

تولید پاک تر با فناوری های پاک تر

عباس رشیدی^۱

^۱ دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی و فناوری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران (rashidi@umz.ac.ir)

چکیده. در این تحقیق تلاش شد تا ضمن فهم تولید پاک و فناوری پاک، ارتباط این دو با یکدیگر و عوامل تأثیرگذار مورد بررسی قرار گیرند. مقررات محیط زیستی و چگونگی تأثیر آنها بر روند توسعه فناوری های پاک، بحث مهم انرژی و چگونگی تأثیر منابع آن بر پاک تر کردن تولید مورد بررسی قرار گرفت. چگونگی قضاوت درخصوص پاک بودن فناوری با ارائه بحث ارزیابی تأثیر مطرح شد. در خاتمه به نحوه استفاده از هوش مصنوعی به عنوان فناوری اصلی انقلاب صنعتی چهارم، در حفاظت از محیط زیست در جهت توسعه پایدار پرداخته شد.

واژه های کلیدی: تولید پاک، فناوری پاک، مقررات، انرژی.

۱. مقدمه

با ادامه گسترش اقتصاد جهانی و سرعت بخشیدن به فرآیند صنعتی شدن، بشریت با مشکلات زیست محیطی شدیدتری از جمله مصرف بیش از حد منابع طبیعی، تخریب مداوم محیط زیست، رویدادهای شدید آب و هوایی مکرر و کاهش شدید تنوع زیستی مواجه است. این مسائل نه تنها تهدیدی مستقیم برای بقا و رفاه انسان است، بلکه امنیت اکولوژیکی جهانی را نیز با چالش جدی مواجه می کند. بنابراین، یافتن توازن بین توسعه اقتصادی و حفظ محیط زیست برای دستیابی به توسعه پایدار به موضوعی کلیدی تبدیل شده است که جامعه بین المللی نیاز فوری به حل آن دارد. در دهه های اخیر، نگرانی فزاینده ای در رابطه با اثرات فعالیت های اقتصادی بر محیط زیست پدیدار شد، دوره ای که در آن چندین مشکل اکولوژیکی در جهان نمایان شد، از جمله تخریب محیط زیست. پرداختن به مسائل زیست محیطی برای توسعه پایدار بسیار مهم است. تولید پاک تر با مدیریت پایدار منابع و ادغام اهداف زیست محیطی در فرآیندهای تولید حاصل می شود. این امر از طریق بکارگیری مستمر استراتژی های اقتصادی، زیست محیطی و فناوری ادغام شده در فرآیندها و محصولات، از طریق افزایش کارایی در استفاده از مواد خام، آب، انرژی و به طور کلی نهاده ها، استفاده از مواد سمی کمتر، تولید زباله کمتر و کنترل بیشتر بر آن، و ایجاد بهبود دائمی در فرآیندها اتفاق می افتد. فناوری های پاک به عنوان فرصتی برای توسعه پایدار از طریق ایجاد تعادل بین محیط زیست، جامعه و اقتصاد، سه رکن پایداری در نظر گرفته می شوند. مترادف های مرسوم برای فناوری پاک، فناوری سبز، فناوری زیست محیطی و فناوری پایدار می باشند [۱-۸].

۲. مقررات محیط زیستی و تولید پاک

از یک طرف، با توجه به اثرات هزینه، مقررات زیست محیطی می تواند منجر به افزایش هزینه های تولید شود، که می تواند توسعه آنها را محدود کند. از سوی دیگر، طبق فرضیه پورتر، مقررات زیست محیطی معقول می تواند رقابت پذیری شرکت ها را افزایش داده و موقعیت آنها را با بهینه سازی تخصیص منابع و بهبود سطوح تکنولوژیکی، ارتقا دهد [۲].

فرضیه پورتر استدلال می کند که مقررات زیست محیطی سخت گیرانه، نوآوری فناوری ایجاد می کند و شرکت ها را قادر می سازد محصولات سبزتر را توسعه دهند و رقابت بین المللی را افزایش دهند [۶]. برعکس، شرکت ها ممکن است تصمیم بگیرند که هزینه های افزایش انطباق را به تولیدکنندگان یا مصرف کنندگان پایین دستی خود منتقل کنند، که بدون شک به صادرات شرکت آسیب می رساند زیرا مزیت های کم هزینه را از دست می دهند. مزیت نسبی بین کشورها جریان تجاری را تعیین می کند و سهم صادرات کشورهای دارای مزیت نسبی بالا، برجسته تر است. مقررات زیست محیطی منجر به مزیت نسبی داخلی شناور می شود که در مبادله بین ارزش افزوده سبز محصولات و هزینه انطباق منعکس می شود. مقررات زیست محیطی سخت گیرانه با وخامت محیط زیست جهانی مقابله می کند، در حالی که بحث و جدل در مورد تأثیر آن بر صادرات شرکت ها یک نگرانی گسترده است.

طبق تحقیق انجام شده در مورد چین که بزرگترین صادرکننده جهان است و سهم صادراتی تا ۱۶.۹ درصد در سال ۲۰۲۲ را به خود اختصاص داده و برای ۱۴ سال متوالی رتبه اول را در جهان کسب کرده است، نشان داده شد به رغم ابلاغ برنامه اقدام پیشگیری و کنترل آلودگی هوا (APCP) در سپتامبر ۲۰۱۳ که سخت گیرانه ترین و مهم ترین سیاست زیست محیطی در تاریخ چین بوده است، تقویت مقررات زیست محیطی با رشد صادرات مغایرتی ندارد [۶]. البته پیشنهاد می شود برنامه های زیست محیطی باید یک استراتژی توسعه برای نوآوری فناوری تدوین کنند و یک پلتفرم نوآوری سبز با کیفیت بالا ارائه دهند. نوآوری فناوری سبز مکانیسمی است که در آن شرکت ها با هزینه های بالای انطباق سروکار دارند. سیاست های حمایتی مانند یارانه تولید، حمایت مالی و حمایت از مالکیت معنوی مورد نیاز است. انتشار سیاست های مالی و مالیاتی مناسب برای کمک به شرکت ها برای بهبود کارایی خود، مانند معافیت های مالیاتی برای تولید پاک و برچسب تجاری سازگار با محیط زیست، توصیه می شود.

مالیات حفاظت از محیط زیست نیز برای تحقق جامعه دوستدار محیط زیست اهمیت زیادی دارد. مالیات زیست محیطی به مالیاتی اطلاق می شود که دولت برای تخلیه آلاینده های مرتبط با محیط زیست با هدف حفاظت از محیط زیست به عنوان هدف اصلی سیاست، وضع می کند. مطالعه با استفاده از داده های ۲۸۰ شهر چین از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، نشان داد که سیاست های اصلاح مالیات حفاظت از محیط زیست، تأثیر مثبت قابل توجهی بر بازده انرژی کل عوامل داشت [۷]. توجه به بهینه سازی و ارتقای ساختار صنعتی و ارائه منطقی سیاست های نظارتی حمایتی برای مالیات های حفاظت از محیط زیست ضروری است. باید جریان سرمایه را به سمت صنایع پاک تشویق کرد و روش های تولیدی با آلاینده گی را به طور اساسی مهار کرد.

در کشور چین، تأمین مالی سبز به عنوان یک ابزار سیاستی حیاتی در بخش توسعه پایدار با هدف کاهش بار مالی مرتبط با تحولات زیست محیطی برای شرکت های چینی شناخته می شود. در یک تحقیق با استفاده از مجموعه داده های پانل شامل ۳۰ استان، منطقه خودمختار و شهرداری در چین از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱، نشان داده شد که امور مالی سبز به طور قابل توجهی کارایی نوآوری سبز صنعت فناوری پیشرفته را بهبود می بخشد و هزینه های تحول سبز را برای شرکت ها کاهش می دهد، که منجر به بهبود قابل توجهی در کارایی نوآوری سبز در صنعت فناوری پیشرفته می شود [۸].

۳. فناوری پاک

فناوری به طور کلی شامل تجهیزات، فرآیندها، تکنیک ها و شیوه ها و اطلاعات مدیریتی می باشد. "پاک" نسبی است، زیرا گزینه های پاک تر ممکن است همیشه با درک علمی بهتر و نوآوری های فنی بیشتر امکان پذیر باشد. فناوری های پاک، منابع طبیعی را بطور کارآمدتری استفاده می کنند، محصولات با اجزای مضر کمتر تولید می کنند، انتشار آلاینده ها را در هوا، آب و خاک در طول تولید و استفاده از محصول به حداقل می رسانند و محصولات بادوام تری تولید می کنند که می توانند تا حد ممکن

بازیافت یا بازچرخش شوند [۳]. در سطح جهانی، به دلیل اهمیت روزافزون مسائلی مانند تغییرات آب و هوایی، کمبود منابع و آسیب‌های زیست‌محیطی، تقاضای اجتماعی رو به رشدی برای اقتصاد پایدار وجود دارد. براین اساس، تحول کم‌کربن و توسعه سبز به یک اجماع بین‌المللی تبدیل شده است.

۴. مصرف انرژی و فناوری پاک

تولید و مصرف انرژی ارتباط بسیار قوی با رفاه اقتصادی و تاثیر آن بر محیط‌زیست دارد. نتایج تجربی نشان می‌دهد که رشد اقتصاد و گسترش زمین‌های کشاورزی باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود، در حالی که افزایش در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کیفیت محیط را بهبود می‌بخشد. به منظور کاهش مشکل کمبود انرژی، ترویج طرح‌های انرژی پاک و تمرکز بر انرژی پاک و بهره‌وری انرژی ضروری است. بهره‌وری انرژی به نسبت خروجی خدمات برای انرژی، به ورودی انرژی اشاره دارد که نه تنها شامل انرژی می‌شود، بلکه ارتباط نزدیکی با جامعه اقتصادی، فناوری و محیط‌زیست دارد. به دلیل محدودیت‌های هزینه، اکثر کشورها در کوتاه‌مدت قادر به تولید و استفاده از انرژی پاک در مقیاس بزرگ نخواهند بود، بنابراین بهبود بهره‌وری انرژی یکی از موثرترین راه‌ها برای کاهش کمبود انرژی است. بهبود بهره‌وری انرژی نه تنها به ترویج کاهش آلاینده‌ها و کاهش کمبود انرژی کمک می‌کند، بلکه برای دستیابی به توسعه هماهنگ محیط‌زیست و اقتصاد نیز مفید است [۷].

همچنین، در سال‌های اخیر، نگرانی در مورد محیط زیست، تغییرات آب و هوا و محرومیت از انرژی، باعث افزایش علاقه سیاسی به توسعه شهرهای کم‌کربن شده است. توسعه و عملکرد شهرهای کم‌کربن به این بستگی دارد که چگونه فناوری‌های نوآورانه و اقدامات سیاستی جدید اعمال می‌شود و چقدر در جامعه قابل قبول خواهند بود. در دستیابی به اهداف سیستم انرژی در زمینه گذار به جامعه انرژی کم‌کربن، تصمیمات و اقدامات متعددی در زمینه توسعه زیرساخت‌ها و فناوری‌ها مورد نیاز است. تولید برق به روشی پایدار، هسته اصلی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) است. فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق مانند خورشیدی، بادی یا آبی اجازه جایگزینی سوخت‌های فسیلی را می‌دهند و می‌توانند برای رفع نیازهای انرژی در بخش‌های صنعتی، تجاری و حمل‌ونقل استفاده شوند. سرمایه‌گذاری مشترک دولتی و خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر، مشارکت دادن جوامع محلی در تصمیم‌گیری و افزایش درجه پذیرش اجتماعی فناوری‌های جدید بسیار مهم است. افکار عمومی و پذیرش پروژه‌های زیرساختی در مقیاس بزرگ و فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر، موضوعات بسیار مهمی برای توسعه فناوری هستند [۴].

۵. ارزیابی تأثیر فناوری‌ها بر محیط زیست

محققان به طور مداوم روش‌های مختلفی را برای ارزیابی دقیق تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست مورد بررسی قرار داده‌اند. در سال ۱۹۹۸، واکرناگل و ریس مفهوم «ردپای اکولوژیکی» را معرفی کردند که به طور جامع کیفیت محیطی را با کمی‌کردن مصرف منابع انسانی و انتشار آلودگی در زیرسیستم‌های کلیدی اکولوژیکی ارزیابی می‌کند. این روش به دلیل جامعیت و ماهیت علمی خود به سرعت به موضوعی داغ در حوزه توسعه پایدار تبدیل شده و مورد توجه گسترده قرار گرفته است. بر اساس داده‌های شبکه جهانی ردپای اکولوژیکی، زمین از سال ۱۹۷۰ در وضعیت بیش از حد اکولوژیکی قرار داشته است، که نشان می‌دهد تقاضای انسان برای منابع طبیعی بسیار فراتر از ظرفیت زمین برای بازسازی این منابع است. آنچه بیشتر نگران‌کننده است این است که این کسری زیست‌محیطی کاهش نیافته است، بلکه روند افزایش مداوم را نشان داده است. علاوه بر این، آخرین آمار نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۲۲، نزدیک به ۷۵ درصد از ۲۰۰ کشور مورد بررسی با کمبود زیست‌محیطی مواجه هستند. این نشان‌دهنده آن است که مشکل کمبود اکولوژیکی جهانی شده است و بسیار فراتر از هر منطقه یا کشور واحدی گسترش یافته است. چنین وضعیتی نه تنها تخریب اکوسیستم‌ها را تشدید می‌کند، بلکه تعادل اکوسیستم‌ها را به هم می‌زند و چرخه‌های مخرب را تداوم می‌بخشد. بنابراین، چگونگی کاهش ردپای اکولوژیکی و دستیابی به توسعه پایدار به یک موضوع مهم نگرانی جهانی تبدیل شده است [۵].

۶. هوش مصنوعی و حفاظت از محیط زیست

هوش مصنوعی (AI)، به عنوان فناوری اصلی انقلاب صنعتی چهارم، به طور فزاینده‌ای به یک نیروی محرکه مهم در توسعه اقتصادی جهانی و پیشرفت اجتماعی تبدیل می‌شود. هوش مصنوعی نه تنها از مرزهای زمانی و مکانی عبور می‌کند تا پیشرفت فناوری را تقویت کند، بلکه نقشی محوری در رشد اقتصاد جهانی ایفا می‌کند. از نظر حفاظت از محیط زیست، هوش مصنوعی پتانسیل فوق‌العاده‌ای را نشان داده است. هوش مصنوعی مدل‌های پیش‌بینی علمی و کارآمد را با پردازش مقادیر عظیمی از داده‌های تاریخی می‌سازد. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند داده‌های رفتار کاربر را برای پیش‌بینی اولویت‌های انتخاب محصول جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل کند، و کاربران را تشویق به انتخاب‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی و در نتیجه بهبود کیفیت محیطی کند. با این وجود، هوش مصنوعی در مراحل اولیه توسعه ممکن است مستلزم مصرف انرژی و هزینه‌های قابل توجهی باشد. این وضعیت ما را بر آن می‌دارد تا به یک سوال جذاب فکر کنیم: آیا هوش مصنوعی می‌تواند توسعه پایدار را تقویت کند، پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوب فعالیت‌های انسانی را بهبود بخشد و ردپای اکولوژیکی ما را کاهش دهد. هوش مصنوعی با بهینه‌سازی تخصیص منابع، افزایش کارایی تولید و ترویج نوآوری در فناوری سبز به بهبود محیط‌زیست و کاهش ردپای زیست‌محیطی کمک می‌کند. با استفاده از شاخص ارزیابی جامع هوش مصنوعی ساخته‌شده با روش آنتروپی و مجموعه داده‌ها، نشان داده شد که از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹، سطح کلی هوش مصنوعی جهانی روند صعودی داشته که در آن نرخ رشد هوش مصنوعی در کشورهای توسعه‌یافته بارزتر است و روند رشد پایداری را نشان می‌دهد، در حالی که نرخ رشد هوش مصنوعی در کشورهای در حال توسعه روند بی‌ثباتی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که هوش مصنوعی اثر بازدارندگی قابل توجهی بر ردپاهای اکولوژیکی دارد. تحت تأثیر جهانی‌شدن، تأثیر هوش مصنوعی بر ردپای اکولوژیکی ویژگی‌های غیرخطی را نشان می‌دهد. با عمیق‌تر شدن جهانی‌شدن، تأثیر حاشیه‌ای هوش مصنوعی در کاهش ردپای اکولوژیکی روند افزایشی را نشان می‌دهد. این یافته‌ها بر نقش مهم هوش مصنوعی در حاکمیت محیطی تأکید می‌کند و چشم‌اندازی جدید و جامع را برای سیاست‌گذاران ارائه می‌کند. بنابراین، دولت‌ها باید به حمایت از تحقیقات و کاربرد هوش مصنوعی، ترویج ادغام هوش مصنوعی بین صنعتی و ایفای نقش مثبت در روند جهانی‌شدن برای ارتقای توسعه پایدار جهانی ادامه دهند [۵].

در یک تحقیق نیز رابطه بین تجارت خدمات دیجیتال و انتشار کربن با استفاده از داده‌های ۴۲ کشور G20 از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۱ بررسی شد [۹]. نتیجه‌گیری شد هنگامی که تجارت خدمات دیجیتال ناکافی است، این امر انتشار کربن را تشدید می‌کند و بالاتر از یک حدی، برای توسعه پایدار از نظر زیست‌محیطی مفید می‌شود. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که تجارت خدمات دیجیتال، انتشار کربن را با افزایش انتشار زیرساخت‌های دیجیتال افزایش می‌دهد و با بهینه‌سازی ساختار صنعتی و اتخاذ فناوری‌های کم‌کربن، آن‌ها را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، در بحث سرمایه انسانی، وقتی سرمایه انسانی ناکافی باشد، تجارت خدمات دیجیتالی برای مهار انتشار کربن سخت‌تر می‌شود.

۷. نتیجه‌گیری

در پس‌زمینه جهانی‌شدن، جریان فرامرزی عوامل تولید، کارایی تخصیص منابع را افزایش داده، رشد اقتصادی و پیشرفت فناوری را تحریک کرده، ارتباطات متقابل بین ملت‌ها را عمیق‌تر کرده و تحول اجتماعی را به پیش برده است. از نظر زیست-محیطی، جهانی‌شدن در بهبود محیط‌زیست از طریق افزایش آگاهی زیست‌محیطی، معرفی فناوری‌های پیشرفته و ارتقاء ساختارهای صنعتی مؤثر بوده است. با این حال، مصرف منابع را نیز تشدید کرده و منجر به تخریب محیط‌زیست شده است. بنابراین تأثیر آن بر محیط‌زیست پیچیده و دو وجهی است. شناخت دقیق ارتباط تولید پاک و فناوری پاک و عوامل تأثیرگذار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج این شناخت در تدوین مطلوب‌تر مقررات محیط‌زیستی تأثیر فراوانی دارد. بحث مهم انرژی و چگونگی تأثیر منابع آن بر پاک‌تر کردن تولید و چگونگی قضاوت درخصوص پاک بودن فناوری منجر به توسعه روش‌های ارزیابی تأثیر شد. استفاده از هوش مصنوعی به عنوان فناوری اصلی انقلاب صنعتی چهارم، در حفاظت از محیط زیست در جهت توسعه پایدار از جمله با اهمیت‌ترین موضوعاتی است که باید به آن پرداخته شود.

مراجع

1. Grunevald, I., Kipper, L. M., Moraes, J. A. R., & Haupt, L. (2023). Scientific contributions on cleaner production through the use of patent information: A bibliometric analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 188, 113785, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113785>.
2. Yuan, K., Cui, J., Zhang, H., & Gao, X. (2023). Do cleaner production standards upgrade the global value chain position of manufacturing enterprises? Empirical evidence from China. *Energy Economics*, 107185, ISSN 0140-9883, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107185>.
3. (2000). CLEAN TECHNOLOGIES. In: Swamidass, P.M. (eds) Encyclopedia of Production and Manufacturing Management. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/1-4020-0612-8_140
4. Siksnyte-Butkiene, I., Streimikiene, D., Agnusdei, G.P. et al. (2023). Energy-space concept for the transition to a low-carbon energy society. *Environ Dev Sustain*, 25, 14953–14973. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02697-6>
5. Wang, Q., Sun, T. & Li, R. (2023). Does artificial intelligence (AI) reduce ecological footprint? The role of globalization. *Environ Sci Pollut Res*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31076-5>
6. Zou, H., Zhong, M., Song, Y. et al. (2023). Environmental regulation, green technological innovation and firm exports: evidence from air pollution prevention and control action plan. *Int. J. Environ. Sci. Technol*. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05291-z>
7. Kong, L., Wang, S. & Xu, K. (2023). The impact of environmental protection tax reform on total factor energy efficiency. *Clean Techn Environ Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02668-z>
8. Xiao, Y., Shi, X. & Kong, L. (2023). From green finance to sustainable innovation: how to unleash the potential of China's high-tech industry. *Environ Sci Pollut Res*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30940-8>
9. Chen, F., & Jiang, G. (2023). How does the digital service trade nonlinearly affect carbon emissions? Empirical evidence from G20 countries. *Environ Sci Pollut Res*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31005-6>

الزامات اخلاقی نگارش مقاله

نویسنده / ارسال کننده مقاله آقای عباس رشیدی متعهد می‌شود:

- مقاله ارسالی حاصل کار پژوهشی ایشان (و همکاران) بوده و در مواردی که از دستاوردهای تحقیقاتی دیگران استفاده شده، مطابق ضوابط و رویه معمول، مشخصات منابع مورد استفاده درج شده است.
- مقاله ارسالی (یا ترجمه آن) و مقاله‌ای با همپوشانی قابل توجه با این مقاله قبلاً در هیچ مجله و یا کنفرانس ارائه نشده و به طور همزمان نیز در حال ارزیابی در مجله یا کنفرانس دیگری نیست.
- همه نویسندگان مقاله از کلیه محتویات علمی و نیز ترتیب قرارگیری نام و مشخصات و وابستگی شغلی خود در مقاله آگاهی و رضایت کامل دارند.
- چنانچه هر زمان خلاف موارد فوق و یا بروز هرگونه تقلب یا تخلف پژوهشی در رابطه با این مقاله اثبات شود، عواقب ناشی از آن متوجه نویسنده مقاله است و دبیرخانه کنفرانس مجاز است با ایشان (و همکاران) مطابق با ضوابط و مقررات رفتار نموده و هیچ‌گونه ادعایی قابل قبول نخواهد بود.



محل امضا