از زباله تا زندگی

رویکردهای مدیریت پسماند

نشریه علمی ترویجی میم

نشریه انجمن علمی مهندسی شیمی و پلیمر

سخن سردبیر

باعث افتخار است که یک شماره دیگر از نشریه میم را با همراهی شما عزیزان منتشر می‌کنیم. فرصت حضور به عنوان سردبیر و مشارکت در مسیری که به اشتراک دانش به روز و ارتقای آگاهی در حوزه‌های مهندسی شیمی و پلیمر کمک می‌کند، برای من بسیار ارزشمند است.

در دنیایی که هر روز حجم بیشتری از پسماندها زمین را در بر می‌گیرد، بازیافت دیگر یک انتخاب نیست؛ بلکه ضرورتی برای بقای زمین و نسل‌های آینده است. هر بطری پلاستیکی، هر کاغذ مچاله‌شده، و هر قطعه زباله، فرصتی است برای آغاز دوباره!

امروزه مسئله بازیافت و مدیریت پسماند، یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی جهان به شمار می‌رود. رشد روزافزون جمعیت و افزایش تولیدات صنعتی، مدیریت پسماند را به چالشی زیست‌محیطی تبدیل کرده است.

در این میان، نقش دانش و فناوری‌های نوین در مهندسی شیمی و پلیمر بیش از پیش برجسته می‌شود. طراحی مواد قابل بازیافت، استفاده از هوش مصنوعی در فرآیندهای بازیافت و بهینه‌سازی خطوط تفکیک زباله از جمله راهکارهایی است که می‌تواند مسیر ما را به سمت آینده‌ای پایدار هموار کند.

نشریه میم در این شماره، تلاش دارد با بررسی جنبه‌های مختلف بازیافت و مدیریت پسماند، از پژوهش‌های پیشرو گرفته تا تجربه‌های موفق در سطح جهانی، نگاهی جامع به این موضوع ارائه دهد. امید است که این مطالب بتواند الهام‌بخش دانشجویان، پژوهشگران و فعالان این حوزه باشد تا در جهت حفظ منابع طبیعی و محیط زیست گام‌های مؤثری بردارند.

در پایان، لازم می‌دانم از تمامی اعضای پرتلاش نشریه میم که با زحمات و همت خود در انتشار این شماره سهم بزرگی داشتند، صمیمانه تشکر کنم.

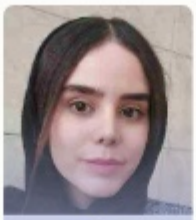
به امید جهانی پاک‌تر و آینده‌ای روشن‌تر.

فائزه اسکندری اهدا

سردبیر نشریه علمی‌ترویجی میم

اعضای نشریه و همکاران

مدیر مسئول
محمدرضا مرتاضی



سردبیر
فائزه اسکندری اهدا

دبیر مقالات
علی غزی

دبیر اخبار
حسام الدین اعتصامی

دبیر مصاحبه
جعفر رضایی

دبیر ویراستاری
صبا شاکر

گرافیست و صفحه‌آرا
محمدحسین روح‌بخش

هیئت تحریریه
علی مرتضوی

هیئت تحریریه
علی طاهری استاد

هیئت تحریریه
فرحان فارسیجانی

هیئت تحریریه
فرشته شیخ‌الاسلام زاده

هیئت تحریریه
مریم سوارانی

هیئت تحریریه
مبینا قنبری

هیئت تحریریه
صنم نیک‌خواه

هیئت تحریریه
سپهر قره‌چاهی

هیئت تحریریه
یگانه صادق‌پور

هیئت تحریریه
فاطمه خسروبیگی

هیئت تحریریه
میلاد محمدی

فهرست

۶ تاریخچه بازیافت ایران و جهان
۱۰ از زباله تا گنج
۱۲ حشرات و بحران پلاستیک
۱۵ منبع جدید برای باتری های وسایل نقلیه
۱۷ فرآیند جدید بازیافت پلی‌استایرن

مقالات
۰۲

۲۰ نقش بازیافت در توسعه پایدار
۲۳ تکنولوژی‌های پیشرفته برای بازیافت آب در صنعت نفت
۳۰ فناوری نوین در بهینه سازی فرآیند های بازیافت
۳۶ بازیافت و مدیریت زباله های آلی

معرفی ها
۰۳

۴۱ معرفی زمینه‌های فعالیت مهندسین شیمی
۴۶ معرفی رویدادها
۵۲ معرفی شرکت‌ها
۵۶ معرفی مشاهیر

مصاحبه
۰۴

۶۰ مصاحبه نشریه میم با مهندس **فرید سماوات**

اخبار

تاریخچه بازیافت در ایران و جهان

در دهه ۵۰ میلادی یک جمله به دفعات شنیده میشد، **ماده‌ای اعجاب‌آور با کاربرد فراوان!**

ماده‌ای که به‌راحتی شکل می‌گرفت و بن‌مایه محصولات فراوان و بادوام بالا بود. می‌توانست آن‌قدر نازک باشد که به‌عنوان محافظ غذا استفاده شود یا آن‌قدر صلب و سخت که در ادوات جنگی به کار رود.

بشر آن را معجزه نامید و کارخانه‌داران منفعت را در آن دیدند که با تبلیغات گسترده و ایجاد فرهنگ مصرف‌گرایی زندگی مردم را با پلاستیک‌ها، بدون هیچ نگرانی از عواقب آن گره زنند.

سال‌ها بعد بشر با تکیه بردانش، به شواهدی متقن، حمل بر آسیب‌زنندگی پلاستیک دست‌یافت. بیهوده نیست که نقل شده: «**معجزات امروز مایه تباهی فردایند**».

بشر این ماده را معجزه نامید، چراکه زندگی را برایش آسان‌تر می‌ساخت، باعث پیشرفت چشمگیر در پزشکی و جلوگیری از گسترش بیماری‌ها می‌شد و انقلابی عظیم در صنعت حمل‌ونقل را ایجاد کرد که نیروی محرکهٔ انقلاب صنعتی بود. اما هر چیز در جهان دارای جنبه‌های مثبت و منفی است و باگذشت زمان جنبهٔ منفی این ماده، بر جنبه مثبتش غلبه یافت.

دانشمندان بر حل معضل پلاستیک همت گماردند و به یک راه‌حل رسیدند؛ **بازیافت**.

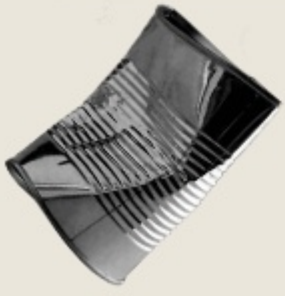
حال با آگاهی بر وجود این راه‌حل، به شرح آن خواهیم پرداخت:

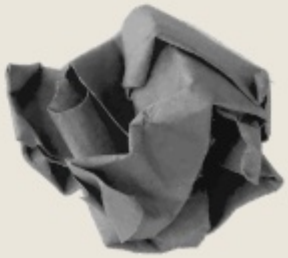
تاریخچه بازیافت ضایعات:

در میان انبوه مشکلاتی که انسان در جامعه مدرن امروز با آن روبه‌روست، مسئله آلوده‌شدن محیط‌زیست ازاهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ضرورت یا مشکلات زیست‌محیطی به طور عام و حفظ منابع طبیعی، جلوگیری از اتلاف انرژی و صرفه‌جویی‌های اقتصادی به طور خاص باعث شده‌اند که مسئله بازیافت نقش تازه‌ای را در چرخه زندگی انسان پیدا کند. ازآنجاکه تعداد منابع طبیعی ما روزبه‌روز در حال کاهش است و در صورت ادامه هیچ توشه‌ای برای نسل آینده ما باقی نخواهد ماند، بازیافت تنها راهی است که می‌تواند به ما در تأمین خواسته‌های روزمره و صرفه‌جویی در منابع طبیعی کمک کند.

بازیافت تقریباً حدود چند هزار سال پیش شروع شده است. تمدن‌های باستانی مثل ایران که فلز را تولید می‌کردند، می‌توانستند فلزات شکسته از ظروف مختلف را دوباره ذوب کرده و ظروف جدیدی از آن‌ها بسازند.

در دوره‌های اخیر طی جنگ اول و دوم جهانی مردم کشورهای درگیر در جنگ به دنبال جمع‌آوری کاغذ و فلزات دور ریخته شده بودند تا به اقتصاد جنگ کمک کنند به‌طوری‌که چیزی اتلاف نشود. در دهه ۱۹۷۰ میلادی با





ارتقای سطح آگاهی مردم درباره مسائل محیطی و آلودگی‌های پیرامون آن، مسئله دفن زباله و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از آن ابعادی جدید به خود گرفت.
دراین میان پدیده بازیافت نه تنها به عنوان یک رهیافت حل مشکلات زیست‌محیطی بلکه به عنوان یک پدیده اقتصادی و تکنولوژیک مطرح گردید و این امر تا حدی ضرورت پیدا کرد، به طوری که امروزه بازیافت یکی از نیازهای مبرم جوامع درحال رشد و توسعه یافته به حساب می‌آید.

تعریف بازیافت (Recycling)

منظور از بازیافت فرایندی است که مواد زائد تولید شده مجدداً به چرخه فعالیت‌های اقتصادی بازگردانده می‌شوند. فرایند مذکور، شامل عملیات جداسازی، تفکیک و انجام عملیات پردازش و تبدیل با هدف مفید ساختن آنها در کاربردهای اولیه یا کاربردهای دیگر است.

بازیافت از جهات مختلفی دارای اهمیت است:

۱. اغلب، بازیافت به عنوان راهی تلقی می‌شود که بتوانیم مواد زاید را از محل زندگی خود دور کنیم. همچنین مسئله شایان توجه این است که بازیافت باعث به دست آوردن مجدد مواد خام ارزشمند می‌گردد. مثلا ما قوطی‌های آلومینیوم را از قوطی‌های کنسرو بازیافتی تهیه کنیم و محیط ما توسط حفر معادن و هیدروکسید آلومینیوم معدنی که در تولید آلومینیوم استفاده می‌شود، آلوده نمی‌شود. نهایتاً بازیافت باعث کاهش آلودگی و حفظ انرژی می شود که ما در حین ساخت محصولات، از مواد بکر یا مواد خام غیربازیافتی مصرف می‌کنیم. بازیافت ازطریق کاهش میزان سوزاندن زباله‌ها و یا دفن کردن آن‌ها در زمین، منجر به حفظ محیط زیست می‌شود. با کاستن زمین‌هایی که به دفن زباله تخصیص داده می‌شوند ما فضای بیشتری برای مردم، جهت کشاورزی، زندگی و کار فراهم می‌کنیم. بازیافت همچنین باعث کاهش نیاز ما به منظور استفاده از منابع طبیعی تازه برای ساخت محصولات جدید می‌شود. درنتیجه ما می‌توانیم این منابع را برای استفاده آیندگان حفظ کنیم و مهم‌تر از آن بازیافت باعث حفظ انرژی و کاهش آلودگی می‌شود.

۲. این مساله می‌تواند به کاهش تغییرات آب و هوایی یعنی معضل زیست‌محیطی دیگری که در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی مثل نفت و گاز ایجاد می‌شود کمک کند. دور ریزی زباله برای انسان گران تمام می‌شود. از آنجا که دورریزی آن می‌تواند محوطه‌های دفن زباله را سریع‌تر پرکند و نیاز ما به محیط‌های دفن زباله زیاد می‌شود و نهایتا لطمه‌های جبران ناپذیری به محیط زیست و منابع طبیعی وارد کرده و همچنین بشر را در کوتاه مدت با کمبود برخی منابع اولیه رو به رو می‌کند. اصل بقای انرژی و ماده (به ویژه آنتروپی) به ما یادآور می‌شود که منابع انرژی را هرگز نمی‌توان بازیافت، تاکنون کسی از خاکستر ذغال سنگ سوخته، شعله‌ای نیفروخته است. تولید انرژی از مواد زائد قابل اشتعال یکی دیگر از زمینه‌های بازیافت مواد زائد می‌باشد که در کشورهای پیشرفته بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف اصلی در استفاده از این روش امحای مواد زائد است. از این طریق برای تولید برق و تامین گرمای مجتمع‌های مسکونی در مجاورت کارخانه‌های سوزاندن زباله نیز انرژی حاصل می‌آید. با توجه به بالا بودن میزان رطوبت در زباله‌های کشور استفاده از این روش به سهولت و به طور گسترده امکان پذیر است.

۳. علی‌رغم تمام این مسائل ماده را می‌توان بازیافت کرد. استفاده از مواد، خود باعث رسوب مواد دیگری می شود. در هر مرحله از استفاده مواد خام مقداری از کیفیت آن برای استفاده مجدد از دست می‌رود. علاوه بر آن جمع آوری، حمل و نقل و فرآیند آماده سازی مواد، زمان بر و مستلزم وجود منابع دیگری است. بسیاری از دست اندرکاران امور به عنوان مثال از بازیافت کاغذ خشنودند اما فراموش کرده‌اند که هنوز باید بسیاری از درختان را قطع کرد تا تقاضای شدید برای مصرف کاغذ را تامین کرد. بازیافت مواد زائد در حیات طبیعی دام و نبات می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد. استفاده از مواد زائد در تغذیه دام و طیور درگذشته نیز رواج داشته است اما به روشی غیرقانونی و غیر بهداشتی. پسماندهای مواد غذایی و صنایع تبدیلی مواد غذایی و محصولات کشاورزی، درصورتی می‌توانند برای تغذیه دام و طیور استفاده گردند که تحت فرآیندهای تبدیلی مناسب و بهداشتی قرارگیرند. انجام این کار باید با آزمایش‌های مکرر و دائمی همراه باشد و مواد زائد قبل از آنکه فاسد شوند به مصرف دام و طیور برسند. تهیه کود گیاهی از زباله (کمپوست) از زمینه های رسمی بازیافت زباله است که به آن توجه شده است. این نوع بازیافت بدان سبب که ماده اولیه مورد نیاز آن مواد زائد فسادپذیر است و همچنین به علت آنکه درصد این نوع مواد در زباله‌های شهری کشورمان بالاست، شیوه‌ای مطلوب محسوب می‌شود. اما مشکلات اقتصادی و بالا بودن سرمایه گذاری و خرید تجهیزات، وارداتی بودن تکنولوژی و حساسیت بهداشتی این شیوه را نباید از نظر دور داشت.

تاریخچه بازیافت در ایران

سابقه تاریخی بازیافت در هر کشور متناسب با پیشینه صنعتی‌شدن آن جامعه است. تحول نظام تولیدی کشاورزی به‌نظام صنعتی مستلزم بهره‌برداری منابع اولیه جهت استفاده در کارخانه‌ها و مؤسسات صنعتی و تولیدی باهدف افزایش میزان تولیدات درجهت پاسخگویی به نیازهای متنوع انسانی است. با افزایش سطح تولیدات و گستردگی نیازها و کمیابی منابع و حاکم بودن عقلانیت در رفتارهای اقتصادی، استفاده مجدد از ضایعات ایجاد شده در فرایند تولید و مصرف کالاها به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های مطلوب موردتوجه قرار گرفته است. در کشور ما بازیافت مواد افزون بر جنبه‌های اقتصادی ریشه در فرهنگ اصیل و دستورهای مذهبی دارد. بزرگان ما نیز همواره در اجتناب از اسراف تأکید کرده‌اند. در دهه‌های اخیر بافرهنگ مصرف در شکل‌های بسیار گسترده رواج یافته استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی مشکلات روبه‌رشد جمع‌آوری و دفع مواد زائد، توجه برنامه‌ریزان و مدیران مواد زائد شهری را به بازیافت زباله جلب کرده و در کشورهای پیشرفته نیز کارهای جدی و اساسی در این زمینه انجام‌یافته است. درایران از زمان تصویب قانون بلدیه (۲۰ ربیع‌الثانی سال ۱۳۲۵ قمری) نظافت شهری به عهده شهرداری گذاشته شد و این وظیفه در قوانین بعدی نیز استمرار پیدا کرد. بر اساس قانون شهرداری مصوب ۱۳۳۴ موارد زیر در زمینه نظافت شهری به عهده شهرداری گذاشته شد. نظافت، نگهداری و تسطیح معابر، نظافت و نگهداری فاضلاب، انبارهای عمومی، مجاری آب‌ها، تعیین محل‌های مخصوص دفن زباله، مراقبت در امور بهداشت، تأسیس مراکز

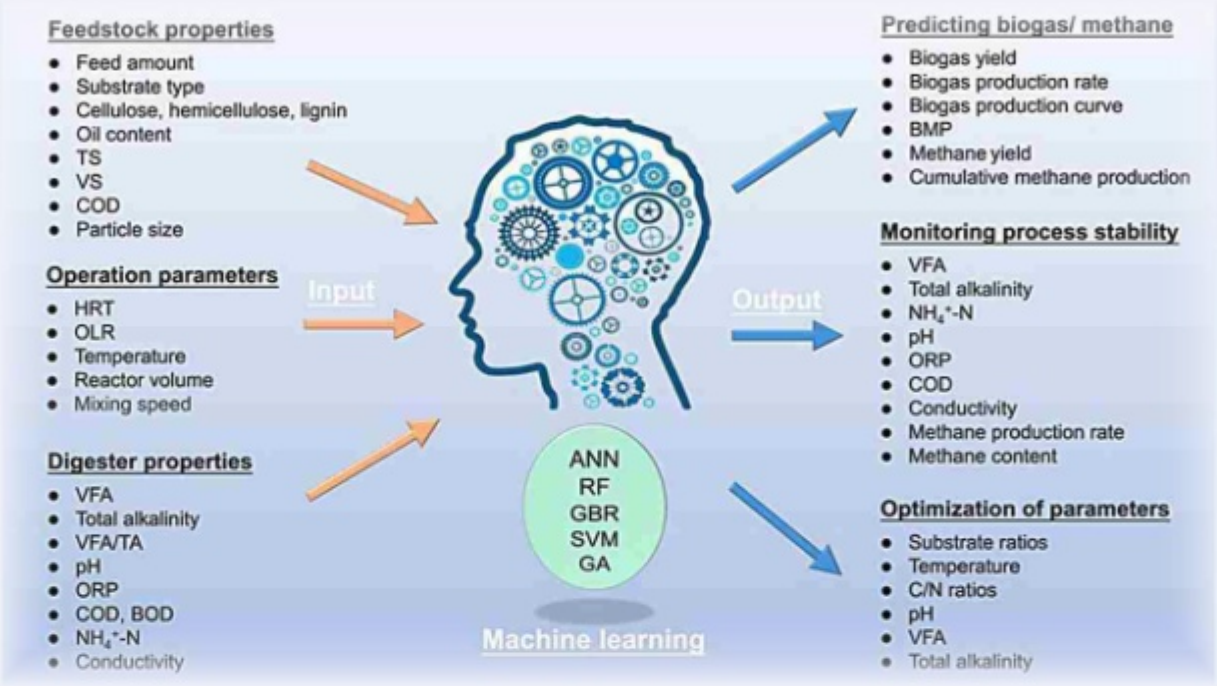
درمانی جلوگیری از شیوع امراض، نظارت بر امور اصناف و پیشه‌وران، جلوگیری از صنایع مزاحم، ایجاد رختشوی‌خانه و آبریزگاه، ایجاد حمام‌عمومی، رعایت بهداشت در کارخانه‌ها، رعایت پاکیزگی درگرمابه‌ها و اقدامات مختلف برای نظافت و زیبایی شهر، جمع‌آوری حمل و نقل و دفع انواع مواد زائد جامد شهری و نظافت معابر و فضاهای عمومی (نظیر بوستان‌های شهری) همچنان به عهده شهرداری باقی ماند. با مراجعه به متون گذشته در دوران معاصر روند بازیافت با بازیابی کاغذ آغاز شده است. اولین بار درتاریخ ۱۳۱۳ کارخانه مقواسازی کرج با خرید ضایعات کاغذ و تبدیل آن به مقوا عملا فعالیت بازیافت را شروع کرد. درسال ۱۳۳۵ دومین کارخانه مقواسازی به نام مقواسازی شرق و یکسال بعد از آن یعنی درسال ۱۳۳۶ کاغذ سازی کهریزک در تهران شروع به کار نمودند.

اگرچه امروزه مبارزات شدیدی برای بازیافت وجود دارد، اما هنوز اجباری نیست. بااین‌حال، در آینده نزدیک، احتمالاً اجباری خواهد شد. از این نظر، انتظار می‌رود که نسل‌های آینده تأکید زیادی بر بازیافت و حفاظت از طبیعت داشته باشند.

جان کلام آن که انسان‌ها هیچ سکونت‌گاهی جز این سیاره خاکی که منابعش را بی‌منت در اختیار بشر قرارداده ندارند و هر آسیبی که به آن از سوی انسان وارد شود بدون شک در ابعادی دیگر بلای جان خود آنها خواهد شد.

فرشته شیخ

از زباله تا گنج:
یادگیری ماشین بازیافت زباله‌های آلی را افزایش می دهد!



شکل ۱ - نمودار پسماند به محصول با ارزش توسط یادگیری ماشین.

روش‌های تصفیه بیولوژیکی مانند هضم بی‌هوازی، کودسازی و پرورش حشرات برای مدیریت زباله‌های آلی و تبدیل آن‌ها به منابع ارزشمند مانند بیوگاز و کودهای آلی ضروری هستند. با این حال، این فرآیندها اغلب به دلیل پیچیدگی و بی‌ثباتی ذاتی خود با چالش‌هایی روبرو هستند که می‌تواند بر کارایی و کیفیت محصول تأثیر بگذارد.

روش‌های کنترلی مرسوم در حل این مسائل چندان موفق نیستند. بنابراین، روش‌های پیشرفته‌ای مانند یادگیری ماشین (ML) برای بهبود پیش‌بینی، بهینه‌سازی و نظارت بر این تصفیه‌های بیولوژیکی با هدف بهبود عملکرد و پایداری کلی در حال بررسی هستند.

یک تیم تحقیقاتی از دانشگاه تانجی[1] (Tongji) یک مقاله مروری در اقتصاد دایره‌ای منتشر کرده است[2] که کاربرد یادگیری ماشین را در تصفیه بیولوژیکی پسماندهای آلی بررسی می‌کند. مقاله به بررسی اثربخشی الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین در بهینه‌سازی فرآیندهایی مانند هضم بی‌هوازی، کودسازی و پرورش حشرات می‌پردازد که هدف آن افزایش بازده تصفیه و کیفیت محصول است.

این مقاله یک ارزیابی عمیق از کاربردهای یادگیری ماشین در فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی، با تمرکز بر الگوریتم‌های کلیدی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدل‌های مبتنی بر درخت، ماشین‌های بردار پشتیبان و الگوریتم‌های ژنتیک ارائه می‌کند. این تحقیق نشان می‌دهد که چگونه یادگیری ماشین می‌تواند خروجی های تصفیه را به‌طور دقیق پیش‌بینی کند، پارامترهای فرآیند را بهینه کند، و نظارت در زمان واقعی[3] را ممکن سازد، و کارایی و پایداری فرآیندهایی مانند هضم بی‌هوازی، کودسازی و پرورش حشرات را به طور قابل‌توجهی بهبود بخشد.

به عنوان مثال، مدل‌های یادگیری ماشین با موفقیت برای پیش‌بینی تولید بیوگاز، تعیین زمان رسیدن کود و بهینه‌سازی شرایط رشد در پرورش حشرات استفاده شده‌اند. علاوه بر این، این مطالعه به چالش‌های پیش‌رو در استفاده از یادگیری ماشین ، از جمله انتخاب مدل، تنظیم پارامتر، و نیاز به اعتبارسنجی مهندسی عملی می‌پردازد. با غلبه بر این موانع، یادگیری ماشین پتانسیل ایجاد انقلاب در تصفیه زباله‌های بیولوژیکی را دارد و آن را کارآمدتر، قابل اعتمادتر و پایدارتر می کند.

دکتر فن لو (Fan Lu) نویسنده مسئول مقاله، تاکید کرد: «یادگیری ماشین فرصت‌های بی‌سابقه‌ای را برای افزایش کارایی و پایداری فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی ارائه می‌دهد. با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته، ما می‌توانیم این سیستم‌های پیچیده را بهتر پیش‌بینی و بهینه کنیم و در نهایت به راه‌حل‌های مدیریت پسماند پایدارتر کمک کنیم.»

کاربرد یادگیری ماشین در تصفیه بیولوژیکی پتانسیل قابل‌توجهی برای بهبود روش‌های مدیریت زباله دارد. با بهینه‌سازی فرآیندها و تضمین مداوم کیفیت محصول، یادگیری ماشین می‌تواند به کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش بازیابی منابع کمک کند.

تحقیقات آینده باید بر روی غلبه بر چالش‌های فعلی، مانند بهبود قابلیت توضیح مدل و انجام اعتبارسنجی‌های مهندسی عملی، تمرکز کند تا به طور کامل از پتانسیل یادگیری ماشین در این زمینه استفاده شود.

فاطمه خسروبیگی

[1] https://en.tongji.edu.cn
[2] https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773167724000165
[3] Real-time

یکی از راه حل‌های بحران پلاستیک، ممکن است درون حشرات باشد.

باکتری‌ها و قارچ‌های میکروسکوپی که در اطراف ما هستند، می‌توانند یکی از راه‌های کمک به حل مشکل روزافزون آلودگی پلاستیک باشد.

تحقیقات رو به افزایشی نشان داده‌اند که گروهی از میکروارگانیسم‌ها، که برخی از آن‌ها در شکم لاروه- نوعی سوسک سیاه به نام سوک آرد- و حشرات دیگر یافت می‌شوند، دارای آنزیم‌هایی هستند که قادر به تجزیه انواع رایج پلاستیک می‌باشند.

براندون[1]، کارشناس پلاستیک از سازمان غیرانتفاعی اقیانوس کنسروانسی[2]، می‌گوید:« به دلیل مقدار زیاد آلودگی‌های پلاستیکی که در سراسر جهان وجود دارد، میکروب‌ها بیشتر با پلاستیک‌ها در تعامل هستند. ما برخی میکروب‌ها را یافته‌ایم که خودشان به طور طبیعی توانایی تجزیه پلاستیک‌ها را پیدا کرده‌اند.»

تحقیقات هنوز در مراحل اولیه است و مشخص نیست میکروارگانیسم‌ها چقدر می‌توانند پلاستیک را تجزیه کنند. اما با توجه به وسعت آلودگی پلاستیک و گفته برخی کارشناسان، ضروری است راهبردهای مختلفی مورد بررسی قرار گیرد.

براساس یک مطالعه بزرگ که در ماه مارس منتشر شد، بیش از ۱۷۰ تریلیون (۱۷۰×۱۰^{۱۲}) قطعه پلاستیک در اقیانوس‌های جهان وجود دارد که این مقدار تقریباً هر شش سال دو برابر می‌شود.

طرفداران محیط‌زیست می‌گویند که واضح‌ترین راه برای کاهش آلودگی پلاستیک، متوقف کردن تولید آن است. اما این کار به دلایل زیادی چالش‌برانگیز است، از جمله پیدا کردن جایگزینی برای پلاستیک که به همان اندازه ارزان و موثر باشد، بسیار دشوار است کشورها در تلاش هستند تا یک معاهده جهانی برای حل مشکل آلودگی پلاستیک ایجاد کنند، اما هنوز نتوانسته‌اند به توافق برسند که چگونه این مشکل را حل کنند.

درواقع اگر دانشمندان بتوانند روش‌هایی پیدا کنند تا این میکروب‌ها بتوانند در مقیاس وسیع این کار را انجام دهند، با این روش می‌توان به بازیافت سنتی کمک کرد.

براندون گفت :« برای اینکه حتی کمی در کاهش زباله‌های پلاستیکی مؤثر باشیم، باید بتوانیم این سیستم‌ها را به سرعت و به مقیاس بزرگتری به کار بگیریم که این کار نیز پیچیدگی‌های خاص خود را دارد.»

[1] Brandon
[2] Ocean Conservancy

پلاستیک‌خوارها

براندون، که در زمینه تجزیه زیستی با استفاده از کرم‌ها تحقیق کرده‌است، گفت :« انگیزه‌ای قوی برای میکروارگانیسم‌ها وجود دارد تا به تکامل بپردازند و پلاستیک‌ها را بخورند.»

درواقع در سال ۲۰۱۵، محققان دانشگاه استنفورد[۳] دریافتند که کرم‌ها می‌توانند از پلی‌استایرن، یا همان فوم پلاستیکی، تغذیه کنند. به دنبال آن، دانشمندان ژاپنی باکتری‌هایی را مستند[۴] کردند که می‌توانند بطری‌های پلاستیکی را بخورند. اخیراً نیز، تیمی از دانشگاه تگزاس[۵] آنزیمی را تولید کرد[۶] که قادر به تجزیه پلی‌اتیلن ترفتالات، یک رزین پلاستیکی معمولی که در لباس‌ها و بسته‌بندی‌های مایع و غذایی یافت می‌شود، است. در همین حال، محققان در استرالیا نشان دادند[۷] که لاروهای سوسک می‌توانند فقط بر روی فوم پلاستیکی زنده بمانند.

شکل ۱ - کرم‌ها با خوردن پلی‌استایرن می‌توانند به حل بحران زباله کمک کنند.

چگونگی تجزیه پلاستیک‌ها توسط این ارگانیسم‌ها می‌تواند نتایج مختلفی داشته باشد. طبق گفته براندون بیشتر باکتری‌ها آنزیم‌هایی تولید می‌کنند که مولکول‌های بزرگ پلاستیک را به مولکول‌های کوچکتر تقسیم می‌کنند. در بعضی موارد، این آنزیم‌ها می‌توانند مولکول‌های بزرگ را به اجزای سازنده آن‌ها تبدیل کنند، که از این اجزا ممکن است برای ساختن پلاستیک‌های جدید استفاده شود. همچنین، برخی از کارشناسان می‌گویند که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند پلاستیک‌ها را به آب، دی‌اکسید کربن و مواد آلی که به آن‌ها بیوماس گفته می‌شود، تجزیه کنند.

بسیاری از موجودات زنده‌ای که پلاستیک‌ها را می‌خورند، انتخاب‌گر هستند و فقط انواع خاصی از پلاستیک‌ها را می‌خورند. کارشناسان می‌گویند که اکثر میکروارگانیسم‌های شناسایی‌شده فقط به برخی از انواع پلاستیک‌ها علاقه دارند. بنابراین، اگر مراکز بازیافت بخواهند از این روش استفاده کنند، همچنان نیاز به تفکیک زباله‌ها بر اساس نوع مواد دارند که یک فرآیند پیچیده است و محدودیت‌هایی برای انواع پلاستیک‌هایی

که می‌توانند بازیافت کنند، ایجاد می‌کند این موجودات همچنین به زمان نیاز دارند تا پلاستیک‌ها را تجزیه کنند. تحقیقات براندون در مورد کرم‌هایی که پلی‌استایرن می‌خورند نشان داد که به طور متوسط، ۱۰۰ کرم می‌توانند روزانه ۲۰ تا ۳۰ میلی‌گرم پلاستیک بخورند. این بدان معنی است که برای پردازش یک فنجان قهوه استایروفوم به ۳,۰۰۰ تا ۴,۰۰۰ کرم نیاز است. به این ترتیب، برای خوردن تنها مقدار پلاستیک تولید شده در یک روز در جهان، به بیش از یک کوادریلیون (10^{15}) کرم نیاز است.

براندون گفت:« حتی سریع‌ترین میکروارگانیسم‌هایی که پیدا کردیم، واقعاً در مقایسه با میزان پلاستیکی که در یک روز تولید و استفاده می‌کنیم، بسیار کم‌اثر هستند.»

محققان در مؤسسه ویس[8] دانشگاه هاروارد در حال تلاش برای حل مشکلات بازیافت پلاستیک هستند. آن‌ها می‌خواهند از میکروارگانیسم‌هایی که می‌توانند پلاستیک را تجزیه کنند استفاده کنند و با کمک مهندسی ژنتیک، توانایی این میکروب‌ها را برای تجزیه پلاستیک افزایش دهند. پونتامباکر[9]، یکی از محققان پروژه، گفت:« تیم هاروارد اولاً به دنبال میکروب‌هایی هستند که پلاستیک را می‌خورند و سپس می‌خواهند آنزیم‌های این میکروب‌ها را جدا کرده و سرعت عملکرد آن‌ها را افزایش دهند. درواقع این یک راه‌حل طبیعی است و ما فقط سعی داریم از آنچه طبیعت میلیون‌ها سال پیش کشف کرده، بهره ببریم و این فرآیند را سریع‌تر کنیم.»

بیشتر تحقیقات درباره توانایی میکروارگانیسم‌ها در تجزیه پلاستیک‌ها هنوز در مرحله آزمایشگاهی است. اما برخی کارشناسان می‌گویند اگر این روش در مقیاس بزرگ‌تر و با کارایی بیشتری انجام شود، می‌تواند در دنیای واقعی مفید باشد با این حال، براندون و دیگر کارشناسان تأکید کردند که هنوز راه زیادی باقی مانده تا این نوع راه‌حل‌ها به طور گسترده به کار گرفته شوند. باکتری‌ها و آنزیم‌ها واقعاً جالب و نوآورانه هستند و می‌توانم در آینده ارزش آن‌ها را ببینم. اما نمی‌توان آنها را به عنوان راه‌حل مطلق یا کارت رهایی از بحران آلودگی پلاستیک درنظر گرفت.

مریم سوارانی

[3] Stanford
[4] Scientists Discover Plastic-Eating Bacteria That Could Help Clean Oceans - PreScouter - Custom Intelligence from a Global Network of Experts
[5] University of Texas
[6] Plastic-eating Enzyme Could Eliminate Billions of Tons of Landfill Waste - UT News (utexas.edu)
[7] Insights into plastic biodegradation: community composition and functional capabilities of the superworm (Zophobas morio) microbiome in styrofoam feeding trials | Microbiology Society (microbiologyresearch.org)
[8] Harvard's Wyss
[9] Punthambaker

منبع جدید برای باتری‌های وسایل نقلیه: تایرهای مستعمل

ازآنجایی‌که تقاضا برای وسایل نقلیه الکتریکی به طور فزاینده‌ای روبه‌افزایش است، یک شرکت نوپا، با تبدیل لاستیک‌های مستعمل به باتری، در پی محیط‌زیستی‌تر کردن خودروها است.

بیشتر خودروهای الکتریکی برای تأمین قدرت خود به باتری‌های لیتیوم-یونی تکیه دارند. اما منتقدان می‌گویند که این باتری‌ها تا آنجا که می‌توانستند کارآمد، سازگار با محیط‌زیست و پایدار نیستند، اینجاست که یک شرکت از شیلی راه‌حلی را ارائه کرده و آن، تبدیل لاستیک‌های مستعمل به باتری است

این شرکت که T-Phit نام دارد، لاستیک‌های خودروهای فرسوده را تحت فرایندی به نام پیرولیز قرار می‌دهد که مستلزم قراردادن لاستیک‌ها در زیر گرمای شدید است تا به مولکول‌های کوچک‌تر تجزیه شوند. برناردی‌ها دیاز، مدیرعامل T-Phite می‌گوید این مولکول‌ها به سه محصول جانبی اصلی تبدیل می‌شوند: روغن پیرولیتیک، فولاد و کربن سیاه، ماده‌ای حاوی مواد گرافیتی که برای ایجاد یک مسیر الکتریکی در باتری‌ها برای افزایش انرژی ضروری است.

به گفته تأمین‌کننده کربن سیاه Imerys که نقشی در این پروژه ندارد، کربن سیاه معمولاً «از احتراق ناقص فرآورده‌های نفتی سنگین مانند قطران FCC، قطران زغال‌سنگ، قطران ترک اتیلن و مقدار کمی روغن گیاهی تولید می شود».

ایمریس می‌گوید در کنار داشتن «رسانایی الکتریکی عالی» این ماده به دلیل مقاوم بودن در برابر سایش نیز شناخته شده است.

دیاز به رویترز گفت که ساخت این ماده از لاستیک‌های مستعمل دو مشکل را حل می‌کند؛ او گفت: یکی دفع نهایی لاستیک‌ها و دومی تقاضایی است که برای مواد برقی ایجاد می‌شود و هنگامی که موادی را از زباله‌های دیگر به دست می‌آورید، مفهومی را ایجاد می‌کنید که به‌عنوان اقتصاد چرخشی شناخته می‌شود.»

به گفته اداره بزرگراه فدرال، تنها در ایالات متحده، سالانه تقریباً ۲۵۰ میلیون لاستیک به عنوان ضایعات رها می شود. به گفته آژانس، از این تایرها، کمتر از نیمی از آنها یا به محصولات جدید بازیافت می شوند یا برای تولید سوخت لاستیک استفاده می شوند

دیاز خاطرنشان کرد: «منابع طبیعی در حال حاضر بسیار محدود است و این واقعیت که می‌توان راه‌حل‌های نوینی برای استفاده مجدد از زباله پیدا کرد بسیار حائز اهمیت است.» وی افزود که فرایند آنها می‌تواند فراتر از باتری‌های لیتیوم یونی باشد و به باتری‌های سدیمی گسترش یابد که باتری‌های نسل بعدی در حرکت الکتریکی هستند.

---

[1] قطران یا تار به موادی گفته می‌شود که معمولاً صمغ‌مانند، قهوه‌ای یا سیاه و چسبناک هستند و ترکیب‌های آلی حاصل از مواد مختلفی مانند زغال‌سنگ (قطران زغال‌سنگ)، چوب (قطران چوب)، نفت خام هستند

او گفت: برای ما بسیار مهم و خوشحال‌کننده است که این نوآوری نه‌تنها بر یک حوزه تجاری متمرکز نشده است، بلکه گستردگی دانش بسیار بیشتری را فراهم می‌کند.
شرکت دیاز به رویترز گفت که سرمایه‌گذاران علاقه زیادی به این فرایند نشان داده‌اند و ممکن است به دنبال کمک به ارتقای آن به سطح صنعتی باشند. اما این روند چشمگیر حاصل سال‌ها تحقیق در مورد این راه‌حل است.
در سال ۲۰۱٤، دانشمندان آزمایشگاه ملی Oak Ridge در تنسی دریافتند که کربن را می‌توان از مواد مشتق شده از لاستیک تایر جدا کرد و این ماده بهتر از زمانی که از مواد دیگر مشتق شده بود، عمل کرد. تحقیقات بیشتر از دانشمندان که به صورت جداگانه منتشر شده، در سال ۲۰۲۱ نشان داد که کربن سیاه می تواند به طور سیستماتیک عملکرد باتری را بهبود بخشد و منجر به شارژ سریعتر باتری گردد.

فرشته شیخ‌الاسلام زاده

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

فرآیند جدید بازیافت پلی‌استایرن

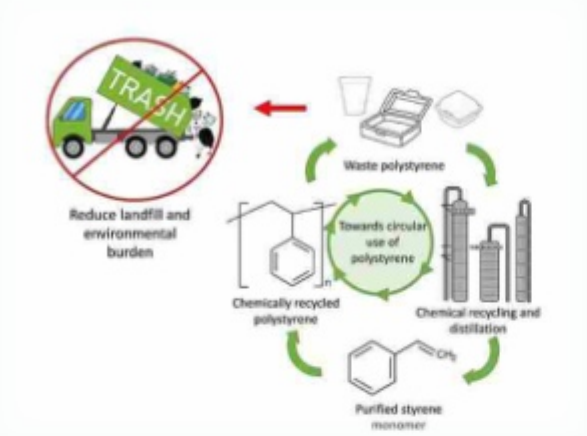
فرآیند جدید بازیافت پلی‌استایرن می‌تواند اولین فرآیند جهانی باشد که هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ مصرف انرژی کارآمد باشد.

مهندسان راهی جدید برای بازیافت پلی‌استایرن را مدل‌سازی کرده‌اند که می‌تواند اولین روش قابل بهره‌وری برای ایجاد امکان استفاده مجدد این ماده باشد. روش شیمیایی شناسایی شده برای مقابله با مواد بسته‌بندی سخت-بازیافت، باعث کاهش پسماند در محل‌های دفن زباله می‌شود.

تیم مهندسان شیمی مستقر در دانشگاه بث[1] در بریتانیا و موسسه پلی‌تکنیک وورستر[2] در ماساچوست، آمریکا، می‌گویند که روش آنها می‌تواند اولین روشی باشد که بازیافت پلی‌استایرن را هم از نظر اقتصادی و هم از نظر مصرف انرژی، کارآمد کند.

همان‌طور که در مقاله پژوهشی جدید منتشر شده در مجله مهندسی شیمی توضیح داده شده است، این تکنیک از فرآیند شیمیایی به نام پیرولیز[3] استفاده می‌کند تا پلی‌استایرن را به قطعات کوچکتری تجزیه کند که می‌توانند دوباره به قطعات جدیدی از این ماده تبدیل شوند.

دکتر برناردو کاسترو-دومینگز[4]، یک استادیار



شکل ۱ - چکیده گرافیکی. منبع: مجله مهندسی شیمی (۲۰۲۴). شناسه دیجیتال: ۱۰/۱۰۱۶/j.cej.۲۰۲٤/۱۵۲۰۷۹

ارشد مهندسی شیمی در دانشگاه بث و همچنین مشارکت‌کننده در مرکز مهندسی دیجیتال، ساخت و طراحی dMaDe، می‌گوید:«تکنیک‌های بازیافت شیمیایی در حال حاضر یک محور اصلی در مهندسی شیمی هستند، و راه‌هایی با بازده بیشتر از نظر هزینه و انرژی، برای تجزیه پلاستیک‌ها به بلوک‌های اصلی آنها مانند پلی‌استایرن، به شدت مورد نیاز است».

«در حال حاضر کمتر از ۵٪ پلی‌استایرن مصرف شده بازیافت می‌شود، عملکرد ما نشان می‌دهد که حتی ممکن است تا ۶۰٪ از کل پلی‌استایرن استفاده شده امروزه را بتوان با پلی‌استایرن بازیافت شده شیمیایی جایگزین کرد.»

[1] University of Bath
[2] Worcester Polytechnic Institute
[3] Pyrolysis- https://www.ars.usda.gov/northeast-area/wyndmoor-pa/eastern-regional-research-center/docs/biomass-pyrolysis-research-1/what-is-pyrolysis/
[4] Dr. Bernardo Castro-Dominguez

دکتر مایکل تیمکو، پروفسور مهندسی شیمی در موسسه پلی‌تکنیک وورستر، اضافه می‌کند: «تحلیل ما نشان می‌دهد که پلی‌استایرن یک گزینه‌ی ایده‌آل برای یک فرآیند بازیافت شیمیایی است. به‌طور شگفت‌انگیزی، این فرآیند از نظر انرژی به‌صرفه و از نظر اقتصادی توانایی رقابت را دارد. از نظر انتشار گازهای گل‌خانه‌ای، سرمایه‌گذاری در این فرآیند پتانسیل این را دارد که در یک میزان سرمایه‌گذاری معین، از نظر میزان کاهش انتشار گازها، معادل با اقداماتی ساده مانند صرفه‌جویی در مصرف انرژی برابری کند.»

پلی‌استایرن می‌تواند با استفاده از حرارت به‌طور شیمیایی بازیافت شود، اما به‌کارگیری این امر به طور مکرر باعث تخریب ماده می‌شود و موجب از دست رفتن استحکام و انعطاف‌پذیری آن می‌شود. همچنین از آن‌جایی که این فرآیند نیاز به تسهیلات تخصصی دارد، بیشتر مراکز بازیافت، پلی‌استایرن را قبول نمی‌کنند، و به دلیل حجم زیاد آن، هزینه‌های حمل و نقل بالا می باعث می‌شود که این ماده به ندرت به این مراکز دارای تسهیلات منتقل شود. در نتیجه، در حال حاضر مقدار بسیار کمی پلی‌استایرن بازیافت می‌شود.

پیرولیز شامل قرار دادن ماده در دماهای بسیار بالا (بیش از ۴۵۰ درجه سانتیگراد) در یک محفظه عاری از اکسیژن است، به این معنی که نمی‌تواند مشتعل شود. در عوض، پلی‌استایرن به قطعاتی به نام مونومرها تجزیه می‌شود که می‌توان آنها را خالص کرد و سپس دوباره به پلی‌استایرن خالص تبدیل کرد. تولید یک کیلوگرم از ماده جدید نیاز به کمتر از ۱۰ مگاژول انرژی- تقریباً به اندازه انرژی مورد نیاز برای روشن کردن یک مایکروفر معمولی به مدت ۳۰ دقیقه- دارد.

فرآیند شناسایی‌شده شامل یک راکتور پیرولیز، یک مبدل حرارتی و یک جفت ستون تقطیر است که قطعات پلی‌استایرن را به «درجه مونومر» استایرن - بخشی که می‌تواند دوباره به پلی‌استایرن تبدیل شود - و محصولات جانبی شبه نفتی «سبک» و «سنگین» تفکیک می‌کند که می‌توانند به طرایق دیگر مورد استفاده قرار گیرند.

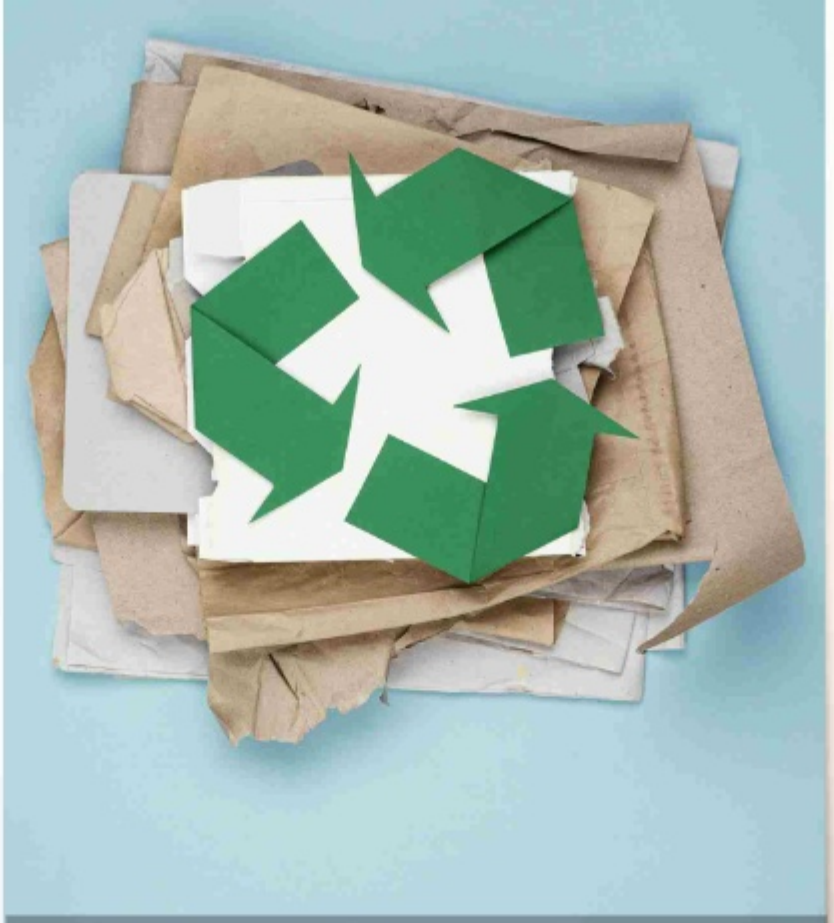
این فرآیند بازده ۶۰٪ دارد، به این معنی که اگر ۱ کیلوگرم پلی‌استایرن استفاده شده، به کار گرفته شود، ۶۰۰ گرم استایرن با ۹۹٪ درجه مونومر خالص در دسترس خواهد بود تا برای تولید پلی‌استایرن جدید مورد استفاده قرار گیرد و در نتیجه موجب کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی شود. مسئله‌ی قابل توجه این است که هزینه کاهش میزان انتشار کربن از طریق این فرآیند حدود ۱.۵ دلار به ازای هر تن دی‌اکسید کربن است که به طور قابل توجهی پایین‌تر از بسیاری دیگر از فرآیندهای بازیافت است. این امر مزایای زیست‌محیطی این فرایند را برجسته می‌سازد.

محققان اذعان دارند که سیاست‌های مشوق مصرف‌کنندگان به بازیافت پلی‌استایرن و یا جلوگیری از جای گرفتن آن در زباله‌دانی‌ها، می‌تواند این فرآیند را از لحاظ اقتصادی جذاب‌تر نیز کند.

صنم نیک‌خواه

[5] Dr. Michael Timko
[6] monomer grade

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.



۰۲

مقالات

بازیافت و مدیریت زباله های آلی و تاثیر آن بر کاهش گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

تغییر اقلیم به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی قرن حاضر مطرح است و تاثیرات گسترده‌ای بر سلامت انسان، اکوسیستم‌ها و اقتصاد جهانی دارد. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی، از جمله تولید و مدیریت نادرست ضایعات، از عوامل اصلی این پدیده هستند. کاهش ضایعات و بازیافت نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه کاهش اثرات تغییر اقلیم دارد.

شکل ۱ - مدیریت نادرست ضایعات.

مفهوم بازیافت

بازیافت فرآیندی است که در آن مواد زائد به مواد اولیه جدید تبدیل می‌شوند. این فرآیند شامل جمع‌آوری، تفکیک، پردازش و تولید محصولات جدید از مواد بازیافتی است. بازیافت می‌تواند به کاهش نیاز به منابع طبیعی، کاهش انرژی مصرفی در تولید محصولات جدید، و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند[۱].

اثرات بازیافت و کاهش ضایعات بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

کاهش مصرف انرژی: تولید مواد از منابع بازیافتی عموماً انرژی کمتری نسبت به تولید مواد از منابع خام نیاز دارد. این کاهش مصرف انرژی منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای می‌شود.

کاهش تولید متان: دفن زباله‌ها در محل‌های دفن زباله باعث تولید متان می‌شود که یک گاز گلخانه‌ای قوی است. با کاهش حجم زباله‌های دفنی از طریق بازیافت، تولید متان نیز کاهش می‌یابد. بازیافت به حفظ منابع طبیعی کمک می‌کند. استخراج و فرآوری منابع طبیعی اغلب با انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه است. بازیافت این نیاز را کاهش داده و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد[۲].

نقش سیاست‌گذاری‌ها در کاهش ضایعات و بازیافت

پشتیبانی دولت‌ها و سیاست‌گذاری‌های مناسب می‌تواند نقش مهمی در ترویج کاهش ضایعات و بازیافت داشته باشد. سیاست‌هایی مانند ایجاد قوانین سختگیرانه در زمینه دفن زباله، تشویق به استفاده از مواد بازیافتی، و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های بازیافت می‌تواند تاثیرات مثبت زیادی بر محیط زیست و تغییر اقلیم داشته باشد[۱].

نمونه‌های موفق از بازیافت در کشورهای مختلف

آلمان: آلمان با اجرای سیاست‌های سختگیرانه در زمینه تفکیک زباله و ایجاد سیستم‌های بازیافت کارآمد، توانسته است میزان بازیافت خود را به بیش از ٦٥ درصد برساند. این کشور یکی از پیشگامان در زمینه کاهش ضایعات و بازیافت است.

سوئد: سوئد نیز با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های بازیافت و تشویق شهروندان به کاهش تولید زباله، موفق به بازیافت حدود ۹۹ درصد از زباله‌های خود شده است[۳].

راهکارهایی که می‌توان برای مقابله با این چالش‌ها پیشنهاد داد شامل ایجاد مشوق‌های

مالی برای صنایع، تدوین برنامه‌های آموزشی برای عموم مردم، و توسعه فناوری‌های جدید و کارآمد برای بازیافت و مدیریت ضایعات هستند[۳].

کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

بازیافت به دلایل زیر نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد:

۱. کاهش مصرف منابع طبیعی:

تولید مواد بازیافتی نیاز به منابع کمتری نسبت به تولید مواد جدید دارد. این باعث کاهش برداشت از منابع طبیعی مانند نفت، چوب، و غیره می‌شود که در فرآیند تولید مواد اولیه به کار می‌روند و می‌توانند از انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با استخراج و فرآوری این منابع جلوگیری کند[۲].

۲. صرفه‌جویی در انرژی:

فرآیند تولید مواد بازیافتی از مواد قابل بازیافت نیاز به کمترین مقدار انرژی دارد. در مقایسه با تولید مواد اولیه، بازیافت مواد باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با فرآیند تولید می‌شود[٤].

۳.کاهش زباله‌ها و تجزیه و تحلیل مناسب:

بازیافت مواد مانند پلاستیک، کاغذ، شیشه و فلزات باعث کاهش حجم زباله‌های جامد و مخلوط می‌شود. اگر این زباله‌ها به صورت نامناسب دفن شوند یا از طریق سوزاندن معمولی از آنها خلاص شود، می‌تواند منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا شود. بازیافت منجر به کاهش نیاز به دفن زباله‌ها و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فرآیندهای غیرپایدار می‌شود[٥].

٤. جلوگیری از انتشار متان:

متان یک گاز گلخانه‌ای قویتر از دی‌اکسید کربن است. در زباله‌های آلی که به صورت نامناسب دفن می‌شوند یا در فرآیندهای تجزیه و تحلیل نامناسب شرکت می‌کنند، متان به صورت ناخودآگاه آزاد می‌شود. بازیافت زباله‌های آلی و استفاده از فرآیندهای تجزیه و تحلیل مدیرانه مانع از انتشار متان می‌شود.

از این رو، بازیافت مواد می‌تواند به‌طور مستقیم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کنترل تغییرات اقلیمی کمک کند. به علاوه، توصیه عمومی و ارتقاء فرهنگ بازیافت نیز می‌تواند به کاهش مصرف منابع و مواد غیرقابل بازیافت و در نتیجه، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند[٦].

نمونه‌هایی از فعالیت‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

بازیافت مواد می‌تواند به کاهش گازهای گلخانه‌ای کمک کند. در زیر چند نمونه از فعالیت‌هایی که با بازیافت می‌توان موجب کاهش گازهای گلخانه‌ای شد، آورده شده است:

۱. بازیافت پلاستیک:

بازیافت و استفاده مجدد از محصولات پلاستیکی کمک به کاهش نیاز به تولید پلاستیک جدید می‌کند، که در فرآیند تولید آن انرژی زیادی مصرف می‌شود.

بازیافت پلاستیک‌ها موجب کاهش مصرف نفت و منابع فسیلی مورد استفاده در تولید پلاستیک می‌شود.

۲. بازیافت کاغذ:

تولید کاغذ از درختان به مصرف بالایی از انرژی و منابع نیاز دارد. بازیافت کاغذ موجب کاهش برداشت از جنگل‌ها و درختان می‌شود که در عوض کمک به جذب دی‌اکسید کربن و کاهش انتشار CO_2 می‌کند.

۳. بازیافت شیشه:

بازیافت شیشه‌ها به معنای کاهش نیاز به تولید شیشه جدید است، که در فرآیند تولید آن انرژی زیادی مصرف می‌شود. بازیافت شیشه‌ها کمک به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با فرآیند تولید شیشه می‌کند.

٤. بازیافت فلزات:

تولید فلزات از مواد معدنی به مصرف انرژی بالا و انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با فرآیندهای معدنی نیاز دارد. بازیافت فلزات موجب کاهش

نیاز به استخراج معدنی و کاهش انتشار گازها می‌شود.
از این رو، بازیافت مواد می‌تواند به‌طور مستقیم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کنترل تغییرات اقلیمی کمک کند. به علاوه، توعیه عمومی و ارتقاء فرهنگ بازیافت نیز می‌تواند به کاهش مصرف منابع و مواد غیرقابل بازیافت و در نتیجه، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند.

۵. بازیافت زباله‌های آلی:
بازیافت زباله‌های آلی به صورت مناسب می‌تواند از انتشار متان، که یک گاز گلخانه‌ای قوی است، جلوگیری کند. این زباله‌ها به طور طبیعی در شرایط دفن مناسب تجزیه و تحلیل می‌شوند.

٦. بازیافت الکترونیکی:
بازیافت تجهیزات الکترونیکی و الکترونیک‌های قدیمی موجب کاهش استفاده از منابع معدنی و انرژی در تولید تجهیزات جدید می‌شود.

۷. ترویج کم‌کاربردی‌ها و مصرف مجدد:
ترویج مصرف مجدد محصولات یا اشیاء کم‌کاربردی می‌تواند منجر به کاهش نیاز به تولید مواد جدید و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شود.
با کمک این فعالیت‌ها و به‌ویژه با تشویق به بازیافت و مدیریت مناسب منابع، می‌توان به کاهش گازهای گلخانه‌ای و حفظ محیط زیست کمک کرد[۲].

چالش‌ها و راهکارها

هرچند کاهش ضایعات و بازیافت تاثیرات مثبتی بر تغییر اقلیم دارند، اما با چالش‌هایی نیز همراه هستند. از جمله این چالش‌ها می‌توان به هزینه‌های بالای اولیه برای ایجاد زیرساخت‌های بازیافت، نیاز به آموزش و آگاهی‌بخشی عمومی، و مقاومت برخی از صنایع در تغییر فرآیندهای تولیدی اشاره کرد.

شکل ۲ - اقتصاد دایره‌ای با مصرف منابع طبیعی آغاز می شود و با تولید زباله های غیر قابل بازیافت خاتمه می یابد [٦].

نتیجه‌گیری

کاهش ضایعات و بازیافت به عنوان دو راهبرد موثر می‌توانند نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه کاهش اثرات تغییر اقلیم ایفا کنند. این اقدامات نیازمند همکاری گسترده بین دولت‌ها، صنایع و جامعه مدنی هستند. با افزایش آگاهی و اجرای سیاست‌های مناسب، می‌توان به آینده‌ای پایدارتر و محیط زیستی سالم‌تر دست یافت.

علی غزی

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

استفاده از هوش مصنوعی در بهینه سازی فرآیند های بازیافت

۱. مقدمه

مدیریت پسماند یک چالش جهانی غیرقابل انکار بوده و نیازمند راه‌حل‌های نوآورانه برای بهینه‌سازی استفاده از منابع و پایداری شرایط می‌باشد. روش‌های سنتی مدیریت زباله، غالباً در مواجهه با حجم رو به افزایش پسماند و تأثیرات زیست‌محیطی آن ناکارآمد هستند. ظهور هوش‌مصنوعی[1]، روش‌های امیدوارکننده‌ای را برای مقابله با پیچیدگی سیستم‌های مدیریت پسماند ارائه می‌دهد. این مطلب نگاهی جامع به نقش هوش مصنوعی در بهینه سازی مدیریت پسماند، شامل جمع‌آوری، جداسازی، بازیافت و نظارت می‌اندازد. در ادامه به بررسی مزایا و چالش‌های بالقوه مرتبط با هر کاربرد هوش مصنوعی در زمینه مدیریت پسماند پرداخته و به بالا بودن اهمیت کیفیت داده‌ها، تدابیر مرتبط با حریم خصوصی، صرفه‌جویی هزینه‌ای و ملاحظات اخلاقی در آن تاکید می‌شود. همچنین چشم‌انداز ادغام هوش‌مصنوعی با اینترنت اشیا[2]، پیشرفت‌های یادگیری ماشین و اهمیت چارچوب‌های همکاری و ابتکارات سیاستی نیز مورد بحث قرار گرفته‌اند. در پایان، درحالیکه هوش‌مصنوعی توانایی زیادی برای بهبود شیوه‌های مدیریت پسماند دارد، پرداختن به چالش‌هایی مانند کیفیت داده‌ها، نگرانی‌های حریم خصوصی و پیامدهای مادی آن از اهمیت بالایی برخوردار می‌شود. با تلاش‌های محققان و پژوهش‌های مستمر، پتانسیل انقلابی هوش مصنوعی می‌تواند به‌طور کامل برای تحقق مدیریت پسماند به صورت پایدار و کارآمد به کار گرفته شود[۱].

جدول ۱ مجلاتی را فهرست می‌کند که دو یا چند مقاله مرتبط با هوش مصنوعی و یادگیری ماشین را در دوره مورد نظر از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ منتشر کرده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود، مجله مدیریت پسماند بزرگ‌ترین ناشر در این زمینه است.

جدول ۱: توزیع مقالات مرتبط با هوش‌مصنوعی در بازیافت بر اساس نشریات آنها [۲].

نام نشریه	تعداد مقاله	درصد از کل
Waste management	9	24.3%
Journal of Cleaner Production	4	10.8%
Construction and Building Materials	2	5.4%
Environmental Progress & Sustainable Energy	2	5.4%
Recycling	2	5.4%
Others	32	62.7%
Total	37	100.0%

۲. چالش‌های مطرح شده در زمینه مدیریت پسماند

مدیریت پسماند یک چالش جهانی رو به گسترش بوده و افزایش حجم آن نیازمند راه‌حل‌های نوآورانه برای ساماندهی اوضاع است. چالش‌های فعلی در مدیریت پسماند با وجود پیشرفت فناوری و بالا رفتن آگاهی عمومی همچنان ادامه دارد. یکی از چالش‌های مهم، عدم وجود زیرساخت کافی برای جمع‌آوری و دفع پسماند است. به‌خصوص که در مناطق در حال توسعه، کمبود منابع مالی به نوبه خود مانع از ایجاد سیستم‌های مناسب مدیریت پسماند شده و به دنبال آن منجر به

[1] Artificial Intelligence
[2] Internet of Things

دفع غیرقانونی و آلودگی محیط‌زیست می‌گردد. علاوه بر این، تعداد ناکافی روش‌هایی مطابق با استاندارد جهانی درمدیریت پسماند، منجر به سطوح متفاوتی از کارآمدی و اثربخشی این روش‌ها در مناطق مختلف کره زمین شده است. یکی دیگر از چالش‌ها به پیچیدگی ترکیب پسماندها مربوط می‌شود، زیرا افزایش مواد غیرقابل تجزیه و خطرناک، فرآیندهای دفع و بازیافت را پیچیده‌تر می‌کند. علاوه بر این، مسائل مربوط به جداسازی پسماند و آلودگی‌های ناشی از آن همچنان به‌عنوان موانعی در برابر تلاش‌ها در زمینه بازیافت عمل کرده و کیفیت مواد بازیافت‌شده را کاهش می‌دهد. همچنین، عدم آگاهی، کمبود منابع تحقیقاتی و آموزش عمومی کافی درباره روش‌های صحیح دفع زباله، به رفتارهای نادرست در مدیریت و دفع پسماند دامن زده و خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی را افزایش می‌دهد [۳].

۳. هوش مصنوعی در مدیریت پسماند

در سال‌های اخیر، هوش مصنوعی به‌عنوان یک فناوری تحول آفرین، شیوه‌ها و چالش‌های مدیریت زباله را متحول کرده است. با بهره‌گیری از قابلیت‌های هوش مصنوعی در تحلیل داده‌ها، شناسایی الگوها و تصمیم‌گیری، سیستم‌های مدیریت پسماند بهینه شده تا کارایی، استفاده از منابع و پایداری زیست‌محیطی را ارتقاء دهند. روندهای موجود از کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت زباله نشان‌دهنده تأثیر و پتانسیل روبه‌رشد آن است. **شکل ۱** به تکنیک‌های هوش‌مصنوعی در مدیریت پسماند اشاره دارد. از سیستم‌های هوشمند جمع‌آوری زباله تا فناوری‌های پیشرفته جداسازی، همگی بیانگر این هستند که هوش مصنوعی در حال بازسازی چشم‌انداز مدیریت فرآیند بازیافت به روش‌های مختلف است [٤].

شکل ۱ - تکنیک‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماند[۱].

۱/۳. هوش مصنوعی در فرآیند جمع‌آوری پسماند

اولین روند حائز اهمیت، پیاده‌سازی هوش مصنوعی در فرآیندهای جمع‌آوری زباله است. روش‌های سنتی جمع‌آوری زباله معمولاً از ناکارآمدی‌هایی مانند مسیرهای بهینه‌سازی نشده و برنامه‌های نامنظم رنج می‌برند. با این حال، سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در حال پرداختن به این چالش‌ها با بهینه‌سازی مسیرهای جمع‌آوری زباله هستند. سیستم‌های سطل زباله هوشمند که به حسگرها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی مجهز هستند، می‌توانند سطح زباله‌ها را در زمان واقعی نظارت کرده و برنامه‌ریزی جمع‌آوری و تخصیص منابع را بهینه کنند. الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر، که توسط هوش مصنوعی هدایت می‌شوند، داده‌های تاریخی، الگوهای ترافیکی و نرخ‌های تولید زباله را تحلیل کرده تا کارآمدترین مسیرها را برای وسایل نقلیه جمع‌آوری زباله تعیین کنند. الگوریتم‌های زمان‌بندی پویا همچنین برنامه‌های جمع‌آوری را بر اساس داده‌های واقعی بهینه‌سازی کرده که خود منجر به حذف به‌موقع زباله‌ها و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود [۵]. **شکل ۲** به کاربردهای هوش مصنوعی در جمع‌آوری زباله می‌پردازد.

شکل ۲ - کاربردهای هوش مصنوعی در جمع‌آوری زباله [۱].

۲/۳. هوش مصنوعی در چرخه تفکیک زباله

موضوع قابل توجه بعدی، ادغام هوش مصنوعی در عملیات تفکیک زباله است. روش‌های سنتی تفکیک زباله معمولاً به نیروی کار دستی وابسته‌اند که خود وقت‌گیر و مستعد خطا می‌باشد. فناوری‌های هوش مصنوعی، مانند شناسایی تصویر و بینایی ماشین، به‌طور فزاینده‌ای برای خودکارسازی و بهبود دقت تفکیک زباله مورد استفاده قرار می‌گیرند. الگوریتم‌های پیشرفته شناسایی تصویر قادرند که داده‌های بصری را تجزیه و تحلیل کرده و مواد بازیافتی مختلف را با دقت بالا شناسایی کنند. این امر موجب تسهیل تفکیک مؤثر مواد بازیافتی، زباله‌های آلی و غیرقابل بازیافت می‌شود [۱]. علاوه‌براین، سیستم‌های تفکیک رباتیک که مجهز به الگوریتم‌های هوش مصنوعی هستند، می‌توانند به‌طور مؤثری مواد زباله را جداسازی و تفکیک کرده و با ساده‌سازی این پروسه، نرخ بازیافت را افزایش دهند [۶].

۳،۳. هوش مصنوعی در بازیافت زباله

هوش مصنوعی نقش بسزایی در بازیافت زباله‌ها ایفا کرده و مراحل مختلف فرآیند بازیافت را بهینه می‌سازد. فناوری‌های شناسایی و جداسازی مواد که توسط هوش مصنوعی هدایت می‌شوند، امکان شناسایی و تفکیک دقیق مواد قابل بازیافت را فراهم کرده و به حداکثر بازیابی منابع و حداقل کردن آلودگی زیست‌محیطی ناشی از زباله‌ها کمک می‌کنند [۷]. مدل‌های بهینه‌سازی فرآیند، که توسط هوش مصنوعی پشتیبانی می‌شوند، داده‌های مربوط به پارامترهای بازیافت مانند دما، فشار و ترکیب را تجزیه و تحلیل کرده تا شرایط عملیاتی بهینه را شناسایی و کارایی را بهبود بخشند. سیستم‌های کنترل کیفیت و بازرسی مبتنی بر هوش مصنوعی، همچنین از تولید مواد بازیافتی با کیفیت بالا اطمینان حاصل کرده و عیوب، آلودگی و عدم تطبیق مواد را شناسایی می‌کنند. علاوه‌براین، رباتیک و اتوماسیون که توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی هدایت می‌شوند، می‌توانند عملیات بازیافت را تسهیل کرده و خطای انسانی را کاهش دهند [۸]. **شکل ۳** شمایی از کاربردهای هوش مصنوعی در بازیافت زباله را نشان می‌دهد.

شکل ۳ - کاربرد هوش مصنوعی در بازیافت زباله[۱].

۴/۳. هوش مصنوعی در نظارت و پایش فرآیند بازیافت

نظارت مؤثر بر شیوه‌های مدیریت هوشمند بازیافت، بسیار حیاتی است. با پیشرفت هوش مصنوعی، نظارت در این بخش دستخوش تحولات مهمی شده است که امکان جمع‌آوری برخط داده‌ها، تحلیل و پیش‌بینی، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و ادغام اینترنت اشیا و شبکه‌های حسگر را فراهم می‌کند [۱].

۱/۴/۳. سیستم‌های نظارت برخط

سیستم‌های برخط پایش زباله، از هوش مصنوعی برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌صورت لحظه‌ای استفاده کرده و در همان لحظه برنامه‌هایی درباره میزان تولید زباله، جمع‌آوری و دفع آن ارائه می‌دهند. این سیستم‌ها از سنسورهای مختلفی مانند سنسورهای اولتراسونیک، سنسورهای بار و ردیاب‌های جی پی اس استفاده می‌کنند تا داده‌هایی درباره سطح زباله در سطل‌ها و کانتینرها، مسیرهای کامیون‌های حمل زباله و نقاط دفع جمع‌آوری کنند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی این داده‌ها را پردازش کرده و امکان نظارت لحظه‌ای از الگوهای تجمع زباله، بهینه‌سازی زمان‌بندی جمع‌آوری و بهبود کارآیی عملیاتی را فراهم می‌آورند[۹]. ادغام هوش مصنوعی با سیستم‌های نظارت برخط، پاسخی هوشمندانه به چالش‌های فعلی مدیریت زباله، مانند سطل‌های زباله سرریز شده، مسیرهای جمع‌آوری نامنظم و بهینه‌سازی تخصیص منابع می‌باشد. با ارائه برخط اطلاعات توسط سیستم‌های نظارت مبتنی بر هوش مصنوعی، سفرهای غیرضروری کامیون‌های حمل زباله به حداقل رسیده و کارایی کلی فرآیند افزایش می‌یابد. با این حال، پیاده‌سازی چنین سیستم‌هایی در مقیاس کلان با چالش‌های فنی متعددی همراه است. یکی از موانع اصلی، یکپارچه‌سازی منابع داده‌ها و حسگرهای متنوع متصل به یک پلتفرم واحد است که خود نیازمند زیرساخت‌های قوی و استانداردهای یکپارچه‌سازی ویژه می‌باشد [۱۰].

۲/۴/۳. اینترنت اشیاء و شبکه حسگ‌ها

ادغام اینترنت اشیاء و شبکه‌های حاوی حسگر با هوش مصنوعی در حال انقلاب در بهینه‌سازی فرآیند بازیافت است. دستگاه‌ها و حسگرهای اینترنت اشیاء در سیستم‌های مدیریت زباله برای جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای در مورد پارامترهای مختلف مثل سطح زباله، دما، رطوبت و کیفیت هوا مستقر می‌شوند. این دستگاه‌ها داده‌ها را به پلتفرم‌های متمرکز ارسال می‌کنند، جایی که الگوریتم‌های هوش مصنوعی داده‌ها را تحلیل و پردازش کرده و الگوهای معنی‌داری ارائه می‌دهند. شبکه‌های پیچیده اینترنت اشیاء و حسگرها، امکان نظارت مداوم و جامع بر تولید زباله، جمع‌آوری و فرآیندهای بهینه‌شده بازیافت را فراهم می‌کنند. آنها انبوهی از داده‌ها را ارائه می‌دهند که می‌توان از آنها برای بهینه‌سازی استراتژی‌های مدیریت بازیافت و بهبود کارایی عملیاتی استفاده کرد. علاوه‌براین، مجموعه شبکه و حسگرها، ادغام چندین سیستم مدیریت زباله را تسهیل کرده و امکان تبادل داده‌ها را بدون دردسر و با تعامل‌پذیری بیشتر فراهم می‌کند. روندهای نوین بر بهبود دقت و قابلیت اطمینان سیستم‌های نظارت لحظه‌ای، افزایش قابلیت پیش‌بینی مدل‌های تحلیلی، استفاده از داده‌ها برای تصمیم‌گیری آگاهانه و گسترش ادغام اینترنت اشیاء و شبکه‌های حسگر تمرکز دارند. هدف از ایجاد سیستم‌های هوشمند نظارت بر فرآیند بازیافت این است که مدیریت مؤثر بر فرآیند را افزایش داده و کاهش تأثیرات زیست‌محیطی و بهبود استفاده از منابع را ممکن سازد. ادامه توسعه و همکاری بین سازمان‌های مدیریت پسماند، تأمین‌کنندگان فناوری و محققان برای پیشبرد بیشتر نظارت بر فرآیند بهینه‌شده مبتنی بر هوش مصنوعی و حمایت از انتقال به شیوه‌های مدیریت پایدار ضروری است[۱].

٤. چالش‌ها و محدودیت‌های هوش مصنوعی

درحالی‌که هوش مصنوعی پتانسیل زیادی در تغییر شیوه‌های مدیریت پسماند دارد، چندین چالش و محدودیت وجود دارد که باید برای اجرای موفق آن مورد توجه قرار گیرد. روندهای کنونی نکات کلیدی زیر را به عنوان نگرانی مطرح می‌کنند:

١/٤. دسترسی و کیفیت داده‌ها

یکی از چالش‌های اصلی در بهینه‌سازی فرآیند بازیافت با هوش مصنوعی، دسترسی و کیفیت داده‌ها است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی به‌شدت به مجموعه‌های اطلاعاتی بزرگ و متنوع نیاز دارند تا آنها را آموزش داده و پیش‌بینی‌های دقیقی انجام دهند. با این حال، داده‌های مدیریت پسماند ممکن است ناپیوسته، ناسازگار یا به اندازه کافی استاندارد نشده باشند. عدم ادغام داده‌ها و قابلیت همکاری میان ذینفعان مختلف در اکوسیستم مدیریت پسماند می‌تواند توسعه و پیاده‌سازی راه‌حل‌های مؤثر هوش مصنوعی را مختل کند [١٠]. علاوه‌براین، سیستم‌های جمع‌آوری و نظارت داده‌ها باید به‌طور پایدار و قابل اعتماد عمل کرده تا داده‌های دقیق و باکیفیت برای الگوریتم‌های هوش مصنوعی فراهم شود. برای غلبه بر این چالش‌ها، تلاش‌هایی برای بهبود روش‌های جمع‌آوری داده و ایجاد پروتکل‌های اشتراک‌گذاری انجام می‌شود. باید همکاری بین سازمان‌های مدیریت پسماند، ارائه‌دهندگان فناوری و محققان به منظور استانداردسازی فرمت‌های اطلاعات، توسعه پلتفرم‌های دیتا و ترویج شیوه‌های اشتراک‌گذاری داده انجام گیرد. علاوه‌براین، پیشرفت در فناوری اینترنت اشیا و حسگرها، امکان جمع‌آوری داده‌های واقعی و جامع را فراهم می‌کند و کیفیت و دسترسی به دیتاها را برای برنامه‌های مدیریت پسماند مبتنی بر هوش مصنوعی بهبود می‌بخشد [١].

٢/٤. نگرانی‌های مرتبط با حریم خصوصی و امنیتی

سیستم‌های هوش مصنوعی معمولاً نیازمند دسترسی به داده‌های حساس مانند الگوهای تولید زباله، مسیرهای جمع‌آوری و رفتار کاربران هستند. حفظ حریم خصوصی و امنیت این داده‌ها برای حفظ اعتماد عمومی و رعایت مقررات حفاظت از داده‌ها ضروری است. نیاز به تعادل بین مزایای مدیریت پسماند مبتنی بر هوش مصنوعی و ملاحظات حریم خصوصی وجود دارد. برای کاهش این نگرانی‌ها، از تکنیک‌هایی مانند ناشناس‌سازی داده‌ها و رمزنگاری استفاده می‌شود [١١]. همچنین، چارچوب‌های مقرراتی در حال رشد هستند تا از شیوه‌های مسئولانه مدیریت داده‌ها اطمینان حاصل کنند و حقوق حریم خصوصی فردی را حفظ کنند. دستیابی به تعادل مناسب بین دسترسی به داده‌ها برای الگوریتم‌های هوش مصنوعی و اطمینان از حریم خصوصی و امنیت داده‌ها چالشی اساسی است که نیاز به توجه ویژه دارد [١].

٣/٤. هزینه و الزامات زیرساختی

پیاده‌سازی تکنولوژی‌های مرتبط با هوش مصنوعی در بهینه‌سازی فرآیند بازیافت ممکن است شامل هزینه‌های اولیه قابل توجه و الزامات زیرساختی باشد. سیستم‌های هوش مصنوعی معمولاً نیاز به سخت‌افزار، نرم‌افزار و منابع محاسباتی خاص داشته تا داده‌های بزرگ و الگوریتم‌های پیچیده را مدیریت کنند. علاوه‌براین، ادغام هوش‌مصنوعی با زیرساخت‌های موجود، حاوی چالش‌هایی از نظر سازگاری، مقیاس‌پذیری و مقرون‌به‌صرفه بودن است. برای غلبه بر این چالش‌ها، نیاز به راه‌حل‌هایی مقرون‌به‌صرفه است که بتوان به‌راحتی آن‌ها را در سیستم‌های موجود ادغام کرد [١٢]. فناوری‌های محاسبات ابری، راه حل‌های مقیاس‌پذیر و مقرون‌به‌صرفه‌ای را برای پیاده‌سازی الگوریتم‌های هوش مصنوعی و مدیریت نیازهای محاسباتی فراهم می‌کنند. همچنین همکاری بین ارائه‌دهندگان فناوری، سازمان‌های مدیریت پسماند و سیاست‌گذاران می‌تواند به شناسایی استراتژی هایی برای کاهش هزینه‌های اجرا و حل مشکل‌های زیرساختی کمک کند [١].

۵. فرصت‌های پیش‌رو

ادغام هوش مصنوعی در بهینه‌سازی فرآیند بازیافت نشان‌دهنده امیدواری قابل توجهی در بهبود کارایی، پایداری و بهینه‌سازی منابع است. با ادامه پیشرفت در این حوزه، مسیرها و فرصت‌های بسیاری در حال ظهور است. روندهای کنونی بر روی موارد کلیدی زیر تمرکز دارند:

۱/۵. پیشرفت یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در زمینه بهینه‌سازی مدیریت بازیافت

یادگیری ماشین[۳] و یادگیری عمیق[۴] الگوریتم‌هایی هستند که در مرز پیشرفت هوش مصنوعی قرار دارند و انتظار می‌رود که در زمینه مدیریت پسماند به تکامل خود ادامه دهند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی در حال بهبود بوده تا قابلیت‌های طبقه‌بندی پسماند، جداسازی و مدل‌سازی پیشگویانه را افزایش دهند. الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به‌ویژه شبکه‌های عصبی پیچشی[۵] و شبکه‌های عصبی بازگشتی[۶]، در حال انقلاب در شناسایی تصاویر پسماند، شناسایی مواد و فرآیندهای کنترل کیفیت هستند. در آینده، شاهد پیشرفت‌های چشمگیری در الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق خواهیم بود که می‌توانند فرآیندهای پیچیده بازیافت را مدیریت کرده، با سناریوهای متغیر مدیریت زباله سازگار شده و از داده‌های کلان برای بهبود تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی فرآیند بازیافت بهره‌برداری کنند[۱۳].

۲/۵. همکاری و تبادل اطلاعات در این زمینه

دستیابی به ادغام و همکاری بی‌وقفه میان ذینفعان مختلف در زنجیره ارزش بازیافت با چندین مانع کلیدی روبرو است که پیشرفت این مهم را مختل می‌کند. یکی از چالش‌های عمده، کمبود فرمت‌های داده استاندارد و سیستم‌های قابل همکاری است که تبادل بی‌وقفه اطلاعات بین شرکت‌های مدیریت پسماند، ارائه‌دهندگان فناوری، پژوهشگران و سیاست‌گذاران را مانع می‌شود. علاوه‌براین، نگرانی‌ها درباره حریم خصوصی داده‌ها، مالکیت و امنیت اغلب ذینفعان را از به اشتراک‌گذاری داده‌ها و بینش‌های ارزشمند، منصرف می‌کند. همچنین، عدم وجود پلتفرم‌های متمرکز برای به اشتراک‌گذاری داده‌ها، ناپیوستگی در بهبود فرآیند بازیافت را تشدید می‌کند [۱۴].

۶. جمع‌بندی

روش‌های نادرست دفع زباله سبب آلودگی شدید محیط زیست و زیان‌های سنگین می‌شود. مدیریت هوشمندانه زباله و بازیافت، چالشی برای کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه است. با این حال، هوش مصنوعی می‌تواند کارآمدی این روند را بهبود بخشد، آسیب‌های زیست‌محیطی را کاهش داده و راه‌حل‌های مناسبی در این زمینه ارائه دهد. در این تحقیق به تاثیر بالقوه هوش مصنوعی بر مدیریت و بهینه‌سازی فرآیند جمع‌آوری و بازیافت پرداخته شد و کاربردهای عملی آن مانند سیستم‌های سطل زباله هوشمند، ربات‌های جداسازی زباله و مدل‌های هوشمند پیش‌بینی کننده، برجسته گردید. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند در مدیریت مواد خطرناک در فرآیند بازیافت، کاهش تولید زباله، کاهش تخلیه غیر قانونی و بازیابی منابع ارزشمند کمک کند.

علی طاهری استاد

[3] Machine Learning
[4] Deep Learning
[5] Convolutional Neural Networks (CNNs)
[5] Recurrent Neural Networks (RNNs)

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

نقش بازیافت در توسعه پایدار و کاهش اثرات منفی بر محیط زیست

مقدمه

طی گذشت قرن‌ها، ما از زمین برای رفع نیازهایمان استفاده کرده‌ایم. به بیان ساده‌تر، فراتر از ظرفیتش از آن بهره برداری کرده‌ایم از طرفی سوء استفاده بیش از حد از این سیاره منجر به افزایش گرمایش دمای زمین که به عنوان گرمایش جهانی شناخته می‌شود، شده است. بازیافت و نقش آن در محیط زیست، به نیاز ساعتی تبدیل شده است چرا که جهان تحت فشار موضوعات زیست محیطی پیچیده‌ی متعددی قرار گرفته است و دچار وضعیت وخیمی می‌باشد. تخریب افراطی جنگل‌های انبوه، گونه‌های مختلف حیوانات و گیاهان را در معرض انقراض قرار داده است. با بی‌فکری تمام، جنگل‌های انبوه را برای تولید کاغذ، الوار و توسعه منطقه‌ای از بین می‌بریم. بازیافت به معنای واقعی کلمه یعنی استفاده مجدد از مواردی که یک بار مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این امر بر پردازش مجدد مواد استفاده شده جهت جلوگیری از ایجاد پسماند تولیدی از انباشت خانگی و صنعتی، دلالت دارد. بازیافت، به کاهش انتشارات گاز گلخانه‌ای و دفن آنها، کمک می‌کند. دفن کردن، از قدیمی‌ترین راه‌های دفع زباله است. این فرآیند زباله طی دفن کردن آن شامل می‌شود. گرچه که این روش سازماندهی شده‌ی دفع زباله است اما بر افرادی که در نزدیکی چنین مناطق قرار دارند و همچنین محیط اطراف اثرات منفی شدیدی دارد.

کاهش لندفیل یا اصطلاحا زمین دفن، بزرگترین مشکلی است امروزه با آن مواجه هستیم. از آن جا که ما بیشتر و بیشتر زباله تولید می‌کنیم، به مکانی نیز برای دفع آن نیاز داریم. بنابراین، این زباله می‌تواند طی دفن زیر خاک یا انباشت آن در یک محل، دفع شود. مکانی که این زباله در آن انباشته می‌شود، لندفیل نام دارد. بزرگترین مزیت بازیافت، استفاده مجدد از مواد قابل بازیافت جهت کاهش مقدار موادی است که در این لندفیل دفع می‌شوند. این موارد ایجاد کنندگان اصلی گازهای گلخانه‌ای که باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند، هستند. بازیافت کاغذ، پلاستیک، شیشه و مواد این چنینی دیگری به راحتی امکان‌پذیر است و به حفظ پاکیزگی محیط زیست تاحدودی کمک می‌کند.

اهمیت بازیافت در زندگی پایدار

همانطور که ما به مصرف و دور ریختن کالاها ادامه می‌دهیم، توجه به تأثیر اقداماتمان بر محیط زیست اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. بازیافت گامی مهم در مسیر درست در مورد زندگی پایدار است. این امر به کاهش میزان زباله‌هایی که به محل‌های دفن زباله و اقیانوس‌ها ختم می‌شوند، کمک می‌کند. منابع طبیعی را حفظ می‌کند و در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کند. بازیافت همچنین به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند، زیرا بازیافت مواد انرژی کمتری نسبت به تولید مواد جدید مصرف می‌کند [۱].

۱. بازیافت منابع طبیعی را حفظ می‌کند: بازیافت موادی مانند کاغذ، شیشه و پلاستیک به این معنی است که درختان، مواد معدنی و سوخت‌های فسیلی کمتری برای تولید محصولات جدید مورد نیاز است. به عنوان مثال، بازیافت یک تن کاغذ می تواند ۱۷ درخت، ۷۰۰۰ گالن آب و ۴۶۳ گالن نفت را نجات دهد.

۲. بازیافت، زباله‌ها را کاهش می‌دهد: با بازیافت، مواد را از محل‌های دفن زباله و زباله سوزها خارج می‌کنیم که این امر باعث کاهش میزان زباله هایی می‌شود که به محیط زیست ما می‌رسد. این امر به ویژه برای زباله‌های پلاستیکی

که تجزیه آن‌ها صدها سال طول می‌کشد بسیار مهم است. بازیافت پلاستیک به جلوگیری از ورود آن به اقیانوس‌ها و آسیب رساندن به حیات دریایی کمک می‌کند.

۳. بازیافت باعث صرفه جویی در انرژی می‌شود: ایجاد محصولات جدید از مواد بازیافتی به انرژی کمتری نسبت به تولید محصولات از مواد اولیه نیاز دارد. به عنوان مثال، بازیافت قوطی‌های آلومینیومی ۹۵ درصد انرژی کمتری نسبت به تولید آن‌ها از مواد خام مصرف می‌کند. این بدان معناست که بازیافت نه تنها باعث حفظ منابع طبیعی می‌شود، بلکه انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز کاهش می‌دهد [۲].

۴. بازیافت، شغل ایجاد می‌کند: صنعت بازیافت به ایجاد زمینه‌هایی مانند جمع‌آوری، فرآوری و ساخت شغل کمک می‌کند. به گفته موسسه خوداتکایی محلی، بازیافت ۱۰ برابر بیشتر از دفن زباله شغل ایجاد می‌کند.

اهمیت بازیافت در زندگی پایدار قابل اغراق نیست. این یک گام اساسی در جهت کاهش ضایعات، حفظ منابع طبیعی و مبارزه با تغییرات آب و هوایی است. با تلاش آگاهانه برای بازیافت، همه ما می توانیم تأثیر مثبتی بر محیط زیست بگذاریم و به ایجاد آینده‌ای پایدارتر کمک کنیم [۱].

شکل ۱ - اهمیت بازیافت در زندگی پایدار.

نوآوری در فناوری‌های دوستدار محیط زیست برای زندگی پایدار

۱. ابزارها و لوازم برقی خورشیدی

یکی از برجسته‌ترین نوآوری‌های فناوری سازگار با محیط زیست برای زندگی پایدار، ظهور ابزارها و لوازم برقی خورشیدی است. انرژی خورشیدی یک منبع تجدیدپذیر انرژی است که می‌توان آن را با استفاده از سلول‌های فتوولتائیک مهار کرد و به دستگاه‌ها و دستگاه‌ها اجازه می‌دهد بدون اتکا به برق از شبکه کار کنند. این نه تنها انتشار کربن را کاهش می دهد، بلکه قبض برق را برای خانوارها نیز کاهش می‌دهد [۱].

به عنوان مثال، شارژرهای خورشیدی به طور فزاینده‌ای محبوب شده‌اند و به شما امکان می دهند تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها و سایر دستگاه‌های خود را با استفاده از انرژی خورشید شارژ کنید. سیستم‌های روشنایی فضای باز با انرژی خورشیدی نمونه عالی دیگری هستند که جایگزینی با انرژی کارآمد برای گزینه‌های روشنایی سنتی در فضای باز ارائه می‌دهند.

۲. دستگاه‌های خانه هوشمند کم مصرف

فناوری خانه‌های هوشمند در سال‌های اخیر جذابیت زیادی پیدا کرده است و اکنون بسیاری از این دستگاه‌ها با در نظر گرفتن بهره‌وری انرژی

طراحی شده‌اند. از ترموستات‌های هوشمند گرفته تا سیستم‌های پایش انرژی، این دستگاه‌های نوآورانه می‌توانند به شما در کاهش مصرف انرژی و کاهش ردپای کربن کمک کنند.

به عنوان مثال، ترموستات‌های هوشمند مانند ترموستات یادگیری Nest می‌توانند تنظیمات برگزیده شما را یاد بگیرند و بر اساس آن دما را تنظیم کنند، مصرف انرژی را بهینه کنند و در این فرآیند در هزینه شما صرفه‌جویی کنند. سیستم‌های نظارت بر انرژی، مانند Sense، بینش‌های بی‌درنگ در مورد مصرف انرژی شما ارائه می‌دهند و به شما این امکان را می‌دهند که وسایل پر انرژی را شناسایی کنید و تصمیم‌گیری آگاهانه برای کاهش مصرف کلی انرژی خود بگیرید [۲].

۳. نوآوری‌های صرفه جویی در مصرف آب

صرفه جویی در آب یکی دیگر از جنبه‌های حیاتی زندگی پایدار است و چندین نوآوری فناوری دوستدار محیط زیست وجود دارد که می‌تواند به شما در دستیابی به این هدف کمک کند. به عنوان مثال، سیستم‌های آبیاری هوشمند از داده‌های آب‌وهوا و سنسورهای رطوبت خاک برای بهینه‌سازی برنامه‌های آبیاری استفاده می‌کنند و اطمینان حاصل می‌کنند که گیاهان و چمن شما مقدار مناسبی آب را بدون هدر دادن آن دریافت می‌کنند.

علاوه بر این، سر دوش‌ها و شیرهای آب کم جریان برای کاهش مصرف آب بدون کاهش عملکرد طراحی شده‌اند. این دستگاه‌ها از هواده‌ها و محدودکننده‌های نوآورانه برای حفظ فشار آب و در عین حال کاهش سرعت جریان استفاده می‌کنند که در نتیجه در طول زمان صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف آب می‌شود [۳].

۴. راه‌حل‌های حمل و نقل سازگار با محیط زیست

حمل‌ونقل سهم عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد، اما نوآوری‌های فناوری دوستدار محیط زیست در حال تغییر روش سفر ما هستند. وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) در سال های اخیر محبوبیت زیادی کسب کرده اند و گزینه‌های حمل و نقل بدون آلایندگی را ارائه می‌دهند.

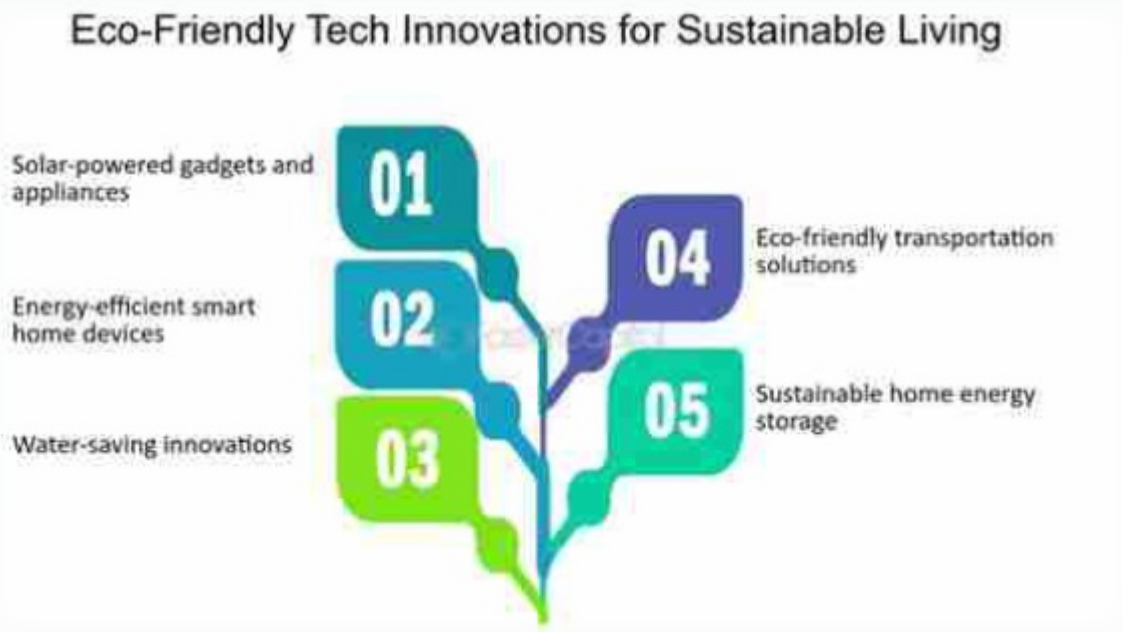
علاوه بر این، پلت‌فرم‌های اشتراک‌گذاری سواری و همراهی خودرو مانند اوبر و لیفت به کاهش تعداد خودروها در جاده‌ها کمک می‌کنند که منجر به کاهش تراکم ترافیک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. علاوه بر این، برنامه‌های اشتراک دوچرخه و اسکوترهای برقی جایگزین‌های پایداری برای رفت و آمد در مسافت‌های کوتاه ارائه می‌دهند [۴].

۵. ذخیره انرژی پایدار در خانه

همانطور که منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی رایج تر می شوند، نیاز به راه‌حل‌های ذخیره انرژی کارآمد ایجاد می‌شود. سیستم‌های ذخیره انرژی پایدار در خانه، مانند بسته‌های باتری لیتیوم یونی، به صاحبان خانه اجازه می‌دهند تا انرژی اضافی تولید شده توسط پنل‌های خورشیدی خود را برای استفاده بعدی ذخیره کنند [۲].

این سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی نه تنها کارایی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش می‌دهند، بلکه در هنگام قطع شبکه، برق پشتیبان را نیز فراهم می‌کنند. با کاهش وابستگی به شبکه و به حداکثر رساندن استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، سیستم‌های ذخیره انرژی پایدار خانه به محیط زندگی سبزتر و پایدارتر کمک می‌کند.

در نتیجه، نوآوری های فناوری دوستدار محیط زیست با ارائه راه‌حل‌های نوآورانه برای کاهش مصرف انرژی، صرفه‌جویی در آب و ارتقای گزینه‌های حمل و نقل سازگار با محیط زیست، زندگی پایدار را متحول می‌کند. از گجت‌های خورشیدی گرفته تا دستگاه‌های خانگی هوشمند با انرژی کارآمد، این نوآوری‌ها نه تنها به نفع محیط‌زیست هستند، بلکه راه‌حل‌های عملی و مقرون‌به‌صرفه‌ای را برای خانواده‌های آگاه به فناوری به‌دنبال داشتن سبک زندگی پایدارتر ارائه می‌کنند.



شکل ۲ - نوآوری در فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست برای زندگی پایدار.

زندگی پایدار برای آینده‌ای بهتر

۱. درک اهمیت زندگی پایدار

زندگی پایدار برای آینده ما و رفاه سیاره ما بسیار مهم است. همانطور که تغییرات محیطی همچنان بر جهان ما تأثیر می گذارد، بسیار مهم است که ما سبک زندگی خود را برای به حداقل رساندن تأثیر خود بر روی زمین تنظیم کنیم. زندگی پایدار شامل شیوه‌های مختلفی است که هدف آنها کاهش ضایعات، حفظ منابع و ترویج محیط زیست سالم تر است. با اتخاذ عادات پایدار می‌توانیم به آینده‌ای بهتر برای خود و نسل‌های آینده کمک کنیم [۱].

۲. کاهش مصرف انرژی: یک گام کلیدی

یکی از مهم‌ترین راه‌ها برای زندگی پایدار، کاهش مصرف انرژی است. با توجه به مصرف انرژی خود، می توانیم ردپای کربن خود را به حداقل برسانیم و به مبارزه با تغییرات آب و هوایی کمک کنیم. در اینجا چند روش موثر برای کاهش مصرف انرژی وجود دارد:

الف) تغییر به وسایل برقی و لامپ های کم مصرف: انتخاب وسایلی با درجه بازده انرژی بالا و استفاده از لامپ های LED یا CFL می‌تواند مصرف برق را به میزان قابل توجهی کاهش دهد[۳].

ب) قطع برق هنگام استفاده نکردن: بسیاری از وسایل الکترونیکی حتی زمانی که استفاده نمی‌شوند انرژی مصرف می کنند. جدا کردن آنها از برق یا استفاده از نوارهای برق با کلیدهای روشن/خاموش می تواند از تخلیه انرژی غیر ضروری جلوگیری کند.

ج) به حداکثر رساندن نور طبیعی و تهویه: استفاده از نور طبیعی در طول روز و اطمینان از تهویه مناسب می تواند نیاز به نور مصنوعی و تهویه هوا را کاهش دهد.

۳. استقبال از منابع انرژی تجدید پذیر

انتقال به منابع انرژی تجدیدپذیر گامی مهم به سوی زندگی پایدار است. انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی و بادی، نه تنها پاک‌تر هستند، بلکه بی‌نهایت در دسترس هستند. در اینجا چند راه برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد:

الف) نصب پنل‌های خورشیدی: پنل‌های خورشیدی را می توان بر روی پشت‌بام‌ها نصب کرد تا نیروی خورشید را مهار کند و برای خانه‌ها برق تولید کند.

ب) پیوستن به پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر جامعه: بسیاری از جوامع پروژه‌های مشترک انرژی تجدیدپذیر را ارائه می‌دهند که به افراد

امکان می‌دهد به طور جمعی در منابع انرژی تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری کنند و از آنها بهره‌مند شوند.

ج) حمایت از تأمین‌کنندگان انرژی تجدیدپذیر: انتخاب تأمین‌کنندگان انرژی که منابع تجدیدپذیر را در اولویت قرار می‌دهند، تضمین می‌کند که مصرف انرژی شما با شیوه‌های پایدار همسو می‌شود.

۴. مصرف مسئولانه آب: حفظ یک منبع گرانبها

کمبود آب یک نگرانی رو به رشد در سطح جهانی است و مصرف مسئولانه آب را ضروری می‌کند. با اتخاذ عادات صرفه‌جویی در مصرف آب، می‌توانیم به حفظ این منبع گرانبها کمک کنیم. در اینجا چند نکته برای مصرف مسئولانه آب وجود دارد:

الف) رفع سریع نشتی‌ها: حتی نشتی‌های کوچک نیز می‌تواند در طول زمان منجر به هدر رفت آب قابل توجهی شود. بررسی و رفع نشتی به طور منظم در شیرآلات، لوله‌ها و توالت‌ها بسیار مهم است.

ب) نصب وسایل کم مصرف: ارتقاء به توالت‌ها، سردوش‌ها و شیرهای آب کم مصرف می تواند مصرف آب را به میزان قابل توجهی کاهش دهد، بدون اینکه عملکرد آن به خطر بیفتد.

ج) جمع آوری و استفاده مجدد از آب باران: نصب بشکه‌ها یا مخازن باران برای جمع آوری آب باران می تواند منبع آب پایداری برای فعالیت هایی مانند باغبانی و شستشوی وسایل نقلیه باشد[۲]

۵. حمل و نقل پایدار: کاهش انتشار کربن

حمل و نقل نقش مهمی در انتشار گازهای گلخانه ای دارد. با انتخاب روش‌های حمل و نقل پایدار، می‌توانیم به کاهش تغییرات آب و هوایی کمک کنیم. گزینه‌های زیر را در نظر بگیرید:

الف) استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی یا استفاده از وسایل نقلیه عمومی: استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی یا همراهی با خودرو، تعداد وسایل نقلیه در جاده ها را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود.

ب) دوچرخه‌سواری یا پیاده‌روی: مسافت‌های کوتاه‌تر را می‌توان با دوچرخه‌سواری یا پیاده‌روی طی کرد و در عین حال باعث ارتقاء سلامت جسمی و در عین حال کاهش انتشار کربن می‌شود.

ج) انتقال به وسایل نقلیه الکتریکی: وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) به طور فزاینده ای در دسترس هستند و جایگزین تمیزتری برای خودروهای بنزینی سنتی هستند.

۶. مصرف گرایی آگاهانه: انتخاب محصولات پایدار

انتخاب‌های مصرف کننده ما تاثیر قابل توجهی بر محیط زیست دارد. با انتخاب محصولات پایدار، می‌توانیم از شیوه‌های سازگار با محیط زیست حمایت کرده و ضایعات را کاهش دهیم. هنگام تصمیم‌گیری در مورد خرید موارد زیر را در نظر بگیرید:

الف) ارزیابی چرخه عمر محصول: به دنبال محصولاتی با طول عمر بیشتر و کمترین تأثیر زیست محیطی در طول چرخه عمر خود باشید.

ب) انتخاب بسته‌بندی سازگار با محیط زیست: برای کاهش ضایعات، محصولاتی با حداقل بسته بندی یا قابل بازیافت انتخاب کنید.

ج) حمایت از برندهای اخلاقی و پایدار: برندهایی را که منبع یابی پایدار، شیوه های تجارت منصفانه و نظارت بر محیط زیست را در اولویت قرار می‌دهند، تحقیق و حمایت کنید [۱].

۷. قدرت آموزش و وکالت

در نهایت، آموزش و حمایت نقش مهمی در ترویج زندگی پایدار دارد. با گسترش آگاهی و حمایت فعال از شیوه‌های پایدار، می‌توانیم دیگران را برای

ایجاد تغییرات مثبت ترغیب کنیم. مشارکت در ابتکارات آموزشی، حمایت از سازمان‌های زیست‌محیطی، و شرکت در جنبش‌های پایداری محلی می‌تواند تفاوت چشمگیری ایجاد کند.
سازگاری با تغییرات محیطی از طریق زندگی پایدار نه تنها ضروری است، بلکه قابل دستیابی‌است[۱]

نتیجه‌گیری

به منظور ارتقاء و رسیدن به توسعه پایدار از طریق بازیافت، تعدادی گام وجود دارد که می‌توان انجام داد. اول، دولت‌ها می توانند انگیزه‌هایی را برای کسب و کارها و افراد برای بازیافت ایجاد کنند. این می‌تواند شامل معافیت‌های مالیاتی، کمک‌های مالی، و یارانه‌ها برای تشویق استفاده از مواد بازیافتی باشد. دوم، دولت‌ها همچنین می‌توانند قوانین و مقررات مربوط به دفع صحیح زباله‌ها را اجرا کنند. این اطمینان حاصل می‌کند که تمام زباله‌ها به کارآمدترین و دوستدار محیط زیست ممکن دفع می‌شوند.
دولت‌ها و سایر سازمان‌ها نیز می‌توانند کمپین‌های آگاهی‌بخشی برای آموزش مردم در مورد اهمیت بازیافت ایجاد کنند. این می تواند شامل اجرای اطلاعیه های خدمات عمومی، توزیع بروشورها و سازماندهی کارگاه‌های آموزشی برای انتشار پیام باشد. با انجام این مراحل می‌توانیم مطمئن شویم که همه از مزایای بازیافت و نحوه انجام صحیح آن آگاه هستند.
از نقطه نظر زیست محیطی، یک ماده زیست تجزیه پذیر می‌تواند خود در طبیعت تجزیه شود. مواد زیست تجزیه پذیر مانند بیوپلاستیک‌ها هیچ گونه مواد شیمیایی و یا مضرای در طبیعت هنگام تجزیه از خود به جای نمی گذارند. مواد زیست تخریب پذیر و یا مواد قابل تجزیه بیولوژیکی گاهی اوقات از بازیافت مواد آلی تشکیل می‌شود. برای رسیدن به یک جامعه پایدار باید تا حد امکان از موادی که قابلیت تجزیه بیولوژیکی ندارند و یا موادی که تخریب پذیر هستند استفاده کرد. محصولات دوستدار محیط زیست اکثراً از مواد زیست تخریب پذیر تشکیل شده‌اند. به عنوان مثال ظروف یکبار مصرف گیاهی از نشاسته ذرت که ماده‌ای تجدیدپذیر است تهیه شده است. ظروف گیاهی به دلیل زیست تخریب پذیر بودن پروژه بازیافت ساده‌تری نسبت به سایر ظروف دارند. استفاده از محصولات دوستدار محیط زیست شاید مرحله ساده و کوچکی باشد. با این حال می‌توانند تاثیر بسیار مهمی در کاهش آلودگی محیط زیست داشته باشند.
در نهایت، بازیافت یک راه موثر برای رسیدن به توسعه پایدار است. به کاهش ضایعات، حفظ منابع و ایجاد شغل کمک می کند. با انجام اقدامات لازم برای ترویج و تشویق بازیافت، می‌توانیم اطمینان حاصل کنیم که سیاره ما محافظت می‌شود و آینده ما تضمین می‌شود.

میلاد محمدی

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته برای بازیافت آب در صنعت نفت

مقدمه

در هنگام تولید از مخازن نفت و گاز مشکلاتی پیش می‌آید که دلایل زیادی دارد، که عمدتا به دو دسته مشکلات مربوط به بهره‌دهی[1] و یا قابلیت تزریق[2] و مشکلات مربوط به اهداف مدیریتی مخزن تقسیم می‌شود. تولید بیش از اندازه آب یا گاز جزو مشکلات بهره‌دهی و تزریق است [۱]. بر اساس آمار، متوسط به ازاي هر يك بشكه نفت توليدي، سه بشكه آب از ميادين نفتي استحصال می‌شود. توليد اين آب هزينه‌اي برابر با ۵ الي ۵۰ سنت به‌ازاي توليد هر بشكه آب را براي شركت‌هاي نفتي ايجاد كرده است [۲].

بعضی از عوامل مؤثر که می‌توانند بر حجم آب اضافی تولیدی در طی عمر یک چاه تاثیر بگذارند، در ادامه آمده است.

• نوع چاه حفرشده در مخزن که با ثابت‌بودن تمام شرایط تولیدی، حجم آب اضافی تولیدی از یک چاه عمودی بیشتر از حجم آب تولید شده در یک چاه افقی هست.

• مکان حفر چاه که در یک مخزن با توجه به ساختار آن مخزن اگر به درستی انتخاب نشود، آنگاه بدون توجه به نوع چاه افقی یا عمودی میزان تولید آب همراه افزایش می‌یابد.

• هنگام تکمیل یک چاه بایستی به مکانیسم رانش سیالات هیدروکربنی موجود در آن مخزن توجه کرد. برای مثال اگر سفره آب زیرزمینی عامل رانش نفت به سمت چاه تولیدی باشد، باید پس از حفر چاه قسمت‌های بالایی ناحیه تولیدی را مشبک‌کاری کرد.

•برای جداسازی آب اضافی تولیدی از سیالات هیدروکربنی از تجهیزات و تصفیه کننده‌های سطحی استفاده می‌کنند. این روش شامل هزینه استخراج، تجهیزات و مواد شیمیایی تصفیه‌کننده است. از طرفی در سطح زمین، تزریق اکسیژن باعث خوردگی و تاثیرات میکروبی می‌شود.

• از راه‌های افزایش میزان بازیافت تولیدی از مخازن نفتی، تزریق آب به درون مخزن هست که این آب باعث تثبیت فشار مخزن شده و موجب تولید نفت بیشتر می‌شود. از طرفی در مقابل تولید نفت، آب بیشتری به دلیل پیشروی سریع‌تر جبهه آب به سوی چاه تولیدی، تولید خواهد شد.

• دیواره لوله‌های جداری و چاه در اثر فشارهای موجود، خوردگی، سایش و ... دچار آسیب می‌شوند، باعث تغییر شکل می‌شود که موجب ورود آب‌های سطحی به دهانه چاه شده و به‌عنوان آب اضافی استخراج می‌شوند.

• تولید از سیالات هیدروکربنی با بالاترین دبی باعث می‌شود، آب همراه در زیر ستون نفتی سریع کانالی درون نفت به سمت چاه زده و مقدار آب تولیدی از چاه را به شدت افزایش دهد [۳].

بنابراین، بررسی روش‌های مدیریت و کنترل آب تولیدی اضافی از مخازن برای دفع بهینه آن و تلاش برای بهبود بازیافت نفت امری ضروری است.

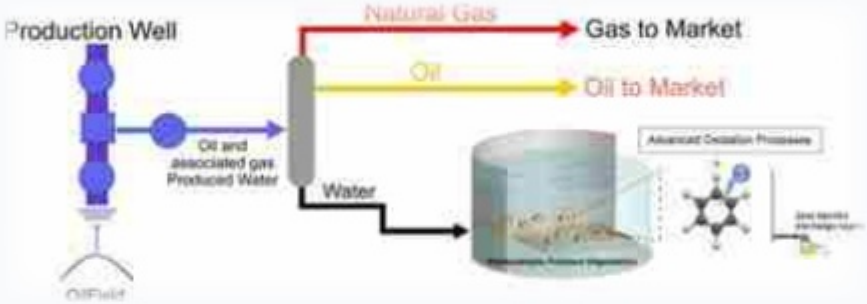
در تمام چاه‌ها، آب اضافی تولیدی، دفع شده یا دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد. گاهی این آب را برای تثبیت فشار مخزن، به درون مخزن تزریق می‌کنند و گاه آب به منابعی مانند رودخانه‌ها و دریاها ریخته می‌شود. بایستی این آب اضافی همراه پیش از آنکه به هرگونه مصرفی برسد، یا دور ریز شود، تصفیه کرده و مواد شیمیایی درون آن را متناسب با خصوصیات مکانی که قرار است این آب وارد آن شود، تغییر داد.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد، اصلی‌ترین عواملی که موجب آلودگی آب همراه نفت و گاز تولیدی از مخازن هیدروکربوری شده و

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن را تغییر می دهند، عبارتنداز: موقعیت جغرافیایی و ساختار زمینی که آب اضافی برای هزاران سال با آن در تماس بوده است و دیگر مواد آلوده کننده‌ای که ضمن تولید استخراج می‌شوند. بررسی عوامل آلوده کننده به شناخت نوع آلودگی این آب‌ها علاوه بر آنکه روش مناسب دفع را مشخص می‌کند، می‌تواند بیانگر ضرورت مدیریت و دفع آب‌های همراه مواد هیدروکربنی تولیدی از مخازن نیز باشد [۳].

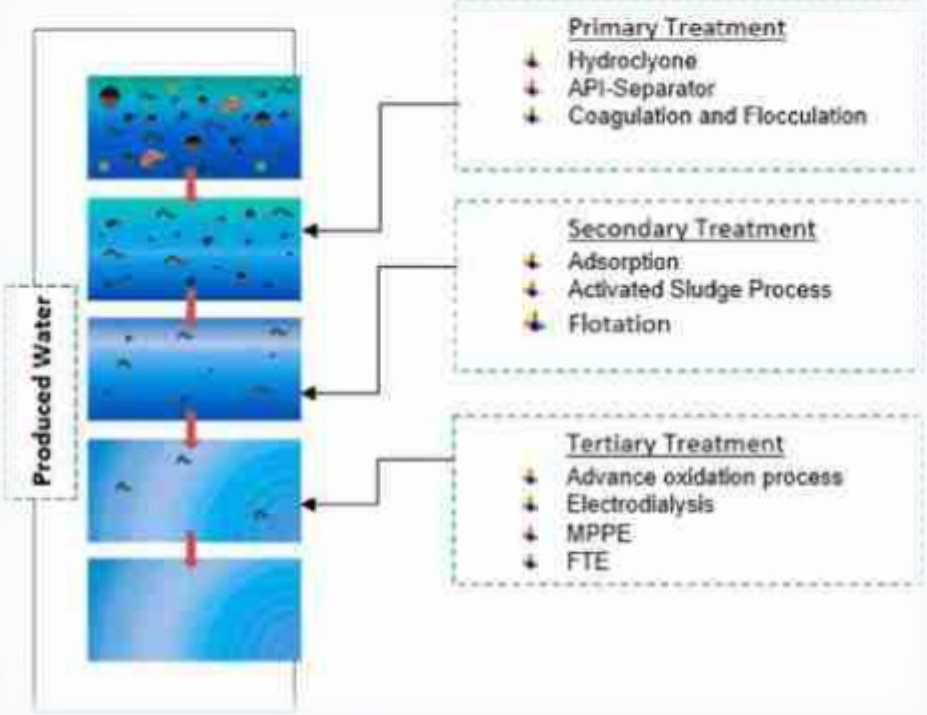
تکنولوژی‌های پیشرفته برای بازیافت آب در صنعت نفت

در حال حاضر، آب اضافی تولیدی از مخازن نفت و گاز بیشتر با استفاده از روش‌های معمولی مانند جاذب‌ها، فیلترهای غشایی، جداکننده‌های فازی و سیکلون‌ها تصفیه می‌شود. در ادامه به بررسی دقیق ویژگی‌های آب تولیدی در میدان‌های نفتی و ارزیابی تکنولوژی‌های مختلف پرداخته می‌شود.



شکل ۱ - نمایی از فرایند جداسازی آب تولیدی از مخازن نفت و گاز [۱۵].

برای کاهش سطح آلاینده‌های سمی یا بهبود کیفیت آب تولیدی نفت، نیاز به استفاده از تکنولوژی‌های مختلف تصفیه وجود دارد. این تکنولوژی‌ها به سه دسته تصفیه اولیه، ثانویه و ثالث تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۵].



شکل ۲ - دسته‌بندی برای تصفیه تکنولوژی‌ها [۱۵].

روش‌های تصفیه اولیه:

این روش‌ها شامل جداکننده‌های گرانشی، سیکلون‌ها و روش‌های شناورسازی است که عمدتاً برای حذف مواد معلق و نفت‌های آزاد از آب استفاده می‌شود.

روش‌های تصفیه ثانویه:

در این مرحله از فیلترهای غشایی، جذب سطحی و روش‌های شیمیایی برای کاهش بیشتر آلاینده‌ها و بهبود کیفیت آب استفاده می‌شود.

روش‌های تصفیه ثالثیه:

این مرحله شامل استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته مانند اکسیداسیون پیشرفته، اسمز معکوس و تبادل یونی برای تصفیه نهایی آب و حذف آلاینده‌های باقی‌مانده است.

استفاده از ترکیبی از تکنولوژی‌های مختلف در مراحل تصفیه اولیه، ثانویه و ثالث برای دستیابی به تصفیه کامل آب تولیدی و به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی توصیه می‌شود [۱۵]. در ادامه به بررسی بیشتر هریک از تکنولوژی‌ها پرداخته می‌شود.

- تصفیه آب با استفاده از فناوری نانو

فناوری نانو به‌طور مؤثری برای تصفیه آب‌های آلوده به مواد شیمیایی و نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نانوذرات می‌توانند آلودگی‌ها را جذب کرده و آب را پاکسازی کنند. این فناوری می‌تواند با حذف باکتری‌ها، فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها، آب را قابل استفاده مجدد کند [۴].

- فناوری اسمز معکوس[۳]

این تکنولوژی برای حذف نمک‌ها و آلاینده‌ها از آب استفاده می‌شود و می‌تواند آب‌های شور یا آلوده را به آب قابل استفاده تبدیل کند. از طرفی ین روش از فشار برای عبور آب از غشایی استفاده می‌کند که فقط به مولکول‌های آب اجازه عبور می‌دهد. این روش به تصفیه آب و حذف مواد حل‌شده کمک می‌کند [۵،۶].

- فناوری غشایی

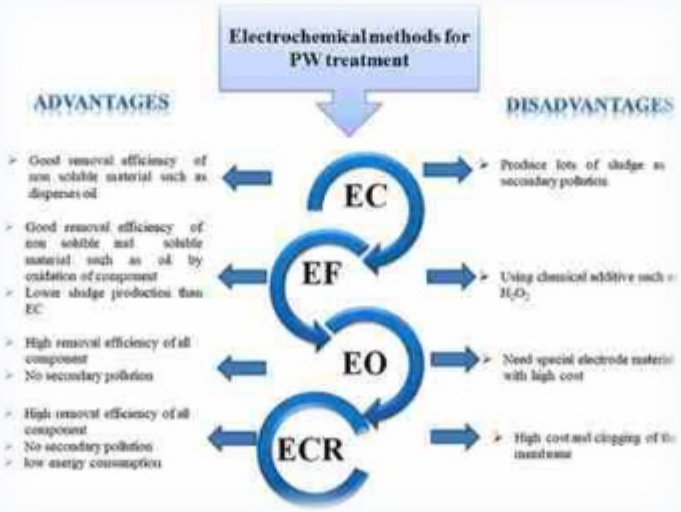
استفاده از غشاهای نیمه‌تراوا برای جداسازی مواد آلاینده از آب، یک روش مؤثر برای بازیافت آب در صنایع نفتی است [۷].

- تکنولوژی تصفیه زیستی

استفاده از میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه آلاینده‌ها در آب تولیدی یکی دیگر از روش‌های مؤثر است. این روش به‌طور طبیعی آلودگی‌ها را کاهش می‌دهد. فرآیندهای بیولوژیکی مانند تصفیه باکتریایی می‌توانند برای حذف آلاینده‌ها و بازیافت آب از پساب‌های نفتی مورد استفاده قرار گیرند [۸].

- تکنولوژی جداسازی الکتروشیمیایی

این فناوری با استفاده از جریان الکتریکی، می‌تواند مواد آلاینده را از آب جدا کند و کیفیت آن را افزایش دهد. این روش می‌تواند برای جداسازی و بازیابی فلزات سنگین و مواد آلاینده از آب‌های آلوده استفاده شود [۹].



شکل ۳ - چارچوب کار جداسازی الکتروشیمیایی [۱۰].

جدول زیر خلاصه‌ای از روش‌ها و چگونگی عملکرد آنها را مطرح می‌کند.

جدول۱ - فهرست تکنولوژی‌های پیشرفته برای بازیافت آب در صنعت نفت

شماره	تکنولوژی	توضیحات
۱	اسمز معکوس	استفاده از غشاء برای حذف نمک‌ها و آلودگی‌ها از آب تولیدی [14].
۲	نانوفیلتراسیون	فیلتر کردن آب با استفاده از غشاهای نانو به منظور کاهش آلودگی‌ها
۳	تبخیر-تقطیر	استفاده از حرارت برای تبخیر آب و سپس تقطیر آن به منظور بازیافت آب خالص [13].
۴	تزریق آب تولیدی به مخازن نفتی	استفاده از آب تولیدی تصفیه شده برای تزریق مجدد به مخازن نفتی به منظور افزایش بازیافت نفت [11].
۵	فناوری اکسیداسیون پیشرفته	استفاده از اکسیداسیون با رادیکال‌های آزاد برای حذف مواد آلی و غیرآلی از آب تولیدی [12].

نتیجه‌گیری

مدیریت و کنترل آب اضافی تولیدی از مخازن نفت و گاز یکی از چالش‌های عمده در صنعت نفت است که نیازمند توجه ویژه و استفاده از فناوری‌های نوین می‌باشد. تولید بیش از حد آب، علاوه بر افزایش هزینه‌ها، می‌تواند به مشکلات زیست‌محیطی و بهره‌دهی منجر شود. عوامل متعددی از جمله نوع چاه، مکان حفر چاه و شرایط محیطی بر حجم آب اضافی تأثیر می‌گذارند. برای مقابله با این چالش‌ها، استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته نظیر فناوری نانو، اسمز معکوس، غشایی، بیولوژیکی و جداسازی الکتروشیمیایی می‌تواند به بهبود کیفیت آب‌های تولیدی و بازیافت آن‌ها کمک کند. این فناوری‌ها قادرند تا آلودگی‌ها را کاهش داده و آب را به منابع قابل استفاده تبدیل کنند. در نهایت، بررسی دقیق ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب تولیدی و شناخت نوع آلودگی‌های موجود، به تعیین روش‌های مناسب دفع و بازیافت کمک می‌کند. این اقدامات نه تنها به بهبود عملکرد اقتصادی شرکت‌های نفتی کمک می‌کند، بلکه به حفظ محیط زیست نیز می‌انجامد. بنابراین، پیاده‌سازی استراتژی‌های مؤثر در مدیریت آب اضافی تولیدی از مخازن هیدروکربوری امری ضروری است.

صبا شاکر

[1] Productivity
[2] Injectivity
[3] Reverse Osmosis

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

۰۳

معرفی ها

معرفی زمینه‌های فعالیت مهندسین شیمی در زمینه بازیافت و مدیریت پسماند

در دنیای امروز که چالش‌های زیست‌محیطی به یک نگرانی جهانی تبدیل شده‌اند، نقش مهندسان شیمی در مدیریت پسماند و بازیافت بیش از پیش اهمیت پیدا کرده است. این مهندسان با بهره‌گیری از دانش و تخصص خود در طراحی فرآیندها و توسعه فناوری‌های پیشرفته، به کاهش تولید پسماند، بازیافت مواد باارزش، و مدیریت موثر پساب‌های صنعتی و شهری کمک می‌کنند. هدف آن‌ها، کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی و حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده است. زمینه‌های فعالیت مهندسان شیمی در این حوزه بسیار گسترده و متنوع است. آن‌ها نه تنها در طراحی و بهینه‌سازی فرآیندهای بازیافت و تصفیه پساب نقش دارند، بلکه در توسعه مواد زیست‌تخریب‌پذیر، ارزیابی چرخه حیات محصولات، و تبدیل پسماند به انرژی نیز فعالیت می‌کنند. این تخصص‌ها به صنایع و دولت‌ها کمک می‌کند تا راهکارهای پایدارتر و موثرتر برای مدیریت پسماند و حفظ محیط‌زیست پیدا کنند.

مهندسی شیمی ابزاری قدرتمند برای حل مشکل پسماندها:

مهندسی شیمی ثابت کرده است که ابزاری قدرتمند برای ارائه راه‌حل‌های جامع به طیف وسیعی از مشکلات زیست‌محیطی است. رشته‌های کلاسیک مهندسی شیمی به‌طور گسترده‌ای در تکنولوژی‌های زیست‌محیطی معمول، مانند تصفیه فاضلاب، هضم بی‌هوازی، بیوفیلتراسیون و غیره به کار گرفته شده‌اند. در این باره می‌توان به این موضوعات کلاسیک مهندسی شیمی اشاره کرد: طراحی راکتورهای شیمیایی، سینتیک، شبیه‌سازی، کنترل، مدل‌سازی و موازنه‌های حرارتی و جرمی.

از طریق این مبانی مهندسی شیمی، بسیاری از فرآیندهای زیست‌محیطی توصیف و طراحی شده‌اند. با این حال، علم و فناوری زیست‌محیطی به‌سرعت در حال تکامل است و برخی از فرآیندها همچنان به رویکردهای مهندسی شیمی نیاز دارند[۱].

مهندسی شیمی در تصفیه آب:

تصفیه فاضلاب برای حفاظت از بهداشت عمومی و حفظ محیط زیست بسیار حیاتی است. با رشد فعالیت‌های صنعتی و جمعیت‌های شهری، حجم فاضلاب تولید شده افزایش می‌یابد و همراه با آن، انواع آلودگی‌ها نیز بیشتر می‌شوند. مهندسان شیمی در خط مقدم توسعه و بهینه‌سازی فرآیندهای تصفیه فاضلاب قرار دارند. تخصص آن‌ها در واکنش‌های شیمیایی، علم مواد و مهندسی فرآیندها برای طراحی سیستم‌هایی که نه تنها آلودگی‌های مضر را از بین می‌برند، بلکه منابع ارزشمند را نیز بازیابی می‌کنند، ضروری است و اطمینان حاصل می‌کند که تصفیه فاضلاب به‌طور مؤثر و پایدار انجام می‌شود.

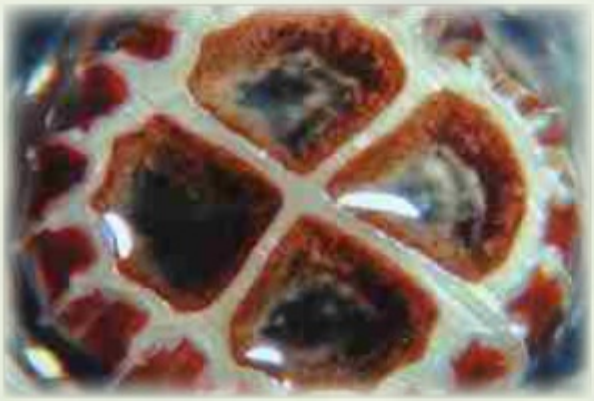
صنایع شیمیایی و دارویی در فرآیندهای تولید و تمیزکاری خود مقادیر زیادی فاضلاب تولید می‌کنند. ویژگی‌های این فاضلاب‌ها اغلب متنوع بوده و ممکن است شامل مواد تجزیه‌ناپذیر یا سمی باشند. برای حفاظت از محیط زیست، معمولاً این فاضلاب‌ها باید تصفیه شوند تا غلظت آلاینده‌ها به حداقل برسد؛ قبل از اینکه به محیط زیست تخلیه شوند یا برای تصفیه بیشتر به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری ارسال شوند. در مقایسه با روش‌های تصفیه شیمیایی و فیزیکی، فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی گزینه‌های بسیار اقتصادی و کارآمدی هستند، به ویژه هنگامی که

فاضلاب‌ها حاوی آلاینده‌های تجزیه‌پذیر زیستی باشند.

فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب به طور گسترده برای حذف مواد آلی محلول، کلوئیدی و معلق مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین از تصفیه بیولوژیکی برای حذف نیتروژن و فسفر نیز استفاده می‌شود. دو دسته از تصفیه بیولوژیکی شامل فرآیندهای رشد معلق و رشد چسبیده می‌باشد. در دسته رشد معلق، متداول‌ترین فرآیند، لجن فعال است. فرآیند رشد چسبیده که می‌تواند با استفاده از فضای کمتری (۶۰ درصد کمتر) ظرفیت تصفیه مشابهی با لجن فعال ارائه دهد، راکتور بیوفیلم بستر متحرک (MBBR) است.

شکل ۱ - در سیستم MBBR، از شبکه‌های مختلف برای حمل زیست‌توده استفاده می‌شود.

شکل ۲ - شبکه‌های هوادهی در کف راکتور MBBR، اکسیژن مورد نیاز برای رشد زیست‌توده را تأمین می‌کنند.



شکل ۳ - رشد بیولوژیکی روی حامل‌ها یک لایه نازک بیوفیلم را بر روی شبکه‌ها در سیستم MBBR تشکیل می‌دهد.

یک سیستم MBBR از رسانه‌های پلاستیکی غیرفعال در انواع مختلف استفاده می‌کند تا سطح بالایی برای حمل زیست‌توده که فاضلاب را تصفیه می‌کند، فراهم کند. شبکه‌های هوادهی نصب شده در کف مخزن، اکسیژن مورد نیاز برای رشد باکتری‌ها را فراهم می‌کند و حامل‌ها را در حالت تعلیق درون مخزن نگه می‌دارد. حرکت حامل‌ها در مخزن یک لایه نازک بیوفیلم را روی رسانه‌ها حفظ می‌کند.

راکتورهای بیوفیلم بستر متحرک (MBBR) به طور مؤثری در بهینه‌سازی فرآیند تصفیه فاضلاب نقش دارند. استفاده از رسانه‌های پلاستیکی غیرفعال در این سیستم‌ها، سطح وسیعی برای رشد بیوفیلم فراهم می‌کند که به جذب و تجزیه آلاینده‌های موجود در فاضلاب کمک می‌کند. این رسانه‌ها به طور مداوم در مخزن در حال حرکت هستند و این حرکت باعث می‌شود که لایه نازکی از بیوفیلم بر روی آن‌ها تشکیل شود، که به بهبود تماس میان میکروارگانیسم‌ها و آلاینده‌ها کمک می‌کند [۱].

تبدیل پسماند به انرژی (WTE):

تصور کنید که زباله‌های شما تنها در محل‌های دفن زباله انباشته نمی‌شوند، بلکه به جای آن، انرژی برای خانه شما تولید می‌کنند. این سناریو علمی تخیلی نیست؛ بلکه واقعیت روش‌های نوآورانه تبدیل زباله به انرژی (WTE) است.

شکل ٤ - تبدیل زباله به انرژی یکی از قدرتمندترین و مؤثرترین گزینه‌های انرژی جایگزین برای کاهش انتشار متان و دی‌اکسید کربن است.

تبدیل پسماند به انرژی (WTE) نقطه تلاقی مهمی بین پایداری زیست‌محیطی و تولید انرژی است. با شتاب گرفتن شهرنشینی و افزایش تولید پسماند، نیاز به استراتژی‌های مؤثر مدیریت پسماند بیش از پیش احساس می‌شود. فناوری‌های WTE دو مزیت دارند: کاهش حجم پسماندهای معطوف به دفن و تولید انرژی تجدیدپذیر. مهندسان شیمی نقش کلیدی در بهینه‌سازی این فرآیندها دارند، از طراحی راکتورهایی که حداکثر بازیابی انرژی را ممکن می‌سازند تا توسعه مواد پیشرفته‌ای که کارایی تبدیل را افزایش می‌دهند. در ادامه به روش‌های مختلف تبدیل پسماند به انرژی می‌پردازیم:

- سوزاندن:

سوزاندن یکی از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش‌های تبدیل زباله به انرژی است. این روش شامل سوزاندن زباله‌ها در دماهای بالا برای تولید حرارت است که می‌تواند برای تولید برق استفاده شود. در حالی که سوزاندن به طور مؤثری حجم زباله را کاهش داده و انرژی تولید می‌کند، به دلیل آزاد کردن آلاینده‌ها به جو، نقدهایی را به همراه داشته است. با این حال، نیروگاه‌های سوزاندن مدرن با تکنولوژی‌های پیشرفته کنترل آلاینده‌ها تجهیز شده‌اند که تأثیرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رسانند.

- گازی شدن (Gasification):

گازی شدن گزینه‌ای تمیزتر نسبت به سوزاندن سنتی ارائه می‌دهد. این فرآیند شامل تبدیل مواد زباله‌های آلی به گاز سنتزی (syngas) از طریق اکسیداسیون جزئی در دماهای بالا است. Syngas می‌تواند به عنوان سوخت برای تولید برق یا به عنوان خوراک شیمیایی استفاده شود. گازی شدن بسیار کارآمد است و آلاینده‌های کمتری نسبت به سوزاندن تولید می‌کند و به همین دلیل، روش امیدوارکننده‌ای برای تبدیل زباله به انرژی است.

- پیرولیز:

پیرولیز فرآیندی است که مواد آلی را در غیاب اکسیژن به طور حرارتی تجزیه می‌کند و مخلوطی از محصولات جامد، مایع و گازی تولید می‌کند. محصولات اصلی پیرولیز شامل بیوچار (biochar) (جامد)، بیو-نفت (bio-oil) (مایع) و syngas (گاز) است. پیرولیز این مزیت را دارد که محصولات جانبی ارزشمندی تولید می‌کند که می‌توان از آن‌ها در کاربردهای مختلفی مانند بهبود خاک و تولید سوخت استفاده کرد. [۳].

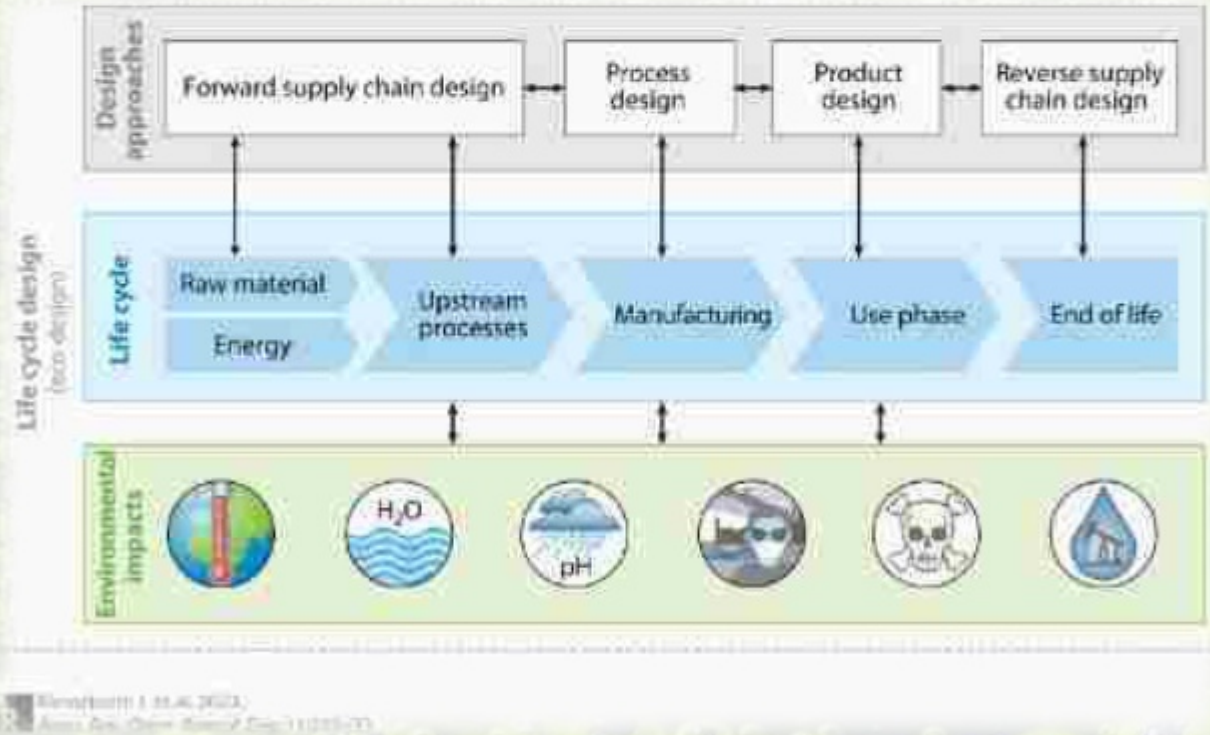
زمینه مهندسی شیمی نقشی کلیدی در پیشرفت فناوری‌های تبدیل زباله به انرژی ایفا کرده است. نوآوری‌ها در بهینه‌سازی فرآیند، توسعه کاتالیزور و کنترل آلاینده‌ها به طور قابل توجهی کارایی و عملکرد زیست‌محیطی نیروگاه‌های تبدیل زباله به انرژی را بهبود بخشیده است. به عنوان مثال، توسعه کاتالیزورهای پیشرفته برای فرآیندهای گازی شدن (Gasification) و پیرولیز، کیفیت و بازده syngas و بیو-نفت را بهبود بخشیده است. علاوه بر این، مواد و طراحی‌های جدید برای سیستم‌های کنترل آلاینده‌ها باعث کاهش آزادسازی آلاینده‌های مضر شده و نیروگاه‌های تبدیل زباله به انرژی را زیست‌محیطی‌تر کرده است[۴].

ارزیابی چرخه عمر
(Life Cycle Assessmen):

ارزیابی چرخه عمر یک ابزار تحلیلی است که برای ارزیابی تأثیرات محیطی یک محصول، فرایند، یا فعالیت از مراحل مختلف چرخه عمر آن استفاده می‌شود. این ارزیابی شامل تحلیل تمامی مراحل از استخراج مواد اولیه، تولید، استفاده، و نهایتاً دفع و بازیافت محصول است. در مهندسی شیمی، LCA به ویژه اهمیت دارد زیرا این حوزه شامل فرآیندهای پیچیده‌ای است که بر محیط زیست تأثیرات قابل توجهی دارند.

در مهندسی شیمی، LCA به مهندسان شیمی کمک می‌کند تا تأثیرات زیست‌محیطی فرآیندهای شیمیایی را بهتر درک کنند و تصمیمات بهینه‌تری در طراحی فرآیندها و انتخاب مواد خام اتخاذ نمایند. با استفاده از LCA، مهندسان شیمی می‌توانند جنبه‌های مختلف محیطی، از جمله مصرف انرژی، تولید زباله، و آلاینده‌های هوا و آب را تحلیل کنند و راه‌حل‌های بهینه‌تری برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی ارائه دهند.

ارزیابی زیست‌محیطی بیش از ۲۰ سال است که به عنوان بخشی مهم از طراحی فرآیند شیمیایی شناخته شده است. معیارها و شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی زیست‌محیطی پیشنهاد شده و در طراحی فرآیند استفاده شده است. این معیارها معمولاً تأثیرات زیست‌محیطی را به عنوان بخشی از ارزیابی خطرات زیست‌محیطی، بهداشتی و ایمنی بررسی می‌کنند و دسته‌های تأثیر شامل سمیت حاد، تجزیه‌پذیری و پتانسیل تخریب ازن هستند. تمرکز معیارهای زیست‌محیطی، بهداشتی و ایمنی اغلب محدود به در دسترس بودن داده‌ها و دامنه مقررات فعلی است و به همین دلیل به خود فرآیند مورد نظر محدود می‌شود. گسترش دامنه ارزیابی به فراسوی فرآیند مطلوب است تا بتوان به معادلات احتمالی در طول چرخه کامل عمر پرداخته شود.



شکل ۵ - طراحی چرخه عمر به رویکردی جامع اشاره دارد که در آن روش‌های طراحی مختلف برای پوشش دادن به مراحل مختلف چرخه عمر یک محصول به کار می‌روند، در حالی که چندین تاثیر زیست‌محیطی را در نظر می‌گیرد. این روش تضمین می‌کند که هر مرحله از چرخه عمر محصول، از استخراج مواد اولیه تا تولید، استفاده و پایان عمر یا بازیافت، با در نظر گرفتن اثرات محیطی مختلف طراحی و بهینه‌سازی شود.

ارزیابی چرخه عمر (LCA) به عنوان یک ابزار استاندارد برای اندازه‌گیری تأثیرات زیست‌محیطی در طول چرخه کامل عمر یک محصول یا فرآیند، از جمله ارائه مواد اولیه، تولید، استفاده و نهایتاً بازیافت یا دفع نهایی، شناخته شده است. LCA با در نظر گرفتن تمام مراحل چرخه عمر و ارزیابی چندگانه تأثیرات زیست‌محیطی، تلاش می‌کند تا از انتقال مشکلات بین مراحل مختلف چرخه عمر و دسته‌های تأثیرات زیست‌محیطی جلوگیری کند. این ویژگی‌ها به ارزیابی متوازن تغییرات در تمام مراحل چرخه عمر و دسته‌های تأثیر کمک می‌کند.

مزیت‌های LCA این است که به بررسی تأثیرات محیطی در مقیاس وسیع‌تری نسبت به معیارهای محیطی، بهداشتی و ایمنی موجود می‌پردازد. به این ترتیب، LCA امکان می‌دهد تا تغییرات و تعارضات بالقوه در طول چرخه عمر محصول یا فرآیند شیمیایی به طور متوازن مورد ارزیابی قرار گیرد و از بروز مشکلاتی که ممکن است در یک مرحله خاص یا در اثر تغییرات به وجود آید، جلوگیری کند[۵].

مرور و نتیجه‌گیری:

مهندسی شیمی نقش اساسی در مدیریت پسماند و بهبود فرآیندهای زیست‌محیطی دارد، به ویژه از طریق تصفیه بیولوژیکی فاضلاب، تبدیل پسماند به انرژی (WTE)، و طراحی چرخه عمر. این حوزه از مهندسی با استفاده از روش‌های نوین و کارآمد، به کاهش حجم پسماند، تولید انرژی پایدار، و به حداقل رساندن تأثیرات زیست‌محیطی کمک می‌کند. فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی با بهره‌گیری از تکنولوژی‌هایی مانند MBBR، به بهبود کیفیت آب و کاهش آلاینده‌ها پرداخته و روش‌های WTE به عنوان یک راه‌حل دوگانه، علاوه بر مدیریت پسماند، به تولید انرژی پاک و تجدیدپذیر می‌پردازند. در نهایت، طراحی چرخه عمر با ارزیابی تمام مراحل زندگی محصولات، از استخراج مواد اولیه تا پایان عمر، به شناسایی و کاهش تأثیرات زیست‌محیطی کمک می‌کند. این ترکیب از رویکردها و تکنیک‌ها نشان‌دهنده قدرت مهندسی شیمی در ایجاد سیستم‌های پایدار و بهینه در مدیریت پسماند است.

جعفر رضایی

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

معرفی رویدادها

۰۱	اولین نشست مدیریت پسماندهای پلاستیکی در کمیسیون توسعه پایدار اتاق ایران: «در ایران سالانه ۴ میلیون تن پسماند پلاستیکی تولید می‌شود»
۰۲	استارتاپ فرانسوی و تبدیل زباله پلاستیکی به صندلی برای بازی‌های المپیک پاریس

۱ اولین نشست مدیریت پسماندهای پلاستیکی در کمیسیون توسعه پایدار اتاق ایران: «در ایران سالانه ۴ میلیون تن پسماند پلاستیکی تولید می‌شود»

شکل ۱ - اولین نشست مدیریت پسماندهای پلاستیکی در کمیسیون توسعه پایدار اتاق ایران

موضوع نشست کمیسیون استاندارد محیط‌زیست توسعه پایدار اتاق ایران، ظرفیت سازی برای اقتصاد چرخشی در مدیریت پسماندهای پلاستیکی بود و گزارشی مرتبط با این موضوع از سوی **ابوعلی گلزاری**، استاد دانشگاه تهران ارائه شد.

در بخشی از این گزارش عنوان شد: پلاستیک یکی از پرمصرف‌ترین مواد در جهان است که کاربردهای مختلفی از بسته بندی گرفته تا ساخت و ساز و الکترونیک دارد. با این حال، تولید پلاستیک چالش‌های محیط زیستی و اجتماعی مهمی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای، تولید پسماند و آلودگی دریایی را نیز به همراه دارد. در سال ۱۹۵۰ در جهان فقط ۲ میلیون تن در سال پلاستیک تولید می‌شد. از آن زمان تاکنون تولید سالانه، حدود ۱۸۴ برابر افزایش یافته و به ۳۶۸میلیون تن در سال ۲۰۱۹ رسیده است که ۶۲ درصد آن در آسیا، ۱۸ درصد در اروپا، ۱۱ درصد در آمریکای شمالی، ۶ درصد در خاورمیانه و آفریقا و ۳ درصد در آمریکای جنوبی تولید شده است. تا سال، ۲۰۱۹ جهان ۹/۵ میلیارد تن پلاستیک تولید کرده است که بیش از یک تن پلاستیک برای هر فرد زنده امروزی است.

پلاستیک‌های «PET، HDPE، PVC، LDPE، PP،PS » معادل ۸۶ درصد از کل تولید پلاستیک را به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس آمار موجود ظرفیت تولید انواع پلاستیک در ایران در سال، ۱۳۸۹ معادل ۵/۰۵۷ میلیون تن بوده است. بر این اساس ایران حدود ۱/۹ درصد از کل ظرفیت تولید پلاستیک جهان را در این سال به خود اختصاص داده است. عمده‌ترین بخش‌هایی که در ایران از مواد پلاستیکی استفاده می‌کنند، بسته‌بندی، ساختمان سازی، کشاورزی، خودروسازی، نساجی و لوازم‌خانگی است.

پسماند پلاستیکی یک چالش بزرگ محیط‌زیستی

است که کل جهان را تحت تأثیر قرار داده است. طبق گزارش‌ها، پلاستیک‌ها حدود ۱۷ درصد از تولید پسماندهای جامد شهری در جهان را در سال ۲۰۱۹ به خود اختصاص داده‌اند. این حجم از پسماند پلاستیکی تولید شده در انتها وارد فرایند های بازیافت، زباله‌سوز و دفن شده‌اند و باقی‌مانده آن‌ها به‌صورت نامناسب مدیریت شده است.

یکی از راهکارهایی که عمدتاً ارائه می‌شود جایگزین کردن پلاستیک با سایر مواد است؛ بر اساس پژوهش‌ها بر روی مقایسه ردپای محیطزیستی کیسه‌های پلاستیکی با کیسه‌های کاغذی و پارچه‌ای بدون در نظر گرفتن آثار ناشی از رها شدن پسماند آن در طبیعت، ردپای محیطزیستی کیسه‌های پلاستیکی معمولی از جنس پلی‌اتیلن چگالی پایین از تمامی انواع دیگر کیسه‌ها به مراتب پایین‌تر است. ردپای کیسه‌هایی از جنس کاغذ ۴۲ برابر، و برای کیسه‌هایی از جنس پارچه با منشأ کشاورزی صنعتی بیش از ۷ هزار برابر و کیسه‌هایی از جنس پارچه با منشأ کشاورزی ارگانیک ۲۰هزار برابر کیسه‌هایی از جنس LDPE است. به عبارت دیگر، برای برابر شدن ردپای محیطزیستی یک کیسه کاغذی یا پارچه‌ای صنعتی، با یک کیسه پلاستیکی از جنس LDPE، کیسه کاغذی باید حداقل ۴۲ بار و کیسه پارچه‌ای باید بیش از ۷هزار بار استفاده شود. همچنین ردپای کربن یک کیسه پلاستیکی ۱/۵۷ کیلوگرم است که این رقم در صورت ۴ بار استفاده مجدد به ۱/۳۸ می‌رسد. این در حالی است که کیسه پارچه‌ای برای رسیدن به ردپای کربن ۱/۵۷ کیلوگرم باید ۱۷۱ بار استفاده شود. همچنین در مقایسه میان کیسه کاغذی و پلاستیکی مشخص می‌شود که تولید ۱۵۰۰ کیسه پلاستیکی نیاز به مصرف ۱۴/۹ کیلوگرم سوخت فسیلی دارد، حال‌آنکه این رقم برای تولید ۱۵۰۰ کیسه کاغذی، بسیار بیشتر است. پس می‌توان گفت که در صورت مدیریت پسماندهای پلاستیکی، به‌نوعی که سبب تفکیک آن‌ها از مبدا شده و به طور کامل جمع‌آوری گردد و به محیط سرایت نکند، ردپای محیطزیستی محصولات پلاستیکی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از گزینه‌های جایگزین آن‌هاست و فشار کمتری به اقلیم وارد می‌کند.

وضعیت پسماند پلاستیک در ایران

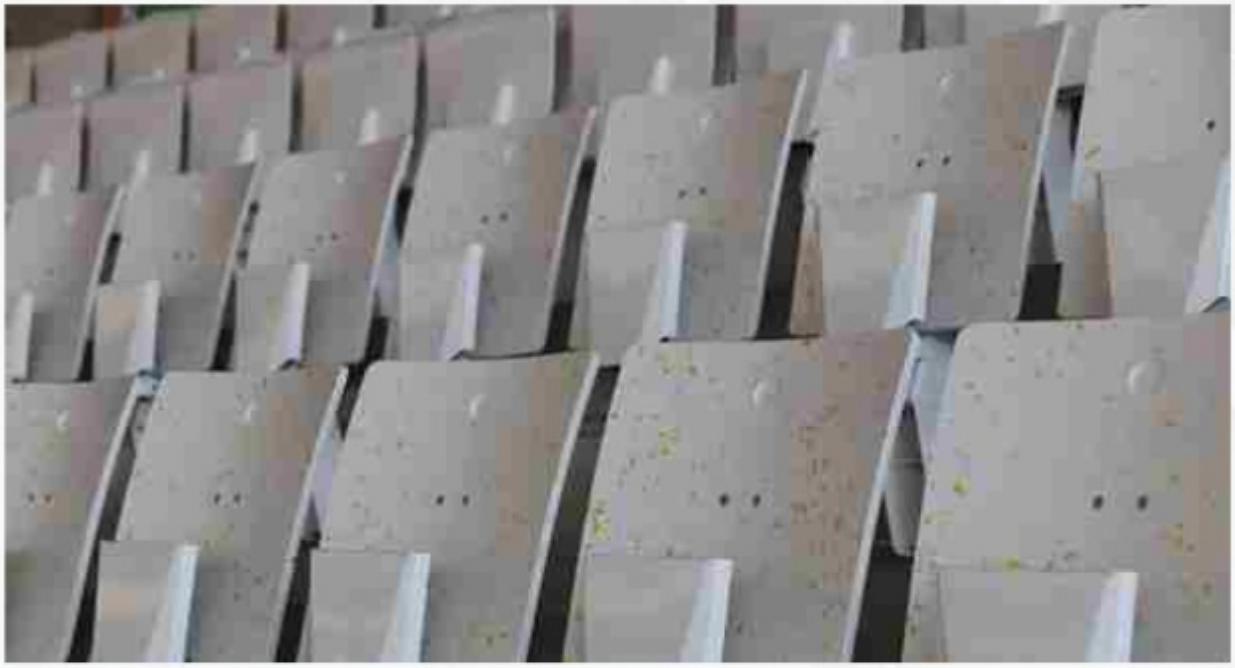
درمجموع ایران سالانه حدود ۴ میلیون تن پسماند پلاستیکی تولید می‌کند که حدود ۵۰۰هزار تن از آن، پسماند کیسه پلاستیکی است. بخش کوچکی (کمتر از ۱۰ درصد) از پسماند پلاستیکی، جداسازی و بازیافت می‌شود و بقیه مدفون یا سوزانده می‌شوند. بر این اساس، ایران هفدهمین کشور جهان از منظر حجم پسماند پلاستیکی تولیدی است. در سال ۲۰۱۹ حدود ۴۹۶ هزار تن پسماند پلاستیکی در ایران سوء مدیریت شدند که خسارت این عدم مدیریت صحیح پسماندهای پلاستیکی در ایران سالانه سه‌هزار میلیارد تومان برآورد می‌شود.

در نهایت دکتر پدیدار، رئیس کمیسیون توسعه پایدار اتاق ایران هم بیان کرد: برای دستیابی به مدیریت بهینه باید موضوع را به‌صورت جامع بررسی کرد. شکاف‌های ملی در ساختار مدیریت پسماند خود مسئله بسیار مهمی است. باید روندها، حمایت‌ها و همه مکانیزم‌ها را بررسی کرد و به نتیجه جامع‌تری دست یافت.

فرحان فارسیجانی

لینکدین دکتر ابوعلی گلزاری

۰۲ استارت‌آپ فرانسوی و تبدیل زباله پلاستیکی به صندلی برای بازی‌های المپیک پاریس



شکل ۱ - صندلی‌های تولید شده از پسماندها

برگزارکنندگان بازی‌های المپیک ۲۰۲۴ فرانسه بیان کرده‌اند که المپیک ۲۰۲۴ سبزترین المپیک برگزار شده تا کنون خواهد بود، همچنین آن‌ها در اهداف خود گفته‌اند که می‌خواهیم گازهای گلخانه‌ای ناشی از بازی‌ها را به نصف کاهش دهیم، و بیشتر از کربن دی‌اکسیدی که تولید می‌کنیم، مصرف کربن دی‌اکسیدی داشته باشیم.
ماریوس هملوت[1]، یک معمار ۲۹ ساله کارآفرین است. او چندین سال تلاش کرده است که زباله‌های جمع آوری شده در محله‌های پاریس را به محصولات بادوام تبدیل کند. او در سال ۲۰۱۸ کمپانی خود را تاسیس کرد، و در سال بعد توانست یک فناوری قالب گیری فشرده سازی حرارتی را برای استفاده در ساختمان سازی به ثبت برساند. او و همکارانش با همین تکنولوژِی ابداع شده توانستند با استفاده از بطری و درهای پلاستیکی آن‌ها، حدود ۱۱۰۰۰ صندلی را که در دو میدان المپیک ۲۰۲۴ فرانسه برای تماشاچیان در نظر گرفته شده بود را بسازند. به گفته آقای هملوت برای ساخت این صندلی‌ها چیزی حدود ۱۰۰ تن از ضایعات «HDPE[2]» مورد استفاده قرار گرفته است. که این موضوع خود، یک قدم کوچک برای اثبات وعده برگزارکنندگان بازی‌ها بود.
کمپانی هملوت با استفاده از ضایعات «Polystyrene،HDPE» پنل‌هایی را می سازد که این پنل‌ها برای ساخت تمامی ۱۱۰۰۰ صندلی بازی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[1] Marius Hamelot
[2] High-density polyethylene

شکل ۲ - پنل‌های تولید شده

دلیل اینکه در این پنل‌ها لکه‌های رنگی دیده می‌شود بنا به گفته آقای همولت به این خاطر است که نمایانگر ساخته شدن از مواد بازیافتی هستند و خود این لکه‌ها به نوعی زیبایی خاصی به اشیا می‌دهد.

برخی از صندلی‌های ساخته شده مشکی رنگ هستند و دلیل آن این است که مواد اولیه این صندلی‌ها از کیسه زباله مردم محله سنت‌دنیس[3] پاریس جمع‌آوری شده است، و رنگ سفید هم به دلیل ضایعات پلاستیکی صنعتی و بطری‌های شامپو است.

برای ساخت صندلی‌های مسابقات شنا المپیک که زرد رنگ هستند، کمپانی همولت با یک شرکت محلی که کارکنان آن از افراد نیازمند انتخاب می‌شوند، همکاری می‌کند. در این شرکت بطری‌های پلاستیکی از ۶۰ نقطه مختلف پاریس جمع‌آوری و بر اساس رنگ طبقه بندی می‌شوند، حال با توجه به رنگ مورد نظر، این بطری‌ها با دیگر مواد ضایعاتی کمپانی همولت مخلوط شده و پس از آنکه وارد قالب‌ها می‌شوند مورد حرارت و فشار قرار می‌گیرند. این صندلی‌ها پس از فرآیندهای دیگر از جمله سندباده زنی، تبدیل به صندلی‌های زرد رنگ مسابقات شنا می‌شوند.

مجموعه‌ای متنوع از محصولات به لطف زباله‌های پلاستیکی

کمپانی همولت علاوه بر صندلی اقدام به تولید دیگر کالاها با استفاده از ضایعات پلاستیکی نیز کرده است، از این بین می‌توان به انواع مختلف دکور و مبلمان و دیوار پوش‌ها اشاره کرد، همچنین به دلیل کیفیت بالای مواد سازنده علاوه بر استفاده آن‌ها در داخل خانه‌ها می توان از آن‌ها را در دیگر محیط‌ها نیز استفاده نمود.

[3] Saint-Denis

شکل۳ - استفاده از مواد بازیافتی در دکوراسیون خانه‌ها

هممولت می‌گوید: ما با همکاری آزمایشگاه بین‌المللی «French lab» توانستیم که محصولات خود را در برابر حرارت مقاوم کنیم و عناصر برم و فلوئور و دی را از محصولاتمان بزداییم، اکنون محصولات ما مقاوم در برابر آب و مواد شیمیایی و حرارت تا ۱۲۰ درجه سلسیوس است که این میزان مقاومت گرمایی برای محصولاتی که از مواد «Polystyrene» ساخته می‌شوند بالاتر از این مقدار است.

همچنین او افزود که: ما به دنبال این هستیم که همکاری خود را گسترش دهیم و در نظر داریم که شرکایی در آفریقا، آسیا و کانادا داشته باشیم که بتوانیم محصولات خود را در انواع مشاغل بخش ساختمان سازی، معماری و صنایع دستی عرضه کنیم. هدف ما این است که بتوانیم تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۱۰۰۰۰۰ تن از مواد ضایعاتی را تبدیل به محصولاتمان بکنیم.

فرحان فارسیجانی

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

شرکت‌های داخلی و خارجی فعال در زمینهٔ مدیریت پسماند

01 Attero Recycling

02 Farayandsabz

شرکت فرآیند سبز پاکان

03 Rubicon Global

01 Attero Recycling

معرفی شرکت Attero Recycling:

شرکت Attero Recycling در سال ۲۰۰۷ میلادی با هدف بازیابی و بازیافت ضایعات الکترونیکی و فروش اقلام حاصل از تجزیهٔ این نوع پسماندها، در کشور هند تأسیس شد. این شرکت با سرمایهٔ تأمین شدهٔ بالغ بر ۲۶ میلیون دلار، خریدار ضایعات الکترونیکی عمده و خرد شرکت‌های بزرگی مانند LG و Acer است و در کشورهای کره جنوبی، مجارستان و استرالیا نیز فعالیت می‌کند. Attero Recycling در زمینهٔ بازیابی (بهسازی و فروش مجدد) و بازیافت (تجزیه و استخراج فلزات ارزشمند) تجهیزات الکترونیکی مانند گوشی‌های تلفن همراه، انواع رایانه و نمایشگر و محصولاتی از این دست فعالیت می‌کند. این شرکت با استفاده از فناوری نوین خود که توسط ناسا نیز از آن تقدیر شده‌است، توانسته با هزینهٔ پایین و به صورت سازگار با محیط زیست، فلزات خالص کمیاب را از وسایل غیر قابل استفادهٔ الکترونیکی استخراج نماید. برای جمع‌آوری پسماندهای الکترونیکی نیز این شرکت یک زنجیرهٔ تأمین معکوس سراسری در هند راه‌اندازی کرده‌است. از طرف دیگر، برخی از وسایل الکترونیکی که همچنان قابل تعمیر و استفادهٔ مجدد هستند را نیز در قالب وبسایتی دیگر تحت عنوان gobol.in با قیمت پایین به فروش می‌رساند.

شکل ۱ - دفتر مرکزی شرکت Attero Recycling واقع در کشور هند.

فرآیند سبز پاکان 02

شکل ۲ - لوگو شرکت فرآیند سبز پاکان

معرفی شرکت فرآیند سبز پاکان:

شرکت فرآیند سبز پاکان فعالیت خود را از سال ۱۳۷۷ در زمینهٔ مشاوره، طراحی، ساخت و بهره‌برداری مراکز مدیریت پسماند و پروژه‌های زیست‌محیطی آغاز نمود. از جمله اولین فعالیت‌های این شرکت، پروژهٔ بازیافت پساب واحد پودر شرکت تولی پرس و راه‌اندازی پایلوت سیستم‌های تصفیهٔ فاضلاب در برخی از صنایع استان قزوین بود. این شرکت در همکاری با دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران، اقدام به حمایت از پایان‌نامه‌های مرتبط با موضوعات محیط زیست و مدیریت پسماند در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری می‌نماید. شرکت فرآیند سبز پاکان همچنین در سال ۱۳۹۱ برای نخستین بار در خاورمیانه سیستم بازیافت لجن PNG به روش درام‌درایر را طراحی و اجرا کرد. فرآیند سبز پاکان اکنون پس از ۲۰ سال تجربه، در حال گسترش فعالیت در زمینهٔ طراحی و ساخت سیستم پیرولیز پیشرفته برای دفع اصولی انواع پسماندهای شهری و صنعتی و پزشکی، طراحی و بهره‌برداری از مراکز مدیریت انواع پسماندهای صنعتی، شهری و پزشکی در کشور، تجهیزات صنعتی، ارائهٔ سیستم‌های نوین گندزدایی بر اساس الکترولیز نمک و سیستم‌های آب‌شیرین‌کن، طراحی و ساخت پکیج‌ها و سیستم‌های نوین تصفیهٔ فاضلاب با هدف استفادهٔ مجدد فاضلاب، سیستم‌های بی‌خطرسازی پسماندهای عفونی (اتوکلاو)، نرم‌افزار جامع مدیریت پسماند کشور و... می‌باشد.

با وجود ۲ دهه فعالیت موفق در بسیاری از زمینه‌های محیط زیست که با اعلام رضایت مشتریان در بخش‌های خصوصی و دولتی نیز همراه بوده است، همواره در جهت بهبود روند و کیفیت در کشور پیش رفته‌اند. FSP با پیشرفت دانش فنی و تمرکز بر حل مشکلات صنعتی مربوط به حوزه محیط‌زیست که به عنوان خط مشی اصلی این شرکت محسوب می‌شود، اهداف متعددی را مبنای کاری خود قرار داده است. از مهم‌ترین اهداف شرکت فرآیند سبز می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- طراحی، ساخت و راه‌اندازی سیستم پیرولیز پیشرفته برای بازیافت و دفع پسماندها
- طراحی و ساخت تجهیزات صنعتی زیست‌محیطی با تأکید بر درام‌درایر
- خدمات اجرایی مرتبط با مدیریت پسماند (اعم از تثبیت، دفع و دفن اصولی پسماندها و...)
- تبادل و صادرات پسماندها
- حمایت مادی و معنوی از دانشجویان در مقطع کارشناسی ارشد، دکتری
- طراحی، بهره‌برداری و اجرای مراکز مدیریت انواع پسماندهای صنعتی، ویژه، پزشکی و شهری

03 Rubican Global

معرفی شرکت Rubican Global:

استارتاپ Rubican Global که در زمینهٔ مدیریت تولید پسماند و جمع‌آوری زباله فعالیت دارد، در سال ۲۰۰۸ میلادی در ایالات متحده امریکا تأسیس شد. Rubican Global با سرمایهٔ تأمین‌شدهٔ بیش از ۲۶۱ میلیون دلار، یکی از بزرگ‌ترین استارتاپ‌های فعال جهان در حوزهٔ مدیریت پسماند به شمار می‌رود. این شرکت پلتفرمی نرم‌افزاری است که تولیدکنندگان پسماندهای حجیم و ویژه را به شرکت‌های جمع‌آوری پسماند و رانندهٔ کامیون‌ها مرتبط می‌کند؛ به این صورت که مشتریانی که نیاز به جمع‌آوری پسماندهای خود دارند می‌توانند درخواست خود را به صورت آنلاین ثبت کرده، هزینهٔ جمع‌آوری را مشاهده کرده و گزارش‌های مربوط به عملکرد خود را رؤیت کنند. این شرکت که شبکه‌ای از کامیون‌های جمع‌آوری زباله دارد، به مشتریان خود این امکان را می‌دهد تا از طریق اپلیکیشن، درخواست جمع‌آوری زبالهٔ خود را بدهند یا حتی برای آن برنامه تنظیم کنند.

شکل ۳ - اسکلت بیرونی طراحی شده برای رفتگران توسط شرکت Rubican Global

Rubican Global علاوه بر دریافت هزینه‌های دوره‌ای بر مبنای تعداد دفعات جمع‌آوری و میزان پسماند، می‌تواند با فروش ضایعات قابل بازیافت درآمدزایی کند. تولیدکنندگان ضایعات

شکل ٤ - کامیون جمع‌آوری زبالهٔ شرکت Rubican Global

حجیم و ویژهٔ صنعتی یا خانگی و شرکت‌ها و سازمان‌هایی با تولید پسماند بالا که خارج از محدودهٔ سرویس‌دهی شهرداری‌ها قرار دارند، عمدهٔ مشتریان این استارتاپ را تشکیل می‌دهند شرکت Rubican Global همچنین در سال ۲۰۱۸ میلادی با همکاری مؤسسهٔ فناوری جورجیا با هدف بهبود سطح سلامت و افزایش ایمنی حین کار، برای رفتگران اسکلت بیرونی طراحی کردند. این شرکت بر این باور است که ایمنی رفتگران از اهمیت زیادی برخوردار است و سرمایه‌گذاری بر فناوری‌های پوشیدنی مناسب آن‌ها بسیار باارزش است.

سپهر قره‌چاهی

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.

معرفی مشاهیر

ویلیام مک‌دونا[1] متولد ۲۰ فوریه ۱۹۶۷، یک معمار، طراح و فعال محیط‌زیست آمریکایی است. او به خاطر کارهای نوآورانه خود در زمینه طراحی پایدار، اقتصاد چرخشی و مدیریت پسماند شناخته می‌شود. مک‌دونا به عنوان یکی از پیشگامان طراحی سبز در سطح جهانی در نظر گرفته می‌شود و تأثیر عمیقی بر صنعت ساختمان و توسعه پایدار داشته است. مک‌دونا در دانشگاه وبستر واقع در سنت لوئیس، میسوری، تحصیل کرده و در سال ۱۹۸۱ مدرک لیسانس خود را در رشته معماری کسب کرده است. سپس او به دانشگاه هاروارد رفت و در آنجا مدرک فوق لیسانس خود را در رشته طراحی محیط‌زیست به دست آورد.

پس از فارغ‌التحصیلی، مک‌دونا به کار در زمینه معماری و طراحی مشغول شد و در سال ۱۹۹۴ شرکت معماری خود به نام (MBDC)[2] را تأسیس کرد. این شرکت بر طراحی پایدار و مشاوره در زمینه مواد و محصولات سازگار با محیط‌زیست تمرکز دارد.

فلسفه طراحی بدون پسماند

مک‌دونا به عنوان یکی از طراحان اصلی مفهوم طراحی بدون پسماند (Cradle to Cradle)، به تعریفی جدید از طراحی و مدیریت پسماند پرداخته است. این فلسفه به دنبال آن است که محصولات نه تنها بدون آسیب به محیط‌زیست تولید شوند، بلکه در پایان عمر خود نیز قابلیت بازیافت و استفاده مجدد را داشته باشند. وی بر

شکل ۱ - ویلیام مک‌دونا در کنگره جهانی توسعه پایدار در سال ۲۰۲۳

این اصل تأکید دارد که محصولات باید به گونه‌ای طراحی شوند که مواد به کار رفته در آن‌ها یا قابل بازگشت به چرخه طبیعی باشند یا به گونه‌ای در دسترس باشند که در فرآیندهای صنعتی دیگر مورد استفاده قرار گیرند.

برنامه‌های عملی و ابتکارات

در عمل، مک‌دونا با همکاری شرکت‌ها و نهادهای مختلف، مجموعه‌ای از برنامه‌ها و ابتکارات را به اجرا درآورده است. به عنوان مثال، او با یک شرکت بسته‌بندی مشهور همکاری کرد تا بسته‌بندی‌های قابل بازیافت و کاملاً پایدار ایجاد کند. این بسته‌بندی‌ها نه تنها به محیط‌زیست آسیبی نمی‌زنند، بلکه می‌توانند به چرخه تولید بازگردانده شوند و در تولید محصولات جدید مورد استفاده قرار گیرند.

علاوه بر این، وی در پروژه‌های مختلفی شرکت کرده که هدفشان کاهش پسماند در فرآیندهای تولید و افزایش بهره‌وری منابع است. به عنوان مثال، در برخی از پروژه‌های ساختمانی، مک‌دونا طراحی‌های خود را به گونه‌ای انجام داده که مواد زائد کاهش یابد و در نهایت از پسماندهایی که معمولاً در ساخت و ساز به وجود می‌آید، استفاده مجدد شود.

شکل ۲ - مفهوم (Cradle to Cradle)که توسط مایکل براونگارت و ویلیام مک‌دانا مطرح شده است، بر طراحی چرخه‌های پایدار تأکید دارد.

یکی از جنبه‌های کلیدی کارهای مک‌دونا، توجه به چرخه عمر محصولات است. او تصریح می‌کند که طراحان باید از ابتدای فرآیند طراحی، به فکر آن باشند که محصول در پایان عمرش چگونه مدیریت خواهد شد. این نگرش، تأثیر عمیقی بر صنعت مد و فشن، ساختمان‌سازی و تولید صنعتی گذاشته است. برای مثال، با استفاده از مواد تجزیه‌پذیر و قابل بازیافت، طراحان می‌توانند از تأثیر منفی محصولات خود بر محیط‌زیست بکاهند.

شکل۳ - ویلیام مک دونا در رویداد SXSW Eco، ۱۱ اکتبر ۲۰۱۶ در آستین

تأثیر بر سیاست‌های جهانی

مک‌دونا نه تنها در سطح عملی و طراحی، بلکه در سطح سیاست‌گذاری نیز تلاش کرده است تا به تغییر در رویه‌های کنونی کمک کند. او به کنفرانس‌های بین‌المللی دعوت شده است تا تجربیات و یافته‌های خود را با مقامات، سیاستگذاران و فعالان حوزه محیط‌زیست به اشتراک بگذارد. این تأثیرات به صورت قابل‌توجهی به تغییرات در سیاست‌های مدیریت پسماند و بهبود مقررات مربوط به بازیافت و استفاده از منابع در کشورهای مختلف انجامیده است.

در پروپوزال‌ها و پروژه‌های مک‌دونا، بسیاری از برندهای بزرگ جهانی به منظور اصلاح شیوه‌های

تولید و بسته‌بندی خود با او همکاری کرده‌اند. به عنوان مثال، پروژه‌های همکاری با شرکت‌های تولید کفش و لباس، منجر به طراحی‌های نوآورانه‌ای شده که به صورت کامل قابل بازیافت یا تجزیه هستند.

جوایز و افتخارات

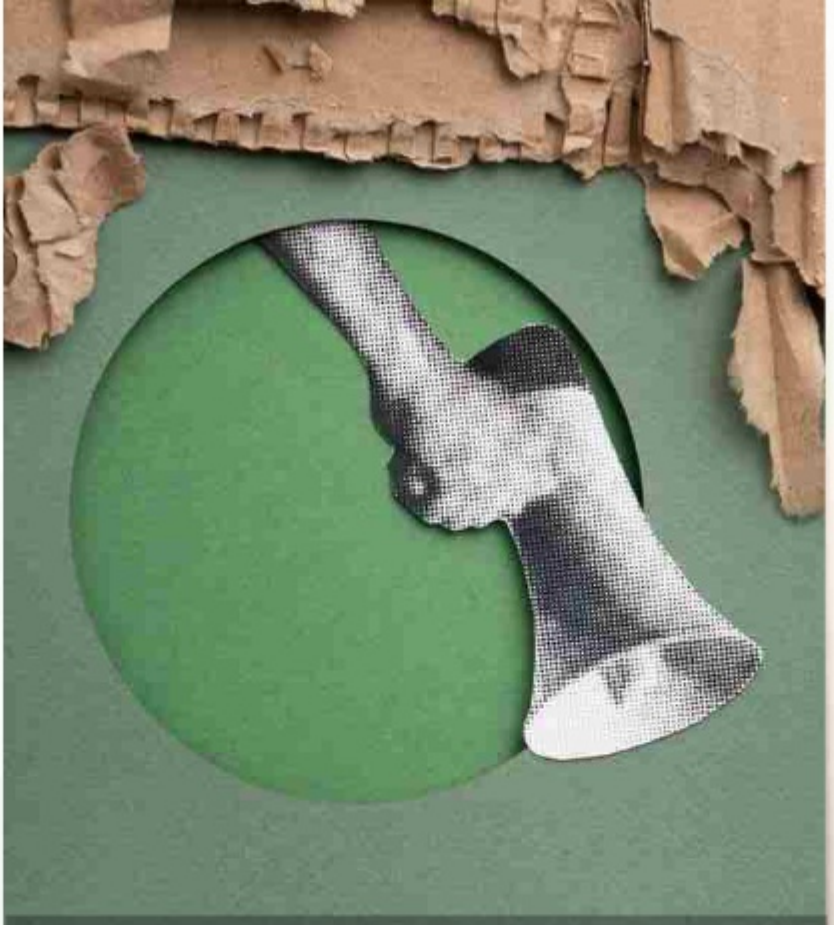
ویلیام مک‌دونا به خاطر پیشرفت‌های خود در زمینه طراحی پایدار و مدیریت محیط‌زیست، جوایز و افتخارات متعددی دریافت کرده است که برخی از آن‌ها عبارتند از:

- فهرست ۱۰۰ رهبر تاثیرگذار در اقدامات اقلیمی کسب‌وکار در مجله تایم ، ۲۰۲۳
- ۵۰ رهبر برتر جهان، مجله فورچون، ۲۰۱۹
- جایزه رهبری شورای ساختمان‌های سبز ایالات متحده، ۲۰۱۶
- جایزه رهبری علمی بصیرت‌گرایان قرن ۲۱، EPA ایالات متحده، ۲۰۰۸
- جایزه شیمی سبز ریاست‌جمهوری، رئیس‌جمهور جرج بوش (برای همکاری با صنایع هاتاوی)، ۲۰۰۴
- قهرمان زمین، مجله تایم، ۱۹۹۹
- جایزه ریاست‌جمهوری ایالات متحده برای توسعه پایدار، رئیس‌جمهور کلینتون، ۱۹۹۶ و...

مبینا قنبری

[1] William McDonough
[2] McDonough Braungart Design Chemistry

برای دسترسی به منابع، بارکد را اسکن کنید.



۰۴

مصاحبه

مصاحبه نشریه میم با مهندس فرید سماوات

موضوع مصاحبه: کارگروه بازیافت انجمن صنایع پلیمر ایران

ابتدا از زمانی که برای نشریه میم اختصاص داده‌اید، قدردانی می‌کنیم.

۱. لطفاً خودتان را معرفی کرده و درباره مسیر حرفه‌ای خود توضیح دهید.

من فرید سماوات هستم. کارشناسی مهندسی صنایع را از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی را از دانشگاه علامه طباطبایی دریافت کرده‌ام. سابقه کاری من عمدتاً در زمینه تحلیل سیستم‌ها و واحد مهندسی صنایع بوده است. از سال ۱۳۸٦ به مجموعه طب پلاستیک پیوستم و در ابتدا به عنوان مدیر مهندسی سیستم‌ها و در نهایت مدیر تحقیق و توسعه (R&D) طب پلاستیک مشغول به کار بودم تا سال ۱۳۹۷ که شرکت ویرا بسپار تاسیس شد و من به عنوان مدیرعامل آن انتخاب شدم. شرکت ویرا بسپار برتر شرق زیرمجموعه هولدینگ طب پلاستیک است و فعالیت اصلی آن در زمینه تولید مستربچ و کامپاند است. در سال ۱٤۰۰، برای شرکت طب پلاستیک در پروژه راه‌اندازی خط شست‌وشو و گرانول‌سازی بازیافت با نام تجاری «ازنا» مشارکت داشتم و پس از آن مستقیماً به تولید مستربچ و کامپاندهای پلیمری پرداختم.

۲. منظور از کمیسیون محیط زیست و توسعه پایدار چیست؟

در انجمن ملی، کمیسیون‌های مختلفی وجود دارد، مانند کمیسیون‌های فنی، بازرگانی، آموزشی و غیره. یکی از کمیسیون‌های جدید تأسیس شده، کمیسیون محیط زیست و توسعه پایدار است. آغاز فعالیت این کمیسیون از آذر ماه سال ۱۴۰۲ بوده.

یکی از اهداف اصلی این کمیسیون، استانداردسازی فرآیند بازیافت در دو زمینه تولید و فرآیند است. در این راستا، ما به دنبال ایجاد یک دیتابیس از تولیدکنندگان، بازرگانان و محققان هستیم. در یک کلام، هدف اصلی این کمیسیون، سیستماتیک کردن فرآیند و صنعت بازیافت پلاستیک است که سال‌ها به صورت سنتی انجام می‌شده است.

انجمن ملی صنایع پلیمر ایران

۳. در رابطه با چالش‌های صنعت بازیافت، لطفاً نظرتان را بفرمایید.

اگر بخواهیم در مورد بازیافت پلاستیک صحبت کنیم، باید بگوییم که این چالش تنها مختص ما نیست؛ بازیافت پلاستیک چالشی جهانی است که اهمیت آن با رشد مصرف پلاستیک و انتقال کاربردهای آن به حوزه‌های تخصصی‌تر بیشتر شده است. پلاستیک‌ها نقشی کلیدی در توسعه بشر داشته‌اند، اما تبعات زیست‌محیطی آن‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که حذف پلاستیک ممکن نیست، باید با مکانیزم‌های کارآمد بخشی از آن را به چرخه بازیافت بازگردانیم تا اثرات منفی کاهش یابد.

چه کار می‌توانیم انجام دهیم؟ در شرایط خاص، ممکن است برخی مواد مانند کاغذ یا مواد زیست‌پایه به جای پلاستیک استفاده شوند، به شرطی که ارزان و قابل بازیافت باشند. اما به طور کلی به جز در برخی موارد محدود، جایگزینی برای پلاستیک وجود ندارد. باید به جایگزین‌هایی فکر کنیم که واقعاً توجیه اقتصادی داشته باشند.

بنابراین، مهم‌ترین چالش بازیافت پلاستیک، تولید هدفمند و بهینه با افزایش کارایی است. پلاستیک در کاربردهایی مانند پروتزهای پزشکی یا صنایع نظامی و فضایی جایگزین ندارد، اما در موارد روزمره مانند ظروف یکبار مصرف، لوله‌ها وموارد مشابه می‌توان آن را با فرآیند مناسب بازیافت کرد.

٤. به موضوع هدفمندی در بازیافت پلاستیک اشاره کردید. از دید شما، چه تغییراتی می‌تواند این فرایند را اثربخش‌تر و پایدارتر کند؟

برای بهبود بازیافت پلاستیک، باید تولید، فرمول‌ها و دستگاه‌ها از ابتدا هدفمند طراحی شوند تا مصرف‌کننده بتواند پلاستیک‌ها را به راحتی برای بازیافت بازگرداند. کشورهای پیشرفته با تفکیک از مبدا و توجه به جنبه‌های اجتماعی و فرهنگی، گام‌های موثری برداشته‌اند

همچنین، ایجاد اشتغال در صنعت بازیافت می‌تواند به رفع مشکلات اجتماعی نیز کمک کند. به عنوان مثال، فردی که زباله‌گردی می‌کند، هم از لحاظ اجتماعی مناسب نیست و هم تصویر ناخوشایندی از شهر می‌سازد. این فرد می‌تواند به جای این کار، در یک کارگاه تفکیک پلاستیک و تولید گرانول مشغول به کار شود.

از دیگر چالش‌ها در این زمینه، مسأله نظارت و رگولاتوری است، به‌ویژه در حوزه شهرداری‌ها. برای حل این چالش‌ها، باید اسناد بالادستی و قوانین مربوط به تفکیک پسماند به‌طور صحیح تدوین شود.

۵. در مورد بُعد اجتماعی بازیافت توضیح دادید. به نظر شما، چطور می‌توان افرادی که تجربه و مهارت در جمع‌آوری و تفکیک پلاستیک دارند را به شکلی نظام‌مند و قانونی وارد زنجیره بازیافت کرد تا این فرآیند هم اثربخش‌تر و هم پایدارتر شود؟

یکی از مثال‌هایی که همیشه می‌زنم این است که زمانی که پلاستیک هنوز ارزش بالایی نداشت، جمع‌آوری و تفکیک آن عمدتاً توسط اتباع افغانستانی انجام می‌شد. در آن زمان، هیچ کارگر ایرانی علاقه‌مند به انجام چنین کاری نبود. این موضوع، به هر حال، واقعیتی است که نمی‌توان آن را نادیده گرفت. در حال حاضر، یک بیزنس غیرسیستماتیک در این حوزه شکل گرفته که عمدتاً توسط اتباع افغانستانی انجام می‌شود. بسیاری از این افراد کارت و حساب بانکی ندارند و در شرایط مبهم و نامشخصی فعالیت می‌کنند.

اولین قدم در این زمینه، ساماندهی این اتباع است که اتفاقاً تجربه بسیار خوبی در جمع‌آوری و تفکیک پلاستیک دارند. به نظر من، استفاده از تجربه و مهارت‌های این افراد در فرآیند بازیافت می‌تواند بسیار مفید باشد. از این رو، باید این نیروها را در چارچوبی قانونی و سیستماتیک قرار داد و به عنوان بخشی از زنجیره بازیافت از آن‌ها بهره‌برداری کرد.

۶. به نظر شما، چگونه می‌توان مواد بازیافتی را به شکلی اثربخش و پایدار در صنایع مختلف به‌کار گرفت و چه مزایایی برای صنعت به همراه دارد؟

تا چند سال پیش، استفاده از مواد بازیافتی در صنعت چندان مورد استقبال نبود و حتی صحبت درباره آن نوعی تابو به شمار می‌رفت. با این حال، افزایش قیمت پلیمرها و تقاضای مشتریان برای حفظ کیفیت محصولات، باعث تغییر نگرش شد و استفاده از مواد بازیافتی به‌عنوان راه‌حلی مقرون‌به‌صرفه مورد توجه قرار گرفت.

امروزه شرکت‌های فعال در حوزه بازیافت به‌عنوان مجموعه‌هایی قابل احترام شناخته می‌شوند و قوانین در بسیاری از کشورها استفاده از مواد بازیافتی را تشویق می‌کند. برای مثال، در اروپا قوانینی وضع شده که مصرف پلاستیک را محدود و استفاده از مواد بازیافتی را الزامی می‌کند. یکی از این الزامات، استفاده از حداقل ۳۰ درصد مواد بازیافتی در بسته‌بندی‌ها، مانند بطری‌های PET، است.

این تغییرات نیازمند زیرساخت‌های قوی برای جمع‌آوری، تفکیک، شست‌وشو و گرانول‌سازی مواد بازیافتی است. استانداردسازی فرآیندها و حفظ کیفیت محصول نهایی، از مهم‌ترین چالش‌ها در این مسیر محسوب می‌شود.

۷. گرانول‌های بازیافتی چه نقشی در صنعت پلیمر دارند و برای ارتقای کیفیت آن‌ها به سطح استانداردهای لازم جهت استفاده در محصولات متنوع، چه راهکارهایی پیشنهاد می‌کنید؟

گرانول‌های بازیافتی محصولاتی هستند که از فرآیند بازیافت پلیمرها، به‌ویژه پلی‌اتیلن، تولید می‌شوند. این گرانول‌ها از مواد پلیمری مانند بطری‌های آب معدنی، فیلم‌های بسته‌بندی و سایر ضایعات پلاستیکی تولید شده و پس از شست‌وشو، تبدیل به دانه‌های پلاستیکی می‌شوند که قابلیت استفاده مجدد دارند.

یکی از چالش‌های تولید گرانول‌های بازیافتی در ایران، استاندارد نبودن فرآیند بازیافت است. که باعث می‌شود که کیفیت گرانول‌های تولید شده به حدی نباشد که بتوان از آن‌ها در تمامی محصولات پلیمری استفاده کرد.
اما اگر قرار باشد از گرانول‌های بازیافتی به‌طور مداوم و در محصولات متنوع‌تری استفاده شود، مانند دستگیره‌های صندلی یا قطعات میز، باید این گرانول‌ها استانداردهای خاصی را رعایت کنند تا خواص فیزیکی و مکانیکی آن‌ها کاهش نیابد. به عبارت دیگر، گرانول‌های بازیافتی باید ویژگی‌هایی داشته باشند که امکان استفاده از آن‌ها در هر نوع محصول پلیمری را بدون کاهش کارایی فراهم کند.

۸. با توجه به اهمیت بازیافت پایدار، چشم‌انداز شما برای آینده ایران و جهان در این حوزه چیست و چه اقداماتی را برای دستیابی به این اهداف در ایران ضروری می‌دانید؟

در ایران، برای دستیابی به هدف‌های بازیافت پایدار، سه اقدام کلیدی باید انجام شود:

۱. فرهنگ‌سازی و توجه به مسائل اجتماعی: تغییر نگرش عمومی نسبت به مقوله بازیافت و تشویق مردم به مشارکت فعال در جمع‌آوری و تفکیک زباله‌های پلیمری امری ضروری است. این امر نیازمند آگاهی‌بخشی از طریق رسانه‌ها، مدارس و سازمان‌های غیرانتفاعی است تا بازیافت به عنوان یک وظیفه اجتماعی پذیرفته شود و مردم از اهمیت آن آگاه شوند.

۲. اصلاح قوانین و مقررات: بسیاری از قوانین و مقررات مربوط به محیط زیست و بازیافت نیاز به بازنگری و به‌روزرسانی دارند تا از حمایت‌های قانونی لازم برای تسهیل فرآیند بازیافت برخوردار شوند. این قوانین باید شرکت‌ها را به استفاده از مواد بازیافتی ترغیب کنند و استانداردهایی را برای تولید محصولات دوستدار محیط زیست تعیین نمایند.

۳. استانداردسازی فرآیندهای تولید و بازیافت: استانداردسازی در تمامی مراحل بازیافت، از جمع‌آوری و تفکیک تا استفاده مجدد در تولید محصولات جدید، باید انجام شود. این استانداردسازی تضمین‌کننده کیفیت محصولات بازیافتی خواهد بود و از افت کیفیت آن‌ها در مراحل مختلف فرآیند جلوگیری می‌کند.

با اجرای این اقدامات، می‌توان امیدوار بود که ایران به نقطه تعادل یا اپتیموم در استفاده از مواد پلیمری دست یابد. هرچند که دستیابی به این هدف آسان نیست و نیازمند تلاش‌های هماهنگ بین دولت، بخش خصوصی، نهادهای اجتماعی و مردم است.

همچنین، تمامی بخش‌ها از جمله نشریات، انجمن‌های مرتبط با محیط زیست و سایر نهادها نقش کلیدی در ایجاد هم‌افزایی و همکاری در زنجیره بازیافت دارند. اگر این همکاری به‌طور جدی و منسجم دنبال شود، می‌توان امیدوار بود که بیش از ۷۰ تا ۸۰ درصد چالش‌های مرتبط با بازیافت در ایران حل شود و این کشور قادر باشد سهم خود را در حفظ محیط زیست جهانی ایفا کند.

علی مرتضوی
یگانه صادق‌پور

پایان مصاحبه و تشکر از مهندس فرید سماوات

در پایان، از شما مهندس سماوات به‌خاطر زمانی که برای این مصاحبه اختصاص دادید و دیدگاه‌های ارزشمندتان در خصوص صنعت پلاستیک و بازیافت با ما به اشتراک گذاشتید، صمیمانه تشکر می‌کنیم. نظرات شما می‌تواند در مسیر تحول صنعت بازیافت در ایران نقش مهمی ایفا کند و به تغییر نگرش‌ها و بهبود فرآیندها کمک کند. امیدواریم این مصاحبه برای خوانندگان نشریه ما الهام‌بخش و مفید باشد. برای شما آرزوی موفقیت‌های بیشتر در پروژه‌ها و فعالیت‌های آینده‌تان داریم

منابع

[1] Ackerman, F., Waste management and climate change. Local Environment, 2000. 5(2): p. 223-229.

[2] Chen, T.-C. and C.-F. Lin, Greenhouse gases emissions from waste management practices using Life Cycle Inventory model. Journal of Hazardous Materials, 2008. 155(1-2): p. 23-31.

[3] Hoornweg, D. and P. Bhada-Tata, What a waste: a global review of solid waste management. 2012.

[4] Yoshida, H., J.J. Gable, and J.K. Park, Evaluation of organic waste diversion alternatives for greenhouse gas reduction. Resources, Conservation and Recycling, 2012. 60: p. 1-9.

[5] Trends, G. and S. Framework, Waste and climate change. United Nations Environmental Programme Osaka, 2010.

[6] Yang, M., et al., Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues. Environmental Chemistry Letters, 2023. 21(1): p. 55-80.

[7] D. B. Olawade, O. Fapohunda, O. Z. Wada, S. O. Usman, A. O. Ige, O. Ajisafe, and B. I. Oladapo, "Smart waste management: A paradigm shift enabled by artificial intelligence," Waste Management Bulletin, vol. 2, no. 2, pp. 244-263, 2024/06/01/ 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.05.001.

[8] D. Ni, Z. Xiao, and M. K. Lim, "Machine learning in recycling business: an investigation of its practicality, benefits and future trends," Soft Computing, vol. 25, no. 12, pp. 7907-7927, 2021/06/01 2021, doi: 10.1007/s00500-021-05579-7.

[9] R. de Almeida and R. Lúcio de Souza Teixeira, "Impacts of the COVID-19/2020 pandemic on the waste sector of Rio de Janeiro municipality, Brazil: Assessment on solid waste production in 2018 – 2023," Waste Management Bulletin, vol. 2, no. 1, pp. 162-171, 2024/04/01/ 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.01.005.

[10] G. Krishna and A. Sharma, "A Fuzzy Logical based Artificial Intelligence Method for Designed to Effectively Predict and Manage the Solid Waste," in 2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS), 24-25 Feb. 2023 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICICACS57338.2023.10099826.

[11] K. Lin et al., "Toward smarter management and recovery of municipal solid waste: A critical review on deep learning approaches," Journal of Cleaner Production, vol. 346, p. 130943, 2022/04/20/ 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130943.

[12] N. M. Kumar, M. A. Mohammed, K. H. Abdulkareem, R. Damasevicius, S. A. Mostafa, M. S. Maashi, and S. S. Chopra, "Artificial intelligence-based solution for sorting COVID related medical waste streams and supporting data-driven decisions for smart circular economy practice," Process Safety and Environmental Protection, vol. 152, pp. 482-494, 2021/08/01/ 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.026.

[13] T.-W. Wu, H. Zhang, W. Peng, F. Lü, and P.-J. He, "Applications of convolutional

neural networks for intelligent waste identification and recycling: A review," Resources, Conservation and Recycling, vol. 190, p. 106813, 2023/03/01/ 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106813.
[14] H. Onoda, "Smart approaches to waste management for post-COVID-19 smart cities in Japan," IET Smart Cities, vol. 2, no. 2, pp. 89-94, 2020/07/01 2020, doi: https://doi.org/10.1049/iet-smc.2020.0051.
[15] M. Y. Salman and H. Hasar, "Review on environmental aspects in smart city concept: Water, waste, air pollution and transportation smart applications using IoT techniques," Sustainable Cities and Society, vol. 94, p. 104567, 2023/07/01/ 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104567.
[16] A. Mounadel, H. Ech-Cheikh, S. Lissane Elhaq, A. Rachid, M. Sadik, and B. Abdellaoui, "Application of artificial intelligence techniques in municipal solid waste management: a systematic literature review," Environmental Technology Reviews, vol. 12, no. 1, pp. 316-336, 2023/12/31 2023, doi: 10.1080/21622515.2023.2205027.
[17] S. O. Abioye et al., "Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges," Journal of Building Engineering, vol. 44, p. 103299, 2021/12/01/ 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103299.
[18] M. J. Negreiros Gomes, A. W. C. Palhano, and E. C. R. Reis, "Sector arc routing-based spatial decision support system for waste collection in Brazil," (in eng), Waste Manag Res, vol. 41, no. 1, pp. 214-221, Jan 2023, doi: 10.1177/0734242x221104366.
[19] R. K. Oruganti et al., "Artificial intelligence and machine learning tools for high-performance microalgal wastewater treatment and algal biorefinery: A critical review," Science of The Total Environment, vol. 876, p. 162797, 2023/06/10/ 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162797.
[20] O. Kolditz et al., "Digitalisation for nuclear waste management: predisposal and disposal," Environmental Earth Sciences, vol. 82, no. 1, p. 42, 2023/01/02 2023, doi: 10.1007/s12665-022-10675-4.

[۲۱] ک. تقی‌پور, "نقش بازیافت زباله در حفظ محیط زیست شهری از دیدگاه توسعه پایدار," هفتمین کنفرانس ملی نوآوری و تحقیق در مدیریت، روانشناسی و آموزش و پرورش, ۱۴۰۱.
[۲۲] م. تقوایی و م. ترک‌زاده, "برنامه ریزی و مدیریت بحران شهری با تأکید بر امکانات، تأسیساتو مکان گزینی خدمات آتش نشانی," نشر کنکاش, ۱۳۸۸.
[۲۳] م. تقوایی و م. دارابی, "مدیریت بحران شهری با تاکید بر مرحله پس از بحران، چشم انداز جغرافیایی،سال۳," جلد ۶, صص ۲۰-۴۰.
[۲۴] ک. ترابی, "بررسی نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش اثرات ناشی از زلزله(مورد مطالعه: منطقه ۶ شهرداری تهران با تاکید بر ناحیه ۱)," پایان نامه کارشناسی ارشد شهرسازی گرایش برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای،دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.
[۲۵] نامجو ابوذر، بختیاري‌زاده صمد، جعفري ایمان، مدیریت تولید آب در مخازن نفت و گاز، انتشارات ستایش، ۱۳۹۳.
[۲۶] نظری علی آباد، علی و درخشی، معصومه و سیم جو، محمد و فلاحت، رضا،۱۳۹۷،بررسی مروری فرایند کنترل تولید آب اضافی در میادین نفتی،سومین همایش بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و HSE،همدان،https://civilica.com/doc/۸۵۸۷۲۴
[۲۷] غلام زاده، محمدامین، ابدالی لرکی، محسن، جهاندیده، نصرت، و هاشمی، پیمان. (۱۳۸۷). مدیریت و دفع آب همراه تولیدی از مخازن نفت و گاز و راهکارهای مناسب زیست محیطی. همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست. https://sid.ir/paper/SID/۸۱۱۸۳۸/fa

[28] Zhang, Y., & Li, J. (2024). "Advancements in Nanotechnology for Oilfield Water Treatment." Journal of Environmental Management, 320, 115-125.
[29] Jafarinejad, S. (2017). A comprehensive study on the application of reverse osmosis (RO) technology for the petroleum industry wastewater treatment. Journal of Water and Environmental Nanotechnology, 2(4), 243-264.
[30] Walls, J., Rogel, G., Quaye, G., Obiomah, V., & Yurukcu, M. (2024). Recent Advances in Technology for Produced Water in the Oil and Gas Industry.
[31] Jijingi, H. E., Yazdia, S. K., Abakr, Y. A., & Etim, E. (2024). Evaluation of Membrane bioreactor (MBR) technology for industrial wastewater treatment and its application in developing countries: A review. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 100886.
[32] Cheng, J. (2014). Bioremediation of contaminated water-based on various technologies. Open Access Library Journal, 1, e056.
[33] Jasim, M. A., & AlJaberi, F. Y. A. (2023). Treatment of oily wastewater by electrocoagulation technology: A general review (2018-2022). Journal of Electrochemical Science and Engineering, 13(2), 361-372.
[34] Khorram, A. G., Fallah, N., Nasernejad, B., Afsham, N., Esmaelzadeh, M., & Vatanpour, V. (2023). Electrochemical-based processes for produced water and oily wastewater treatment: A review. Chemosphere, 139565.
[35] Eyitayo, S. I., Watson, M. C., & Kolawole, O. (2022, April). Produced water treatment and utilization: challenges and future directions. In SPE Western regional meeting (p. D021S007R002). SPE.
[36] Chen, L., Duan, J., Du, P., Sun, W., Lai, B., & Liu, W. (2022). Accurate identification of radicals by in-situ electron paramagnetic resonance in ultraviolet-based homogenous advanced oxidation processes. Water Research, 221, 118747.
[37] Dizvay, I. (2022). APPLICATION OF ULTRAFILTRATION AND NANOFILTRATION PROCESSES IN PETROLEUM INDUSTRY (Master's thesis, Middle East Technical University).
[38] Eyitayo, S. I., Watson, M. C., Kolawole, O., Xu, P., Bruant, R., & Henthorne, L. (2024). External utilization of oil and gas produced water: Why is the industry hesitant to full-scale implementation?. Environment, Development and Sustainability, 26(1), 89-108.
[39] Amakiri, K. T., Canon, A. R., Molinari, M., & Angelis-Dimakis, A. (2022). Review of oilfield produced water treatment technologies. Chemosphere, 298, 134064.
[40] Sánchez, A., The Current Role of Chemical Engineering in Solving Environmental Problems. Frontiers in Chemical Engineering, 2019.
[41] An, L. Biological Wastewater Treatment: Selecting the Process. 2013; Available from: https://www.chemengonline.com/biological-wastewater-treatment-selecting-the-process/?pagenum=1.
[42] Wilcox, B. Ecologically Sound, Cost-Effective Energy. 2024; Available from: https://www.babcock.com/home/renewable/waste-to-energy/waste-to-energy-technology/.
[43] magdy. Waste-to-Energy Conversion Methods. 2024; Available from: https://www.ierek.com/news/waste-to-energy-conversion-methods/.

[44] Johanna Kleinekorte1, L.F., Marvin Bachmann1, Arne Kätelhön1, Ana Barbosa-Póvoa2, Niklas von der Assen1, and André Bardow1,3, Life Cycle Assessment for the Design of Chemical Processes, Products, and Supply Chains. Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering, 2020. 11.
[45] http://inhb.ir/storage/files/hF3BQaFBNU2VsD4Ot4jQDZqxqKVnZwLMnXox-b79A.pdf
[46] https://www.farayandsabz.com/about-us
[47] https://ecomotive.ir/1397/12/13/startup-areas-for-waste-management
[48] https://www.rubicon.com/news/rubicon-global-teams-with-georgia-tech-to-create-waste-slinger-exoskeleton/
[49] https://mcdonough.com/william-mcdonough/
[50] https://mcdonough.com/
[51] https://www.linkedin.com/in/william-mcdonough

«نشریه میم»، جایی برای یادگیری، تجربه و به اشتراک گذاشتن دانش و ایده‌هاست. اگر شما هم علاقه‌مند به نوشتن، طراحی یا کار رسانه‌ای هستید، منتظر حضور شما هستیم.

@mimscientificjournal

mimsj.ut.ac.ir

linkedin.com/company/mim-scientific-journal