

# يك بررسی از همایش انتقال تکنولوژی هسته‌ای - شیراز

نوشته:

علی پذیرنده اردشیرگیری

دانشیار و استادیار موسسه علوم و فنون هسته‌ای دانشگاه تهران

## چکیده:

رشد صنعت در ممالک در حال پیشرفت بستگی کامل به دسترسی آنها به منابع انرژی کافی دارد. بر طبق بررسی‌های سازمان بین‌المللی انرژی اتمی<sup>۱</sup>، سهم انرژی هسته‌ای در تامین انرژی مورد نیاز در کشورهای صنعتی جهان تا پایان قرن حاضر به ۰.۵ درصد خواهد رسید. در ایران، علیرغم وجود منابع عظیم سوخت فسیلی، بر طبق برنامه‌های پیش بینی شده (جدول ۲) سهم انرژی هسته‌ای در تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور در سال ۱۹۹۲ به بیش از ۰.۵ درصد خواهد رسید<sup>۲</sup>.

برای رسیدن به این هدف دو اقدام زیر اساسی بنظر میرسد:

- ۱- گرد آوری یک گروه پژوهشگر مجرب و ایجاد و توسعه مراکز آموزشی و پژوهشی در کشور.
- ۲- تربیت نیروی انسانی مورد نیاز نیروگاهها و صنایع جنبی آن بمنظور هموار کردن راه برای پذیرش تکنولوژی هسته‌ای.

بدیهی است که موفقیت در انتقال تکنولوژی هسته‌ای به یک کشور در حال پیشرفت به چگونگی اجرای این دو مرحله بستگی دارد.

## ۱- مقدمه:

تامین انرژی مطمئن، فراوان و ارزان قیمت یکی از پیش نیازهای اساسی برای گسترش و پیشرفت صنایع در هر کشوری است. با توجه به این موضوع و همچنین با در نظر گرفتن سایر عوامل موثر در گسترش تکنولوژی، در سال ۱۹۷۴ بررسی گسترده‌ای توسط آژانس بین‌المللی انرژی در ۷ کشور در حال پیشرفت انجام گرفت. بر اساس این بررسی مقدار انرژی اضافی مورد نیاز این کشورها تا سال ۱۹۸۰ بالغ بر ۱,۳۰۰,۰۰۰ مگاوات الکتریک خواهد بود که حدود ۱۶۵,۰۰۰ مگاوات الکتریک آن بایستی بوسیله نیروگاههای هسته‌ای تامین گردد.

حتی اگر یک برآورد محافظه کارانه ارقامی کمتر از اعداد بالا را بدست دهد، شکی نیست که جهت تامین

نیازهای انرژی کشورهای در حال توسعه، می‌بایستی کشورهای پیشرفته و در حال پیشرفت یک همکاری مشترک و گسترده‌ای را در زمینه تکنولوژی هسته‌ای آغاز نمایند. بنابر این می‌توان نتیجه گرفت که انتقال تکنولوژی هسته‌ای یکی از رویدادهای مهم در دو دهه آینده خواهد بود.

## ۲- مصرف انرژی در ایران تا سال ۲۰۰۰

همراه بارشد سریع صنایع در کشور، مصرف انرژی الکتریکی برای تامین نیازهای کشور نیز پیوسته در حال افزایش می‌باشد. میزان مصرف انرژی الکتریکی کشور از زمان تاسیس وزارت آب و برق (۲۰۲۳) و همچنین ارقام پیش بینی شده برای سال‌های آینده در جدول (۱) داده شده است. با توجه به این جدول میانگین میزان رشد انرژی مصرفی سالانه کشور \*

جدول ۱- میزان مصرف انرژی الکتریکی و ظرفیت نیروگاههای مورد نیاز کشور

سال	مصرف TWH	ظرفیت کل MWe	ظرفیت نیروگاههای هسته‌ای MWe	درصد افزایش مصرف سالانه
۱۹۶۷	۴	—	—	—
۱۹۷۲	۹/۵	۲۰۹۴	—	۲۷/۵
۱۹۷۷	۲۵	۷۴۹۴	—	۳۲/۶
۱۹۸۲	۶۳	۲۲۳۰۴	۳۴۰۰	۳۰
۱۹۸۷	۱۲۰	۴۶۲۷۲	۱۵۲۰۰	۱۸/۱
۱۹۹۲	۱۷۰	۷۱۸۵۸	۳۴۴۰۰	۸/۳

\* در طی پنج سال گذشته (۱۹۷۷-۱۹۷۲) در حدود ۳۳ درصد بوده است که نشانگر رشد سریع صنعت کشور در این دوره می‌باشد. در نتیجه بررسی‌های اخیر که براساس رشد سریع در گذشته و برنامه‌های آتی کشور بعمل آمده است، ظرفیت نیروگاههای مورد نیاز جهت تامین انرژی کشور در سال ۱۹۹۲ بیش از ۷۰۰۰۰ مگاوات الکتریک برآورد شده است.

منابع اصلی تامین انرژی در ایران در حال حاضر نفت، گاز و آب سدها می‌باشد و در نتیجه بررسی‌هایی که در سال‌های اخیر توسط گروه‌های پژوهشی ذوب آهن در کشور بعمل آمده است منابع سرشاری از ذغال سنگ در نواحی مرکزی کویر لوت کشف گردیده است.

کل ذخیره پیش‌بینی شده نفت در ایران در حدود  $۷۰ \times ۱۰^9$  بشکه می‌باشد و چنانچه با میزان میانگین موجود ۶ میلیون بشکه در روز استخراج شود در مدتی کمتر از ۳ سال پایان خواهد یافت. لازم به یادآوری است که این فقط یک پیش‌بینی خوش‌بینانه می‌باشد و بطور یقین در مدتی کمتر از بیست سال استفاده وسیع از چاههای نفت امکان‌پذیر نخواهد بود. کل ذخیره گاز در حدود  $۱۱/۳ \times ۱۰^{12}$  متر مکعب تخمین زده شده است، این منبع انرژی در اغلب موارد می‌تواند جانشین خوبی برای نفت باشد و تا اندازه‌ای نیاز انرژی کشور را در زمینه مصارف خانگی، تولید الکتریسته، صنایع و حتی سوخت اتمی تامین نماید. ذخیره برآورد شده منابع کشف شده زغال سنگ، رقمی در حدود چندین میلیون تن است که می‌تواند منبع انرژی خوبی برای مصارف کارخانجات ذوب آهن باشد. پتانسیل انرژی آبی ایران در حدود ۱۴۵۰۰ مگاوات تخمین زده شده است و در حال حاضر فقط از ۱۶۰۰ مگاوات آن استفاده می‌شود.

محدود بودن منابع فسیلی از یکطرف و ارزش ذاتی آنها بعنوان مواد خام در صنعت پتروشیمی و سایر صنایع از طرف دیگر و همچنین با توجه به کمبود پتانسیل انرژی آبی در ایران دولت را برآن داشت تا برای تامین انرژی مورد نیاز آینده کشور، امکان استفاده از سایر منابع انرژی را بطور جدی مورد بررسی قرار دهد.

در حال حاضر سایر منابع انرژی شناخته شده فراوان و قابل کنترل انرژی هسته‌ای، خورشیدی، ژئوترمال، جزرو مد و انرژی باد می‌باشند، لکن سوی انرژی هسته‌ای که از یک تکنولوژی پیشرفته و مطمئن برخوردار بوده و به مرحله تجاری در آمده است، سایر منابع انرژی هنوز در مراحل تحقیق و توسعه می‌باشند.

با توجه به مطالب بالا می‌توان نتیجه گرفت که یگانه منبع انرژی قابل اطمینان و قادر به تامین انرژی مورد نیاز برنامه‌های صنعتی کشور، انرژی هسته‌ای می‌باشد. بنابراین تاسیس نیروگاه‌های هسته‌ای در ایران برای تامین انرژی اجتناب ناپذیر بنظر می‌رسد و براساس این فکر سازمان انرژی اتمی ایران در سال ۲۰۳۰ تاسیس و عهده دار اجرای تاسیس نیروگاه‌های هسته‌ای، تربیت افراد متخصص مورد نیاز این نیروگاه‌ها و توسعه برنامه‌های پژوهشی در این زمینه شد. برنامه زمانی استفاده از نیروگاه‌های هسته‌ای در ایران در جدول ۲ نشان داده شده است و بطوریکه ملاحظه می‌شود، قبل از پایان قرن حاضر، سهم نیروگاه‌های هسته‌ای در تامین انرژی مورد نیاز کشور به بیش از ۵۰ درصد خواهد رسید.

جدول ۲- برنامه تاسیس نیروگاه‌های برق تا سال ۱۹۹۲

نوع نیروگاه	۱۹۷۷	۱۹۸۲	۱۹۸۷	۱۹۹۲
توربین بخاری (MWe)	۱۸۸۱	۸۰۶۴	۹۲۹۰	۹۲۹۰
توربین گازی	۱۲۳۰	۱۶۹۰	۱۸۲۰	۲۲۱۶
دیزل	۱۱۹	—	—	—
هیدرولیک	۱۰۷۹	۳۷۹۲	۱۰۳۹۰	۱۰۱۰۸
پمپهای ذخیره‌ای	—	—	۶۰۰	۶۰۰
هسته‌ای	—	۳۴۰۰	۱۰۲۰۰	۳۴۴۰۰
جمع	۴۸۱۴	۱۶۹۰۱	۳۷۳۱۶	۶۷۰۱۹

### ۳- چگونگی انتقال تکنولوژی هسته‌ای به کشورهای در حال توسعه

تکنولوژی هسته‌ای در بین انواع مختلف تکنولوژی دارای ویژگی‌ها و همچنین پیچیدگی‌هایی است که آنرا از تکنولوژی‌های دیگر متمایز می‌سازد. زیرا این تکنولوژی رشته‌های علمی و فنی زیادی همانند فیزیک راکتور، فیزیک هسته‌ای، مکانیک، برق، الکترونیک، متالورژی و حتی مهندسی راه و ساختمان و زمین‌شناسی را در برمی‌گیرد. بعلاوه مسئله محیط زیست و ایمنی سیستم‌های هسته‌ای نیز نیاز به توجه خاصی دارد. یکی از ویژگی‌های مهم این تکنولوژی که آنرا پیچیده‌تر از سایر تکنولوژی‌ها می‌سازد اثرات مخرب تابش‌های هسته‌ای بر روی تمام مواد مورد استفاده و حتی نحوه کار دستگاه‌ها می‌باشد. بعنوان مثال در دستگاه‌های هسته‌ای برای روغن کاری قطعات متحرک نمی‌توان از روغن‌های معمولی استفاده کرد زیرا این روغن‌ها تحت تابش اشعه دستگاه تجزیه شده و خاصیت خود را از دست می‌دهند، مثال دیگر وسایل الکترونیکی است که بایستی جهت کنترل سیستم‌های هسته‌ای دارای سرعت عمل زیادی باشد تا بتوان بکمک آنها سیستم‌های هسته‌ای را کنترل کرد.

وقتی صحبت از انتقال تکنولوژی هسته‌ای از یک کشور به کشور دیگر می‌کنیم این بدان معنی است که کشور گیرنده آمادگی پذیرش آن تکنولوژی را دارا می‌باشد. درجه موفقیت در انتقال تکنولوژی هسته‌ای بهر کشوری بستگی کامل به میزان آمادگی تکنولوژیکی آن کشور دارد. در حقیقت در کشورهای در حال پیشرفت این کار بایستی بتدریج انجام گیرد بطوریکه در ضمن آن کشورگیرنده با استفاده از امکانات تکنولوژی‌های زیر بنایی مختلف خود این تکنولوژی را کسب کرده و توسعه دهد. مثلا هندوستان، فعالیت هسته‌ای خود را با تاسیس مرکز اتمی ترومبی (اکنون مرکز پژوهشی اتمی BHABHA نامیده می‌شود) در نیمه دهد. ۱۹۵۰ آغاز کرد. در این مرکز همزمان با انجام پژوهش در زمینه علوم پایه، پژوهش و توسعه در فرآیندهای شیمیائی و متالورژی مورد نیاز صنعت هسته‌ای نیز آغاز شد. این مرکز همچنین وظیفه تولید و توسعه

دستگاه‌های اندازه‌گیری، وسایل تکنیک‌خلاقه و غیره را که برای یک برنامه وسیع هسته‌ای مورد نیاز می‌باشد بعهده گرفت. علاوه بر این گونه فعالیت‌های پژوهشی و توسعه‌ای صنایع خصوصی و دولتی هندوستان نیز هم‌خود را مصروف طرح و ساختن دستگاه‌های مورد نیاز این برنامه کردند. آمادگی صنایع کشور برای پذیرش تکنولوژی هسته‌ای از یک سو و تجربیات بدست آمده از تاسیس اولین نیروگاه در بست (TURNKEY) از سوی دیگر سبب شد که متخصصین کشور هندوستان در تاسیس دومین نیروگاه هسته‌ای (که با همکاری کشور کانادا انجام گرفت) خود عهده‌دار ساختن و نصب دستگاه‌های مختلف بشوند.

این برنامه انتقال تکنولوژی هسته‌ای با اندازه‌ای موفقیت‌آمیز بود که پس از قطع کمک‌های فنی کانادا به هندوستان در سال ۱۹۷۴ افراد متخصص و تربیت شده این کشور در زمینه تکنولوژی هسته‌ای قادر به تکمیل و بهره‌برداری از واحد دوم نیروگاه بودند. بر اساس برنامه هسته‌ای هندوستان مسئولیت طرح، محاسبه، ساختن و برآه انداختن نیروگاه‌های بعدی، تماماً بعهده افراد متخصص این کشور واگذار خواهد شد. هم‌زمان با این فعالیت‌ها تولید آب سنگین مورد نیاز نیروگاه‌های هسته‌ای و همچنین ساخت میله‌های سوخت در این کشور پیش می‌رود. لازم بیادآوری است که عامل اصلی این موفقیت را باید مربوط به همکاری نزدیک مراکز پژوهشی و صنایع در این کشور دانست.

### ۵- نقش مراکز آموزشی و پژوهشی در انتقال تکنولوژی هسته‌ای

جهت درک مسائل مربوط به تکنولوژی هسته‌ای در کشورهای در حال پیشرفت، نخستین گام در راه انتقال و اکتساب تکنولوژی می‌بایستی در زمینه بالا بردن سطح دانش علمی و مهارت‌های فنی افراد متخصص در رشته‌های گوناگون باشد. با استفاده از یک برنامه صحیح و منطبق بر برنامه‌های هسته‌ای کشور و همچنین با توجه به:

الف- فاصله زیاد علمی بین کشورهای پیشرفته و در حال پیشرفت.

ب- کافی نبودن مهارت‌های افراد فنی در زمینه تکنولوژی هسته‌ای،

در اجرای این مرحله آمادگی از برنامه هسته‌ای بایستی تا سرحد امکان تسریع شود. بدیهی است که لازمه انجام این برنامه گردآوری یک کادر پژوهشگر مجرب و ایجاد و توسعه مراکز پژوهشی و آموزشی در کشور می‌باشد. مسئولیت مراکز پژوهشی و آموزشی بسیار سنگین بوده و می‌توان وظائف آنها را بصورت زیر خلاصه نمود:

الف- آموزش افراد و آشنا کردن آنها با چگونگی طرز کار با مواد رادیواکتیو.

ب- توسعه کاربرد این مواد در کشاورزی، صنایع و پزشکی و غیره...

ج- راهنمایی صنایع کشور در ایجاد و توسعه وسائل مورد نیاز برنامه‌های هسته‌ای کشور.

د- فعالیت در زمینه مسائل ایمنی نیروگاه‌ها و نحوه نگهداری پس مانده‌های رادیواکتیو.

ه- تجهیز و ترغیب صنایع کشور در اکتساب و توسعه طرح تکنیکی مربوط به تکنولوژی هسته‌ای به گونه‌ای که همراه با پیشرفت برنامه‌های انرژی کشور، سهم صنایع در تاسیس نیروگاه‌های هسته‌ای بیشتر گردد.

در حقیقت وظیفه اولیه این مراکز آماده کردن افراد متخصص در زمینه‌های مختلف استفاده از انرژی هسته‌ای و با عبارت دیگر هموار کردن راه برای پذیرش تکنولوژی هسته‌ای می‌باشد.

تردیدی نیست که ممالک در حال پیشرفت بایستی در مرحله اول تکنولوژی هسته‌ای را از ممالک پیشرفته وارد کنند لکن میزان کیفی و کمی بهره‌برداری از آن مربوط به برنامه ریزی‌های مقدماتی و با عبارت دیگر به نحوه اجرای مرحله آمادگی (که در بالا ذکر شد) می‌باشد.

با اجرای مراحل ذکر شده در بالا در یک کشور در حال پیشرفت نه تنها مسائل مربوط به تأمین انرژی تا اندازه‌ای حل می‌گردد بلکه در نتیجه شرکت دادن مراکز آموزشی و صنعتی کشور در برنامه‌های هسته‌ای کشور، اولاً برنامه‌های آموزش عالی مهندسی هسته‌ای برای رفع نیازهای کشور هم‌آهنگ گردیده و در ثانی گام‌های سریعی نیز در راه پیشرفت و صنعت نیز برداشته شده است.

لازم بیادآوری است که به هنگام معرفی تکنولوژی هسته‌ای در کشور بایستی بر روی مسائل مربوط به آموزش و تأمین خودکفائی نسبی از نقطه نظر ساختن، توسعه و نگهداری دستگاه‌های مورد نیاز بیشتر تأکید شود به گونه‌ای که برای فعالیت در این زمینه و برنامه‌های آموزشی و پژوهشی اولویت قائل شد.