

## تدوین ساختار نقشه‌ی راه فن آوری انرژی

غلامعلی رحیمی<sup>۱\*</sup>، حامد حوری جعفری<sup>۲</sup>، مؤسسه‌ی مطالعات بین‌المللی انرژی

## چکیده

امروزه فن آوری و تغییرات آن به‌عنوان ابزاری برای خلق ثروت و رقابت‌پذیری در کسب و کار سازمان‌ها نقش‌های حیاتی پیدا کرده و مدیریت صحیح آن می‌تواند دستاوردهای ارزشمندی برای سازمان‌ها در پی داشته باشد. در چنین فضایی که فن آوری به یکی از مهم‌ترین عوامل خلق ارزش تبدیل شده، شناخت و درکی مناسب از فن آوری و مدیریت کارا و مؤثر و همچنین برنامه‌ریزی برای رشد و توسعه‌ی مناسب آن برای سازمانی که میل به بقا و سرآمدی دارد ضروری است. یکی از اهداف مدیریت فن آوری حصول اطمینان از به‌کارگیری مناسب فن‌آوری‌هایی است که سود شرکت را بهینه کنند. در این زمینه مدیران فن آوری نیازمند ابزارهایی هستند تا اطمینان حاصل کنند فن‌آوری‌های موجود و بالقوه‌ی سازمان، در راستای نیازها و اهداف حال و آینده‌ی سازمان است. به‌عبارتی اطمینان از اینکه فن‌آوری‌های سازمان با اهداف استراتژیک و عملیاتی سازمان هم‌راستا است. در این مسیر یکی از مهم‌ترین و منعطف‌ترین ابزارهای برنامه‌ریزی نقشه‌ی راه است. تعیین اولویت‌های توسعه‌ی فن آوری برای تمامی کشورها مهم است. اما این مسأله برای کشورهای کمتر توسعه‌یافته یا در حال توسعه که از لحاظ محدودیت منابع قادر به سرمایه‌گذاری گسترده در امر توسعه‌ی فن آوری نیستند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در واقع نقشه‌ی راه ابزاری است برای پاسخ به سه سؤال اساسی؛ کجا هستیم، می‌خواهیم به کجا برسیم و چگونه می‌خواهیم مسیر را طی کنیم؟ برای رسیدن به این اهداف ترسیم نقشه‌ی راه شامل تعیین دقیق اهداف و مسیرهای مختلف برای رسیدن به آنها و کمک به تمرکز منابع بر فعالیت‌های کلیدی مورد نیاز ضروری خواهد بود. نقشه‌ی راه انواع و کاربردهای متنوعی دارد و می‌تواند برای مقاصد متفاوتی رسم شود. یکی از انواع نقشه‌ی راه، نقشه‌ی راه فن آوری است که موضوع اصلی آن را فن آوری شکل می‌دهد. بر اساس مطالعات، نقشه‌ی راه فن آوری به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای برنامه‌ریزی فن آوری یا تحقیق و توسعه در دنیا شناخته شده است.

## مقدمه

گام‌های کلی که در اغلب مطالعات به‌عنوان مراحل مشترک برنامه‌ریزی فن آوری، تحقیق و توسعه مشاهده می‌شود شامل موارد زیر است:

- به تصویر کشیدن آینده‌ی مطلوب با تعریف یا تبیین چشم‌انداز و اهداف کلیدی
- شناسایی چالش‌ها، محدودیت‌ها و نیازهای فن‌آورانه برای رسیدن به آینده‌ی مطلوب
- شناسایی راهکارهای فن‌آورانه برای مقابله با چالش‌ها یا پرکردن شکاف فن‌آورانه
- تعیین حوزه‌های استراتژیک فن آوری و تعریف سرفصل‌های تحقیقاتی

با توجه به رویکردهای کشش بازار و فشار فن آوری، نقشه‌های راه فن آوری می‌توانند اشکال متفاوتی داشته باشند. عمومی‌ترین و انعطاف‌پذیرترین رویکرد در توسعه‌ی نقشه‌های راه فن آوری رسم نموداری بصری چندلایه مبتنی بر زمان است که دربرگیرنده‌ی دید فنی و تجاری سازمان است. این ساختار لایه‌ای و مبتنی بر زمان موجب می‌شود دیدگاه‌ها و کارکردهای وظیفه‌ای مختلف در

## اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۱۰/۱۸

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۱۰/۲۳

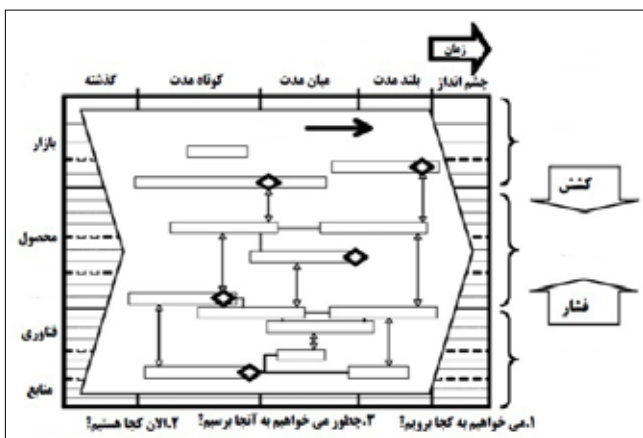
تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۱۰/۱۴

## واژگان کلیدی:

ساختار، نقشه‌ی راه، فن آوری، انرژی، نفت و گاز

سازمان همسو شوند [۱].

چارچوب نقشه‌ی راه به‌عنوان چارچوبی پویا می‌تواند از یک کسب و کار به کسب و کاری دیگر دچار تغییراتی شود. در واقع تعداد لایه‌ها و بُعد زمانی نقشه‌ی راه فن آوری با توجه به نیاز سازمان به جزئیات، پویایی‌های صنعت، ساختار و اندازه‌ی سازمان و سایر



۱ | طبقه بندی نقشه‌ی راه فن آوری از منظر هدف و قالب

\* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (alirahimigh2000@yahoo.com)

### ۱- فرآیند تدوین نقشه‌ی راه فن آوری [۱۵]

این بخش مروری بر سه مرحله‌ی فرآیند تدوین نقشه‌ی راه فن آوری است: مرحله‌ی اول فعالیت‌های پایه‌ای و اساسی است. مرحله‌ی دوم توسعه‌ی نقشه‌ی راه فن آوری و مرحله‌ی سوم ادامه دادن و استفاده از نقشه‌ی راه فن آوری است. خلاصه‌ی این فرآیند سه مرحله‌ای به شرح زیر است:

#### مرحله‌ی اول: فعالیت‌های پایه‌ای

- فراهم کردن شرایط ضروری
- فراهم کردن رهبری/ضمانت
- تعیین محدوده‌ها و مرزهایی برای نقشه‌ی راه فن آوری

#### مرحله‌ی دوم: توسعه‌ی نقشه‌ی راه فن آوری

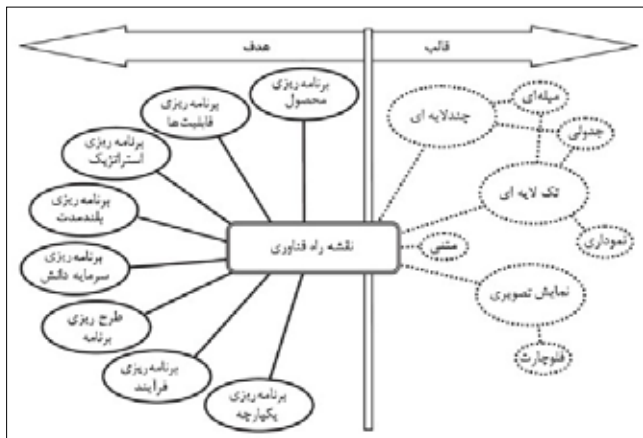
- شناسایی محصولی که باید در نقشه‌ی راه بر آن تمرکز شود.
- شناسایی نیازمندی‌های مهم سیستم و اهداف آنها
- تعیین حوزه‌های اصلی فن آوری
- تعیین گردانندگان فن آوری و اهداف آنها
- تعیین جایگزین‌های فن آوری و خط زمانی (نمودار گانت<sup>۲</sup>) آنها
- معرفی جایگزین‌های فن آوری که باید دنبال شوند
- ایجاد گزارش نقشه‌ی راه فن آوری

#### مرحله‌ی سوم: فعالیت‌های پیگیری

- انتقاد و اعتبار دادن به نقشه‌ی راه
- توسعه‌ی طرحی اجرایی
- مرور و به‌روزر کردن

### ۱-۱- مرحله‌ی اول: فعالیت‌های پایه‌ای

در این مرحله تصمیم‌گیران مهم و کلیدی باید مشکلی را تشخیص



شکل ۲ | چارچوب عمومی نقشه‌ی راه

تجارب استراتژیک، قابل سفارشی شدن و کم و زیاد شدن است. فال و همکاران چارچوب نقشه‌ی راه فن آوری را شامل چهار لایه‌ی بازار، محصول، فن آوری و منابع در نظر گرفتند و در سال ۲۰۰۹ لایه‌ی فن آوری و منابع را با یکدیگر ادغام کردند. این نشان‌دهنده‌ی یویایی‌ها و قابلیت سفارشی‌سازی این ابزار است.

نقشه‌ی راه با اهداف مختلف و در سطوح مختلف (ملی، صنعت و بنگاه) قابل استفاده است و از منظر قالب، هدف و سطح کاربرد، الگوهای متفاوتی دارد. انتخاب الگویی نامناسب ممکن است از کارایی این ابزار توانمند بکاهد. فال و همکاران رویکردهای مختلف تهیه‌ی نقشه‌ی راه را از منظر هدف و قالب بررسی کرده‌اند و نقشه‌های راه را طبق هر یک از منظرهای هدف در هشت دسته به شرح زیر طبقه‌بندی کرده‌اند [۲].

نقشه‌ی راه فن آوری از منظر هدف به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود [۴]:

■ **برنامه‌ریزی محصول:** این نقشه‌ی راه معروف‌ترین و متداول‌ترین نوع نقشه‌ی راه فن آوری است که فن آوری‌های مختلف را با محصولات گوناگون مرتبط می‌کند.

■ **برنامه‌ریزی قابلیت/خدمات:** این نوع نقشه‌ی راه بیشتر برای سازمان‌های خدماتی مناسب است و بر اینکه چگونه فن آوری، توانایی‌ها و قابلیت‌های سازمان را حمایت می‌کند متمرکز است.

■ **برنامه‌ریزی استراتژیک:** این نقشه‌ی راه بر توسعه‌ی چشم‌انداز آینده‌ی کسب و کار بر حسب بازار، کسب و کار، محصول، فن آوری، مهارت و ... تمرکز می‌کند. در این مدل با مقایسه‌ی موقعیت فعلی با چشم‌انداز آینده، شکاف‌ها شناسایی شده و گزینه‌های استراتژیک برای پر کردن آنها استخراج می‌شوند.

■ **برنامه‌ریزی بلندمدت:** این دسته که طول برنامه‌ریزی را توسعه می‌دهد اغلب در سطح منطقه‌ای یا ملی استفاده می‌شود و به‌عنوان راداری برای سازمان‌ها جهت شناسایی بازارها و فن آوری‌های بالقوه به کار می‌رود.

■ **برنامه‌ریزی دانش و توانمندی‌ها:** این نقشه‌ی راه بر هم‌راستا کردن سرمایه‌ی دانش و ابتکارات مدیریت دانش با اهداف کسب و کار متمرکز است.

■ **طرح‌ریزی برنامه (برنامه‌ریزی پروژه):** این دسته بر اجرای استراتژیک تمرکز دارد و بیشتر به برنامه‌ریزی پروژه مربوط می‌شود. ■ **برنامه‌ریزی فرآیند:** این نوع نقشه‌ی راه مدیریت دانشی را حمایت می‌کند که بر محدوده‌ی خاصی از فرآیند تمرکز دارد.

■ **برنامه‌ریزی یکپارچه:** این نوع نقشه‌ی راه بر یکپارچگی و تکامل فن آوری‌ها بر حسب اینکه چگونه فن آوری‌های متفاوت در داخل یک محصول یا سیستم ترکیب می‌شوند یا به شکل فن آوری جدیدی درمی‌آیند تمرکز دارد.

از جانب گروهی باشد که به دنبال اجرای واقعی و سودرسانی آن هستند. این برای نقشه‌ی راه فن‌آوری در سطح شرکت بدان معناست که سازمان صف<sup>۵</sup> (رویه‌ای ساده جهت اداره‌ی سازمان است که در آن اختیارات از سطح بالا تا سطح پایین سازمان در جریان است)، مسئول اداره‌ی فرآیند مسیرنمایی و بهره‌گیری از آن برای اتخاذ تصمیماتی جهت تخصیص منابع است. این برای یک نقشه‌ی راه فن‌آوری صنعت بدان معناست که صنعت باید این تلاش‌ها را هدایت کند؛ اگرچه مشتریان و تأمین‌کنندگان آن همراه با دولت و دانشگاه‌ها باید در مسیر توسعه، اعتباربخشی و اجرای نقشه‌ی راه فن‌آوری مشارکت کنند.

### ۱-۱-۳- تعیین محدوده و مرزهایی برای نقشه‌ی راه فن‌آوری

این گام تضمین می‌کند که محتوا و زمینه‌ی نقشه‌ی راه تعیین شده است. همچنین تضمین می‌نماید که صنعت یا شرکت نگرشی دارد؛ اینکه نقشه‌ی راهی می‌تواند این نگرش را حمایت کند. این امر مشخص می‌کند که چرا نقشه‌ی راه فن‌آوری مورد نیاز است، چگونه از آن استفاده می‌شود و در نهایت محدوده و مرزهای آن به وضوح تا کجاست؟ یک نقشه‌ی راه با مجموعه‌ای از نیازها آغاز می‌گردد و استفاده‌ی مد نظر از آن، افق برنامه‌ریزی و سطح جزئیات را مشخص می‌کند. افق زمانی برای نقشه‌ی راه‌ها متغیر است اما برای نقشه‌ی راه صنعت این افق زمانی حداقل ۱۵-۱۰ سال است. اگرچه هر ۵-۳ سال نقاط بینابینی وجود دارد. ممکن است نقشه‌ی راه‌های شرکت افق زمان کوتاه‌تری داشته باشند. این گام برای مسیرنمایی هم در سطح شرکت و هم در سطح صنعت مهم است. به دو دلیل زیر نقشه‌ی راه در سطح صنعت مشکل‌تر، پیچیده‌تر و زمان‌برتر است:

- تعداد زیادی از سطوح نیاز باید تجزیه شده و سطوح مختلفی از محصولات، زیرسیستم‌ها یا اجزا باید مسیرنمایی گردند. سطح انتخاب شده باید مشترکاتی برای شرکای مختلف داشته باشد.
- به دلیل اینکه شرکت‌ها نمی‌دانند چگونه همکاری مؤثری داشته باشند، این گام و دو گام قبل شامل تلاش‌هایی برای یادگیری هستند و این مرحله از مسیرنمایی صنعت حداقل شش ماه به طول می‌انجامد. این امر شامل مشارکت سازمانی فراگیر صنعت از قبیل کنسرسیوم یا انجمنی تجاری است که می‌تواند سرعت و کارایی فرآیند را بهبود داده و گاهی اوقات حمایت‌هایی از منابع فراهم آورد.

### ۱-۱-۲- مرحله‌ی دوم: توسعه‌ی نقشه‌ی راه فن‌آوری

این مرحله شامل هفت گام است که جهت ایجاد نقشه‌ی راه فن‌آوری واقعی برای نقشه‌ی راه‌های فن‌آوری شرکتی و صنعتی

دهند و درک کنند که نقشه‌ی راه فن‌آوری می‌تواند در حل این مشکل به آنها کمک کند. آنها باید تصمیم بگیرند که چه چیزی مسیرنمایی<sup>۲</sup> می‌شود و اینکه نقشه‌ی راه فن‌آوری چگونه می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری به آنها کمک کند. پذیرش و پشتیبانی<sup>۴</sup> (خرید سهام توسط کارگزار) این تصمیم‌گیرندگان برای به دست آوردن منابع مورد نیاز برای ایجاد نقشه‌ی راه و تمایل جهت استفاده از آن بسیار مهم است. این فرآیندی تکراری است؛ زیرا با تکامل محدوده‌ی نقشه‌ی راه، پشتیبانی آنها نیز باید حفظ شود. یک پیامد نامطلوب اینست که افراد مختلف نتایج متفاوتی را انتظار دارند و همه‌ی آنها باید دست‌کم به صورت جزئی راضی شوند. گام‌های این مرحله کمی تضمین می‌کند که این پشتیبانی‌های ضروری انجام خواهد شد. به هر حال این پشتیبانی‌ها باید طی دو مرحله‌ی بعد حفظ شوند.

### ۱-۱-۱- فراهم کردن شرایط ضروری

برای توفیق تلاش‌های مسیرنمایی فن‌آوری باید برخی شرایط ایجاد شوند. این گام شامل بررسی جهت تضمین ایجاد شرایط یا تضمین آنست که شخصی وجود دارد تا اقدامات لازم را برای ایجاد آنها انجام دهد. هر چند شرایط مورد نیاز برای مسیرنمایی فن‌آوری شرکتی یا صنعتی تشابهاتی دارند اما یکسان نیستند:

- باید درکی از نیازها برای نقشه‌ی راه فن‌آوری و توسعه‌های مرتبط وجود داشته باشد. اگرچه برای گروهی بسیار بزرگ‌تر باید درکی از نیازهای نقشه‌ی راه صنعتی وجود داشته باشد.
- تلاش‌های مسیرنمایی فن‌آوری نیازمند ورود و مشارکت چندین گروه مختلف است تا دیدگاه‌ها و افق‌های برنامه‌ریزی مختلفی را به فرآیند وارد کنند.
- فرآیند مسیرنمایی فن‌آوری شرکت نیازمند مشارکت اجزای مختلف سازمان (مثلاً بازاریابی، تولید، تحقیق و توسعه، برنامه‌ریزی و...) و مشتریان و تأمین‌کنندگان اصلی است.
- فرآیند مسیرنمایی فن‌آوری صنعت نیازمند مشارکت اعضای صنعت، تأمین‌کنندگان و مشتریان آن دولت و دانشگاه‌هاست. بهتر است تمرکز روی حوزه‌ی نیازهای مشترک باشد.
- بهتر است فرآیند مسیرنمایی فن‌آوری نیازمحور باشد تا راه‌حل‌محور. باید مشخصات روشن و واضحی از حدود تلاش‌ها وجود داشته باشد؛ اینکه چه چیزی در محدوده‌ی نقشه‌ی راه فن‌آوری وجود دارد یا چه چیزی در آن محدوده نیست و اینکه چگونه از نقشه‌ی راه استفاده می‌کنند.

### ۱-۱-۲- فراهم کردن رهبری/ضمانت

به دلیل زمان و تلاشی که درگیر مسیرنمایی است باید رهبری/حمایت نیز وجود داشته باشد. علاوه بر این، رهبری/حمایت باید

کنند (به جز فرآیندهای جزئی و ناچیز)، باید نیازمندی‌های ضروری سیستم را بشناسند. مثال‌هایی از نیازمندی‌های ضروری سیستم برای یک وسیله نقلیه با انرژی کارآمد شامل مایل به‌ازای هر گالن<sup>۶</sup>، قابلیت اطمینان، ایمنی و هزینه است.

### ۱-۲-۳- تعیین حوزه‌های اصلی فن‌آوری

حوزه‌های اصلی فن‌آوری می‌توانند نیازمندی‌های ضروری سیستم را برای محصولات تأمین کنند. مثال‌هایی از حوزه‌های فن‌آوری برای رسیدن به هدف ۸۰ مایل بر گالن تا سال ۲۰۰۵ در خودرویی کم‌مصرف عبارتند از مواد، کنترل‌کننده‌های موتور، سنسورها، مدل‌سازی و شبیه‌سازی.

### ۱-۲-۴- تعیین گردانندگان فن‌آوری و اهداف آنها

در این مرحله نیازمندی‌های ضروری سیستم برای حوزه‌های خاص فن‌آوری به گردانندگان (راه‌اندازهای) فن‌آوری محور تغییر می‌یابند. این گردانندگان فن‌آوری متغیرهای ضروری هستند که تعیین می‌کنند کدام جایگزین‌های فن‌آوری انتخاب شوند. برای حوزه فن‌آوری مواد، مثال‌هایی برای گرداننده فن‌آوری می‌تواند شامل وزن وسیله نقلیه و گرمای قابل قبول موتور باشد. در حالی که برای حوزه فن‌آوری کنترل موتور، گرداننده فن‌آوری می‌تواند زمان چرخه برای کنترل کامپیوتری موتور باشد. گردانندگان فن‌آوری به حوزه فن‌آوری در نظر گرفته شده بستگی دارند. آنها به چگونگی سوق یافتن نیازمندی‌های ضروری سیستم توسط فن‌آوری وابسته هستند. در اینجا اهداف گرداننده فن‌آوری بر اساس اهداف نیازمندی‌های ضروری سیستم تنظیم می‌شود. اهداف گرداننده فن‌آوری تعیین می‌کند که گزینه‌های دوام فن‌آوری تا چه حد باید توانایی اجرا شدن در تاریخی خاص را داشته باشند. مثلاً برای ۸۰ مایل به‌ازای هر گالن در سال ۲۰۰۵ (نیاز سیستم)، فن‌آوری کنترل ماشین شاید نیاز داشته باشد که قادر به مقابله با تعداد  $x$  متغیر و تنظیم متغیرهای موتور در هر  $y$  میلی‌ثانیه باشد که احتیاج به دانستن زمان چرخه‌ی پردازشگر ( $z$ ) دارند (یعنی اهداف گرداننده فن‌آوری).

### ۱-۲-۵- تعیین جایگزین‌های فن‌آوری و بازه‌ی زمانی آنها

پس از تعیین گردانندگان فن‌آوری و اهداف آنها، جایگزین‌های فن‌آوری که می‌توانند به آن اهداف برسند شناسایی می‌گردند. یک هدف دشوار شاید نیاز به پیشرفت‌های ناگهانی در چند فن‌آوری داشته باشد یا یک فن‌آوری ممکن است روی چند هدف اثر بگذارد. برای هر جایگزین و گزینه فن‌آوری شناسایی شده، نقشه‌ی راه باید بازه‌ی زمانی را نیز تخمین بزند تا مشخص شود که چگونه

مشابه است اما نیازمندی‌های منابع و زمان برای نقشه‌ی راه صنعتی بسیار بیشتر است. در هر دو مورد وجود تیم‌ها یا گروه‌های کاری برای توسعه‌ی محتوای نقشه‌ی راه ضروری است.

### ۱-۲-۱- شناسایی محصولی که تمرکز نقشه‌ی راه بر آن خواهد بود

گام حیاتی در مسیرنمایی یافتن شرکا برای شناسایی و موافقت در خصوص نیازهای مشترک محصول است. مثلاً وسیله نقلیه‌ای با انرژی کارآمد. این موافقت برای پشتیبانی و پذیرش فرآیند مسیرنمایی اهمیت دارد. بسته به نوع پیچیدگی محصول ممکن است نقشه‌ی راه بر اجزا و سطوح بسیاری تمرکز کند. انتخاب محل تمرکز مناسب بسیار مهم است.

اگرچه در مورد نیازهای محصول عدم قطعیت بسیار زیاد است اما برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریوسازی می‌تواند کمک‌کننده باشد. مثلاً روی وسیله نقلیه‌ای با انرژی کارآمد، سناریویی بر اساس یافتن نفت یا راه‌گشایی در یک فن‌آوری تجدیدپذیر می‌تواند تا حد قابل توجهی قیمت گاز یا دیگر سوخت‌ها را کاهش دهد. همچنین سناریویی دیگر مبتنی بر شوک نفتی (تغییر ناگهانی قیمت نفت) است که می‌تواند منبع و هزینه را تا حد قابل توجهی کاهش دهد. هر سناریو برای نقشه‌ی راه از لحاظ تأثیرگذاری بر یک نیاز یا تعداد بیشتری از نیازها باید معقول، پایدار و قابل مقایسه با سناریوهای دیگر باشد. تجزیه و تحلیل سناریو می‌تواند شامل موارد بسیاری باشد اما نباید بیش از حد بر آنها تأکید کرد یا به آنها اجازه‌ی هدایت نقشه‌ی راه را داد. نکته‌ی مهم اینست که سناریوها به‌خود خود کامل نمی‌شوند؛ آنها فقط ابزاری برای تحقیق در خصوص عدم قطعیت در محیط و بهبود کیفیت نقشه‌ی راه هستند.

سناریوها برای تعیین و شناسایی بهتر نیازها، خدمات یا محصولات استفاده می‌شوند. اگرچه ممکن است نیازهای سناریوهای مختلف، متفاوت باشند اما در بسیاری موارد در همه‌ی سناریوها نیازهای مشترکی در نظر گرفته می‌شود. در موارد دیگر ممکن است نیازی برای سناریویی خاص ضروری باشد که احتمال زیادی برای در نظر نگرفتن آن وجود دارد و برخی فعالیت‌ها در مورد این نیازها می‌تواند باعث ضمانت بیشتر گردد. در طول زمان هرچه عدم قطعیت نیازها تغییر کند تأکید بر فن‌آوری‌هایی که به این نیازها اشاره دارد می‌تواند کاهش یا افزایش یابد. این یکی از دلایل مرور دوره‌ای و به‌روز کردن نقشه‌ی راه و برنامه‌های اجرایی آن است.

### ۱-۲-۲- شناسایی نیازمندی‌های ضروری سیستم و اهداف آنها

نیازمندی‌های ضروری سیستم که قالبی کلی برای نقشه‌ی راه فراهم می‌کنند و ابعاد سطح بالایی هستند که فن‌آوری‌ها مربوط به آنهاست. زمانی که شرکا تصمیم گرفتند چه نیازهایی را مسیرنمایی

می‌شوند. در هر صورت فرآیند تدوین نقشه‌ی راه بهترین اطلاعات را جمع‌آوری نموده، آنها را یکی کرده و اجماعی از متخصصان زیادی تشکیل می‌دهد. علاوه بر این وقتی فرآیند مسیرنمایی (در سطح شرکت یا صنعت) اجرایی می‌شود در واقع تلاش‌های گروهی را آغاز کرده که به استفاده‌ی کارا تر و مؤثرتر از منابع سرمایه‌گذاری منجر می‌گردد.

### ۱-۲-۲-۲-۱ ایجاد گزارش نقشه‌ی راه فن‌آوری

در این مرحله نقشه‌ی راه (نقشه‌ی راه‌ها) توسعه یافته است. این گسترش یکی از اسناد درون گزارش نقشه‌ی راه خواهد شد. این گزارش می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- شناسایی و توصیف هر حوزه‌ی فن‌آوری و وضعیت جاری آن
- عوامل حیاتی (متوقف‌کنندگان اجرای نقشه‌ی راه) که اگر برآورده نشوند باعث شکست نقشه‌ی راه می‌گردد
- حوزه‌هایی که در نقشه‌ی راه به آنها اشاره نشده است
- پیشنهادهای فنی و تکنیکی
- پیشنهادهای اجرایی

این گزارش همچنین ممکن است شامل یک‌سری اطلاعات اضافی نیز باشد. مثلاً گزارش نقشه‌ی راه SIA شامل اطلاعاتی در مورد قابلیت‌هایی است که از میان مسائل اقتصادی/سیاسی و فن‌آوری‌های متعدد عبور می‌کند و بسیار بر پایگاه‌های R&D آمریکا تأثیرگذار است.

### ۱-۳-۱-۳-۱ مرحله‌ی سوم: فعالیت‌های پیگیری

با پشتیبانی و حمایت به‌موقع در مرحله‌ی اول، فعالیت‌های پیگیری آسان‌تر خواهد شد. بدون این پشتیبانی، ممکن نیست نقشه‌ی راه فن‌آوری مسائلی را بررسی کند که تصمیم‌گیران اساسی نیاز به حل آن دارند. در نتیجه ممکن است از نقشه‌ی راه استفاده نشود. به‌دلیل اینکه افراد نسبتاً کمی مشغول توسعه و ایجاد پیش‌نویس طرح نقشه‌ی راه فن‌آوری هستند طرح در این مرحله باید توسط گروه بسیار بزرگ‌تری که در هر کار اجرایی نقشی خواهند داشت نقد و بررسی، صحت‌گذاری و پذیرفته شود. یک طرح اجرایی باید با استفاده از اطلاعاتی که توسط فرآیند مسیرنمایی فن‌آوری ایجاد می‌شود برای ساخت و اجرای تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری مناسب توسعه یابد. در نهایت از آنجا که نیازها و فن‌آوری‌ها در حال توسعه‌اند نیازهای نقشه‌ی راه باید به‌صورت دوره‌ای مرور و به‌روز شوند.

### ۱-۳-۱-۱-۱ نقد، بررسی و اعتباربخشی به نقشه‌ی راه فن‌آوری

در مرحله‌ی دوم اگر چندین حوزه‌ی فن‌آوری در نظر گرفته شود

می‌تواند در تعامل با اهداف گرداننده فن‌آوری تکمیل گردد. زمانی که چندین فن‌آوری به‌طور موازی دنبال می‌شوند نقاط تصمیم‌گیری باید برای اینکه چه زمانی یک فن‌آوری به‌عنوان برنده در نظر گرفته شود یا چه زمانی برای ملاحظات بعدی از قلم بیافتد شناسایی گردد.

### ۱-۲-۱-۶ معرفی جایگزین‌های فن‌آوری که باید دنبال شوند

این گام زیرمجموعه‌ای از جایگزین‌های فن‌آوری را که باید دنبال شوند انتخاب می‌کند. این جایگزین‌های فن‌آوری از لحاظ هزینه، برنامه‌ی زمانبندی یا عملکرد با یکدیگر تفاوت دارند. ممکن است مسیری شما را سریع‌تر به آنجا برساند یا مسیر دیگری ارزان‌تر باشد. در حالی که ممکن است مسیر دیگری تا ۲۰ درصد عملکرد هدف را بهبود بخشد. با در نظر گرفتن روابط جایگزینی (تبادلات)، اگر فن‌آوری در مسیر بحرانی برای محصول یا خدمت نهایی قرار نگیرد ممکن است مسیر سریع‌تری رخ ندهد. در حالی که اگر در مسیر بحرانی قرار داشته باشد مسیر سریع‌تری و در زمانی کوتاه‌تر به بازار ارائه می‌شود که این یک مزیت رقابتی مهم است. در برخی موارد ممکن است پیشرفت ۲۰ درصدی در هدف حداقل عملکرد بسیار ارزش‌تر از صرف زمان اضافی یا هزینه باشد. در حالی که در برخی موارد دیگر اگر دیگری به‌صورت محدودیت‌های غالب ظاهر شود، امکان دارد دو برابر کردن عملکرد تأثیر چندانی بر ارزش محصول نهایی نداشته باشد. با توجه به سنجش فن‌آوری در مقابل تغییرات واقعی در سنجش محصول این امر بر تفاوت‌های بین بهبود ساده‌ی عملکرد تأکید می‌کند که منجر تغییر یک فن‌آوری می‌شود.

برای پیچیده‌تر کردن مسأله، ممکن است یک فن‌آوری خاص در مواجهه با اولین یا دومین هدف برای یک گرداننده به شما کمک کند اما نتواند اهداف بعدی را برآورده نماید. در حالی که ممکن است فن‌آوری دیگری اهداف اولیه را برآورده نکند اما برای پاسخگوی اهداف بعدی باشد. دومین فن‌آوری، مختل‌کننده<sup>۷</sup> نام دارد. یک فن‌آوری مختل‌کننده نمی‌تواند نیازهای حال را برآورده کند به‌همین دلیل اغلب به نفع فن‌آوری فعلی نادیده گرفته می‌شود. اگرچه در صورت پیشرفت، عملکرد بالقوه و نرخ پیشرفت آن از فن‌آوری فعلی که ممکن است سرانجام جایگزین آن شود بیشتر است. بدون وجود چشم‌اندازی وسیع‌تر که توسط نقشه‌ی راه (یا ابزارهای دیگر) فراهم آمده، فن‌آوری مختل‌کننده یا در حاشیه قرار می‌گیرد یا به‌طور کل نادیده گرفته می‌شود.

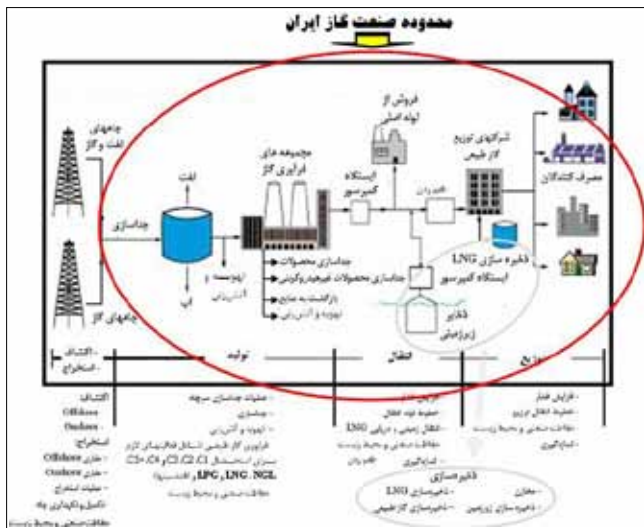
در بعضی موارد ممکن است ابزارهای مدل‌سازی و تحلیلی جهت تعیین اینکه باید چه جایگزینی برای فن‌آوری دنبال شود و چه موقعی باید به یک فن‌آوری متفاوت دیگر انتقال یابد، کمک کنند. در سایر موارد، تجزیه، تحلیل و تصمیم‌ها با نظر متخصص مشخص

کارخانه یا مبتنی بر نرخ‌ی باشد که فن‌آوری بر اساس آن در حال تغییر است.

## ۲- تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری انرژی

ساختار تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری انرژی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی استراتژیک بررسی می‌شود. در این راستا باید مراحل کلی زیر بررسی و ارزیابی گردند:

- بررسی اسناد بالادستی بخش انرژی کشور جهت به تصویر کشیدن آینده‌ی مطلوب با تعریف یا تبیین چشم‌انداز یا اهداف کلیدی
  - بررسی وضعیت موجود بخش انرژی به تفکیک منابع و ذخایر، فن‌آوری‌های مورد استفاده و تولیدات هر بخش
  - شناسایی و ارزیابی گزینه‌های فن‌آورانه‌ی در دسترس جهت نیل به اهداف بالادستی
  - شناسایی چالش‌ها، محدودیت‌ها و الزامات دسترسی به فن‌آوری مورد نیاز بخش انرژی کشور برای رسیدن به آینده‌ای مطلوب
  - شناسایی راهبردهای فن‌آورانه برای مقابله با چالش‌ها یا پر کردن شکاف فن‌آورانه
  - تعیین برنامه‌های اقدام دستیابی به فن‌آوری‌ها و تعریف سرفصل‌های تحقیقاتی
- مثلاً برای تدوین نقشه‌ی راه فن‌آورانه‌ی بخش گاز طبیعی ابتدا باید اسناد بالادستی و چشم‌انداز بخش گاز بررسی و ارزیابی شوند. سپس با شناسایی دقیق زنجیره‌ی عرضه‌ی گاز طبیعی، وضعیت موجود فن‌آوری‌های مورد استفاده در این بخش بررسی شده و با تحلیل شکاف میان وضعیت موجود و وضعیت مطلوب، راهکارهای بهینه جهت نیل به اهداف بلندمدت ارائه گردند.



شکل ۳ | محدوده‌ی صنعت گاز برای تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری

گروه نسبتاً کوچکی یا گروهی از متخصصان و افراد متخصص، پیش‌نویسی از یک یا چند نقشه‌ی راه فن‌آوری را توسعه می‌دهند. این کار باید به دو دلیل زیر توسط گروه بسیار بزرگ‌تری و با هدف اعتباربخشی و پشتیبانی اعمال شود:

- پیش‌نویس نیازمند مرور، نقد، بررسی و اعتباربخشی است. اگر جایگزین‌های پیشنهادی فن‌آوری توسعه داده شوند آیا به هدف دست خواهیم یافت؟ آیا جایگزین‌های فن‌آوری معقولند؟ آیا هیچ فن‌آوری مهمی از دست رفته است؟ آیا نقشه‌ی راه برای کسانی که درگیر تهیه‌ی پیش‌نویس نبوده‌اند واضح و قابل فهم است؟
- باید از شرکت یا گروه صنعتی بزرگ‌تری که درگیر اجرای طرح خواهند بود پشتیبانی گردد. با یک نقشه‌ی راه صنعتی، اغلب از یک کارگاه بزرگ و با ساختاری قوی برای فراهم کردن این بازخورد استفاده می‌شود. مفهوم این گام اصلاح و بازبینی ممکن نقشه‌ی راه است.

### ۱-۳-۲- توسعه‌ی یک طرح اجرایی

در این مرحله اطلاعات کافی برای انتخاب فن‌آوری و گرفتن تصمیمات جهت سرمایه‌گذاری بهتر وجود دارد. بر اساس جایگزین‌های پیشنهادی فن‌آوری، در نهایت یک طرح توسعه می‌یابد. در سطح شرکت، طرح اجرایی باید یک یا چند طرح پروژه‌ای باشد که بر اساس جایگزین‌های انتخابی فن‌آوری توسعه یابد. در سطح صنعت، همان نوع از طرح پروژه‌ای ممکن است توسط شرکا توسعه داده شود. اما همچنان نیازمند یک هماهنگی روشن و کامل است که اغلب از طریق یک انجمن صنعت انجام می‌شود. در موارد دیگر ممکن است یک طرح صنعت وجود نداشته باشد تنها طرح‌های پروژه‌ای شرکت توسط شرکا وجود داشته باشد.

### ۱-۳-۳- مرور و به‌روزرسانی

نقشه‌ی راه‌ها و طرح‌های فن‌آوری باید مرتباً مرور و به‌روزرسانی شوند که حین آن فرآیندی منظم و تکرارشونده اتفاق می‌افتد. با تهیه‌ی نقشه‌ی راه اولیه، قطعیت در چارچوب زمانی افزایش می‌یابد. در طول زمان همان‌طور که فن‌آوری‌های معینی کشف و بهتر درک می‌شوند ممکن است عدم قطعیت‌ها حوزه‌های دیگر افزایش یابد. اما برخی از این عدم قطعیت‌ها کاهش می‌یابد. همچنین اگر سناریوهایی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت استفاده شود امکان اصلاح و حتی حذف بعضی از آنها وجود دارد که می‌تواند بر نقشه‌ی راه یا طرح اجرایی آن اثر بگذارد. چرخه‌ی مرور و به‌روزرسانی باعث تنظیم نقشه‌ی راه و طرح اجرایی آن متناسب با این تغییرات می‌شود. چرخه‌ی مرور ممکن است بر اساس چرخه‌ی طبیعی برنامه‌ریزی یک

جهت روشن تر شدن موضوع تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری، در این بخش به ساختار کلی چند نمونه از نقشه‌ی راه‌های انجام شده توسط شرکت‌ها و مؤسسات بین‌المللی در مورد موضوعات مربوط به صنعت نفت و گاز و انرژی اشاره می‌شود.

## ۱-۲- نقشه‌ی راه فن‌آوری انرژی ژاپن

یکی از این مطالعات، تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری انرژی در ژاپن است که در ۲۰۱۶ به صورت تفصیلی انجام شده است. در این مطالعه طبق ساختار کلی مورد اشاره ابتدا چشم‌انداز بخش انرژی به تصویر کشیده شده و در ادامه وضعیت موجود فن‌آوری‌ها بررسی گردیده است. ساختار کلی مطالعه‌ی مذکور به شرح زیر است [۳]:

**مقدمه‌ای بر سیستم‌های آتی انرژی مبتنی بر فن‌آوری‌های در دسترس در افق ۲۰۳۰**

- سیستم انرژی آینده
- نقشه‌ی راه فن‌آوری‌های انرژی برای پیش‌بینی سیستم‌های انرژی آینده

**جنبه‌های مختلف سیستم‌های انرژی در ژاپن؛ وضعیت موجود و چشم‌انداز آینده**

- وضعیت موجود انرژی ژاپن
- تولید و حمل و نقل پایدار منابع انرژی؛ اقدامات در افق ۲۰۵۰
- فاجعه‌ی اتمی فوکوشیما و پس از آن
- سیاست و چشم‌انداز انرژی

**استفاده از منابع ثانویه‌ی انرژی**

- سیستم‌های ذخیره‌سازی بزرگ مقیاس انرژی الکتریسیته
- ذخیره‌سازی حرارت، حمل و نقل و انتقال
- تولید هیدروژن
- مفهوم حامل انرژی

**زیرساخت‌های عرضه‌ی انرژی**

- زیرساخت‌های شبکه‌ی برق
- زیرساخت‌های عرضه‌ی گاز
- زیرساخت برای نسل‌های بعدی وسایل نقلیه

**تولید برق و فن‌آوری پشتیبان آن**

- تولید برق حرارتی
- تولید برق هسته‌ای
- زباله‌های هسته‌ای و تولید برق

- تولید برق آبی
- تولید برق زمین گرمایی (ژئوترمال)
- تولید برق بادی
- تولید برق فتوولتائیک
- فن‌آوری جذب، انتقال و ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن
- ذخیره‌سازی انرژی از طریق فشرده‌سازی هوا

**بخش‌های اولیه و ثانویه‌ی صنعت**

- صنایع شیمیایی
- صنایع چوب و جنگل‌داری
- کشاورزی
- انرژی مبتنی بر ضایعات
- تولید سوخت‌های زیستی

**استفاده‌ی خانگی و تجاری انرژی**

- ساختمان‌های مسکونی و تجاری
- جامعه‌ی هوشمند
- سیستم‌های ترکیبی برق و حرارت پیل‌های سوختی در بخش مسکونی
- نانوآکترونیک با مصرف انرژی کم
- ذخیره‌سازی ترموشیمیایی انرژی

**حمل و نقل**

- موتورهای احتراق داخلی خودروها
- باتری‌های ثانویه و سیستم‌های پیل سوختی برای نسل بعدی وسایل نقلیه
- انرژی الکتریکی برای وسایل نقلیه و سیستم‌های انرژی
- بهره‌برداری از انرژی حرارتی مؤثر برای خودروها

**۲-۲- نقشه‌ی راه تحقیق و توسعه و فن‌آوری صنایع بالادستی نفت و**

**گاز قزاقستان**

در ادامه، سرفصل‌های مطالعه‌ای که در ۲۰۱۳ با عنوان نقشه‌ی راه تحقیق و توسعه و فن‌آوری صنایع بالادستی نفت و گاز قزاقستان انجام شده بررسی می‌گردند [۷]:

- چشم‌انداز بالادستی صنعت نفت و گاز قزاقستان
- توسعه‌ی نقشه‌ی راه
- چالش‌های صنعت
- راه‌حل‌های فن‌آورانه
- بررسی وضعیت بخش‌های مختلف (مشخصات مخازن، تجهیزات میدانی، جریان سیالات و فرآورش، مدیریت میدانی و چاه‌ها،

بهره‌برداری و HSE)

### بررسی و رسیدگی به چالش‌ها

- الزامات تحقیق و توسعه
- فرصت‌ها و پتانسیل‌های صنعت
- توسعه‌ی مهارت‌ها و قابلیت‌ها

منابع، افزایش پیچیدگی و اهمیت یافتن شایستگی‌های علمی و فن‌آورانه به‌عنوان مهم‌ترین تغییرات محیطی نام برده می‌شوند که در نتیجه‌ی برنامه‌ریزی یکپارچه در سطح ملی برای مدیریت فن‌آوری‌ها اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. در همین راستا با توجه به نیاز و توان جوامع، برنامه‌ریزی برای افزایش کارایی و هدفمندسازی دستیابی به فن‌آوری‌ها و همچنین مدیریت یکپارچه و حداکثری منابع از اهمیت خاصی برخوردار است.

تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری‌های بخش انرژی، موضوعی تخصصی و نیازمند تسلط بر ابعاد مختلف علمی و فنی حوزه‌ی فن‌آورانه‌ی مورد نظر و ابعاد دیگری مانند مدیریت فن‌آوری، سیاست‌گذاری علم و فن‌آوری، آینده‌پژوهی، برنامه‌ریزی راهبردی و مدیریت نوآوری است. در این مطالعه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی استراتژیک ساختار تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری انرژی بررسی شد که در این راستا باید مراحل کلی زیر ارزیابی گردند:

- بررسی اسناد بالادستی بخش انرژی کشور جهت به تصویر کشیدن آینده‌ای مطلوب با تعریف یا تبیین چشم‌انداز یا اهداف کلیدی
- بررسی وضعیت موجود بخش انرژی به تفکیک منابع و ذخایر، فن‌آوری‌های مورد استفاده و تولیدات هر بخش
- شناسایی و ارزیابی گزینه‌های فن‌آورانه‌ی در دسترس جهت نیل به اهداف بالادستی
- شناسایی چالش‌ها، محدودیت‌ها و الزامات دسترسی به فن‌آوری مورد نیاز بخش انرژی کشور برای رسیدن به آینده‌ای مطلوب
- شناسایی راهبردهای فن‌آورانه برای مقابله با چالش‌ها یا پرکردن شکاف فن‌آورانه
- تعیین برنامه‌های اقدام دستیابی به فن‌آوری‌ها و تعریف سرفصل‌های تحقیقاتی

همچنین مطالعه‌ی دیگری با عنوان تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری جهانی جذب و ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن جهت انجام عملیات EOR در میداین نفتی در ۲۰۱۱ انجام شده که ساختار کلی آن شامل موارد زیر است [۸]:

- EOR چیست و کاربرد دی‌اکسیدکربن در آن چگونه است؟
- ارزیابی فن‌آوری CO<sub>2</sub>-EOR
- حجم تقاضای دی‌اکسیدکربن در میداین نفتی در طول زمان
- حجم تولید فعلی از میداینی در ایالات متحده‌ی آمریکا که در آنها از دی‌اکسیدکربن برای افزایش بازیافت نفت خام استفاده می‌شود
- ساختار صنعت فن‌آوری CO<sub>2</sub>-EOR
- ارزیابی اقتصادی فن‌آوری CO<sub>2</sub>-EOR
- فرصت‌ها و پتانسیل‌های جهانی فن‌آوری CO<sub>2</sub>-EOR
- وضعیت موجود پروژه‌های CO<sub>2</sub>-EOR
- محدودیت‌ها برای کاربرد بیشتر فن‌آوری CO<sub>2</sub>-EOR

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

انواع مختلفی نقشه‌ی راه وجود دارد. نقشه‌ی راه‌های فن‌آوری، به‌طور ویژه بر توسعه‌ی نوع خاصی از فن‌آوری تمرکز دارند. امروزه پیشرفت فن‌آوری برای غلبه بر بسیاری از مشکلات مورد توجه قرار گرفته‌اند. افزایش رقابت در بازارهای جهانی، افزایش محدودیت بر

### پانویس‌ها

1. hhjafari@gmail.com
2. Gantt chart
3. Roadmapped
4. Buy-in

5. line organization
6. mpg
7. Disruptive

### منابع

- IEA, 2014.
- [5] Technology Roadmapping HANDBOOK, 2009.
- [6] Fundamentals of Technology Roadmapping, Strategic Business Development Department, Sandia National Laboratories, 1997.
- [7] Kazakhstan upstream oil and gas technology and R&D roadmap, May 2013.
- [8] GLOBAL TECHNOLOGY ROADMAP FOR CCS IN INDUSTRY-Sectoral Assessment CO2 Enhanced Oil Recovery, 2011.
- [۱] آراس‌تی، محمدرضا، غفارزادگان، مهشید و پیمان‌خواه، صادق، تدوین اهداف و اولویت‌های توسعه‌ی فن‌آوری در صنعت گاز ایران مبتنی بر نقشه‌ی راه فن‌آوری، ۱۳۹۶
- [۲] گشتاسبی، محمد، صلواتی، احمد، طاهری، زهرا و میرحسینی، طاهره سادات، توسعه‌ی مدل کاربردی برای تدوین نقشه‌ی راه فن‌آوری در سطح بنگاه مبتنی بر مدیریت تغییر، ششمین کنفرانس بین‌المللی و دهمین کنفرانس ملی مدیریت فن‌آوری، ۱۳۹۵
- [3] Energy Technology Roadmaps of Japan\_ Future Energy Systems Based on Feasible Technologies Beyond 2030-Springer, 2016.
- [4] Technology Roadmap A guide to development and implementation,