Archive of SID

درآمدی بر تدوین نقشه‌ی راه نیروگاه خورشیدی در ایران

■ **علی فرقانی** *+
تهران، پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاد دانشگاهی، گروه پژوهشی مهندسی صنایع، صندوق پستی: 1668-13445
■ **بیژن ساعدپناه**
■ **علیرضا آخوندی**[1]
تهران، پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاد دانشگاهی، گروه پژوهشی مهندسی صنایع، صندوق پستی: 1668-13445

تاریخ دریافت: 1392/11/09 تاریخ پذیرش: 1392/12/27

چکیده

انرژی خورشیدی فراوان‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر دنیاست ولی توسعه‌ی فن‌آوری‌های تولید الکتریسیته از این منبع گسترده تاکنون روند کندی داشته است. ویژگی هایی مانند امکان بهره‌برداری درگستره‌ی وسیعی از نقاط کره زمین، سازگاری بامحیط زیست‌محیط، قابلیت تولید در محل مصرف، امکان تامین در نقاط دور افتاده، طول عمر مناسب و قابلیت اعتماد بالا، سهولت در نصب و راه اندازی و بهره برداری؛ منجربه هدف‌گذاری چشم گیر کشورها در برق خورشیدی و افزایش احتمال جهشی قابل توجه در صنایع و فن‌آوری های مرتبط با آن شده است.

با توجه به آینده مطلوب برق خورشیدی در دنیا و رشد سرمایه گذاری جهانی درزمینه توسعه ظرفیت های تولید و بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر؛ تدوین برنامه ها و اولویت های ملی مانند تهیه نقشه راه برق خورشیدی در کشور اجتناب ناپذیر است. در این مقاله با توجه به ضرورت موجود، ابتدا خلاصه ای از مبانی نظری نقشه راه و نتایج بررسی اسناد بالادستی انرژی های تجدیدپذیر بیان می شود. در ادامه وضع موجود صنعت برق خورشیدی کشور، فناوری های برق خورشیدی، انواع نیروگاه های خورشیدی و پیش ران های آن ارایه گردیده و درانتها نیز ضمن بیان سناریوهای جهانی آینده برق خورشیدی وآینده‌های بدیل این انرژی، فرایند تدوین نقشه راه نیروگاه خورشیدی و لایه های مختلف این نقشه راه پیشنهاد شده است.

واژگان کلیدی: نقشه راه، انرژی تجدیدپذیر، برق خورشیدی، فناوری فتوولتائیک، فناوری گرمایش خورشیدی، پیش ران ها، نیروگاه خورشیدی، ایران

* عهده دار مکاتبات
+ شماره نمابر: 66075635-021 و آدرس پست الکترونیکی: Forghaninik@yahoo.com
۱ شماره نمابر: 66075635-021 و آدرس پست الکترونیکی: Akhoundi@acecr.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

مدیریت توسعه فناوری در سطوح ملی(کلان)، بخشی یا فناوری (میانی) و شرکت(خرد)، نیازمند بکارگیری سیستم ها، روش ها و ساختارهای اثربخشی می باشد که تاحدقابل توجهی اطمینان دهد سرمایه‌گذاری در امر تحقیق و توسعه، تسهیلات و توسعه منابع انسانی در حال و آینده با نیازهای بازار و صنعت(جامعه)، تطابق دارد. درواقع رهنگاری فناوری[2] یا مسیریابی فناوری نوعی برنامه‌ریزی راهبردی فناوری است که از طریق آن سندی "نقشه راه فناوری[3]" بدست می آید.

گارسیا و بری، رهنگاری فناوری را یک فرایند برنامه‌ریزی فناوری نیاز- محور تعریف نمودند که به شناسایی، انتخاب و توسعه گزینه‌هایی از فناوری جهت برآورده ساختن مجموعه‌ای از نیازمندی‌های محصول کمک می‌نماید[1].

رابرت گالوین(رئیس سابق هیات مدیره شرکت موتورولا)، بیان داشته است که نقشه راه فناوری از نگاهی جامع به آینده در یک حوزه منتخب و از دانش و خرد جمعی و پندار گروه‌ها و افرادی که پیشران های تغییرات آینده آن حوزه هستند، شبدست می آید[2]. نقشه راه‌ها شامل تبیین نظریه‌ها و روندها، تدوین مدل‌ها، شناسایی روابط مابین و درون علوم مختلف، شناسایی گسست‌ها(شکاف دانش) و تفسیر پژوهش و آزمون ها می باشد. ریچارد آلبرایت، یک نقشه راه را توصیفی از یک محیط در آینده، اهدافی که باید در آن محیط محقق شود و برنامه‌هایی برای دستیابی به آن اهداف در طول زمان نیاز است، تعریف می کند.

این ابزار یک چارچوب یا معماری را برای فهم چگونگی قرارگرفتن اجزای یک سیستم فناوری در کنار یکدیگر و نحوه تعامل و تکامل آنها در طول زمان، طرح‌ریزی می‌کند. درضمن کاربردها، چالش‌ها و راه حل های فنی را با هم پیوند داده و اولویت‌هایی را نیز برای حصول به اهداف تعیین می نماید[3.]

متداول‌ترین چارچوب نقشه راه فناوری از چندین لایه نظیر فناوری، محصول و بازار تشکیل شده است. این نوع نقشه راه امکان پیگیری روند تکامل هر لایه را همراه با وابستگی‌های بین لایه‌ای فراهم می‌کند به طوریکه یکپارچگی و تلفیق فناوری در محصول, خدمات و سیستم‌های کسب و کار به راحتی مشخص می‌شود. برای مثال نقشه راه شرکت فیلیپس(گرونولد 1997) نشان می‌دهد که چگونه فناوری‌های محصول و فرایند برای توسعه کارکردهای جدید در محصولات آینده با یکدیگر ترکیب می‌شوند[4].

بی شک کاهش منابع فسیلی، خطر نیروگاه های هسته ای، افزایش چشمگیر نیاز به انرژی فسیلی برای مصارف صنعتی(خصوصاً در کشورهایی که به مرحله صنعتی نزدیک می شوند)، نیاز به سازگاری با محیط زیست و کنترل آلودگی هوا و اثر گازهای گلخانه ای و ... منجربه شده رشد سرمایه گذاری کشورهای مختلف دنیا در بخش انرزی های تجدید پذیر(ازجمله خورشیدی) شده است.

در این راستا نقشه راه صنعت/نیروگاه خورشیدی، ابزاری مناسب جهت استفاده مسوولین و دست اندرکاران تولید و بهره برداری ازبرق خورشیدی در کشور خواهد بود و براین اساس در مقاله حاضر تلاش شده است مبانی نظری و ضروت تدوین نقشه راه برق خورشیدی در ایران همراه با تصویری کلی از وضع موجود، پیش ران ها و سناریوهای توسعه آتی آن بیان شود. لازم به ذکر است هم اکنون نقشه راه انرژی‌های تجدیدپذیر در شورای عالی انقلاب فرهنگی در دست رسیدگی است که در صورت تصویب این سند تبدیل به قانون شده و راهنما خواهد بود.

2-ابعاد، انواع و کاربردهای نقشه راه

با توجه به بررسی ساختار و محتوای انواع نقشه راه می توان آنها را در 8 گروه، دسته بندی نمود[5]:

1) برنامه‌ریزی محصول؛
2) برنامه‌ریزی خدمات؛
3) آینده‌نگاری؛
4) برنامه‌ریزی راهبردی؛
5) برنامه‌ریزی دارایی‌های دانشی؛
6) برنامه‌ریزی پروژه؛
7) برنامه‌ریزی فرایند(برای پشتیبانی از مدیریت دانش). برای مثال روش T-Plan که برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی محصول توسعه یافته است ضمن ترکیب دیدگاه‌های فنی و تجاری مورد نیاز، بر جریانات دانشی جهت تسهیل توسعه و معرفی اثربخش یک محصول ، تمرکز دارد؛
8) برنامه‌ریزی یکپارچه(چگونه فناوری‌های مختلف با محصولات و سیستم‌ها ترکیب شده یا فناوری‌های جدیدی را شکل می‌دهند).

لازم است به مزایای استفاده از این ابزار مدیریتی و فنی توسط مدیران و محققان نیز توجه شود. در ادامه کاربردهای مختلف نقشه راه بصورت خلاصه بیان شده است[6]:

- کاهش ریسک سرمایه گذاری در حوزه ای خاص از فناوری
- تسهیل برقراری ارتباط میان عناصر کسب و کار و روند های بازار

2 Technology Roadmapping
3 Technology Roadmap

www.SID.ir

Archive of SID

- برقرای ارتباط میان کار کرد های فناورانه و تجاری سازمان.
- تسهیل تخصیص منابع.
- افزایش اثر بخشی سرمایه‌گذاری.
- تصمیم گیری بهنگام در فضای رقابتی امروز.
- ارایه معیارهایی برای پالایش و انتخاب فناوری‌های برنده .
- توجه همزمان به رویکرد کشش بازار و فشار فناوری.
- کمک به توسعه استراتژی کسب و کار، تنظیم سیاست ها، برنامه ریزی محصول و فناوری و ..
- الویت بندی تحقیق و توسعه و پروژه های توسعه محصول.
- شناسایی روند های جهانی R&D و فناوری‌ها نوظهور.
- ایجاد درکی بهتر میان ذینفعان.

با جمع‌بندی کاربردهای فوق الذکر، می‌توان 3 جنبه کلان کاربردی را برای نقشه راه در نظر گرفت:

الف) اجماع در مورد نیازها و فناوری‌های لازم برای برآوردن آنها.

ب) مکانیزمی برای کمک به پیش‌بینی و آینده‌نگاری فناوری.

ج) چارچوبی برای کمک به برنامه‌ریزی و هماهنگی توسعه فناوری.

جدول زیر انواع و ابعاد نقشه راه را به‌صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول 1: انواع و ابعاد مختلف نقشه راه[7]

ابعاد نقشه راه	انواع	تعریف
کاربرد مدیریتی	پیش بینی	پیش بینی روند آینده فناوری
	برنامه ریزی پروژه	برنامه‌ریزی تحقیق و توسعه مبتنی بر تجزیه و تحلیل داخلی و خارجی
	برنامه ریزی محصول	برنامه‌ریزی محصول مبتنی بر تجزیه و تحلیل داخلی و خارجی
	مدیریت	مدیریت پورتفولیو تحقیق و توسعه جاری و پورتفولیو محصول
هدف از تدوین نقشه راه	مجصول	پشتیبانی از تصمیم گیری راهبردی مرتبط با محصول
	فناوری	پشتیبانی از تصمیم گیری راهبردی مرتبط با فناوری
سایر ویژگی ها	منبع اطلاعاتی	تعیین قلمرو جمع آوری اطلاعات یا تجذیه تحلیل داده
	چهارچوب زمانی	تعیین حوزه زمانی نقشه راه به عنوان افق زمانی نقشه راه

دسته بندی دیگری از انواع نقشه راه به شرح زیر است[8]

- نقشه راه‌های علوم- تحقیقات (مانند نگاشت علم)
- نقشه راه‌های میان صنعتی (همچون ابتکار صنعتی کانادا)
- نقشه راه‌های صنعت (نقشه راه بین‌المللی فناوری نیمه‌رسانا)
- نقشه راه‌های فناوری (هوافضا، آلومینیوم و غیره)
- نقشه راه‌های محصول (موتورولا، اینتل و دیگران)
- نقشه راه‌های فناوری- محصول (شرکت فناوری‌های لوسنت)
- نقشه راه‌های پروژه/ مسأله (برای مدیریت پروژه)

کاپل نیز انواع نقشه راه بر اساس موقعیت آنها در فضای "کاربرد-اهداف" به 4 دسته کلی تقسیم بندی نموده است[9]:

الف) نقشه راه علم و فناوری: هدف اصلی آن، فهم بهتر آینده از طریق شناسایی روندها و انجام پیش‌بینی می‌باشد.

ب) نقشه راه صنعت: کاربرد آن مستلزم برنامه‌ریزی دورن سازمانی، پیچیدگی زنجیره تامین و سرمایه‌گذاری‌های بالامی باشد.

ج) نقشه راه محصول-فناوری: برنامه‌ریزی محصول و بازار را با روندهای فناوری ترکیب می کند و میان نسل‌های مختلف محصول و نسل‌های متوالی فناوری پیوند ایجاد می کند.

د) نقشه راه‌های محصول: جهت‌گیری و برنامه‌ریزی تکامل محصول را در طی زمان جهت ارتباط با مشتریان و مخاطبان داخلی، نشان می‌دهد.

جدول زیر خلاصه‌ای از دسته‌بندی‌های مختلف نقشه راه را براساس دیدگاه صاحبنظران این حوزه نشان می دهد.

جدول 2: دسته بندی انواع نقشه‌راه براساس دیدگاه صاحبنظران مختلف[10]

معیار	نوع نقشه راه	ماخذ
نوع و میزان تحولات فناوری	نقشه راه فناوری- محصول، نقشه راه فناوری‌های نوظهور/ درحال‌پیدایش	گارسیا و بری، 1997
	نقشه راه فناوری پایدار، نقشه راه فناوری بنیان افکن	رابرت گالوین، 2004
سطح /حوزه کاربرد	نقشه راه ملی/ میان صنعتی، صنعت/بخش، بنگاه/ سازمان، محصول/پروژه	آلبرایت و شلر، 1998
	بنگاه، صنعت و حوزه علمی	رابرت گالوین، 2004
	نقشه راه علم و فناوری، نقشه راه صنعت/با حمایت دولت، نقشه راه محصول - فناوری	ریچاردآلبرایت، 2005
	نقشه راه محصول، نقشه راه محصول- فناوری، نقشه راه صنعت، نقشه راه علم/ فناوری	توماس کاپل، 2001
	نقشه راه علوم/ تحقیقات، میان بخشی، صنعت، فناوری، محصول، محصول/ فناوری وپروژه/مسأله	کاستاو و شلر، 2001
رویکرد یا روش تحلیل	نقشه راه آینده‌نگر و گذشته‌نگر	مارتینرین، 2004
	با استفاده از نظرات خبرگان، با کمک رایانه و رویکرد تلفیقی	کاستاو و شلر، 2001
	هنجاری و اکتشافی	کاپل، 2001
	تک سازمانی و چند سازمانی	بروس و فین، 2005
شکل و نحوه نمایش	چندلایه، نوار، جداول، گراف، درختی، فلوچارت، تک‌لایه، متن	فال و همکاران 2001
موارد استفاده	برنامه‌ریزی محصول، برنامه‌ریزی خدمات/توانمندی، برنامه‌ریزی راهبردی، آینده‌نگاری، برنامه‌ریزی دارایی‌های دانشی، برنامه‌ریزی پروژه R&D، برنامه‌ریزی فرایند، برنامه‌ریزی یکپارچه	فال و همکاران ، 2001

www.SID.ir

Archive of SID

3- ابعاد و لایه‌های نقشه راه

از معروفترین روش های تدوین نقشه راه که عموما در آغاز به کار، استفاده می‌شود و فرایند تی.پلن[4] نام دارد. رویکرد تی پلن که توسط دانشگاه کمبریج پیشنهاد شد، ترسیم نقشه‌راه با رویکرد تی.پلن، مستلزم بذل توجه به دو عنصر "معماری" و "فرایند" است. منظور از معماری، تهیه چهارچوبی برای نقشه‌راه است تا ساختار مناسب و مفیدی جهت ترسیم آن در دست باشد و منظور از فرایند، چگونگی رسیدن به اطلاعات مورد نیاز و گام-های ترسیم آن است[11].

هر نقشه‌راه، دارای دو بعد است: بعد زمان که در محور افقی و بعد لایه‌ها که در محور عمودی نشان داده می‌شود. نقش مهمی که محور (بعد) زمان در نقشه‌راه بازی می‌کند، ملموس کردن اهداف و فعالیتهاست. از سوی دیگر محور زمان در نقشه‌های راه، کنترل پیشرفت پروژه‌ها و فعالیت‌ها را با جدول زمانی تحقق اهداف؛ ممکن می سازد.

محور عمودی نقشه، دربرگیرنده لایه‌ها و زیر لایه‌هایی است. این لایه‌ها معمولا منعکس کننده اهداف ترسیم نقشه‌راه و زمینه کاربرد آن است. این لایه‌ها می‌توانند عناوین مختلف و تعداد متفاوتی داشته باشند ولی به طور کلی و صرفنظر از نام، مفهوم و تعداد احتمالی لایه‌ها، 3 نوع لایه در هر نقشه استفاده می‌شود .

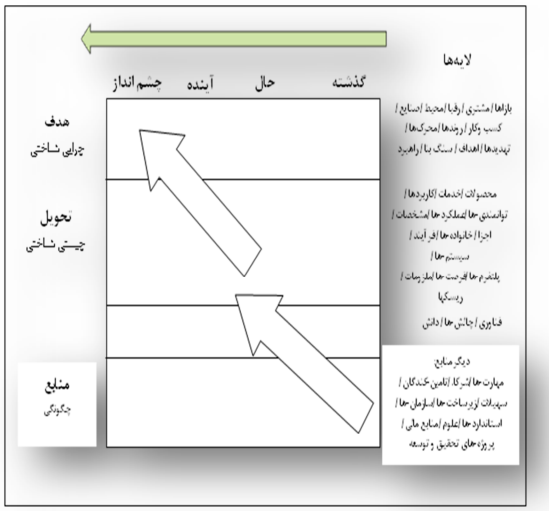
لایه بالایی: این لایه مربوط به موضوعات و مفاهیمی است که تغییر در آنها ممکن است اهداف کلی را تحت تاثیر قرار دهد. مفاهیمی که نه تنها تغییر بلکه روند تغییر آن نیز به منزله پیشران‌هایی است که اهداف کلان سازمان را متاثر می‌سازد. مانند: روندها و پیشرانهای برون صنعتی یا بازار و روندها و پیشران‌های داخلی. دسته اول شامل پیشران‌هایی از جنس اجتماعی، فناورانه، محیطی، اقتصادی، سیاسی و زیرساختی است.

لایه پایینی: این لایه مربوط به منابعی است که برای پاسخگویی به روندها و پیشران‌های تعیین شده در لایه بالایی، نیاز است. بدین معنا که برای کسب موقعیت مطلوب در محیط رقابتی و افق زمانی چشم‌انداز باید نیازمندی‌ها و علاقه‌مندی‌های محیط کسب و کار یا بازار را که در لایه بالایی مشخص شده را تامین نمود. برای تحقق این هدف لازم است منابعی از جنس دانش، فناوری، مهارت‌ها و شایستگی‌ها[5]، منابع مالی، همکاری-های برون سازمانی و امکانات و ... شناسایی و تامین شود. این منابع در لایه پایینی نشان داده می‌شوند.

لایه میانی: این لایه مرکز تلاقی منابع مشخص شده در لایه پایین و پیشران‌های مشخص شده در لایه بالا است. لایه میانی دربرگیرنده سیستم‌هایی عینی و ملموسی است که ورودی آنها همان منابع در دسترس سازمان است و خروجی آنها محصولات یا خدماتی است که نیازمندی‌ها یا علایق بازار را پاسخ می دهد. پردازشی که این سیستم‌ها بر ورودی خود اعمال می‌کنند تا خروجی مطلوب حاصل شود، گاه از جنس ترکیب و یکپارچه‌سازی فناوری‌های مختلف یا توسعه فناوری‌های جدید است و گاه از جنس ایجاد تحولی در محصول(چه از لحاظ ظاهری و چه از نظر کارکرد) می باشد. در هر دو حالت، جهت-گیری به سمت ایجاد ارزش از دیدگاه مشتری، بازار رقابتی و ذی‌نفعان است. لایه میانی معمولا به منزله پل ارتباطی میان بعد تجاری صرف و بعد فنی صرف است.

فناوری معمولا در نقشه‌راه، دوبار مورد توجه قرار می‌گیرد یکی در لایه بالایی که می‌تواند نشان‌دهنده فناوری‌های نوظهور باشد که پیدایش آنها در کنترل سازمان نیستند و دیگری در لایه پایینی که منابع تحت کنترل سازمان را در حال و آینده نشان می‌دهد.

هر سازمان باید با تصمیم گیری در خصوص افق زمانی مطلوب برای برنامه‌ریزی و تعیین ماهیت و تعداد لایه ها، معماری نقشه‌راه خود را کامل می‌کند. درضمن لایه‌های مشخص شده در معماری باید با اطلاعات مرتبط و مناسب پر شود. طراحی پروسه‌ای برای جمع‌آوری اطلاعات و فراهم آوردن بستری برای ایجاد وفاق میان دینفعان همان بعد فرایند است. یعنی برای کامل کردن نقشه‌راه باید تیم های کارشناسی و مشاوره تخصصی تشکیل وکارگاه‌هایی نیز جهت هم اندیشی طراحی شود تا ریز فعالیت‌های هر لایه و برنامه بندی آنها مشخص گردد. بدین ترتیب با تعیین لایه ها یا طراحی فرایند، تهیه نقشه‌راه تمام می‌شود. شکل زیر نمایش گرافیکی این لایه ها را نشان می دهد.



شکل 1. طرح کلی رهنگاشت فناوری

4 T-Plan
5 Competencies

www.SID.ir

Archive of SID

4-تحلیل اسناد بالادستی برق خورشیدی

در سیاست‌های کلی نظام تلاش برای کسب فن‌آوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین گرمایی در کشور مورد تأکید قرار گرفته است[14].

اهداف تصریح شده در اسناد فرادست بخش انرژی کشور در خصوص برق تجدیدپذیر، محدود به دو افق برنامه‌ی 5 ساله‌ی پنجم توسعه (1394) و سند چشم‌انداز کشور (1404) است. طبق قانون برنامه‌ی پنجم توسعه در پایان برنامه ظرفیت نصب‌شده‌ی نیروگاه‌های تجدیدپذیر باید به 5000 مگاوات برسد و در افق چشم‌انداز 1404 سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید برق کشور به 10٪ خواهد رسید[15].

وزارت نیرو مجاز است در طول برنامه پنجم نسبت به افزایش توان تولیدی برق تا بیست و پنج‌هزار (25,000) مگاوات از طریق سرمایه‌گذاری بخشهای عمومی، تعاونی و خصوصی اعم از داخلی و خارجی و یا منابع داخلی شرکتهای تابعه و یا به صورت روشهای متداول سرمایه‌گذاری مانند (BOO) و (BOT) اقدام نماید.

به منظور ایجاد زیرساخت‌های تولید تجهیزات نیروگاههای بادی و خورشیدی و توسعه کاربرد انرژیهای پاک و افزایش سهم تولید این نوع انرژی‌ها در سبد تولید انرژی کشور، دولت مجاز است با حمایت از بخشهای خصوصی و تعاونی از طریق وجوه اداره‌شده و یارانه سود تسهیلات، زمینه تولید تا پنج هزار مگاوات انرژی بادی و خورشیدی در طول برنامه متناسب با تحقق تولید را فراهم سازد.

وزارت نیرو موظف است به منظور حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی، شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، آبی‌کوچک (تا ده مگاوات)، دریایی و زیست‌توده (مشتمل بر ضایعات و زائدات کشاورزی، جنگلی، زباله‌ها و فاضلاب شهری، صنعتی، دامی، بیوگاز و بیومس) و با هدف تسهیل و تجمیع این امور، از طریق سازمان ذی‌ربط نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی از تولیدکنندگان غیردولتی برق از منابع تجدیدپذیر اقدام نماید.

منابع مالی موردنیاز برای خرید تضمینی برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر از محل ارزش سوخت صرفه‌جویی شده براساس سوخت‌های وارداتی مایع و قیمت‌های صادراتی گاز و منافع حاصل از عدم تولید آلاینده‌ها و حفاظت از محیط‌زیست به ازای برق تولیدی این قبیل نیروگاه‌ها تأمین و به وزارت نیرو پرداخت می‌شود.

در سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی غیرفسیلی انرژی هسته‌ای و برق‌آبی نقشی به مراتب پررنگ‌تر از انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. مهم‌ترین قانون مرتبط در این بخش مربوط به ماده 139 قانون برنامه‌ی پنجم توسعه است که درآن دولت مجاز (و نه مکلف) است که زمینه را برای افزایش ظرفیت نیروگاه‌های بادی و خورشیدی تا سقف 5000 مگاوات فراهم کند. از فحوای ماده‌ی 133 قانون برنامه پنجم توسعه و ماده 62 اصلاح الگوی مصرف انرژی نیز بر می‌آید که توسعه‌ی نیروگاه‌ها توسط بخش خصوصی و در مقیاس‌های کوچک مورد توجه هستند و قراردادهای خرید تضمینی و تعرفه‌های بالاتر خرید برق تجدیدپذیر در مقایسه با نیروگاه‌های فسیلی برای تشویق سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در نظر گرفته شده‌اند[16].

سیاست‌گذاری کلان در حوزه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر بر عهده شورای عالی انرژی گذارده شده است. ضمن آن که مطابق قانون مصوب شورای عالی اداری در سال 1383 سازمان انرژی‌های نو ایجاد شده است تا تلاش‌ها در حوزه‌ی انرژی‌های نو را متمرکز نماید[17].

قوانینی که دسترسی به منابع مالی را برای سرمایه‌گذاران بخش برق تسهیل می‌کنند. در این بخش نیز علاوه بر قوانین کلی استخراج شده مرتبط‌ترین قانون در بند ب ماده‌ی 8 قانون هدفمندسازی یارانه‌ها ذکر شده است که مطابق آن دولت مکلف است 30 درصد از خالص وجوه حاصل از اجرای این قانون را به صورت وجوه اداره شده، یارانه نرخ سود و کمک بلاعوض جهت تحقق اهداف پیش بینی شده در ماده فوق از جمله، اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره وری انرژی آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر هزینه نماید.

آخرین موضوعی که در بخش قوانین و مقررات مورد توجه قرار گرفته است میزان تعرفه خرید تضمینی برق از تولیدکنندگان برق تجدیدپذیر است. بنا به اطلاعات دریافتی در حال حاضر این تعرفه 90 تومان در ساعات کم‌باری و 130 تومان در ساعات میان‌باری و پرباری تعیین شده است.

نکته قابل توجه این است که این تعرفه برای تمام انواع انرژی‌های تجدیدپذیر یکسان است و باچنین تعرفه‌ای احداث نیروگاه‌های خورشیدی به صرفه نیست. گفته شده است که افزایش تعرفه‌ها در بخش خورشیدی تا 2 برابر این مقدار پیشنهاد شده است که هنوز به تصویب نرسیده است[18].

افق زمانی / نوع نیروگاه	1394 افق پایان برنامه پنجم توسعه	1404 افق سندچشم‌انداز کشور
تولید تجدیدپذیر	-	10٪ تولید
تولید خورشیدی	-	-
تولید بادی	-	-
ظرفیت تجدیدپذیر	MW 5000	-
ظرفیت خورشیدی	MW 2000	-

www.SID.ir

Archive of SID

ظرفیت بادی	MW 3000	MW 12000

نکته قابل تذکر در خصوص جدول فوق عدد ظرفیت 12000 مگاوات برق بادی در سال 1404 است. با توجه به ارقام اعلام شده برآورد می‌شود که کشور قابلیت نصب 10 هزار مگاوات تا حداکثر 15 هزار مگاوات نیروگاه بادی را دارد. با توجه به صرفه‌ی اقتصادی بیشتر نیروگاه‌های بادی در قیاس با نیروگاه‌های خورشیدی، فرض شده است که در چشم‌انداز 1404 تمام ظرفیت برق بادی کشور بالفعل می‌شود و ظرفیت برق خورشیدی کسری ظرفیت برای رسیدن به اهداف تعیین‌شده‌ی برق تجدیدپذیر را پوشش می‌دهد.

اگر دولت در تحقق اهداف کمی تعیین شده در مورد برق تجدیدپذیر موفق عمل می‌کند و در پایان برنامه پنجم 5000 مگاوات ظرفیت نصب شده خواهیم داشت و 10٪ برق تولیدی در افق 1404 از طریق تجدیدپذیرها تأمین خواهد شد. جدول زیر نهادهای حاکمیتی و دولتی اثرگذار بر صنعت برق خورشیدی را نشان میدهد[19] .

- نهاد رهبری (مجمع تشخیص مصلحت نظام)
- مجلس شورای اسلامی
- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور
- ستاد توسعه فناوری انرژی های نو
- وزارت نیرو
- شرکت توانیر
- سازمان انرژی نو ایران (سانا)
- شرکت بهینه سازی مصرف سوخت
- سازمان حفاظت محیط زیست
- سازمان منابع طبیعی
- شورای عالی انقلاب فرهنگی
- شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)
- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- دفتر همکاری های فن آوری ریاست جمهوری
- وزارت صنایع
- وزارت امور اقتصادی و دارایی
- وزارت بازرگانی
- سازمان توسعه برق

5-سهم انواع نیروگاه‌ها در تولید برق کشور

برق مصرفی از چهار طریق تأمین می‌شوند که عبارتند از نیروگاه‌های تحت نظر وزارت نیرو، نیروگاه‌های اختصاصی صنایع بزرگ، نیروگاه‌های بخش خصوصی و واردات. 86٪ از ظرفیت نیروگاهی و 88٪ برق تولیدی کشور در اختیار وزارت نیرو است یعنی سهم بخش خصوصی در صنعت نیروگاهی کشور، ناچیز است.

بررسی آمار تولید ناویژه‌ی برق در سال‌های 87 تا 89 نشان می‌دهد که سهم هر یک از انواع نیروگاه‌های موجود کشور در تولید برق کشور چه مقدار است که اطلاعات آن در جدول بعد ارائه شده است.

تولید ناویژه‌ی برق به تفکیک نیروگاه- 1387 تا 1389 (واحد اعداد داخل جدول گیگاوات ساعت است)[20]

نیروگاه / سال	بخاری	گازی	سیکل ترکیبی	دیزلی	برق آبی	تجدیدپذیر
1387	97201	54911	57015	204	5003	196
1388	95771	53846	64142	124	7207	228
1389	94073	58400	70658	128	9523	212
میانگین سهم	%43	%25	%28,6	%0,1	%3,2	%0,1

همچنین ظرفیت هر یک از انواع نیروگاه‌های فعال در کشور استخراج گردیده است که در جدول بعد نشان داده شده است. از مقایسه‌ی دو جدول می‌توان به این نتیجه رسید که 2/85٪ از ظرفیت نصب شده و 6/96٪ از برق تولیدی از طریق نیروگاه‌هایی تأمین می‌شود که سوخت اصلی آنها گاز طبیعی است.

ظرفیت نصب‌شده به تفکیک نیروگاهاز سال 1387تا 1389 (واحد اعداد داخل جدول مگاوات است)[21]

نیروگاه / سال	بخاری	گازی	سیکل ترکیبی	دیزلی	برق آبی	تجدیدپذیر
1387	598,15	077,18	117,11	418	672,7	63
1388	704,15	667,18	664,13	426	714,7	93
1389	704,15	526,22	984,13	408	486,8	95
میانگین سهم	%7.27	%7.34	%7.22	%7.0	%0.14	%1.0

در سال 89، برنامه احداث 28356 مگاوات ظرفیت جدید تا پایان سال 1393 وجود داشته و ظرفیت نصب‌شده‌ی کشور در پایان سال 1389 معادل 61203 مگاوات عنوان شده است. اگر 100% این برنامه محقق شود، در پایان برنامه‌ی پنجم توسعه، 89559 مگاوات ظرفیت نصب شده در کشور خواهیم داشت که

www.SID.ir

Archive of SID

جزئیات آن مطابق جدول زیر خواهد بود.

با توجه به استانداردهای بین‌المللی اگر میانگین انرژی تابشی خورشید در روز بالاتر از 3,5 کیلووات ساعت در مترمربع (3500 وات/ساعت) باشد استفاده از مدلهای انرژی خورشیدی نظیر کلکتورهای خورشیدی یا سیستم‌های فتوولتائیک بسیار اقتصادی و مقرون به صرفه است.

در بسیاری از قسمتهای ایران انرژی تابشی خورشید بسیار بالاتر از این میانگین بین‌المللی می‌باشد و در برخی از نقاط حتی بالاتر از 7 تا 8 کیلو وات ساعت بر مترمربع اندازه گیری شده است ولی بطور متوسط انرژی تابشی خورشید بر سطح سرزمین ایران حدود 4,5 کیلو وات ساعت بر مترمربع است.

چشم‌انداز ظرفیت تولید برق در پایان برنامه پنجم توسعه کشور(یکای اعداد داخل جدول مگاوات است) [22]

نوع نیروگاه	ظرفیت 1389	سهم از کل	ظرفیت سال1393	سهم از کل
بخاری	15,704	٪7/25	18934	٪1/21
گازی	22,526	٪8/36	22676	٪3/25
سیکل ترکیبی	13,984	٪8/22	32057	٪8/35
دیزلی	408	٪7/0	408	٪5/0
همزمان برق/حرارت	0	٪0	1680	٪9/1
برق‌آبی	8,486	٪9/13	12004	٪4/13
اتمی	0	٪0	1000	٪1/1
تجدیدپذیر	95	٪2/0	800	٪9/0
مجموع	61,203	٪100	89559	٪100

6- وضع موجود صنعت برق خورشیدی در ایران

سهم خورشید در سبد انرژی جهان افزود: در حالیکه انرژی خورشیدی هیچ سهمی در تولید برق کشور ندارد در جهان سهم این انرژی بیش از 30 درصد است. تا پایان سال 2014 ظرفیت فتوولتائیک در جهان به 40 هزار مگاوات می رسد،افزود: کشورهای آلمان، ایتالیا، ژاپن، اسپانیا و آمریکا به عنوان کشورهای پیشرو در ظرفیت نصب شده انرژی خورشیدی در جهان هستند. آبگرمکن ها اصلی ترین سیستم مورد استفاده در کاربردهای غیرنیروگاهی انرژی خورشیدی است و از آنجا که روزانه انرژی بسیاری صرف گرمایش و سرمایش ساختمان ها می شود، طراحی و اجرای ساختمانهایی که بتواند از انرژی خورشیدی حداکثر استفاده را ببرند بسیار حائز اهمیت و مفید است. طرح برق رسانی روستایی در سال 1385 ابتدا از استان قزوین آغاز و سپس در استانهای گیلان، زنجان، بوشهر، یزد و کردستان اجرا شد. در همین راستا پروژه برقرسانی به 634 خانوار روستایی نیز در سال 1387 تعریف شد که ظرفیت این نیروگاه ها کمی بیش از 386کیلو وات است.

آمار رسمی وزارت نیرو حاکی از آن است که بیش از 96 درصد برق تولیدی کشور، در نیروگاه‌های فسیلی و کمتر از 4 درصد آن از منابع تجدیدپذیر بوده است. به طور تقریبی، تمام این برق تجدیدپذیر نیز توسط نیروگاه‌های برق آبی بزرگ (که بنا به دلایلی نیروگاه‌های تجدیدپذیر به حساب نمی‌آیند) تولید شده است و سهم انرژی‌های بادی، خورشید، برق آبی کوچک و ... بسیار اندک بوده است. نتیجه آن که تنها 200 مگاوات ساعت از برق تولیدی کشور(کمتر از یک هزارم) از منابع تجدیدپذیر ـ غیر از برقابی‌های بزرگـ تولید شده است[23] .

نیروگاه‌های تجدیدپذیر در تأمین برق مصرفی کشور تقریباً سهمی ندارند. در این میان انرژی خورشیدی بدترین شرایط را دارد.در میان 3 نوع نیروگاه تجدیدپذیر نصب‌شده‌ی متصل به شبکه (بادی، بیوگازسوز و خورشیدی) نیروگاه‌های خورشیدی کمترین ظرفیت را دارند. مجموع ظرفیت این 3 نیروگاه خورشیدی به 100 کیلووات نمی‌رسد.

چنانچه عملکرد برق‌رسانی روستایی و نصب سیستم‌های فتوولتائیک در مناطق روستایی را هم جزء ظرفیت برق خورشیدی محسوب کنیم باز هم ظرفیت برق خورشیدی کشور فراتر از یک مگاوات نخواهد رفت. مهمترین دلیل این امر را شاید بتوان در عدم توجه کافی به توسعه‌ی برق تجدیدپذیر در کشور دانست که این امر هم ریشه در دسترسی به منابع فسیلی ارزان‌قیمت و گران بودن فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر دارد.

با این حال حجم قابل ملاحظه‌ای (نزدیک به 12 گیگاوات) نیروگاه تجدیدپذیر در کشور توسط بخش خصوصی در دست مطالعه است که تقریباً تمام آن را نیروگاه‌های بادی و خورشیدی تشکیل می‌دهند، هر چند که سهم نیروگاه‌های بادی بسیار بیشتر و نزدیک به 75 درصد این مقدار است. برآوردها نشان می‌دهد که تقریباً تمام ظرفیت برق تجدیدپذیری که با روند کنونی در آینده نزدیک (1 تا 3 ساله) به بهره‌برداری خواهد رسید، از نوع بادی خواهد بود. با این وجود بیش از 1500 مگاوات از ظرفیت در دست مطالعه را نیز نیروگاه‌های خورشیدی تشکیل می‌دهند که عدد قابل ملاحظه‌ای است. به نظر می‌رسد سرمایه‌گذاران امید دارند که در آینده در تعرفه‌های خرید برق تحولاتی صورت گیرد که تولید برق خورشیدی را به صرفه سازد .

از نظر فن‌آوری تولید برق ایران به شدت وابسته به نیروگاه‌های فسیلی است. از بیش از 220 هزار گیگاوات ساعت برق تولیدی کمتر از 230 گیگاوات آن از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود و کمی بیشتر از 7000 گیگاوات ساعت آن از

www.SID.ir

Archive of SID

نیروگاه‌های برق‌آبی تأمین می‌شوند.

پیامد این موضوع آلودگی‌های شدید زیست‌محیطی است. به نحوی که طبق برآوردهای وزارت نیرو در سال 88 حداقل نزدیک به 600 میلیارد تومان زیان اثرات زیست‌محیطی نیروگاه‌های کشور است. روند آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز روندی ناامیدکننده است. در دوره‌ی 5ساله‌ی منتهی به 1388 این آلودگی‌ها رو به افزایش بوده است.

مطابق آمار اعلام شده حدود 73٪ از سوخت مصرفی برای تولید برق، غیرمفید است و تنها 27 درصد آن به مرحله‌ی مصرف نهایی توسط مشترکین می‌رسد. درضمن به ازای هر کیلووات ساعت برق، 265 ریال یارانه نیز پرداخت می شود.

. پروژه‌های اصلی به بهره برداری رسیده در کشور عبارتند از:

پروژه 30 کیلووات در طالقان

پروژه 5 کیلووات شهرک قدس تهران

حمام‌ها و آبگرمکن‌های خورشیدی توسط وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی با 3339 متر مربع مساحت گرد آورنده .

سرمایه گذاری‌های دیگر نیز در این زمینه توسط وزارت نیرو و سازمان انرژی اتمی صورت گرفته است که در مراحل مختلفی از مطالعه یا انجام می‌باشند که می‌توان به نیروگاه حرارتی خورشیدی از نوع خطی در شیراز با ظرفیت 250 کیلووات اشاره کرد[24] .

چنانچه عملکرد برق‌رسانی روستایی و نصب سیستم‌های فتوولتائیک در مناطق روستایی را هم جزء ظرفیت برق خورشیدی محسوب کنیم باز هم ظرفیت برق خورشیدی کشور فراتر از یک مگاوات نخواهد رفت. مهمترین دلیل این امر را شاید بتوان در عدم توجه کافی به توسعه‌ی برق تجدیدپذیر در کشور دانست که ناشی از دسترسی به منابع فسیلی ارزان‌قیمت و گران بودن فن‌آوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر می باشد.

حجم قابل ملاحظه‌ای (نزدیک به 12 گیگاوات) نیروگاه تجدیدپذیر در کشور توسط بخش خصوصی در دست مطالعه است که تقریباً تمام آن را نیروگاه‌های بادی و خورشیدی تشکیل می‌دهند، هر چند که سهم نیروگاه‌های بادی بسیار بیشتر و نزدیک به 75 درصد این مقدار است.

با این وجود بیش از 1500 مگاوات از ظرفیت در دست مطالعه را نیز نیروگاه‌های خورشیدی تشکیل می‌دهند که عدد قابل ملاحظه‌ای است. سرمایه‌گذاران امید دارند که در آینده در تعرفه‌های خرید برق، تحولاتی صورت گیرد تا تولید برق خورشیدی را مقرون به صرفه سازد .

این نیروگاه‌ها از مجموع 195636/9 گیگاوات ساعت تولید ناویژه برق در سال 1388 منشأ تولید 7/228 گیگاوات ساعت از برق تولیدی بوده‌اند. یعنی 11/0 درصد تولید برق کشور از طریق منابع تجدیدپذیر بوده است. سهم نیروگاه‌های بادی به بیش از 98٪ می‌رسد و سهم نیروگاه‌های خورشیدی و بیوگازسوز کمتر از دو درصد که نشان‌دهنده‌ی نقش بسیار پایین نیروگاه‌های تجدیدپذیر غیربادی است[25].

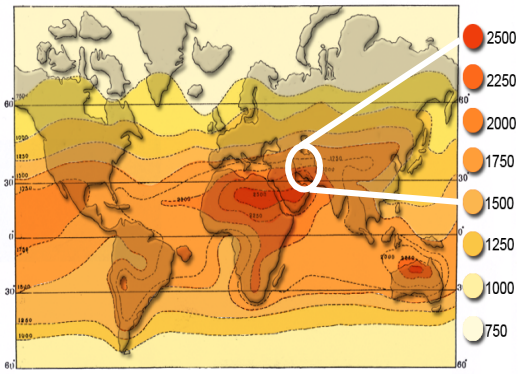
کل ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های خورشیدی کشور در حال حاضر کمتر از 100 کیلووات است که عملاً به آن نمی‌توان واژه نیروگاه را اطلاق نمود. همان‌طور که در گزارش اول (بررسی وضع موجود برق خورشیدی در دنیا) اشاره شد، برای سیستم‌های تولید برق با ظرفیت بیش از 500 کیلووات لفظ نیروگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد و ظرفیت‌های 20 و 30 کیلووات را نمی‌توان نیروگاه خواند. علاوه بر این طبق گزارش عملکرد ارائه شده توسط سانا برای برق‌رسانی به 290 خانوار روستایی نیز از سیستم‌های خورشیدی استفاده شده است که اگر میانگین ظرفیت سیستم برای هر خانوار روستایی را 3 کیلووات در نظر بگیریم، کمتر از 900 کیلووات سیستم فتوولتائیک نیز به این صورت در کشور نصب شده است. یعنی در مجموع کمتر از 1 مگاوات ظرفیت برق خورشیدی در کشور نصب شده است که نزدیک 90 درصد آن سیستم‌های خارج شبکه و حدود 10 درصد آن سیستم‌های متصل به شبکه هستند این موضوع نشان می‌دهد که اساساً توسعه‌ی سیستم‌های برق خورشیدی تاکنون در اولویت وزارت نیرو قرار نداشته است.

دو نیروگاه دارای فن‌آوری گرمایش خورشیدی (سهموی خطی) در مقیاس مگاوات نیز در استان‌های فارس و یزد در دست اجرا هستند. به طور خاص نیروگاه یزد یک نیروگاه ترکیبی است که در آن نیروگاه سیکل ترکیبی 400 مگاواتی و نیروگاه خورشیدی 18 مگاواتی در کنار هم قرار می‌گیرند.

در مجموع کمتر از 1 مگاوات ظرفیت برق خورشیدی در کشور نصب شده است که نزدیک 90 درصد آن سیستم‌های خارج شبکه و حدود 10 درصد آن سیستم‌های متصل به شبکه هستند این موضوع نشان می‌دهد که اساساً توسعه‌ی سیستم‌های برق خورشیدی تاکنون در اولویت وزارت نیرو قرار نداشته است[26] .

www.SID.ir

Archive of SID



Annual Solar Insulation of the World (Kw,hr/M^2)

نمودار تابش متوسط سالیانه خورشید بر نقاط مختلف کره زمین

دو نیروگاه دارای فن‌آوری گرمایش خورشیدی (سهموی خطی) در مقیاس مگاوات نیز در استان‌های فارس و یزد در دست اجرا هستند که پیشرفت چندانی در آنها صورت نگرفته است. به طور خاص نیروگاه یزد یک نیروگاه ترکیبی است که در آن نیروگاه سیکل ترکیبی 400 مگاواتی و نیروگاه خورشیدی 18 مگاواتی در کنار هم قرار می‌گیرند. هم اکنون 17 نیروگاه های خورشیدی 20 کیلوواتی در 17 دانشگاه کشور با بودجه 3 میلیارد و 400 میلیون تومان راه اندازی شده است.

درضمن عملیات اجرائی فاز یک نیروگاه برق خورشیدی بقیه الله

با ظرفیت یک مگاوات تولید برق جهت تامین برق مورد نیاز دانشگاه آزاد بهاباد در حال احداث است. پتانسیل تابشی این شهرستان در طول سال 3436 ساعت می باشد. در شهرستان چالوس نیز دومین نیروگاه خورشیدی گلدیران با ظرفیت 2200 وات به صورت متصل به شبکه با پنلهای خورشیدی 215 وات ال جی در دانشگاه آزاد چالوس راه اندازی شده است. نیروگاه خورشیدی سهموی خطی شیراز واقع در 15 کیلومتری پل فسا و جنب نیروگاه سیکل ترکیبی فارس(با متوسط 243 روز آفتابی و ظرفیت 250 کیلووات)، بزرگترین نیروگاه خورشیدی خاورمیانه با حدود 80 درصد فناوری بومی است[27] .

جدول وضعیت تولید برق خورشیدی در کشور (83 الی 89)

سال	٦ کیلووات هیبرید(باد و خورشید)	۳۰کیلووات فتوولتائیک	نیروگاه دریدد یزد	نیروگاه سرکویر سمنان	خورشیدی تبریز	جمع
۱۳۸۳	۳۰۰۰	٤٥۰۰۰	۸۹۰۰	۸۳۳۰۰	-	۱٤۰۲۰۰
۱۳۸٤	-	۱۰۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲٥۰۰۰	-	٥۳۰۰۰
۱۳۸٥	-	٤۲۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۰۰۰۰	-	۷۹۰۰۰
۱۳۸٦	-	۳۲۰۰۰	۱٥۰۰۰	۲٤۰۰۰	-	۷۱۰۰۰
۱۳۸۷	-	۳٥۰۰۰	۱۹۰۰۰	۲۱۰۰۰	-	۷٥۰۰۰
۱۳۸۸	-	۳۱۰۰۰	۱٥۰۰۰	۲۱۰۰۰	٥۰۰۰	۷۲۰۰۰
۱۳۸۹	-	۳۲۰۰۰	۱۷۰۰۰	۱۸۰۰	۲۷٦٥٦	۹٤٦٥٦

7- فناوری های برق خورشیدی

از تاریخ شوک نفتی 1973 دولت های کشورهای توسعه یافته هزینهٔ بسیار زیادی را صرف تحقیق و توسعه برروی فناوری‌های انرژی خورشیدی نموده اند. قسمت اعظم سرمایه گذاری در زمینه انرژی خورشیدی به سمت فناوری‌های نسبتاً پیشرفته جهت گیری داشته است .

تحقیق در زمینه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر در دهه‌های 80 و 90 میلادی تقریباً متوقف شد چرا که نفت و گاز در این دوران فراوان و ارزان بود. اما امروز به دلیل بالا بودن قیمت نفت و گاز و همچنین خطر جدی گرمایش زمین به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت‌های فسیلی بار دیگر فن‌آوری‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی کانون توجه قرار داده است.

در حال حاضر بیش از 45 % انرژی خورشیدی دنیا درکشور ژاپن تولیدمی شود، اروپا با25% رتبه دوم وایالت متحده آمریکا با 19 %رتبه سوم رابه خوداختصاص داده است .در خصوص بازار عرضه سلولهای خورشیدی از نوع سیلیکونی کریستالی می توان گفت که این سلولها 88 % از بازار را بخود اختصاص داده اند و با وجود آنکه جذب کننده نسبتاً ضعیفی بوده و برای کارآیی مناسب نیازمند ضخامت زیادی در حد چند میکرون می باشند ولی این نوع سلولها از گذشته تاکنون در اغلب سیستم ها جذب کننده نور خورشید بکار گرفته می شوند و با کارآیی 11 الی 16 درصدی کاربرد وسیع وگسترده در تکنولوژی میکرو الکترونیک دارند. همچنین دورهٔ عمر سیستم های فتوولتائیک در دنیا با توجه به کیفیت تعمیرات و نگهداری سالیانه ,از 15 تا 30 سال متغیربوده که امروزه با در نظر گرفتن دوره عمر متوسط 20 سال ,نرم هزینه تولید برق سیستم های فتوولتائیک دردنیا بستگی به محل کار و هزینه های تجهیزات جانبی متغیر می باشد .

امروزه استفاده از انرژی خورشید در سیستم‌های زیر کاربرد دارد:

انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی.

1. تبدیل مستقیم پرتوهای خورشید به الکتریسیته (فتوولتائیک).

درضمن فنآوریهای حرارتی خورشیدی به دو بخش نیروگاههای حرارتی خورشیدی و کاربردهای غیر نیروگاهی سیستمهای خورشیدی نیز تقسیم بندی می شوند. اصولاً برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به الکتریسیته، دو نوع فناوری اصلی زیر وجود دارد که هر دو این فن آوری‌ها با سرعت خوبی در حال پیشرفت هستند و بازده‌ی هر دو نزدیک به 14 تا

www.SID.ir

Archive of SID

15 درصد است:

1) استفاده از تجهیزات نیمه‌هادی فتوولتائیک برای تبدیل مستقیم پرتوهای خورشیدی به الکتریسیته می‌باشد.

2) استفاده از سیستم‌های حرارتی خورشیدی است.

به پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون استفاه از مکانیزم‌های محرک، الکتریسیته تولید کند؛ پدیده فتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده استفاده کند، سیستم فتوولتائیک و به یک مجموعه از سلولهای سری و موازی شده(که از آن جریان و ولتاژ بدست می آید) پنل(Panel) فتوولتائیک گفته می شود. سیستم های فتوولتائیک به سه دسته تقسیم می شوند:

1. پنل های خورشیدی
2. تولید توان مطلوب یا پخش کنترل
3. مصرف کننده یاربار الکتریکی

در روش فتوولتائیک از سلول خورشیدی جهت تولید برق استفاده می شود. سلول خورشیدی ساده‌ترین و پیشروترین شکل از وسائل تولید انرژی در دسترس است. این ابزار حالت جامد، هیچ قسمت متحرکی ندارد و به راحتی هم در تولید پراکنده و هم نیروگاهی به کار می رود.

امروزه سلولها خورشیدی عموماً از ماده سیلیسیم تهیه می‌شود و چون سیلیسیم از شن و ماسه بدست می اید، از نظر تأمین ماده اولیه این سلولها هیچگونه کمبودی در ایران وجود ندارد[28].

ولی تولید سلول خورشیدی نیازمند فرآیندهای تولیدی مبتنی بر فن‌آوری‌های پیشرفته است که سبب شده سطح قیمت های آنها بالا باشد. در تولید اغلب سلول‌های خورشیدی امروزی از پلی کریستال سیلیکون استفاده می‌شود. مواد غشای نازک جدید مانند تلورید کادمیوم امکان تولید سلول‌های خورشیدی ارزان‌تر و بیشتری فراهم می‌کنند. سلول‌های خورشیدی می‌توانند به صورت صفحات تخت گیرنده‌ی نور و یا ساختارهای متمرکزکننده تابش که نور خورشید را از محدوده وسیعی گرفته و در یک سلول متمرکز می‌کنند، توسعه یابند.

تولید سلول‌های خورشیدی از ابتدای قرن حاضر افزایش قابل توجهی داشته است. تولیدکنندگان پیشرو در این حوزه کشورهایی هستند که به فن‌آوری‌های پیشرفته دسترسی دارند. نصب و استفاده از این فن‌آوری در کشورهای مختلف دنیا با مشوق‌های دولتی شاهد روندی افزایشی است و پیش‌بینی می‌شود که این رشد چشم‌گیر ادامه یابد[29] .

یک سیستم تولید قدرت فتوولتائیک از اجزایی تشکیل می‌شود که برای تولید قدرت الکتریکی معینی مورد نیاز است.

اجزای اصلی این سیستم عبارتند از:

- مدولها[6](که از سلولهای خورشیدی بوجود می‌آیند.)
- آرایه ها[7]،
- اسکلت نگهدارنده آرایه‌ها: به منظور طراحی اقتصادی سیستمهای تولید قدرت فتوولتائیک، انتخاب اسکلت مناسب نگهدانده آرایه‌ها بسیار حائز اهمیت است.
- رگولاتور ولتاژ
- کنترل کننده‌ها
- باطری ذخیره ساز انرژی الکتریکی .

سایر اجزاء:

- ذخیره ساز انرژی الکتریکی در باطریها
- تنظیم ولتاژ و کنترل سیستم
- اینورترها

در روش گرمایش خورشیدی با متمرکز نمودن مؤلفه‌ی مستقیم پرتوهای خورشیدی و با کمک تجهیزات تبدیل کننده گرما به الکتریسیته و فرایندهای ترمودینامیکی، توان الکتریکی حاصل می شود.

در این روش از خورشید به عنوان منبع گرمایی حرکت توربین‌های تولید انرژی استفاده می‌شود. در نیروگاههای حرارتی خورشیدی، گیرنده نقش کلیدی در کارایی و بهره برداری نیروگاه دارد. فرایند متمرکز کردن پرتوهای خورشیدی و تبدیل آنها به انرژی مورد نظر، معمولاً با دما و شار تشعشعی بالا همراه است.

طراحی گیرنده‌های سازگار با شرایط ومحل بهره برداری نیروگاههای حرارتی خورشیدی، نیاز به تکنولوژی بالائی داشته و در حقیقت محور اصلی تحقیق و توسعه مراکز علمی دنیا در زمینه استفاده صنعتی تولید برق از نیروگاههای خورشیدی بشمار می‌آید. سه نوع سیستم که از نظر گردآوری و متمرکز سازی پرتوهای خورشیدی دارای پتانسیل بالائی هستند:

- سیستم‌های با گردآورنده‌های سهموی خطی[8]،
- گیرنده‌های سانترال[9]
- بشقابهای سهموی[10]

علاوه بر فنآوری‌های گرمایش خورشیدی و فتوولتائیک، فن‌آوری‌های دیگری نیز برای تبدیل نور خورشید به الکتریسیته کشف شده‌اند که سه مورد از آنها عبارتند از:

1)فن‌آوری حوضچه خورشیدی. این حوزچه، یک استخر پرشده با آب شور(Brine) است که بوسیله خورشید گرم می‌شود. این

٦Modules

٧Arrays

8 Parabolic-Trough
9Central-Receiver
10parabolic- Dishes

www.SID.ir

Archive of SID

روش مشابه روشی است که در مزرعه‌های زمین‌گرمایی عیار پایین برای تولید الکتریسیه استفاده می‌شود.

2) فن‌آوری کوره‌ی خورشیدی که از اثر کوره‌ای استفاده می‌کند. نور خورشید باعث گرم شدن هوای درون یک گلخانه بزرگ می‌شود که اطراف آن باز است. جریان هوای بالارونده ایجاد شده به وسیله این روش برای به حرکت درآوردن توربین‌های بادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. 3) فن‌آوری الکترولیز نوری که ویژگی‌های نیمه رساناهای نامتعارف را به کار گرفته و با استفاده از نور خورشید، آب را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌کند.

اگرچه که فن‌آوری‌های تولید برق خورشیدی و بویژه فن‌آوری فتوولتائیک مدت زیادی است که در حال پیشرفت هستند ولی تمامی این روش‌ها هنوز در حال توسعه ارزیابی می‌شوند و راه درازی در پیش دارند تا بتوانند مستقیماً با روش‌های اقتصادی‌تر تولید انرژی رقابت کنند.

با این حال امروزه فن‌آوری‌های اصلی تولید انرژی خورشیدی به واسطه‌ی تلاش‌های هماهنگی که دولت ها در بسیاری از کشورها جهت حمایت از روش‌های تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر انجام می دهند، توسعه یافته اند[30] .

فناوری سلول‌های خورشیدی تا نسل خود توسعه یافته و در ایران نیز کانون هماهنگی دانش و صنعت سلول‌های خورشیدی موفق به ساخت نسل سوم این سلول‌ها با راندمان 5% در مقیاس آزمایشگاهی شده است.

8- انواع نیروگاه های خورشیدی

روش های بکارگیری سیستم های فتوولتائیک دو دسته می باشد:

1- متصل به شبکه سراسری برق (Connected Grid)

در این روش، انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک (با استفاده از تجهیزات الکتریکی مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب، همچون اینورترهای متصل به شبکه و ...) ضمن تغییر شکل و تطبیق سطح ولتاژ و فرکانس انرژی الکتریکی حاصل ازسیستم فتوولتائیک، با مشخصات سطح ولتاژ، اختلاف فاز، فرکانس و... شبکه سراسری به شبکه سراسری برق تزریق می گردد. با استفاده از نیروگاههای فتوولتائیک متصل به شبکه سراسری بصورت متمرکز و یا غیرمتمرکز (ضمن تقویت انرژی جاری در شبکه توزیع)، بدلیل تزریق ولتاژ و جریان مانع افت ولتاژ شبکه توزیع گردیده و در نتیجه از فشار بر روی نیروگاه ها در طی روز جلوگیری نمود.

2- مستقل از شبکه سراسری برق سیستمهای مستقل از شبکه (Stand Alone)

تأمین انرژی الکتریکی ایستگاه های مخابراتی و تلویزیونی، خانه های مسکونی، چادرهای عشایری، کلبه های روستایی و بصورت کلی رفع نیاز انرژی الکتریکی مناطقی که فاقد شبکه سراسری برق می باشند. این بخش سهم بالایی از سیستم های مستقل ازشبکه را در جهان به خود اختصاص داده است.

با استفاده از تقسیم بندی فناوری های برق خورشیدی می توان نیروگاه های مرتبط را نیز می توان دسته بندی نمود.

الف) نیروگاههای فتوولتائیک:

- تولید برق توسط سیستمهای سانترال.
- تولید برق از نوع اتصال به شبکه بصورت پراکنده.
- تولید برق از نوع ایزوله از شبکه(برای مناطق دور دست).

اهم کاربردهای سیستم های فتوولتائیک:

1. سیستم های تأمین برق مستقل از شبکه
2. پمپاژخورشیدی
3. روشنایی خورشیدی
4. سیستم تغذیه کننده پرتابل
5. حفاظت کاتدیک

ب) نیروگاههای حرارتی خورشیدی:

این نوع نیروگاه خورشیدی T (solar power) انرژی خود را به طور مستقیم از خورشید جمع آوری نموده و با متمرکز کردن آن، درجه حرارت بالایی ایجاد می کند. انرژی جمع شده از طریق مبدل حرارتی، ژنراتور توربین ها یا موتورهای بخار به انرژی الکتریکی تبدیل می شود.

نیروگاههای حرارتی خورشیدی به 6 دسته تقسیم بندی می گردند:

1)نیروگاههای سهموی خطی (Parabolic Trough)
2)نیروگاههای دریافت کننده مرکزی (CRS)
3)نیروگاههای بشقابک سهموی (Parabolic Dish)
4)نیروگاههای دودکش خورشیدی(Solar Chimney)
5)نیروگاه کلکتورهای فرنل (Fresnel Collector)
6)نیروگاههای سهموی خطی (Parabolic Trough)

نوعی دیگر از نیروگاه های حرارتی خورشیدی، نیروگاه با دودکش خورشیدی است که از یک برج نیرو تشکیل شده که از خاصیت دودکش برای به حرکت در آوردن توربین استفاده می کند.

کابردهای غیرنیروگاهی از انرژی حرارتی خورشید عبارتاند از: آبگرمکن و حمام خورشیدی، سرمایش و گرمایش خورشیدی، آب شیرین کن خورشیدی، خشک کن خورشیدی، اجاق خورشیدی، کوره‌های خورشیدی و خانه‌های خورشیدی[31] .

www.SID.ir

Archive of SID

9- پیشران‌های برق خورشیدی

دلایل مختلفی برای روی آوردن به استفاده از انرژی خورشید در تأمین برق ذکر می‌شود که غالباً در قالب پیشران‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند. الگویی که در شناسایی پیشران‌ها مورد استفاده قرار گرفته است الگوی عمومی PEST[11] است که به سبب اهمیت بحث‌های زیست‌محیطی در صنعت برق عوامل زیست‌محیطی[12] نیز به آن اضافه شده است و به صورت PEST+E درآمده است. در ادامه جهت بررسی پیش رانهای برق خورشیدی می توان از تقسیم بندی زیر استفاده نمود:

- پیشران‌های اقتصادی
- پیشران‌های سیاسی، امنیتی؛ حقوقی و حاکمیتی
- پیشران‌های علمی و فناورانه
- پیشران‌های زیست‌محیطی
- پیشران‌های اجتماعی و فرهنگی

از لحاظ سیاسی، امنیتی، حقوقی و حاکمیتی روی آوردن به برق خورشیدی در دو سطح بین‌المللی و داخلی دارای پیشران‌هایی است. دسترسی به فن‌آوری خورشیدی در شرایط خاص کشور ما که در تحریم به سر می‌بریم و دسترسی به فناوری و افزایش ظرفیت در بخش نفت و گاز دشوار است، یک راه‌حل جایگزین برای توسعه‌ی ظرفیت های این می باشد. معاهده‌های زیست‌محیطی بین المللی و وضعیت نامناسب انتشار گازهای گلخانه‌ای، حکایت از سخت‌گیرانه‌تر شدن الزامات کنترل و کاهش گازهای گلخانه‌ای می باشد.

یک موضوع مهم در تحلیل‌های اقتصادی، برخورداری کشور از منابع سرشار انرژی فسیلی است که منجربه ارزان‌تر شدن بهای تمام‌شده‌ی سوخت می شود. درمقابل توسعه‌ی ظرفیت های برق تجدیدپذیر به ظرفیت های استخراج و پالایش گاز و دیگر سوخت‌های فسیلی نیاز ندارد. درضمن قابلیت برق خورشیدی در تولید برق در نزدیک‌ترین فاصله به مصرف‌کننده، بهای تمام‌شده‌ی سوخت را کاهش می دهد.

حرکت اقتصاد کشور به سمت آزادسازی و هدفمندسازی یارانه‌ها سبب می‌شود که قواعد بازارهای بین‌المللی انرژی در ایران مصداق شود.

تولید برق از منابع تجدیدپذیر، آلودگی محیط زیست را کاهش داده و جامعه هزینه‌ی کمتری بابت بیماری‌های خود بپردازد. درضمن قابلیت بازیافت آسان و عدم مصرف آب در فرآیند تولید برق خورشیدی نیز ازجمله مزیت های آن محسوب می شود.

در ایران تولید برق وابستگی حدودا 90%ی به گاز طبیعی دارد. تلاش کشورها بر این است که بیش از 50 درصد برق آنها وابسته به یک منبع انرژی نباشد تا در صورت بروز اختلال در آن منبع تولید برق دچار مشکل نشود. اما موضوع خطرناک‌تر در زمینه‌ی وابستگی به منبع گاز طبیعی، تمرکز منابع گاز در جنوب کشور است. اصل پدافند غیرعامل بر پراکنده بودن در مقابل متمرکز بودن تأکید دارد و از این طریق میزان آسیب‌پذیری کشور کاهش می یابد.

فن‌آوری‌های فسیلی به مرحله‌ی بلوغ خود هستند و انتظار تحول زیادی در آنها نیست. درضمن به دلیل آلودگی‌های زیست‌محیطی آنها باید رفع شود تا استانداردهای زیست‌محیطی مربوطه رعایت شود. این امر به قیمت تمام شده سوخت می‌افزاید و از رقابت‌پذیری آنها می‌کاهد. در مقابل فن‌آوری‌های تجدیدپذیر که در منحنی عمر خود در مراحل ابتدایی هستند، احتمال کاهش قیمت و بهبود بیشتری برای آنها وجود دارد. ویژگی مهم دیگر فن‌آوری برق خورشیدی بویژه فن‌آوری فتوولتائیک سرعت بالای احداث نیروگاه عمدتاً به دلیل ویژگی مدولار آن است. این مسأله سبب افزایش سرعت در بهره‌وری منابع کشور/سرمایه‌گذار می‌شود. از منظر اجتماعی و فرهنگی مسأله‌ی اشتغال‌زایی در این صنعت حائز اهمیت است.

کشور ایران که در منطقه خاورمیانه واقع است از تابش بالا و ضریب ظرفیت مناسبی تقریباً تمام نقاط کشور برخوردار می باشد. در مجموع اگرچه تحلیل مالی/اقتصادی نیروگاه‌های خورشیدی نشان‌دهنده‌ی بازده‌ی مالی پایین‌تر این فن‌آوری نسبت به دیگر گزینه‌های تولید برق است، با این حال پیشران‌های قوی در زمینه‌ی رویکرد به برق خورشیدی وجود دارد که می‌تواند زمینه‌ساز تبدیل آن به یک صنعت کلیدی در کشور نماید.

به عبارتی دیگر امروزه هزینه‌های به کارگیری این فن‌آوری‌ها بالاست ولی بیشتر مطالعات نشان می‌دهند که این هزینه‌ها تا پایان دهه‌ی حاضر میلادی(2020) رقابت‌پذیر خواهند شد. هم اکنون نیز تولید الکتریسیته به روش گرمایش خورشیدی برای استفاده در ساعات پیک شبکه در بخش هایی از غرب آمریکا به مرز رقابت‌پذیری رسیده است.

ظرفیت‌های تولید برق از منابع تجدیدپذیری مثل انرژی خورشیدی در کنار شبکه‌ی ذخیره انرژی می‌تواند سپر دفاعی مناسبی در مقابل نوسانات قیمت سوخت‌های فسیلی باشد. در

11 Political – Economic – Social – Technological
12 Environmental

www.SID.ir

Archive of SID

طولانی‌مدت این واقعیت یکی از عوامل کلیدی محرک ساخت واحدهای تولید انرژی خورشیدی خواهد بود. در کوتاه‌مدت واحدهای تولید برق خورشیدی باید به صورت مستقل انرژی لازم برای ارائه خدمت 24 ساعته را ذخیره کنند[32] .

10- آینده‌های بدیل برق خورشیدی

جایگزین برق خورشیدی که بتواند اولاً در مقیاسی مشابه خورشید به تولید برق بپردازد، ثانیاً امکان ایجاد و بهره‌برداری از آن در گستره‌ی وسیعی از نقاط زمین وجود داشته باشد و ثالثاً به دغدغه‌های زیست‌محیطی بشر در زمینه کنترل و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پاسخ دهد؛ برق هسته‌ای باشد. با توجه به این موضوع و در نظر گرفتن راهبرد کشور در کسب و توسعه‌ی فن‌آوری هسته‌ای، در اینجا به تحلیل دو فن‌آوری شکافت و هم‌جوشی هسته‌ای می پردازیم.

مواجهه با سناریوهای افزایش جمعیت جهان، افزایش انتظارات در خصوص کیفیت زندگی، و سیاست‌های جهانی در زمینه‌ی کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی باعث می‌شود که بسیاری از کشورها برق هسته‌ای را به عنوان راهی برای جبران کمبود برق خود در نظر بگیرند.

به طور کلی به نظر می‌رسد برنامه‌های توسعه‌ی نیروگاه‌های شکافت هسته‌ای جزو اولویت‌های توسعه‌ی برق کشورهای ثروتمند عضو سازمان توسعه همکاری‌های اقتصادی OECD نیست.

بسیاری از اقتصادهای نوظهور به گزینه اتمی متوسل شده‌اند. نتیجه روشنی که می‌توان از این موضوع گرفت این است که اگر همه این کشورها بخواهند به طور همزمان تصمیم به پیگیری و عملیاتی کردن برنامه‌های ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای خود بگیرند، به سرعت کمبودهای شدید و جدی در زنجیره عرضه و میزان مهارت‌های مورد نیاز در این حوزه بروز خواهد کرد.

در حال حاضر 439 رآکتور هسته‌ای شهری در 30 کشور دنیا در حال فعالیت هستند که 370 گیگاوات برق تولید می‌کنند. ایالات متحده آمریکا با 104 رآکتور هسته‌ای بیشترین تعداد نیروگاه‌های اتمی دنیا را در اختیار دارد. پس از این کشور فرانسه با 59، ژاپن با 53، روسیه با 31، کره جنوبی با 20، بریتانیا با 19، هندوستان با 18، کانادا با 18، آلمان با 17، و اکراین با 15 رآکتور قرار دارند. همچنین تعداد 56 نیروگاه جدید در 15 کشور دنیا در حال ساخت هستند که 51 گیگاوات برق هسته‌ای به ظرفیت کل این انرژی اضافه خواهند کرد.

هم‌جوشی هسته‌ای برای چندین دهه به طور فریبنده‌ای امید به تولید انرژی عاری از کربن به روشی امن را به وجود آورده است. مزیت اصلی این روش نسبت به روش شکافت هسته‌ای این است که این روش حداقل زباله‌ی هسته‌ای را تولید می‌کند، ضمن آن که بر خلاف روش شکافت هسته‌ای کاملاً کنترل‌پذیر است. گزارش شورای پژوهش‌های بریتانیا[13]، که نهادی است که بر هزینه‌های دولت انگلستان در علم و فن‌آوری نظارت می‌کند، نشان می‌دهد که امکان یک جهش عظیم در این زمینه وجود دارد البته نه در آینده‌ی خیلی نزدیک. در گزارش فوق اشاره شده است که یک برنامه‌ی 20 ساله‌ی تحقیق و توسعه با هزینه‌ی دولت بریتانیا، می‌تواند منجر به راه‌اندازی یک نیروگاه اتمی با فن‌آوری هم‌جوشی هسته‌ای تا سال 2030 گردد.

هم‌جوشی هسته‌ای میزان وابستگی به استخراج منابع اورانیوم و نگرانی‌های زیست‌محیطی مربوط به زباله‌های هسته‌ای را کاهش می‌دهد، همچنین میزان کمتری از کربن به وسیله این روش تولید می‌شود و این روش امکان تولید برق درون‌زا را برای کشورها فراهم می‌کند. بنابراین این روش می‌تواند راه‌حلی بلندمدت برای تولید بار مبنا در مقیاس بزرگ باشد که سایر روش‌های تولید انرژی بدون کربن از انجام آن ناتوان هستند، ضمن آن که این روش مسائل مربوط به امنیت عرضه‌ی انرژی را نیز در بلندمدت برطرف می‌سازد.

به دلیل اینکه نمی‌توان در طول شب از انرژی خورشید استفاده کرد لازم است در درازمدت برای ایجاد یک شبکه ذخیره انرژی الکتریکی نیز فعالیت‌های زیادی صورت گیرد. در واقع ذخیره انرژی می‌تواند تمام انواع انرژی‌های تجدیدپذیر را کاربردی‌تر کند. این شبکه‌های ذخیره‌ی انرژی مزایای زیادی از لحاظ توازن بار شبکه برق و جابجایی در شبکه‌های فعلی به همراه دارند. با این حال ذخیره‌سازی برق بسیار گران است و متقاعد کردن بخش خصوصی جهت سرمایه گذاری در واحدهای تولید انرژی تجدیدپذیر دشواری است[33] .

11- وضعیت برق خورشیدی در کشورهای خاورمیانه

خاورمیانه ظرفیت تبدیل شدن به مرکز توسعه و شکوفایی انرژی خورشید در ده سال آینده را دارد و می‌تواند تا سال 2020 بالغ بر 9 هزار مگاوات برق خورشیدی تولید کند و این رقم را تا سال 2030 به 40 هزار مگاوات برساند. تقویت رویکرد موجود نسبت به انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک از یک سو و موقعیت جغرافیایی بسیار مناسب خاورمیانه از سوی دیگر از جمله عواملی است که بستر لازم را برای تبدیل شدن این منطقه به قطب تولید و توسعه انرژی خورشیدی در آینده، مهیا کرده است.

13 Research Councils UK (RCUK)

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا در طول سال حدود 310 روز آفتابی را سپری می‌کند و با توجه به سایر ویژگی‌های آن نظیر میزان درخشندگی خورشید و متوسط سالانه آن، این منطقه از این حیث ظرفیتی بیش از دو برابر اروپای مرکزی و سایر نقاط جهان را داراست و مستعد تبدیل شدن به قطب تولید انرژی خورشیدی جهان در دهه آینده است. هر کیلومتر مربع از زمین منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا معادل 1,5 میلیون بشکه نفت خام در هر سال انرژی خورشیدی دریافت می‌کند. با به کارگیری انرژی خورشیدی در کمتر از 0,3 درصد از کل مناطق بیابانی خاورمیانه و شمال آفریقا، می‌توان کل برق لازم برای تقاضای فعلی اروپا و شمال آفریقا و خاورمیانه را تامین کرد.

در حالیکه کشورهای حاشیه خلیج فارس مانند عمان، عربستان و امارات به تازگی نیاز خود به انرژی‌های جایگزین را دریافته‌اند، اردن از لحاظ اجرای پروژه‌های خورشیدی وضعیت بهتری دارد. این کشور برنامه دارد تا سال 2020 در حدود 10 مگاوات ظرفیت انرژی خورشیدی در کشور ایجاد کند. در امارات متحده عربی شهر مصدر واقع در 17 کیلومتری جنوب شرقی ابوظبی بزرگترین پروژه این کشور بوده و قرار است به منطقه‌ای تبدیل شود که 100 درصد انرژی آن از منابع تجدیدپذیر و خورشیدی تامین شود.

از نظر بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در حال حاضر کشور مراکش بیشترین ظرفیت خورشیدی فوتوولتائیک نصب و راه‌اندازی شده را در اختیار دارد. این کشور بدون ذخایر نفتی در پایان سال 2008 در حدود 56 درصد از کل ظرفیت فوتوولتائیک نصب شده در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا را به خود اختصاص داده است.

مصر به طور فعال در حال استفاده از پتانسیل خورشیدی خود است. عمان، عربستان سعودی، اردن و امارات متحده عربی چهار کشور دیگری هستند که شرایط ایده‌آلی برای توسعه این فن‌آوری در اختیار دارند.

با توجه به شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی به نظر می‌رسد که مصر با فاصله زیادی نسبت به سایر کشورها بهترین منابع فیزیکی را برای توسعه و گسترش فن‌آوری‌های خورشیدی در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا در اختیار داشته باشد. این نتیجه‌گیری با در نظر گرفتن چهار شاخص تابش نرمال مستقیم، تابش افقی کلی، میزان زمین غیر زراعی و تعداد ساعت تابش خورشیدی در روز حاصل شده است.

با توجه به وضعیت جغرافیایی این منطقه، شرایط آب و هوایی خاورمیانه و شمال آفریقا محرک خوبی برای انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه انرژی خورشیدی و بادی به حساب می‌آید. این منطقه با میانگین تابش روزانه بیش از 8,8 ساعت، پوشش ابری محدود، بارش کم باران و فراوانی فضا و زمین آزاد بهینه‌ترین شرایط فیزیکی را برای ساخت نیروگاه‌های برق خورشیدی در مقیاس بزرگ را داراست.

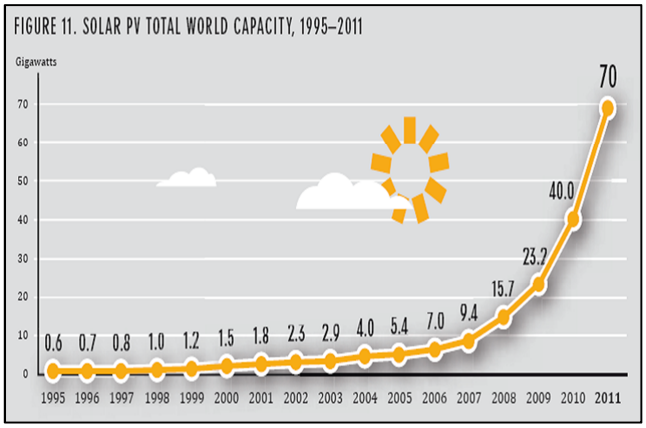
فتوولتائیک فرصت قابل توجهی را برای تولید برق در ترکیه عرضه می‌کند. برآورد فعلی برای کل زمین مناسب عملی برای نصب PV در مقیاس بزرگ در ترکیه بیش از 11000 کیلومتر مربع است. در این سایت‌ها حدود GWP 300 تاسیسات امکان پذیر است

در ترکیه در ماه مارس 2010، برنامه استراتژیک انرژی 2010 الی 2014 را منتشر شد که یکی از اولویت‌های دولت افزایش سهم منابع انرژی تجدیدپذیر به 30 ٪ از کل تولید انرژی سال 2023 است [34] .

12- سناریوهای آینده برق خورشیدی در دنیا

ظرفیت عملیاتی سیستمهای فتوولتائیک در پایان سال 2011 در حدود 10 برابر میزان کل نصب شده جهانی در 5 سال قبل از آن بوده و بدینوسیله به طور متوسط نرخ رشد سالانه 58 درصدی را در بازه زمانی 2006 تا 2011 به ارمغان آورده که شکل زیر این روند را نشان می دهد. کشورهای پیشرو در ظرفیت نصب شده در انتهای سال2011؛ آلمان، ایتالیا، ژاپن، اسپانیا و آمریکا بوده اند.

روند رشد جهانی ظرفیت عملیاتی سیستمهای فتوولتائیک[35]



اتحادیه اروپا با وجود کشورهای آلمان و ایتالیا، قسمت اعظم بازار سیستمهای فتوولتائیک را در اختیار دارد(57% از ظرفیت عملیاتی جدید سال 2011). مجموع ظرفیت نصب شده سیستمهای فتوولتائیک اتحادیه اروپا تا پایان سال 2011، 51 گیگاوات بوده(معادل حدود سه چهارم کل ظرفیت نصب شده جهانی یا تقاضای برق بیش از 15 میلیون خانوار اروپایی). سه بازار بزرگ فتوولتائیک اروپا در سال 2012 شامل آلمان با 7,6

www.SID.ir

Archive of SID

گیگاوات، ایتالیا با 3,3 گیگاوات و فرانسه با 1,2 گیگاوات بوده و سه بازار بزرگ غیر اروپایی نیز شامل چین با حداقل 3,5 گیگاوات، آمریکا با 3,2 گیگاوات و ژاپن با 2,5 گیگاوات بوده است. در این سال ظرفیت جهانی آن از مرز 100 گیگاوات عبور کرد..

در خصوص آینده‌ی برق خورشیدی پیش‌بینی‌های متفاوتی وجود دارد. نکته‌ای که در خصوص سناریوهای باید خاطر نشان شد این است که این سناریوها بیشتر نشان‌دهنده‌ی آنچه باید بشود، هستند یعنی در هرکدام برای رسیدن به هدفی مشخص سهمی به انرژی خورشیدی تخصیص داده شده است.

اولین سناریو مربوط به پیش‌بینی شرکت Yole است. شرکت فرانسوی مشاوره مدیریت Yole، پیش‌بینی کرده که در سال 2030 حدود 20٪ از مصرف انرژی دنیا به وسیله‌ی انرژی خورشیدی تأمین خواهد شد. در جدول زیر پیش‌بینی این شرکت در مقاطع 10 ساله ارایه شده که شامل هر دو فن‌آوری فتوولتائیک و حرارتی خورشیدی است.

آینده‌ی برق خورشیدی از دیدگاه Yole(یکای اعداد داخل جدول تراوات ساعت در سال است) [36]

سال	تولید برق در سال	مقیاس
2020	600	20 برابر 2010
2030	6000	10 برابر 2020
2040	30000	5 برابر 2030
2050	75000	5/2 برابر 2040

آژانس بین‌المللی انرژی مشابه برق خورشیدی گرمایی برای برق خورشیدی فتوولتائیک نیز نقشه‌ی راه تدوین کرده است و براین اساس سهم برق خورشیدی فتوولتائیک از مصرف برق سال 2050 مشابه سهم نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی خواهد بود و به 11 درصد خواهد رسید.

در سناریوی بلندپروازانه سازمانWWF(یک نهاد مستقل زیست محیطی)، امکان‌پذیری و توجیه‌پذیری تأمین تمام انرژی کره‌ی زمین از طریق منابع تجدیدپذیر تا سال 2050 بررسی شده است و بر اساس آن روند مصرف انرژی با صرفه‌جویی شدید کنترل خواهد شد و بعد از سال 2020 روندی نزولی و همزمان انرژی‌های تجدیدپذیر، جایگزین پایان‌پذیرها (شامل فسیلی و اتمی) می‌شوند[37] .

در نقشه‌ی راه آژانس بین‌المللی انرژی چهار سناریو برای آینده‌ی برق خورشیدی حرارتی پیش‌بینی شده است. طبق اطلس تابشی ارائه شده راه DNI در بیشتر نقاط ایران در محدوده‌ی 2500 کیلووات ساعت بر مترمربع در سال است. برآورد شده که در سال‌های قبل از 2020 این دسته از نیروگاه‌ها برای تأمین بار میانی و پیک استفاده شوند و در سال‌های 2020 تا 2030 با کاهش هزینه‌ی سرمایه‌گذاری و افزایش بازدهی؛ این نیروگاه‌ها وارد تأمین بار پایه خواهند شد و سهم آنها رو به افزایش خواهد بود به گونه‌ای که انتظار می‌رود تا سال 2050 نزدیک به 11٪ از تولید برق جهان را در اختیار داشته باشند.

آینده‌ی برق خورشیدی حرارتی، آژانس بین‌المللی انرژی [38]

سال	حداقل تولید برق در سال	حداکثر تولید برق در سال	نقشه‌ی راه (EIA)
2020	200	500	500
2030	1000	1500	1100
2040	2000	4500	2800
2050	2000	8000	4900

در نقشه‌ی راه آژانس بین‌المللی انرژی نکته‌ی مهمی مورد اشاره قرار گرفته است و آن نقش حیاتی موضوع انتقال برق است. آژانس بین‌المللی انرژی امکان انتقال برق در مسافت‌های بسیار طولانی را در توسعه‌ی برق خورشیدی حرارتی پر اهمیت می‌داند. خطوط انتقال ولتاژ بالای فرامرزی می‌تواند بازارهای جدیدی در زمینه‌ی صادرات برق ایجاد نماید. در صورت ایجاد چنین شبکه‌های انتقالی، بر مبنای این نقشه‌ی راه نیروگاه‌های CSP مستقر در استرالیا، اندونزی؛ آسیای مرکزی، روسیه؛ شمال آفریقا و ترکیه، اتحادیه‌ی اروپا؛ آفریقای شمالی و جنوبی، آفریقای استوایی؛ و مکزیک، آمریکا را تغذیه خواهند کرد.

انرژی الکتریسیته در سال 2050 به میزان حداقل 2000 تراوات ساعت تا حداکثر 8000 تراوات ساعت در سال، از طریق فن‌آوری حرارتی خورشیدی تأمین خواهد شد.

انتقال مقادیر زیاد برق خورشیدی از مناطق بیابانی به مناطق پرجمعیت موضوعی است که توسط بنیاد DESERTEC دنبال می‌شود و براین مبنا یک چهارچوب سرمایه‌گذاری تعریف می‌شود که در قالب آن بخشی از برق خاورمیانه، شمال آفریقا و اروپا از طریق نیروگاه‌های خورشیدی و بادی تأمین. هدف بلندمدت برنامه تأمین بخش عمده‌ای از برق خاورمیانه و شمال آفریقا و تا 15 درصد برق مصرفی اروپا است.

ظرفیت مربوط به این نوع از انرژی تجدیدپذیر طی سال 2010 در بیش از 100 کشور دنیا افزایش پیدا کرده است و ثابت می‌کند که انرژی فوتوولتائیک خورشیدی فن‌آوری است که بیشترین سرعت پیشرفت را در بین فن‌آوری‌های تجدید پذیر جدید داشته است. در سال 2010 در حدود 17 گیگا وات ظرفیت فوتوولتائیک در سراسر دنیا اضافه شده است (در مقایسه با کمی اندک تر از 7,3 گیگاوات در سال 2009) و مجموع ظرفیت دنیا در این انرژی را به 40 گیگاوات رسانده است که بیش از هفت برابر ظرفیت تولید پنج سال قبل است. ظرفیت فعلی فوتوولتائیک 72 درصد نسبت به سال 2009 رشد داشته است و رشد متوسط سالیانه آن از سال 2005 تا 2010 بیش از 49 درصد بوده است (تنها برای بخش متصل به شبکه این نرخ

www.SID.ir

Archive of SID

رشدها به ترتیب 81 درصد و 60 درصد بوده است). برای اولین بار از سال 2005 تاکنون سهم فن‌آوری غشای نازک در بازار کاهش یافته و از 17 درصد در سال 2009 به 13 درصد در سال 2010 رسیده است در حالیکه میزان فروش آن همچنان افزایش داشته است. عوامل موثر بر تحریک این بازار کاهش قیمت‌ها، کاربردهای جدید، توجه زیاد سرمایه‌گذاران و ادامه سیاست‌های حمایتی بوده است.

اتحادیه اروپا بر بازار جهانی فوتوولتائیک خورشیدی تسلط دارد و سهم 80 درصدی را ب 13,2 گیگاوات ظرفیت تازه نصب شده به خود اختصاص داده است که این میزان انرژی برای در حدود 10 میلیون خانوار اروپایی کفایت می‌کند. برای نخستین بار اروپا در سال 2010 بیش از ظرفیت بادی خود ظرفیت خورشیدی ایجاد کرده است که توسط آلمان و ایتالیا صورت گرفته است. خارج از اروپا بزرگترین بازار فوتوولتائیک خورشید ژاپن با 1 گیگاوات، آمریکا با 0,9 گیگاوات و چین با 0,6 گیگاوات بوده اند. بازار فوتوولتائیک ژاپن و آمریکا نسبت به سال 2009 دو برابر شده و ظرفیت کل ژاپن به 3,6 گیگاوات و ظرفیت کل آمریکا به بیش از 2,5 گیگاوات رسیده است.

اتحادیه اروپا از تمامی اهداف تعیین شده خود در سال 2010 پیشی گرفته است و با این رشد قابل توجه انتظار می‌رود که این منطقه از اهداف سال 2020 خود که تولید 20 درصد انرژی از منابع تجدیدپذیر است نیز پیشی بگیرد. کشور آلمان نیز به راحتی به هدف خود در سال 2010 که راه‌اندازی 3,5 گیگاوات برای ظرفیت جدید فوتوولتائیک خورشیدی بود دست یافت[39] ..

در سال های اخیر تعداد کشورهایی که در بخش انرژی های تجدیدپذیر، هدف‌گذاری کرده‌اند رشد یافته است. در حال حاضر 96 کشور دنیا در این حوزه هدف‌گذاری نموده که بیش از نیمی از آن‌ها، کشورهای در حال توسعه هستند. درضمن طی سال‌های 2005 تا 2011، تعداد کشورهایی که در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر از سیاست‌های تشویقی و حمایتی استفاده کرده اند نیز بیش از دو برابر شده و از 55 کشور به 118 کشور افزایش یافته است[40] .

آینده‌ی برق خورشیدی فتوولتائیک، آژانس بین‌المللی انرژی(یکای اعداد داخل جدول تراوات ساعت در سال است)[41]

سال	حداقل تولید در سال	حداکثر تولید در سال	نقشه‌ی راه (EIA)	سهم نیروگاهی	ظرفیت نقشه‌ی راه
2020	200	500	298	٪2/27	210 گیگاوات
2030	500	2000	1247	٪5/29	872 گیگاوات
2040	1700	3000	2907	٪3/31	2019گیگاوات
2050	2700	4800	4572	٪8/32	3155گیگاوات

هر ساله هم‌افزایی بین سیاست‌های تشویقی انرژی‌های تجدیدپذیر و سیاست‌هایی که باعث بهبود کارآیی این انرژی می‌شود، بیشتر می شود. یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر بازار انرژی تجدیدپذیر در سال 2010 عدم قطعیت در سیاست‌های بلندمدت و بی ثباتی در بسیاری از نقاط جهان بوده است. در پاسخ به کاهش قیمت برخی از فن‌آوری‌ها (به خصوص فوتوولتائیک خورشیدی) و همچنین بحران مالی جهانی در اواخر سال 2008، بسیاری از کشورها برای انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش مشوق‌های مالی و کاهش مالیات را در نظر گرفته اند و سایرین نیز در حال بازبینی خط‌مشی‌ها و سیاست‌های خود در این حوزه هستند.

سایر هدف‌گذاری‌ها به صورت سهم انرژی تجدیدپذیر از کل انرژی اولیه یا نهایی، سهم از عرضه انرژی گرمایی، ظرفیت نصب و راه‌اندازی شده از یک فن‌آوری مشخص، و سهم سوخت‌های زیستی از سوخت مورد نیاز در بخش حمل و نقل بوده اند. این اهداف عموما برای سال مشخصی تعیین شده ویک دوره زمانی برای دستیابی به اهداف در نظر گرفته شده است.

تا سال 2050 نزدیک به 69 درصد از الکتریسیته آمریکا می‌تواند از طریق منابع خورشیدی تامین شود. برای دستیابی به این هدف باید شبکه ای از تاسیسات ذخیره انرژی در سراسر آمریکا احداث شود که بتوانند انرژی مورد نیاز در شب را تامین کنند. این کار باید از طریق سیستم انتقال قدرت hvdc انجام شود و انرژی ذخیره شده در جنوب غربی آمریکا را که پتانسیل بیشتری برای جذب انرژی خورشید دارد را به سایر نقاط آمریکا منتقل کند[42] .

13-مراحل تدوین و لایه های نقشه راه نیروگاه خورشیدی

بر اساس مطالعات انجام شده، لایه های موردنیاز جهت تدوین نقشه‌راه نیروگاه خورشیدی در جدول زیر پیشنهاد شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

لایه های نقشه راه نیروگاه خورشیدی[43]

لایه اصلی	زیر لایه ها عناصر اطلاعاتی هر لایه	مثال برای نیروگاه خورشیدی
بازار	- بخش بندی بازار - حجم هر کدام از بخش‌ها - پیش بینی آینده بخش‌ها - اولویت بندی ورود - هدف‌گذاری در بخش‌ها	**تولید پراکنده**: مشترکان بزرگ مشترکان مجتمع **تولید متمرکز**: هیبرید باد هیبرید فسیلی خورشیدی خالص
فناوری	- فناوری مناسب درهر بخش - پیش بینی روند بازدهی نیروگاه هر بخش - پیش بینی روند قیمتی نیروگاه هر بخش - ترکیب توانمندی/استراتژی جهت کسب فناوری - تحقیق و توسعه	- **فتوولتائیک** - **حرارتی** برآورد بازدهی فن آوری در هر مقاطع مختلف زمانی اجرای نقشه راه مشخص می شود.
سیستم	- ویژگی های نیروگاه های مورد نیاز برای هر یک از بخش های بازار - قیمت تمام شده نصب یک کیلووات ظرفیت - قیمت تمام شده برق تولیدی	اطلاعات این لایه در سه لایه دیگر می تواند ادغام شود.
منابع پشتیبان	برآورد منابع موردنیاز برای تحقق اهداف در نظر گرفته شده در لایه بازار	- نیازمندی دانشی(D&R) - قوانین و مقررات - سرمایه‌گذاری - صنایع پشتیبان و برنامه اجرا

درضمن مراحل نهایی سازی نقشه راه خورشیدی نیز به شرح زیر انجام می شود[44] :

- تعیین چهارچوب اولیه نقشه راه و فرایند نهایی سازی آن.
- تعیین متولیان هر لایه.
- تهیه گزارش مرتبط با هر لایه و پیش نویس نقشه راه توسط متولی هر لایه.
- شناسایی خبرگان و متخصصان مرتبط با هر لایه.
- ارسال گزارش‌ها برای خبرگان هر موضوع(لایه) و همزمان تعامل و توجیه آنها توسط متولی هر لایه.
- برگزاری جلسات هم اندیشی با کارشناسان و متخصصان هر لایه(مشارکت ذینفعان).
- تهیه گزارش نهایی لایه‌ها.
- تجمیع و تدوین گزارش نهایی نقشه راه.

14- جمع بندی

با توجه به وضع موجود صنعت برق کشور و رویکرد شتابان سایر کشورها در بکارگیری انرژی های تجدیدپذیر به عنوان منبع تولید انرژی الکتریسیته می توان اظهار نمود در آینده(افق چشم انداز کشور 1404) ضمن اینکه برق بادی نمی‌تواند به تنهایی 10درصد نیاز برق مصرفی کشور را تامین نماید، تولید برق خورشیدی در کشور و ظرفیت سازی پیرامون فناوری های برق خورشیدی و صنایع مرتبط با آن، امری اجتناب ناپذیر خواهد بود. در پایان برنامه‌ی پنجم توسعه کشور(سال 1394) جمعاً 5000 مگاوات ظرفیت نیروگاهی بادی و خورشیدی برای کشور پیش‌بینی شده که براساس نظر برخی از مسوولین، سهم برق خورشیدی باید 2000مگاوات باشد.

اهداف ملی و قوانین مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر در اسناد بالادستی ملاحظه می شود ولی قانون منسجم یا مصوبی خاص برق خورشیدی وجود ندارد. با توجه به سطح بلوغ فن‌آوری‌های تولید برق فسیلی نیاز است افزایش تولید برق از منابع مختلف تجدیدپذیر توسط دولت به صورت جداگانه مورد حمایت قرار گیرد و قوانین خاص آن وضع شود.

اگرچه تحلیل مالی-اقتصادی صنعت برق خورشیدی نشان‌دهنده‌ی بازده مالی-اقتصادی کم‌تر این فن‌آوری در مقایسه با دیگر گزینه‌های تولید برق است ولی باید خاطرنشان نمود که کشور ایران با داشتن متوسط 300 روز آفتابی در سال که تقریبا 6 برابر کشورهای اروپایی است، جزو بهترین کشورهای دنیا در زمینه پتانسیل تولید برق خورشیدی می‌باشد. درضمن وجود پیشران‌های نسبتا قوی در زمینه‌ی گرایش پرشتاب کشورها به برق خورشیدی، این صنعت را به یک صنعت کلیدی در دنیا مبدل خواهد نمود. اکنون هدف گذاری ملی برای برق خورشیدی و تصویب قوانین و مقررات حمایتی مرتبط با آن، از جمله الزامات توسعه برق خورشیدی در کشور است که در این راستا، "نقشه راه برق خورشیدی " به عنوان یک سند ملی، مرجع و ابزار ی راهنما و تصمیم ساز می تواند دراختیار مدیران و دست اندرکاران این صنعت قرار گیرد تا به آنها اطمینان نسبی دهد که سرمایه گذاری ها، برنامه ها و سایر اقدامات توسعه ای این بخش با نیاز های جامعه، تحولات بازار و روندهای جهانی آن، هماهنگ خواهد بود.

www.SID.ir

فهرست منابع

[1] Garcia, M.L. and Bray, O.H. (1997). Fundamentals of Technology Roadmapping. Strategic Business Development Department Sandia National Laboratories.

[2] Galvin, R. (2004), Roadmapping - a practitioner's update, Technological Forecasting and Social Change, 71, pp. 101-103.

[3] Richard E. Albright (2005) "Roadmapping Convergence", Principal, Albright Strategy Group, LLC

[4] EIRMA (1997), 'Technology roadmapping - delivering business vision', Working group report, European Industrial Research Management Association, Paris, No. 52.

[5] Phaal, R., Farrukh, C.J.P. and Probert, D.R. (2001), 'Characterisation of technology roadmaps: purpose and format', Proceedings of the Portland International Conference on management of Engineering and Technology (PICMET '01), Portland, 29th July - 2nd August, pp. 367-374.

[6] Groenveld, P. (1997), 'Roadmapping integrates business and technology', Research-Technology Management, 40(5), pp. 48-55.

[7] Bruce, E.J. and Fine, C.H. (2005) Technology roadmapping: mapping a future for integrated photonics , Invited Tutorial. [www.hbs.edu/units/tom/seminars04-05/fine-5-Tech_Rdmap.pdf]

[8] Kostoff, R. N. and R. R. Schaller (2001). Science and technology roadmaps. IEEE Transactions on Engineering Management, 48(2), p.132-143.

[9] Kappel, Thomas A. 2001. "Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future," The Journal of Product Innovation Management, Vol. 18, 39-50. [۹]-

[10] فرقانی، علی؛ حق‌بین، اشکان؛ گونه شناسی رهنگاشت فناوری؛ فصلنامه توسعه تکنولوژی؛ 1388.

[11] Albright, R.E. and Kappel, T.A. (2003), 'Roadmapping in the corporation', Research Technology Management, 42 (2), pp. 31-40.

[12] Rinne, M. (2004), Technology roadmaps: infrastructure for innovation, Technological Forecasting and Social Change, 71, pp. 67-80.

[13] سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در حوزه "انرژی" مصوب 1377/10/23 مجمع تشخیص مصلحت (www.parliran.ir)

[14] قانون برنامه پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (1394 ـ 1390) (www.msrt.ir/sites/Productivity/.../).

[15] قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی (www.nioc.ir/).

[16] قانون مصوب شورای عالی اداری، سال 1383 (http://rc.majlis.ir/fa/law/show/).

[17] قانون تعرفه های جدید خرید تضمینی برق از منابع انرژی تجدیدپذیر(www.suna.org.ir/fa/).

[18] رادپو، سعیدرضا؛ ایران خواه، عبداله؛" جایگاه انرژی های نو و تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور در افق چشم انداز 1404"، کنفرانس بهینه سازی مصرف انرژی؛ 07/07/2012

[19] مسیر پیش روی صنعت برق جهان، شرکت مشاوره مدیریت آریانا، مهر 1389.

[20] وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی. ترازنامه انرژی سال 1388. تهران : وزارت نیرو, 1389.

[21] مروری بر 22 سال آمار انرژی کشور، تهران: وزارت نیرو.,1390.

[22] پروژه ارزیابی توجیه پذیری و شناخت محیط بخش انرژی خورشیدی کشور، سازمان انرژی‌های نو ایران، .1390

[23] آمار تفصیلی صنعت برق ایران در سال 89 .

[24] توسعه کاربردهای انرژی های تجدید پذیر در ایران، وزارت نیرو، دفتر ارزیابی فنی و اقتصادی طرح ها، 1390

[25] ترازنامه انرژی سال 1390، معاونت امور برق و انرژی، وزارت نیرو.

[26] ارزیابی جایگزینی انرژی های تجدیدپذیر به جای سوخت های فسیلی در ایران: شریفی علیمراد؛کیانی، غلامحسین؛ رهیافت کنترل بهینه؛ سال سوم، شماره 11، بهار 1392 .

[27] http://www.moe.gov.ir/Inner-Pages/MainNav

[28] http://fa.wikipedia.org/wiki

[29] http://www.suna.org.ir

[30] European Roadmap for PV R&D, European Commission, 2004.

[31] http://www.suna.org.ir/fa/sun/powerapplications.

[32] Solar Generation, EPIA, 2011..

Strategic Issues in Global Energy Security, Global Energy Strategy to 2050, Business Insight, 2010 .

[33] Environment & Energy Technology Roadmap and Diffusion Scenario, 2005, Japan Trade and Industry

www.SID.ir

Archive of SID

Department,
[34] www.wikipower.ir (بررسی استفاده از انرژی خورشید و نیروگاه خوشیدی)
[35] http://cdn.akairan.com/
[36] PV Technology Roadmap, 2010, Yole Development
[37] The Energy Report, 100% Renewable Energy by 2050, WWF, 2011.
[38] Technology Roadmap, Concentrating Solar Power, 2010, IEA
[39] European Roadmap for PV R&D, European Comission, 2004
[40] Technology Roadmap, Solar photovoltaic energy, 2010, IEA
[41] Solar Vision 2025 Canadian Solar Industries Association, Solar Vision 2025: Beyond Market Competitiveness; 2010 .
[42] [42]U.S Solar Vision Studies, U.S DOE, 2010,
[43] "گزارش شناخت وضع موجود کشور در زمینه برق خورشیدی /بررسی فن‌آوری‌های برق خورشیدی"؛ پروژه نقشه‌ی راه احداث 2000 مگاوات برق خورشیدی و صنایع پشتیبان، پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاددانشگاهی، 1391
[44] گزارش روش شناسی تدوین نقشه راه نیروگاه خورشیدی"؛ پروژه نقشه‌ی راه احداث 2000 مگاوات برق خورشیدی و صنایع پشتیبان"، پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاددانشگاهی، 1391.

www.SID.ir

Archive of SID

1- Garcia, M.L. and Bray, O.H. (1997). Fundamentals of Technology Roadmapping. Strategic Business Development Department Sandia National Laboratories.
2- Galvin, R. (2004), Roadmapping - a practitioner's update, Technological Forecasting and Social Change, 71, pp. 101-103.
3- Richard E. Albright (2005) "Roadmapping Convergence", Principal, Albright Strategy Group, LLC
4- Galvin, R. (2004), Roadmapping - a practitioner's update, Technological Forecasting and Social Change, 71, pp. 101-103.

www.SID.ir