مقاله ترجمه‌ای

فصلنامه علمی
سال هفتم، شماره ۲، شماره پیاپی ۲۶، تابستان ۱۴۰۱
Vol. 7, No. 2, Issue No. 26
Summer 2022, Quarterly
صفحه ۴۹-۴۵

Iran Polymer Technology: Research and Development

شناخت و تبیین اصطلاحات فرایند ساخت و ارزیابی تولید زیست‌پایدار–بخش اول؛ معرفی و تاریخچه

مترجمان: سیدحمیدرضا صباغی، علی عباسیان*

تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی پلیمر

چکیده ...

اصطلاحات رایج و تدوین‌شده، برای ارتباط و تعاملِ دقیق در میان پژوهشگران، دانشمندان، مهندسان و دیگر تصمیم‌گیرندگان، نیازی حیاتی محسوب می‌شود. برای کمک به شناخت فرایند ساخت، درک مشترکی از اصطلاح‌شناسی به‌منظور تعامل و ارتباطی کارا و موثر در صنعت، اجباری است؛ هم‌چنین این مهم می‌تواند خودکارسازی (Automation) و هم‌کنش‌پذیری (Interoperability) ابزارهای نرم‌افزاری را تسهیل ببخشد. شناختِ مشخصات فرایند ساخت، ارزیابی و پیشبردِ دقیقی از فرایندهایِ ساختِ واحد، محصولات و سامانه‌های مرتبط با آن را در چشم‌انداز زیست‌پایدار (Sustainable) امکان‌پذیر می‌کند. برای توسعه و اجرای استانداردهای مرتبط با موضوع زیست‌پایداری (Sustainability) و دست‌یابی به بهترین اقدام‌ها در صنعت، لازم است تا علاوه‌بر نام‌گذاری‌های مصوب؛ معانی، تعاریف و درکی رایج و مشترک از اصطلاحات در کاربردهای گوناگون به وجود آید. در حال حاضر بسیاری از اصطلاحات مورد استفاده معنایی نامشخص، مبهم، و گنگ دارد و به طور کلی از لحاظ مفهومی [برای پژوهشگران و کارکنان در صنعت] هم‌پوشانی داشته و سردرگمی ایجاد می‌کند. اگرچه تلاش‌های استانداردسازی در ارتباط با شناسایی و تعریف اصطلاح‌شناسی ادامه دارد، اما هم‌چنان مجموعه‌ی مشترک و مدونی در این حوزه توسعه نیافته است.

هدف از این کار در پژوهش و بازنگری فعلی، تسهیل تلاش‌های مداوم برای توسعه‌ی استانداردهای مشخص، از طریق هماهنگ‌سازی ارائه‌ی متنوعی از اصطلاحاتِ موردِ استفاده در راستای توصیفِ فرایندهای تولید بود. نتیجه‌ی بازنگریِ این مقاله، مجموعه‌ی مختصری از ۴۷ اصطلاح با تمرکز بر شناخت مشخصات فرایند است که روش‌های ایجادشده در جهت تولید زیست‌پایدار را توصیف می‌کند؛

واژه‌های کلیدی:

مشخصه‌سازی فرایند، اصطلاح‌شناسی، تولید زیست‌پایدار، مدل‌سازی فرایند، فرایند ساخت واحد (فرسو)، ساخت

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات:
abbasian.a@srbiau.ac.ir

۱ مقدمه

تولید غالباً به‌عنوان خاستگاه بسیاری از آسیب‌های زیست‌محیطی یا بوم‌شناختی (Ecological) شناخته می‌شود و همین امر موجب شده است تا پژوهش‌ها، گزارش‌ها و حتی قوانینی با نگاه زیست‌پایداری برای بهبود این مهم، شکل گیرد. اولین قانون محیط‌زیست در اواخر دهه ۱۹۴۰، با نام قانون کنترل آلودگی آب در ایالت متحده ظاهر شد. در سال ۱۹۶۳ قانون اقدام برای هوای پاک (Clean Air Act) توسط قانون سیاست ملی زیست‌محیطی (National Environmental Policy Act) تا سال ۱۹۶۹ پیگیری و دنبال شد که به‌طور قاطع اجرای سیاست‌های زیست‌پایداری را تصویب می‌کرد. اندکی بعد در سال ۱۹۷۰ کارگزار حفاظت از محیط‌زیست آمریکا (EPA) به وجود آمد. با ادامه این روند قوانین مشابهی هم در سطح جهانی در بازه‌ی زمانی مشابه وضع شدند. برای نمونه می‌توان به آلودگی تغذیه (Pollution Diet) ژاپن (در سال ۱۹۷۰) و کارگزاری محیط‌زیست آلمان غربی فدرال (در سال ۱۹۷۱) اشاره کرد. تلاش‌های بین‌المللی مهمی در قالب جلسات و گزارش‌ها صورت گرفت؛ برای مثال همایش سازمان ملل متحد با نام Human Environment (محیط‌زیست انسان در سال ۱۹۷۲)، گزارش Brundtland (سال ۱۹۸۷)، Earth Summit in Rio (اجلاس زمین در سال ۱۹۹۲)، و Agenda ۲۱ (در سال ۱۹۹۲) چند نمونه از اقدام‌های مهم در آن بازه‌ی زمانی هستند. Brundtland گزارشی قابل ملاحظه است زیرا برای اصطلاح «توسعه زیست‌پایدار» (Sustainable Development) تعریف قابل‌تأملی ارائه داده است: «توسعه‌ای که نیازهای نسل حاضر را در شرایطی برآورده می‌کند که هیچ‌گونه تسامح و سازشی را در به خطر افتادن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خودشان نمی‌پذیرد.»

Elkington در سال ۱۹۹۷ اظهار داشت کسب‌وکارها موظفند برای دست‌یابی به خط‌مشی سه‌گانه (مردم، سودآوری، سیاره: که امروزه با مثلث انسان–اقتصاد–محیط‌زیست شناخته می‌شوند) در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی خود، هم سرمایه‌ی اجتماعی و هم سرمایه‌ی طبیعی را در کنار سرمایه‌ی اقتصادی‌شان منظور کنند. بنابراین، تعریف Brundtland به ابعاد چندمنظوره بسط و گسترش یافت و توسط Dyllick و Hockerts در سال ۲۰۰۲ برای تبیین نقشه‌ی راه شرکت‌های بزرگ در قابلیت زیست‌پایداری به‌عنوان «مواجه شدن با نیازهای ذی‌نفعان مستقیم و غیرمستقیم شرکت‌ها (مانند سهام‌داران، کارمندان، موکلان، گروه‌های فشار، و جوامع) بدون به خطر انداختن توانایی ذی‌نفعان آینده در تأمین نیازهای خودشان» تطبیق داده شد.

قرن جدید شاهد تغییر در استفاده از واژه‌ی «زیست‌پایداری–Sustainability» به‌عنوان اسم به سمت واژه "زیست‌پایدار–Sustainable" به‌عنوان صفت بود، این مهم نشان‌دهنده‌ی جابه‌جایی مفهومی در اندیشیدنِ قابلیتِ زیست‌پایداری به‌عنوان هدفی نهایی برای محصولات است، به‌طوری که قابلیت زیست‌پایداری در ویژگی محصولات، سامانه‌ها و روش‌های صنعتی نمود پیدا کرده است. اما طراحی زیست‌پایدار به عنوان فعالیتی مهندسی در داخل صنعت، برای نمونه توسط Mihelcic و همکارانش در سال ۲۰۰۳ این گونه بیان شد: «طراحی سامانه‌های انسانی و صنعتی باید به گونه‌ای باشد که بتوان اطمینان حاصل کرد که بشر، از منابع طبیعی و ظرفیت چرخه‌های عمر طوری استفاده نکند که منجر به کاهش کیفیت سلامت زندگی شود؛ یا حتی فرصت‌های اقتصادی در آینده را به علت واردکردن ضربه‌های مضر به شرایط اجتماعی، سلامت انسان و محیط‌زیست تحت‌الشعاع قرار دهد. ساخت زیست‌پایدار دهه‌ی بعد توسط وزارت بازرگانی ایالت متحده در سال ۲۰۱۳ به‌عنوان «خلق محصول ساخته‌شده از طریق فرایندها و تجهیزاتی که حداقل اثر مخرب بر محیط‌زیست، صرفه‌جویی در انرژی و منابع طبیعی دارند و هم‌چنین برای کارمندان و جوامع ایمن بوده، شرایط اقتصادی مفیدی را به ارمغان می‌آورند»، تعریف شد. این دو تعریف بیانگر ایده‌هایی است که قبلاً در گزارش Brundtland و Elkington ارائه شده است. هر دو تعریف ادعا می‌کنند که آثار منفی زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعیِ مرتبط با صنعت تولید وجود دارند که باید برای حفظ و پشتیبانی از توسعه‌ی تمدن جهانی کاهش یابند.

به‌عنوان اولین گام در جهت کاهش چنین آثار منفی، بسیاری از شرکت‌ها سنجه‌هایی را برای بررسی زیست‌پایداری ارائه کردند که عملکرد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعیِ اقدامات کسب‌وکارها را به‌صورت کمّیِ می‌سنجد. به‌منظور تعیین کمّی عملکرد زیست‌پایداری، معمولاً از روش‌های ارزیابی–چرخه‌ی عمر یا LCA که در چندین ابزار نرم‌افزاری پیاده‌سازی شده‌اند، استفاده می‌شود. با این وجود، باید همواره در نظر داشت در حالی که همین روش‌ها و ابزارهای موجود اغلب خسته‌کننده، پرهزینه و زمان‌بر هستند؛ می‌توانند ارزیابی‌ای هرچند کوچک برای بهبود عملکرد پیشنهاد دهند و اقدامات زیست‌پایدارتری را به ارمغان آورند.

برای رفع این مشکلات روش‌های زیست‌پایدار و جامع‌تری برای طراحی محصول توسعه یافته است، به عنوان نمونه می‌توان به گزارش Chiu و Kremer در سال ۲۰۱۱ و Ramani و همکارانش در سال ۲۰۱۰ مراجعه کرد، اما این گزارش‌ها اغلب ارزیابی دقیقی از فرایند تولید و عملکرد سامانه در اختیار

نمی‌گذارند. شناخت مشخصات هر فرایند ساخت می‌تواند با هدف کمک به جزئیات ارزیابی‌های سامانه تولید استفاده شود و از این طریق این خلأ مهم را جبران کند. مدل‌سازی فرسو (UMP) (فرایند ساخت واحد (Unit Manufacturing Process) و توسعه‌های مقرون‌به‌صرفه و سازگار با محیط‌زیست توسط شورای تحقیقات ملی آمریکا (National Research Council, NRC) در سال ۱۹۹۵ به‌عنوان دو حوزه اصلی برای پژوهش‌های مهندسی و نوآوری مشخص شده‌اند.

به‌طورخلاصه در بازارِ رقابتیِ جهانِ امروز، تولیدکنندگان می‌بایست ملزم و متعهد به: خلق و ارائه محصولات با کیفیت زیاد به روشی موثر، مقرون به صرفه و کاهش آثار زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌هایشان و از همه مهم‌تر دارای «مسئولیت اجتماعی» باشند. بنابراین، دور از انتظار نیست که همواره چالشی مهم در کمّی‌کردن اثرگذار و برقراری ارتباط و تعامل موثر در «عملکرد زیست‌پایدار» فعالیت فرایندهای فرسو، به‌منظور تسهیل در روند بهبود تصمیم‌ها نهفته باشد و در نظر داشته باشید که هم‌چنان هم شیوه‌ها و اقدامات فعلی صنعت برای محاسبه «عملکرد زیست‌پایدار» تولیداتشان، استاندارد نیستند. در نتیجه، به تدریج این‌گونه اقدام‌ها برای محاسبه و سنجشِ «عملکرد فرایندهای تولید و تجهیزات» به اطلاعات موقت و روش‌های غیریکنواخت متکی می‌شوند. خوشبختانه میل و علاقه‌ای از جانب صنعت، سازمان‌های دولتی و سازمان‌های توسعه‌ی استاندارد، برای تغییر این وضعیت به وسیله‌ی توسعه‌ی راهنماهای استاندارد مرتبط با موضوع زیست‌پایداری در حال شکل‌گیری است، تا از این طریق بتوان در جهت تسهیل ارتباطات و تصمیم‌گیری‌ها گام برداشت.

نمونه‌ای از این نوع تلاش‌ها استانداردهای بین‌المللی E3012 ASTM سال ۲۰۱۶ (راهنمای استاندارد برای شناخت جنبه‌های زیست‌محیطی فرایندهای ساخت) و ASTM WK35705 سال ۲۰۱۴ (راهنمای جدید شناخت مشخصات زیست‌پایداری فرایندهای ساخت) است. طیف و گستره ASTM در استانداردهای ساخت زیست‌پایدار (در حال حاضر به صورت اقلام کاری) به جنبه‌های تحلیلی، اصطلاح‌شناسی، مشخصات فرایندهای ساخت و طبقه‌بندی زباله‌ها در تأسیسات تولیدی معطوف می‌شود. راهنمایی‌هایی که در حال حاضر در دستِ تهیه هستند برای کمک به سازندگان در مشخصه‌یابی فرایندهای ساخت در جهت زیست‌پایداری و پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های لازم در آینده، پیش‌بینی شده‌اند. اما هرگز نباید فراموش کرد که «انتقال استانداردها و راهنمایی‌های مرتبط با موضوع زیست‌پایداری به صنعت، مستلزم زبان و ادبیات مشترک و رایج است (اصطلاح‌شناسی و تعریف‌ها).» در حال حاضر، بسیاری از اصطلاحاتی که در زمینه‌ی ساخت زیست‌پایدار استفاده می‌شوند، معنایی نامشخص، مبهم و گنگ داشته و به‌طورکلی از لحاظ مفهومی سردرگمی ایجاد می‌کنند. اگرچه تلاش‌های استانداردسازی در راستای توسعه‌ی اصطلاحات از جمله اقدامات ارائه‌شده از جانب ASTM در دست انجام است، اما هنوز مجموعه‌ای مدون از اصطلاحات و تعاریف مشخص توسعه نیافته است.

بدین‌ترتیب، هدفِ این مقاله تعریف و معنای ادبیاتی است که قادر باشد به‌گونه‌ای استاندارد برای شناخت مشخصات فرایند ساخت واحد (UMP) یا به اختصار فرسو مورد استفاده قرار گیرد. این مهم موجب می‌شود تا بتوان علاوه بر پشتیبانی، ارزیابیِ مناسبی از زیست‌پایداریِ محصولات، فرایندهای تولید، و سامانه‌های تولید به‌دست آورد. شناخت دقیق مشخصات فرایند ساخت واحد می‌تواند به‌عنوان مولفه‌ای از رویکردهای تجزیه‌وتحلیل پایین-به-بالا (Bottom-Up) برای هدایت و راه‌یابی ارزیابی‌های قابلیت زیست‌پایداری محصول مورد استفاده قرار گیرند. تأکید و تکیه‌ی این مقاله بر اصطلاح‌شناسی و مقدم بودن آن بر ادبیات تولید زیست‌پایدار یا ارزیابی-چرخه-عمر، از آن جا سرچشمه می‌گیرد که همواره باید در نظر داشت هدف اصلی این مقاله آن است که بتوان ارزیابی‌های تولید زیست‌پایدار را به‌طور گسترده در دسترس همگان برای استفاده قرار دهد و این مهم هیچ‌گاه امکان‌پذیر نخواهد بود مگر آن که درک و تعامل مشترک از اصطلاح‌ها در بین همگان شکل گیرد. بسیاری از اصطلاحات مورد استفاده در این مقاله، دارای تعاریف رایج و پذیرفته‌شده‌ای هستند که برای کامل بودن در این‌جا آورده شده‌اند.

۲ روشی برای تعریف و بیان اصطلاح‌شناسی

در سال ۲۰۰۸ Muller و Seuring با توجه به مطالعه خود گزارش دادند که بازنگریِ (Review) نوشتارگان، اصطلاحات و مقاله‌ها دو هدف اساسی را دنبال می‌کند: «اول: با شناسایی الگوها، مضامین، محتویات و اشکالات، می‌توان تحقیقات و پژوهش‌های گسترده‌ی موجود را خلاصه و تدوین کرد. دوم: این بازنگری به شناسایی محتوای مفهومی هر مقاله در قالبِ زمینه‌ی موردنظرش کمک کرده و قادر است برای توسعه‌ی نظری نیز سهیم باشد.» با وجود این توضیح و از همین منظر، اهداف این مقاله دسته‌بندی می‌شود: ۱) خلاصه کردن زبان و مفهوم‌های استفاده شده در زمینه شناخت مشخصات فرایند ساخت واحد، برای محصول برآورد و ارزیابی زیست‌پایداری،

۲) تا بتوان از این طریق، توسعه دلخواه را با حمایت نظری، روش‌ها و ابزارهای مرتبط با صنعت ایجاد کرد (مضامین و محتواهای برخاسته از هر زمینه‌ای، به‌عنوان نتیجه‌ای از همین هدف هستند). در مقاله‌ی فعلی، روند بازنگری، رویکرد اصلاحی جدیدی را در پیش گرفته که برای استفاده به ترتیب زیر ارائه شده است:

۱. به‌منظور شناسایی زمینه‌های مرتبط به اصطلاح‌شناسی، ادبیات و متن مقالات بررسی شد.

۲. مجموعه اولیه‌ای از اصطلاحات کلیدی و منابع مرتبط با آن‌ها ایجاد شد.

۳. تعاریف صریح و مشخصی که جامع (Self-Contained) و شفاف هستند، شناسایی شد.

۴. بستری از اصطلاحات و تعاریف با هدف دسته‌بندی اصطلاح‌شناسی به وجود آورده شد.

۵. بستر ایجادشده بازنگری شد تا هم‌پوشانی‌ها، خلأها و سردرگمی‌های معنایی شناسایی شوند.

۶. اصطلاحات نهایی بازبینی و هماهنگ شد.

در گام اول لازم است منابع مرتبطی که از طریق چندین تحقیق و پژوهش در زمینه‌های اساسی شامل ارزیابی-چرخه-عمر و مدیریت، مدل‌سازی فرایند ساخت، صنایع شیمی و فرایندی، سیاست زیست‌پایدار، استانداردهای سازمان‌دهی‌شده و برنامه‌ریزی فرایند شناسایی شده‌اند تنظیم شوند. بعد از تنظیم، تعاریفی که در منابعشان دارای معنای صریح و شفافی بود برای استفاده و تطبیق مشخص شدند، هم‌چنین نوشتارهایی که از یک اصطلاح استفاده نموده اما به صراحت آن‌ها را تعریف و معنا نکرده‌اند جدا شدند. حین پژوهش، اصطلاحاتی که در یک گروه از دسته‌بندی‌های تعریف‌شده جای نمی‌گرفتند، ابتدا از فهرست حذف شده و سپس با ادامه روند بازنگری و تنظیم واژه‌ها، به‌عنوان اصطلاحات جدید یا مترادف به دسته‌ی دیگری انتقال یافتند.

ابتدا در مرحله‌ی اول این بازنگری دسته‌بندی‌های اولیه و تعریف‌شده شامل دسته‌های مرز-Boundary، داده-Data، تصمیم-Decision، اندازه‌گیری-Measurement، خط‌مشی-Policy، فرایند-Process، و عمومی-General بود. اما در نهایت در بازنگری فعلی از این دسته‌ها نام‌برده شده، دسته‌ی داده با دسته‌ی اندازه‌گیری ترکیب شد، زیرا تعداد کمی اصطلاح مرتبط با داده در پژوهش شناسایی شده‌اند؛ هم‌چنین دسته‌ی خط‌مشی هم با دسته‌ی عمومی ترکیب شد؛ چرا که تمرکز اصلی پژوهش بر تحلیل سیاست‌های دولت و شرکت‌ها نیست، بلکه تمرکز اصلی روی مدل‌سازی و ارزیابی است. با پیشبرد روند این بازنگری، به منظور بیان و تعریف دقیق‌تر، چندین مفهوم در سطح‌های اساسی‌تر، دسته‌های جریان، گستره و طبقه‌بندی اضافه شدند. بنابراین در اصلاح ثانویه دسته‌بندی‌ها، سیر دسته‌بندی مفاهیم به صورت مرز، جریان، مواد، اندازه‌گیری، مدل، فرایند، گستره و طبقه‌بندی شکل گرفت. با ادامه روند بررسی و پژوهش، مشخص شد که دسته‌های فرایند و طبقه‌بندی اضافه بوده و می‌توان اصطلاحات آن‌ها را به‌دسته‌های دیگر مانند جریان، مدل، و گستره نسبت داد. در نهایت با اصلاح پایانی دسته‌بندی‌های تعریف‌شده به صورت مرز، جریان، ماده، مدل، اندازه‌گیری و گستره اختصاص یافتند. شاید بتوان گفت که به این دسته‌بندی نهایی می‌توان دسته‌های دیگری اضافه کرد، ولی این رویکرد و شیوه‌ی دسته‌بندی برای سازمان‌دهی اصطلاح‌شناسی مناسب واقع شده است.

در تصمیم‌گیری درباره‌ی درج یک اصطلاح درون مجموعه‌های ذکر شده، با هدف ایجاد هماهنگی بیشتر میان اصطلاح‌ها، معیار اصلی برای ارتباط و هماهنگی این اصطلاحات نیازمند پاسخ به یک سوال است: «چگونه فرایند ساخت واحد یا فرسو توصیف و مشخص می‌شود؟» همان‌طور که طبقه‌بندی اصطلاحات ادامه یافت، برخی اصطلاح‌ها به عنوان مترادفِ سایر اصطلاحات ازپیش‌تعریف‌شده، ارائه می‌شوند. از این مترادف‌ها می‌توان برای تعریف بیشتر معنای هر اصطلاح خاص کمک گرفت. با توجه به پایه و اساس هر اصطلاح مطابق با منابعش، تعریف‌های کلیدی آن‌ها در بیشتر موارد اصلاح نشد چرا که مطابقِ ادبیات منابعشان مفید به‌نظر می‌رسیدند.

۳ بازنگری نوشتارهای پیشین

می‌توان اقرار کرد که پذیرش مفهوم قابلیت زیست‌پایداری تلاشی همگانی بوده که مسلماً سرآغاز آن از کارگروه Brundtland با توجه به تعریفی که از توسعه‌ی زیست‌پایدار ارائه داد، آغاز شده است؛ چه تا پیش از این تعریف، بیشتر توجه‌ها معطوف به بهره‌وری اقتصادی در کاربردها بوده و کمتر جنبه‌های زیست‌محیطی و توسعه‌ی اجتماعی مدنظر قرار می‌گرفت. حال در کشورهای توسعه‌یافته با گذشت زمان، جامعه این مسئولیت اجتماعی مهم را درک کرده و شروع به پرداختن و تلفیق مفهوم توسعه‌ی زیست‌پایدار در پژوهش‌ها و کاربردهای عملیاتی‌تر با استفاده از شاخص‌های اساسی (Parris and Kates 2003) کرده است. به‌طور وسیع‌تر، قابلیت زیست‌پایداری در توسعه طیف گسترده‌تری از فناوری‌ها و همچنین سامانه‌های تخصصی و کاربردی گنجانده شده است.

در حالی که ممکن است در بسیاری از موارد، گستره‌ی

موضوعاتی این نوع بازنگری‌ها با یکدیگر هم‌پوشانی داشته باشند، اما همچنان قادر نیستند اصطلاح‌شناسیِ «مدل‌سازی فرسوی زیست‌پایدار»را به‌طورکامل دراختیار و درِ برگیرند. بخش‌هایی که در ادامه به‌ترتیب و به‌صورت شماره‌گذاری‌شده می‌آیند، مقالات مروری و بازنگری‌شده‌ای است که در گذشته پیرامون مدل‌سازی فرسوی زیست‌پایدار انجام شده، روش پژوهش در این بازنگری‌ها بدین شکل است که از مفاهیم گسترده و مهم آغاز کرده و به‌سوی کاربردهای عملیِ ویژه حرکت می‌کند. این بخش‌ها مطالب و موضوعات مرتبطِ با اصطلاح‌شناسی را که مطابق با شیوه‌های زیست‌پایدار در صنایع ساخت و شیمیایی و فرآوری است، ارائه کرده، به‌تبعیت از آن چشم‌انداز ویژه‌ای برای تبیین مشخصات فرایندی دنبال می‌شوند. براساس این بازنگری، در این بخش‌ها اصطلاحات کلیدی و مقالات متناظر با آن‌ها که برای تعریف این نوع اصطلاحات استفاده شده‌اند، خلاصه می‌شوند. در انتها هرچه در جهت بررسی نوشتارهای پیشین مقاله پیش می‌رود این نکته مهم آشکار می‌شود که مضمون مشترک در مطالعات پیشین وجود دارد و این مضمون بیانگر آن است که «افزایش رقابت جهانی، نیاز به اقدامات زیست‌پایدارتر را بیشتر می‌کند».

توجه: مقاله‌ی حاضر ترجمه‌ی خلاصه‌شده‌ای از مقاله اصلی بوده و همه‌ی آن را شامل نمی‌شود.

مرجع

Ian C. Garretson, Mahesh Mani, Swee Leong, Kevin W. Lyons, Karl R. Haapala; "Terminology to support manufacturing process characterization and assessment for sustainable production"; ELSEVIER, Journal of Cleaner Production 139 (August 2016) 986-1000