شرکت شهرکهای صنعتی کرمان
سازمان صنایع کوچک و شهرکهای صنعتی ایران

معاونت پژوهشی

گـزارش

امکان سنجي مقدماتي توليد

«سلول خورشیدی»

کارفرما:

شرکت شهرکهای صنعتی کرمان

مجری:

معاونت پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان

۱۳۸۷

فهرست مطالب

عـنـوان	صفحه
۱- معرفی محصول	٤
۱-۱- نام و کد آیسیک ۳	٦
۱-٤- بررسی و ارائه استاندارد (ملی یا بین المللی)	٦
۱-٥- بررسی و ارائه اطلاعات لازم در زمینه قیمت تولید داخلی و جهانی محصول	۸
۱-٦- توضیح موارد مصرف و کاربرد	۹
۱-۷- بررسی کالاهای جایگزین و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر مصرف محصول	۱۱
۱-۸- اهمیت استراتژیکی کالا	۱٤
۱-۹- کشورهای عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول	۱٥
۲- وضعیت عرضه و تقاضا	۱٦
۲-۱- بررسی ظرفیت بهره برداری و روند تولید از ابتدای برنامه سوم	۱٦
۲-۲- بررسی وضعیت طرح های جدید و طرح های توسعه در دست اجرا	۱۷
۲-۳- بررسی روند واردات محصول	۱۸
۲-٥- بررسی روند صادرات محصول	۱۹
۲-٤- بررسی روند مصرف محصول	۱۹
۲-٦- بررسی نیاز به محصول با اولویت صادرات	۲۰
۳- بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید و عرضه محصول در کشور و مقایسه آن با سایرکشورها	۲٤
٤- تعیین نقاط قوت و ضعف تکنولوژی های موجود (به شکل اجمالی) در فرآیند تولید محصول	۲۹
٥- برآورد و تعیین حداقل ظرفیت اقتصادی شامل برآورد حجم سرمایه گذاری ثابت به تفکیک ریالی و ارزی	۳۰
٦- میزان مواد اولیه عمده مورد نیاز سالانه و محل تأمین آنها از خارج یا داخل کشور قیمت ارزی و ریالی آن و ..	۳٤
۷- پیشنهاد منطقه مناسب برای اجرای طرح	۳٥
۸- وضعیت تأمین نیروی انسانی و تعداد اشتغال	۳٥

۹- بررسی و تعیین میزان آب ، برق ،سوخت، امکانات مخابراتی و ارتباطی و چگونگی تأمین آنها در منطقه .. ۳۶
۱۰- وضعیت حمایتهای اقتصادی و بازرگانی ۳۷
۱۱- تجزیه و تحلیل و ارائه جمعبندی و پیشنهاد نهائی در مورد احداث واحدهای جدید ۳۷

مقدمه

در سال های اخیر، انرژی های تجدید پذیر و نوین به دلیل مزیت های بسیار زیاد از جمله پاک بودن و در دسترس بودن به شدت مورد توجه قرار گرفته اند. این انرژی ها عبارتند از :

- انرژی بادی
- انرژی زمین گرمائی
- انرژی توده زیستی
- انرژی خورشیدی

بر اساس اطلاعات و پیشی بینی موجود روند استفاده از این نوع انرژی تا سال ۲۰۳۰ میلادی قابل توجه خواهد بود. اطلاعات مذکور به صورت جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): مصرف جهانی انرژی برق آبی و سایر انرژی های تجدید پذیر تا سال ۲۰۳۰

اعداد برچسب (Quadrillion Btu)

شرح	مصرف سالهای گذشته				پیش بینی مصرف			
سال میلادی	۱۹۹۰	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۱۰	۲۰۱۵	۲۰۲۰	۲۰۲۵	۲۰۳۰
مصرف انرژی	۲۶/۳	۳۲/۲	۳۲/۷	۴۵/۲	۴۹/۱	۵۳/۱	۵۷/۸	۶۲/۴

در این میان انرژی خورشیدی نیز با توجه به منابع در دست بسیار فراوان مورد توجه ویژه قرار دارد به طوریکه طی سالیان اخیر بیشترین رشد مصرف سالانه در حوزه انرژی های تجدید پذیر متعلق به انرژی خورشیدی و معادل ۳۵ درصد می باشد. براساس اطلاعات موجود منابع در دست انرژی خورشیدی در جهان بالغ بر ۸۶۰۰۰TW (تراوات) می گردد که تنها ۲٪ از این مقدار انرژی می تواند به طور کامل جایگزین مصرف سوخت های فسیلی و اتمی به عنوان منبع انرژی مورد نیاز جهان شود. میزان منابع انرژی های نوین به تفکیک نوع در جدول(۲) ارائه گردیده است. مقدار مصرف نسبی جهان و نیاز به انرژی ۱۵TW د نظر گرفته شده است. با توجه به این موضوع که کشور ایران از نظر میزان دسترسی به منابع انرژی خورشیدی از نظر شدت و میزان تابش و همچنین بازه زمانی در دست بودن تابش جزء

کشورهای بسیار مستعد است لازم است به منظور بهره برداری از روند رو به رشد مصرف این نوع انرژی و بازارهای مرتبط با آن تصمیمات مناسب اتخاذ گردد.

جدول (۲) انواع انرژی های تجدید پذیر و میزان هر یک بر حسب تراوات

نوع انرژی	میزان در دست
انرژی زمین گرمائی	۳۲
انرژی برق آبی	۷/۲
انرژی خورشیدی	۸۶۰۰۰
انرژی بادی	۸۷۰
جمع	۸۶۹۰۹/۲

۱ـ معرفی محصول

سلول خورشیدی (Solar Cell) قطعه ای از یک نیمه هادی با اتصال الکتریکی تشکیل شده است. این قطعه، انرژی خورشیدی را جذب نموده و به انرژی الکتریکی تبدیل می نماید. پرتوهای نوری که توسط سلول خورشیدی جذب می شوند باعث آزاد شدن کووالانت (اتصالات اتمی در نیمه هادی ها) و سپس ایجاد الکترون های منفی آزاد و حفره های مثبت آزاد می گردند. این موضوع باعث جابجائی بارهای مثبت و منفی می گردد. با استفاده از الکترود در طرفین نیمه هادی جریان الکتریکی برقرار می شود که قدرت الکتریکی ($P= I\times V$) حاصله به بارداده می شود.

سلول های خورشیدی با فتوسل ها متفاوت هستند. در فتوسل ها با استفاده از خواص رسانائی نوری مواد شدت نور قابل اندازه گیری است. این قطعات نه برای تولید الکتریسیته بلکه برای اندازه گیری شدت نور در تجهیزات عکاسی مورد استفاده قرار می گیرند

اندازه سلول های خورشیدی با توجه به نوع کاربرد مورد نظر انتخاب می شود. اندازه این سلول ها معمولا ۱۰×۱۰ و ۱۵×۱۵ سانتیمتر مربع است. شکل هندسی این سلول ها مربع مستطیل است ولی می توان آنها را به اشکال دیگری مانند دایره و نیم دایره نیز تولید نمود.

سلول های خورشیدی از یک لایه بسیار نازک (چند میکرون) سیلیکون نوع N و لایه ضخیم تری از سیلیکون نوع P تشکیل شده اند. سلول های خورشیدی از سیلیکون تک بلور ساخته می شوند علاوه بر این ماده مواد دیگر مانند سیلیکون های چند بلوره سیلیکون آمورف ، آرسفید گالیوم و سولفید کارمیم نیز در ساخت سلول های جدید تر مورد استفاده قرار می گیرند. تحت شرایط مناسب یک سلول خورشیدی با ابعاد ۱۰×۱۰ سانتیمتر در معرض تابش مستقیم خورشید می تواند ۱/۵ ولت برق تولید نماید.از پیوستن تعدادی از سلول های خورشیدی یک ماژول (مدول) ایجاد می گردد و از اتصال تعدادی از ماژول ها یک آرایه ساخته می شود.برخی از مزایا و معایب سلول های خورشیدی در جدول (۳) ارائه شده است .

جدول (۳) : مزایا و معایب سلول های خورشیدی

مزایا	معایب
ـ منبع انرژی خورشیدی فراگیر و تمام نشدنی است. ـ اشعه ندارد ، نمی سوزد ، نیاز به سوخت رادیو اکتیو ندارد. ـ هزینه عملیاتی آن پائین است. ـ قطعات متحرک ندارد. ـ قابلیت اطمینان بالا در ماژول های خورشیدی (تابش بیش از ۲۰ سال) ـ دارای انرژی حرارتی محدودی برای عمل هستند (استهلاک کم و ایمنی بالا) ـ ماژولار هستند (اندازه متفاوت) ـ سریع نصب می شوند. ـ می توانند سیستم موجود اعم از ساختمانی و غیره سریعاً یکپارچه شوند ـ قابل نصب در نزدیک محل مصرف انرژی هستند. ـ مورد قبول عموم مردم است. ـ از نظر ایمنی عالی هستند.	ــ منبع انرژی پراکنده است. ــ هزینه های نصب و خرید آنها بالاست. ــ قطعات جانبی یک سیستم انرژی خورشیدی شامل باتری های عمر طولانی ندارد. ـ خدمات تجاری در دسترس گسترده ای برای نصب و راه راه اندازی آنها وجود ندارد. ـ ذخیره انرژی در سیستم های انرژی خورشیدی با کارائی بالا از نظر اقتصادی دارای محدودیت هائی است.

۱-۱- نام و کد محصول

محصول مورد بررسی به نام های سلول خورشیدی و Solar Cell و سلول فتو ولتائیک (P V cell) شناخته می شود. کد ISIC۳ این محصول در جدول (۴) ذکر شده است.

جدول (۴) : کد ISICI۳ سلول خورشیدی

نام محصول	کد ISIC۳
اجزاء و قطعات پانل های خورشیدی (مادول ، سلول و ....)	۳۱۱۰۱۳۳۱

۴-۱- بررسی و ارائه استاندارد

در ارتباط با سلول های خورشیدی استانداردهای ملی متعددی توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی تدوین شده است که مشخصات آنها در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵) : مشخصات استانداردهای ملی مرتبط با سلول های خورشیدی

شماره استاندارد	شرح استاندارد	کد ICS	سال
۸۴۹۱	مشخصات ویژگی فیزیکی سلول های مرجع فتو ولتائیک زمینی غیر متمرکز	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۵	مشخصات شبیه ساز خورشیدی برای آزمایش فتوولتائیک زمینی	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۶	عملکردالکتریکی سلول های فتوولتائیک با استفاده از سلول های مرجع تحت نور خورشید شبیه سازی شده ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۷	تعیین پرامتر عدم تطابق طیفی بین یک قطعه فتوولتائیک و یک سلول مرجع فتوولتائیک ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۸	اندازه گیری پاسخ طیفی سلول های فتوولتائیک ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴

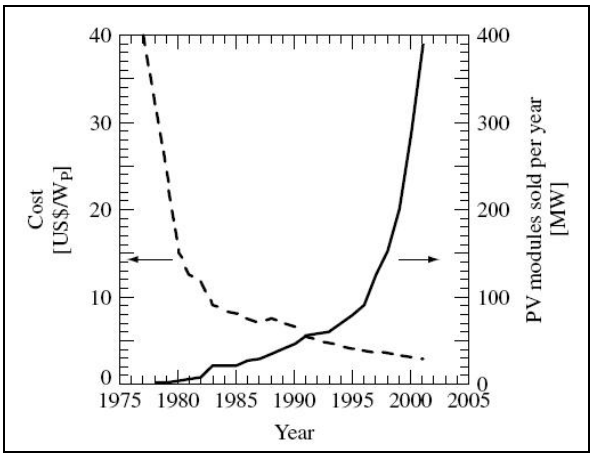
ادامه جدول (۵): مشخصات استانداردهای ملی مرتبط با سلول های خورشیدی

شماره استاندارد	شرح استاندارد	کد ICS	سال
۸۴۹۱	مشخصات ویژگی فیزیکی سلول های مرجع فتو ولتائیک زمینی غیر متمرکز	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۵	مشخصات شبیه ساز خورشیدی برای آزمایش فتوولتائیک زمینی	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۶	عملکردالکتریکی سلول های فتوولتائیک با استفاده از سلول های مرجع تحت نور خورشید شبیه سازی شده ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۷	تعیین پرامتر عدم تطابق طیفی بین یک قطعه فتوولتائیک و یک سلول مرجع فتوولتائیک ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۸	اندازه گیری پاسخ طیفی سلول های فتوولتائیک ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۸۹	عملکرد الکتریکی مدول ها و آرایه های فتوولتائیک زمینی غیر متمرکز با استفاده از سلول مرجع	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۹۰	کالیبراسیون سلول های مرجع اولیه فتوولتائیک غیر متمرکز سیکیلونی تحت تابش کلی ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۹۲	مدل های فتوولتائیک در محیط های با دما و رطوبت چرخه ای ـ روش آزمون	۲۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۹۳	تبدیل انرژی خورشیدی فتوولتائیک اصطلاحات و واژه ها	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۹۴	کالبراسیون سلول های مرجع ثانویه فتوولتائیک غیر متمرکز ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۹۵	عایق بندی کامل و پیوستگی مسیر زمینی مدول های فتوولتائیک ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴
۸۴۹۶	آزمایش عایق بندی کامل رطوبتی مدول ها فتوولتائیک ـ روش آزمون	۲۷/۱۶۰	۱۳۸۴

۵ـ۱ـ بررسی و ارائه اطلاعات لازم در زمینه قیمت قیمت تولید داخلی و جهانی محصول

قیمت فروش و هزینه سلول های خورشیدی بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت ($ /kWh) سنجیده می شود ولی به طور معمول از واحد اندازه گیری دیگری به نام $/Wp استفاده می شود. Wp عبارت از حداکثر (پیک) قدرت بر حسب وات است . این میزان برابر مقدار خروجی سلول خورشیدی تحت شرایط استاندارد دما و تابش نور می باشد.

روند قیمت محصول بر حسب $/Wp در سا لهای گذشته همواره کاهشی بوده است. مطابق آمار موجود مقدار شیب کاهش قیمت طی سال های ۱۹۹۰-۱۹۷۵ میلادی زیاد بوده است که این موضوع بر اثر اقتصاد تعداد قابل توجیه می باشد. طی سال های اخیر این میزان کاهش قیمت روند ملایم تری به خود گرفته است چنانچه برای ادامه روند کاهش قیمت باید سرمایه گذاری و نوآوری های بیشتری در تولید و توسعه تکنولوژی محصول انجام گیرد. قیمت این محصول در سال ۲۰۰۱ حدود $/ Wp ۵/۴ بوده است. روند کاهش قیمت و در مقابل رابطه آن با حجم تولید (برحسب مگاوات)در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل(۱): روند قیمت سلول خورشیدی و حجم تولید طی سال های ۲۰۰۱-۱۹۷۵ میلادی

رابطه بین تولید تجمعی سلول خورشیدی بر حسب MWp و قیمت آن بر حسب $/ Wp را می توان به صورت فرمول ذیل ارائه نمود :

$$\frac{P(t)}{p_o} = \left[\frac{M(t)}{M_o}\right]^{-E}$$

که در آن متغیرها به صورت زیر تعریف می شوند:

M : تولید تجمعی (مگاوات) ، P : قیمت محصول (دلار بر وات)

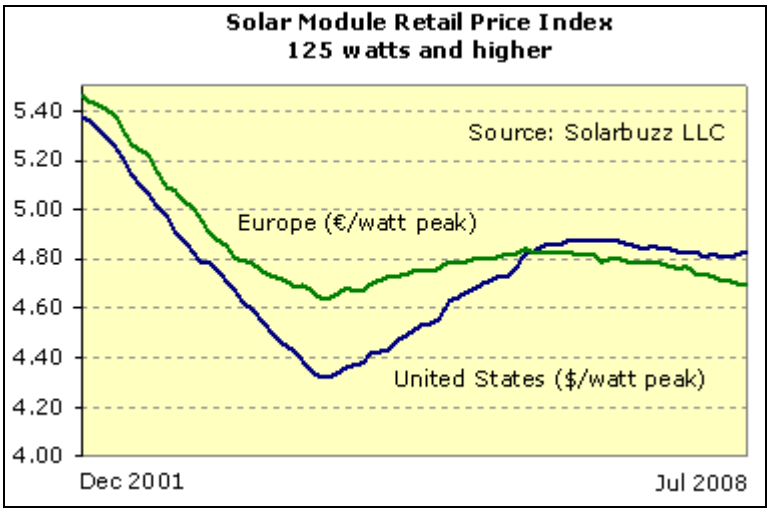
M_o : تولید تجمعی در سال مبنا

Po : قیمت سلول در سال مبنا

E : پارامتر توان تابع

t : سال مورد نظر

روند قیمت ماژول خورشیدی از سال ۲۰۰۱ میلادی تا تابستان ۲۰۰۸ مطابق شکل(۲) می باشد.



شکل(۲): روند قیمت ماژول خورشیدی طی سال های ۲۰۰۸-۲۰۰۱ بر حسب $/Wp

در حال حاضر قیمت جهانی سلول خورشیدی بین ۴/۸ -۳ دلار/ وات قرار دارد. قیمت این محصول در داخل کشور بین ۷۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ برای هر وات متغیر است.

۶-۱- توضیح موارد مصرف و کاربرد

کاهش شدید قیمت سلول های خورشیدی در سال های اخیر باعث رشد چشمگیر استفاده از آنها در حوزه های مختلف شده است . این منبع انرژی که در زمانی غیر اقتصادی به نظر می رسید در حال حاضر برای کاربران خصوصی و مردم ، شرکت های تجاری و همچنین دولت ها بسیار جذاب است.

کاربردهای سیستم های متشکل از سلول های خورشیدی به عنوان منبع انرژی به صورت زیر طبقه بندی می گردد:

الف : سلول های خورشیدی بدون شبکه بندی (Off –grid)

۱ـ کاربردهای مصرفی شامل :

❖ کاربردهای خانگی (in-door) :

- ابزار و لوازم الکترونیکی و الکتریکی
- گوشی تلفن های همراه
- انواع ساعت
- ماشین حساب

❖ کاربردهای خارج از خانه (Out- door):

- ابزارهای شارژ الکتریکی
- آب نما و فواره ها
- تامین نور پارک ها و معابر عمومی شهری
- سیستم تهویه هوای خودرو و .....
- تامین انرژی قایق های کوچک

۲- کاربردهای صنعتی

- مخابرات
- علائم راهنمائی و رانندگی و ترافیکی
- واسط پردازش داده در نقاط تلاقی از راه دور
- نمایشگرهای صنعتی
- حفاظت کاتدی
- پایش از راه دور
- هتل ها و رستوران ها
- خنک نگهداشتن مواد پزشکی (مانند واکسن ها و فرآورده های خونی)

۳- کاربرد در مناطق دور افتاده

- فانوس و چراغ های راهنما (دریائی و .....)
- تامین برق خانواده ها و تجهیزات روستائی
- شارژ انواع باتری
- تصفیه خانه ها و تجهیزات کوچک تصفیه آب
- روشنائی معابر دور افتاده
- مدارس

ب : سلول های خورشیدی شبکه بندی شده (Grid- Connected)

۱ـ شبکه های غیر متمرکز

- پشت بام های خصوصی (برای تامین انرژی)
- کاربرد در مراکز آموزشی (مدارس و ....) و پژوهشی
- استفاده در برج های مسکونی و اداری

۲ـ شبکه های متمرکز

- تولید نیروی در نیروگاه های خورشیدی
- تامین برق تاسیسات و ادارات صنعتی
- دیواره های کاهش صوت

با توجه به آمار سال های ۲۰۰۰- ۱۹۸۰ بیشترین کاربرد سلول های خورشیدی در حوزه تولید نیرو در مناطق دور افتاده قرار دارد و پس از آن سیستم های شبکه ای و سپس کاربردهای خانگی قرارگرفته اند بیشترین رشد طی این بازه متعلق به تولید نیرو در مناطق دور افتاده است که پس از سال ۱۹۹۴ کاربردهای سیستم های شبکه ای سلول خورشیدی نیز در کنار آن رشد بسیار چشمگیری داشته است.

۷-۱- بررسی کالاهای جایگزین و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر مصرف محصول

کالاهای جایگزین سلول های خورشیدی از ۲ جنبه قابل بررسی هستند، اول انرژی های جایگزین که برای تولید نیاز به تجهیزاتی غیراز سلول خورشیدی دارند و دوم انواع مختلف سلول های خورشیدی که با تکنولوژی و ساختار متفاوت تهیه شده اند.

الف : انرژی های جایگزین

منابع گران انرژی مانند نفت وگاز و زغال سنگ به دلیل اینکه به شدت آلاینده بوده و همچنین ذخایر آنها رو به اتمام است به عنوان جایگزین انرژی خورشیدی قلمداد نمی گردند. در این حوزه عمدتاً انرژی های نوین و تجدید پذیر می تواند به عنوان جایگزین و یا رقیب مورد نظر قرار گیرد که نکات زیر قابل توجه است.

ـ هر کدام از انرژی های تجدید پذیر دارای محدودیت های متعدد اقتصادی و فنی برای تولید و عرضه می باشند این موضوع باعث می گردد تا با توجه به سهم اندک این نوع انرژی از کل مصرف سالانه برای استفاده از مزایای هر یک در مقابل محدودیت های دیگر برنامه ریزی شود. در این میان به دلیل حجم بالای در دسترس بودن انرژی خورشیدی نسبت به سایر انرژ ی ها ، برنامه ریزی استفاده از آن تا ۵۰ سال آینده شگفت انگیز است. به طوریکه براساس پیش بینی ها تا سال ۲۰۵۰ میلادی ۳۴٪ از کل برق مصرفی دنیا از انرژی خورشیدی تامین می گردد . در سال های گذشته نیز انرژی خورشیدی بیشترین نرخ رشد مصرف را در میان سایر انرژی های نوین و معادل ۳۵٪ داشته است.

به منظور درک پتانسیل های انرژی خورشیدی و قابلیت رشد این صنعت، آمار مصرف فعلی این نوع انرژی و پتانسیل موجود آن در جدول (۶)ارائه گردیده است.

جدول (۶) : استفاده فعلی و پتانسیل های انرژی های نو (منتخب) بر حسب اگزاژول در سال

شرح	میزان استفاده فعلی	پتانسیل فنی	پتانسیل تئوری
انرژی برق آبی	۹	۵۰	۱۴۷
انرژی توده زیستی	۵۰	بیش از ۲۷۶	۲۹۰۰
انرژی خورشیدی	۰/۱	بیش از ۱۵۷۵	۳۹۰۰۰۰۰
انرژی بادی	۰/۱۲	۶۴۰	۶۰۰۰

این موضوع در برنامه ریزی بسیاری از کشورها در حوزه توسعه منابع انرژی های نوین و سهم آن ها در تامین کل انرژی مورد نیاز به خوبی لحاظ شده است . سهم قابل توجه انرژی خورشیدی در این میان به

روشنی قابل مشاهده است. به عنوان مثال سهم استفاده از انرژی خورشیدی نسبت به سایر انرژی های نوین به تفکیک منطقه برای جهان با ۱۰ میلیارد نفر جمعیت به صورت جدول(۷) پیش بینی شده است.

جدول(۷): پیش بینی سهم مصرف انواع انرژی نوین نسبت به کل مصرف انرژی های نوین برای جهان با جمعیت ۱۰ میلیارد نفر به تفکیک منطقه

نوع انرژی / منطقه	توده زیستی	زمین گرمائی	خورشیدی	بادی	برق آبی	جمع
آمریکای شمالی	۷/۳	۴۳/۶	۳۰/۹	۱۳/۳	۴/۸	۱۰۰
آمریکای جنوبی	۶/۸	۳۵/۴	۴۸/۳	۴/۱	۵/۴	۱۰۰
اروپا	۱۰	۷/۵	۳۲/۵	۳۲/۵	۱۷/۵	۱۰۰
FSU	–	۱۳/۶	۶۰/۶	۱۶/۷	۹/۱	۱۰۰
آفریقا	۷/۵	۵/۲	۷۵/۴	۹/۰	۳	۱۰۰
خاورمیانه وشمال آفریقا	–	۱۴/۰۰	۷۹	۴	۳	۱۰۰
آسیا	۸/۹	۳۰/۴	۵۰	۳/۶	۷/۱	۱۰۰
کل	۷/۹	۲۲/۲	۵۵/۶	۹/۵	۴/۸	۱۰۰

براساس مطالب ذکر شده می توان در مورد انرژی های نوین جایگزین اینگونه نتیجه گرفت که اولاً برای استفاده از هر کدام از انرژی های نوین با توجه به مزیت ها و محدودیت های هر منطقه از جهان به طور مستقل برنامه ریزی شده است و ثانیاً میزان توجه به انرژی خورشیدی در میان این گروه از جایگزین ها از سایرین بیشتر می باشد و از طرفی با توجه به منابع بسیار غنی و همه جا در دسترس انرژی خورشیدی سایر انرژی ها تهدیدی برای استفاده از انرژی خورشیدی و تکنولوژی خورشیدی و عنصر اصلی آن که سلول های خورشیدی است محسوب نمی گردند.

ب : انواع مختلف سلول های خورشیدی

سلول های خورشیدی از نیمه هادی های متفاوتی تهیه می گردند و بر این اساس انواع مختلفی از سلول های خورشیدی طبقه بندی شده و در معرض عرضه قرار می گیرد. این نیمه هادی ها عبارتند از

سیلیکون تک بلور ، سیلیکون آمورف ، سیلیکون چند بلوره ، آرسفید گالیوم و سولفید کادمیوم . اغلب سلول های خورشیدی موجود از سیلیکون تک بلور و سیلیکون چند بلوره ساخته می شوند آنچه مهم است اینکه تمام این ترکیبات جزء خانواده سلول های خورشیدی طبقه بندی می گردند و طبق برآوردها تا سال ۲۰۲۰ به عنوان محصول جایگزین سلول خورشیدی سیلیکون تک بلور قلمداد نمی گردند.

میزان استفاده از هر کدام از این سلول ها با توجه به کارائی و هزینه مورد نظر مشتریان متفاوت و در حال گسترش است. از نظر سهم بازار جهانی در حال حاضر ۳۵٪ از سلول های خورشیدی عرضه شده از نوع سیکیلون تک بلور و سیکیلون چند بلوره تهیه گردیده اند.

۸-۱- اهمیت استراتژیکی کالا در دنیای امروز

با نگاهی به چشم انداز مصرف و تقاضای انرژی تا سال ۲۰۳۰ مندرج در جدول (۸) مشاهده می گردد که روند نیاز به انرژی به شدت در حال گسترش است.

جدول (۸): بازار جهانی مصرف انرژی به تفکیک منطقه ۲۰۳۰ - ۲۰۰۵ (ارقام به کادریلیون Btu)

منطقه	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵	۲۰۲۰	۲۰۲۵	۲۰۳۰	رشد سالانه
منطقه OCED:	۲۴۰/۹	۲۴۹/۷	۲۶۰/۵	۲۶۹	۲۷۷/۶	۲۸۵/۹	۰/۷
آمریکای شمالی	۱۲۱/۳	۱۲۶/۴	۱۳۲/۳	۱۳۷/۸	۱۴۳/۴	۱۴۸/۹	۰/۸
اروپا	۸۱/۴	۸۳/۹	۸۶/۸	۸۸/۵	۹۰/۴	۹۲	۰/۵
آسیا	۳۸/۲	۳۹/۳	۴۱/۴	۴۲/۷	۴۳/۷	۴۴/۹	۰/۷
غیر OECD:	۲۲۱/۳	۲۶۲/۸	۳۰۲/۵	۳۳۹/۴	۳۷۴/۲	۴۰۸/۸	۲/۵
اروپا	۵۰/۷	۵۵/۱	۵۹/۵	۶۳/۳	۶۶	۶۹/۱	۱/۲
اروپا و آسیا(Eurasia)	۱۰۹/۹	۱۳۷/۱	۱۶۴/۲	۱۸۹/۴	۲۱۵/۳	۲۴۰/۸	۳/۲
خاورمیانه	۲۲/۹	۲۶/۴	۲۹/۵	۳۲/۶	۳۴/۷	۳۶/۸	۱/۹
آفریقا	۱۴/۴	۱۶/۵	۱۸/۹	۲۰/۹	۲۲/۵	۲۳/۹	۲
آمریکای مرکزی و جنوبی	۲۳/۴	۲۷/۷	۳۰/۵	۳۳/۲	۳۵/۷	۳۸/۳	۲
جمع	۴۶۲/۲	۵۱۲/۵	۵۶۳/	۶۰۸/۴	۶۵۱/۸	۶۹۴/۷	۱/۶

در عین حال منابع فسیلی نیز با تغییرات غیر قابل پیش بینی در قیمت و عرضه روبرو بوده و همچنین آلاینده محیط زیست می باشند. این منابع روبه اتمام بوده و مسأله تأمین انرژی مورد نیاز دنیا را به سمت استفاده از سایر منابع انرژی مانند انرژی هسته ای، خورشیدی و ... سوق داه اند. با توجه به سهم قابل توجه انرژی خورشیدی در چشم انداز از تأمین انرژی در جهان و نقش و اهمیت انرژی در جهان امروز می توان اهمیت استراتژیک محصول را درک نمود.

۹- ۱- کشورهای عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول

مهمترین کشورهای تولید کننده سلول های خورشیدی و ماژول های خورشیدی در دنیا عبارتند از ژاپن، ایالات متحده آمریکا وکشورهای منطقه اروپا. بر اساس اطلاعات و آمار موجود در سال ۲۰۰۱ میلادی سازندگان این محصول به میزان ۳۹۶ مگاوات سلول خورشیدی را در سراسر دنیا به فروش رسانده اندکه این میزان سلول خورشیدی ارزشی معادل ۲/۵ میلیارد دلار داشته است. با توجه به نرخ رشد بالای مصرف این محصول (حدود ۳۰٪ در سال) جذابیت سرمایه گذاری در این حوزه برای تعداد بیشتری از سرمایه گذاران در کشورها مصرف کننده ایجاد شده است. حدود ۸۵٪ تولید سال ۲۰۰۱ مربوط به سلول های خورشیدی با تکنولوژی کریستال های متبلور سیلیکون بوده است. مقدار تولید هر یک از کشورهای اصلی تولید کننده سلول خورشیدی به تفکیک در جدول (۹) ذکر شده است.

جدول(۹): تولید جهانی سلول/ ماژول خورشیدی ۲۰۰۱- ۱۹۹۱

	سال										
کشور	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱
اروپا	۱۳/۴	۱۶/۴	۱۶/۵۵	۲۱/۷	۲۰/۱	۱۸/۸	۳۰/۴	۳۳/۵	۴۰	۶۰/۶۶	۸۸/۲
ژاپن	۱۹/۹	۱۸/۸	۱۶/۷	۱۶/۵	۱۶/۴	۲۱/۲	۳۵	۴۹	۸۰	۱۲۸/۶	۱۷۱/۲
ایالات متحده	۱۷/۱	۱۸/۱	۲۲/۴	۲۵/۶	۳۴/۷	۳۸/۸	۵۱	۵۳/۷	۶۰/۸	۷۴/۹	۱۰۵/۱
سایر مناطق دنیا	۵	۴/۶	۴/۴	۵/۶	۶/۳۵	۹/۷۵	۹/۴	۱۸/۷	۲۰/۵	۲۳/۴۲	۳۱/۶
جمع	۵۵/۴	۵۷/۹	۶۰/۰۹	۶۹/۴	۷۷/۶	۸۸/۶	۱۲۵/۸	۱۵۴/۹	۲۰۱/۳	۲۸۷/۶	۳۹۶/۴

در این حوزه همانطور که در جدول قابل مشاهده است کشور ژاپن و شرکت های ژاپنی سهم قابل توجهی از بازار تولید محصول را به خود اختصاص داده اند. کشور ژاپن در فاصله زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۲

تبدیل به بزرگترین تولید کننده و مصرف کننده سلول خورشیدی در دنیا شده است.نام شرکت های اصلی تولید کننده سلول های خورشیدی و سهم هر یک از فروش جهانی محصول در جدول (۱۰) ارائه شده است. (اعداد مربوط به سال ۲۰۰۱ میلادی است).

جدول(۱۰): شرکت های اصلی تولید کننده سلول خورشیدی و سهم هریک از فروش جهانی

نام شرکت	کشور	سهم فروش جهانی	نام شرکت	کشور	سهم فروش جهانی
SHARP	ژاپن	٪۱۹	Photo watt	اروپا	٪۳
Mitsubishi Electric	ژاپن	٪۳	سایر شرکت های اروپا	اروپا	٪۵
Kyocera	ژاپن	٪۱۳	Shell solar US	آمریکا	٪۱۰
Kaneka	ژاپن	٪۲	BP solar US	آمریکا	٪۷
SANYO	ژاپن	٪۵	Astropower	آمریکا	٪۶
Shell Solar Europ	اروپا	٪۳	Ussc	آمریکا	٪۱
Bpsolar Europ	اروپا	٪۳	ASE Americas	آمریکا	٪۱
Iso photon	اروپا	٪۴	سایر شرکت های آمریکایی	آمریکا	٪۱
RW Solar	اروپا	٪۴	سایر شرکت های درسراسر جهان	آمریکا	٪۸

عمده ترین مصرف کننده سلولهای خورشیدی نیز بخش های مختلف صنعتی و خانگی کشورهای ژاپن، اروپا، آمریکا(ایالات متحده) و کشور هند می باشد.

۲- وضعیت عرضه و تقاضا

۲-۱- بررسی ظرفیت بهره برداری و روند تولید از آغاز برنامه سوم تاکنون

براساس اطلاعات موجود تنها واحد فعال در زمینه تولید سلولهای خورشیدی در نیمه اول سال ۱۳۸۷ در سمنان به بهره برداری رسیده است. ظرفیت اسمی این واحد صنعتی برابر با یکصد میلیون قطعه سلول خورشیدی در سال است که در حال حاضر به طور عملی میزان تولید آن ۲۰ میلیون قطعه ذکر شده

است. واحد صنعتی دیگری در حال حاضر تولید عملی ندارد عمده واحدهایی که پروانه بهره برداری دریافت کرده ند در زمینه تولید پانل های خورشیدی فعالیت می نمایند. بر اساس آمار رسمی وزارت صنایع و معادن واحدهای فعا ل در زمینه تولید سلول خورشیدی به شرح جدول (۱۱) می باشد.

جدول (۱۱): مشخصات واحدهای فعال تولید سلول خورشیدی

نام واحد	شهرستان (استان)	محصول	ظرفیت (اسمی)	واحد	تاریخ بهره برداری
صنایع الکترونیک سمنان	سمنان	سلول خورشیدی	۱۰۰/۰۰۰/۰۰۰	عدد	۸۷/۴/۲۳
فیبر نوری تهران	تهران (تهران)	ماژول خورشیدی	۷۰/۰۰۰	عدد	-

مجموع ظرفیت اسمی واحدهای فوق معادل ۵ مگاوات است که در حال حاضر مقدار ظرفیت در حال بهره برداری آن معادل یک مگاوات سلول خورشیدی است.

۲-۲- بررسی وضعیت طرح های جدید و طرح های توسعه در دست اجرا

در زمینه تولید سلول های خورشیدی براساس آمار وزارت صنایع و معادن(۱۳۸۹) جواز طرح توسعه ای صادر نشده است.جوازهای تأسیس صادر شده در زمینه تولید و ساخت پانل و نیروگاه خورشیدی و همچنین اجزاء و قطعات پانل های خورشیدی شامل ماژول و سلول می باشد. با توجه به محصول مورد بررسی، مشخصات جوازهای تأسیس صادر شده و درصد پیشرفت واحدی مربوط به تولید اجزاء و قطعات پانل خورشیدی به تفکیک هر واحد در جدول (۱۲) ارائه شده است. ظرفیت واحدهای جدید مذکور در جدول(۱۲) در صورت بهره برداری طی ۵ سال آتی بالغ بر ۱/۳مگاوات می باشد. اکثر این واحدها در سال ۱۳۸۶ جواز تأسیس اخذ نموده اند در صورتیکه روند تولید جدید واحدهای طی ۵ سال آتی خطی فرض شده به طور متوسط در هر سال ۰/۲۴ مگاوات به ظرفیت تولید ۱ مگاوات در سال ۱۳۸۷ اضافه خواهد شد. ظرفیت تولید اسمی واحدهای فعال موجود نیز در صورت بهره برداری خطی تا ظرفیت اسمی ۵ سال آینده هر سال ۱ مگاوات توسعه خواهد داشت. بر این اساس میزان ظرفیت در دست طی ۵ سال آتی برحسب مگاوات در جدول (۱۳) برآورد می گردد.

جدول(۱۲): مشخصات طرح های جدید صنعتی تولید اجزاء و قطعات پانل های خورشیدی(سلول و ماژول)

ردیف	نام واحد	شهرستان (استان)	ظرفیت تولید	واحد	تاریخ آخرین جواز	درصد پیشرفت
۱	بلال مصطفی پور	ارومیه (آذربایجان غربی)	۱۰۰۰	عدد	۸۶/۸/۱۲	صفر
۲	جلیلی کهریز	ارومیه (آذربایجان غربی)	۱۵۰۰	عدد	۸۶/۹/۱	صفر
۳	رایا تجارت اسپادانا	خمینی شهر (اصفهان)	۴/۰۰۰/۰۰۰	عدد	۸۶/۱۰/۱۲	صفر
۴	عباس شیرمحمد	کرج (تهران)	۲۵۰/۰۰۰	عدد	۸۷/۴/۲۷	صفر
۵	سبک سازان لوشان	بروجرد (لرستان)	۲۵۰/۰۰۰	عدد	۸۵/۱۱/۲۴	صفر
۶	شمس کلاهی	ازنا (لرستان)	۲۰/۰۰۰/۰۰۰	عدد	۸۶/۷/۱۴	صفر
۷	علی اکبر حجت	یزد (یزد)	۱۵۰/۰۰۰	عدد	۸۶/۴/۲۶	صفر

جدول (۱۳): برآورد ظرفیت بالقوه تولید سلول خورشیدی طی ۵ سال آتی بر حسب مگاوات

سال	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
ظرفیت بالقوه	۱/۲۴	۲/۴۸	۳/۷۲	۴/۹۶	۶/۲

۳-۲- بررسی روند واردات محصول

همانطور که قبلاً ذکر شد تعرفه گمرکی به طور مشخص در ارتباط با سلول های خورشیدی و یا اجزاء و قطعات پانل های خورشیدی شامل سلول خورشیدی وجود ندارد.

با توجه به مطالعات انجام شده در مورد پروژه های عمده به انجام رسیده در مورد انرژی های نو و خورشیدی در کشور به عنوان مهمترین بخش از مصرف سلول خورشیدی برآورد می گردد. طی سالهای گذشته بیش از ۲ مگاوات واردات وجود نداشته است که مهمترین آن در فاصله سالهای ۸۱ تا ۸۵ انجام گرفته است. پیش بینی می شود با توجه به حجم و ظرفیت پائین واحدهای تولیدی فعال در زمینه سلول خورشیدی و از طرفی نیاز به این محصول در ۵ سال آینده در صورت عدم بهره برداری از واحدهای جدید، واردات به صورت جدی تری انجام پذیرد.

۲-۴- بررسی روند صادرات محصول

با توجه به اینکه اولین واحدهای تولید سلول خورشیدی در سال ۸۷ به بهره برداری رسیده است و قبل از آن تولید این محصول در داخل کشور وجود نداشته است و وضعیت واردات نیز عمدتاً به منظور تأمین نیاز داخلی بوده است طی ۵ سال گذشته صادرات برای این محصول وجود نداشته است. البته در حوزه تعرفه های ۸۵۴۱۴۰ (نیمه هادی حساس به نور) و ۸۵۳۷۱۰۹۰ (اجزاء و قطعات سایر پانل ها برای ولتاژ تا ۱۰۰۰ ولت) صادرات محدودی عمدتاً به کشورهای لیبی، افغانستان و سوریه وجود داشته است لاکن به نظر نمی رسد با توجه به حجم متنوع سایر قطعات مربوط به این ۲ نوع تعرفه که در داخل نیز تولید زیادی دارند صادرات محصول مربوط به سلول خورشیدی باشد.

۲-۵- بررسی روند مصرف در گذشته

طی سالهای گذشته اصلی ترین کاربرد سلول های خورشیدی به منظور تولید انرژی الکتریکی در قالب طرح ها و پروژه های برق رسانی پایلوت به مناطق دور افتاده و فاقد انرژی الکتریکی بوده است. این حرکت عمدتاً از سالهای ابتدائی دهه ۷۰ شمسی آغاز و تاکنون با فعالیت های مستمر سازمان انرژی های نو دنبال می گردد. اطلاعات دقیقی در مورد سایر مصارف گذشته سلولهای خورشیدی در آمارهای کشور وجود ندارد و مبنای تخمین مصرف محصول در کشور عمدتاً مصرف پروژه های مذکور طی بازه زمانی ۱۰ تا ۱۵ ساله است. شرح عمده پروژه های مرتبط در جدول (۱۴) احصاء شده است.

جدول (۱۴): مشخصات پروژه های انجام یافته انرژی خورشیدی در سالهای ۸۵- ۱۳۷۳

پروژه	محل اجرا	سال	ظرفیت (KW)
نیروگاه خورشیدی- فتوولتائیک سدکویر معلمان	سمنان	۱۳۷۳-۷۴	۹۳
طراحی ساخت و نصب پمپ های آب کشاورزی فتوولتائیک خورشیدی	ذکرنشده است	۱۳۷۵-۷۶	۱
نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک دربید	دربید یزد	۱۳۷۸-۷۹	۱۲
روشنائی فتوولتائیک برق منطقه ای زنجان و تبریز و قزوین	زنجان- قزوین و تبریز	۱۳۸۱-۱۳۸۲	محدود

۶-۲- بررسی نیاز به محصول با اولویت صادرات تا پایان برنامه چهارم.

نیاز به سلول خورشیدی در سه بخش مختلف قابل بررسی است.

الف: نیاز به سلول خورشیدی در مناطق دور افتاده و روستاها و عشایر فاقد انرژی الکتریکی

ب: نیاز به سلول های خورشیدی به عنوان جایگزین در بخش های مصرف کننده فعلی

ج: صادرات محصول

الف: نیاز به سلول خورشیدی در مناطق دورافتاده و روستاها و عشایر فاقد انرژی الکتریکی

یکی از حوزه های مهم کاربرد انرژی خورشیدی در سطح جهان و بخصوص در کشورهای کمتر توسعه یافته و یا درحال توسعه تأمین انرژی مناطق دور افتاده است. در کشور ما نیز این موضوع به دلیل پهناوری و وسعت جغرافیایی اهمیت ویژه ای برخوردار است. دسترسی به منابع اقتصادی انرژی خورشیدی (با شدت ومدت تابش مناسب در سال) اهمیت این موضوع را بیشتر می کند. در بسیاری از مناطق کشور تأمین انرژی الکتریکی از طریق انتقال در شبکه سراسری توجیه اقتصادی ندارد لذا می توان انرژی های نوین بویژه انرژی خورشیدی را به دلیل دسترسی آسان راه حلی برای نهی مشکل در نظر گرفت.

بر اساس آمار موجود تعداد خانوارهای فاقد برق کشور بالغ بر ۳۸۰ هزار خانوار است. این تعداد خانوار به تفکیک در جدول(۱۵) ذکر شده اند.

جدول (۱۵): خانوارهای فاقد انرژی الکتریکی به تفکیک

شرح	تعداد
خانوار روستائی	۱۷۷۲۰۰
عشایر کوچ نشین	۲۰۰۰۰۰
مجموع	۳۷۷۲۰۰

تأمین انرژی مورد نیاز مقدار خانوار در دستور کار قرارداد بطوریکه به عنوان مثال دربازه زمانی ۸۸-۸۴ طبق برنامه می بایست ۱۲۰۰۰ خانوار از این دسته به انرژی برق دسترسی آسان داشته باشند. در صورتیکه طی ۵ سال آینده تعداد ۱۵۰۰۰ خانوار روستائی و عشایر فاقد انرژی به عنوان جامعه هدف تأمین انرژی الکتریکی خورشیدی در نظر گرفته شود و طی این مدت برنامه تأمین انرژی و نصب یکنواخت فرض شود برآورد نیاز به انرژی خورشیدی به صورت جدول (۱۶) می باشد.

جدول (۱۶): برآورد انرژی الکتریکی خورشیدی مورد نیاز بخش روستائی و عشایری طی ۵ سال آینده(۹۲- ۱۳۸۸) بر حسب مگاوات

سال	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	جمع
نیاز به انرژی خورشیدی در بخش روستائی و عشایری	۹	۹	۹	۹	۹	۴۵

ب: نیاز به سلول های خورشیدی به عنوان جایگزین در بخش های مصرف کننده فعلی

بر اساس آمارهای وزارت نیرو سهم بخش های مختلف از مصرف انرژی الکتریکی در کشور به شرح جدول (۱۷) است.

جدول (۱۷): سهم بخش های مختلف از انرژی الکتریکی

شرح	درصد مصرف از کل
بخش خانگی	٪۲۳
بخش صنعت	٪۳۲
بخش کشاورزی	٪۱۴
بخش عمومی	٪۱۲
بخش روشنائی معابر	٪۴
سایر مصارف	٪۷

نیاز به انرژی برق در ۵ سال آینده برای پاسخ گویی به مصارف این بخش ها بر حسب میلیارد کیلووات ساعت به شرح جدول (۱۸) پیش بینی شده است.

جدول (۱۸): پیش بینی انرژی برق مورد نیاز کشور طی ۵ سال (۹۲-۸۸) آینده بر حسب میلیارد کیلووات ساعت

سال	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
مصرف انرژی برق	۱۸۲	۱۸۹	۱۹۶	۲۰۲/۶	۲۰۹/۴

در صورتیکه هدف جایگزینی مصارف خانگی، کشاورزی، عمومی و روشنائی معابر در نظر گرفته شود با توجه به آمارهای جداول(۱۷) می توان نیاز به انرژی الکتریکی را در این بخش ها به صورت جدول(۱۹) برآورد نمود.

جدول (۱۹): برآورد انرژی مورد نیاز بخش های خانگی، کشاورزی، عمومی و روشنائی معابر طی سالهای ۹۲-۱۳۸۸ بر حسب میلیارد کیلووات ساعت

سال / بخش	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
خانگی	۴۱/۹	۴۳/۵	۴۵/۱	۴۶/۶	۴۸/۲
کشاورزی	۲۵/۵	۲۶/۵	۲۷/۴	۲۸/۴	۲۹/۳
عمومی	۲۱/۸	۲۲/۷	۲۳/۵	۲۴/۳	۲۵۱
روشنائی معابر	۷/۳	۷/۶	۷/۸	۸/۱	۸/۴
جمع	۹۶/۵	۱۰۰/۲	۱۰۳/۹	۱۰۷/۴	۱۱۱

اگر سهم انرژی خورشیدی در تأمین انرژی الکتریکی که جایگزین در بخش های جدول حداقل برابر با تولید انرژی فعلی در سایر بخش های مشابه انرژی های نو در نظر گرفته شده میزان نیاز به انرژی خورشیدی بر حسب مگاوات طی ۵ سال۹۲-۱۳۸۸ به صورت جدول(۲۰) برآورد می گردد.

جدول(۲۰): برآورد سهم انرژی خورشیدی در تأمین برق بخش های مختلف بر حسب مگاوات طی بازه زمانی ۹۲-۱۳۸۸

سال	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
انرژی مورد نیاز	۵۱	۵۳	۱۰۹/۹	۱۱۳/۶	۱۱۷/۴

ج: صادرات محصول

رشد مصرف جهانی سلول های خورشیدی از شتاب بسیار زیادی برخوردار است. به گونه ای که براساس برآوردها، این نوع انرژی ۳۴ درصد از کل انرژی مصرفی جهان را در سال ۲۰۵۰ تشکیل خواهد داد. طبق پیش بینی ها ظرفیت های مورد نیاز برای نصب سلول های خورشیدی در سال ۲۰۱۰ میلادی به حدود ۱۴۰۰۰ مگاوات، در سال ۲۰۲۰ میلادی به ۷۰۰۰۰ مگاوات در سال ۲۰۳۰ به ۱۴۰۰۰۰ مگاوات خواهد رسید. با توجه به این موضوع که در سال ۲۰۰۷ میزان تولید جهانی این انرژی ۳۸۰۰ مگاوات بوده است می توان رشد غیر خطی مصرف این نوع انرژی را به خوبی مشاهده نمود. این نیاز باید از طریق سرمایه گذاری جدید در بخش تولید سلولهای خورشیدی برآورده گردد. دراین میان منطقه خاورمیانه به دلیل قرار گرفتن در کمربند انرژی اقتصادی خورشیدی از یک طرف و نیاز شدید به انرژی طی سال های آینده به دلیل رشد سایر بخش های مصرف کننده و طبق آمار شاهد افزایش قابل توجه مصرف انرژی خورشیدی بارشدی برابر و یا سریعتر از سایر مناطق خواهد بود. این موضوع به دلیل قرار گرفتن بازارهای مصرف مربوطه در نزدیکی کشور بسیار اهمیت دارد.در جدول (۲۱) میزان نیاز به انرژی خورشیدی تا سال ۲۰۳۰ و همچنین سهم سلول های پایه سیلیکون در این بازار(۳۷٪) برآورد گردیده است.

جدول (۲۱): برآورد نیاز جهانی به سلول های خورشیدی تا سال ۲۰۳۰ میلادی بر حسب مگاوات

سال	۲۰۰۷	۲۰۱۰	۲۰۲۰	۲۰۳۰
انرژی خورشیدی مورد نیاز	۳۸۰۰	۱۴۰۰۰	۷۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰
نیاز به سلولهای پایه سیکیلون	۳۴۲	۵۱۸۰	۲۵۹۰۰	قابل پیش بینی نیست

با توجه به ارقام جدول(۲۱) می توان نتیجه گرفت میزان تولید داخلی به میزان ۵ تا ۱۰ مگاوات به ازاء هر کارخانه کاملاً از قابلیت صادرات برخوردار است. صرف نظر از بازارهای از بازارهای خارجی می توان نیاز داخلی را به سلول خورشیدی به صورت جدول(۲۲) برآورد نمود.

جدول (۲۲): برآورد نیاز داخلی به سلول خورشیدی طی بازه زمانی ۱۳۹۲- ۱۳۸۸

سال / حوزه	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
مناطق روستائی و عشایری فاقد برق	۹	۹	۹	۹	۹
بخش های مصرفی دارای برق	۵۱	۵۳	۱۰۹/۹	۱۱۳/۶	۱۱۷/۴
جمع نیاز	۶۰	۶۲	۱۱۸/۹	۱۲۲/۶	۱۲۶/۴
ظرفیت بالقوه تولید شامل ظرفیت کارخانجات فعال و جدید	۱/۲۴	۲/۴۸	۳/۷۸	۴/۹۶	۶/۲
نیاز خالص	۵۸/۷	۵۹/۵۲	۱۱۵/۲	۱۱۷/۶	۱۲۰/۲

در صورت عدم تأمین نیاز به سلول های خورشیدی با توجه به ظرفیت های پائین واحدهای فعال باید واردات محصول مورد توجه قرار گیرد.

۳- بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید و عرضه محصول درکشور و مقایسه آن با دیگر کشورها

فرآیند تولید و ساخت سلول های خورشیدی بر اساس اسکرین پرینت که با کمی تفاوت در اغلب شرکت های سازنده مورد استفاده قرار می گیرد به صورت مراحل زیر است.

۱- **مواد اولیه**: مهمترین ماده اولیه فرآیند ویفر(تراشه) تک بلوره یا چند بلوره Cz-Si از گرید خورشیدی است. این قطعات معمولاً به دو شکل مربع مستطیل و دایره به قطر ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر و ضخامت ۲۰۰ تا ۳۵۰ میکرومتر هستند. ناخالصی این تراشه ها از نوع p و دارای مقاومت الکتریکی یک اهم در سانتیمتر می باشند.

۲- **رفع عیوب سطحی**: ویفرهای سیکیلونی وارد شده به خط تولید در اثر عملیات برش در کارخانجات سازنده ویفر دارای ناهمواریها و زوائدی در سطح هستند. این ناهمواریها در

فرآیند تولید سلول خورشیدی نامطلوب و باعث کاهش کیفیت ساخت و حتی شکستن سلول می گردد. به این منظور در این مرحله حدود ۱۰ میکرون از لایه سطحی ویفر خام توسط محلول های اسیدی یا قلیائی برداشته می شود. غوطه وری ویفرها توسط کاست های تفلونی تحت دما و ترکیب کنترل شده انجام می گیرد. در این عمل به کارگیری محلول های قلیائی به دلیل هزینه مربوط به ضایعات عمل از ارجحیت بیشتری برخوردار است.

۳- عاجکاری سطح

در این مرحله باید سطح ویفرها با الگوی مشخصی عاجکاری گردد. بافت سطحی به صورت هرمی شکل و به روش اچینگ NaoH به دست می آید. در صورتیکه عاجکاری سطحی (هرمی شکل) حاصل از این عمل بسیار ریز بافت باشد منجر به افزایش بازتاب سطحی نور در سلول خواهد شد و در صورتیکه بافت عاج سطح بیش از حد درشت باشد نور از جذب مناسب در واحد سطح برخوردار نخواهد بود به این دلیل باید پارامترهای غلظت، دما و زمان در فرآیند اچینگ NaoH تحت کنترل مناسب قرار داشته باشند. معمولاً این عمل در محلول با غلظت ۵٪ NaoH در دمای ۸۰° سانتیگراد و به مدت ۱۵ دقیقه به انجام می رسد.

۵- دیفوزیون فسفر

فسفر به عنوان ناخالصی نوع P در سیکیلون گرید خورشیدی مورد استفاده قرار می گیرد. دیفوزیون فسفر در دمای بسیار زیاد قابل انجام است به این دلیل لازم است ویفرهای عاجکاری شده قبل از عمل دیفوزیون از طریق اِچینگ اسیدی از هرگونه پسماند قلیائی و ناخالصی های فلزی کاملاً تمیز شوند.روش های اصلی دیفوزیون فسفر شامل دیفوزیون کوره کوارتز و دیفوزیون کوره خطی است که مختصراً شرح داده می شود.

۱- کوره کوارتز

در این روش ویفرها در حامل هائی از جنس کوارتز قرار داده می شوند و سپس در درون یک محفظه کوارتز (بدنه اصلی کوره) توسط گرمکن های مقاومتی به درجه مورد نظر می رسد. حرکت ویفرها در کوره به صورت دوار است بدین معنی که از همان دهانه ورودی و

پس از پایان عملیات خارج می گردند. گاز حاوی فسفر از دهانه دیگر کوره به داخل محفظه دمیده می شود. برای تأمین فسفر مورد نظر از محلول $POCL_3$ استفاده می شود.عمل دیفوریون در این کوره در دمای ۹۰۰ تا ۹۵۰ درجه سانتیگراد و طی مدت ۵ تا ۱۵ دقیقه انجام می شود. ویفرها باید در هر دو رو (طرفین) دیفوزه شوند.

۲- کوره خطی یا تسمه نقاله ای

در این روش بجای گاز از فسفر جامد استفاده می شود به این صورت که نوعی خمیره قابل پخت حاوی عنصر فسفر بر روی یک سطح از ویفر پخش شده و بعد از خشک شدن بر روی نقاله تسمه ای به داخل کوره حرارتی هدایت می گردند.حرارت در مناطق مختلف این نوع کوره متفاوت و قابل کنترل است و به دلیل اینکه فضای کوره باز است امکان دمیدن گازهای مورد نیاز به اتمسفر کوره وجود دارد. در این کوره ابتدا در دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد ناخالصی های ویفر از بین رفته و سپس عمل دیفوزیون در دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه در مجاورت اتمسفر نیتروژن انجام می پذیرد.

۶- ایزولاسیون اتصالات

در ویفرهای دارای ناخالصی نوع P، لبه ها می توانند باعث شَنت اتصالات سطح روئی و زیرین ویفر گردند. به منظور کنترل این پدیده، فرآیند اچینگ خشک در دمای پائین مورد استفاده قرار می گیرد. طی این عمل لبه سلول ها به صورت سطوح بسیار نازک در درون راکتور در معرض پلاسما قرار میگرند.در این فرآیند از ترکیبات CF_4 و یا SF_6 استفاده می شود. راه جایگزین برای ایزولاسیون ویفر استفاده از لیزر برای برش نواحی لبه ای می باشد.

۷- پوشش آنتی رفکلت

به منظور کاهش اثر انعکاس پذیری سطح سلولهای خورشیدی توسط اکسید تیتانیوم (T_iO_2) روکش میگردد. برای این منظور محلول محتوی ترکیبات تیتانیوم توسط یک نازل بر روی سطح سلول و در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد پاشیده می شود. این عملیات در راکتورهای اتوماتیک به انجام می رسد.نیترید سیلیکون نیز می تواند به عنوان پوشش آنتی رفکلت بکار رود.

۸- چاپ اتصالات رویه سلول

به منظور ایجاد اتصالات در رویه سلول از خمیره حاوی پودر نقره استفاده می شود به این صورت که خمیره بر رویه چسبانده شده و ماحصل به داخل کوره پخت خطی هدایت می گردد. در کوره، عمل پخت در دمای ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد انجام می گیرد.

۹- چاپ اتصالات پشت سلول

در این مرحله عملیات مشابه مرحله قبل انجام می گیرد. تفاوت در نوع خمیره الگوی چاپ اتصالات نیز در پشت سلول با رویه سلول متفاوت است.

۱۰- احتراق همزمان

در این مرحله یک نوع عملیات حرارتی در دمای بالا انجام می گیرد. هدف از این عملیات سوزاندن ناخالصی های ارگانیک خمیره، جوشش (سینتر کردن) ذرات و دانه های فلزی خمیره به منظور افزایش قابلیت رسانائی و همچنین بهبود کیفیت اتصالات الکتریکی پوشش با زیرساخت سیلیکونی می باشد.

۱۱- تست و طبقه بندی

سلول خورشیدی با استفاده از منبع نور مجازی (خورشید شبیه سازی شده) در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد مورد تست و آزمون قرار می گیرد. سلول های نامنطبق تأئید نمی گردند و سایر سلول ها بر اساس میزان بازدهی و خروجی طبقه بندی می گردند.

قابل ذکر است طی ۳۰ سال گذشته تکنولوژی متعارف بکارگرفته شده برای تولید سلول های خورشیدی در سطح دنیا بدین شکل بوده است.

ماشین آلات مورد نیاز فرآیند تولید از کشورهای ژاپن، کره جنوبی ، چین ، آلمان ، ایتالیا و آمریکا قابل تهیه هستند. عمده شرکت های عرضه کننده، تکنولوژی سیستم تولید را به صورت کلید در دست (Turn-key) عرضه می کنند. امکان تهیه این ماشین آلات از سازندگان داخلی در

حال حاضر وجود ندارد. مشخصات تعدادی از شرکت های تولید کننده تجهیزات در پایگاه اینترنتی www.enf.cn قابل دسترسی است .

۴- تعیین نقاط ضعف و قوت تکنولوژی مرسوم

در فرآیند تولید سلول های خورشیدی بر پایه سیلیکون تک بلوره (C_z-S_i) عمده نواقص و معایب به صورت زیر وجود دارند:

الف: در این روش از ویفرهای C_z-S_i که به روش کروچرالسکی تهیه می شوند به عنوان ماده اولیه اصلی (feedstock) استفاده می شود. این موضوع به این دلیل است که هزینه ساخت ویفرهای C_z-S_i بالا است و از نظر اقتصادی تولید همزمان ویفر و سلول محدودیت هائی دارد.

ب: به دلیل اینکه ویفرهای سلول از برش شمش هائی که به صورت مدور ساخته شده اند به دست می آیند، امکان تهیه ویفرهای مربع شکل با ایجاد ضایعات قابل توجه ای همراه است. به همین دلیل نیز در پانل های خورشیدی در نقطه اتصال سلول ها وجود لبه های منحنی وجود دارد که باعث فاصله و نقطه انفصال (GAP) می گردد.

ج: روش ورقه نمودن (برش) ویفرها نیز مشکلاتی بهمراه دارد. در این مرحله در اثر ارّه کاری ضایعاتی(Saw damage) به وجود می آیند که رفع آنها نیاز به انجام عملیات اضافی دارد. در همین راستا محققین دانشگاه یوتا(Utah) روش جدیدی با به کارگیری ژرمانیوم ابداع نموده اند که از کیفیت و هزینه کمتری برخوردار است.

و: در مراحل پخت و پایدار سازی سلول ها از دمای بالا($^{\circ}$C ۹۰۰- ۸۵۰) استفاده می شود. این امر باعث افزایش هزینه های انرژی سالیانه بخصوص در کشورهای فاقد انرژی ارزان می گردد.

۵- بررسي و تعيين حداقل ظرفيت اقتصادي

با تکنولوژی موجود یک خط تولید مدرن قادر به تولید ۱۰۰۰ سلول در ساعت می باشد در صورتیکه کلیه توقفات خط نادیده گرفته شودو اگر تمام سلول ها سالم تولید شوند آنگاه تعداد سلول های تولیدی در یکسال با ابعاد ۱۰*۱۰ سانتیمتر مربع و ۱۵ درصد کارائی از رابطه زیر محاسبه می گردد.

سال/مگاوات ۱۳ = روز۳٦۵ * روز/ساعت ۲٤ * ساعت / سلول ۱۰۰۰ * سلول/وات ۱/۵

به دلایل ذیل این مقدار تولید در سال محقق نخواهد شد:

- توقف تجهیزات به دلیل نگهداری و تعمیرات
- ضایعات تولید

با توجه به این موارد ظرفیت تولید ۱۰ مگاوات در سال برای طرح در نظر گرفته می شود.

۵-۱- برآورد حجم سرمايه گذاري ثابت

ميزان سرمايه ثابت مورد نياز طرح به تفکيک زمين، ساختمان، تجهيزات و ساير اقلام در ادامه مورد بررسي قرار گرفته است.

۵-۱-۱- هزينه هاي زمين و ساختمان هاي طرح

با توجه به اطلاعات موجود ابعاد ماشين آلات و همچنين تعداد نيروي انساني در هر بخش مساحت و هزينه زمين و ساختمان هاي طرح در قالب جداول (۲۳) و (۲٤) برآورد و ارائه گرديده است.

جدول (۲۳): هزينه هاي زمين بر حسب ميليون ريال

شرح	مساحت(متر مربع)	بهاي هر متر مربع	جمع(ميليون ريال)
توليد	۹۰۰	۲۲۰۰۰۰	۱۹۸
انبار	۸۰۰	۲۲۰۰۰۰	۱۷٦
اداري	۲۵۰	۲۲۰۰۰۰	۵۵
محوطه	۲۰۰۰	۲۲۰۰۰۰	٤٤۰
توسعه	۱۰۰۰	۲۲۰۰۰۰	۲۲۰
جمع	٤۹۵۰	_	۱۰۸۹

جدول (۲٤): هزينه هاي ساختمان سازي و محوطه سازي(برحسب ميليون ريال)

شرح	مساحت (متر مربع)	بهاي هر متر مربع (هزار ريال)	جمع (ميليون ريال)
ساختمان توليد	۹۰۰	۱۷۵۰	۱۵۷۵
ساختمان انبار	۸۰۰	۱۲۵۰	۱۰۰۰
ساختمان اداري	۲۵۰	۲۵۰۰	٦۲۵
محوطه سازي	۲۰۰۰	۱۵۰	۳۰۰
ديوار كشي	۵٦۵	۳۰۰	۱۷۰
جمع	_	_	۳٦۷۰

۲-۱-۵- هزينه هاي ماشين آلات توليدي

مشخصات ماشين آلات توليدي مورد نياز توليد سلول خورشيدي به اضافه هزينه هاي مربوط در جدول (۱۳) درج گرديده است.

جدول (۲۵): مشخصات و هزينه ماشين آلات توليدي طرح

شرح	تعداد	محل تأمین	هزینه (میلیون ریال)	هزینه ارزی (یورو)
تجهیزات Plasma Etching تجهیزات Surface Etching کوره سینترینگ تجهیزات دیفوزیون سلول PSG Cleaner تجهیزات Screen Print کوره خشک ساز کوره PECVD سلول تست و طبقه بندی	یک مجموعه	خارج از کشور	-	۹۳٤۸۰۰۰
سایر تجهیزات خط تولید	-	خارج از کشور	-	٤٦٦۸۰۰
هزینه های حمل و نصب	-	-	-	۹۸۰۲۸۰
جمع	-	-	-	۱۰۷۹۵۰۸۰

۳-۱-۵- سایر هزينه هاي سرمايه ثابت

برآورد سایر اقلام هزینه سرمایه ثابت مشتمل بر وسائط نقلیه، تأسیسات، هزینه انشعاب برق و آب، اثاثیه اداري و هزينه هاي قبل از بهره برداري مطابق جداول (٢٦) الي (۳۰) ارائه مي گردد.

جدول (٢٦): هزينه هاي تأسيسات طرح

شرح	هزينه ريالي (ميليون ريال)
تأسيسات سرمايش و گرمايش	٣٠٠
تأسيسات اطفاء حريق	٥٠
تأسيسات هواى فشرده	٣٠٠
تأسيسات آب و فاضلاب	٧٠
جمع	٧٢٠

جدول (٢٧): هزينه وسائل نقليه مورد نياز طرح

شرح	تعداد (دستگاه)	قيمت واحد (هزار ريال)	قيمت كل (ميليون ريال)
خودرو سواري	٢	١٣٠٠٠٠	٢٦٠
خودرو وانت	١	٩٠٠٠٠	٩٠
جمع	٣	_	٣٥٠

جدول(٢٨): هزينه لوازم و اثاثيه اداري

شرح	تعداد	قيمت واحد(هزار ريال)	قيمت كل(ميليون ريال)
ميز و صندلي	٢٠	١٥٠٠	٣٠
وسائل اداري	به تعداد پرسنل اداری	-	٣٠
رايانه	٢٠	٧٠٠٠	١٤٠
دستگاه فتوكپي	١	٢٠٠٠٠	٢٠
ساير(١٠ درصد)	-	٢٩٨٠	٥/٨٥
جمع	_	_	٨٩/٣

جدول(۲۹): هزينه هاي خريد انشعاب

شرح	هزينه ريالي (ميليون ريال)
انشعاب برق و متعلقات	۱۵۱
آب و تأسيسات	۵۰
ساير(۵%)	۱۰
جمع	۲۱۱

جدول (۳۰): هزينه هاي قبل از بهره برداري

شرح	هزينه ريالي (ميليون ريال)
مطالعات اوليه اخذ و مجوزها	۱۵۰
آموزش نيروي انساني	۳۰۰
حقوق و دستمزد	۱۵۷
مسافرت و بازديد	٤۰۰
توليد آزمايشي	۵۰۰
ساير(٦%)	۲۷
جمع	۱۵۳٤

مجموع هزينه سرمايه ثابت مورد نياز طرح با جمع اقلام هزينه سرمايه ثابت مذكور در جداول (۲٦) الي (۳۰) مي باشد كه به صورت جدول (۳۱) برآورد و ارائه مي گردد.

جدول (۳۱): جمع بندي سرمايه گذاري ثابت طرح

شرح	مبلغ ريالي (ميليون ريال)	مبلغ ارزی (يورو)
زمين	۱۰۸۹	-
ساختمان	۵۳۶۶۹/	-
ماشين آلات توليدي		۱۰۷۹۶۹۴۰
وسائل نقليه	۳۵۰	-
تأسيسات	۷۲۰	-
تجهيزات اداري	۲۲۵	-
حق انشعاب	۲۲۵/۹	-
هزينه هاي قبل از بهره برداري	۱۵۳۴	-
پيش بيني نشده(۱۰%)	۷۷۹/۹	۱۰۷۹۶۹۴
جمع	۸۵۷۹/۳۴	۱۱۸۷۶۶۳۴

۶- ميزان مواد اوليه عمده مورد نياز سالانه، محل تأمين و قيمت ارزي و ريالي آنها

مواد مورد نیاز طرح اصلی طرح ویفر کریستالی سیلیکون است که باید از تعداد محدودی از شرکت های خارجی تأمین گردد.این موضوع در مورد مواد اولیه این طرح به عنوان یک محدودیت اصلی قلمداد می گردد. ویفرهای مذکور از شرکت های کشورهای اروپا،ژاپن، سنگاپور و چین قابل خریداری هستند. مقدار و هزینه هر کدام از مواد عمده مورد استفاده براي حجم ۱۰ مگاوات در سال به صورت مقادير جدول (۳۲) برآورد مي گردد.

جدول (۳۲): مواد اصلي و مصرفي مورد نياز

شرح	محل تأمين	هزينه ريالي (ميليون ريال)	هزينه ارزي (يورو)
ويفر سيليكون	خارج از كشور	_	۳۱۱٦۰۰۰۰
خمير متاليزاسيون Ag خمير متاليزاسيون Ag-Al	خارج از كشور	-	٦٤۲٦۷۵
ساير مواد مصرفی	داخل كشور	۲۰۰	-
مواد كمكی و بسته بندی	داخل كشور	۳۰۰	-
جمع	-	۵۰۰	۳۱۸۰۲٦۷۵

۷- پيشنهاد منطقه مناسب براي اجراي طرح

دو عامل اصلي در انتخاب محل طرح وجود دارد اول دسترسي به نيروي متخصص و دوم نزديكي به بازارهاي مصرف محصول.به دلايل فوق نزديكي به مراكز استان هاي داراي انرژي اقتصادي خورشيدي در اولويت اجرا قرار دارد.

۸- وضعيت نيروي انساني و ميزان اشتغال

با توجه به تكنولوژي مورد استفاده در توليد سلول خورشيدي تخصص نيروي انساني در اين طرح اهميت زيادي دارد. درجه اتوماسيون بالای خط توليد عاملی است كه بر تعداد اشتغال اين طرح تأثير مي گذارد.برآورد نيروي انساني طرح به همراه هزينه هاي مربوطه به آنها و به تفكيک تخصص در جدول (۳۳) ارائه گرديده است.

جدول (۳۳): وضعيت و هزينه نيروي انساني مورد نياز طرح

شرح	تعداد	حقوق ماهيانه (هزار ريال)	حقوق ساليانه (١٤ ماه) (ميليون ريال)
مدير ارشد	١	٨٠٠٠	١١٢
سرپرست توليد	٣	٦٠٠٠	٢٥٢
نيروي متخصص توليد	٦	٤٠٠٠	٣٣٦
تكنسين توليد	١٠	٣٥٠٠	٤٩٠
كارگر نيمه ماهر و معمولي	٢	٢٥٠٠	٧٠
پرسنل اداري و خدماتي	٧	٢٥٠٠	٢٤٥
جمع(برای ۳ شیفت)	٢٩	_	٢٩٦١ (٣ شيفت)

۹- بررسي و تعيين ميزان آب و برق و سوخت و امكانات مخابراتي و ارتباطي

مقدار هزینه آب و برق و سایر اقلام مذکوربرای یکسال کاری در جدول(۳٤) برآورد گردیده است.

جدول(۳٤): هزينه ساليانه آب و برق و ... مصرفي

شرح	واحد	مصرف روزانه	قيمت واحد (ريال)	روزهاي كاري سال	هزينه سالانه (ميليون ريال)
انرژي برقي مصرفي	كيلووات ساعت	٢٠٤٠٠	١٧٠	٣٠٠	١٠٤٠
آب مصرفي	متر مكعب	٥	١٧٠٠	٣٠٠	٢/٦
انواع سوخت	ليتر	٢٠	_	_	٤/٥
ارتباطات	_	_	_	_	٥٠
ساير(١٠%)					١٠٩/٧
جمع	_	_	_	_	١٢٠٧/٢

۱۰- وضعيت حمايت هاي اقتصادي و بازرگاني

به دليل اينكه بكارگيري سلول های خورشيدي باعث صرفه جوئي قابل توجه انرژي مي گردد هر گونه طرح توسعه يا ايجاد واحدهاي جديد مورد توجه می باشند. يكي از دلايل رشد قابل توجه واحد هاي داراي جواز تأسيس طي سال هاي اخير نيز اين موضوع است. حمايت هاي مربوط به اين محصول عمدتاً از طرف دولت و به منظور بهينه سازي مصرف سوخت كشور انجام مي گيرد. اين حمايتها در صورت تصويب طرح های پيشنهادی انجام می گيرد.

۱۱- تجزيه و تحليل و ارائه جمعبندي

۱-۱۱- كل سرمايه طرح

در اين بخش با توجه به مقدار سرمايه ثابت مذكور در بند ۵ و همچنين ساير هزينه اي مذكور در بندهاي ٦و٨ و هزينه تعميرات ساليانه مندرج در جدول (۳۵) ميزان سرمايه در گردش مطابق جدول(۳٦) برآورد مي گردد. كل سرمايه مورد نياز طرح نيز در جدول (۳۷) ارائه گرديده است.

جدول (۳۵): هزينه هاي تعمير و نگهداري سالانه

شرح	ارزش(ميليون ريال)	نرخ تعمير ساليانه(%)	جمع(ميليون ريال)
ساختمان ها	۳٦۷۰	۲	۷۳/۳۹
ماشين آلات توليدي	۱۳۵۸۲۸	٤	٥٤۳۳/۱۲
تأسيسات	۷۲۰	۱۰	۷۲
تجهيزات اداري	۲۲٦	۱۰	۲۲/٥۹
وسائل نقليه	۳٥۰	۲۰	۷۰
جمع	–	–	٥٦۷۱

جدول (۳٦): سرمایه در گردش مورد نیاز طرح

شرح	مقدار مورد نیاز(ماه)	ارزش کل(میلیون ریال)	ارزش کل(یورو)
مواد اولیه	۲	٦۲/٥	۱۳۲٥۱۱۷/۹
دستمزد	۲	٤۹۳/٥	-
آب و برق	۲	۲۰۱/۲	-
تعمیر و نگهداري	۲	۹٤٥/۲	-
جمع	-	۱۷۰۲/۳	۱۳۲٥۱۱۷/۹

جدول (۳۷) : کل سرمایه مورد نیاز طرح

نوع سرمایه	مبلغ ریالی (میلیون ریال)	مبلغ ارزی (یورو)
ثابت	۸٥۷۹/۳٤	۱۱۸۷٦٦۳٤
در گردش	٤۹۹٤/٥	۱۳۲٥۱۱۷/۹
جمع	۱۷۰۲/۳	۱۳۲۰۱۷٥۱

۲-۱۱- قیمت تمام شده محصول

با توجه به درآمد فروش و مجموع هزینه های سالانه قیمت تمام شده هر واحد سلول خورشیدی به صورت زیر قابل محاسبه است:

تولید سالانه/ مجموع هزینه های سالانه= قیمت تمام شده

۴۶۳۶۶۱۰۰۰۰۰۰/۱۰۰۰۰۰۰۰=قیمت تمام شده

ریال **۴۶۳۶۶**=۴۶۳۶۶۱۰۰۰۰۰۰/۱۰۰۰۰۰۰۰= قیمت تمام شده

۳-۱۱- جمعبندی

با توجه به روند بسیار شدید مصرف انرژی در کشور و ادامه این روند در آینده نزدیک استفاده از منابع فسیلی از محدودیت های زیادی برخوردار خواهد بود. این موضوع در بازارهای جهانی از شدت و اهمیت بیشتری برخوردار است. اگر چه حجم سرمایه گذاری طرح های تولیدی سلول خورشیدی خصوصاً در ارتباط با ظرفیت های پائین تر نسبتاً سنگین است لاکن در صورت تأمین بخشی از این هزینه ها از منابع بانکی با توجه به قیمت بالای محصول مدت جبران سرمایه کوتاه خواهد بود.