3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 187

راهبرد تأمین انرژی در بخش حمل و نقل کشور

مصطفی میرسلیم

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 ونقل ایجاد خواهد کرد؟

۲- در این صورت، آیا منبع انرژی دیگری برای جایگزینی نفت وجود دارد؟

۳- آیا با توجه به وضع آیندهٔ انرژی، افزایش خودروها و شدت آلودگی محیط زیست تجدید نظر در سیاست‌های بخش حمل و نقل ضروری است؟

برای پاسخگویی به این سؤالات لازم است وضع موجود به لحاظ مصرف انرژی و خدمات بخش حمل و نقل بررسی شود وبر 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

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 188

فرآیندهای اقتصادی، اجتماعی و فنی که در آن دو یا چند متغیر برهم اثر رقابتی می‌گذارند حاکم است. برمبنای 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 نشان‌دهندهٔ اثر تبلیغ و دومی نشان‌دهندهٔ اثر احساس نیاز است.[1] اگر تعداد کسانی را که درنهایت بهره‌مند می‌شوند با a نشان دهیم، a حد اشباع نام دارد و معادلهٔ دیفرانسیل انتشار بدین‌صورت‌نوشته می‌شود:

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

(در اینجا p نشان دهندهٔ 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 برحسب t ، می‌توان چند مرحله را از هم تفکیک کرد:

الف: مرحلهٔ رشد یا آغاز فرآیند که در طول آن، سرعت تغییرات برحسب زمان کند است.

ب: مرحلهٔ اشاعه که سرعت فرآیند تند است و به حد بیشینهٔ خود می‌رسد.

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

یادآوری: کاربرد این قانون با برون‌یابی، امکان آگاهی‌یافتن ازبیست‌سال‌آینده 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 × متوسط سرانهٔ مسافت × 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 دربخش حمل و نقل متأثر از عواملی همچون آلودگی هوا، تغییرات فناوری و شیوهٔ زندگی یا توقعات مردم است.

بحران انرژی سال ۱۹۷۳

تولید نفت ارزان تا سال ۱۹۷۳ ادامه داشت. نرخ رشد سالیانهٔ 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 سالیانهٔ تولید به ۱٪ کاهش یافت.

یکی از نتایج بحران انرژی، تشکیل گروهی

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 189

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، به‌دلیل طول مدت زمان لازم برای طراحی، ساخت، تولید و تعویض موتورها و خودروهای پیشین که عمربرخی از آنها به چند ده سال می‌رسد، به‌ویژه در کشور ما که سرمایه گذاری برای خودرو همواره مفید بوده و هست.

گاز طبیعی مدت‌ها مادهٔ اولیه ارزشمندی محسوب می‌شد ولی از آن برای احتراق در موتورها یا تأمین انرژی خودروهااستفاده نمی‌شد. به‌همین دلیل رشد مصرف گاز در ابتدا روند کندی داشت. تنها برخی کشورها نظیر ایتالیا، کانادا و زلاندنو به صورت گسترده‌تر به استفادهٔ 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 عرضهٔ نفت دیگر جوابگوی تقاضای رو به افزایش آن نخواهد بود؟[۲]

آیندهٔ انرژی در جهان

روند مصرف انرژی در طول ۱۵۰ سال گذشته به‌طور متوسط، سالیانهٔ 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 دورهٔ 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 گداخت هسته‌ای و انرژی خورشیدی خواهیم رسید.

دربارهٔ 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. درحال حاضر در برخی کشورها، انرژی گاز جایگاه ویژه‌ای دارد و به تدریج به سوختی رایج تبدیل شده است.

امروزه در اروپا رشد مصرف سالیانهٔ گاز طبیعی به ۱۰/۷٪ رسیده‌است به‌طوری‌که 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، ازاین‌رو در فرآیند احتراق، بازده آن بهبود

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 190

و آلودگی آن کاهش می‌یابد(جدول شمارهٔ ۱).

با توجه به ذخایر شاخته شدهٔ نفت جهان در پایان سال ۱۹۹۹ (۱۰۳۳/۸ میلیارد بشکه) و با توجه به روند کنونی تولید نفت، می‌توان گفت که این ذخایر تاحدود ۴۱ سال دیگر پاسخگوی نیازهای بشرخواهندبود.(وزارت‌نیرو، ص.۳۱۵).

ذخایر شناخته شدهٔ گاز طبیعی جهان در پایان‌سال ۱۹۹۹،معادل ۱۴۶/۴۳ تریلیون مترمکعب بود. با توجه به روند تولید و نسبت ذخایر گاز طبیعی به‌تولیدآن، عمر متوسط ذخایر گاز حدود ۶۲ سال تخین زده می‌شود که نشانگر جایگاه برتر ذخایر گاز طبیعی در جهان است (وزارت نیرو، ص.۳۳۳).

آیندهٔ ذخایر ایران

میزان ذخایر کشف شدهٔ نفت خام کشور تا سال ۱۳۷۸ به ۸۹/۷ میلیارد بشکه بالغ می‌شد. این رقم حدود ۸/۷ درصد ذخایر کشف شده جهان

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

(بر حسب کیلوگرم)

نوع آلاینده	گاز طبیعی	گازوئیل
اکسیدگوگرد(SO2)	-	۳۰
اکسیدازت (NO2)	۶/۹	۱۳/۳
اسیدهای آلی (CH3COOH)	۱/۳	۱۳/۵
آلده‌ایدها (HCHO)	۱/۰	۱/۳
سایر مواد آلی	۱/۴	۴/۶

مأخذ: J.E.Allen

است و ایران را از لحاظ منابع نفت در ردهٔ پنجم قرار می‌دهد.

میزان ذخایر اولیهٔ گاز طبیعی کشور به ۳۵/۴ تریلیون مترمکعب و ذخایر قابل استحصال گاز طبیعی به ۲۴/۵ تریلیون مترمکعب بالغ می‌گردد که در حدود ۱۶ درصد ذخایر گاز طبیعی جهان است و ایران از لحاظ ذخایر گاز بعد از روسیه، در ردهٔ دوم قرار دارد. عمر مفید این ذخایر بیش از صد و پنجاه سال برآورد می‌شود.[۳] بنابراین گازطبیعی که درایران جایگاه ویژه‌ای دارد سهم مهمی در عرصهٔ انرژی جهان خواهد داشت.

آیندهٔ حمل ونقل جاده‌ای در دنیا

حمل ونقل 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 ۱/۱ 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 ۱/۱ 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 نقل‌اند. بنابراین جستجوی وسایل حمل و نقل

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 191

جدید قطعی است. به عنوان مثال قطارهای سریع‌السیر (با سرعت بیشینهٔ پانصد کیلومتر در ساعت)، وسایل متحرک مجهز به تعلیق مغناطیسی (مگلو Magnetically levitated)، توسعهٔ بزرگراه‌ها برای افزایش سرعت متوسط خودروها و طراحی خودروهای سریع، از جملهٔ این تمهیدات محسوب می‌شوند. تعداد کل خودروهای سواری جهان به حد اشباع ۵۷۵ میلیون دستگاه نزدیک می‌شود.[۴] با بررسی مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، جهانی و با پیش‌بینی آینده بر مبنای دو فرض رشد کم و زیاد تعداد خودروها، به‌این نتیجه‌می‌رسیم‌که حاصل جمع مصرف نفت در بخش حمل و نقل، کمبود آن را به‌طور جدی برای آینده مطرح خواهد کرد. در بررسی آینده باید به چند عامل توجه داشت:

الف- سهم سالیانهٔ 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 غیرمحتمل 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 به‌موضوع مهم مصرف مخصوص وسایل‌نقلیهٔ مختلف، با توجه به نرخ متوسط اشغال اشاره شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در استفادهٔ شهری گران‌ترین وسیلهٔ حمل و نقل خودرو سواری شخصی و ارزان‌ترین آن راه آهن شهری است و در استفادهٔ بین شهری گران‌ترین وسیله هواپیما و ارزان‌ترین آن قطار است. پس بزرگترین بازده و طولانی‌ترین عمر و کمترین آلودگی نسبی متعلق به راه‌آهن و قطار است و اگر سرعت و رفاه به آن اضافه شود، با وجود جذابیت‌هایی که وسیلهٔ نقلیهٔ شخصی دارد بهترین وسیلهٔ حمل‌ونقل خواهد بود. با بررسی روند مصرف وعرضهٔ نفت خام، به نظر می‌رسد که درسال ۲۰۵۰ نفت خام به تنهایی جوابگوی مصرف حمل و نقل نخواهد بود. بنابراین یافتن منبع جایگزین ضروری‌است. 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 برخی‌از آن روش‌ها هزینه‌های گزافی را ایجاب می‌کند. شرکت تولسا (Syntroleum Corporation of Tulsa Oklahama) با اتخاذ روش‌های جدید، هزینهٔ 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 ۲۸۳/۲ مترمکعب گاز (معادل ۱/۷۲ 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:

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 192

مرحلهٔ اول تبدیل گاز طبیعی به گاز مصنوعی (Syngas) و مرحلهٔ دوم استحصال هیدروکربن‌های مختلف، ازت، آب، CO_2 و حرارت است.(۵)

آیندهٔ حمل و نقل جاده‌ای درایران

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 سالانهٔ مشتری‌های خودروهای ساخته شده درنهایت 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 سالیانهٔ خودروهای تولیدی در سال ۱۳۷۸ حدود ۵۰٪ بیش از حد قبلی بوده است و افزایش تعداد مشتری‌ها به بیش از آن مستلزم عرضهٔ تولیدات متنوع و جدیدتر خواهد بود.(۶)

این تعداد خودرو که شامل انوع سواری، دوچرخه، باری سبک و سنگین و خودروهای عمومی نیز می‌شود، نشان‌دهندهٔ نیاز امروز کشور در بخش حمل ونقل و اهمیت آیندهٔ آن است. تاکنون سیاستی در تعیین سهم بهینهٔ هر یک از روش‌های حمل ونقل وجود نداشته است و عمدتاً حمل و نقل جاده‌ای و خودرو شخصی وجه غالب را پیدا کرده است. که نتیجهٔ آن اسراف در مصرف سوخت، آلودگی شدید مناطق شهری و گستردگی حوادث رانندگی است (جدول شمارهٔ 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 سهمیهٔ تولید نفت خام کشور حتی جوابگوی نیاز بخش حمل و نقل هم نخواهد بود. بنابراین تغییر وضع موجود که ادامهٔ آن به ازبین 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 یارانهٔ سوخت اعمال شده و قیمت عرضهٔ فرآورده‌های نفتی، به ویژه بنزین و گازوییل، افزایش یافته است، تعدیل شده و

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 193

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 ارائهٔ 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 عرضهٔ گاز طبیعی خواهد بود. روند رو به افزایش مصرف گاز طبیعی، به ویژه پس از پایان جنگ تحمیلی، نیز 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، باوجود سابقهٔ ۲۵ سالهٔ کاربرد آن در کشور ما همانا عدم بررسی علمی و فنی استفاده از روش گازسوزکردن و اتکا به روش‌های کارگاهی بدون پشتوانهٔ پژوهشی است. به‌علاوه فقدان شبکهٔ گسترده و مطمئن توزیع و عرضهٔ سوخت گازی، مانع مهم دیگری‌در رواج‌کاربردهمگانی خودروهای گاز سوز بوده است.

آلودگی هوا

سوخت‌های فسیلی آلاینده‌های فراوانی ایجاد

جدول ۲- شاخص تعداد کشته در سال ۱۳۷۷

به یک صد میلیون وسیلهٔ نقلیه /کیلومتر طی شده

ردیف	نام کشور	تعداد کشته	وسیلهٔ نقلیه /کیلومتر طی شده (میلیارد)	تعداد کشته به‌یکصدمیلیون وسیلهٔ 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	کره‌جنوبی	۱۰۰۸۷	۱۶۰	۶/۳
۸	تایلند	۹۴۹۶	۷۰	۱۳/۶
۹	ایران	۱۴۷۸۹	۹۸	۱۵

مأخذ: وزارت راه و ترابری

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 194

می‌کنند که CO, CO_2, SO_2, NO_2, HC، مواد جامد، و اکسایندهای 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.(۷)

جو زمین بسیار گسترده و سرانهٔ آن به ازای هرنفر، یک میلیون تن هواست. هر نوع سوخت در اثر احتراق مقدار مشخصی CO_2 ایجاد می‌کند. برای مثال از هر تن زغال سنگ و یا نفت به ترتیب ۳/۵ و ۳ تن CO_2 و از هر هزار مترمکعب CH_4 حدود ۲ تن CO_2 متصاعد می‌شود. از احتراق هیدروژن، بخار آب و مقدار کمی هم NO_2 ایجاد می‌شود. یادآوری می‌شود که پدیدارشدن اثر گلخانه‌ای تا ۵۰٪ وابسته به مقدار CO_2 پخش شده در جو است.

درجدول‌شمارهٔ 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 ۲۰/۶ میلیون تن بوده است که ۷/۷ میلیون تن آن به زغال سنگ، ۹/۳ میلیون تن به نفت و فقط ۳/۶ میلیون تن آن به گاز طبیعی برمی گردد.

اگر روند موجود ادامه یابد مقدار CO_2 تولیدی به ۴۷ میلیون تن در سال ۲۰۵۰ بالغ خواهد شد که آثار مخربی در پی خواهد داشت. در این جدول سه حالت دیگر نیز مطرح شده است، یکی رشد مصرف انرژی بر مبنای سیاست توسعهٔ پایدار که مقدار CO_2 را در سال ۲۰۵۰ به ۳۵ میلیون تن می‌رساند؛ دیگری سیاست بیشینهٔ هسته‌ای است که به دلیل مسائل ایمنی غیرمحتمل است ولی مقدار CO_2 پخش شده را به سه میلیون تن در سال تقلیل می‌دهد. برای مقایسه، ارقام حالت مصرف ثابت (بدون رشد) بر مبنای داده‌های سال ۱۹۹۰ نیز اضافه شده است. اگر مصرف انرژی به اتکای سیاست توسعهٔ پایدار که دربرگیرندهٔ مقررات زیست‌محیطی است در نظر گرفته شود نتیجه می‌گیریم که نسبت مصرف نفت از ۳۹٪ به ۷٪ در سال ۲۰۵۰ تقلیل می‌یابد و نیز نسبت مصرف زغال سنگ از ۲۸٪ به ۷٪ کاهش می‌پذیرد ولی نسبت مصرف گاز طبیعی از ۲۲٪ وضع موجود به ۵۶٪ در سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد.(۸)

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 برمبنای: - روندموجود ۲۰/۶		**۲۸/۳**	**۴۲/۶**	**۴۷**	**۳۳**
- روند پایدار			۳۱	۳۵	۲۵
- بیشینهٔ هسته‌ای			۲/۵	۲	۱
- مصرف ثابت سال ۱۹۹۰			۱۸	۱۷	۱۵

مأخذ: J.E.Allen

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 195

گازطبیعی است. روندتغییرمنابع انرژی در جهان از ۱۵۰ سال گذشته به امروز نشان می دهد که با گذار از مصرف چوب به زغال سنگ و نفت و بالاخره گازطبیعی، به تدریج شدت زغال از ۱/۲۵ به ۰/۶۴ تن کربن برای هرتن معادل نفت سوخت مصرفی کاهش یافته است. این امر ناشی از افزایش نسبت تعداد اتم های هیدروژن به تعداد اتم های کربن (زغال) در سوخت های گازی در مقایسه با سوخت های مایع و جامد است.

با بررسی داده های آماری نتیجه می شود که نسبت فرآورده های نفتی بخش حمل و نقل به کل فرآورده های 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_2 تولیدشده منتسب به بخش ترابری از ۱۶٪ به ۱۳٪ بافرض رشد کم وبه ۲۱٪ با فرض رشد زیاد خواهد رسید که غیر منطقی بودن ادامهٔ روند استفاده ازفرآورده های نفتی و نفت مصنوعی (ناشی ازتبدیل گاز طبیعی) را اثبات می کند.

وضعیت خودروها وآلودگی هوا در تهران

جمعیت تهران از حدود هفت صدهزار نفر در سال ۱۳۲۰ به حدود هفت میلیون نفر در سال ۱۳۷۹ افزایش یافته است.[۹] در ابتدای سال ۱۳۷۸ تعداد کل خودروها در این شهر حدود ۲,۴۷۰,۰۰۰ دستگاه بود که ۱,۳۲۰,۰۰۰ دستگاه آن‌راخودروی سواری تشکیل می داد.[۱۰] 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 گاز کربنیک در سال می شود. حمل و نقل تهران به تنهایی معادل دو برابر سرانهٔ کشورهای جهان سوم کربن تولید می کند. بیش از ۸۰٪ خودروها ساخت داخل کشورند و تعداد زیادی از آنها متعلق به دههٔ ۵۰ شمسی بوده و از فناوری های قدیمی برخوردارند. بیشترین مقدار بنزین مصرفی، بنزین معمولی و از نوع سرب دار است. مقدار ترکیبات حلقوی بنزین های بدون سرب نیز زیاد است.

انتشار سالانهٔ گاز گلخانه ای CO_2 که نیمی از آن مربوط به بخش حمل و نقل می باشد 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 می شود که مرگ و میر ناشی از بیماری های قلبی ناشی از آلودگی هوا در حدود ۶۲ مورد در هر صدهزار نفر ساکنان مناطق شهری باشد. مقدار سرطان نیز بالغ بر ۵۲ مورد از هر صدهزار نفر ساکنان شهری است. بر مبنای جمعیت ۷/۵ میلیون نفری تهران در سال ۱۳۹۴، برآورد می شود که انتشار آلاینده ها موجب افزایش میزان مرگ و میر ناشی از بیماری های قلبی و سرطان به ترتیب به ۴۶۵۰ و ۳۹۰۰ نفر در سال برسد.

تعداد خودروهای کشور و مصرف سوخت آنها نیز در جدول شمارهٔ ۴ آمده است.

وضع خطرناک آلودگی ها به ویژه در تهران و شهرهای بزرگ کشور، بررسی تغییراتی، از جمله تغییر نوع سوخت از فرآورده های نفتی به گاز طبیعی را ضروری می نماید.

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 196

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
جمع	**۳,۵۲۸,۵۶۶**			۴۲,۲۰۱,۵۶۶
مینی بوس	۹۱,۲۳۷	گازوییل		
کامیونت	۴۸,۴۲۶			
اتوبوس	۴۳,۸۴۰			
کامیون	۲۱۷,۲۵۱			
کشنده	۶۰,۰۲۷			۶۳,۸۰۰,۰۰۰
جمع	**۴۶۰,۷۸۱**			**جمع**

مأخذ: وزارت نفت

نوآوری‌ها

الف- هیدروژن مایع

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 برای تأمین و توزیع هیدروژن مایع است.

در این راه‌حل هیدروژن محصول تجزیهٔ آب با استفاده از فرآیندهای گرما شیمیایی در ۷۰۰°C از انرژی خورشیدی یا برق آبی و یا گاز طبیعی است.[۱۲] تاکنون از هیدروژن مایع با موفقیت در صنایع هوا - فضا استفاده شده است ولی استفاده ازهیدروژن درحمل ونقل جاده‌ای حتی با به‌کارگیری هیدریدها رواج نیافته است.

البته‌باتوجه به‌این‌که به کارگیری هیدروژن در برگیرندهٔ تولید CO_2 نیست، از لحاظ زیست

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 197

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 زغال‌سنگ درحدود پنج هزار ژیگاتن است که می‌تواند به‌عنوان 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 شدهٔ نفت خام می‌توان استفاده برد. مقدار ذخایر آن بسیار زیاد است، اما استخراج آن گران تمام می‌شود.

ج- انرژی فضایی

طرح ماهوارهٔ 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 CO_2 تولید نمی‌شود ولی خطر صدمات امواج کوتاه پرقدرت وجود دارد.

د- گداخت

فناوری گداخت هسته‌ای شناخته شده است و تحقیقات آن ادامه دارد. آیندهٔ این روش مبتنی بر تولید پلاسمایی به دمای یک میلیون درجه است. به‌نظر نمی‌رسد این روش زودتر از ۳ سال دیگر عملیاتی شود. ساخاروف درسال ۱۹۴۰ روش دیگری را پیشنهاد داد که با آن، کار گداخت در ۷۰۰°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.

هـ- مگلو

روش تعلیق مغناطیسی (magnetic levitation) که نیازمند چرخ نیست و سرعت آن به ۶۰۰km/h می‌رسد، در آلمان دردست آزمایش است. ژاپن و آمریکا نیز در این زمینه فعال‌اند. البته راه‌اندازی این وسیله تقریباً روی خط مستقیم میسر است و لذا ساخت ابنیهٔ 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 شیوهٔ شتاب‌گیری ثابت، فاصلهٔ بن تا برلن را می‌توان در ده دقیقه طی کرد. (۵۰۰ کیلومتر با شتاب ثابت ۰/۵g).

و- مخابرات

به نظر می‌رسید توسعهٔ 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

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 198

و انگلستان نیز به‌دست آمده است. تبلیغات شرکت‌های مخابراتی دربارهٔ مکاتبات رایانه‌ای، خریدهای سفارشی خدمات بانکی و... بسیار گسترده است. برآوردهای اخیر در دانمارک نشان می‌دهد که پیشرفت‌های مخابراتی فقط به اندازه ۱/۶٪ بر کاهش سفرهای مرکوب اثر داشته است.[۱۳]

فرجام

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

الف- منابع انرژی

عمر مفید مخازن نفتی رو به پایان است و ادامهٔ روند موجود ما را به بحران نفت نزدیک خواهد کرد و به‌ویژه 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 تهیهٔ 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 رسیده‌است. ازدحام جمعیت و خودروها به آسایش عمومی لطمه وارد آورده است. البته تأمین خودروی شخصی به عنوان وسیلهٔ رفاهی و ابزار شخصی برانگیزهٔ با دوامی استوار است ولی سیاست مبتنی بر آن پایدار نیست.

شهرسازی و راه‌سازی نظام جدیدی را بر زندگی اجتماعی تحمیل کرده که در آن محور اصلی، به جای انسان، خودرو است. جستجوی رفاه و سرعت در خودروها روند مثبتی داشته و به تنوع طلبی دامن زده است.

ج- آلودگی

گرمایش عمومی جو با توجه به افزایش غلظت CO_2 در جو و گسترش اثر گلخانه‌ای تهدیدآمیز است[۱۴]؛ افزایش بیش از حد غلظت آلاینده‌ها در بسیاری موارد وضعی هشدار برانگیز و حتی خطرناک یا فوق‌العاده خطرناک را به‌وجود آورده است. در بسیاری از شهرهای جهان اعمال مقررات توانسته است آلودگی‌ها را کاهش دهد و شرایط رابه سمت تعادل بازگرداند ولذا نمی‌توان از سیاست توسعهٔ پایدار عدول کرد.

پیشنهادها

با استفاده از شناخت علمی گسترده و تجربهٔ گرانبهایی که در جهان به دست آمده و با توجه به نتیجه‌گیری‌ها، پیشنهادهایی ارائه می‌گردند که می‌توانند به‌عنوان‌راهبرد درمدنظرقرار گیرند:

الف- اقتصاد

- تغییرقیمت عرضهٔ سوخت‌به سمت ارزش واقعی‌آن،موجب کاهش اسراف می‌شود، هرچند به‌صورت 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

3-pgo2-20.qxd 9/11/01 12:57 PM Page 199

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

ب- منابع انرژی

- تغییر تدریجی نفت به گاز طبیعی چارهٔ نیازهای قرن آینده است. فعالیت های اکتشاف و استخراج و پالایش و انتقال و توزیع گاز طبیعی باید به صورت مدبّرانه گسترش یابد تا سرعت تغییر از نفت به گاز طبیعی کند نشود.
- راه حل های اقتصادی تر برای تبدیل گاز طبیعی به نفت مصنوعی جستجو شود تا آینده نیازهای ترابری هوایی تضمین شود.
- تحقیق برای تسلط به دانش فنی به کارگیری سوخت های تجدیدپذیر وپاک به صورت مطمئن و ایمن ادامه یابد.

ج- حمل ونقل

- سیاست توسعهٔ ترابری مبنی بر حمل و نقل عمومی تدوین شود.
- بازده خدمات حمل ونقل درهمهٔ زمینه ها 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 (گازوییل + گاز طبیعی) و درمرحلهٔ بعدی منحصراً به گازسوز تبدیل شوند.
- خودروهای جدید به صورت منحصراً گاز سوز طراحی شوند و صنعت خودروسازی و موتورسازی کشور سریعاً آماده این تحول، که نیازمند پنج سال فرصت است، شود.

د- آلودگی

- مقررات زیست محیطی مناسب شرایط منطقه‌ای درکشور تدوین و حدود مجاز آلاینده ها تعریف شود.
- اجرای مقررات جدی گرفته شود و با معاینهٔ 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 حل ها متعهد گردند.

پانوشت ها

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 ویژهٔ دومین نمایشگاه بین المللی خودرو، تیر ۱۳۷۹، ص ۶.

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

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

۹. مرکزآمار ایران، **نماگرهای جمعیتی ایران** ۷۵- ۱۳۳۵، ص ۱۴.

۱۰. **گزارش مدیریت برنامه ریزی تلفیقی شرکت ملی پالایش و بُخش 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.