مقاله ترجمه‌ای

فناوری پلیمر ایران

فصلنامه علمی
سال هفتم، شماره ۲، شماره پیاپی ۲۶، تابستان ۱۴۰۱
Vol. 7, No. 2, Issue No. 26
Summer 2022, Quarterly
صفحه ۶۷-۵۱

Iran Polymer Technology: Research and Development

شناخت و تبیین اصطلاحات فرایند ساخت و ارزیابی تولید زیست‌پایدار –بخش دوم؛ اصطلاحات

مترجمان: سیدحمیدرضا صباغی، علی عباسیان*

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

چکیده ...

اصطلاحات برای معنا و تعریف در مفاهیم کَلان (Overarching) در ۶ دسته سازمان‌دهی شده‌اند: گستره (Scope)، مرز (Boundary)، ماده (Materiَal)، اندازه‌گیری (Measurement)، مدل (Model)، و جریان (Flow). سپس معنا و تعریف‌های هرکدام از این اصطلاحات از متن مقاله‌ها و استانداردهای پیشین به‌دست آمده و برای ارائه در کاربردهایی نظیر ساخت صنایع فرایندی و شیمیایی زیست‌پایدار، برنامه‌ریزی و مشخصه‌یابی فرایند، سازمان‌دهی استانداردها، ارزیابی چرخه‌ی عمر و مدیریت آماده هستند. ((ارزیابی چرخه‌ی عمر LCA یا Life Cycle Assessment، تحلیل فناورانه‌ای است که برای ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی مواد، همراه با تمامی مراحل مختلف چرخه‌ی عمر آن‌ها یعنی از گهواره (تولید) به گور (دفع)، یا از گهواره به گهواره (Cradle to Cradle، تولید به بازیافت) ارائه شدند؛ از استخراج مواد خام گرفته تا فراورش مواد، ساخت، توزیع، استفاده و در نهایت دفع یا بازیافت آن‌ها را به دقت مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌دهد. مترجم)). اصطلاحات و معانی گزارش‌شده منحصر به تولید زیست‌پایدار نبوده و قادرند استفاده گسترده‌ای از این مفاهیم را برای بهبود اقتصاد، محیط‌زیست و عملکرد اجتماعیِ صنعت پرورش دهند. اصطلاح‌شناسی توصیف‌شده در این کار، در آینده می‌تواند از طریق سازمان‌های استانداردهای بین‌المللی ارائه شود. از این بیشتر، هم‌چنان جای آن که بازنگری موشکافانه و دقیق‌تری از پژوهش فعلی، در مورد شناخت مشخصات فرایند ساخت و مدل‌سازی آن، در حمایت از تولید زیست‌پایدار تکمیل شود، باقی است. چنین بازنگری‌ای می‌تواند به سازمان‌دهی کارهای پیشین براساس نوع فرایند، شاید با استفاده از طبقه‌بندیِ –استاندارد– فرایندها (Standard Process Taxonomy) در آینده، کمک کند. بنابراین روش تعمیم‌یافته و باب میلِ صنعت، برای شناخت مشخصات فرایند ساخت می‌تواند ایجاد شود؛ تا افزون بر پشتیبانی از ارزیابی‌های زیست‌پایدار، بتواند از طریق برنامه‌های نرم‌افزاری قابل دسترس برای کاربران مختلف به اجرا گذاشته شود.

واژه‌های کلیدی:

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

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

۴ بحث اصطلاح‌شناسی

اصطلاحات تعریف‌شده در این قسمت تا جایی که امکان آن وجود داشت و دسترسی به منابع مختلف امکان‌پذیر بود، از منابع متعددی استخراج شده‌اند. برای شمار متعددی از اصطلاحات تعاریف و معانیِ صریح و شفاف شناسایی شده‌اند، اگرچه که همگی این تعریف‌ها برای یک اصطلاح واحد یکسان نبودند. زمانی که تعریف‌های متفاوت ارائه شدند، تعریف‌های هماهنگ (Harmonized) بر اساس ایده‌های (Notions) مقاله Block در سال ۲۰۰۱ خلق شدند. زیرا ایده‌ها و مفاهیم مطرح‌شده در این مقاله نکته‌ی مهمی را یادآور شده‌اند: «بسیاری از اصطلاحات (پرکاربرد در صنعت و فناوری) معنای مبهم و گنگی داشته و استفاده‌ی هر نویسنده‌ای از این اصطلاحات چه برای پژوهش‌های دانشگاهی و چه برای فعالیت‌های صنعتی، با معنایِ ضمنی و برداشت‌های متفاوتی صورت می‌گیرد»، این روند تا زمانی که برای اصطلاحات معانی و تعریف‌های رسمی و تدوین‌شده ارائه نشود ادامه خواهد داشت. از همین رو، نگرش و رویکرد بازنگری فعلی به‌منظور خلق تعریف‌ها و معانی هماهنگ‌شده، به‌وسیله‌ی شناسایی فراگیرترین و مرتبط‌ترین تعریف‌ها برای هر اصطلاح واحد آغاز می‌شود. این امر با استفاده از ۱) گرفتن تعریف از منبع مشخص صورت می‌پذیرد، و در صورت عدم امکان، ۲) ایجاد نسخه‌ی هماهنگ‌شده‌ی جدید که به سایر تعریف‌های دیگر ارجاع داده شده است، محقق می‌شود. هم‌چنین از آن جایی که تمامی تعریف‌ها به صورت دقیق به منابعشان ارجاع داده می‌شوند (در تمامی جدول‌هایی که در ادامه خواهیم داشت) جای هیچ‌گونه بحث و اختلافی باقی نخواهد ماند.

فرایند ساخت، خلق محصولات گسسته و مجزا از هم را شامل می‌شود؛ اما فراورش (Processing) توالی‌ای از «عملیات واحدِ شیمیایی» است که با هدف تولید محصولات شیمیایی چه به‌صورت پیوسته یا پیمانه‌ای (Batch) انجام می‌پذیرد. در نتیجه تولید می‌تواند به عبارتی هر دو مفهوم را یعنی هم فرایند ساخت و هم فراورش را دربرگیرد. به همین ترتیب، عملیات واحد و فرایند کامل می‌توانند از یکدیگر متمایز باشند (Shreve ۱۹۵۴). چرا که عملیات واحد، عملیات فیزیکی پایه‌ای است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به پدیده‌های واکنش، جداسازی، اختلاط، گرمایش، سرمایش، انتقال سیال و انتقال جرم اشاره کرد)، درحالی‌که فرایند کامل مشتمل بر تبدیل شیمیایی (Chemical Conversion) به‌عنوان مثال اکسایش، کاهش، و استری‌شدن است.

اصطلاح‌شناسی با هدف انتقال مفاهیم مشخصه فرایند ساخت واحد، به‌منظور برآوردی از قابلیت زیست‌پایداری به شش گروه دسته‌بندی شده‌اند (جداول ۱ الی ۶). برای جزئیات بیشتر می‌توان به بخش‌های بعدی مراجعه کرد اما خلاصه مختصری در این قسمت بیان خواهد شد: ابتدا، اصطلاح‌شناسی گستره (Scope) به شناساییِ هدفِ غاییِ قلمروی مطالعاتیِ قابلیتِ زیست‌پایداری کمک می‌کند. سپس، اصطلاح‌شناسی مرزی (Boundary) برای شفاف کردن شرایط مرزی با هدف مدل‌سازی جریان ورودی و خروجی استفاده می‌شود. در مرحله‌ی سوم، اصطلاح‌شناسی ماده (Material) به طور خاص، رسانه‌ی (بستر) فیزیکی در تولیدِ محصول را توصیف می‌کند. در مرحله‌ی چهارم، اصطلاح‌شناسی اندازه‌گیری (Measurement) مرتبط با مقادیر کمّی است، که از ارزیابی و کمیت‌بخشیِ قابلیت زیست‌پایداری پشتیبانی می‌کند. در مرحله‌ی پنجم، اصطلاح‌شناسی مدل (Model) مدل‌های متفاوت و وابستگی (Attributes) مدل‌ها به یکدیگر را معنا و بیان می‌دارند. درنهایت، اصطلاح‌شناسی جریان (Flow) حرکت و انتقال انرژی، مواد، و اطلاعات را درون سامانه‌ی تولید توصیف می‌کنند. اصطلاحات با استفاده از روش تکاملی سازمان‌دهی شده‌اند که نتیجه‌ی آن دسته‌بندی، در شش گروه ذکر شده است؛ همان‌گونه که پیشتر هم کامل بحث شد (۲. روشی برای تعریف و بیان اصطلاح‌شناسی) دسته‌هایی شامل تغییر، ادغام، یا حذف شدند (نظیر داده، تصمیم، خط‌مشی، فرایند و محصول). در بعضی موارد، زمانی که این اصطلاحات در گروه مشخصی جای نمی‌گرفتند، گروهی که بیشترین تناسب و سازگاری را با ایشان داشت انتخاب می‌شد. برای نمونه، اصطلاح تخصیص (که به دسته‌ی جریان وابسته بود) درنهایت به دسته‌ی مرز اختصاص یافت؛ اصطلاح واحد کارویژه که در واقع توصیفی از دسته‌ی گستره است، به دسته‌ی جریان پیوست؛ و عامل مشخصه (Characterization Factor) که اصطلاحی است که در مدل استفاده می‌شده‌است، در دسته‌ی اندازه‌گیری ادغام شد.

۴-۱ اصطلاح‌شناسی گستره

به‌طورکلی اصطلاح‌شناسی گستره، به شناسایی فرایند ساخت واحد و نوعِ محیطِ تولیدی که فعالیت‌ها در آن موردِ بررسی قرار می‌گیرَد کمک می‌کند. اصطلاحاتی که در دسته‌ی «اصطلاح‌شناسی گستره» مورد بحث قرار خواهند گرفت شامل ساخت زیست‌پایدار، سامانه‌ی ساخت، فرایند ترکیبی، فرایند ساخت واحد (فرسو)، زیرفرایند (Sub-Process)، ماشین‌آلات، فرایند ساخت پیوسته، فرایند ساخت گسسته و فرایند ساخت پیمانه‌ای (Batch) است. در جدول ۱ برای این اصطلاحات تعریف‌های هماهنگ و متوازن‌شده‌ای به‌صورت خلاصه ارائه

جدول ۱ اصطلاح‌شناسی گستره (Scope).

اصطلاحات	مترادف‌ها	تعریف هماهنگ‌شده	مراجع
تولید زیست‌پایدار	ساخت زیست‌پایدار	خلق کالاها یا خدمات با استفاده از سامانه‌ای از فرایندها که جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، و اجتماعی را به طور هم‌زمان در نظر دارد؛ تا قادر باشد با اقداماتی مسئولانه و آگاهانه، به منظور بهبود تأثیرات مثبت یا کاهش آثار منفیِ تولید، نقش بسزایی ایفا کند.	(Glavic and Lukman, 2007; Mani et al., 2014; US Department of Commerce (2013); Veleva and Ellenbecker, 2001; Zhang et al., 2015)
سامانه‌ی تولید	سامانه‌ی ساخت، خط تولید، سلول، سامانه‌ی چندماشینی، بوم‌سامانه‌ی چندماشینی	مجموعه یا توالی‌ای در هم تنیده از فرایندها، که قادرند منابع انسانی و طبیعی را به محصولات تبدیل کنند.	(Glavic and Lukman, 2007; Mani et al., 2014; US Department of Commerce (2013); US National Research Council, 1995; Veleva and Ellenbecker, 2001; Zhang et al., 2015)
فرایند ترکیبی	ایستگاه کاریِ ترکیبی	ترکیب واحدهای فرایندی چندگانه که درون ماشین منفرد عمل می‌کنند. این فرایندها به طور جداگانه قابل تجزیه و تحلیل هستند، اما شامل فرایندهای واحد با تجهیزات پشتیبانی‌کننده یکپارچه نیستند.	(Duflou et al., 2012)
فرایند ساخت واحد یا به اختصار "فرسو" UMP	عملیات واحد، فرایند واحد، فرایند، عملیات	کوچک‌ترین فعالیتِ ابتداییِ فرایند ساخت بوده که مورد نیاز برای تبدیلِ طبقه‌بندی مشخص است که متشکل از ماشین‌آلات، دستگاه‌ها یا تجهیزات می‌شود.	(Blackadder and Nedderman, 1971; ISO, 2006; Kellens et al., 2012a; Mani et al., 2014; McCabe et al., 2004; Overcash and Twomey, 2012; US National Research Council, 1995; Zhang et al., 2015)
زیرفرایند		جزئی از فرایند ساخت واحد است که می‌تواند به عنوان عامل کمکی فرسو پنداشته شود. مشابه فرسو، زیرفرایند به ورودی منابع نیاز داشته و خروجی منابع را ایجاد می‌کند؛ این ورودی‌ها و خروجی‌ها از یک زیرفرایند به دیگری در قالب فرسو جریان می‌یابند.	(Mani et al., 2014)
ماشین	دستگاه، تجهیزات، سازوکار، وسیله، ابزارآلات	دستگاه، قطعه‌ای از تجهیزات، سازوکار، یا ماشین منفرد که قادر است عملیات پایه‌ای و فعالیت ابتدایی را انجام دهد؛ علاوه‌براین، ترکیبی از اجسام صلب است که روند کار را پیش برده و فرایند آن را آسان‌تر می‌کند.	(Duflou et al., 2012; Oxford University Press, 2010; McGraw-Hill, 2003; Larousse, 1995)

فرایند ساخت پیوسته	فرایند پیوسته، فرسو پیوسته، عملیات پیوسته	فرایندهای تولیدی که در آن‌ها می‌توان خروجی را شناسایی کرد و این مهم به‌وسیله‌ی دو نشانگر یعنی آهنگ جریان جرمی یا حجمی (Mass-Volume Flow Rate)، در صنایع فرایندی به جای واحدهای مجزا قابل اندازه‌گیری است.	(Duflou et al., 2012)
فرایند ساخت قطعه گسسته	فرایند گسسته، فرایند قطعه گسسته، فرسو گسسته	فرایندهای تولیدی که در آن‌ها می‌توان خروجی را به صورت واحدهای مجزا شناسایی کرد و شمرد و این عمل نه به وسیله‌ی آهنگ جریان جرمی یا آهنگ جریان حجمی به مانند آن چه در صنایع فرایندی انجام می‌شود، قابل اندازه‌گیری است.	(Duflou et al., 2012)
فرایند ساخت پیمانه‌ای	فرایند پیمانه‌ای، عملیات پیمانه‌ای، فرسو پیمانه‌ای	یک فرایند پیمانه‌ای هم‌زمان، فرایندی است که در آن اجزا به طور هم‌زمان تولید می‌شوند؛ به‌عنوان مثال فرایند تبادل گرمایی نمونه‌ای از آن است. فرایند پیمانه‌ای (Batching)، به جای آن که در طیِ روندِ انتقال مواد صورت پذیرد، در هنگام فرایندکاری مواد اتفاق می‌افتد.	(Hopp and Spearman, 2011)

شده و نیز مترادف‌های وابسته به این نوع اصطلاحات را هم شامل می‌شوند.

۴-۱-۱ تولید زیست‌پایدار

واژه‌ی «زیست‌پایدار» در استاندارد (ISO کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه، ۱۹۸۷) بدین صورت تعریف شده: «وضعیت و حالتی از سامانه‌ی جهانی، شامل جنبه‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی است که در آن نیازهای فعلی بشر، بدون آن که توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خودشان را به خطر بیاندازد برآورده می‌شود و هیچ‌گونه تسامحی را در احقاق این مهم نخواهد پذیرفت». از آن طرف واژه‌ی «ساخت» به معنای خلق و ایجاد محصولات، کالاها و خدمات با استفاده از مجموعه‌ای از فرایندها است. «ساخت زیست‌پایدار» یا به عبارتی در معنای گسترده‌تر آن تولید «زیست‌پایدار»، به وسیله‌ی ارزشیابی و رسیدگی به آثار منفی و زیان‌آوری که صنعت می‌تواند به منظور تولید محصول یا فرایند برای محیط‌زیست به‌طور جامع به وجود آورد، پدیدار می‌شود؛ معیارهایی که با استفاده از آن‌ها ارزشیابی صورت می‌گیرد شاملِ پایستگی (صرفه‌جویی) انرژی و منابع طبیعی، ایمنی کارکنان و نیز ایمنی جامعه و اجتماعی که در آن فعالیت‌ها احاطه شده و در نهایت دوام اقتصادی است. دوام (سودآوری) اقتصادی (Economic Viability) به تحلیل و ارزیابی تأثیرات مختلف اقتصادی پروژه‌ای خاص، که ممکن است در نتیجه اجرای آن آثار محیط‌زیستی حاصل شود، می‌پردازد. این بررسی پیامدهای ملی و منطقه‌ای هر پروژه و عوامل اجتماعی و زیست‌محیطی آن را می‌سنجد. شیوه اصلی به منظور ارزیابی دوام اقتصادی هر پروژه، تحلیل-هزینه-سود (CBA) در کنار پیامدهای زیست‌محیطی است. اگر منافع پروژه‌ای بیش از هزینه‌های آن بوده و از لحاظ محیط‌زیستی هم سازگار باشد، این پروژه از لحاظ اقتصادی ماندگار است. مترجم). در نتیجه به این سه جنبه‌ی حمایتی «محیط‌زیست-جامعه-اقتصاد» سه رکن اساسی و اصلی قابلیت زیست‌پایداری گفته می‌شود.

۴-۱-۲ سامانه‌ی تولید

سامانه‌ی تولید شامل فرایندها، فعالیت‌ها و دستگاه‌ها است. برخی از نویسندگان معتقد هستند که فرایندهای ساخت واحد با توالی مشخص و منظمی سازمان‌دهی شده‌اند و جدا از یکدیگر و به ترتیب تنظیم می‌شوند، در حالی که برخی دیگر این برداشت

را دارند که فرایندهای ساخت واحد از درون به یکدیگر وابسته هستند. سرانجام، بسیاری از نویسندگان اظهار داشته‌اند که تبدیل (Transformation) رخ می‌دهد و باعث می‌شود که درون‌دادها به برون‌دادها تبدیل شوند. به عنوان بخشی از سامانه‌ی تولید، اصطلاحات سامانه‌ی ساخت و سامانه‌ی فرایند مشابه یکدیگر هستند، اما تفاوت‌های ظریفی نیز دارند که قبلاً در همین بخش توضیح داده شده است.

۴-۱-۳ فرایند ترکیبی (Hybrid)

فرایندهای ترکیبی به‌دلیل منحصربه‌فرد بودنشان در این بخش گنجانده شده‌اند. هر فرایند ترکیبی را می‌توان ترکیبی از فرایندها دانست که تنها توسط یک ماشین فراوری می‌شوند. این عمل از سلول تولید تمیز داده می‌شود، چرا که سلول تولید جایی است که چندین ماشین در مجاورت یکدیگر به ترتیب برای تکمیل مجموعه‌ای از عملیات‌ها استفاده می‌شود.

۴-۱-۴ فرایند ساخت واحد به اختصار "فرسو" (Unit Manufacturing Process)

فرایند ساخت واحد با دو مضمون مشترک شناسایی می‌شود. مضمون اول در نظر می‌گیرد که فرایند ساخت واحد کوچک‌ترین جزء در فرایند ساخت است که به آن مراحل مجزا هم می‌گویند. هم‌چنین این ملاحظه تعریفی برای اصطلاح «واحد» هم ارائه می‌دهد. مضمون دوم، انتقال یا به عبارت دقیق‌تر تبدیلی را به منظور افزودن ارزش یا از طریق تبدیل درون‌داد به برون‌داد، یا با شیوه‌ای خلاقانه‌تر از راه شکل، ساختار و خاصیت تبدیلی ویژه، شناسایی می‌کند.

در مقاله‌ی Overcash و Twomey که در سال ۲۰۱۲ نگارش شده، بر نکته‌ی مهمی تأکید شده و اشاره به آن خالی از لطف نیست و آن این است که به‌طور کلی فرایندهای ساخت واحد تعویض‌پذیر (Interchangeable) هستند؛ این مهم بدین معنا است که اگر فرایندهایی برای ساخت و تولید محصولی مشخص انجام می‌شوند می‌توانند به فرایندهای دیگر برای عملکردهای مشابه یا متفاوت تعمیم داده شوند و جایگزین یکدیگر بشوند. تفاوت در میان عملکرد مختلف فرایندهای ساخت واحد در پژوهش‌ها و تحقیقات پیشین به شکل مستقیم مورد توجه قرار نگرفته بود، اما برخی از نویسندگان به‌طور غیرمستقیم و در حاشیه‌ی مطالبشان از طریق تبدیل‌ها به تفاوت‌های این موضوع اشاره داشتند. بنابراین، با تجربه‌ای که از این پژوهش‌ها وجود داشت به شناسایی تبدیل‌های طبقه‌بندی (Taxonomological Transformation) مختلف در این بازنگری پرداخته شده است.

هم‌چنین تعریف‌های جدول ۱ خاطرنشان می‌کنند که فرایندهای ساخت واحد از شکل‌های مختلف فناوری با شیوه‌های فناورانه مانند ترکیب اجزای عملکردی یک یا چند ماشین (دستگاه) در کنار یکدیگر استفاده می‌کنند، اگرچه این مثال کوچک‌ترین عنصر در تولید است، اما می‌بایست مواردی را هم در نظر داشت که از چندین ماشین برای به ثمر نشاندن تنها یک فعالیت استفاده می‌شود. با این حال، به نظر می‌رسد که کالبدشکافیِ بیشتر در مورد فرایندها دیگر هیچ تحول بنیادینی را فاش نخواهد کرد.

۴-۱-۵ زیرفرایند

زیرفرایند به‌عنوان سطحی فرعی از فرایندِ اصلی شناخته می‌شود. توجه داشته باشید که زیرفرایندها تحولات و تبدیل‌های طبقه‌بندی‌شده‌ی قابل تشخیص را انجام نمی‌دهند، در حالی که این کار توسط خودِ فرایندهای اصلی انجام می‌شوند؛ این ویژگی یا اگر دقیق‌تر بخواهیم بگوییم «مشخصه» کمک می‌کند تا بین زیرفرایندی که در درون فرایند اصلی عمل می‌کند و فرایندی که در روند فرایندهای ترکیبی عمل می‌کند تمیز قائل شویم. هم‌چنین زیرفرایند از ماشین‌ها قابل تفکیک است و می‌بایست از آن‌ها متمایز شود، زیرا فعالیت زیرفرایندی، می‌تواند با یک یا چند ماشین یا حتی بدون ماشین انجام شود.

۴-۱-۶ ماشین

ماشین فعالیت‌های فرایند ساخت واحد را میسر می‌کند. ماشین دستگاهی است که کار را انجام داده یا به تعبیری فرایند انجام کار را تسهیل می‌بخشد و نیز ترکیبی از اجسام صلب است که معمولاً بر نیروی مقاوم غلبه می‌کند. اصطلاحاتی با معانی مشابه ماشین نظیر دستگاه (Device)، تجهیز(Equipment) ، سازوکار (Mechanism)، سنج-افزار (Instrument) و ابزار (Tool) است. تجهیزات پشتیبانی‌کننده‌ای که حتی در روند پیشبرد فرسو سهیم نیستند هم در این تعریف‌ها گنجانده شده است. در کل اصطلاح ماشین در این بازنگری ذکر شده تا معنای آن، چه در بطن یا محتوا با فرسو و زیرفرایند اشتباه نشده و تعریف آن‌ها از یکدیگر جدا شود؛ زیرا عملکرد فرسو یا زیرفرایند نیز شامل چندین ماشینِ بوده و ممکن است به صورت تفکیکی به آن‌ها نیاز شود. مثلاً، به منظور انجام فرایند آزمونِ مایع رسوخ‌کننده (Penetrant Testing، روشی برای بررسی نواقصِ سطحی مواد از جمله سرامیک‌ها، فلزات، و پلاستیک‌ها است. مترجم)، نیازمند دستگاه انتقال مایع رسوخ‌کننده، دستگاه انتقال پودر، دستگاه خشک کردن سطح نمونه و لامپ تاباننده نور فرابنفش برای کاوش و آشکارسازی ناپیوستگی‌های سطح نمونه است. به

طرز مشابه، ماشین تراش سه‌محوره که بسیار هم در صنعت رایج است دارای چهار موتور است: سه موتور برای سه محور و یک موتور برای دوک (Spindle). حال به این نکته توجه کنید که دستگاه تراش خود یک ماشین است، در حالی که هر موتور و تجهیزات زیرمجموعه آن را هم می‌توان یک ماشین تعریف کرد. فرسو می‌تواند متشکل از چندین ماشین در مجاورت یکدیگر به منظور ایجاد سلول ساخت باشد، یا می‌تواند در ماشین یکپارچه منفردی تجسم یابد که قادر است قطعات را از طریق هر مرحله از فرایند انتقال دهد.

۴-۱-۷ فرایند ساخت پیوسته

اصطلاح فرایند ساخت پیوسته روشن می‌کند که فرایندهای ساخت پیوسته با استفاده از آهنگ جریان (Flow Rates) اندازه‌گیری می‌شوند.

۴-۱-۸ فرایند ساخت گسسته/مجزا

اصطلاح فرایند ساخت گسسته بر تقابل میان فرایندهای ساخت قطعات گسسته و پیوسته تأکید می‌کند.

۴-۱-۹ فرایند ساخت پیمانه‌ای

فرایند ساخت پیمانه‌ای شامل فرایندهایی است که قادرند هم‌زمان چندین محصول را فراوری کنند. این متفاوت از سامانه‌ی ترتیبی پیمانه‌ای (Batch Queuing System) رایج است، جایی که محصولات به صورت پیمانه‌ای انتقال و بارگیری شده، سپس جداگانه فراوری می‌شوند. فرایند ناپیوسته در صنعت شیمی و فرایند اتفاق می‌افتد، جایی که حجم یا جرم مشخصی از ماده‌ی شیمیایی به شکل پیمانه‌ای فراورش می‌شوند.

۴-۲ اصطلاح‌شناسی مرزها

مرزها برای راهنمایی و هدایت روند تصمیم‌گیری لازم هستند، به عنوان مثال میزان آسیب در فرایند چندماشینی می‌تواند تنها به یک ماشین مرتبط باشد و در نتیجه [عدم مرزبندی صحیح موجب می‌شود] ارزیابی و تحلیل کل فرایند را مخدوش کند. در طی مطالعه و بررسی ارزیابی قابلیت زیست‌پایداری، شناسایی مرزهای سامانه نه فقط برای تصمیم‌های فوری مطالعه، بلکه به منظور تسهیل مطالعات و مقایسه‌های معطوف به آن در آینده لازم است. اصطلاحاتی که دسته‌بندی مرز را در بر می‌گیرد شامل: مرزها، درون‌داد، درون‌داد فرعی، برون‌داد و تخصیص است. در جدول ۲ تعاریف هماهنگ‌شده‌ی اصطلاح‌شناسی مرزی به صورت خلاصه ارائه شده است.

۴-۲-۱ مرزها

مرزها بر پایه‌ی ۱) مبانی ارزشیابی۲) سطح جزئیات تحقیق ۳) درون‌دادها و برون‌دادهای در نظر گرفته شده و ۴) داشتن هدفی خاص برای بررسی، اندازه‌گیری، یا مطالعه‌ی سامانه تعیین می‌شوند. پژوهشگران مختلف پیش از بررسی هر فرسو مرزهای آن را دقیق مشخص می‌کنند. انجام چنین کاری منجر به ایجاد مدل‌هایی متناسب با واقعیت می‌شود، این نوع استانداردسازی برای تعریف مدل‌ها (جدول ۵) بسیار مفید خواهد بود.

۴-۲-۲ درون‌داد

درون‌داد به‌عنوان ماده، محصول میانی (جدول ۳)، انرژی، یا کاری که به فرایند ساخت واحد ورود می‌کند، شناخته می‌شود. توجه داشته باشید که محصولات میانی می‌توانند ورودی فرسوی بعدی باشند. نویسندگان همواره تشخیص می‌دهند که اطلاعات یا دانش، برای نمونه در شکل علائم و تنظیم‌ها نیز وارد مرزهای تعریف‌شده می‌شوند. بازه‌ی هر مرز می‌تواند از یک فرایند یا ماشین، تا کل سامانه تولید را دربرگیرد. بنابراین، تعریف ارائه‌شده در جدول ۲ شامل اطلاعاتی است که به مرز سامانه‌ی مورد مطالعه وارد می‌شود. واژه‌نامه اصطلاحات علمی و فنی McGrew-Hill در سال ۲۰۰۳، درون‌دادها را به‌عنوان منابعی که به وسیله‌ی سامانه [به برون‌داد] تبدیل شده‌اند، تعریف کرده است، اما باید توجه داشت همه درون‌دادهایی که وارد فرایند می‌شوند در نتیجه‌ی فراوری تبدیل به برون‌داد نمی‌شوند. نمونه‌هایی از ورودی غیرقابل تبدیل شامل آب یا مایع خنک‌کننده در حال چرخش است (با این فرض که کثیف نشود یا از سامانه خارج نشود)، یا تنظیمات دستگاه که برای کنترل وارد شده، استفاده می‌شوند، اما به برون‌داد بازخوردی تبدیل نمی‌شوند.

۴-۲-۳ درون‌داد فرعی

اصطلاح «درون‌داد فرعی» بر اساس استاندارد ISO 14040: 2006 (مدیریت محیط‌زیست-ارزیابی چرخه‌ی عمر-مبانی و چارچوب. سازمان‌دهی بین‌المللی به منظور استانداردسازی) تعریف شده است.

۴-۲-۴ برون‌داد

برون‌داد محصول، ماده یا انرژی‌ای که فرسو را ترک می‌کند تعریف می‌شود. از آن‌جا که مرزهای ارزیابی قابلیت زیست‌پایداری می‌توانند از یک فرایند یا ماشین تا کل سامانه‌ی تولید متغیر باشند، تعریف برون‌داد [همانند درون‌داد که به مرز وارد می‌شد]

جدول ۲ اصطلاح‌شناسی مرز (Boundary).

اصطلاحات	مترادف‌ها	تعریف هماهنگ‌شده	مراجع
مرزها	مرزهای سامانه	مجموعه‌ی قواعدی که گستره‌ی مطالعاتی را مشخص و سطح جزئیات معطوف به آن‌ها را شناسایی می‌کند. برای نمونه به جزئیاتی نظیر ماشین‌آلات، فرایندهای فرعی، فرایندهای اصلی، سامانه تولید، درون‌دادها، برون‌دادها و جریان‌ها می‌توان اشاره کرد. به منظور شناسایی نقطه‌ای که ارزیابی شروع یا متوقف می‌شود، از مرزهای دسته‌بندی شده می‌بایست استفاده کرد. بررسی‌ها با مرزهای مشخص و دقیق می‌تواند در کاربردهای نامنظم برای برآوردهای قطعی به کار رود.	(Duflou et al., 2012, 2011; ISO, 2006; Kellens et al., 2012a; Veleva and Ellenbecker, 2001; Zhang et al., 2015)
درون‌داد		ماده، انرژی، یا اطلاعاتی که به مرزهای سامانه‌ی تعریف‌شده وارد می‌شوند. شامل محصولات میانی (مانند هم‌محصولات و محصولات جانبی)، مواد خام، یا هرگونه جریان ماده‌ای که در جایگاه بالادستی فرایند صورت می‌پذیرد.	Haapala et al., 2013; ISO, 2006
درون‌داد فرعی		ورود ماده‌ای که به وسیله‌ی فرایند واحد برای تولید محصول استفاده شده، ولی در نهایت به‌عنوان قطعه سازنده یا بخشی از محصول نهایی در نظر گرفته نخواهد شد.	ISO 14040; 2006
برون‌داد		به ماده، انرژی، یا اطلاعاتی که از مرزهای سامانه‌ی تعریف‌شده خارج می‌شوند گفته شده؛ و شامل هم‌محصولات و محصولات جانبی، محصولات میانی، آلاینده‌ها، پساب‌ها، و ضایعاتی هستند که وارد سامانه‌های صنعتی دیگر یا طبیعت خواهند شد.	Haapala et al., 2013; ISO, 2006
تخصیص		تقسیم جریان‌های ورودی یا خروجی فرایند یا سامانه‌ی محصول، میان سامانه‌ی محصولِ تحتِ بررسی و یک یا چند سامانه‌ی محصول دیگر.	ISO 14040; 2006

به‌گونه‌ای گسترش یافت که از مرز سامانه خارج شود.

۴-۲-۵ تخصیص

واژه‌ی تخصیص مطابق استاندارد ISO 2006 تعریف شده است. در حالی که در واژه‌نامه‌ی اصطلاحات علمی و فنی McGrew-Hill برای تعریف آن آمده است «نسبت دادن (اختصاص) بخشی از منبع به فعالیت»، در جدول ۲ تعریف ISO انتخاب شد، زیرا این تعریف برای مشخصه‌ی فرسو بیشتر کاربرد دارد.

۴-۳ اصطلاح‌شناسی مواد

اصطلاح‌شناسی مواد برای شناسایی هر ماده، محصول یا حتی ضایعاتی که به فرسو جریان داشته یا از آن خارج می‌شود، استفاده می‌شود. این مهم شامل هر ماده‌ای که در فرسو استفاده شده، یا هر محصول یا پسماندی که فرسو تولید می‌کند، است. تعریف و بسط این اصطلاحات مبنا و اساس مشخص‌سازی واحد کارویژه، تخصیص و آثار است. در جدول ۳ تعاریف هماهنگ‌شده‌ی اصطلاح‌شناسی مواد ارائه شده است.

۴-۳-۱ مواد

مواد خام به عنوان موادی که با هدف تولید محصول استفاده می‌شوند، توصیف می‌شوند. این مواد مطابق استاندارد ISO ۲۰۰۶ به صورت اولیه (بازیافت نشده) یا ثانویه (بازیافتی) تعریف شده‌اند. Zhang و همکارانش در سال ۲۰۱۵، مواد خام را به عنوان اجزای فیزیکی استخراج‌شده از بوم‌سازگان

جدول ۳ اصطلاح‌شناسی ماده (Material).

اصطلاحات	مترادف‌ها	تعریف هماهنگ‌شده	مراجع
مواد	مواد خام	هرگونه ماده‌ی فیزیکی که برای تولید محصول استفاده می‌شود. ماده اولیه شامل ماده‌ی حاصل از استخراج و فراوری ابتدایی و ماده‌ی ثانویه شامل محتوای بازیافتی بوده که می‌توان از آن‌ها مجدداً به‌منظور بازفراوری استفاده کرد.	(ISO, 2006; Zhang et al., 2015)
محصول		هر نوع کالا یا خدمتی که با هدف تأمین نیازهای افراد جامعه ارائه می‌شود.	Zhang et al., 2015), (ISO, 2006)
محصول میانی		برون‌داد فرایند واحد که در واقع درون‌داد سایر فرایندهای واحدی است تا فراوری بیشتری روی آن انجام شود.	ISO 14040; 2006
هم‌محصول		هر یک از دو یا تعداد بیشتری محصول که به‌طور هم‌زمان از فرایند واحد یا سامانه‌ی تولید، گرفته می‌شوند.	ISO 14040; 2006
محصول جانبی		ماده‌ی نامطلوب خروجی در هر حالتی (گاز، مایع، جامد) از فرایند واحد که منجر به خسارات اقتصادی یا آثار منفی زیست‌محیطی می‌شود.	(Cano-Ruiz and McRae, 1998; Lowe, 1997; Turton et al.,2008)
پسماند	آلاینده‌ها، پساب	مواد یا اشیایی که کاربر یا خودخواسته یا بالاجبار باید دور بیندازد.	(ISO, 2006; Zhang et al., 2015), (United Nations, 1989)

(Ecosystem) و فراوری آن‌ها به شکل دیگری از ماده برای استفاده‌های آتی توصیف کرده‌اند. در اکثر تولیدات از موادی که مستقیماً از بوم‌سازگان به دست می‌آیند استفاده نمی‌شود. به همین خاطر، برای پیشگیری از برداشت‌های متفاوت [یا همپوشانی معانی]، اصطلاح مواد برای تعریف مواد فیزیکی از فرایندهای بالادستی (بالاجریان)، به جای اصطلاح مواد خام انتخاب شد. مواد می‌توانند فرعی هم باشند، مانند یاری‌گرها، حلال‌ها و افزودنی‌ها. هم‌چنین می‌توانند تجدیدپذیر یا بازیافتی هم درنظر گرفته شوند.

۴-۳-۲ محصول

اصطلاح «محصول» با استفاده از تعریف مشخص آن در مقاله‌ی Zhang و همکاران در سال ۲۰۱۵ تعریف شده است.

۴-۳-۳ محصول میانی

اصطلاح «محصول میانی» با استفاده از تعریف مشخص آن در استاندارد ISO 14040: 2006 تعریف شده است.

۴-۳-۴ هم‌محصول

اصطلاح «هم‌محصول» با استفاده از تعریف مشخص آن در استاندارد ISO 14040: 2006 (مدیریت محیط‌زیست- ارزیابی چرخه‌ی عمر-مبانی و چارچوب. سازمان‌دهی بین‌المللی به منظور استانداردسازی) تعریف می‌شود. بحث‌های بیشتر معطوف به آن در بخش ۴-۳-۵ فراهم آمده است.

۴-۳-۵ محصول جانبی

محصولات جانبیِ فرایند ممکن است به صورت‌های متنوعی نظیر حاصلِ استوکیومتری واکنشی دلخواه، در نتیجه‌ی واکنش‌های ثانویه‌ی ناخواسته یا از سامانه‌های جداسازی (ستون‌های تقطیر) تولید بشوند. برای مثال آلاینده‌ها را می‌توان به‌عنوان محصولات جانبی فرسو در شکل مواد غیربازیابی شده (Unrecovered) و گسیل‌شده‌ها (Emissions) پنداشت. شناخت و ارزشیابی ترکیب محصولات جانبی به هنگام تحلیل تبادل‌های میان فرایندهای متفاوت بسیار حائز اهمیت است. برای نمونه در نظر گرفتنِ هم‌زمانِ «واکنش‌پذیری، میزان سمیت، و جرمِ» محصولات جانبی

نسبت به حالتی که مستقلاً بررسی می‌شوند، منجر به تحلیل‌های هدفمندتر و عملی‌تر خواهد شد. از آن طرف Lowe در سال ۱۹۹۷ معتقد بود، «اساساً این دیدگاه که باید با خلق بازارهای متنوع محصولات جانبی را مدیریت کرد، می‌بایست تغییر کند و تا حد ممکن تلاش کرد که ایجاد محصولات جانبی از همان منبع [قدم اول تولید] کاهش یابد». در نظر داشتن این نوع دیدگاه نسبت به محصولات جانبی، به این معنی است که باید از آن‌ها در زمان طراحی، برنامه‌ریزی، و تصمیم‌گیری اجتناب کرد، چه این ترکیبات در نهایت منجر به خسارات اقتصادی یا آثار زیست‌محیطی برای سازنده خواهند شد.

اما در مقابل هم‌محصول‌ها، مفید هستند و به صورت محصولات جانبی یا پسماندها در نظر گرفته نمی‌شوند. مثلاً بسیاری از مواد فلزی که با آن‌ها سروکار داریم، خودشان هم‌محصول‌هایی هستند که از فراوریِ فلزاتِ دیگر تولید می‌شوند. برای نمونه عناصرِ کادمیوم Ca، ایندیوم In، ژرمانیوم Ge، و گالیوم Ga، همگی هم‌محصولاتِ تولید روی Zn از ماده معدنی اِسفالریت هستند. معمولاً هنگامی که فلزات تولید می‌شوند، به‌عنوان محصولات جانبی تولید Zn بازیابی شده و از ناخالصی‌های موجود در اجزای معدنی ناشی می‌شوند.

۴-۳-۶ پسماند (Waste)

اصطلاح «پسماند» با استفاده از تعریف استاندارد :ISO 14040 2006 تعریف شده بود، که در واقع از تعریف توافق‌نامه Basel (سازمان ملل ۱۹۸۹) استفاده کرده بود. پساب‌ها و آلاینده‌ها به عنوان اصطلاحات مترادف با پسماند گنجانده می‌شوند، چه برای تولیدکننده هیچ ارزشی ندارند و معمولاً با برخی هزینه‌ها دفع یا رها می‌شوند (برای مثال هزینه‌های جابه‌جایی و مجوزها). پسماندهای گازی یا پرتوزا (Radioactive) همواره به صورت ترکیبات گسیل‌شده شناخته شده، در حالی که پسماندهای مایع به عنوان پساب‌ها شناسایی می‌شوند. به طورکلی پسماندها می‌توانند [در بعضی شکل‌ها برای سلامتی انسان و محیط‌زیست] خطرناک فرض شوند یا خطری ایجاد نکنند.

۴-۴ اصطلاح‌شناسی اندازه‌گیری

اصطلاح‌شناسی اندازه‌گیری [بیانی از نحوه‌ی بررسی و شاخص‌گذاری با هدفِ شفاف‌سازیِ] تفاوت‌ها میان سازوکارهای گزارش‌نویسی/گزارش‌دهی است؛ بخش‌های ۴-۴-۱ تا ۴-۴-۷ مقادیر عددی را بیان می‌کند، در حالی که بخش‌های ۴-۴-۸ الی ۴-۴-۱۱ به بررسی فرایند می‌پردازد. «ارزیابیِ قابلیتِ زیست‌پایداری» به منظور شناسایی آثار متفاوت فرایند، سامانه، محصول، یا خدمت انجام می‌شود. این آثار با استفاده از سه سازوکار گزارش می‌شوند: داده‌ها، سنجشگرها (Metrics) و نشانگرها (Indicators)؛ که در آن‌ها داده‌ی مقادیر اندازه‌گیری خام هستند، سنجشگرها واحدی از سنجیدن به منظور تسهیل روند ارزشیابی هستند و نشانگرها ارائه‌های کمی‌نگاری‌شده‌ی معنی‌دار و قابل درکی هستند که برای عادی‌سازی (مرتب‌سازی) دسته یا ارائه‌ای از سنجشگرها با استفاده از «عامل مشخصه» نمایش داده می‌شوند. سه سازوکار گزارش‌دهی یعنی بخش‌های ۴-۴-۱ تا ۴-۴-۷، عموماً با اطلاعات فرایند و پارامترها متفاوت هستند، زیرا این بخش‌ها و بخش‌های بعدی معمولاً مستقیماً از قابلیتِ زیست‌پایداریِ فرایند پرده‌برداری می‌کنند. با این اوصاف، این موارد به طور غیرمستقیم بر نتایج ارزیابی قابلیت زیست‌پایداری تأثیر می‌گذارند.

در نهایت باید گفت اصطلاح قابلیت اندازه‌گیری (Measurable) در این پژوهش تعریف و گنجانده شد چه پوشاندن جامه‌ی کمّی بر قبای نتایج مطالعه‌ی قابلیت زیست‌پایداری، به منظور تسهیل روند تَصمیم‌گیری بسیار مهم است. سه اصطلاح پایانی مفاهیم فرایند مشخصه‌ی زیست‌پایداری، مشخصه‌ی فرایند و ارزَیابی زیست‌پایداری را از یکدیگر متمایز می‌کند. در جدول ۴ می‌توانید تعاریف هماهنگ‌شده‌ای از اصطلاح‌شناسی اندازه‌گیری را مشاهده کنید.

۴-۴-۱ آثار (Impacts)

به‌دلیل استفاده‌ی مکرر و متعددِ واژه «آثار» در تعاریف اصطلاحاتی که در این پژوهش ارائه شده‌اند، می‌توان گفت این واژه به اصطلاح جدایی‌ناپذیر در مشخصات فرایند تولید تبدیل شده است. ISO 2006 (استاندارد مدیریت محیط‌زیست- ارزیابی چرخه‌ی عمر- مبانی و چارچوب) تأکید کرده است که آثار کمی‌نگاری‌شده (قابل اندازه‌گیری) یا پیامدهای ورودی‌ها و خروجی‌های فرایند روی سلامت انسان و محیط‌زیست، می‌تواند در دسته‌بندی‌های متنوعی از آثار سازمان‌دهی شوند. Zhao و همکارانش در سال ۲۰۱۲ اشاره داشتند که آثار زیست‌محیطی محصولات باید از طریق تحلیل‌های خودِ فرسو کاهش یابند.

به طورکلی می‌توان گفت تعریف و بیان آثار شاملِ مزایایِ مثبت و زیان‌های منفی است. آثار مرتبط با تولید، به‌عنوان عواقب و پیامدهای فرایندهای فرسو در نظر گرفته می‌شوند و می‌توانند در مقیاس‌های زمانی کوتاه و دراز مدت اتفاق بیفتند. آثار مثبت شامل جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، یا اجتماعی است. برای نمونه حفظ هزینه‌ها، کاهش آلودگی و ایجاد اشتغال از مهم‌ترین این موارد است. از آن طرف، آثار منفی دربرگیرنده‌ی

جدول ۴ اصطلاح‌شناسی اندازه‌گیری (Measurement).

اصطلاحات	مترادف‌ها	تعریف هماهنگ‌شده	مراجع
آثار	نتایج زیست‌پایداری	نتایج یا برون‌دادهای مطالعه یا ارزیابی است که پیامدهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را کمی‌نگاری کرده، با استفاده از داده‌ها یا سنجش‌ها شناسایی و توصیف می‌شوند. اصطلاح آثار می‌تواند بار معنایی مثبت یا منفی داشته باشد.	(ISO, 2006; Zhang et al., 2015; Zhao et al., 2012)
داده	اندازه‌گرفته‌ها	«اندازه‌گیری‌های حقیقیِ مشاهده شده‌ی متغیر» است.	Veleva and Ellenbecker, 2001
سنجش‌گر	اندازه‌گر، سنجه‌ی عملکرد، اندازه‌گر عملکرد، میانا (Midpoint)	واحد اندازه‌گیری است که به منظور ارزشیابی یا برآورد در سامانه، ماشین‌آلات، فرایند، یا زیرفرایند استفاده می‌شود. [همواره در صنعت] سنجشگرها با هدف محاسبه‌ی نشانگرها به کار می‌روند. شیوه‌های گوناگونی از سنجشگری برای ارزیابیِ جنبه‌های زیست‌پایداریِ «اقتصاد، محیط‌زیست، و جامعه» متداول است. سنجش‌گرها براساس نیازها و گستره‌ی سطح برآوردِ مصرف‌کننده‌ی نهایی، ارزشیابی و گزینش می‌شوند.	Eastwood et al., 2013; Haapala et al., 2013; US Department of Commerce (2013); Veleva and Ellenbecker, 2001
نشانگر	دسته‌بندی آثار، نشانگر دسته‌بندی، نشانگر عملکرد کلیدی (KPI)، شاخص/ نشانگر ترکیبی، نقطه‌ی پایانی (Endpoint)	متغیر یا پارامتر معنی‌داری (قابلِ درک) است که اطلاعاتی درباره‌ی فرایند تولید یا سامانه‌ی تولید [قابلیت زیست‌پایداری فرایند]، فراهم می‌آورد. معمولاً برای تحلیل، نشانگرهای چندتایی استفاده می‌شوند. [همواره در صنعت] سنجش‌گرها با هدف محاسبه‌ی نشانگرها به کار می‌روند.	ISO, 2006; Mani et al., 2014; US Department of Commerce (2013); Veleva and Ellenbecker, 2001, Zhang et al., 2015
عامل مشخصه‌یابی	عامل تبدیل	عاملی که از مدل مشخصه‌یابی‌شده به‌دست آمده و در تبدیل نتایج تحلیل‌های «موجودی چرخه‌ی عمر مشخص (Life Cycle Inventory)» به کار گرفته می‌شود به صورت واحد متداول نشانگر هر مقوله ارائه می‌شود. این واحد محاسبه‌ی نتایج نشانگر مقوله‌ها را آسان می‌کند.	ISO, 2006
اطلاعات فرایند		توصیف فرایند ساخت واحد و توصیف محصولات مرتبط به آن فرایند است. این اصطلاح هر اطلاعات مرتبط با محصول یا فرایندی را در که در شرف ورود به واحد کارویژه است، دربرمی‌گیرد.	ASTM, 2014; Overcash et al., 2012
پارامترها	متغیرها، فراسنج‌ها	شرایط، نشانه‌ها (Attribute)، یا تنظیمات و ترتیب‌هایی از فرایند تولید که، می‌تواند به منظور تأثیر در عملکرد فرایند پیوسته در حال تغییر باشند.	Kellens et al., 2012a; US Department of Commerce (2013); Veleva and Ellenbecker, 2001

قابلیت اندازه‌گیری		قابلیت اندازه‌گیری کمی و برآوردِ کیفی در ژرف‌نمایی چندبعدی مانند اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فنی است.	(US Department of Commerce (2013))
فرایند مشخصه زیست‌پایداری	فرایند اندازه‌گیری زیست‌پایداری	به توالی عملیات با ابزارآلات و وسایل لازم، با داشتن هدفِ تعیین مقدار کمیِ نشانگر [به منظور کمی کردنِ قابلیت زیست‌پایداری فرایند] گفته می‌شود.	Mani et al., 2014
مشخصه فرایند	مشخصه فرایند تولید، مشخصه زیست‌پایداری فرایند	معمولاً مشخصه‌یابی فرایند فعالیت‌هایی شامل «شناسایی ورودی‌ها و خروجی‌های کلیدیِ یک فرایند، گردآوری داده روی بازه کلی عملیات، تخمین حالت پایا (Steady-State) در شرایط عملیاتی بهینه، و ساختن مدل‌های ریاضی که روابط پارامتریِ میانِ بازه عملیات را توصیف می‌کنند» بر عهده دارد. نتیجه و برون‌داد نهایی فعالیت مشخصه‌یابی فرایند، به صورت مجموعه‌ای از مدل‌های فرایندی ریاضی بوده که می‌توانند به منظور نمایش تحلیل‌ها و بهبود فرایند استفاده شوند.	Mani et al., 2014
ارزیابی زیست‌پایداری	تحلیل‌های قابلیت زیست‌پایداری، مطالعه‌ی قابلیت زیست‌پایداری، تحلیل‌های عملکرد سامانه	بررسی روش‌شناختی از سامانه، فرایند، یا محصولی که برای درک تأثیرات اجتماعی (انسان‌ها)، اقتصادی، و زیست‌محیطی، با توجه به گستره و مقیاس زمانی خاص انجام می‌پذیرد.	ISO, 2006; Ness et al., 2007; Zhang et al., 2015

کاهش استفاده از تأمین‌کنندگان محلی، افزایش پساب‌های آبی و افزایش خطرهای شغلی است.

۴-۴-۲ داده

اصطلاح «داده» با استفاده از تعریف پژوهش Velva و Ellenbecker (نشانگرهای تولید زیست‌پایدار: چارچوب و روش‌شناسی) در سال ۲۰۰۱ ارائه شده است.

۴-۴-۳ سنجش‌گرها (Metrics)

سنجش‌گرها با هدف محاسبه یا ردیابیِ نشانگرها استفاده شده و می‌توانند به منظور توصیف عملکرد زیست‌پایداری سامانه به کار روند. [اندازه‌گیری] انواع متفاوتی از معیارهای ارزشیابی نظیر نقاط پایانی/ نقاط میانی و نشانگرها/ سنجش‌گرها را در سطوح متفاوتی از تحلیل‌های سامانه‌ای دربرمی‌گیرد. به دلیل وجود جزییات وابسته به سطوح مختلف، هر چه تحلیل‌های سامانه گسترده‌تر می‌شوند، نیاز به معیارهای سطح بالاتری که از تنظیماتِ فرایند دورترند پیدا می‌شود. بنابراین، تحلیل‌های سطح بالاتر سامانه کمتر در مورد جزییات رده‌ی پایین‌تر راهنمایی‌های مشخصی ارائه می‌دهد. مقادیر معنی‌دار برای تصمیمات متفاوت وابسته به میزان دور بودن تصمیم از بافت تحلیل‌ها دارد. همواره سنجشگرها کم‌تر از نشانگرها از متن دور شده و مستقیم‌تر راه‌حل‌های فرسو را پشتیبانی می‌کنند.

برای مثال، به منظور حساب کردنِ سنجش‌گر برای پسماند نسبت به مقدار محصول، داده‌های جمع‌آوری شده به نوع پسماند بستگی داشته، می‌توانند بر حسب حجم یا جرم ضایعات تولید شده در واحد زمان محاسبه شوند. یک نمونه نشانگر محاسبه‌شده بر اساس سنجشگر پسماند، پتانسیل سمیت انسانی یا HTP است. HTP نشان‌دهنده‌ی آسیب احتمالی ناشی از رهایش توده‌ی معینی از مواد شیمیایی به محیط‌زیست بر اساس سمیت و مقدار بالقوه‌ی ترکیبی است که وارد بدن شده است. انتشار آلاینده‌ها می‌تواند بر حسب معادل بنزن (سرطان‌زا) یا تولوئن (غیرسرطان‌زا) ارائه شود.

دقت شود که در این دو مثال، نتایج سنجش‌گر (پسماند) برای تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد ولی نتایج نشانگر HTP به

صورت ذاتی غیرشفاف بوده، می‌تواند تعارض تفسیری ایجاد کند. اگر مقدار پسماند فرایندی زیاد باشد، [این بدان معنی است که فرایند از منظر زیست‌محیطی خطرناک بوده و] می‌بایست راهکاری مبنی بر کاهش ضایعات/آلاینده‌های فرایند ارائه کرد؛ در نقطه مقابل مقدار زیاد نشانگر HTP یا به‌خاطر افزایش ضایعات/آلاینده‌ها است یا تغییر در مواد/مواد شیمیایی در هنگام تولید، خاستگاه این مهم بوده است.

۴-۴-۴ نشانگر (Indicator)

نشانگر معیار یا اندازه‌ای است که به منظور تعیینِ کمیتِ اطلاعات، با هدف توصیف پدیده یا جنبه‌ای از سامانه، برای تصمیم‌گیرندگان حوزه‌های کسب‌وکار یا مهندسی استفاده می‌شوند. معمولاً مجموعه و ترتیبی از نشانگرها به منظور اندازه‌گیری جمعیِ «عملکرد زیست‌پایداری» استفاده می‌شوند. مجموعه‌ی نشانگرها به عنوان شاخص‌ها یاد می‌شود.

۴-۴-۵ عامل مشخصه‌یابی (Characterization Factor)

اصطلاح «عامل مشخصه‌یابی» با استفاده از تعریف آن در استاندارد ISO 14040: 2006 (مدیریت محیط‌زیست-ارزیابی چرخه عمر- مبانی و چارچوب) تعریف شده است.

۴-۴-۶ اطلاعات فرایند

اطلاعات فرایند به عنوان اطلاعاتی که با فرسو مرتبط هستند شناخته می‌شوند. Overcash و همکارانش در سال ۲۰۱۲، اطلاعات فرایند را مشتمل بر واحد کارویژه، مدت زمانی، جغرافیا، و فناوری بیان کردند؛ اما ASTM 2014 هندسه‌ی قطعه، نشانگرهای کلیدی عملکرد (KIPs)، خواص ماده، دستورکارهای تنظیم و عملیات، برنامه‌های کیفیت، و برنامه‌های کنترل را مشمول اطلاعات فرایند می‌دانستند. اطلاعات فرایند، اصطلاحی کلی و تعمیم‌یافته بوده، دربرگیرنده‌ی کلیه‌ی اطلاعات مرتبط با فرایند و/یا برهم‌کنش (تعامل) فرایند-محصول است.

۴-۴-۷ عوامل

عوامل و متغیرها به عنوان شرایط ورودی فرسو، ویژگی‌های سامانه، یا خواص سنجیده‌شده، توصیف می‌شوند. عوامل نوع خاصی از اطلاعات فرایند هستند.

۴-۴-۸ قابلیت اندازه‌گیری

اصطلاح «قابلیت اندازه‌گیری» با استفاده از تعریف آن US Department of Commers (نشانگرهای ساخت زیست‌پایدار NIST-موسسه‌ی استانداردها و فناوری ملی آمریکا) در سال ۲۰۱۳ تعریف شده است.

۴-۴-۹ فرایند مشخصه‌ی زیست‌پایداری

اصطلاح «فرایند مشخصه‌ی زیست‌پایداری» با استفاده از تعریف موجود در مقاله Mani و همکاران در سال ۲۰۱۴ (مشخصه‌ی قابلیت زیست‌پایداری برای فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۴-۴-۱۰ فرایند مشخصه‌یابی

اصطلاح «فرایند مشخصه‌یابی» با استفاده از تعریف موجود در مقاله Mani و همکاران در سال ۲۰۱۴ (مشخصه‌ی قابلیت زیست‌پایداری برای فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۴-۴-۱۱ ارزیابی زیست‌پایداری

به دلیل استفاده‌ی مکرر و متعدد از «ارزیابی زیست‌پایداری» در مباحث مقاله، این اصطلاح هم به دسته‌بندی‌های این پژوهش افزوده شد. این اصطلاح به عنوان پیامدی از گسترش و بسط مفهوم LCA تعریف شده و شامل آثار اقتصادی و اجتماعی است. Zhang و همکارانش در سال ۲۰۱۵ روش‌های ارزیابی مشارکتی را، شامل ارزیابیِ «آثار اجتماعی و جامعه‌شناختی»، ارزیابی «آثار زیست‌محیطی»، و هزینه‌ی چرخه‌ی عمر را شناسایی کردند. هر یک از این روش‌ها را می‌توان ذیل چتر «ارزیابی زیست‌پایداری» تعریف و بسط داد. Ness در سال ۲۰۰۷ سه جزء مرتبط با تعریف قابلیت زیست‌پایداری را شناسایی کرد: ۱) یکپارچگی طبیعت و جامعه، ۲) جنبه‌های محیطی و فضایی، ۳) جنبه‌های موقتی (وابسته به زمان).

۴-۵ اصطلاح‌شناسی مدل

اصطلاح‌شناسی مدل، انواع مختلفی از مدل‌هایی را که معمولاً در مشخصات فرسو کاربرد دارند و یافت می‌شوند، بیان می‌کند. قصد نویسندگان این مقاله کنکاش تمام معادلات یا مدل‌های ممکن که همواره در روند مشخصه‌یابی (مدل‌سازی) استفاده می‌شوند، مانند روابط خاص معادلات Navier-Stokes نیست، چه انواع متعددی از این نوع مدل‌ها وجود داشته و نیز در گذشته هم تعریف شده‌اند. اصطلاحاتی که در این دسته به کار می‌روند شامل، مدل فرایند ساخت واحد، موجودی چرخه‌ی عمر فرایند واحد (UPLCI)، تحلیل موجودیِ روشمند و ژرف‌نگر، تحلیل موجودیِ روشمند غربالگر، مدل جریانی فرایند ساخت و مدل اطلاعاتِ فرایند ساخت است (بخش‌های ۴-۵-۱ و ۴-۵-۳

الی ۴-۵-۷). دو اصطلاح دیگر مبتنی بر ترکیب‌پذیری (بخش ۴-۵-۲) که برهم‌کنشِ مدل را توصیف می‌کند و طبقه‌بندی (بخش ۴-۵-۸) که فرایندهای فرسوی متفاوت را به وسیله‌ی عملکردی که دارند بیان می‌کند، وجود دارند. جدول ۵ تعاریف هماهنگ‌شده‌ی اصطلاح‌شناسی مدل را ارائه می‌دهد.

۴-۵-۱ مدل فرایند ساخت واحد

اصطلاح مدل‌های فرایند ساخت واحد به منظور کشف برهم‌کنش‌های ماده و فرایند توسعه داده شده است و می‌توانند برای کمی کردنِ سنجش‌های قابلیت زیست‌پایداری استفاده شوند. این مدل‌ها با هدف برقراری ارتباط میان ورودی‌های ماده و انرژی به خروجی‌ها به کار رفته و قادر هستند برای تغییرات در فرایندها به حساب آیند. مدل‌ها درون روابط مکانیستیکی یا مشاهدات تجربی بسط داده شده‌اند. ارزشیابی مدل، امکان تحلیل محصول و طراحی‌های فرایند و بررسی در برای بهبود را فراهم می‌آورد.

۴-۵-۲ ترکیب‌پذیری Composability

ترکیب‌پذیری پس از تعریف تحقیق Davis و Anderson در سال ۲۰۰۴ تعریف شده است. هدف مدل‌سازی فرایند ساخت واحد، داشتن قابلیتی است که بتواند مدل‌های مختلف فرسو را برای ایجاد سامانه‌ی تولید یا ارزیابی محصول، به یکدیگر مانند زنجیر وصل کند. خودکارسازیِ برنامه‌ریزی جریان فرسو و بهینه‌سازی سامانه‌ی تولید با استفاده از کنترل فرایند، همگی در صورتی رخ خواهند داد که مدل‌های ارائه‌شده ظرفیت تعامل و برهم‌کنش با یکدیگر را داشته باشند. این تعامل یا به عبارت دقیق‌تر برهم‌کنشِ میان مدل‌ها را ترکیب‌پذیری می‌نامند.

۴-۵-۳ موجودی چرخه‌ی عمر فرایند واحد (UPLCI)

UPLCI، داده‌هایی را برای فرایند دربرمی‌گیرد که حاصل مطالعه‌ی قابلیت زیست‌پایداری باشد. UPLCI با استفاده از تعریف Overcash و Twomey در سال ۲۰۱۲ تعریف شده است. UPLCI به گونه‌ای قالب‌بندی شده که شامل نمای کلی از فرایند، مراجع و داده‌ی نوشته‌ها، انتخاب عوامل، محاسبات انرژی LCI، و محاسبات اتلاف جرم LCI می‌شود. بنای UPLCI در روش CO2PE! رسمیت یافته است.

۴-۵-۴ تحلیل موجودیِ روشمند و ژرف‌نگر

رویکرد تحلیل موجودیِ روشمند و ژرف‌نگر که از روش CO2PE! نشئت گرفته شده، داده‌های UPLCI دقیق‌تری را نسبت به تحلیل موجودیِ روشمند غربالگر تولید می‌کند. اساساً این رویکرد به چهار مطالعه تقسیم می‌شود: زمان، توان (قدرت)، مواد مصرفی و بررسی‌های انتشار آلایندگی. این مطالعات تمام ورودی‌ها و خروجی‌های مرتبط با فرایند را همراه با جزئیات مستند می‌کند.

۴-۵-۵ تحلیل موجودیِ روشمند غربالگر

تحلیل موجودیِ روشمند غربالگر که آن هم از روش CO2PE! برخاسته است، داده‌های UPLCI تولید کرده، اولین دیدگاه را در مورد فرسو ارائه می‌دهد. مطالعه‌ی غربالگری به عنوان بررسی ابتدایی درباره‌ی فرسو پنداشته شده و قادر است مرز، واحد فرایندی، عوامل ماشین و اطلاعات فرایند را تعریف کند. [درنهایت] این نوع اطلاعات با هدفِ محاسبات اتلاف جرم و انرژی تولید می‌شوند.

۴-۵-۶ مدل جریان فرایند ساخت

اصطلاح «مدل جریان فرایند ساخت» با استفاده از تعریف موجود در مقاله Mani و همکاران در سال ۲۰۱۴ (مشخصه قابلیت زیست‌پایداری برای فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۴-۵-۷ مدل اطلاعات فرایند ساخت

اصطلاح «مدل اطلاعات فرایند ساخت» با استفاده از تعریف موجود در مقاله Mani و همکاران در سال ۲۰۱۴ (مشخصه‌ی قابلیت زیست‌پایداری برای فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۴-۵-۸ طبقه‌بندی Taxonomy

اصطلاح طبقه‌بندی با هدف دسته‌بندی (طبقه‌بندی) تنوع وسیعی از فرایندهای تولید استفاده می‌شود (Duflou و دستیارانش در سال ۲۰۱۲). هم‌چنین طبقه‌بندی مدون، به مهندسان و دیگر کارکنان تولید کمک می‌کند تا بتوانند فرایندهای دردسترس را به صورت تدوین‌شده درک کنند و روش‌هایی را که در محصولات ساخت به کار می‌روند به خوبی شناسایی کنند. در نهایت می‌توان گفت، طبقه‌بندی‌ها به انتقال اطلاعات برای تسهیل تصمیم‌گیری‌ها [در روند ساخت/تولید] کمک می‌کند. مثال‌هایی که شامل طبقه‌بندی‌ها هستند، به وسیله‌ی پژوهش‌های متعددی نظیر NRC در سال ۱۹۹۵، Todd و همکارانش در سال ۱۹۹۴، و DIN ۸۵۸۰ ارائه شده‌اند.

۴-۶ اصطلاح‌شناسی جریان

اصطلاح‌شناسی جریان، حرکتِ «انرژی، مواد، و اطلاعات» را درون سامانه‌ی تولید تعریف می‌کند. در واقع جریان‌ها برای

جدول ۵ اصطلاح‌شناسی مدل.

اصطلاحات	مترادف‌ها	تعریف هماهنگ‌شده	مراجع
مدل فرایند ساخت واحد	مدل فرایند واحد، مدل فرسو	به شماری مدل‌های ریاضی توسعه‌یافته برای فرایندِ ساختِ واحدِ مشخص که به تحلیلِ ویژه‌ی سنجش‌ها یا نشانگرها می‌پردازند، گفته می‌شود. مدل‌ها می‌توانند از منظر روابط مکانیستیک (نظریه‌هایی که هر پدیده را تماماً از نظر فیزیکی توضیح می‌دهند، مترجم) یا مشاهدات و اندازه‌گیری تجربی توسعه بیابند. مدل‌ها می‌بایست برای تمامی ورودی‌ها و خروجی‌های فرایند محاسبه و تعمیم داده شوند.	Eastlick and Haapala, 2012; Eastwood et al., 2013
ترکیب‌پذیری		قابلیت گزینش و سرهم‌بندی مدل‌ها به شیوه‌های گوناگون برای نمایش جریان فرایند یا توانایی مدل‌هایی که قادرند مقیاس‌های فرایندی متفاوتی را نشان دهند، است. مدل‌ها را می‌توان به صورت جداگانه یا ترکیبی ارزیابی کرد تا تأثیرات آن روی سطوح مختلف تولید (مانند زیرفرایند، فرایند ساخت واحد، یا سامانه تولید) مشخص شود.	Davis and Anderson, 2004
موجودی چرخه‌ی عمر فرایند واحد (UPLCI)		مشخصه‌ی فرایند که درباره چارچوب موجودی‌های آن شامل داده [ورودی]، معادلات [مدل]، نتایج [خروجی] گزارش می‌دهد؛ این مشخصه مثالی برای فرایند مشخص و برهم‌کنش واحد کارویژه و مرجع است. داده‌ها شامل توصیف‌های فرایند، شکل‌ها، عکس‌ها، محاسبات انرژی و جدول‌های خواص فیزیکی و انرژی است. معادلات، جرم اتلافی و انرژی لازم را با استفاده از ورودی‌ها و اطلاعات فرایند محاسبه می‌کنند.	Kellens et al., 2012a), (Overcash and Twomey, 2012), (Overcash et al., 2009
تحلیل موجودیِ روشمند و ژرف‌نگر	رویکرد ژرف‌نگر، تحلیل‌های موجودیِ روشمند و ژرف‌نگر	روش مشخصه‌یابی فرایند که شامل چهار بررسی از دستگاه خاص است: زمان، توان (Power)، مواد مصرفی، و گسیل‌شده‌ها (آلاینده‌ها)؛ با استفاده از همین دستگاه، داده‌ی ورودی و خروجی مواد و انرژی (LCI) فرایند ساخت واحد را نتیجه می‌دهد. می‌تواند به‌عنوان روش برای توسعه‌ی مدل‌های فرایند واحد پنداشته شود.	Duflou et al., 2012; Kellens et al., 2012a, 2012b
تحلیل موجودیِ روشمند غربالگر	رویکرد غربالگری، تحلیل موجودیِ روشمند غربالگر	روش مشخصه‌یابی فرایند که داده‌ی ورودی و خروجی LCI را با استفاده از محاسبات انرژی و محاسبات اتلاف انرژی گزارش شده در واحد کارویژه، تقریب می‌زند. می‌تواند به‌عنوان روش برای توسعه‌ی مدل‌های فرایند واحد پنداشته شود.	Duflou et al., 2012; Kellens et al., 2012a, 2012b
مدل جریانی فرایند ساخت		جریان داده‌ها (مانند ورودی‌ها، خروجی‌ها، جریان‌های مرجع و کنترل) و اولویت‌بندی را در فرایندهای ساخت توصیف می‌کند. به عنوان مثال سنگ‌بنای مرجع یعنی یکپارچه‌سازی سامانه‌ها برای کاربردهای ساخت (SIMA) از نمونه‌های آن است.	Mani et al., 2014
مدل اطلاعاتی فرایند ساخت		روابط میان عملکرد قابلیت زیست‌پایداری و اطلاعات مرتبط با فرایندهای ساخت را تعریف می‌کند (برای نمونه منابع، مواد ابزاری، و انرژی). نهادها و روابط آن‌ها را تعریف می‌کند. می‌تواند شامل سطح‌های چندگانه، مثل خاصیت یا روابط ریاضی‌شناختی باشد.	Mani et al., 2014
طبقه‌بندی	طبقه‌بندی فرایند ساخت	نظم مدون از طبقه‌بندی فرایند ساخت است که برای شناسایی فرایندهای ساخت واحد مشخص به وسیله‌ی عملکردشان استفاده می‌شود.	Duflou et al., 2012; Mani et al., 2014

واحد کارویژه (بخش ۴-۶-۱) عادی‌سازی شده و از طریق سه نوع اصلی شناسایی می‌شوند: جریان ماده، جریان انرژی و جریان اطلاعات (۴-۶-۲ الی ۴-۶-۵). اساس این جریان‌ها انتقال از یک شکل به شکل دیگر (تبدیل) است که به‌وسیله‌ی راه‌های متفاوتی صورت می‌گیرد: تبدیل ماده، تبدیل انرژی و تبدیل اطلاعات (بخش‌های ۴-۶-۶ تا ۴-۶-۸). تعاریف دسته‌ی جریان که در زیر ارائه شده‌اند جریان‌های ماده‌ی گسسته را توصیف می‌کنند، به عبارتی می‌توانند در واحد زمان (مثلا s^{-1}) یا در واحد خروجی فیزیکی (مثلاً در واحد محصول) کمی‌نگاری شوند؛ تمایز میان این‌که نوع بررسی یا مطالعه چطور اجرا شود به دسترس‌پذیریِ داده‌هایی که در اختیار تحلیل‌گر قرار می‌گیرد، بستگی دارند. برای نمونه، کمی‌نگاریِ «[مقدار] مصرفِ ماده‌ی سالیانه‌ی یک واحد تولیدی» نیاز مبرم به استفاده از جریان‌های تولیدی برپایه-زمان دارد، یعنی آهنگ‌های جریان جرمی (مثلا kg/s) سطح فرایندی منحصربه‌فرد دارد. تعریف‌های تبدیلی که در ادامه به ترتیب ارائه خواهند شد، تبدیل ورودی‌های مواد، انرژی یا اطلاعات را که در فرسو به صورتِ خروجی در می‌آیند، توصیف خواهد کرد. در جدول ۶ تعاریف هماهنگ‌شده‌ی اصطلاح‌شناسی نمایان است.

۴-۶-۱ واحد کارویژه (Functional Unit)

واحد کارویژه به عنوان واحد مرجع کیفی و کمی از سامانه‌ی تولید شناخته می‌شود. برای نمونه در حین روند فرایند ساخت واحد، کارویژه، شماری از محصولات گسسته یا جرم/حجمی از محصول پیوسته است که در مدت زمان مشخص درونِ سامانه‌ی تولید جریان یافته، به عنوان بستری برای تمامی اندازه‌گیری‌های کارایی فرایند عمل می‌کند و نیز به منظور ارزشیابیِ کارکردِ هر فرسو در جریان فرایند ساخت استفاده می‌شود. همواره برای یک فرسو، واحد کارویژه واحدِ مرجعِ کمی و کیفی است که کارایی و کارکرد فرایند را نشان داده و می‌سنجد (کمی‌نگاری می‌کند)، و نیز می‌تواند شاملِ حجم یا جرمی از ماده خارج‌شده در فرایند ماشین‌کاری، ظرفیت تجهیزات (مثلاً گرمخانه Oven) دردسترس، یا آهنگ جریان فرایند شیمی باشد. $CO_2PE!$ واحدهای کارویژه استانداردی را به‌منظور تعیینِ داده‌های به‌هنجارشده (Normalized UPLCI Data) UPLCI برای فرایندهای گوناگون به‌طور مشخص تبیین می‌کند.

۴-۶-۲ جریان (شارش) ماده

اصطلاح «جریان یا شارش ماده» با استفاده از تعریف موجود در استاندارد (ISO 2006؛ مدیریت محیط‌زیست- ارزیابی چرخه‌ی عمر- مبانی و چارچوب) ارائه شده است.

۴-۶-۳ جریان میانی

اصطلاح «جریان میانی» با استفاده از تعریف مشخص آن در استاندارد ISO 2006 (مدیریت محیط‌زیست-ارزیابی چرخه‌ی عمر- مبانی و چارچوب) تعریف شده است.

۴-۶-۴ جریان انرژی

اصطلاح «جریان انرژی» با استفاده از تعریف ارائه‌شده در استاندارد (ASTM 2014: WK35705؛ راهنمای جدید به منظور مشخصه‌ی قابلیت زیست‌پایداریِ فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۴-۶-۵ جریان اطلاعات

اصطلاح «جریان اطلاعات» با استفاده از تعریف موجود در مقاله Mani و همکاران در سال ۲۰۱۴ (مشخصه‌ی قابلیت زیست‌پایداری برای فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۴-۶-۶ تبدیل ماده

اصطلاح «تبدیل ماده» با استفاده از تعریف ارائه‌شده در استاندارد (ASTM 2014: WK35705؛ راهنمای جدید به منظور مشخصه‌ی قابلیت زیست‌پایداریِ فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۴-۶-۷ تبدیل انرژی

اصطلاح «تبدیل انرژی» با استفاده از تعریف ارائه‌شده در استاندارد (ASTM 2014: WK35705؛ راهنمای جدید به منظور مشخصه‌ی قابلیت زیست‌پایداریِ فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۴-۶-۸ تبدیل اطلاعات

اصطلاح «تبدیل (انتقال) اطلاعات» با استفاده از تعریف ارائه‌شده در استاندارد (ASTM 2014: WK35705؛ راهنمای جدید به منظور مشخصه‌ی قابلیت زیست‌پایداریِ فرایندهای ساخت) تعریف شده است.

۵ توصیه‌ها و جمع‌بندی مطالب

نیاز مبرم و اساسی برای تدوین مجموعه‌ای از اصطلاح‌شناسی رایج و مشترک در حوزه‌ی زیست‌پایداری، برای پژوهشگران، دانشمندان، مهندسان و به طورکلی تصمیم‌گیرندگانی که

جدول ۶ اصطلاح‌شناسی جریان (Flow).

اصطلاحات	مترادف‌ها	تعریف هماهنگ‌شده	مراجع
واحد کارویژه (Functional Unit)	واحد مرجع Reference Unit	واحد مرجع کیفی و کمی برای سامانه‌ی تولید و فرسو است [نشان می‌دهد دقیقاً چه عواملی مورد کاوش قرار می‌گیرند. به طورکلی مرجعی است که با تحلیل کیفی-کمی بدین می‌پردازد که ورودی و خروجی چطور به یکدیگر مرتبط می‌شوند]، این واحد برای بهنجارسازی سنجشگرهای عملکردی سامانه ساخت یا فرسو برای تولید محصول مشخص استفاده می‌شود.	(ISO, 2006; Kellens et al., 2012a; Overcash et al., 2012
جریان ماده		محصولاتی که به سامانه‌ی محصول دیگری وارد یا از آن خارج می‌شوند.	ISO 14040; 2006
جریان میانی		جریان ماده، انرژی، یا اطلاعات، که میان فرایندهای واحد سامانه‌ی محصول اتفاق می‌افتد و از قبل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.	ISO 14040; 2006
جریان انرژی		به ورودی یا خروجی فرایند واحد یا سامانه محصول گفته شده که در واحدهای انرژی کمی‌نگاری می‌شوند. می‌توان آن را انرژی ورودی یا خروجی هم‌نام نهاد.	ISO 14040; 2006
جریان اطلاعات		کنترل جریان‌های مرجع، ورودی و خروجی است؛ می‌توان آن را نهادی در قالب مدل‌های اطلاعاتی فرض کرد.	Mani et al., 2014
تبدیل ماده		می‌تواند شامل تغییر جرم، تغییر فاز، تغییر ساختار، تغییرشکل (Deformation)، و ادغام مواد (Consolidation) باشد.	ASTM, 2014. WK35705
تبدیل انرژی		می‌تواند مشتمل بر تبدیل و تبدیل منابع شیمیایی، الکتریکی، گرمایی، مکانیکی و الکترومغناطیسی باشد.	ASTM, 2014. WK35705
تبدیل اطلاعات		اطلاعات ورودی همواره دستخوش تغییراتی می‌شود که می‌تواند شامل تلاش‌هایی مانند کاهش یا افزایش داده، تبدیل و ترجمه باشد. این مهم می‌تواند منجر به تغییر مواردی نظیر سنجش‌های تولید (مانند توان عملیاتی و اثربخشی کلی تجهیزات) و سنجش‌های زیست‌محیطی (مانند انرژی، مواد، آب، نشر گازها و ضایعات) است.	ASTM, 2014. WK35705

به‌طور مشخص در امرِ «تولید زیست‌پایدار» درگیر هستند احساس می‌شود؛ چه خوانشِ صحیح همگانی (برای درک بهتر اصطلاحات مورد استفاده‌شان) درَ میان فعالان این حوزه وجود نداشته و توسعه داده نشده است. متعاقباً، امکان این که بتوان ارتباط موثری میان نیازهای فرایند تولید زیست‌پایدار و نتایج برخاسته از سامانه‌ی تولیدی یا بنگاه اقتصادی متناسب با زیست‌پایداری به‌دست آورد، نیست. این مطالعه گامی برای شناسایی اصطلاحات و تعاریف کلیدی، از زاویه‌ای که به تولید زیست‌پایدار مرتبط می‌شوند، برداشته است. بازنگری و مرور اساسی بر نوشتارگان پیشین شامل مدل‌سازی و مشخصه‌ی فرایند تولید زیست‌پایدار، با هدف افزایش درک مفاهیم کلیدی و شناسایی اصطلاح‌شناسی مرتبط با آن‌ها ارائه شد. واژگان مترادف برای اصطلاحات کلیدی به وسیله‌ی بررسی و بازنگری نوشتجات مربوط، به منظور شفاف‌سازی و هماهنگ‌سازی تعاریفی که در بسیاری از کاربردها از لحاظ معنی با یکدیگر همپوشانی داشته و ممکن است برداشت‌های متفاوتی ایجاد

نمایند، مشخص شد. ۴۷ اصطلاح شناسایی شده در ۶ دسته‌ی مجزا شامل: گستره Scope، مرز Boundary، ماده Material، اندازه‌گیری Measurement، مدل Model، و جریان Flow به منظور استخراج و تدوینِ منظم مفاهیم کلان سازماندهی شدند. نویسندگان این پژوهش پیشترَ مشاهدَه کرده بودند که بررسی جامع از تحقیقات در مورد مشخصه‌ی فرایند و مدل‌های فرایند در حمایت از تولید زیست‌پایدار هنوز انجام نشده است؛ از همین روی ممکن است چنین بازبینی‌ای برای خوانندگان مفید واقع شده و شاید با سازمان‌دهی کارهای پیشین به وسیله‌ی نوع فرایند و هم‌چنین با استفاده از طبقه‌بندی فرایندهای استاندارد گام مهمی در جهت پیشبرد این امر مهم برداشته شود.

نویسندگان این مقاله بر این امر واقفند که این نوع دسته‌بندی از اصطلاحات، جامع نیست؛ با این وجود این تلاش را گام ارزشمندی در راستای شناسایی و استانداردسازی اصطلاح‌شناسی رایج برای تفهیم مشخصه‌ی فرایند تولید زیست‌پایدار می‌دانند. این دسته‌بندی اولیه و ابتدایی از اصطلاح‌شناسی، می‌تواند به‌عنوان نیرو محرکه، «گفتگوها» و «ارتباطاتِ» تسهیلات (امکانات) تولیدی و زنجیره‌های تأمین را به منظور حمایت از کوشش‌ها و فعالیت‌های تولید زیست‌پایدار سرعت ببخشد. توجه به یک نکته از اهمیت بسزایی برخوردار است و آن این است که «عادی‌سازیِ زبانِ گفتگو از طریق اصطلاح‌شناسی و تعریف‌های استانداَرد (با معانی مشخص) امری ماندگار و ضروی است.» هم‌چنین این پژوهش می‌تواند بحث‌های بین اجتماع‌های مختلف (Community Discussions) را درباره‌ی استانداردها برای اصطلاح‌شناسی مشخصه‌ی فرایند تولید آغاز کند. این بحث‌های سازمان‌یافته می‌تواند با مشارکت پژوهشگران و شاغلان صنعت به منظور تسهیل اجماع روی اصطلاحات تعمیم‌یافته (عمومی)، تعریف‌ها، رویه‌ها و روش‌های عملی پیش رود. چنین بحث‌هایی می‌توانند در قالب گروه‌های کوچک (میزگردها)، سخنرانی و ارائه در همایش‌ها، جلسات هم‌اندیشی یا کارگاه‌های پژوهشی-آموزشی برگزار شوند.

کارهای آینده می‌تواند شامل استانداردسازی اصطلاح‌شناسی از طریق سازمان‌های توسعه استاندارد مانند ASTM باشد. براساس همین اصطلاح‌شناسی رایج و مشترکِ حاصل از مکالمات و گفتگوها در میان صنایع بی‌شمار، می‌بایست روش مشخص تعمیم‌یافته‌ای برای فرایندهای تولید ظهور کند. در نهایت، برای اطمینان از تصویب نهایی صنعت، روش‌ها بایستی در مدل‌های مقیاس‌پذیر و ترکیب‌پذیر شکل‌بندیِ ریاضی (Formalized) و معناشناسی تفهیم شده تا از این طَریق قادر باشند در برنامه‌های نرم‌افزاری مقرون به صرفه اجرا شوند. چنین شکل‌بندی و فرمول‌بندی‌ای کاملاً نیاز مبرم امروزه است چرا که:

۱) برآورد و ارزیابی قابلیت زیست‌پایداری به مجموعه‌ی وسیعی از تخصص‌ها در میان رشته‌های مختلف نیاز داشته و به تنهایی امکان‌پذیر نیست، ۲) گردآوری داده همواره خسته‌کننده و ملال‌آور است (منظور داده‌ها و اطلاعاتی است که کمک به اندازه‌گیری و برآورد تخمینی از میزان زیست‌پایداری فرایند می‌کند. مترجم)، ۳) محاسبات ریاضی، به خصوص برای محصولات و سامانه‌های تولیدِ پیچیده بدیهی و ساده نیستند.

چنین نرم‌افزاری می‌تواند تصمیمات زیست‌پایدار و تنظیم زمان-واقعی شبکه‌های تولید را بهبود ببخشد. هر جنبه از این کار نیاز به تلاش و همکاری بی‌وقفه از طرف محققان و دست‌اندرکارانی را که وجه عظیمی از رشته‌ها و تجارب صنعتی را در بر می‌گیرند، می‌طلبد. تکمیل این پژوهش بنیادی امکان استفاده از کاربردهای «مشخصه‌ی فرایند تولید زیست‌پایدار» را فراهم کرده، تا بدین طریق از بهبود محصول، بهینه‌سازی فرایند و فعالیت‌های گزینش تأمین‌کننده بهره‌مند شوند.

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