

## نگاهی به آینده‌ی صنعت جهانی انرژی در افق ۲۰۶۰

روح‌اله کهن‌هوش نژاد، دانشگاه امام صادق (ع)

### چکیده

صنعت جهانی انرژی در افق ۲۰۶۰ با رشد کمتر (اشتغال ناشی از کاهش جمعیت)، پیشرفت رادیکال فن‌آوری‌های جدید و چالش‌های زیست‌محیطی شدیدتر مواجه است. بسته به اینکه جهان چگونه از طریق مکانیسم‌های سیاستی و بازاری با رشد اقتصادی، بهره‌وری و چالش اقلیمی مواجه شود چنین روندهایی می‌تواند منجر به آینده‌های محتمل متفاوتی شود. جاز، سمفونی و راک به‌عنوان سناریوهای شورای جهانی انرژی (WEC)<sup>۱</sup> برای ترسیم آینده‌ی صنعت جهانی انرژی هستند. نتیجه‌ی سناریوی جاز در سال ۲۰۶۰، جهانی با مجموعه‌ای از سیستم‌های انرژی تاب‌آور و کم‌کربن‌تر است. در سناریوی سمفونی تا سال ۲۰۶۰ جهان به هماهنگی رسیده و به‌سمت سیستم انرژی تاب‌آور، یکپارچه، جهانی و کم‌کربن رفته است. نتیجه‌ی سناریوی راک در سال ۲۰۶۰، جهانی از هم‌گسیخته، با مجموعه‌ی متنوعی از پیامدهای انرژی و اقتصادی است. مکانیسم‌های سیاستی متمایز و روندهای رشد اقتصادی در جاز، سمفونی و راک به تنوع گسترده‌ای در ترکیب منابع مورد استفاده برای برآوردن تقاضای انرژی منجر می‌شود.

### اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۱/۲۴

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۲/۱۳

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۰۲/۲۷

### واژگان کلیدی:

صنعت جهانی انرژی، سناریو، جاز، راک، سمفونی

### مقدمه

بخش انرژی جهان در یک نقطه‌ی گذار قرار دارد و با طیفی از چالش‌های روبه‌رشد مواجه است. مطابق توافق‌نامه‌ی تغییرات اقلیمی سال ۲۰۱۵ (COP 21)<sup>۲</sup> کشورها متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تمرکز مجدد بر کربن‌زدایی از بخش انرژی شده‌اند. به‌علاوه جهت برآوردن تقاضای جهانی روبه‌رشد برای انرژی در بسیاری از اقتصادهای در حال ظهور، باید خدمات انرژی گسترش یابد و برای بیش از یک میلیارد نفر امکان دسترسی به خدمات نوین انرژی فراهم شود. هم‌زمان با تحول بازارها و گسترش زیرساخت انرژی، امنیت و پایداری زیست‌محیطی انرژی باید در شرایط افزایش ریسک‌ها و چالش‌های تاب‌آوری<sup>۳</sup> حفظ و تقویت شود.

در این راستا بررسی‌های زیادی توسط مراکز پژوهشی انجام شده است. سازمان‌ها، نهادها و شرکت‌های بزرگ چندملیتی هم‌ساله نسبت به روزآمدسازی برآوردهای بلندمدت خود از وضعیت کلان انرژی در سطح جهان اقدام می‌کنند که از این میان می‌توان به گزارش‌های آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)<sup>۴</sup>، اداره‌ی اطلاعات انرژی آمریکا (EIA)<sup>۵</sup>، شرکت‌های اکسون موبیل<sup>۶</sup> و بی‌پی<sup>۷</sup> اشاره کرد. اما یکی از بهترین مطالعات، مطالعات جامع سناریونگاری انرژی طی ده سال گذشته توسط شورای جهانی انرژی با مشارکت کارشناسان بیش از یکصد کشور انجام شده است. مقاله‌ی حاضر به‌دنبال واکاوی آینده‌ی صنعت جهانی انرژی در افق ۲۰۶۰ با تأکید بر جدیدترین گزارش‌های شورای جهانی انرژی است. بنابراین در ابتدا عواملی که طی دوره‌ی ۱۹۷۰-۲۰۱۵ انرژی جهان را شکل دادند بررسی شده و سپس واکاوی عواملی که به‌نظر می‌رسد طی سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۵ صنعت جهانی انرژی را شکل خواهند داد بررسی می‌گردد. در ادامه نیز آینده‌ی

**۱- عواملی که صنعت جهانی انرژی را شکل دادند (۲۰۱۵-۱۹۷۰)**  
در این بخش نگاهی به عوامل تاریخی عرضه و تقاضای انرژی جهانی طی بازه‌ی ۲۰۱۵-۱۹۷۰ می‌اندازیم. علت انتخاب این بازه زمانی آنست که طول ۴۵ ساله‌ی آن بوده که با دوره‌ی زمانی آتی (۲۰۶۰-۲۰۱۵) برابر است. در این بررسی بر سه عامل رشد جمعیت و نیروی کار، فن‌آوری‌های جدید و بهره‌وری و اولویت‌های زیست‌محیطی تأکید می‌کنیم.

بازه‌ی ۱۹۷۰-۲۰۱۵ دوره‌ای با رشد اقتصادی جهانی قابل توجه بود؛ تولید ناخالص داخلی جهانی ۴/۴ برابر شد (رشد سالیانه ۳/۳ درصد داشت) [۱]. رشد زیاد جمعیت، از ۳/۷ میلیارد نفر در سال ۱۹۷۰ به ۷/۴ میلیارد در ۲۰۱۵ [۲] و رشد نیروی کار با نرخ سالیانه ۱/۷ درصد نیز سریع بوده است [۱].

طی این مدت سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD) گرایشی به‌سمت مصرف انبوه و داشتن طبقه‌ای متوسط با رشد سریع را تجربه کرد. از دهه‌ی ۸۰ کشورهای غیر OECD (به‌خصوص چین و هند) رشد جمعیت سریع و توسعه‌ی اقتصادی مشابهی داشتند. اصلاحات اقتصادی چین در اواخر دهه‌ی ۷۰ و آزادسازی اقتصاد هند در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ به موج بلندی در نرخ‌های سالیانه‌ی توسعه‌ی اقتصادی منجر شد که تا قبل از آن سابقه نداشت. نتیجه این‌که یک طبقه‌ی متوسط بزرگ شروع به ظهور کرد که برای رسیدن به سبک زندگی انرژی‌بر کشورهای

\* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (kohan3@gmail.com)

OECD تلاش می‌کرد [۳].

بهره‌وری زیاد با نرخ رشد سالیانه ۱/۷ درصد طی این دوره پشتیبان رشد اقتصادی بوده است. استفاده‌ی گسترده از فن‌آوری و سرمایه‌گذاری‌های فراوان عوامل مهم در این عملکرد هستند. در بعضی کشورها مانند چین، در سه دهه‌ی گذشته میانگین این سرمایه‌گذاری بیش از ۴۰ درصد GDP بوده است [۱].

چنین فن‌آوری‌هایی شامل فن‌آوری‌های صنعتی و از دهه‌ی ۸۰ ابزارهای اطلاعاتی، محاسباتی و ارتباطی جدید می‌شد. افزایش سریع استفاده از اینترنت از سال ۱۹۹۰ و گوشی‌های هوشمند در دهه‌ی گذشته، اقتصادهای در حال توسعه و در حال ظهور را قادر کرده راه‌های سنتی توسعه را با جهش طی کنند و گذار اقتصادی سریع‌تری را تجربه نمایند. قابل ذکر است که اقتصادهای تولیدی صادرات‌محور در چین، هند و سایر کشورهای در حال توسعه‌ی آسیا بسیار سریع‌تر از کشورهای OECD توسعه یافتند [۳].

دو برابر شدن جمعیت و رشد اقتصادی سریع، تقاضای انرژی طی این دوره را ۲/۶ برابر کرد که بیشتر از جانب کشورهای غیر OECD بوده است. با این وجود با افزایش درآمدهای سرانه به حدود ۳۰ هزار دلار، کشورها بلوغ اقتصادی و به‌دنبال آن افت سرانه‌ی تقاضای انرژی را تجربه می‌کنند. در سطح جهانی، تقاضای انرژی به‌مرور کاهش را از رشد GDP جدا می‌کند؛ طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۷۰ شدت انرژی سالیانه ۰/۹ درصد کاهش یافته است. این موضوع تا حدودی ناشی از تغییر در GDP به‌سمت خدمات و بلوغ تقاضا در کشورهای OECD است. اما بهبود فن‌آوری مانند توربین‌های گازی سیکل ترکیبی، ارتقاء کارخانه‌های قدیمی ناکارآمد و بازدهی‌های بیشتر در استفاده‌ی نهایی انرژی نیز عوامل قابل توجهی هستند [۴].

طی این مدت در نتیجه‌ی کاهش سهم سوخت فسیلی در انرژی اولیه از ۹۴ به ۸۶ درصد و همچنین سهم روبه‌افزایش گاز طبیعی بین سوخت‌های فسیلی که گازهای گلخانه‌ای (GHG) کمتری در مقایسه با نفت و زغال سنگ منتشر می‌کند مقدار کربن در اقتصاد جهانی سالیانه حدود ۱/۱ درصد کاهش یافته است [۴].

از دهه‌ی ۷۰ میلادی نگرانی‌های زیست‌محیطی به‌شدت در رویه‌های کاری ملی و جهانی افزایش یافته است. توسعه‌ی پایدار در اواخر دهه‌ی ۸۰ و همچنین تغییر اقلیم، با تأسیس هیأت بین‌دولتی در مورد تغییر اقلیم<sup>۹</sup> در ۱۹۸۸ مورد توجه قرار گرفت. COP1 در سال ۱۹۹۵ برگزار شد و پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ به بحث گذاشته شد. اگرچه تمامی کشورهای آماده‌ی متعهد شدن نبودند اما بسیاری توانستند با موفقیت انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند و در کربن‌زدایی از طریق توسعه‌ی برق هسته‌ای، کاهش مصرف زغال‌سنگ (تا حدی به‌دلیل جایگزینی گاز) و اخیراً گسترش پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر و استفاده از خودروها و فن‌آوری‌های

برق گرمایی کارآمدتر پیشرفت کنند.

در COP21 در سال ۲۰۱۵ دولت‌ها برای محدود کردن افزایش دمای میانگین جهانی به کمتر از ۲°C بیش از سطح پیشاصنعتی و اتخاذ تلاش‌هایی برای محدود کردن افزایش دما به ۱/۵°C توافق کردند. با اجرای این تعهدات، چگونگی و زمان انجام آنها اثر قابل توجهی بر آینده‌ی تقاضای انرژی و ترکیب انرژی خواهد داشت.

طی دوره‌ی ۲۰۱۵-۱۹۷۰ مسائل سلامت عمومی مربوط به صنعت انرژی نیز در معرض توجه بود. سرب در بنزین، اکسید نیتروژن از خودروهای دیزلی، ذرات ریز از سوزاندن کربن و استفاده‌ی خانگی از سوخت‌های جامد در مناطق روستایی، آگاهی عمومی نسبت به اثر صنعت انرژی بر سلامت را افزایش داده است. در نتیجه‌ی تعداد کمی از رویدادهای شناخته‌شده و معروف، عموم مردم در بسیاری از کشورها در مورد برق هسته‌ای بسیار محتاط و هوشیار شده‌اند [۴].

## ۲- عواملی که صنعت جهانی انرژی را شکل خواهند داد (دوره‌ی ۲۰۶۰-۲۰۱۵)

بسیاری متخصصان از سرعت تغییر در سه سال گذشته (به‌خصوص انقلاب نفت شیل آمریکا) پیشرفت‌ها و کاهش هزینه‌های فن‌آوری خورشیدی، ژئوپلتیک در حال تغییر خاورمیانه و تکامل تولید و سیستم‌های توزیع شده شگفت‌زده بوده‌اند. آنها انرژی خورشیدی، الکترونیامیک، شبکه‌های هوشمند ذخیره و دیجیتال شدن را به‌عنوان فن‌آوری‌های برافکن توصیف می‌کنند که احتمالاً می‌توانند مدل‌های موجود کسب و کار و تمامی سیستم‌ها را هم در تأمین برق و هم در حمل و نقل بی‌اعتبار کنند. از نظر این گروه صاحب‌نظران تعدادی از عوامل کلیدی و حیاتی برای آینده‌ی سیستم‌های انرژی شامل مدیریت پیچیدگی و عدم قطعیت، جمعیت‌شناسی، اقتصاد جهانی، تغییر اقلیم، ساختارهای بازار و نوآوری فن‌آورانه می‌شوند. این مسائل نقطه‌ی تمرکز تحقیقات اولیه در مورد آینده‌ی محتمل انرژی شدند [۴]. مثل بخش قبلی تمرکزمان بر سه عامل رشد جمعیت و نیروی کار، فن‌آوری‌های جدید و بهره‌وری و اولویت‌های زیست‌محیطی است.

جمعیت جهان از ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۵ دوبرابر شده و از ۳/۷ به ۷/۴ میلیارد نفر رسیده است. بر اساس گزارش سازمان ملل، رشد جمعیت جهانی به‌دلیل نرخ کمتر باروری کندتر خواهد شد. تا سال ۲۰۶۰ انتظار می‌رود جمعیت به حدود ۱۰/۲ میلیارد برسد. این رشد در حال کند شدن به رشد بسیار کمتر نیروی کار نسبت به آنچه در ۴۵ سال گذشته شاهد بوده‌ایم و همچنین انقباض واقعی نیروی کار در کشورهایی مانند چین، ژاپن، کره‌ی جنوبی، روسیه و بیشتر حوزه‌ی یورو تبدیل می‌شود. در حالی که جوامع پیر می‌شوند و میانگین رشد نیروی کار تنها ۴۰ درصد نرخ تاریخی آنست بسیاری از جوامع مجبور خواهند شد ساختار خود را از اساس تغییر دهند. به‌دنبال آن اثرات منفی بر نرخ رشد اقتصادی،

بزرگ به پیش می‌رانند از آنچه طی ۴۵ سال گذشته به کار رفته بسیار متفاوت خواهند بود [۶].

### ۳- سناریوهای شورای جهانی انرژی

همان‌طور که اشاره شد مطالعات جامع سناریونگاری انرژی طی ده سال گذشته توسط شورای جهانی انرژی با مشارکت کارشناسان بیش از یک‌صد کشور انجام شده است. این پیش‌بینی‌ها بر این فرض استوار است که سیاست‌های جهانی انرژی اهداف سه‌گانه 'عدالت انرژی، امنیت انرژی و سازگاری زیست‌محیطی را دنبال خواهند کرد. پیش‌بینی‌های قبلی شورای جهانی انرژی از دورنمای انرژی در افق ۲۰۵۰ تحت دو سناریوی جاز و سمفونی انجام شده بود. در حالی که سناریوی جاز بر عدالت انرژی با اولویت دسترسی آسان و ارزان‌همگانی به انرژی از طریق رشد اقتصادی تأکید داشت سناریوی سمفونی بر سازگاری انرژی و محیط‌زیست با محوریت سیاست‌ها و اقدامات هماهنگ بین‌المللی استوار بود [۶].

در گزارش‌های جدید شورای جهانی انرژی، این سناریونگاری بر سه سناریوی جاز، راک و سمفونی استوار شده است برای القای حسی از فضای هر سناریو اسامی سناریوها از ژانرهای موسیقی انتخاب شده‌اند. بنابراین هر عنوان موسیقایی معنایی از جهانی را که توصیف می‌کند به ذهن می‌آورد. جاز موسیقی فردگرایی بی‌حد و حصر است و اما نمی‌توان به‌تنهایی یک سمفونی را نواخت و این کار به یک ارکستر نیاز دارد. راک تجلی استقامت روح در مواجهه با زمان‌های دشواری است.

### ۴- جاز

در جاز، جهان رقابتی است و با مکانیسم‌های بازار، زمینه‌ی انرژی و اقتصادی بسیار پیچیده و پرسرعتی شکل می‌گیرد که به‌دلیل نوآوری‌های سریع فن‌آوری پیوسته در حال تغییر و تحول است. افزایش جهانی شدن و ادامه‌ی نفوذ فن‌آوری‌های دیجیتال به بازار جدیدی در تمامی صنایع ختم می‌شود که بهره‌وری زیاد و رشد اقتصادی شدید را به دنبال دارد. در این سناریو زندگی به سبک شهری، متحرک و بسیار وابسته به فن‌آوری است. مردم در هر منطقه‌ای بیش از پیش به یکدیگر و به خانه‌ها و اداراتشان پیوسته‌اند.

فن‌آوری‌های در حال ظهور برای سیستم‌های انرژی فوق‌العاده برافکن هستند و به تنوع‌بخشی قابل توجه انرژی اولیه منجر می‌شوند. در حمل و نقل، نفوذ گاز طبیعی و خودروهای الکترونیک به ترکیب متنوع سوخت منجر می‌شود. انتقال فن‌آوری و نوآوری بدین معناست که آفریقا و هند می‌توانند به‌صورت جهشی از مراحل کربن‌بر توسعه‌ی اقتصادی عبور کنند. صنایع همگانی مجبور هستند با الگوهای تقاضای در حال تغییر سازگار شوند و مدل‌های کسب و کار جدیدی به کار ببنند [۳].

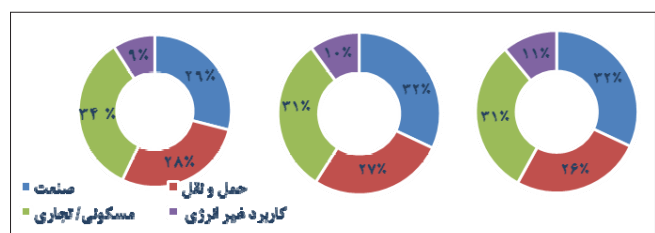
سرمایه‌گذاری و الگوهای مصرف نیز اتفاق می‌افتد که طبیعتاً پیامدهایی برای بخش انرژی خواهد داشت [۲].

فن‌آوری‌های جدید (از جمله ادغام کامل فن‌آوری‌های اطلاعات، فن‌آوری حس‌گرها و ارتباطات، اتوماسیون، فن‌آوری‌های با بهره‌وری بیشتر و فن‌آوری‌های سلامت) پتانسیل شکل دادن دوباره به گزینه‌های اقتصادی و اجتماعی را خواهند داشت. سرعت توسعه‌ی فن‌آوری‌های جدید با نرخ‌ی‌نمایی همچنان افزایش خواهد یافت. هزینه‌های فن‌آوری افت می‌کند و آنها همه‌جا در دسترس قرار می‌گیرند. به‌علاوه اثر ترکیبی این فن‌آوری‌ها، محیطی برای تغییر اساسی خلق می‌کند. مثلاً خودروهای برقی بدون راننده به‌سرعت در حال تبدیل شدن به واقعیت هستند.

وقتی این فن‌آوری‌ها به بلوغ می‌رسند، ترکیب می‌شوند و در کل اقتصاد به کار می‌روند و در وسیع‌ترین سطح شاهد تغییرات عمده در صنعت انرژی خواهیم بود. این تغییرات عبارتند از [۵]:

- شهرهای هوشمند در جهانی که ۷۰ درصد آن تا سال ۲۰۶۰ شهری شده است
  - اتوماسیون، هوش مصنوعی و رباتیک
  - افزایش بهره‌وری دیجیتالی
  - کارآمدی انرژی و رفتار سمت تقاضا
  - نوآوری حمل و نقل خودکار و بدون کربن
  - شبکه‌ی ذخیره‌ی یکپارچه و انرژی بادی و خورشیدی
  - خودروهای برقی
- به‌طور خلاصه فن‌آوری‌های غالبی که صنعت انرژی را در گذار

پیامدهای جاز برای صنعت جهانی انرژی [۳]
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ سبک‌های زندگی و اقتصادها تقاضای انرژی بیشتری دارند</li> <li>■ افزایش بازدهی رشد مصرف را در حد متوسطی نگه می‌دارد</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ بازارهای نقدینه</li> <li>■ ساختارهای بازار</li> <li>■ افزایش انرژی توزیع شده</li> <li>■ افزایش تجارت LNG</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ نفوذ مصرف‌کننده‌ی محور انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>■ افزایش عرضه‌ی گاز</li> </ul>
<p>عرضه‌ی انرژی اولیه</p>



۱ | مصرف‌نهایی انرژی به تفکیک بخش در سناریوی جاز (از چپ به راست):  
 ۲۰۱۴ (۹۳۹۵ میلیون تن معادل نفت)، ۲۰۳۰ (۱۱۷۱۴ میلیون تن معادل نفت) و ۲۰۶۰ (۱۲۹۴۷ میلیون تن معادل نفت) [۳]

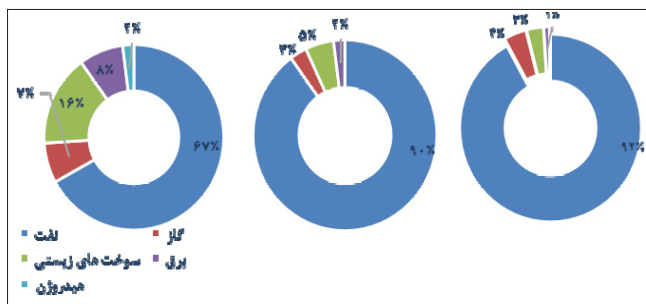
حمل و نقل از ۱/۳ درصد در سال ۲۰۱۴ به ۲/۲ درصد در سال ۲۰۳۰ و ۸/۱ درصد در سال ۲۰۶۰ خواهد رسید.

این تنوع بخشی با سوخت های زیستی نیز به پیش رانده می شود. سوخت های زیستی از نظر واحدهای انرژی از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۶۰ بیش از ۷/۳ برابر افزایش خواهند یافت. این رشد در نیمه دوم این دوره به دلیل پیشرفت در فن آوری های نسل دوم و سوم تولید زیست توده که در آمریکای لاتین و آسیا توسعه می یابند تسریع خواهد شد. تا سال ۲۰۶۰ سوخت های زیستی حدود ۱۶ درصد نیاز حمل و نقل به سوخت را تأمین خواهند کرد. این رقم در سال ۲۰۱۴ حدود ۲/۸ درصد و در سال ۲۰۳۰ حدود ۴/۹ درصد است.

در حمل و نقل سنگین و دریایی، نگرانی ها در مورد ناپایداری قیمت نفت، منابع ارزان و تاب آور گاز طبیعی و استانداردهای منطقه ای انتشار آلاینده ها به افزایش تقاضا برای نفوذ فن آوری های CNG و LNG منجر می شود. این امر سبب می شود که سهم گاز طبیعی از سوخت های حمل و نقل تا سال ۲۰۶۰ به ۶/۵ درصد برسد [۳].

در جاز، عرضه انرژی اولیه ی کل از ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰ با نرخ سالیانه یک درصد رشد می کند و به ۱۶۰۸۵ میلیون تن معادل نفت می رسد. طی همین دوره، اختلال در بخش های تقاضا و نفوذ منابع تجدید پذیر انرژی در تأمین انرژی، سهم سوخت های فسیلی را به ۷۹ درصد انرژی اولیه کاهش می دهند. عرضه انرژی از ۲۰۳۰ تا ۲۰۶۰ با روند کندتری رشد کرده و متنوع شدن ترکیب انرژی اولیه سرعت می گیرد. مقدار عرضه انرژی اولیه ی کل در سال ۲۰۶۰ نسبت به سال ۲۰۱۴ با ۲۵ درصد رشد به ۱۷۰۱۳ میلیون تن معادل نفت می رسد. این ترکیب انرژی تغییر قابل توجهی داشته و سهم سوخت فسیلی از انرژی اولیه به ۶۳ درصد کاهش یافته است [۳].

با وجود آنکه رشد بیشتر اقتصادی و عرضه ی فراوان و ارزان انرژی باعث افزایش عرضه ی انرژی اولیه ی کل می شود اما کشورهای جهان نیز گام هایی جهت کاهش شدت انرژی اولیه ی GDP برداشته اند. امروزه بسیاری از اقتصادهای صنعتی به دنبال گذار به مصرف و رشد



۲ | سهم سوخت ها در حمل و نقل در جاز (از چپ به راست در سال های ۲۰۱۴ (۲۶۱۹ میلیون تن معادل نفت)، ۲۰۳۰ و ۲۰۶۰ (۳۱۷۹ میلیون تن معادل نفت)) [۳]

در سناریوی جاز مصرف انرژی نهایی کل از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰ با میانگین رشد سالیانه ۱/۴ درصد، حدود ۲۵ درصد رشد می کند. فشار برای این رشد مصرف عمدتاً ناشی از افزایش فعالیت های صنعتی، تقاضای در حال رشد برای حمل و نقل و افزایش دسترسی به انرژی است که به افزایش مصرف مسکونی و تجاری منجر می شود. پیشرفت های فن آوری که سیستم های انرژی سنتی را مختل می کند بازدهی انرژی را ارتقاء می دهند. مثلاً روش های تولید پیشرفته ای مثل چاپ سه بعدی تقاضا برای حمل و نقل را کاهش می دهد. مصرف کنندگان با شبکه های زندگی هوشمندتر با خودروی الکتریکی، با وسایل ارتباطی راه دور بیشتر و با وسایل برقی پر بارتر و خانه ها و ادارات به هم مرتبط، بازدهی استفاده از انرژی را ارتقاء می دهند. در نتیجه مصرف نهایی پس از سال ۲۰۳۰ شدیداً شروع به کند شدن می کند و تا سالیانه ۰/۳ درصد کاهش می یابد و در سال ۲۰۶۰ به ۱۲۹۴۷ میلیون تن معادل نفت خام (Mtoe) می رسد. این رقم ۳۸ درصد بیشتر از رقم مربوط به سال ۲۰۱۴ است [۳]. تقاضای صنعتی برای انرژی از ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰ با نرخ سالیانه ۲ درصد رشد می کند. پس از سال ۲۰۳۰ و با حرکت اقتصادهای صنعتی شده به سمت رشد حاصل از بخش خدمات، این تقاضا به سالیانه ۰/۳ درصد کاهش می یابد.

رشد اقتصادی سریع، اقتصادهای باز و آزادی جابجایی به معنای استفاده ی بیشتر از حمل و نقل هوایی و افزایش مالکیت خودروی است. در نتیجه انرژی در بخش حمل و نقل از ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰ با نرخ سالیانه ۱/۲ درصد رشد می کند و پس از آن به نرخ سالیانه ۰/۲ درصد در نیمه دوم این دوره کاهش می یابد.

تقاضا برای سوخت های نفتی حمل و نقل تا سال ۲۰۳۰ با نرخ سالیانه یک درصد رشد می کند اما پس از سال ۲۰۳۰ و با متنوع شدن سوخت های حمل و نقل، این تقاضا با نرخ سالیانه ۰/۵ درصد کاهش می یابد. تعداد خودروها با رشد ۲/۷ برابری تا سال ۲۰۶۰، در سال ۲۰۳۰ به ۱/۶ میلیارد و تا سال ۲۰۶۰ به ۳ میلیارد افزایش می یابد.

خوروهای الکتریکی با حمایت پیشرفت های فن آورانه در باتری ها، رشد دسترسی به سیستم های انرژی توزیع شده که شارژ خوروهای الکتریکی را امکان پذیر می کنند و ادامه ی نفوذ تولید کنندگان این نوع خودروها از قبیل تسلا که پروژه های زیرساخت را تقویت می کنند، رشد برق در بخش حمل و نقل را تشدید می نمایند. تولید کنندگان سنتی از قبیل فورد، جی ام، بی ام دبلیو، نیسان، فولکس واگن و تویوتا به تکامل ارائه ی محصولاتشان جهت حفظ رقابت پذیری ادامه می دهند. تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۳ میلیون خودروی الکتریکی و هیبریدی در سطح جهان وجود خواهد داشت. این عدد تا سال ۲۰۶۰ به بیش از ۸۰۰ میلیون خواهد رسید که ۲۶ درصد از کل خودروهای سبک را به خود اختصاص می دهد. خودروهای هیبریدی-بنزینی نیز ۲۹ درصد کل خودروها را تشکیل خواهند داد. در نتیجه سهم برق در انرژی مورد نیاز

مؤثرتری از جانب دولت‌های محلی و ملی دارد. این امر انگیزه‌ای برای اتخاذ اقداماتی در جهت تعدیل طیفی از مسائل (که با تغییر اقلیم آغاز می‌شوند) ایجاد می‌کند.

با اعمال الزامات مقرراتی جدید و دقیق‌تر، تغییرات شدید سیاسی در سطح ملی و جهانی، نهادهای سیاسی و مدل‌های کسب و کار را به حد نهایی توانایی‌هایشان سوق می‌دهد. در این دوره بسیاری از شرکت‌های صنایع همگانی از بین رفته‌اند. شرکت‌هایی که جان سالم به در برده‌اند نیز مدل‌های عملیاتی جدیدی یافته‌اند که نتایج زیست‌محیطی پایدارتری از خود نشان می‌دهند. معیارهای اقلیمی به صورت روزافزونی با فرصت‌های اقتصادی و افزایش اشتغال همراه هستند.

چارچوب‌های همکاری فراتر از تغییر اقلیمی و به سیستم‌های اقتصادی وسیع‌تر گسترش می‌یابند. همکاری منطقه‌ای و جهانی نیروی محرک تسریع‌کننده‌ی استانداردسازی و انتقال دانش است. استانداردسازی و انتقال دانش امکان انتقال کارآمدتر فن آوری بین مناطق را فراهم می‌کند. شبکه‌ی گسترده‌ای از مشوق‌های مالی، از قبیل یارانه‌های سبز و قیمت‌گذاری کربن، با اولین استانداردسازی جهانی و منطقه‌ای در بین بخش‌ها ظهور می‌کنند. این امر امکان انجام اقدامی یکپارچه در مورد تغییر اقلیم را فراهم می‌سازد. چنین اقدامی فضای عادلانه‌ای برای فعالیت کشورهای در حال توسعه ایجاد می‌کند. نتیجه‌ی این کار گذاری شدید از منابع سوخت‌های فسیلی و برقی شدن سریع سیستم انرژی جهانی است. تا سال ۲۰۶۰ جهان هماهنگ بوده و به یک سیستم انرژی کم کربن یکپارچه و تاب‌آور تغییر یافته است [۳].

در سناریوی سمفونی مصرف نهایی انرژی تا ۲۰۳۰ با نرخ ۱۹ درصد رشد می‌کند و این رشد تا ۲۰۶۰ تقریباً ثابت باقی می‌ماند. میانگین نرخ رشد سالیانه از ۲۰۱۴ تا ۲۰۶۰ حدود ۰/۴ درصد خواهد بود که عمدتاً در نتیجه‌ی افزایش انرژی تحویلی به بخش صنعت و حمل و نقل حاصل می‌شود. به دلیل افزایش بازدهی‌ها و فشار بالا به پایین برای کاهش مصرف انرژی در بسیاری از مناطق، طی این دوره مصرف تجاری و مسکونی تنها افزایش اندکی می‌یابد.

در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰ تقاضای صنعت برای انرژی با نرخ سالیانه ۱/۵ درصد رشد می‌کند. پس از آن با افزایش سیاست‌های سخت‌گیرانه‌ای که تغییراتی در فعالیت‌های صنعتی انرژی بر وضع می‌کنند و همچنین تغییر اقتصادها به سمت رشد ناشی از ارائه‌ی خدمات، این تقاضا تعدیل می‌شود. فعالیت صنعتی نیز از طریق گذار به گاز و انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین از طریق برقی کردن فرآیندها و گرمایش شدیداً کارآمد می‌شود.

پیشرفت‌های علمی در فن آوری‌های ذخیره‌سازی، از جمله باتری‌ها، در راه روی انقلابی در حمل و نقل باز می‌کند. حمل و نقل انبوه بدون راننده و با سوخت برق هیدروژنی که مقرون به صرفه و ۲۴ ساعت شبانه‌روز و هفت روز هفته در دسترس است در برخی شهرهای بزرگ

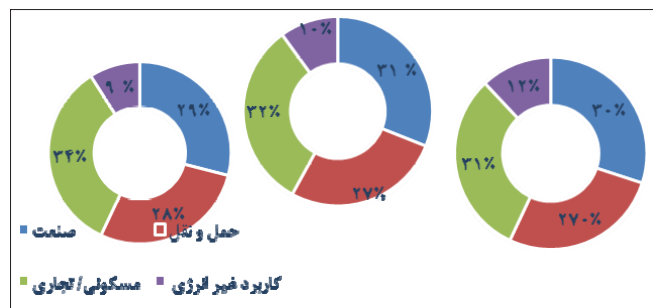
ناشی از خدمات هستند. در حالی که رشد نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر کمکی در افزایش بازدهی تبدیل است فن آوری‌ها نیز فعالیت‌های صنعتی را پربازده‌تر می‌کنند. یکی از نتایج این امر کاهش ۷۲ درصدی شدت انرژی جهانی از ۲۰۱۴ تا ۲۰۶۰ با میانگین نرخ سالیانه ۲/۷ درصد است. جهانی‌سازی و انتقال فن آوری نیز به همگرایی شدت انرژی در بین مناطق منجر شده است [۳].

## ۵- سمفونی

دولت‌های ملی در سمفونی متحد می‌شوند و یک اقدام سیاستی کارآمد در مورد تغییر اقلیم اتخاذ می‌کنند. رشد اقتصادی ملایم شده اما همزمان از نظر اجتماعی و زیست‌محیطی پایدارتر شده و توزیع برابرتری دارد. پیشرفت‌ها در سیستم‌های انرژی و اقتصادی هوشمندتر، تاب‌آورتر و کارآمدتر هستند و در کنار نوآوری فن آوران به راه‌حل‌های یکپارچه در مقیاس بزرگ منجر می‌شوند.

این دوره با وضعیت نابسامان اروپا در مواجهه با بزرگ‌ترین بحران مهاجرت از زمان جنگ جهانی دوم به بعد آغاز می‌شود. رهبران سیاسی، صنعتی و جامعه‌ی مدنی در سراسر دنیا از طریق رسانه‌ها این روند را پیگیری می‌کنند و همزمان از این واقعیت نیز آگاه می‌شوند که یک مهاجرت انبوه به دلیل تأثیرات تغییر اقلیم ممکن است بسیار بدتر باشد. ریسک‌های سیستمی از قبیل تروریسم و بیماری به سرعت از منطقه‌ای به منطقه دیگر منتشر می‌شود. جامعه‌ی مدنی انتظار اقدام

۲	پیامدهای سمفونی برای صنعت جهانی انرژی [۳]
تقاضای انرژی	قوانین از بالا به پایین مصرف را کاهش می‌دهد افزایش بازدهی رشد مصرف را در حد متوسط نگه می‌دارد
ساختارهای بازار	زیرساخت‌های فیزیکی و دیجیتال یکپارچه هزینه‌ی نهایی مصرف برای صنایع همگانی
عرضه‌ی انرژی اولیه	نفوذ سیاست‌محور انرژی‌های تجدیدپذیر گاز به همراه CCS به عنوان سوخت گذار

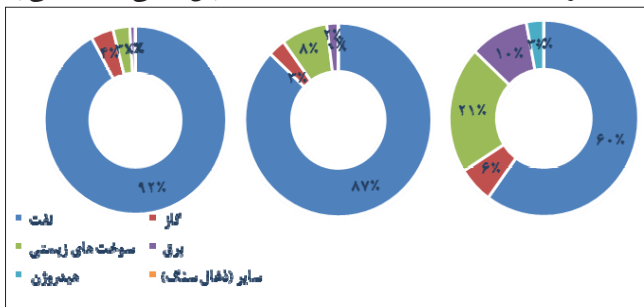


۳ کل مصرف نهایی انرژی به تفکیک بخش‌ها در سمفونی (از چپ به راست):  
۲۰۱۴ (۹۳۹۵ میلیون تن معادل نفت)، ۲۰۳۰ و ۲۰۶۰ (۱۱۱۴۷ میلیون تن معادل نفت) [۳]

در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۶۰ حدود ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. اهداف جهانی انرژی و انتشار و انتقال فن آوری نیز منجر به همگرایی قوی شدت انرژی در مناطق مختلف می‌شود [۳].

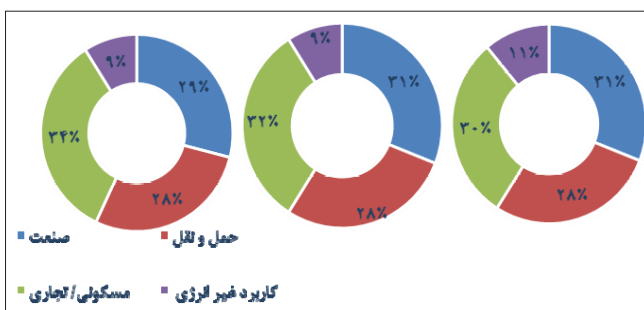
### ۶- راک

سمفونی راک جهانی را کشف می‌کند که در آن تنش‌های ژئوپلتیکی در آسیای شرقی، اروپا، آمریکا و خاورمیانه سیستم‌های حاکمیتی بین‌المللی را تضعیف کرده است. دولت‌ها سیاست‌هایی را ایجاد می‌کنند که امنیت، رفاه اجتماعی و نگرانی‌های زیست‌محیطی را بر اساس بافت محلی و بدون در نظر گرفتن تأثیرات جهانی متعادل کند. عملکرد اقتصادی ضعیف و همکاری ضعیف بین‌المللی رسیدگی به



شکل ۴ | سهم سوخت‌های حمل و نقل در سمفونی (از چپ به راست: ۲۰۱۴، ۲۰۳۰، ۲۰۶۰) (میلیون تن معادل نفت)، ۲۰۳۰ (۳۰۵۰ میلیون تن معادل نفت)، ۲۰۶۰ (۳۱۲۳ میلیون تن معادل نفت) [۳]

چگونگی	پیامدهای راک برای انرژی [۳]
تقاضای انرژی	رشد اقتصادی کندتر تقاضای انرژی را فرو می‌نشاند دستاوردهای کمتر در بازدهی، رشد مصرف را بالا نگه می‌دارد
ساختارهای بازار	ساختارهای گسیخته‌ی بازار در تمام مناطق مدل‌های تجاری بر بافت محلی تأکید می‌کنند
عرضه انرژی اولیه	نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر ناشی از امنیت برگشت‌پذیری زغال‌سنگ به ترکیب انرژی



شکل ۵ | مصرف نهایی کل انرژی توسط بخش‌ها در راک (از چپ به راست: ۲۰۱۴، ۲۰۳۰، ۲۰۶۰) (میلیون تن معادل نفت)، ۲۰۳۰ (۹۳۹۵ میلیون تن معادل نفت)، ۲۰۶۰ (۱۳۷۱۷ میلیون تن معادل نفت) [۳]

جهان به خدمتی رایج تبدیل می‌شود. تعهدات سیاستی تأثیر قابل توجهی روی تقاضای مصرف‌کننده برای خودروهای سبک دارد؛ مالکیت خودرو با سرعت متوسطی رشد می‌کند و ترکیب فن آوری‌های خودرو شدیداً متنوع شده است؛ مانند سوخت‌های زیستی، خودروهای الکتریکی و گاز طبیعی. ناوگان وسایل نقلیه‌ی سبک با رشد ۲/۵ برابری تا ۲۰۶۰ به ۱/۵ میلیارد خودرو تا ۲۰۳۰ و ۲/۸ میلیارد خودرو تا ۲۰۶۰ می‌رسد.

تقاضا برای حمل و نقل بر پایه‌ی سوخت نفتی نیز تا ۲۰۳۰ با نرخ متعادل سالیانه ۰/۶ درصد رشد می‌کند. پس از آن این تقاضا با روند سریع‌تری کاهش می‌یابد و با تسریع تنوع‌بخشی در سوخت حمل و نقل، این روند سالیانه حدود یک درصد کاهش می‌یابد.

از طریق برنامه‌ریزی استراتژیک، استانداردهای انتشار و ایجاد زیرساخت‌های هوشمند، برقی کردن حمل و نقل همچنان تکانه‌هایی ایجاد می‌کند. تا ۲۰۳۰ بیش از ۸۶ میلیون خودرو الکتریکی و هیبریدی در جاده‌ها وجود خواهد داشت. این رقم در ۲۰۶۰ به ۹۱۳ میلیون خودرو می‌رسد که نشان‌دهنده‌ی سهم ۳۲ درصدی این خودروها از ناوگان وسایل نقلیه‌ی جهانی است. وسایل نقلیه برقی هیبریدی بر پایه‌ی نفت نیز ۲۴ درصد کل خودروهای جهان را تشکیل می‌دهند.

سوخت‌های زیستی نیز به متنوع کردن ترکیب سوخت کمک می‌کنند؛ این سوخت‌ها در فاصله‌ی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۶۰، حدوداً نه برابر می‌شوند. ظهور نسل دوم و سوم فن آوری‌های زیست توده نیز رشد در نیمه‌ی دوم این دوره را تسریع می‌کند. تا ۲۰۶۰ سوخت‌های زیستی بیش از ۲۱ درصد تقاضای سوخت حمل و نقل را تشکیل می‌دهند؛ این رقم در ۲۰۱۴ به ۳ درصد و در ۲۰۳۰ به ۸ درصد رسیده است [۳].

برقی کردن مصرف انرژی و توسعه‌ی سریع انرژی‌های تجدیدپذیر به تغییر مهمی در عرضه‌ی انرژی اولیه منجر می‌شود. رشد در عرضه‌ی انرژی اولیه‌ی کل در فاصله‌ی ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰ به ۰/۷ درصد در سال کاهش یافته و به ۱۵۲۹۱ میلیون تن معادل نفت می‌رسد. سهم سوخت‌های فسیلی نیز تغییر قابل توجهی خواهد کرد و به ۷۴ درصد انرژی اولیه کاهش می‌یابد. کندشدن رشد جمعیت و قیمت زیاد کربن به معنی کاهش رشد عرضه در نیمه‌ی دوم این دوره است. تا ۲۰۶۰ عرضه‌ی انرژی اولیه کل تنها ۱۰ درصد بیشتر از مقدار آن در ۲۰۱۴ است و سهم سوخت‌های فسیلی در آن نیز به ۵۰ درصد کاهش یافته است [۳].

همچنان که کسب و کارها مدل‌های جدیدی توسعه می‌دهند تا در دنیایی که مالیات‌های سنگینی بر انتشار کربن وضع می‌کند به بقای خود ادامه دهند شدت انرژی فعالیت‌های اقتصادی نیز به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. اقتصادهای صنعتی شده به سمت عصر خدمات حرکت می‌کنند. در نتیجه شدت جهانی انرژی با نرخ میانگین سالیانه ۲/۶ درصد

می‌دهند.

با کاهش ظرفیت برای هزینه در زیرساخت‌ها، همچنان تقاضا برای حمل و نقل شخصی تا ۲۰۶۰ زیاد باقی خواهد ماند. تعداد خودروهای جهان در این دوره ۲/۶ برابر می‌شود و در ۲۰۳۰ به ۱/۵ میلیارد و در ۲۰۶۰ به ۲/۹ میلیارد می‌رسد.

کاهش ظرفیت برای ساخت زیرساخت‌ها و رشد اقتصادی کندتر بدین معنی است که تنوع‌بخشی به سوخت‌های حمل و نقلی به‌کندی پیش می‌رود. تقاضا برای سوخت‌های حمل و نقل نفتی تا ۲۰۳۰ با نرخ سالیانه ۱/۲ درصد رشد می‌کند که به‌دلیل کند بودن رشد اقتصادی از این سال نرخ آن به سالیانه ۰/۱ درصد افت می‌کند. اقتصاد سوخت‌های حمل و نقل طرفدار نفوذ سوخت‌های زیستی به‌جای گاز طبیعی و برق است؛ در نتیجه سوخت‌های زیستی تا ۲۰۶۰ حدود ۱۰ درصد سوخت‌ها در حمل و نقل را به خود اختصاص می‌دهد. خودروهای الکتریکی و ماشین‌های هیبریدی نفتی هم به‌ترتیب ۱۰ و ۳۱ درصد ناوگان جهانی خودرو را تشکیل می‌دهند. در ۲۰۶۰ گاز طبیعی سهم خود در حمل و نقل سنگین وزن را تا ۷ درصد سوخت‌های فسیلی افزایش می‌دهد [۳].

رشد جمعیت و پیشرفت کند شدت انرژی به رشد ۳۴ درصدی عرضه‌ی انرژی اولیه‌ی کل از ۲۰۱۴ تا ۲۰۶۰ با میانگین سالیانه ۰/۶ درصد تبدیل می‌شود که در سال ۲۰۳۰ به ۱۶۱۵۴ و در سال ۲۰۶۰ به ۱۸۲۷۲ میلیون تن معادل نفت خام می‌رسد [۳].

کاهش ظرفیت جذب منابع مالی منجر به سرمایه‌گذاری کمتر در فن‌آوری‌های انرژی پاک، به‌خصوص در حمل و نقل می‌شود. بسیاری از کشورها درمی‌یابند که دیگر نمی‌توانند مشوق‌های خودروی الکتریکی و یارانه‌های انرژی تجدیدپذیر را بعد از ۲۰۲۰ تأمین کنند. این مسأله منجر به قیمت‌های بیشتر و تقاضای کمتر برای منابع جدید و پاک‌تر برق و حمل و نقل می‌شود. بنابراین ترکیب انرژی اولیه برای برآوردن تقاضا به‌شدت به سوخت‌های فسیلی وابسته می‌ماند. از ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰ سهم سوخت‌های فسیلی تنها ۲ درصد (از ۸۱ به ۷۹ درصد) کاهش می‌یابد. پیشرفت در این بخش از ۲۰۳۰ تا ۲۰۶۰ شتاب می‌گیرد؛ چراکه رشد اقتصادی کاهش یافته و نگرانی‌های امنیت انرژی، تمرکز بر تولید انرژی داخلی را افزایش می‌دهد. باز هم سوخت‌های فسیلی منبع عمده‌ی انرژی هستند که ۷۰ درصد عرضه‌ی انرژی اولیه را در ۲۰۶۰ شامل می‌شوند.

با ثابت ماندن الگوهای مصرف و پیروی کشورهای در حال توسعه از روندهای تاریخی انرژی‌بر، کاهش شدت انرژی در GDP تثبیت می‌شود. از ۲۰۱۴ تا ۲۰۶۰ شدت انرژی نهایی در GDP با نرخ سالیانه یک درصد کاهش می‌یابد [۳].

### نتیجه‌گیری

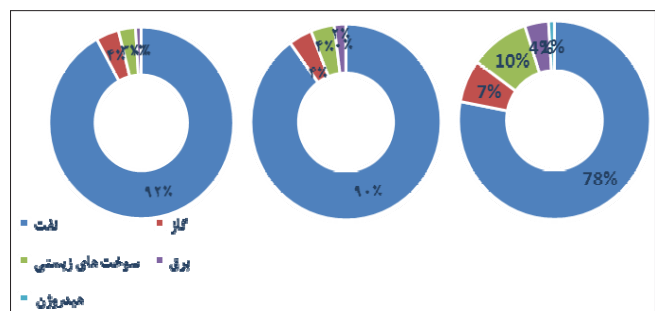
محیط جدیدی در سیستم‌های جهانی انرژی در حال ظهور است

موضوعات جهانی مثل تغییر اقلیم را چالش‌برانگیزتر کرده است. در سطح ملی، سیاست انرژی اغلب بر امنیت انرژی و نگرانی‌های اقلیمی تأکید دارد. این مسأله تقاضای قدرتمندی برای تولید انرژی خورشیدی و بادی (که عموماً به‌عنوان منابع انرژی داخلی و ارزان در نظر گرفته می‌شوند) ایجاد می‌کند. این امر پشتیبانی سیاستی بیشتری برای انرژی هسته‌ای (که دوباره در آسیا و کشورهای OECD احیا شده) نیز خلق می‌کند.

سوخت‌های فسیلی تا ۲۰۶۰ به‌عنوان منبع اصلی انرژی باقی خواهند ماند و به اندازه‌ی کافی نیز به مسأله‌ی اقلیم پرداخته نخواهد شد. تا این سال دولت‌ها در حال تغییر تمرکزشان بر تاب‌آوری و سازگاری زیرساخت‌ها با تأثیرات اقلیمی خواهند بود [۳].

از ۲۰۱۴ تا ۲۰۶۰ مصرف نهایی کل حدود ۴۶ درصد (با میانگین سالیانه ۰/۸ درصد) رشد می‌کند. این رشد تا ۲۰۳۰ با میانگین سالیانه ۱/۳ درصد از همیشه سریع‌تر است و به ۱۱۶۲۵ میلیون تن معادل نفت می‌رسد. بعد از این سال رشد مصرف ملایم‌تر می‌شود (با میانگین ۰/۶ درصد) و تا ۲۰۶۰ به ۱۳۷۱۷ میلیون تن معادل نفت می‌رسد. مصرف صنعتی هم با گذار کشورهای در حال توسعه به سمت اقتصادهای صنعتی با استفاده از فن‌آوری‌های کمتر پیشرفته افزایش می‌یابد. حمل و نقل هم عامل رشد است؛ چراکه فن‌آوری موتور احتراق داخلی در ناوگان خودروهای سبک غالب است و کمبود سیستم حمل و نقل عمومی کارآمد به تقاضای زیاد برای خودروهای سبک منجر می‌شود. تقاضای انرژی تجاری و مسکونی با نرخ کندتری رشد می‌کند؛ چراکه رشد اقتصادی کندتر، افزایش دسترسی فردی به انرژی را کند می‌کند [۳].

کند شدن جهانی رشد اقتصادی مقدار انرژی تحویل شده به بخش صنعتی را کاهش می‌دهد. از ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۰ تقاضای صنعتی برای انرژی با نرخ سالیانه ۱/۷ درصد رشد می‌کند. بعد از ۲۰۳۰ نرخ رشد تقاضا کند می‌شود و به سالیانه ۰/۵ درصد می‌رسد؛ چراکه رشد اقتصادی همچنان کند می‌شود و اقتصادهای در حال بلوغ شدت انرژی را کاهش



شکل ۶ | سهم سوخت‌ها در حمل و نقل در راک (از چپ به راست: ۲۰۱۴، ۲۰۳۰، ۲۰۶۰) (میلیون تن معادل نفت)، ۲۰۳۰ (۳۲۵۶ میلیون تن معادل نفت) و ۲۰۶۰ (۳۹۰۴ میلیون تن معادل نفت)) [۳]

تمامی سناریوها سرانه‌ی عرضه‌ی انرژی اولیه‌ی کل قبل از ۲۰۳۰ به حداکثر خود می‌رسد.

در جاز، رشد اقتصادی بیشتر، تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد اما به کارگیری فن آوری شدت انرژی را به شدت کاهش و سرعت رشد را متعادل می‌کند. رشد اقتصادی با انرژی‌بری کمتر و مسیرهای توسعه، هم برای اقتصادهای توسعه‌یافته و هم برای اقتصادهای در حال توسعه اتفاق می‌افتد و به بازدهی قابل توجه مصرف انرژی اولیه و نهایی منجر می‌شود.

سمفونی، هم به دلیل رشد اقتصادی متوسط و هم دستاوردهای فراوان در کاهش شدت انرژی، کمترین رشد تقاضای انرژی را تجربه می‌کند و الزامات بالا به پایین و مشوق‌های سیاستی اقتصادها را وادار می‌کند به شکل روزافزونی کارآمد شوند.

راک، در نتیجه‌ی رشد اقتصادی کندتر و کاهش همکاری جهانی، تا سال ۲۰۶۰ شدت انرژی را کمتر از همه‌ی سناریوها کاهش می‌دهد. وضعیت اقتصاد جهانی منجر به انتقال کمتر فن آوری و همچنین ظرفیت بودجه‌ای کمتر برای زیرساخت‌های کارآمدتر و اجرای فن آوری‌های جدید می‌شود.

مکانیسم‌های سیاستی متمایز و روندهای رشد اقتصادی در جاز، سمفونی و راک به تنوع گسترده‌ای در ترکیب منابع مورد استفاده برای برآوردن تقاضای انرژی منجر می‌شود. در هر سه سناریو، سهم منابع سوخت غیرفسیلی در انرژی اولیه به شدت افزایش می‌یابد؛ با این حال درجه‌ی نفوذ در سمفونی از همه قوی‌تر است؛ این سناریو در سال ۲۰۶۰ منابع سوخت غیرفسیلی برابر با ۵۰ درصد تقاضای انرژی اولیه را برآورده می‌کند. در جاز گاز طبیعی نقش بسیار بیشتری ایفا می‌کند؛ در حالی که برگشت‌پذیری زغال‌سنگ رشد منابع تجدیدپذیر انرژی در راک را محدود می‌کند. ■

که چالش‌ها و فرصت‌هایی را ایجاد می‌کند. صنعت جهانی انرژی با رشد کمتر اشتغال (ناشی از کاهش جمعیت)، پیشرفت رادیکال فن آوری‌های جدید و چالش‌های زیست‌محیطی شدیدتر مواجه است. بسته به چگونگی مواجهه‌ی جهان با رشد اقتصادی، بهره‌وری و چالش اقلیمی (با استفاده از مکانیسم‌های سیاستی و بازاری)، چنین روندهایی می‌تواند به آینده‌های مختلف متفاوتی منجر شود.

جاز، سمفونی و راک روند رشد اقتصادی کاملاً متفاوتی دارند و هر یک به شکل منحصر به فردی با استفاده از سیاست، فن آوری و چارچوب‌های حاکمیت بین‌المللی شکل می‌گیرند. تا سال ۲۰۶۰ جمعیت (و تا حدود متفاوتی، بهره‌وری و درآمد) تقاضای انرژی را افزایش می‌دهند. با این حال گذار اقتصادی و فن آوری‌های کارآمد بیشتر نقش را در کاهش مقدار انرژی لازم برای اقتصادها و سبک‌های زندگی ایفا می‌کنند. در نتیجه در

تغییرات سه عامل اصلی مدنظر در دوره‌های زمانی ۲۰۱۵-۲۰۶۰ و ۱۹۷۰-۲۰۱۵		
عوامل از پیش تعیین‌شده	عواملی که انرژی جهانی را از ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۵ شکل دادند	عناصر از پیش تعیین‌شده از ۲۰۱۵ تا ۲۰۶۰
رشد جمعیت/ نیروی کار	■ جمعیت جهان دوبرابر شد ■ رشد سالیانه ۱/۷ درصد در اشتغال می‌کند ■ رشد سالیانه ۰/۷ درصد در اشتغال	■ جمعیت جهان ۴۰ درصد رشد
فن آوری‌های جدید	■ فن آوری نرخ رشد بهره‌وری سالیانه ۱/۸ درصد را ممکن می‌کند	■ اثر ترکیبی فن آوری‌های جدید مختل‌کننده است ■ بهره‌وری از سالیانه یک تا ۲/۶ درصد متغیر است
مرزهای زیست‌محیطی	■ ۱۹۰۰ گیگاوات دی‌اکسیدکربن منتشر شده	■ تنش آبی در مناطق با ریسک زیاد ■ ۱۰۰۰ تا ۲۱۰۰ گیگاوات کربن برای پرهیز از ۲ ■ ارزش‌های اجتماعی از اقدامات اقلیمی حمایت می‌کنند

## پانویس‌ها

1. WEC: World Energy Council
2. Conference of the Parties
3. resilience
4. International Energy Agency
5. Energy Information Administration
6. Exxon Mobil
7. British Petroleum
8. Green House Gas
9. Intergovernmental Panel on Climate 10-Change
11. Energy Trilemma

## منابع

- [1] The Conference Board, Total Economy Database (TED), 2016, [www.conference-board.org](http://www.conference-board.org)
- [2] UN Population Division, 2016, <http://www.un.org/en/development/desa/population/>
- [3] World Energy Council, Energy Scenarios: The Grand Transition, 2016
- [4] International Energy Agency Statistics, 2016, [www.iea.org/](http://www.iea.org/)
- statistics
- [5] World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, [esa.un.org/unpd/wup/](http://esa.un.org/unpd/wup/)
- [6] Johan Rockström et al, A safe operating space for humanity, Nature Vol 461, 24 September 2009.
- [7] منظور، داود، کهن هوش‌نژاد، روح‌اله (۱۳۹۳)، بررسی تطبیقی پیش‌بینی‌های چشم‌انداز جهانی انرژی، نشریه انرژی ایران دوره ۱۷- بهار، شماره ۱-۱