

# ارزیابی آثار زیست محیطی با استفاده از روش چرخه حیات فرایندها (مطالعه موردی: صنعت پتروشیمی)

اسماعیل فاتحی فر\*، مظفر عبدالهی فر

تبریز، دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی شیمی، مرکز تحقیقات مهندسی محیط زیست

پیام نگار: fatehifar@sut.ac.ir

## چکیده

با توجه به گسترش ارزیابی آثار زیست محیطی فعالیت‌های صنعتی و با توجه به تاثیر نتایج ارزیابی در تصمیم‌گیری کلان فعالیت‌ها و برنامه‌ریزی اهداف، ضروری است که روش‌های ارزیابی دقیق‌تر شوند و مورد بازنگری قرار گیرند. در این مقاله با معرفی روش‌های مختلف ارزیابی آثار زیست محیطی و بیان مزایا و معایب هر یک، ارزیابی آثار زیست محیطی مبتنی بر چرخه حیات فرایندی مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفته و با موشکافی آن، موارد کاربرد این روش و مزایا و معایب آن با توجه به فرایند مورد مطالعه، بحث و بررسی شده‌اند. در ادامه، روش اجرایی ارزیابی بر پایه چرخه حیات فرایندی ارائه شده و مشکلات فراروی این روش مورد بحث قرار گرفته است. نتایج بررسی حاکی از آن است که این روش، قابلیت استفاده در ارزیابی آثار زیست محیطی صنایع پتروشیمی را دارا است که با در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به شرایط محلی و منطقه‌ای می‌توان از آن استفاده کرد.

کلمات کلیدی: ارزیابی آثار زیست محیطی (EIA)، چرخه حیات فرایندی (LCA)، مشخصه ارزیابی، استانداردهای مدیریت زیست محیطی (ISO14000)، پتروشیمی

## ۱- مقدمه

ارزیابی برای استفاده در تصمیم‌گیری‌های کلان، امری اجتناب ناپذیر است [۱]. از این رو با وجود تاثیر گذاری پارامترهای غیر زیست محیطی در نتایج ارزیابی، همانند پارامترهای اجتماعی، سیاسی و غیره، نقش انکارناپذیر این ارزیابی‌ها کاملاً مشهود است. روش‌های ارزیابی زیست محیطی مانند ارزیابی مبتنی بر آثار زیست محیطی، ارزیابی بر اساس بهترین گزینه اجرایی زیست محیطی و ارزیابی بر اساس شاخص‌های آثار زیست محیطی از روش‌های متداول ارزیابی می‌باشند که هر یک با دارا بودن مزایا و معایب خاص خود در موارد متعدد، کاربرد خوبی از خود نشان داده‌اند. با این حال، روش جدید

امروزه ارزیابی آثار زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی، گسترش فراوانی یافته است. با توجه به تاثیر نتایج ارزیابی در تصمیم‌گیری کلان فعالیت‌ها و برنامه‌ریزی اهداف، ضروری است که روش‌های ارزیابی، دقیق‌تر شوند و مورد بازنگری قرار گیرند. روش‌های متنوعی که تاکنون برای ارزیابی آثار زیست محیطی ابداع شده‌اند، عموماً به دلیل محدود بودن اطلاعات در دسترس، به نتایج غیر دقیق و غیر قابل اجرا ختم می‌شوند. تلاش روزافزونی برای بهبود روش‌های ارزیابی در حال انجام است. با این حال، استفاده از روش‌های

ارزیابی مبتنی بر چرخه حیات فرایندی روشی جامع است که معایب روشهای ارزیابی پیشین را پوشش می‌دهد.

## ۲- روش‌های ارزیابی زیست محیطی

### ۲-۱ ارزیابی بر اساس آثار زیست محیطی<sup>۱</sup>

ارزیابی آثار زیست محیطی، عمدتاً برای شناسایی آثار زیست محیطی یک فعالیت اقتصادی در یک محل خاص و در زمان مشخص، مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف اصلی ارزیابی زیست محیطی، در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر زیست محیطی ممکن فعالیت مورد نظر، بصورت کمی و کیفی و استنتاج نتایج تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در مورد فعالیت اقتصادی است. با این روش، معایب انجام فعالیت مشخص و مزایای اجرای آن آشکار می‌شود [۱].

### ۲-۲ ارزیابی بر اساس بهترین گزینه اجرای زیست محیطی<sup>۲</sup>

در این روش که توسط کارلایل در سال ۱۹۹۵ در انگلستان توسعه یافته است، از شاخصهای زیست محیطی تجمعی برای ارزیابی محیط زیست استفاده می‌شود که این شاخصها از محاسبات مربوط به میزان آلودگی منتشر شده در هوا، آب و خاک به دست می‌آید. این شاخصها ممکن است با مقایسه هزینه‌های سالیانه و جرایم زیست محیطی مشمول، به دست آیند.

این روش یک معیار زیست محیطی در مورد هزینه‌های کلی برای یک فعالیت خاص است. با این حال، به دلیل جامع بودن این ارزیابی و فقدان اطلاعات جامع مورد نیاز، عموماً روش پیچیده‌ای به نظر می‌رسد. از معایب اصلی این روش، در نظر نگرفتن اطلاعات بازار و ملاحظات فنی فعالیت مورد نظر می‌باشد [۲].

### ۲-۳ ارزیابی بر اساس شاخص‌های آثار زیست محیطی<sup>۳</sup>

در این روش که توسط گلونکا در سال ۱۹۹۶ ارائه شده، از دو نوع شاخص برای ارزیابی استفاده می‌شود:

الف- شاخص‌هایی بر پایه نسبت جرمی کل آلودگی منتشره بر میزان محصول تولیدی

این نوع شاخص با وجود دارا بودن مزایای سادگی محاسبات، معیار مناسبی برای ارزیابی به نظر نمی‌رسد. زیرا با وجود محاسبات کمی میزان آلاینده‌ها، آثار مربوط به آلاینده‌های شناسایی شده و محاسبه شده مشخص نمی‌شوند. همچنین روشهای ارزیابی مبتنی بر این شاخص، فقط میزان ضایعات تولیدی را محاسبه می‌کنند و سایر آثار زیست محیطی، مانند کاهش منابع و غیره، را مد نظر قرار نمی‌دهند [۱].

ب- نوع دیگر این شاخصها بر پایه انتخاب تعدادی پارامتر کلیدی بر اساس آثار زیست محیطی مرتبط با آنها و امتیازدهی این پارامترها بر مبنای آثار آنها می‌باشد. این پارامترها می‌توانند شامل آلاینده‌های انتشار یافته، استفاده از زمین و سایر منابع، مصرف انرژی و غیره باشند. با توجه به در نظر گرفتن جامع تر پارامترهای مؤثر زیست محیطی در این نوع شاخصها، مزایای بسیار این روش، مشهود می‌باشند.

### ۲-۴ ارزیابی بر اساس خطرات زیست محیطی<sup>۴</sup>

در این روش با تخمین و بررسی خطرات زیست محیطی به وجود آمده در اثر فعالیت مورد نظر، ارزیابی انجام می‌گیرد. این روش ارزیابی توسط جکسون و همکاران در سال ۱۹۹۶ ابداع گردیده است. آثار به وجود آمده ممکن است انسانی، حیوانی، گیاهی و یا محیط پیرامونی (هوا، آب و خاک) باشد.

ممکن است شرایط غیر عادی بسیاری مربوط به فعالیت نامتعارف تجهیزات سیستمهای کنترل و ابزار دقیق، و خطای انسانی باشند. این شرایط عموماً در طرح ریزی مطالعات مربوط به ارزیابی خطرات ایمنی در نظر گرفته می‌شوند. ارزیابی خطرات زیست محیطی به عنوان جزئی از مدیریت خطرات زیست محیطی و با تاکید بر احتمال کاهش خطرات در نظر گرفته می‌شود [۳].

### ۲-۵ ارزیابی بر مبنای سود و هزینه ها<sup>۵</sup>

در این روش با تخمین ارزش هر گونه اتلاف از دیدگاه زیست محیطی، از روش محاسبات متفاوتی برای ارزیابی آثار زیست محیطی استفاده می‌شود که در محاسبات رایج بازار، مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. جمع خالص ارزش فعالیت مورد نظر شامل سودها و

1. Environmental Impact Assessment  
2. Best Practicable Environmental Option Assessment  
3. Environmental Impact Indices

4. Environmental Risk Assessment  
5. Cost-Benefit Analysis

ملاحظات زیست محیطی فوق، به عنوان جزیی از فرایند تصمیم‌گیری برای اجرای طرح به شمار می‌آید [۴].

روش ارزیابی چرخه حیات، تفاوت‌های بسیاری با روشهای ارزیابی آثار زیست محیطی و روش ارزیابی خطرات زیست محیطی دارد. زیرا این روش، کل چرخه حیات یک فرایند را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. به دلیل امکان تامین منابع از خارج از کشور و نیز ارسال ضایعات و محصولات تولیدی به مناطق مختلف در دنیا، ضرورت استفاده از یک روش ارزیابی غیر مبتنی بر محل فرایند، ضروری به نظر می‌رسد و این مشخصه، وجه تمایز ارزیابی چرخه حیات با روش ارزیابی آثار زیست محیطی مرسوم می‌باشد. البته تصمیم‌گیری بر اساس ارزیابی چرخه حیات برای انجام یک فرایند مورد نظر، بایستی از نظر سیاسی، اجتماعی و امکان‌سنجی فنی و اقتصادی نیز در مد نظر قرار گیرد و موارد خاص ملاحظات در تصمیم‌گیری‌ها لحاظ گردد [۴].

لازم به ذکر است که با توجه به تغییر قوانین تدوین شده در مورد مسایل زیست محیطی از دهه ۱۹۸۰ میلادی و گرایش صنایع به کنترل آلودگیهای منتشر شده در محیط از منابع تولید آنها (و نه کنترل در خروجی فرایندها)، ارزیابی چرخه حیات اهمیت افزونتری یافته است [۵].

### ۳- روش اجرایی ارزیابی چرخه حیات

تاریخچه این روش به دهه ۱۹۷۰ میلادی بر می‌گردد که در آن زمان، محاسبات ساده‌ای مانند مواد زائد جامد و میزان انرژی مورد نیاز برای پردازش آن، مبنای اصلی این روش محسوب می‌شد. اصلاح و بهبود این روش در زمان اوج گیری بحران نفتی اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی و گسترش روزافزون صنایع، انجام یافته است. روش عمومی انجام ارزیابی به روش ارزیابی چرخه حیات طی سالیان گذشته تغییر فراوانی کرده است. در دهه ۱۹۸۰ میلادی روش ارزیابی چرخه حیات با تشخیص اجزای جدید در مقایسه با اجزای آثار زیست محیطی به وجود آمده و واقعی، اصلاح گردید و در دهه ۱۹۹۰ میلادی بود که در این روش، ارتباط ارزیابی زیست محیطی با مدیریت منابع و آلاینده‌های منتشر شده در محیط پیرامون و غیره به صورت مقادیر کمی وارد گردید و مبنای ارزیابی کاملتر و دقیق‌تری از فعالیتها را فراهم کرد. از دهه ۱۹۹۰ میلادی انجمن

هزینه‌ها از دیدگاه بازار و از دیدگاه زیست محیطی، مبنای ارزیابی آثار زیست محیطی قرار می‌گیرد. با اینکه روش ارزیابی بر مبنای سودها و هزینه‌ها روش مناسبی به نظر می‌رسد، ولی پیچیدگی و نامشخص بودن عوامل مؤثر بیرونی بر فعالیت مورد نظر از عوامل اصلی محدودیت کاربرد روش فوق می‌باشد. همچنین ارزش‌گذاری ریالی بسیاری از آثار زیست محیطی برای استفاده از نتایج ارزیابی در تصمیم‌گیریهای اجرایی، از توانمندیهایی است که مهندسين محیط زیست به دنبال تکمیل اطلاعات فوق در این زمینه می‌باشند [۳].

### ۲-۶ ارزیابی بر اساس چرخه حیات فرایندها<sup>۱</sup>

این روش، یک ابزار مناسب برای ارزیابی محصولات، فرایندها و فعالیت‌های اجرایی در یک محدوده مورد قبول است. در این روش، کلیه آثار زیست محیطی مرتبط با محصولات، فرایندها و فعالیتها که به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم آثار زیست محیطی متنوعی از خود نشان می‌دهند، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

استخراج و پردازش مواد اولیه، ساخت و فرایندهای تولید محصول، توزیع محصولات، استفاده از محصول توسط مشتری، تعمیر و نگهداشت محصول، بازیافت و استفاده مجدد از محصول و دفع نهایی، از اهداف ارزیابی چرخه حیات می‌باشند [۴].

در این روش، با شناسایی و اندازه‌گیری جریانهای مؤثر در فرایندهای زیست محیطی مانند اکسایش و واکنشهای زیست‌شناختی، ارزیابی دقیق‌تری از آثار زیست محیطی فعالیت حاصل می‌گردد. با شناسایی فرایندها، عملاً نقاط دارای قابلیت بهبود، شناسایی می‌شوند و با توجه به تاثیرپذیری بسیار زیاد این روش از نقاط فوق، ارزیابی حاصله دقیق‌تر و دارای قابلیت اجرایی بهتری است. بر خلاف سایر روشهای کنترل آلودگی که معمولاً بر یکی از پارامترهای مؤثر بر کاهش آلودگی مانند بازیابی و کاهش سمیت و غیره، تاکید می‌کنند این روش، ارزیابی چرخه حیات گروهی از پارامترهای مؤثر بر آثار زیست محیطی را در نظر می‌گیرد. همچنین، روشهای دیگر کاهش آلودگی، عملاً فرایندهای با بازدهی بالا و با صرفه را پیشنهاد می‌نمایند، بدون آنکه روشهای کاهش آثار زیست محیطی را مورد مطالعه قرار دهند. ولی روش ارزیابی چرخه حیات با در نظر گرفتن

1. Life Cycle Assessment

در مرحله طبقه‌بندی، منابع مورد استفاده و مواد دور ریز تولیدی فرایند با توجه به آثار زیست محیطی خود بر روی مسائل زیست محیطی، مانند گرم شدن زمین، کاهش منابع، باران‌های اسیدی و غیره دسته‌بندی می‌شوند.

در مرحله تعیین مشخصه‌ها با در نظر گرفتن مقدار و شدت هر یک از گروه‌بندی‌های مرحله پیشین، و با در نظر گرفتن یک عامل معادل چارچوب، آثار فرایند مورد مطالعه، مشخص می‌گردد. یک مثال برای عامل معادل، استفاده از دی‌اکسیدکربن به عنوان مرجعی برای مقایسه سایر پارامترهای مؤثر بر پدیده گرم شدن زمین است. در مرحله ارزیابی نیز با تحلیل موضوعی هر یک از دسته بندی‌های تعریف شده در مراحل قبل، آثار متقابل و مشترک هر گروه مشخص می‌شوند [۵].

اخیراً تلاش فراوانی برای بهبود روش ارزیابی چرخه حیات و استفاده از آن به عنوان ابزاری برای شناسایی، ارزیابی و کاهش آثار زیست محیطی، با در نظر گرفتن ملاحظاتی اقتصادی، شده است. این عمل با تفسیر و تحلیل اقتصادی نتایج ارزیابی و استفاده در طرح ریزی اهداف و برنامه‌ها امکانپذیر است.

### ۳-۱- ارزیابی آثار زیست محیطی صنعت پتروشیمی با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات فرایندی

استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات در مطالعات پیشین حاکی از آن است که علی‌رغم بهبود محسوس در قابلیت اجرایی نتایج ارزیابی و ارائه دید واقعی نسبت به مسائل زیست محیطی خاص، در مقایسه با روشهای ارزیابی دیگر، هنوز مشکلات اجرایی و ساختاری بسیاری در این روش وجود دارد که بایستی مورد بازنگری و اصلاح مجدد قرار گیرد. در ادامه، به تعدادی از موانع کاربردی گسترده این روش اشاره می‌شود [۴].

سم‌شناسی و شیمی محیط زیست ایالات متحده در صدد یکنواخت‌سازی و استاندارد کردن روش ارزیابی چرخه حیات بر آمده است. سازمان جهانی استاندارد نیز بر اساس تکمیل روش مورد تایید انجمن سم‌شناسی، روشی شبیه به آن و با جزئیات تحلیلی بیشتر و با نمایه‌های زیر منتشر کرده است [۵]:

استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ در مورد استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات فرایندها در سیستمهای مدیریت زیست محیطی استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ در مورد شناسایی و تحلیل بر اساس روش فوق

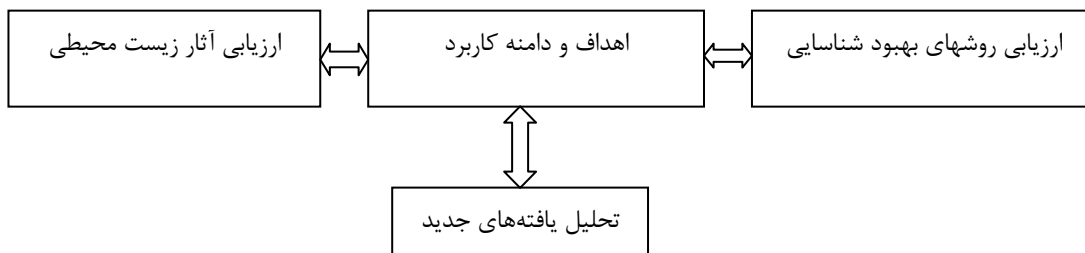
استاندارد ایزو ۱۴۰۴۲ در مورد روش ارزیابی آثار زیست محیطی بر اساس روش فوق

استاندارد ایزو ۱۴۰۴۳ در مورد روش اجرایی ارزیابی چرخه حیات فرایندها

در شکل (۱) مراحل کلی اجرایی ارزیابی چرخه حیات نشان داده شده است.

همانطور که در شکل (۱) مشخص شده است، تعیین اهداف و برنامه‌ها به عنوان عامل کلیدی روش ارزیابی در نظر گرفته شده و با تمامی اجزای آن ارتباط دارد. در قسمت تحلیل یافته‌ها، مقادیر کمیته مانند موازنه جرم و انرژی مواد ورودی و محصولات و مقادیر انتشار آلاینده‌ها در هوا، آب و خاک برای کلیه فرایندهای مورد مطالعه شناسایی گردیده و برای اصلاح اهداف و برنامه‌های کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در قسمت ارزیابی آثار روش چرخه حیات نیز عملیات شناسایی کمی و کیفی فرایندها، تعیین مشخصه‌های مؤثر آنها و در نهایت، ارزیابی این شاخصها با توجه به تاثیر آنها بر محیط زیست انجام می‌گیرد.

بر طبق روشهای اجرایی انجمن سم شناسی و شیمی زیست محیطی ایالات متحده، ارزیابی آثار در سه گروه عمده زیر انجام می‌گیرد: الف- طبقه بندی، ب- تعیین مشخصات، ج- ارزیابی.



شکل ۱- مراحل کلی اجرایی ارزیابی چرخه حیات

**الف- مشکلات تحلیل یافته ها**

مقایسه فرایندهای مشابه و تحلیل یافته‌های آنها شامل شناسایی مقادیر کمی مواد اولیه و مواد زائد دورریز فرایندی، حاکی از عدم تطابق نتایج ارزیابی است و تفسیر نتایج حاصله اختلاف معنی داری با موارد مشابه خود دارد. این امر ناشی از جامع نبودن روش تحلیل یافته‌ها و فقدان روش اجرایی خاص برای اجرا در فرایندهای مشابه است [۴].

**ب- تعهدات مشترک**

این تعهدات که شامل مسؤولیت پذیری در قبال مصرف منابع مواد و انرژی، انتشار آلاینده‌ها و دور ریز مواد از فرایندها می‌باشد، بایستی قابل تعمیم به کلیه محصولات نهایی (که به دست مصرف کننده نهایی می‌رسد) و تمامی محصولات میانی (که ورودی و خروجی فرایندهای مختلف پشت سر هم را شامل می‌شود) و محصولات ناخواسته و جانبی فرایند نیز باشد که عملاً این گونه نیست و الزامات خاصی نیز برای آن تدوین نگردیده است [۴]. از دیگر مسایل مهم در زمینه تعهدات مشترک، چگونگی اندازه‌گیری پارامترهای مؤثر است. در برخی تحقیقات، از یک خاصیت فیزیکی مانند جرم و شدت جریان به عنوان مشخصه اندازه‌گیری، و در تعدادی از تحقیقات نیز از روش علت و معلول (دلیل و اثر) به عنوان مشخصه ارزیابی آثار استفاده شده است.

**ج- مرزهای فرایند مورد مطالعه**

مرزهای یک فرایند، جداکننده آن از محیط پیرامون می‌باشند و مبادله مواد و انرژی فرایند در این مرزها انجام می‌گیرد، با توجه به اینکه اساس کار در ارزیابی چرخه حیات، ردیابی کلیه فرایندها از نقطه شروع و پیگیری آنها تا آخرین مرحله تعیین تکلیف محصولات حاصله می‌باشد. بدین ترتیب، ضرورت انتخاب مرزهای فرایند مورد مطالعه برای دستیابی به نتایج عملی، ضروری به نظر می‌رسد.

در انتخاب مرزهای فرایند باید به این نکته توجه داشت که فعالیتی در چارچوب کاری و درون مرزهای فرایند قرار گیرد که تاثیر معنی داری در نتیجه ارزیابی کلی داشته باشد. در غیر این صورت، با حجم عظیمی از موارد مبهم در فرایند برخورد می‌شود که ضمن اتلاف هزینه و وقت، به نتایج غیر واقعی و غیر کاربردی ارزیابی، ختم

خواهد شد [۶]. به عنوان مثال در شکل (۲) مرزهای یک فرایند تولید یک نوع پلیمر (ABS) نشان داده شده است.

**د- کیفیت داده های مورد استفاده**

کیفیت داده‌های مورد استفاده در ارزیابی چرخه حیات فرایندی، یک عامل مهم در دقت بودن نتایج ارزیابی محسوب می‌گردد. بنابراین در صورت قابل اطمینان نبودن داده‌های ورودی، روش ارزیابی، ممکن است به نتایج غیر واقعی ختم گردد [۴].

**ه- مشخصات زمانی و مکانی فرایند**

در بسیاری از ارزیابی‌های زیست محیطی مشخصه‌های زمانی و مکانی فرایند مورد مطالعه غالباً در سایه بحث‌های مربوط به بقای منابع مواد و انرژی و نیز کاهش آلودگی و میزان انتشار آلاینده‌ها به فراموشی سپرده می‌شود. ولی در ارزیابی چرخه حیات با توجه به اینکه فرایند مورد مطالعه قابل تعمیم به سراسر دنیا می‌باشد مشخصه مکانی مورد نظر بایستی در مرحله تدوین اهداف و برنامه‌های کاری در مد نظر قرار گیرد. علاوه بر آن، استفاده از یک مرجع زمانی برای مقایسه تخمین نتایج ارزیابی با مقادیر اولیه آنها ضروری به نظر می‌رسد. همچنین در نظر گرفتن قوانین و مقررات محلی و منطقه‌ای نقش بسیار مهمی در تدوین اهداف و برنامه‌های کاری خواهد داشت [۴].

**و- روش ارزیابی آثار**

با توجه به استفاده از روشهای ارزیابی متفاوت در چارچوب کلی روش ارزیابی چرخه حیات، ممکن است از تفسیر و تحلیل یافته‌های هر روش کاری و تبدیل آنها به پارامترهای مؤثر در ارزیابی آثار زیست محیطی و غیره، نتایج متفاوت حاصل شود. دلیل این موضوع آن است که هر یک از فرایندهای مورد مطالعه و پارامترهای مورد تحقیق نیاز به بازنگری تخصصی و هوشمندانه دارد. همچنین استانداردها و اهداف سیاسی، اجتماعی و فرهنگی نیز از عوامل مؤثر بر روش اجرای ارزیابی به شمار می‌روند که هر یک می‌توانند تاثیرات خاصی در تدوین اهداف و برنامه‌ها داشته باشند [۷]. همان‌گونه که گفته شد نتایج حاصل از ارزیابی چرخه حیات، ابزاری برای تصمیم سازی به شمار می‌رود. اینک، هدف اصلی باید بر گسترش دامنه کاربرد این روش در تصمیم‌گیری در سطوح سیاسی،

بهبود فرایند و افزایش ظرفیت فرایند تولیدی از مهمترین پارامترهای مؤثر بر انتشار ترکیبات آلی فرار می‌باشند. با به دست آوردن نتایج فوق کاملاً واضح است که جهت گیری اهداف و تدوین برنامه‌های کاری بایستی در چارچوب کاهش آثار ناشی از عوامل ذکر شده فوق باشد [۸]. لازم به تذکر است که همان‌گونه که ذکر شد، روش ارزیابی چرخه حیات انحصاری نیست و به فرایند مورد مطالعه بستگی دارد و روشهای کاری از یک مورد خاص به موارد دیگر قابل تعمیم نمی‌باشد.

#### ۴- نتایج و بحث

ارزیابی آثار زیست محیطی عمدتاً برای شناسایی تاثیرات زیست محیطی یک فعالیت اقتصادی در یک محل خاص و در زمان مشخص، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما شاخص‌هایی که بر پایه نسبت جرمی کل آلودگی منتشره بر میزان محصول تولیدی تعریف می‌شوند، با وجود دارا بودن مزایای سادگی محاسبات، معیارهای مناسبی برای ارزیابی به نظر نمی‌رسند. نوع دیگر این شاخص‌ها بر پایه انتخاب تعدادی پارامتر کلیدی بر اساس آثار زیست محیطی مرتبط با آنها و امتیازدهی این پارامترها بر مبنای آثار آنها می‌باشد. ارزیابی بر اساس چرخه حیات فرایندها یک ابزار مناسب برای ارزیابی محصولات، فرایندها و فعالیت‌های اجرایی صنایع پتروشیمی در یک محدوده مورد قبول است. در این روش، تعیین اهداف و برنامه‌ها به عنوان عامل کلیدی روش ارزیابی در نظر گرفته شده و با تمامی اجزای آن ارتباط دارد. در قسمت تحلیل یافته‌ها مقادیر کمیتهی مانند موازنه جرم و انرژی مواد ورودی و محصولات و مقادیر انتشار آلاینده‌ها در هوا، آب و خاک برای کلیه فرایندهای مورد مطالعه شناسایی گردیده و برای اصلاح اهداف و برنامه‌های کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در قسمت ارزیابی آثار روش چرخه حیات نیز عملیات شناسایی کمی و کیفی فرایندها، تعیین مشخصه‌های مؤثر آنها و در نهایت، ارزیابی این شاخص‌ها با توجه به تاثیر آنها در محیط زیست انجام می‌گیرد. روش ارزیابی چرخه حیات علی‌رغم بهبود محسوس در قابلیت اجرایی نتایج ارزیابی و ارائه دید واقعی نسبت به مسائل زیست محیطی خاص، در مقایسه با روشهای ارزیابی دیگر، هنوز مشکلات اجرایی و ساختاری زیادی در آن وجود دارد که بایستی مورد بازنگری و اصلاح مجدد قرار گیرد.

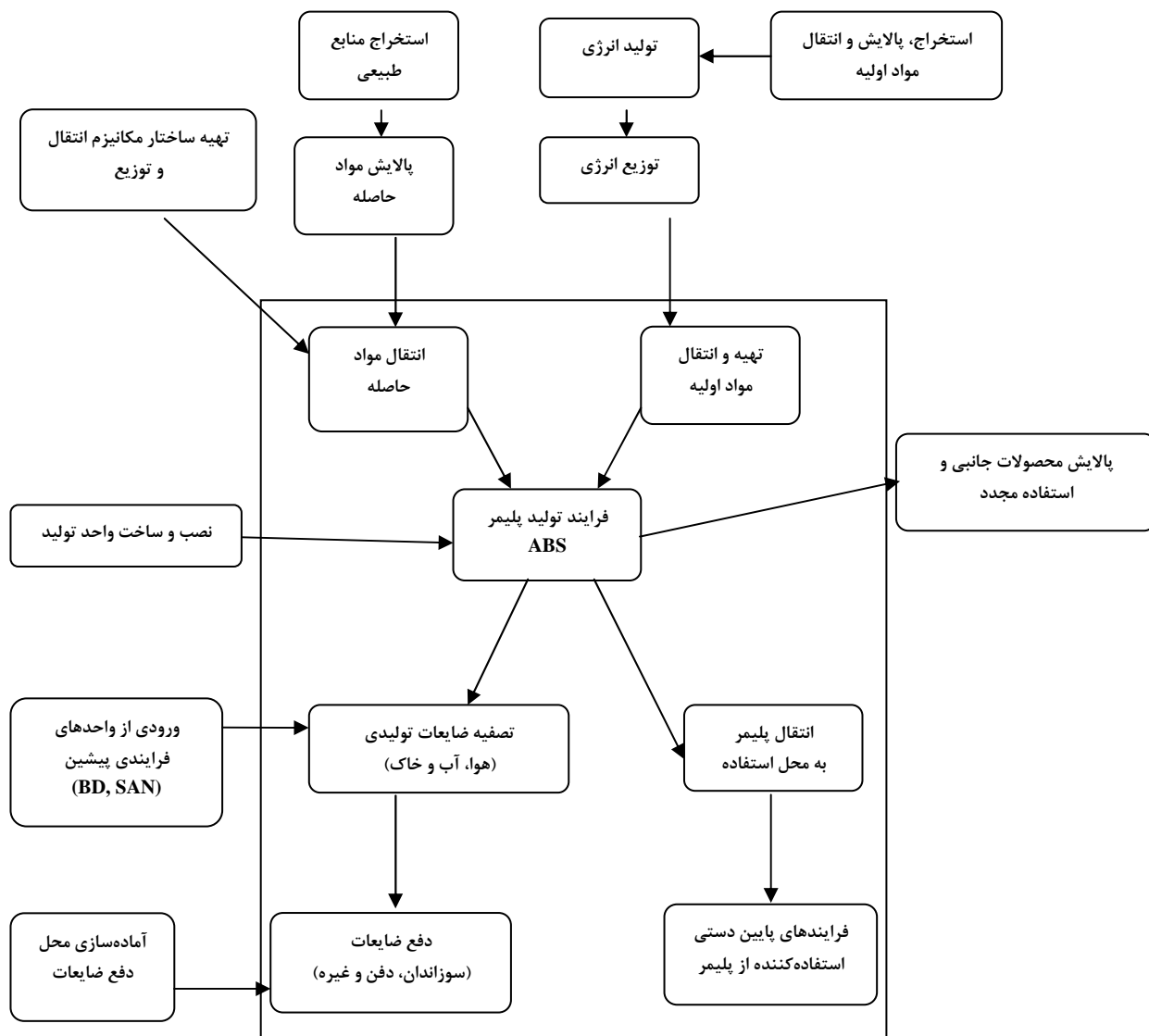
اجتماعی و اقتصادی باشد. این گسترش با تجمیع نتایج ارزیابی با اطلاعات غیر زیست محیطی مانند محدودیتهای منطقه‌ای و محلی امکان‌پذیر است [۷].

همچنین با استفاده از یک پارامتر زیست محیطی مورد مطالعه، می‌توان بهترین فناوری در دسترس را برای کنترل یک آلاینده انتخاب کرد و بر مبنای انتخاب فرایند، تصمیم‌گیری نمود. از این رو با مقایسه میزان هزینه لازم برای یک واحد بهبود در کنترل یک پارامتر زیست محیطی با استفاده از یک فناوری خاص، با هزینه‌های ناشی از جرائم و هزینه‌های غیر مستقیم تحمیل شده، امکان تصمیم‌گیری در مورد انتخاب یک فرایند فراهم می‌شود. البته از معایب این روش، می‌توان به محدودیت کاربرد آن اشاره کرد. این روش فقط در مورد آن دسته از پارامترهای زیست محیطی قابل استفاده است که تحت قوانین کنترلی قرار دارند. همچنین استفاده از این روش فقط محدود به یک نوع آلاینده است و برای بررسی همزمان تعداد بیشتر آلاینده‌ها بایستی به استفاده از روشهای ترسیمی و غیره روی آورد [۸].

ترکیبات فرار جزو آلاینده‌های انشتار یافته‌ای می‌باشند که به صورت اجتناب‌ناپذیر از تجهیزات مورد استفاده در یک فرایند تولید صنایع پتروشیمی و تبخیر از حوضچه‌های مختلف صنعت پتروشیمی به محیط وارد می‌شوند. از منابع اصلی انتشار ترکیبات فرار، شیرهای مورد استفاده در فرایند تولید، پمپ‌ها و کمپرسورهای فرایند، مسیرهای تخلیه و حوضچه‌های روباز و دودکشها می‌باشند. این انتشارات که عملاً در نقشه‌های فرایندی و در موازنه‌های جرم و انرژی مورد محاسبه قرار نمی‌گیرند، از منابع اصلی اطلاعات ورودی در مدل ارزیابی چرخه حیات فرایندی به شمار می‌آیند.

در حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد انتشارات در هوا در ایالات متحده از طریق منابع فوق الذکر و ترکیبات فرار انجام می‌گیرد [۸]. همچنین ۴۰ تا ۶۰ درصد انتشار ترکیبات آلی فرار (VOC) از طریق پالایشگاهها صورت می‌گیرد و نیز، ۹ درصد انتشار از نشتی تجهیزات فرایند تولید حاصل می‌گردد [۸].

استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات در یک پالایشگاه به عنوان منتشرکننده اصلی ترکیبات آلی فرار در هوا نشانگر آن است که انتشار آلاینده‌های ترکیبات آلی فرار در هنگام راه اندازی و از سرویس خارج کردن تجهیزات فرایند تولید، حوادث ناگهانی مانند تصادفات مخازن حمل و نقل و غیره و همچنین فعالیتهای مربوط به



شکل ۲- مرزهای یک فرایند تولید پلیمر ABS در روش ارزیابی چرخه حیات فرایندی

## مراجع

- [1] Vink ETH. Presented at The Industrial Applications of Bioplastics, organised by IENICA-INFORRM, The Applications of Nature Works PLA''. Central Science Laboratory, New York, UK. 3-5 February (2002).
- [2] ISO 14040: Environmental management "life cycle assessment" principles and framework. Geneva: International Standard Organization; (2007).
- [3] ISO 14041: Environmental management "life cycle assessment" goal and scope definition and inventory analysis. Geneva: International Standard Organization; (2007).
- [4] ISO 14042: Environmental management "life cycle assessment" life cycle impact assessment. Geneva: International Standard Organization; (2007).
- [5] ISO 14043: Environmental management "life cycle assessment" life cycle interpretation. Geneva: International Standard Organization; (2007).
- [6] Bohlmann GM. Biodegradable polymer life cycle assessment, report No. 115D, December, A private report by the Process Economics Program, SRI Consulting, Menlo Park, California 94025, USA, (2001).
- [7] Sharron E. Global climate change and the challenges of stewardship: man and nature in the 21st Century, 2 June (2002), Climate Independent Media Center. Available from: <http://www.climateconference.org>
- [8] IPCC Inter-governmental Panel on Climate Change. "The science of climate change", Climate change conference, (2005).