

# بررسی طرح‌های در حال اجرا و طراحی حمل و نقل ریلی در ایران از دیدگاه انتشار گازهای گلخانه‌ای

حمیدرضا کمالان، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران  
علی ولایی، دانش آموخته کارشناسی، اداره کل فنی و بررسی طرح‌های ساخت و توسعه راه آهن، بنادر و فرودگاه‌ها، شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران  
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [hkamalan@pardisiau.ac.ir](mailto:hkamalan@pardisiau.ac.ir)  
دریافت: 95/12/18 - پذیرش: 96/05/17

## چکیده

مصرف انرژی ناشی از سوخت فسیلی عامل مهم تولید گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. از آنجاکه حمل و نقل یکی از بزرگترین مصرف‌کننده‌های انرژی در کشور می‌باشد، بررسی میزان مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای برای برنامه‌ریزی کاهش انتشار آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. با عنایت به جایگاه حمل و نقل ریلی در برنامه‌ریزی های حمل و نقل، هدف این پژوهش بررسی میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در اثر اجرای طرح‌های ریلی در ایران با استفاده از دو روش چهارچوب فعالیت-سهم-میزان-سوخت و UNFCCC؛ در دو سناریو اجرا و بهره‌برداری بیست ساله از طرح‌های در دست انجام ریلی (34 مورد) و عدم اجرای آن بوده است. نتایج حاصل از این پژوهش کاهش انتشار بسیار محسوس از این طریق بوده است که انتشار حدود 44 میلیارد تن معادل دی‌اکسید کربن ناشی از حمل و نقل جاده‌ای در سناریوی دوم را به حداقل نصف در سناریوی اول تقلیل می‌دهد. همچنین کاربرد روشهای یاد شده تنها 4٪ تفاوت در نتایج را نشان می‌دهند که موید نتایج مطلوب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل، ریلی، جاده‌ای، انتشار، گاز گلخانه‌ای

## 1- مقدمه

معضلات اجتماعی و زیست‌محیطی نیز از دیگر جنبه‌های مصرف سوخت به صورت روزافزون می‌باشد (Zegras, 2007). همانگونه که در شکل 1 نشان داده شده است در ایران، حمل و نقل با مصرف حدود یک چهارم از انرژی کشور، پس از مصرف انرژی خانگی سهم دوم را در مصرف انرژی دارد (وکیلی و همکاران، 1392). از جمله معضلات زیست محیطی علاوه بر انتشار آلاینده‌های محیطی و تخریب محیط زیست از طریق پاک‌تراشی زمین، می‌توان به انتشار گازهای گلخانه‌ای و در پی آن تغییرات آب و هوایی اشاره داشت. روشهای مختلفی برای کاهش معضلات زیست محیطی حمل و نقل از جمله افزایش راندمان موتورها، کاهش زمان سفر از طریق احداث مسیرهای جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی مناسبتر، مدیریت تقاضای سفر و ... انجام شده است که هر یک ضمن کاهش

حمل و نقل بزرگترین منبع تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیتهای بشر می‌باشد که تغییرات آب و هوایی را در بر دارد. این بخش، حدود یک چهارم دی‌اکسید کربن منتشره ناشی از مصرف انرژی را منتشر می‌کند (Price et al., 2006). از طرف دیگر بخش حمل و نقل از ارکان اصلی و فعالیتهای عمده هر اجتماع می‌باشد و تأثیرات فراوانی بر دیگر بخشهای اقتصادی، تجاری، نظامی، فرهنگی و اجتماعی دارد (ولایی، 86) بنابراین رشد و توسعه حمل و نقل اجتناب ناپذیر است. این دو موضوع اهمیت بررسی ارتباط حمل و نقل و انتشار گازهای گلخانه‌ای را دوچندان می‌کند. صنعت حمل و نقل یکی از صنایع مصرف‌کننده انرژی است. که عمده آن را سوخت فسیلی تامین می‌کند که نه تنها نگرانی جوامع را در خصوص سوخته‌های فسیلی در بر دارد، بلکه

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، می‌تواند در سازوکار توسعه پاک موثر باشد.

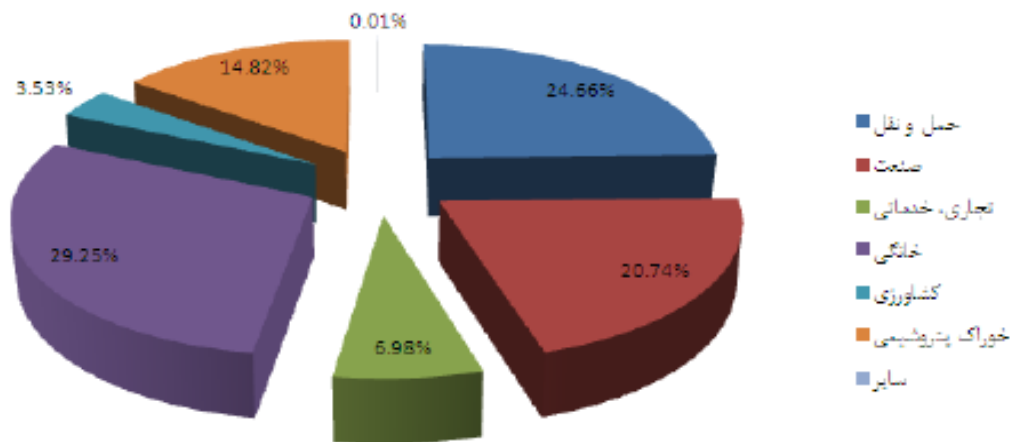
در فوریه 2005 سازوکار توسعه پاک در قالب چهارچوب کنوانسیون تغییرات آب و هوایی بین کشورهای متعهد اجرایی گردید. در این سازوکار کشورهای مندرج در ضمیمه 1 (کشورهای صنعتی) با سرمایه‌گذاری در پروژه‌هایی که منجر به کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای مندرج در ضمیمه 2 (کشورهای در حال توسعه) می‌شوند، گواهی کاهش انتشار (CER) در یافت نموده و کشور میزبان مالکیت پروژه را بر عهده داشته و در مسیر توسعه پایدار سریعتر گام برخواهد داشت (Aunan et al., 2004).

یک پروژه سازوکار توسعه پاک شامل دو مرحله اصلی (1) تدوین سند پروژه، و (2) اجرای پروژه می‌باشد. که در مرحله تدوین پروژه، سند ایده اولیه پروژه و موافقتنامه بین شرکا مشتمل بر مطالعات امکانسنجی اولیه و برآورد هزینه‌های کاهش تهیه می‌شود. سپس سند پروژه به استناد مطالعه امکانسنجی تفصیلی، تدوین و تعیین سناریوی انتشار پایه، میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از پروژه (نقش افزوده)، تدوین و تعیین متدولوژی و برنامه‌پایش پروژه در حین اجراء و تجهیزات مورد نیاز برای پایش پروژه؛ تدوین گردیده و سپس توسط مرجع صلاحیتدار ملی پروژه‌های سازوکار توسعه پاک تصویب خواهد شد. پس از آن، سند پروژه را نهادهای صلاحیتدار عملیاتی بررسی و تأیید نموده و در نهایت به هیئت اجرایی پروژه‌های سازوکار توسعه پاک جهت ثبت ارسال می‌گردد.

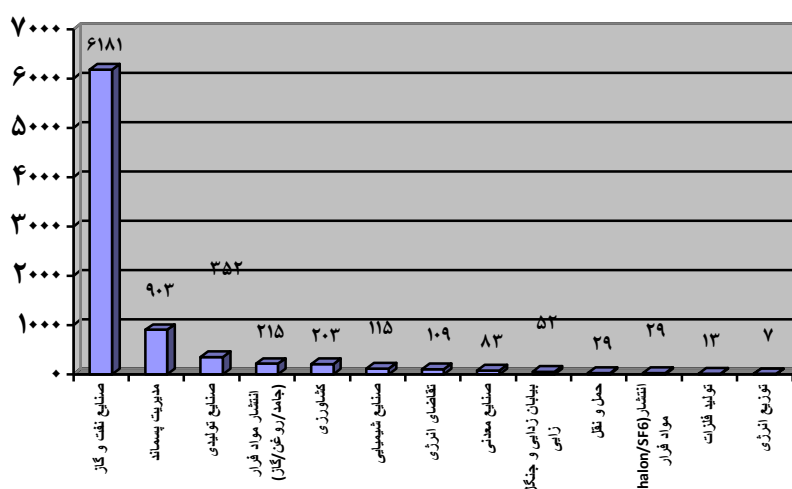
با دریافت نامه ثبت پروژه مراحل اجرایی پروژه براساس وظایف محوله در موافقت‌نامه همکاری آغاز می‌گردد. در این مرحله بایستی اندازه‌گیری‌های لازم جهت تهیه گزارشات پایش کاهش انتشار براساس برنامه پایش مذکور در سند پروژه توسط مجریان پروژه صورت گیرد. گزارش پایش پروژه توسط یکی از نهادهای صلاحیتدار عملیاتی (DOE) مورد بررسی قرار می‌گیرد تا میزان کاهش انتشار ناشی از اجرای پروژه مشخص گردد.

بدین صورت کاهش انتشار تأیید شده سپس مجوز کاهش انتشار از طریق هیأت اجرایی (EB) برحسب نوع توافقات مذکور در موافقت‌نامه همکاری به نام شرکت‌های درگیر در پروژه صادر می‌گردد. گفتنی است که طول اجرای پروژه هفت یا ده سال می‌باشد که تا 21 سال قابل تمدید است (UNFCCC, 2013a).

همانگونه که در شکل 2 نمایش داده شده است تا نوامبر 2013، بخش بسیار بزرگی از 7400 پروژه ثبت شده در مکانیسم سازوکار توسعه پاک، به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع (حدود 74٪)، و مدیریت پسماند (حدود 10٪) است. در حالی که بخش حمل و نقل سهم بسیار اندک 0/3 درصدی را به خود اختصاص داده است (UNFCCC, 2013b).



شکل 1. سهم هر یک از بخش‌های کشور از مصرف انرژی



شکل 2. تعداد پروژه‌های ثبت شده مکانیسم توسعه پاک بر حسب نوع

نقل (به ویژه حمل و نقل زمینی) به شمار می آید (وکیلی و همکاران، 1392).

یکی از مهمترین ویژگیهای حمل و نقل ریلی مصرف کمتر سوخت در مقایسه حمل برابر بار و مسافر نسبت به جاده و سایر شقوق حمل و نقل است. هم اکنون بخش حمل و نقل ریلی علی رغم سهم 16 درصدی از حمل و نقل بار و مسافر در کشور، تنها 2 درصد مصرف گازوئیل را به خود اختصاص می دهد. آمار بانک جهانی حاکی از آن است که میزان مصرف سوخت در راه آهن برای حمل بار بالغ بر 6/7 لیتر و در حمل و نقل جاده ای شاخص مزبور برابر 33 لیتر می باشد.

در استفاده از راه آهن به عنوان گزینه حمل و نقل، کاهش تقاضای سوخت و گازهای گلخانه ای از یک سو؛ تصرف و تخریب زمین کمتر با ظرفیت ثابت حمل نسبت به دیگر سیستم های حمل و نقل زمینی نیز برتری نسبی دیگر راه آهن در پروژه های سازوکار توسعه پاک را نشان می دهد.

دو عامل ذکر شده به همراه ایمنی بالا و تصادفات کمتر، استهلاک کمتر و هزینه های تعمیر و نگهداری کمتر نسبت به دیگر شقوق حمل و نقل سبب شده تا از این سیستم به عنوان حمل و نقل سبز یاد شود (ولایی، 86).

لذا هدف اصلی این پژوهش بررسی میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از برنامه های حمل و نقل ریلی در ایران می باشد. در این پژوهش، اطلاعات پایه نقش به سزایی را ایفا می نمایند. لذا اهتمام مطالعه حاضر بر دقت سنجی اطلاعات

پروژه های سازوکار توسعه پاک برای سیستم های حمل و نقل را می توان در ساخت، استفاده، تغییر و بهینه کردن سیستم های موجود یا سیستم های جدید تعریف نمود.

در همین راستا لازم به توضیح است که مطالعات ارزیابی زیست محیطی طرح های حمل و نقل علاوه بر جمع آوری اطلاعات محیطی و تعریف عملکردهایی در جهت دهمی پروژه به سمت و در راستای توسعه پایدار، اطلاعات زیادی در تعیین و مقایسه سیستم های حمل و نقل از لحاظ تاثیر بر غلظت گازهای گلخانه ای می تواند ارائه دهد.

از طرفی میزان مصرف انرژی در زیر بخش های حمل و نقل، ازجمله مهم ترین و موثر ترین عواملی است که طی سالهای اخیر و به ویژه با بروز بحران های پیاپی انرژی مورد توجه سیاست گزاران اقتصادی جهان قرار گرفته است. در کشور های در حال توسعه نیز توجه به میانگین مصرف انرژی در زیر ساخت های صنعت حمل و نقل سهم قابل ملاحظه ای در تعیین سیاست های توسعه ساختارهای اقتصادی دارد.

عامل مهم در تولید انرژی در بخش حمل و نقل استوار بر سوخت های فسیلی است که عامل اصلی در ارتباط با انتشار گازهای گلخانه ای محسوب می شود. روند رشد مصرف سوخت های فسیلی در بخش حمل و نقل در ایران، طی 15 سال گذشته حدود 100 درصد بوده است. که در این میان مصرف گازوئیل و بنزین به عنوان اصلی ترین سوخت بخش حمل و

پایه موجود در گزارشات ارزیابی زیست محیطی پروژه‌های ریلی در ایران و محاسبه میزان کاهش گازهای گلخانه‌ای ناشی از اجرای پروژه‌های هدف با تاکید بر روشهای مورد پذیرش در چهارچوب کنوانسیون تغییرات آب و هوایی و سازوکار توسعه پاک می‌باشد.

## 2- روش‌ها

### 2-1- چهارچوب فعالیت-سهم-نرخ مصرف-نرخ انتشار

این چهارچوب درک بسیار مناسب و جامعی را در سهم هر جزء از ساختار حمل و نقل ایجاد می‌نماید ( Schipper et al., 2000). مصرف انرژی در حمل و نقل به چهار عامل اصلی بستگی دارد (Zegras, 2007):

شاخص "فعالیت" سفر در کیلومتر است که ناشی از تعداد سفر و طول میسر است. از جمله عوامل تاثیر گذار بر فعالیت می‌توان به ساختار جامعه نظیر درصد توزیع جنسیت و سن، درآمد (تنوع سفر و طول آن ارتباط مستقیم با درآمد دارد) (Schafer, 2000)، ترکیب اقتصاد (Cameron et al., 2003)؛ برشمرد.

شاخص "سهم" بر مصرف انرژی حمل و نقل و انتشار آلاینده‌های در انواع مختلف روشهای حمل و نقل تاثیر دارد.

به عنوان مثال، حمل و نقل الکتریکی به طور مستقیم تولید آلاینده نمی‌نماید. عوامل بسیار زیادی در این شاخص نقش خواهند داشت. به عنوان مثال، درآمد بر ارزش زمان مردم بسیار تاثیر گذار می‌باشد. لذا سرعت سفر، راحتی و خصوصی بودن سفر از جمله تقاضاهای ایجاد شده خواهد بود. درآمد بر نوع وسیله حمل و نقل و مالکیت نیز موثر است (Rajamani et al., 2003).

عوامل متعددی نظیر نوع موتور، فن آوری و سن وسیله حمل و نقل بر شاخص "نرخ مصرف" تاثیر می‌گذارند. همچنین نوع "نرخ انتشار" مستقیماً بر نوع میزان و نوع انتشار گازهای گلخانه‌ای تاثیر می‌گذارد. به عنوان مثال گازوییل گازهای گلخانه‌ای متفاوتی از گاز طبیعی منتشر می‌نماید.

$$E = A * S * I * F \quad (1)$$

که در آن:

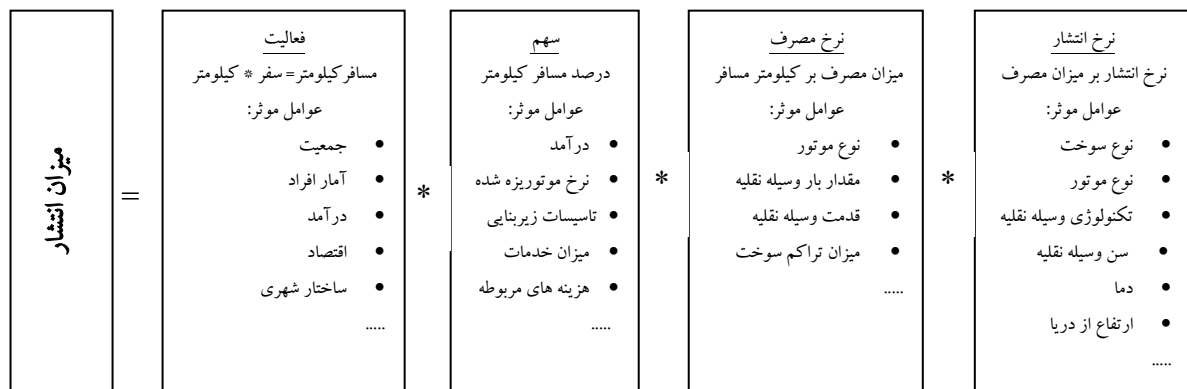
$E$ : انتشار آلاینده بر حسب کیلوگرم

$A$ : فعالیت بر حسب مسافر (تن) کیلومتر

$S$ : سهم بر حسب درصد سهم از مسافر (تن)-کیلومتر

$I$ : نرخ مصرف بر حسب میزان مترمکعب سوخت بر کیلومتر-مسافر (تن)

$F$ : نرخ انتشار بر حسب کیلوگرم آلاینده بر مترمکعب سوخت



شکل 3. روش محاسبه میزان انتشار در چهارچوب فعالیت-سهم-میزان-سوخت

بر اساس دفترچه راهنمای پتل بین المللی تغییرات هوایی در خصوص تهیه فهرست انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح ملی (IPCC, 2006)، لوکوموتیوهای بکار گرفته شده در راه آهن به سه دسته تقسیم بندی می‌گردند: دیزلی، برقی و بخاری.

### 2-2- تعیین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حمل و نقل

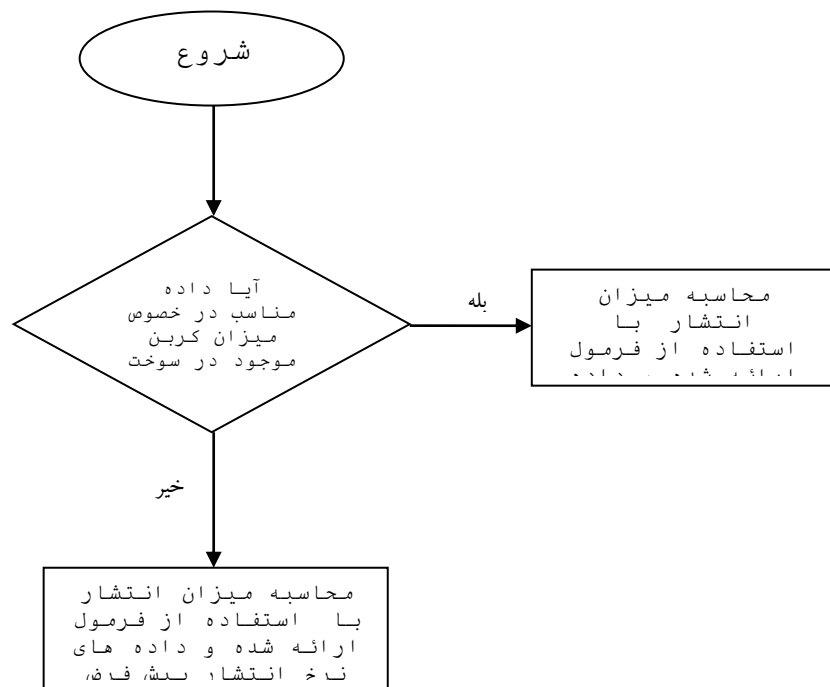
با استفاده از روشهای مورد تایید UNFCCC

### 2-2-1- حمل و نقل ریلی

موتوری دیزلی با توان خروجی 400 تا 4000 کیلووات می-باشند (EEA, 2002).

پنل بین المللی تغییرات هوایی برای تخمین میزان انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) ناشی از حمل و نقل ریلی الگوریتم زیر را با کمی تغییر پیشنهاد می‌دهد. توجه شود که انتشار غیر مستقیم گازهای گلخانه‌ای نظیر مونوکسید کربن، مواد آلی فرار، دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق و اکسیدهای نیتروژن در این خصوص صرف‌نظر شده است.

لوکوموتیوهای دیزلی نیز عمدتاً به سه گروه دسته بندی می‌شوند: (1) لوکوموتیوهای مانوری<sup>1</sup> که به موتورهای دیزل با توان خروجی 200 تا 2000 کیلووات مجهزند. (2) لوکوموتیوهای درزین<sup>2</sup> عمدتاً برای عبور و مرورها در مسیرهای کوتاه به کار می‌روند. به عنوان مثال می‌توان به ترافیک های شهری و اطراف شهر اشاره داشت. این نوع لوکوموتیوها به موتورهای دیزلی با توان خروجی 150 تا 1000 کیلووات مجهز شده‌اند. (3) لوکوموتیوهای معمولی<sup>3</sup> برای انتقال مسافر و بار در مسیرهای طولانی به کار گرفته می‌شوند که دارای



شکل 4. درخت تصمیم گیری برای تخمین میزان انتشار دی اکسید کربن ناشی از حمل و نقل ریلی

مشابهی در تخمین میزان گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل و نقل جاده‌ای دارد.

$$E = \sum (Feulj * EFj)$$

(2)

که در آن:

$E$ : میزان انتشار بر حسب کیلومتر

$Feulj$ : مصرف سوخت نوع  $j$  بر حسب تراژول

$EFj$ : نرخ انتشار سوخت از نوع  $j$  بر حسب کیلوگرم بر تراژول

## 2-3- بررسی حمل و نقل زمینی در انتشار

### گازهای گلخانه‌ای

#### 2-3-1- انتشار گازهای گلخانه‌ای در مرحله ساخت

کارکرد ماشین آلات راه سازی در مرحله ساخت، موجب آلودگی زیست محیطی و به ویژه انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. میزان تاثیرگذاری و تولید گازهای گلخانه‌ای که متناسب با میزان کارکرد ماشین‌های ساخت زیرسازی راه آهن می‌باشد را

#### 2-2-2- حمل و نقل جاده‌ای

پنل بین المللی تغییرات هوایی در راهنمای تهیه فهرست انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح ملی (2006)، روش کاملاً

گلخانه‌ای می باشد. در این میان مجدداً توضیح داده میشود ساخت راه آهن در ظرفیت ثابت نسبت به ساخت دیگر سیستم‌های حمل و نقل زمینی از تصرف باند کمتری در حدود دو بار کمتر استفاده خواهد کرد (یونسکو، 1373). مضاف بر این موضوع که راه آهن توسعه جانبی را به علت توقف قطار تنها در ایستگاه‌ها نخواهد داشت که خود می تواند به عنوان عاملی در جهت کاهش مساحت زمین در تعویض کاربری اراضی و در نتیجه کاهش آهنگ تولید این گازها باشد.

جدول 2. ذخیره گاه کربن در پوشش گیاهی و خاک تا عمق یک متر (IPCC, 2000)

منطقه	مساحت (میلیارد هکتار)	پوشش گیاهی	خاک	مجموع
جنگلهای استوایی	1/76	212	216	428
جنگلهای معتدل	1/04	59	100	159
جنگلهای شمالی	1/37	88	471	559
ساوان استوایی	2/25	66	264	330
چمنزار معتدل	1/25	9	295	304
بیابان و نیمه بیابان	4/55	8	191	199
توندرا	0/95	6	121	127
تالاب	0/35	15	225	240
مزرعه	1/60	3	128	131
<b>مجموع</b>	<b>15/12</b>	<b>466</b>	<b>2011</b>	<b>2477</b>

### 2-3-3- انتشار گازهای گلخانه‌ای در مرحله بهره‌برداری از

#### سیستم حمل و نقل جاده‌ای

همانطور که در بخش پیشین ذکر شد، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به چهار عامل فعالیت، سهم، نرخ مصرف و نرخ انتشار دارد. برای مقایسه سیستم حمل و نقل جاده‌ای و ریلی کفایت که در دوسناریو محاسبات انجام گردد: (1) سناریو اول: سیستم حمل و نقل ریلی با سهم 100٪، (2) سناریو دوم:

می توان با مقدار عملیات خاکی و فاصله حمل متوسط آنها تخمین زد. لازم به ذکر است عملیات اجرای زیرسازی راه آهن در ظرفیت ثابت نسبت به ساخت دیگر سیستم‌های حمل و نقل زمینی در حدود 2/5 بار کمتر آلودگی تولید می نماید (یونسکو، 1373) و (Steenbrink, 1974).

جدول زیر میزان انتشار آلاینده‌ها را در دو کشور آلمان و ایران نشان می دهد. شایان ذکر است افزایش 30 درصدی این مقادیر در ایران به لحاظ تفاوت استفاده در تکنولوژی ساخت و فرسوده بودن تجهیزات نسبت به کشور آلمان مفروض است.

جدول 1. میزان انتشار آلاینده ها برای هر تن کیلومتر بار حمل شده در کشور آلمان و تخمین آن در ایران (آزما، 85)

نوع آلاینده	واحد	آلمان	برآورد ایران
دی اکسید کربن	کیلوگرم	0/22	0/29
اکسیدهای ازت	گرم	3/6	4/7
منوکسید کربن	گرم	1/58	2/05
هیدروکربورها	گرم	0/81	1/06
دی اکسید گوگرد	گرم	0/23	0/3

با توجه به این مهم که میزان خاکریزی و خاک برداری و همچنین فاصله متوسط منابع قرضه و دیو را می توان از گزارشات توجیه فنی-اقتصادی-زیست محیطی طرح‌های راه آهن و جاده‌ای استخراج نمود. مقایسه میزان کاهش تقریباً دو و نیم برابری انتشار گازهای گلخانه‌ای در ساخت پروژه‌های ریلی کاملاً مشهود است. اما با توجه به اینکه روش‌شناسی خاصی برای این نوع کاهش انتشار در UNFCCC درج نگردیده است، در این پژوهش از آن صرف‌نظر گردیده است. توجه شود که این صرف‌نظر کردن در جهت محافظه کارانه بوده و قطعاً سیستم حمل و نقل ریلی در میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای سهم به سزاتری خواهد داشت.

### 2-3-2- تاثیر ساخت سیستمهای حمل و نقل زمینی بر

#### کاهش منابع مصرف گازهای گلخانه ای

استفاده از زمین برای ساخت سیستمهای حمل و نقل زمینی و پاکتاشی زمین در محل احداث باعث کاهش زمین های سبز و تغییر کاربری و در نتیجه کاهش منابع مصرف گازهای

از طرفی به ازای هر لیتر گازوییل 0/037 گیگاژول انرژی آزاد می‌گردد. این اطلاعات برای استفاده از روش UNFCCC مورد نیاز است.

جدول 5. مشخصات آلاینده‌های قطار عادی

PM10	SO2	NOx	CO	CO2	
254	342	325	403	73326	ضرایب انتشار آلاینده‌های گازوئیل (گرم بر گیگا ژول انرژی)

همانطور که از جداول فوق مشخص است، میزان انتشار متان و اکسیدهای ازت به نسبت انتشار CO<sub>2</sub> ناچیز و قابل صرف نظر کردن است. بدین لحاظ از محاسبه و مقایسه انتشار متان و اکسیدهای ازت در دو سناریو یاد شده، صرف نظر می‌گردد.

#### 4- نتایج

##### 4-1- فعالیت سیستم حمل و نقل ریلی در حال

##### برنامه ریزی

با بررسی بیش از سی طرح ریلی در دست طراحی، اجرا و بهره‌برداری نظیر: قزوین - رشت - بندر انزلی، تهران - همدان، سمنگان - کرمانشاه، انشعاب همدان - جوکار، مراغه - ارومیه، میانه - تبریز "خواف (شمتیغ) - هرات، (بخش داخل ایران)"، گرگان - اینچه برون، میانه - اردبیل، همدان - سنندج، سریع السیر تهران - قم - اصفهان، رشت - آستارا، خط دوم تهران - میانه، اتصال اسفراین به محور تهران - مشهد، اتصال سبزوار به محور تهران - مشهد، شهرکرد به شبکه، اتصال ایلام به غرب کشور، اتصال یاسوج به شبکه، شیراز - بوشهر - عسلویه، کرمانشاه - خسروی، یزد - اقلید، چابهار ایرانشهر - زاهدان، اتصال خلیل آباد و کاشمر به محور بافق - مشهد (میانبر ریلی بافق - مشهد به تهران - مشهد)، اراک - خمین - گلپایگان - میمه (اصفهان - اراک)، دوغارون به شبکه، گلگهر - شیراز و آنتنی - داراب، گرگان - بجنورد - مشهد، درود - خرم آباد - اندیمشک، شیراز - جهرم - لار - بندر عباس، اصفهان - ازنا، محور بجنورد - اسفراین، اتصال راه آهن شمالغرب به محور همدان - سنندج از مسیر بیجار، اتصال سراب به شبکه، رودهن

سیستم حمل و نقل جاده‌ای با سهمی برابر 90٪ فعالیت سیستم حمل و نقل ریلی. زیرا فرض می‌شود که ایجاد راه‌آهن حدود 10٪ ظرفیت القایی تولید نماید. با مقایسه محاسبات انجام پذیرفته در این دو سناریو، میزان کاهش یا افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در دو سیستم حمل و نقل زمینی مشخص خواهد شد. نرخ مصرف و انتشار برای هر سناریو بر اساس روشهای یاد شده را می‌توان از جداول زیر مشخص نمود.

جدول 3. نرخ مصرف

ریل	جاده				مصرف سوخت سیستم حمل و نقل به ازاء:
	سواری	اتوبوس	مینی بوس	کامیون	
هر نفر - کیلومتر به میلی لیتر	30	15	18	-	12
هر تن - کیلومتر به میلی لیتر	-	-	-	25	6

##### جدول 4. نرخ انتشار گازها و ذرات خروجی در موتورهای دیزلی

بر حسب کیلوگرم در ازای مصرف 3785 لیتر سوخت

نوع آلاینده	دیزلی
CO <sub>2</sub>	10377
CO	27
HC	61/2
NO <sub>x</sub>	100
SO <sub>x</sub>	18
ذرات معلق	50

همانطور که در جدول فوق مشخص است، ارقام مربوط به میزان انتشار ترکیب حاصلضرب نرخ مصرف و نرخ انتشار در چهارچوب فعالیت سهم - نرخ مصرف - نرخ انتشار می‌باشد. توجه شود که میزان میانگین مصرف سوخت در شرایط حاضر برای شبکه ریلی کشور با توجه به مطالعات انجام شده، برای هر نفر کیلومتر مسافر معادل 12/28 سانتیمتر مکعب و برای هر تن کیلومتر بار معادل 6/14 سانتیمتر مکعب گازوئیل می‌باشد (آزما، 85) (متر، 85).

- لاریجان- آمل، بم- جیرفت؛ میزان فعالیت بر اساس جدول 6 مشخص شده است.

سناریو دوم نود درصد این فعالیت از حمل و نقل جاده ای استفاده خواهند نمود.

جدول 6. میزان فعالیت بیست سال اول بهره‌برداری طرح‌های ریلی

فعالیت مسافری (میلیارد نفر-کیلومتر)	فعالیت باری (میلیارد تن-کیلومتر)
268/89	558/00

با عنایت به جدول فوق می‌توان گفت که در مجموع بهره‌برداری بیست ساله از برنامه‌های حمل و نقل ریلی، 268890 میلیون نفر-کیلومتر و 558000 میلیون تن-کیلومتر با استفاده از راه‌آهن جابجا خواهند شد (در سناریو اول). در

#### 4-2- محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سیستم

##### حمل و نقل ریلی در ایران (سناریو اول)

محاسبات در این دو بخش از دو روش انجام شده است. روش اول، استفاده از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای که در مطالعات امکان‌سنجی بکار می‌رود و در جدول 7 آمده است. در روش دوم، از روش شناسی مندرج در UNFCCC استفاده می‌شود.

جدول 7. محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سناریو اول با استفاده از چهارچوب فعالیت-سهم-میزان-سوخت

سیستم ریلی	فعالیت (کیلومتر مسافر/تن)	میلیارد لیتر مصرف انرژی	کل انتشار (تن معادل دی‌اکسید کربن) چهارچوب فعالیت-سهم- نرخ مصرف - نرخ انتشار
مسافری	268890000	3226/68	8846303398
باری	558000000	3348	9178915720
مجموع		6574/68	18025219118

جدول 8. محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سناریو اول با استفاده از روش UNFCCC

سیستم ریلی	فعالیت (کیلومتر مسافر/تن)	مصرف انرژی بر حسب میلیارد گیگا ژول	کل انتشار با روش UNFCCC (تن معادل دی‌اکسید کربن)
مسافری	268890000	119/38	8754182894
باری	558000000	123/87	9083331576
مجموع	17837514470	243/26	17837514470

#### 4-2- محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سیستم حمل و نقل جاده‌ای در ایران (سناریو دوم)

همانطور که پیشتر اشاره شد، در این سناریو حمل و نقل بدون احتساب سیستم ریلی تحت طراحی و اجرا در نظر گرفته می‌شود. لذا محاسبات مطابق جداول زیر خواهد بود.

جدول 9. محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سناریو دوم با استفاده از چهارچوب فعالیت-سهم-میزان-سوخت

سیستم جاده	فعالیت (کیلومتر مسافر/تن)	میلیارد لیتر مصرف انرژی	کل انتشار (تن معادل دی‌اکسید کربن) چهارچوب فعالیت-سهم- نرخ مصرف - نرخ انتشار
مسافری	242001	3630	9952091322
باری	502200	12555	34420933950
مجموع		16185	44373025272



جدول 10. محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای سناریو دوم با استفاده از روش UNFCCC

سیستم جاده	فعالیت (کیلومتر مسافر/تن)	مصرف انرژی بر حسب میلیارد گیگا ژول	کل انتشار با روش UNFCCC (تن معادل دی‌اکسید کربن)
مسافری	242001	134/31	9848455756
باری	502200	646/53	34062493410
مجموع	4391094917	598/85	43910949170

## 5- بحث

نسبت انتقال مسافر دارد و این موضوع الزام برنامه‌ریزی بر توسعه انتقال بار از طریق ریلی را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

## 6- نتیجه‌گیری

با کاربرد هر روشی می‌توان دید که سیستم حمل و نقل ریلی به نسبت جاده‌ای کاهش چشمگیری در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از یک سو بر کاهش تغییرات آب و هوایی و از سوی دیگر به بهبود کیفیت هوای محیط می‌انجامد. کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای از یک سو درآمد قابل توجهی از طریق سازوکار توسعه پاک به همراه دارد و از سوی دیگر میزان هزینه‌های اجتماعی را کاهش می‌دهد.

با استفاده از روشهای مختلف، سیستم ریلی حدود 100 تا 140٪ کمتر از سیستم حمل و نقل جاده‌ای گاز گلخانه‌ای منتشر می‌نماید که سهم کاهش انتشار در انتقال بار بسیار محسوستر و بیشتر از انتقال مسافر می‌باشد.

از طرفی تفاوت نتایج حاصل از کاربرد چهارچوب فعالیت-سهم-نرخ مصرف-نرخ انتشار با استفاده از داده‌های مرسوم در مطالعات امکان‌سنجی و توجیه اقتصادی، فنی، زیست محیطی و داده‌های UNFCCC تفاوتی چهاردرصدی دارند.

## 7- پی‌نوشت‌ها

1. Shunting
2. Railcar
3. Line Haul

## 8- مراجع

-Aunan, K., Fang, J., Vennemo, H., Oye, K., Seip, H. (2004), "Co-benefits of climate policy—lessons

در استفاده از چهارچوب فعالیت-سهم-نرخ مصرف-نرخ انتشار با استفاده از داده‌های مرسوم در مطالعات امکان‌سنجی و توجیه اقتصادی، فنی، زیست محیطی طرح‌های راه‌آهن در ایران میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از بهره‌برداری از طرح‌های در حال اجرا-طراحی در بازه بیست ساله حدود 18 میلیارد تن دی‌اکسید کربن خواهد بود. درحالی‌که اگر نود درصد همین فعالیت (ظرفیت) را به حمل و نقل جاده‌ای اختصاص دهیم، میزان انتشار به بیش از 44/3 میلیارد تن دی‌اکسید کربن خواهد رسید.

بنابراین اجرا و بهره‌برداری این 34 طرح به طول حدود هشت هزار و پانصد کیلومتر می‌تواند حداقل 146٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد.

اگر از روش پیشنهادی UNFCCC برای میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده شود، میزان گازهای گلخانه‌ای منتشره از طرح‌های ریلی مذکور نزدیک 17/8 میلیارد تن و برای 90٪ همان میزان فعالیت جاده‌ای نزدیک 43/9 تن خواهد بود. و با استفاده از ابزار گروه بین‌المللی تغییرات آب و هوایی، میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از بهره‌برداری 8500 کیلومتر، 100٪ خواهد بود.

توجه شود که در این میان از کاهش حتمی انتشار گازهای گلخانه‌ای در حین ساخت پروژه و همچنین کاهش تخریب منابع مصرف گازهای گلخانه‌ای صرف‌نظر شده است و بنابراین میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل و نقل ریلی بسیار بیشتر خواهد بود.

از طرفی بین نتایج حاصل از روش مرسوم در ایران و روش تایید شده در UNFCCC تفاوتی حدود 4٪ وجود دارد

از طرف دیگر همانگونه که از محاسبات مشخص است، حمل و نقل ریلی در خصوص انتقال بار، کاهش محسوستری به

Gas Emissions: A Path for the World Bank". International Energy Agency, Paris June. Website: <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/flex2000.pdf>.

-Schafer, A. (2000), "Regularities in travel demand: an international perspective". Journal of Transportation and Statistics, December, pp.1-31.

-Steenbrink, P.A. (1974), "Optimization of transport networks" USA: John Wiley.

-UNFCCC, (2013a), "CDM Project Cycle", <http://cdm.unfccc.int>.

-UNFCCC, (2013b), "Distribution of Registered Project by Scope."

-Zegras P., (2007), "As if Kyoto mattered: The clean development mechanism and transportation", Energy Policy No. 35, pp. 5136-5150.

-آزما، (1385)، "گزارش مطالعات ارزیابی تفصیلی زیست محیطی راه آهن محور اصفهان-شیراز: وزارت راه و شهرسازی"، مهندسین مشاور آزما، ایران.

-وکیل، ع، حوری جعفری، ح. فتحی، ع. (1392)، "تجزیه و تحلیل وضع موجود و مطلوب تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل"، هزاره سوم اندیشه؛ موسسه مطالعات بین المللی انرژی، ایران.

-ولایی، ع، (1386)، "بررسی تاثیر طرح های توسعه ریلی بر غلظت گازهای گلخانه ای با رویکردی بر طرح های CDM"، شرکت ساخت و توسعه زیر بناهای حمل و نقل کشور، معاونت ساخت و توسعه راه آهن، بنادر و فرودگاه ها، ب، دفتر فنی و امور طرحها، ایران.

-متر، (1385)، "گزارش مطالعات توجیه فنی و اقتصادی محور راه آهن رشت-آستارا"، وزارت راه و شهرسازی، مهندسین مشاور متر، ایران.

-یونسکو، (1373)، "علم و تکنولوژی در خدمت حمل و نقل" مرکز انتشارات کمیسیون ملی یونسکو در ایران.

learned from a study in Shanxi", China. Energy Policy, No. 32, pp. 567-581.

-Cameron, I., Kenworthy, J.R., Lyons, T.J. (2003), "Understanding and predicting private motorized mobility" Transportation Research, No. 8, pp. 267-283.

-EEA. (2002), "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook", 3rd edition (October 2002 Update) EEA Technical Report No 30, Copenhagen, Denmark.

-IPCC. (2000), "SPECIAL REPORT LAND USE, LAND-USE CHANGE, AND FORESTRY", USA: Intergovernmental Panel for Climate Change, pp.9169-114-3.

-IPCC. (2006), "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 3: Mobile Combustion", USA: Intergovernmental Panel for Climate Change.

-Price, L., de la Rue du Can, S., Sinton, J., Worrell, E., Nan, Z., Sathaye, J., Levine, M. (2006), "Sectorial trends in global energy use and greenhouse gas emissions" LBNL-56144. Ernest Orlando Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division, Berkeley, CA July. <http://ies.lbl.gov/iespubs/56144.pdf>.

-Rajamani, J., Bhat, C., Handy, S., Knaap, G., Song, Y (2003), "Assessing impact of urban form measures on nonwork trip mode choice after controlling for demographic and level-of-service effects" Transportation Research Record, No. 1831, pp. 158-165.

-Schafer, A. (2000), "Regularities in travel demand: an international perspective" Journal of Transportation and Statistics, December, pp. 1-31.

-Schipper, L., Marie-Lilliu, M., Gorham, R. (2000), "Flexing the Link between Transport Greenhouse

- <sup>1</sup> shunting
- <sup>2</sup> railcar
- <sup>3</sup> line haul



## 7- منابع و مراجع

- Aunan, K., Fang, J., Vennemo, H., Oye, K., Seip, H. (2004) "Co-benefits of climate policy—lessons learned from a study in Shanxi", China. *Energy Policy*, No. 32, pp. 567–581.
- Cameron, I., Kenworthy, J.R., Lyons, T.J. (2003) "Understanding and predicting private motorised mobility" *Transportation Research*, No. 8, pp. 267–283.
- EEA. (2002) "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook", 3rd edition (October 2002 Update) EEA Technical Report No 30, Copenhagen, Denmark.
- IPCC. (2000), "SPECIAL REPORT LAND USE, LAND-USE CHANGE, AND FORESTY", USA: Intergovernmental Panel for Climate Change, ISBN:92-9169-114-3.
- IPCC. (2006) "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 3: Mobile Combustion", USA: Intergovernmental Panel for Climate Change.
- Price, L., de la Rue du Can, S., Sinton, J., Worrell, E., Nan, Z., Sathaye, J., Levine, M. (2006) "Sectoral trends in global energy use and greenhouse gas emissions" LBNL-56144. Ernest Orlando Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division, Berkeley, CA July. [/http://ies.lbl.gov/iespubs/56144.pdf](http://ies.lbl.gov/iespubs/56144.pdf).
- Rajamani, J., Bhat, C., Handy, S., Knaap, G., Song, Y (2003) "Assessing impact of urban form measures on nonwork trip mode choice after controlling for demographic and level-of-service effects" *Transportation Research Record*, No. 1831, pp. 158–165.
- Schafer, A. (2000) "Regularities in travel demand: an international perspective" *Journal of Transportation and Statistics*, December, pp. 1–31.
- Schipper, L., Marie-Lilliu, M., Gorham, R. (2000) "Flexing the Link between Transport Greenhouse Gas Emissions: A Path for the World Bank". International Energy Agency, Paris June. Website: [/http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/flex2000.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/flex2000.pdf).
- Schafer, A. (2000) "Regularities in travel demand: an international perspective". *Journal of Transportation and Statistics*, December, pp.1–31.
- Steenbrink, P.A. (1974) "Optimization of transport networks" USA: John Wiley.
- UNFCCC, (2013a) "CDM Project Cycle", Website: <http://cdm.unfccc.int/Projects/diagram.html>.
- UNFCCC, (2013b) "Distribution of Registered Project by Scope" Website: <http://cdm.unfccc.int/Statistics/Public/CDMinsights/index.html>.
- Zegras P., (2007) "As if Kyoto mattered: The clean development mechanism and transportation", *Energy Policy* No. 35, pp. 5136–5150.
- آزما، (1385) "گزارش مطالعات ارزیابی تفصیلی زیست محیطی راه آهن محور اصفهان-شیراز: وزارت راه و ترابری"، مهندسین مشاور آزما، ایران.
- وکیلی، ع. حوری جعفری، ح. فتیحی، ع. (1392) "تجزیه و تحلیل وضع موجود و مطلوب تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل"، هزاره سوم اندیشه؛ موسسه مطالعات بین المللی انرژی، ایران.
- ولایی، ع. (1386) "رسی تاثیر طرح های توسعه ریلی بر غلظت گازهای گلخانه ای با رویکردی بر طرح های CDM"، شرکت ساخت و توسعه زیر بناهای حمل و نقل کشور، معاونت ساخت و توسعه راه آهن، بنادر و فرودگاه ها، ب، دفتر فنی و امور طرحها، ایران.
- مترا، (1385) "گزارش مطالعات توجیه فنی و اقتصادی محور راه آهن رشت-آستارا"، وزارت راه و ترابری، مهندسین مشاور مترا، ایران.
- یونسکو، (1373) "علم و تکنولوژی در خدمت حمل و نقل" مرکز انتشارات کمیسیون ملی یونسکو در ایران.