کاربرد گستردهٔ دانش هسته‌ای نقطه‌خیزی برای توسعهٔ اقتصادی کشورها

*مولود احمد**

پیشگفتار

انرژی هسته‌ای، موضوعی بحث برانگیز در این سالها بوده است. از زمان کشف و به کارگیری این انرژی در سالهای ۱۹۴۰ تا ۱۹۵۰ میلادی تاکنون همواره بر سر کاربرد این انرژی بحث و مناظره بوده است. چرا؟

بهره گیری صلح آمیز با اهداف اقتصادی از دانش هسته‌ای و کاربرد گستردهٔ آن در حوزه‌های گوناگون مانند تولید برق (با نیروگاه‌های اتمی)، کاربرد رادیو ایزوتوپ‌ها در صنایع پزشکی، کاربرد پرتوزاها در صنایع فلزی، پرتودهی فرآورده‌های کشاورزی وانبار کردن و نگهداری آنها، بهره گیری از پرتوها در معادن نفت و زغال سنگ، نابودسازی باکتری‌های فاسدکنندهٔ فرآورده‌های خوراکی، پرتونگاری درجوشکاری و نشت‌یابی لوله‌ها و مخازن، کاربرد رادیو ایزوتوپ‌ها در پزشکی هسته‌ای (رادیواکتیو) و مبارزه با سرطان و بیماری‌های غدد تیروئید گریزناپذیر است.

بنابراین، کاربرد گستردهٔ دانش هسته‌ای می‌تواند نقطهٔ خیزی برای توسعهٔ اقتصادی کشورها به‌شمار آید. همزمان، دانش هسته‌ای می‌تواند در راستای هدفهای نظامی و برای ساخت جنگ‌افزارهای ویژهٔ کشتار جمعی به کار گرفته شود.[۱]

برپایهٔ آمارهای[۲] وزارت اقتصاد و کار آلمان و کمیساریای انرژی اتمی فرانسه، تا سال ۲۰۰۰ برسرهم ۱۱۱۸ راکتور هسته‌ای در سراسر جهان ساخته شده است که ۲۸۰ راکتور کوچك آن در زمینهٔ پژوهشها و تولید ایزوتوپ‌ها در پزشکی و صنایع به‌کار گرفته می‌شود. از ۴۰۰ نیروگاه هم به صورت محرّك در کشتی‌ها و زیردریایی‌ها استفاده می‌شود و ۴۳۸ راکتور بزرگ نیز برای تولید برق در ۳۱ کشور فعّال است که بر سر هم ۲۵۹۲ تراوات ساعت برق تولید می کند.

در این زمینه، ایالات متّحدهٔ آمریکا با ۱۰۴ نیروگاه و ۸۰۰ تراوات ساعت برق، بزرگترین سهم را دارد. فرانسه با ۵۹، ژاپن با ۵۳، روسیه و آلمان به ترتیب با ۲۹ و ۱۹ نیروگاه در ردیف‌های بعد و پیش از اوکراین، بریتانیا، کانادا، اسپانیا و کره قرار گرفته‌اند.

افزایش کاربرد انرژی اتمی از ۱۹۷۴ تا سال ۲۰۰۰ بیش از ۱۲ برابر شده و از ۲۳۰ به ۲۵۹۲ تراوات ساعت رسیده است که بیش از ۹۰ درصد آن سهم کشورهای

---

*عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی (واحدتهران جنوب)

صنعتی غربی است. میزان وابستگی کشورهای صنعتی به کاربردهای بسیار گوناگون تکنولوژی هسته‌ای چنان است که در هزارهٔ سوم میلادی تداوم تمدّن صنعتی بی‌بهره‌گیری فزاینده از علوم و فنون هسته‌ای تصوّر ناشدنی است. با توجّه به گستردگی کاربرد تکنولوژی هسته‌ای در زمینه‌های گوناگون اقتصادی و بهره‌وری بالای دستاوردهای علوم و فنون هسته‌ای، لازم است که جمهوری اسلامی ایران برای بهره‌مندی از مزایای فراوان تکنولوژی هسته‌ای و برای تثبیت امنیّت ملّی و ارتقاء جایگاه کشورها در عرصه‌های جهانی برای دستیابی به علوم و فنون هسته‌ای حرکتهای علمی و سازندهٔ خود را برای رفع موانع و محدودیّتهای موجود به گونهٔ پیگیر و جدّی ادامه دهد.

این استدلال که ایران با داشتن منابع عظیم فسیلی نفت و گاز نیازی به تأمین انرژی از میان سوخت‌های غیرفسیلی ندارد پیامدهای ناگوار خواهد داشت و آیندهٔ اقتصاد کشور را با خطرها و بحرانهای سنگین روبه‌رو خواهد کرد.

برپایهٔ گزارش سازمان امنیّت آمریکا،[۳] ایران تا سال ۲۰۰۱ میلادی ۹۷درصد انرژی مورد نیاز خود را ازنفت خام و ۳درصد آن را از نیروی آب به دست آورده است؛ درحالی که با بهره‌برداری از ۱۲ تن ذخایر اورانیوم خود می‌تواند معادل ۴۴ میلیارد بشکه نفت خام انرژی تولید کند. با توجّه به اینکه ذخایر قابل برداشت ایران نزدیک به ۹۶میلیارد بشکه برآورد می‌شود و کارشناسان زمان پایان یافتن منابع نفت خام منطقه را ۳۰ سال آینده می‌دانند تلاش کشور برای بهره‌گیری از تکنولوژی پیشرفته در زمینهٔ انرژی هسته‌ای موجّه است.

با توجّه به رشد روزافزون مصرف انرژی در جهان و ایران و نیز کاربردهای گستردهٔ دانش هسته‌ای در زمینه‌های گوناگون اقتصادی، لازم است راهکارهای لازم برای دستیابی به دانش هسته‌ای بعنوان میعادگاه همهٔ تکنولوژی‌ها و یك منبع انرژی با صرفه از جهات گوناگون اقتصادی و زیست‌محیطی مورد بحث و بررسی دقیق قرار گیرد.

انرژی هسته‌ای چیست؟ یک جرقه یا شعله؟ نور دارد یا صدا؟[۴]

هیچ یك. آنچه به هنگام یك شکافت هسته‌ای حس می‌شود، تنها گرماست و نوری در کار نیست. در یك راکتور، اورانیوم شکافته می‌شود و گرما تولید می‌کند. انرژی هسته‌ای از آنچه همگان فکر می‌کنند کم خطرتر و پرسودتر است، به شرطی که همهٔ احتیاطهای لازم در به کارگیری این انرژی بشود و به کمك آن بمب نسازند.

چرخه سوخت هسته‌ای یعنی چه؟[۵]

چرخهٔ سوخت هسته‌ای به مراحل اکتشاف و استخراج و غنی‌سازی و کاربرد و دفع و بازیافت سوخت هسته‌ای گفته می‌شود.

چشم‌انداز جهانی انرژی

برآوردها گویای آن است که مصرف جهانی انرژی در ۲۴ سال آینده بیش از ۵۸درصد افزایش خواهد یافت. تقاضای جهانی انرژی در سال ۱۹۹۹ از ۶۴۲۳۴ میلیون بشکه معادل نفت خام با ۱۴/۵درصد رشد به ۷۳۵۳۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۲۰۰۰ افزایش یافت. رشد مطلوب اقتصادی در این سال نوید توسعهٔ چشمگیر اقتصاد جهان را می‌داد، بویژه اینکه تولید ناخالص داخلی کشورهای جهان بر سر هم با رشد ۳/۶درصدی از ۲۴۳۹۲ میلیارد دلار در ۱۹۹۹ به ۳۱۸۶۳ میلیارد دلار در سال

○ برپایهٔ گزارش سازمان امنیّت آمریکا، ایران تا سال ۲۰۰۱ میلادی ۹۷درصد انرژی مورد نیاز خود را ازنفت خام و ۳درصد آن را از نیروی آب به دست آورده است؛ درحالی که با بهره‌برداری از ۱۲ تن ذخایر اورانیوم خود می‌تواند معادل ۴۴ میلیارد بشکه نفت خام انرژی تولید کند. با توجّه به اینکه ذخایر قابل برداشت ایران نزدیك به ۹۶میلیارد بشکه برآورد می‌شود و کارشناسان زمان پایان یافتن منابع نفت خام منطقه را ۳۰ سال آینده می‌دانند تلاش کشور برای بهره‌گیری از تکنولوژی پیشرفته در زمینهٔ انرژی هسته‌ای موجّه است.

○ برپایهٔ پیش‌بینی IEO در مه ۲۰۰۳، تقاضای بلندمدّت انرژی با ۱/۹ درصد میانگین رشد سالانه به ۱۱۸۰۲۹ میلیون بشکه معادل نفت خام در ۲۰۲۵ افزایش خواهد یافت. بیشترین میانگین نرخ رشد تقاضای انرژی از آنِ کشورهای درحال توسعه است و تقاضای اینِ کشورها از ۲۵۶۵۷ میلیون بشکه معادل نفت خام با میانگین رشد سالانه ۲/۸ درصدی به ۴۹۷۰۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید. بیشترین میانگین نرخ رشد تقاضای انرژی در میان کشورهای درحال توسعه نیز از آنِ کشورهای آسیایی بویژه چین است.

۲۰۰۰ رسید.

امّا پس از رویدادهای ۱۱ سپتامبر و تکانهٔ اقتصادی ناشی از آن همهٔ شاخص‌های اقتصادی با اُفت رو به‌روشد به‌گونه‌ای که تقاضای انرژی کشورهای آمریکای شمالی از ۲۱۸۵۷ میلیون بشکه معادل نفت خام با ۲/۶ درصد رشد منفی به ۲۱۳۰۴ میلیون بشکه معادل نفت خام کاهش یافت و کل تقاضای جهانی انرژی برخلاف سال پیش از آن تنها با ۱/۲۶ درصد رشد به ۷۴۴۶۲ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۲۰۰۱ رسید.

برپایهٔ پیش‌بینی IEO[6] در مه ۲۰۰۳، تقاضای بلندمدّت انرژی با ۱/۹ درصد میانگین رشد سالانه به ۱۱۸۰۲۹ میلیون بشکه معادل نفت خام در ۲۰۲۵ افزایش خواهد یافت. بیشترین میانگین نرخ رشد تقاضای انرژی از آنِ کشورهای درحال توسعه است و تقاضای این کشورها از ۲۵۶۵۷ میلیون بشکه معادل نفت خام با میانگین رشد سالانه ۲/۸ درصدی به ۴۹۷۰۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید. بیشترین میانگین نرخ رشد تقاضای انرژی در میان کشورهای درحال توسعه نیز از آنِ کشورهای آسیایی بویژه چین است. تقاضای این کشور از ۷۳۱۶ میلیون بشکه معادل نفت خام با میانگین رشد سالانه ۳/۵ درصد به ۱۶۷۳۹ میلیون بشکه معادل نفت خام در ۲۰۲۵ افزایش خواهد یافت.

تولید برق هسته‌ای در کشورهای جهان[7]

تقاضای جهانی نیرو از ۱۰۵۴۶ میلیارد کیلووات ساعت به ۱۳۶۲۶ میلیارد در ۱۹۹۹ کیلو وات ساعت در سال ۲۰۰۰ افزایش یافت و رشدی ۲/۹۲ درصدی داشت ولی در پی کاهش رشد تقاضای جهانی انرژی، تقاضای خالص برق نیز با رشدی معادل ۲/۲۵ درصد به ۱۳۹۳۲ میلیون کیلو وات ساعت در سال ۲۰۰۱ رسید.

پیش‌بینی IEO در سناریوهای رشدحدّاقل، حدّاکثر و مرجع به گونهٔ میانگین سالانه تا ۲۰۲۵ به ترتیب ۱/۶، ۳/۳ و ۲/۴ درصد و کلّ تقاضای جهانی در سه سناریوی بالا در سال ۲۰۲۵ معادل ۲۰۵۱۶، ۳۰۰۸۳ و ۲۴۶۷۳ میلیارد کیلو وات ساعت است.

امروزه برق تولیدی نیروگاههای هسته‌ای، ۱۵ درصد از کّل برق تولیدشده در جهان را تشکیل می‌دهد که کمابیش برابر با کّل برق تولیدی منابع برق آبی در جهان است. درحال حاضر در ۱۹ کشور جهان، نیروگاههای هسته‌ای ۲۰ تا ۷۸ درصد از کّل نیروی برق را تولید می‌کند. از میان دیگر کشورهای دارندهٔ نیروگاههای هسته‌ای در سال ۲۰۰۱ تنها ۸ کشور آرژانتین، برزیل، مکزیک، آفریقای جنوبی، هند، پاکستان، چین و تایوان بعنوان کشورهای درحال توسعه ظرفیّت‌های کمتری دارند ولی بهره‌برداری این تکنولوژی را افزایش می‌دهند.

برپایهٔ اطّلاعات موجود،[8] هند ۸ راکتور، چین و اوکراین هر یك ۴ راکتور، ایران، تایوان، کرهٔ جنوبی و اسلواکی هر یك ۲ راکتور و آرژانتین، کرهٔ شمالی و رومانی ۱ راکتور در دست ساخت دارند. بدین‌سان، کشورهای درحال توسعه درصدد افزایش سهم تولید برق هسته‌ای در سیستم عرضهٔ انرژی خود برآمده‌اند.

تأمین سرمایهٔ کلان اولیه، محدودیّت‌های سیاسی و صادر نشدن مجوّزهای لازم برای فروش و انتقال تکنولوژی هسته‌ای، کمبود تسهیلات برای تأمین مالی این دست از طرح‌ها، مسائل مدیریّتی و نارسایی نیروی انسانی متخصص و ... از مشکلات عمده و از دلایل توسعه نیافتن این تکنولوژی در کشورهای درحال توسعه به‌شمار می‌آید.

مهمترین عوامل مؤثر در اقتصاد نیروگاههای هسته‌ای عبارت است از:

۱ـ هزینهٔ سرمایه‌گذاری آغازین؛

۲ـ ضریب بهره‌برداری از نیروگاه؛

۳ـ نرخ تنزیل در دورهٔ ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه.

کشورهای دارای تکنولوژی هسته‌ای که از گروه کشورهای صنعتی پیشرفته نیز هستند، با وجود افزایش تدابیر و مقرّرات در زمینهٔ نظام ایمنی هسته‌ای، با تکیه بر صنعت مدرن و پیشرفتهٔ خود توانسته‌اند به ضرایب بالای بهره‌برداری از نیروگاههای هسته‌ای دست یابند و طول مدّت اجرا و ساخت نیروگاههای هسته‌ای را کاهش دهند.

در حال حاضر در کشورهای صنعتی در پرتو وجود نیروهای متخصّص، برنامه‌ریزی درست و کاهش دورهٔ ساخت نیروگاههای هسته‌ای، این نیروگاهها می‌تواند با نیروگاههای سوخت فسیلی رقابت کند و حتّی با کاهش یافتن هزینه‌های چرخهٔ سوخت، بهای تمام شدهٔ برق هسته‌ای در سطح پایین‌تری از بهای تمام شدهٔ برق نیروگاههای سوخت فسیلی قرار گرفته است.

در کشورهای صنعتیِ برخوردار از تکنولوژی پیشرفته، با آنکه هزینهٔ سرمایه‌گذاریِ در نیروگاههای هسته‌ای ۲ تا ۳ برابر نیروگاههای متعارف سوخت فسیلی است، هزینهٔ سوخت این نیروگاهها یك سوم تا یك چهارم هزینه‌های سوخت فسیلی در طول دوره بهره‌برداری از آن است. از این‌رو هنگامی که طرح ملّی انرژی هسته‌ای ایالات متّحدهٔ آمریکا در مه ۲۰۰۱ انتشار یافت، قانون بهره‌برداری از برق هسته‌ای در راستای تأمین تقاضای رو به رشد انرژی در آن کشور و همچنین کاهش سطح آلودگی زیست محیطی و گسترش صنعت هسته‌ای به تصویب رسید.

پیش‌بینی وضع صنعت هسته‌ای برای تولید نیرو با توجّه به ارتباط تنگاتنگ آن با مسائل سیاسی، اقتصادی و اجتماعی، پیچیده و دشوار می‌نماید، ولی در سالهای اخیر با آشکار شدن واقعیّت‌های ملموس در مورد محدودیّت منابع موجود سوخت‌های فسیلی و روند تزایدی مصرف نفت و گاز و تهی شدن ذخایر فسیلی که در خوش‌بینانه‌ترین برآوردها عمر این ذخایر ۴۰ تا ۵۰ سال پیش‌بینی می‌شود از یك‌سو، و برجسته شدن مسائل زیست محیطی و افزایش خطرهای پدیدهٔ گلخانه‌ای ناشی از سوختهای فسیلی و گسترش حفرهٔ لایهٔ اوزون از سوی دیگر، نگرش به صنعت هسته‌ای را دچار دگرگونی کرده است.

پیشرفت‌ها در زمینهٔ تکنولوژی‌های پسماندداری و دفع موّاد زائد رادیو اکتیو همراه با موفقیّت‌های تکنیکی در بهبود طرّاحی‌ها، و افزایش ضریب ایمنی نیروگاههای هسته‌ای نیز در این دگرگونی مؤثّر است. بر سر هم افق‌های تازه‌ای برای افزایش بهره‌گیری از نیروگاههای هسته‌ای گشوده شده است و در برنامه‌ریزی‌های بلندمدّت انرژی در کنار بحث رشد و توسعهٔ پایدار که مستلزم تأمین انرژی پایدار است، انرژی هسته‌ای را می‌توان گزینه‌ای مطرح برای سالهای آینده دانست.

چالش‌های ایران در زمینهٔ انرژی[۹]

ایران با چالش‌هایی بزرگ در زمینهٔ سیاست انرژی روبه‌رو است. واقعیّت این است که مصرف انرژی در ایران در سی سال گذشته کمابیش هشت برابر شده و از ۹۰ میلیون معادل بشکهٔ نفت در ۱۹۷۱ به بیش از ۷۰۰ میلیون بشکه در ۲۰۰۱ رسیده است؛ یعنی نرخ رشد سالانهٔ مصرف انرژی ۷/۸ درصد بوده است. چنین رشد مصرف شگفت‌آوری را نه می‌توان پیامد صنعتی شدن و کارآمدتر شدن اقتصاد کشور دانست، نه پرده‌پوش دو مشکل اساسی و ساختاری آن: یکی اینکه این رشد لگام گسیخته در بخش‌های غیر تولیدی رخ داده و دیگر اینکه شدّت مصرف انرژی (میزان مصرف انرژی تقسیم بر میزان تولید ناخالص ملّی) در هر بخش جامعه نیز برخلاف روند شدّت مصرف انرژی جهانی، سخت بالا رفته است.

در ایران، سیاست انرژی همواره گرایش به افزایش مصرف انرژی را با گسترش بی‌برنامهٔ منابع اوّلیهٔ انرژی فسیلی یعنی نفت خام و در پانزده سال اخیر گاز طبیعی پاسخ

○ امروزه برق تولیدی نیروگاههای هسته‌ای، ۱۵ درصد از کّل برق تولیدشده در جهان را تشکیل می‌دهد که کمابیش برابر با کّل برق تولیدی منابع برق آبی در جهان است. در حال حاضر در ۱۹ کشور جهان، نیروگاههای هسته‌ای ۲۰ تا ۷۸ درصد از کّل نیروی برق را تولید می‌کند.

جدول ۱ـ سوخت مصرفی نیروگاههای کشور

سال	سوخت مصرفی وزارت نیرو			صنایع		ارزش حرارتی سوخت مصرف شده (میلیارد کیلو کالری)
	گازوئیل (میلیون لیتر)	نفت کوره (میلیون لیتر)	گاز (میلیون متر مکعب)	گازوئیل (میلیون لیتر)	گاز (میلیون متر مکعب)	
۱۳۵۸	۱۳۹۸	۱۰۶۴	۲۴۴۵	_	_	۴۳۸۲۷
۱۳۶۰	۹۴۸	۱۹۰۰	۲۳۶۰	_	_	۴۷۸۶۵
۱۳۶۵	۱۶۴۲	۴۱۵۰	۳۸۵۶	_	_	۸۸۵۵۰
۱۳۷۰	۹۶۵	۵۱۴۴	۹۰۹۹	_	_	۱۴۴۹۶۴
۱۳۷۵	۱۰۱۴	۷۴۴۶	۱۳۴۴۳	_	_	۲۰۵۷۳۷
۱۳۷۹	۱۲۸۳	۶۴۹۲	۲۲۸۸۳	۲۳	۹۶۰	۲۷۸۱۰۳
۱۳۸۰	۱۶۱۸	۶۷۹۹	۲۴۰۱۲	۴۹	۹۸۹	۲۹۵۱۱۴

مأخذ: آمارهای ۳۵ سالهٔ صنعت برق کشور، امور برق وزارت نیرو، سال ۱۳۸۰.

گفته است؛ درحالی که تنها در چارچوب یك سیاست فراگیر (holistic) انرژی، به پیروی از اصول توسعهٔ پایدار کشور است که می‌توان از گسترش معقول منابع فسیلی انرژی سخن گفت. در دوره‌ای کوتاه، چنین سیاست فراگیری هم از تکنولوژیهای رایج ذخیرهٔ انرژی (همراه با کاستن مصرف لگام‌گسیخته) بهره می‌برد و هم به دستیابی به انرژی‌های تجدید شدنی می‌اندیشد. در درازمدّت نیز این سیاست فراگیر، گامی در راه دستیابی کامل به انرژی‌های تجدیدشدنی و فن‌آوری بهره‌گیری از آن‌ها می‌نهد.

وضع عرضهٔ انرژی الکتریکی در کشور[۱۰]

ظرفیّت اسمی نیروگاههای وزارت نیرو در سال ۱۳۸۰ به ۲۸۰۳۲ مگاوات رسید که نسبت به سال پیش از آن ۶/۶ درصد افزایش نشان می‌دهد. میانگین ظرفیّت عملی نیروگاههای وزارت نیرو نیز با ۶/۲ درصد افزایش از ۲۴۱۴۷ مگاوات به ۲۵۶۴۵ مگاوات رسید. در سال ۱۳۸۰ نیروگاههای آبی ۷/۸ درصد، بخاری ۵۴/۶ درصد، گازی و سیکل ترکیبی ۳۶/۱ درصد و نیروگاههای دیزلی ۱/۵ درصد از تولید انرژی الکتریکی را به خود اختصاص دادند.

از آنجا که سوخت این نیروگاهها تا سال ۱۳۸۰ بیشتر از گازوئیل و نفت کوره تأمین شده و این گونه حامل‌های انرژی از فرآورده‌های میان تقطیر است، انتظار می‌رود که وابستگی نیروگاههای کشور به فرآورده‌های نفتی همچنان ادامه یابد.

با بررسی سوخت مصرفی نیروگاههای کشور این وضع روشن‌تر می‌شود. برپایهٔ داده‌های موجود، جدول(۱) در مورد سوخت مصرف نیروگاههای کشور تنظیم شده است:

اقتصاد نیروگاههای هسته‌ای در ایران[۱۱]

انرژی هسته‌ای در پرتو پیشرفتها در بخش تکنولوژی، اکنون مانند انرژی‌های آبی، بادی و خورشیدی بعنوان مناسب‌ترین انرژی‌ها مورد توجّه جهانیان قرار گرفته است.

بسیاری از کشورهای جهان سالهاست که کاربرد انرژی هسته‌ای را عملیّاتی کرده‌اند و دستیابی به دانش فنّی و تکنولوژی انرژی هسته‌ای به معنای برخورداری از منابع ارزان انرژی برای هر کشور از جمله ایران خواهد بود و می‌تواند از دید اقتصادی کشور را به جلو ببرد. منابع سوخت‌های فسیلی از جمله نفت و گاز در جهان روزی به پایان خواهد رسید و سوخت هسته‌ای می‌تواند جایگزین منابع تجدیدناشدنی گردد. پژوهشگران و کارشناسان بین‌المللی معتقدند که پیشرفتهای تکنولوژیك در آینده نیز می‌تواند هزینهٔ نیروگاه‌های هسته‌ای را کاهش دهد. از همین‌رو ساخت این گونه نیروگاهها از جمله در ایران توجیه اقتصادی دارد. روند رو به رشد ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای در کشورهای پیشرفته و تازه صنعتی شده نیز نشان می‌دهد که بهره‌گیری از این گونه انرژی تا چه اندازه مورد توجّه است. آمریکا، اعضای اتّحادیهٔ اروپا، روسیه، چین و . . . ، سخت در پی بهره‌گیری هر چه بیشتر از انرژی هسته‌ای

هستند. با وجود این، همین کشورها در راه تلاش ایران برای بهره‌گیری از این انرژی سنگ‌اندازی می‌کنند. کارشناسان اقتصاد انرژی نه تنها بهره‌گیری از تکنولوژی هسته‌ای برای تولید برق را از دید اقتصادی با صرفه می‌دانند، بلکه بهانهٔ وجود منابع نفت و گاز برای به کار نگرفتن این تکنولوژی را منطقی نمی‌دانند. همین کارشناسان می‌گویند که روسیه از بزرگترین تولیدکنندگان نفت و گاز در جهان است، با این حال بیش از ۳۰ نیروگاه هسته‌ای دارد. روشن است که کاربرد انرژی هسته‌ای، بهره‌برداری از منابع انرژی فسیلی را که پیامدهای زیانبار زیست‌محیطی دارد و مغایر پیمان کیوتو برای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای است، محدود می‌کند. هزینه‌ها و صرفهٔ اقتصادی ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای نیز لزوم ساخت این گونه نیروگاه‌ها را در ایران بعنوان یك کشور تولیدکنندهٔ نفت که روزی ذخایر آن به پایان خواهد رسید، آشکار می‌سازد. ایران برای ساخت یك نیروگاه هزار مگاواتی با سوخت فسیلی، به ۱۰ میلیون بشکه نفت برای تأمین سوخت یك سالهٔ آن نیاز دارد که با در نظر گرفتن هر بشکه نفت خام دست کم ۲۴ دلار، هزینهٔ سوخت این نیروگاه در یك سال به ۲۴۰ میلیون دلار سر می‌زند. اگر سوخت این نیروگاه گاز طبیعی باشد، به ۲ میلیارد فوت مکعّب گاز نیاز است که هزینه‌ای بالغ بر ۳۰۰ میلیون دلار دارد.

هزینهٔ نصب هر مگاوات برق در نیروگاه هسته‌ای حتّی با احتساب هزینهٔ از بین بردن پسماندهٔ سوخت، ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ دلار است. میانگین هزینهٔ ساخت یك نیروگاه هسته‌ای یك هزار مگاواتی پنج میلیارد و ۲۰۰ میلیون دلار خواهد بود. در همین حال مقدار سوخت مورد نیاز یك نیروگاه هسته‌ای هزار مگاواتی نزدیك به ۳۰ تن اورانیوم غنی‌شده خواهد بود که دست کم ۱۰ و دست بالا ۲۵ میلیون دلار هزینه دارد. در حالی که تولید انرژی با سوخت‌های فسیلی در جهان روز به روز گران‌تر می‌شود، برق هسته‌ای که در این گونه نیروگاه‌ها با بهره‌گیری از واکنش شکافت هسته‌ای تولید می‌شود، منبع بسیار خوبی برای تولید انرژی و جایگزینی آن با برق فسیلی به‌شمار می‌رود. همین کارشناسان معتقدند که تولید برق به روش هسته‌ای ضمن پایدار بودن، گازهای گلخانه‌ای نیز تولید نمی‌کند. تنها مشکل آن، زباله‌های هسته‌ای است که چنانچه از آنها درست محافظت شود، در عمل آسیبی به محیط زیست نمی‌زند.

در مورد نیروگاه‌ها و چرخهٔ سوخت هسته‌ای نیز مانند دیگر تکنولوژیها، پیشرفت و تکامل دیده می‌شود. از این رو توسعهٔ طرحهای تازه در زمینهٔ نیروگاههای هسته‌ای و چرخهٔ سوخت، با توجّه به پیشرفت اقتصادی، بهره‌گیری بهتر از منابع، کاهش دادن زباله‌های رادیو اکتیو، پیشبرد اهداف صلح‌آمیز، افزایش ایمنی و ... از سوی کشورهای گوناگون همچنان دنبال می‌شود. با توجّه به افزایش تقاضا برای انرژی الکتریکی در ایران، لزوم ایجاد نیروگاه‌های تازه و ضرورت تأمین نیاز بخشهای گوناگون از جمله صنایع، خانگی، تجاری و ...، ساخت نیروگاههای هسته‌ای می‌تواند گام مؤثّری برای پاسخگویی به رشد تقاضا در این بخش در سالهای آینده باشد. این در حالی است که در چهارمین برنامهٔ توسعهٔ اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور (۸۸ـ۱۳۸۴) باید نیروگاههای تازه با ظرفیّت ۳۰هزار مگاوات در ایران ایجاد شود تا انرژی الکتریکی مورد نیاز بخشهای گوناگون تأمین گردد.

○ ایران با چالش‌هایی بزرگ در زمینهٔ سیاست انرژی روبه‌رو است. واقعیّت این است که مصرف انرژی در ایران در سی سال گذشته کمابیش هشت برابر شده و از ۹۰ میلیون معادل بشکهٔ نفت در ۱۹۷۱ به بیش از ۷۰۰ میلیون بشکه در ۲۰۰۱ رسیده است؛ یعنی نرخ رشد سالانهٔ مصرف انرژی ۷/۸درصد بوده است. چنین رشد مصرف شگفت‌آوری را نه می‌توان پیامد صنعتی شدن و کارآمدتر شدن اقتصاد کشور دانست، نه پرده‌پوش دو مشکل اساسی و ساختاری آن: یکی اینکه این رشد لگام گسیخته در بخش‌های غیر تولیدی رخ داده و دیگر اینکه شدّت مصرف انرژی (میزان مصرف انرژی تقسیم بر میزان تولید ناخالص ملّی) در هر بخش جامعه نیز برخلاف روند شدّت مصرف انرژی جهانی، سخت بالا رفته است.

مقایسهٔ اقتصادی هزینهٔ هر کیلووات ساعت برق نیروگاههای سوخت فسیلی با نیروگاههای هسته‌ای

هزینهٔ تولید هر کیلووات ساعت برق در نیروگاههای گوناگون در جدول شماره (۲) آمده است:

جدول پایین نشان می‌دهد که نیروگاه‌های هسته‌ای می‌تواند با نیروگاههای دارای سوخت فسیلی به خوبی رقابت کند و از لحاظ جمع هزینه‌های ارزی و ریالی در هر دلار = ۸۰۰۰ ریال پس از نیروگاههای سیکل ترکیبی و بخاری در رتبهٔ سوم جا می‌گیرد.

آثار زیست محیطی نیروگاهها با سوخت فسیلی[۱۲]

نیروگاههای با سوخت فسیلی پدید آورندهٔ آلاینده‌هایی است که در چند دههٔ اخیر سبب نگرانی زیست‌شناسان و طرفداران محیط زیست شده است. با پدید آمدن حفره در لایهٔ اوزون و افزایش اثرات گلخانه‌ای به علّت انتشار CO_2 در جوّ زمین از یك سو و نیاز فزایندهٔ جوامع صنعتی به انرژی بیشتر از سوی دیگر، گرایش به ساخت و راه‌اندازی نیروگاههای هسته‌ای با ضرایب اطمینان بالا، افزایش یافته است. این مسئله در کشورهای درحال توسعه و جهان سوم بویژه کشورهایی که در چند دههٔ اخیر رشد اقتصادی چشمگیر داشته‌اند، بیشتر نمایان است. آلایندگی‌های نیروگاهها با سوخت فسیلی را می‌توان به گونهٔ زیر دسته‌بندی کرد:

۱ـ آلودگی هوا

- NO
- SO
- ذرات معلّق در هوا SPM

۲ـ آلودگی آب

۳ـ آلودگی خاك

ارزش اقتصادی آلاینده‌های نیروگاههای سوخت فسیلی با توجّه به ارزش گذاری آلاینده‌های هوا از سوی EPA[۱۳] در جدول شماره ۳ آمده است:

گفتنی که آلاینده‌های در نظر گرفته شده تنها آلاینده‌های هوا است درحالی که آلاینده‌های آب و خاك نیز از اصلی‌ترین آلودگی‌هایی است که شوربختانه آمارهای مستندی در این زمینه در دست نیست. برپایهٔ گزارش‌های موجود، هزینهٔ آلایندگی‌های زیست‌محیطی نیروگاهها در جدول شماره ۴ آمده است:

با در نظر گرفتن هزینه‌های زیست محیطی و اجتماعی نیروگاهها می‌توان هزینهٔ تمام شدهٔ هر کیلووات ساعت برق در نیروگاههای گوناگون را با احتساب هزینهٔ آلاینده‌ها در جدول شماره ۵ رتبه‌بندی کرد.

چنانچه مسائل زیست‌محیطی در کشور بیشتر مورد توجّه قرار گیرد و هزینه‌های آلودگی آب و خاك نیز به این مجموعه افزوده شود، ارزش ساخت نیروگاههای هسته‌ای بیش‌ازپیش روشن می‌شود و در زمینهٔ ساخت نیروگاه در کشور، نیروگاه هسته‌ای در اولویّت قرار می‌گیرد. اگر احتمال افزایش بهای سوختهای فسیلی در دهه‌های آینده رادر نظر گیریم و هزینه‌های فزایندهٔ تصفیهٔ آلاینده‌های زیست‌محیطی را نیز به حساب آوریم، با توجّه به ثبات بیشتر چرخهٔ سوخت هسته‌ای، به کارگیری نیروگاههای هسته‌ای

جدول شماره ۲ـ هزینهٔ تولید هر کیلووات ساعت برق در نیروگاههای کشور

نوع نیروگاه	هزینه‌های تولید هر کیلووات ساعت		جمع هزینه‌های ریالی هر دلار = ۱۷۵۰ ریال	جمع هزینه‌های ریال هر دلار = ۸۰۰۰ ریال
	ارزی (cent/kwh)	ریالی(Rial/kwh)		
سیکل ترکیبی	۱/۷۷	۷۱/۲۱	۱۰۲/۴۱	۲۱۲/۶۰
بخاری	۲/۴۱	۲۹/۲۵	۷۷/۳۷	۲۲۱/۷۹
نیروگاه هسته‌ای	۳/۲۵	۳۷/۸۷	۸۱/۷۷	۲۳۹/۵۶
گازی	۳/۰۶	۲۲/۳۰	۷۵/۸۸	۲۶۷/۲۲

نرخ تنزیل دلاری = ۷/۵ درصد، نرخ تنزیل ریالی = ۱۷ درصد؛ هزینه تعمیر و نگهداری = ۲ درصد از کلّ سرمایه‌گذاری اولیه،
نرخ بهرهٔ دلاری = ۵ درصد، نرخ بهرهٔ ریالی = ۲۰ درصد.
مأخذ: ترازنامهٔ جمهوری اسلامی ایران ـ معاونت انرژی، سال

در سیستم عرضهٔ انرژی الکتریکی از دید اقتصادی بسیار مقرون به صرفه می نماید. همچنین این نکته را نباید از نظر دور داشت که بهره گیری از نیروگاههای هسته‌ای، آثار مثبتی از جهت ایجاد تنوّع در سیستم عرضهٔ برق، صرفه‌جویی در منابع سوخت فسیلی، افزایش دانش فنّی و توان تکنولوژیك داخلی، بهبود کیفیّت محصولات صنعتی متکی بر صنعت هسته‌ای و پیشرفت صنایع کشور از راه مشارکت در ساخت قطعات و تجهیزات نیروگاه اتمی خواهد داشت.

عوامل یادشده، برسرهم، سرمایه گذاری در زمینهٔ ساخت نیروگاههای هسته‌ای برای تأمین بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور در سالهای آینده را توجیه‌پذیر می‌سازد.

آشنایی با برخی کاربردهای انرژی هسته‌ای[۱۳]

تکنولوژی و دانش هسته‌ای در واقع مجموعه‌ای از دانشهای به هم پیوسته است که همهٔ ابعاد مکانیك، الکترونیك، شیمی و دیگر علوم در آن نمود می‌یابد.

انرژی هسته‌ای یکی از انرژی‌های موجود در جهان مانند انرژی بادی، آبی، گاز و نفت و . . . است امّا در قیاس با آنها، از انرژی‌های پایان‌ناپذیر شمرده می‌شود که از نظر حجم تولید می‌تواند پاسخگوی نیازهای بشر باشد؛ یعنی انرژی حاصل از تبدیل مادّه به انرژی برابر است با جرم مادّه ضرب در سرعت نور به توان ۲ که نشان دهندهٔ انرژی زیاد حاصل از تبدیل مقدار کمی مادّه به انرژی است.

تولید برق یکی از نیازهای انکارناپذیر در زندگی جامعه

جدول شمارهٔ ۳ـ هزینهٔ آلاینده‌های محیط زیست

آلاینده	مقدار (تن)	هزینهٔ اجتماعی (دلار آمریکا)
SO (اکسید گوگرد)	۱	۹۰۰
NO(مونو اکسید ازت)	۱	۶۵۰۰
CO_2(دی‌اکسید کربن)	۱	۲۵
سایر	۱	۵۰۰۰

مأخذ: EPA

جدول شمارهٔ ۴[۱۴]

نوع نیروگاه	هزینه اجتماعی سنت بر هر کیلو وات ساعت
نیروگاههای هسته‌ای	۰/۳۹
نیروگاههای گازی بزرگ	۲/۷
نیروگاههای بخاری	۲/۴۹
نیروگاههای سیکل ترکیبی	۱/۵۷

جدول شمارهٔ ۵ـ بهای تمام شدهٔ هر کیلو وات ساعت برق با در نظر گرفتن هزینه‌های اجتماعی[۱۵]

نوع نیروگاه	بهای تمام شده (با در نظر گرفتن هزینه‌های اجتماعی) هر دلار = ۸۰۰۰ ریال
گازی	۴۸۳/۲۲
بخاری	۴۲۰/۹۹
سیکل ترکیبی	۳۳۸/۲
هسته‌ای	۲۶۹/۷۶

است که اگر با صرفه‌جویی اقتصادی بیشتر و آلودگی هرچه کمتر محیط زیست همراه باشد، بی گمان خواهد توانست دراقتصاد کشور نقشی بسزا بازی کند. انرژی هسته‌ای که این دو ویژگی مهم را دارد، می‌تواند در این زمینه به کمك نیروگاه‌ها بیاید و جهان را از بحران کمبود منابع فسیلی رهایی بخشد. از این‌رو نیروگاه برق اتمی، اقتصادی‌ترین نیروگاهی است که امروز در جهان ساخته می‌شود.

پرتودهی موّاد خوراکی یعنی قرار دادن مادّهٔ خوراکی در برابر مقدار مشخّصی پرتو گاما، به‌منظور جلوگیری از جوانه‌زنی برخی محصولات خوراکی مانند پیاز و سیب‌زمینی و همچنین کنترل آفات انباری، کاهش بار میکروبی و قارچی پاره‌ای محصولات مانند زعفران و ادویه و به تأخیر انداختن روند رسیدن برخی میوه‌ها به‌منظور افزایش زمان نگهداری آنها و .... در بخش کودها و مطالعات مربوط به تغذیهٔ گیاهی نیز این روش به کار گرفته می‌شود مانند چگونگی جذب کودها و عناصر و ....

برپایهٔ تکنیك پرتوتابی هسته‌ای، می‌توان تغییرات ژنتیکی مورد نظر را برای اصلاح توده‌های گیاهی پدید آورد. برای نمونه، پاکستان که بیابان‌های پهناور دارد از راه کشاورزی هسته‌ای، گونه‌های پر محصولی از گیاهان را درهمین مناطق پرورش داده است.

نقش تکنیك‌های هسته‌ای در پیشگیری، کنترل و تشخیص بیماریهای دامی، در تولید مثل دام، در تغذیه دام، در اصلاح نژاد دام، در بهداشت و ایمنی محصولات دامی و خوراك دام بسیار حائز اهمیّت است.

از آنجا که بهبود دسترسی به منابع آب یکی از زمینه‌های بسیار مهّم توسعه به‌شمار می‌آید و از سوی دیگر بیش از یك‌ششم جمعیّت جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که دسترسی مناسب به آب آشامیدنی بهداشتی ندارند، تکنیك‌های هسته‌ای برای شناسایی حوزه‌های آب زیرزمینی، هدایت آبهای سطحی و زیرزمینی، کشف و کنترل آلودگی و کنترل نشت ایمنی سدها به کار می‌رود. از این تکنیك‌ها، برای شیرین کردن آب شور و آب دریا نیز استفاده می‌شود.

نمونه‌هایی از کاربرد انرژی هسته‌ای در بخش صنعت عبارت است از:

فراهم آوردن چشمه‌های پرتوزایی کبالت برای مصارف صنعتی، تولید چشمه‌های ایریدیم برای کاربردهای صنعتی و بررسی جوشکاری در لوله‌های نفت و گاز، تولید چشمه‌های پرتوزا با کاربردهای گوناگون در علوم و صنعت مانند طرّاحی و ساخت انواع سیستم‌های هسته‌ای برای کاربردهای صنعتی از جمله سیستم‌های سطح‌سنجی، ضخامت‌سنجی، چگالی سنجی و ...، اندازه‌گیری زغال سنگ، بررسی کوره‌های مذاب شیشه‌سازی برای تعیین اشکالات آنها، نشت‌یابی در لوله‌های انتقال نفت و ....

دانش هسته‌ای با دانش پزشکی نیز پیوستگی ناگسستنی دارد و امروز دانش پزشکی بی‌دانش هسته‌ای تعریف نمی‌شود. امروزه گذشته از بهره‌گیری از انرژی اتمی در اشعهٔ ایکس و دستگاه‌های رادیوگرافی و عکسبرداری در کشورمان، درمان بیماریهای سرطانی با رادیو دارو انجام می‌گیرد و بیشتر رادیو داروهای مورد نیاز در داخل کشور تولید می‌شود.

برسرهم، در پزشکی هسته‌ای از مواد رادیو ایزوتوپ برای شناسایی و درمان بیماریها در سطح سلولی و ملکولی استفاده می‌شود. پزشکی هسته‌ای با شناسایی ید ۱۳۱ در غدّهٔ تیروئید آغاز شد و رفته رفته مواد رادیو ایزوتوپ تازه‌ای به این شاخهٔ مهّم دانش پزشکی راه یافت. رادیو ایزوتوپ به تنهایی و در ترکیب با مولکولهای آلی و معدنی دیگر، وارد سلولهای بدن می‌شود که می‌توان آن را ردیابی کرد. در پزشکی هسته‌ای، از زباله‌های راکتورهای هسته‌ای، مواد رادیو اکتیوی گرفته می‌شود که برای شناخت و درمان بیماریهای گوناگون به کار می‌رود. سرطان‌شناسی و درمان

○ آمریکا، اعضای اتّحادیهٔ اروپا، روسیه، چین و ...، سخت در پی بهره‌گیری هر چه بیشتر از انرژی هسته‌ای هستند. با وجود این، همین کشورها در راه تلاش ایران برای بهره‌گیری از این انرژی سنگ‌اندازی می‌کنند. کارشناسان اقتصاد انرژی نه تنها بهره‌گیری از تکنولوژی هسته‌ای برای تولید برق را از دید اقتصادی با صرفه می‌دانند، بلکه بهانهٔ وجود منابع نفت و گاز برای به کار نگرفتن این تکنولوژی را منطقی نمی‌دانند.

سرطان، تنها یکی از کاربردهای انرژی هسته‌ای در پزشکی هسته‌ای است.

در ایران هم اکنون مراکز پزشکی هسته‌ای در همهٔ استانهای کشور فعّال و مجّهز به پیشرفته‌ترین ابزارها است. اکنون در هیچ آزمایشگاهی در جهان، طب‌های هورمونی بی‌بهره‌گیری از رادیوایزوتوپ صورت نمی‌گیرد و بنابراین دست کشیدن از تکنولوژی هسته‌ای به مفهوم از رده خارج کردن چندین رشتهٔ مهّم پزشکی است. بخش تولید ایزوتوپ یکی از بخشهای بسیار قدیمی در سازمان انرژی اتمی ایران است که فعّالیتش به پیش از سال ۱۳۵۰ یعنی آغاز کار راکتور پژوهشی بازمی‌گردد و اکنون نیز یکی از واحدهای فعّال در زمینه‌های پژوهشی، علمی، توسعه، تولید و آموزش است. فعّالیتهای این بخش بسیار گسترده و گوناگون است. شناخت بیماریها (تزریق وریدی)، تشخیص بیماریهای تیروئید، مصارف صنعتی و بررسی جوشکاری در لوله‌های نفت و گاز، تشخیص انواع سرطانها، تشخیص سریع مراکز عفونی در بدن، تصویربرداری از قلب، تشخیص عفونت‌ها و التهابهای مفصلی، آمبولی و لخته‌های وریدی، کنترل آفتها و آلودگی‌های گیاهی، کاربردهای فراوان در صنایع دارویی، تشخیص کم خونی یا سندرم اختلال در جذب ویتامین B12، جداسازی فلزات سنگین از گیاهان دریایی، تولید چشمه‌های پرتوزا برای کاربردهای گوناگون در علوم و صنعت، ساخت انواع سیستم‌های هسته‌ای برای کاربردهای صنعتی، ساخت سیستم هسته‌ای برای اندازه‌گیری خاکستر زغال سنگ و . . . محصول دانش هسته‌ای در بخش تولید رادیو ایزوتوپ است.

بهرهٔ سخن

اهمیّت هر تکنولوژی با توان آن در پاسخگویی به اهداف توسعهٔ سیاسی، اقتصادی و صنعتی و تکنولوژیك هر کشور نمایان می‌گردد. مقایسهٔ روند کنونی کاربرد تکنولوژی صلح‌آمیز در جهان و توسعهٔ آن در آینده با شرایط موجود هسته‌ای در ایران، روشن می‌سازد که با وجود موفقیّتهای نسبی در ایجاد زیربناها و افزایش کاربردهای گوناگون تکنولوژی هسته‌ای در چارچوب برنامه‌های پنج سالهٔ توسعه، هنوز با کشورهای پیشرفته در این زمینه فاصلهٔ بسیار داریم و سالهای آینده با توجّه به توسعهٔ تکنولوژی‌های کاربردی هسته‌ای در جهان، در فرآیند توسعهٔ بخشهای اجتماعی و اقتصادی کشور، افزایش کاربرد تکنولوژیهای هسته‌ای در بخشهای صنعتی، کشاورزی، پزشکی و خدماتی گریزناپذیر خواهد بود.

○ اهمیّت هر تکنولوژی با توان آن در پاسخگویی به اهداف توسعهٔ سیاسی، اقتصادی و صنعتی و تکنولوژیك هر کشور نمایان می‌گردد. مقایسهٔ روند کنونی کاربرد تکنولوژی صلح‌آمیز در جهان و توسعهٔ آن در آینده با شرایط موجود هسته‌ای در ایران، روشن می‌سازد که با وجود موفقیّتهای نسبی در ایجاد زیربناها و افزایش کاربردهای گوناگون تکنولوژی هسته‌ای در چارچوب برنامه‌های پنج سالهٔ توسعه، هنوز با کشورهای پیشرفته در این زمینه فاصلهٔ بسیار داریم.

با آنکه تقاضای جهانی انرژی با رشد موزونی در حال افزایش است، سهم تولید برق نیروگاههای هسته‌ای در کشورهای توسعه یافته و صنعتی به علّت کاهش شدّت انرژی و بهره‌گیری بهینه از تجهیزات عمدهٔ انرژی‌بر و کاهش جمعیّت، رو به کاهش است. ولی کشورهای در حال توسعه به علّت افزایش جمعیّت و رشد سریع اقتصادی، بر دامنهٔ بهره‌گیری از تکنولوژی هسته‌ای در تولید انرژی می‌افزایند.

در حال حاضر کشورهای در حال توسعه برای پر کردن شکاف و کاستن از فاصلهٔ تکنولوژیك خود با کشورهای صنعتی تلاش می‌کنند.

گفتنی است که از ۳۳ رآکتور هسته‌ای در دست ساخت در جهان، ۲۸ راکتور در کشورهای در حال توسعه و تنها ۲ رآکتور در ژاپن و ۳ رآکتور در ژاپن و ۳ رآکتور در روسیه است.

از سویی، به علّت گذار از اقتصاد سنّتی به اقتصاد صنعتی، تقاضای انرژی در ایران به گونه‌ای چشمگیر رو به افزایش است و میزان انرژی لازم برای تولید یك میلیون

○ از آنجا که مسائل زیست محیطی در دهه‌های آینده مایهٔ بزرگترین نگرانیهای انسان خواهد بود، برتری نیروگاههای هسته‌ای از جهت آلوده نکردن محیط زیست آشکار می‌گردد. از سویی، چون ساخت نیروگاههای هسته‌ای در کشورهای درحال توسعه زمان‌بَر است، توجّه ویژهٔ مسئولان به توسعهٔ تکنولوژی هسته‌ای در کشور در افق زمانی بلندمدّت اهمیّت ویژه می‌یابد و از هم‌اکنون برای دستیابی به ۷۰۰۰ مگاوات برق هسته‌ای مصوّب شورای انرژی اتمی کشور باید گامهای اساسی برداشته شود.

ریال تولید ناخالص داخلی از ۴/۴ بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۵۰ به ۱۲/۴ بشکه در سال ۱۳۸۰ افزایش یافته است. همچنین، در این دوره، عرضهٔ انرژی اوّلیه از ۱۱۴ میلیون بشکه معادل نفت خام به ۹۳۳ میلیون بشکه رسیده است.

درحال حاضر ۹۱درصد از ظرفیّت نیروگاههای نصب شدهٔ کشور پایهٔ سوخت فسیلی دارد و با توجّه به ظرفیّت محدود منابع آبی که دست بالا ۱۲۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ مگاوات گزارش شده است، چنانچه تلاش جدّی برای ایجاد تنوّع در ترکیب سوخت نیروگاههای آینده کشور نشود و همچنان بیشترین بخش پایهٔ سوختی نیروگاههایی که در آینده ساخته خواهد شد، گاز و نفت کوره و گازوئیل باشد، در سالهای آینده صنعت برق کشور با بحران تأمین سوخت این نیروگاهها روبه‌رو خواهد شد.

افزایش احتمالی بهای نفت و گاز به علّت تهی شدن این منابع در جهان در دهه‌های آینده هزینهٔ فرصت کاربرد این حاملهای انرژی را بعنوان سوخت به گونهٔ محسوس افزایش می‌دهد و ضرورت ایجاد تنوّع در سیستم عرضهٔ انرژی و بهره‌گیری از گزینه‌های دیگر مانند نیروگاههای اتمی را برای صرفه‌جویی در منابع فناپذیر فسیلی بیشتر آشکار خواهد ساخت.

منابع گازی و نفتی ایران را می‌توان در صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی با ایجاد ارزش افزودهٔ بیشتر به کار گرفت و خطوط اصلی برنامهٔ اقتصاد بی‌نفت و طرح ساماندهی اقتصادی که به تصویب رسیده است نیز ناظر بر بیشترین بهره‌گیری از نفت و گاز در بخش پتروشیمی و دیگر بخشهای صنعتی است.

افزایش نگرانیهای زیست‌محیطی و فشار بین‌المللی برای کاهش آلودگیهای ناشی از کاربرد سوخت فسیلی و محدودیّتهای تکنیکی و اقتصادی در زمینهٔ کاربرد انرژی‌های تجدیدناشدنی، به مقبولیّت بیشتر نیروگاههای اتمی خواهد انجامید.

بر پایهٔ برآوردها، در صورت ادامه یافتن روند کنونی مصرف انرژی تا کمابیش ۱۵ سال دیگر، ایران از جرگهٔ کشورهای صادر کنندهٔ نفت خام خارج می‌شود و نفت خام یکسره صرف مصرف داخلی خواهد شد. از این رو برنامه‌ریزی در جهت متنوّع کردن سیستم عرضهٔ انرژی در کشور در بلندمدّت یکی از سیاستهای راهبردی در بخش انرژی شمرده شده است.

با گسترش اکتشاف و استخراج اورانیوم از منابع داخلی و انتقال تکنولوژی چرخهٔ سوخت هسته‌ای در آینده می‌توان تولید سوخت لازم برای نیروگاه اتمی کشور را در داخل انجام داد و گذشته از صرفه‌های اقتصادی، از وابستگی موجود در این زمینه کاست. با برآوردبهای تمام‌شدهٔ یك کیلو وات ساعت برق در نیروگاههای گوناگون و با در نظر گرفتن هزینه‌های زیست محیطی و اجتماعی آنها، قابلیّت رقابتی تکنولوژی هسته‌ای در تولید برق به اثبات رسیده است.

از آنجا که مسائل زیست محیطی در دهه‌های آینده مایهٔ بزرگترین نگرانیهای انسان خواهد بود، برتری نیروگاههای هسته‌ای از جهت آلوده نکردن محیط زیست آشکار می‌گردد. از سویی، چون ساخت نیروگاههای هسته‌ای در کشورهای درحال توسعه زمان‌بَر است، توجّه ویژهٔ مسئولان به توسعهٔ تکنولوژی هسته‌ای در کشور در افق زمانی بلندمدّت اهمیّت ویژه می‌یابد و از هم‌اکنون برای دستیابی به ۷۰۰۰ مگاوات برق هسته‌ای مصوّب شورای انرژی اتمی کشور باید گامهای اساسی برداشته شود.

تکنولوژی هسته‌ای از پیچیده‌ترین تکنولوژی‌های روزگار ما به‌شمار می‌رود و مدیریّت درست و انتقال موفّق آن

به کشور نیازمند کاربرد طیف وسیعی از تکنولوژی‌ها در مقیاس‌های کوچك، میانی و بزرگ است. با توجّه به نیازهای کنونی و آیندهٔ کشور در این زمینه و حسّاسیت ویژهٔ بخش هسته‌ای و تلاشهایی که برای جلوگیری از توسعهٔ آن در ایران می‌شود، به منظور رفع تنگناهای موجود و بهره‌گیری هرچه بیشتر و بهتر از فرصتهای محدود بین‌المللی لازم است با حمایتهای سیاسی، مالی و تشکیلاتی مناسب و در پیش گرفتن سیاستهای اجرایی لازم، نارسایی‌ها و نقاط ضعف موجود در فرایند انتقال، جذب، توسعه و بومی کردن تکنولوژی‌های هسته‌ای مورد نیاز از میان برداشته شود یا به کمترین اندازه برسد.

وظیفهٔ دولت ایران در این برهه از زمان بسیار سنگین است و از یك‌سو با این پرسش روبه‌رو است که ایران اتمی در آینده چه نقشی در خاورمیانه به عهده خواهد گرفت؟ و از سوی دیگر باید پاسخگوی این پرسش باشد که آیا با کنار گذاشته شدن هدفهای اتمی، راه دستیابی به توسعه برای ایران ناهموار نخواهد گردید؟

پی‌نوشتها

۱. عبیری، غلامحسن، «معمّای مشروعیّت مسائل هسته‌ای»، **بانك و اقتصاد**، شمارهٔ ۶۸، صفحه ۶۸.

۲. **گسترش صنعت**، نشریهٔ سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، شماره ۱۰.

۳. **همان**.

۴. «همه چیز دربارهٔ چرخهٔ سوخت هسته‌ای در ایران»، **اطّلاع**، فروردین ۱۳۸۵. **www.ittela. com**

۵. **همان**.

6. **International Energy Outlook,** Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy, May 2003.

۷. **همان**.

۸. **همان**.

۹. مسرّت، محسن، «سیاست ایران در زمینهٔ انرژی: چالش‌ها و جایگزین‌ها»، **اطّلاعات سیاسی ـ اقتصادی**، شمارهٔ ۲۱۲ـ۲۱۱.

۱۰. گزارش تفصیلی سازمان انرژی اتمی ایران، در زمینهٔ «بررسی‌های اقتصادی و زیست محیطی ساخت نیروگاههای هسته‌ای در ایران»، برای طرح در هیأت دولت / پاییز ۱۳۸۲.

۱۱. «انرژی هسته‌ای یا کلید توسعهٔ پایدار»، پایگاه اطّلاع‌رسانی وزارت نیرو، خبرگزاری ایرنا.

۱۲. منبع شمارهٔ ۱۰.

13. **Environmental Protection Agency Statistics,** 2002.

14. **New Research on the Real Costs of Electricity in Europ**, Brussels, July 2002.

15. Environmental Protection Agency (EPA), USA.

۱۶. «آشنایی با برخی از کاربردهای انرژی هسته‌ای»، سایت ایران علمی

www. iranscientific. com

مهمترین منابع:

۱. گزارش تفصیلی سازمان انرژی اتمی ایران، در زمینهٔ «بررسی‌های اقتصادی و زیست محیطی ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای در ایران» برای طرح در هیأت دولت، پاییز ۱۳۸۲.

۲. **اقتصاد انرژی**، نشریهٔ انجمن اقتصاد انرژی ایران، شماره‌های گوناگون.

۳. دهقانی فیروزآبادی، سیّد جلال، «گفتگوهای هسته‌ای ایران و اروپا»، **اطّلاعات سیاسی ـ اقتصادی**، شمارهٔ ۲۱۲ـ۲۱۱.

۴. اسفیدواجانی، سیّد مهدی، «آمریکا و برنامهٔ هسته‌ای ایران»، **اطّلاعات سیاسی ـ اقتصادی**، شمارهٔ ۲۲۰ـ۲۱۹.

۵. **ترازنامه انرژی جمهوری اسلامی ایران**، معاونت انرژی وزارت نیرو، ۱۳۸۰.

6. **www.iies.org.**

۷. منابع یاد شده در بخش پی‌نوشتها.