فراتحلیلی از عملکرد حمل و نقل عمومی (اتوبوس‌های شهری) با تاکید بر سوخت پاک و تجدید پذیر

مقاله علمی – پژوهشی

فرزانه جاویدی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
محمد علی خانی زاده*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری، موسسه غیرانتفاعی آپادانا، شهرداری شیراز، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ma1985kha@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸– پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲
صفحه ۵۴۴-۵۲۹

چکیده

حمل و نقل با انرژی‌های تجدید پذیر یک حوزه حیاتی است که در زمینه اقتصادی و زیست محیطی توسط کشورهای مختلف در سراسر جهان مورد توجه قرار می گیرد. در سالهای اخیر به تدریج در حوزه حمل و نقل به ویژه حمل و نقل شهری نیز اهمیت یافته است. مسائلی که در رابطه با حمل و نقل مورد توجه قرار می گیرد، مربوط به کاهش تغییرات آب و هوایی، کاهش آلودگی هوای و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی است. این امر از این واقعیت ناشی می‌شود که سیستم حمل و نقل یکی از بزرگترین منابع انتشار گازهای گلخانه ای جهانی است . در ارتباط با اثرات منفی آلودگی هوا بر زندگی و سلامت انسان و همچنین کل اکوسیستم، انتشار آلاینده‌های هوا از حمل و نقل باید بدون تاخیر به شدت کاهش یابد . با توجه به چنین خطراتی، حمل و نقل عمومی شهری به ویژه حمل و نقل عمومی اتوبوس شهری انگیزه مهمی برای پیاده سازی و توسعه انرژی‌های تجدید پذیر در حمل و نقل است. در تحقیق حاضر کلیه مقالاتی که در پایگاه‌های Science Direct , Scopus مورد بررسی قرار گرفته‌اند که از کلید واژه‌های "Renewable Energy" , " Urban Transport" , "Bus"" استفاده شده است و از این بررسی‌ها ۱۸ مقاله از مجموع ۵۳ مقالات پایگاه Scopus و ۳۲ مقاله از مجموع ۱۰۰ مقاله در پایگاه science direct برگزیده شد. با استفاده از یک تکنیک کمی با نام متاآنالیز به عنوان تکنیکی برای سنتز تحقیقات کمی مطالعات چندگانه استفاده شده است. معیارها و مولفه‌های بدست امده شامل: عوامل زیست محیطی و اقتصادی، عوامل زیرساختی، عوامل زمینه‌ای همچنین انواع شارژ و شارژرها می‌باشد. در نهایت با بررسی محتوای کلیه مقالات یافته‌ها طبقه بندی و به معیار و راهکارهایی منجر شده است.

واژه‌های کلیدی: انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، حمل و نقل شهری پایدار، اتوبوس

۱-مقدمه

شهرنشینی یکی از مهم ترین فرآیندهای تغییر جهانی است. تعداد افرادی که در مناطق شهری زندگی می‌کنند در حال افزایش است و پیش بینی می‌شود جمعیت شهری همچنان در حال رشد باشد. تخمین زده می‌شود که در سال ۲۰۱۸ بیش از ۵۵ درصد از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کردند و انتظار می‌رود این درصد تا سال ۲۰۳۰ به ۶۰ درصد افزایش یابد. این پدیده منجر به افزایش جریان ترافیک در مناطق شهری، می‌شود افزایش تعداد وسایل نقلیه در مناطق شهری منجر به اثرات منفی هم برای مردم و هم برای محیط‌زیست می‌شود. ترافیک یکی از مهمترین منابع آلودگی هوا در مناطق شهری است. تراکم ترافیک، همراه با اثرات مضر آن بر سلامت مردم، اقتصاد و محیط زیست، مشکل عمده‌ای می‌باشدکه کلان شهرها با آن مواجه هستند.کاهش تاثیر محیطی حمل و نقل نیازمند ادغام موفقیت‌آمیز منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه‌های حمل و نقل شهری است. حمل و نقل حدود ۲۴ درصد از تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان را تشکیل می‌دهد و استفاده

از انرژی های تجدید پذیر یک گام ضروری به سوی پایداری می باشد.(Ajanovic et al., 2021) برای بهبود کیفیت زندگی در مناطق شهری، کاهش میزان صدا و مصرف سوخت‌های فسیلی که خطرات قابل‌توجهی برای سلامت دارند، نیاز مبرم به افزایش استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر در حمل و نقل موتوری وجود دارد. درحال حاضر استفاده از نیروی برق در وسایل حمل و نقل عمومی شهری با شتاب در حال رشد است و روندهای فعلی تا سال ۲۰۳۰ افزایش استفاده از این وسایل را تا ۷۵ درصد پیش بینی می کنند.(Diab et al., 2022) توسعه حمل و نقل با میزان انتشار کربن پایین در شهرها برای دستور کار جهانی برای مبارزه با تغییرات آب و هوا و تاثیرات مختلف آن حیاتی است. در واقع سه مورد از ۱۷ هدف توسعه پایدار ملل متحد یک، یازده و سیزده،"انرژی پاک، شهرهای پایدار و اقدامات اقلیمی هستند Abraham). (et al., 2021 در انتقال انرژی‌های تجدیدپذیر جهانی، بخش حمل و نقل نقش چالش برانگیزی ایفا می‌کند زیرا اکثریت قریب به اتفاق همه وسایل نقلیه با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند. انرژی‌های جایگزین در سیستم حمل و نقل، از جمله سوخت‌های زیستی متعدد و همچنین وسایل نقلیه الکتریکی و سلول سوختی، که پتانسیل آینده‌ای پایدارتر را نوید می‌دهد. در چند سال اخیر، وسایل نقلیه الکتریکی به ویژه مورد توجه جوامع بین المللی گسترده ای قرار گرفته اند، به ویژه به این دلیل که این وسایل نقلیه می توانند همزمان تقاضای انرژی را از طریق موتورهای کارآمدتر کاهش دهند. اتوبوس‌های شهری به طور خاص بعنوان یک فرصت برای استفاده از انرژی های تجدید پذیر شناسایی می‌شوند، چرا که این خودروها دارای مسیرهای قابل‌پیش‌بینی هستند که به باتری‌های کوچک‌تر و زیرساخت شارژ برنامه‌ریزی‌شده کمک می‌کنند. علاوه بر این استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در اتوبوس‌هابه عنوان راه حلی برای نگرانی‌های کیفیت هوا در مراکز شهری که ترافیک اتوبوس سنگین‌تر است شناسایی می‌شوند. (Mutter, 2019)

معایب استفاده از سوخت‌های فسیلی به منظور تولید انرژی بر کسی پوشیده نیست، چرا که در قرن حاضر همگان اثرات استفاده از این نوع سوخت‌ها را در افزایش دمای کره زمین و همچنین تغییرات اقلیمی و زیست محیطی را مشاهده کرده‌اند. نگرانی‌ها زمانی بیشتر می‌شود که مطالعات موجود خبر از کاهش جدی این منابع می‌دهند و به زودی بحران‌های جدی در زمینه تامین سوخت، هزینه‌های جاری استخراج و استحصال گریبان گیر دولت‌ها و بهره برداران در سرتاسر دنیا خواهد شد. کشورهای توسعه یافته از سال‌ها پیش اقداماتی را به سمت جایگزینی سوخت‌های فسیلی با منابع تجدیدپذیر و انرژی‌های پاک آغاز کرده‌اند.

۲- پیشینه تحقیق

برای دستیابی به تحرک شهری پایدار اغلب بایداز رویکرد همه جانبه حمل و نقل پیروی کرد. هدف از این رویکرد کاهش سفرهای درون شهری، تغییر جهت به سمت حمل و نقل عمومی و حالت‌های غیر موتوری و بهینه سازی و بهبود کارایی سیستم حمل و نقل، افزایش استفاده از انرژی‌هایی تجدیدپذیر، و سهم خودروهای بدون آلایندگی از تعداد کل خودروها در شهرها. لازم به ذکر است که عناصر مهم این اقدامات عبارتند از اتخاذ فن‌آوری‌های انتشار صفر در رابطه با اتوبوس‌های شهری است. همچنین تاکید اقدامات انجام‌شده توسط مقامات محلی یک ابزار مهم برای ایجاد بازار برای راه‌حل‌های ابداعی است و باید برای ایجاد تقاضا برای وسایل نقلیه بدون آلایندگی بکار گرفته شود. (Pietrzak & Pietrzak, 2021) حمل و نقل عمومی از طریق اتوبوس‌های شهری نقش اساسی در جامعه ایفا می‌کند، زیرا وسیله ای کارآمد برای جابجایی تعداد قابل توجهی از مردم در سراسر شهر است. با نرخ اشغال فعلی در رابطه با خودروها، یک اتوبوس کامل شهری استاندارد می‌تواند کارایی بیش از ۴۰ خودرو را در شهر داشته باشد. با در نظر گرفتن نیازهای تحرک کنونی جامعه میزان استفاده از اتوبوس‌ها افزایش‌یافته است.این افزایش باعث میزان گازهای گلخانه‌ای بیشتری می‌شود به همین ترتیب ترویج تحرک پایدار از طریق راه‌حل‌های مختلف ضروری می‌باشد. (Grijalva & López Martínez, 2019) در ادامه به بررسی انواع انرژی‌هایی که به نوعی می‌تواند از آنان برای استفاده در حمل و نقل بکار گرفته شود پرداخته شده است.

انرژی تجدید پذیر

در دسترس بودن سوخت‌های جایگزین برای وسایل حمل و نقل با استفاده از انرژی های تجدیدپذیر یک عامل اساسی برای

دستیابی به توسعه پایدار است. مزایای ناشی از کاهش اثرات منفی بخش حمل و نقل عمومی بر محیط زیست، عاملی حیاتی برای تولید پاک تر در بخش حمل و نقل و تحقق اهداف استراتژی توسعه پایدار است.(Dyr et al., 2019)

انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی بیشترین پتانسیل را برای تامین برق پاک، ایمن دارد. انرژی خورشیدی که روزانه وجود دارد بیش از ۲۰۰ برابر کل انرژی تجاری سالانه‌ای است که در حال حاضر توسط انسان استفاده می‌شود. انرژی خورشیدی را می‌توان به دو نوع ۱. خورشیدی غیرفعال و ۲. خورشیدی فعال طبقه بندی کرد. انرژی خورشیدی غیرفعال استفاده مستقیم و غیرمستقیم از انرژی حرارتی خورشید است. استفاده غیرمستقیم از انرژی تنها در ساختمان (یا) سازه‌ها امکان پذیر است. انرژی خورشیدی فعال استفاده از تابش الکترومغناطیسی خورشید در تولید انرژی الکتریکی است. عموماً از تراشه‌های خورشیدی سیلیکونی برای این کار استفاده می شود..(Alrikabi, 2014)

انرژی باد

باد راه دیگری برای جمع آوری انرژی که حتی در روزهای ابری و فصل بارانی نیز کار می‌کند. محل قرارگیری توربین‌های بادی عامل بسیار مهمی است که بر عملکردآن تاثیر می‌گذارد. آسیاب‌های بادی معمولاً در بالای برج تا ارتفاع تقریباً ۳۰ متری قرار دارند. برای جلوگیری از تلاطم یک توربین که بر جریان باد اثر می‌گذارد، آن را در ۵ تا ۱۵ برابر قطر پره‌ها قرار می‌دهد. آسیاب‌های بادی هم در محور افقی و هم در محور عمودی کار می‌کنند. مکانیک اصلی این دو سیستم مشابه است. باد عبوری از روی پره‌ها به نیروی مکانیکی تبدیل می‌شود که از طریق انتقال به ژنراتور الکتریکی تغذیه می‌شود. توربین‌های بادی در بادهای کمتر از ۱۳ کیلومتر در ساعت کار نمی‌کنند. آنها در جایی که سرعت باد به طور متوسط ۲۲ کیلومتر در ساعت است، بهترین عملکرد را دارند. اکثر توربین‌های بادی تولید شده در حال حاضر توربین‌های محور افقی با سه پره به قطر ۱۵ تا ۳۰ متر هستند که ۵۰ تا ۳۵۰ کیلووات برق تولید می‌کنند. انرژی بادی هیچ آلودگی هوا یا آب ایجاد نمی‌کند، هیچ ماده سمی یا خطرناکی ندارد و هیچ تهدیدی برای ایمنی عمومی ایجاد نمی‌کند. (Alrikabi, 2014)

انرژی زیست توده

انرژی زیست توده به سوخت‌هایی گفته می‌شود که از فضولات گیاهی و حیوانی ساخته می‌شود. با سوزاندن این مواد با این انرژی تبدیل به الکتریسته خواهد شد. اما طبق تحقیقات این انرژی می‌تواند به مراتب نسبت به سایر روش‌ها میزان بیشتری از گازهای گلخانه‌ای منتشر کن در عین حال برخی از این مواد می‌تواند با در نظر گرفتن شرایطی میزان گازهای گلخانه‌ای کمتری منتشر کند .(Alrikabi, 2014)

انرژی هیدروژنی

سوخت هیدروژنی سوختی با کربن صفر است که با اکسیژن سوزانده می‌شود. مشروط بر اینکه در فرآیندی ایجاد شود که شامل کربن نباشد. می‌توان از آن در پیل‌های سوختی یا موتورهای احتراق داخلی استفاده کرد. در مورد وسایل نقلیه هیدروژنی، هیدروژن در وسایل نقلیه پیل سوختی تجاری مانند اتومبیل‌های سواری استفاده شده است و سال‌هاست که در اتوبوس‌های پیل سوختی استفاده می‌شود. از آنجایی که هیدروژن خالص به طور طبیعی در زمین در مقادیر زیاد وجود ندارد، معمولاً نیاز به یک انرژی اولیه برای تولید در مقیاس صنعتی دارد. سوخت هیدروژن را می توان از متان یا با الکترولیز آب تولید کرد. از سال ۲۰۲۰، اکثر هیدروژن (تقریبا ۹۵٪) از سوخت‌های فسیلی با اصلاح بخار یا اکسیداسیون جزئی گاز متان و زغال سنگ با مقدار کمی از راه‌های دیگر مانند تبدیل به گاز زیست توده یا الکترولیز آب تولید می‌شوند.(Alrikabi, 2014)

رویکردها و عوامل سوق دهنده به حمل و نقل پاک و پایدار شهری

چندین رویکرد برای حرکت سیستم‌های حمل و نقل شهری فعلی به سمت پایداری وجود دارد. این موارد در قالب راه حل‌های فناورانه، رفتاری اقتصادی، و برنامه‌ریزی و مدیریت دسته بندی می‌شوند.

رویکردهای تکنولوژیکی: این رویکردها شامل پیشرفت‌های تکنولوژیکی در خودرو، زیرساخت‌های جاده‌ای و مدیریت ترافیک است. پیشرفت‌ها در همه این زمینه‌ها با هدف بهبود بهره وری سوخت خودرو، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای. کاهش سر و صدا، مدیریت ازدحام، و غیره ادامه دارد. (Kouziokas, 2016)

فناوری خودرو: توسعه و استفاده از خودروهایی که سوخت کارآمد، از نظر زیست محیطی پاکیزه و دارای استانداردهای ایمنی بهتری هستند به عنوان عامل مهمی در حرکت به سمت حمل و نقل شهری پایدار در نظر گرفته می‌شود. خودروهایی که با منابع سوخت تجدید پذیر جایگزین کار می کنند می‌توانند به پایداری منجر شوند سیاست های نظارتی برای تولید این خودروها مورد نیاز است زیرا که باید سهم قابل توجهی در حمل و نقل شهری پایدار داشته باشد.(Classen et al., 2022)

مدیریت ترافیک: به طور گسترده تشخیص داده می‌شود که ازدحام ترافیک که در توقف مکرر، ترمز و بروز می‌کند منجر به مصرف بیشتر سوخت و افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌شود. از این رو، جریان روان تر ترافیک انتظار می‌رود ناشی از سیستم های مدیریت ترافیک پیشرفته باشد، اثرات نامطلوب حمل و نقل را که آن را به سمت پایداری هدایت می‌کند، کاهش می‌دهد. بهبود در جریان ترافیک باید از طریق سیاست های مناسب کنترل شود.(de Souza et al., 2017)

زیرساخت ساخت و نگهداری: زیرساخت‌ها باید از فناوری های پیشرفته و مواد قابل بازیافت استفاده کند. ویژگی های طراحی ایمنی و مدیریت اثرات زیست محیطی باید استراتژی های پایدار و کارآمد را در بر گیرد. نه تنها تکنیک های ساخت و ساز و تعمیر و نگهداری باید رویکردهای پایداری را اتخاذ کنند، مرحله طراحی نیز باید در جهت کاهش همه اثرات نامطلوب باشد. اثرات زیست محیطی از جمله تنوع زیستی، حفاظت از مناطق حساس، ایمنی، زیبایی شناسی، اثرات صدا و غیره باید از طریق مقررات قابل اجرا مناسب به حداقل برسد.(Kharlamova et al., 2022)

رویکردهای اقتصادی و رفتاری: دولت‌ها باید به اصل بازیابی کامل هزینه ها متعهد شوند. فرض بر این است که اگر کاربران جاده مجبور به پرداخت کامل هزینه‌های سفر شوند، منجر به صرفه اقتصادی و کاهش تقاضا می‌شود. این امر منجر به استفاده بهینه از حالت‌های مختلف حمل و نقل خواهد شد که سیستم را به سمت پایداری سوق می دهد.(Kong et al., 2022)

هزینه‌های زیست محیطی: یکی از هزینه های عمده سفر با خودرو که توسط کاربران جاده‌ای پرداخت نمی‌شود، آسیب‌های جانبی به محیط زیست و همچنین اثرات بلندمدت تغییرات آب و هوایی جهانی است. خسارات وارده به سلامت انسان، اموال، کشاورزی و غیره را می‌توان با روش‌های هزینه خسارت و هزینه‌های پیشگیری برآورد کرد.(Arendt et al., 2022)

هزینه‌های سفر: توصیه می شود که کاربران باید از طریق اعمال سطح مناسب مالیات سوخت، عوارض زیست‌محیطی، هزینه زیرساخت کامل و سطوح مناسب حق بیمه، تمامی هزینه های سفر را به‌طور کامل متحمل شوند. چنین سیاست‌هایی ممکن است مورد پسند رای دهندگان نباشد، اما برای استفاده کارآمد از جاده‌ها ضروری تلقی می‌شوند. مالیات‌های جمع آوری شده از سیاست‌های پیشنهادی باید برای کاهش اثرات نامطلوب حمل و نقل در نظر گرفته شود. اعتقاد بر این است که این یک رویکرد قدرتمند برای پایدارتر کردن حمل و نقل جاده‌ای شهری است.(de Souza et al., 2017)

۲-روش تحقیق

متاآنالیز یک تکنیک کمی است که از معیارهای خاص (مثلاً اندازه اثر) برای نشان دادن قدرت روابط متغیر برای مطالعات موجود در تجزیه و تحلیل استفاده می کند. این تکنیک بر نتایج در مطالعات متعدد در مقابل نتایج یک تحقیق واحد تأکید دارد. استفاده از متاآنالیز به عنوان تکنیکی برای سنتز تحقیقات کمی مطالعات چندگانه از زمانی که ژن گلس این اصطلاح را در کنوانسیون سالانه انجمن تحقیقات آموزش و پرورش آمریکا در سال ۱۹۷۶ معرفی کرد، به طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار گرفت. اگرچه این اصطلاح جدید بود، اما مفهوم یکپارچه سازی آماری مطالعات قبلاً وجود داشته است. برخی از محققان فراتحلیل را به عنوان کل فرآیند جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیقاتی از مطالعات متعدد به روشی سیستماتیک (یعنی یک روش شناسی کل) تعریف می‌کنند. برخی دیگر از این اصطلاح برای توصیف ساده

روش‌های آماری مورد استفاده برای ترکیب نتایج مطالعات (به عنوان مثال، یک تکنیک تجزیه و تحلیل) استفاده می‌کنند.(Shelby & Vaske, 2008)

رویکرد این تحقیق تحلیل محتوای مقالات می‌باشد که به این منظور کلیه مقالاتی که در حمل و نقل عمومی از اتوبوس‌هایی با استفاده از انرژی تجدیدپذیر استفاده شده است از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۲ در سایت‌های Scopus , Scencediect مورد بررسی قرار گرفته‌اند از این بررسی‌ها ۱۸ مقاله از مجموع ۵۳ مقالات سایت Scopus و ۳۲ مقاله از مجموع ۱۰۰ مقاله در سایت Scencedirect برگزیده شد.

در ادامه نیز با بررسی این مقالات و نتایج حاصله این تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته و در انتها نیز با مجموع تمامی این اطلاعات راهکار و معیارهایی در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در حمل و نقل عمومی ارائه شده است.

۳-یافته‌ها

در این پژوهش ۵۰ مقاله در مجلات خارجی که از ۵۳ مقاله در سایت Scupos ۱۸ مقاله برگزیده شده است و از بررسی ۱۰۰ مقاله در سایت Science Direct ۳۲ مقاله انتخاب شده است. بنابراین به طبع منابع تمامی مقالات لاتین بوده‌اند. .مقیاس مطالعات نیز در پژوهش‌های متفاوت بوده در برخی یک شهر و برخی دیگر کشور و شهرهای متعددی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به صورت کلی از سال ۲۰۲۲ تا ۱۹۹۵، بیشترین مطالعات در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۱ انجام گرفته است. همچنین بیشترین مطالعات در اروپا انجام گرفته است که نشان دهنده اهمیتی است که این کشورها بر مسئله توسعه پایدار شهری، سلامت جسمانی و روانی شهروندان و تاکید بر انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر دارند.

بحث در مورد بهترین روش برای فراتحلیل وجود دارد، با این حال ۵ مرحله متداول وجود دارد.(Shorten & Shorten, 2013)

مرحله ۱: سوال تحقیق تحقیق شناسایی شده که در این تحقیق حاضر "عملکرد استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در حمل و نقل عمومی" می‌باشد و یک فرضیه پیشنهاد می‌شود. اهمیت موضوع توضیح داده شده و طرح مطالعه و طرح تحلیلی توجیه می‌شود.

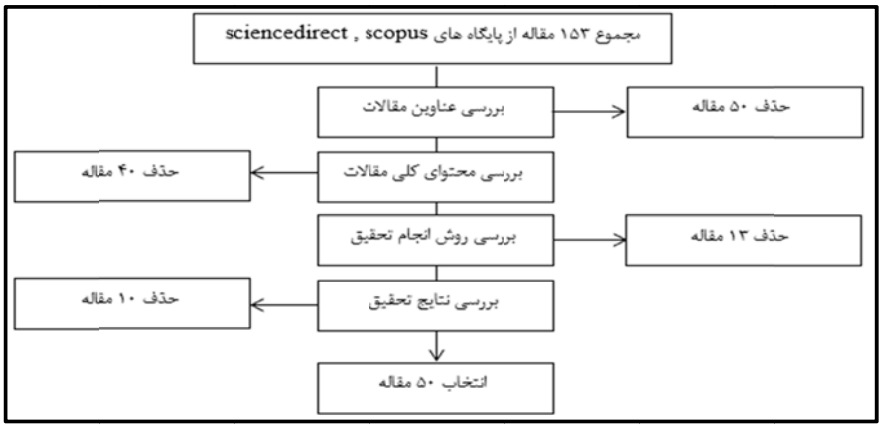
مرحله ۲: بررسی مبانی نظری به طور خاص برای رسیدگی به سؤال تحقیق طراحی شده است و برای شناسایی همه مطالعاتی که هم مرتبط و هم با کیفیت کافی خوب در نظر گرفته می‌شوند انجام می‌گردد تا گنجاندن آنها را تضمین کند. اغلب، تنها مطالعات منتشر شده در مجلات معتبر شناسایی می‌شوند. به همین جهت در تحقیق حاضر کلیه مقالاتی که در پایگاه‌های Science Scopus , direct مورد بررسی قرار گرفته‌اند که از کلید واژه‌های "Renewable energy" "transport،"urban " و "bus" استفاده شده است و از این بررسی‌ها ۱۸ مقاله از مجموع ۵۳ مقالات پایگاه Scopus و ۳۲ مقاله از مجموع ۱۰۰ مقاله در پایگاه Sciencedirect برگزیده شد. که موجب بالا رفتن کیفیت مقاله خواهد شد زیرا این پایگاه از اعتبار بالایی برخوردار هستند.

مرحله ۳: استخراج داده‌ها پس از انتخاب مطالعات برای گنجاندن در فراتحلیل، داده‌های خلاصه یا نتایج از هر مطالعه استخراج می‌شود. علاوه بر این اندازه نمونه و اندازه گیری تنوع داده‌ها برای هر دو گروه مداخله و کنترل مورد نیاز است. بسته به مطالعه و سوال تحقیق، معیارهای نتیجه می‌تواند شامل معیارهای عددی یا معیارهای طبقه‌بندی باشد. به همین صورت از مجموع ۱۵۳ مقالات با بررسی تمامی محتوای آنان در راستای تحقیق ۵۰ مقاله انتخاب شده است.

مرحله ٤: اطلاعاتی که از بررسی مقالات بدست آمده در جدول ذیل آورده شده است. با توجه به اینکه پژوهش‌های مورد سنجش به دنبال بررسی و ارزیابی اتوبوس‌هایی که از انرژی‌های پاک استفاده کرده‌اند، می‌باشد سوالات و معیارهای برخواسته از یافته‌های این پژوهش‌ها جهت رسیدن به معیارهای بهینه و مشترک آورده شده است.

مرحله ۵: برآورد نهایی: اثر مرحله نهایی انتخاب و اعمال یک مدل مناسب برای مقایسه در مطالعات مختلف است.

شکل ۱. روند گزینش مقالات مورد سنجش



ماخذ: گردآوردندگان، ۱۴۰۰

جدول شماره ۱. سوالات و معیارهای مورد سنجش در مقالات

ش	سوال تحقیق	معیارهای مستخرج از یافته‌ها
۱	مقایسه فن‌آوری‌ها و انرژی‌های مختلف در اتوبوس‌های شهری از نظر مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	استفاده از باتری‌های هیدروژنی و برقی و گاز طبیعی فشرده
۲	ارزیابی موانع اجرایی اتوبوس های برقی	تسهیل استفاده از اتوبوس‌های برقی با تأمین مالی و قرارداد، حمایت از سیاست‌های نوآوری سازمانی و ساخت تسهیلات
۳	کارایی اتوبوس های برقی با توجه به تأثیر توپوگرافی مسیر و آب و هوا بر تقاضای باتری	در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی شرایط و از نظر مسافت، دما و شیب جاده
٤	اندازه مناسب باتری های برقی برای اتوبوس‌ها	اندازه باتری مورد نیاز برای انواع زیرساخت‌های شارژر و در شرایط مختلف اقلیمی
۵	چگونگی استقرار شارژر و زمان‌بندی ناوگان اتوبوس‌های برقی	کاهش هزینه‌های سالیانه با ظرفیت باتری مناسب اندازه ناوگان اتوبوس، و استقرار شارژر در ایستگاه‌های اتوبوس و ترمینال مرکزی ویژگی‌های مانند زمان سفر، زمان انتظار و برای بررسی راه حل‌های واقع بینانه در استقرار شارژها مصرف انرژی تحت تاثیر شرایط آب و هوایی، شرایط جاده، و الگوهای رانندگی
٦	ارزیابی اتوبوس‌های برقی با توجه به مشکلات تکنولوژیک	مکان یابی نقاط شارژ و زمانبندی شارژ اتوبوس‌ها
۷	ارزیابی عملکرد فنی-اقتصادی اتوبوس‌های برقی برای اندازه‌های مختلف باتری	بهینه‌سازی اندازه باتری و زیرساخت شارژ، در نظر گرفتن برنامه زمانبندی شارژ وسایل در جهت افزایش عملکرد اتوبوس‌های برقی
۸	ارزیابی عملکرد اتوبوس‌های برقی	توجه به چهار جنبه سیستم از جمله ایمنی، راحتی، امنیت و اقتصاد برای افزایش کارایی اتوبوس‌های برقی
۹	بررسی نقاط شارژ اتوبوس‌های برقی	قرار دادن زیرساخت شارژ – مقرون به صرفه قرار دادن شارژرها در، پایانه‌ها یا ایستگاه‌های اتوبوس در شبکه شهر. برنامه‌ریزی شارژ – بهینه‌سازی هزینه شارژ بر اساس قیمت زمان مصرف برق و بار برق در ایستگاه‌های شارژ. سرمایه گذاری زیرساخت شارژ - تصمیم گیری در مورد تسهیلات شارژ (مانند پلاگین، تعویض باتری)
۱۰	ارزیابی مشکلات پیش روی اتوبوس‌های برقی	افزایش تسهیلات لازم برای اتوبوس‌های برقی و افزایش طرفیت باتری و مکان یابی درست زیر ساخت‌های شارژ
۱۱	بررسی چالش‌های اتوبوس‌های برقی	تجربیات ذینفعان به شدت وابسته به زمینه است. (زمینه مانند شرایط اقلیمی، تقاضای مسافر، سازمان‌دهی برنامه اتوبوس‌ها، حاکمیت حمل‌ونقل عمومی و رویکردهای سطح ملی برای معرفی اتوبوس‌های برقی است. حمایت مالی و نظارتی از سوی دولت ملی، همراه با تقاضای مسافر و ویژگی‌های مسیر تأثیر بسزایی در اجرا دارد.

۱۲	یافتن مهم‌ترین راه حل‌های کاهش آلایندگی حمل‌ونقل اتوبوس شهری	افزودن تسهیلات به تعرفه‌های برق برای سودآوری شرکت‌های انرژی نیروگاه‌ها دور از مکان هایی با تراکم جمعیت زیاد باید مکان یابی شودند در غیر این صورت گازهای مضر بیشتری انتشار پیدا می‌کنند. اتوبوس هایی که مجهز به تاسیسات فتوولتائیک هستند می‌توانند انرژی دریافت کنند و باتری را شارژ کنند.
۱۳	ارزیابی عملکرد ترکیبی استفاده از انرژی باد برای تولید برق در اتوبوس‌ها	استفاده از انرژی های باد میتواند از هزینه های تولید برق را کاهش دهد
۱٤	عملکرد اتوبوس برقی در مصرف انرژی	در نظر گرفتن شرایط دمایی در جهت بهره روی مصرف انرژی الکتریکی وسرعت در جریان ترافیک، تعداد مسافران، تعداد توقف‌ها، تقاطع‌های علامت دار و بدون علامت نیز بر مصرف انرژی الکتریکی تأثیر می گذارد
۱۵	چالش های راه اندازی اتوبوس‌های برقی	تسهیل توسعه زیرساخت مورد نیاز و سرمایه‌گذاری جهت تامین زیرساخت شارژ
۱٦	ارزیابی استفاده از گاز هیدروژن به عنوان سوخت اتوبوس‌های شهری	بهره وری انرژی بیشتر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیند همگرا به سمت یک شبکه انرژی که از منابع تجدید پذیر به دست می‌آید.
۱۷	بررسی زمانبندی شارژ اتوبوس‌های برقی	زمان شارژ تحت تاثیر روزانه تابش خورشیدی و شرایط آب و هوایی محلی
۱۸	مقایسه میزان انتشار گاز کربن اتوبوس‌ها با سوخت هیدروژنی در مقابل سوخت دیزل	تولید هیدروژن از منابع تجدید پذیر
۱۹	بررسی منابع انرژی برای اتوبوس های برقی	استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در تولید انرژی برق
۲۰	بررسی چالش‌های اتوبوس برقی	حداکثر سرعت، قدرت رانندگی برد تمام الکتریکی و مصرف انرژی بر کارایی اتوبوس برقی اثر گذار است
۲۱	بررسی زمانبندی شارژهای اتوبوس های برقی	توجه به شرایط مسیر برای طراحی ایستگاه شارژ
۲۲	بررسی اثرات پایداری اتوبوس‌های برقی	کاهش سر و صدا، مصرف انرژی، هزینه‌های اجتماعی و هزینه کل در صورتی که انرژی از منابع تجدید پذیر تامین شود.
۲۳	بررسی استفاده از سوخت بیوگاز (زیست توده) در اتوبوس های برقی	ترکیب راه‌حل‌های مختلف برای تولید انرژی‌های تجدید پذیر در اتوبوس های شهری
۲٤	بررسی کارایی استفاده از گاز طبیعی در اتوبوس‌های شهری	ابزارهای مالی، از جمله پرداخت یارانه هزینه‌های سرمایه برای خرید اتوبوس‌های سی ان جی ابزارهای مالیاتی، از جمله اعمال نرخ امتیازی برای مالیات غیرمستقیم بر گاز طبیعی، کاهش هزینه‌های عملیاتی شرکت‌های حمل و نقل ترویج مسئولیت اجتماعی شرکت و حمایت از نوآوری‌های دوست‌دار محیط‌زیست
۲۵	اثرات زیست محیطی از با جایگزینی اتوبوس معمولی با اتوبوس‌های برقی	استفاده از شبکه برق در شب، زمانی که تقاضای انرژی کم است
۲٦	بررسی اثرات مالی و زیست محیطی بر عمر مالکیت اتوبوس‌های برقی	ایستگاه‌های شارژ باید با انرژی خورشیدی کارکنند که باعث کاهش بار شبکه می‌شود. کاهش مالیات اتوبوس‌های برقی حمل و نقل عمومی نصب سریع ایستگاه‌های شارژ را در تقریباً تمام پایانه‌های اتوبوس و همچنین مکان‌های استراتژیک
۲۷	برنامه شارژ اتوبوس های برقی	شارژ شبانه که افت بار کمتر است تامین انرژی از شبکه محلی تراموا/مترو (در صورت وجود، مانند این مورد) یک جایگزین بالقوه مقرون به صرفه می‌باشد
۲۸	بررسی عوامل اثر گذار در کیفیت اتوبوس‌های شهری	حداکثر سرعت، قدرت رانندگی، برد تمام الکتریکی و مصرف انرژی و یارانه مالی، وزن ماشین در میزان مصرف انرژی اثر گذار است
۲۹	استراتژی مختلف شارژ اتوبوس‌ها	در نظر گرفتن هزینه اولیه باتری و استفاده از شارژرها در طول شب با تجهیزات الکترونیکی و خنک کننده
۳۰	مقایسه عملکرد اتوبوس‌های با سوخت هیبریدی و دیزلی و گاز طبیعی	منابع مالی برای تامین انرژی تجهیزات تامین هزینه‌های عملیاتی برای زیرساخت ضروری
۳۱	مقایسه میزان انتشار گازهای گلخانه در اتوبوس‌های هیدروژنی و دیزلی	استفاده از هیدروژنی که فقط از منابع انرژی تجدیدپذیر تولید شود مزایای قابل توجهی دارد در غیر این صورت آلودگی بیشتری در پی خواهد داشت
۳۲	بررسی چالش‌های موثر برا کارایی اتوبوس‌های برقی در مقایسه با اتوبوس‌های دیزلی	کمک های مالی دولتی و خصوصی حمایت قانونی روش‌های نوآورانه ساختاربندی اجرای برای تشویق شهروندان

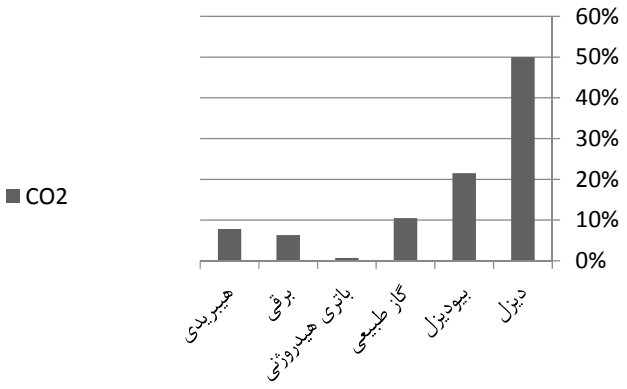
۳۳	بررسی هزینه انواع مختلف زیرساخت‌های شارژ	توجه به شرایط آب و هوایی در استقرار ایستگاه های شارژ توجه به دفعات شارژ و سرعت شارژ در ساعات اوج مصرف
۳٤	عوامل موثر بر باتری و شارژی‌های اتوبوس های شهری	منبع تولید انرژی، استراتژی شارژ/سوخت‌گیری عوامل زمینه ای مسیر نوع اتوبوس تغییر مصرف انرژی با دما
۳۵	مشخصات فیزیکی اتوبوس های برقی	هزینه بالای باتری وابستگی به زیرساخت شارژ دارد
۳٦	امکان‌سنجی برای تولید، ذخیره‌سازی و توزیع هیدروژن با استفاده از سه منبع تجدید پذیر مختلف: باد، زیست توده و موج دریا	استفاده از زیست توده، باد و موج دریا برای تولید انرژی
۳۷	امکان توسعه اتوبوس با استفاده از زیرساخت‌های برق خورشیدی	توجه به صلاحیت‌های اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی پروژه بررسی قابلیت مالی استقرار حمل و نقل اتوبوس برقی
۳۸	ارزیابی استفاده از انرژی باد و دریا برای تولید هیدروژن	استفاده از روش‌های مختلف تولید انرژی برای جبران نوسانات تولید انرژی برق و هیدروژن
۳۹	بررسی برنامه‌های زمان بندی شارژ و مکان شارژر اتوبوس های برقی	زمان‌بندی سفر حداقل مدت‌زمان شارژ برنامه زمانبندی شارژ
٤۰	استفاده انرژی باد برای تولید گاز هیدروژن مصرفی اتوبوس های شهری	استفاده از انرژی باد در جهت تولید هیدروژن
٤۱	ارزیابی استفاده اززیست توده جامد برای تولید انرژی اتوبوس های شهری	استفاد از زیست تود جامد پسماند شهری در جهت کاهش هزینه های سوخت و کاهش زباله های شهری
٤۲	بررسی راندمان باتری های اتوبوس برقی	اندازه مناسب باتری برای مدیریت مصرف انرژی
٤۳	مقایسه استفاده ازسوخت هیدروژن در مقابل اتوبوس های دیزلی	تولید هیدروژن با استفاده منابع تجدیدپذیر
٤٤	بررسی میزان کارایی اجرای اتوبوس های برقی	ذخیره انرژی از طریق بازیابی انرژی‌های ترمز در ابر خازن ها با نوآوری های جدید
٤۵	ارزیابی اتوبوس های با گاز هیدروژنی	کارایی اتوبوس‌هایی که با هیدروژن کار می‌کنند تنها در صورتی مقدور است که از منابع تجدیدپذیر تامین شود.
٤٦	انواع استراتژی های تولید هیدروژن برای اتوبوس های شهری	تولید انرژی با راه‌های مختلف منجر به بهر وری بیشتر انرژی خواهد شد.
٤۷	بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتوبوس های شهری و خودروهای شخصی	استفاده از منابع تجدیدپذیر برای تولید برق
٤۸	ارزیابی استفاده از انرژی باد برای تولید برق اتوبوس‌های شهری	تلفیق منابع مختلف انرژی برای تولید سوخت مورد نیاز
٤۹	ارزیابی استفاده انرژی زیست توده در اتوبوس‌های شهری	صرفه اقتصادی و زیست محیطی استفاده از زیست توده جامد
۵۰	بررسی استفاده از انرژی آبی برای تولید هیدروژن	استفاده از منابع مختلف برای تولید انرژی برق و هیدروژن

ماخذ: گردآورندگان، ۱۴۰۱

عوامل زیست محیطی و اقتصادی

کاهش تاثیر محیطی حمل و نقل نیازمند ادغام موفقیت‌آمیز منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه‌های حمل و نقل است. با این حال، عدم انطباق بین تولید انرژی‌های تجدید پذیر و برنامه حمل و نقل عمومی با اتوبوس منجر به فقدان موقتی بارها می‌شود و باعث ایجاد انرژی اضافی قابل‌توجهی می‌شود که به طور بالقوه سیستم را از نظر اقتصادی غیرعملی می‌سازد. تاکنون، مطالعات زیادی روی ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه‌های حمل‌ونقل صورت گرفته است. با الزامات یکپارچه سازی بهتر منابع انرژی تجدیدپذیر در سیستم حمل و نقل، توجه به این مورد در حال افزایش است. بر اساس داده‌های ارائه شده، یک اتوبوس برقی یا با باتری هیدروژنی مصرف نفت را ۸۵ تا ۸۷ درصد در مقایسه با اتوبوس دیزلی کاهش می‌دهد و به کاهش ۳۲ تا ٤٦ درصدی مصرف سوخت فسیلی و همچنین کاهش ۱۹ تا ۳۵ درصدی در انتشار دی اکسید کربن دست می‌یابد که حدود ۰,۹۳ میلیون تن معادل دی اکسید کربن در سال است. از دیدگاه چرخه زندگی یک شبکه تولید انرژی پاک‌تر و افزایش راندمان شارژ سیستم، مزایای آینده ناشی از اجرای اتوبوس‌های برقی و باتری هیدروژنی را

افزایش می‌دهد. اتوبوس دیزلی ٦ برابر بیشتر از یک اتوبوس biogas است و حدود ۱۰۰ برابر بیشتر از یک اتوبوس برقی و یا باتری هیدروژنی آلودگی دارد. اگر چه استفاده از انرژی زیست توده(biogas) راه حل کمتر پایداری است و برخی مخالف استفاده از این نوع انرژی هستند اما مطالعات نشاندهنده این هستند که این نوع روش نیز در برابر سوخت‌های فسیلی میزان گاز گلخانه‌ای کمتری منتشر می‌کنند اما درصورتی که فرایند تولید انرژی طبق اصول انجام گیرد. در برخی از شهر نیز اگر موقعیت استفاده از انرژی باد یا انرژی دریا در دسترس باشد میتوان تولید برق یا هیدروژن را از این روش‌ها بدست اورد مسئله اصلی در توسعه پایدار این است که انرژی از منابع تجدیدپذیر تولید شود وگرنه مزیت‌های استفاده از اتوبوس‌ها برقی یا باتری هیدروژنی قابل دست یابی نخواهد بود. اتوبوس با باتری هیدروژنی اجازه می‌دهد تا ۱۰۵۲ گرم دی‌اکسید کربن در هر کیلومتر از انتشار گاز گلخانه‌ای کاهش یابد که یک مزیت زیست‌محیطی خواهد بود. در نتیجه، حدود ۳۲۰ کیلوگرم دی اکسید کربن در روز برای یک کار روزانه ۳۰۰ کیلومتر صرفه جویی می شود. با استفاده از هیدروژنی که فقط از منابع انرژی تجدیدپذیر تولید می‌شود، یک اتوبوس ترانزیت با سوخت هیدروژنی در طول عمر ۱۲ ساله خود (با فرض ۱۰۰۰۰۰ کیلومتر در سال) تقریباً ۱۲۵۰ تن دی اکسید کربن در مقایسه با اتوبوس‌های دیزلی معمولی انتشار می‌دهد.



نمودار ۱. میزان انتشار کربن دی اکسید در اتوبوس‌های مختلف منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

عوامل زیرساختی

عوامل دیگر نیز در کارایی سیستم حمل و نقل پایدار تاثیر گذار خواهد بود از جمله زیر ساخت شارژر و انواع مختلف شارژرها که در ادامه به بررسی این مولفه‌های می‌پردازیم. ایستگاه‌های تعویض باتری می‌توانند هزینه کل کمتری نسبت به خطوط شارژ و ایستگاه‌های شارژ برای سیستم‌های حمل و نقل با سرعت عملیاتی بالا، تعداد دوره خدمات متوسط و طول مدت شارژ داشته باشند و به تعادل سودمندی بین هزینه زیرساخت و هزینه ناوگان برای سیستم‌های حمل و نقل دست یابند. با این وجود، در حال حاضر، ایستگاه‌های تعویض، توجه کمتری را نسبت به ایستگاه های شارژ به خود جلب کرده‌اند. ایستگاه‌های شارژ با درنژ گرفتن تاخیر در صف و سیرویس به موقعه اتوبوس‌ها و هزینه تعمیرات زیر ساخت‌ها چالش‌های بیشتری داشته باشند زیرا درمواقعی ممکن به دلیل ترافیک در شارژ باتری‌ها به صورت کم عمق شارژ شوند. بنابراین برای این ایستگاه‌ها برنامه زمان‌بندی باید وجود داشته باشد که هر کدام از وسایل تا چه ساعتی نیاز به شارژ دارند که بدون اینکه تاخیری در سف ایجاد شود به موقعه سرویس‌دهی انجام شود. در مقابل چون باتری که توسط سازندگان مختلف طراحی می‌شوند، معمولاً از یک جهت متمایز هستند، قابل تعویض نیستند. علاوه بر این، چنین ناسازگاری منجر به مشکلاتی در طراحی سیستم تعویض باتری خواهد شد. علاوه بر این، به دلیل تعویض باتری، باتری‌ها ممکن است ظرفیت اولیه و

انرژی انرژی نداشته باشند و در نتیجه ممکن است محدوده‌های مختلف رانندگی را پشتیبانی کنند، که منجر به یک مشکل انصافی می‌شود، با این حال، اگر ایستگاه‌های تعویض صرفاً برای سیستم‌های حمل و نقل طراحی شده باشند، یعنی سناریوی در نظر گرفته شده در این مطالعه، مشکلات فوق را می‌توان به راحتی حل کرد، زیرا شرکت اتوبوسرانی می‌تواند ناوگان اتوبوسرانی خود و باتری‌های خود را یکسان کند.

عوامل زمینه‌ای

مصرف انرژی خودروهای برقی نشان می‌دهد که استفاده از باتری همیشه در فصل زمستان بیشتر است که در عین حال بازیابی انرژی کمترین میزان را دارد. که این معیار میتواند بر تحولات آتی (یعنی بهبودهای بیشتر در راه حل‌های فنی) و ادغام در مناطق مشابه جغرافیایی منعکس شود.با بررسی‌های صورت گرفته عوامل زمینه‌ای مانند شرایط آب و هوایی، شیب مسیرها، الگوهای رانندگی نیز بر میزان مصرف انرژی وظرفیت باتری اثر گذار خواهد بود. بنابراین باید این عوامل نیز در اجرای اتوبوس های شهری مورد توجه قرار گیرد.

انواع شارژر

شارژ در حرکت: جاده اتوبوس‌ها تا حدی مجهز به کابل سقفی است که به اتوبوس متصل می‌شود. باتری‌ها در حین رانندگی در زیر کابل سقفی شارژ می‌شوند، به طوری که انرژی بخش‌های مسیر بدون سیم های بالای سر را می توان توسط ذخیره سازی باتری تامین کرد. محدوده روزانه نیز از نظر تئوری نامحدود است.

شارژ در پایانه ها: باتری فقط در حین توقف کار در پایانه، معمولاً با دوشاخه دستی شارژ می شود. حداکثر برد چنین اتوبوس‌هایی در حال حاضر حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر است. شارژ پایانه به عنوان شارژ آهسته نیز شناخته می شود.

شارژ فرصتی (شارژ سریع باتری‌ها): چندین بار در طول کار، معمولاً در زمان توقف در ایستگاه‌های پایانه، توسط سیستم‌های شارژ خودکار (پانتوگراف یا سیستم القایی) شارژ می‌شوند. بنابراین محدوده روزانه از نظر تئوری نامحدود است. از آنجایی که فقط زمان‌های کوتاهی در دسترس است، به قدرت شارژ بالایی نیاز است.

چالش‌های پیش رو

در عین حال اجرای این برنامه همواره با مشکلاتی رو به رو بوده است که در ادامه به آن می‌پردازیم.

۱) سرمایه‌گذاری ناوگان اتوبوس‌های برقی و شارژ زیرساخت‌های شارژ

۲) تعیین موقعیت زیرساخت شارژ

۳) مساله برنامه‌ریزی شارژ.از آنجایی که محدودیت های تکنولوژیکی زیادی در مورد زمان بندی وسایل نقلیه الکتریکی وجود دارد

در حال حاضر، مانع اصلی برای نفوذ سریع‌تر اتوبوس‌های پیل سوختی، برقی قیمت بالای خرید آنها است که می‌تواند با افایش تعداد اتوبوس‌ها از طریق یادگیری فناورانه، به طور قابل توجهی کاهش یابد. نتیجه نهایی این است که یک چارچوب سیاست حمل و نقل سخت‌تر مورد نیاز است که به طور کامل منعکس کننده تأثیر زیست محیطی اتوبوس‌های مختلف مورد استفاده باشد. نقش مهمی در روند توسعه در حمل و نقل پایدار شهری توسط دولت و مقامات محلی ایفا می‌شود. اول : ترکیب انرژی و سیاست مالی (سیستمی از یارانه‌ها و مشوق‌ها برای خرید و بهره برداری از اتوبوس‌های برقی یا هیدروژنی یا بیوگاز). دومی زیرساخت‌های محلی و مناسب به صورتی شرایط سازمانی برای پشتیبانی که به عنوان مثال، از طریق: سازماندهی یک سیستم شارژ، ارائه پارکینگ رایگان در مرکز شهر برای وسایل خودروهای شخصی که از برق استفاده میکنند، ظیفه مقامات محلی نیز انتشار است. هم چنین خرید و بهره برداری از اتوبوس‌های به عنوان عنصر حیاتی حمل و نقل عمومی شهری پایدار خرید و بهره برداری به بهبود کیفیت زندگی در شهرها از طریق کاهش انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست کمک می‌کند. با تحلیل روندهای جهانی در زمینه تولید و بهره برداری از اتوبوس‌هایی که با انرژی تجدیدپذیر کار می‌کنند، می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌های آینده تقاضا برای برق و یا هیدروژن به شدت افزایش خواهد یافت. این روند ممکن است تأثیر نامطلوبی بر اقتصادهایی داشته باشد که مشخصه آن است سهم بزرگی از سوخت‌های فسیلی در ترکیب انرژی داشته باشد. اگر صنعت در هر کشوری نتواند به سرعت با تقاضای رو به رشد (از طریق تنوع در منابع تولید انرژی) سازگار شود، این ممکن است منجر به نارسایی سیستم آن کشور یا نیاز به پاسخگویی به تقاضا از طریق افزایش تولید انرژی تجدیدپذیر در کشور شود.

۵- نتیجه‌گیری

در زمینه انتقال انرژی، چندین راه برای جایگزینی تدریجی وسایل نقلیه حمل و نقل شهری مانند اتوبوس مبتنی بر سوخت دیزل وجود دارد. امروزه شرکت‌ها و شهرهای متعددی در حال انتقال به ناوگان اتوبوس‌های سبزتر هستند. با این حال، پذیرش جهانی اتوبوس های الکتریکی یا باتری هیدروژنی به دلیل برخی موانع اجرایی در مقیاس بزرگ محدود است. این مطالعه به بررسی عملکرد این سیستم حمل و نقل پرداخته است و مزیت‌هایی که انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند بر محیط زیست داشته باشد بر کسی پوشیده نیست این مطالعه نیز کوشیده است با بررسی کلیه مقالاتی که در پایگاه‌های Sciencedirect , Scopus به صورت خاص به عملکرد استفاده از انرژی‌های تجدید پذیری که در اتوبوس‌های شهری داشته باشد پرداخته است. نتایج حاصله به این صورت است که استفاده اتوبوس برقی با باتری هیدروژنی در صورتی مفید خواهد بود که این برق یا هیدروژن از منابع تجدید پذیر تولید شود و باید راه‌های مختلفی که در دسترس هر شهر است مانند انرژی باد یا دریا نیز در تولید انرژی بهره برد در غیر این صورت این اقدامات نتایج میسر نخواهد بود. در برخی از شهرها نیز می‌تواند با استفاده پسماند جامد یا زیست توده این انرژی را در تهیه برق استفاده می‌کنند اما برخی نیز مخالف این روش هستند زیرا ممکن میزان انتشار کربن را افزایش دهد اما مطالعاتی که بررسی شد به این صورت است که اگر در شرایط درستی انجام گیرد میتواند میزان انتشار گاز کربن را کاهش دهد و از طرفی میزان زباله و پسماند شهری را کاهش خواهد داد.

هزینه بالای اتوبوس‌های برقی و باتری هیدروژنی که ناشی از هزینه‌های باتری و زیرساخت است، عامل کلیدی محدود کننده نفوذ آنها در بازار است. این هزینه‌ها با انتخاب اندازه باتری و زیرساخت شارژ تعیین می‌شود. با این حال مقامات میتوانند با ابزار مالیاتی و تسهیلات لازم این عوامل را تسهیل کند. علاوه بر این، برقی‌سازی اتوبوس‌های حمل‌ونقل عمومی به دلیل تأخیرهای احتمالی برنامه ناشی از شارژ، باعث می‌شود که میزان کارایی را تضعیف کند در صورتی که برنامه زمان بندی شارژ به صورت منظم تنظیم شود میزان از میزان تاخیر در صف و ازدحام اتوبوس‌ها جلوگیری کند. زیر ساخت‌های شارژر نیز باید با توجه به عوامل زمینه‌ای و تسهیلات لازم در نظر گرفته شود. علاوه براین عوامل زمینه‌ای هر شهر همچون شرایط اقلیمی، شرایط مسیر جاده همچون شیب و الگوهای رانندگی نیز بر مصرف انرژی اثر گذار است که باید مورد توجه قرار گیرد.

٦- مراجع

-Abdelwahed, A., Van den Berg, P. L., Brandt, T., Ketter, W., & Mulder, J. (2021). A Boost for Urban Sustainability: Optimizing Electric Transit Bus Networks in Rotterdam. *Informs Journal on Applied Analytics*, *51*(5), 391–407. **doi.org/10.1287/inte.2021.1092**

-Abraham, C. J., Rix, A. J., Ndibatya, I., & Booysen, M. J. (2021). Ray of hope for sub-Saharan Africa's paratransit: Solar charging of urban electric minibus taxis in South Africa. *Energy for Sustainable Development*, *64*, 118–127. **https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.08.003**

-Ajanovic, A., Glatt, A., & Haas, R. (2021). Prospects and impediments for hydrogen fuel cell buses. *Energy*, *235*, 121340. **doi.org/10.1016/j.energy.2021.121340**

-Aldenius, M., Mullen, C., & Pettersson-Löfstedt, F. (2022). Electric buses in England and Sweden – Overcoming barriers to introduction. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *104*, 103204. **doi.org/10.1016/j.trd.2022.103204**

-Alrikabi, N. Kh. M. A. (2014). Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies*, 61–64. **doi.org/10.7763/JOCET.2014.V2.92**

-Arendt, R., Bach, V., & Finkbeiner, M. (2022). Environmental costs of abiotic resource demand for the EU's low-carbon development. *Resources, Conservation and Recycling*, *180*, 106057. **doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106057**

-Basma, H., Haddad, M., Mansour, C., Nemer, M., & Stabat, P. (2022). Evaluation of the techno-economic performance of battery electric buses: Case study of a bus line in paris.

and future perspectives. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, *13*(4), 155014771668361.
doi.org/10.1177/1550147716683612
-Diab, I., Scheurwater, B., Saffirio, A., Chandra-Mouli, G. R., & Bauer, P. (2022). Placement and sizing of solar PV and Wind systems in trolleybus grids. *Journal of Cleaner Production*, *352*, 131533.
doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131533
-Dreier, D., Silveira, S., Khatiwada, D., Fonseca, K. V. O., Nieweglowski, R., & Schepanski, R. (2018). Well-to-Wheel analysis of fossil energy use and greenhouse gas emissions for conventional, hybrid-electric and plug-in hybrid-electric city buses in the BRT system in Curitiba, Brazil. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *58*, 122–138.
doi.org/10.1016/j.trd.2017.10.015
-Drożdż, W., Rosa, G., & Pomianowski, A. (2022). The Importance of Introducing Zero- and Low-Carbon Solutions in Urban Bus Transport. *Energies*, *15*(13), 4914.
doi.org/10.3390/en15134914
-Du, J., Li, F., Li, J., Wu, X., Song, Z., Zou, Y., & Ouyang, M. (2019). Evaluating the technological evolution of battery electric buses: China as a case. *Energy*, *176*, 309–319.
doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.084
-Dyr, T., Misiurski, P., & Ziółkowska, K. (2019). Costs and benefits of using buses fuelled by natural gas in public transport. *Journal of Cleaner Production*, *225*, 1134–1146**.**
doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.317
-Franzitta, V., Beccali, M., & Cellura, 17) Franzitta, V. ,. Beccali, M. Cellura, M. (2005). Sustainable development in urban transport: Feasibility study for a plant to produce and store hydrogen from wind energy in the urban transport in Western Sicily.
-Franzitta, V., Curto, D., Milone, D., & Trapanese, M. (2017). Energy Saving in Public Transport Using Renewable Energy. *Sustainability*, *9*(1), 106.
doi.org/10.3390/su9010106
-Franzitta, V., Curto, D., Rao, D., & Viola, A. (2016). Hydrogen Production from Sea Wave for Alternative Energy Vehicles for Public Transport in Trapani (Italy). *Energies*, *9*(10), 850. **doi.org/10.3390/en9100850**
-Gilbert, R., & Perl, A. (2007). Grid-connected vehicles as the core of future land-based transport systems. *Energy Policy*, *35*(5), *Research in Transportation Economics*, 101207. **doi.org/10.1016/j.retrec.2022.101207**
-Basma, H., Mansour, C., Haddad, M., Nemer, M., & Stabat, P. (2022). Energy consumption and battery sizing for different types of electric bus service. *Energy*, *239*, 122454. **doi.org/10.1016/j.energy.2021.122454**
-Beckers, C. J. J., Besselink, I. J. M., & Nijmeijer, H. (n.d.). *The State-of-the-Art of Battery Electric City Buses*. 8.
-Bezruchonak, A. (2019). Geographic Features of Zero-Emissions Urban Mobility: The Case of Electric Buses in Europe and Belarus. *European Spatial Research and Policy*, *26*(1), 81–99. **doi.org/10.18778/1231-1952.26.1.05**
-Borén, S. (2020). Electric buses' sustainability effects, noise, energy use, and costs. *International Journal of Sustainable Transportation*, *14*(12), 956–971.
doi.org/10.1080/15568318.2019.1666324
-Brebbia, C. A. (Ed.). (2000). *the sustainable city: Urban Regeneration and Sustainability*. WIT Press.
-Calhau, K. R., Goncalves, G. A., & Farias, T. L. (2007). *Envlronmental impact of hydrogen in urban transports*.
-Chen, Z., Yin, Y., & Song, Z. (2018). A cost-competitiveness analysis of charging infrastructure for electric bus operations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *93*, 351–366.
doi.org/10.1016/j.trc.2018.06.006
-Chikishev, E. (2021). Impact of natural and climatic conditions on electric energy consumption by an electric city bus. *Transportation Research Procedia*, *57*, 113–121. **doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.032**
-Clairand, J.-M., González-Rodríguez, M., Cedeño, I., & Escrivá-Escrivá, G. (2022). A charging station planning model considering electric bus aggregators. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, *30*, 100638.
doi.org/10.1016/j.segan.2022.100638
-Classen, S., Li, Y., Giang, W., Winter, S., Wei, J., Patel, B., Jeghers, M., Gibson, B., Rogers, J., & Ramirez-Zamora, A. (2022). RCT protocol for driving performance in people with Parkinson's using autonomous in-vehicle technologies. *Contemporary Clinical Trials Communications*, *28*, 100954.
doi.org/10.1016/j.conctc.2022.100954
-de Souza, A. M., Brennand, C. A., Yokoyama, R. S., Donato, E. A., Madeira, E. R., & Villas, L. A. (2017). Traffic management systems: A classification, review, challenges,

buses vs diesel engines buses in the city of Rosario, Argentina. *International Journal of Hydrogen Energy*, *46*(57), 29694–29705. **doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.01.065**

-Kharlamova, T., Desfonteines, L., Barykin, S., & Gavrilova, R. (2022). Prospects for the development of transport infrastructure to ensure sustainable development. *Transportation Research Procedia*, *63*, 789–797. **doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.075**

-Kong, Q., Li, R., Jiang, X., Sun, P., & Peng, D. (2022). Has transportation infrastructure development improved the quality of economic growth in China's cities? A quasi-natural experiment based on the introduction of high-speed rail. *Research in International Business and Finance*, *62*, 101726.

doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101726

-Kouziokas, G. N. (2016). Technology-based management of environmental organizations using an Environmental Management Information System (EMIS): Design and development. *Environmental Technology & Innovation*, *5*, 106–116.

doi.org/10.1016/j.eti.2016.01.006

-Kühne, R. (2010). Electric buses – An energy efficient urban transportation means. *Energy*, *35*(12), 4510–4513.

doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.055

-Kuwahara, N., Berni, M. D., & Bajay, S. V. (1999). Energy supply from municipal wastes: The potential of biogas-fuelled buses in Brazil. *Renewable Energy*, *16*(1–4), 1000–1003. **doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00353-X**

-Lee, J.-Y., Cha, K.-H., Lim, T.-W., & Hur, T. (2011). Eco-efficiency of H2 and fuel cell buses. *International Journal of Hydrogen Energy*, *36*(2), 1754–1765.

doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.10.074

-Li, X., Castellanos, S., & Maassen, A. (2018). Emerging trends and innovations for electric bus adoption—A comparative case study of contracting and financing of 22 cities in the Americas, Asia-Pacific, and Europe. *Research in Transportation Economics*, *69*, 470–481. **doi.org/10.1016/j.retrec.2018.06.016**

-Manzolli, J. A., Trovão, J. P. F., & Henggeler Antunes, C. (2022). Electric bus coordinated charging strategy considering V2G and battery degradation. *Energy*, *254*, 124252.

doi.org/10.1016/j.energy.2022.124252

-Meishner, F., & Uwe Sauer, D. (2020). Technical and economic comparison of different electric bus concepts based on actual demonstrations in European cities. *IET* 3053–3060.

doi.org/10.1016/j.enpol.2006.11.002

-Göhlich, D., Fay, T.-A., Jefferies, D., Lauth, E., Kunith, A., & Zhang, X. (2018). Design of urban electric bus systems. *Design Science*, *4*, e15. **doi.org/10.1017/dsj.2018.10**

-Göhlich, D., Fay, T.-A., & Park, S. (2019). Conceptual Design of Urban E-Bus Systems with Special Focus on Battery Technology. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, *1*(1), 2823–2832.

doi.org/10.1017/dsi.2019.289

-Goswami, R., & Tripathi, G. C. (2019). Economic, environmental and congestion impact on the life-cycle cost of ownership: A case study in the Delhi transit bus system. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, *11*(1), 59.

doi.org/10.1504/IJEHV.2019.098719

-Grijalva, E. R., & López Martínez, J. M. (2019). Analysis of the Reduction of CO2 Emissions in Urban Environments by Replacing Conventional City Buses by Electric Bus Fleets: Spain Case Study. *Energies*, *12*(3), 525. **doi.org/10.3390/en12030525**

-Häll, C. H., Ceder, A. (Avi), Ekström, J., & Quttineh, N.-H. (2019). Adjustments of public transit operations planning process for the use of electric buses. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, *23*(3), 216–230. **doi.org/10.1080/15472450.2018.1488131**

-Holotová, M., Nagyová, Ľ., Holota, T., & Cagáňová, D. (2023). Sustainable Urban Mobility–Multimodality as a Chance for Greener Cities: Evidence from Slovakia. In D. Cagáňová & N. Horňáková (Eds.), *Industry 4.0 Challenges in Smart Cities* (pp. 107–118). Springer International Publishing.

doi.org/10.1007/978-3-030-92968-8_7

-Hu, X., Murgovski, N., Johannesson, L., & Egardt, B. (2013). Energy efficiency analysis of a series plug-in hybrid electric bus with different energy management strategies and battery sizes. *Applied Energy*, *111*, 1001–1009. **doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.06.056**

-Hu, X., Zheng, M., Zhao, J., Gao, R., Li, B., Chen, X., & Dai, G. (2022). Research on Application Performance Index System of Pure Electric Buses Based on Extensible Cloud Model. *World Electric Vehicle Journal*, *13*(3), 45. **doi.org/10.3390/wevj13030045**

-Iannuzzi, L., Hilbert, J. A., & Silva Lora, E. E. (2021). Life Cycle Assessment (LCA) for use on renewable sourced hydrogen fuel cell

32(1), 1–9.
doi.org/10.1016/j.energy.2006.01.002
-Reynolds, P. (1995). *Green machines*.
-Rodrigues, A. L. P., & Seixas, Sonia. R. C. (2022). Battery-electric buses and their implementation barriers: Analysis and prospects for sustainability. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *51*, 101896. **doi.org/10.1016/j.seta.2021.101896**
-Saif, M. A., Zefreh, M. M., & Torok, A. (2018). Public Transport Accessibility: A Literature Review. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, *47*(1), 36–43.
doi.org/10.3311/PPtr.12072
-Shelby, L. B., & Vaske, J. J. (2008). Understanding Meta-Analysis: A Review of the Methodological Literature. *Leisure Sciences*, *30*(2), 96–110.
doi.org/10.1080/01490400701881366
-sheth, anal, & Sarkar, D. (2017). *Financial Analysis of Solar Electric Bus in India*. International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences.
https://www.academia.edu/download/58859024/f201707041499178259.pdf.
-Shorten, A., & Shorten, B. (2013). What is meta-analysis? *Evidence Based Nursing*, *16*(1), 3–4. **doi.org/10.1136/eb-2012-101118**
-Steg, L. (2007). Sustainable Transportation. *IATSS Research*, *31*(2), 58–66.
doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60223-5
-Thorne, R. J., Hovi, I. B., Figenbaum, E., Pinchasik, D. R., Amundsen, A. H., & Hagman, R. (2021). Facilitating adoption of electric buses through policy: Learning from a trial in Norway. *Energy Policy*, *155*, 112310. **doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112310**
-Tzvetkova, S. (2019). Guidelines for the Stable Development of Public Bus Transport in the City of Sofia. *E3S Web of Conferences*, *101*, 01003.
doi.org/10.1051/e3sconf/201910101003
-Wang, Y., Liao, F., & Lu, C. (2022). Integrated optimization of charger deployment and fleet scheduling for battery electric buses. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *109*, 103382.
doi.org/10.1016/j.trd.2022.103382
Electrical Systems in Transportation, *10*(2), 144–153.
doi.org/10.1049/iet-est.2019.0014
-Muñoz, P., Franceschini, E. A., Levitan, D., Rodriguez, C. R., Humana, T., & Correa Perelmuter, G. (2022). Comparative analysis of cost, emissions and fuel consumption of diesel, natural gas, electric and hydrogen urban buses. *Energy Conversion and Management*, *257*, 115412.
doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115412
-Murray, A. T., Davis, R., Stimson, R. J., & Ferreira, L. (1998). Public Transportation Access. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *3*(5), 319–328.
doi.org/10.1016/S1361-9209 (98)00010-8
-Mutter. (2019). Obduracy and Change in Urban Transport—Understanding Competition Between Sustainable Fuels in Swedish Municipalities. *Sustainability*, *11*(21), 6092.
doi.org/10.3390/su11216092
-Nadaletti, W. C., Cremonez, P. A., de Souza, S. N. M., Bariccatti, R. A., Belli Filho, P., & Secco, D. (2015). Potential use of landfill biogas in urban bus fleet in the Brazilian states: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *41*, 277–283.
doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.052
-Ometto, A., Masciovecchio, C., Ciancetta, F., & Dovidio, G. (2019). A Novel High Efficiency Hybrid Power Unit for Hydrogen-Fueled City Transit Bus. *2019 Electric Vehicles International Conference (EV)*, 1–5.
doi.org/10.1109/EV.2019.8893087
-Papa, G., Santo Zarnik, M., & Vukašinović, V. (2022). Electric-bus routes in hilly urban areas: Overview and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *165*, 112555.
doi.org/10.1016/j.rser.2022.112555
-Perumal, S. S. G., Lusby, R. M., & Larsen, J. (2022). Electric bus planning & scheduling: A review of related problems and methodologies. *European Journal of Operational Research*, *301*(2), 395–413.
doi.org/10.1016/j.ejor.2021.10.058
-Pietrzak, O., & Pietrzak, K. (2021). The Economic Effects of Electro mobility in Sustainable Urban Public Transport. *Energies*, *14*(4), 878. **doi.org/10.3390/en14040878**
-Poudenx, P., & Merida, W. (2007). Energy demand and greenhouse gas emissions from urban passenger transportation versus availability of renewable energy: The example of the Canadian Lower Fraser Valley. *Energy*,

A Meta-Analysis of the Performance of Public Transportation (City Buses) with an Emphasis on Clean and Renewable Fuel

Farzaneh Javidi, M.A. Grad., Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
Mohammad Ali Khanizadeh, M.A., Grad., Faculty of Art and Architecture, Apadana Non-Profit Institute, Shiraz Municipality, Iran.

E-mail: ma1985kha@gmail.com

Received: February 2024- Accepted: June 2024

ABSTRACT
Issues that are considered in relation to transportation are related to reducing climate change, reducing air pollution and reducing dependence on fossil fuels. This stems from the fact that the transportation system is one of the largest sources of global greenhouse gas (GHG) emissions. In relation to the negative effects of air pollution on human life and health as well as the entire ecosystem, the emission of air pollutants from transportation must be drastically reduced without delay. Considering such risks, urban public transportation, especially public urban bus transportation, is an important incentive for the implementation and development of renewable energy in transportation. In this research, all the articles that have been reviewed in the Scopus Sciencedirect databases, which use the keywords "Renewable energy", "urban transport", "bus", and from these reviews, 18 articles out of a total of 53 articles in the database Scopus and 32 articles from a total of 100 articles were selected in the Sciencedirect database. Using a quantitative technique called meta-analysis as a technique for quantitative research synthesis, multiple studies have been used. The obtained criteria and components include: environmental and economic factors, infrastructural factors, background factors as well as types of charging and chargers. Finally, by examining the content of all the articles, the findings have been classified and led to criteria and solutions.

Keywords: Clean and Renewable Energies, Sustainable Urban Transportation, Bus