارع، محمدامیـن و معاضـد، هـادی و جعفـرزاده حقیقی فـرد، نعمـت الله،۱۳۹۳،ارزیابی چرخـه ی حیـات (LCA) : رویکردی روشـمند در تعییـن چارچـوب مدیریت زیسـت محیطی،کنفرانس ملـی علوم و مهندسـی محیـط زیسـت،اهواز،https://civilica.com/doc/366234

۳. عطاریـان، پانیـذ و مختارانـی، نادر،۱۳۹۳،ارزیابـی چرخـه حیـات (LCA)،هفتمیـن همایـش ملـی و نمایشـگاه تخصصـی مهندسـی محیـط زیسـت،تهران،https://civilica.com/doc/318886

4. Hauschild, Michael Z., Ralph K. Rosenbaum, and Stig Irving Olsen, eds. 2018. Life Cycle Assessment. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3.

5. Huang, Yue, and Tony Parry. 2014. "Pavement Life Cycle Assessment." In Climate Change, Energy, Sustainability and Pavements, edited by Kasthurirangan Gopalakrishnan, Wynand JvdM Steyn, and John Harvey, 1–40. Green Energy and Technology. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44719-2_1.