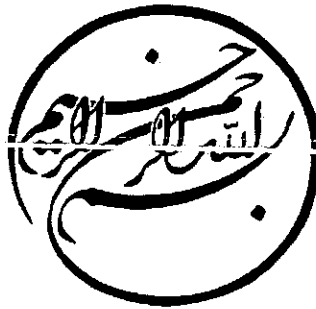




سلول‌های خورشیدی
(مسیر راه توسعه فن آوری در ایران)

مؤلف:

دکتر علی اصغر توفیق

توفیق، علی اصغر، ۱۳۳۲-

سلول‌های خورشیدی (مسیر راه توسعه فن‌آوری در ایران) علی اصغر توفیق.

تهران: مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۲.

۹۷۸-۶۰۰-۱۷۳-۰۸۵-۶

۲۴۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.

فیفا

پیل‌های خورشیدی

تولید برق از انرژی خورشیدی

برق - تولید - نوآوری

مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران

۶۲۱/۳۱۲۴۴

TK ۲۱۶۰ / ۸ س ۹ ت

۳۳۳۴۸۷۹

۱۳۹۲

انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران



سلول‌های خورشیدی (مسیر راه توسعه فن‌آوری در ایران)

• مؤلف: دکتر علی اصغر توفیق

• سال چاپ: ۱۳۹۲

• نوبت چاپ: اول

• گیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

• صفحه‌آرایی: معصومه مظاهری مقدم

• چاپ و صحافی: پژوهشگاه مواد و انرژی

• قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-173-085-6

• شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۷۳-۰۸۵-۶

• بخش: انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران

تهران - خیابان ایرانشهر شمالی - شماره ۲۱۷

تلفن: ۸۸۳۰۰۹۷۳ و ۸۸۳۱۰۱۱۳-۲۱ - ۸۸۳۱۰۱۲۶۵ - ۲۱ نمابر: ۸۸۳۰۱۲۶۵

حق چاپ محفوظ و مخصوص ناشر است.

مقدمه مولف.....	۹
مقدمه ناشر.....	۱۱
۱- ارزیابی وضعیت صنعت برق ایران.....	۱۹
۱-۱- مقدمه.....	۱۹
۲- میزان و روند تولید و مصرف برق در کشور.....	۱۹
۳- وضعیت رشد و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا و ایران.....	۲۱
۱-۳-۱- کاهش ذخیره سوخت‌های فسیلی.....	۲۳
۲-۳-۱- لزوم توجه به و کاهش آلاینده‌ها.....	۲۴
۳-۳-۱- بحث امنیت تولید برق و نیز تنوع سبد تولید.....	۲۴
۴-۳-۱- وضعیت رشد و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران.....	۲۵
۵-۳-۱- وضعیت رشد و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا.....	۲۶
۴-۱- سهم فتوولتائیک در میزان برق تولیدی کشور و نیز وضعیت منابع اولیه در کشور.....	۳۱
۵-۱- شرایط اقلیمی ایران.....	۳۱
۶-۱- مزایای استفاده از انرژی خورشیدی.....	۳۶
۷-۱- وضعیت منابع اولیه سلول‌های فتوولتائیک در ایران.....	۳۷
۸-۱- برآورد هزینه سلول‌های فتوولتائیک.....	۳۹
۲- ارزیابی توانمندی دانش فنی کشور در سلول‌های فتوولتائیک.....	۴۷
۱-۲- مقدمه.....	۴۷
۲-۲- شناسایی بازیگران اصلی حوزه سلول‌های فتوولتائیک در کشور.....	۴۷
۱-۲-۲- بازیگران سطح اول: سیاست‌گذاران.....	۴۸
۲-۲-۲- سطح دوم: مجریان میانی (تنظیم‌کنندگان و تسهیل‌گران).....	۵۹
۳-۲-۲- سطح سوم: مجریان عملیاتی (دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و شرکت‌های فعال در زنجیره ارزش صنعت).....	۷۶
۳-۲- بررسی دانش فنی داخلی با بررسی توانمندی بازیگران اصلی.....	۱۰۷

- ۱-۳-۲- دانش فنی داخلی در زمینه سلول‌های فتوولتائیک ۱۰۷
- ۳- بررسی قوانین و سیاست‌های حمایتی کشور در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر (و سلول‌های فتوولتائیک) ۱۱۱
- ۱-۳- مقدمه ۱۱۱
- ۲-۳- سیاست‌های کلان کشور در بخش انرژی مصوب در مجمع تشخیص مصلحت نظام ۱۱۱
- ۱-۲-۳- سیاست‌های کلی سایر منابع انرژی ۱۱۱
- ۳-۳- قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت ۱۱۲
- ۴-۳- قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران ۱۱۳
- ۵-۳- قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴ - ۱۳۹۰) ۱۱۳
- ۶-۳- قانون بودجه سال ۱۳۹۱ ۱۱۵
- ۴- تعیین اهداف کمی سلول‌های فتوولتائیک در بازه‌های زمانی چشم‌انداز ایران ۱۳۹۴ ۱۱۹
- ۱-۴- مقدمه ۱۱۹
- ۲-۴- بررسی اسناد بالادست در ارتباط با سلول‌های فتوولتائیک ۱۱۹
- ۳-۴- مطالعات تطبیقی اهداف و سیاست‌های سایر کشورها ۱۲۰
- ۱-۳-۴- اسپانیا ۱۲۰
- ۲-۳-۴- انگلستان ۱۲۲
- ۳-۳-۴- چین ۱۲۴
- ۴-۳-۴- ژاپن ۱۲۶
- ۵-۳-۴- استرالیا ۱۲۷
- ۶-۳-۴- آلمان ۱۲۹
- ۷-۳-۴- آمریکا ۱۳۱
- ۵- شناسایی و اولویت‌بندی فن‌آوری‌های سلول‌های خورشیدی ۱۳۹
- ۱-۵- مقدمه ۱۳۹
- ۲-۵- شناسایی فن‌آوری‌های سلول خورشیدی ۱۳۹
- ۱-۲-۵- فن‌آوری‌های فتوولتائیک ۱۴۵
- ۲-۲-۵- نگاشت فن‌آوری ۱۴۸
- ۳-۲-۵- ابعاد شناسایی و فن‌آوری‌های شناسایی شده ۱۵۰
- ۴-۲-۵- تهیه نگاشت گرافیکی فن‌آوری ۱۵۰
- ۳-۵- انتخاب فن‌آوری‌های راهبردی ۱۵۱

۱۵۵	۱-۳-۵ فن آوری‌های راهبردی سلول‌های خورشیدی
۱۵۶	۴-۵ تعیین اولویت‌های فن آوری‌های سلول‌های خورشیدی
۱۵۷	۱-۴-۵ تعیین میزان جذابیت، امکان‌پذیری سلول‌های خورشیدی
۱۵۹	۲-۴-۵ تعیین اولویت‌های نهایی
۱۶۵	۳-۴-۵ ارزیابی جذابیت و امکان‌پذیری
۱۶۷	۵-۵ روش‌های اکتساب فن آوری‌های سلول‌های خورشیدی
۱۶۷	۱-۵-۵ تعریف اکتساب فن آوری
۱۶۸	۲-۵-۵ مدل انتخاب روش اکتساب فن آوری (در سطح بنگاه و دولت)
۱۶۸	۳-۵-۵ مدل‌های انتخاب روش مناسب اکتساب فن آوری
۱۷۲	۴-۵-۵ اولویت‌بندی حوزه‌های فن آوری سلول‌های خورشیدی
۱۷۴	۵-۵-۵ الگوریتم تعیین اولویت و انتخاب راه‌های اکتساب فن آوری‌های سلول‌های خورشیدی
۱۷۸	۶-۵-۵ تعیین روش اکتساب فن آوری‌های سلول‌های خورشیدی با توجه به روش اکتساب پیشنهادی
۱۸۳	۶- ترسیم مسیر (نقشه‌ی) راه فن آوری سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی
۱۸۳	۱-۶ مقدمه
۱۸۳	۲-۶ ادبیات فرایند ترسیم نقشه راه فن آوری
۱۸۳	۱-۲-۶ تعریف نقشه راه
۱۸۵	۲-۲-۶ پیشینه ترسیم نقشه راه
۱۸۷	۳-۲-۶ اهمیت ترسیم نقشه راه
۱۸۸	۴-۲-۶ فواید و کاربردهای ترسیم نقشه راه فن آوری
۱۸۹	۵-۲-۶ دلایل نیاز به ترسیم نقشه راه
۱۹۴	۶-۲-۶ رویکردهای مختلف تدوین نقشه راه
۱۹۶	۷-۲-۶ انواع نقشه راه
۱۹۸	۸-۲-۶ مدل‌سازی نقشه راه فن آوری
۲۱۵	۳-۶ ترسیم نقشه راه فن آوری سلول‌های خورشیدی
۲۱۶	۱-۳-۶ برنامه‌ها و سیاست‌های پشتیبان توسعه فن آوری سلول‌های خورشیدی
۲۳۳	فهرست منابع و مآخذ
۲۱۹	ضمائم

فهرست شکل‌ها و نمودارها

صفحه

عنوان

۲۵	شکل شماره (۱-۱): تنوع نیروگاه‌های بهره‌برداری شده- ایران
۲۸	شکل شماره (۲-۱): سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از مصرف جهانی در سال ۲۰۱۰
۲۹	شکل شماره (۳-۱) نرخ رشد متوسط سالانه ظرفیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید سوخت‌های زیستی، ۲۰۰۶-۲۰۱۱
۲۹	شکل شماره (۴-۱): سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید جهانی برق در سال ۲۰۱۱
۳۰	شکل شماره (۵-۱): میزان سرمایه‌گذاری جدید جهانی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، ۲۰۰۴-۲۰۱۱
۳۰	شکل شماره (۶-۱): ظرفیت موجود برق بادی در دنیا، ۱۹۹۶-۲۰۱۱
۳۱	شکل شماره (۷-۱): ظرفیت موجود فتوولتائیک در دنیا، ۱۹۹۵-۲۰۱۱
۳۴	شکل شماره (۸-۱): نقشه متوسط انرژی دریافتی روزانه در سال پهنه جغرافیایی ایران
۳۴	شکل شماره (۹-۱): ناحیه‌بندی ایران بر اساس متوسط تابش
۳۵	شکل شماره (۱۰-۱): تغییرات میزان تابش روزانه بر واحد سطح در ماه‌های مختلف سال برای شیراز
۳۵	شکل شماره (۱۱-۱): تغییرات میزان تابش روزانه بر واحد سطح در ماه‌های مختلف سال برای یزد
۳۶	شکل شماره (۱۲-۱): تغییرات میزان تابش روزانه بر واحد سطح در ماه‌های مختلف سال برای کرمان
۳۶	شکل شماره (۱۳-۱): تغییرات میزان تابش روزانه بر واحد سطح در ماه‌های مختلف سال برای سمنان
۳۸	شکل شماره (۱۴-۱): ذخیره قطعی سیلیس در ایران طی سال‌های (۱۳۷۶-۱۳۸۰)
۴۲	شکل شماره (۱۵-۱): مقایسه قیمت تمام شده فتوولتائیک و سیکل ترکیبی - سناریوی فتوولتائیک
۴۲	شکل شماره (۱۶-۱): مقایسه قیمت تمام شده فتوولتائیک و سیکل ترکیبی - سناریوی مناسب CCGT
۴۳	شکل شماره (۱۷-۱): مقایسه قیمت تمام شده فتوولتائیک و سیکل ترکیبی - سناریوی میانه
۱۰۶	شکل شماره (۱-۲): بازیگران فعال در حوزه فتوولتائیک کشور

- شکل شماره (۵-۱): نگاشت فن آوری های سیستم کامپیوتر ۱۴۵
- شکل شماره (۵-۲): نمونه ای از نگاشت تاریخی ۱۴۷
- شکل شماره (۵-۳): نگاشت فن آوری های سلول خورشیدی ۱۵۰
- شکل شماره (۵-۴): نگاشت فن آوری های سلول سیلیکونی ۱۵۱
- شکل شماره (۵-۵): نمودار جذابیت- امکان پذیری ۱۵۹
- شکل شماره (۵-۶): نمودار امکان پذیری و جذابیت فن آوری سلول های خورشیدی ۱۶۷
- شکل شماره (۵-۷): ماتریس ناحیه بندی شده جذابیت- امکان پذیری با نه خانه ۱۷۴
- شکل شماره (۵-۸): الگوریتم تعیین اولویت و انتخاب راه های اکتساب فن آوری های سلول های خورشیدی ۱۷۵
- شکل شماره (۶-۱): انواع نقشه راه بر اساس حوزه و آینده نگری ۱۹۷
- شکل شماره (۶-۲): نقشه راه برنامه ریزی محصول ۲۰۱
- شکل شماره (۶-۳): نقشه راه خدمات و قابلیت ۲۰۲
- شکل شماره (۶-۴): نقشه راه برنامه ریزی استراتژیک ۲۰۳
- شکل شماره (۶-۵): نقشه راه برنامه ریزی بلندمدت فن آوری ۲۰۴
- شکل شماره (۶-۶): نقشه راه دارایی دانش ۲۰۶
- شکل شماره (۶-۷): نقشه راه برنامه ریزی برای برنامه ۲۰۷
- شکل شماره (۶-۸): نقشه راه فرآیندی ۲۰۸
- شکل شماره (۶-۹): نقشه راه یکپارچه ۲۰۹
- شکل شماره (۶-۱۰): نقشه راه با فرمت چند لایه ۲۱۰
- شکل شماره (۶-۱۱): نقشه راه با فرمت میله ای ۲۱۱
- شکل شماره (۶-۱۲): نقشه راه به شکل جدول ۲۱۲
- شکل شماره (۶-۱۳): نقشه راه به فرمت گراف ۲۱۲
- شکل شماره (۶-۱۴): نقشه راه با فرمت خوشه ای ۲۱۳
- شکل شماره (۶-۱۵): نقشه راه با فرمت نمودار جریان ۲۱۴
- شکل شماره (۶-۱۶): نقشه راه با فرمت تک لایه با فرمت میله ای ۲۱۵
- شکل شماره (۶-۱۷): مسیر راه فن آوری سلول های فتوولتائیک ۲۱۸

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

۲۰	جدول شماره (۱-۱): میزان مصرف برق (میلیون کیلووات ساعت) ...
۲۰	جدول شماره (۲-۱): ظرفیت اسمی (مگاوات) ...
۲۵	جدول شماره (۳-۱): ظرفیت اسمی (مگاوات) ...
۲۰۰۹	جدول شماره (۴-۱): شاخص‌های منتخب در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ ...
۲۷	جدول شماره (۵-۱): پنج کشور پیشرو در حوزه‌های مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر، میزان ظرفیت موجود در پایان سال ۲۰۱۱ ...
۲۸	جدول شماره (۶-۱): ظرفیت نیروگاه‌های بادی، فتوولتائیک و ضریب ظرفیت آنها در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۷ ...
۳۱	جدول شماره (۷-۱): ذخیره قطعی سلیس در ایران طی سال‌های (۱۳۷۶-۱۳۸۰) میلیون تن ...
۳۸	جدول شماره (۸-۱): قیمت سیستم‌های فتوولتائیک نصب شده در برخی از کشورهای منتخب در سال ۲۰۰۹ ...
۳۹	جدول شماره (۹-۱): سناریوهای مختلف مقایسه هزینه تمام شده برق نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک و سیکل ترکیبی ...
۴۲	جدول شماره (۱۰-۱): سال اقتصادی شدن هزینه تمام شده برق نیروگاه‌های خورشیدی نسبت به سیکل ترکیبی ...
۴۳	جدول شماره (۱-۴): ظرفیت نصب شده برق خورشیدی و برق خریداری شده اسپانیا ...
۱۲۱	جدول شماره (۲-۴): سهم انرژی خورشیدی از کل انرژی‌های تجدیدپذیر اسپانیا ...
۱۲۱	جدول شماره (۳-۴): اقدامات و سیاست‌های حمایتی اسپانیا در زمینه انرژی خورشیدی ...
۱۲۲	جدول شماره (۴-۴): میزان ظرفیت نصب شده برق از انرژی‌های تجدیدپذیر و فتوولتائیک انگلستان ...
۱۲۳	جدول شماره (۵-۴): سهم انرژی خورشیدی از کل انرژی‌های تجدیدپذیر انگلستان ...
۱۲۴	جدول شماره (۶-۴): اقدامات و سیاست‌های حمایتی انگلستان در زمینه انرژی خورشیدی ...
۱۲۵	جدول شماره (۷-۴): ظرفیت تجمعی نصب شده فتوولتائیک چین ...
۱۲۷	جدول شماره (۸-۴): اقدامات و سیاست‌های حمایتی ژاپن در زمینه سلول‌های خورشیدی ...

- جدول شماره (۹-۴): ظرفیت برق خورشیدی در استرالیا ۱۲۷
- جدول شماره (۱۰-۴): سهم برق تولیدی از خورشید از کل انرژی‌های تجدیدپذیر استرالیا ۱۲۸
- جدول شماره (۱۱-۴): ظرفیت برق خورشیدی در آلمان ۱۲۹
- جدول شماره (۱۲-۴): سهم برق تولیدی از خورشید از کل انرژی‌های تجدیدپذیر آلمان ۱۳۰
- جدول شماره (۱۳-۴): ظرفیت برق خورشیدی در آمریکا ۱۳۱
- جدول شماره (۱۴-۴): سهم برق تولیدی از خورشید از کل انرژی‌های تجدیدپذیر آمریکا ۱۳۱
- جدول شماره (۱۴-۴): تعیین اهداف سیستم‌های فتوولتائیک در کشور ۱۳۵
- جدول شماره (۱-۵): فن‌آوری‌های مرتبط با قسمت‌های مختلف حوزه سلول‌های خورشیدی و تعداد آنها در لایه‌های مختلف ۱۵۰
- جدول شماره (۲-۵): میزان جذابیت و توانمندی فن‌آوری‌های سلول‌های خورشیدی ۱۶۶
- جدول شماره (۳-۵): ماتریس تصمیم‌گیری انتخاب روش مناسب اکتساب فن‌آوری ۱۷۰
- جدول شماره (۴-۵): میزان جذابیت و توانمندی فن‌آوری‌های سلول‌های خورشیدی ۱۷۹
- جدول شماره (۱-۶): انواع نقشه راه بر اساس هدف و فرمت ۲۰۰

مقدمه ناشر

انرژی و منابع تامین آن یکی از چالش‌های مهم پیش روی نسل حال و آینده است. اثرات زیست محیطی سوخت‌های فسیلی، منابع محدود و غیر قابل توسعه منابع آبی (برق آبی)، تغییرات غیر قابل کنترل جریان‌های باد، جهت تامین انرژی آن، از جمله محدودیت‌های توسعه منابع انرژی هستند. در این میان خورشید به عنوان بزرگترین، مطمئن‌ترین و پایدارترین منبع انرژی خودنمایی می‌نماید. در میان ده‌ها روش استفاده از انرژی خورشیدی، استفاده از سلول‌های خورشیدی (فتوولتائیک) روشی ساده، مطمئن و پایدار برای تامین انرژی به صورت برق می‌باشد. کتاب حاضر پس از انجام یک مطالعه عمیق در رابطه با تدوین نقشه راه فناوری سلول‌های خورشیدی در ایران به تألیف رسیده است که می‌تواند تامین‌کننده بسیاری از نیازهای علمی دانشجویان و پژوهشگران این صنعت و نیز کلیدی مؤثر در دست سیاست‌گذاران این بخش از صنایع کشور باشد. مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران با این باور که چاپ و نشر این گونه کتب باعث توسعه فناوری‌های کلیدی در کشور می‌باشد، با همکاری پژوهشگاه مواد و انرژی اقدام به چاپ این اثر نموده است.

علی اصغر نوفیق

مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران

مقدمه مؤلف

امروزه در هر کشور چه در سطح خرد و چه در سطح کلان تخصیص مناسب منابع مائی، نیروی انسانی و تجهیزات جهت نیل به چشم‌انداز و اهداف، مستلزم داشتن برنامه‌ای مشخص و منسجم است. پیچیدگی روزافزون فعالیت‌ها و محیط شدیداً متغیر و متلاطم جهان امروز، سیاست‌گذاران را با آن چنان دشواری‌هایی مواجه ساخته که کوچکترین غفلت آنها نسبت به روندها و تحولات آتی و بازارها پیامدهایی غیرقابل جبران به دنبال خواهد داشت. مشاهده کشورهای موفق که در نتیجه اتخاذ راهبردهای نسنجیده در ارتباط با محیط، موقعیت برجسته خود را از دست داده‌اند موید این نکته می‌باشد. در سالیان اخیر، دلایل متعددی باعث شده تا سیاست‌گذاران به فراست دریابند که برنامه‌ریزی به شکل غیرنظام مند دیگر قادر به حل مشکلات آنها نخواهد بود و بهره‌گیری از برنامه‌های منسجم علمی به عنوان یک ضرورت در جوامع، دولت‌ها و سازمان‌ها مطرح شده است. از این روی استفاده از یک برنامه منسجم در راستای توسعه فناوری سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی (تولید برق) به عنوان یک ضرورت برای توسعه پایدار کشور احساس می‌گردد.

به منظور بررسی پیشنهاد چگونگی توسعه فناوری‌های مربوط به سلول‌های فتوولتائیک، مطالعه حاضر انجام و نتایج در شش فصل به شرح زیر ارائه شده است:

- ارزیابی وضعیت صنعت برق ایران
 - ارزیابی توانمندی دانش فنی کشور در سلول‌های فتوولتائیک
 - بررسی قوانین و سیاست‌های حمایتی کشور در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر (و سلول‌های فتوولتائیک)
 - تعیین اهداف کمی سلول‌های فتوولتائیک در بازه‌های زمانی چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴
 - شناسایی و اولویت‌بندی فن‌آوری‌های سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی
 - ترسیم مسیر (نقشه‌ی) راه فن‌آوری سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی
- روش‌شناسی تحقیق حاضر در ۶ مرحله فوق‌بدین شرح است:

تدوین مسیر راه فن‌آوری سلول‌های فتوولتائیک کشور نیازمند پیش‌نیازهایی است تا فن‌آوری‌های کلیدی، برنامه‌ها و سیاست‌های پشتیبان آن به درستی مشخص گردد. در این راستا و در گام نخست وضعیت صنعت برق ایران ارزیابی می‌شود. این مرحله از سه بخش اصلی زیر تشکیل شده است:

- شناسایی میزان و روند تولید و مصرف برق در کشور
- وضعیت رشد و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا و ایران
- تعیین سهم فتوولتائیک در میزان برق تولیدی کشور و نیز وضعیت منابع اولیه آن در کشور

در گام بعدی توانمندی دانش فنی کشور در سلول‌های فتوولتائیک مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در راستای بررسی و ارزیابی توانمندی دانش فنی کشور در حوزه فتوولتائیک، شناسایی بازیگران اصلی در این حوزه از اهمیت بالایی برخوردار است. بازیگران اصلی خود به چند گروه تقسیم می‌شوند: برخی از بازیگران در زمینه سیاست‌گذاری، تنظیم و تسهیل‌گری فعالیت می‌کنند. هدف‌گذاری‌های پنج‌ساله و راهکارهای دستیابی به اهداف، تعیین رویه‌ها و آماده‌سازی زیرساخت‌ها توسط این گروه‌ها انجام می‌گیرد. در سوی دیگر بازیگرانی وجود دارند که دانش فنی مورد نیاز را ایجاد نموده و در تجربه ارزش صنعت فعال هستند. با معرفی و ارزیابی توانمندی بازیگران موجود، نیازهای فن‌آورانه این صنعت برای محقق ساختن سیاست‌های کلان کشور در این حوزه فراهم می‌آید.

در ادامه قوانین و سیاست‌های حمایتی کشور در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر (و سلول‌های فتوولتائیک) بررسی شده است. در این‌گام، از منظر قانون به انرژی‌های نو (ب‌طور خاص فتوولتائیک) نگاه می‌شود. با بررسی اسناد و قوانین بالاست، سیاست‌ها و قوانینی که در راستای حمایت و توسعه این حوزه هستند شناسایی می‌شوند. با توجه به وجود اسناد ارزشمندی همچون سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور و اسناد پشتیبان آن مانند برنامه‌های پنج‌ساله چهارم و پنجم توسعه، الزامات و سیاست‌های مرتبط با این حوزه که در راستای حمایت و توسعه حوزه فتوولتائیک کشور می‌باشد به عنوان ابزاری برای تدوین و توسعه سیاست‌های پشتیبان در تدوین مسیر راه فن‌آوری استخراج شده است.

در گام بعد اهداف کمی سلول‌های فتوولتائیک در بازه‌های زمانی چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴

به منظور مشخص نمودن ابعاد توسعه این فن آوری در این بازه زمانی و تاثیر آن در تدوین مسیر راه فن آوری سلول‌های فتوولتائیک تعیین شده است. به منظور تدوین اهداف کوتاه‌مدت، میان مدت و بلند مدت در ارتباط با سهم سلول‌های فتوولتائیک از تولید انرژی کشور فرایندی مطابق با آنچه که در ادامه بیان می‌گردد طی شده است. در مرحله نخست استاد بالادست در حوزه انرژی کشور و به طور خاص سند چشم‌انداز کشور، اسناد پشتیبان سند چشم‌انداز و به طور خاص برنامه پنجم توسعه مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج بررسی انرژی‌های تجدیدپذیر (خصوصاً فتوولتائیک) کشور ارائه شده است. در ادامه به منظور آگاهی از اهداف سایر کشورها در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و فتوولتائیک مطالعه جامعی از تلاش سایر کشورها صورت گرفته است. در این مطالعه اهداف سایر کشورها، اقدامات و سیاست‌های پشتیبان آنها به منظور دستیابی به اهداف تعیین شده بیان می‌گردد. در نهایت با تحلیل نتایج حاصل از مطالعه اسناد بالادست و مطالعه تطبیقی سایر کشورها، پرسشنامه جامعی تدوین و به خبرگان ارائه گردید تا اهداف کوتاه‌مدت، میان مدت و بلند مدت در ارتباط با سهم سلول‌های فتوولتائیک کشور مشخص گردد.

در ادامه به شناسایی و اولویت‌بندی فن آوری سلول‌های فتوولتائیک پرداخته شده است. این فرایند به شناسایی فن آوری سلول‌های خورشیدی و سپس تهیه نقشه راه فن آوری سلول‌های فتوولتائیک منجر می‌گردد. با توجه به اینکه فن آوری سلول خورشیدی، از نوع فن آوری محصول هستند و همچنین این مطالعه در سطح ملی انجام می‌گیرد، لذا از روش نگاشت فن آوری استفاده شده است. نتایج به دست آمده از ارزیابی توانمندی فن آوری‌های شناسایی شده و نیز ارزیابی جذابیت فن آوری‌ها با توجه به شاخص‌های مورد تأیید خبرگان بررسی می‌گردد. شناسایی فن آوری عبارت است از تهیه لیستی از فن آوری‌های موجود و فن آوری‌های جدیدی که در حال ظهور هستند. سلول خورشیدی فن آوری بسیط نبوده و حوزه‌ای از انواع فن آوری‌ها و کاربردها می‌باشد. لذا نیاز است تا تمامی فن آوری‌هایی که در این حوزه قرار می‌گیرند شناسایی گردند. شناسایی فن آوری سلول‌های خورشیدی به روش نگاشت فن آوری انجام شده است. فن آوری‌های فتوولتائیک به صورت نسل اول، دوم یا سوم طبقه‌بندی می‌شوند. فن آوری نسل نخست سلیکون کریستالی پایه (C-Si) است، نسل دوم شامل فن آوری‌های فیلم نازک و نسل سوم شامل فتوولتائیکز متمرکزساز، ارگانیکز و

فن‌آوری‌های دیگری است که تاکنون در سطح گسترده تجاری نشده‌اند. در انتهای این بخش از مطالعه اولویت‌های فن‌آوری‌های سلول‌های فتوولتائیک تعیین شده و میزبان جذابیت و امکان‌پذیری سلول‌های خورشیدی مشخص شده است. در نهایت بنا بر مدل ارائه شده روش اکتساب فن‌آوری‌های کلیدی سلول‌های فتوولتائیک حاصل شده است.

آخرین مرحله از این مطالعه ترسیم مسیر (نقشه‌ی) راه فن‌آوری سلول‌های خورشیدی می‌باشد. در این فصل بر مبنای اطلاعات به دست آمده از فصل‌های قبلی و بر اساس مدل اجرایی انجام کار، راهبردهای توسعه فن‌آوری حوزه سلول فتوولتائیک ارائه می‌شود. در این مرحله بر اساس وضعیت موجود شناسایی شده کشور در حوزه انرژی خورشیدی (فصل اول مطالعه)، بررسی توانمندی دانش فنی کشور در سلول‌های فتوولتائیک (فصل دوم مطالعه)، قوانین و سیاست‌های حمایتی کشور در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و بطور خاص سلول‌های فتوولتائیک (فصل سوم مطالعه)، اهداف کمی سلول‌های فتوولتائیک در بازه‌های زمانی چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴ (فصل چهارم مطالعه) و با توجه به فن‌آوری‌های سلول‌های فتوولتائیک شناسایی شده و روش اکتساب آنها (فصل پنجم مطالعه) مسیر راه فن‌آوری سلول‌های فتوولتائیک ترسیم می‌گردد (فصل ششم مطالعه).

پس از ارزیابی توانمندی - جذابیت فن‌آوری‌های راهبردی و پردازش اطلاعات به دست آمده، نوبت به تجزیه و تحلیل اطلاعات می‌رسد. پس از تعیین جذابیت و توانمندی (امکان‌پذیری) دستیابی به فن‌آوری‌های سلول‌های خورشیدی و همچنین روش اکتساب و دستیابی به فن‌آوری‌های اولویت دار، جهت ترسیم نقشه راه فن‌آوری سلول‌های خورشیدی لازم است تا الزامات فن‌آورانه در طراحی و ساخت، اولویت‌های فن‌آوری و زمان مورد نیاز شناسایی و تعیین گردد. در این بخش علاوه بر مشخص نمودن چنین مواردی، ابتدا اولویت‌هایی سرمایه‌گذاری در حوزه سلول‌های خورشیدی مشخص گردیده و در انتها نیز نقشه راه فن‌آوری سلول‌های فتوولتائیک ترسیم شده است. امید است این مطالعه پاسخ‌گوی نیازهای اولیه دولت مردان در توسعه فن‌آوری سلول‌های فتوولتائیک در کشور باشد. بدیهی است این کار دارای نواقص و کاستی‌هایی خواهد بود که امید است خوانندگان گرامی اینجانب را از آن مطلع نمایند تا در مطالعات بعدی مدنظر قرار گیرد.

در پایان جا دارد که از همکاران محترم کانون هماهنگی کاربرد سلول‌های خورشیدی،

معاونت محترم علمی و فن آوری ریاست جمهوری و مدیران گرانقدر ایشان که در انجام این مطالعه مرا یاری نموده اند تشکر و قدردانی نمایم. انجام این مطالعه و تدوین کتاب بدون همکاری جدی آقای مهندس مجید صمصامی و آقای مهندس محمد مجاهدی میسر نبود که جای قدردانی ویژه دارد.

نقش مؤثر سرکار خانم مهندس سایه مهرکیان در ایجاد هماهنگی بین اعضای تیم تحقیقاتی و اعضا کانون غیرقابل انکار است که از ایشان تشکر می گردد.

دکتر علی اصغر توفیق

رئیس کانون کاربرد سلول های خورشیدی

و

رئیس پژوهشگاه مواد و انرژی