اهمیت دستیابی به تکنولوژی نوین در زمینهٔ انرژی

سید محمد حاجی سعید [1]
معاون تحقیقات و توسعهٔ هسته‌ای
سازمان انرژی اتمی

مقدمه

مصرف انرژی و انواع فعالیتهای بشری، رابطه‌ای مستقیم با یکدیگر دارند و از این رو با پیشرفت جوامع، توسعهٔ منابع انرژی اولیه (نفت، گاز،....) و گسترش تولید انرژی ثانویه (برق) از اهمیت روزافزونی برخوردار شده است و در نتیجه، رشد اقتصادی جوامع که از طریق شاخص تولید ناخالص ملی مشخص می‌شود، رابطه‌ای مستقیم با مصرف سرانهٔ انرژی هر کشور دارد. بحران انرژی در دههٔ ۷۰، منجر به رکود قابل توجهی در پیشرفت اقتصادی کشورهای در حال رشد ـ مخصوصاً آن دسته که واردکنندهٔ مواد انرژی‌زا بودند ـ شد. تأثیر نامطلوب بحران مذکور، همچنان به صورت وامهای سنگین کشورهای مذکور از کشورهای صنعتی باقی است.

به طور کلی، بیشتر فعالیت مردم کشورهای در حال رشد، صرف تأمین حداقل معاش می‌شود و کشاورزی،قسمت اعظم اقتصاد چنین جوامعی را تشکیل می‌دهد. از طرف دیگر، امکانات موجود در این جوامع برای توسعهٔ اجتماعی ـ صنعتی بسیار محدود بوده و تلاش در جهت رسیدن به چنین توسعه‌ای، همراه با افزایش قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی به طور عام و نیروی برق به صورت خاص است. در حال حاضر، سهم نیروی برق در مجموع انرژی مورد مصرف جوامع صنعتی حدود ۳۲ درصد و در کشورهای در حال رشد، حدود ۲۰ درصد برآورد می‌شود.

پیشرفت جوامع امروزی به گونه‌ای به مصرف نیروی برق وابسته است که خطوط انتقال نیرو به منزلهٔ شریانهای حیاتی این جوامع به شمار می‌آید و درواقع، گستردگی و تنوع خطوط انتقال نیرو در هر کشور، نشان‌دهندهٔ میزان پیشرفت اقتصادی آن کشور است. بنابراین، بحث در زمینهٔ پیشرفتهای اقتصادی، صنعتی و کشاورزی، بدون داشتن برنامه‌های مدون تأمین انرژی نیروی برق متناسب با میزان رشد جامعه و نیازهای شهری، صنعتی و روستایی، نمی‌تواند زیاد جدی تلقی شود. برای مثال، توسعهٔ کشاورزی در کشورهای در حال رشد، مستلزم افزایش متناسب تولید نیرو است. نیروی مورد نیاز برای آبیاری مزارع، تولید کود شیمیایی،سموم دفع آفات و سایر صنایع مربوط به کشاورزی، می‌تواند ۲۰ الی ۳۰ درصد برق تولیدی را به خود اختصاص دهد. البته، سهم نیروی برق مورد نیاز صنایع می‌تواند از این میزان نیز بیشتر باشد. بنابراین، نقش برنامه‌ریزی انرژی و توسعهٔ متناسب صنایع تولید و انتقال نیرو در کشورهای در حال رشد، دارای اهمیت فراوانی است و با توجه به طولانی بودن زمان اجرای طرحهای تولید نیرو و نصب شبکه‌های انتقال و همچنین با توجه به سرمایه‌گذاریهای زیادی که برای اجرای چنین طرحهایی لازم است، نقش مهم برنامه‌ریزان در کشورهای در حال رشد، به خوبی نمایان می‌شود. پیشرفت هر کشور ـ چه در زمینهٔ کشاورزی و چه در زمینهٔ صنعتی ـ رابطهٔ مستقیمی با میزان برق تولید شده در آن کشور دارد ولی متأسفانه، در بسیاری از کشورهای در حال رشد به واسطهٔ عدم توجه به این امر مهم و عدم وجود برنامه‌های صحیح، همواره مصرف بر تولید فزونی دارد و کمبود نیروی برق، علاوه بر اینکه مهم‌ترین عامل بازدارندهٔ رشد اقتصادی است، موجب می‌شود تا خسارات بسیاری در زمینه‌های تولیدی وارد شود.

در دهه‌های ۵۰ و ۶۰، میزان مصرف انرژی به طور عام و نیروی برق به طور خاص، در کشورهای صنعتی با رشد شدیدی مواجه شد. پیش‌بینیهای اولیه نشان می‌داد که این روند به همین ترتیب ادامه خواهد یافت و از این رو، برآوردهای خوش‌بینانه‌ای در جهت میزان مصرف برق و همچنین تعداد نیروگاهها و مخصوصاً نیروگاههای هسته‌ای در

دهۀ ۶۰ ارائه شد. ولی بحران انرژی دهۀ ۷۰ و به کارگیری تکنولوژی پیشرفته‌تر در تولید و مصرف انرژی و مخصوصاً نیروی برق از یک سو و کاهش نرخ رشد اقتصادی کشورهای پیشرفته از سوی دیگر، موجب شد تا پیش‌بینیهای اولیه به طور قابل ملاحظه‌ای تعدیل گردند. در نتیجه، بار مالی این صرفه‌جویی انرژی در کشورهای توسعه یافته، بر دوش کشورهای جهان سوم ـ که عموماً تولیدکنندۀ مواد خام انرژی‌زا هستند ـ سرشکن شد.

در حال حاضر، میزان رشد مصرف نیروی برق در کشورهای پیشرفته تقریباً آهنگ ثابتی دارد، در حالی که میزان افزایش سالانۀ مصرف انرژی در کشورهای در حال رشد در دهه‌های ۶۰ و ۷۰، حدود ۹ درصد بوده است. در میان کشورهای در حال رشد، آن دسته از کشورها که صنعتی‌تر بودند رشدی معادل ۱۳ الی ۲۰ درصد در سال داشته‌اند و نکتۀ قابل توجه اینکه، افزایش میزان مصرف نیروی برق در کشورهای در حال رشد، از میزان افزایش مصرف انرژیهای اولیه مانند نفت بیشتر بوده و این افزایش میزان مصرف، از مورد مشابه آن در کشورهای صنعتی نیز بالاتر بوده است.

کُند شدن آهنگ رشد اقتصادی در جهان اگرچه موجب جلوگیری از افزایش مصرف نیروی برق در بسیاری از کشورها شد ولی در اکثر کشورهای در حال رشد، عدم رشد میزان مصرف نیروی برق به دلیل نبود امکانات تولید است و نه به واسطۀ کم شدن میزان تقاضا. پیش‌بینی می‌شود که افزایش سالانۀ میزان مصرف نیروی برق در کشورهای در حال رشد، در ده سال آینده مابین ۶ الی ۷ درصد باشد. حتی اگر بخواهیم رقم کمتری را هم در نظر بگیریم، باز هم کل میزان تقاضا برای نیروی برق در کشورهای در حال رشد عدد قابل ملاحظه‌ای را تشکیل می‌دهد. برآورد می‌شود که میزان افزایش نیروی برق مورد نیاز کشورهای در حال رشد تا سال ۲۰۰۰، معادل ۳۰۰ هزار مگاوات خواهد بود که نیاز به سرمایه‌ای حدود ۶۰۰ میلیارد دلار خواهد داشت. البته، با توجه به جمعیت زیاد و رشد سرسام‌آور آن در اکثر این کشورها، حتی اگر چنین افزایشی در کل نیروی برق مصرفی این کشورها صورت گیرد باز هم افراد بسیاری در این جوامع از مزایای این انرژی بی‌بهره خواهند بود و به همین ترتیب، میزان مصرف سرانۀ انرژی در این کشورها بسیار کمتر از میزان مصرف سرانۀ نیروی برق در کشورهای توسعه یافته خواهد بود.

تقاضای انرژی و تحولات تکنولوژیکی

علی رغم تمامی اقدامات مؤثری که در زمینۀ صرفه‌جویی انرژی در کشورهای صنعتی صورت گرفته است، با اطمینان می‌توان گفت که حداقل برای سی سال آینده، نیازهای انرژی به طور کلی افزایش خواهد یافت.

پیش‌بینیهای انجام شده در کنفرانس جهانی انرژی (WEC) در سال ۱۹۸۹ نشان می‌دهد که مصرف انرژی در فاصلۀ سالهای ۱۹۸۵ و ۲۰۲۰، بین ۵۰ تا ۷۵ درصد افزایش خواهد یافت (جدول شمارۀ ۱).

جدول ۱ـ انرژی پایۀ مورد نیاز (برحسب درصد بر مبنای سال ۱۹۸۵)

سال	۱۹۷۳	۱۹۸۵	۲۰۰۰	۲۰۲۰
کشورهای صنعتی	۸۸	۱۰۰	۱۲۴/۱۱۵	۱۴۴/۱۲۴
جهان سوم	۶۴	۱۰۰	۱۵۷/۱۴۵	۲۳۱/۲۱۲
جهان	۸۰	۱۰۰	۱۳۴/۱۲۵	۱۷۷/۱۵۲

اعداد بالایی نشان‌دهندۀ حالت میانه و اعداد پایینی کمترین حد ممکن را نشان می‌دهند.

Source: Global Energy Perspectives 2000-2020
WEC, 1989 converted from original units.

برآوردهای آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) برای فاصلۀ زمانی ۲۰۰۵ ـ ۱۹۸۹ نیز، میزان رشد چشمگیری را نشان می‌دهد (جدول شمارۀ ۲). برآوردهای صورت گرفته توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، نشان می‌دهد که تولید الکتریسیته در جهان با میزان متوسط رشد سالانه ۴% ـ ۳/۲% از ۱۱۱۰۰ Tw.h، در سال ۱۹۸۹، تا ۲۰۹۰۰ ـ ۱۸۳۰۰ Tw.h، در سال ۲۰۰۵ خواهد رسید.

مقادیر دقیق‌تر ظرفیت تولید الکتریسیتۀ مورد نیاز در جدول شمارۀ ۳ خلاصه شده است. تا سال ۲۰۰۵، ظرفیت تولید الکتریسیته در امریکای لاتین، اروپای شرقی، افریقا، خاورمیانه و آسیای جنوبی و خاور دور، تقریباً دوبرابر می‌شود.

به این ترتیب، پیش‌بینیهای "WEC" و "IAEA" در برآورد رشد تقاضا با یکدیگر هماهنگ هستند. مطالعات دیگری نیز توسط IIASA CEC, IEA (OECD)... انجام شده که با نظریات فوق تطابق دارد.

با در نظر گرفتن چهارچوب زمانی ۲۰ الی ۴۰ سال آینده، تکنولوژی تولید نیروی برق در مقیاس وسیع همچنان وابسته به استفاده از سه نوع انرژی اولیه یعنی سوختهای فسیلی، نیروی آب و نیروی هسته‌ای خواهد بود. انتظار نمی‌رود که انرژیهای جدید از قبیل انرژی خورشیدی، باد، ژئوترمال و غیره بتوانند لااقل تا اواسط قرن آینده، تأثیر قابل توجهی بر این روند داشته باشند. علت اصلی این موضوع این است که، کشورهای صنعتی به دلیل وجود شرایط نامساعد جوی، علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که در این زمینه انجام داده‌اند نمی‌توانند مصرف‌کنندۀ عمدۀ این قبیل انرژیها باشند و از سوی دیگر، کشورهای در حال رشد که اکثراً شرایط مساعدی برای استفاده از این گونه انرژیها دارند، به دلیل نداشتن بودجه‌های تحقیقاتی لازم و عدم وجود

جدول ۲ـ تخمینی از کل انرژی مصرفی دنیا (برحسب درصد بر مبنای سال ۱۹۸۹) و درصد مصرف آن برای تولید الکتریسیته (داخل پرانتز)

سال	۱۹۸۹	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۵
کشورهای OECD	۱۰۰ (۳۸)	۱۰۵ (۴۲) / ۱۱۰ (۴۲)	۱۱۰ (۴۵) / ۱۱۸ (۴۵)	۱۱۲ (۴۹) / ۱۲۳ (۴۹)
کشورهای CMEA	۱۰۰ (۲۶)	۱۰۸ (۲۹) / ۱۱۲ (۳۰)	۱۱۶ (۳۱) / ۱۲۱ (۳۳)	۱۲۲ (۳۳) / ۱۲۹ (۳۶)
بقیهٔ کشورهای جهان	۱۰۰ (۲۳)	۱۱۷ (۲۷) / ۱۲۰ (۲۸)	۱۳۱ (۳۰) / ۱۳۹ (۳۳)	۱۴۳ (۳۴) / ۱۵۵ (۳۹)
کل جهان	۱۰۰ (۳۰)	۱۰۹ (۳۴) / ۱۱۳ (۳۵)	۱۱۸ (۳۷) / ۱۲۶ (۳۸)	۱۲۴ (۴۰) / ۱۳۴ (۴۲)

اعداد بالا و پایین به ترتیب نشان دهندهٔ بالاترین و پایین‌ترین تخمین است.

Source: IAEA Reference Data Series No. 1, July 1990

Converted from Original Units.

جدول ۳ـ تخمین ظرفیت کل تولید الکتریسیته
(حالت تخمین کم IAEA در (Gw(e)

سال	۱۹۸۹	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۵
امریکای شمالی	۸۷۱	۱۰۳۵	۱۱۳۳	۱۲۶۸
امریکای لاتین	۱۵۹	۲۲۴	۲۸۵	۳۴۷
اروپای غربی	۵۶۴	۶۱۶	۶۷۵	۷۳۱
اروپای شرقی*	۴۷۷	۵۸۶	۶۷۶	۷۵۹
افریقا	۷۳	۱۰۲	۱۳۱	۱۶۱
خاورمیانه و آسیای جنوبی	۱۴۲	۱۹۵	۲۴۳	۲۸۸
آسیای جنوب شرقی	۷۵	۹۲	۱۰۷	۱۲۲
خاور دور	۳۶۵	۴۵۳	۵۵۱	۶۴۶
کل دنیا	۲۷۲۵	۳۳۰۴	۳۸۰۱	۴۳۲۲
کشورهای OECD	۱۶۴۲	۱۹۰۵	۲۰۹۸	۲۳۱۹
کشورهای CMEA	۴۶۸	۵۷۴	۶۶۲	۷۴۵
بقیه جهان	۶۱۵	۸۲۵	۱۰۴۱	۱۲۵۸

Source: IAEA Reference Data Series No. 1, July 1990, Edition.

* شامل USSR

برنامه‌ریزی‌های مربوط به انرژی، پیشرفتی در این امور نداشته‌اند.

سوختهای فسیلی، شامل سوختهای جامد (انواع زغال سنگ)،مایع (نفت و سایر مشتقات آن) و گاز است. ۹۵ درصد منابع زغال سنگ در کشورهای امریکا، شوروی، چین، اروپای غربی، کانادا و استرالیا و قسمت اعظم منابع نفتی، در خاورمیانه، شوروی و امریکاست. مدتهاست که منابع جدید و قابل توجه سوخت فسیلی کشف نشده است، اما پیش‌بینیهایی در مورد زمان اتمام هر یک از منابع انرژی فسیلی به عمل آمده و به نظر می‌رسد که منابع نفتی زودتر از سایر منابع، در معرض خطر اتمام باشند. بحرانهای نفتی اخیر نشان داد که از یک طرف، دوران انرژی فراوان و ارزان سپری شده است و از طرف دیگر، نفت از منابع گرانبهای انرژیهای رو به زوال است و در صرفه‌جویی در مصرف آن باید کوشید.

بنابراین، با توجه به دو اصل فوق باید از مصرف بی‌رویهٔ نفت خودداری کرده و کاربرد آن را در موارد ضروری و اجتناب‌ناپذیر ـ که

● پیشرفت جوامع امروزی به گونه‌ای به مصرف نیروی برق وابسته است که گستردگی و تنوع خطوط انتقال نیرو در هر کشور، نشان‌دهندهٔ میزان پیشرفت اقتصادی آن کشور است.

مهم‌ترین آن صنایع پتروشیمی و حمل و نقل است ـ متمرکز ساخت. مصرف نفت و مشتقات آن در نیروگاهها با بازدهی بین ۲۵ الی ۳۰ درصد، یکی از پرضایعه‌ترین انواع مصرف مواد نفتی است. از این رو، چه برای کشورهای صادرکنندهٔ نفت ـ که برای آنان صدور نفت بزرگترین منبع درآمد ارزی است ـ و چه برای کشورهای واردکنندهٔ مواد نفتی ـ که برای آنان پرهزینه‌ترین ارقام وارداتی است ـ حداکثر صرفه‌جویی در مصرف این ماده رو به زوال، امری حیاتی است. در پیش گرفتن شیوهٔ اقتصادی که متکی به نفت نباشد، برای هر دو گروه این کشورها ضروری است. کشورهایی که اقتصادی صرفاً متکی به فروش نفت دارند، پس از اتمام این ماده، در صورتی که تا آن زمان نتوانسته باشند اقتصاد خود را از وابستگی به آن نجات دهند، آیندهٔ روشنی نخواهند داشت.

بهره‌برداری از پتانسیل منابع آبی، یکی از بهترین و اقتصادی‌ترین روشهای تولید نیروی برق است. در حال حاضر، حدود ۲۳ درصد برق تولید شده در جهان با استفاده از پتانسیل منابع آبی است. از طرف

دیگر، محدودیتهایی در زمینهٔ استفاده از پتانسیل آب برای تولید نیرو وجود دارد.

با توجه به مطالب گفته شده، به نظر می‌رسد که آیندهٔ مطمئن صنایع انرژی، در گرو پیشرفت تکنولوژیکی در این بخش و به کارگیری نتایج حاصل از تحقیقات پیشرفتهٔ سالهای اخیر، در این زمینه باشد.

پیشرفتها و دستاوردهای مهم تکنولوژیکی

در روند تکنولوژیکی در بخش انرژی، برای حل مسائل انرژی در جهان در حال و آینده، می‌بایست منابع و تکنولوژیهایی مورد توجه قرار بگیرند که قبلاً آزمایش شده و از نظر اقتصادی نیز قابل رقابت باشند. ضمن آنکه، تأکید و سرمایه‌گذاری بیشتر باید بر روی تکنولوژیهایی صورت گیرد که در آینده، محدودیتهای کمتری را با توجه به عوامل زیر ایجاد نمایند:

الف) قابلیت رقابت اقتصادی

ب) آثار زیست محیطی مناسب

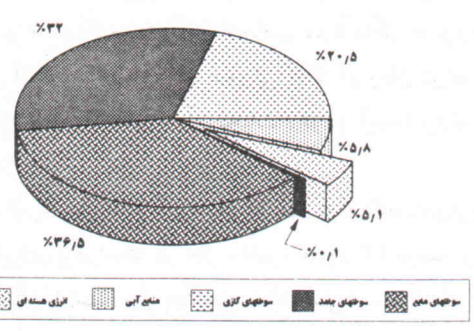
ج) قابلیت دستیابی بلندمدت به منابع

● ۹۵ درصد منابع زغال‌سنگ در کشورهای امریکا، شوروی، چین، اروپای غربی، کانادا و استرالیا و قسمت اعظم منابع نفتی، در خاورمیانه، شوروی و امریکاست.

با توجه به شرایط بالا و محدودیتهایی که در زمینهٔ انرژیهای نو (خورشید، باد، ژئوترمال و غیره) وجود دارد و انتظار هم نمی‌رود که تا سال ۲۰۲۰ این نوع انرژیها بیش از ۳ درصد تقاضای انرژی دنیا را جوابگو باشند، زمینه‌های تکنولوژیکی قابل بررسی و سرمایه‌گذاری در سالهای آینده را، محدود به منابع معمولی نظیر زغال سنگ، نفت و گاز، آب و نهایتاً انرژی هسته‌ای می‌کند. سهم منابع مختلف انرژی که هم اکنون در دسترس بشر قرار دارد در شکل (۱) نشان داده شده است.

شکل (۱)

سهم انواع سوخت در مقدار کل انرژی مصرف شده در سال ۱۹۸۹



نقش استراتژیک انرژی در این قرن و قرن آینده، روند تحولات تکنولوژیکی در این بخش را به طور چشمگیری تسریع نموده و سرمایه‌های زیادی را به خود اختصاص داده است. کشورهای پیشرفتهٔ صنعتی، علی‌رغم کمبود منابع اوّلیهٔ انرژی، از طریق سرمایه‌گذاریهای هنگفت در تحقیقات و تکنولوژی پیشرفته در زمینهٔ انرژی، صادرات تکنولوژیهای مربوط به انرژی را به انحصار خود درآورده و در نهایت توانسته‌اند تعیین‌کنندهٔ خط مشی اصلی در رابطه با مسائل مختلف انرژی در دنیا باشند.

در سالهای اخیر، بیشترین سرمایه‌گذاریها از طرف کشورهای صنعتی در زمینهٔ تکنولوژی انرژی، در رابطه با انرژی هسته‌ای صورت گرفته و از این رو، مهم‌ترین پیشرفتها و دستاوردهای تکنولوژیکی نیز در این بخش بوده است و با تمام نگرانیهایی که ظاهراً در محافل غربی و کشورهای صنعتی در رابطه با ایمنی نیروگاههای هسته‌ای ابراز می‌شود، باز هم مشاهده می‌گردد که همه ساله، بر تعداد نیروگاههای هسته‌ای، راکتورهای تحقیقاتی و دیگر تأسیسات هسته‌ای در این کشورها افزوده شده و هزینه‌های بالایی در زمینهٔ تحقیقات و توسعه صرف می‌شود.

بخشهای صلح‌جویانهٔ تکنولوژی هسته‌ای به عنوان یک تکنولوژی پیشرفته و مدرن، تقریباً در تمام جنبه‌های زندگی امروزی اعم از کشاورزی، پزشکی و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه، ۲۴ کشور دنیا از انرژی هسته‌ای استفاده می‌کنند. علاوه بر این، دو کشور دیگر (کوبا و رومانی) در حال احداث اولین نیروگاه هسته‌ای خود هستند و چین اوّلین نیروگاه خود را راه‌اندازی کرده است. در اواخر سال ۱۹۹۰، ۴۲۳ نیروگاه هسته‌ای در حال بهره‌برداری بودند که کل ظرفیت هسته‌ای خالص نصب شدهٔ آنها با تجربهٔ بهره‌برداری بالغ بر ۵۶۲۳ سال راکتور ۳۲۶ Gw(e) بود. همچنین، ۸۳ نیروگاه هسته‌ای با توان کل حدود ۶۶ Gw(e) در حال ساخت بودند که عمدتاً در شوروی ۲۱/۲ Gw(e)، ژاپن ۹ Gw(e)، فرانسه ۸/۳ Gw(e)، چک و اسلاواکی ۳/۳ Gw(e) و رومانی ۳/۱ Gw(e)، واقع شده‌اند. در طول سال ۱۹۹۰، ده راکتور جدید، در کانادا (۲)، فرانسه(۳)، ژاپن (۲)، امریکا (۲) و شوروی (۱) به شبکهٔ برق کشورهای خود پیوستند.

جدول شمارهٔ ۴، ظرفیت تولید انرژی هسته‌ای نصب شده در جهان در پایان دسامبر ۱۹۹۰ را نشان می‌دهد. سهم کشورهای OECD با احتساب ۲۶۵ Gw(e)، معادل ۸۱/۵ درصد ظرفیت جهانی در ۱۹۹۰ بوده است و سهم کشورهای عضو CMEA، ۴۲ Gw(e)، یعنی حدود ۱۳ درصد ظرفیت کل بوده در حالی که سهم کشورهای در حال رشد، ۱۸ Gw(e) یعنی ۵/۶ ظرفیت کل است.

جدول شمارهٔ ۴ـ ظرفیت انرژی نصب شده در پایان دسامبر سال ۱۹۹۰ در دنیا

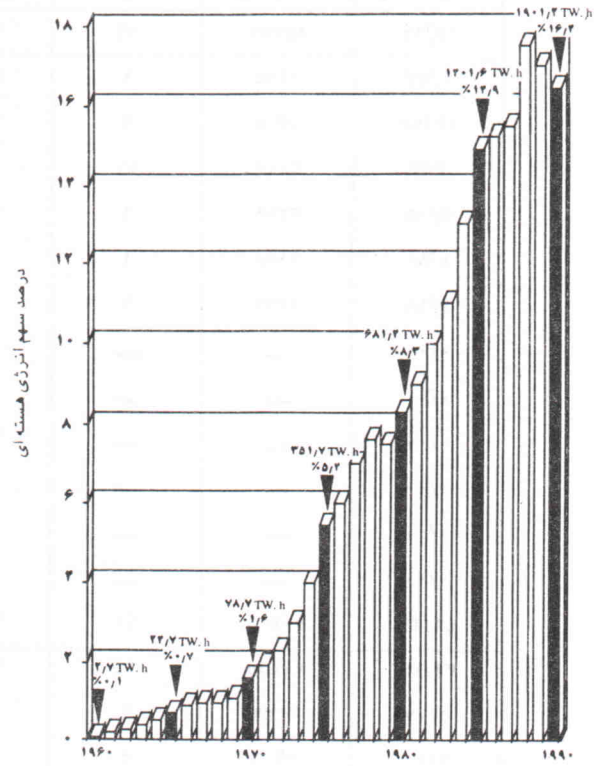
	در حال کار			در دست احداث		
	تعداد واحدها	کل Mw (e)	درصد ظرفیت	تعداد واحدها	کل Mw (e)	درصد ظرفیت
کشورهای عضو OECD	۳۳۱	۲۶۵۴۰۸	۸۱/۴۵	۲۶	۲۴۷۵۱	۳۷/۶۴
امریکا	۱۱۲	۱۰۰۶۳۰	۳۰/۸۸	۱	۱۱۶۵	۱/۷۷
فرانسه	۵۶	۵۵۷۷۸	۱۷/۱۲	۶	۸۳۰۵	۱۲/۶۲
ژاپن	۴۱	۳۰۹۱۷	۹/۴۹	۱۰	۹۰۱۲	۱۳/۷۰
آلمان	۲۶	۲۴۴۳۰	۷/۵۰	۶	۳۳۱۹	۵/۰۵
انگلستان	۳۷	۱۱۵۰۶	۳/۵۳	۱	۱۱۸۸	۱/۸۱
کانادا	۲۰	۱۳۹۹۳	۴/۲۹	۲	۱۷۶۲	۲/۶۸
سوئد	۱۲	۹۸۱۷	۳/۰۱	—	—	۰/۰۰
اسپانیا	۹	۷۰۶۷	۲/۱۷	—	—	۰/۰۰
بلژیک	۷	۵۵۰۰	۱/۶۹	—	—	۰/۰۰
سوئیس	۵	۲۹۵۲	۰/۹۱	—	—	۰/۰۰
فنلاند	۴	۲۳۱۰	۰/۷۱	—	—	۰/۰۰
هلند	۲	۵۰۸	۰/۱۶	—	—	۰/۰۰
کشورهای عضو CMEA	۶۲	۴۲۱۶۷	۱۲/۹۴	۴۰	۳۰۴۳۸	۴۶/۲۹
شوروی	۴۵	۳۴۶۷۳	۱۰/۶۴	۲۵	۲۱۲۵۵	۳۲/۳۲
چک اسلواکی	۸	۳۲۶۴	۱/۰۰	۶	۳۳۳۶	۵/۰۷
بلغارستان	۵	۲۵۸۵	۰/۷۹	۲	۱۹۰۶	۲/۹۰
مجارستان	۴	۱۶۴۵	۰/۵۰	—	—	۰/۰۰
رومانی	۰	۰	۰/۰۰	۵	۳۱۲۵	۴/۷۵
کوبا	۰	۰	۰/۰۰	۲	۸۱۶	۱/۲۴
دیگر کشورها	۳۰	۱۸۲۹۸	۵/۶۲	۱۷	۱۰۵۷۱	۱۶/۰۸
کره	۹	۷۲۲۰	۲/۲۲	۲	۱۹۰۰	۲/۹۰
افریقای جنوبی	۲	۱۸۴۲	۰/۵۷	۰	—	۰/۰۰
هندوستان	۷	۱۳۷۴	۰/۴۲	۷	۱۵۴۰	۲/۳۴
آرژانتین	۲	۹۳۵	۰/۲۹	۱	۶۹۲	۱/۰۵
مکزیک	۱	۶۵۴	۰/۲۰	۱	۶۵۴	۰/۹۹
یوگسلاوی	۱	۶۳۲	۰/۱۹	۰	—	۰/۰۰
برزیل	۱	۶۲۶	۰/۱۹	۱	۱۲۴۵	۱/۸۹
پاکستان	۱	۱۲۵	۰/۰۴	۰	—	۰/۰۰
چین	۰	۰	۰/۰۰	۳	—	۳/۲۷
ایران	۰	۰	۰/۰۰	۲	۲۳۹۲	۳/۶۴
کل (*)	۴۲۳	۳۲۵۸۷۳	۱۰۰/۰۰	۸۳	۶۵۷۶۰	۱۰۰/۰۰

* در محاسبه میزان کل تولید «کشورهای دیگر»، تولیدات ۶ واحد در حال راه‌اندازی در کشورهای تایوان و چین به میزان MW(e) ۴۸۹۰ در نظر گرفته شده است.

Source: IAEA PRIS database

شکل (۲)

میزان انرژی هسته ای تولید شده و سهم آن در مقدار کل انرژی در سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰



شکل ۲، روند توسعهٔ تولید برق هسته‌ای و سهم آن در کل تولید الکتریسیته را از سال ۱۹۶۰ نشان می‌دهد. با گذشت بیش از سی سال از روند پیشرفت انرژی، امروزه برق هسته‌ای بخش قابل توجهی از الکتریسیتهٔ تولید شده در جهان را به خود اختصاص داده است. در فاصلهٔ زمانی از اولین بحران نفت در سال ۱۹۷۳، تولید برق هسته‌ای شش برابر شده است.

با این حال، اهمیت انرژی هسته‌ای در کشورهای مختلف بسیار متفاوت است. فرانسه بیشترین سهم انرژی هسته‌ای را در دنیا داراست، به دلیل اینکه ۷۵ درصد الکتریسیته‌اش از انرژی هسته‌ای تأمین می‌شود. در بلژیک ۶۰ درصد، مجارستان ۵۱ درصد، جمهوری کره ۴۹ درصد و در سوئد ۴۵ درصد الکتریسیته، از انرژی هسته‌ای تولید می‌شود. در حال حاضر، ده کشور جهان بیش از ۳۰ درصد الکتریسیتهٔ خود را از انرژی هسته‌ای تأمین می‌کنند. (شکل ۳).

با وجود اینکه حادثهٔ چرنوبیل در برنامهٔ توسعهٔ انرژی هسته‌ای تعدادی از کشورها، بویژه شوروی، قویاً اثر گذاشته است، اما از زمان وقوع این حادثه تاکنون، ۹۸ Gw(e) برق هسته‌ای در سراسر جهان وارد شبکه شده که در مقابل، تنها حدود ۲۴ Gw(e) از شبکه خارج گردیده است.

جدیدترین برآوردهای آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در مورد ظرفیت تولید برق هسته‌ای نصب شده در حال حاضر و در آینده، تا سال ۲۰۰۵ در جدول شمارهٔ ۵ مندرج است.

افزایش کل برنامه‌ریزی شده در ظرفیت تولید هسته‌ای، از ۳۱۸/۳ Gw(e) در سال ۱۹۸۹ تا ۴۵۰ Gw(e) در سال ۲۰۰۵، به میانگین میزان رشد سالانه ۲/۲ درصد و افزایش کل ۱۳۲ Gw(e) در

جدول شمارهٔ ۵ـ دیدگاه آیندهٔ انرژی هسته‌ای

	۱۹۸۹		۲۰۰۵			
	ظرفیت	سهم در کل برق تولیدشده	ظرفیت اضافه شده	ظرفیت	سهم در کل برق تولیدشده	متوسط سالانهٔ اضافه شدن سهم
کل جهان	۳۱۸	۱۱/۷	+۱۳۲ [۲۱۰]	۴۵۰ [۵۲۸]	۱۰ [۱۱]	۲/۲ [۳/۲]
کشورهای توسعه یافته	۱۸	۳	+۲۲ [+۴۳]	۴۰ [۶۱]	۳/۲ [۳/۸]	۵ [۷/۹]

[ ] = پیش‌بینی خوشبینانه‌تر

طی این فاصلهٔ زمانی، مربوط می‌شود.

در طی همان فاصلهٔ زمانی، برآورد می‌شود که ظرفیت تولید برق هسته‌ای در کشورهای در حال توسعه (در اینجا منظور از کشورهای در حال توسعه، کشورهایی هستند که عضو OEDC و عضو CMEA به شمار نمی‌روند) تا سال ۲۰۰۵ به ۴۰ Gw(e) برسد، که منطبق بر ۲۱/۷ Gw(e) اضافه شدن ظرفیت هسته‌ای و میانگین میزان رشد سالانهٔ ۵ درصد است. انتظار می‌رود که توان هسته‌ای کشورهای در حال توسعه، تا رسیدن به بخش بزرگتری از تولید الکتریسیته، از ۳/۸ درصد در سال ۱۹۸۹ تا سهم ۵ درصد تا سال ۲۰۰۵ ادامه یابد. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۰۵، ۱۶/۵ درصد کل ظرفیت تولید برق هسته‌ای جدید دنیا که به مرحلهٔ بهره‌برداری می‌رسد، سهم کشورهای در حال توسعه باشد.

پیشرفتهای تکنولوژیکی و تحقیقاتی گسترده‌ای که در حال حاضر در مورد ایمنی و نوع راکتورهای آینده صورت گرفته است، نوید

آیندهٔ روشنی را می‌دهد تا بتوانیم به راکتورهای ساده‌تر، بی‌خطرتر و ارزان‌تر دست یابیم. گرایش طبیعی در مورد افزایش تدریجی هزینهٔ نفت و گاز و استفاده از آنها در موارد دیگر و همچنین تهی شدن منابع نیز، به روند پیشرفت این تکنولوژی کمک خواهد کرد.

از نظر زیست محیطی، بررسیهای به عمل آمده نشان می‌دهد که تنها دو منبع انرژی (آب و انرژی هسته‌ای) هستند که از نظر تکنیکی و اقتصادی در مقیاس بزرگ امتحان شده‌اند و می‌توانند بدون انتشار NO_x, CO_2 یا SO_2، مقدار زیادی انرژی تولید کنند. در مورد انرژی آب، هنوز ظرفیتهای توسعه نیافته‌ای بویژه در کشورهای در حال توسعه وجود دارد که باید با درنظر گرفتن جوانب دیگر از آنها استفاده کرد. در این زمینه در کشورهای صنعتی، تنها امکان بهره‌برداری محدودی باقی مانده است. بنابراین، انرژی هسته‌ای به عنوان یکی از آسان‌ترین منابع قابل دسترس فعلی برای تولید مقادیر مورد نیاز الکتریسیته است، بدون اینکه گازهای گلخانه‌ای تولید کند. با وجود اینکه در بعضی از کشورها، مخالفتهایی علیه انرژی هسته‌ای وجود دارد، ولی در صورت افزایش تقاضای انرژی ـ در حالی که فشار بین‌المللی برای محدودسازی انتشار گاز CO_2 در محیط وجود دارد و با توجه به اینکه تولید الکتریسیته با روش هسته‌ای، یک منبع اصلی انرژی بدون CO_2 است و دیگر اینکه امکان گسترش این منبع وجود دارد ـ به این منبع انرژی توجه بیشتری خواهد شد.

جدول شمارهٔ ٦ـ میزان کاهش تولید CO_2، در نتیجهٔ استفاده از انرژی هسته‌ای در حالتهای مختلف رشد توسعهٔ انرژی هسته‌ای (برحسب میلیون تن کربن)

استفاده از انرژی هسته‌ای	۱۹۸۸	۲۰۰۰	۲۰۱۰
حالت عادی *	٤۳۸	٦٦۰	۸۷۰
درصد کاهش CO_2 **	٪۲۱	٪۲۱	٪۲۱
در حالت اول (۴۰ Gw/yr+) ***	٤۳۸	٦٦۰	۱۲۷۰
درصد کاهش **	٪۲۱	٪۲۱	٪۳۰
در حالت دوم (٦۰ Gw/yr+) ***	٤۳۸	٦٦۰	۱۵۹۰
درصد کاهش **	٪۲۱	٪۲۱	٪۳۸

انرژی هسته‌ای در جلوگیری از تولید گاز CO_2 اضافی بسیار مؤثر است به طوری که، اگر الکتریسیته‌ای که در حال حاضر با روش هسته‌ای تولید می‌شود با استفاده از زغال سنگ تولید می‌شد، سالانه حدود دو بیلیون تن گاز CO_2 اضافی تولید می‌گردید. آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در بررسی که انجام داده است، برای انرژی هسته‌ای، دو مسیر رشد ۴۰ Gw(e) و ٦۰ Gw(e) برای بعد از سال ۲۰۰۰ در نظر گرفته است. میزان کاهش گاز CO_2 در محیط، با توجه به مسیر انتخابی، در جدول شمارهٔ (٦) نشان داده شده است.

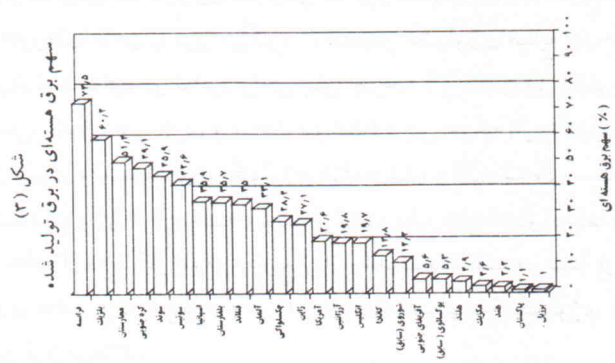
امکان استفاده از تکنولوژیهای پیشرفته در ایران

در سالهای اخیر، از طرف کشورهای غربی به بهانه‌های واهی و صرفاً سیاسی و بدون هیچ‌گونه استدلال علمی، محدودیتهای زیادی در رابطه با انتقال تکنولوژیهای پیشرفته و مخصوصاً تکنولوژی صلح‌جویانهٔ هسته‌ای و موارد وابسته، برای جمهوری اسلامی ایران اعمال شده است. این محدودیتها، اخیراً تا بدان حد گسترش یافته که حتی تحصیل دانشجویان ایرانی مقیم خارج از کشور را در رشته‌های خاصی از تکنولوژی پیشرفته نیز محدود نموده و از انجام تحقیقات توسط این دانشجویان در مراکز تحقیقاتی پیشرفته جلوگیری می‌شود.

هدف این گونه برخوردها با کشور ما، ایجاد فاصلهٔ روزافزون در زمینهٔ تکنولوژی هسته‌ای بین کشورهای پیشرفته و کشور ما است و در صورتی که راه حل اساسی در جهت ایجاد یک زیربنای علمی و تحقیقاتی محکم در کشور پیدا نشود و سرمایه‌گذاری مناسبی صورت نگیرد، در آینده‌ای نه چندان دور، وابستگی شدیدی در رشته‌های مختلف صنعتی و از جمله انرژی، به کشورهای دارندهٔ این تکنولوژیها خواهیم داشت.

البته، با برنامه‌ریزی مناسبی که در طول برنامهٔ پنجسالهٔ اول صورت گرفته است، این امید وجود دارد که با توجه بیشتر و حمایت قاطع‌تر مسئولین، بتوان در برنامهٔ دوم گامهای اساسی‌تری را برداشت. به هر ترتیب، کوچکترین تعلل در زمینهٔ انتقال تکنولوژی پیشرفته و گسترش تحقیقات کاربردی در کشور، نوعی تسلیم شدن در مقابل تحریکها و خواسته‌های کشورهای غربی و در نهایت، وابستگی شدیدتر و روزافزون‌تر به آنها خواهد بود.

شکل (۲)



*) به کارگیری نیروگاههای هسته‌ای بر اساس میزان رشد سال ۱۹۸۸ ادامه یابد.

**) نسبت تولید کل CO_2؛ در صورتی که نیروگاههای هسته‌ای به نیروگاههای زغال سوز تبدیل شود.

***) بعد از سال ۲۰۰۰