

www.csr.ir

# راهبرد تأمین انرژی در بخش حمل و نقل کشور

مصطفی میرسلیم

است وضع موجود به لحاظ مصرف انرژی و خدمات بخش حمل و نقل بررسی شود و بر مبنای روند گذشته، پیش‌بینی‌هایی در مورد آینده صورت گیرد.

## قانون انتشار

یکی از روش‌های پیش‌بینی وضع آینده، دستیابی به قانون حاکم بر فرآیند تغییر وضع است. اگر بتوانیم با توجه به ویژگی‌های عمومی فرآیند، به فرض قابل قبولی برای قانون حاکم بر آن برسیم و با استفاده از داده‌های تجربی یا آماری راجع به گذشته و حال فرآیند، ضرایب معادلات آن قانون را به دست آوریم، امکان پیش‌بینی آینده میسر می‌شود.

قانون انتشار، قانونی است که بر بسیاری از

## مقدمه

در جهان و به تبع آن در کشور ما حمل و نقل اساساً وابسته به انرژی نفت است. در حالی که بخش حمل و نقل روندی رو به رشد در پیش دارد منابع نفت به تدریج کاهش می‌یابند. لذا سؤالاتی چند مطرح می‌شود:

- ۱- آیا کمبود نفت در آینده مشکلاتی را برای بخش حمل و نقل ایجاد خواهد کرد؟
- ۲- در این صورت، آیا منبع انرژی دیگری برای جایگزینی نفت وجود دارد؟
- ۳- آیا با توجه به وضع آینده انرژی، افزایش خودروها و شدت آلودگی محیط زیست تجدید نظر در سیاست‌های بخش حمل و نقل ضروری است؟

برای پاسخگویی به این سؤالات لازم

فرآیندهای اقتصادی، اجتماعی و فنی که در آن

دو یا چند متغیر برهم اثر رقابتی می‌گذارند حاکم است. بر مبنای این قانون، سرعت انتشار مصرف کالایی یا دریافت خدمتی، هم متناسب با تعداد کسانی است که در جامعه از آن کالا یا خدمت بهره‌مند شده‌اند و هم با تعداد کسانی که هنوز از آنها محروم‌اند؛ اولین تناسب نشان‌دهنده اثر تبلیغ و دومی نشان‌دهنده اثر احساس نیاز است.<sup>(۱)</sup> اگر تعداد کسانی را که در نهایت بهره‌مند می‌شوند با  $a$  نشان دهیم،  $a$  حد اشباع نام دارد و معادله دیفرانسیل انتشار بدین صورت نوشته می‌شود:

$$kp(a-p) dt = dp$$

(در اینجا  $p$  نشان دهنده تعداد کسانی است که بهره‌مند شده‌اند،  $a - p$  تعداد کسانی را که هنوز بهره‌مند نشده‌اند نشان می‌دهد،  $k$  ضریب اشباع است و  $t$  زمان را نشان می‌دهد).

با بررسی تغییرات  $p$  بر حسب  $t$ ، می‌توان چند مرحله را از هم تفکیک کرد:  
الف: مرحله رشد یا آغاز فرآیند که در طول آن، سرعت تغییرات بر حسب زمان کند است.  
ب: مرحله اشباع که سرعت فرآیند تند است و به حد بیشینه خود می‌رسد.

ج: مرحله اشباع که مجدداً سرعت کند می‌شود (این مرحله نشان‌دهنده اثر ورود و نفوذ کالای جدید در صحنه است).

یادآوری: کاربرد این قانون با برون‌یابی، امکان‌آگاهی یافتن از بیست سال آینده را به دست می‌دهد، پنجاه سال بعد را به کمک آن می‌توان پیش‌بینی کرد ولی سی سال بعد از آن جز

حدس و گمان ارزش دیگری ندارد.

### مصرف فرآورده‌های نفتی در جهان

مقدار مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش حمل و نقل برابر است با:

شمار ناوگان  $\times$  متوسط سرانه مسافت  $\times$  بازده خودرو طی شده در سال

البته کل مصرف نهایی فرآورده‌های نفتی شامل بخش‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی نیز می‌شود.

در سال ۱۹۹۴، مقدار کل نفت استخراج شده در جهان ۳۰۳۰ میلیون تن بود که سهم هر یک از بخش‌ها از این قرار بود: بخش حمل و نقل ۴۹٪، بخش صنعت ۱۴٪، تأمین برق ۹٪، بخش‌های خانگی، تجاری و کشاورزی ۲۸٪. در بخش حمل و نقل سهم حمل و نقل جاده‌ای و راه آهن ۷۸٪، سهم حمل و نقل هوایی ۱۳٪ و سهم حمل و نقل دریایی ۹٪ بوده است.

هزینه‌های وابسته به سوخت در بخش حمل و نقل متأثر از عواملی همچون آلودگی هوا، تغییرات فناوری و شیوه زندگی یا توقعات مردم است.

### بحران انرژی سال ۱۹۷۳

تولید نفت ارزان تا سال ۱۹۷۳ ادامه داشت. نرخ رشد سالیانه تولید نفت در جهان تا آن سال، به طور متوسط ۷/۵٪ بوده است. اما پس از بحران انرژی، از سال ۱۹۷۳ تا سال ۱۹۸۰ رشد سالیانه تولید به ۱٪ کاهش یافت.

یکی از نتایج بحران انرژی، تشکیل گروهی



حرفه‌ای به نام گروه «وات» بود که از کارشناسان و دانشمندان برای چاره‌جویی در مسائل انرژی بهره می‌برد. این گروه بر کاهش مصرف مخصوص به نصف تأکید داشت که البته اثر اجرای آن در کل، بعد از سی سال به حدود ۱۱٪ بالغ می‌شود، به دلیل طول مدت زمان لازم برای طراحی، ساخت، تولید و تعویض موتورها و خودروهایی پیشین که عمر برخی از آنها به چند ده سال می‌رسد، به ویژه در کشور ماکه سرمایه‌گذاری برای خودرو همواره مفید بوده و هست.

گاز طبیعی مدت‌ها ماده اولیه ارزشمندی محسوب می‌شد ولی از آن برای احتراق در موتورها یا تأمین انرژی خودروها استفاده نمی‌شد. به همین دلیل رشد مصرف گاز در ابتدا روند کندی داشت. تنها برخی کشورها نظیر ایتالیا، کانادا و ژلاندنو به صورت گسترده‌تر به استفاده سوختی از آن مبادرت می‌ورزیدند.

از سال ۱۹۸۰ نگرانی جهانی کمبود نفت کاهش یافت اما این سؤال همچنان ذهن بشر را به خود مشغول داشته است که در چه تاریخی عرضه نفت دیگر جوابگوی تقاضای رو به افزایش آن نخواهد بود؟<sup>(۲)</sup>

### آینده انرژی در جهان

روند مصرف انرژی در طول ۱۵۰ سال گذشته به طور متوسط، سالیانه ۲/۳٪ رشد داشته است؛ این امر ناشی از رشد جمعیت و افزایش بهره‌برداری در صنعت، حمل و نقل و مصارف خانگی و تجاری است. با همین نرخ رشد، مصرف انرژی در ۵۰ سال آینده سه برابر و در

۱۰۰ سال آینده نه برابر می‌شود.

انرژی سه دوره مهم تحول را تجربه کرده است. این دوره‌ها عبارت‌اند از:  
الف- دوران زغال سنگ و بخار که جایگزین انرژی طبیعی، بشری و حیوانی شد و به انقلاب صنعتی منجر گشت.

ب- دوران ظهور نیروی برق به عنوان حامل انرژی.

ج - دوران سوخت‌های مایع حاصل از نفت خام و ظهور موتورهای درون سوز.

در آینده نیز به دوران انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی گداحت هسته‌ای و انرژی خورشیدی خواهیم رسید.

درباره تحول بازده تبدیل انرژی می‌توان گفت که این بازده که سیصد سال پیش کمتر از ۱٪ بوده است، امروز برای بهترین موتورهای دیزل در حدود ۵۰٪ است و در آینده با قوه‌های سوختی به ۶۰٪ خواهد رسید.

منابع گاز در جهان بیش از منابع نفت است و پس از به پایان رسیدن منابع نفتی مهم‌ترین منبع انرژی محسوب می‌شود. در حال حاضر در برخی کشورها، انرژی گاز جایگاه ویژه‌ای دارد و به تدریج به سوختی رایج تبدیل شده است.

امروزه در اروپا رشد مصرف سالیانه گاز طبیعی به ۱۰/۷٪ رسیده است به طوری که با همین روند در سال ۲۰۵۰ جایگاه نفت و گاز طبیعی، نسبت به سال ۱۹۷۳ با هم عوض خواهد شد. یادآوری این نکته ضروری است که گاز طبیعی به مراتب از فرآورده‌های نفتی پاک‌تر است، از این رو در فرآیند احتراق، بازده آن بهبود

و آلودگی آن کاهش می‌یابد (جدول شماره ۱). است و ایران را از لحاظ منابع نفت در رده پنجم با توجه به ذخایر شناخته شده نفت جهان در پایان سال ۱۹۹۹ (۱۰۳۳/۸ میلیارد بشکه) و با توجه به روند کنونی تولید نفت، می‌توان گفت که این ذخایر تا حدود ۴۱ سال دیگر پاسخگوی نیازهای بشر خواهند بود. (وزارت نیرو، ص. ۳۱۵). ذخایر شناخته شده گاز طبیعی جهان در پایان سال ۱۹۹۹، معادل ۱۴۶/۴۳ تریلیون مترمکعب بود. با توجه به روند تولید و نسبت ذخایر گاز طبیعی به تولید آن، عمر متوسط ذخایر گاز حدود ۶۲ سال تخمین زده می‌شود که نشانگر جایگاه برتر ذخایر گاز طبیعی در جهان است (وزارت نیرو، ص. ۳۳۳).

### آینده حمل و نقل جاده‌ای در دنیا

حمل و نقل جاده‌ای در حدود هشت برابر حمل و نقل هوایی، سوخت مصرف می‌کند. البته مطالعات نشان می‌دهد که این نسبت در بلند مدت دگرگون خواهد شد.

بشر به طور متوسط ۷۵٪ از وقت خود را در محل اقامت خویش به سر می‌برد و به طور متوسط روزی ۱۱ ساعت از وقت خود را صرف سفر می‌کند. اگر ادعا کنیم که بشر به لحاظ جغرافیایی، رفتاری وابسته به وسعت سرزمین قابل دسترسی خود دارد، به این نتیجه می‌رسیم که وی باید بتواند مسافت هر چه طولانی‌تری را به قیمت هر چه ارزان‌تر در این ۱۱ ساعت بپیماید. به عبارت دیگر، باید به دنبال افزایش سرعت و بازده باشد و این دو عامل یعنی سرعت و بازده و نیز عامل سوم یعنی رفاه جمعاً عوامل اصلی انتخاب روش مناسب حمل و نقل اند. بنابراین جستجوی وسایل حمل و نقل

### آینده ذخایر ایران

میزان ذخایر کشف شده نفت خام کشور تا سال ۱۳۷۸ به ۸۹۷ میلیارد بشکه بالغ می‌شد. این رقم حدود ۸۷ درصد ذخایر کشف شده جهان

### جدول ۱- مقایسه میزان آلاینده‌های حاصل از یک تن گاز طبیعی و گازوئیل

(بر حسب کیلوگرم)

نوع آلاینده	گاز طبیعی	گازوئیل
اکسید گوگرد (SO <sub>2</sub> )	-	۳۰
اکسید نیتروژن (NO <sub>2</sub> )	۶/۹	۱۳/۳
اسیدهای آلی (CH <sub>3</sub> COOH)	۱/۳	۱۳/۵
آلدها (HCHO)	۱/۰	۱/۳
سایر مواد آلی	۱/۴	۴/۶

مأخذ: J.E.Allen

جدید قطعی است. به عنوان مثال قطارهای سریع‌السير (با سرعت بیشینه پانصد کیلومتر در ساعت)، وسایل متحرک مجهز به تعلیق مغناطیسی (مگلو (Magnetically levitated)، توسعه بزرگراه‌ها برای افزایش سرعت متوسط خودروها و طراحی خودروهای سریع، از جمله این تمهیدات محسوب می‌شوند. تعداد کل خودروهای سواری جهان به حد اشباع ۵۷۵ میلیون دستگاه نزدیک می‌شود.<sup>(۴)</sup> با بررسی مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، جهانی و با پیش‌بینی آینده بر مبنای دو فرض رشد کم و زیاد تعداد خودروها، به این نتیجه می‌رسیم که حاصل جمع مصرف نفت در بخش حمل و نقل، کمبود آن را به طور جدی برای آینده مطرح خواهد کرد. در بررسی آینده باید به چند عامل توجه داشت:

الف- سهم سالیانه نفت قابل تخصیص به کل حمل و نقل زمینی و هوایی (با توجه به این که بهترین سوخت برای هواپیما کروزن است و به احتمال زیاد تغییر نوع سوخت هواپیما برای صد سال آینده غیرمحمتمل است)؛

ب- بازده استفاده از انرژی در وسایل حمل و نقل (می‌توان حالت بهینه‌ای را در نظر گرفت که مصرف مخصوص ۷۰٪ وضع کنونی باشد)؛  
ج- نرخ رشد تعداد وسایل نقلیه و مقدار مصرف انرژی در بخش حمل و نقل.

شایسته است به همین مناسبت به موضوع مهم مصرف مخصوص وسایل نقلیه مختلف، با توجه به نرخ متوسط اشغال اشاره شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در استفاده شهری

گران‌ترین وسیله حمل و نقل خودرو سواری شخصی و ارزان‌ترین آن راه آهن شهری است و در استفاده بین شهری گران‌ترین وسیله هواپیما و ارزان‌ترین آن قطار است. پس بزرگترین بازده و طولانی‌ترین عمر و کمترین آلودگی نسبی متعلق به راه آهن و قطار است و اگر سرعت و رفاه به آن اضافه شود، با وجود جذابیت‌هایی که وسیله نقلیه شخصی دارد بهترین وسیله حمل و نقل خواهد بود. با بررسی روند مصرف و عرضه نفت خام، به نظر می‌رسد که در سال ۲۰۵۰ نفت خام به تنهایی جوابگوی مصرف حمل و نقل نخواهد بود. بنابراین یافتن منبع جایگزین ضروری است. این منبع جایگزین با توجه به مزیت نسبی آن در برابر سایر سوخت‌ها، گاز طبیعی است. به علاوه اخیراً روش‌هایی برای تبدیل گاز طبیعی به نفت مصنوعی یا سوخت مایع پیگیری شده است که برخی از آن روش‌ها هزینه‌های گزافی را ایجاد می‌کند. شرکت تولسا (Syntroleum Corporation) of Tulsa Oklahoma با اتخاذ روش‌های جدید، هزینه تبدیل گاز طبیعی به بنزین و کروزن را کاهش داده است.

این روش از لحاظ انرژی خود کافی است و می‌تواند در ابعاد نسبتاً کوچک در کنار هر مخزن گاز طبیعی برپا شود. با استفاده از این روش می‌توان ۲/۲۸۳ مترمکعب گاز (معادل ۷۲ بشکه نفت) را به یک بشکه نفت مصنوعی تبدیل کرد. از لحاظ انرژی هر ده ژول انرژی گاز به شش ژول انرژی نفت مصنوعی تبدیل می‌شود. در این روش دو مرحله وجود دارد:

مرحله<sup>۴</sup> اول تبدیل گاز طبیعی به گاز مصنوعی (Syngas) و مرحله<sup>۵</sup> دوم استحصال هیدروکربن‌های مختلف، ازت، آب، CO<sub>2</sub> و حرارت است.<sup>(۵)</sup>

### آینده حمل و نقل جاده‌ای در ایران

تولید خودرو در کشور از سال ۱۳۴۷ آغاز شد و تا سال ۱۳۵۶ روند بدون التهابی را طی کرد که با استفاده از قانون انتشار برای آن دوره به حد اشباعی در حدود دویست هزار خودرو دست می‌یابیم. پس تعداد سالانه مشتری‌های خودروهای ساخته شده در نهایت از آن حد اشباع تجاوز نمی‌کرد و تغییر آن حد اشباع مستلزم وارد کردن محصول یا محصولات جدید در بازار مصرف داخلی بوده است. بین سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۶۷، تحولات انقلاب و سپس مسائل خاص جنگ تحمیلی، روند تولیدات را متشتت کرد ولی پس از سال ۱۳۶۷، به‌ویژه از سال ۱۳۷۱ که مقررات ممنوعیت واردات خودرو اعمال شد، روند تولید حالت طبیعی خود را بازیافت. با استفاده از داده‌های آن سال‌ها به این نتیجه می‌رسیم که حد اشباع سالیانه خودروهای تولیدی در سال ۱۳۷۸ حدود ۵۰٪ بیش از حد قبلی بوده است و افزایش تعداد مشتری‌ها به بیش از آن مستلزم عرضه تولیدات متنوع و جدیدتر خواهد بود.<sup>(۶)</sup> این تعداد خودرو که شامل انواع سواری، دوچرخه، باری سبک و سنگین و خودروهای عمومی نیز می‌شود، نشان‌دهنده نیاز امروز کشور در بخش حمل و نقل و اهمیت آینده آن

است. تاکنون سیاستی در تعیین سهم بهینه هر یک از روش‌های حمل و نقل وجود نداشته است و عمدتاً حمل و نقل جاده‌ای و خودرو شخصی وجه غالب را پیدا کرده است. که نتیجه آن اسراف در مصرف سوخت، آلودگی شدید مناطق شهری و گستردگی حوادث رانندگی است (جدول شماره ۲). پس تدوین سیاست کلی حمل و نقل با اتکا به بخش عمومی از ضروریات است.

سوخت مورد نیاز خودروهای کشور عمدتاً فرآورده‌های نفتی است. در بررسی نسبت مصرف حمل و نقل به کل مصرف انرژی ملاحظه می‌کنیم که این نسبت تقریباً ثابت و به طور متوسط برابر با ۲۵٪ است و با توجه به روند افزایش مصرف نهایی انرژی در کشور که رشد متوسط سالیانه‌ای در حدود ۲٪ را نشان می‌دهد، به این نتیجه می‌رسیم که تا قبل از دوازده سال آینده، کل سهمیه تولید نفت خام کشور حتی جوابگوی نیاز بخش حمل و نقل هم نخواهد بود. بنابراین تغییر وضع موجود که ادامه آن به از بین رفتن امکان صادرات نفت خام و فرآورده‌های نفتی منجر می‌شود، اجتناب‌ناپذیر است. این تغییر می‌تواند در روش‌های حمل و نقل، بازده و مدیریت آن و نیز انواع انرژی یا سوخت مورد نیاز صورت پذیرد. البته نسبت مصرف نهایی فرآورده‌های نفتی به کل مصرف انرژی، از سال ۱۳۷۴ که سیاست اصلاح یارانه سوخت اعمال شده و قیمت عرضه فرآورده‌های نفتی، به ویژه بنزین و گازوییل، افزایش یافته است، تعدیل شده و

این امر تأثیر سیاست‌های اقتصادی را بر متعادل کردن مصرف اثبات می‌کند. هرچند آثار تورمی این افزایش قیمت را نباید نادیده گرفت به ویژه آن که حمل و نقل جاده‌ای و استفاده از سواری شخصی پرهزینه‌ترین شیوه ارائه خدمات حمل و نقل و سفر محسوب می‌شوند. همین تعدیل را برای کل مصرف‌نهایی فرآورده‌های نفتی، که در حدود ۴۰٪ آن اختصاص به حمل و نقل دارد، مشاهده می‌کنیم.

بنابراین جستجوی سوخت جایگزین فرآورده‌های نفتی در کشور ما ضروری است و با مزیتی که گاز طبیعی دارد، آینده انرژی کشور وابسته به تولید، پالایش و عرضه گاز طبیعی خواهد بود. روند رو به افزایش مصرف گاز طبیعی، به ویژه پس از پایان جنگ تحمیلی، نیز سوخت‌های فسیلی آلاینده‌های فراوانی ایجاد

همین نتیجه را به ذهن متبادر می‌کند، هر چند استفاده از گاز طبیعی برای بخش حمل و نقل فعلاً سهم ناچیزی را به خود اختصاص می‌دهد. علت عدم استقبال گسترده از خودرو گازسوز عمومی و خصوصی، با وجود سابقه ۲۵ ساله کاربرد آن در کشور ما همانا عدم بررسی علمی و فنی استفاده از روش گازسوز کردن و اتکا به روش‌های کارگاهی بدون پشتوانه پژوهشی است. به علاوه فقدان شبکه گسترده و مطمئن توزیع و عرضه سوخت گازی، مانع مهم دیگری در رواج کاربرد همگانی خودروهای گاز سوز بوده است.

### آلودگی هوا

#### جدول ۲- شاخص تعداد کشته در سال ۱۳۷۷

به یک صد میلیون وسیله نقلیه / کیلومتر طی شده

ردیف	نام کشور	تعداد کشته	وسیله نقلیه / کیلومتر طی شده (میلیارد)	تعداد کشته به یکصد میلیون وسیله نقلیه / کیلومتر طی شده
۱	انگلستان	۳۷۶۵	۴۵۰	۰/۸
۲	فنلاند	۴۴۱	۴۳	۱
۳	نروژ	۳۰۵	۲۸	۱/۱
۴	هلند	۱۳۳۴	۱۰۵	۱/۳
۵	ایرلند	۴۳۷	۳۱	۱/۴
۶	آلمان	۹۴۵۴	۵۸۰	۱/۶
۷	کره جنوبی	۱۰۰۸۷	۱۶۰	۶/۳
۸	تایلند	۹۴۹۶	۷۰	۱۳/۶
۹	ایران	۱۴۷۸۹	۹۸	۱۵

مأخذ: وزارت راه و ترابری

می‌کنند که  $HC, NO_2, SO_2, CO_2, CO$ ، جامد، و اکسایند ه‌ای نور شیمیایی از آن جمله‌اند. کاهش  $CO_2$  در بخش حمل و نقل، منوط به بهبود بازده یا کاهش تراکم عبور و مرور است. اثر افزایش  $CO_2$  همان گرمایش عمومی جو زمین است.<sup>(۷)</sup>

جو زمین بسیار گسترده و سرانه آن به ازای هرنفر، یک میلیون تن هواست. هر نوع سوخت در اثر احتراق مقدار مشخصی  $CO_2$  ایجاد می‌کند. برای مثال از هرتن زغال سنگ و یا نفت به ترتیب  $3/5$  و  $3$  تن  $CO_2$  و از هر هزار متر مکعب  $CH_4$  حدود  $2$  تن  $CO_2$  متصاعد می‌شود. از احتراق هیدروژن، بخار آب و مقدار کمی هم  $NO_2$  ایجاد می‌شود. یادآوری می‌شود که پدیدار شدن اثر گلخانه‌ای تا  $50\%$  وابسته به مقدار  $CO_2$  پخش شده در جو است.

در جدول شماره ۳ وضع عمومی آلاینده‌ها از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۵۰ نشان داده شده است.

ملاحظه می‌شود که در سال ۱۹۹۰،

کل  $CO_2$  تولید شده ۲۰۶۶ میلیون تن

بوده است که  $7/7$  میلیون تن آن به

زغال سنگ،  $9/3$  میلیون تن به نفت و

فقط  $3/6$  میلیون تن آن به گاز طبیعی

برمی‌گردد.

اگر روند موجود ادامه یابد مقدار

$CO_2$  تولیدی به ۴۷ میلیون تن در

سال ۲۰۵۰ بالغ خواهد شد که آثار

مخری در پی خواهد داشت. در این

جدول سه حالت دیگر نیز مطرح

شده است، یکی رشد مصرف انرژی

بنابراین، اصلاح وضع آلودگی‌های جوی در قرن آتی نیازمند تغییر نوع انرژی از نفت به

جدول ۳- کل  $CO_2$  تولید شده (MT)

سال	۱۹۹۰	۲۰۱۵	۲۰۴۰	۲۰۵۰	۱۲۰۰
ذغال سنگ	۷/۷	۷/۴	۷/۷	۸	۸
نفت	۹/۳	۸/۷	۶/۹	۳	-
گاز طبیعی	۳/۶	۱۲/۲	۲۸	۳۶	۲۵
کل بر مبنای: - روند موجود ۲۰۶۶	۲۸/۳	۴۲/۶	۴۷	۴۷	۳۳
- روند پایدار			۳۱	۳۵	۲۵
- بیشینه هسته‌ای			۲/۵	۲	۱
- مصرف ثابت سال ۱۹۹۰			۱۸	۱۷	۱۵

مأخذ: J.E.Allen



گاز کربنیک در سال می‌شود. حمل و نقل تهران به تنهایی معادل دو برابر سرانه کشورهای جهان سوم کربن تولید می‌کند. بیش از ۸۰٪ خودروها ساخت داخل کشورند و تعداد زیادی از آنها متعلق به دهه ۵۰ شمسی بوده و از فناوری‌های قدیمی برخوردارند. بیشترین مقدار بنزین مصرفی، بنزین معمولی و از نوع سرب‌دار است. مقدار ترکیبات حلقوی بنزین‌های بدون سرب نیز زیاد است.

انتشار سالانه گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> که نیمی از آن مربوط به بخش حمل و نقل می‌باشد در حدود ۵۰ میلیون تن و مقدار ذرات معلق در حدود ۶۵۰,۰۰۰ تن است. بر طبق آمار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تخمین زده می‌شود که مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی ناشی از آلودگی هوا در حدود ۶۲ مورد در هر صد هزار نفر ساکنان مناطق شهری باشد. مقدار سرطان نیز بالغ بر ۵۲ مورد از هر صد هزار نفر ساکنان شهری است. بر مبنای جمعیت ۷/۵ میلیون نفری تهران در سال ۱۳۹۴، برآورد می‌شود که انتشار آلاینده‌ها موجب افزایش میزان مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی و سرطان به ترتیب به ۴۶۵۰ و ۳۹۰۰ نفر در سال برسد.

تعداد خودروهای کشور و مصرف سوخت آنها نیز در جدول شماره ۴ آمده است. وضع خطرناک آلودگی‌ها به ویژه در تهران و شهرهای بزرگ کشور، بررسی تغییراتی، از جمله تغییر نوع سوخت از فرآورده‌های نفتی به گاز طبیعی را ضروری می‌نماید.

گاز طبیعی است. روند تغییر منابع انرژی در جهان از ۱۵۰ سال گذشته به امروز نشان می‌دهد که با گذار از مصرف چوب به زغال سنگ و نفت و بالاخره گاز طبیعی، به تدریج شدت زغال از ۷۲۵ به ۰/۶۴ تن کربن برای هر تن معادل نفت سوخت مصرفی کاهش یافته است. این امر ناشی از افزایش نسبت تعداد اتم‌های هیدروژن به تعداد اتم‌های کربن (زغال) در سوخت‌های گازی در مقایسه با سوخت‌های مایع و جامد است.

با بررسی داده‌های آماری نتیجه می‌شود که نسبت فرآورده‌های نفتی بخش حمل و نقل به کل فرآورده‌های نفتی از ۴۲٪ در ۱۹۹۰ به ۸۸٪ در ۲۰۵۰ با فرض رشد کم و به ۲۹۸٪ با فرض رشد زیاد بالغ خواهد شد و درصد CO<sub>2</sub> تولیدشده متناسب به بخش ترابری از ۱۶٪ به ۱۳٪ با فرض رشد کم و به ۲۱٪ با فرض رشد زیاد خواهد رسید که غیر منطقی بودن ادامه روند استفاده از فرآورده‌های نفتی و نفت مصنوعی (ناشی از تبدیل گاز طبیعی) را اثبات می‌کند.

### وضعیت خودروها و آلودگی هوا در تهران

جمعیت تهران از حدود هفت صد هزار نفر در سال ۱۳۲۰ به حدود هفت میلیون نفر در سال ۱۳۷۹ افزایش یافته است.<sup>(۹)</sup> در ابتدای سال ۱۳۷۸ تعداد کل خودروها در این شهر حدود ۲,۴۷۰,۰۰۰ دستگاه بود که ۱,۳۲۰,۰۰۰ دستگاه آن را خودروی سواری تشکیل می‌داد.<sup>(۱۰)</sup> مصرف سوخت در تهران فقط در بخش حمل و نقل (بنزین و گازوئیل) در حدود ۳ میلیون تن در سال است که موجب تولید حدود ۱۰ میلیون تن

## جدول ۴- مصرف سوخت خودروهای ایران

نوع خودرو	تعداد	نوع سوخت	متوسط مصرف بنزین (لیتر در روز)	جمع مصرف بنزین (لیتر در روز)
موتورسیلکت	۱۹۱,۵۶۶	بنزین	۱	۱۹۱,۵۶۶
سواری شخصی	۲,۴۰۰,۰۰۰		۱۰	۲۴,۰۰۰,۰۰۰
سواری دولتی	۱۹۵,۰۰۰		۱۰	۱,۹۵۰,۰۰۰
وانت پلاک قرمز	۲۸۰,۰۰۰		۲۰	۵,۶۰۰,۰۰۰
وانت پلاک سفید	۳۴۰,۰۰۰		۲۰	۶,۸۰۰,۰۰۰
تاکسی شهری	۴۰,۰۰۰		۳۰	۱,۲۰۰,۰۰۰
کرایه پلاک قرمز	۱۲,۰۰۰		۳۰	۳۶۰,۰۰۰
سواری مسافربر	۷۰,۰۰۰		۳۰	۲,۱۰۰,۰۰۰
<b>جمع</b>	<b>۳,۵۲۸,۵۶۶</b>			
مینی بوس	۹۱,۲۳۷	گازوییل		
کامیونت	۴۸,۴۲۶			
اتوبوس	۴۳,۸۴۰			
کامیون	۲۱۷,۲۵۱			
کشنده	۶۰,۰۲۷			
<b>جمع</b>	<b>۴۶۰,۷۸۱</b>			<b>۶۳,۸۰۰,۰۰۰</b>

مأخذ: وزارت نفت

## نوآوری‌ها

### الف- هیدروژن مایع

برای تأمین و توزیع هیدروژن مایع است. در این راه حل هیدروژن محصول تجزیه آب با استفاده از فرآیندهای گرما شیمیایی در  $7000^{\circ}\text{C}$  از انرژی خورشیدی یا برق آبی و یا گاز طبیعی است.<sup>(۱۳)</sup> تاکنون از هیدروژن مایع با موفقیت در صنایع هوا - فضا استفاده شده است ولی استفاده از هیدروژن در حمل و نقل جاده‌ای حتی با به کارگیری هیدریدها رواج نیافته است. البته با توجه به این که به کارگیری هیدروژن در برگیرنده تولید  $\text{CO}_2$  نیست، از لحاظ زیست

به کارگیری هیدروژن مایع به لحاظ فنی میسر است و تاکنون نمونه‌هایی از خودروهای هیدروژن سوز ساخته و آزمایش شده‌اند. به کارگیری عملی هیدروژن مایع در هواپیما نیز بررسی شده که نیازمند تغییر طراحی هواپیماها با توجه به کارآمدی، هزینه و ایمنی و نیز تغییر زیرساخت‌های فرودگاهی و امکانات پشتیبانی

به نظر نمی‌رسد این روش زودتر از ۳ سال دیگر عملیاتی شود. ساخاروف در سال ۱۹۴۰ روش دیگری را پیشنهاد داد که با آن، کار گداخت در  $700^{\circ}\text{C}$  انجام می‌گرفت. این روش که به «گداخت سرد» شهرت یافته است اخیراً مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. ولی عملیاتی شدن آن نیز به حدود ۵۰ سال وقت نیاز دارد.

#### ه- مگلو

روش تعلیق مغناطیسی (magnetic levitation) که نیازمند چرخ نیست و سرعت آن به  $60\text{ km/h}$  می‌رسد، در آلمان در دست آزمایش است. ژاپن و آمریکا نیز در این زمینه فعال‌اند. البته راه‌اندازی این وسیله تقریباً روی خط مستقیم میسر است و لذا ساخت ابنیه فراوان آن گران است. مثلاً بین توکیو و ازاکا ۶۰٪ مسیر به صورت نقب است، گام بعدی آن به کارگیری نقب کامل با هوای کم فشار است تا مقاومت آن کاهش یابد و هزینه‌ها کمتر شود. در مرحله‌ای دیگر با تلفیق این روش با شیوه شتاب‌گیری ثابت، فاصله بن تا برلن را می‌توان در ده دقیقه طی کرد. (۵۰۰ کیلومتر با شتاب ثابت  $0/5\text{g}$ ).

#### و- مخابرات

به نظر می‌رسد توسعه مخابرات بار حمل و نقل و سفرها را کاهش می‌دهد. اما بررسی‌های آماری و مطالعات اخیر چنین نتیجه‌ای را اثبات نمی‌کنند. مثلاً در فرانسه، از سال ۱۸۰۰ تاکنون، آمار سفرهای مرکوب با پیک‌های مخابراتی مقایسه گردیده و مشخص شده است که نرخ رشد هر دو یکسان است. همین نتیجه در آلمان

محیطی جذابیت خاصی دارد که پژوهش‌های فناوری آن را رونق بخشیده است. اما این نکته که با استفاده از گاز طبیعی می‌توان به نفت مصنوعی و بنابراین سوخت کروزن برای هواپیماها دست یافت به کارگیری هیدروژن مایع را به بیش از ۵۰ سال دیگر موکول کرده است.

#### ب- سوخت‌های جامد

ذخایر زغال سنگ در حدود پنج هزار ژیگاتن است که می‌تواند به عنوان مبنای تبدیل به سوخت‌های مایع بهره‌برداری شود. در این روش‌های تبدیل، کربن‌های زاید جدا و در زیر زمین انبار می‌شوند. از ماسه‌های نفتی به عنوان منبع شناخته شده نفت خام می‌توان استفاده برد. مقدار ذخایر آن بسیار زیاد است، اما استخراج آن گران تمام می‌شود.

#### ج- انرژی فضایی

طرح ماهواره SSPS با بالک‌های بسیار گسترده با این هدف پیش‌بینی شده بود که انرژی خورشیدی را گردآوری و با تبدیل آن به امواج کوتاه، آن را به سمت زمین روانه کند. چنان ماهواره‌ای می‌توانست مثلاً ده درصد نیاز برقی انگلستان را تأمین کند. تحقق این روش مستلزم پانزده سال پژوهش است. با این روش البته  $\text{CO}_2$  تولید نمی‌شود ولی خطر صدمات امواج کوتاه پر قدرت وجود دارد.

#### د- گداخت

فناوری گداخت هسته‌ای شناخته شده است و تحقیقات آن ادامه دارد. آینده این روش مبتنی بر تولید پلاسمایی به دمای یک میلیون درجه است.

و انگلستان نیز به دست آمده است. تبلیغات شرکت‌های مخابراتی درباره مکاتبات رایانه‌ای، خریدهای سفارشی خدمات بانکی و... بسیار گسترده است. برآوردهای اخیر در دانمارک نشان می‌دهد که پیشرفت‌های مخابراتی فقط به اندازه ۶٪ بر کاهش سفرهای مرکوب اثر داشته است.<sup>(۱۳)</sup>

### ج- آلودگی

گرمایش عمومی جو با توجه به افزایش غلظت CO<sub>2</sub> در جو و گسترش اثر گلخانه‌ای تهدیدآمیز است<sup>(۱۴)</sup>؛ افزایش بیش از حد غلظت آلاینده‌ها در بسیاری موارد وضعی هشدار برانگیز و حتی خطرناک‌تر از یافوق‌العاده خطرناک را به وجود آورده است. در بسیاری از شهرهای جهان اعمال مقررات توانسته است آلودگی‌ها را کاهش دهد و شرایط را به سمت تعادل بازگرداند و لذا نمی‌توان از سیاست توسعه پایدار عدول کرد.

### پیشنهادها

با استفاده از شناخت علمی گسترده و تجربه گرانبهایی که در جهان به دست آمده و با توجه به نتیجه‌گیری‌ها، پیشنهادهایی ارائه می‌گردند که می‌توانند به عنوان راهبرد در مدنظر قرار گیرند:

### الف- اقتصاد

- تغییر قیمت عرضه سوخت به سمت ارزش واقعی آن، موجب کاهش اسراف می‌شود، هر چند به صورت حاشیه‌ای آثار تورمی نیز برجای می‌گذارد. لذا به موازات آن باید برای اصلاح شاخص شدت انرژی برنامه‌ریزی کرد و آن را به میزانی که از لحاظ فنی قابل قبول است تنزل

### فرجام

از مجموعه داده‌های فنی و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات و پیش‌بینی‌ها نتیجه می‌گیریم:

### الف- منابع انرژی

عمر مفید مخازن نفتی رو به پایان است و ادامه روند موجود ما را به بحران نفت نزدیک خواهد کرد و به ویژه بخش حمل و نقل را که عمدتاً وابسته به فرآورده‌های نفتی است فلج خواهد نمود.

مخازن گاز طبیعی رو به توسعه است و جایگزینی نفت را به عنوان منبع انرژی ممکن می‌سازد. امکان تهیه نفت مصنوعی از گاز طبیعی وجود دارد و پاسخ‌گویی به مواردی را که استفاده از سوخت مایع اجتناب‌ناپذیر است میسر می‌سازد. از سوی دیگر ایران باید از جایگاه مهم خود از لحاظ مزیت نسبی منابع گازی آگاهی داشته باشد.

### ب- حمل و نقل

تعداد خودروها در بسیاری از شهرها به حد اشباع رسیده است. ازدحام جمعیت و خودروها به آسایش عمومی لطمه وارد آورده است. البته تأمین خودروی شخصی به عنوان وسیله رفاهی



## د- آلودگی

- مقررات زیست محیطی مناسب شرایط منطقه‌ای در کشور تدوین و حدود مجاز آلاینده‌ها تعریف شود.

- اجرای مقررات جدی گرفته شود و با معاینه نوبه‌ای خودروها بر آنها نظارت شود.

- آگاهی رسانی عمومی تشدید شود تا همگان نسبت به درک واقعی معنای آلودگی حساس شوند و برای جستجو و به کارگیری راه حل‌ها متعهد گردند.

## پانوشت‌ها

۱. سیدمصطفی میرسلیم، موتورهای درون سوز، (تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۷)، ص ۱۹

2. J. E. Allen., **GlobalEnergy Issues**

**Affecting Aeronautics: A Reasoned**

**Progress in Aerospace Saen us**

**Conjecture,**

35, Pergamon, 1990, P. 419.

3. Allen, **Ibid.**, P.136

4. Allen, **Ibid.**, P.430

۶. «رکورد تولید پیکان، صنعت خودرو» ابرار اقتصادی، نشریه ویژه دومین نمایشگاه بین‌المللی خودرو، تیر ۱۳۷۹، ص ۶.

۷. شورای جهانی انرژی، انرژی برای جهان فردا، ۱۳۷۵، ص ۱۹۴.

8. Allen, **Ibid.**, P.448

۹. مرکز آمار ایران، نماگرهای جمعیتی ایران ۷۵-۱۳۳۵، ص ۱۴.

۱۰. گزارش مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران، دی ۱۳۷۹، ص ۱۰

۱۱. گزارش وزارت نفت، آثار مخرب سوخت‌های فسیلی، ۱۳۷۶، ص ۱۰

12. I. Dostrousky, "Chemical Fuels From the Sun", **Scientific American**, December 1991, P.50.

13. Allen, **Ibid**, P. 449.

14. **Global Outlook 2000**, "An Economic, Social and Environomental Perspective", Un Publications, 2000, P. 77.

داد و نرخ متعادلی را برای رشد مصرف انرژی تعریف کرد.

## ب- منابع انرژی

- تغییر تدریجی نفت به گاز طبیعی چاره‌نیازهای قرن آینده است. فعالیت‌های اکتشاف و استخراج و پالایش و انتقال و توزیع گاز طبیعی باید به صورت مدبرانه گسترش یابد تا سرعت تغییر از نفت به گاز طبیعی کند نشود.

- راه حل‌های اقتصادی‌تر برای تبدیل گاز طبیعی به نفت مصنوعی جستجو شود تا آینده نیازهای ترابری هوایی تضمین شود.

- تحقیق برای تسلط به دانش فنی به کارگیری سوخت‌های تجدیدپذیر و پاک به صورت مطمئن و ایمن ادامه یابد.

## ج- حمل و نقل

- سیاست توسعه ترابری مبنی بر حمل و نقل عمومی تدوین شود.

- بازده خدمات حمل و نقل در همه زمینه‌ها از جمله بهبود وسایل نقلیه و سطح کارایی آنها افزایش یابد.

- مدیریت حمل و نقل بهبود یابد تا از اتلاف امکانات زیربنایی، انرژی و زمان کاسته شود.

- خودروهای موجود به دو سوخته (بنزین / گاز طبیعی) و دوگانه سوز (گازوئیل + گاز طبیعی) و در مرحله بعدی منحصراً به گازسوز تبدیل شوند.

- خودروهای جدید به صورت منحصراً گازسوز طراحی شوند و صنعت خودروسازی و موتورسازی کشور سریعاً آماده این تحول، که نیازمند پنج سال فرصت است، شود.