INSO
18141
1st.Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۸۱۴۱
چاپ اول
۱۳۹۳

مدیریت زیست‌محیطی- ارزیابی کارایی زیست‌محیطی سیستم‌های محصول- اصول، الزامات و راهنماها

Environmental management — Eco-efficiency assessment of product systems — Principles, requirements and guidelines

ICS: 13.020.60;13.020.10

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codeمورد‌نظر Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«مدیریت زیست‌محیطی- ارزیابی کارایی زیست محیطی سیستم‌های محصول- اصول، الزامات و راهنماها»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
اوحدی، افشین (کارشناس ارشد مهندسی کشاورزی)	سازمان ملی استاندارد ایران
دبیر:	
مشاور، عاطف (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت تکین ساز آزما
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ارشد، بهمن (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
بهکام، علیرضا (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت معیارگستر صدر
پورابا، مسعود (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه
تقی‌زادیه، نادر (کارشناس ارشد زمین شناسی)	آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی
رحیم اوغلی، شاهین (کارشناس مهندسی شیمی)	اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجان شرقی
روا، افشین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

زیرک‌کار، سهراب (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	سازمان عمران شهرداری تبریز
سامانی، ایوب (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت مهندسین مشاور خاک آب تحلیل
زهرا، غفاری (کارشناس مهندسی کشاورزی)	اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجان شرقی
فرشی حق رو، ساسان (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
مشک آبادی، کامبیز (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
مقدس، جعفرصادق (دکترای مهندسی شیمی)	پژوهشگاه استاندارد
موسایی، اصغر (کارشناس معماری)	آزمایشگاه عمران سنجش میزان
موسوی، محمد (کارشناس مهندسی عمران)	آزمایشگاه جهاد تحقیقات سهند
مهدیزاده، کامران (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	سازمان نظام مهندسی ساختمان استان آذربایجان شرقی
ولیزاده، وحید (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار و

۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ توصیف کلی کارایی زیست‌محیطی ۵
۵ چهارچوب روش‌شناختی ۷
۶ گزارش‌دهی و اعلان نتایج ۱۴
۷ بازنگری حیاتی ۱۵
پیوست الف (اطلاعاتی) مثال‌هایی از ارزش‌های کارکردی، پولی و سایرارزش‌ها و شاخص‌های ارزش ۱۷
پیوست ب (اطلاعاتی) مثال‌هایی از کارایی زیست‌محیطی ۱۸
پیوست پ (اطلاعاتی) منابع مورداستفاده ۴۸

پیش گفتار

استاندارد «مدیریت زیست‌محیطی– ارزیابی کارایی زیست‌محیطی سیستم‌های محصول– اصول، الزامات و راهنماها» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت تکین ساز آزما تهیه و تدوین شده است و در بیست و هفتمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد محیط‌زیست مورخ ۹۳/۲/۲۷ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 14045: 2012, Environmental management – Eco-efficiency assessment of product systems – Principles, requirements and guidelines

مدیریت زیست‌محیطی– ارزیابی کارایی زیست‌محیطی سیستم‌های محصول– اصول، الزامات و راهنماها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین اصول، الزامات و راهنماهایی برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی سیستم‌های محصول است، و موارد زیر را در بر می‌گیرد:

الف- تعریف هدف و دامنه کاربرد ارزیابی کارایی زیست‌محیطی؛

ب- ارزیابی زیست‌محیطی؛

پ- ارزیابی ارزش سیستم محصول؛

ت- کمی‌سازی کارایی زیست‌محیطی؛

ث- تفسیر (شامل تضمین کیفیت)؛

ج- گزارش‌دهی؛

چ- بازنگری حیاتی ارزیابی کارایی زیست‌محیطی.

این استاندارد، الزامات، توصیه‌ها و راهنماها برای موارد خاص از رده‌های پیامد و ارزش‌های زیست‌محیطی را در بر نمی‌گیرد و برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی کاربرد دارد. استفاده عملی از نتایج، در این استاندارد کاربرد ندارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰، مدیریت زیست‌محیطی- ارزیابی چرخه حیات- اصول و چهارچوب

۲-۲ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۴، مدیریت زیست‌محیطی- ارزیابی چرخه حیات- الزامات و راهنمایی‌ها

۲-۳ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۵۰، مدیریت زیست‌محیطی- واژه نامه

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۵۰، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۳-۱

محصول

هر کالا یا خدمتی را محصول گویند.

[به بند ۳-۱-۱۱ استاندارد ISO 14021:1999، مراجعه شود]

۳-۲

جریان محصول

عبارت است از محصولات (به بند ۳-۱ مراجعه شود) وارد شده به سیستم محصول دیگر یا خارج شده از آن.

[به بند ۳-۲۷ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰: ۱۳۸۶، مراجعه شود]

۳-۳

سیستم محصول

عبارت است از مجموعه‌ای از فرآیندهای واحد با جریان‌های اولیه و محصول(به بند ۳-۲ مراجعه شود) که یک یا چند کارکرد تعریف‌شده دارند و الگوی چرخه حیات از یک محصول (به بند ۳-۱ مراجعه شود) هستند.

[به بند ۳-۲۸ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰: ۱۳۸۶، مراجعه شود]

۳-۴

جنبه زیست‌محیطی

بخشی از فعالیت‌ها یا محصولات یا خدمات یک سازمان است که بتواند با محیط‌زیست تأثیر متقابل داشته باشد.

یادآوری- جنبه زیست‌محیطی بارز، جنبه‌ای است که پیامد زیست‌محیطی بارزی داشته یا بتواند داشته باشد.

[به بند ۳-۳ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۰۱، مراجعه شود]

۳-۵

عملکرد زیست‌محیطی

عبارت است از نتایج قابل اندازه‌گیری مرتبط با جنبه‌های زیست‌محیطی (به بند ۳-۴ مراجعه شود).

۳-۶

کارایی زیست‌محیطی

عبارت است از جنبه پایداری که عملکرد زیست‌محیطی (به بند ۳-۵ مراجعه شود) یک سیستم محصول (به بند ۳-۳ مراجعه شود) را به ارزش سیستم محصول آن (به بند ۳-۷ مراجعه شود)، مرتبط می‌کند.

۷-۳

ارزش سیستم محصول

عبارت است از ارزش یا مطلوبیت اختصاص یافته به یک سیستم محصول (به بند ۳-۳ مراجعه شود).

یادآوری- ارزش سیستم محصول ممکن است جنبه‌های مختلفی از جمله کارکردی، مالی، زیباشناختی و غیره را در بر گیرد.

۸-۳

شاخص ارزش سیستم محصول

کمیت عددی که بیانگر ارزش سیستم محصول است (به بند ۳-۷ مراجعه شود).

یادآوری- برای تبیین شاخص ارزش سیستم محصول انواع مختلفی از واحدها نظیر واحدهای فیزیکی و مالی یا درجه‌بندی‌ها و رتبه‌بندی‌های مرتبط می‌تواند به کار رود.

۹-۳

شاخص کارایی زیست‌محیطی

مقیاسی است که عملکرد زیست‌محیطی (به بند ۳-۵ مراجعه شود) یک سیستم محصول (به بند ۳-۳ مراجعه شود) را به ارزش سیستم محصول آن (به بند ۳-۷ مراجعه شود)، مرتبط می‌کند.

۱۰-۳

نمایه[1] کارایی زیست‌محیطی

نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی (به بند ۳-۶ مراجعه شود)، نتایج ارزیابی پیامد چرخه‌حیات را به نتایج ارزیابی ارزش سیستم محصول (به بند ۳-۷ مراجعه شود) مرتبط می‌کند.

۱۱-۳

عامل وزن‌دهی[2]

عامل <کارایی زیست‌محیطی> برگرفته از یک مدل وزن‌دهی است که برای تبدیل نتایج دارایی چرخه‌حیات مشخص، نتایج شاخص رده پیامد چرخه حیات یا شاخص ارزش سیستم یک محصول به واحد رایجی از شاخص وزن‌دهی به کار می‌رود.

۱۲-۳

تجزیه و تحلیل حساسیت

عبارت است از روش‌های اجرایی نظام‌مند برای برآورد اثرات انتخاب‌هایی که با توجه به روش‌ها و داده‌های حاصل از مطالعه صورت گرفته است.

[به بند ۳-۳۱ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰: ۱۳۸۶، مراجعه شود]

1- Profile
2- Weighting

۱۳-۳

تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت

عبارت است از روش اجرایی نظام‌مند برای کمی‌سازی عدم‌قطعیت وارد شده در نتایج یک تجزیه و تحلیل دارایی چرخه‌حیات و یا ارزیابی ارزش سیستم محصول، ناشی از اثرات تجمعی عدم دقت الگو و عدم قطعیت درونداد[1] و تغییرپذیری داده‌ها.

یادآوری- دامنه تغییرات یا توزیع قابلیتات برای تعیین عدم قطعیت در نتایج استفاده می‌شوند.

[به بند ۳-۳۳ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰: ۱۳۸۶، مراجعه شود]

۱۴-۳

فرآیند واحد

کوچکترین عنصر مورد نظر در تجزیه و تحلیل دارایی چرخه حیات یا ارزیابی ارزش سیستم محصول برای داده‌های ورودی و خروجی که قابل کمی‌سازی هستند.

[به بند ۳-۳۴ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰: ۱۳۸۶، مراجعه شود]

۱۵-۳

بازنگری حیاتی[2]

عبارت است از فرآیند <کارایی زیست محیطی> به منظور تضمین سازگاری بین ارزیابی کارایی زیست‌محیطی (به بند ۳-۱ مراجعه شود) و اصول و الزامات استانداردهای ملی و بین‌المللی در خصوص ارزیابی کارایی زیست‌محیطی.

[به استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰: ۱۳۸۶، مراجعه شود]

۱۶-۳

اظهاریه مقایسه‌ای کارایی زیست‌محیطی

عبارت است از ادعای کارایی زیست‌محیطی(به بند ۳-۶ مراجعه شود) مبنی بر مزیت یا برابری یک محصول (به بند ۳-۱ مراجعه شود) نسبت به محصول رقیبی که همان کارکرد را دارد.

یادآوری- این تعریف، الزامات استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۴ درباره اظهاریه مقایسه‌ای را مورد تفسیر، تغییر یا عدول قرار نمی‌دهد.

1- Input
2- Critical review

۴ توصیف کلی کارایی زیست‌محیطی

۴-۱ اصول کارایی زیست‌محیطی

۴-۱-۱ کلیات

موارد زیر اصول اساسی بوده و به عنوان راهنما برای تصمیمات مربوط به طرح‌ریزی و اجرای یک ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به کار می‌روند.

۴-۱-۲ دیدگاه چرخه‌حیات

ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، کل چرخه‌حیات از استخراج و حصول ماده خام، تولید انرژی و ساخت ماده تا کاربرد و رفتار در پایان طول‌عمر و وارهایی[1] نهایی را در نظر می‌گیرد. از طریق چنین دیدگاه نظام‌مندی، تغییرمکان پیامد بالقوه میان مراحل چرخه حیات یا فرآیندهای مجزا می‌تواند با یک دید کلی نسبت به کارایی زیست محیطی مورد شناسایی و ارزیابی قرار گیرد.

۴-۱-۳ رویکرد به‌هم پیوسته[2]

ارزیابی کارایی زیست‌محیطی یک فن به‌هم پیوسته است. مراحل مجزای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی(به شکل۱ مراجعه شود) از نتایج سایر مراحل استفاده می‌کند. رویکرد به‌هم پیوسته در داخل و بین مراحل به جامعیت و سازگاری ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و نتایج گزارش‌شده کمک می‌کند.

۴-۱-۴ شفافیت

به خاطر پیچیدگی ذاتی ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، شفافیت یک اصل راهنمای مهم در اجرای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به منظور حصول اطمینان از تفسیر مناسب نتایج است.

۴-۱-۵ جامعیت

ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، تمامی ویژگی‌ها و جنبه‌های زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول را در نظر می‌گیرد. با در نظرگیری تمامی ویژگی‌ها و جنبه‌ها در چهارچوب ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، تبادل‌های قابلیتی را می‌توان مورد شناسایی و ارزیابی قرار داد.

۴-۱-۶ برتری رویکرد علمی

تصمیمات در چهارچوب ارزیابی کارایی زیست‌محیطی ترجیحاً مبتنی بر داده‌های علمی، روش‌شناسی و سایر شواهد هستند. اگر این موضوع امکان‌پذیر نباشد، بهتر است تصمیمات دایر بر پیمان‌های بین‌المللی را مورد استفاده قرار داد. اگر مبنای علمی موجود نباشد و نتوان به پیمان‌های بین‌المللی مراجعه کرد، در آن صورت امکان دارد تصمیمات مبتنی بر انتخاب‌های ارزش باشند.

1- Disposal
2- Iterative

۲-۴ مراحل یک ارزیابی کارایی زیست‌محیطی

ارزیابی کارایی زیست‌محیطی شامل پنج مرحله زیر است:

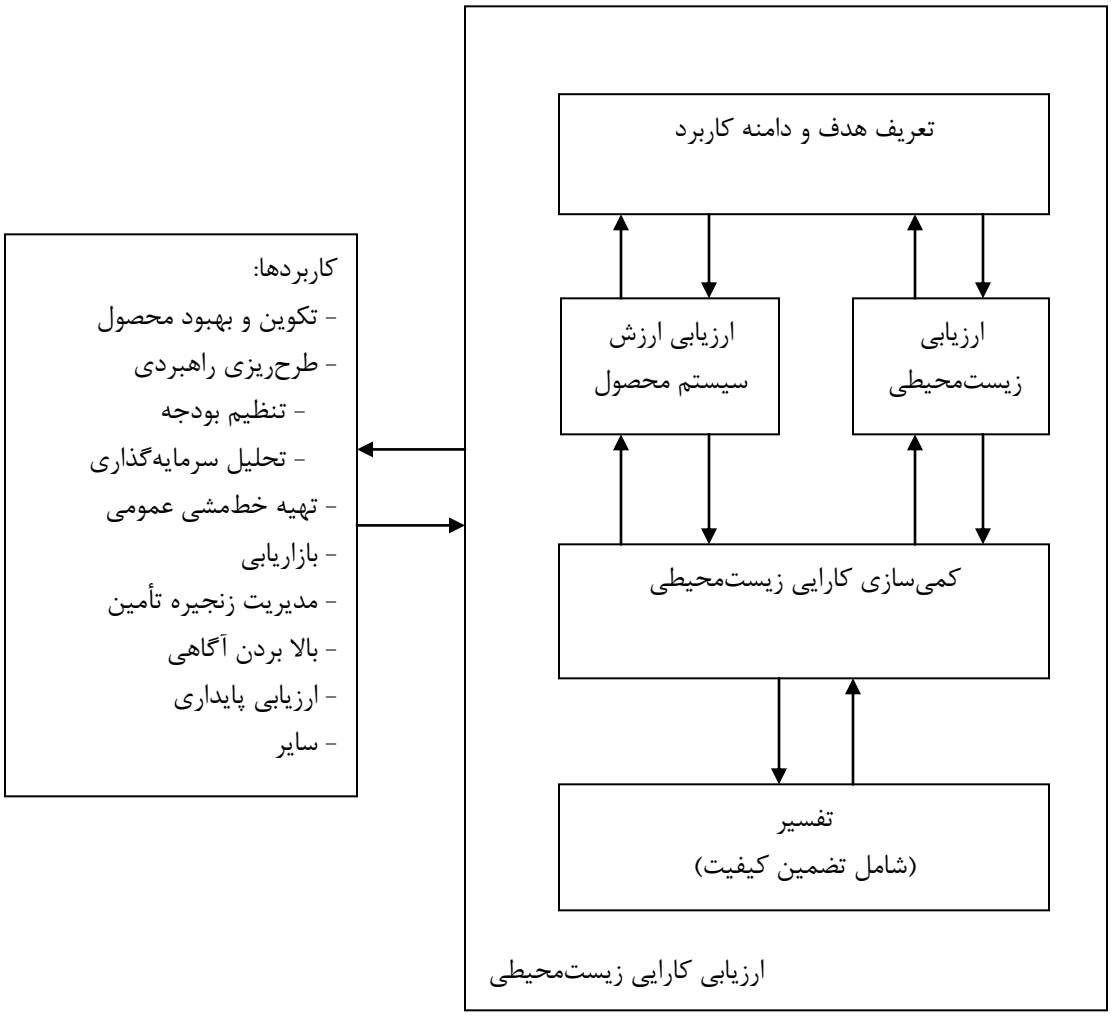
الف- تعریف هدف و دامنه کاربرد (شامل مرزهای سیستم، تفسیر و محدودیت‌ها)؛

ب- ارزیابی زیست‌محیطی؛

پ- ارزیابی ارزش سیستم محصول؛

ت- کمی‌سازی کارایی زیست‌محیطی؛

ث- تفسیر (شامل تضمین کیفیت).



شکل ۱- مراحل ارزیابی کارایی زیست‌محیطی

۴-۳ جنبه‌های کلیدی ارزیابی کارایی زیست‌محیطی

ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی یک سیستم محصول در ارتباط با ارزش آن است.
کارایی زیست‌محیطی، یک ابزار عملی برای مدیریت جنبه‌های زیست‌محیطی و ارزش، به موازات هم است.
نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به سیستم محصول مربوط می‌شود، نه خود محصول. یک محصول به‌خودی‌خود نمی‌تواند از نظر زیست‌محیطی کارا باشد، بلکه سیستم محصول که شامل تولید، کاربرد، وارهایی یعنی چرخه کامل حیات است، می‌تواند چنین باشد. همچنین کارایی زیست‌محیطی یک مفهوم نسبی است و یک سیستم محصول تنها در ارتباط با سیستم محصول دیگر از نظر زیست‌محیطی کارآمدتر یا ناکارآمدتر تلقی می‌شود.

۵ چهارچوب روش‌شناختی

۵-۱ الزامات کلی

ارزیابی‌های کارایی زیست‌محیطی باید شامل تعریف هدف و دامنه کاربرد، ارزیابی زیست‌محیطی، ارزیابی ارزش سیستم محصول، کمی‌سازی کارایی زیست‌محیطی و تفسیر باشد.

۵-۲ تعریف هدف و دامنه کاربرد (شامل مرزهای سیستم، تفسیر و محدودیت‌ها)

۵-۲-۱ مرور کلی الزامات

۵-۲-۱-۱ در تعریف هدف، موارد زیر را باید مورد نظر قرار داده و به وضوح تشریح نمود:

الف- هدف از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی؛

ب- مخاطبان مورد نظر؛

پ- استفاده مورد نظر از نتایج.

۵-۲-۱-۲ در تعریف دامنه کاربرد، موارد زیر را باید مورد نظر قرار داده و به وضوح تشریح نمود:

الف- سیستم محصول مورد مطالعه؛

ب- کارکرد و واحد کارکردی؛

پ- مرز سیستم محصول؛

ت- تخصیص به سیستم‌های بیرونی؛

ث- روش ارزیابی زیست‌محیطی و انواع پیامد؛

ج- روش ارزیابی ارزش و نوع ارزش سیستم محصول؛

چ- انتخاب شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی؛

ح- تفسیر مورد استفاده؛

خ- محدودیت‌ها؛

د- گزارش‌دهی و بیان نتایج.

۵-۲-۲ سیستم محصول مورد ارزیابی

سیستم محصول باید توسط نام و مقیاس، موقعیت، زمان و ذینفعان اصلی که دخیل هستند، تعریف شود.

۵-۲-۳ کارکرد و واحد کارکردی

دامنه کاربرد ارزیابی کارایی زیست‌محیطی باید به وضوح کارکردهای (ویژگی‌های عملکردی) سیستم محصول مورد مطالعه را تعیین کند. واحد کارکردی باید مطابق با هدف و دامنه کاربرد ارزیابی کارایی زیست‌محیطی تعریف شود.

۵-۲-۴ مرز سیستم

مرز سیستم باید همان طوری که در استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۴ مشخص شده است، تعریف شود.

مرز سیستم باید برای ارزیابی زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول، یکسان باشد.

۵-۲-۵ تخصیص به سیستم‌های بیرونی

تخصیص به سیستم‌های مجاور خارج از مرز سیستم باید تعریف شود و اصول تخصیص به‌کار رفته باید تشریح شود.

۵-۲-۶ روش ارزیابی زیست‌محیطی و انواع پیامدها

جریان‌های اولیه، معیارهای گسیختگی[1]، قواعد تخصیص، رده‌های پیامد، شاخص‌های رده، مدل‌های تعیین خصوصیات و روش‌های وزن‌دهی که نشان‌دهنده جنبه زیست‌محیطی در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی هستند، باید مشخص شوند. انتخاب موارد بالا باید مطابق با هدف ارزیابی باشد.

استثنائات قائل شده برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی باید توصیف و توجیه شوند.

۵-۲-۷ ارزش سیستم محصول

ذینفعان مختلف برای یک سیستم محصول ممکن است با ارزش های متفاوتی مواجه شوند. برای نمونه، ارزش سیستم محصول برای مصرف کننده ممکن است متفاوت از ارزش سیستم محصول برای تولید کننده و سرمایه‌گذار، باشد.

ارزش(های) ذینفعان، نوع ارزش(ها) و روش‌های به‌کار رفته برای تعیین ارزش(های) سیستم محصول مورد استفاده در ارزیابی، باید مشخص شوند. ارزش(ها) در ارجاع به واحد کارکردی باید مطابق با هدف و دامنه کاربرد ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، کمی‌سازی شوند.

یادآوری- انواع ارزش‌های سیستم محصول می‌تواند به‌صورت زیر باشد:

الف- ارزش کارکردی؛

ب- ارزش پولی؛

پ- ارزش‌های دیگر.

1- Cut-off

۵-۲-۸ انتخاب شاخص(های) کارایی زیست‌محیطی

انواع متعددی از شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی وجود دارند که می‌تواند برای بیان یک اظهار کمی در مورد کارایی زیست‌محیطی انتخاب شود.

شاخص(های) کارایی زیست‌محیطی به‌کار رفته در ارزیابی باید تشریح شوند. روش(های) برآورد و قالب ارائه ارزیابی کارایی زیست‌محیطی باید تعریف شود.

برای انتخاب شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی، الزامات زیر کاربرد دارد:

الف- افزایش کارایی در ارزش یک سیستم محصول باید معرف یک محیط‌زیست بهبود یافته باشد؛

ب- افزایش کارایی در یک پیامد زیست‌محیطی باید معرف یک ارزش سیستم محصول بهبود یافته باشد.

۵-۲-۹ تفسیر مورد استفاده

نیاز برای تفسیر جنبه‌های زیر باید به وضوح تعریف شود:

الف- شناسایی مسائل مهم مبتنی بر نتایج مراحل ارزیابی زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول؛

ب- یک ارزیابی که شامل جنبه‌های کفایت، حساسیت، عدم‌قطعیت و سازگاری است؛

پ- شکل‌دهی نتیجه‌گیری‌ها، محدودیت‌ها و توصیه‌ها؛

ت- مقایسه نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی.

۵-۲-۱۰ محدودیت‌ها

دامنه کاربرد به طور ذاتی شرایطی را که تحت آن ارزیابی انجام می‌گیرد را تعریف می‌کند. اساساً نتایج خارج از دامنه کاربرد، معتبر نیستند.

همچنین انتخاب‌های انجام شده برای تعریف دامنه کاربرد ارزیابی ضمنی کارایی زیست‌محیطی، کاربردپذیری نتایج حاصل از ارزیابی را تبیین و محدود می‌کند.

برای جلوگیری از استفاده نادرست از نتایج، کاربردهای خاص برای آن دسته از نتایجی که برای به کار بردن مورد نظر نیستند، بهتر است شناسایی شود.

۵-۲-۱۱ گزارش‌دهی و بیان نتایج

نوع و قالب گزارش و روش‌های بیان باید تعریف شود.

۵-۳ ارزیابی زیست‌محیطی

۵-۳-۱ کلیات

ارزیابی زیست‌محیطی باید مبتنی بر ارزیابی چرخه‌حیات مطابق با استانداردهای ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴ باشد.

۵-۳-۲ نتایج دارایی چرخه حیات (LCI)[1]

نتایج یک مطالعه LCI می‌تواند مستقیماً به عنوان درونداد یک ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به کار رود. برای نمونه، در جایی که استفاده از منابع و خروجی‌ها به طور غالب از کاربرد نفت نشأت می‌گیرد، جریان نفت خام می‌تواند به عنوان تنها درونداد زیست‌محیطی، مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۳-۳ ارزیابی پیامد چرخه حیات

۵-۳-۳-۱ کلیات

چنانچه ارزیابی پیامد چرخه‌حیات (LCIA)[2] انجام شود، باید مطابق با استانداردهای ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴ باشد.

۵-۳-۳-۲ نتایج شاخص رده پیامد

نتایج شاخص رده پیامد چرخه حیات، همان‌طور که مطابق با استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۴ تعیین می‌شود، ممکن است برای ارزیابی‌های کارایی زیست‌محیطی به‌کار روند. چنین داده‌هایی معمولاً منجر به یک نمایه کارایی زیست‌محیطی می‌شود، که در آن جنبه‌های زیست‌محیطی متعددی به موازات هم در نظر گرفته می‌شوند.

۵-۳-۳-۳ وزن‌دهی

وزن‌دهی نباید در ارزیابی‌های کارایی زیست‌محیطی برای اظهاریه‌های مقایسه‌ای مورد نظر جهت اعلان عمومی، به‌کار رود.

در صورت به‌کاربردن وزن‌دهی برای ارزیابی‌های کارایی زیست‌محیطی، الزامات تکمیلی برای آن‌ها باید مطابق با استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۴ باشد. همچنین موارد زیر باید تشریح شود:

الف- اصول وزن‌دهی؛

ب- عامل‌های وزن‌دهی؛

پ- چگونگی تبیین عامل‌های وزن‌دهی شامل:

۱- روش شناسی؛

۲- آن دسته از ارزش‌های ذینفعان که در تبیین عامل‌های وزن‌دهی، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1- Life cycle inventory

2- Life cycle impact assessment

۵-۴ ارزیابی ارزش سیستم محصول

۵-۴-۱ کلیات

ارزیابی ارزش سیستم محصول باید چرخه کامل حیات سیستم محصول را در نظر بگیرد.

روش‌های زیادی برای ارزیابی ارزش سیستم محصول وجود دارد، به‌طوری که سیستم محصول ممکن است جنبه‌های ارزشی متفاوتی از جمله جنبه‌های کارکردی، مالی و زیباشناختی را در برگیرد.

در علم اقتصاد بازرگانی، ارزش‌های ایجاد شده توسط بخش‌های تجاری برابر با سود است، بدین معنی که برابر با درآمد منهای هزینه‌ها است. برای مشتریان، این امر ممکن است به صورت تمایل به پرداخت منهای هزینه‌ها باشد که اغلب ارزش افزوده نامیده می‌شود. هزینه‌ها ممکن است شامل قیمت، هزینه اجاره، هزینه عملیاتی و غیره باشند. تعیین چنین ارزش‌هایی بر اساس چرخه حیات مشکل است، به این دلیل که برخی از اعضای زنجیره تأمین تمایلی برای بیان هزینه‌ها و سودهایشان ندارند. اما، برخی از تغییرات این ارزش‌ها را می‌توان از طریق سطح کارکرد (ارزش کارکردی) یا هزینه‌های مالی (ارزش پولی) برآورد نمود.

۵-۴-۲ انواع ارزش سیستم محصول

۵-۲-۱ ارزش کارکردی

ارزش کارکردی یک سیستم محصول نمایانگر یک سود ملموس و قابل سنجش برای کاربر و سایر ذینفعان است. ارزش کارکردی یک کمیت عددی است که معرف سطح کارکرد یا مطلوبیت یک سیستم محصول است که در معرض بهبود قرار دارد.

در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، ارزش کارکردی متفاوت از واحد کارکردی است. ارزش کارکردی باید اندازه‌گیری شده و در کمی‌سازی عملکرد سیستم محصول با واحد کارکردی مرتبط است. واحد کارکردی یک مرجعی ارائه می‌کند که در آن داده‌های ورودی و خروجی نرمال‌سازی می‌شوند (به روش ریاضی). بنابراین، در یک ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، ارزش کارکردی ممکن است به دلیل بهبود محصول تغییر کند، در حالی که واحد کارکردی بدون تغییر باقی بماند.

۵-۴-۲-۲ ارزش پولی

ارزش پولی می‌تواند بر حسب هزینه‌ها، قیمت، تمایل به پرداخت، ارزش افزوده، سود، سرمایه‌گذاری آتی و غیره بیان شود.

تغییرات در هزینه‌های یک شرکت مشخص، ممکن است بیانگر تغییرات در ارزش سیستم محصول در طی چرخه کامل حیات باشد. اگر سایر بخش‌های سیستم محصول تحت تأثیر واقع شوند، برای مثال، در صورتی که قیمت از سوی تأمین‌کنندگان با مذاکره کاهش یابد یا قیمت همان محصولات برای مشتری افزایش یابد، در آن صورت هیچ تغییر اساسی در ارزش سیستم محصول وجود نخواهد داشت.

۵-۴-۲-۳ سایر ارزش‌ها

سایر ارزش‌ها ممکن است ارزش‌های غیرملموس نظیر زیباشناختی، نام تجاری، ارزش‌های فرهنگی و تاریخی را در برگیرد. این ارزش‌ها ممکن است به وسیله مصاحبه‌ها، بررسی‌ها و مطالعات بازار و غیره تعیین شوند.

۵-۴-۳ محاسبه شاخص ارزش سیستم محصول

کمی‌سازی ارزش سیستم محصول باید با استفاده از شاخص‌های مرتبط با ارزش سیستم محصول انجام شود، همچنان که در هدف و دامنه کاربرد بحث کارایی زیست‌محیطی تعریف شد.

یادآوری- مثال‌هایی از ارزش‌های کارکردی، پولی و سایر ارزش‌ها و شاخص‌های ارزش در پیوست الف آورده شده است.

۵-۵ کمی‌سازی کارایی زیست‌محیطی

نتایج کارایی زیست‌محیطی باید با ارتباط دادن نتایج ارزیابی زیست‌محیطی به نتایج ارزیابی ارزش سیستم محصول و مطابق با تعریف هدف و دامنه کاربرد، تعیین شود.

برای ارزیابی‌های کارایی زیست‌محیطی که در آن اطلاع‌رسانی به عموم مردم مورد نظر است، یک نمایه کارایی زیست‌محیطی باید با ارتباط دادن نمایه LCIA به ارزش سیستم محصول، تعیین شود.

۵-۶ تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم‌قطعیت

تجزیه و تحلیل حساسیت یک روش‌اجرایی است که تعیین می‌کند چگونه تغییرات در داده‌ها و انتخاب‌های روش‌شناسی بر نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی تأثیر می‌گذارند. تجزیه و تحلیل حساسیت ممکن است اطلاعات تکمیلی در مورد انتخاب(های) داده‌ها ارائه کند. در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی چندین روش مختلف ممکن است برای تعیین شاخص‌های زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول به کار روند. بنابراین، برای سنجش اثرات نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به خاطر انتخاب‌های متفاوت روش‌شناسی و داده‌ها باید تجزیه و تحلیل حساسیت انجام گیرد.

تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت باید انجام شود، تا تعیین کند که چگونه عدم‌قطعیت‌ها در داده‌ها و مفروضات بر قابلیت اطمینان نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی تأثیر می‌گذارند.

تجزیه و تحلیل نتایج برای حساسیت و عدم‌قطعیت باید به منظور ارزیابی‌های کارایی زیست‌محیطی موردنظر برای استفاده در اظهاریه‌های مقایسه‌ای کارایی زیست‌محیطی جهت اعلان عمومی، انجام پذیرد.

۵-۷ تفسیر

۵-۷-۱ کلیات

مرحله تفسیر ارزیابی کارایی زیست‌محیطی مطابق با هدف و دامنه کاربرد این استاندارد، شامل عناصر زیر است:

الف- شناسایی مسائل مهم مبتنی بر نتایج حاصل از مراحل ارزیابی زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول؛

ب- یک ارزیابی که جنبه‌های کفایت، حساسیت، عدم‌قطعیت و سازگاری را در نظر بگیرد؛
پ- شکل‌دهی نتیجه‌گیری‌ها، محدودیت‌ها و توصیه‌ها.
همچنین الزامات و توصیه‌های ذکر شده در بند ۴-۵ استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۴: سال ۱۳۸۶، باید برای تفسیر ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به کار رود. علاوه بر آن، تفسیر باید ارتباط میان نتایج زیست‌محیطی و نتایج ارزش سیستم محصول را در نظر بگیرد.

۵-۷-۲ تبادل‌های میان شاخص‌های زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول

شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی هر دو جنبه زیست‌محیطی و ارزش را نشان می‌دهند، و تبادل‌های قابلیتی میان تغییرات در عملکردهای زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول وجود خواهد داشت. تفسیر نتایج باید به صورت شفاف و با توجیه مناسب باشد.

یادآوری- تبادل‌ها می‌تواند مطابق با استاندارد ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰، برای خود جنبه‌های زیست‌محیطی نیز کاربرد داشته باشد.

۵-۷-۳ مقایسه نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی

مقایسه نتایج کارایی زیست‌محیطی میان سیستم‌های محصول یا در داخل همان سیستم محصول، باید مبتنی بر همان شاخص کارایی زیست‌محیطی باشد. نتایج مقایسه‌ای ارزیابی زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول باید به صورت جداگانه در گزارش ارزیابی کارایی زیست‌محیطی گنجانده شود.

در صورتی که بهبودها در نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی شناسایی شده یا مقایسه‌های مبتنی بر نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی انجام شده است، حالت‌های زیر باید متمایز شود:
الف- بهبود یا برتری در هر دو جنبه (عملکرد زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول)؛
ب- بهبود یا برتری فقط در یکی از دو جنبه؛
پ- بهبود یا برتری در هیچ‌یک از دو جنبه وجود ندارد.

حالت‌های اول و سوم تبادل‌های میان دو جنبه را در بر نمی‌گیرد. در حالت اول، بهبود/ برتری در کارایی زیست‌محیطی را می‌توان به طور واضح تعیین کرد.
در حالت سوم، بهبود/ برتری در کارایی زیست‌محیطی را می‌توان به طور واضح رد کرد.
حالت دوم، به دلیل تبادل‌های میان جنبه‌های زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول بحث برانگیزترین حالت است. در این حالت، بهبود یا برتری کارایی زیست‌محیطی را تنها در صورتی می‌توان گزارش نمود که برقراری تبادل‌ها واضح بوده و مفروضات اساسی ارزش سیستم محصول مستند شده و توجیه شوند.
در صورتی که ادعای بهبود یا برتری کارایی زیست‌محیطی به منظور اظهاریه‌های مقایسه‌ای برای اشخاص ثالث اعلان شود، نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی باید عملکرد زیست‌محیطی برابر یا بهتری را نشان دهد.

۶ گزارش‌دهی و اعلان نتایج

۶-۱ الزامات کلی

نتایج کارایی زیست‌محیطی باید مطابق با تعریف هدف و دامنه کاربرد این استاندارد، گزارش شود.

نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی باید به طور کامل و دقیق و بدون تعصب به مخاطبان موردنظر گزارش شود. نتایج، داده‌ها، روش‌ها، مفروضات و محدودیت‌ها باید شفاف بوده و با جزئیات کامل بیان شوند، تا خواننده قادر باشد موارد پیچیده و تبادل‌های اصلی در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی را درک نماید. همچنین گزارش باید اجازه دهد، تا نتایج و تفسیر در یک روش سازگار با اهداف ارزیابی کارایی زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد. نتایج ارزیابی زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول باید به‌صورت جداگانه مستند شود.

۶-۲ الزامات‌تکمیلی گزارش‌دهی برای اظهاریه مقایسه‌ای کارایی زیست‌محیطی موردنظر جهت اعلان عمومی

۶-۲-۱ برای ارزیابی‌های کارایی زیست‌محیطی به‌کار رفته در اظهاریه‌های مقایسه‌ای موردنظر جهت اعلان عمومی، علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۶-۱ موضوعات زیر نیز باید درگزارش گنجانده شود.

۶-۲-۲ برای ارزیابی زیست‌محیطی، موارد زیر باید گزارش شود:

الف- تجزیه و تحلیل جریان‌های مواد و انرژی برای توجیه شمول یا مستثنی شدن آن‌ها؛

ب- ارزیابی دقت، کفایت و گویا بودن داده‌های مورد استفاده؛

پ- تشریح تعادل سیستم‌هایی که مقایسه می‌شوند؛

ت- تشریح فرآیند بازنگری حیاتی؛

ث- سنجش کفایت LCIA؛

ج- بیانیه‌ای مبنی بر وجود یا عدم وجود پذیرش بین‌المللی برای شاخص‌های رده LCIA برگزیده و دلایل استفاده از آن‌ها؛

چ- توضیح اعتبار علمی و فنی و موارد مرتبط زیست‌محیطی شاخص‌های رده LCIA مورد استفاده در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی؛

ح- نتایج تجزیه و تحلیل‌های حساسیت و عدم‌قطعیت؛

خ- ارزیابی اهمیت تفاوت‌های یافته شده.

۶-۲-۳ برای ارزیابی ارزش سیستم محصول، موارد زیر باید گزارش شود:

الف- مفروضات در نظر گرفته شده در مرحله ارزیابی ارزش سیستم محصول به طور واضح و توجیه آن؛

ب- روش‌شناسی‌ها و شاخص‌های مورد استفاده در مرحله ارزیابی ارزش سیستم محصول و توجیه آن؛

پ- ارزیابی دقت، کفایت و گویا بودن داده‌های مورد استفاده؛

ت- تشریح فرآیند بازنگری حیاتی؛
ث- سنجش کفایت ارزیابی ارزش سیستم محصول؛
ج- نتایج تجزیه و تحلیل‌های حساسیت و عدم‌قطعیت؛
چ- ارزیابی اهمیت تفاوت‌های یافته شده.

۶-۲-۴ در صورتی که نتایج حاصل از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی برای استفاده در اظهاریه‌های مقایسه‌ای جهت اعلان عمومی در نظر گرفته شوند، هیچ یک از نتایج ارزیابی زیست‌محیطی و کارایی زیست‌محیطی را نباید به عنوان یک نمره یا عدد کلی گزارش کرد.

۷ بازنگری حیاتی

۷-۱ کلیات

فرآیند بازنگری حیاتی باید اطمینان دهد که:
الف- روش‌های مورد استفاده برای انجام ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، با این استاندارد سازگار هستند؛
ب- روش‌های مورد استفاده برای انجام ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، از نظر علمی و فنی معتبر هستند؛
پ- داده‌های مورد استفاده در ارتباط با هدف ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، مناسب و معقول هستند؛
ت- تفسیر، محدودیت‌های شناسایی شده و هدف ارزیابی کارایی زیست‌محیطی را منعکس می‌کند؛
ث- گزارش ارزیابی کارایی زیست‌محیطی شفاف و بدون تناقض است؛
ج- نتایج نهایی سناریوها، انواع مختلف داده‌ها و تأثیر روش‌های متفاوت وزن‌دهی و تخصیص شناسایی شده در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی را منکعس می‌کند.

دامنه و نوع بازنگری حیاتی مطلوب باید در مرحله تعیین دامنه کاربرد ارزیابی کارایی زیست‌محیطی تعریف شود، و تصمیم‌گیری در مورد نوع بازنگری حیاتی باید ثبت شود.
به منظور کاهش سوء تفاهم‌های قابلیتی یا اثرات منفی بر روی طرف‌های ذینفع خارجی، هیأتی از آن‌ها باید بازنگری‌های حیاتی را در مورد ارزیابی کارایی زیست‌محیطی که در نظر است نتایج آن به منظور اظهاریه مقایسه‌ای جهت اعلان عمومی به کار رود، انجام دهند.

۷-۲ بازنگری حیاتی توسط کارشناس داخلی یا خارجی

بازنگری حیاتی ممکن است توسط کارشناس داخلی یا خارجی انجام گیرد. در هر دو حالت، یک کارشناس مستقل از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی باید بازنگری را انجام دهد. بیانیه بازنگری، توضیحات مجری و هر گونه پاسخ به توصیه‌های مطرح شده توسط بازنگری کننده باید در گزارش ارزیابی کارایی زیست‌محیطی گنجانده شود.

در صورتی که نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی جهت اعلان عمومی در نظر گرفته شود، یک بازنگری حیاتی توسط کارشناس داخلی یا خارجی باید انجام شود.

۳-۷ بازنگری حیاتی توسط هیأتی از طرف‌های ذینفع

در صورتی که ارزیابی کارایی زیست‌محیطی برای استفاده در اظهاریه‌های مقایسه‌ای جهت اعلان عمومی در نظر گرفته شود، یک بازنگری حیاتی توسط هیأتی از طرف‌های ذینفع باید انجام شود.

در چنین حالتی، یک کارشناس خارجی مستقل باید توسط هیأت انتخاب شود، تا به عنوان رئیس هیأت بازنگری با حداقل سه عضو فعالیت کند. بر اساس هدف و دامنه مطالعه، رئیس باید سایر بازنگری‌کنندگان مستقل واجد شرایط را انتخاب کند. این هیأت ممکن است شامل طرف‌های ذینفعی نظیر نمایندگان دولت، گروه‌های غیر دولتی، رقبا و صنایع باشد که تحت تأثیر نتیجه‌گیری‌های حاصل از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی هستند.

مهارت بازنگری‌کنندگان در زمینه‌های علمی مرتبط با مراحل ارزیابی زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول، علاوه بر سایر مهارت‌ها و علاقه‌مندی‌ها باید مورد توجه قرار گیرد.

بیانیه بازنگری و گزارش هیأت بازنگری، همچنین توضیحات رئیس و هر گونه پاسخ به توصیه‌های مطرح شده توسط بازنگری کننده یا هیأت باید در گزارش ارزیابی کارایی زیست‌محیطی گنجانده شود.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثال‌هایی از ارزش‌های کارکردی، پولی و سایر ارزش‌ها و شاخص‌های ارزش

جدول الف۱- مثال چرخه حیات منبع نور

اصطلاحات	مثال	شاخص (واحد) ارزش
سیستم محصول	چرخه حیات منبع نور	
کارکرد	روشن‌سازی	
ارزش کارکردی	روشنایی	شار نوری (لومن)
ارزش پولی	قیمت بازار	قیمت (ریال/ هر قطعه)
سایر ارزش‌ها	شکل	رتبه‌بندی مصرف‌کننده(مقدار عددی از ۱ تا ۵)

جدول الف۲- مثال تلفن همراه

اصطلاحات	مثال	شاخص (واحد) ارزش
سیستم محصول	تلفن همراه	
کارکرد	امکان استفاده از محصول برای مدت طولانی	
ارزش کارکردی	دوام	ضمانت مادام‌العمر (سال)
ارزش پولی	افت قیمت	ارزش تجاری (ریال)
سایر ارزش‌ها	زیبایی	ترجیح رنگ با نظر مصرف‌کننده(عددی از ۱ تا ۵)

جدول الف۳- مثال خدمات گردشگری طبیعت

اصطلاحات	مثال	شاخص (واحد) ارزش
سیستم محصول	خدمات گردشگری طبیعت	
کارکرد	تدارک محل اقامت و تورهای طبیعت‌گردی	
ارزش کارکردی	تدارک هتل برای گردشگران	تعداد اتاق‌های شبانه
ارزش پولی	کمک به تولید ناخالص داخلی (GPD)، یا کمک به اقتصاد محلی	گردش مالی (ریال)
سایر ارزش‌ها	فرصت‌های شغلی	تعداد شغل‌های ایجاد شده

پیوست ب
(اطلاعاتی)
مثال‌هایی از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی

ب-۱ کلیات

این مثال‌ها روش اجرایی ارزیابی کارایی زیست‌محیطی را روشن می‌سازد. این استاندارد، نحوه انتخاب‌ها و روش‌های مورد استفاده را در بر نمی‌گیرد، بلکه روش انجام و ارائه آن‌ها را مورد بحث قرار می‌دهد. شایان ذکر است مثال‌های ارائه شده برای استفاده در اظهاریه‌های مقایسه‌ای کارایی زیست‌محیطی مورد نظر نمی‌باشند.

ب-۲ مثالی از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به‌کار رفته در محصولات الکترونیکی مطابق با دستورالعمل‌های راهنما برای صنایع الکترونیکی ژاپنی

ب-۲-۱ کلیات

هشت شرکت بزرگ الکترونیکی در ژاپن به صورت داوطلبانه بر تدوین دستورالعمل‌های راهنما برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به منظور ارائه شاخص‌های منطقی به عنوان یک ابزار ارتباطی قوی میان سازندگان و مشتریان، توافق کردند[۱].

در سال ۲۰۰۶ میلادی، یک روش برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی جهت ایجاد شاخص‌های دستگاه‌های تهویه مطبوع، یخچال‌ها، لامپ‌ها و تجهیزات روشنایی طراحی شد؛ این روش، انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) در طول چرخه‌حیات محصول را به عنوان پیامد زیست‌محیطی آن‌ها تعیین کرد. پس از آن، در ماه مارس سال ۲۰۰۹ میلادی، با افزوده شدن ماشین لباسشویی/ خشک‌کن و کامپیوتر شخصی به لیست محصولات توسط گروه تدوین‌کننده دستورالعمل‌های راهنمای کارایی زیست‌محیطی که وابسته به انجمن مدیریت زیست‌محیطی ژاپن برای صنایع (JEMAI)[1] بود، دستورالعمل‌های راهنما وضع شدند.

این راهنماها، روش‌های محاسبه و سایر جزئیات مربوط را با توجه به کارایی زیست‌محیطی شش سیستم محصول و «عامل موردنظر» (که سطح نسبی بهبود در کارایی زیست‌محیطی را در مقیاس عددی ساده بیان می‌کند) تنظیم می‌کند و شاخص‌های یکنواختی برای کارایی زیست‌محیطی ارائه می‌دهد که به مشتریان در انتخاب و خریداری محصولات سازگار با محیط‌زیست در بازار، کمک می‌کند.

یک مثال از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی برای لامپ‌های الکترونیکی بر اساس «دستورالعمل‌های راهنما برای استانداردسازی شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی محصولات الکترونیکی، نسخه ۲-۱» منتشر شده توسط JEMAI [۲]، در زیر ارائه شده است:

1- Japan Environmental Management Association for Industry

ب-۲-۲ تعریف هدف و دامنه کاربرد

ب-۲-۲-۱ تعریف هدف

هدف از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی:

ارتقاء محصول به خاطر تغییر از یک محصول متداول [یک لامپ حبابی رشته‌ای (محصول الف)] به یک محصول جایگزین [یک لامپ حبابی فلورسنت (محصول ب)]، با ارائه تفاوت‌های کارایی زیست‌محیطی میان این دو محصول

مخاطبان موردنظر:

مشتری و هر کسی که ذینفع است

استفاده موردنظر از نتایج:

محاسبه «عامل موردنظر» (نسبت شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب در مقایسه با شاخص محصول الف) و ارائه آن به مشتریان

ب-۲-۲-۲ تعریف دامنه کاربرد

۱) سیستم محصول مورد ارزیابی

نام:

محصول الف: لامپ حبابی رشته‌ای، نوع ۶۰ (۵۴ W)

محصول ب: لامپ حبابی فلورسنت، نوع ۶۰ (۱۰ W)

این دو محصول توسط یک شرکت ساخته شده است.

مقیاس تولید:

محصول الف و ب: در کمیت‌های زیاد

موقعیت مراحل چرخه حیات:

تولید: محصول الف، ژاپن؛ محصول ب، اندونزی

کاربرد و مدیریت پسماند: محصول الف و ب، ژاپن

زمان مراحل چرخه حیات:

تولید: محصول الف و ب، مدل سال ۲۰۰۸ میلادی

کاربرد: محصول الف، سال ۲۰۰۸؛ محصول ب، بین سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۸ (۵٫۵ h/d)

مدیریت پسماند: محصول الف، سال ۲۰۰۸؛ محصول ب: سال ۲۰۱۴

ذینفعان عمده:

مشتریان

۲) کارکرد و واحد کارکردی

الف- کارکرد سیستم محصول روشن‌سازی است. دلیل این انتخاب به این خاطر است که روشن‌سازی، ویژگی اصلی لامپ‌ها را نشان می‌دهد و توسط عموم مشتریان به طور مستقیم قابل درک است.

ب- واحد کارکردی آن به صورت روشنایی یک شار نوری در مدت ۱۰۰۰h استفاده، تعریف می‌شود.

۳) مرز سیستم

الف- هر مرحله از چرخه حیات محصول نظیر تهیه مواد، تولید قطعات، ساخت لامپ‌ها، قسمت‌های بسته‌بندی، توزیع داخلی و کاربرد را شامل می‌شود.

ب- برای ارزیابی ارزش سیستم محصول، مرحله کاربرد جهت ارائه ارزش سیستم محصول انتخاب می‌شود.

۴) تخصیص به سیستم‌های بیرونی

هیچ تخصیصی به سیستم‌های مجاور انجام نگرفته است.

۵) روش ارزیابی زیست‌محیطی و انواع پیامدها

الف- یک ارزیابی معمول از چرخه حیات مطابق با استانداردهای ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴، انجام می‌گیرد.

ب- انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول چرخه حیات برای سهولت ارزیابی پیامد زیست‌محیطی این محصولات به خاطر داشتن اثرات قابل توجه در گرم‌شدن کره‌زمین و نگرانی‌های عمده مشتریان، انتخاب می‌شود.

پ- شاخص پیامد زیست‌محیطی با استفاده از مقدار کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول چرخه حیات مطابق با واحد کارکردی، کمی‌سازی می‌شود.

ت- سایر رده‌های پیامد چرخه حیات (برای مثال، ناشی از جیوه و اشعه فرابنفش و تشعشع الکترومغناطیسی از لامپ‌های فلورسنت) در این مطالعه مستثنی شده است، به این دلیل که پس از بررسی مرتبط مشخص شد که پیامد آن‌ها در مقایسه با انتشار گازهای گلخانه‌ای، ناچیز هستند.

۶) روش سنجش ارزش و نوع ارزش سیستم محصول

الف- ارزش کارکردی برای مشتریان ارزیابی شده و یک کمیت فیزیکی برای بیان ارزش کارکردی به‌کار می‌رود.

ب- روشنایی هر سیستم محصول در سراسر چرخه حیات آن به عنوان ارزش کارکردی انتخاب می‌شود.

پ- شاخص ارزش سیستم محصول که بیانگر ارزش کارکردی است، با استفاده از مقدار کل روشنایی در طول چرخه‌حیات، یعنی روشنایی ضربدر طول‌عمر با استفاده از یک سناریوی کاربرد مبتنی بر شرایط ثابت و متوسط، کمی‌سازی می‌شود. پس از آن، شاخص مطابق با ارزش کارکردی نرمال‌سازی می‌شود.

۷) انتخاب شاخص(های) کارایی زیست‌محیطی

در این مثال، شاخص کارایی زیست‌محیطی به صورت «شاخص ارزش سیستم محصول تقسیم بر شاخص پیامد زیست‌محیطی» تعریف می‌شود.

۸) تفسیر مورد استفاده

تفسیر جنبه‌های زیر برای استفاده مورد نظر از نتایج، لازم هستند:

الف- شناسایی مسائل مهم؛

ب- یک ارزیابی که جنبه‌های کفایت و سازگاری را مورد توجه قرار دهد؛

پ- شکل‌دهی نتیجه‌گیری‌ها، محدودیت‌ها و توصیه‌ها؛

ت- مقایسه نتایج کارایی زیست‌محیطی.

۹) محدودیت‌ها

الف- در ارزیابی زیست‌محیطی، نتایج مطالعه LCI یا LCIA بجز انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول چرخه‌حیات در تشکیل شاخص پیامد زیست‌محیطی در نظر گرفته نمی‌شوند.

ب- در ارزیابی ارزش سیستم محصول، ارزش‌های کارکردی به غیر از روشنایی در طول چرخه حیات در تشکیل شاخص ارزش سیستم محصول در نظر گرفته نمی‌شوند.

۱۰) گزارش‌دهی و اعلان نتایج

یک بازنگری مستقل انجام می‌گیرد. نتایج «عامل موردنظر» در اظهارنامه‌های محصول ارائه می‌شود. یک گزارش کامل در اینترنت، در دسترس قرار می‌گیرد.

ب-۲-۳ ارزیابی زیست‌محیطی

الف- برای هر محصول، ارزیابی چرخه حیات مطابق با استانداردهای ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴ و با استفاده از روش تجزیه و تحلیل فرآیند بر اساس پایگاه داده JEMAI-LCA1.10، انجام شده است.

ب- فقط مواد و قطعات به‌کار رفته در محصولات نهایی موردنظر بوده است. توزیع داخلی «۱۰۰۰ km، با استفاده از کامیونت‌های ۴ t[1]» در نظر گرفته شده است. در مرحله ساخت، داده‌های اولیه و متوسط جمع‌آوری شده و به‌کار رفته‌اند. برای استفاده، «مصرف اسمی الکتریکی» در سراسر طول عمر محصول به کار گرفته شده است، به طوری که در محاسبات از تغییر توان برقی در طی همان دوره صرف‌نظر شده است. طول‌عمر محصول الف و ب به ترتیب برابر ۱۰۰۰h و ۱۳۰۰۰h است.

پ- نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که بیش از ٪۹۸ گازهای گلخانه‌ای در طی مراحل کاربرد هر دو محصول انتشار یافته است. سایر پیامدها نیز تقریباً نتایج مشابهی داشته‌اند.

1- Ton

ت- مقدار کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول چرخه حیات برای تشکیل شاخص پیامد زیست‌محیطی در واحدهای [$kg\text{-}CO_2e$]، ارائه شده است.

ث- مقدار کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول چرخه حیات برای محصول ب به خاطر طول عمر بیشتر آن تقریباً مقداری بزرگتر از محصول الف است. در هر حال، شاخص محصول ب باید مطابق با واحد کارکردی محاسبه شود، که در این مطالعه، کمیت عددی آن کوچکتر از محصول الف است.

ج- شاخص‌های دو محصول به صورت زیر محاسبه شدند:

شاخص پیامد زیست‌محیطی محصول الف، $A = 2.32\ E{+}01$ [$kg\text{-}CO_2e$]؛

شاخص پیامد زیست‌محیطی محصول ب، $B = 4.66\ E{+}00$ [$kg\text{-}CO_2e$].

ب-۲-۴ ارزیابی ارزش سیستم محصول

الف- به منظور ایجاد شاخص ارزش سیستم محصول که از نظر ریاضی مبتنی بر شرایط متوسط و ثابت آن است، روشنایی در طول چرخه حیات، مطابق با دستورالعمل‌های راهنمای صنایع الکترونیکی ژاپن به صورت «شار نوری کل (بر حسب lm)» ضربدر «مدت کارکرد (بر حسب h)» تعریف شد[۲].

ب- روش اندازه‌گیری «شار نوری کل» مطابق با استاندارد JIS C7801، است.

پ- کاهش در «شار نوری کل» در طی همان دوره کاربرد به عنوان ارزیابی زیست‌محیطی در نظر گرفته نشد.

ت- مدت کارکرد هر محصول مطابق با استانداردهای JIS Z7501، JIS Z7617-2 و JIS Z7620-2 به صورت «طول عمر اسمی» آن تعریف شد.

ث- «طول عمر اسمی» محصول الف و ب به ترتیب برابر ۱۰۰۰h و ۱۳۰۰۰h است.

ج- مقادیر کل روشنایی در طول چرخه حیات برای هر دو سیستم محصول کاملاً متفاوت است. در هر حال، شاخص محصول ب باید مطابق با واحد کارکردی نرمال‌سازی شود، که در این مطالعه، کمیت عددی آن مشابه شاخص محصول الف است.

چ- شاخص‌های دو محصول به صورت زیر محاسبه شدند:

شاخص ارزش سیستم محصول الف و ب برابر است با $A\ \&\ B = 8.10\ E{+}05$ [$lm{\cdot}h$].

ب-۲-۵ کمی‌سازی کارایی زیست‌محیطی

الف- شاخص کارایی زیست‌محیطی با تقسیم شاخص ارزش سیستم محصول بر شاخص پیامد زیست‌محیطی در واحدهای [$lm{\cdot}h/kg\text{-}CO_2e$]، محاسبه شد.

ب- شاخص‌های دو محصول به صورت زیر محاسبه شدند:

شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول الف، $A=3.49\ E{+}04$ [$lm.h/kg\text{-}CO_2e$]؛

شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب، $B=1.74\ E{+}05$ [$lm.h/kg\text{-}CO_2e$].

ب-۲-۶ تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم‌قطعیت

تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم‌قطعیت در این ارزیابی انجام نشده است.

ب-۲-۷ تفسیر

الف- عامل موردنظر، نسبت شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب در مقایسه با شاخص محصول الف، برای توضیح تفاوت‌های کارایی زیست‌محیطی میان دو محصول مورد ارزیابی، به‌کار گرفته شد.

ب- نتیجه عامل موردنظر (شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب تقسیم بر شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول الف) ۴٫۹۸ بود. این بدین معنی است، که شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب (لامپ حبابی فلورسنت) تقریباً ۵ برابر بزرگتر از شاخص محصول الف (لامپ حبابی رشته‌ای) است.

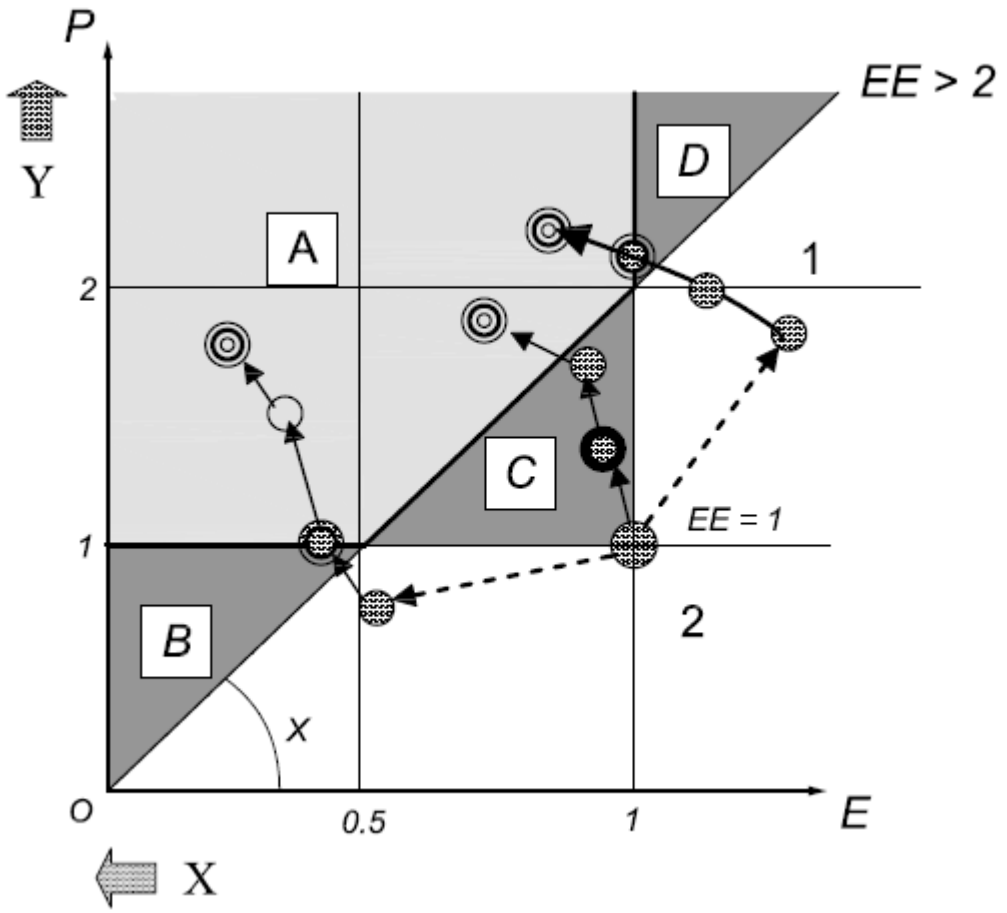
پ- کاهش توان روشنایی و افزایش طول عمر به طور معناداری به بهبود کارایی زیست‌محیطی کمک می‌کند، زیرا انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف برق در مرحله کاربرد، اثر مهمی در نتایج ارزیابی زیست‌محیطی دارد.

ت- به خاطر این که از چند فرضیه و ساده‌سازی در ارزیابی‌های زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول استفاده شده است، این نتیجه‌گیری باید همراه با محدودیت‌ها درک شود. برای مثال، در صورتی که سایر ارزش‌های کارکردی و شاخص‌های متمرکز بر جنبه‌های مختلف به کار گرفته شود، ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، ممکن است به نتایج متفاوتی منجر شود.

ب-۲-۸ تشریح مطالب

الف- شکل ب۱، مسیرهای تکوین محصول را نشان می‌دهد. هنگامی که یک محصول موجود در نقطه «محصول مبنا» قرار دارد، کارایی زیست‌محیطی آن ($EE = P/E$)، برابر ۱ تعریف می‌شود. با حرکت به سمت چپ و به بالا، کارایی زیست‌محیطی افزایش می‌یابد و $\tan X$، کارایی زیست‌محیطی هدف تکوین را بیان می‌کند. در صورتی که هدف «کارایی زیست‌محیطی (EE) بزرگتر از ۲» باشد، ناحیه A هدف بوده و ناحیه B تنها جنبه زیست‌محیطی بهتر است. ناحیه C نشان می‌دهد که محصول به طور یکنواخت به سمت ناحیه A توسعه می‌یابد.

ب- با پیشرفت فناوری می‌توان مسیرهای متفاوتی را دنبال کرد؛ که این امر گاهی اوقات در مسیر دستیابی به هدف، یک نزول در عملکرد زیست‌محیطی را در بر می‌گیرد. ناحیه D به خاطر پیامد زیست‌محیطی شدیدتر، یک ناحیه نامساعد است، ولی عبور از این ناحیه ممکن است یک گام اجتناب‌ناپذیر به سوی هدف باشد، چنانچه بهترین فناوری موجود به‌کار گرفته شود. در این استاندارد، هنگامی که ارزش سیستم محصول خیلی بیشتر از کاهش پیامد زیست‌محیطی، افزایش یابد، کارایی زیست‌محیطی را می‌توان به عنوان یک «بهبود» در مراحل تکوین محصول گزارش کرد.



راهنما:

EE کارایی زیست‌محیطی

E پیامد زیست‌محیطی

P ارزش سیستم محصول

1 محصولات جدید

2 محصول مبنا

X کاهش پیامد زیست‌محیطی

Y بهبود کارکردهای محصول

شکل ب۱- مسیرهای تکوین محصول

ب-۳ مثالی از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی مبتنی بر شیوه ارزیابی یکپارچه

ب-۳-۱ کلیات

با استفاده از ماتریس QFD[1] (تکوین کارکرد کیفیت) در ارزیابی ارزش سیستم محصول، ویژگی‌های مختلف محصولات بر اساس ترجیحات فردی ارزیابی می‌شوند؛ نه تنها کارکرد اصلی بلکه ویژگی‌های خاص آن را نیز می‌توان در نظر گرفت. بنابراین، برای تکوین بهتر محصولات می‌توان یک راهبرد تجاری را در ارزیابی ارزش سیستم محصول منعکس کرد. اگر این ارزیابی برای تکوین و بهبود محصول به‌کار رود، برای صنایع مفید خواهد بود. یک مثال از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی برای جاروبرقی‌های خانگی ارائه می‌شود.

در این مثال، روش ارزیابی برای کمی‌سازی ارزش کارکردی بر اساس ماتریس QFD معرفی شده است و عملکرد کلی زیست‌محیطی توسط روش LCIA ارزیابی می‌شود.

ب-۳-۲ تعریف هدف و دامنه کاربرد

ب-۳-۲-۱ تعریف هدف

هدف از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی:

ارتقاء یک محصول جدید با ارزیابی کارایی زیست‌محیطی آن در مقایسه با محصول قدیمی

مخاطبان موردنظر:

مشتریان تجاری

استفاده موردنظر از نتایج:

محاسبه «عامل موردنظر» (نسبت شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب در مقایسه با شاخص محصول الف) و ارائه آن به مشتریان

ب-۳-۲-۲ تعریف دامنه کاربرد

۱) سسیتم محصول مورد ارزیابی

نام:

محصول الف: جاروبرقی خانگی از نوع کیسه گردگیر کاغذی

محصول ب: جاروبرقی خانگی از نوع چرخان

هر دو محصول توسط یک شرکت ساخته شده است.

مقیاس تولید:

تولید: محصول الف و ب، با کمیت زیاد

1- Quality Function Deployment

موقعیت:
تولید: محصول الف و ب، ژاپن
کاربرد و مدیریت پسماند: محصول الف و ب، ژاپن

زمان:
تولید: محصول الف، مدل سال ۲۰۰۰؛ محصول ب، مدل سال ۲۰۰۳
کاربرد و مدیریت پسماند: محصول الف، سال‌های بین ۲۰۰۶-۲۰۰۰؛ محصول ب، سال‌های بین ۲۰۰۹-۲۰۰۳

ذینفعان عمده:
مشتریان

۲) کارکرد و واحد کارکردی

الف- کارکرد سیستم محصول به صورت سهولت در قابلیت تمیزکنندگی، تعریف می‌شود. به این خاطر که قابلیت بالای تمیزکنندگی سازگار با کاربردپذیری و سهولت استفاده از آن بیانگر ویژگی‌های اولیه جاروبرقی‌ها است.
ب- واحد کارکردی آن به صورت یک جاروبرقی برای هر سیستم محصول در چرخه کامل حیات آن (۷ سال) تعریف می‌شود.

۳) مرز سیستم

الف- هر مرحله از چرخه حیات محصول نظیر تهیه مواد، تولید قطعات، ساخت محصولات، توزیع، کاربرد و پایان عمر را شامل می‌شود.
ب- برای ارزیابی ارزش سیستم محصول، مرحله کاربرد جهت ارائه ارزش سیستم محصول به مشتریان انتخاب می‌شود.

۴) تخصیص به سیستم‌های بیرونی

هیچ تخصیصی به سیستم‌های مجاور انجام نگرفته است.

۵) روش ارزیابی زیست‌محیطی وانواع پیامدها

الف- در روش LCI، CO_2، SO_X، NO_X، HFC، PFC، SF_6، COD، کل N، کل P، پسماند، نفت‌خام، گاز طبیعی، سنگ آهک و چوب به عنوان جریان‌های اولیه در نظر گرفته می‌شوند. یک روش ترکیبی مبتنی بر تجزیه و تحلیل درونداد- برونداد (IOA)[1] برای کمی‌سازی این جریان‌های اولیه به کار برده می‌شود[۱].

ب- در روش LCIA، گرم شدن کره زمین، اسیدی شدن، پیرآبی[2]، آلودگی هوا و کاهش منابع در نظر گرفته

1- Input-output analysis
2- Eutrophication

می‌شود. سایر رده‌های پیامد نظیر کیفیت هوای داخل و کمبود آب در این مطالعه مستثنی شده است. شاخص‌های رده و مدل‌های ویژه‌سازی مبتنی بر روش LIME[1] هستند[۲]، یکی از انواع اخیر آن‌ها روش LCIA است که با یک پروژه ملی در ژاپن توسعه داده شده است.

پ- همچنین، روش وزن‌دهی از روش‌های LIME، برای ارزیابی عملکرد کلی زیست‌محیطی به‌کار می‌رود. ضریب وزن‌دهی در روش LIME با در نظرگیری گویایی، کفایت و سازگاری توسط یک روش آماری آزمون شده، بسط یافت.

ت- نتایج وزن‌دهی به عنوان شاخص پیامد زیست‌محیطی به‌کار می‌رود.

۶) روش سنجش ارزش و نوع ارزش سیستم محصول

الف- ارزش کارکردی برای مشتریان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. آن به صورت عملکرد هر سیستم محصول در سهولت تمیزکنندگی در طول کل عمر آن تعریف می‌شود.

ب- به منظور بیان سطح کارکرد، چند ویژگی از یک محصول با یک شاخص یکپارچه می‌شود، اعمال ترجیحات مشتریان که از بررسی بازار به دست می‌آید، به معنی انجام تحقیق در مورد نیازهای مشتریان و یا مصاحبه‌های مشتریان است[۳].

پ- یک شاخص یکپارچه، به عنوان شاخص ارزش سیستم محصول به‌کار می‌رود.

۷) انتخاب شاخص(های) کارایی زیست‌محیطی

در این مثال، شاخص کارایی زیست‌محیطی به صورت «شاخص ارزش سیستم محصول تقسیم بر شاخص پیامد زیست‌محیطی» تعریف می‌شود.

۸) تفسیر مورد استفاده

تفسیر جنبه‌های زیر برای استفاده مورد نظر از نتایج، لازم هستند:

الف- شناسایی مسائل مهم؛

ب- یک ارزیابی که جنبه‌های کفایت و غیره را مورد توجه قرار دهد؛

پ- شکل‌دهی نتیجه‌گیری‌ها، محدودیت‌ها و توصیه‌ها؛

ت- مقایسه نتایج کارایی زیست‌محیطی.

۹) محدودیت‌ها

الف- در ارزیابی زیست‌محیطی، نتایج بستگی به شرایط روش ترکیبی[۱] و روش LIME [۲]، دارد.

ب- نتایج ارزیابی ارزش سیستم محصول با روش[۳] و مجموعه محدودی از ویژگی‌های کیفی استنتاج می‌شود.

1- Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling

۱۰) گزارش‌دهی و اعلان نتایج

الف- یک بازنگری مستقل انجام می‌شود. عامل موردنظر، نسبت کارایی زیست‌محیطی محصول ب در مقایسه با شاخص محصول الف، برای اجتناب از اظهاریه‌های مقایسه‌ای کارایی زیست‌محیطی، با ذکر عدم مسئولیت اعلان می‌شود. یک گزارش کامل در اینترنت، در دسترس قرار می‌گیرد.

ب- عامل ارزش سیستم محصول و عامل کاهش پیامد زیست‌محیطی در نمودار نشان داده می‌شوند، طوری که روند تکوین محصول و همکاری هر دو شاخص برای بهبود کارایی زیست‌محیطی را بتوان نشان داد.

ب-۳-۳ ارزیابی زیست‌محیطی

الف- یک روش ترکیبی مبتنی بر IOA [۲] برای داده‌های زمینه‌ای در تجزیه و تحلیل LCI، مورد استفاده قرار گرفته است.

ب- در مرحله کاربرد، مواد و قطعات به‌کار رفته در محصولات نهایی و کیسه کاغذی مصرف‌شده در نظر گرفته شدند. اما، برای جاروبرقی نوع چرخان، از آنجا که گرد و غبار جمع شده مستقیماً به مخزن زباله حمل می‌شود، کیسه گردگیر کاغذی موردنیاز نیست. در مرحله ساخت، مصارف متوسط انرژی اعمال شده است. توزیع «۲۰km با استفاده از کامیونت‌های ۲ t، و ۳۳۰km با استفاده از کامیونت‌های ۴ t» در نظر گرفته شده است. در مرحله پایان عمر فرض شده است که محصولات به سیستم بازیافت برگردانده می‌شوند، که در آن آهن، مس، آلومینیوم و چندین نوع پلاستیک بازیافت شده و سایر مواد سوزانده یا وارهایی می‌شوند.

پ- پیامدهای کلی زیست‌محیطی با اعمال روش LIME محاسبه شده است، به‌طوری که از تبادل‌های میان رده‌های پیامد اجتناب می‌شود. نتایج LCI، در یک شاخص با واحد پولی ین ژاپن برای تشکیل شاخص پیامد زیست‌محیطی خلاصه شده است.

ت- شاخص‌های دو محصول به صورت زیر محاسبه شدند:

شاخص پیامد زیست‌محیطی محصول الف، [بر حسب ین ژاپن] A = 326.5؛

شاخص پیامد زیست‌محیطی محصول ب، [بر حسب ین ژاپن] B = 318.9.

ب-۳-۴ ارزیابی ارزش سیستم محصول

الف- سطح کارکرد محصولات برای بیان ارزش کارکردی آن‌ها بر حسب سهولت در قابلیت تمیزکنندگی تعریف می‌شود و با مقایسه ویژگی‌های کیفی مختلف در واحدهای خاص خود، کمی‌سازی می‌شوند.

ب- ابتدا، الزامات مشتری با ویژگی‌های کیفی یک محصول در ماتریس QFD (تکوین کارکرد محصول)، طبق جدول ب۱ مرتبط شدند. الزامات مشتری و اهمیت آن‌ها از بررسی بازار به‌دست آمده‌اند. در این روش با ساختن ماتریس QFD، ویژگی‌های نسبی مهم از نقطه نظر رضایت‌مندی مشتری، شناسایی شد. مطابق روش پیشنهادی کوبایاشی و همکاران[1] (۲۰۰۵) [۳]، نسبت‌های بهبود ویژگی‌های کیفی با نرمال‌سازی مبتنی بر حداکثر داده‌های

1- Kobayashi, Y. et al

واقعی بین دو محصول مطابق جدول ب۲، محاسبه شدند. در پایان، سطح کارکرد به صورت میانگین وزنی نسبت‌های بهبود برای تشکیل شاخص ارزش سیستم محصول، کمی‌سازی شدند.

پ- شاخص‌های دو محصول به صورت زیر محاسبه شدند:

شاخص ارزش سیستم محصول الف، [در واحد اختیاری] A = 0.74؛

شاخص ارزش سیستم محصول ب، [در واحد اختیاری] B = 0.96.

جدول ب۱- ماتریس TQFD برای جاروبرقی

(برای اطلاع از جدول کامل به مرجع [۳] کتابنامه مراجعه شود)

الزامات مشتری	اهمیت	مکش گرد و غبار (w)	وزن بدنه (kg)	وزن کل (kg)	دوران بُرس در هر دقیقه (rpm)	درجه درخشش (زمان)	صدا (dB)	صافی‌های مجزا (تعداد)
خروجی پاک	۳							۹
توانایی رباییش هر چیزی	۹	۹			۳	۱		
بی‌صدا	۳							
قابلیت برداشت گرد و غبار	۳							
قابلیت تمیزکردن در فضای باریک	۳							
قابلیت تمیزکردن کفپوش	۹	۳			۹	۹		
کنترل آسان بدنه	۳		۳					
قابلیت تمیزکردن کناره دیوارها	۹							
قابلیت تمیزکردن سقف و غیره	۱							
سهولت عملیات	۳		۹	۹				
مکش زیاد گرد و غبار	۹	۹					۹	
بُرس ملایم	۳							
قطعات انتخابی متنوع	۱							
اهمیت نسبی (٪)		۱۶٫۸	۳٫۲	۲٫۴	۹٫۸	۸	۹٫۶	۲٫۴

روابط

۹: رابطه قوی

۳: رابطه عادی

۱: رابطه ضعیف

جدول ب۲- خلاصه‌ای از ارزش کارکردی یک جارو برقی

(محصولات مورد ارزیابی متفاوت از محصولات مرجع [۳] بودند)

ویژگی‌های کیفی	اهمیت	داده‌های واقعی		راستا	نرمال سازی	
	٪	محصول الف	محصول ب		محصول الف	محصول ب
مکش گرد و غبار (w)	۱۶٫۸	۵۷۰	۵۶۰	↑	۱	۰٫۹۸
وزن بدنه (kg)	۳٫۲	۳٫۷	۳٫۶	↓	۰٫۹۷	۱
وزن کل (kg)	۲٫۴	۵٫۳	۵٫۲	↓	۰٫۳	۱
دوران بُرس در هر دقیقه (rpm)	۹٫۸	۴۲۰۰	۶۰۰۰	↑	۰٫۷۰	۱
درجه درخشندگی (زمان)	۸	۱۰	۲٫۲	↓	۰٫۲۲	۱
صدا (db)	۹٫۶	۵۵	۵۹	↓	۱	۰٫۹۳
صافی‌های مجزا (تعداد)	۲٫۴	۴	۳	↑	۱	۰٫۷۵
			میانگین وزنی		**۰٫۷۴**	**۰٫۹۶**

ب-۳-۵ کمی‌سازی کارایی زیست‌محیطی

الف- شاخص کارایی زیست‌محیطی با تقسیم شاخص ارزش سیستم محصول در کل طول عمر آن بر پیامد زیست‌محیطی در واحدهای [ین ژاپن]، محاسبه شد.

ب- شاخص‌های دو محصول به صورت زیر محاسبه شدند:

شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول الف، [بر حسب ین ژاپن] A = 0.0158؛

شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب، [بر حسب ین ژاپن] B = 0.0211.

ب-۳-۶ تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم‌قطعیت

تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم‌قطعیت در این مثال انجام نشده است.

ب-۳-۷ تفسیر

الف- نسبت شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول‌ب در مقایسه با شاخص محصول الف برای توضیح تفاوت‌های کارایی زیست‌محیطی میان دو محصول مورد ارزیابی، به‌کار گرفته شد.

ب- عامل موردنظر، (شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب تقسیم بر شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول الف) برابر ۱٫۳۳ است.

پ- این بدین معنی است که شاخص کارایی زیست‌محیطی محصول ب (جاروبرقی خانگی از نوع چرخان) تقریباً ۱٫۳ برابر بزرگتر از شاخص محصول الف (جاروبرقی خانگی از نوع کیسه گردگیر کاغذی) است.

ت- همچنین، هر دو عامل کاهش پیامد زیست‌محیطی و ارزش سیستم محصول به منظور تبیین راهبردهای تکامل محصولات مورد ارزیابی، در شکل ب۲ رسم شد. عامل موردنظر را می‌توان با ضرب عامل ارزش سیستم محصول در عامل کاهش پیامد زیست‌محیطی به دست آورد.

ث- عامل کاهش پیامد زیست‌محیطی (شاخص پیامد زیست محیطی محصول الف تقسیم بر شاخص پیامد زیست محیطی محصول ب) برابر ۱٫۰۲ است.

ج- عامل ارزش سیستم محصول (شاخص ارزش سیستم محصول ب تقسیم بر شاخص ارزش سیستم محصول الف) برابر ۱٫۳۰ است.

چ- نتایج ارزیابی نشان دادند که پیامدهای زیست‌محیطی در مرحله کاربرد، علت ٪۷۵ از آن موارد در طول چرخه کامل حیات هر دو محصول است. انتشار CO_2 و SO_X، که عمدتاً از مصرف برق در مرحله کاربرد ناشی می‌شوند، تأثیر قابل توجهی در نتایج کل دارند. قابلیت گرم‌شدن کره زمین ناشی از مصرف زیاد برق توسط محصول ب، بیشتر است. با این وجود، به دلیل کاهش نسبی وزن محصول ب و عدم نیاز به کیسه گردگیر کاغذی، شاخص کاهش منابع بهبود یافت. در نتیجه، از منظر چرخه حیات، شاخص پیامد زیست‌محیطی محصول ب بیش از محصول الف بهبود یافت. کاهش پیامد زیست‌محیطی در هر دو مرحله کاربرد و تولید می‌تواند بهبود بیشتر کارایی زیست‌محیطی را در آینده ممکن سازد.

ح- عامل ارزش سیستم محصول عمدتاً به عامل موردنظر کمک می‌کند. با این که برخی از ویژگی‌های کیفی محصول ب نسبت به محصول الف، بالاتر و یا برخی از ویژگی‌های آن پایین‌تر است، اما قابلیت تمیزکردن کناره دیوارها و کفپوش‌ها بهبود یافته است. مطابق الزامات مشتری در ماتریس QFD، علاوه بر قدرت مکش عملکردهای اضافی نظیر قابلیت بالا در تمیز کردن کفپوش‌ها و کناره دیوارها و غیره، می‌تواند ارزش‌های بیشتری را برای مشتریان فراهم کند.

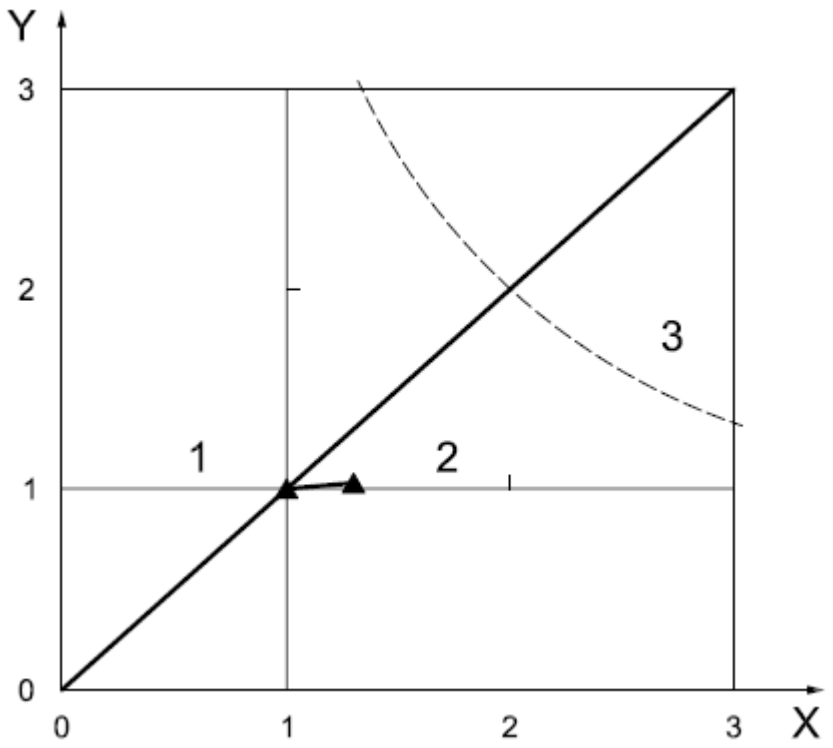
خ- در ارزیابی زیست‌محیطی، از چندین فرض نظیر مسافت‌های حمل و سناریوی پایان عمر در روش LCIA استفاده شده است. نتایج بسته به این شرایط و نتیجه‌گیری‌ها بهتر است در کاربرد داده‌های LCI و روش LCIA لحاظ شود.

د- در ارزیابی ارزش سیستم محصول، بررسی بازار در ژاپن نشان داد که ترجیحات مشتری در نواحی دیگر و در طی زمان مطابق با موقعیت بازار، وضعیت رقبا، سبک‌های زندگی و غیره تغییر می‌کند.

ذ- بهره‌گیری از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به عنوان ابزار مدیریت داخلی برای صنایع سودمند است. با وجود اهمیت تجزیه و تحلیل دقیق تبادل‌های میان رده‌های پیامد زیست‌محیطی در روش LCA، تعریف و تدوین شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی به راهبرد تجاری هر شرکت وابسته است.

ر- در این مثال، تمرکز بر روی تبادل‌های میان پیامد زیست‌محیطی و ارزش کارکردی است و تبادل‌ها در ارزیابی زیست‌محیطی مورد نظر نیست. از نقطه نظر سازگاری با ارزش کارکردی وزنی، پیامدهای زیست محیطی در یک نمره واحد مبتنی بر LCIA پیشرفته، خلاصه شدند. در این مفهوم، شاخص کارایی زیست‌محیطی، زمانی

در این مثال به‌کار می‌رود که یک طرح کلی از تکوین محصول مطابق شکل ب۲ ارائه شود.



راهنما:

X عامل ارزش سیستم محصول

Y عامل کاهش پیامد زیست محیطی

1 محصول الف

2 محصول ب

3 عامل-موردنظر

شکل ب۲- نمودار عامل موردنظر

ب-۴ کاربرد ارزیابی کارایی زیست‌محیطی مبتنی بر ارزیابی یکپارچه

ب-۴-۱ کلیات

یک شرکت پتروشیمی در مکزیک یک تجزیه و تحلیل از کارایی زیست‌محیطی به منظور ارزیابی دو نوع فناوری مورد استفاده برای افزایش تولید یک کارخانه اتیلن، انجام داد. اتیلن ماده اولیه اولفین مورد استفاده در انواع مختلف مواد پتروشیمی است و می‌تواند سایر هیدروکربن‌ها نظیر بنزن در تولید اتیل بنزن، استایرن و سایر اولفین‌های مفید در به دست آوردن پلیمرهایی از قبیل انواع مختلف پلی اتیلن را پیوند دهد.

ب-۴-۲ تعریف هدف و دامنه کاربرد

ب-۴-۲-۱ تعریف هدف

هدف از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی:

به خاطر افزایش ظرفیت نصب شده از ۶۰۰۰۰۰t به ۹۰۰۰۰۰t اتیلن در مجتمع پتروشیمی مورالس[1] در مکزیک، دو نوع بهبود فناوری با تجزیه و تحلیل کارایی زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت:

انتخاب الف: به روز کردن دو برج شکافت، افزودن دو واحد جدید سرمایش در بخش سردسازی و جایگزینی برج انتقال متان (گاز طبیعی)، ایجاد تغییرات جزئی در واحد تراکم.

انتخاب ب: به روز کردن دو برج شکافت، افزودن یک واحد جدید سرمایش در بخش سردسازی و جایگزینی برج انتقال متان (گاز طبیعی) و افزودن یک کمپرسور جدید.

مخاطبان موردنظر:

تصمیم‌گیران داخلی

استفاده موردنظر از نتایج:

ارائه عاملی که سطح نسبی بهبود در کارایی زیست‌محیطی را به صورت کمیت عددی ساده بیان کند (نسبت شاخص کارایی زیست‌محیطی انتخاب الف به انتخاب ب).

ب-۴-۲-۲ تعریف دامنه کاربرد

۱) سیستم محصول مورد ارزیابی

نام: سیستم تولید اتیلن

مقیاس تولید: ۶۰۰۰۰۰t تا ۹۰۰۰۰۰t در هر سال

موقعیت: مکزیک

زمان:

تولید: محصول الف، مدل سال ۲۰۰۰، محصول ب، مدل سال ۲۰۰۳

۲) کارکرد و واحد کارکردی

الف- تولید اتیلن برای استفاده به عنوان ماده خام پلی‌اتیلن، مونومر وینیل کلراید[2]، اکسید اتیلن، استایرن، استالدئید و بقیه موارد.

ب- واحد کارکردی، تولید ۱ t اتیلن است.

1- Morelos

2- Monomer vinyl chloride

۳) مرز سیستم

سیستم محصول با استخراج مواد خام آغاز شده و در مرحله‌ای که اتیلن به عنوان مواد خام سایر فرآیندها است، پایان می‌یابد. سایر مراحل چرخه حیات مستثنی شده است، زیرا آن‌ها نتایج کلی این مطالعه را تغییر نمی‌دهند.

۴) تخصیص به سیستم‌های بیرونی

هیچ سیستم خاص مجاوری برای تخصیص وجود ندارد.

۵) روش ارزیابی زیست‌محیطی و انواع پیامد

الف- پیامدهای زیست‌محیطی با استفاده از روش ارزیابی پیامد چرخه‌حیات، شاخص زیست‌محیطی (H) ۹۹ [۱]، با در نظرگیری سه رده هدف شامل سلامت انسان، کیفیت زیست‌بوم‌ها[1] و منابع، محاسبه شده است.

ب- پیامدهای مزبور با توجه به حالت مبنا نرمال‌سازی شدند.

۶) روش سنجش ارزش و نوع ارزش سیستم محصول

ارزش سیستم محصول مبتنی بر ارزش کارکردی تولید اتیلن در هر روز است.

۷) انتخاب شاخص(های) کارایی زیست‌محیطی

الف- در این مثال، شاخص کارایی زیست‌محیطی به صورت «شاخص ارزش سیستم محصول تقسیم بر شاخص پیامد زیست‌محیطی» تعریف می‌شود.

ب- شاخص کارایی زیست‌محیطی با فرمول (ب۱) و عامل با فرمول (ب۲) مطابق زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{کارایی زیست‌محیطی} = \frac{\text{ارزش محصول}}{\text{پیامد زیست‌محیطی}} \qquad \text{(ب۱)}$$

$$\text{عامل} = \frac{\text{کارایی زیست‌محیطی محصول ارزیابی شده}}{\text{کارایی زیست‌محیطی محصول در حالت مبنا}} \qquad \text{(ب۲)}$$

۸) تفسیر

به منظور انتخاب میان حالت‌های الف و ب لازم است کارایی زیست‌محیطی این انتخاب‌ها در شرایط فعلی کارخانه مقایسه شوند.

۹) محدودیت‌ها

۹-۱ در ارزیابی زیست‌محیطی، محاسبات موارد زیر را شامل نمی‌شود:

الف- ساختمان، زیرساخت و تجهیزات سرمایه‌ای؛

ب- منابع انسانی و کار.

1- Ecosystems

۹-۲ همچنین محاسبات، مواد به‌کار رفته در مقادیر جزئی و مواد با داده‌های ناکافی را در بر نمی‌گیرد.

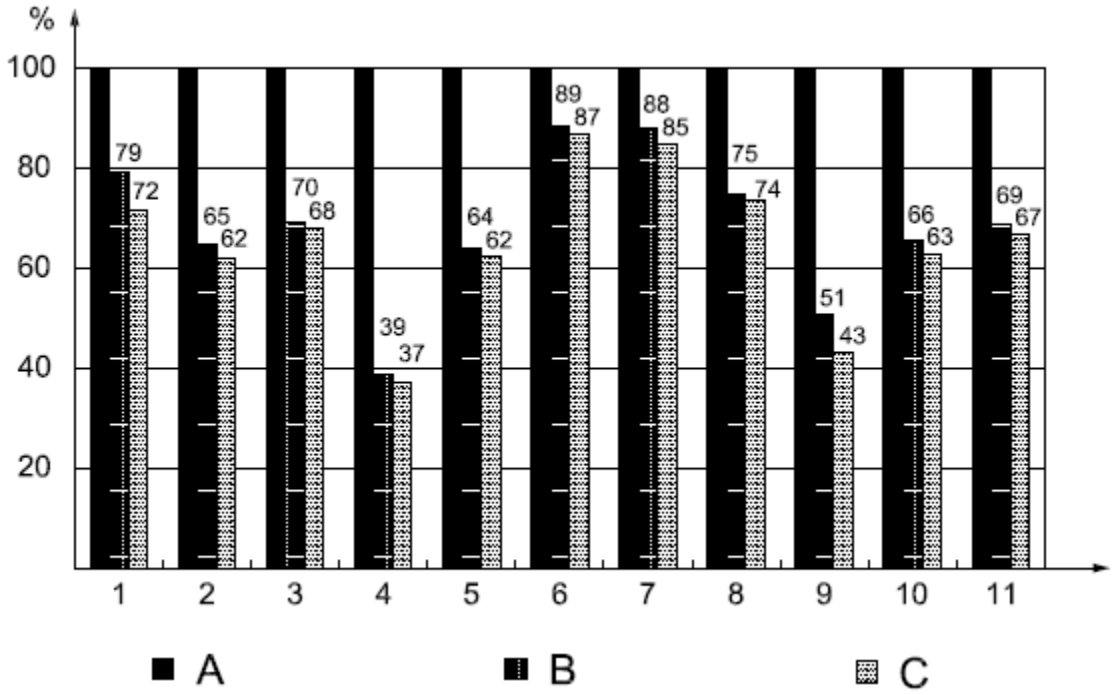
۱۰) گزارش‌دهی و اعلان نتایج

یک گزارش داخلی تنظیم و ارائه می‌شود.

ب-۴-۳ ارزیابی زیست‌محیطی

الف- ارزیابی زیست‌محیطی با استفاده از ارزیابی چرخه‌حیات و مطابق با استانداردهای ملی ایران- ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴ و شاخص زیست‌محیطی (H) ۹۹ در روش پیامد چرخه‌حیات، انجام می‌شود.

ب- شکل ب۳ رده‌های پیامد ارزیابی شده برای انتخاب‌های الف و ب، با توجه به عملیات جاری کارخانه اتیلن را نشان می‌دهد.



راهنما:

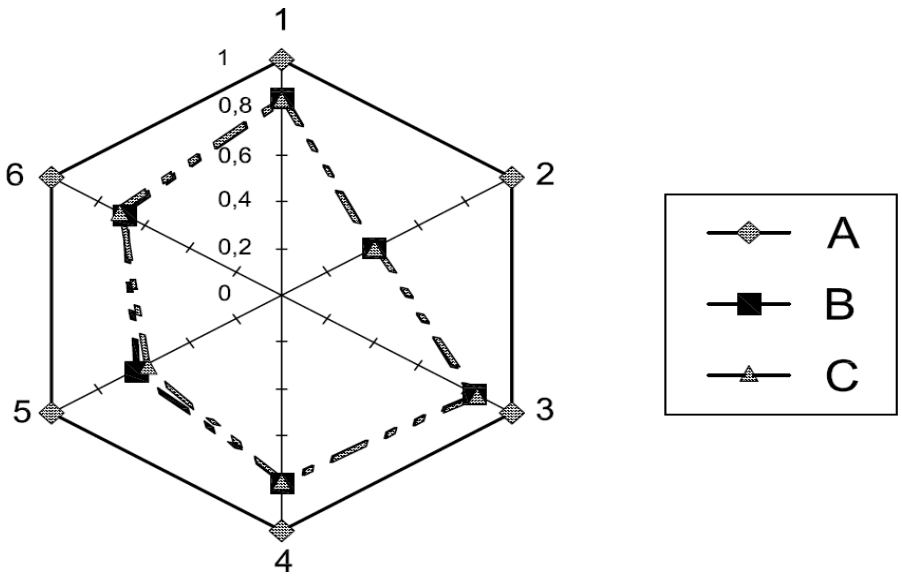
A اتیلن در حالت مبنا به میزان ۶۰۰t

B افزایش اتیلن به ۹۰۰t

C کوره‌های جدید اتیلن

شکل ب۳- نتایج حاصل از رده بهبود پیامد

پ- شش رده پیامد برای ارزیابی فایده‌ها و زیان‌های عملکرد گزینه‌های انتخابی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این رده‌ها نرمال‌سازی شدند. مطابق شکل ب۴، دو گزینه در ارتباط با پیامدهای فعلی کارخانه اتیلن مورد ارزیابی قرار گرفت.



راهنما:

1 مواد سرطان‌زا
2 تغییرات اقلیمی
3 مواد سمی
4 اسیدی شدن/ پیرآبی
5 کانی‌ها
6 سوخت‌های فسیلی
A اتیلن در حالت مبنا به میزان ۶۰۰t
B افزایش اتیلن به ۹۰۰t
C کوره‌های جدید اتیلن

شکل ب۴- شش رده پیامد برای گزینه‌های مختلف و ارزش‌های نرمال‌سازی شده

ت- جدول ب۳ بهبود در رده‌های هدف را نشان می‌دهد، که به سه رده کاهش یافته است. این داده‌ها به عنوان پیامد زیست‌محیطی پروژه برای محاسبه کارایی زیست‌محیطی در نظر گرفته شده‌اند.

ب-۴-۴ ارزیابی ارزش سیستم محصول

الف- ارزش سیستم محصول برای کارخانه موجود ۱۸۰۰t اتیلن در هر روز (ظرفیت فعلی) و برای انتخاب‌های الف و ب، ۲۷۰۲ t در هر روز (ظرفیت طرح‌ریزی شده) است.

ب- تمامی حالت‌ها بر اساس روزهای مشابه از تولید پیوسته در هر سال، محاسبه شده‌اند.

ب-۴-۵ محاسبه نتایج کارایی زیست‌محیطی

داده‌های مورد استفاده برای محاسبه نتایج کارایی زیست‌محیطی در جدول ب۴ نشان داده شده است.

جدول ب۳- مقایسه سه رده هدف

	سلامت انسان (نقاط زیستی)	کیفیت زیست‌بوم (نقاط زیستی)	منابع (نقاط زیستی)
کارخانه در حالت فعلی	۷۴٫۷	۷٫۲	۴۹۷
افزایش اتیلن به ۹۰۰t (انتخاب الف)	۴۱٫۸	۵٫۴	۳۴۱٫۴
کوره‌های جدید اتیلن (انتخاب ب)	۴۰٫۶	۵٫۳	۳۳۲
بهبودها (٪)	< ۴۴ (انتخاب الف) < ۴۵ (انتخاب ب)	< ۲۵ (انتخاب الف) < ۲۶ (انتخاب ب)	< ۳۱ (انتخاب الف) < ۳۳ (انتخاب الف)

جدول ب۴- داده‌های مورد استفاده برای محاسبه نتایج کارایی زیست‌محیطی

	کارخانه موجود	توسعه جدید (انتخاب الف)	کوره‌های جدید (انتخاب ب)
ظرفیت (t/d)	۱۸۰۰	۲۷۰۲	۲۷۰۲
نقاط زیستی LCA [a]	۴۳۷٫۹	۲۸۸٫۶	۲۸۰٫۵

[a] نقاط زیستی مطابق مرجع [۱] کتابنامه محاسبه می‌شود.

$$\text{کارایی زیست‌محیطی} = \frac{\text{ارزش محصول}}{\text{پیامد زیست‌محیطی}}$$

$$\text{کارایی زیست‌محیطی کارخانه موجود} = \frac{\text{ارزش محصول}}{\text{پیامد زیست‌محیطی}} = \frac{1800\ \text{t/d}}{437.9\ \text{pt}} = 4.11$$

$$\text{کارایی زیست‌محیطی انتخاب الف} = \frac{\text{ارزش محصول}}{\text{پیامد زیست‌محیطی}} = \frac{2702\ \text{t/d}}{288.6\ \text{pt}} = 9.36$$

$$\text{کارایی زیست‌محیطی انتخاب ب} = \frac{\text{ارزش محصول}}{\text{پیامد زیست‌محیطی}} = \frac{2702\ \text{t/d}}{280.5\ \text{pt}} = 9.63$$

$$\text{عامل} = \frac{\text{کارایی زیست‌محیطی محصول ارزیابی شده (انتخاب ب)}}{\text{کارایی زیست‌محیطی محصول در حالت مبنا (کارخانه موجود)}} = \frac{9.63}{4.11} = 2.34$$

ب-۴-۶ تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم‌قطعیت

تجزیه و تحلیل حساسیت و عدم‌قطعیت در این مثال انجام نشده است.

ب-۴-۷ تفسیر

الف- با مقایسه دو گزینه انتخابی با وضعیت فعلی کارخانه، بهبود قابل توجهی در عملکرد زیست‌محیطی دیده می‌شود.

ب- به طور خلاصه، انتخاب ب بالاترین کارایی زیست‌محیطی را دارد.

ب-۵ کاربرد ارزیابی کارایی زیست‌محیطی- عوامل کاهش‌دهنده[1]

ب-۵-۱ کلیات

ارزیابی کارایی زیست‌محیطی ابتدا توسط بورن و همکاران[2] (سال ۲۰۰۹) منتشر شد، که برای کاربرد در این استاندارد، اصلاح شده است.

ب-۵-۲ تعریف هدف و دامنه کاربرد

ب-۵-۲-۱ تعریف هدف

هدف از ارزیابی کارایی زیست‌محیطی:

به منظور ارزیابی عوامل مختلف کاهش‌دهنده از منظر زیست‌محیطی و مالی، یک ارزیابی کارایی زیست‌محیطی برای شرایط اروپایی انجام شد.

مخاطبان موردنظر: توسعه‌دهندگان اولیه محصول، و نیز خریداران.

استفاده موردنظر از نتایج:

استفاده موردنظر برای تکوین محصول و ارتباط عملکرد محصول با مشتریان تجاری است.

ب-۵-۲-۲ تعریف دامنه کاربرد

۱) سیستم محصول مورد ارزیابی

نام: عوامل کاهش‌دهنده که از چهار فرآیند مختلف ساخته شده‌اند؛ محصولات الف، ب، پ و ت

مقیاس تولید: در مقیاس صنعتی

موقعیت مراحل چرخه حیات:

تولید: اروپا؛ کاربرد و مدیریت پسماند: اروپا

زمان مراحل چرخه حیات:

تولید: سال ۲۰۰۷؛ کاربرد: سال ۲۰۰۷؛ مدیریت پسماند: سال ۲۰۰۷

ذینفعان عمده: توسعه‌دهندگان محصول؛ خریداران

1- Chelating agents
2- Borén et al

۲) کارکرد و واحدکارکردی

الف- عوامل‌کاهش‌دهنده به‌طور وسیعی در مواد شوینده و پاک‌کننده برای بهبود قدرت شویندگی به‌کار می‌روند.

ب- در این مطالعه، عوامل کاهش‌دهنده بر پایه هم‌وزنی مقایسه شدند، تا مطالعه از مقادیر دقیق به‌کار رفته در بسیاری از دستورالعمل‌های مواد پاک‌کننده، مستقل شود. واحد کارکردی برابر t ۱ از عامل کاهش‌دهنده است.

۳) مرز سیستم

الف- سیستم محصول شامل جریان‌های مربوط به استخراج و فرآوری مواد خام، ساخت، کاربرد، نگهداری، بازیافت/ کاربرد مجدد، مدیریت پسماند و حمل و نقل است (به شکل ب۵ مراجعه شود). سیستم محصول، کارکرد دستورالعمل‌های مختلف مواد پاک‌کننده را در بر نمی‌گیرد، زیرا فرض شده است که به طور مشابه برای محصولات الف، ب، پ و ت جایگزین شود.

ب- معیار گسیختگی: قانون ٪ ۱

۴) تخصیص به سیستم‌های بیرونی

مطابق با ارزش اقتصادی.

۵) روش ارزیابی زیست‌محیطی و انواع پیامد

الف- جریان‌های اولیه موجود، در جدول ب۵ نشان داده شده است.

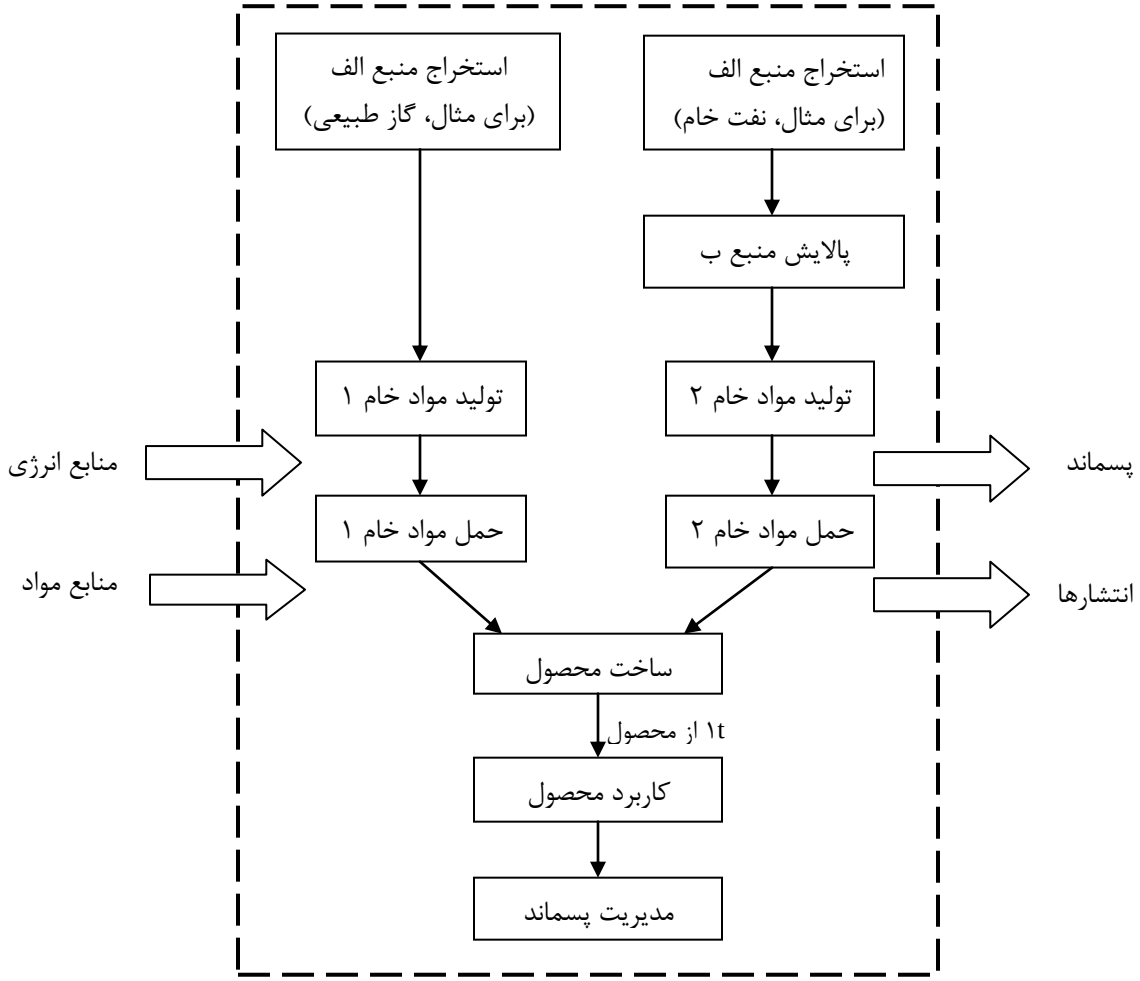
ب- رده‌های پیامد مورد نظر در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و مورد استفاده برای عوامل کاهش‌دهنده مختلف عبارت بودند از: مصرف اولیه انرژی، کاهش منابع، انتشارها، کاربری زمین، سمی بودن برای انسان و میزان ریسک (در ارتباط با سلامتی و حوادث شغلی). رده پیامد «انتشارها» به رده‌های پیامد کوچکتری تقسیم گردید (به جدول ب۶ مراجعه شود).

پ- روش‌های ارزیابی پیامد مورد استفاده، توسط سالینگ و همکاران[1] (سال۲۰۰۲) به تفصیل داده شده است [۱۱].

ت- در یک فرآیند وزن‌دهی اضافی، نتایج رده پیامد با یک شاخص واحد یا توصیفی از فشار کل وارده به محیط‌زیست، تجمیع می‌شود. در روش ارائه شده برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، وزن که اهمیت زیست‌محیطی رده‌پیامد مرتبط با سایر رده‌ها را برای یک ناحیه خاص بیان می‌کند، به هر یک از رده‌ها اختصاص داده شده است. عامل‌های وزن‌دهی، ترکیبی از «عامل‌های ارتباطی» و «عامل‌های اجتماعی» رده پیامد مشخص هستند. برای اطلاع از عامل‌های ارتباطی و اجتماعی اروپایی به جدول ب۶ مراجعه شود. برای به‌دست آوردن عامل ارتباطی، نتیجه جایگزین بالاترین رده پیامد در برابر بار کلی همان رده در یک ناحیه مشخص، نرمال‌سازی می‌شود. این گام، اهمیت نسبی نتایج مختلف رده پیامد را به‌دست می‌دهد.

1- Saling et al

عامل‌های اجتماعی، اهمیت هر رده مرتبط با سایر رده‌های پیامد را همچنان که توسط گروهی از مردم مشاهده می‌شود را بیان می‌کند (به جدول ب۶ مراجعه شود). عامل‌های اجتماعی مبتنی بر نظرسنجی عمومی در همان ناحیه انتخاب‌شده برای عامل‌های ارتباطی، هستند. عامل‌های اجتماعی از طریق یک نظرسنجی عمومی به دست آمده‌اند (کشیرر[1]، ۲۰۰۵). برای اطلاعات بیشتر در مورد روش‌شناسی وزن‌دهی و تلفیق بعدی داده‌های زیست‌محیطی و اقتصادی که در زیر ارائه شده است، به مرجع [۱۱] (سالینگ و همکاران، ۲۰۰۲) و [۹] (کشیرر و همکاران، ۲۰۰۷) کتابنامه مراجعه شود.



شکل ب۵- مرز سیستم

1- Kicherer

جدول ب۵- جریان‌های اولیه مورد ارزیابی

انرژی (MJ/ [a]FU)	زغال‌سنگ نفت گاز نیروی آب هسته‌ای زغال قهوه‌ای بازیافتی/ سایر زیست‌توده	انتشار در آب (mg/FU)	COD BOD N-tot NH_4-N P-tot AOX HM HC SO_4^{2-} Cl^-
منابع (kg/FU)	زغال‌سنگ نفت گاز طبیعی زغال قهوه‌ای سدیم کلراید گوگرد فسفردار آهن آهک بوکسیت ماسه	پسماند (kg/FU)	پسماند شهری پسماند شیمیایی پسماند ساختمانی پسماند معدنی
انتشار در هوا (mg/FU)	CO_2 SO_X NO_X CH_4 [b]NM-VOC CFCs NH_3 N_2O HCI	کاربری زمین (m^2/FU)	جنگل مرتع، زمین بایر، کشاورزی بیولوژیکی پیمان‌نامه‌های کشاورزی مناطق حفاظت شده جاده‌ها، ریل‌ها، کانال‌ها

[a] Functional Unit (واحد کارکردی)

[b] Non-Methane Volatile Organic Compounds (ترکیبات آلی فرار غیرمتان)

جدول ب۶- رده‌های پیامد و عامل‌های وزن‌دهی

رده پیامد	عامل اجتماعی S ٪	عامل ارتباطی R ٪	عامل کلی وزن‌دهی[a] μ ٪
استفاده از منابع	۲۰	۴	۱۱
مصرف اولیه انرژی	۲۰	۵	۱۳
استفاده از ناحیه	۱۰	۰/۳	۲
قابلیت سمی شدن	۲۰	۲۰	۲۰
قابلیت ایجاد ریسک	۱۰	۱۰	۱۰
انتشارها	۲۰	۶۱	۴۴
انتشار در آب[b]	۳۵	۹۵	۷۸
پسماند جامد	۱۵	–	–
هوا	۵۰	۵	۲۲
قابلیت گرم‌شدن کره‌زمین (GWP)	۵۰	۶۹	۶۸
قابلیت تولید فتوشیمیایی ازن (POCP)	۲۰	۸	۱۵
قابلیت تخلیه ازن (ODP)	۲۰	–	–
قابلیت اسیدی شدن (AP)	۱۰	۲۳	۱۷

[a] میانگین هندسی S و R.

[b] این رده پیامد، قابلیت پیرآبی ناشی از مواد منتشر شده در آب را در بر می‌گیرد.

۶) ارزش سیستم محصول

الف- در این مطالعه، ارزش سیستم محصول با استفاده از یک روش هزینه‌یابی چرخه‌حیات (LCC)[1] (بنگ‌سان و سوبورگ[2]، ۲۰۰۴ [۷]) ارزیابی شد؛ هزینه‌های مرتبط با پیامدهای زیست‌محیطی توسط LCC پوشش داده نمی‌شود، زیرا طبق تعریف، هزینه‌های خارجی را جامعه تقبل می‌کند و بازتاب پیامدهای زیست‌محیطی سیستم مورد مطالعه است (ردناور و همکاران[3]، ۲۰۰۵ [۱۰]). این پیامدها در ارزیابی زیست‌محیطی با LCA پوشش داده می‌شوند.

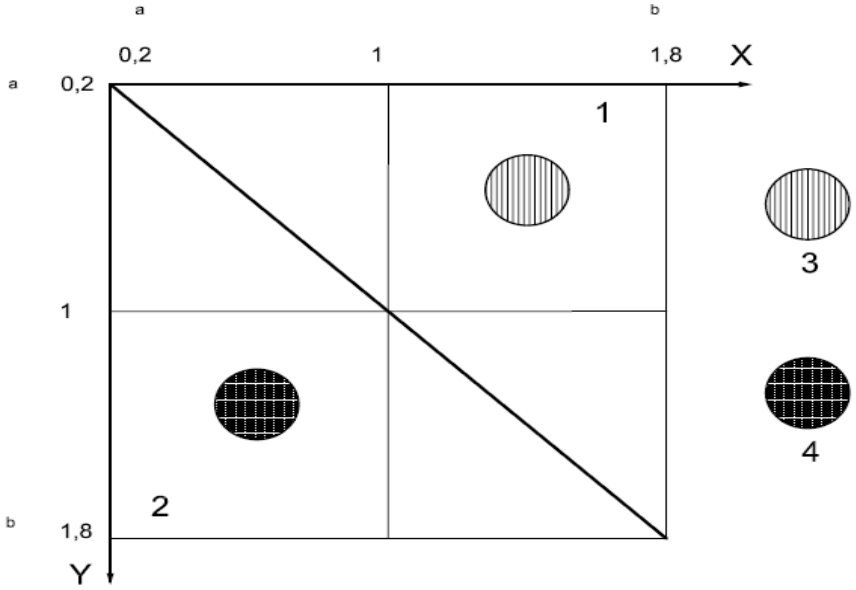
ب- ارزش سیستم محصول برای مشتری، مبتنی بر یک پایه هم‌وزنی، پس‌اندازهای هزینه‌ای عامل کاهش‌دهنده برای ساخت مواد شوینده است.

پ- در روش به‌کار گرفته شده برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، هزینه‌های کلی جایگزین‌های مورد مطالعه با توجه به تولید ناخالص داخلی همان ناحیه که در ارزیابی زیست‌محیطی استفاده می‌شود، نرمال‌سازی می‌شود.

1- Life Cycle Costing
2- Bengtsson and Sjöborg
3- Rudenauer et al

۷) انتخاب شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی

روش کارایی زیست‌محیطی شامل وزن‌دهی پیامدها و هزینه‌های زیست‌محیطی است که در یک نمودار دو بعدی نمود می‌یابد (به شکل ب۶ مراجعه شود). روش کارایی زیست‌محیطی، کمک پیامد زیست‌محیطی جایگزین‌های مورد مطالعه به پیامد زیست‌محیطی کل در داخل یک ناحیه معین را مدنظر قرار می‌دهد. به همین روش، هزینه‌های جایگزین‌های مورد مطالعه با تولید ناخالص داخلی همان ناحیه مقایسه می‌شود. بنابراین، این یک گام نرمال‌سازی است، که دو نسبت مرتبط با اهمیت پیامد زیست‌محیطی و مالی را نتیجه می‌دهد. در صورتی که پیامد زیست‌محیطی شدیدتر باشد، برای مثال، وزن بیشتری بر عملکرد زیست‌محیطی جایگزین‌های مورد مطالعه، اختصاص می‌یابد. محورهای نمودار معکوس شده‌اند، تا جایگزینی که کمترین پیامد زیست‌محیطی و بهترین عملکرد مالی را دارد، در گوشه راست بالایی مشخص شود. این جایگزین، به عنوان بهره‌ورترین جایگزین زیست‌محیطی نام‌گذاری می‌شود، لذا از این نظر مطلوب است.



راهنما:

X ارزش سیستم محصول

Y پیامد زیست‌محیطی (نرمال‌سازی شده)

1 کارایی زیست‌محیطی بالا

2 کارایی زیست‌محیطی پایین

3 محصول/ فرآیند ۱

4 محصول/ فرآیند ۲

a پایین

b بالا

شکل ب۶- کارپوشه[1] کارایی زیست‌محیطی

1- Portfolio

۸) تفسیر مورد استفاده

دو فرآیند، رتبه‌بندی می‌شود و یک تجزیه و تحلیل حساسیت برای ارزیابی اهمیت تفاوت پیامد زیست‌محیطی و هزینه چرخه حیات، انجام می‌گیرد.

۹) گزارش‌دهی و اعلان نتایج

یک گزارش داخلی تنظیم و ارائه می‌شود.

ب-۵-۳ ارزیابی زیست‌محیطی

نتایج ارزیابی پیامد در جدول ب-۷ نشان داده شده است.

ب-۵-۴ ارزیابی ارزش سیستم محصول

پس‌اندازهای هزینه‌ای نرمال‌شده که به‌دست آمده‌اند، در شکل ب۸ نشان داده شده است.

ب-۵-۵ تفسیر

ب-۵-۵-۱ کلیات

نتایج ارزیابی کارایی زیست‌محیطی عوامل مختلف کاهش‌دهنده:

الف- نتایج رده پیامد برای t ۱ از عامل کاهش‌دهنده برای جایگزین‌های مختلف در جدول ب۷ نشان داده شده است.

جدول ب۷- نتایج رده پیامد/ ویژه‌سازی، برای t ۱ از عوامل کاهش‌دهنده مورد مطالعه

رده‌های پیامد	جایگزین‌ها			
	الف	ب	پ	ت
مصرف اولیه انرژی [GJ]	۷۱	۸۳	۷۷	۲۰
استفاده از منابع[معادل تن نفت خام]	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۳	۱٫۳
استفاده از ناحیه [$m^2 \cdot yr$]	۳۵۸	۳	۳	۱
قابلیت سمی شدن [بدون بعد]	۰٫۰۹	۰٫۳۴	۱	۰٫۱۱
قابلیت ایجاد ریسک [بدون بعد]	۰٫۵۸	۱	۰٫۸۹	۰٫۱۸
قابلیت گرم‌شدن کره‌زمین [معادل CO_2 به تن]	۵٫۱	۵٫۷	۵٫۵	۲٫۷
قابلیت تولید بیوشیمیایی ازن [معادل C_2H_4 به kg]	۱	۱/۱	۱	۰٫۴
قابلیت تخلیه ازن [معادل CFC11 به kg]	—	—	—	—
قابلیت اسیدی شدن [معادل SO_2 به kg]	۱۷	۱۵	۱۲	۱۵
پسماند [kg]	—	—	—	—
انتشارها در آب [1000 m^3]	۰٫۶	۶	۰٫۲	۲۷
[a] موارد خاکستری رنگ، ناشی از مواد منتشر شده در آب یا هوا هستند.				

ب- از این نتایج، واضح است که تبادل میان انواع مختلف پیامدهای زیست‌محیطی به خاطر ایجاد یک فهرست اولویت از عوامل مختلف کاهش‌دهنده، از دیدگاه زیست‌محیطی ضروری است. این تبادل از طریق مرحله‌وزن‌دهی انجام می‌شود. عامل‌های وزن‌دهی مبتنی بر فشار کل زیست‌محیطی جایگزین‌های مختلف که برای تجمیع نتایج رده پیامد در یک نمره واحد به‌کار می‌روند، در جدول ب۶ ارائه شده است و بیانگر شرایط اروپایی هستند.

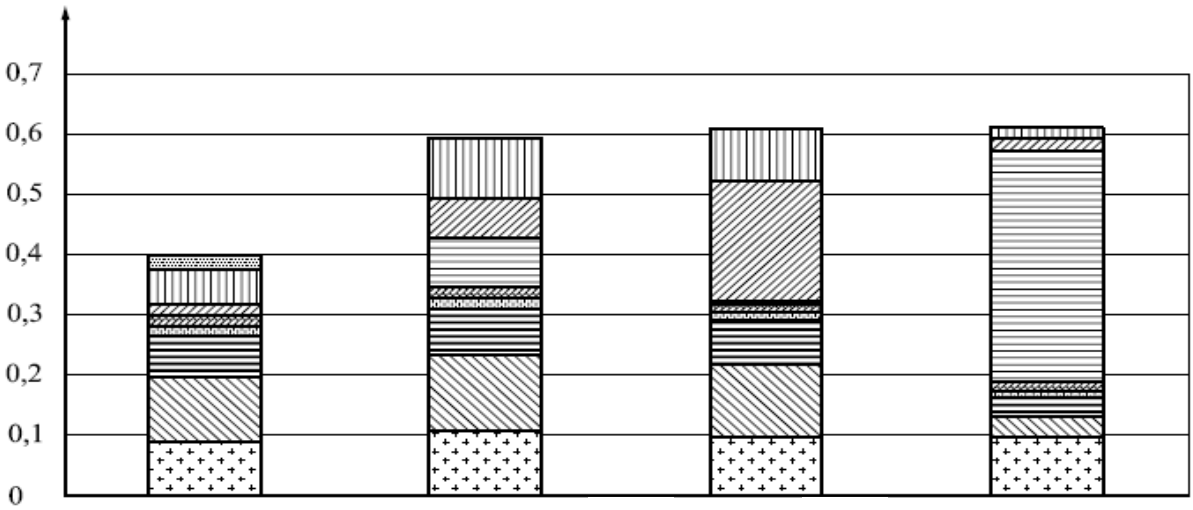
پ- نتایج وزن‌دهی در نمودار میله‌ای و جدول شکل ب۷ نشان داده شده است. آن‌ها، مقادیر وزنی را برای هر رده پیامد و عامل کاهش‌دهنده نشان می‌دهند؛ رأس میله‌ها نتایج نهایی و کلی زیست‌محیطی که با داده‌های اقتصادی در ارزیابی کامل کارایی زیست‌محیطی تلفیق شده است، را نشان می‌دهند.

ب-۵-۵-۲ پیامد وزنی زیست‌محیطی

الف- نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سیستم محصول برای عامل کاهش‌دهنده الف، پایین‌ترین حد از پیامد کلی زیست‌محیطی است. جایگزین الف در مقایسه با سایر جایگزین‌ها از نظر تمام جنبه‌های مهم، خوب عمل کرده است، عمدتاً به این خاطر که مبتنی بر مواد خام تجدیدپذیر بوده و به آسانی از نظر زیستی تجزیه‌پذیر است. مزیت دیگر الف و پ این است که (برخلاف ت و ب) آن‌ها باعث انتشار مواد فسفردار در آب نمی‌شوند و از اینرو قابلیت پیرآبی الف خیلی کم است. مهم‌ترین پیامد عوامل کاهش‌دهنده انتشار آن‌ها در آب مطابق روش‌شناسی وزن‌دهی به‌کار رفته است، به این علت که پیرآبی عمدتاً ناشی از کاربرد مواد فسفردار در شوینده‌ها است. بیش از ٪۶۰ پیامد زیست‌محیطی عامل کاهش‌دهنده ت به خاطر پیرآبی است که رده پیامد مجزایی است که به این عامل کاهش‌دهنده پیامد زیست‌محیطی بالاتری نسبت به عامل الف می‌دهد.

ب- با توجه به قابلیت سمی شدن، نمره الف خیلی بهتر از پ است، به طور خاص برای پ، شواهد محدودی دال بر اثرات سرطان‌زایی ناشی از پرتوگیری وجود دارد. به این دلایل، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بر اساس یک جرم معادل، الف مطلوب‌ترین سیستم محصول از نظر زیست‌محیطی است. همچنین، تجزیه و تحلیل حساسیت نشان داد که این نتیجه با توجه ناحیه‌ای (اقلیمی) که برای وزن‌دهی انتخاب شده، مستحکم‌تر است.

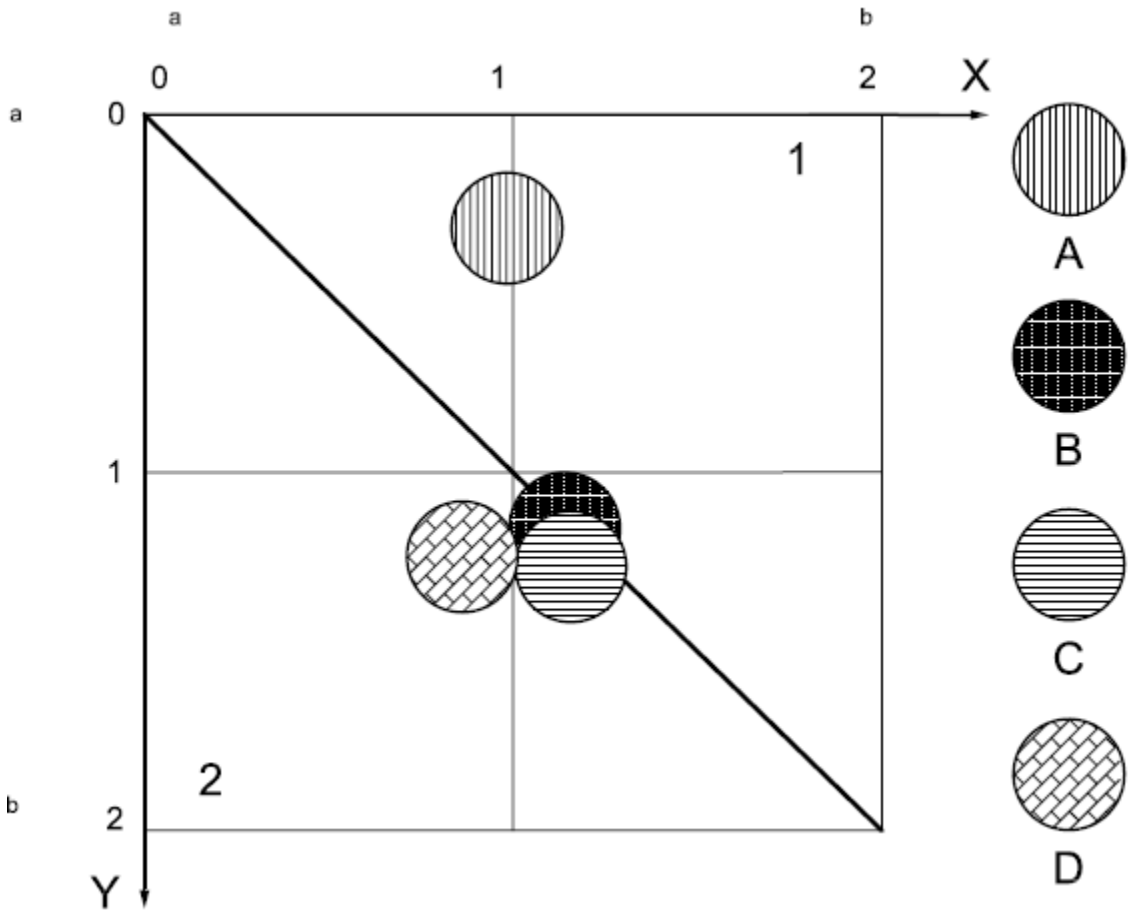
پ- نتیجه کلی، شامل جنبه‌های مالی در شکل ب-۸ ارائه شده است.



		الف	ب	پ	ت
	استفاده از ناحیه	0,02	0,000 2	0,000 2	0,000 1
	قابلیت ایجاد ریسک	0,06	0,10	0,09	0,02
	قابلیت سمی‌شدن	0,02	0,07	0,20	0,02
	انتشارها در آب	0,000 9	0,08	0,003	0,38
	AP	0,02	0,02	0,01	0,02
	POCP	0,01	0,02	0,02	0,006
	GWP	0,07	0,08	0,07	0,04
	مصرف انرژی	0,11	0,13	0,12	0,03
	استفاده از منابع	0,09	0,11	0,10	0,10

یادآوری- AP: قابلیت اسیدی شدن، POCP: قابلیت تولید بیوشیمیایی ازن، GWP: قابلیت گرم شدن کره‌زمین

شکل ب۷- مقادیر وزنی برای رده‌های مختلف پیامد و عوامل کاهش‌دهنده



راهنما:

X ارزش سیستم محصول

Y پیامد زیست‌محیطی (نرمال‌سازی شده)

A محصول الف

B محصول ب

C محصول پ

D محصول ت

a پایین

b بالا

شکل ب۸- نمودار کارایی زیست‌محیطی

پیوست پ
(اطلاعاتی)
کتابنامه

[1] Shibaike, N. et al. Proc. of Electronics Goes Green, 2008, pp. 473-477

[2] Guidelines for Standardization of Electronics Product Eco-Efficiency Indicators Ver. 2.1 [online]. Japan Eco-efficiency Forum, 2009, JEMAI [viewed 2012-01-12]. Available from: http://lca-forum.org/english/eco/

[3] Kobayashi, Y. et al. IJETM, 2007, 7(5-6), pp. 694-733

[4] Itsubo, N. and Inaba, A. Int. J of LCA, 2003, 8(5), p. 305

[5] Kobayashi, Y. et al. JIE, 2005, 9(4), pp. 131-144

[6] Goedkoop, M. and Spriensma, R. The Eco-indicator 99, a damage oriented method for life cycle impact assessment [online]. Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, Zoetermeer, the Netherlands, 1999 [viewed 2012-01-12]. Available from: http://www.pre-sustainability.com/content/eco-indicator-99

[7] Bengtss on, S. and Sjöborg, L. Environmental costs and environmental impacts in a chemical industry. M.Sc. Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2004

[8] Kicherer, A. BASF Eco-Efficiency Analysis Methodology Seminar. BASF AG, Ludwigshafen, 2005

[9] Kicherer, A. et al. Eco-efficiency. Combining life cycle assessment and life cycle costs via normalization. International Journal of Life Cycle Assessment, 2007, 12, pp. 537-543

[10] Rudenauer, I. et al. Integrated environmental and economic assessment of products and processes. Journal of Industrial Ecology, 2005, 9, pp. 105-116

[11] Saling, P. et al. Eco-efficiency analysis by BASF: The method. International Journal of Life Cycle Assessment, 2002, **7,** pp. 203-218

[12] Borén, T. et al. Eco-efficiency Analysis – Applied on Chelating Agents. SOFW-Journal, 2009, 10**,** pp. 2-10

[13] ISO 14001:2004, Environmental management systems — Requirements with guidance for use

[14] ISO 14021:1999, Environmental labels and declarations — Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)