

برخی کاربردهای پیشین آن اشاره کرد، از جمله کاربرد کارل مارکس در کتاب سرمایه در سال ۱۸۶۷، و به‌کارگیری به نسبت عمومی‌تر توسط جان استوارت میل در اولین ویرایش کتاب اصول در سال ۱۸۴۸ [۱۸]. روزنامه فرانسوی "لی مونیتور یونیورسال"^۱ در ۱۷ آگوست ۱۸۲۷ مقاله‌ای را از مجله هنرمندان بازنشر کرد که در مرکز صفحه به صورت حروف خمیده عبارت "انقلاب صنعتی بزرگ" وجود داشت. این کلمه با تأکید بسیار کمتری در ۲۲ ژوئن ۱۸۲۹ توسط پروسپر دو لاوانی مورد استفاده قرار گرفت [۱۷]. نقل قول‌های مشابهی از آثار جغرافی‌دانان و اولین مورخان فرانسوی وجود دارد. گیلبرت در کتاب تاریخ شهرهای فرانسه در سال ۱۸۴۴ میلادی در توصیف شهر لیون این واژه را به کار برد [۱۹]. چیتال در ۲۷ دسامبر ۱۸۰۶، با عبارت‌های مشابهی به این واژه اشاره کرده است [۲۰].

۲- انقلاب صنعتی اول

برخی مراجع، زمان اختراع ماشین بخار را نقطه زمانی آغاز انقلاب صنعتی اول در نظر گرفته‌اند [۵، ۷، ۱۱-۱۳ و ۲۱-۲۳]. توماس نیوکامن با اختراع اولین ماشین بخار در سال ۱۷۱۲، این دستاورد فناورانه را به عنوان آغاز انقلاب صنعتی اول مطرح می‌کند. جیمز وات بعدها ماشین بخار را به‌طور اساسی بهبود بخشید [۱۲، ۲۴ و ۲۵]. پیش از این، مردم مجبور بودند با نیروی انسانی، حیوانات یا نیروهای طبیعی مثل باد یا جریان آب کار کنند. در این دوره، تجهیزات وابسته به نیروی طبیعی، انسانی و حیوانی با ماشین جایگزین شدند [۱۷]. این انقلاب صنعتی، بیشتر کارها را از زمین‌های کشاورزی به کارخانه منتقل کرد. از این رو کارخانه‌های بزرگ‌تر و ماشین‌های تولیدی زیادی ساخته شدند. شغل‌های جدیدی را برای جمعیت روبه‌رشد فراهم کرد. مردم برای یافتن کار در کارخانه‌ها به شهرهای بزرگ‌تر رفتند، با وجود اینکه دستمزد پایین بود و هیچ امکانات و حقوقی برای بهبود شرایط کاری خود نداشتند. در نتیجه مشکل‌های دیگری به وجود آمد که شامل پر شدن بیش از اندازه شهرهای صنعتی و به خطر افتادن سلامت شهروندان بود. به‌منظور فراهم کردن غذا برای جمعیت روبه‌رشد، اختراع‌های ضروری دیگری مانند راه‌آهن یا کشتی‌های بخار توسعه یافتند. تا سال ۱۸۱۵ دستمزدها افزایش یافته‌بود و سطح زندگی بالاتر می‌رفت [۱۲]. خلاصه‌ای از ویژگی‌ها و چالش‌های انقلاب صنعتی اول براساس مراجع مختلف در جدول ۲ آورده شده‌است.

جدول ۱- تاریخچه به‌کارگیری واژه انقلاب صنعتی

مرجع	سال	توضیح
[۲۰]	۱۸۰۶	چیتال در ۲۷ دسامبر ۱۸۰۶ به واژه‌ای مشابه انقلاب صنعتی اشاره کرد
[۱۷]	۱۸۲۷	لی مونیتور یونیورسال مقاله‌ای از مجله هنرمندان را بازنشر کرد که کلمه "انقلاب صنعتی" در آن بود
[۱۷]	۱۸۲۹	توسط پروسپر دو لاوانی مورد استفاده قرار گرفت
[۱۹]	۱۸۴۴	گیلبرت در کتاب تاریخ شهرهای فرانسه در سال ۱۸۴۴ میلادی در توصیف شهر لیون این واژه را به کار برد
[۱۷]	۱۸۴۵	تاریخ اولین گونه چاپی این واژه
[۱۸]	۱۸۴۸	به‌کارگیری عمومی توسط جان استوارت میل در اولین ویرایش کتاب اصول
[۱۸]	۱۸۶۷	به‌کارگیری توسط کارل مارکس در کتاب سرمایه
[۱۷]	۱۸۸۴	در اواخر سال ۱۹۱۰، نویسندگان می‌گفتند که به‌کارگیری این واژه مربوط به سال ۱۸۸۴ است

۳- انقلاب صنعتی دوم

بازه زمانی انقلاب صنعتی دوم در مراجع مختلف متفاوت است. بیشتر مراجع، انتهای سده ۱۹ تا اوایل سده ۲۰ را به‌عنوان انقلاب صنعتی دوم در نظر گرفته‌اند [۵، ۱۳، ۱۶، ۲۱ و ۲۲]. به دیدگاه برخی از پژوهشگران، یکی از تغییرهای قابل توجه در انقلاب صنعتی دوم به‌کارگیری ماشین آلات تخصصی و گران‌قیمت است. در همین دوره زمانی بود که اقتصاد جهانی شاهد بحران‌های بزرگی بود (مانند رکود بزرگ در سال ۱۸۹۳ و دو جنگ جهانی). با این وجود، پیشرفت‌های فناوری جدید در آن زمان آغازگر پیدایش منبع جدیدی از انرژی (برق، گاز و نفت) بود که برای انقلاب سوم سود فراوانی داشت [۵ و ۳۰]. در این انقلاب، برای پاسخ‌گویی به تقاضای فزاینده، فناوری‌های جدیدی توسعه یافتند. برای نمونه، خط مونتاژ هنری فورد^۲ باعث تغییر الگو در تاریخ فرآیند تولید شد و مشاغل با دستمزد بالاتر را در بازار ایجاد کرد [۱۲ و ۲۲]. در آن زمان تولید انبوه بر پایه تقسیم کار مطرح شد. تولید انبوه با وجود برق و خطوط مونتاژ امکان‌پذیر شد. اولین خط تولید شامل کشتارگاه‌ها در سینسیناتی^۳، ایالات متحده، در سال ۱۸۷۰ بود [۷]. خلاصه‌ای از مطالعات در زمینه انقلاب صنعتی دوم در جدول ۳ بیان شده‌است.

۴- انقلاب صنعتی سوم

در برخی مراجع اختراع ریزتراشه در سال ۱۹۷۱ به‌عنوان نقطه آغاز انقلاب صنعتی سوم در نظر گرفته می‌شود. با فناوری جدید رایانه شخصی، بهره‌وری تولید افزایش یافت. این امر منجر به کاهش هزینه‌های نیروی کار شد. در نتیجه صنعت باید بر دشواری‌هایی مانند ظرفیت نیروی انسانی اضافی تمرکز می‌کرد [۱۲].

² Henry Ford

³ Cincinnati

¹ Le Moniteur Universel

جدول ۲- چکیده‌ای از ویژگی‌ها و چالش‌های انقلاب صنعتی اول

مراجع	انقلاب صنعتی اول	
[۱]	توسعه ابزارهای مهندسی ساده	ویژگی‌ها
[۵، ۷، ۱۱، ۱۳، ۲۱، ۲۳، ۲۶ و ۲۷]	ساخت و توسعه ماشین بخار	
[۱، ۵ و ۲۱]	استفاده از زغال‌سنگ به جای چوب به عنوان منبع انرژی	
[۱]	نقش مهم مهندسان مکانیک نوگرا در افزایش ثروت جهانی	
[۱]	فاصله زمانی مابین قرن ۱۵ تا سال‌های انتهایی قرن ۱۸ میلادی	
[۷]	جایگزینی نیروهای انسانی و حیوانی با ماشین	
[۵، ۷، ۱۲، ۱۴، ۲۱، ۲۸]	افزایش تولید	
[۵، ۱۲، ۲۱، ۲۹]	تبدیل زمین‌های کشاورزی به کارخانه	چالش‌ها
[۱۲ و ۱۳]	مهاجرت مردم به شهرهای بزرگ‌تر	
[۱۲ و ۱۳]	دستمزد پایین	
[۱۵]	استفاده از کودکان کار	
[۱۲ و ۱۳]	افزایش آلودگی	

جدول ۳- چکیده‌ای از ویژگی‌ها و چالش‌های انقلاب صنعتی دوم

مراجع	انقلاب صنعتی دوم	
[۵، ۷، ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۲۱، ۳۱ و ۳۲]	ظهور منبع جدیدی از انرژی (برق، گاز و نفت)	ویژگی‌ها
[۱۲ و ۲۲]	توسعه عملیات خودکار و ماشینی	
[۱۲، ۱۳ و ۳۳]	افزایش تولید آهن و فولاد در سراسر جهان	
[۱۲]	فراهم شدن موادی برای پل‌ها، راه آهن‌ها و آسمان‌خراش‌ها	
[۱۲، ۱۳، ۳۴ و ۳۵]	ظهور شکل جدیدی از ترابری	
[۱۳]	گسترش سامانه‌های ارتباطی	
[۵]	تأمین گاز و آب و ظهور سامانه‌های فاضلاب	
[۵، ۷، ۱۲، ۱۳، ۲۱ و ۳۱]	توسعه فناوری‌های جدیدی در تولید برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده	
[۲۲]	مشاغل با درآمد بالاتر	
[۵]	استفاده از ماشین آلات تخصصی و گران قیمت	
[۳۱]	رشد سریع نقش علوم بنیادی در دگرگونی پایه فنی و منطقی تولید	
[۳۱]	رشد تمرکز تولید و تمرکز سرمایه	
[۲۲ و ۳۱]	رشد سریع بازده نیروی کار	
[۳۱]	افزایش اثربخشی کل تولیدمثل	
[۲۱]	رشد استانداردهای زندگی جمعیت	
[۳۱]	افزایش تعداد دانش پژوهان، مهندسان و تکنسین‌های درگیر در فرآیند تولید	
[۳۱]	افزایش تضادهای پیشرفت فنی	چالش‌ها
[۳۱ و ۵]	بحران‌های اقتصادی ویرانگر	
[۱۱-۱۳ و ۳۱]	تشدید مشکلات اجتماعی	
[۳۱]	استفاده از دستاوردهای فنی جدید به طور گسترده برای ساخت وسایلی جهت نابودی انسان‌ها	

جدول ۴- چکیده‌ای از ویژگی‌ها و چالش‌های انقلاب صنعتی سوم

مراجع	ویژگی‌های انقلاب صنعتی سوم
[۵ و ۷]	پیاده‌سازی الکترونیک و فناوری اطلاعات برای خودکار سازی تولید
[۲۲]	کم اهمیت شدن نیروی انسانی در تولید
[۲۲]	افزایش سرعت تولید از طریق سامانه‌های کامپیوتری
[۳۱]	انتقال مرکز سود از مراحل تولید به توسعه و طراحی
[۳۱]	جای‌گزینی مدل‌های متمرکز سنتی کسب‌وکار با ساختارهای توزیع‌شده
[۳۱ و ۳۶]	دگرگونی‌های عمیق سامانه‌ها، ساختارها، مؤسسات، روابط و فناوری‌ها
[۵ و ۱۱]	ظهور اینترنت
[۵، ۷، ۲۱، ۲۲ و ۳۱]	کاهش هزینه تولید
[۱۲]	اختراع ریز تراشه

در مراجع مختلف بیان‌های مختلفی در مورد انقلاب صنعتی سوم وجود دارد. مرجع [۵]، ظهور نوع جدیدی از فناوری (یعنی اینترنت) را نقطه شروع انقلاب صنعتی سوم می‌داند. به‌کارگیری الکترونیک و فناوری اطلاعات برای اتوماسیون که با ظهور اولین کنترل‌کننده منطقی قابل‌برنامه‌ریزی آغاز شد، هزینه‌های تولید را کاهش داد [۷]. ویژگی‌های انقلاب صنعتی سوم در مراجع مختلف در جدول ۴ لیست شده‌است.

۵- انقلاب صنعتی چهارم

واژگان گوناگونی از انقلاب صنعتی چهارم در مراجع وجود دارد [۲۷] که در جدول ۵ بیان شده‌است. رایج‌ترین واژگان همان "انقلاب صنعتی چهارم" یا "صنعت ۴" است [۵]. برخی پژوهش‌گران این واژگان را یکی می‌دانند، در حالی که برخی دیگر بین آن‌ها تفاوت قائل می‌شوند. بنابراین انقلاب صنعتی چهارم هنوز یک تعریف روشن، منحصربه‌فرد توسط پژوهش‌گران دریافت نکرده است [۳۸-۴۲]. تعریف‌های مختلف انقلاب صنعتی چهارم در مراجع بیان شده‌است. افزون بر این، در مورد جهت‌گیری زمانی با عصر انقلاب صنعتی چهارم نیز در میان پژوهش‌گران اختلاف نظر وجود دارد. برخی بر این باورند که عصر انقلاب صنعتی چهارم آغاز شده‌است [۶]. گروه دیگری نیز وجود دارند که بر این باور هستند که انقلاب صنعتی چهارم در راه است و هنوز شروع نشده است [۴۳ و ۴۴]. در نهایت، برخی دیگر از پژوهش‌گران انقلاب صنعتی چهارم را مربوط به آینده می‌دانند [۵]. از این‌رو ویژگی‌ها و چالش‌های انقلاب صنعتی چهارم، به‌ترتیب در جدول ۶ و ۷ بیان شده‌است.

جدول ۵- نام‌گذاری‌های مختلف انقلاب صنعتی چهارم در مراجع

واژگان مختلف بیان شده در مراجع	مراجع
انقلاب صنعتی چهارم	[۳۹، ۴۵-۵۰ و ۵۴-۵۶]
صنعت ۴	[۵، ۷، ۱۱، ۲۲، ۴۱، ۵۱ و ۵۲]
دوره رباتیک	[۷، ۱۵، ۲۱ و ۴۰]
دومین انقلاب فناوری اطلاعات یا نوآوری تولید ۳	[۵ و ۴۲]
عصر دیجیتال	[۵، ۷، ۱۱، ۲۱، ۲۲، ۳۸ و ۵۳]

۶- انقلاب صنعتی پنجم

در انقلاب صنعتی چهارم، اینترنت اشیا، راحتی را برای زندگی مردم به ارمغان آورد. هوش مصنوعی با یادگیری از داده‌های کاری، انجام پیش‌بینی‌ها، انجام وظایف پیچیده و غیرقابل پردازش را اجرایی کرد. انقلاب صنعتی چهارم روی‌کردی انسان‌محور دارد [۷۰]. از معایب انقلاب صنعتی چهارم محدودیت در توانایی خود برای پاسخ‌گویی به طیف وسیعی از خواسته‌های اجتماعی است. هم‌اکنون، بحث‌های زیادی در کشورهای مختلف در مورد "انقلاب صنعتی پنجم" در حال انجام است که به‌دنبال انقلاب صنعتی چهارم است. انقلاب صنعتی پنجم مفاهیمی مانند «پایداری»، «انسان‌محوری» و «تگرانی برای محیط‌زیست» را به‌همراه دگرگونی ساختار صنعتی از طریق به‌کارگیری هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، داده‌های کلان و دیگر موارد که در انقلاب صنعتی چهارم مورد بحث قرار گرفت، در خود

جای داده است. در انقلاب صنعتی پنجم، برای حل مسائل انقلاب صنعتی چهارم مفاهیم عمیق‌تر و گسترده‌تری مطرح می‌شود. کشورهای مختلف یکی پس از دیگری مفاهیم جدیدی را برای تحقق انقلاب صنعتی پنجم پس از انقلاب صنعتی چهارم اعلام کرده‌اند. برای نمونه، کمیسیون اروپا "صنعت ۵" را اعلام کرده است که هدف آن یک صنعت ایده‌آل بر پایه مفاهیم "پایداری"، "انسان‌محوری" و "تاب‌آوری" است. در حالی که آلمان "چشم‌انداز ۲۰۳۰ برای صنعت ۴" را اعلام کرده است. افزون بر این، در سال ۲۰۱۶، ژاپن "جامعه ۵" را معرفی کرد که هدف آن ایجاد تعادل بین توسعه اقتصادی با راه‌حلی برای مسائل اجتماعی است [۷۰].

کمیسیون اروپا که نهاد اصلی اتحادیه اروپا است، در سال ۲۰۲۱ اعلام کرد که "صنعت ۵" جایگزین "صنعت ۴" خواهد شد. "صنعت ۵" مفهومی است که دیدگاه‌های مردم، جامعه و محیط را تکمیل و گسترش می‌دهد و به‌شدت تحت‌تأثیر موضوعات مهم رشد اروپا است که در سال ۲۰۱۹ اعلام شد [۷۰].

جدول ۶- خلاصه‌ای از ویژگی‌های انقلاب صنعتی چهارم

ویژگی	مراجع
استعداد، بیش از سرمایه، عامل حیاتی تولید خواهد بود	[۲۱]
دیجیتالی شدن	[۵، ۱۱، ۱۶، ۲۱ و ۵۷-۵۹]
افزایش رقابت صنعتی و تجاری	[۷، ۲۲ و ۳۱]
افزایش سرمایه‌گذاری در فناوری	[۷، ۱۱، ۱۲، ۱۴-۱۶، ۲۱، ۵۱ و ۵۸]
ادغام شرکت‌های کوچک و متوسط	[۷]
نیاز به نیروی کاری ماهر، دارای سواد دیجیتال و فناوری	[۷ و ۵۱]
سامانه‌های فیزیکی سایبری	[۱۲، ۱۶ و ۶۰]
نقش برجسته سنسورها	[۵ و ۱۲]
اینترنت اشیا	[۵، ۱۱، ۱۵، ۲۲، ۵۸ و ۶۰-۶۳]
هوش مصنوعی	[۵، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۲ و ۶۴]
توسعه ربات و ماشین‌های هوشمند	[۵، ۷، ۱۵، ۲۱، ۶۰ و ۶۵]
چاپگر سه‌بعدی	[۱۵، ۲۱ و ۲۲]
محاسبات کوانتومی	[۱۵ و ۶۵]
گسترش ارتباطات بی‌سیم	[۲۲ و ۶۰]
پردازش ابری	[۲۲، ۶۰ و ۶۵]
کارخانه دیجیتال	[۵۵ و ۶۰]
رمزنگاری مانند بلاک چین	[۱۶]
نانومواد	[۱۶، ۲۲ و ۶۵]
صرفه جویی در زمان	[۷ و ۱۴]
کاهش هزینه	[۳۱ و ۱۲]
تولید انعطاف پذیر با توجه به تقاضای مشتریان	[۱۲، ۱۶، ۲۲، ۶۰ و ۶۶]
افزایش رفاه	[۱۱ و ۶۷]
تقویت دوستی‌ها	[۱۶]

۷- بحث

در بخش‌های قبلی، در مورد انقلاب‌های صنعتی و ویژگی‌های هر انقلاب بحث شد. در این بخش، یک دسته‌بندی جدید از انقلاب‌های

توسعه چنین زیرساخت‌هایی، سوخت‌های فسیلی تنها منبع انرژی قابل‌اتکا بودند و به‌تبع آن توجه به منابع انرژی تجدیدپذیر در این دوره به‌شدت کم‌رنگ شد. این دوره را می‌توان عصر زیرساخت نامید که مقدمات لازم برای ورود به انقلاب صنعتی چهارم را فراهم کرد.

انقلاب صنعتی چهارم در نیمه دوم سده بیست میلادی، رخ داد. تجهیزاتی مانند پردازنده‌های مرکزی و رایانه‌های شخصی و تجهیزات نیمه‌هادی به دنیا معرفی شد. در این زمان با معرفی و گسترش اینترنت، پیشرفت فناوری‌های دیجیتال و جایگزینی آنان با دستگاه‌های الکترونیکی و مکانیکی آنالوگ صنایع ارتباطی و انرژی در جهان متحول شد. این انقلاب با ساخت کامپیوترهای شخصی اولیه شروع و در نهایت به هوشمندسازی تمام تجهیزات منجر شد [۱].

همگام با انقلاب صنعتی چهارم و شاید در نقطه اوج بلوغ آن، تغییر در نگرش به منابع انرژی از سوخت‌های فسیلی به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر روی داد. از سویی دیگر و به‌دنبال تلفات در خطوط انتقال و توزیع برق، سامانه‌های تولید پراکنده انرژی و ریزشبکه‌ها به‌مرور گسترش یافتند. در این راستا، اینترنت اشیا به شرکت‌ها و مشتریان کمک خواهد کرد تا تولید انرژی خود مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر را با هزینه حاشیه‌ای نزدیک به صفر در شبکه‌های انرژی، توزیع کنند. بستر دیجیتالی شده اینترنت اشیا، هسته اصلی انقلاب صنعتی چهارم است.

در این مقاله، دوره تحول انرژی در تکامل بشر به‌عنوان انقلاب صنعتی پنجم معرفی می‌شود. به‌کارگیری سوخت فسیلی به‌عنوان تنها منبع انرژی مورد اتکای بشر در انقلاب‌های صنعتی گذشته و تغییر سبک زندگی به‌سبب افزایش سطح عمومی رفاه طی دوره‌های انقلاب صنعتی اول تا چهارم باعث شده‌است که میزان تقاضای انرژی و به‌تبع آن انتشار گازهای سمی و گلخانه‌ای به‌شدت رشد کند.

صنعتی ارائه می‌شود. پنج بازه مختلف زمانی در تاریخ را می‌توان به‌عنوان انقلاب صنعتی در نظر گرفت که در هر یک از این بازه‌های کوتاه، ثروت جهانی با سرعت رشد قابل ملاحظه‌ای همراه بوده است.

نقطه آغاز انقلاب صنعتی اول را می‌توان با توسعه ابزارهای مهندسی ساده دانست. به‌مرور با توسعه ابزارهای پیچیده‌تر، نقطه عطف این انقلاب یعنی ساخت و توسعه ماشین بخار تحقق یافت. توسعه ماشین بخار شروع نقطه بلوغ انقلاب صنعتی اول بوده است. در این دوره، سوخت موردنیاز ماشین‌ها از منبع انرژی فسیلی مانند زغال سنگ تامین شد. بنابراین منابع انرژی سنتی مانند چوب با حامل‌های انرژی فسیلی جایگزین شدند. در این انقلاب صنعتی، افزایش ثروت جهانی بر دوش مهندسان مکانیک نوگرا بود. بازه زمانی این انقلاب صنعتی، بین سده ۱۵ تا سال‌های پایانی سده ۱۸ میلادی بوده است.

سه عامل اصلی راه‌اندازی انقلاب صنعتی دوم شامل انرژی مصرفی جدید (برق تولیدی از حامل‌های انرژی فسیلی)، سامانه‌های ارتباطی و سامانه‌های مالی جدید است. با پیشرفت در فناوری تولید و ساخت، امکان گسترش سامانه‌های فناوری جدید مانند شبکه‌های ارتباطی (تلگراف و راه‌آهن)، سامانه‌های فاضلاب و خطوط انتقال و توزیع آب و گاز فراهم شد. وجود منبع عظیم سوخت‌های فسیلی باعث توسعه نیروگاه‌ها و خطوط برق و تلفن شد. با برق‌رسانی به کارخانه‌های صنعتی و تولیدی در سده بیستم میلادی که مصادف با اولین جنگ جهانی است این انقلاب به نقطه اوج خود رسیده‌بود.

به‌دنبال انقلاب صنعتی دوم و با پیشرفت فناوری تولید برق به‌صورت متمرکز، توسعه نیروگاه‌های بزرگ و انتقال آن به محل‌های مصرف موجب رشد و توسعه کلان‌شهرها در انقلاب صنعتی سوم شد. از حدود صد سال پیش و با گسترش کلان‌شهرها و ایجاد تنوع در سامانه‌های حمل‌ونقلی (دریایی، هوایی و جاده‌ای)، انتقال کالا و مسافر به‌شدت سهولت یافت. با توجه به نیاز به حجم عظیمی از انرژی برای

جدول ۷- خلاصه‌ای از چالش‌های انقلاب صنعتی چهارم

مراجع	چالش‌ها و نگرانی‌ها در انقلاب صنعتی چهارم
[۶۸ و ۲۱، ۱۶]	افزایش نابرابری‌های هویتی و اجتماعی
[۲۱]	برهم زدن بازار کار
[۱۶]	نابرابری جنسیتی
[۶۹ و ۲۱، ۱۱، ۷]	ناآرامی اجتماعی
[۱۶]	افراط‌گرایی، خشونت آمیز
[۷]	عدم تمایل به تغییر توسط دین‌فغان
[۲۲ و ۱۶، ۱۱، ۷]	نابرابری در بین اقتصادها و همچنین در داخل آن‌ها
[۱۶]	تأثیر منفی به‌ویژه بر اقتصادهای کمتر توسعه‌یافته
[۵۱ و ۲۲، ۱۶، ۱۱، ۷]	امنیت سایبری، هک
[۱۶]	صلح جهانی دشوارتر
[۱۶]	سلاح‌های بیولوژیکی و بیوشیمیایی
[۱۶]	گسترش دسترسی به فناوری‌های کشنده

جهان برای حمایت از پیشرفت اقتصادی و اجتماعی و ایجاد کیفیت بهتر زندگی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، به انرژی نیاز دارد [۷۱]. انرژی اقتصادها را به حرکت در می‌آورد و جامعه را حفظ می‌کند. انرژی پایدار فرصتی برای تغییر زندگی و اقتصاد ارائه می‌دهد [۷۲].

جهان برای حمایت از پیشرفت اقتصادی و اجتماعی و ایجاد کیفیت بهتر زندگی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، به انرژی نیاز دارد [۷۱]. انرژی اقتصادها را به حرکت در می‌آورد و جامعه را حفظ می‌کند. انرژی پایدار فرصتی برای تغییر زندگی و اقتصاد ارائه می‌دهد [۷۲].

صرفه اساسی تر است و می‌تواند باعث بهبود و حتی نجات جان افراد شود. در این کشورها، انرژی از صنعت توسعه‌یافته، کشاورزی مدرن، افزایش تجارت و بهبود ترابری حمایت می‌کند. این‌ها عناصر سازنده‌ای هستند که به مردم کمک می‌کنند از فقر فرار کنند و زندگی بهتری ایجاد کنند [۷۱]. اهمیت منابع انرژی بدیهی است زیرا جامعه بدون آن‌ها قادر به فعالیت نخواهد بود [۷۳].

مرجع [۷۲] اثر انرژی بر اقتصاد را بررسی می‌کند و بیان می‌کند وقتی انرژی کمیاب است، محدودیت شدیدی بر رشد اقتصاد تحمیل می‌کند، اما زمانی که انرژی فراوان باشد، تأثیر آن بر رشد اقتصادی بسیار کاهش می‌یابد. در واقع، حدود نیمی از رشد صنعتی در دنیای امروز برآمده از انرژی است، حتی اگر کمتر از یک دهم سهم در کل هزینه تولید را به خود اختصاص دهد. رشد انرژی نیز نقش مهمی در افزایش تولید ناخالص داخلی دارد. ثابت شده‌است که انرژی و رشد اقتصادی به یکدیگر وابسته هستند [۷۴].

هیچ کشوری قادر به افزایش درآمد سرانه از سطوح پایین بدون افزایش سهم انرژی بخش تجاری نیست. داده‌های مقطعی همبستگی‌های بی‌چون‌وچرای بین به‌کارگیری انرژی (به‌خصوص برق) و کیفیت زندگی را نشان می‌دهد [۷۵]. انرژی یک کالای اقتصادی است که می‌تواند استانداردهای زندگی میلیاردها نفر را بهبود بخشد.

روند سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی به‌خصوص انرژی‌های پاک در چند سال اخیر، یکی دیگر از دلایل مطرح کردن انرژی به‌عنوان انقلاب صنعتی پنجم است. شتاب پشت سرمایه‌گذاری در انرژی پاک برآمده از همسویی قدرتمند هزینه‌ها، اهداف امنیت آب‌وهوا، انرژی و استراتژی‌های صنعتی است. میزان سرمایه‌گذاری جهانی در حوزه انرژی‌های پاک و سوخت‌های فسیلی در شکل ۱ نشان داده شده‌است. مقادیر مربوط به سال ۲۰۲۴ در شکل ۱ مقدار تخمینی از این سال است. با مقایسه تخمین‌ها برای سال ۲۰۲۳ با داده‌های سال ۲۰۲۱، سرمایه‌گذاری سالانه انرژی پاک بسیار سریع‌تر از سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی در این دوره افزایش یافته‌است (۲۴ درصد در برابر ۱۵ درصد). تحلیل‌های جدید نشان می‌دهد که چگونه دوره نوسانات شدید در بازارهای سوخت فسیلی ناشی از تهاجم کشور روسیه به اوکراین، شتاب در پشتیبانی از فناوری‌های انرژی پاک را تسریع کرده است، حتی در شرایطی که باعث تقلای کوتاه‌مدت برای عرضه نفت و گاز شده‌است. در سال ۲۰۲۳، انرژی‌های کم‌آلاینده به‌طور تقریبی ۹۰ درصد از کل سرمایه‌گذاری در تولید برق را تشکیل داده است [۷۶].

در سال ۲۰۲۳ حدود ۲/۸ تریلیون دلار در انرژی سرمایه‌گذاری شد. بیش از ۱/۷ تریلیون دلار به انرژی‌های پاک، از جمله انرژی تجدیدپذیر، هسته‌ای، شبکه‌ها، ذخیره‌سازی، سوخت‌های کم‌آلاینده، بهبود بهره‌وری و انرژی‌های تجدیدپذیر اختصاص داده شد [۷۶].

اکنون به‌ازای هر ۱ دلار هزینه شده برای سوخت‌های فسیلی، ۱/۷ دلار صرف انرژی‌های پاک می‌شود. پنج سال پیش این نسبت، ۱ به ۱ بود که نشان از روند روبه‌رشد و سریع در سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک دارد. بیش از ۹۰ درصد افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی پاک از سال ۲۰۲۱ در اقتصادهای پیشرفته و چین صورت گرفته است. که نشان از اهمیت بالای انرژی برای اقتصادهای پیشرفته است. با این حال، نرخ‌های بهره بالاتر، چهارچوب‌های سیاست نامشخص و طرح‌های بازار، مشکل‌های مالی و هزینه بالای سرمایه

مانع از سرمایه‌گذاری در بسیاری از کشورهای دیگر می‌شوند. افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک در اقتصادهای پیشرفته و چین از سال ۲۰۲۱ از کل سرمایه‌گذاری انرژی پاک در بقیه جهان بیشتر است. اقتصادهای پیشرفته و چین ۸۰ درصد از هزینه‌های جهانی و اغلب رشد سال‌های اخیر را به خود اختصاص داده‌اند [۷۶].

انرژی پایدار فرصتی برای تغییر زندگی و اقتصاد ارائه می‌دهد. با این وجود، تولید و به‌کارگیری انرژی نیز بزرگ‌ترین عامل گرمایش جهانی است. بخش انرژی حدود دو سوم از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی را به خود اختصاص می‌دهد که به فعالیت‌های انسانی نسبت داده می‌شود. ایران تنها حدود ۱ درصد از انرژی مصرفی خود را از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌کند. منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی آبی، بادی، خورشیدی، زیستی، جزر و مدی و حتی زمین گرمایی در ایران در دسترس هستند. با مدیریت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر افزون‌بر کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، دسترسی به منابع انرژی پایدار و دائمی برای مصرف‌کنندگان نیز فراهم می‌شود. نکته دیگر در استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، تنوع بخشی به سبد انرژی در کشور است که قابلیت اطمینان سیستم انرژی را بالاتر می‌برد [۷۷-۸۱]. یکی از دلایل بهره‌مندی پایین از این انرژی در ایران به دلیل چالش‌های موجود در این حوزه است. از مهم‌ترین این چالش‌ها می‌توان به تخصیص کم منابع به تحقیق و توسعه توسط دولت، ریسک بالای سرمایه‌گذاری، معافیت‌های محدود و غیرنظاممند گمرکی برای توسعه فناوری‌های مربوط به انرژی تجدیدپذیر، سیاست‌های تشویقی و حمایتی محدود و غیرنظاممند و تعامل ضعیف دولت با بنگاه‌های فناوری و ظرفیت محدود شبکه برای انتقال منابع تجدیدپذیر است [۸۲]. ظرفیت کل نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور ۱۰۲۸/۵ مگاوات است. آخرین گزارش سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری برق نشان از آن دارد که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر موجب جلوگیری از انتشار ۳۴ هزار تن گاز گلخانه‌ای در کشورمان شده است. همچنین این نوع انرژی معادل ۱۶ میلیون متر مکعب صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی و ۱۳ میلیون لیتر آب به همراه داشته است [۸۳].

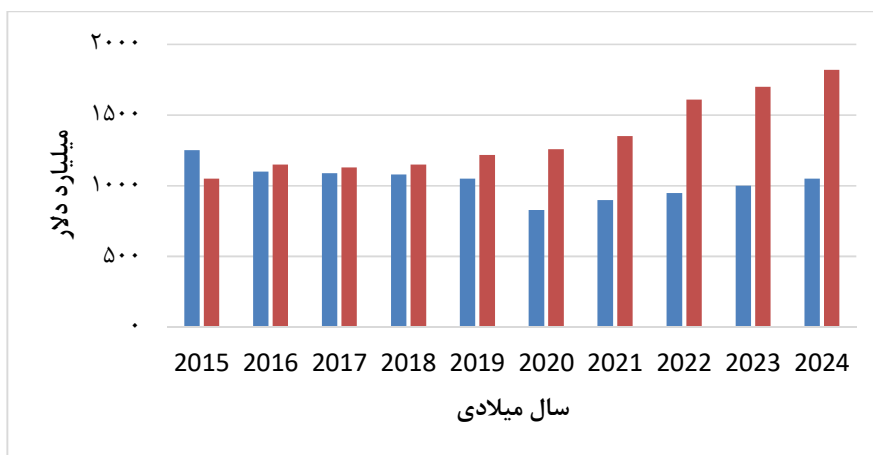
یکی دیگر از مزیت‌های به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش آلودگی‌هاست. کلان‌شهر تهران سهم کمی از هوای پاک دارد. آمارها نشان می‌دهد در ۱۰ سال گذشته (۱۳۹۲-۱۴۰۱) تهرانی‌ها فقط ۱۵۰ روز هوای پاک را تجربه کردند اما در مقابل ۱۱۳۶ روز هوای آلوده (ناسالم برای گروه‌های حساس، ناسالم، بسیار ناسالم، خطرناک) داشتند [۸۴]. طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی، بسته به شرایط کشورها، ۲ الی ۴ درصد تولید ناخالص داخلی برای اثرات بهداشتی آلودگی هوا هزینه می‌شود که در ایران هزینه‌های آلودگی هوا بیش از ۳۰ میلیارد دلار و حدود ۲/۵ درصد تولید ناخالص داخلی است. آلودگی هوا سالانه هشت میلیون نفر را در دنیا و حدود ۳۴ هزار نفر را در ایران دچار مرگ زودرس می‌کند [۸۵].

دسترسی به منابع انرژی پاک و مقرون به صرفه یکی از اهداف توسعه پایدار است. به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند موجب دستیابی به چنین هدفی شود. در شکل ۲، درصد رشد سرمایه‌گذاری‌های بر اساس هدف‌های توسعه پایدار به تفکیک پنج بخش مختلف دیده می‌شود. سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های

۸- نتیجه‌گیری

انقلاب‌های صنعتی به‌صورت گسترده در حوزه‌های مختلف بر کیفیت زندگی انسان اثرگذار هستند. انقلاب صنعتی اول با توسعه ابزارهای مهندسی ساده شروع و با ساخت ماشین بخار توسعه یافت. انقلاب صنعتی دوم، با معرفی شکل جدیدی از انرژی مصرفی، سامانه‌های ارتباطی و سامانه‌های مالی شروع شد. سامانه‌های فناوری جدید مانند شبکه‌های ارتباطی، فاضلاب و خطوط انتقال و توزیع آب و گاز گسترش یافت.

تجدیدپذیر، بیشترین رشد را در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ میلادی به خود اختصاص داده است. پس از توافق اقلیمی پاریس در سال ۲۰۱۵، مقدار سرمایه‌گذاری‌ها در انرژی‌های تجدیدپذیر حدود ۳ برابر شده است. این موضوع بیانگر توجه جامعه جهانی، به انرژی‌های تجدیدپذیر در عصر حاضر است [۸۶]. در شکل ۳ پنج انقلاب صنعتی در تمدن بشری از نظر دوره زمانی و هدف دسته‌بندی شده‌اند.



شکل ۱- میزان سرمایه‌گذاری جهانی در حوزه انرژی‌های پاک و سوخت‌های فسیلی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۳ [۷۶]



شکل ۲- درصد رشد سرمایه‌گذاری‌های توسعه پایدار در سال ۲۰۱۵-۲۰۲۱ [۸۶]



شکل ۳- دسته‌بندی پنج انقلاب صنعتی در تمدن بشری از نظر دوره زمانی و هدف

می‌شود.

۹- مراجع

- [1] زندگی م، بهرامی م، زندگی ح. ذخیره‌سازی انرژی. دانش‌نگار، ۱۴۰۲.
- [2] Stern DI. The role of energy in economic growth. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2011;1219(1):26-51.
- [3] Herrera RJ, Garcia-Bertrand R, Salzano FM. *Genomes, evolution, and culture: Past, present, and future of humankind*: John Wiley & Sons; 2016.
- [4] Hong Y-C. The Age of Chronic and Late Chronic Diseases: A New View of Diseases. *The Changing Era of Diseases*. 2019:35.
- [5] Osei BA, Ragavan NA, Mensah HK. Prospects of the fourth industrial revolution for the hospitality industry: a literature review. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*. 2020;11(3):479-94.
- [6] Maynard AD. Navigating the fourth industrial revolution. *Nature nanotechnology*. 2015;10(12):1005-6.
- [7] Harahap NJ, Rafika M. Industrial revolution 4.0: and the impact on human resources. *Ecobisma (jurnal ekonomi, bisnis dan manajemen)*. 2020;7(1):89-96.
- [8] Schwab K. *The fourth industrial revolution: Currency*; 2017.
- [9] Szreter S, Mooney G. Urbanization, mortality, and the standard of living debate: new estimates of the expectation of life at birth in nineteenth-century British cities. *Economic History Review*. 1998;84-112.
- [10] Feinstein CH. Pessimism perpetuated: real wages and the standard of living in Britain during and after the industrial revolution. *The Journal of Economic History*. 1998;58(3):625-58.
- [11] Morrar R, Arman H, Mousa S. The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology innovation management review*. 2017;7(11):12-20.
- [12] Dombrowski U, Wagner T. Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Procedia Cirp*. 2014;17:100-5.
- [13] Mohajan H. The second industrial revolution has brought modern social and economic developments. 2019.
- [14] Oke A, Fernandes FAP. Innovations in teaching and learning: Exploring the perceptions of the education sector on the 4th industrial revolution (4IR). *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2020;6(2):31.

در انقلاب صنعتی سوم، توسعه نیروگاه‌های بزرگ و انتقال آن به محل‌های مصرف، باعث رشد و توسعه کلان‌شهرها شد. این دوره مقدمات لازم برای ورود به انقلاب صنعتی چهارم را فراهم کرد. انقلاب صنعتی چهارم، با تجهیزاتی مانند پردازنده‌های مرکزی و رایانه‌های شخصی و تجهیزات نیمه‌هادی به دنیا معرفی شد. این انقلاب با ساخت کامپیوترهای شخصی اولیه شروع و در نهایت به هوشمندسازی تمام تجهیزات منجر شد. فناوری‌هایی که امکان انجام خودکار کارهای موجود را بدون کمک افراد فراهم می‌کنند، به‌عنوان هسته اصلی فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی ظاهر شده‌اند. انقلاب صنعتی چهارم در انتهای قرن بیستم میلادی به نقطه اوج خود رسید و در حال حاضر به انقلاب صنعتی پنجم (عصر انرژی) متصل شده است.

در این مقاله انرژی به‌عنوان انقلاب صنعتی پنجم معرفی شد. انرژی قابل‌اعتماد از صنعت توسعه‌یافته، کشاورزی مدرن، افزایش تجارت و بهبود ترابری حمایت می‌کند. این موارد عنصرهای سازنده‌ای است که به مردم کمک می‌کنند از فقر فرار و زندگی بهتری ایجاد کنند. وقتی انرژی کمیاب است، محدودیت شدیدی بر رشد اقتصاد تحمیل می‌کند، اما زمانی که انرژی فراوان باشد، اثر آن بر رشد اقتصادی بسیار کاهش می‌یابد. در واقع، به‌طور تقریبی نیمی از رشد صنعتی در دنیای امروز ناشی از انرژی است. اعتقاد بر این است که رشد انرژی نیز نقش مهمی در افزایش تولید ناخالص داخلی دارد، از این‌رو سرمایه‌گذاری‌ها در جهان به‌سمت تولید انرژی از منابع ارزان، پایدار و با آلاینده‌گی پایین در حرکت است. انرژی یک کالای اقتصادی راهبردی است که می‌تواند استانداردهای زندگی میلیاردها نفر را بهبود بخشد.

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر سبب خواهد شد افزون‌بر این‌که منابع انرژی‌های فسیلی برای آیندگان ذخیره شود هوای شهرها از آلودگی‌ها نجات یابد و محیط زیست هم سالم بماند. آلودگی هوا سالانه هشت میلیون نفر را در دنیا و حدود ۳۴ هزار نفر را در ایران دچار مرگ زودرس می‌کند. بنابراین به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر افزون‌بر کاهش هزینه‌های عمومی موجب افزایش طول عمر نیز می‌شود. مزیت دیگر به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر بی‌نیازی به آب است. به‌کارگیری این نوع از انرژی، سبب صرفه‌جویی در مصرف آب

- [39] Hermann M, Pentek T, Otto B, editors. Design principles for industrie 4.0 scenarios. 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS); 2016: IEEE.
- [40] Brynjolfsson E, McAfee A. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies: WW Norton & Company; 2014.
- [41] Kagermann H, Wahlster W, Helbig J. Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 April 2013 Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Berlin: Acatech—National Academy of Science and Engineering. Work Gr. 2013.
- [42] Lee M, Yun JJ, Pyka A, Won D, Kodama F, Schiuma G, et al. How to respond to the fourth industrial revolution, or the second information technology revolution? Dynamic new combinations between technology, market, and society through open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2018;4(3):21.
- [43] Crnjac M, Veža I, Banduka N. From concept to the introduction of industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management*. 2017;8(1):21.
- [44] Zhong RY, Xu X, Klotz E, Newman ST. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*. 2017;3(5):616-30.
- [45] Almada-Lobo F. The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of innovation management*. 2015;3(4):16-21.
- [46] Penprase BE. The fourth industrial revolution and higher education. Higher education in the era of the fourth industrial revolution. 2018;10(1):978-81.
- [47] Lee M, Yun JJ, Pyka A, Won D, Kodama F, Schiuma G, et al. How to respond to the fourth industrial revolution, or the second information technology revolution? Dynamic new combinations between technology, market, and society through open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2018;4(3):21.
- [48] Lamprini K, Brochler R. How Collaborative Innovation and Technology in Educational Ecosystem Can Meet the Challenges Raised by the 4 th Industrial Revolution. *World Technopolis Review*. 2018;7(1):2-14.
- [49] Sung TK. Industry 4.0: a Korea perspective. *Technological forecasting and social change*. 2018;132:40-5.
- [50] Avis J. Socio-technical imaginary of the fourth industrial revolution and its implications for vocational education and training: A literature review. *Journal of Vocational Education & Training*. 2018;70(3):337-63.
- [51] Ellitan L. Competing in the era of industrial revolution 4.0 and society 5.0. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship*. 2020;10(1):1-12.
- [52] Malavasi M, Schenetti G. Lean Manufacturing and Industry 4.0: an empirical analysis between Sustaining and Disruptive Change. 2017.
- [53] Schwab K. The Fourth Industrial Revolution, What It Means and How to Respond 2015 [Available from: <https://www.foreignaffairs.com/world/fourth-industrial-revolution>].
- [54] Ivanov SH, Webster C, Berezina K. Adoption of robots and service automation by tourism and hospitality companies. *Revista Turismo & Desenvolvimento*. 2017;27(28):1501-17.
- [55] H. Dutton W. Putting things to work: Social and policy challenges for the Internet of things. *info*. 2014;16(3):1-21.
- [56] Ivanov S, Webster C, Seyyedi P. Consumers' attitudes towards the introduction of robots in accommodation establishments. *Tourism: An International Interdisciplinary Journal*. 2018;66(3):302-17.
- [15] Kayembe C, Nel D. Challenges and opportunities for education in the Fourth Industrial Revolution. *African Journal of Public Affairs*. 2019;11(3):79-94.
- [16] Davis N, editor What is the fourth industrial revolution. *World Economic Forum*; 2016.
- [17] Bezanson A. The early use of the term industrial revolution. *The Quarterly Journal of Economics*. 1922;36(2):343-9.
- [18] Rappard WE. La révolution industrielle et les origines de la protection légale du travail en Suisse: Staempfli; 1914.
- [19] Guilbert AM. Histoire des villes de France: Furne, Perrotin, Fournier; 1848.
- [20] Chaptal J, De L. De l'industrie française (Paris, 1819). On Chaptal's work for technical education until. 1819:167-74.
- [21] Xu M, David JM, Kim SH. The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International journal of financial research*. 2018;9(2):90-5.
- [22] Koc TC, Teker S. Industrial revolutions and its effects on quality of life. *PressAcademia Procedia*. 2019;9(1):304-11.
- [23] Cameron R. The industrial revolution: A misnomer. *The History Teacher*. 1982;15(3):377-84.
- [24] Fischer EP. Unzerstörbar: die Energie und ihre Geschichte: Springer-Verlag; 2013.
- [25] Coleman DC. Myth, history and the industrial revolution. *Myth, history and the industrial revolution*. 1992:1-238.
- [26] Prisecaru P. Challenges of the fourth industrial revolution. *Knowledge Horizons Economics*. 2016;8(1):57.
- [27] Carr N. IT Doesn't Matter', *Harvard Business Review*, May 2003. 2003.
- [28] Belvedere V, Grando A, Bielli P. A quantitative investigation of the role of information and communication technologies in the implementation of a product-service system. *International Journal of Production Research*. 2013;51(2):410-26.
- [29] Liao Y, Loures ER, Deschamps F, Brezinski G, Venâncio A. The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. *Production*. 2018;28.
- [30] Liao Y, Deschamps F, Loures EdFR, Ramos LFP. Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International journal of production research*. 2017;55(12):3609-29.
- [31] Osei BA, Ragavan NA, Mensah HK. Prospects of the fourth industrial revolution for the hospitality industry: a literature review. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*. 2020;11(3):479-94.
- [32] Gordon RJ. Does the "new economy" measure up to the great inventions of the past? *Journal of economic perspectives*. 2000;14(4):49-74.
- [33] Atkeson A, Kehoe PJ. The transition to a new economy after the second industrial revolution. *National Bureau of Economic Research Cambridge, Mass., USA*; 2001.
- [34] Buckman DL. Old Steamboat Days on the Hudson River: Tales and Reminiscences of the Stirring Times that Followed the Introduction of Steam Navigation: Grafton Press; 1907.
- [35] Landes DS. The unbound Prometheus: technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present: Cambridge University Press; 2003.
- [36] Blinder AS. Offshoring: the next industrial revolution? *Foreign affairs*. 2006:113-28.
- [37] Hofmann E, Rüsç M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in industry*. 2017;89:23-34.
- [38] Oztemel E, Gursev S. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of intelligent manufacturing*. 2020;31:127-82.

- زیست‌توده از دیدگاه انرژی، آگزازی، اقتصادی و زیست محیطی. مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز. ۲۰۲۳؛۵۲(۴):۳۰۱-۱۰.
- [۷۹] محبی ح، قندهاریون س، اثمیری ش. ارزیابی چرخه‌حیات سیستم حصر مستقیم کربن‌دی‌اکسید با فرآیند فیشر-تروپش برای تولید سوخت حمل و نقل تحت سه سناریو تولید برق. مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز. ۲۰۲۳؛۵۲(۴):۳۴۷-۵۶.
- [۸۰] رسولی ا، ابراهیمی م. بررسی عملکرد توربین هیدروسینتیک جهت تولید برق در کانالهای انتقال آب و ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی. مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز. ۲۰۲۳؛۵۳(۳):۵۱-۶۰.
- [۸۱] شوندی م، گودرزوند چگینی س، فرامرزی س، مافی م. پیشنهاد یک سیستم ترکیبی چند هدفه به منظور تبدیل انرژی زمین گرمایی به هیدروژن مایع. مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز. ۲۰۲۳؛۵۳(۳):۱۳۱-۴۱.
- [۸۲] فرتاش ک، باوفا صفت ف، سعادت‌آبادی عا. تحلیل چالش‌های توسعه بازار فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر در ایران با مدل‌سازی ساختاری - تفسیری. فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی. ۲۰۲۲؛۴۷(۴۷):۵۵-۷۲.
- [۸۳] ظرفیت تولید نیروگاه‌های تجدیدپذیر به ۱۰۲۸ مگاوات رسید: خبرگزاری جمهوری اسلامی. ۲۰۲۳؛ <https://irna.ir/xjLYKF>.
- [۸۴] تهران و فقط ۱۵۰ روز هوای پاک در یک دهه: سایت تحلیلی خبری عصر ایران. ۲۰۲۳؛ asiran.com/003qpZ.
- [۸۵] هزینه آلودگی هوا در ایران ۲٫۵ درصد تولید ناخالص داخلی است: خبرگزاری دانشجویان ایران. ۲۰۲۲؛ isna.ir/xdLhjn.
- World Investment Report 2023. 2023 [Available from: https://unctad.org/system/files/official-document/wir2023_en.pdf.
- [57] Hirschi A. The fourth industrial revolution: Issues and implications for career research and practice. The career development quarterly. 2018;66(3):192-204.
- [58] Ross P, Maynard K. Towards a 4th industrial revolution. Taylor & Francis; 2021. p. 159-61.
- [59] Vermesan O, Friess P, Guillemin P, Sundmaeker H, Eisenhauer M, Moessner K, et al. Internet of things strategic research and innovation agenda. Internet of things: River Publishers; 2022. p. 7-151.
- [60] STĂNCIOIU A. THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION „INDUSTRY 4.0”. Fiabilitate și Durabilitate. 2017;1(19):74-78.
- [61] Holler J, Tsiatsis V, Mulligan C, Karnouskos S, Avesand S, Boyle D. From machine-to-machine to the Internet of Things: introduction to a new age of intelligence. 2014.
- [62] Gershenfeld N, Vasseur J. As objects go online; the promise (and pitfalls) of the internet of things. Foreign Aff. 2014;93:60.
- [63] Rifkin J. The zero marginal cost society: The internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism. St. Martin's Press; 2014.
- [64] Manyika J, Chui M, Miremadi M, Bughin J, George K, Willmott P, Dewhurst M. Harnessing Automation for a Future that Works. Report by McKinsey. 2017.
- [65] Bartodziej CJ. The concept Industry 4.0. The Concept Industry 40 : An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2017. p. 27-50.
- [66] Schmitt K. Top 5 Reasons Why Industry 4.0 Is Real And Important. Digitalist Magazine, October 15, 2013. 2017.
- [67] Jee Y-S. Exercise rehabilitation in the fourth industrial revolution. Journal of exercise rehabilitation. 2017;13(3):255.
- [68] McDonough W, Braungart M. The next industrial revolution. Sustainable solutions: Routledge; 2017. p. 139-50.
- [69] Wolf M. Same as it ever was. Foreign Aff. 2015;94:15.
- [70] What is the “Fifth Industrial Revolution,” Which Will Deepen the Integration Between People and Technology? 2023 [Available from: <https://article.murata.com/en/article/what-is-the-fifth-industrial-revolution>.
- [71] The importance of energy [Available from: <https://www.imperialoil.ca/en-ca/company/about/the-importance-of-energy>.
- [72] Why does energy matter? [Available from: <https://www.unep.org/explore-topics/energy/why-does-energy-matter>.
- [73] Energy Resources [Available from: <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/environmental-science/energy-resources/>.
- [74] role of energy and economic growth in india [Available from: <https://unacademy.com/content/ssc/study-material/general-awareness/role-of-energy-and-economic-growth-in-india/>.
- [75] Programme UND. energy and economic prosperity [Available from: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/chapter11.pdf>.
- [76] World Energy Outlook 2022. Paris: IEA; 2022 [Available from: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.
- [۷۷] حاج عبداللہی ح، قمری و. مدل‌سازی و بهینه‌سازی فنی اقتصادی سیستم‌های هیبریدی تولید سرمایش، گرما، توان و آب شیرین. مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز. ۲۰۲۲؛۵۱(۴):۲۶۷-۷۶.
- [۷۸] صباغی م، سفید م. بررسی چرخه اصلاح شده رانکین آلی به منظور تولید هیدروژن و آب شیرین با استفاده از انرژی زمین گرمایی و