

جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در نظریه حمل‌ونقل پایدار مسافر

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۵/۱۸

پیمان بختیاری^۱

مهدی استادی جعفری^۲

محمود کرم‌رودی^۳

میقات حبیبیان^۴

چکیده

امروزه با رشد روزافزون نیازهای جوامع انسانی و به تبع آن گسترش خدمت‌رسانی توسط مراکز متعدد صنعتی، اداری، رفاهی و...، صنعت حمل‌ونقل به عنوان عاملی اساسی در برقراری ارتباط بین عرضه و تقاضای این خدمات مطرح است. همچنین در جریان توسعه جوامع، حمل‌ونقل به طور همزمان دارای نقش تأثیرگذار و تأثیرپذیر بوده است. امروزه دیدگاه همه‌جانبه به توسعه سبب شده است تا برای دستیابی به ساختار پایدار شهری، نظریه حمل‌ونقل پایدار به عنوان یک راهبرد مورد توجه کارشناسان، مدیران و گردانندگان جوامع شهری قرار گیرد. یکی از مهم‌ترین موضوعات در نظریه حمل‌ونقل پایدار، مبحث انرژی است. سهم بالای صنعت حمل‌ونقل در مصرف سرانه انرژی و تأثیرات مستقیم آن بر محیط‌زیست و همچنین پیامدهای آن در توسعه جوامع، بیانگر جایگاه مهم این مبحث در نظریه حمل‌ونقل پایدار است. در این میان، حمایت از توسعه فناوری‌های گونه‌های متعدد انرژی تجدیدپذیر به واسطه بحران زوال منابع فسیلی در جهان و اکتشافات روزافزون در زمینه شناسایی خطرات زیست‌محیطی استفاده از آنها در دستور کار بسیاری از اجلاس‌های مختلف بین‌المللی، منطقه‌ای و ملی است. در این مقاله ضمن تلاش جهت ارائه تعریفی جامع و مانع از انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار، سعی بر ارائه شاخص‌هایی در زمینه ارزیابی جایگاه انرژی تجدیدپذیر در نظریه حمل‌ونقل پایدار مسافر شده است. با توجه به جدید بودن مفهوم حمل‌ونقل پایدار در ادبیات مدیریتی حمل‌ونقل، خط‌مشی‌ها و شاخص‌های مورد نظر این مقاله، می‌تواند در دستیابی به توسعه پایدار زیرساخت‌های شهری راهگشا باشد.

کلید واژه‌ها: نظریه حمل‌ونقل پایدار مسافر، انرژی‌های تجدیدپذیر، شاخص

^۱ کارشناس ارشد بخش ایمنی پژوهشکده حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات

^۳ کارشناس ارشد عمران گرایش راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران

^۴ دانشجوی دکترای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، مدرس دانشگاه صنعتی امیرکبیر - دانشکده عمران و محیط‌زیست

اجرای برنامه‌ریزی‌های تک بعدی و ناقص و مصرف نسنجیده و آزمون‌دانه منابع طبیعی منجر به تخریب محیط‌زیست بشر شده و زندگی نسل‌های آینده را به مخاطره انداخته به طوری که امروز جهان با خطرات جدی در ارتباط با محیط‌زیست روبه‌رو است. این روند و در نتیجه احساس نیاز به خروج از بحران‌های فوق منجر به ظهور و بروز موضوع اساسی در دنیا به نام توسعه پایدار شده است.

مفاهیم توسعه پایدار به عنوان راهبرد خروج از این چالش‌ها با طرح در کنفرانس ۱۹۷۲ در استکهلم آغاز شد و در کمیسیون محیط‌زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷ و کنفرانس ریو در سال ۱۹۹۲ به مرور زمان شکل گرفت و تکامل یافت. یکی از مهم‌ترین موضوعات موردنظر در زمینه توسعه پایدار، راهبرد حمل‌ونقل پایدار است. این نظریه در سال‌های اخیر مورد توجه کارشناسان، مدیران و گردانندگان حمل‌ونقل و ترافیک قرار گرفته و دارای ضرورت‌های متعددی است که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

توسعه سریع شهرنشینی باعث تقاضای بسیار زیاد برای فعالیت‌های زیربنایی نظیر حمل‌ونقل و مصرف انرژی شده است. رشد بالای مصرف انرژی به صورتی است که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ مصرف انرژی بخش حمل‌ونقل و انتشار گازهای گلخانه‌ای نسبت به سال ۲۰۰۰ تا دو برابر افزایش یابد. [۱]

در سال ۲۰۰۵ مصرف انرژی در جهان ۱۰ گیگاتن بر ساعت بوده است و پیش‌بینی می‌شود این رقم در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب به ۱۲ و ۱۴ گیگاتن بر ساعت افزایش یابد. [۲] در سال ۱۹۹۷ میزان برق مصرفی جهان ۱۴ PWh بوده که تا سال ۲۰۲۰ این میزان به ۲۳۰ خواهد رسید. [۳] در جدیدترین اظهارنظرهای انجمن‌های علمی کانادا تخمین زده شد منابع نفت و گاز تا سال ۲۰۳۰ به شدت کاهش یافته و رو به اتمام خواهد بود [۴] که به این ترتیب، نسل‌های آتی بشر قادر نخواهند بود انرژی مورد نیاز خود را برآورده کرده و بی‌شک این موضوع مشکلات عدیده‌ای را برای آنان به وجود خواهد آورد. از طرف دیگر، آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف انرژی‌های فسیلی، نگرانی‌های فراوانی را برای ادامه زندگی جوامع انسانی فراهم کرده است. در جدول یک سهم بخش‌های مختلف دنیا در آلودگی هوای کره زمین نشان داده شده است. طبق این آمار، بخش حمل‌ونقل به تنهایی ۷۹ درصد انتشار گاز مونواکسید کربن و ۵۰ درصد از گاز اکسید نیتروژن را به خود اختصاص داده است. در این جدول، نشانه * به معنای عامل عمده در آلودگی است.

جدول یک- سهم بخش‌های مختلف کشورهای جهان در آلودگی هوای کره زمین [۵]

بخش	CO		NO		VOC		PN - 10		So ₂	
	میلیون تن	درصد	میلیون تن	درصد	میلیون تن	درصد	میلیون تن	درصد	میلیون تن	درصد
حمل و نقل	۷۰	۷۹°	۱۱	۵۰°	۷/۹	۴۱/۵°	۰/۹	۳	۰/۷	۳/۵
بزرگراه‌ها	۵۳	۶۰°	۷/۲	۳۱	۵/۵	۲۹°	۰/۳	۱	۰/۳	۱/۵
فرودگاه‌ها	۱	۱	۰/۲	۰/۷	۰/۲	۰/۹	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۱	۲
حمل و نقل ریلی	۰/۱	۰/۱	۰/۹	۴	۰/۰۵	۰/۳	۰/۰۳	۰/۱	۰/۲۴	۱
حمل و نقل دریایی	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۳	۰/۰۳	۰/۱	۰/۱	۰/۶
غیربزرگراهی	۵/۹	۱۸	۳/۳	۱۴	۲/۲	۱۱	۰/۵	۱/۶	۰/۰۱	۰
احتراق منابع سوختی	۶	۷	۱۰/۵	۴۵°	۱/۱	۶	۱/۲	۴	۱۷	۸۸°
فرآیندهای صنعتی	۴/۶	۵	۰/۸	۳	۹	۴۷°	۰/۹	۳	۱/۶	۸/۵
باز یافت زباله	۱/۲	۱/۴	۰/۱	۰/۴	۰/۴	۲/۳	۰/۳	۰/۹	۰/۰۵	۰/۳
امور متفرقه	۷	۸	۰/۲	۱	۰/۶	۳	۲۸	۹۰°	۰/۰۱	۰

تجدیدناپذیری منابع طبیعی منجر به آن شد که بشر ناچاراً استفاده از انرژی‌هایی را بپذیرد که بتواند منابع در دسترس، کارآمد و پایمان‌ناپذیری را در اختیار خود قرار دهد. پس از بررسی‌های انجام گرفته در خصوص انرژی‌های تجدیدپذیر در فوریه ۲۰۰۵ با تنظیم پروتکل کیوتو، حفظ منابع سوخت‌های فسیلی به جهت ارزش بالای آنها و روی آوردن به انرژی‌های تجدیدپذیر در دستور کار دولت‌ها قرار گرفت. [۶] در سال ۲۰۰۵ سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از مجموع ۱۰۰/۹۴۲ کوادریلیون BTU^۱ مصرف انرژی در جهان، ۶/۵۸۸ کوادریلیون BTU بوده است. [۶] در جدول دو روند رشد سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۴ نمایش داده شده است. این روند صعودی نشان دهنده رویکرد دولت‌ها در به کارگیری این انرژی‌ها در سایر بخش‌های مصرف‌کننده است.

جدول دو- سهم انرژی‌های مورد استفاده در دنیا در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۴ [۷]

سوخت	۱۹۹۰		۲۰۰۰		۲۰۰۴	
	نسبت	درصد	نسبت	درصد	نسبت	درصد
سوخت‌های فسیلی	نفت	۳۷/۱	۳۳/۸	۳۳/۸	۳۲/۸	۳۲/۸
	گاز طبیعی	۸۰/۱	۷۶/۹	۲۰/۹	۲۱/۱	۲۱/۱
	زغال سنگ	۲۴/۳	۲۲/۲	۲۲/۲	۲۴/۲	۲۴/۲
هسته‌ای		۵/۵	۶		۵/۴	
زیست توده		۱۱	۹/۶		۸/۸	
برق آبی		۲	۵/۴		۵/۵	
سایر انرژی‌های تجدیدپذیر		۱/۴	۲/۱		۲/۳	

^۱ Quadrillion British Thermal Units -BTU

در این مقاله تلاش شده است تا جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در نظریه حمل‌ونقل پایدار مسافر شناسایی و معرفی شوند. روش به کار گرفته شده در این مقاله، ابتدا تعریف مفاهیم توسعه پایدار و حمل‌ونقل پایدار با در نظرگیری اهداف موردنظر و پس از آن تبیین مبانی و ساختار حمل‌ونقل پایدار مسافر است. در ادامه شاخص‌های توسعه پایدار در بخش انرژی با نظریه حمل‌ونقل پایدار مسافر مقایسه می‌شود. هدف از این کار، نشان دادن جایگاه مهم انرژی بالادستی‌های تجدیدپذیر در صنعت حمل‌ونقل از دیدگاه‌های منابع، تولید و مصرف در این بخش است. با توجه به ضرورت به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در صنعت حمل‌ونقل، این انرژی‌ها تعریف و دسته‌بندی می‌شوند و در بخش نهایی جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در نظریه حمل‌ونقل پایدار مسافر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

توسعه پایدار

با توجه به بررسی انجام گرفته در ۱۶ منبع علمی معتبر تعاریف متعددی در خصوص توسعه پایدار به چشم می‌خورد. به طور کلی این موضوع ناشی از ابعاد مختلف و انتظارات متعدد بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و نیز گستره فراگیر مفهوم توسعه پایدار است و به همین دلیل است که معنا، چارچوب و اجزای مفهومی توسعه پایدار از مقوله‌هایی است که پس از ورود به ادبیات جهانی تاکنون مورد اتفاق نظر کشورهای دنیا قرار نگرفته است. از میان تعاریف ارائه شده تعریف برانتلند دارای مقبولیت بیشتری در مقایسه با سایر تعاریف است.

تعاریف توسعه پایدار

۱- کومر^۱: جامعه پایداری که متناسب با توسعه پایدار است، جامعه‌ای است که درون مرزهای محیطی قائم به ذات زندگی می‌کند. این جامعه نه یک جامعه بدون رشد بلکه جامعه‌ای است که حدود رشد را می‌شناسد و به دنبال گزینه‌های دستیابی به آن است. [۱۲]

۲- استراتژی محافظت زمین: توسعه پایدار، نگهداری روندهای بوم‌شناختی^۲ ضروری و سیستم‌های حامی زندگی، جلوگیری از انقراض نسل و بهره‌برداری پایدار از گونه‌ها^۳ و بوم‌زیست‌ها^۴ است. [۱۳]

¹ Coomer

² Ecological

³ Species

⁴ Ecosystems

۳- آلن^۱: توسعه‌ای است که برای ارضای متوالی و متمادی نیازهای بشر و بهبود کیفیت زندگی انسان بنا می‌شود. [۱۴]

۴- کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه: توسعه پایدار عبارت است از توانایی انسان در برآوردن نیازهای حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در برآوردن نیازهای خود. توسعه پایدار یک حالت ثابت و یگانه از هماهنگی نیست بلکه روندی از تغییرات است که در آن مصرف منابع، جهت‌گیری سرمایه‌گذاری و توسعه فناوری و تغییرات سازمانی، علاوه بر برآورده کردن نیازهای حاضر با تأمین نیازهای آیندگان سازگار باشد. [۱۵]

۵- گیلپین^۲: توسعه‌ای که منافع اقتصادی، اجتماعی و محیطی را در مدت زمان طولانی با توجه به نسل آینده و موجود فراهم می‌کند، توسعه پایدار است. [۱۶]

۶- پیرس^۳: توسعه پایدار، برداری از اهداف مطلوب اجتماعی و شامل عناصر افزایش درآمد سرانه واقعی، بهبود سلامتی و وضعیت بهداشت، پیشرفت تحصیلی، دسترسی به منابع، توزیع عادلانه‌تر درآمد و افزایش آزادی‌های اساسی است. [۱۷]

۷- شکری: روند مدیریت تقاضای اجتماعی بدون از بین بردن نظم و انعطاف‌پذیری اجتماعی. [۱۸]

۸- برانتلند^۴: توسعه‌ای که نیازهای کنونی جهان را تأمین کند بدون آنکه توانایی نسل‌های آینده را در برآوردن نیازهای خود به مخاطره اندازد. [۱۹]

۹- لیندنر: توسعه پایدار عبارت است از فرآیندی مستمر از دگرگونی، انطباق و سازگاری که طی آن بهره‌کشی از منابع جهت سرمایه‌گذاری، جهت‌گیری توسعه تکنولوژیک و دگرگونی نهادینه همگی در هماهنگی با هم دربرگیرنده نیازهای بالقوه و بالفعل انسانی می‌شود. توسعه پایدار برآورنده نیاز و آرمان‌های انسان‌ها، نه فقط در یک کشور و یک منطقه که تمامی مردم در سراسر دنیا در زمان حال و آینده است. [۱۱]

۱۰- طلبا^۵: توسعه‌ای که دارای ویژگی‌های چون خودکفا، خوداتکاء، دوستدار محیط‌زیست، کم هزینه و بدون اتلاف، حامی سلامت و امنیت انسان‌ها و فقرزدا باشد. [۱۹]

¹ Allen, R.

² Gilpin

³ Pearce

⁴ Brundtland

⁵ Tolba M.

- ۱۱- ترنر^۱: توسعه پایدار، حد قابل قبولی از رشد است که در آن درآمد سرانه واقعی بدون آسیب‌رسانی به دارایی‌های سرمایه ملی، محیط طبیعت و انسانی افزایش می‌یابد. [۲۱]
- ۱۲- رد کلیفر^۲: توسعه پایدار بیانگر به کارگیری آموزه‌های اکولوژی در فرآیندهای اقتصادی است. [۲۲]
- ۱۳- گودلند ولدک^۳: توسعه پایدار الگویی از تحولات اقتصادی ساختاری و اجتماعی است که مزایای اقتصادی و دیگر مزایای اجتماعی زمان حاضر را بدون به خطر انداختن مزایای بالقوه آینده به خطر می‌اندازد. [۲۳]
- ۱۴- کورتن^۴: توسعه پایدار فرآیندی است که از طریق آن اعضای یک جامعه قابلیت‌های مشخصی و نهادی خود را برای بسیج کردن منابع و مدیریت آنان افزایش می‌دهند تا مطابق با آرمان‌های خود به توزیعی عادلانه دست یابند. [۲۴]
- ۱۵- باربیر^۵: حداکثر ساختن تحقق همزمان نظام زیستی (تنوع ژنتیک، تجدید شوندگی و بهره‌وری بیولوژیک)، اهداف نظام اقتصادی (ارضای نیازهای اساسی، بسط و تعمیم برابری، افزایش کالاها و خدمات مفید) و اهداف نظام اجتماعی (تنوع فرهنگی، پایداری نهادی، عدالت اجتماعی و مشارکت). [۲۵]
- ۱۶- کورت^۶: توسعه پایدار فرآیندی است که دارای اصول یکپارچه فرهنگی و اجتماعی، زیست بومی، مسئولیت مشترک، رهایی، نداشتن خشونت و تساهل است. [۲۶]
- با توجه به تعاریف و اهداف مراجع مورد اشاره در این مقاله، مفهوم توسعه پایدار به صورت زیر تعریف می‌شود:
- «توسعه پایدار راهبردی جامع‌نگر در تأمین نیازهای کنونی و اساسی مردم دنیا است به طوری که در این فرآیند با در نظرگیری همه‌جانبه الگوهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، تأمین نیازهای نسل‌های آتی تبیین می‌شود.»

حمل‌ونقل پایدار

تاکنون تعاریف متعددی برای حمل‌ونقل پایدار عنوان شده است. مؤسسه حمل‌ونقل کانادا هدف از ایجاد سیستم حمل‌ونقل پایدار را کسب اطمینان از لحاظ کردن

¹ Turner

² Redclift

³ Goodland and Ledec

⁴ Korton

⁵ Barbier

⁶ Coirt

فاکتورهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با فعالیت‌های حمل‌ونقل ذکر و تعریف ذیل ارائه کرده است: [۱]

«مؤثرترین و راحت‌ترین طریق جابه‌جایی مسافر و کالا با کمترین میزان مصرف انرژی (در زمینه سوخت) با مقبول‌ترین هزینه، کمترین ترافیک و اثرات منفی زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا و صدا و اجرای شدید مقررات ترافیکی.»

همچنین در گزارش بانک جهانی در سال ۱۹۹۶، حمل‌ونقل پایدار و ارکان آن به شرح ذیل تعریف شده است: [۱]

- رکن اقتصادی و مالی که شامل مناسب بودن ساختار سازمانی، اقدامات و سرمایه‌گذاری برای زیرساخت‌های حمل‌ونقل است.

- رکن زیست‌محیطی و اکولوژیکی که شامل بررسی چگونگی سرمایه‌گذاری برای حمل‌ونقل و انتخاب اشکال مختلف حمل‌ونقل که روی کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها اثر می‌گذارد، است.

- رکن اجتماعی که بر کافی بودن دسترسی به خدمات حمل‌ونقل برای همه اقشار جامعه تأکید دارد.

بنابراین می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که پایداری در حمل‌ونقل تنها با ایجاد تغییر در طراحی، الگوهای استفاده و مدیریت وسایل نقلیه حاصل نمی‌شود بلکه باید تغییراتی در نحوه تفکر نسبت به شناخت و ارزشیابی راهکارهای ممکن برای حل مشکلات حمل‌ونقل ایجاد شود. یک سیستم حمل‌ونقل پایدار نیازمند فعالیت‌هایی بیش از کنترل آلودگی هوا، ترافیک یا مصرف سوخت است. توسعه پایدار حمل‌ونقل شهری به کاهش اثرات زیست‌محیطی، افزایش بازدهی سیستم حمل‌ونقل و بهبود وضعیت زندگی اجتماعی کمک می‌کند که بدون سازماندهی مجدد استراتژی‌ها، سیاست‌ها و برنامه‌ها قابل دستیابی نخواهد بود. به این ترتیب در این مقاله حمل‌ونقل پایدار به صورت زیر تعریف می‌شود:

«راهبرد حمل‌ونقل پایدار، دستورالعملی چند بعدی، یکپارچه، پویا و پیوسته است که تضمین‌کننده توزیع عادلانه امکانات و احتیاجات در زمان‌ها و مکان‌های مختلف با در نظرگیری عوامل متغیر و مؤثر در شبکه شهری است.»

نظریه حمل‌ونقل پایدار دارای شاخص‌های متعددی در زیرمجموعه اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. جهت تبیین و کاربردی کردن این نظریه در این مقاله عوامل پایداری حمل‌ونقل مسافر در نمودار یک مورد بررسی قرار گرفته است. عمده‌ترین عوامل مؤثر در نظریه

توسعه پایدار انرژی از دیدگاه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سه دسته تولید انرژی، زیر ساخت‌های انرژی و مصرف انرژی (مطابق با نمودار دو) بیان شده است. هدف از این دسته‌بندی، نشان دادن جایگاه مهم انرژی بالاخص انرژی‌های تجدیدپذیر در صنعت حمل‌ونقل از دیدگاه‌های منابع، تولید و مصرف در این بخش بوده است.



۱ ← زیست محیطی ۲ ← زیست محیطی و اقتصادی ۳ ← اقتصادی ۴ ← اقتصادی و اجتماعی ۵ ← اجتماعی ۶ ← زیست محیطی و اجتماعی

۱ شاخص انرژی

۲ شاخص استاندارد آلودگی‌ها

۳ شاخص کیفیت هوا

نمودار دو- شاخص‌های توسعه پایدار انرژی از دیدگاه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی [۳۱] و [۳۲]

انرژی‌های تجدیدپذیر

برای انرژی‌های تجدیدپذیر از دیدگاه صنعت حمل‌ونقل به عنوان مهم‌ترین بخش مصرف‌کننده تعاریف مختلفی آمده است. با بررسی این تعاریف می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که هر مؤلف یا سازمان صاحب‌نظر با توجه به دیدگاه یا نیاز خود جهت به کارگیری این انرژی‌ها، تعاریف عمده و گاهی پراکنده ارائه کرده است. از جمله تعاریفی که در خصوص انرژی‌های تجدیدپذیر از دیدگاه صنعت حمل‌ونقل آمده چند مورد زیر است:

- ۱- کنفرانس ۲۰۰۴- بن آلمان: انرژی‌هایی با ویژگی پاک بودن، به طوری که نه آلودگی زیست محیطی دارند و نه گازهای گلخانه‌ای تولید می‌کنند. [۲۷]
 - ۲- دانشکده علوم بیولوژیکی استنفورد^۱ آمریکا: منابعی که از خورشید یا سایر فرآیندهای طبیعی به دست می‌آیند و دارای قابلیت جایگزینی در دوره زمانی کوتاه مدت هستند. [۲۸]
 - ۳- سازمان انرژی نو ایران (سانا): آن دسته از منابع انرژی که به طور پیوسته به‌وسیله طبیعت جایگزین می‌شوند. [۲۹]
 - ۴- سازمان انرژی خورشیدی ایران: انرژی‌های پایداری که امکان دوباره در اختیار قرار گرفتن آنها باشد. [۳۳]
 - ۵- عباس‌پور: مجموعه‌ای از جریان‌ات انرژی که به استثنای موارد اندکی مانند انرژی زمین گرمایی، از تابش نور خورشید ناشی می‌شوند. [۳۲]
- طبق تعاریف ارائه شده به نظر می‌رسد با توجه به ماهیت انرژی‌های تجدیدپذیر مواردی نظیر «پاک بودن»، «طبیعی بودن» و «در دسترس بودن» نمی‌توانند به عنوان شاخص‌های جامع و مانع در تعریف این انرژی به شمار آیند. به این ترتیب می‌توان انرژی‌های تجدیدپذیر را مطابق تعریف استادی و همکاران به صورت زیر تعریف کرد:
- «انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های با فرآیند تولید پایدار و قابلیت جایگزینی پیوسته هستند.»
- بر اساس این تعریف، فرآیند تولید پایدار، یعنی بهره‌گیری از چرخه‌های طبیعی یا مصنوعی که بتواند به صورت مداوم مواد خام و اولیه را به انرژی مورد نظر تبدیل کند و در صورت اعمال بهره‌برداری یا نیاز برای ذخیره‌سازی، قابلیت جایگزین شدن پیوسته -بدون دخیل شدن عوامل دیگر نظیر تبدیل مواد و گذر زمان طولانی- را

¹ Stanford

دارا باشند. در ادامه به معرفی انواع انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته و جایگاه هر کدام از انرژی‌های تجدیدپذیر در نظریه حمل‌ونقل پایدار تبیین شده است.

الف) انرژی خورشیدی

طی یک برآورد، اگر همه سوخت‌های فسیلی به یکباره سوزانده شود، انرژی حاصل شده از آنها معادل چهار روز تابش خورشید به زمین است. [۲۹] در حال حاضر تأمین انرژی فتوولتائیک بیش از ۱۶۰ هزار روستا در سراسر دنیا به عهده انرژی خورشیدی است. [۳۰] سهم مصرفی این انرژی با ۰/۰۶۶ کوادریلون BTU حدود یک درصد از انرژی‌های تجدیدپذیر است. [۶] با تولید برق و توسعه فناوری سلول‌های فتوولتائیک، راهکارهای زیر در صنعت حمل‌ونقل پیشنهاد می‌شود:

- * استفاده از خودروهایی با منبع انرژی خورشیدی؛
- * به کارگیری سلول‌های خورشیدی به عنوان مولد الکتریکی در سفینه‌های فضایی و ماهواره‌های مخابراتی؛
- * تجهیزات کنترل ترافیک مانند چراغ‌ها و تابلوهای راهنمایی و رانندگی با منبع فتوولتائیک یا شبرنگ‌های دارای ذخیره نور در شب، چشم گربه‌ای‌ها و چشم ببری‌ها و فلورسنت^۱ها جهت استفاده در قوس‌های تند جاده‌های خارج شهری؛
- * روشنایی معابر و تونل‌ها؛
- * تأمین انرژی تجهیزات جانبی شیوه‌های حمل‌ونقل که به عنوان یکی از معیارهای اصلی در انتخاب مشتریان و کاربران مطرح است، مانند یخچال، بلندگو، رایانه داخلی و کامیون‌های مبرد (یخچال‌دار) و...؛
- * هواپیماهای تجسسی و بدون سرنشین؛
- * فونیکولار^۱ خورشیدی^۲ (در این سیستم وجود ژنراتور خورشیدی جهت تأمین انرژی آن پیش‌بینی شده است. همچنین شبکه‌ای در آن موجود است که می‌تواند انرژی خورشیدی را ذخیره کرده و در زمستان از آن استفاده شود). [۳۵]

^۱ Fluorescent

^۱ Funicular

^۲ Funicular Equipment Moved By Solar Energy

فونیکولار یک سیستم حمل‌ونقل ریلی است که به منظور جابه‌جایی در شیب‌های تند به کار می‌رود. در این سیستم نیرو محرکه لازم برای حرکت واگن از طریق یک کابل به آن منتقل می‌شود.

ب) انرژی بادی

با ساخته شدن اولین توربین‌های بادی مدرن و سریع در آغاز قرن بیستم، استفاده از انرژی باد در دنیا اهمیت فوق‌العاده‌ای پیدا کرد. در چند سال گذشته، میانگین رشد سالانه انرژی باد در دنیا حدود ۳۰ درصد افزایش پیدا کرده که بیشترین نرخ رشد را در بین سایر انرژی‌های تجدیدپذیر داراست. [۳۰]

پایین بودن هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، کارشناسان را به استفاده بیشتر از انرژی باد سوق داده است. با بهره‌گیری از توان تخمین انرژی باد می‌توان دو برابر مصرف انرژی الکتریکی فعلی دنیا را تأمین کرد. [۳۶] سهم به کارگیری انرژی باد در سال ۲۰۰۵ با مجموع ۰/۱۷۸ کوادریلون BTU، حدود سه درصد از مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بوده است. [۶] و برآورد می‌شود تا سال ۲۰۲۰ برق مورد نیاز جهانی تا ۱۲ درصد از انرژی باد تأمین شود. [۳۶] همچنین با بهره‌برداری از توربین‌های کوچک، می‌توان خودروهای شخصی با باتری‌های شارژی را گسترش داد. همچنین در حمل‌ونقل دریایی امکان استفاده از قایق‌ها و کشتی‌های بادبانی با مقیاس‌های تجاری و تفریحی همچنان وجود دارد.

پ) انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی از حرارت حاصل از تجزیه مواد رادیواکتیو هسته مذاب کره زمین و واکنش‌های درون زمین سرچشمه می‌گیرد. پتانسیل انرژی زمین گرمایی در فاصله شش مایلی از پوسته زمین حدود ۵۰ هزار برابر تمام انرژی‌های نفت و گاز موجود در جهان است [۳۰] که در صورت مهار می‌توان برای تولید برق و گرمای مصارف مختلف از آن استفاده کرد. بهره‌برداری از این انرژی، مستقل از شرایط جوی است.

نواحی که دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی هستند، منطبق بر مناطق آتشفشانی و زلزله‌خیز جهان هستند. حدود پنج درصد از مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا (۰/۳۴۳ کوادریلون BTU) از انرژی زمین گرمایی تأمین می‌شود. [۶]

بهترین بهره‌برداری از این انرژی خدادادی در تولید برق است که به این وسیله می‌توان سیستم‌های حمل‌ونقل مبتنی بر جریان الکتریسیته را بهبود بخشید. همچنین توسط شبکه لوله‌گذاری در مسیرهای تردد و با عبور دادن جریان آب داغ

