تحلیلی بر مطالعات کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها در بخش حمل‌ونقل

مقاله پژوهشی

فاطمه اکبری*، دانش آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
*پست الکترونیک نویسنده مسئول: Fatemeh.akbari659@yahoo.com

دریافت: ۹۸/۰۱/۲۱- پذیرش: ۹۸/۰٤/۲۸
صفحه ٦٦-٥٥

چکیده

بدون شک کاهش آلاینده‌ها به عنوان یک هدف منطقه‌ای و جهانی نیازمند اتخاذ راهکارهای مناسب و کارآمد است. در این بین، بخش حمل‌ونقل به واسطه اهمیت و جایگاهی که در این موضوع دارد، توجه دوچندان را می‌طلبد و می‌تواند سالانه مقادیر قابل‌توجهی صرفه‌جویی اقتصادی برای مردم و دولت‌ها، بوسیله کاهش مصرف انرژی و اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، کاهش زمان سفر و تأخیرهای ناخواسته به ارمغان آورد. از اینرو در این مطالعه سعی شده است میزان مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل بیان شده و رویکردهای حل مسأله کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها در این بخش بیان و برخی مطالعات در این زمینه بررسی گردد، در انتها به مقایسه مطالعات و روش‌های استفاده شده پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مصرف انرژی، انتشار آلاینده‌ها، حمل‌ونقل

۱-مقدمه

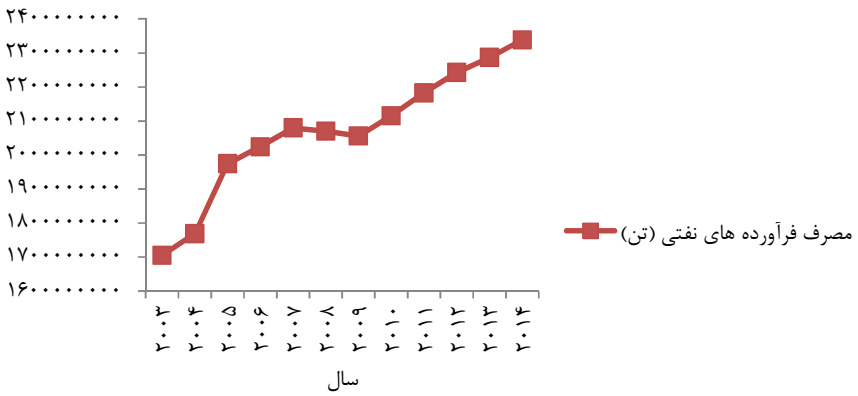
امروزه موضوع انرژی به‌عنوان یکی از پایه‌های اقتصادی و صنعتی، کلیدی‌ترین چالش پیش روی بشر به شمار می‌رود. با رشد جمعیت، تقاضا برای مصرف انرژی نیز افزایش می‌یابد. با اینکه انرژی یکی از مهم‌ترین عوامل ضروری برای توسعه محسوب می‌شود اما روند کنونی افزایش مصرف انرژی در جهان، بشر را با دو بحران بزرگ روبرو کرده است؛ نخست، آلودگی محیط زیست و دیگری شتاب فزاینده در جهت به پایان بردن منابع انرژی. محدود بودن منابع و رشد فزاینده در به پایان بردن آن‌ها از یک سو و انتشار گازهای گلخانه‌ای، تغییرات آب‌وهوایی و ایجاد خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف انرژی از سوی دیگر، می‌تواند مشکلات بسیاری را برای انسان به وجود آورد. وسایل حمل‌ونقل، نیروگاه‌های برق، صنایع و واحدهای گرمایش خانگی و تجاری هر ساله مقادیر بسیاری گاز و ذرّات زیان‌آور را در هوا رها می‌سازند. این آلاینده‌ها موجب بروز انواع بیماری‌ها و به مخاطره افکندن محیط‌زیست می‌شوند. خوشبختانه در چند سال اخیر، اثرات و نتایج مخرب مصرف بی‌رویه انرژی و منابع نفتی بر همگان روشن شده است و اتفاق‌نظر وجود دارد که مسأله کاهش مصرف انرژی و به دنبال آن کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی باید به‌عنوان یک هدف مهم مدنظر قرار گیرد. در همین راستا، هدف این نوشتار بیان، دسته‌بندی و مقایسه رویکردهای کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها در بخش حمل‌ونقل و بررسی شاخص‌هایی است که در این زمینه مورد توجه قرار می‌گیرند.

۲- پیشینه تحقیق

حمل‌ونقل یکی از بخش‌های عمده و اصلی مصرف انرژی به شمار می‌رود و از جمله فعالیت‌هایی است که اگر با برنامه‌ریزی دقیق صورت نگیرد آثار زیان‌آوری را بر محیط‌زیست تحمیل می‌کند. در سطح جهانی نیز بخش حمل‌ونقل از مصرف کنندگان اصلی و روبه‌رشد فرآورده‌های

نفتی محسوب می‌شود و انتشار آلاینده‌ها و اثرات گلخانه‌ای ناشی از آن از معضلات جدی در بخش انرژی و محیط‌زیست محسوب می‌شود. شکل ۱ میزان مصرف فرآورده‌های نفتی جهان در بخش حمل‌ونقل را نشان می‌دهد.

چنین روند هشدار دهنده‌ای از یک سو آلاینده‌هایی را منتشر می‌کند که از تاثیر آن بر کیفیت هوا و محیط‌زیست نمی‌توان چشم‌پوشی کرد و از سوی دیگر همه ساله هزینه‌های زیادی را بر اقتصاد کشورها تحمیل می‌کند.



شکل ۱. مصرف فرآورده‌های نفتی جهان در بخش حمل‌ونقل

منبع: ترازنامه انرژی سال‌های مختلف

۲-پیشینه تحقیق

هیچ دستورالعمل مشخص و رویه‌ای وجود ندارد که با پیروی از آن مفید بودن یک مطالعه را تضمین کرد و هر مطالعه روش و رویکردی متفاوت دارد. با این حال اخیراً تحقیقات زیادی در مورد راه‌حل‌های حفاظت از منابع انرژی و کاهش آلاینده‌های حمل‌ونقل انجام شده است؛ درواقع این اقدامات را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱) وسیله‌نقلیه پاک: این راهبردها از پیشرفت تکنولوژی در زمینه وسایل‌نقلیه و سوخت، مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها را کم می‌کنند و ۲) مدیریت جابه‌جایی که از راه‌های مختلف حجم ترافیک را کم می‌کنند؛ با این حال بحث زیادی در مورد راهبرد بهینه وجود دارد. پژوهشگرانی که از رویکرد وسیله‌نقلیه پاک حمایت می‌کنند معمولاً بر این باورند که مدیریت جابه‌جایی به دلیل عدم قطعیت بالا و احتمال آسیب به مطلوبیت ساکنان و اقتصاد، اجرای آن دشوار است؛ و آن‌هایی که از مدیریت جابه‌جایی حمایت می‌کنند بر این باورند که این رویکرد در حفاظت از انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌ها مقرون‌به‌صرفه‌تر و کارآمدتر است. اصولاً اقدامات ذکرشده مطلقاً مثبت یا منفی تلقی نمی‌شوند امّا به‌طورکلّی باید شامل سیاست‌های مختلف، هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای درحال‌توسعه باشد. این بیشتر به دلیل کشش درآمدی بالای تقاضای خودرو در کشورهای درحال‌توسعه است، به این معنی که مالکیت وسیله‌نقلیه در آینده نزدیک سریعاً رشد خواهد کرد. روند افزایش شهرنشینی و موتوریزه‌شدن کشورهای در حال توسعه یک فشار برای تلاش‌های جهانی کاهش انتشار کربن ناشی از حمل‌ونقل هستند زیرا همزمان این کشورها فاقد منابع مالی کافی برای تلاش در زمینه کاهش کربن ناشی از حمل‌ونقل می‌باشند. به طور کلی بیشتر مطالعات مربوط به مسأله حفاظت از انرژی و انتشار آلاینده‌ها را می‌توان به سه نوع تقسیم کرد:

۱) کل به جزء۲) جزء به کل ۳) ترکیبی (Liu. et al., 2015)

۱) رویکرد کل به جزء به طور عمده شامل CGE، MACRO، GEM-E3، 3E-MODEL و... است. به‌عنوان مثال (Schafer. & Jacoby., 2005) چگونگی ارتقاء و تاثیر بر تغییرات آب‌وهوایی تحت سیاست‌های محدود کننده مدل CGE تکنولوژی مربوط به اتومبیل جدیدی که وارد بازار می‌شود را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. (Small., 2012) کارایی و هزینه سیاست‌های مختلف انرژی برای وسایل‌نقلیه سبک با استفاده از سیستم مدل‌سازی انرژی ملّی را مورد ارزیابی قرار داد، (Rentziou., Gkritza., & Souleyrette., 2011) حجم مسافر حمل‌ونقل شهری، حفاظت از انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن را براساس معادلات همزمان پیش‌بینی کرد؛ در کل، روش کل به جزء برای تحلیل‌های اقتصادی خوب است امّا در توصیف فناوری مشخصی ضعیف عمل می‌کند. به‌طور کلی این روش‌ها قابلیت پیشرفت تکنولوژی را کم برآورد می‌کنند. (Nakata., 2004)

۲) رویکرد جزء به کل شامل MARKAL، MESSAGE، EFOM، LEAP و ... می‌باشد. مثلاً (Pressley et al., 2014) از روش چرخه حیات برای بررسی تبدیل مواد زائد جامد به سوخت مایع حمل‌ونقل از طریق تبدیل به گاز و Fischer-Tropsch (مخلوطی از مونوکسیدکربن و هیدروژن را به هیدروکربن مایع تبدیل می‌کند.) استفاده کرد، (Cortés, 2008 :71) یک نرم‌افزار شبیه‌سازی جاوا برای تحلیل مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های شبکه ترافیک شهری و... توسعه داد. در کل روش جزء به کل برای تحلیل‌های اقتصادی ضعیف است اما توصیف‌های سودمندی از تکنولوژی دارد. (Nakata., 2004)

۳) روش ترکیبی شامل NEWS، POLES، PRIMES، POLES MADE و ... است. مثلاً (Messner & Schrattenholzer, 2000) وضعیت تأمین انرژی طبق تغییرات تقاضا برای حمل‌ونقل واحد بار و مسافر را با استفاده از مدل IIASA-CEC E3 تحلیل کرد. (Hickman, Ashiru, & Banister, 2010) یک مدل شبیه‌سازی کربن و حمل‌ونقل ایجاد و مجموعه‌ای از سیاست‌های احتمالی که می‌تواند تأثیر انتشار آلاینده‌ها در لندن را کاهش دهد، بررسی کرد. (Yang, McCollum, McCarthy, & Leighty, 2009) راهبردهایی برای ارزیابی بلندمدت کاهش انتشار آلاینده‌ها ایجاد کرد و چگونگی دستیابی به هدف کاهش دی‌اکسیدکربن تا ۸۰ درصد در کالیفرنیا تا سال ۲۰۵۰ را مطالعه کرد.

از طرف دیگر برخی از پژوهشگران در مطالعات خود از روش سیستم دینامیک استفاده کرده‌اند. طرفداران این روش بر این باورند که روش سیستم‌دینامیک (SD) تجزیه و تحلیل کیفی و کمّی را ترکیب می‌کند و برای توصیف ویژگی‌های رفتاری تعریف نشده از استدلال ساخت سیستم استفاده می‌کند و سیستم دینامیک می‌تواند انتخاب بهتری در مواجه با سیستم های پیچیده زمان متغیر خطی باشد.

در این قسمت به بررسی برخی از پژوهش‌هایی که در نقاط مختلف جهان به منظور کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های بخش حمل‌ونقل انجام گرفته است، پرداخته می‌شود:

(C. Wang, et al, 2007) همه سیاست‌های زیست‌محیطی مربوط به صنعت خودرو و بکارگیری سناریوها برای تخمین منابع انتشار به منظور ارائه راهبردهای توسعه‌ای مختلف را تحلیل کرد.

برای دستیابی به عوامل موثر در انتشار دی‌اکسیدکربن حمل‌ونقل جاده‌ای چین، ۳ سناریوی زیر را به کار برد:

- سناریو baseline
- سناریو recent policy
- سناریو new policy

وجه تمایز این مطالعه تمرکز بر بخش حمل‌ونقل جاده‌ای با قیاس هزینه‌ها و اثرات بهبود بهره‌وری سوخت و ارائه چندین بسته کاهشی خاص برای انتشار دی‌اکسیدکربن است. در همین راستا در این مطالعه تکنولوژی مربوط به خودرو عاقلانه‌ترین راه برای کاهش انتشار آلاینده در چین معرفی و در بین همه تکنولوژی‌ها، تکنولوژی موتوری از عوامل مهم شناخته شده است؛ همچنین یکی از مهم‌ترین موانع احتمال کاهش انتشار آلاینده‌ها عدم اطلاع از تغییرات آب‌وهوایی و

هزینه تکنولوژی خودرو و محدودیت ساخت، عنوان شده است.

مجموعه‌ای از راهکارهای کمک‌کننده نظیر سیاست‌های ارتقاء کاربرد تکنولوژی پیشرفته، برنامه‌های کمک داوطلبانه دولت، تحقیقات دولتی، سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، مدیریت تقاضا نظیر کاهش قیمت فروش وسایل‌نقلیه پیشرفته، تخفیف برای مصرف‌کننده و آزادسازی استانداردهای آلاینده‌ها و استانداردهای بهره‌وری سوخت، محدودیت رشد آلاینده ملّی مالیات کربن و انرژی و...، شروع ظرفیت‌سازی نظیر راه‌اندازی محیط سیاسی صحیح یا بازار و آموزش افراد مناسب، برای دستیابی به هدف اصلی، پیشنهاد شده است.

(Feng, et al, 2013) مدل سیستم دینامیک مصرف انرژی و روند انتشار دی‌اکسیدکربن شهری پکن با نرم‌افزار Stella در سال‌های ۲۰۳۰ -۲۰۰۵ را توسعه و نشان داد در پکن تغییر ساختار انرژی از سوخت سرشار از کربن مانند زغال‌سنگ به سوخت کم کربن مانند گاز طبیعی نقش بسیار اساسی در فعالیت‌های کاهش انتشار کربن ایفا خواهد کرد. همچنین با توجه به نتایج مدلسازی نشان داد که به تدریج بخش خدمات جایگزین وضعیت‌های عمده صنعتی به‌عنوان بزرگترین بخش در مصرف انرژی و به دنبال آن بخش حمل‌ونقل می‌شود. در این مقاله رابطه ذاتی بین تقاضای انرژی و فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی و محیط زیستی را که به پیش‌بینی تقاضای انرژی شهری و انتشار کربن در یک منطقه شهری در حال رشد کمک می‌کند، بررسی می‌شود. با این حال باید به خاطر داشت که احتمال کاهش به وسیله تعدیل مجدد ساختار انرژی بسیار محدود است. از نظر انتشار کربن بخش حمل‌ونقل به همراه بخش‌های تبدیل و صنعتی از علل اصلی به شمار می‌روند. بنابراین بخش‌های حمل‌ونقل و خدمات به‌عنوان زمینه‌های امیدوار کننده برای دستیابی به کنترل مصرف انرژی و انتشار کربن در چند دهه آینده شناخته می‌شوند.(Ross Morrow, et al, 2010) در مطالعه خود، سناریوهای خاص بخش‌های مختلف برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف نفت در بخش حمل‌ونقل را با توجه به هزینه تحمیلی دی‌اکسیدکربن بر کل اقتصاد بررسی می‌کند. مالیات سوخت، افزایش مستمر استانداردهای صرفه‌جویی سوخت و اعتبارهای مالیاتی خرید وسیله‌نقلیه جدید و همچنین اثرات ترکیب این سیاست‌ها را تحلیل می‌کند؛ و بدنبال اثرات سیاست‌های خاص مختلف بر حمل‌ونقل جهان با درنظر گرفتن هزینه تحمیلی دی‌اکسیدکربن بر کل اقتصاد است. تحلیل‌های این پژوهش ۳ فرضیه را بررسی می‌کند. سیاست‌های قیمت‌گذاری و سیاست‌های پیشنهاد شده فعلی تحمیلی دی‌اکسیدکربن بر کل اقتصاد

۱) تأثیر کمی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش حمل‌ونقل خواهد داشت.
۲) تأثیر کمی بر واردات نفت خواهد داشت.
۳) به‌طور قابل توجهی موجب نوآوری در فناوری‌های پیشرفته خودرو و سوخت نخواهد بود.

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش هزینه‌های رانندگی برای دستیابی به کاهش چشمگیر انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش حمل‌ونقل ضروری است. چنین افزایش هزینه‌ای مصرف‌کنندگان را به تغییر رفتارهای رانندگی، خرید وسیله‌نقلیه جدید و انتخاب محل زندگی تحریک می‌کند. همچنین بیان می‌کند که استانداردهای اجرایی به تنهایی نمی‌تواند باعث کاهش رشد استفاده از وسیله‌نقلیه به همراه رشد جمعیت و درآمد که در سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ پیش بینی شده است، شود.

در این مطالعه تعدادی از گزینه‌های مهم به‌عنوان سیاست‌های خاص بخش حمل‌ونقل برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و وابستگی آمریکا به واردات نفت با در نظر گرفتن هزینه‌های تحمیلی دی‌اکسیدکربن بر کل اقتصاد بررسی شده است. تحلیل‌ها با استفاده از سیستم مدلسازی انرژی ملّی (NEMS) که مدل تعادل جامع بازار انرژی آمریکاست و توسط EIA محافظت می‌شود، انجام شده است و بیان می‌کند اگر هزینه‌های تحمیلی دی‌اکسیدکربن بر کل اقتصاد واقعی شوند به احتمال زیاد برای کاهش انتشار آلاینده‌های حمل‌ونقل بسیار کم است و سیاست‌های خاص بخش حمل‌ونقل نظیر مالیات بر سوخت، عوارض راه، هزینه سوخت یا استانداردهای شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای و یا خرید تشویقی برای دستیابی به کاهش انتشار آلاینده‌های این بخش به جایگاه مطلوب، نیاز خواهد بود و کلید دستیابی به کاهش گازهای گلخانه‌ای حمل‌ونقل افزایش هزینه رانندگی است.

(H. Wang, et al, 2011) انتشار دی‌اکسیدکربن و آلاینده‌های خودروهای مسافری از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ براساس مرور ادبیات و داده‌ها را اندازه‌گیری کرد و روند آینده تولید آلاینده‌های خودروهای مسافری نیز تحت ۳ سناریو به‌منظور یافتن احتمال کاهش سیاست‌های ممکن را پیش‌بینی نمود. و نشان داد افزایش صرفه‌جویی اقتصادی سوخت و نفوذ سیستم‌های سوخت و برق پیشرفته می‌تواند اقدامات عام‌المنفعه برای کنترل انتشار آلاینده‌ها و دی‌اکسیدکربن در دوره‌های میان‌مدت و بلندمدت باشد. رویکرد مشابهی در مطالبات قبلی برای بدست آوردن تقاضای انرژی با استفاده از ۳ عامل به کار برده شده است: تعداد وسایل‌نقلیه، صرفه‌جویی اقتصادی سوخت و کیلومتر طی شده خودرو.

در مقایسه با انتشار آلاینده‌های موجود در چین این مطالعه دارای ویژگی‌های عمده زیر است:

۱) انتشار آلاینده‌ها و دی‌اکسیدکربن خودروهای مسافری بطور همزمان مطالعه شده است.

۲) عوامل انتشار آلاینده‌ها و دی‌اکسیدکربن بر اساس مروری بر ادبیات و داده‌های سیستم اندازه‌گیری انتشار آلاینده‌های سفر (PEMS) و مدل COPERT IV که باعث افزایش ارزش جاده‌ای می‌شود ارزیابی شده است.

۳) احتمال کاهش انتشار آلاینده‌ها خودروها در آینده تحت سناریوهای مختلف بررسی شده است.

(Cai, et al, 2012) یک راه حل جدید برای معضل مصرف سوخت بخش حمل‌ونقل چین ارائه داد که با دقت بیشتری انتشار دی‌اکسیدکربن حمل‌ونقل ملّی و منطقه‌ای را برآورد می‌کند. بدین صورت که ابتدا انتشار دی‌اکسیدکربن حمل‌ونقل چین بویژه حمل‌ونقل جاده‌ای ملّی و منطقه‌ای را محاسبه کرده و سپس ارتباط میان میزان انتشار و عوامل اقتصادی اجتماعی را تحلیل می‌کند در انتها سیاست‌های مؤثر در توسعه حمل‌ونقل کم کربن چین را بررسی می‌کند. این مطالعه انتشار دی‌اکسیدکربن بخش حمل‌ونقل را براساس روش $\frac{\text{سوخت فروخته شده}}{\text{سوخت مصرف شده}}$ تعیین کرد و نهایتاً نشان داد انتشار دی‌اکسیدکربن بخش حمل‌ونقل به شدت با شدت فعالیت‌های اقتصادی، تولید ناخالص داخلی سرانه، درآمد قابل تصرف سرانه ساکنان شهر و میزان جمعیت در ارتباط است.

از آنجا که یک رویکرد سیستماتیک برای اندازه‌گیری و رسیدگی به سیاست‌های مختلف توسعه پایدار شهری چین حیاتی است (D. He, et al, 2013) یک روش جزء به کل جدید برای برآورد مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن حمل‌ونقل مسافر شهری براساس رفتارهای فردی ارائه داد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد تغییرات روش سفر حساس‌ترین سیاست است؛ ترویج حمل‌ونقل عمومی به کاهش ۲۱٪ ی انرژی بخش حمل‌ونقل کمک می‌کند. این مورد به‌طور همزمان با بهینه‌سازی شبکه راه‌ها و شکل شهر این سهم را دو برابر خواهد کرد. (Geng, et al, 2013) درک دقیق و جامعی از مفهوم استفاده از منافع مشترک در بخش حمل‌ونقل عمومی شهری چین فراهم کرد. نتایج مطالعه پیامدهای سیاست‌ها به‌منظور کاهش دی‌اکسیدکربن و آلودگی و همچنین در راستای سیاست‌های گسترده‌تر را فراهم می‌کند. هدف این مطالعه بررسی منافع مشترک انتخاب تاکسی و اتوبوس در چین و شناسایی فرصت کاهش دی‌اکسیدکربن و آلودگی هوای محلی با تحلیل تأثیر هزینه‌ها بیان شده است. تحت چنین شرایطی یک رویکرد تحلیل سناریو با توجه به واقعیت‌های محلی به کارگرفته شد؛ و ادعا می‌شود چنین رویکردی می‌تواند به‌صورت کمّی انتشار آلاینده‌های آینده تحت سیاست‌های مختلف خرید را از طریق شبیه‌سازی پیش‌بینی کند. در نتیجه ٤ سناریوی خرید طراحی شده‌اند : ۱) اتوبوس دیزلی ۲) CNG ۳)هیبریدی ٤) برقی. با این حال اتوبوس CNG بهترین انتخاب برای ناوگان اتوبوس و تاکسی‌رانی با توجه به سطح تکنولوژی فعلی، عنوان شده است. به دلیل فقدان اطلاعات واقعی انتشار آلاینده‌ها در شهر شنیانگ داده‌های مربوط به انتشار آلاینده‌های وسیله‌نقلیه مدل IVE به کار گرفته شده است که شامل وضعیت پکن در سال ۲۰۰٤ می‌باشد.

(Ren, et al, 2016) به شکاف ارزیابی تولید گازهای گلخانه‌ای حمل‌ونقل درون شهری و اثرات بهداشتی مربوط به $PM_{2.5}$ و همچنین ارزیابی امکان بهبود در بخش حمل‌ونقل مسافر با سوخت‌های فسیلی در دوره بلندمدت می‌پردازد. نکته مهم این است که ارتباط نزدیک تولید گازهای گلخانه‌ای با توسعه اقتصادی محلی شهر مورد

مطالعه به این معنی است که تعامل بین هر شهر در محدوده متراکم شهری عمدتاً براساس تعاملات اقتصادی است. به‌منظور کاهش و تعدیل آلاینده‌ها، سناریوهای مختلفی برای سیاست‌گذاری و اجرا به کار گرفته شد که در نهایت در سناریوی بهینه پیشنهاد شد ارتقاء خودروهای هیبریدی، استفاده از خودروهای الکتریکی و اتانولی می‌تواند منجر به آلودگی کمتر هوا شود.

(Vafa-Arani, et al, 2014) یک مدل سیستم دینامیک برای مقابله با مشکل آلودگی هوای شهر تهران شامل دو زیرسیستم ۱) حمل‌ونقل و ۲) صنعتی ارائه داد. زیرسیستم‌ها و متغیرها سازگار با شهر تهران در نظر گرفته شده است. این مطالعه ادعا می‌کند برای اولین بار یک مدل سیستم دینامیک برای بررسی مشکل آلودگی هوای شهر تهران از دیدگاه مدیریت شهری با در نظر گرفتن دو زیرسیستم ذکر شده ارائه شده است. چهار سیاست مورد بررسی در این مطالعه ساخت جاده، توسعه تکنولوژی در صنعت خودرو، اجرای برنامه‌های کنترل ترافیک و بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی است. در ابتدا تعامل دو زیرسیستم حمل‌ونقل و صنعتی در نظر گرفته می‌شود و سپس از سیستم دینامیک به‌عنوان یک رویکرد مدلسازی قدرتمند برای پوشش جنبه‌های بیشتری از مشکل آلودگی هوای شهر استفاده می‌شود. زیرسیستم حمل‌ونقل شامل حمل‌ونقل عمومی و شخصی در تهران با آلودگی هوا مرتبط است و زیرسیستم صنعتی با آلودگی ایجاد شده توسط کارخانه‌ها و آلودگی هوای مرتبط با مصرف انرژی، در نظر گرفته شده است؛ صنعت سوخت و خودرو به‌عنوان زیرسیستم صنعتی در نظر گرفته شدند زیرا آنها به‌صورت مستقیم از طریق کیفیت و قیمت سوخت و خودرو بر زیرسیستم حمل‌ونقل اثرگذارند. با توجه به نتایج شبیه‌سازی، بهبود تکنولوژی در صنعت خودرو و سوخت علاوه بر بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی سیاست بهتری برای اثرات بلندمدت پایدار بر کاهش آلودگی هوای تهران عنوان شده است.

(Binbin, et al, 2015) ذخیره انرژی و کاهش آلاینده‌های مسافر شهری را با استفاده از LEAP [1] مدل کرد. پکن را به‌عنوان یک نمونه به‌منظور کاهش مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌ها تحت چهار سناریو بررسی و احتمال کاهش آلاینده‌های هر سناریو را تخمین زد و پیامدهای آن‌ها را بررسی نمود.

با توجه به رشد شهرنشینی و موتوری شدن چین، آلودگی ناشی از حمل‌ونقل مسافر شهری افزایش یافته است. (Hao, et al, 2014) حجم آلودگی تولید شده را تخمین زد و سهم هریک از موارد تاکسی، دوچرخه، اتوبوس و... را مشخص کرد. در نهایت با استفاده از مدل GREET نتیجه گرفت که فاکتور اساسی آلودگی ناشی از حمل‌ونقل مسافر شهری (گاز گلخانه‌ای)، نرخ موتوری شدن و ساختار حمل‌ونقل است. با رشد سریع اقتصادی چین، حمل‌ونقل جاده‌ای بزرگترین مصرف کننده رو به رشد نفت و بنزین است. (K. He, et al, 2005) وضعیت فعلی و روند تقاضای نفت و بنزین و به دنبال آن انتشار دی‌اکسیدکربن را روشن ساخت و سیاست مناسب برای محدود کردن این رشد را کشف کرد. برای تخمین مصرف و همچنین پیش‌بینی آن از مدل جزء به کل استفاده کرد و برای یافتن اهمیت سیاست‌های محدود کننده سه سناریو با توجه به رشد اقتصادی سوخت وسایل موتوری به منظور پیش‌بینی سوخت و تولید آلاینده طراحی کرد و با تحلیل سناریوها پیشنهاد کرد چین باید سیاست رشد و توسعه اقتصادی سوخت را اجرا کند.

(Chiou, et al, 2009) یک مدل یکپارچه در ارتباط با مالکیت، نوع و نحوه استفاده از اتومبیل و موتورسیکلت ارائه داد و براساس برآورد و ارزیابی مدل غیرتجمعی پیشنهادی، کاهش مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای تحت راهبردهای مدیریتی مختلف طراحی شده برای کاهش مالکیت وسیله‌نقلیه، بیان کرد که افزایش ۱۰ تا ۳۰ درصدی قیمت گاز، بزرگترین اثر کاهش مصرف انرژی و تولید گاز گلخانه‌ای را در تایوان دارد. (Rentziou, et al, 2012) با استفاده از معادلات همزمان در پیش‌بینی مایل طی‌شده خودرو و با استفاده از داده‌های پانل در ٤٨ ایالت (نظیر آلاسکا و هاوایی) در طول سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۸ تاثیر فاکتورهای مختلف نظیر جمعیت، مالیات بر سوخت و... را بر مایل طی‌شده خودرو در ایالات متحده بررسی و بیان کرد اثر این عوامل در مایل طی‌شده خودرو و به تبع آن در کاهش مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن برای گروه‌های مختلف یکسان نیست و مایل طی‌شده خودرو نسبت به

تغییرات هزینه سوخت بی‌کشش است. (Mustapa and Bekhet, 2016) یک مدل بهینه‌سازی برای حمل‌ونقل جاده‌ای مالزی با رویکرد مینیمم‌سازی انتشار دی‌اکسیدکربن با در نظر گرفتن محدودیت‌های هزینه سوخت و تقاضای سفر تشکیل داد و با به کارگیری چندین سیاست نشان داد حذف یارانه سوخت، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن را تا حد زیادی کم و البته سیاست‌های ترکیبی بهترین نتیجه را حاصل می‌کند.

اگرچه حمل‌ونقل عمومی یکی از زیربخش‌های برنامه‌ریزی شهری است، دارای جنبه‌های متنوعی می‌باشد که تأثیرات محلی و محیطی گسترده‌ای دارد. بنابراین (Ercan, et al, 2016) رویکرد سیستم دینامیک را برای مدلسازی وشبیه‌سازی قابل اجرا و واقعی‌تر سناریوهای کاهش دی‌اکسیدکربن ایالات متحده به کار گرفت و با استفاده از داده‌های گذشته و اعتبارسنجی مدل، انتخاب مد مسافران هر روزه و احتمال کاهش دی‌اکسیدکربن تا سال ۲۰۵۰ را تحت چندین سناریو پیش‌بینی کرد. نتایج حاکی از آن بود که برای کاهش روند مصرف سوخت و انتشار دی‌اکسیدکربن باید دو سناریو تحت عنوان Marginal و Ambitious اجرا شود؛ مثلاً با افزایش ۹ درصدی سهم حمل‌ونقل عمومی ۷٦٦۰۰۰ تن انتشار دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد و با افزایش ۲۵ درصدی این سهم، ٦۱/۳ میلیون تن کاهش وجود دارد. (Sarabi, 2011) در مطالعه خود با توجه به عوامل اقتصادی اجتماعی مؤثر بر جامعه شهری ایران سناریوهای کنترل مصرف انرژی بخش حمل‌ونقل و علاوه‌براین رویکردهای جدیدی نظیر کاربرد وسیع سیستم حمل‌ونقل عمومی، مدیریت تقاضای بخش حمل‌ونقل، جایگزینی خودروهای فرسوده، بهبود کیفیت تولید خودرو و سوخت‌های جایگزین را تحلیل کرد.

(Ratanavaraha and Jomnonkwao, 2015) از پنج متغیر مستقل جمعیت، GDP و تعداد وسایل‌نقلیه ثبت شده در اندازه‌های بزرگ، متوسط و کوچک برای پیش‌بینی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن تایلند با استفاده از چهار رویکرد رگرسیون لگاریتم خطی، تحلیل مسیر، سری زمانی و برآورد منحنی استفاده کرد. نتایج حاکی از آن بود که تحلیل مسیر تأثیر قابل توجهی بر وسایل‌نقلیه ثبت شده در اندازه بزرگ، GDP، جمعیت و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن دارد.

(Yang, et al, 2009) ارزیابی کرد که چگونه ممکن است کالیفرنیا میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را از سطح آن در سال ۱۹۹۰ به میزان ۸۰ درصد تا سال ۲۰۵۰ کاهش دهد. به همین منظور با در نظر گرفتن کل بخش‌های حمل‌ونقل هوایی، ریلی، خودروهای سبک و سنگین و کشاورزی و خودروهای پارک شده کنار جاده از یک Kaya framework برای شناسایی و احتمال کاهش استفاده کرد. نتایج بیانگر این بود با وجود اینکه اهداف کاهش بسیار ایده‌آل‌گرایانه است اما با تغییر رفتار سفر، خودرو و سوخت بخش حمل‌ونقل، می‌توان به آن دست یافت. بیشتر سناریوها نشان داد که فناوری‌های پیشرفته خودرو و سوخت در کاهش تقاضای سفر که منجر به کاهش مصرف انرژی و اهداف توسعه‌ای موردنیاز می‌شود، مؤثر است.

(Rahman, et al, 2017) انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش حمل‌ونقل جاده‌ای در عربستان سعودی را بررسی کرد. مطالعه او به مسائل زیر می‌پردازد: ۱) تجزیه و تحلیل روند مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی ۲) پیش‌بینی مصرف انرژی با استفاده از روش هموارسازی نمایی دوگانه ۳) تخمین گازهای گلخانه‌ای ٤) عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای ٥) طرح‌هایی برای کاهش انتشار

عوامل مختلفی نظیر توسعه عوامل اجتماعی- اقتصادی، شکل شهر و حمل و نقل بر میزان انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل تاثیر مثبت دارند. افزایش درآمد و عوامل اقتصادی- اجتماعی فاکتورهای اصلی در انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از حمل و نقل هستند. همچنین حمل و نقل عمومی تأثیر قابل توجهی بر میزان انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن دارد، این در حالی است که تأثیر مالکیت خودرو قابل توجه نیست. همین امر نشان می دهد که ارائه حمل ونقل عمومی پیشرفته همراه با دفاع کردن از تغییر رفتار سفر راه های مهمی برای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن سرانه در بخش حمل‌ونقل می‌باشند. (Yang, W., Li, T. and Cao, X., 2015)

(Chen, W. and Lei, Y., 2017) نشان دادند که کاهش شدت انرژی و شدت حمل و نقل عوامل کلیدی در کنترل روند افزایشی انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل و نقل است. جمعیت به دلیل اینکه باعث افزایش تعداد وسایل نقلیه می‌شود تاثیر بسیار زیادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. با این حال جمعیت می تواند به صورت غیرمستقیم بر شدت

انرژی و شدت حمل و نقل به منظور کاهش کربن تاثیر بگذارد. علاوه براین وسایل نقلیه موتوری با افزایش تعداد خودروهای شخصی و به دلیل پایین بودن کیفیت سوخت آن‌ها انتشار دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهند. همچنین تغییر الگوی رشد اقتصادی به‌طور غیرمستقیم با کاهش شدت انرژی و شدت حمل‌ونقل باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. (Chukwu, et al, 2015) الگوی مصرف انرژی شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل در نیجریه را مورد بحث و بررسی قرار دادند. آن‌ها در مطالعه خود نشان دادند که بخش زیادی از مصرف انرژی در نیجریه مربوط به بخش حمل‌ونقل است و برای تغییر این روند راهکارهایی ارائه کردند که عبارتند از: استفاده از CNG به عنوان سوخت در بخش حمل‌ونقل، استفاده از bio-fuels و bio-diesel برای سوخت BRT، بهبود زیرساخت‌های بخش حمل‌ونقل و استفاده از وسایل نقلیه کارامد. (Hao, et al, 2015) با استفاده از یک روش جز به کل برخی راهکارهای ممکن به منظور کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش حمل‌ونقل را بررسی نمودند. آنها در راستای کاهش سراسری آلاینده‌ها در چین تمرکز بر بخش حمل‌ونقل کالا را برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، پیشنهاد کردند.

در این بخش سعی شد برخی مطالعات گذشته که با هدف کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها انجام گرفته است به تفصیل مورد بررسی قرار گیرد. جدول ۱ برخی از این مطالعات را از لحاظ روش‌شناسی و ویژگی‌های مورد مطالعه هر کدام مورد مقایسه قرار داده است.

۳-مقایسه رویکردهای حل مسأله

همان‌گونه که بیان شد بیشتر مطالعات مربوط به مسأله حفاظت از انرژی و انتشار آلاینده‌ها را می‌توان به سه نوع کل به جزء، جزء به کل و ترکیبی تقسیم کرد در کل روش ترکیبی مزایای روش‌های جزء به کل و کل به جزء را ترکیب می‌کند و عملکرد آن کامل‌تر است اما ساختار پیچیده‌تری دارد. بنابراین برای سیستم‌های پیچیده مناسب‌تر هستند با این حال در تحقیقات گذشته که از روش ترکیبی استفاده شده فرض بر این است که ساختار مصرف انرژی حمل‌ونقل شهری و انتشار آلاینده‌ها شناخته شده است بنابراین فرآیند پویای مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها را به‌صورت ضعیف منعکس می‌کند و مشکلاتی در انتقال مسائل ابتدایی مرتبط با رفتارهای نامشخص سیستم حمل‌ونقل دارد. سیستم حمل‌ونقل به‌طور معمول یک سیستم باز غول‌پیکر پیچیده است. در چنین سیستمی یک تغییر کوچک در یکی از فاکتورهای اجتماعی، اقتصادی یا زیست‌محیطی می‌تواند منجر به تغییرات عظیمی در سیستم حمل‌ونقل یا حفاظت انرژی و انتشار آلاینده‌ها شود (Liu, et al, 2015).

جدول ۱. مقایسه مطالعات

ردیف	روش‌شناسی / مطالعه	روش مورداستفاده				فاکتورهای موردنظر					
		کل به جزء	جزء به کل	ترکیبی	SD	جمعیت	اقتصاد	حمل‌ونقل شهری	حمل‌ونقل عمومی	حمل‌ونقل جاده‌ای	همه بخش‌های حمل‌ونقل
۱	(C. Wang et al., 2007)		✓				✓			✓	
۲	(Feng et al., 2013)				✓	✓	✓				✓
۳	(Ross Morrow et al., 2010)			✓			✓				✓
٤	(H. Wang et al., 2011)		✓			✓	✓	✓			

۵	(Cai et al., 2012)		✓					✓			✓
٦	(D. He et al., 2013)		✓			✓		✓			
۷	(Geng et al., 2013)		✓				✓	✓			
۸	(Ren et al., 2016)		✓	✓			✓	✓			
۹	(Vafa-Arani et al., 2014)			✓		✓		✓			✓
۱۰	(Binbin et al., 2015)		✓	✓			✓	✓			
۱۱	(Hao et al., 2014)		✓				✓	✓			
۱۲	(K. He et al., 2005)			✓			✓	✓		✓	
۱۳	(Chiou et al., 2009)			✓	✓		✓	✓		✓	
۱٤	(Rentziou et al., 2012)	✓		✓	✓	✓					
۱۵	(Liu, et al, 2015)			✓	✓	✓	✓				

بیشتر پژوهش‌های انجام شده در زیربخش‌های مختلفی انجام گرفته است و با توجه و تمرکز بر یک یا چند زیربخش حمل‌ونقل و با درنظر گرفتن پارامترهای مختلف سعی کرده‌اند راهکارهای متفاوتی را ارائه نمایند. همانطور که گفته شد سیستم حمل‌ونقل از فاکتورهای متفاوت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تأثیر می‌پذیرد. در میان این عوامل جمعیت به‌عنوان یک فاکتور اجتماعی و GDP سرانه به‌عنوان یک فاکتور اقتصادی بیشتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. مطالعاتی که از روش سیستم‌دینامیک استفاده کرده‌اند ادعا می‌کنند بهتر توانسته‌اند تعامل این فاکتورها با یکدیگر و با سیستم حمل‌ونقل را توصیف کنند.

٤-نتیجه‌گیری

پژوهش‌ها در حوزه کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های بخش حمل‌ونقل در سال‌های اخیر افزایش یافته است و این مسأله توسط پژوهشگران متعددی مورد بررسی قرار گرفته و توانسته است مفید و موثر واقع شود و اطلاعات بسیاری را در رابطه با موضوع ارائه دهد؛ با این حال به دلیل گسترده بودن موضوع، کمبود برخی مطالعات وجود دارد و همچنین پژوهش‌های مقایسه‌ای بسیار محدود بوده و بسیاری از پژوهشگران ترجیح داده‌اند به‌صورت مستقل از یکدیگر این موضوع را با رویکردهای متفاوت و در یک یا چند زیربخش انجام دهند. در این مطالعه سعی کردیم با بررسی رویکردهای مختلف حل مسأله و دسته‌بندی آن‌ها این امکان را فراهم آوریم تا خوانندگان با در نظر گرفتن اینکه هرکدام از مطالعات منجر به چه نتایجی شده‌اند آن‌ها را مورد مطالعه و مقایسه قرار دهند. این امر می‌تواند به پژوهشگران کمک نماید تا با توجه به ویژگی‌های سیستم حمل‌ونقل روش مناسبی را با توجه به مطالعه خود برگزینند و همچنین به دلیل عدم وجود یا محدودیت مطالعات داخلی، پیشنهاد می‌شود این زمینه مورد توجه پژوهشگران داخلی قرار گیرد تا از یک سو بتواند ادبیات منسجم و متراکمی در رابطه با این موضوع و در میان پژوهش‌های داخلی فراهم کند و از سوی دیگر به حل مسأله کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها در بخش حمل‌ونقل در ایران که همانند بسیاری از کشورهای در حال توسعه با این مسأله روبه‌رو است، کمک کند.

۵- پی‌نوشت‌ها

1-Long Energy Alternative Planning

٦-مراجع

-Binbin, P., Huibin, D., Shoufeng, M., Ying, F., & Broadstock., D. C., (2015), " Urban passenger transport energy saving and emission reduction potential: A case study for Tianjin", China.

-Cai, B., Yang, W. Cao, D. Liu, L. Zhou, Y. & Zhang, Z., (2012), "Estimates of China's national and regional transport sector

-Geng, Y., Ma, Z., Xue, B., Ren, W., Liu, Z., & Fujita, T., (2013), "Co-benefit evaluation for urban public transportation sector – a case of Shenyang", China. Journal of Cleaner Production, 58, pp.82-91. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.034.

-Hao, H., Geng, Y., Li, W. and Guo, B., (2015), "Energy consumption and GHG emissions from China's freight transport sector: scenarios through 2050". Energy Policy, 85, pp.94-101.

-Hao, H., Geng, Y., Wang, H., & Ouyang, M., (2014), "Regional disparity of urban passenger transport associated GHG (greenhouse gas) emissions in China: A review". Energy, 68, pp.783-793. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.01.008.

-He, D., Liu, H. He, K. Meng, F. Jiang, Y. Wang, M. & Wang, Q., (2013), "Energy use of and CO_2 emissions from China's urban passenger transportation sector–Carbon mitigation scenarios upon the transportation mode choices". Transportation Research Part A: Policy and Practice, 53, pp.53-67.

-He, K., Huo, H. Zhang, Q. He, D. An, F. Wang, M. & Walsh, M. P. (2005), "Oil consumption and CO_2 emissions in China's road transport: current status", future trends, and policy implications. Energy policy, 33(12), pp.1499-1507.

-Hickman, R., Ashiru, O., & Banister, D., (2010), "Transport and climate change: Simulating the options for carbon reduction in London. Transport Policy, 17(2), pp.110-125. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.12.002.

-Liu, X. Ma, S. Tian, J. Jia, N. & Li, G., (2015), "A system dynamics approach to scenario analysis for urban passenger transport energy consumption and CO_2 emissions: A case study of Beijing". Energy Policy, 85, pp.253-270.

دی‌اکسیدکربن emissions in 2007". Energy Policy, 41, pp.474-483. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.008.

-Chen, W. and Lei, Y., (2017), "Path analysis of factors in energy-related CO_2 emissions from Beijing's transportation sector". Transportation Research Part D, Transport and Environment, 50, pp.473-487.

-Chiou, Y. C. Wen, C. H. Tsai, S. H. & Wang, W. Y., (2009), "Integrated modeling of car/motorcycle ownership, type and usage for estimating energy consumption and emissions". Transportation Research Part A, Policy and Practice, 43(7), pp.665-684. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2009.06.002.

-Chukwu, P.U. Isa, A.H. Ojosu, J.O. and Olayande, J.S., (2015), "Energy Consumption in Transport Sector in Nigeria: Current situation and ways forward". Energy, 5(1).

-Cortés, C.E. Vargas, L.S. Corvalán, R.M., (2008), "A simulation platform for computing energy consumption and emissions in transportation networks". Trans. Res. Part D 13, pp.413–427.

-Ercan, T. Onat, N. C. & Tatari, O., (2016),."Investigating carbon footprint reduction potential of public transportation in United States: A system dynamics approach". Journal of Cleaner Production, 133, pp.1260-1276. doi:http://dx.doi.org/1.1016/j.jclepro.2016.06.051.

-Feng, Y. Y. Chen, S. Q. & Zhang, L. X., (2013), "System dynamics modeling for urban energy consumption and CO_2 emissions: A case study of Beijing, China". Ecological Modeling, 252, pp.44-52. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.09.008.

-Ren, W. Xue, B., Geng, Y. Lu, C. Zhang, Y. Zhang, L. Hao, H., (2016), "Inter-city passenger transport in larger urban agglomeration area: emissions and health impacts". Journal of Cleaner Production, 114, pp.412-419. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.102.

-Rentziou, A. Gkritza, K. & Souleyrette, R. R., (2012), "VMT, energy consumption ,and GHG emissions forecasting for passenger transportation". Transportation Research Part A: Policy and Practice, 46(3), pp.487-500. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2011.11.009.

-Rentziou, A., Gkritza, K., & Souleyrette, R. R. (2012), "VMT, energy consumption ,and GHG emissions forecasting for passenger transportation". Transportation Research Part A: Policy and Practice, 46(3), pp.487-500. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2011.11.009.

-Ross Morrow, W. Gallagher, K. S. Collantes, G. & Lee, H., (2010), "Analysis of policies to reduce oil consumption and greenhouse-gas emissions from the US transportation sector". Energy Policy, 38(3), pp.1305-1320. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.006.

-Sarabi, E. R., (2011), "An analysis to energy consumption rate in road transportation sector of Iran and introduction policies of fuel consumption management in recent years". Procedia Engineering, 21, pp.989-996. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2104.

-Schafer. A. & Jacoby., H. D., (2005), "Technology detail in a multi sector CGE model: transport under climate policy". doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.06.007.

-Messner, S. & Schrattenholzer, L., (2000), "MESSAGE–MACRO: linking an energy supply model with a macroeconomic module and solving it iteratively". Energy, 25(3), pp.267-282. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0360-5442(99)00063-8.

-Mustapa, Siti I. & Bekhet, Hussain A., (2016), "Analysis of CO_2 emissions reduction in the Malaysian transportation sector: An optimisation approach. Energy Policy", No. 89, pp.171-183. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.016.

-Nakata., T., (2004), "Energy-economic models and the environment".

-Pressley, P. N., Aziz, T. N., DeCarolis, J. F., Barlaz, M. A., He, F., Li, F., & Damgaard, A. (2014), "Municipal solid waste conversion to transportation fuels: a life-cycle estimation of global warming potential and energy consumption. Journal of Cleaner Production, 70, pp.145-153. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.041.

-Rahman, S. M., Khondaker, A. N., Hasan, M. A., & Reza, I., (2017)," Greenhouse gas emissions from road transportation in Saudi Arabia - a challenging frontier". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69, pp.812-821. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.047.

-Ratanavaraha, V. & Jomnonkwao, S., (2015), "Trends in Thailand CO2 emissions in the transportation sector and Policy Mitigation". Transport Policy, 41, pp.136-146. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.01.007.

-Small., K. A., (2012), "Energy policies for passenger motor vehicles".

-Vafa-Arani, H., Jahani, S., Dashti, H., Heydari, J., & Moazen, S. (2014), "A system dynamics modeling for urban air pollution: A case study of Tehran, Iran". Transportation Research Part D: Transport and Environment, 31, pp.21-36. doi:.http://dx.doi.org/10.10/16j.trd.2014.05.016.

-Wang, C., Cai, W., Lu, X., & Chen, J. (2007), "CO2 mitigation scenarios in China's road transport sector". Energy Conversion and Management, 48(7), pp.2110-2118. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2006.12.022.

-Wang, H., Fu, L., & Bi, J. (2011), "CO2 and pollutant emissions from passenger cars in China". Energy Policy, 39(5), 3005-3011. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.013.

-Yang, C. McCollum, D. McCarthy, R. & Leighty, W. (2009), "Meeting an 80% reduction in greenhouse gas emissions from transportation by 2050: A case study in California". Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14(3), pp.147-156. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2008.11.010.

-Yang, W. Li, T. and Cao, X., (2015), "Examining the impacts of socio-economic factors, urban form and transportation development on CO_2 emissions from transportation in China: A panel data analysis of China's provinces". Habitat International, 49, pp.212-220.