

# انرژی و پتروشیمی، پیوندی ناگسستنی\*

Energy and Petrochemicals, An Unbreakable Bond

مهندس شهریار سجادی

**مقدمه**  
از زمانی که کیمیاگران دهر سعی در گداختن فلزات نازل و تبدیل آنها به طلا داشتند، قرن‌ها می‌گذرد. علم شیمی که در گذشته علم سحر و افسونگری، علم جادویی تغییر رنگها نامیده شده و از فرط اعجاز مورد تحسین بود، امروزه به واسطه گستردگی دامنه و نقش آن در تأمین نیازهای بشری اهمیتی تحسین آمیز یافته است. گسترش و نفوذ روزافزون فرآورده‌های شیمیایی و پتروشیمیایی به عرصه‌های پنهان و آشکار صنعت و نقش اساسی این محصولات در تأمین نیازهای مردم باعث شده است که از صنایع پتروشیمی در کنار صنایع سنگین و الکترونیک، به عنوان یکی از شاخصهای رشد صنعتی یاد شود. برای کشوری چون ایران که بخش قابل توجهی از ذخایر هیدروکربنی جهان را در اختیار دارد و بر دریایی ژرف از مواد نفتی شناور است، وجود این منابع غنی می‌تواند مستحکمترین ستون توسعه صنعتی کشور باشد. همین امر تعمقی پیرامون صنعت پتروشیمی و ویژگیهایش را ایجاد می‌نماید. مجموعه مقالاتی که به تدریج ارائه خواهند

واژه‌های کلیدی:

انرژی، پتروشیمی، ذخایر فسیلی، بحران انرژی، شوکهای نفتی، هزینه‌های متغیر، صرفه‌جویی انرژی

هر آنچه که به عنوان سوخت به کار رود، می‌تواند ماده اولیه صنعت پتروشیمی نیز باشد. از این رو صنعت، انرژی و پتروشیمی پیوندی ناگسستنی با یکدیگر دارند. پتروشیمی صنعتی انرژی بر است که به طور عمده از سه ماده فسیلی نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ به عنوان مواد اولیه استفاده می‌کند. هرگونه تغییری در موقعیت نسبی منابع گوناگون انرژی به سرعت بر صنعت پتروشیمی اثر خواهد گذاشت. در این مقاله ابتدا تصویری از گذر اجتناب ناپذیر پتروشیمی از مواد اولیه نفتی به زغال سنگ در قرن آینده ارائه می‌شود و سپس اثر تحولات نفتی، به ویژه شوکهای نفتی اول و دوم، و بی‌آمدهای آنها بر صنعت پتروشیمی از زوایای الگوی مصرف مواد اولیه هیدروکربنی، هزینه‌های تولید، میزان تقاضا برای مواد پتروشیمیایی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

## Keywords:

Energy, Petrochemicals, Fossil resources, Energy crisis, Oil shocks, Variable costs, Energy saving

\* تاریخ وصول مقاله: مهرماه ۱۳۶۹

شد، بر مبنای همین هدف شکل گرفته‌اند و در آنها سعی شده است که به نحو گویا و فشرده صنعت پتروشیمی از زوایای زیر تصویر شود.

— انرژی و پتروشیمی

— محیط زیست

— تحقیق و توسعه

— تغییر ساختار پتروشیمی

— آینده پتروشیمی

— الگوی مصرف

— و برنامه‌ریزی توسعه

اینک در اولین مقاله از این مجموعه پیوستگی صنایع انرژی و پتروشیمی و اثر تحولات نفتی، به‌ویژه شوکهای نفتی اول و دوم، بر ساختار صنعت پتروشیمی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تاریخچه

صنعت شیمی آلی در قرن حاضر بنا بر ویژگیهای ماهوی خود و به موازات رشد علوم و فنون، هر از گاهی با چرخش به سوی یک ماده اولیه کربنی، الگوی مصرف جدیدی را طرح کرده است. روغن‌ها و چربیهای حیوانی و گیاهی، ملاس و زغال سنگ هر کدام در مقطعی از زمان در این زنجیره تولید جای گرفته و سپس از آن بیرون رانده شده یا به حلقه‌ای کوچک و فراموش شده از آن تبدیل گشته‌اند، تا به امروز که نفت و گاز نقش اساسی خود را به عنوان خوراک پایه صنعت شیمی آلی یا پتروشیمی تثبیت کرده‌اند.

سه عامل اصلی که انقلاب پتروشیمی را به ارمغان آورد، به صورت زیر مشخص شده‌اند:

— شناسایی پلیمرها

— کشف منابع ارزان اولفین و آروماتیک

— توسعه مهارتهای فنی و تخصصی در مهندسی شیمی

توسعه علوم پلیمر به سالهای بین جنگ جهانی اول و دوم باز می‌گردد. تا سال ۱۹۳۹ بخش قابل توجهی از پلیمرهای اساسی در آمریکا و آلمان و به مقدار بسیار کمتری در سایر کشورهای اروپایی تولید می‌شد. اتیلن مورد نیاز نیز از آبخیری اتانول تخمیری تأمین می‌گردید. استیلن که در آن زمان از کلسیم کاربید تهیه می‌شد، ماده اولیه مهمی به خصوص برای تولید وینیل کلرید و وینیل استات به شمار می‌آمد. اولین مواد گرماترم بر روی ماشین آلاتی مورد استفاده قرار گرفتند که برای عملیات شکل‌دهی لاستیک ابداع شده بودند. روشهای متنوع شکل‌دهی گرماترمها بعدها عرضه شدند. در حقیقت بدون بهره‌گیری اولیه از ادوات یاد شده، تا سالها از تجاری شدن پلاستیکها جلوگیری به عمل می‌آمد. جنگ جهانی دوم به رغم اثرات مخرب و رعب‌آور خود، بزرگترین محرک را برای توسعه صنعت پتروشیمی فراهم آورد. آمریکا و آلمان برای تحرک هر چه بیشتر ماشین جنگی خود به سرمایه‌گذاری‌های گسترده در زمینه تولید لاستیک

مصنوعی اهتمام ورزیدند. در همین دوران پلی‌اتیلن برای اولین بار به عنوان یک عایق الکتریکی عرضه شد. پی‌وی سی برای بارانی، پرده و کفش مورد استقبال قرار گرفت. نایلون قدم به مرحله تولید صنعتی گذاشت و به دنبال آن سیل محصولات نوین پلیمری بازار مصرف را مورد هجوم قرار داد.

صنعت پتروشیمی آمریکا در دهه ۱۹۳۰ از مواد تخمیری به گاز طبیعی (مایعات گازی) متمایل گردید. در طول این دهه تولید اتیلن با هدف اتیلن گلیکول، ۹ برابر شد. توسعه صنعت حمل و نقل و در نتیجه افزایش مصرف بنزین نیز منجر به رشد عرضه اولفینهای پالایشگاهی گردید. در اروپا شرایط کاملاً متفاوتی حاکمیت داشت. اروپا در دهه ۱۹۳۰ اسیر سیاستهای دولتی «خودکفایی» بود و با توجه به نبود ذخایر نفتی داخلی، هیچ‌گونه تمایلی به توسعه صنعت پتروشیمی از خود نشان نمی‌داد. در این میان اگر چه آلمان نیز علاقه خاصی به این صنعت نشان نمی‌داد، ولی به تولید اتیلن برای تهیه اتیلن گلیکول، که ماده ضدیخ تانکهای آلمانی را در جبهه‌های سردسیر شوروی تأمین می‌کرد، اهتمام می‌ورزید. اتیلن مورد نیاز نیز به طور عمده از طریق آبخوشی استیلن یا آب‌گیری از اتانول خمیری و در درجه اهمیت کمتر از فرایند فیشر، که در سالهای جنگ جهانی دوم برای تولید سوخت مصنوعی از زغال سنگ مورد استفاده قرار می‌گرفت، فراهم می‌شد. تا این سالها هنوز ذخایر نفتی اروپا کشف نشده و صنعت حمل و نقل در نیمه راه رشد بود. نفت خام در کشورهای تولید کننده تصفیه و سپس به نواحی مختلف جهان حمل می‌شد. از این‌رو تصفیه کنندگان انعطاف بیشتری در تطبیق خود با بازارهای جهانی داشتند و از تولید مواد اضافی پرهیز می‌کردند. در اروپای پس از جنگ، استراتژی تصفیه نفت در نواحی مصرف شکل گرفت و مشکل محصولات مازاد رخ نمود. از تصفیه کنندگان نفت، به طور عمده سوخت مایع و تنها مقدار کمی بنزین تقاضا می‌شد. برش نفتا نیز، نه به جای نفت سفید قابل استفاده بود و نه بنزین. در نتیجه نفتا برشی غیر قابل فروش و نازل محسوب می‌شد که می‌توانست به عنوان خوراکی ارزان مورد استفاده صنعت پتروشیمی قرار گیرد. بدین گونه صنعت پتروشیمی اروپا و بعد از آن ژاپن متکی به نفتا شد. در حالی که در آمریکا اتان و پروپان موجود در گاز طبیعی پایه صنعت پتروشیمی را تشکیل می‌داد.

عرضه اولفینها به قیمت ارزان و همچنین توسعه علوم مهندسی شیمی، که امکان گسترش مؤثر و اقتصادی این صنعت را فراهم آورد، آخرین موانع توسعه صنعت پتروشیمی را از میان برداشت و آنرا به دوره طلایی رشد هدایت کرد.

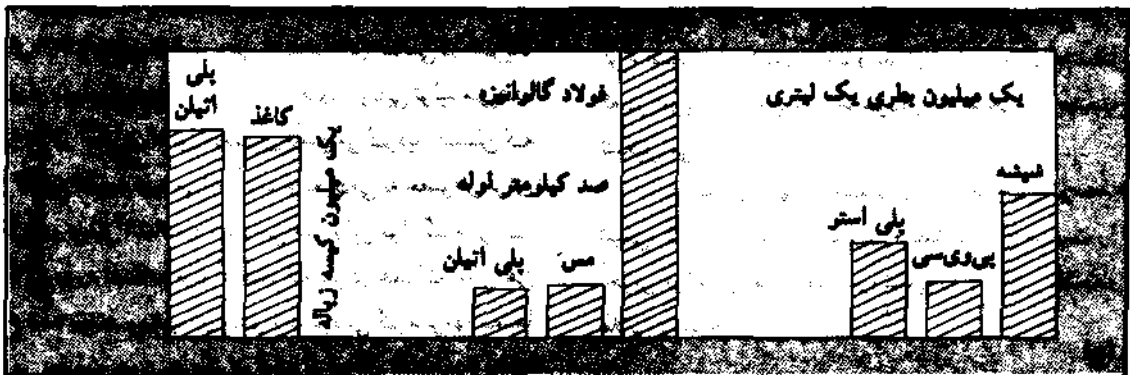
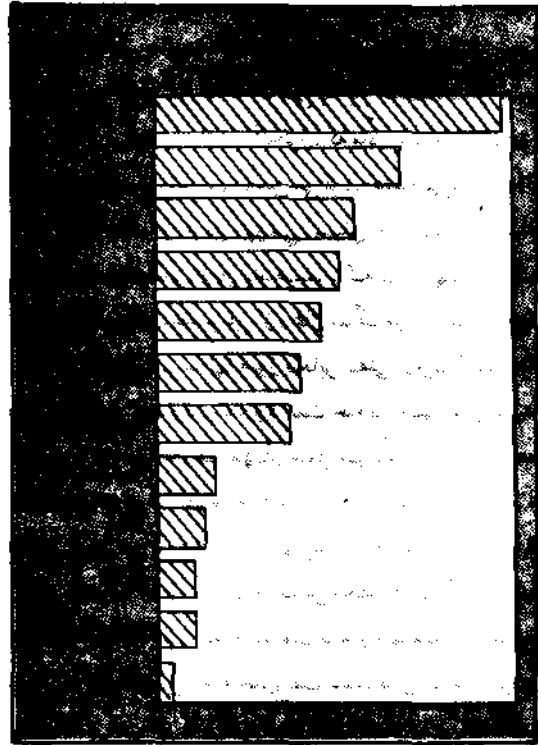
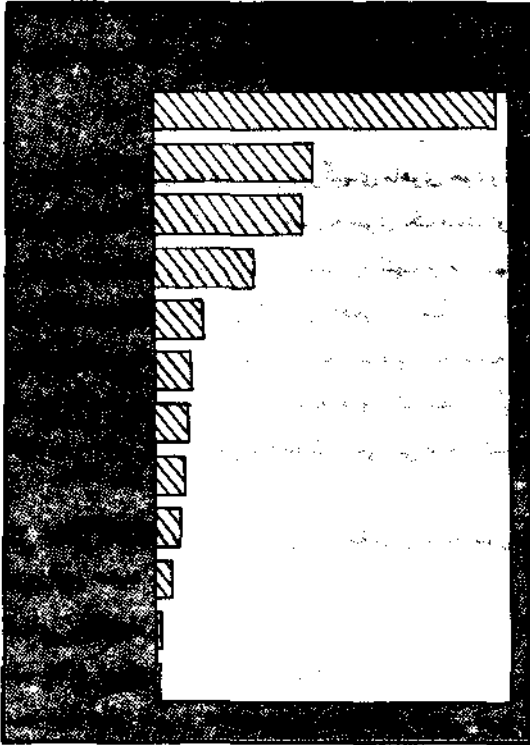
انرژی و پتروشیمی

کربن به همراه عناصر دیگری چون هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن ستون اصلی شیمی آلی را تشکیل می‌دهند. از طرفی احتراق کربن، با آزاد شدن مقدار قابل توجهی انرژی همراه است. از این رو هر چه که به عنوان

ماده اولیه در صنعت پتروشیمی به کار رود، از پتانسیل مصرف به عنوان انرژی نیز برخوردار است. رقابت تنگاتنگ صنعت، انرژی و پتروشیمی بر سر مواد اولیه زاینده همین دوگانگی تبدیل و احتراق پذیری مواد اولیه فسیلی است.

مواد پتروشیمیایی در میان محصولات انرژی بر، طبقه بندی می شوند. تنها تولید برخی از فلزات به انرژی بیشتری از تولید مواد پتروشیمیایی نیاز دارد. اگر مقایسه مصرف انرژی از نقطه نظر قابلیت رقابت محصول تولیدی انجام گیرد، ارزیابی بر مبنای انرژی در واحد حجم نیز باید مدنظر قرار گیرد. در این صورت تصویر دگرگون می شود و در اکثر موارد محصولات پتروشیمیایی بر مواد رقیب برتری می یابند (نمودار ۶).

انرژی مورد نیاز صنعت پتروشیمی به طور عمده از سوختهای گازی و مایع تأمین می شود. حدود  $\frac{2}{3}$  این مواد انرژی را به عنوان ساده اولیه تولید مواد پتروشیمیایی و باقیمانده به عنوان منبع انرژی به شکل های متنوع گرما، بخار و الکتریسیته مورد استفاده قرار می گیرد. تکنولوژی کلیدی در صنعت پتروشیمی در سرآغاز زنجیره تولید، یعنی جایی که مواد هیدروکربنی متنوع به مواد پایه اولفینی شکسته می شوند، قرار دارد. این تکنولوژی بزرگترین سهم مصرف انرژی را در سیر تبدیل و تحول مواد از مواد پایه به محصولات نهایی در اختیار دارد. صنعت پتروشیمی به انرژی بیشتری نسبت به صنعت نفت و پالایش نیازمند است. به عنوان نمونه تنها  $\frac{2}{3}$  درصد از انرژی مصرفی در زنجیره نفت خام - نفتا - اتیلن - پلی



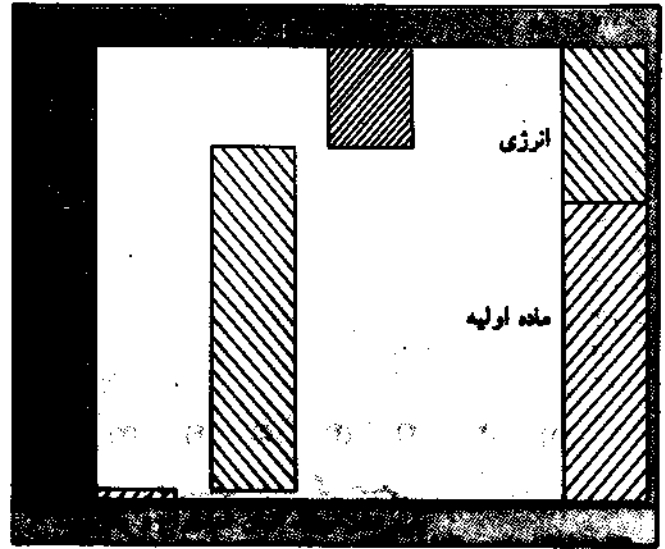
نمودار ۶ - مقایسه مواد پتروشیمیایی و سایر مواد از دیدگاه مصرف انرژی (مؤلف)

(الف): مقایسه بر مبنای واحد وزن

(ب): مقایسه بر مبنای واحد حجم

(ج): مقایسه بر مبنای واحد کالای مصرفی

اتیلن مربوط به عملیات استخراج و پالایش است، درحالی که بیش از ۷۶/۴ درصد آن در مرحله شکست به اتیلن مورد استفاده قرار می‌گیرد و باقیمانده آن نیز در مرحله پلیمرشدن اتیلن به پلی اتیلن به مصرف می‌رسد (نمودار ۲).



نمودار ۲ - توزیع مصرف انرژی در زنجیره تولید پلی اتیلن [1]

پیوند بین صنعت نفت و پتروشیمی پیچیده است و برحسب نوع محصول و ناحیه تولید فرق می‌کند. با این حال تداخلهای زیر در این دو بخش قابل تشخیص است:

— برخی از مواد پایه پتروشیمیایی به طور مستقیم از پالایشگاههای نفت نیز قابل تأمین هستند که از آن جمله اولفینها و آروماتیکها را می‌توان نام برد.

— رقابت بین صنعت پتروشیمی و انرژی تنها منحصر به مواد اولیه نیست و برخی از مواد پتروشیمیایی پایه، نظیر آروماتیکها و پرویلن را که برای تولید بنزین با اکتان بالا به کار می‌روند، دربر می‌گیرد. بازار عرضه و تقاضای این گونه مواد به شدت متأثر از صنعت پالایش نفت است.

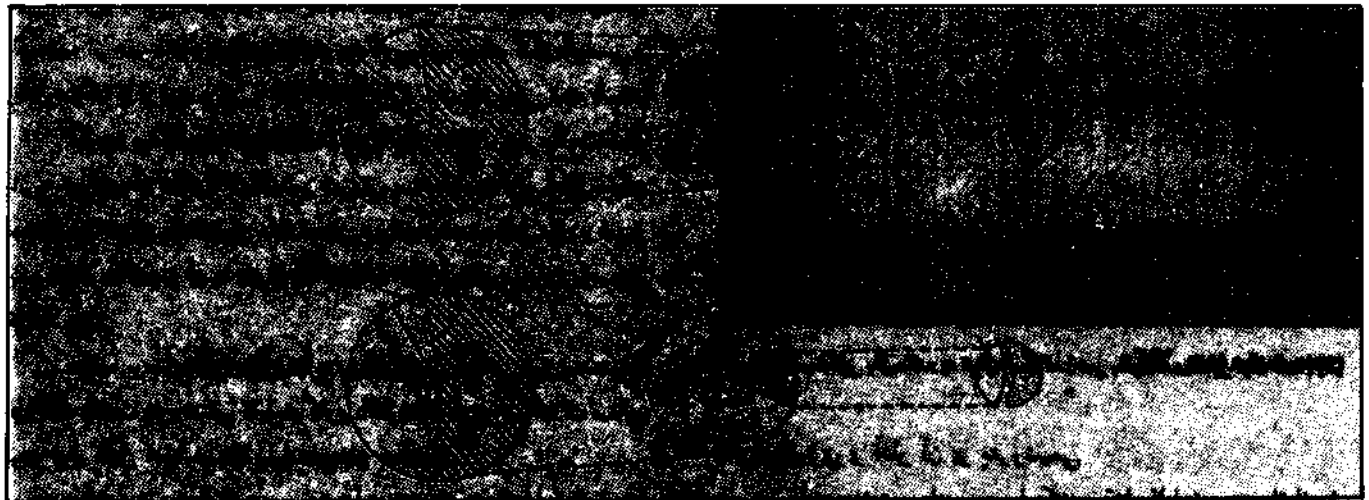
— معمولاً تأسیسات پالایش و پتروشیمی در منطقه تولید ادغام می‌شود و الگوی تولید براساس بهینه سازی کل مجموعه طرح ریزی می‌شود. لذا بخش عمده‌ای از تجارت مواد پتروشیمیایی به صورت نامرئی در دل این مجموعهها قرار دارد.

امروزه صنعت پتروشیمی به رغم نقش کوچک خود در مصرف انرژی، تنها دریچه‌ای برای جذب مازاد برشهای نفتی به شمار نمی‌آید و اهمیت بسزایی در الگوی تصفیه و پالایش نفت خام دارد.

#### ذخایر فسیلی، پشتوانه پتروشیمی

عنوان ماده پتروشیمیایی به موادی منسوب می‌شود که از هیدروکربنهای طبیعی چون نفت خام و مشتقات آن یا گاز طبیعی به دست آیند. عنصر اصلی تشکیل دهنده این مواد، کربن و در درجه اهمیت بعدی هیدروژن می‌باشد. مواد اولیه متنوع دیگری نظیر زغال سنگ، چوب و منابع گیاهی و حیوانی نیز به عنوان تأمین کننده کربن در ساختار مولکولی مواد آلی، قابلیت کاربرد دارند. برخی از مواد پتروشیمیایی از راههای مشابه و با استفاده از سایر منابع با کیفیتی قابل رقابت تهیه می‌شوند. از این رو صرف نظر از منشأ تولید، تمامی این محصولات در چهارچوب

هرچند که صنعت پتروشیمی ماهیتی انرژی بر دارد، سهم آن در الگوی مصرف انرژی بسیار کم رنگ است. نمودار ۳ سهم صنعت پتروشیمی را از کل نفت و مایعات گازی که در دو ناحیه آمریکای شمالی و اروپای غربی مصرف می‌شود، نشان می‌دهد که به ترتیب ۶/۶ و ۸/۲ درصد از کل مصرف انرژی در همان نواحی را تشکیل می‌دهند. بنابراین اگرچه صنعت پتروشیمی به عنوان یکی از کانونهای مصرف انرژی قابل تمیز است، ولی اهرمهای اساسی در جابجایی الگوی مصرف انرژی را در اختیار ندارد و تنها در سایه صنعت نفت قابل بررسی است.



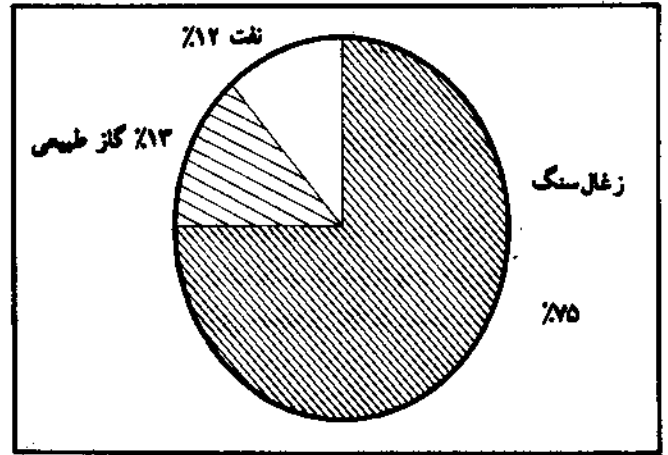
نمودار ۳ - الگوی توزیع انرژی در شاخه‌های مختلف در آمریکای شمالی و اروپای غربی [1] (واحد درصد)

مواد پتروشیمیایی قابل طبقه‌بندی هستند.

سه نوع ماده اولیه فسیلی که در صنعت پتروشیمی به کار می‌روند عبارت‌اند از:

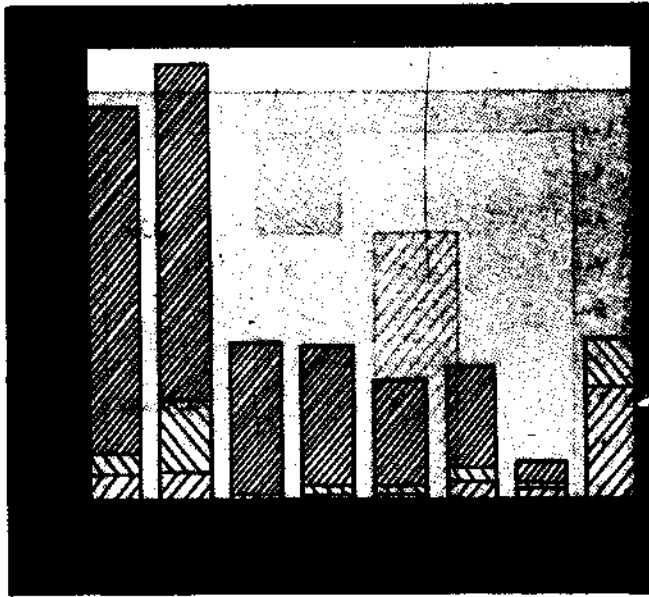
- نفت
- گاز طبیعی
- زغال سنگ

از میان منابع فسیلی یاد شده، زغال سنگ با در اختیار داشتن بیش از ۷۵٪ از ذخایر فسیلی در رده اول و گاز و نفت به ترتیب با ۱۳٪ و ۱۲٪ سهم در درجه اهمیت بعدی قرار می‌گیرند (نمودار ۴). بر مبنای ذخایر



نمودار ۴ - سهم انواع ذخایر فسیلی ثبت شده در جهان (۱۹۸۳)

حفظ کننده هر چند که در آینده دور پتروشیمی بار دیگر از نفت و گاز به سوی زغال سنگ متمایل خواهد شد.



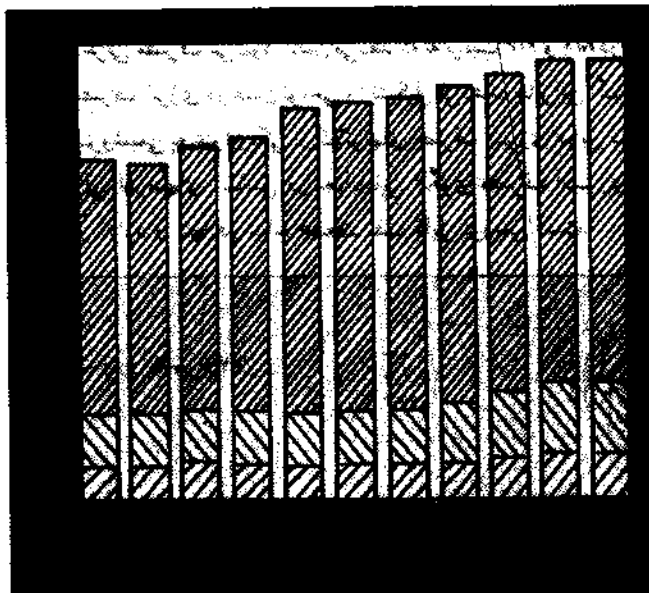
نمودار ۵ - ذخایر فسیلی ثبت شده در مناطق مختلف جهان (۱۹۸۳)

- ناحیه (۱): آمریکای شمالی
- ناحیه (۲): اروپای شرقی
- ناحیه (۳): چین
- ناحیه (۴): اروپای غربی
- ناحیه (۵): آسیای شرقی و استرالیا
- ناحیه (۶): آمریکا
- ناحیه (۷): آمریکای جنوبی
- ناحیه (۸): خاورمیانه

فسیلی ثبت شده تا سال ۱۹۸۳، کشورهای در حال توسعه (شامل خاورمیانه و آفریقا) به همراه اتحاد جماهیر شوروی و آمریکای شمالی و سیچترین مخازن نفت و گاز را در اختیار دارند و در حالی که غنی‌ترین منابع زغال سنگ در آمریکای شمالی و اروپا واقع شده‌اند خاورمیانه کمترین ذخایر زغال سنگ را در خود جای داده است (نمودار ۵). اگر روند کنونی مصرف مواد فسیلی همچنان ادامه یابد، نمودار ۶ نمایشگر سالهای باقیمانده از عمر ذخایر فسیلی خواهد بود که برای نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ به ترتیب برابر با ۵۲، ۳۵ و ۲۴۰ سال پیش‌بینی شده است. اگرچه بر اساس ذخایر کشف شده تا سال ۱۹۸۸، عمر منابع نفت و گاز به ترتیب از ۵۱ و ۶۲ سال نیز فزونی یافته است ولی زغال سنگ همچنان به عنوان پایدارترین ماده فسیلی موقیت مستحکم دارد و قرن آینده شاهد حاکمیت آن به عنوان یگانه ماده انرژی‌زای بر روی زمین خواهد بود.

علاوه بر منابع زیرزمینی، منابع روی زمینی گیاهی نیز به عنوان خوراک صنعت پتروشیمی قابلیت کاربرد دارند که گرچه برخلاف منابع گروه اول قابل احیا هستند ولی همچنان محدودند.

پیش‌بینی می‌شود که در صورت ثبات نسبی قیمت‌ها تا اوایل قرن آینده، نفت و گاز همچنان جایگاه خود را به عنوان ستون صنعت پتروشیمی

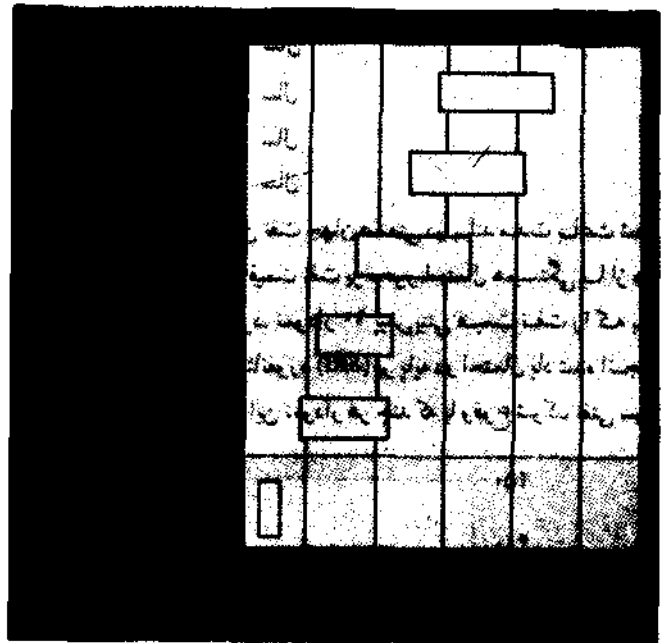


نمودار ۶ - ذخایر باقیمانده به تولید سالانه (عمر باقیمانده ذخایر ثبت شده)

بحران انرژی و آثار آن بر پتروشیمی

جامعه صنعتی معاصر مصرف کننده مقدار قابل توجهی از انرژی است که جایگزین انرژی عضلات آدمی شده است. اما این جایگزینی به

بهای احتراق سوختهای فسیلی غیر قابل احیا به دست می‌آید. بحران انرژی زاینده این مصرف بی‌وقفه و ترس از پایان یافتن منابع انرژی است. مهمترین اصل رقابت در بین انواع انرژی، در اقتصاد تولید آنها قرار دارد. هر گونه تغییری در موقعیت نسبی منابع گوناگون انرژی، به سرعت بر صنعت پتروشیمی اثر خواهد گذاشت. در نمودار ۷ قیمت تمام شده تقریبی مواد فسیلی با هم مقایسه شده و برتری مطلق مواد نفتی بر سایر منابع مورد تأکید قرار گرفته است. در مقطع حاضر، اگر چه زغال سنگ در بخش انرژی نقش قابل توجهی را به عهده گرفته است ولی در بخش پتروشیمی شرکتی بی‌رمق دارد، زیرا کاربرد آن هم از نقطه نظر سرمایه‌گذاری و هم عملیاتی گرانتر تمام می‌شود. نکات زیر بر این امر گواهی می‌دهند.



نمودار ۷ - مقایسه تقریبی قیمت تمام شده انواع انرژیها (یکسال پس از شوک نفتی دوم) [3]

- هزینه‌های حمل و نقل مواد جامد در مقایسه با برشهای نفتی به میزان قابل توجهی بیشتر است.
- بازدهی تولید از مواد جامد کمتر از مواد مایع و گازی است.
- هیدروکربنهای نفتی علاوه بر کربن هیدروژن نیز دارند. در حالی که زغال سنگ دارای مقدار بسیار ناچیزی هیدروژن است. بنابراین تولید مواد پتروشیمیایی از زغال سنگ مستلزم تهیه هیدروژن و وارد کردن آن به داخل مولکولهاست.
- انرژی هیدروالکتریک قابل احیاست، ولی در حال حاضر توانایی تکنولوژیهای موجود برای عرضه این نوع انرژی بسیار محدود و در عین حال تابع شرایط جغرافیایی است. انرژی هسته‌ای اگر چه در ابتدا بسیار نویدبخش ظاهر شد، ولی ذخایر و عرضه جهانی اورانیوم بسیار کم است.

در ضمن استخراج این ماده از بسیاری از معادن کم عیار مستلزم صرف مقادری قابل توجهی انرژی است که مصرف اورانیوم قادر به جبران آن نیست. علاوه بر این پس مانده این سوخت، که تا ۲۵ هزار سال نیز تشعشعات خطرناک از خود ساطع می‌کند، همچنان به عنوان مشکل غیر قابل حل این نوع انرژی جلوه گر است. اگر چه میزان نفت محبوس شده در میان لایه‌های نفتی (oil shale) زیاده‌تر از مسخازن موجود نفت است ولی استخراج آنها در صورت تعدیل مجدد قیمت نفت با تکنولوژی موجود، اقتصادی به نظر نمی‌رسد. سایر انواع انرژی قابل احیا نظیر انرژی خورشیدی، باد، چوب، حرارت زمین (geotherm)، هیدروژن، دانمهای گیاهی و موج نیز به عنوان جایگزینهای انرژی فسیلی در قرن آینده در نظر گرفته شده‌اند.

ثبات قیمت نفت تا سال ۱۹۷۳ و ارزانی نسبی آن در مقایسه با سایر انواع انرژی، سهم عمده بازار انرژی را به تملک نفت در آورد. وقوع دو شوک نفتی ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹\* (که اولی ناشی از واقعه تحریم نفت و دومی متأثر از جنگ ایران و عراق بود) و افزایش سریع و ناگهانی قیمت نفت، گرایشهای عمده‌ای را در جهت صرفه‌جویی هر چه بیشتر انرژی و استفاده از سایر منابع انرژی برانگیخت. نمودار ۸ نمایشگر وقوع این تحول در فاصله سالهای ۸۷ - ۱۹۵۰ و پیش‌بینی ادامه آن تا سالهای ۲۰۱۰ است.

سهم نفت از ۴۶ درصد در سال ۱۹۷۰ به ۳۸/۵ درصد در سال ۱۹۸۷ کاهش یافته است و انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۱۰ میلادی به سطح ۳۰ درصد نزدیک شود. به موازات کاهش مصرف نفت خام، زغال سنگ و گاز طبیعی و در درجه اهمیت کمتر انرژیهای هیدروالکتریک و هسته‌ای روندی افزایشی نشان می‌دهند. زغال سنگ در اوایل قرن آینده بر نفت خام پیشی خواهد گرفت. به دنبال شوک نفتی دوم، فرضیه افزایش تدریجی قیمت نفت جان گرفت و جهان صنعتی را در اضطراب افزایش قیمت نفت و پیامدهای اقتصادی آن فرو برد. اما این فرضیه هرگز به تحقق نیوست و برخلاف انتظار همگان قیمت نفت در سراسری سقوط فرو غلتید. اوپک به عنوان یک اتحادیه نفتی، نقش پراهمیت خود را در کنترل بازارهای جهانی از دست داد. در نمودار ۹ سهم رو به زوال اوپک در تأمین انرژی نفتی جهان با کل تولید مقایسه شده است. سهم اوپک از حدود ۵۵/۵ درصد در سال ۱۹۷۳ به ۳۴ درصد در سال ۱۹۸۸ افت کرد. کشف منابع جدید نفتی در دریای شمال، ورود تولیدکنندگان جدید به بازارهای جهانی

\* جهان صنعتی تا این سال همچنان نفت را به قیمتی نازل خریداری می‌کرد. سال ۱۹۷۳ سرآغاز دورانی بود که در آن قیمت نفت روندی افزایشی یافت و به سوی قیمت واقعی خود خیز برداشت. این افزایش قیمتها اقتصاد غرب را به شدت دچار رکود اقتصادی کرد. عموماً محافل غربی از این رخدادهای ناگهانی قیمت نفت خام به عنوان «شوکه یاد» می‌کنند. هر چند که در نزد کشورهای نفت‌خیز و در حال توسعه به عنوان «سالهای طلایی احیای حق» تلقی می‌گردد. آنچه که در این مقاله از مفهوم شوک استنباط می‌گردد، افزایش ناگهانی قیمت نفت خام و غالباً گری جهان صنعتی است که به رغم اثرات بازدارنده بر اقتصاد آنها، برای کشورهای نفت‌خیز و در حال توسعه ضررات زیادی در برداشته است.

نزدیک خواهد شد.

آنچه که روشن است، به رغم افزایش ناگهانی قیمت نفت، شرایط همچنان ناپایدار است و انتظار نمی‌رود تا تثبیت دائمی شرایط و عبور از این دوران بحرانی، حرکتی عمده در جهت جایگزینی انواع انرژیها در الگوی مصرف انرژی صنعت پتروشیمی رخ دهد.

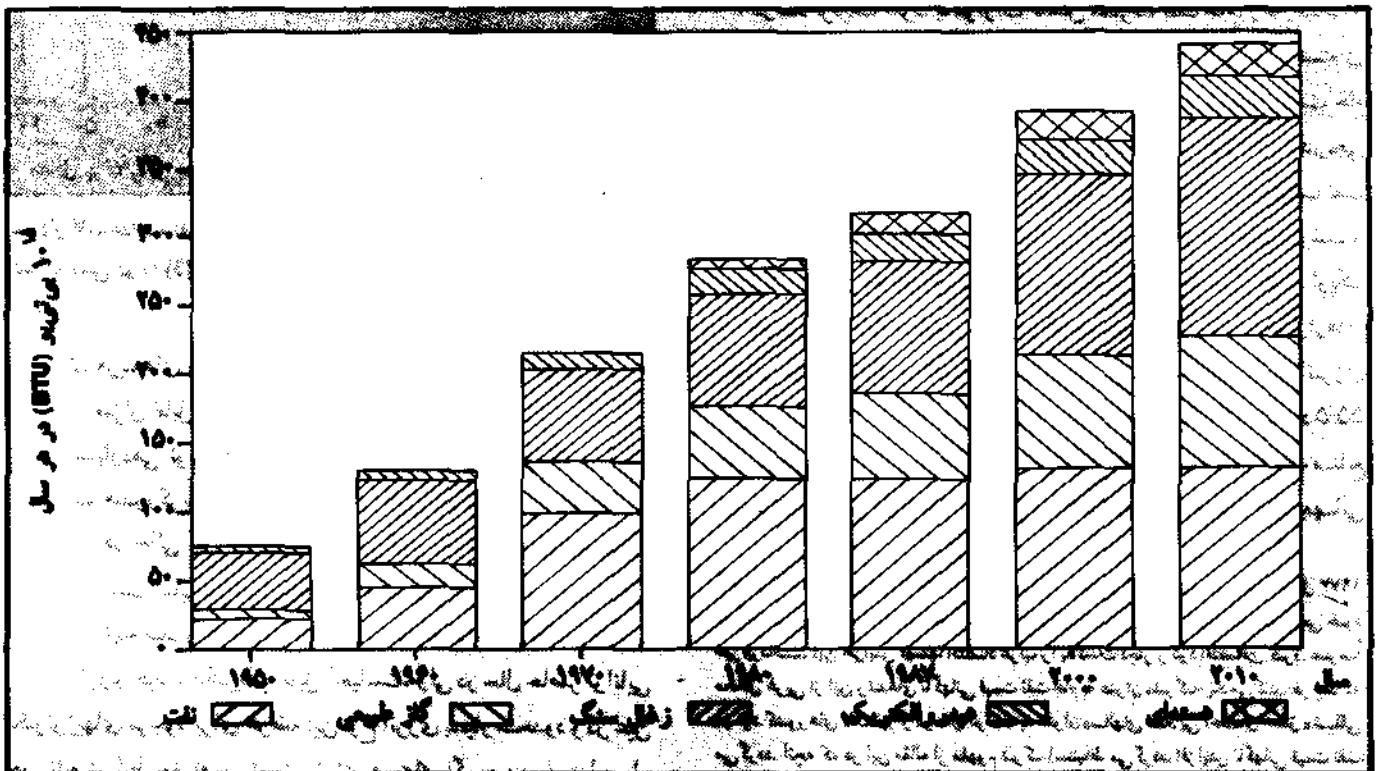
اگر چه اوپک دچار از هم گسیختگی شده و احاطه کامل بر بازار نفت را از دست داده است ولی همچنان اهرمهای اساسی فشار را در اختیار دارد. اوپک در حال حاضر به تولید ۳۰ درصد از نفت خام مصرفی جهان بسنده کرده، در حالی که بر ۷۰ درصد از ذخایر نفت جهان تکیه زده است. عمر باقیمانده از ذخایر نفتی برای مناطق مختلف در صورتی که روند فعلی تولید هر منطقه (۱۹۸۸) حفظ شود به این ترتیب برآورد شده است.

اوپک	۱۰۵ سال
آمریکا	۹ سال
اروپای شرقی	۱۵ سال
سایر مناطق	۲۹ سال

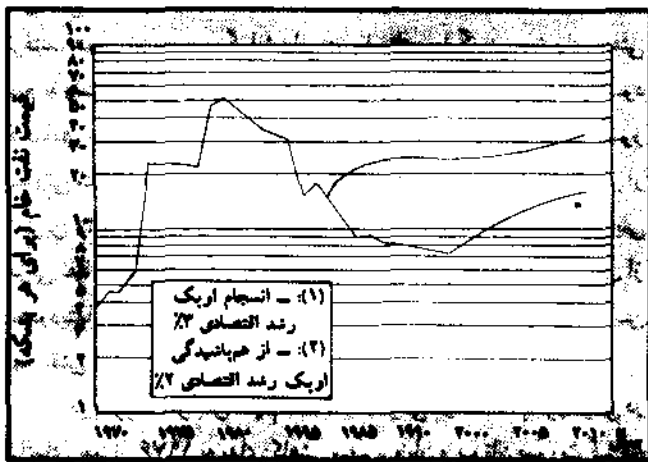
اهمیت نقش اوپک در تأمین نفت جهان صنعتی در بلند مدت باعث شده است که هر گونه پیش‌بینی قیمت نفت بر محور احتمال همبستگی یا از هم گسیختگی اوپک انجام گیرد. نمودار ۱۰ پیش‌بینی قیمت نفت را که به وسیله مؤسسه پژوهشی استانفورد (SRI) بر پایه دو احتمال یاد شده انجام گرفته است، نشان می‌دهد. این نمودار هر چند که با وقوع شوک نفتی سوم

و افزایش سطح تولید، حاکمیت روند صرفه‌جویی انرژی، افزایش سهم سایر منابع انرژی و سرانجام ظرفیت تولید بالا و اشباع بازار جهانی انرژی سبب شد که قیمت مواد نفتی به سرعت با بازار انرژی تطبیق داده شوند. زیرا قیمت تمام شده نفت یا گاز شامل استخراج و بهره‌برداری، تنها ۲ تا ۶ دلار در بشکه (۱۰ تا ۵۰ درصد قیمت نفت در سالهای اخیر) بوده است و مابقی آن به صورت سود به دولتها یا شرکتهای تولیدکننده تعلق می‌گرفت. به بیان دیگر نفت از یک آندوخته ملی، مانند طلا، به یک کالای تولیدی که تنها قیمت تمام شده آن مطرح است، تغییر معنی داد. این سقوط با افزایش تولید عربستان سعودی در سال ۸۶-۱۹۸۵ به حداکثر خود رسید.

اشغال نظامی کویت توسط عراق در نیمه دوم سال ۱۹۹۰ سومین ضربه نفتی را سبب شد. قطع جریان حدود ۵ میلیون بشکه نفت خام در روز و ایجاد فضای ناامن در بازار نفت موجب آن شد که قیمت نفت در کمتر از ۲ ماه به ۲۰ دلار در بشکه (معادل با قیمت نفت پس از ضربه نفتی دوم در سال ۱۹۷۹) نزدیک گردد. وعده‌های دولتهای حاشیه‌نشین خلیج فارس به تأمین کمبود نفت نیز قادر به بازداشتن حرکت صعودی قیمت نفت نگردید. برخی از صاحب‌نظران معتقدند که حتی در صورت حل شدن بحران کویت نیز قیمت نفت کاهش چندانی نخواهد داشت. از طرف دیگر بسیاری بر این عقیده‌اند که حرف نهایی در تعیین قیمت نفت خام با عرضه و تقاضاست و در صورت بازگشتن اوضاع به شرایط قبل از اشغال نظامی کویت و با احتمال فروپاشی اوپک، قیمت نفت نیز به مقدار پیشین خود



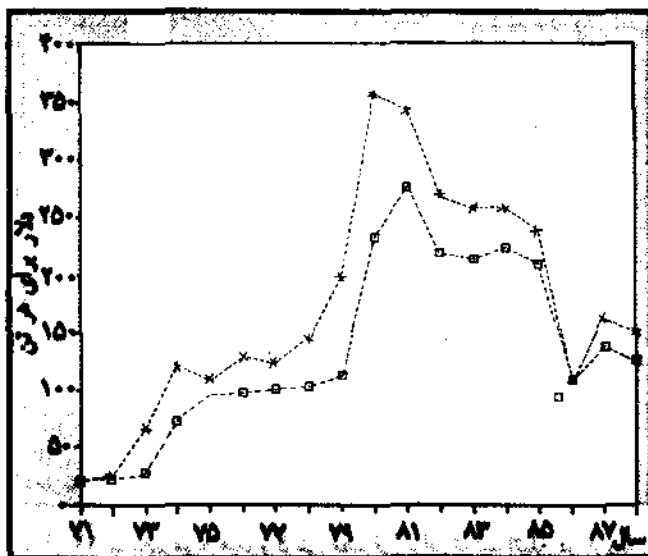
نمودار ۸ - الگوی مصرف انواع انرژی در گذشته و پیش‌بینی آن در آینده [۴]



نمودار ۱۰ - روند تغییر قیمت نفت سبک عربستان در گذشته و پیش‌بینی آن در آینده [5]

طور متوسط ۱/۲ تا ۱/۳ برابر قیمت نفت خام بود. بر اثر وقوع دو شوک نفتی، این پیوستگی گسسته شد و نسبت قیمت‌ها تا حدود ۱/۸ تا ۲ برابر رشد کرد. این نسبت به تدریج با دور شدن از شوک نفتی دوم کاهش یافت تا آنکه به سال ۱۹۸۵ به پایینترین حد خود رسید و تقریباً قیمت نفتا معادل با قیمت نفت خام شد (نمودار ۱۱). در آمریکا به علت کنترل شدید قیمت مواد اولیه هیدروکربنی، این روند کمتر محسوس بود. در نتیجه صنعت پتروشیمی آمریکا در مقایسه با اروپا و ژاپن در مقابل افزایش قیمت نفت خام کمتر آسیب دید، به ویژه آنکه بیش از دو سوم از اتیلن تولیدی در آمریکا از مایعات گازی (که از گاز طبیعی به هنگام استخراج جدا می‌شود و همان‌طور که اشاره شد به طور عمده شامل پروپان و بوتان است) تأمین می‌شد.

طی همین دوره، افزایش قیمت نفت به طور عمده بر روی برشهای



نمودار ۱۱ - قیمت نفت خام و نفتا در اروپای غربی [5, 6]



نمودار ۹ - مقایسه تولید نفت خام اوپک و جهان [2]

بی‌معنی جلوه می‌کند ولی به نوعی قسار به نمایش اهمیت اوپک در قیمت‌گذاری نفت خام است.

اثر نوسانات انرژی بر صنعت پتروشیمی از چهار محور اساسی زیر قابل بررسی است.

الف - نوع و ترکیب مواد اولیه مصرفی

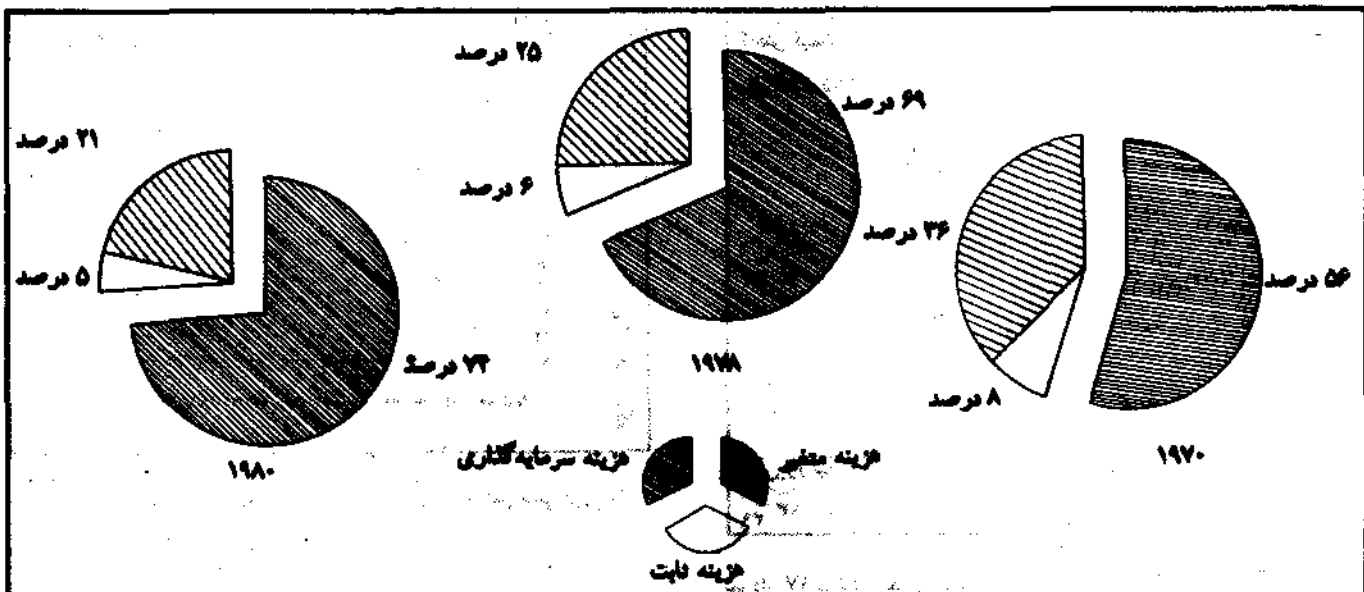
از میان انواع مواد اولیه که در شرایط حاضر در صنعت پتروشیمی قابلیت کاربرد دارند، هیدروکربنهای نفتی در موقعیت ممتاز و بی‌رقیبی قرار گرفته‌اند. زغال‌سنگ تنها در شرایطی که قیمت نفت خام از ۴۰ تا ۵۰ دلار برای هر بشکه فراتر رود، از قدرت رقابت مطلوبی برخوردار خواهد بود. منابع گیاهی نیز به علت مشکلات ناشی از پراگندگی مواد اولیه و رقت زیاد محصولات تولیدی، که از ویژگیهای تکنولوژی زیست‌شیمیایی ناشی می‌شود، در نتیجه مصرف انرژی زیاد و هزینه تمام شده بالا تنها در نواحی خاصی از جهان، نظیر برزیل، قادر به رقابت با منابع هیدروکربنی است. از این رو نمایش تغییرات و چگونگی مصرف هیدروکربنهای نفتی، خود قادر به ارائه تصویری گویا از اثر نوسانات قیمت انرژی بر الگوی مصرف مواد اولیه در صنعت پتروشیمی است.

در دهه گذشته تغییرات قابل توجهی در سهم هر یک از مواد هیدروکربنی متان، اتان، گازهای نفتی مایع (LPG)، که شامل پروپان و بوتان است، نفت و نفت گاز در الگوی مصرف مواد اولیه در صنعت پتروشیمی به وقوع پیوسته است. ریشه اصلی این تغییرات به طور عمده به دو شوک نفتی سالهای ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹ بازمی‌گردد. هر یک از این دو شوک قیمت برشهای مختلف نفتی و در نتیجه قابلیت دسترسی به آنها را به طور متفاوتی تحت تأثیر قرار داده است.

ارتباط بین قیمت نفت خام و نفتا به ساختار اقتصادی صنایع بالایش و در درجه اهمیت بعدی به میزان تقاضا در صنعت پتروشیمی بستگی دارد. در گذشته و به هنگام ثبات قیمت نفت، قیمت نفتای اروپا به







نمودار ۱۲ - سهم فزاینده نقش فرایند مواد اولیه در ساختار تولید واحدهای پتروشیمیایی در دهه هفتادهای نفتی اول و دوم [8]

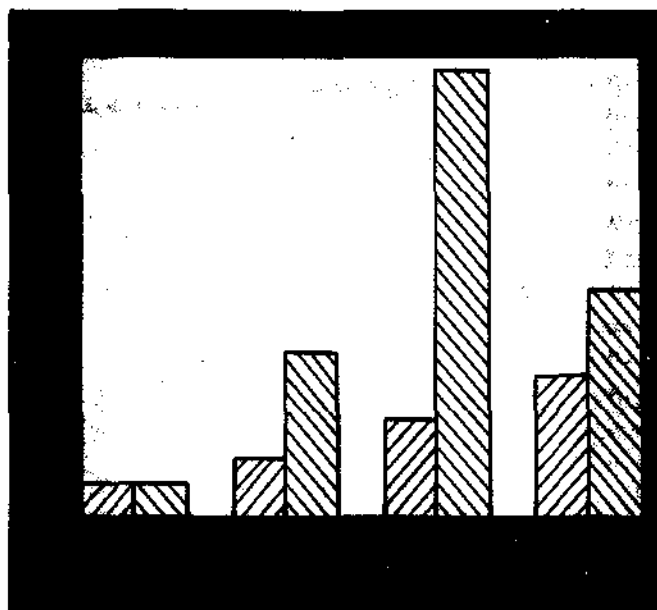
### ج - تقاضا

اگرچه برخی از کارشناسان اقتصادی معتقدند که پیوستگی بین تولید ناخالص ملی و مصرف انرژی در سالهای اخیر گسسته شده است ولی همچنان نظر کلی بر این است که این پیوستگی که بسیار انعطاف منطقی بین فعالیتهای اقتصادی و مصرف انرژی است، خدشه‌ناپذیر است. نوسانات قیمت انرژی به‌طور مستقیم بر روی میزان تولید ناخالص ملی تأثیر می‌گذارد و متناسب با آن قدرت خرید جامعه و در نتیجه میزان تقاضا برای مواد پتروشیمیایی را تغییر می‌دهد. نمودار ۱۶ پیش‌بینی تأثیر قیمت نفت را بر تولید ناخالص ملی اروپا برای سه افزایش قیمت نفت پیش‌بینی شده نشان می‌دهد.\*\*\*\* علاوه بر این افزایش قیمت انرژی به‌طور مستقیم بر قیمت مواد پتروشیمیایی منعکس می‌شود و از طریق کاهش قدرت رقابت این مواد با محصولات دیگر، مسوqیت آنها را متزلزل می‌سازد.

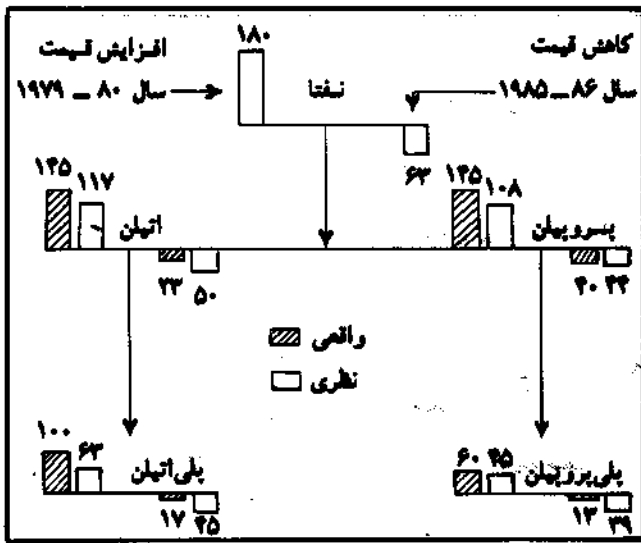
هر یک از حلقه‌های تولید زنجیره صنعت پتروشیمی، که از مواد اولیه نفتی تا محصولات مصرفی امتداد می‌یابد، ارزشی را به مواد اولیه خام اضافه می‌کند. اثر افزایش قیمت نفت بر روی قیمت تمام شده مواد پتروشیمیایی به تدریج در طول این زنجیره کمرنگتر می‌گردد. نمودار ۱۷ اثر نظری و واقعی افزایش و کاهش قیمت نفت را بر برخی از مواد پتروشیمیایی در دو سال پرحادثه ۱۹۷۹ و ۱۹۸۵ نشان می‌دهد که در هر دو مقطع قیمت واقعی از قیمت نظری بیشتر است. به عنوان نمونه ۱۸۰ درصد افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۹، منجر به رشد قیمتی معادل ۱۴۵ درصد برای اتیلن شد. در حالی که بر اساس محاسبات نظری این افزایش تنها تا

\*\*\*\* با وقوع شوک نفتی سوم اگرچه این منحنی از دقت کلی برخوردار نیست ولی علت مهم و اضطراب کشورهای صنعتی را از افزایش قیمت نشان می‌دهد.

با وقوع شوک نفتی سوم و افزایش قیمت نفت خام تا ۴۰ دلار در هر بشکه هزینه‌های متغیر اهمیت بیشتری در ساختار هزینه‌های تولید واحدهای پتروشیمیایی یافته است و به الگوی سال ۱۹۸۰ نزدیک می‌شود. در صورت تثبیت قیمت‌های جدید، بار دیگر کشورهای نفت‌خیز از قدرت رقابت برتری در اقتصاد صنعت پتروشیمی برخوردار خواهند شد. نوسانات قیمت انرژی و آثار آن بر هزینه تولید، که نقش اساسی را در جابجایی و تغییر ساختار صنعت پتروشیمی داراست، در مقالات آینده مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



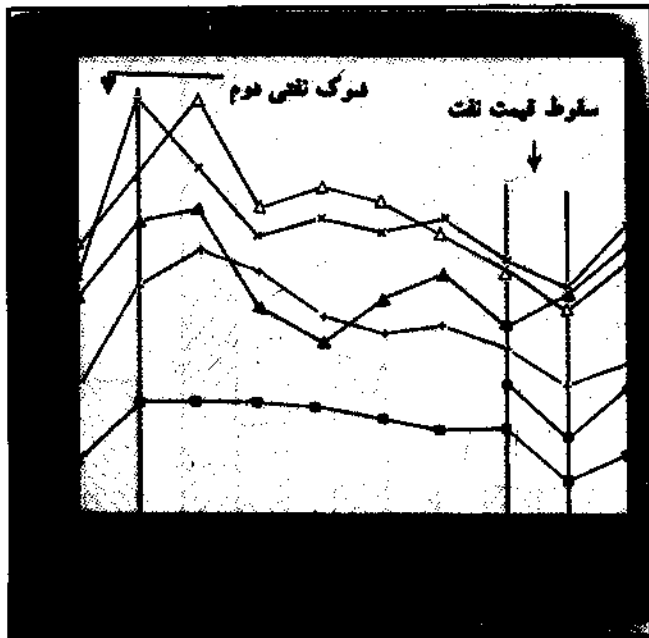
نمودار ۱۵ - مقایسه روند تغییر هزینه مواد و سرمایه‌گذاری [مؤلف] (مبنا سال ۱۹۷۲ و معادل ۱۰۰)



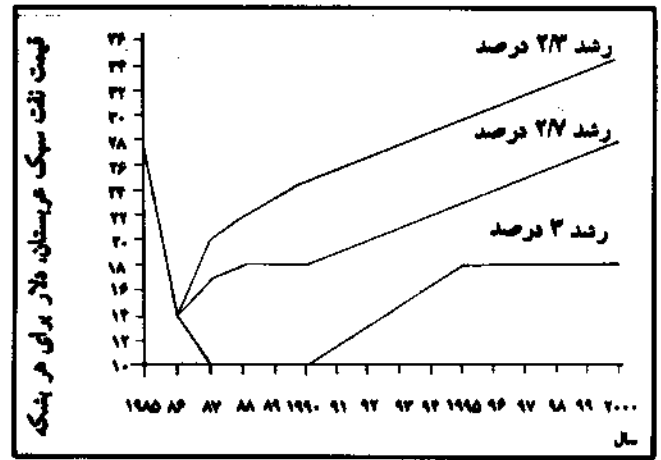
نمودار ۱۷ - تأثیر تغییر قیمت نفت بر مواد پتروشیمیایی (واحد درصد)  
[مؤلف]

پلاستیکهای مصرفی برای هر اتومبیل در آمریکا از ۶۰ به ۹۰ کیلوگرم ارتقا یافت. با این همه در ابعاد این رشد مصرف نباید غلو شود و در کل میزان تقاضا برای مواد پتروشیمیایی رفتاری هم سو با قیمت انرژی از خود نشان می دهد.

از سال ۱۹۵۶ تا ۱۹۷۲ قیمت اتیلن روندی کاهشی را طی می کرد. در حقیقت همین ارزانی مواد پتروشیمیایی بود که رشد سریع و بسی وقفه صنعت پتروشیمی را به ارمغان آورد. شوک نفتی اول آهنگ ۱۶ ساله کاهش قیمت اتیلن را معکوس کرد (نمودار ۱۹). حتی در آمریکا که قیمت



نمودار ۱۸ - روند تغییر قیمت برخی مواد پتروشیمیایی در اروپا [مؤلف]

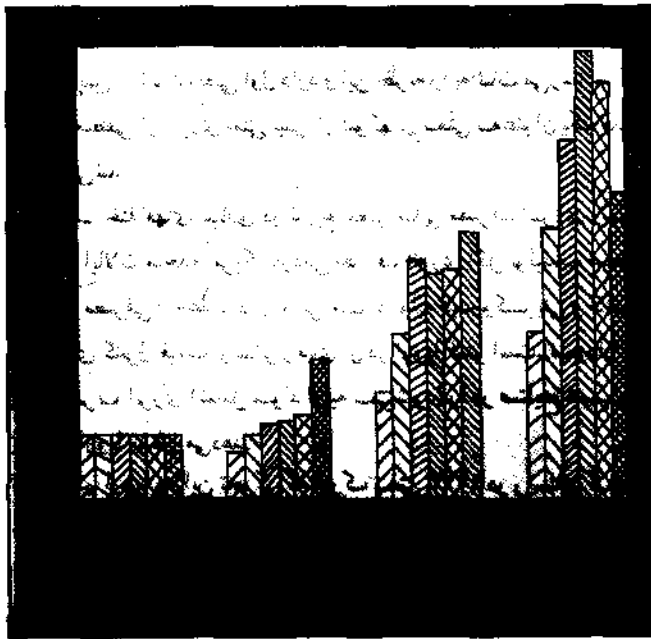


نمودار ۱۶ - بیش بینی اثر قیمت نفت بر میزان تولید ناخالص ملی اروپا برای سه حالت افزایش قیمت نفت [۵]

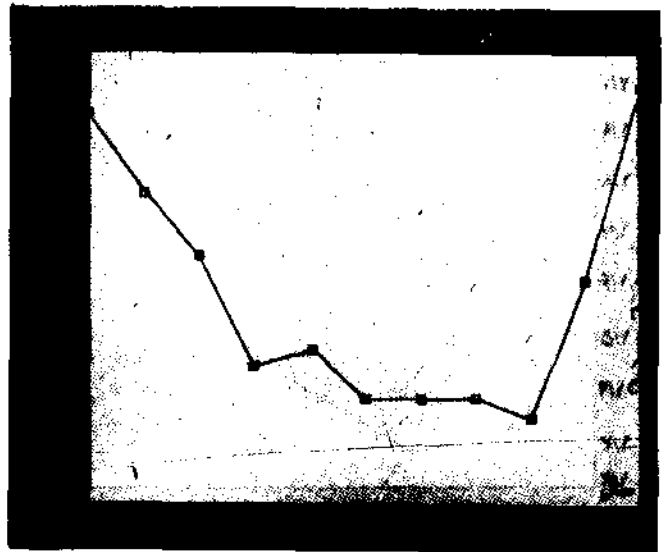
۱۱۷ درصد قابل توجیه بود. به طریق مشابه کاهش قیمت نفتا در سال ۱۹۸۵ به میزان ۶۳ درصد تنها افت قیمتی معادل با ۱۷ درصد را برای پلی اتیلن به دنبال داشت. در صورتی که بر طبق محاسبات نظری کاهش قیمتی برابر با ۲۵ درصد ضروری می نمود. اگرچه مسئله ذخیره مواد اولیه به هنگام کاهش قیمت نفت عامل ترغیب کننده ای در تثبیت قیمت فروش مواد پتروشیمیایی و انحراف از قیمت نظری است ولی در زمان افزایش قیمت نفت به عامل مثبتی جهت تثبیت قیمت، تبدیل می شود. وجود این روند در هر دو حالت بر این امر گواهی می دهد که تولیدکنندگان جهانی در مقابل تعدیل قیمت فروش و تنظیم آن با قیمت تمام شده مقاومت می ورزند. هر چند که با تثبیت قیمتها، به تدریج تعادل مجددی بین قیمت نظری و واقعی برقرار می گردد.

علاوه بر قیمت مواد اولیه، تقابل میزان تقاضا (آن بخش از تقاضا که به وضعیت محصول بستگی دارد و متأثر از قیمت نفت نیست) و ظرفیت تولید نیز تأثیر قابل توجهی بر قیمت مواد پتروشیمیایی دارد. قیمت نفتا و برخی از مواد پتروشیمیایی در فاصله سالهای ۸۷ - ۱۹۷۸ در نمودار ۱۸ با یکدیگر مقایسه شده است. افزایش قیمت پلی پروپیلن و پی وی سی به ترتیب در سالهای بحرانی ۱۹۷۹ - ۸۶ و ۱۹۸۵ - ۸۶، که برخلاف یا شدیدتر از روند عمومی قیمتهای مواد پایه است، ناشی از افزایش تقاضا برای پی وی سی و پلی پروپیلن در همین دوره ها است.

اثر افزایش قیمت انرژی بر میزان مصرف مواد پتروشیمیایی همواره منفی نبوده و حتی در برخی موارد اثرات مثبتی بر تقاضا نیز مشاهده شده است. به عنوان نمونه با افزایش قیمت انرژی، گرایشهای شدیدی در صنایع حمل و نقل به جایگزینی هرچه بیشتر مواد فلزی با مصنوعات پلیمری که به مراتب سبکترند پدید آمد. در بین دو شوک نفتی (۸۰ - ۱۹۷۳) سهم پلاستیکها در کل وزن اتومبیلهای تولیدی ژاپن از ۳ به ۶ درصد افزایش یافت. در فاصله همین سالها نیز سهم متوسط

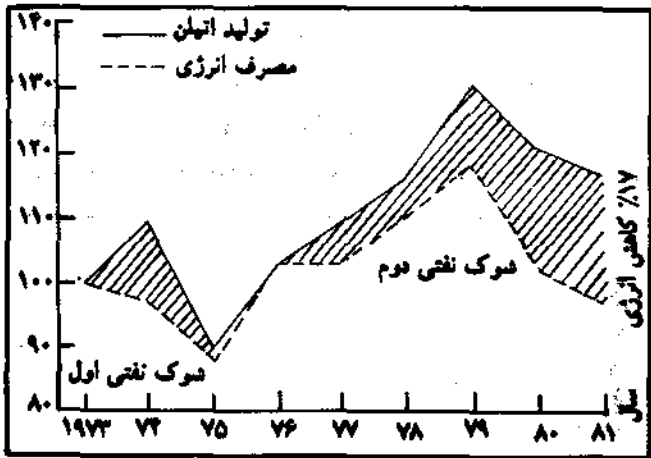


نمودار ۱۹ - قیمت اتیلن در آمریکا [۱]



نمودار ۲۰ - مقایسه قیمت مواد پتروشیمیایی (پلاستیکی) با برخی مواد دیگر (مبنا سال ۱۹۷۲ و معادل ۱۰۰) تا شوک نفتی دوم [۱]

انرژی به واسطه کنترل دولت نوسانات کمتری داشت نیز این روند محسوس بود. با این همه اشاره به این نکته مفید است که به رغم افزایش قابل توجه قیمت مواد پتروشیمیایی، نرخ رشد آن در سه دهه گذشته در مقایسه با سایر مواد به مراتب کمتر بوده است (نمودار ۲۰).



کاهش مصرف یا تقاضا برای مواد پتروشیمیایی به طور عمده متأثر از عواملی است که از بحران انرژی ناشی نمی‌شوند. این عوامل که نقشی به مراتب مؤثرتر از انرژی در تعیین تقاضای مواد پتروشیمیایی دارند، در آینده نزدیک مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

نمودار ۲۱ - مقایسه میزان مصرف انرژی و تولید اتیلن در اروپای غربی [۱]

د - صرفه‌جویی در مصرف انرژی

صرفه‌جویی انرژی از جمله دلایل حاکمیت روند کاهش مصرف انرژی پس از شوک دوم به‌شمار می‌آیند. مشاهدات عمومی یاد شده از رفتار صنعت پتروشیمی با تحلیل اطلاعات موجود در زمینه صنعت شیمی تقویت می‌گردد. طبق داده‌های مندرج در جدول ۱ گرایشهای زیر مشهود است:

صنعت پتروشیمی بنابر ماهیت انرژی‌ساز خود همواره عرصه تلاشهای گسترده‌ای پیرامون افزایش بازدهی مصرف انرژی و در نتیجه کاهش هزینه تولید بوده است. متأسفانه نبود اطلاعات کافی، امکان تجزیه و تحلیل دقیق صنعت پتروشیمی را از لحاظ صرفه‌جویی در انرژی سلب می‌کند. نمودار ۲۱ تصویری تقریبی از انرژی (سوخست و مساده اولیه) صرفه‌جویی شده را در فاصله سالهای ۸۱ - ۱۹۷۳ در اروپا از طریق مقایسه میزان تولید اتیلن به‌عنوان شاخص کل فعالیتهای این بخش، با انرژی مصرفی صنعت پتروشیمی نشان می‌دهد. در فاصله زمانی یاد شده حدود ۱۷ درصد کاهش در مصرف انرژی به‌ازای واحد تولید، حاصل شده است که کمی از بازدهی کاهش انرژی در صنعت فولاد در همین سالها، ۱۳ درصد بیشتر است. اثر صرفه‌جویی انرژی بعد از شوک نفتی اول به‌واسطه سقوط ظرفیت تولید پتروشیمی در سال ۱۹۷۵ و در نتیجه افت بازدهی مصرف انرژی بیرنگ گردیده، در حالی که بعد از شوک نفتی دوم بسیار تشدید شد. از سرگیری مجدد فعالیتهای صنعتی و احداث واحدهای پیشرفته‌تر به‌همراه ظهور نتایج طرحهای بلندمدت پژوهشی در زمینه

سال	۱۹۷۳	۱۹۷۴	۱۹۷۵	۱۹۷۶	۱۹۷۷	۱۹۷۸	۱۹۷۹	۱۹۸۰	۱۹۸۱
تولید اتیلن (میلیون تن)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
مصرف انرژی (میلیون تن معادل نفت)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

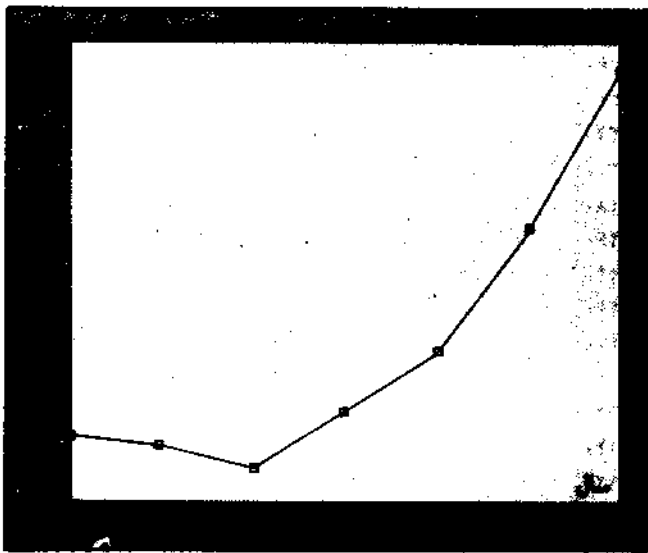
جدول ۱ - میزان انرژی مصرفی در واحد فروش محصولات شیمیایی، واحد هزار تنی یو به‌دلار [۱]

— مصرف انرژی در واحد تولید از اواسط دهه ۱۹۶۰ تا ۷۰ به طور متوسط سالیانه ۳ درصد کاهش نشان می‌دهد که شدت بیشتری از سالهای پس از شوک نفتی اول دارد و این نظریه را به اثبات می‌رساند که استفاده منطقی از انرژی حتی پیش از شوکهای نفتی به عنوان یک هدف تعقیب می‌شد.

— اختلافهای بنیادی در توزیع جغرافیایی مصرف انرژی وجود دارد. در ایالات متحده آمریکا بازدهی مصرف انرژی (کل تولیدات صنعتی به انرژی مصرفی) به علت فراوانی مواد اولیه هیدروکربنی و ادامه سیاستهای کنترل قیمت از سایر رقبای آن در اروپا کمتر است. نمودار ۲۲ روند مصرف انرژی (شامل مواد اولیه نمی‌شود) را در صنایع شیمیایی ژاپن و اروپا نشان می‌دهد.

در اروپا و ژاپن تحرکی که شوک نفتی ۱۹۷۳ در راستای کاهش مصرف انرژی ایجاد کرد، بعد از سال ۱۹۷۵ معو شد. همین روند در الگوی انرژی مورد نیاز صنعت پتروشیمی نیز مشاهده می‌شود (نمودار ۲۲). بی شک این اثر را می‌توان ناشی از بازگرداندن واحدهای غیر مؤثر به خط تولید جهت مقابله با افزایش مصرف و همچنین گرایش بیشتر به سمت مصرف مواد انرژی بر نظیر پلیمرها دانست.

اگر مصرف انرژی در سطح اقتصاد کلان و در مقایسه با تولید ناخالص جهان سنجیده شود، نتایج بخش صنعت شیمی از عمومیت ساقط می‌شود. چون در این صورت دهه ۱۹۷۰، به عنوان نقطه آغاز روند صرفه‌جویی انرژی در جهان شناخته می‌شود (نمودار ۲۳). وجود این تفاوت آشکار در رفتار مجموعه بخشهای تولیدی جهان با روند عمومی



نمودار ۲۲ — مقایسه نسبت تولید ناخالص داخلی (GDP) به انرژی مصرفی جهان در هر سال [۴]

مشاهده شده در صنایع شیمیایی و پتروشیمیایی، امکان پروراندن هرگونه تعمیم کلی را سلب می‌کند. بهر حال در این نکته ابهامی نیست که اگر شوکهای نفتی به عنوان تنها محرکهای کاهش مصرف انرژی شناخته نشوند، نقش آنان در شتاب بخشیدن به این روند انکارپذیر است. به دنبال شوک نفتی دوم تمایلات آشکاری در جهان به منظور کاهش مصرف انرژی پدید آمد که در دو بعد زیر متبلور شد:

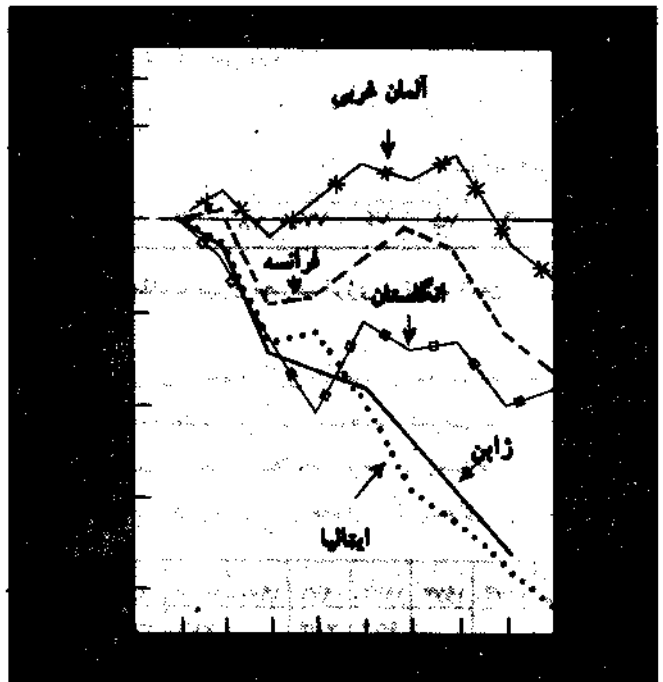
الف — افزایش بازدهی انرژی واحدهای موجود

واحدهای موجود پتروشیمی پتانسیل قابل توجهی جهت اجرای طرحهای کاهش مصرف انرژی نشان می‌دهند. به عنوان نمونه در یک واحد قدیمی تولید اتیلن از مایعات گازی، امکان کاهش مصرف انرژی در سال ۱۹۷۶ تا ۱۰ درصد مقدار آن در طراحی اولیه و بدون بسنل سرمایه‌گذاری قابل توجه (برای طراحی مجدد) وجود داشت (جدول ۲).

شوک نفتی اول، بسیاری از تولید کنندگان را به جلوگیری از اتلاف انرژی وا داشت. در انگلستان میزان مصرف انرژی در واحد تولید از ۹۵٪ در سال ۱۹۷۲ (یکسال قبل از شوک نفتی اول) به ۸۳٪ در سال بعد از بحران تقلیل یافت (برای سال ۱۹۷۰ مینا ۱۰۰ است). این اقدامات بعد از شوک نفتی دوم دوباره از سر گرفته شد و کاهش حدود ۶٪ در مصرف انرژی انگلستان را به ارمغان آورد.

ب — بهبود طراحی فرایندهای پتروشیمیایی

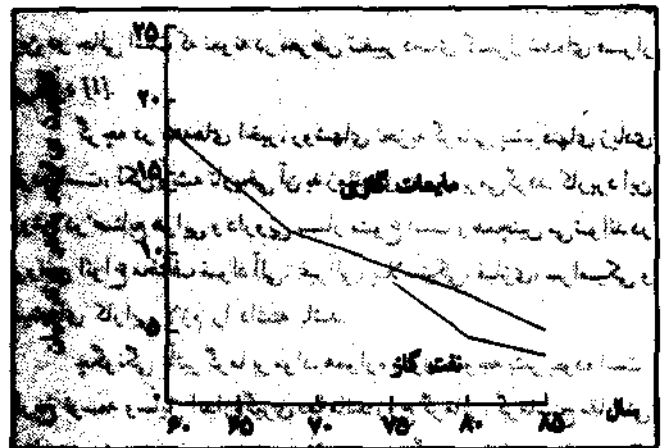
شاخه دیگری از فعالیتهای سازمان یافته در راستای کاهش مصرف انرژی، در طراحی مجدد فرایندهای پتروشیمیایی متجلی گردید. اگرچه این روند در سالهای قبل از شوک اول نیز محسوس بود ولی پس از دو شوک نفتی شدت یافت. از میان خیل نمونههای موفقیت آمیز می‌توان



نمودار ۲۲ — روند مصرف انرژی در صنعت شیمیایی اروپای غربی و ژاپن [۱]

۷۵ - ۱۹۶۵	۱۱	۱۳	۱۸.۵	۲۰
۷۸ - ۱۹۷۵	۱۰	۱۱	۱۸	۲۰
۸۲ - ۱۹۷۸	۹	۹.۵	۱۳	۱۴
۸۶ - ۱۹۸۲	-	۶	-	۱۰

به فرایند تولید متانول اشاره کرد. در سال ۱۹۶۷ فرایند قدیمی فشار بالا توسط فرایند جدید فشار پایین جایگزین شد که صرفه‌جویی معادل ۱۲ درصد در مصرف انرژی ایجاد کرد. فرایند اخیر نیز به دنبال شوک نفتی اول در سال ۱۹۷۴ دوباره طراحی شد و ۱۲ درصد صرفه‌جویی انرژی حاصل گردید. بازنگری در این فرایند بعد از شوک نفتی دوم نیز به کاهش ۶ درصد در مصرف انرژی انجامید. توسعه فرایند تولید پلی اتیلن سبک خطی را که به مراتب کمتر از سایر فرایندهای تولید پلی اتیلن به انرژی نیازمند است، نیز می‌توان در زمره همین فعالیتها دانست. روند کاهش مصرف انرژی در واحدهای جدید تولید اتیلن در فاصله سالهای ۸۵ - ۱۹۶۰ در نمودار ۲۴ به تصویر کشیده شده است. کاهش حدود ۴٪ در مصرف انرژی برای تولید اتیلن از مایعات گازی و ۱٪ از نفت گاز حکایت از بهبود تدریجی فرایندهای پتروشیمیایی از لحاظ بازدهی انرژی دارد.



نمودار ۲۴ - روند کاهش مصرف انرژی در واحدهای تولید اتیلن [7]

### نتیجه‌گیری

پتروشیمی پیوندی ناگسستی با انرژی دارد. هرگونه جایجایی که در الگوی مصرف و بهای انرژی رخ دهد، صنعت پتروشیمی را نیز متأثر خواهد ساخت. بدین ترتیب که افزایش قیمت نفت خام یا انرژی، چرخه تولید جهانی را از تحرک بیشتر باز می‌دارد و در عین حال قدرت رقابت

محصولات پتروشیمی را تحلیل برده و بازار مصرف آنها را محدود می‌سازد. رکود اقتصادی حاصل از آن نیز به‌طور عمده منحصر به کشورهای صنعتی می‌شود و کشورهای نفت خیز با تکیه بر ذخایر هیدروکربنی بهترین فرصت را برای نقش‌آفرینی در عرصه اقتصاد جهانی خواهند یافت. همان‌گونه که عربستان سعودی با بهره‌گیری از شوکهای نفتی اول و دوم صنعت پتروشیمی خود را پی‌ریزی کرد؛ فرصتی که با وقوع شوک نفتی سوم و در صورت پایداری آن بار دیگر قابل دستیابی است. کاهش قیمت نفت خام نیز اگرچه از برتری منطقه‌ای کشورهای نفت‌خیز خواهد کاست ولی بازار مصرف مواد پتروشیمیایی را تقویت و به‌توسعه نسبی صنعت پتروشیمی کمک خواهد کرد.

روند فعلی مصرف مواد فسیلی عمر بیش از ۵۰ سال منابع نفتی را تضمین نمی‌کند. حال آنکه ذخایر زغال سنگ، اطمینان بخش بشریت تا دو قرن دیگر است. منابع گیاهی ماهیتی محدود دارند و برای رشد خود بر سر تصاحب زمین با منابع غذایی به‌سبزی بر خواهند خواست. بازیافتهای بعدی از منابع نفتی گرانتر از زغال سنگ تمام خواهند شد. شنهای نفتی نیز در صورت تثبیت مجدد قیمت‌های نفت نویدی نمی‌دهند. صنعت پتروشیمی در نیمه اول قرن آینده به‌سرچشمه نخستین خود، زغال سنگ، و زادگاه دیرین خود، جهان صنعتی، باز می‌گردد. ذخائر گازی نیز با عمری ۱۰ سال بیشتر از نفت، تنها تأخیری در این روند و آگذاری ایجاد می‌کنند. با پایان یافتن نفت و برتری کشورهای نفت خیز، گاز طبیعی فقط چند سالی باقی خواهد بود. توزیع ذخایر گازی در مقایسه با سایر منابع از پراکندگی کمتری برخوردار است و در این میان ایران پس از شوروی دومین پستوانه گازی جهان را در اختیار دارد. گاز طبیعی دارای این ویژگی است که مستقل از صنعت پالایش نفت بوده و خود را با سرعت با صنعت پتروشیمی تطبیق می‌دهد. در ضمن انتقال آن بسیار پرهزینه است و در نتیجه برتری مناطق گازخیز را تثبیت می‌کند. آیا ایران فرصتهای از دست رفته با نفت را با گاز باز خواهد یافت؟ باید به‌انتظار آینده نشست.

### REFERENCES

- [1] "Petrochemical Industry", OECD, Paris, 1985.
- [2] "The Petrochemical Industry in Developing Countries", Prospect and Strategies, UNIDO, 1985.
- [3] "The International Conference on Plastic Strategies for the Eighties", Switzerland, 1981.
- [4] "Petrodication", Oil Report, SRT International, 1990.
- [5] "Petrochemical Studies, A Foundation Course", The College of Petroleum Studies, Oxford, Chem System, 1988.
- [6] "Chemical Economic Handbooks", SRI International, 1986-1989.
- [7] "How can the Olefin Industry Survive in the 80s?", CEP, Feb. 1984.
- [8] Wittooff H.A. and Reuben D., "Industrial Organic Chemicals in Perspective", 1978.
- [9] Mackillop A., "Oil Price Outlook for the 1988-1993 Period", International Journal of Energy, 1990.
- [10] Waddams A.L., "Chemicals from Petroleum", 1980.
- [11] "SRI International Yearbook", PEP, on West Germany, 1984-1987.
- [12] Jones S.T., "Forecasting Oil Prices to 1995", Hydrocarbon Processing, Aug. 1987.