نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۵، شماره ۷، سال ۱۴۰۲، صفحات ۱۴۴۹ تا ۱۴۶۶
DOI: 10.22060/ceej.2023.19310.7134

بررسی و تحلیل روشهای ارزیابی اثرات چرخه حیات در بلند مرتبه سازی شهر تهران

تانیا جعفری نسب[۱]، سید مسعود منوری[۱*]، سید علی جوزی[۲]، حمید ماجدی[۳]

۱- گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی ،تهران، ایران.
۲- گروه مهندسی محیطزیست، دانشکده علوم وفنون دریایی ، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی ،تهران، ایران.
۳- گروه معماری و شهرسازی ،دانشکده عمران و معماری و هنر، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی ،تهران، ایران.

خلاصه: امروزه در جهان ارزیابی چرخه حیات به عنوان یکی از کامل ترین روش ها برای ارزیابی زیست محیطی ساختمان ها شناخته شده است.. هدف از این تحقیق تمرکز برانتخاب بهترین روش برای ارزیابی چرخه حیات بلند مرتبه سازی با در نظر گرفتن پوشش کامل دسته بندی اثرات زیست محیطی می با شد . در این مطالعه هفت دسته بندی مهم اثرات زیست محیطی در هشت روش پرکاربرد ارزیابی چرخه حیات با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل رگرسیونی قرار گرفتند ودر نهایت روش ReCiPe بعنوان مناسب ترین روش انتخاب شد .سپس این روش برای ۱۶ مصالح مصرفی پر مصرف در یک مدل ساختمانی مسکونی بلند مرتبه در فاز ساخت و ساز در شهر تهران بعنوان مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه گیری در این تحقیق پس از مقایسه رویکردهای نقطه میانی و پایانی با استفاده از روش ReCiPe نشان داد نتایج نقطه میانی جامع هستند در حالی که نتایج نقطه پایانی مختصر هستند ولی رویکرد نقطه پایانی اطلاعات بیشتری ازآسیبهای زیست محیطی را ارائه می دهد که باید به عنوان مکمل نقطه میانی استفاده شود. یافته های این تحقیق می تواند به طراحان وسازندگان پروژه قبل از ساخت و ساز پروژه های مسکونی بلند مرتبه با تخمین اثرات زیست محیطی در سطح دو رویکرد در انتخاب مصالح دوستدار محیط زیست کمک کند .لازم بذکر است هرگونه استفاده نادرست از دو رویکرد ذکر شده ممکن است بر نتایج ارزیابی تاثیر گذار و منجر به یافته های گمراه کننده شود.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۶
بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱
ارائه آنلاین: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷

کلمات کلیدی:
ارزیابی چرخه حیات
بلند مرتبه سازی
تجزیه و تحلیل رگرسیونی
spss
ReCiPe

۱- مقدمه

ارزیابی چرخه حیات ابزاری اساسی برای توصیف خطرات زیست محیطی در مراحل مختلف چرخه حیات یک محصول است[۱]. این ابزار منبع مهم در استراتژی مدیریت و تصمیم گیری است که به منظوربهبود شیوه های زیست محیطی و اجرای تنظیمات یا تحولات فن آوری در سازمان طراحی شده است [۲]. صنعت ساخت وساز و ساختمان سازی یکی از مهمترین بخش های توسعه اقتصادی در هر کشوری می باشد و اثرات قابل توجهی بر محیط زیست دارد. مطابق با آمار برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد ساخت وساز و بهره برداری از ساختمان ها ۴۰٪ مصرف انرژی ، ۳۸٪ انتشار گازهای گلخانه ای ، ۴۰٪ استفاده از مواد خام ، ۳۰٪ تولید پسماند و ۱۶٪ از برداشت آب در جهان را به خود اختصاص می دهد [۳] . ساختمان سازی و بحث بهینه سازی مصرف انرژی به علت کاهش ذخایر انرژی از یک سو و اهمیت موضوع محیط زیست و توسعه پایدار و نقش اساسی مصالح ساختمانی از سو دیگر ، ضرورت تامل پیش از پیش را برروی ساخت وسازها یادآور می شود [۴].

براساس تعریف ISO ۱۴۰۴۰ تعریف ارزیابی اثرات چرخه حیات عبارت از : " مجموعه ای از روش های سیستماتیک برای گردآوری و ارزیابی مواد و انرژی ورودی و خروجی و اثرات زیست محیطی همراه یک سیستم محصول در طول چرخه حیات آن " می باشد .به طور معمول ارزیابی اثرات چرخه حیات شامل شش مرحله: انتخاب دسته بندی، طبقه بندی، ویژگی سازی، نرمال سازی، گروه بندی و وزن دهی می شود.طبقه بندی و ویژگی سازی عناصراجباری هستند در حالی که موارد دیگر عناصری اختیاری هستند [۵].

روش های مختلف ارزیابی اثرات چرخه حیات شامل: CML[1] ۲۰۰۱ [۶] و Eco-indicator ۹۵ [۷] و EDIP[2] ۲۰۰۳ [۸] EPD[3] [۹] و IMPACT ۲۰۰۲ [۱۰] و ReCiPe ۲۰۰۸ [۱۱] و TRACI[4] [۱۲] و غیره

1 Centre of Environmental Science(CML), Leiden University in 2001
2 Environmental Design of Industrials product 2003
3 Environ-mental Product Declaration 2008
4 Tools for the Reduction and Assessment of Chemical Impacts

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: m.monavari836@gmail.com

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

می باشد . این روش ها بوسیله بسیاری از جنبه ها از جمله مفروضات و خصوصیات منطقه ای از یکدیگر متمایز شده اند که ممکن است درک نتایج برای ارزیابی اثرات چرخه حیات را مختل کرده و منجر به تصمیمات نادرست شود.

تا کنون مطالعات بسیاری برای مقایسه روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات انجام شده است اما اکثرا مقایسات را براساس سطح ویژگی سازی انجام می دهند. رویکردهای بسیاری برای مقایسه اهداف براساس تجزیه و تحلیل ترکیبی [۱۳] و تجزیه و تحلیل همبستگی و رتبه بندی سناریوها [۱۴] توسعه یافته است. اما هنوز در انتخاب روش متداول که بتواند تنوع روش های مختلف ارزیابی اثرات چرخه حیات تشخیص دهد کمبودهای وجود دارد.

در مطالعه " تحلیل چرخه حیات و روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات " به بررسی تعدادی از روش های موجود پرداخته شده و چندین روش ارزیابی اثرات چرخه حیات با رویکردهای مختلف برای انتشار گازهای گلخانه ای بررسی شده است و نظرسنجی در مورد روشهای پرکاربرد [۱] LCIA انجام شده است [۱۵]. در مقاله ای بررسی روش ارزیابی اثرات چرخه حیات و معیارهای انتخاب برای دسته بندی های اثرات زیست محیطی در ۸۷ مقاله با استفاده از کلمات کلیدی مربوطه بازیابی و روش های مورد استفاده ارزیابی اثرات چرخه حیات در آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که CML[۱] بعنوان پرکاربردترین روش شناخته شده است [۱۶].

در مطالعه ای روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات در بخش کشاورزی و مواد غذایی مورد مقایسه قرار گرفت .در این مطالعه سه روش پرکاربرد ارزیابی اثرات چرخه حیات در صنعت کشاورزی که عبارتند از: CML [۱] و IMPACT و ReCiPe بررسی شدند. تفاوت بین نتایج حاصل از این سه روش نشان داد که باید در تفسیر نتایج فاز ارزیابی اثرات چرخه حیات به نوع روش انتخاب شده برای ارزیابی اثرات توجه بیشتری شود [۱۷].

برخی مطالعات برروی آلودگی زیست محیطی خاصی مانند سمیت تمرکز کرده اند [۱۸] .در حالی که مطالعات دیگر با توجه به دسته بندی های مختلف اثرات تغییر آب و هوایی، تخریب ازن، اسیدی شدن، یوتریفیکاسیون روش ها را مقایسه کرده اند [۱۹]. در مطالعه ای دیگر چرخه حیات تصفیه خانه ها با استفاده از پنج روش CML[۱] و EDIP[۳] و Eco-indicator ۹۵ و Eco-indicator ۹۹ مورد بررسی قرارگرفت[۲۰]. در هند با استفاده از ارزیابی چرخه حیات بررسی پسماندهای فاز ساخت وساز و تخریب با استفاده از روش ReCiPe و آنالیزسناریوسازی انجام شد. نتایج نشان داد بازیابی و بازیافت مصالح در مقایسه با دفن پسماندها بعنوان سناریو مناسب شناخته شده است [۲۱].

در مطالعه ای برای تولید سرسیلندرها سه روش Eco-indicator 95 و IMPACT و ReCiPe بررسی شد و نتایج نشان داد این سه روش در مصرف سوخت های فسیلی با یکدیگر سازگار و در سمیت دریایی ناسازگار می باشند [۲۲].

در مطالعه ای تنوع زیستی بام های ساختمان با استفاده از دو روش IMPACT و ReCiPe ارزیابی و نتایج نشان داد با م های سبز کمترین میزان از دست دادن تنوع زیستی را ایجاد می کنند [۲۳].

در مطالعه ای ارزیابی چرخه حیات پلی یورتان در آسفالت با استفاده از روش EDIP [۲] بررسی شد . نتایج این مطالعه نشان داد از بیشترین میزان انتشارات تولیدگازهای گلخانه ای عمدتا در مراحل تولید مواد و مخلوط کردن مواد در روکش آسفالت اتفاق می افتد و بطور کلی عملکرد جاده آسفالت با پلی یورتان از لحاظ زیست محیطی بسیار بهتر از روکش آسفالت است [۲۴].

در یک مطالعه مروری با هدف بررسی ادبیات مربوط به ارزیابی چرخه حیات محیطی (LCA) برای ساختمان‌ها و نوسازی ساختمان‌ها از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۲۲ با اجرای یک تجزیه و تحلیل آماری بر اساس پایگاه‌های اطلاعاتی «Web of Science» انجام شد. یافته‌ها نشان داد که انتشارات LCA برای ساختمان ها و نوسازی ساختمان ها در دوره ۱۹۹۴–۲۰۲۲ افزایش یافته است در این بین بیشترین کارهای تحقیقاتی برای LCA ساختمان ها به ترتیب توسط چین و ایالات متحده انجام شده است ، در حالی که پرتغال و ایتالیا برای مطالعات LCA بازسازی ساختمان پیشرو می باشند. نتایج نشان می دهد که حوزه موضوعی ارزیابی چرخه حیات بسته به نوع دامنه و انتشارات متفاوت است، در ساختمان ها بیشتر تاکید بر مهندسی ساخت و ساز ، در حالیکه در بازسازی ساختمان ها بر موضوعات زیست محیطی متمرکز شده است. با این حال، موضوعات تحقیقاتی LCA در زمینه ساختمان هنوز محدود است، و نیاز به تحقیقات بیشتری برای روش‌های ارزیابی و تجزیه و تحلیل LCA و کاهش اثرات زیست محیطی در ساخت سازها در آینده خواهد بود [۲۵].

در مطالعه ای ارزیابی مقایسه‌ای چرخه حیات ساختمان‌های مسکونی انبوه چوب و بتنی در چین انجام شد . یک مدل LCA از گهواره به دروازه بر اساس مصاحبه‌ها و نظرسنجی‌های در محل جمع‌آوری‌شده ، انتشارات موجود و داده‌های موجودی چرخه حیات خاص جغرافیایی ایجاد شد. نتایج

1 Life Cycle Impact Assessment

نشان دادکه ساختمان چوبی در مقایسه با همتای بتنی خود ۲۵ درصد کاهش پتانسیل گرمایش جهانی را به دست می آورند. عملکرد زیست محیطی ساختمان های چوبی را می توان از طریق منابع محلی و بهینه سازی تولید بهبود داد[۲۶].

مطالعات قبلی در زمینه صنعت ساخت و ساز نشان داد روش مناسب و کاربردی برای ارزیابی اثرات چرخه حیات ساختمان هنوز به درستی مشخص نیست . لازم بذکر است با بررسی پیشینه تحقیقات قبلی برای شناسایی طبقه بندی های اثرات زیست محیطی هفت طبقه پرکاربرد شامل: تغییرات آب و هوایی ،اسیدی شدن، سمیت زیستی،سرطان زایی، یوتریفیکاسیون، تهی شدن لایه ازن و کاهش منابع انرژی برای بررسی در این مطالعه انتخاب شدند. که این اثرات با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل رگریوسیونی قرار گرفتند . در این مطالعه ۱۶ مصالح پرمصرف ساختمانی در یک پروژه مسکونی در فاز ساخت وساز با استفاده از نرم افزار تجاری SimaPro بعنوان ابزار تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی مورد بررسی قرارگرفته است .

لذا در پژوهش حاضر با هدف شناسایی روش های ارزیابی چرخه حیات در بلند مرتبه سازی سعی شده است به سوالات زیر پاسخ داده شود:

از بین روش های ارزیابی چرخه حیات کدام روش برای بررسی اثرات بلند مرتبه سازی مناسب است؟

بررسی اثرات زیست محیطی در روش انتخابی در دو رویکرد نقطه میانی و پایانی به چه صورت است؟

درمطالعه موردی کدام مصالح ساختمانی بیشترین اثرات زیست محیطی را دارند؟

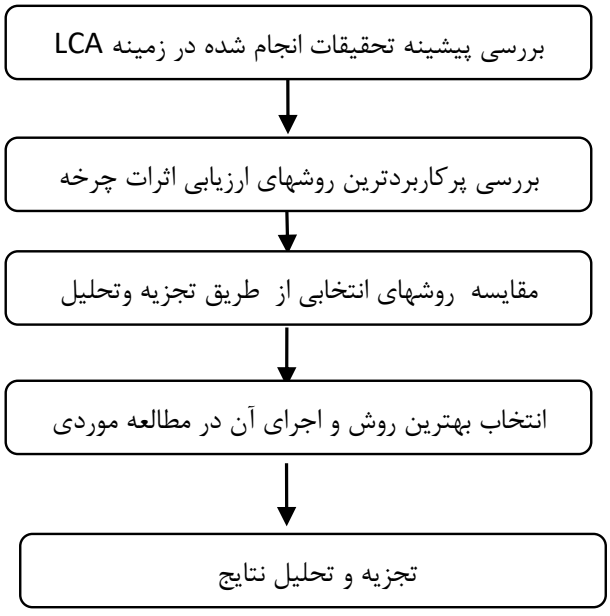
هدف اصلی از این پژوهش مقایسه روش های رایج ارزیابی چرخه حیات و انتخاب بهترین روش و بررسی آن از لحاظ اثرات زیست محیطی می باشد . در این پژوهش تفاوت های بین رویکردهای نقطه میانی و نقطه پایانی در روش ReCiPe در یک مطالعه موردی ساخت و ساز بلند مرتبه سازی در کلانشهر تهران مورد بررسی قرار گرفت . بر اساس این نتایج پیشنهاداتی در مورد زمان اتخاذ رویکرد نقطه پایانی و چگونگی تفسیر نتایج متفاوت از دو رویکرد بحث شده است. امروزه با توجه به افزایش سرعت ساخت وساز در پاسخ به نیازهای جمعیت در حال رشد ، اثرات منفی این پروژه ها از لحاظ مصرف انرژی و آلودگی های زیست محیطی و نخاله های ساختمانی افزایش یافته است. اما تاکنون هیچ تحقیقی بصورت جامع و مدون به ارزیابی روش های مختلف چرخه حیات و بررسی اثرات زیست محیطی مصالح مصرفی و انتخاب بهترین روش ارزیابی چرخه حیات در صنعت ساخت وساز در ایران نپرداخته است بنابراین پژوهش حاضر، در نوع خود نوآوری و بدیع بودن این تحقیق را می رساند.

۲- مواد و روش ها

۲- ۱- مراحل روش تحقیق

- گردآوری گزارش ها ، تهیه اطلاعات پروژه براساس بازدید میدانی و مصاحبه و مشاهده
- مصاحبه با اساتید وکارشناسان متخصص در حوزه ارزیابی چرخه حیات و ساختمان
- بررسی پرکاربردترین روشهای ارزیابی اثرات چرخه حیات براساس مقالات معتبرمرتبط با موضوع
- مقایسه پرکاربردترین روشهای ارزیابی چرخه حیات با استفاده از متد تجزیه وتحلیل رگرسیونی پیرسون

روش کار این پژوهش به شرح در (شکل۱) آمده است :



شکل ۱. مراحل روش کار

Fig. 1. Procedure steps

۲- ۲- معرفی روشهای ارزیابی اثرات زیست محیطی چرخه حیات

با توجه به بررسی مطالعات قبلی ، هشت روش پرکاربرد ارزیابی اثرات چرخه حیات شامل :[۱] CML –Eco-indicator ۹۵ –[۲]EDIP –[۳]EPD –ReCipe–IMPACT–[۴] Eco-indicator–TRACI ۹۹ ، در این مطالعه با یکدیگر مقایسه شدند.

_CML[۱]

این روش توسط یک تیم تحقیقاتی در مرکز علوم محیطی دانشگاه لیدن در سال ۲۰۰۱ در راستای معرفی ایزو ۱۴۰۴۰ طراحی شده است. روش محاسبات اثرات براساس رویکرد میانی در این روش نرمال سازی مقدور و وزن دهی غیر ممکن و اثرات زیست محیطی در ۵۱ طبقه در سه مقیاس مرجع در سطح جهان و اروپا و هلند تعریف شده است [۶] .

_Eco-indicator -۹۵

این روش توسط مشاوران PRé به عنوان ابزاری برای استفاده داخلی درون شرکت توسعه داده شده است [۷]. روش محاسبا ت اثرات براساس رویکرد پایانی در این روش نرمال سازی مقدور و با پیشنهاد" تعیین عوامل وزنی " نقطه عطفی در ارزیابی اثرات چرخه حیات ایجاد شد. اثرات زیست محیطی در ۱۰ طبقه و در سه سطح آسیب: مرگ ومیر – اختلال در سلامت – اختلال در اکوسیستم تعریف شده است. این روش بیشتر در صنایع سیمان و بتن مورد استفاده قرار گرفته است [۲۷]

_EDIP[۲]

این روش که شامل تنوع مکانی در ارزیابی ها می باشد توسط موسسه دانشگاه فنی دانمارک توسعه یافته است.لازم به ذکر است بسیاری از روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات به تنوع مکانی توجه نمی کنند. با این حال برخی از دسته بندی های اثرات مانند اسیدی شدن، سمیت زیستی،یوتریفیکاسیون و .. ممکن است در یک منطقه بیشتر از منطقه دیگر اثرگذار باشد . روش محاسبا ت اثرات براساس رویکرد پایانی در این روش نرمال سازی و وزن دهی مقدور و همچنین اثرات زیست محیطی در ۱۸ طبقه تعریف شده است . این روش در مطالعات دارای اولویت مکانی مانند تجزیه و تحلیل فن آوری پسماند کاربرد دارد [۲۸, ۲۹]

_EPD[۳]

این روش توسط شورای مدیریت محیط زیست سوئد با هدف اظهارنامه محیط زیستی محصولات ایجاد شده است. این روش مبتنی بر CML[۱] است . روش محاسبه اثرات براساس رویکرد نقطه میانی بررسی و همچنین اثرات زیست محیطی در ۶ طبقه تعریف شده است نرمال سازی و وزن دهی داده ها در دسترس نمی باشد [۹].

_IMPACT ۲۰۰۲+

این روش توسط گروه سیستم های چرخه حیات و اکولوژی صنعتی در موسسه فدرال لوزان درسوئیس توسعه داده شده است . این روش ترکیبی ازCML[۱] و Eco-indicator ۹۹ ، در دو سطح نقطه میانی و پایانی می باشد در این روش نرمال سازی و وزن دهی مقدور و همچنین اثرات زیست محیطی در ۱۴ طبقه تعریف شده است نتایج نرمال سازی این روش فقط قابل کاربرد در کشورهای اروپایی می باشد [۲۹].

_ReCiPe

این روش یک روش نسبتا جدید و بر اساس مفاهیم و Eco-indicator ۹۹ ، برای دو سطح نقطه میانی(۱۸ اثر زیست محیطی) و پایانی (۳ دسته) طراحی شده است .نرمال سازی در این روش بر اساس دو مقیاس اروپایی و جهانی است . در حالی که وزن دهی در این روش فقط در نسخه نقطه پایانی تعریف شده است. این روش تا کنون در صنایع آب شیرین [۳۰] مصالح ساختمانی کاربرد داشته است [۳۱].

_TRACI[۴]

این روش توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا برای ارائه روش ارزیابی اثرات چرخه حیات در شمال امریکا توسعه داده شده است . در مقایسه با روش های دیگراین روش نسبتا ساده و کاربر پسند است و تنها دارای مرحله ویژگی سازی در نقطه میانی است در حالی که محدودیت های خاصی مانند عدم جامع بودن دسته ها، کمبود اطلاعات برای نرمال سازی و وزن دهی ، نادیده گرفتن اثرات مکانی و زمانی در این روش وجود دارد و اثرات زیست محیطی در ۱۲ طبقه تعریف شده است [۳۲].

_Eco-indicator ۹۹

این روش توسط مشاوران PRé بر اساس روش (Eco-indicator ۹۵) توسعه یافته است و نقش مهمی در توسعه سایر روش ها مانند: IMPACT و ReCiPe داشته است. . روش محاسبا ت اثرات براساس رویکرد پایانی در این روش نرمال سازی و وزن دهی مقدور و همچنین اثرات زیست محیطی در ۱۱ طبقه تعریف شده است.

۲- ۳- تجزیه و تحلیل رگرسیونی

دشواری مقایسه روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات در پیچیدگی ارزیابی اثرات چرخه حیات در سطوح مختلف مانند ویژگی سازی، نرمال سازی و وزن دهی نهفته است. ویژگی سازی بعنوان مهمترین گام درارزیابی

چرخه حیات زیست محیطی باید مورد توجه قرار گیرد از سوی دیگرنرمال سازی و وزن دهی عوامل نسبتاً ذهنی هستند در این مقایسه حذف شده اند.

در ابتدا برای انتخاب یک روش مناسب ارزیابی اثرات زیست محیطی چرخه حیات لازم است تفاوت بین روش های موجود را درک شود. با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری میتوان روش های گسترده ارزیابی اثرات زیست محیطی چرخه حیات را بررسی و مقایسه نمود. در مدل‌سازی آماری، تحلیل رگرسیونی مجموعه‌ای از فرآیندهای آماری برای تخمین روابط بین یک متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل است.

علت انتخاب روش تجزیه و تحلیل همبستگی و ضریب همبستگی پیرسون نسبت به سایر روش ها این است که باتوجه به اینکه عوامل ویژگی سازی برای هر جفت از روش ها ، دارای داده های با توزیع نرمال و در سطح فاصله‌ای یا نسبی می باشند استفاده از این روش پرکاربرد مناسب می باشد . باید توجه داشت که تعداد عوامل ویژگی سازی در روش های مختلف متفاوت است. به عنوان مثال درروش "IMPACT" ، ۱۲۷۹ فاکتور مشخصه در سمیت زیست محیطی وجود دارد، در حالی که تنها در روش"۹۹ -Eco indicator "، ۱۲۳ فاکتور ارائه شده است. اگر در یک روش فاکتور مشخصه دخیل باشد، اما در روش دیگری حذف شود، آن عامل ویژگی سازی در نظر گرفته نخواهد شد .اگر چه نادیده گرفتن تعداد متفاوت عوامل ویژگی سازی ممکن است دقت تجزیه و تحلیل را کاهش دهد، همچنین لازم به ذکر است که ضرایب همبستگی باید برای مقایسه عوامل ویژگی سازی برای توصیف تفاوت کافی باشد. داده ها مطابق رابطه (۱) مقایسه میشود:

$$\rho S(x)\frac{\partial^2 u}{\partial^2 t}=\frac{\partial f}{\partial x} \qquad (۱)$$

در این معادله x و y آرایه عوامل ویژگی در دو روش ارزیابی اثرات چرخه حیات را نشان میدهد. $\overline{X}$ نشان دهنده میانگینx و $\overline{Y}$ نشان دهنده میانگین y است. برای محاسبه معناداری از آزمون T- test مطابق رابطه (۲) استفاده شده است معادله T- test با درجه آزادی 2-N بدست می آید (سطح اهمیت آن مقدار ۰,۰۵ تنظیم شده است) که (N) نشان دهنده تعداد زوج عوامل خصوصیات در روش ارزیابی اثرات چرخه حیات می باشد:

$$\rho S(x)\frac{\partial^2 u}{\partial^2 t}=\frac{\partial f}{\partial x} \qquad (۲)$$

۳- نتایج و بحث

۳- ۱- نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی در طبقات

۳- ۱- ۱- تغییرات آب و هوایی

میانگین ضریب همبستگی برای تغییرات آب و هوایی ۰,۸۸۲ و میانگین معناداری آن ۰,۰ است. عوامل ویژگی سازی تغییرات آب وهوایی از اطلاعات آژانس تغییرات آب وهوایی به دست آمده است. براساس نتایج خروجی SPSS عوامل سازگار در روش های مورد بررسی با ضریب همبستگی بالا در حدود ۰,۹ (بجز در ۹۵- Eco-indicator) بدست آمد که علت آن مرتبط به این است که این شاخص ، ۴۱ عامل پتانسیل گرمایش جهانی را مورد بررسی قرار می دهد.

۳- ۱- ۲- اسیدی شدن

نتایج خروجی SPSS عوامل ویژگی سازی برای اسیدی شدن به طور کلی سازگار نشان داد . میانگین ضریب همبستگی مقایسه شده برای اسیدی شدن ۰,۸۴۸ است در حالی که ضریب معناداری آن به طور میانگین ۰,۰۲۸ است.ضریب همبستگی درروش EDIP ۲ نسبت به سایر روش ها ظاهرا کم است زیرا اسیدی شدن در EDIP ۲ بر حسب متر مربع به جای SO_2 تخمین زده می شود.

۳- ۱- ۳- تخریب لایه ازن

تخریب ازن به طور کلی توسط پتانسیل تخریب ازن در عملکرد نقطه میانی با استفاده از شاخص معادل CFC-۱۱ محاسبه می شود. نتایج مقایسه روش ها در خروجی SPSS نشان می دهد میانگین ضریب همبستگی برای تخریب ازن ۰,۹۶۹ است و ضریب معناداری آن به طور متوسط ۰,۰۰ است.

۳- ۱- ۴- یوتریفیکاسیون

براساس نتایج خروجی SPSS میانگین ضریب همبستگی روش های مقایسه شده برای یوتریفیکاسیون ۰,۷۸۳ است در حالی که میانگین معناداری ۰,۰۱۹ است. ضریب همبستگی برای اکثر روش ها نزدیک به

۰,۹ بدست آمد به ویژه برای روش های CML [۱]–Eco-indicator۹۵– IMPACT–EPD [۳] که فسفر در آن ها به عنوان شاخص اصلی استفاده می شود. درروش TRACI [۴] همبستگی ناچیزی مشاهده شده است که علت آن دسته بندی یوتریفیکاسیون در اثرات منطقه ای می باشد و تا حد زیادی وابسته به غلظت مواد مغذی محلی و سیستم آبی هیدرودینامیک است. این روش برای ایالات متحده و براساس شرایط آن ایالت توسعه یافته است در حالی که عوامل ویژگی سازی EDIP [۲] و ReCiPe درمنطقه اروپا کاربرد دارد.

۳– ۱– ۵– سمیت محیط زیستی

براساس نتایج خروجی SPSS میانگین ضریب همبستگی در سمیت محیط زیستی ۰,۱۴۴ و میانگین اهمیت آن ۰,۱۹۲بدست آمد. به نظر می رسد که عامل سمیت زیستی با توجه به ضریب همبستگی کم قابل مقایسه بصورت مستقیم نمی باشد . این تغییرات به دلایل مختلفی بستگی دارد زیرا اولا از روش های مختلفی برای اندازه گیری سمیت محیط زیستی استفاده می شود مثلا در CML [۱] سمیت محیط زیستی به دو دسته سمیت خشکی و سمیت آبی طبقه بندی می شود در حالی که در روش TRACI [۴] از یک روش ساده برای تعریف دسته بندی استفاده می شود . ثانیا پوشش عوامل ویژگی سازی نیز در میان روش ها متفاوت است. به عنوان مثال عوامل ویژگی سازی درسمیت زیستی در روش IMPACT تعداد (۱۲۷۹) و در روش Eco- indicator۹۹ به تعداد(۱۲۳) عامل ارائه شده است.

۳– ۱– ۶– منابع انرژی

پنج روش انتخابی ارزیابی اثرات چرخه حیات تخمینی از منابع انرژی را فراهم می کند .ضرایب همبستگی در این روش ها بسیار نزدیک به ۱ بدست آمد که نشان دهنده این است که عوامل انرژی در این پنج روش به طور کلی با یکدیگر سازگار هستند . انرژی درروش CML [۱] در طبقه بندی منابع آبزی قرار دارد. در نتیجه هیچ گونه مقایسه مستقیم بین CML [۱] و دیگر اثرات از نظر "منابع انرژی" وجود ندارد.مطالعات قبلی در مورد مقایسه ارزیابی اثرات چرخه حیات نتیجه گیری مشابهی را برای دسته بندی منابع انرژی ارائه داده است و نشان از سازگاری نتایج دارد.

۳– ۱– ۷– سرطان زایی

این طبقه بندی اثرات مهم بر سلامت انسان را نشان می دهد. سرطان زایی در CML [۱] و EDIP [۲] و ReCiPe به عنوان روش دسته بندی ترکیبی در سمیت انسان استفاده می شود.میانگین ضریب همبستگی برای سرطان زایی۰,۴۵۷ و ضریب معناداری آن ۰,۱۱۶ بدست آمد .نتایج نشان داد که به جزروش TRACI [۴] در بقیه روشها عملکرد سازگار وجود دارد . ضریب همبستگی در TRACI [۴] وEco-indicator۹۵ مقدار ۰/۲۰۸ – بدست آمد. از سوی دیگر همبستگی قابل توجهی در Eco-indicator ۹۵ و Eco- ۹۹ indicator و IMPACT با ضریب همبستگی بالا حدود ۰/۹ بدست آمد.

۳– ۲– مقایسه روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات

تفاوت ها در روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات در سطح ویژگی سازی می تواند در چند جنبه یافت شود:

دسته بندی اثرات در روش ها متفاوت است مثلا اسیدی شدن ویوتریفیکاسیون در Eco-indicator ۹۹ در یک دسته بندی واقع شده اند در حالی که در دیگر روش ها آنها دردسته های جداگانه قرارگرفته اند.

واحدها یا شاخص های دسته بندی اثرات در روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات متفاوت است بعنوان مثال سمیت محیط زیستی در تمام روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات انتخاب شده واحدهای متفاوتی دارد که می تواند منجر به نتایج غیرقابل مقایسه شود.

تعداد عوامل ویژگی سازی می تواند تا حد زیادی متفاوت باشد برای مثال عوامل ویژگی سازی در روشEco-indicator ۹۵ با سایر روش ها متفاوت می باشد.

در روش TRACI [۴] اثرات منطقه ای ظاهراً ممکن است منجر به نتایج ناسازگار در عوامل ویژگی سازی شود.

محاسبه عوامل ویژگی سازی برای نقطه میانی و پایانی براساس روش های متفاوتی می باشد بعنوان مثال Eco-indicator ۹۹ به بررسی رویکرد نقطه پایانی پرداخته و روش CML [۱] به بررسی رویکرد نقطه میانی می پردازد.

روش ارزیابی اثرات چرخه حیات با عوامل ویژگی سازی سازگار توصیه می شود زیرا نتایج حاصل از این روش ها می تواند به آسانی مقایسه شود . بنابراین CML [۱]، IMPACT، EDIP[۲] و ReCiPe در مطالعات ارزیابی چرخه حیات با هدف ارزیابی کلی بدون هیچ اولویت خاص در روش ارزیابی اثرات چرخه حیات پیشنهاد می شود. روش TRACI [۴] تنها در ایالات متحده توصیه می شود زیرا اثرات را براساس ویژگی های مختلف آن منطقه مانند یوتریفیکاسیون ارائه شده است.روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات مناسب نقطه پایانی شامل ۹۵ Eco-indicator ، Eco-indicator ۹۹ و EDIP [۲] می باشد.

هماهنگ سازی روش ارزیابی اثرات چرخه حیات یک کار دشوار است که ممکن است تحقق نیافته باشد زیرا روش های مختلف ارزیابی اثرات چرخه حیات باید براساس شرایط محلی یا اهداف خاص محاسبه شود.

۳- ۳- انتخاب روش مناسب ارزیابی اثرات چرخه حیات برای بلند مرتبه سازی

در این مطالعه مقایسه عوامل ویژگی سازی بین روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات توسط تجزیه و تحلیل رگرسیونی صورت پذیرفت . برای صنعت ساختمان روش انتخاب شده باید دسته بندی اثرات مرتبط با ساخت و ساز را پوشش دهد .همانطور که میدانیم در ساختمان ها انرژی زیادی مصرف می شود، در نتیجه دسته بندی اثرات سوخت فسیلی در این مطالعه حائز اهمیت می باشد در بین روش ها TRACI [۴] تجزیه و تحلیل سوخت فسیلی را ارائه نمی دهد اما روش های CML [۱] و EDIP [۲] دسته بندی سوخت فسیلی برای مصرف انرژی را ارائه می دهد.

انتشار مواد در زمان تولید مصالح ساختمانی، مانند سیمان و فولاد قابل توجه است.بنابراین بررسی سمیت محیط زیستی در این مطالعه حائز اهمیت است اما درروش Eco-indicator -۹۵ چنین دسته بندی وجود ندارد. علاوه بر این انتشارات نیز ممکن است بر سلامت انسان اثرگذار باشد. روش EPD [۳] تجزیه و تحلیلی در مورد سرطان زایی و یا سمیت بشر ارائه نمی دهد. امروزه در مقایسه با روش های منسوخ شده روش هایی که به تازگی توسعه یافته اند مانند IMPACT و ReCiPe ترجیح داده می شود زیرا این روش ها به روز رسانی شده و اطلاعاتشان دقیق تر است .

CML [۱] یک روش پایه است که در EPD [۴] و دیگر روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات بکاربرده میشود در نتیجه روش انتخاب شده باید نزدیک به این روش پایه باشد. با توجه به مقایسه نتایج عوامل ویژگی سازی که در بالا صورت پذیرفت دو روش IMPACT و ReCiPe از نظر همبستگی به روش CML [۱] نزدیکتر می باشند.از آنجا که روش خاصی برای ارزیابی اثرات چرخه حیات در ایران وجود ندارد درنتیجه درنظرگرفتن تفاوت منطقه ای باید نادیده گرفته شود و همچنین نرمال سازی باید براساس سیستم مرجع "جهانی" تعریف شده باشد که در بین این روش ها CML [۱] وReCiPe فاکتورهای نرمال سازی در مقیاس جهانی را دارا می باشند. براساس ملاحظات فوق ReCiPe بعنوان مناسب ترین روش برای ارزیابی اثرات چرخه حیات بلند مرتبه سازی در کشور ایران در این مطالعه انتخاب شد.

۳- ۴- ارزیابی اثرات در ReCiPe

روش ReCiPe ارزیابی اثرات را دو سطح نقطه میانی و نقطه پایانی اثرات مختلف را بررسی می کند.نرمال سازی در نقطه میانی با استفاده از مجموعه ای از عوامل نرمال سازی توسط آمار مرجع سال ۲۰۰۰ برای مقیاس های اروپایی و جهانی بدست آمده است [۳۲]. این روش تجزیه و تحلیل وزن را در نقطه میانی بررسی نمیکند اما در سطح نقطه پایانی تجزیه و تحلیل بر اساس دسته بندی اثرات و آسیب ها در سه دسته: سلامت انسان، اکوسیستم ها و منابع ارائه می دهد. در رده سلامت انسان این روش محاسبه سال های از کار افتادگی (سال های زندگی از دست رفته)یا سال های زندگی غیر فعال به علت مداخلات محیط زیستی را نشان می دهد.آسیب به اکوسیستم ها توسط گونه های حذف شده در یک دوره زمانی از پیش تعیین شده در نتیجه حرکت به خشکی یا آب شیرین وسیستم های دریایی را در نظر میگیرد .آسیب به منابع به عنوان زیان اقتصادی توسط افزایش هزینه های استخراج منابع محاسبه می شود.

۳- ۵- نتایج ReCiPe در مطالعه موردی

یک پروژه مسکونی بلند مرتبه در منطقه یک شهرداری تهران به عنوان مطالعه موردی برای این تحقیق انتخاب شده است. این منطقه در بلندای شهرتهران و با وسعتی حدود ۶۴ کیلومترمربع و بر اساس داده های آماری حدود ۳۷۹۹۶۲ نفر جمعیت را در خود جای داده است. این در حالی است که انبوه ساختمان های آماده و نیمه ساخته در آینده ای نزدیک جمعیت منطقه را به مرز ۵۰۰ هزار نفر خواهد رساند. پروژه ساختمانی آرتیمان واقع در محله زعفرانیه خیابان ماکویی پور با زیربنایی حدود ۳۰ هزار مترمربع شامل ساختمان ۱۵ طبقه بتنی می باشد که پنج طبقه بالای آن براساس اسکلت فلزی بنا شده است. موقعیت قرار گیری ساختمان پروژه در نقشه GIS شهرداری منطقه یک در (شکل ۲) نشان داده شده است . ساخت این پروژه در پاییز سال ۱۳۹۴ آغاز ودر تابستان ۱۳۹۸ به پایان رسیده است . سیستم استفاده شده در سازه ساختمان دوگانه قاب خمشی به همراه دیواربرشی و همچنین در اجرای سقف نیز از سیستم تیرچه با بلوک سفالی و در برخی از قسمت ها دال استفاده شده است. مشخصات کلی این پروژه در (جدول ۱) آورده شده است.

شکل ۲. نقشه GIS ازمکان پروژه

Fig. 2. GIS map of the project site

جدول ۱. مشخصات کلی برج آرتیمان

Table. 1. General specifications of Artiman Tower

موضوع	توضیحات
کاربری اصلی ساختمان	مسکونی
تعداد طبقات	۱۵
تعداد واحدها	۶۵
تعداد طبقات زیرزمین	۴
زیربنا	حدود ۳۰۰۰۰ متر مربع
ابعاد ساختمان	نامنظم
ارتفاع ساختمان	حدود ۷۰ متر
وضعیت دسترسی به ساختمان در شرایط اضطراری	تقریبا مناسب

در این مطالعه موردی ۱۶ مصالح ساختمانی پرمصرف با بار زیست محیطی بیش از ۹۹٪ انتخاب و از لحاظ اثرات زیست محیطی با استفاده از روش ReCiPe در نرم افزار Simapro مورد مقایسه قرار گرفت نتایج کامل این مقایسه در مقاله با عنوان تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی در ساختمان بلند مرتبه در شهر تهران آورده شده است [۳۳]. در اینجا با توجه به اهمیت بتن به عنوان مهمترین مصالح مصرفی در پروژه های ساخت وساز تجزیه و تحلیل ارزیابی اثرات یک کیلوگرم بتن براساس پایگاه داده Ecoinvent در دو نقطه میانی و پایانی در(جدول۲) آورده شده است. لازم به ذکر است دامنه این پژوهش فقط فاز ساخت وساز را شامل میشود و فقط مصالح پر مصرف و کاربردی ذکر شده در (جدول ۳)در این پژوهش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند ، در حالی که سایر مصالح به دلیل اثرات نسبتاً ناچیز آن ها نادیده گرفته شدند .

جدول ۲. نتایج ارزیابی اثرات چرخه حیات بتن ۱ کیلوگرمی در نقطه میانی و پایانی

Table 2. Life Cycle Impact Assessment results of 1 kg concrete in the Midpoint and Endpoint

دسته بندی آسیب	طبقه بندی اثرات	نقطه میانی				نقطه پایانی				
		ویژگی	واحد	نرمال سازی (pt)	ویژگی	آسیب (pt)	نرمال سازی (pt)	آسیب (pt)	وزن (pt)	آسیب
سلامت بشر	تغییرات آب وهوایی	۱/۳E -۰۱	معادل Kg (CO_2)	۱/۸E -۰۵	۱/۸E -۰۷	۲.۱E -۰۷(DALY)	۱/۳E -۰۵	۱/۵E -۰۵(DALY)	۵/۲E -۰۳	۶/۱E -۰۳(DALY)
	تهی شدن ازن	۴/۲E -۰۹	معادل Kg (CFC-۱۱)	۱/۱E -۰۷	۱/۱E -۱۱		۸/۲E -۱۰		۳/۳E -۰۷	
	سمیت بشر	۱E -۰۲	معادل Kg (۱.۴-DB)	۸/۹E -۰۵	۷/۳E -۰۹		۵/۴E -۰۷		۲/۲E -۰۴	
	تشکیل ازن فتوشیمیایی	۲/۶E -۰۴	معادل Kg NMVOC	۵/۴E -۰۶	۱/۰E -۱۱		۷/۶E -۱۰		۳/۲E -۰۷	
	تشکیل ذرات معلق	۸/۹E -۰۵	معادل Kg (PM ۱۰)	۶/۳E -۰۶	۲/۳E -۰۸		۱/۷E -۰۶		۶/۹E -۰۴	
	تابش ازن	۱/۴E -۰۲	معادل Kg (U۲۳۵)	۱/۱E -۰۵	۲/۳E -۱۰		۱/۷E -۰۸		۶/۸E -۰۶	
اکوسیستم	تغییرات آب و هوایی	۱/۳E -۰۱	معادل Kg (CO_2)	۱/۸E -۰۵	۹/۹E -۱۰	۱.۰E -۰۹ (Species year)	۱/۲E -۰۶	۱.۲E -۰۶(Species year)	۴/۶E -۰۴	۴/۹E -۰۴ (Species year)
	اسیدی شدن خشکی	۲/۲E -۰۴	معادل Kg (SO_2)	۵/۷E -۰۶	۱/۳E -۱۲		۱/۵E -۰۹		۵/۸E -۰۷	
	یوتریفیکاسیون آب شیرین	۶/۸E -۰۶	معادل Kg (P)	۲/۳E -۰۵	۳E -۱۳		۳/۵E -۱۰		۱/۴E -۰۷	
	یوتریفیکاسیون دریا	۱E -۰۵	معادل Kg (N)	۱/۴E -۰۶	-		-		-	
	سمیت خشکی	۳E -۰۶	معادل Kg (۱.۴-DB)	۴/۶E -۰۷	۳/۸E -۱۳		۴/۵E -۱۰		۱/۸E -۰۷	
	سمیت آب شیرین	۱/۴E -۰۴	معادل Kg (۱.۴-DB)	۳/۳E -۰۵	۳/۷E -۱۴		۴/۴E -۱۱		۱/۷E -۰۸	
	سمیت دریایی	۱/۵E -۰۴	معادل Kg (۱.۴-DB)	۶/۳E -۰۵	۱/۲E -۱۶		۱/۴E -۱۳		۵/۷E -۱۱	
	اشغال زمینهای کشاورزی	۹/۲E -۰۴	M^2a	۱/۷E -۰۷	۱E -۱۱		۱/۲E -۰۸		۴/۸E -۰۶	
	اشغال زمینهای شهری	۷/۴E -۰۴	m^2a	۹/۶E -۰۷	۱/۴E -۱۱		۱/۷E -۰۸		۶/۷E -۰۶	
	تغییر کاربری زمین	۱/۴E -۰۵	m^2	۱/۱E -۰۶	۲/۳E -۱۱		۲/۷E -۰۸		۱/۱E -۰۵	
منابع	تهی شدن منابع آبی	۱/۳E -۰۳	m^3	۰.۰E +۰۰	-	۲E -۰۱ ($)	-	۱/۹E -۰۳($)	-	۱/۹E -۰۲($)
	تهی شدن منابع فلزت	۲/۳E -۰۳	معادل Kg (آهن)	۵/۱E -۰۶	۱/۶E -۰۴		۷/۴E -۰۹		۱/۵E -۰۶	
	تهی شدن منابع فسیلی	۱/۳E -۰۲	معادل Kg (سوخت)	۹/۳E -۰۶	۲E -۰۱		۹/۲E -۰۶		۱/۸E -۰۳	

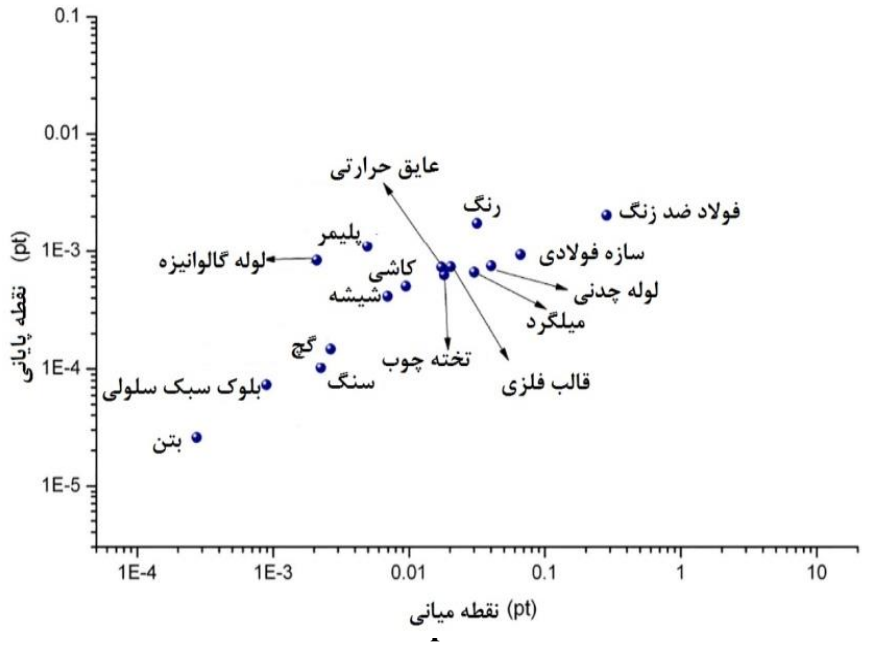
جدول ۳. درصد مصالح مصرفی در پروژه مورد مطالعه

Table. 3. Percentage of materials used in the study project

مصالح	٪ سهم در ساخت وساز	پایگاه داده	واحد عملکردی(kg)
بتن	٪۲۵	Ecoinvent	۱*
بلوک سبک سلولی	٪۱۰	Ecoinvent	۱
سنگ	٪۴	Ecoinvent	۱
گچ	٪۲	Ecoinvent	۱
فولادگالوانیزه	٪۸	US LCI	۱
پلیمر	٪۱.۵	Ecoinvent	۱
کاشی	٪۷	Ecoinvent	۱
شیشه	٪۲	Ecoinvent	۱
عایق حرارتی	٪۱	Ecoinvent	۱
رنگ	٪۱	Ecoinvent	۱
میلگرد	٪۲۰	Ecoinvent	۱
قالب فلزی	٪۵	Ecoinvent	۱
لوله چدنی	٪۳	Ecoinvent	۱
فولاد سازه ای	٪۵	Ecoinvent	۱
فولاد ضدزنگ	٪۴	Ecoinvent	۱
تخته چوب	٪۱	Ecoinvent	۱
جمع کل	٪۹۹.۵	-	۱

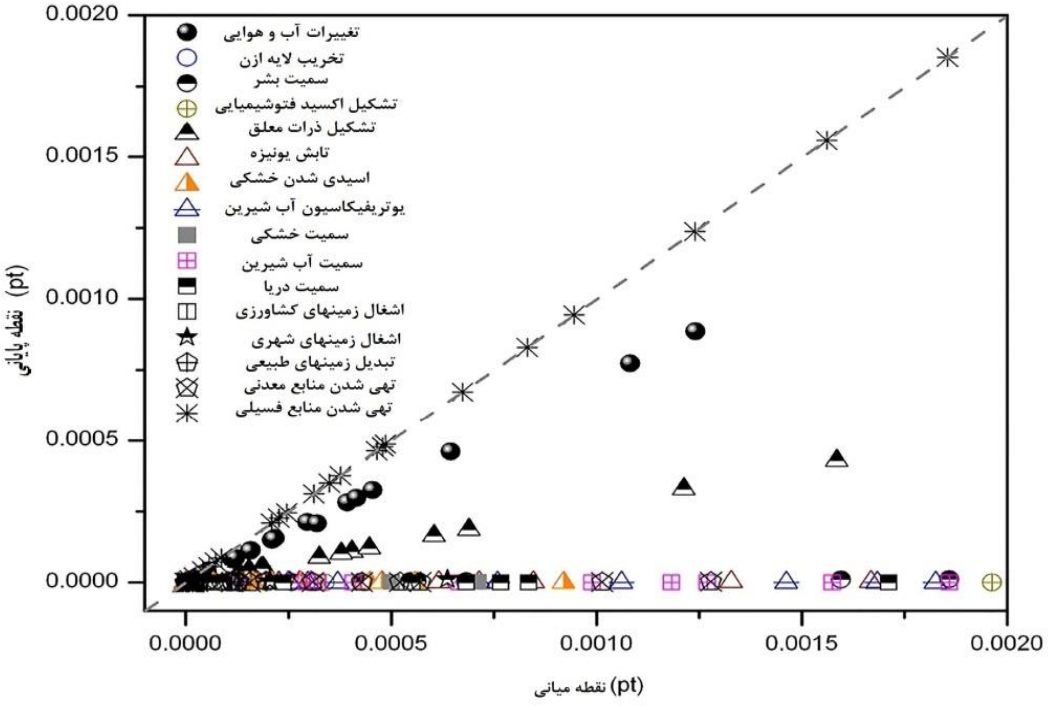
عملکرد زیست محیطی ۱۶مصالح مصرفی ذکر شده در این پروژه در دو عملکرد میانی و پایانی با یکدیگر مقایسه شدند(شکل ۳) نتایج نشان داد این دو عملکرد بصورت خطی همبستگی دارند. سازگاری بین دو رویکرد در دسته بندی اثرات تعجب آور نیست زیرا ReCiPe یک روش هماهنگ است که رویکردنقطه پایانی آن براساس نقطه میانی توسعه یافته است. سپس نتایج نرمال سازی مصالح مصرفی در دو رویکرد با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت (شکل۴) نتایج نشان داد به طور کلی نقطه میانی با نقطه پایانی موافق است اما هیچ رابطه آشکاری بین نتایج نقاط میانی و پایانی از نظر رتبه بندی دسته های اثرات وجود ندارد اگر چه اختلاف نظرهایی در این موارد وجود دارد. به عنوان مثال نمره نرمال رنگ بیشتر از ساختار فولاد در نقطه پایانی است در حالی که نتایج میانی دو ماده در یک جهت معکوس قرار گرفته است علت این است که نمره نرمال سازی ساختار فولاد در نقطه میانی تحت تاثیر سمیت دریایی، سمیت محیط زیستی آب های شیرین و تهی شدن منابع فلزی قرار گرفته است.

یک گام دیگر در این پژوهش مقایسه سهم دو مصالح پر مصرف بتن و فولاد بر اثرات کل محیط زیستی با استفاده از رویکردهای نقطه میانی و نقطه پایانی است (شکل ۵). نتایج نشان داد که سهم بتن در نقطه پایانی بیشتر از نقطه میانی است. در مقابل ، فولاد اثرات زیست محیطی بیشتری در نقطه میانی نسبت به نقطه پایانی دارد. به همین دلیل تغییرات آب و هوایی (شکل ۴) در نقطه پایانی در ردیف بالا قرار دارد در حالی که در نقطه میانی در



شکل ۳. مقایسه عملکرد زیست محیطی مصالح انتخاب شده براساس نتایج نرمالسازی (واحد عملکردی: ۱ کیلوگرم)

Fig. 3. Comparison of the total environmental performance of the selected materials based on normalization results (functional unit: 1 kg)



شکل ۴. همبستگی نتایج نرمال سازی مصالح انتخابی بین روشهای نقطه میانی و نقطه پایانی(واحد عملکردی: ۱ کیلوگرم)

Fig. 4. Correlation of normalization results of the selected materials between the midpoint and endpoint approaches (functional unit: 1 kg)

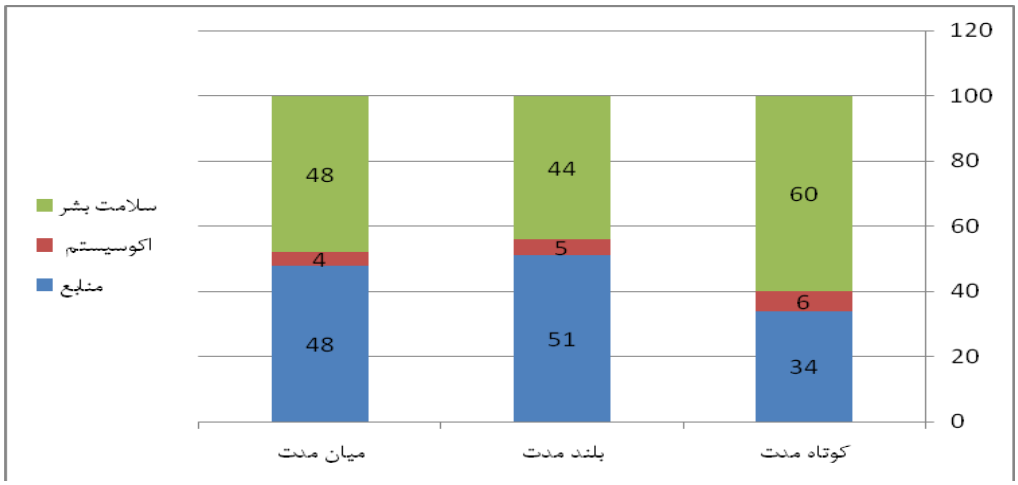
شکل ۵. تجزیه و تحلیل سهم اثرات زیست محیطی برای دو مصالح ساختمانی پر مصرف در پروژه موردمطالعه

Fig. 5. The contribution analysis of the environmental impact of materials(concrete-steel) of the case building using midpoint and endpoint

ردیف پایین قرار گرفته است که علت آن مربوط به سهم بیشتر بتن در نقطه پایانی است. همانطور که در (جدول ۳) ذکر شد بتن به عنوان اصلی ترین مصالح در اثرات زیست محیطی یک ساختمان برآورد شده است ، در حالی که در (شکل ۵) فولاد سهم بیشتری در اثرات دارد. به این دلیل که در (جدول ۱) انواع فولاد را به میلگرد ، فولاد گالوانیزه ، فولاد سازه ای و فولاد ضد زنگ تقسیم شده است ، در حالی که (شکل ۵) اثرات جمع شده انواع فولاد را در نظر می گیرد. نتایج در (شکل ۴ و ۵)نشان می دهد که قبل از انجام تجزیه و تحلیل ارزیابی اثرات چرخه حیات باید دقت لازم انجام شود زیرا تفسیر بر اساس نتایج نقطه میانی و نقطه پایان می تواند بسیار متفاوت باشد.

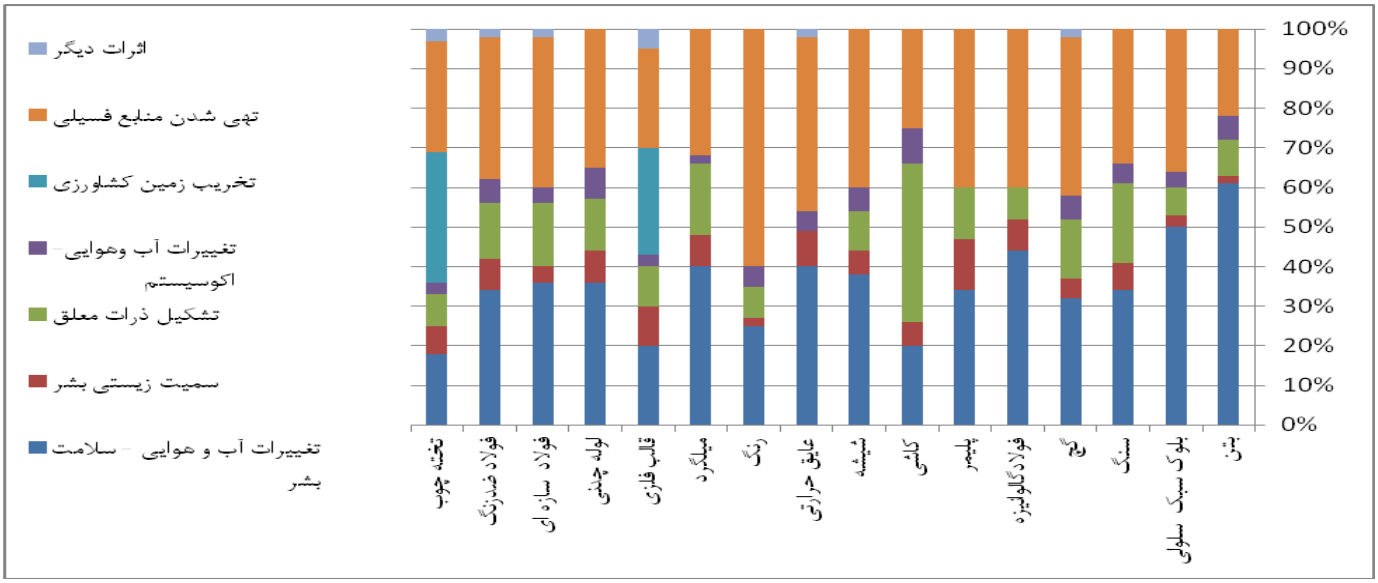
همانطور که در استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ اشاره شده است که هیچ پایه علمی برای وزن دهی موجود نیست. امروزه متد برای تعریف عوامل وزن دهی همچنان بحث برانگیز است زیرا روشهای مختلف ارزیابی اثرات چرخه حیات ممکن است متدهای متمایزی را برای تعیین کمیت عوامل وزنی در نظر بگیرند برای مثال در روش Eco-indicator ۹۹ عوامل وزن دهی از طریق یک پانل نظرسنجی با ۳۶۵ فرد کارشناس ایجاد شده است [۳۴] در ژاپن روش ارزیابی اثرات چرخه حیات (LIME) با تجزیه و تحلیل مشترک بر اساس ۱۰۰۰ پاسخ ، عوامل وزنی را در نسخه دوم این روش توسعه داده است [۳۵].

در روش ReCiPe فاکتورهای وزن دهی با متدی مشابه با روش CML[۱] تعیین می شوند. در این روش وزن دهی در سطح دسته بندی اثرات ارائه نشده است بلکه فقط برای دسته های آسیب در نقطه پایانی تعریف شده است. رویکرد نقطه پایانی عوامل وزنی را درسه دیدگاه زمانی(کوتاه مدت ، میان مدت ، بلند مدت) تعریف کرده است. در این پژوهش در نقطه پایانی از عوامل وزنی میان مدت به دلیل مقطعی بودن پروژه استفاده شده است. همانطور که در(شکل ۶) مشاهده شده است .امتیاز اثرات زیست محیطی در مقطع زمانی کوتاه مدت بیشترین اثرات را برروی سلامت بشر وکمترین اثرات را برروی منابع نسبت به بقیه روشها دارد در نتیجه روش های نقطه میانی و پایانی می تواندمنجر به نتایج متفاوت شوند . نتیجه گیری کلی در این تحقیق پس از مقایسه رویکردهای نقطه میانی و پایانی با استفاده از روش ReCiPe نشان داد نتایج نقطه میانی جامع هستند در حالی که نتایج نقطه پایانی مختصر هستند ولی رویکرد نقطه پایانی می تواند اطلاعات بیشتری ازآسیب های زیست محیطی را ارائه می دهد به همین دلیل نتایج نهایی این مطالعه موردی در نقطه پایانی با یکدیگر مقایسه شدند . نتایج نقطه پایانی در این مطالعه نشان داد در بین مصالح مصرفی بیشترین اثرات زیست محیطی را بر تغییرات آب و هوایی مربوط به مصرف بتن ، بلوک سبک سلولی ، میلگرد می باشد. (شکل ۷)



شکل ۶. مقایسه سهم اثرات در نقطه پایانی از سه دیدگاه براساس امتیاز واحد در پروژه مطالعه موردی

Fig. 6. Comparison of the contribution of impacts at the end point from three perspectives based on a single score in the case study project



شکل ۷. مشارکت دسته بندی اثرات براساس امتیاز نقطه پایانی

Fig. 7. Contributions from impact categories based on Endpoint single score in the case study project

۳- ۶- تفاوت بین نقطه میانی و نقطه پایانی

نتایج این مطالعه نشان می دهد که اگر رتبه بندی مصالح ساختمانی برای یک گروه منفرد محاسبه شود رویکرد نقطه میانی و نقطه پایانی در روش ReCiPe سازگار خواهد بود. در نقطه پایانی ، کاهش منابع فسیلی ، تغییرات آب و هوا و تشکیل ذرات معلق با استفاده از مقدار زیادی از عوامل نرمال‌سازی ترکیبی بیشترین اثرات را شامل می شوند. در حالی که در نقطه میانی ، مقوله های سمیت اهمیت بیشتری پیدا کرده است که این می تواند منجر به سوق دادن نتایج به سمت نظرات شخصی شود گویی وقتی یکی از گزینه ها مورد پسند قرار می گیرد رویکرد با بهترین نتایج برای این گزینه می تواند به انتخاب تبدیل شود. مثلا هنگام انتخاب مصالح براساس نقطه میانی ، آلودگی سمیتهای زیست محیطی بعنوان اثرات زیست محیطی مهم شناخته شود ،در این هنگام پیمانکار ممکن است رویکرد نقطه پایانی را برای کاهش اثرات زیست محیطی ترجیح دهد. برای جلوگیری از هرگونه اتخاذ ذهنی رویکردهای نقطه میانی و نقطه پایانی پیشنهاد می شود که بر اساس الزامات مندرج درایزو ۱۴۰۴۰علاوه بر برآورد امتیاز اثرات براساس یکی از روشهای ارزیابی اثرات چرخه حیات ، اثرات در دسته بندی های مجزا نیز ارائه شود. در روش ReCiPe هنگام استفاده از رویکردهای نقطه میانی و نقطه پایانی ، رتبه بندی دسته های اثرات می تواند بسیار متفاوت باشد. هنگام مقایسه اهمیت دسته های اثرات ، اگر تقاضای خاصی در مورد ارزیابی خسارت وجود نداشته باشد ، رویکرد نقطه میانی پیشنهاد می شود ، زیرا رویکرد نقطه میانی میتواند نتایج قابل اطمینان تری ایجاد کند.اگر از نتایج توصیف نقطه پایانی استفاده شود ، نتایج توصیف نقطه میانی نیز باید به عنوان مرجع ارائه شود. اگر از امتیاز کل نقطه پایانی استفاده می شود ، باید مطابق با استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰بدون استفاده از وزن دهی با نتایج نقطه میانی تکمیل شود [۵].

وقتی از ارزیابی چرخه حیات برای شناسایی نقاط حساس استفاده می شود می تواند مشکلاتی ایجاد شود. به عنوان مثال ، سهم بتن در نقطه پایانی بیشتر از نقطه میانی است. (شکل ۵) برای کاهش اثرات زیست محیطی یک ساختمان مسکونی ، پیمانکار ممکن است در صورت ارجاع امتیاز نهایی مایل باشد از جایگزینی سیمان برای بتن استفاده کند. برای حل این مشکل ، ارزیان ارزیابی چرخه حیات باید دسته بندی اثرات مهم را به روشنی در مرحله تعریف هدف و دامنه تعریف کنند. به عبارت دیگر ، باید مشخص شود که نقاط حساس در چه دسته بندی های شناسایی می شوند. بر اساس نتایج این مطالعه برای ساخت و ساز ساختمانهای مسکونی در تهران ، دسته بندی اثرات زیست محیطی مربوط به تغییرات آب و هوایی و مصرف انرژی حائز اهمیت شناخته شدند در نتیجه می توان از میزان تغییر ات آب و هوایی و مصرف انرژی مصالح مصرفی برای شناسایی نقاط حساس استفاده کرد.

همانطور که در استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ اشاره شده است ، وزن دهی براساس گزینه های ارزشی و بدون هیچ پایه علمی انجام می شود. نتایج در این مطالعه نشان می دهد که عوامل وزنی می توانند امتیاز واحد ساختمان مورد مطالعه را تغییر دهند. اگر دسته های آسیب به طور مساوی وزن دهی شوند در نتیجه امتیاز واحد بیشتر می شود [۵].

همانطور که در بالا بحث شد نقطه میانی قابل اطمینان تر است در حالی که نقطه پایانی می تواند به عدم اطمینان بیشتری منجر شود. به نظر می رسد اجرای نقطه میانی برای بیشتر موارد یک انتخاب عاقلانه است. با این حال ، رویکرد نقطه پایانی دارای مزایایی است زیرا می تواند با در نظر گرفتن آسیب ، نتایج قابل فهم‌تری را ارائه دهد. هنگامی که ارزیابی چرخه حیات زیست محیطی با ارزیابی چرخه حیات هزینه [۳۶] و ارزیابی چرخه حیات اجتماعی [۳۷] ، برای ارزیابی پایداری چرخه حیات [۳۸] ادغام شود ، باید اجرای رویکرد نقطه پایانی مد نظر قرار گیرد .همچنین از شاخص سلامت بشر می توان مستقیماً برای ارزیابی اثرات اجتماعی استفاده کرد. علاوه بر این ، واحد منابع مبتنی بر واحد پول‌ی است ، بنابراین نتیجه منابع می تواند به عنوان عوامل خارجی جایگزین چرخه حیات هزینه شود.

باید توجه داشت که بحث فوق بر اساس روش ReCiPe است. برای مطالعات ارزیابی چرخه حیات با استفاده از روش های دیگر مانند CML ، Eco-indicator ۹۹ ، TRACI و... وضعیت می تواند متفاوت باشد. به عنوان مثال ، اگر از CML به عنوان روش نقطه میانی و یا ازروش Eco-indicator ۹۹ به عنوان روش نقطه پایانی استفاده شود ، نتایج در سطح ارائه ویژگی ها متفاوت و غیر قابل مقایسه خواهند بود. اگر در مطالعه ارزیابی چرخه حیات هر دو نتیجه نقطه میانی و پایانی برای ارزیابی اثرات مد نظر باشد روشی مانند ReCiPe اکیداً توصیه می شود.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه از تجزیه و تحلیل رگرسیونی به منظور مقایسه روش های متفاوت ارزیابی اثرات چرخه حیات استفاده شده است.. بر مبنای تجزیه و تحلیل روشهای مختلف روش ReCiPe بدلیل پوشش جامع از دسته بندی اثرات و به روز بودن اطلاعات و در دسترس بودن عوامل نرمال سازی در مقیاس جهانی و شباهت به روش پایه CML [۱] برای استفاده در این مطالعه

انتخاب شده است . رویکردهای نقطه میانی و نقطه پایانی می توانند ارزیابی را در سطوح مختلف ارائه دهد که منجر به تفسیرهای متمایز می شود .این مطالعه با تجزیه و تحلیل ۱۶ مصالح ساختمانی برای یک ساختمان مسکونی در حال ساخت اجرای رویکردهای نقطه میانی و نقطه پایانی را در روش ReCiPe بررسی کرده است.

نتیجه گیری های این مطالعه نشان داد:

ضرایب همبستگی بین هشت روش انتخاب شده برای دسته بندی تغییرات آب و هوایی، اسیدی شدن، کاهش انرژی، وتخریب لایه ازن سازگار می باشد. با این حال نتایج برای گروه های سمیت بسیار متفاوت است.

عدم توافق در روش های ارزیابی اثرات چرخه حیات در بسیاری از جنبه ها از قبیل اختلاف نظر در دسته بندی، واحد ناسازگار، اختلاف در عوامل ویژگی سازی و غیره وجود دارد.

رویکرد نقطه میانی با وجود تفسیر دشوار نتایج قادر به ارائه تجزیه و تحلیل برای مجموعه ای از دسته های اثرات است اما رویکرد نقطه پایانی شامل ارزیابی خسارت است و عدم اطمینان بیشتری را به نتایج وارد می کند. به طور کلی رویکرد نقطه میانی ترجیح داده می شود زیرا می تواند ارزیابی قابل اعتمادی را ارائه دهد ، در حالی که رویکرد نقطه پایانی با درجه بالاتری از تفسیر ، اطلاعات اضافه تری از آسیب را ارائه می دهد.

در ReCiPe دو رویکرد نقطه میانی و پایانی می تواند به تفسیرهای مختلف منجر شود. در مطالعه موردی یک ساختمان مسکونی در تهران نتایج نشان داد سهم بتن در رویکرد نقطه پایانی به دلیل ارزش بالا فاکتور تغییرات آب و هوایی (سلامت انسان) بیشتر است. از نظر وزن دهی ، هنگام استفاده از فاکتورهای مختلف وزنی ، امتیاز منفرد و مشارکت در گروه های آسیب ممکن است متفاوت باشد.

این روش می تواند کمکی برای طراحان پروژه باشد تا با تفسیر نتایج حاصل از دو روش قبل از اجرای پروژه اثرات زیست محیطی چرخه حیات ساختمان را شناسایی کرده و نتایج را در اختیار سازنده بگذارند تا با انتخاب مصالح دوستدار محیط زیست در راستای توسعه ساختمان های پایدار گامی برداشته شود .

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهرداری تهران برای حمایت مالی از این طرح تشکر و قدردانی می شود. [شماره کمک هزینه ۱۳۷/۷۱۹۰۶]

۵- فهرست علائم

علائم انگلیسی

$\bar{X}$ نشان دهنده میانگینx

$\bar{Y}$ نشان دهنده میانگینy

N نشان دهنده تعداد زوج عوامل خصوصیات

منابع

[1] Q.W. Song, Z. Li, Yaun,W. , Life cycle assessment of desktop PCs in Macau, Int J Life Cycle Assess, 18 (2013) 553–566.

[2] Y.H. Yang, R, On the use of different models for consequential life cycle assessment, The International Journal of Life Cycle Assessment, (23) (2017) 751–758.

[3] UNEP, The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer [Online], in, 2014.

[4] P.J. Monahan J, An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: a case study using a life cycle assessment framework, Energy Build, 43 (2011) 17-88.

[5] ISO, ISO 14040 International Standard. In: Environmental Management – Life Cycle Assessment - Principles and Framework. Geneva, Switzerland : International Organization for Standardization, 2015.

[6] J. Guinee, Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO standards Center of Environmental Science - Leiden University (CML). , (2001).

[7] M. Goedkoop, Demmers. The eco-indicator 95, PRé Consultants, (1995).

[8] R.B. Hischier, I, LCA study of a plasma television device, Int J Life Cycle Assess 15 (2010) 428–438.

[9] H.M.A.J. Hauschild M.Z., Introducing Life Cycle Impact Assessment. In: Hauschild M., Huijbregts M. (eds) Life

of metals on human health: a comparison between nine different methodologies for Life Cycle Impact Assessment(LCIA). , Journal of Cleaner Production, 19 (2011) 646-656.

[21] L.C.N. Dreyer, A. L. & Hauschild, M. Z, Comparison of three different LCIA methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99. , The International Journal of Life Cycle Assessment, 8 (2003) 191-200.

[22] H.F. Monteiro, Life-cycle assessment of a house with alternative exterior walls: Comparison of three impact assessment methods., Energy and Building 47 (2011) 572583.

[23] S. Renou, Givaudan, J.G., Poulain, S., Dirassouyan, F. and Moulin, P, Landfill leachate treatment: Review and opportunity, Journal of hazardous materials, 150(3) (2008) 468-493.

[24] D.E. Huntzinger, T. , A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies., Journal of Cleaner Production, 17 (2009) 668-675.

[25] A. Hussien, A. Abdeen, E. Mushtaha, N. Jannat, A. Al-Shammaa , SH. Bin Ali, S. Assi , D. Al-Jumeily, A statistical analysis of life cycle assessment for buildings and buildings' refurbishment research, j. Ain Shams Engineering., 14(10) (2023) 102143.

[26] F. CX. Chen, Pierobon, S.Jones, I. Maples, Y. Gong, I. Ganguly. , Comparative Life Cycle Assessment of Mass Timber and Concrete Residential Buildings: A Case Study in China., Sustainability., 14(1) (2022) 144.

[27] O.C. Cvalett, M.Seabra , J. Bonomi,A., omparative LCA of ethanol versus gasoline in Brazil using different LCIA methods., The International Journal of Life Cycle Assessment (2012) 18647–18658.

[28] P. BojarskiL, SzybinskaA,DrabM,Skibinska-KijekA,Gruszczynska-BiegalaJ,etal, Presenilin dependent texpression of STIM protein sandy's regulation of capacitative Ca2+ entry in familia lAl zheimer'sdisease, BiochimicaetBiophysicaActa, 1793 (2009) 1050–1057.

[29] I.S.K.S.H. C, Life cycle assessment of cubic boron Cycle Impact Assessment. LCA Compendium – The Complete World of Life Cycle Assessment. Springer, Dordrecht. , (2015).

[10] O.M. Jolliet, M. Charles, R. Humbert, S.Payet, J. Rebitzer,G. & Rosenbaum, R, IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology. , The International Journal of Life Cycle Assessment, 8 (2003) 324-330.

[11] M.H. Goedkoop, R. Hujbregts, M. Schryer, A. Struijs,J. & Van ZelmE, R, ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. Report I: Characterization, First Edition., (2009).

[12] J.C. Bare, Traci, Journal of Industrial Ecology, 6 (2002) 49678.

[13] A.E.T. Landis, T. L, Comparison of life cycle impact assessment tools in the case of biofuels. IEEE international symposium on electronics and the environment. University Of San Francisco, CA. , 2008.

[14] k. Menoufi, Life cycle analysis and life cycle impact assessment methodologies: a state of the art., 2011.

[15] Q. Song, Wang, Z., Li, J. et al, The life cycle assessment of an e-waste treatment enterprise in China., J Mater Cycles Waste Manag 15 (2013) 469–475.

[16] B. Weidema, Comparing three life cycle impact assessment methods from an endpoint perspective, Journal of Industrial Ecology 19(1) (2014) 20-26.

[17] A.A. Merchan, C. , COMPARISON OF LIFE CYCLE IMPACT Aeessment Methods IN A CASE OF CROP IN NORTHERN FRANCE., in, (2014).

[18] M.Z. Rigon, R. Moraes,C. Modolo,R, Suggestion of Life Cycle Impact Assessment Methodology: Selection Criteria for Environmental Impact Categories. In book: New Frontiers on Life Cycle Assessment - Theory and Application Publisher: IntechOpen, 2019.

[19] M.S. Finkbeiner, E. Lehmann,,A , Traverso, M. , Towards life cycle sustainability assessment, Sustainability, 2 (2010) 3309-3322.

[20] M.C. Pizzol, P. Schmidt, J. & Thomsen, M. , Impacts

nitride grinding wheels, Journal of Cleaner Production, 107 (2015) 707 - 721.

[30] J.G. Bare, T. , Critical Analysis of the Mathematical Relationships and Comprehensiveness of Life Cycle Impact Assessment Approaches., Environ. Sci. Technol,, 40(4) (2005) 1104-1113.

[31] T. Khoo, singapore Water: Yesterday, Today and Tomorrow. Water Management in 2020 and Beyond, in, 2009.

[32] A.W. Sleeswijk, van Oers, L.F., Guinée, J.B., Struijs, J. and Huijbregts, M.A., Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000, Science of the total environment, 390(1) (2008) 227-240.

[33] S.M.M. T. Jafary Nasab, S.A. Jozi, H.Majedi, Environmental impacts Analysis of High-Rise Construction in Tehran, j. Mater. Environ. Sci, 11(10) (2020) 1642-1657.

[34] S.R. Goedkoop M, van Volkshuisvesting M, en Milieubeheer RO, Communicatie CD, The Eco-indicator 99: a damage oriented method for life cycle impact assessment. Ministerie van. Volkshuisvesting, Ruimtleijke Ordening en Milieubeheer, The Netherlands, 1999.

[35] S.M. Itsubo N, Kuriyama K, Inaba A., Statistical analysis for the development of national average weighting factors—visualization of the variability between each individual's environmental thoughts., Int J Life Cycle Assess 17(4) (2012) 488–498.

[36] L.K. Hunkeler D, Rebitzer G, Ciroth A, Europe S. , Environmental life cycle costing. SETAC, New York, in, 2008.

[37] UNEP, Guidelines for social life cycle assessment of products. United Nations Environmental Programme, Paris, France., in, 2009.

[38] UNEP, Towards a life cycle sustainability assessment—making informed choices on products. United Nations Environmental Programme, Paris., in, 2012.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

T. Jafary Nasab, S. M. Monavari, S. A. Jozi, H. Majedi, Investigation and analyze the methods of the life cycle assessment for High-Rise Construction in Tehran, Amirkabir J. Civil Eng., 55(7) (2023) 1449-1466.

DOI: 10.22060/ceej.2023.19310.7134

این صفحه عمداً خالی است