

# کمی سازی اثرات انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای در چرخه حیات یک نیروگاه چرخه ترکیبی با استفاده از روش EPS

نرگس کارگری<sup>۱\*</sup>، رضا مستوری<sup>۲</sup>

## چکیده:

ارزیابی چرخه حیات، یکی از ابزارهای مؤثر در تصمیم گیری است که قادر است اثرات زیست محیطی را ارزیابی کرده و مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد و مسیرهای مناسب با کمترین اثرات زیست محیطی را بیابد. به منظور تقویت LCA، روش ها و برنامه های وجود دارند که می توانند اثرات زیست محیطی یک محصول یا فرایند را در طول چرخه حیات کمی کرده و آنها را قابل مقایسه سازند که یکی از این روش ها، روش EPS می باشد. در سیستم EPS می توان اثر زیست محیطی را برای انتشارهای مختلف و مصرف منابع و انرژی محاسبه کرده و آنها را با یکدیگر مقایسه نمود. محاسبه از طریق ELU انجام می شود. به عبارت دیگر، به منظور مقایسه اثرات زیست محیطی منابع و حمل و نقل کالا و مصرف مواد خام، اثر زیست محیطی باید کمی شود. واحد مورد استفاده برای مقایسه اثر زیست محیطی در روش راهبردهای اولویت زیست محیطی (EPS) ELU می باشد.

در این مقاله، اثرات انتشار آلاینده های هوا در چرخه حیات یک نیروگاه چرخه ترکیبی از روش EPS و بر اساس ELU کمی سازی شده اند که نشان می دهد شدیدترین اثر زیست محیطی بر اساس واحد ELU به ترتیب ناشی از دی اکسید کربن، متان، ذرات معلق، اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای گوگرد می باشد.

## تاریخ دریافت مقاله:

۹۰/۰۵/۰۳

## تاریخ پذیرش مقاله:

۹۰/۰۹/۰۷

## کلمات کلیدی:

- ارزیابی چرخه حیات (LCA)  
- راهبردهای اولویت زیست محیطی (EPS) - واحد بار زیست محیطی (ELU) -  
- انتشار آلاینده های هوا -  
- نیروگاه چرخه ترکیبی

\* ) دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان - گروه محیط زیست

۲) دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک - گروه عمران

## مقدمه

با افزایش آگاهی های زیست محیطی، صنایع شروع به ارزیابی نحوه اثر فعالیت های خود بر محیط زیست کرده اند. جوامع درباره مسائل تخریب منابع طبیعی و محیط زیست نگران شده اند. بسیاری از صنایع به این آگاهی ها با تولیدات "سیز" و استفاده از فرایندهای "سیز" پاسخ داده اند. عملکرد زیست محیطی تولیدات و فرایندها تبدیل به یک مسئله کلیدی شده است تا صنایع بتوانند اثرات زیست محیطی فعالیت های خود را به حداقل برسانند. بسیاری از شرکت ها، استفاده از راهبردهای بدون آلایندگی و سیستم های مدیریت محیط زیست را برای بهبود عملکرد زیست محیطی مفید می دانند. یکی از این ابزارها، "ارزیابی چرخه حیات" (LCA)<sup>۱</sup> می باشد [۱].

داده های LCA انتقال اثرات زیست محیطی را از یک محیط به محیط دیگر و از یک مرحله چرخه حیات به مرحله دیگر مشخص می کند. به عبارت دیگر، LCA به جلوگیری از انتقال مشکلات زیست محیطی از مرحله ای به مرحله دیگر کمک می کند.

به منظور تقویت LCA، روش ها و برنامه هایی وجود دارند که می توانند اثرات زیست محیطی یک محصول یا فرایند را در طول چرخه حیات کمی کرده و آنها را قابل مقایسه سازند که یکی از این روش ها، EPS می باشد [۲].

## ارزیابی چرخه حیات

ارزیابی چرخه حیات یک تکنیک برای ارزیابی همه ورودی ها و خروجی های محصول (داده ها و ستاندها)، فرایند یا خدمات (فهرست موجودی چرخه حیات)، ارزیابی زاندات، اثرات بر بهداشت انسان و اثرات اکولوژیکی (ارزیابی انر) و تفسیر نتایج ارزیابی (تفسیر چرخه حیات) در کل چرخه حیات محصول یا فرایند مورد بررسی می باشد [۱].

دو سازمان بین المللی ISO<sup>۲</sup> و SETAC<sup>۳</sup> ارزیابی چرخه حیات را به عنوان یک ابزار مدیریت زیست محیطی توسعه داده اند. در خانواده استانداردهای ISO 14040 ISO و زیرمجموعه های آن به ارزیابی چرخه حیات اختصاص یافته است [۳].

یک دلیل اساسی برای انتخاب چنین رویکردی، این واقعیت است که مصرف نهایی محصول، موجب تحریک وضعیت اقتصادی می شود. بنابراین، مصرف نهایی فرصت هایی را برای مدیریت غیر مستقیم زیست محیطی در طول زنجیره یا شبکه فرایندهای محصول ایجاد می کند.

1) Life Cycle Assessment

2) International Standards Organization

3) Society of Environmental Toxicology and Chemistry

دلیل اساسی دیگر این است که رویکرد گهواره تا گور، از "انتقال مشکلات" جلوگیری می‌کند. [۴]. قابلیت پیگیری انتقال اثرات زیست محیطی می‌تواند به تضمیم گیران و مدیران در شناخت ویژگی‌های زیست محیطی گزینه‌های محصول یا فرایند کمک کند. با انجام LCA، تحلیل گران می‌توانند:

- ارزیابی سیستماتیک نتایج زیست محیطی همراه با محصول را توسعه دهند.
- اثرات زیست محیطی همراه با یک یا چند محصول یا فرایند را مورد بررسی قرار دهند.
- به دریافت پذیرش افراد ذینفع (جامعه و غیره) برای یک برنامه طرح ریزی شده کمک کنند.
- انتشار به هوا، آب و زمین را در هر مرحله از چرخه حیات کمی سازند.
- به شناخت جایگاه اثرات زیست محیطی در مراحل چرخه حیات و محیط زیست پذیرنده کمک کنند.
- اثرات انسانی و اکولوژیکی مصرف مواد و انتشار به محیط زیست را در جوامع محلی، منطقه‌ای و جهانی ارزیابی نمایند.
- اثرات انسانی و اکولوژیکی بین دو یا چند محصول یا فرایند را شناسایی و مقایسه کنند.
- اثرات مربوط به یک یا چند محیط تحت اثر را شناسایی کنند [۵].

ازیابی چرخه حیات (LCA) ابزاری برای ایجاد یک تصویر کلی از اثرات زیست محیطی یک محصول یا سامانه در طول عمر آن از استخراج مواد خام، تولید، مصرف، بازیافت و در نهایت دفع زائدات می‌باشد [۶].  
ازیابی چرخه حیات می‌تواند برای هر سیستم فعالیت صنعتی استفاده شود تا باز کمی بر محیط زیست را تخمین بزند [۷].

### معرفی راهبرد اولویت زیست محیطی EPS<sup>۱</sup>

روش‌های متعددی برای ارزیابی کل اثرات زیست محیطی در چرخه حیات یک فرایند توسعه یافته است، اگرچه توافق عمومی در مورد استفاده از یک روش هنوز وجود ندارد [۸]. این روش‌ها عبارتند از NETS، ELP، 0EPS و EP که در جدول ۱ مورد مقایسه قرار گرفته اند [۲].

در سیستم EPS، می‌توان اثر زیست محیطی را برای انتشارهای مختلف و مصرف منابع و انرژی محاسبه کرده و آنها را با یکدیگر مقایسه نمود. محاسبه از طریق UEL انجام می‌شود. محاسبات، پنج زمینه ایمنی را شامل سلامت، تنوع زیستی، تولید زیستی، منابع و ارزش‌های زیبایی شناختی در نظر می‌گیرد. این اهداف در جدول ۲ به تفصیل مشخص

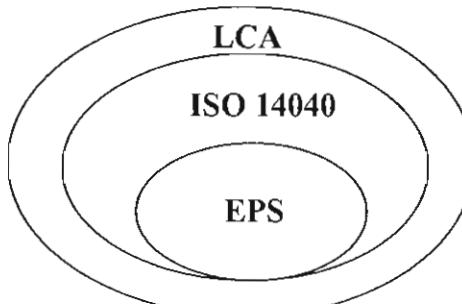
1) Environmental priority strategies

شده‌اند.

روش EPS بر اساس استاندارد ISO ۱۴۰۴۰ طراحی شده است. در واقع، ارتباط بین LCA و EPS در شکل ۱ نشان داده شده است [۹].

جدول ۱: روش‌های مورد استفاده در کمی سازی اثرات زیست محیطی در مطالعات LCA [۲]

NETS	ELP	EPS	EP	نام
MIE UNIVERSITY, JAPAN	WASUDA UNIVERSITY, JAPAN	IVL, SWEDEN	BUWAL, SWISS	سازمان
تئوری توازن مقاومت محیط پذیرنده	پرسنامه	روش ارزیابی مالی	فاضله تا هدف	روش
NETS (NUMERICAL ECO-LOAD TOTAL STANDARDIZATION)	ELP (ENVIRONMENTAL LOAD POINT)	ELU (ENVIRONMENTAL LOAD UNITS)	EP (ECO POINT)	واحد
استاندارد سازی بر اساس توازن میان "loader's" و "receiver's" مقدار حداکثر قابل قبول برای انتشار با مصری (P) و محیطی (ELF) شامل فاکتورهای وزن دهن C <sub>j,k</sub> برای یک فاکتور زیست محیطی k در یک طبقه اثر زیست محیطی ل، فاکتور وزن دهن W <sub>i</sub> تعیین شده توسط پرسنامه های طبقه بندی شده و A <sub>i</sub> انتشار تجمیعی سالانه / مصرف در ل شود	اثرات استاندارد شده برای اثرات زیست محیطی با استفاده از فاکتورهای وزن دهن (هزیه برای جلوگیری از تناحالت زیست محیطی) × محیطی k در یک طبقه اثر زیست محیطی ل، فاکتور وزن دهن W <sub>i</sub> تعیین شده توسط محیطی که E.L.U (شاخص بار زیست محیطی) نامیده می شود که نتویزی زیست محیطی ELV برابر است با EP= $\sum_i (EF_i \times X_i)$	استاندارد سازی بر اساس EF (ECO FACTOR) شامل F <sub>i</sub> (ازشن هدف دولتی) و F <sub>k</sub> (ازشن داخلی موجود) بر هر فاکتور زیست محیطی.	اثرات زیست محیطی بر اساس ECO FACTOR (برای این می شود) (ازشن هدف دولتی) و (ازشن داخلی موجود) بر هر فاکتور زیست محیطی.	اثرات زیست محیطی بر اساس ECO FACTOR (برای این می شود) (ازشن هدف دولتی) و (ازشن داخلی موجود) بر هر فاکتور زیست محیطی.
$P_i \times ELM_i = MEV$ کل اثرات برابر است با: $ECL = \sum ELM_i \times X_i$	$A_j = \sum (C_{j,k} \times X_j)$ $ELF_i = \sum (C_{j,k} \times X_j / A_j) \times 10^6$ $ELP_i = \sum_k (ELF_i \times X_{i,k})$		$EF_i = \frac{1}{F_i} \times \frac{F_i}{F_k} \times 10^{12}$ کل اثر زیست محیطی EP برابر است با: $EP = \sum_i (EF_i \times X_i)$	



شکل ۱: ارتباط EPS و ISO 14040 با LCA

## جدول ۲) اهداف EPS [۶]

موضوع اینمنی	اصل ارزش‌گذاری / ارزیابی
تنوع زیستی	هزینه جامعه برای حفاظت تنوع زیستی
بهداشت / سلامت انسان	هزینه جامعه برای کاهش مرگ و میر در اثر خطرات مختلف و تعامل به پرداخت برای دوری از بیماری، تحمل و ناراحتی
تولید	قیمت های بازار سازمان توسعه و همکاری های اقتصادی
منابع	اثر بر سایر موضوعات امنی منابع به حالت اول بازمی گردد.
ارزش های زیبایی شناختی	تعامل افراد به پرداخت

به منظور مقایسه اثرات زیست محیطی منابع و حمل و نقل کالا و مصرف مواد خام، اثر زیست محیطی باید کمی سازی شود. واحد مورد استفاده برای مقایسه اثر زیست محیطی در روش راهبردهای اولویت زیست محیطی (EPS) ELU می‌باشد. به عنوان مثال، می‌توان از این طریق اثر زیست محیطی حمل و نقل را با اثر زیست محیطی مصرف مواد مقایسه کرد.

مزیت اصلی استفاده از سیستمی نظریه EPS این است که به طراح محصول یا فرایند کمک می‌کند تا نگرانی‌های زیست محیطی را در مراحل اولیه ایجاد محصولات جدید در نظر بگیرد. همچنین اثرات زیست محیطی متفاوت می‌تواند در این سیستم از طریق یک فرایند ارزش‌گذاری مورد مقایسه قرار گیرد.

بدیهی است ارزش‌گذاری اثرات مختلف زیست محیطی هرگز در همه نقاط یکسان نیستند. ارزش‌ها ممکن است در کشورهای مختلف متفاوت باشند، حتی از زمانی به زمان دیگر نیز تغییر کنند. بنابراین، مهم است سیستم وجود داشته باشد که برای چنین تغییراتی به سادگی قابل تعديل باشد. سیستم ESP به اندازه کافی انعطاف‌پذیر است که مناسب باشد و ابزاری کاربردی است که می‌تواند در فرایند طراحی در بخش‌های مختلف جغرافیایی مورد استفاده قرار گیرد [۱۰].

باید توجه داشت که محاسبات لامپسیار تخمینی است و محدودیت‌هایی دارد. جدی‌ترین محدودیت‌ها عبارتند از:

- شاخص منابع، تنها انتشار خروجی را اندازه گیری می‌کند و انتشار در طول فرآوری منابع را در نظر نمی‌گیرد. این موضوع به این مفهوم است که مصرف انرژی و انتشار در طول فرآوری، به عنوان مثال، فلزات (که می‌تواند مقدار قابل توجهی هم داشته باشد) در نظر گرفته نمی‌شود.
- زائدات اندازه گیری نمی‌شوند. شاخص EPS برای زائدات وجود ندارد. بسته به آنچه اتفاق می‌افتد، می‌توان تصور کرد که میزان انتشار، انرژی یا مواد افزایش می‌باید یعنی علاوه بر کاهش اثرات (یا عدم وجود اثرات)، اثرات افزایش نیز می‌بایند.
- بسیاری از مواد شاخص منبع یا شاخص انتشار ندارند.

به همین دلایل، نتایج باید تنها به عنوان یک شاخص و نشانه از مقدار اثر زیست محیطی مورد توجه قرار گیرند [۱۱].

در بیان اثرات زیست محیطی بر اساس LULU باید توجه داشت هر چه LULU بزرگتر باشد، اثر بر محیط زیست شدیدتر است [۶].

در استفاده از LULU برای مواد و فرایندها، LULU به ازای کیلوگرم هر ماده از طریق ضرب شاخص زیست محیطی در مقدار مواد منتشر شده به محیط زیست برای فعالیت، فرایند یا چرخه حبات محصول در مطالعه محاسبه می‌شود. نتایج این نجزیه و تحلیل در سطوح تجمعی گروه بندی می‌شود.

شاخص مزبور این امکان را ایجاد می‌کند که اثرات مضر انتشار و استفاده از منابع طبیعی کمی سازی شوند. یک ویژگی منحصر به فرد این سیستم این است که فاکتورهای مختلف می‌تواند وزن دهی شود تا یک ارزش ایجاد کند که کل بار زیست محیطی را توصیف کند. این موضوع این امکان را ایجاد می‌کند که شاخص‌های زیست محیطی نه تنها برای مواد خام بلکه برای فرایندها یا بخش‌های فرایند در گزینه‌های مختلف طراحی ایجاد شود.

سیستم EPS راه حل نهایی برای جلوگیری از اثرات زیست محیطی نیست اما برای تصمیم گیران خلاصه‌ای از الگوهای بیچیده انرژی، مواد و انتشار آلاینده‌ها در یک حالت قابل مدیریت، قابل درک و قابل بازنگری ایجاد می‌کند [۱۰].

### محاسبه بار زیست محیطی

محاسبه بار زیست محیطی انتشار آلاینده‌ها در چرخه حیات یک نیروگاه چرخه ترکیبی بر اساس فهرست داده‌های موجود از چرخه حیات این نیروگاه‌ها انجام می‌شود. از آنجایی که داده‌های اولیه بر اساس فهرست داده‌های موجود می‌باشد، بنابراین، مربوط به نیروگاه مشخصی نبوده و در صورت نبود داده‌های خاص برای یک نیروگاه مشخص، می‌توان از نتایج برای هر نیروگاه چرخه ترکیبی استفاده نمود. فهرست داده‌های موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در یک نیروگاه چرخه ترکیبی به صورت جدول ۳ می‌باشد [۱۲]. لازم به ذکر است واحد عملکردی مورد نظر کیلووات ساعت برق تولیدی در نیروگاه چرخه ترکیبی است.

جدول ۳): فهرست داده‌های موجودی LCI (انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در یک نیروگاه چرخه ترکیبی [۱۲]

منبع طبیعی / انتشار	g/kWh
NOx	5.70E-01
SO <sub>x</sub>	3.24E-01
CO	2.87E-01
SPM	1.33E-01
CO <sub>2</sub>	4.40E+02
CH <sub>4</sub>	2.82E+00
N <sub>2</sub> O	7.19E-04
NH <sub>3</sub>	2.10E-02

برای محاسبه اثرات زیست محیطی برداشت منابع مذکور بر اساس ELU از فرمول زیر استفاده شده است.

$$\text{اثر زیست محیطی} = \sum_i \text{Factor}_i \times m_i \quad (1)$$

بر همین اساس، کل اثر و بار زیست محیطی بر اساس ELU بیان می شود.  $\text{ELU}/\text{kg}$  ضریب وزن دهی بر اساس روش EPS برای منابع طبیعی می باشد.  $m$  بر اساس کیلوگرم، مقدار منبع آ مورد استفاده است [۴].

بر اساس فرمول فوق، ELU برای هر یک از آلاینده های منتشره در چرخه حیات نیروگاه چرخه ترکیبی بر اساس جدول ۴ محاسبه شده است. به عنوان مثال، در خصوص اکسیدهای نیتروژن بر اساس LCI مقدار آن بر حسب گرم بر کیلووات ساعت (واحد عملکردی) برابر  $57/0$  می باشد و واحد بار زیست محیطی آن  $2/13$  می باشد. بنابراین، بر اساس فرمول، واحد بار زیست محیطی آن  $1/21$  خواهد بود. بر همین اساس، واحد بار زیست محیطی هر یک از گازهای منتشره محاسبه شده است.

جدول ۴): واحد بار زیست محیطی (ELU) برای انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای در چرخه حیات نیروگاه چرخه ترکیبی

ELU/kg	ماده منتشره به محیط زیست
1.21E+00	NOx
1.06E+00	SOx
9.50E-02	CO
4.79E+00	SPM
4.75E+01	CO <sub>2</sub>
7.67E+00	CH <sub>4</sub>
2.75E-02	N <sub>2</sub> O
6.09E-02	NH <sub>3</sub>

## نتیجه گیری

در انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای، شدیدترین اثر زیست محیطی بر اساس واحد ELU ناشی از CO<sub>2</sub> می باشد که منجر به گرمایش جهانی می شود. پس از آن، به ترتیب انتشار متان، ذرات معلق، اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای گوگرد دارای بیشترین شدت انتشار هستند. از آنجایی که متان و اکسیدهای نیتروژن نیز از گازهای گلخانه ای محسوب می شوند، بنابراین، انتظار می رود اثر گلخانه ای و گرمایش جهانی از شدت اثر بالایی در بین اثرات برخوردار باشد.

## منابع

- [1] EPA, 2001, LCAccess – LCA 101, U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation (LCA 101 – introduction to LCA).
- [2] Sate Sampattagul, Yukio Kimura , Yucho Sadamichi, Anugerah Widiyanto, Akira Nishimura, Naoki Maruyama, Seizo Kato, 2004, AN INTEGRATED LIFE CYCLE ECO-IMPROVEMENT AND NETS-GREEN PRODUCTIVITY INDEX OF VENDING MACHINES, International Life Cycle Assessment and Life Cycle Management conference, LCA center.
- [3] Zapp, Petra, 2003, Life Cycle Assessment and Energy Technologies, Systems Analysis and Technology Evaluation (STE), Forschungszentrum Julich.
- [4] Guinee, J.B., Gorree, M., Heijungs, R., Huppes, G., de Koning, A., van Oers, L., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H.A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M.A.J., 2002, Handbook on Life Cycle Assessment, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- [5] SAIC, 2006, Life Cycle Assessment: Principles and Practice, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, EPA.
- [6] Sami Al-Halabieh, 1999, Electrical Power Engineering, Powerformer, Lappeenranta University of Technology (LUT).
- [7] Seizo Kato, Naoki Maruyama, Yasuki Nikai, Hidekazu Takai, and Anugerah Widiyanto, Life Cycle Assessment Estimation for Eco-Management of Co-Generation Systems, J. Energy Resour. Technol. -- March 2001 -- Volume 123, Issue 1, 15.
- [8] Marja-Kaarina Söderqvist, Finnra Erkki Vesikari, 2003, LIFECON DELIVERABLE D 1.1 GENERIC TECHNICAL HANDBOOK FOR A PREDICTIVE LIFE CYCLE MANAGEMENT SYSTEM OF CONCRETE STRUCTURES (LMS), European Community, Fifth Framework Program.
- [9] <http://eps.esa.chalmers.se/defaultmethod.htm>.
- [10] Richards, Deanna J., 1997, The Industrial Green Game Implications For Environmental Design And Management, National Academy Press.
- [11] Zackrisson, Mats, Bengtsson, Gunnar, Norberg, Camilla, 2004, Measuring your Company's Environmental Impact (Templates & tools for a complete ISO 14001 initial review), Earthscan Publication.
- [12] Spath, P.L., Mann, M.K., 2000, Life cycle assessment of a natural gas combined – cycle power generation system, NREL.