

مروری تحلیلی بر برخی کاربردهای نقشه راه فناوری

سید محمدرضا حسینی نسب^{۱*}، حسن جوادی^۲، بهروز ارباب شیرانی^۳

اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، m.hosseininasab@in.iut.ac.ir

اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، پژوهشکده علوم و تکنولوژی زیر دریا، javadi@cc.iut.ac.ir

اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، ashirani@cc.iut.ac.ir

چکیده

هدف اصلی این مقاله، شناسایی شباهت‌ها و تفاوت‌های نقشه‌های راه فناوری تهیه شده برای حوزه‌های مختلف صنعت می‌باشد. بدین منظور تعدادی از نقشه‌های راه تدوین شده برای حوزه‌های مختلف فناوری، اعم از داخلی و خارجی، مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی بر چگونگی تهیه این نقشه‌های راه و نوع خروجی آن‌ها تمرکز گردیده است. پس از معرفی این نقشه‌های راه به صورت مجزا، مقایسه‌ای بین آن‌ها از جنبه‌های مختلف صورت پذیرفته و در نهایت موارد تشابه و تفاوت نقشه‌های راه فناوری شناسایی شده است. نتایج حاکی از آن است که تنوعی از رویکردها جهت تهیه نقشه راه فناوری برای یک صنعت وجود داشته و نحوه تهیه نقشه راه فناوری وابستگی زیادی به اهداف و وضعیت مورد نظر دارد.

واژه‌های کلیدی: نقشه راه، نقشه راه فناوری، مدیریت تکنولوژی.

۱- مقدمه

یکی از روش‌های رایج برنامه‌ریزی بلندمدت، استفاده از تکنیک تهیه نقشه راه برای حوزه مورد نظر می‌باشد. در یک تعریف ساده، می‌توان گفت نقشه راه، روش کشف و توصیف آینده مطلوب و تبیین راه رسیدن به آن به زبانی ساده و قابل فهم برای سازمان است [۱]. حوزه‌ها و زمینه‌هایی که امکان تهیه نقشه راه برای آن‌ها وجود دارد، بسیار متنوع است. از این میان می‌توان، به عنوان مثال، به حوزه‌های فناوری، علم و دانش، و بازار اشاره نمود. یکی از پرکاربردترین این نقشه‌های راه، نقشه راه فناوری^۴ می‌باشد که به طور گسترده‌ای در صنایع مختلف برای برنامه‌ریزی راهبردی و درازمدت به کار می‌رود.

تهیه نقشه راه فناوری، یک فرایند برنامه‌ریزی فناوری نیازمحور^۵ جهت کمک به شناسایی، انتخاب، و توسعه گزینه‌های فناورانه جهت برآورده ساختن مجموعه‌ای از نیازمندی‌هاست. در این فرایند تیمی از خبرگان گرد هم می‌آیند تا چارچوبی برای سازماندهی و معرفی اطلاعات برنامه‌ریزی فناوری(های) حیاتی به منظور اتخاذ تصمیمات مناسب سرمایه گذاری فناوری و اهرم قراردادن این سرمایه گذاری‌ها ارائه نمایند. با مجموعه‌ای از نیازهای معین، فرایند تهیه نقشه راه فناوری، راهکاری را جهت تهیه، سازماندهی، و نمایش اطلاعات پیرامون نیازمندی‌های حیاتی سیستم^۶ و اهداف عملکردی که می‌بایست در چارچوب

۱ و * - دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲ - عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم و تکنولوژی زیر دریا، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳ - استادیار دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴ - technology roadmap

۵ - needs-driven technology planning

۶ - critical system requirements

زمانی مشخصی برآورده شود، فراهم می‌آورد. همچنین فناوری‌هایی را که نیاز است جهت دستیابی به آن اهداف توسعه یابد، شناسایی می‌نماید. در نهایت، اطلاعاتی را که برای ارزیابی گزینه‌های مختلف فناوری مورد نیاز است، فراهم می‌آورد [۲]. نقشه‌های راه را می‌توان از منظر سطح تصمیم‌گیری در سه سطح بنگاه، صنعت، و ملی طبقه‌بندی نمود [۳]. گاهی اوقات ممکن است یک سازمان یا بنگاه به صورت داخلی اقدام به تهیه نقشه راه کند (نقشه راه بنگاه). در سطح صنعت تهیه نقشه راه فناوری دربرگیرنده چندین سازمان خواه به صورت کنسرسیوم یا کل صنعت می‌باشد. نقشه‌های راهی که در ابعاد ملی ترسیم می‌شوند، عموماً با هدف آینده‌نگری و نیز تسهیل در امر تصمیم‌گیری می‌باشند. در سطح ملی با حوزه‌ای از دانش سر و کار داریم که به تعیین و اجرای سیاست‌های مربوط به توسعه و بکارگیری فناوری و نیز سیاست‌های مربوط به تأثیرات فناوری بر جامعه، سازمان‌ها، افراد و محیط طبیعی می‌پردازد.

امروزه استفاده از تکنیک نقشه راه مورد توجه بسیاری از مدیران و برنامه‌ریزان در حوزه‌های مختلف قرار گرفته است. فال [۴] در سال ۲۰۰۵ مروری بر نقشه‌های راه منتشرشده انجام داده و در این خصوص بیش از ۳۰۰ نقشه راه را شناسایی و معرفی نموده است. این نقشه‌های راه، حوزه‌های مختلفی را شامل می‌گردد. از این جمله می‌توان به حوزه‌های علوم پایه، علوم زیستی، فناوری اطلاعات و ارتباطات، صنعت، و حتی سیاست اشاره نمود. حدود نیمی از این نقشه‌های راه مرتبط با حوزه صنعت می‌باشد و لذا نقشه راه فناوری مورد استفاده قرار گرفته است. موضوعاتی که در حوزه صنعت برای آن‌ها نقشه راه فناوری تهیه گردیده است نیز متعدد می‌باشد. فال [۴] این موضوعات را در بخش‌های انرژی، وسایل نقلیه و حمل و نقل، الکترونیک، تولید، عمران، دفاعی (نظامی) و سایر، دسته بندی نموده است. با مروری بر بررسی انجام شده توسط فال، مشاهده می‌شود اغلب نقشه‌های راه منتشرشده مربوط به سال ۲۰۰۰ میلادی و سال‌های پس از آن است و هرچه به سال‌های اخیر نزدیکتر می‌شویم، تعداد نقشه‌های راه منتشرشده، با رشد بیشتری همراه است. این امر حاکی از آن است که کاربرد نقشه راه در برنامه‌ریزی روز به روز در حال گسترش است.

با توجه به تنوع نقشه‌های راه فناوری موجود، هدف اصلی مقاله حاضر، شناسایی شباهت‌ها و تفاوت‌های نقشه‌های راه فناوری به منظور تحلیل فرایند تدوین نقشه راه فناوری می‌باشد. بدین منظور در بخش دوم، هفت نقشه راه فناوری انتخاب شده و فرایند تهیه و خروجی آن‌ها به اختصار بررسی گردیده است. در بخش سوم مقایسه‌ای میان نقشه‌های راه معرفی شده صورت پذیرفته و بر این اساس موارد تشابه و تفاوت نقشه‌های راه فناوری تحلیل گردیده است. در بخش چهارم نیز جمع‌بندی از مطالب طرح شده در این مقاله ارائه گردیده است.

۲- معرفی برخی کاربردهای نقشه‌راه فناوری

در این بخش جهت بررسی کاربردهای مختلف نقشه راه فناوری، هفت نقشه راه جهت معرفی انتخاب گردیده است. این نقشه‌های راه پس از مرور و بررسی بیش از ۲۰ نقشه راه مختلف انتخاب شده‌اند. مبانی انتخاب، یکی جامعیت محتوایی نقشه راه و دیگری پوشش دادن موضوعات متنوعی است که برای آن‌ها نقشه راه فناوری تهیه گردیده است. البته لازم به ذکر است از آنجا که تمرکز اصلی مقاله حاضر بر تهیه نقشه راه فناوری برای یک صنعت می‌باشد، تمامی نقشه‌های راه بررسی شده در این بخش نیز در سطح صنعت می‌باشند. دو مورد از این نقشه‌های راه داخلی و مابقی مربوط به خارج از کشور می‌باشند. در ادامه هر یک از این نقشه‌های راه به صورت جداگانه به اختصار معرفی می‌گردد.

۲-۱- برنامه عملیاتی سند راهبرد ملی توسعه فناوری پیل سوختی کشور [۵]

این برنامه توسط سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) در سال ۱۳۸۵ تهیه گردیده است و هدف از آن تدوین برنامه عملیاتی ۱۵ ساله جهت توسعه فناوری پیل سوختی کشور می‌باشد.

▪ فرایند تهیه: با توجه به اینکه استراتژی توسعه فناوری پیل سوختی در کشور و پیش‌نویس سند راهبرد ملی توسعه فناوری پیل سوختی کشور قبلاً تدوین شده است، این سند به دنبال تبدیل استراتژی به برنامه عملیاتی است. لذا ابتدا

متدولوژی‌های علمی پیاده‌سازی استراتژی و برنامه عملیاتی بررسی، و از میان آن‌ها متدولوژی مناسب انتخاب گردیده است. سپس برای تمام سطوح سند از چشم‌انداز، اهداف کلان، استراتژی‌ها و اقدامات، شاخص دستیابی تعریف، و هر یک از سطوح نیز به فعالیت‌های جزئی تر شکسته شده و در نهایت برای آخرین سطح فعالیت‌ها، شاخص‌های دستیابی، شاخص‌های پیشرفت، هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم، مجری پیشنهادی و زمان مورد نیاز تعیین گردیده و برای هر اقدام، برنامه زمان‌بندی طراحی شده است. در نهایت بر اساس نتایج بدست آمده از فعالیت‌ها و برنامه زمان‌بندی، نقشه راه سه تکنولوژی استراتژیک سند تهیه گردیده است. این نقشه راه‌ها عبارتند از:

- نقشه راه توسعه و تجاری‌سازی پیل سوختی PEM

- نقشه راه توسعه و تجاری‌سازی پیل سوختی SOFC

- نقشه راه توسعه و تجاری‌سازی سیستم فرآورش سوخت (Fuel Processing)

هر یک از این نقشه‌های راه در دو سطح تهیه گردیده است: سطح اقدامات و سطح فعالیت‌ها. سطح فعالیت‌ها در واقع ریزشده سطح اقدامات است. همچنین با توجه به این که این سند برپایه نظام ملی نوآوری تهیه و تنظیم شده است، نقشه راه نیز شامل سه مرحله اصلی نظام ملی نوآوری است که عبارتند از: تحقیق و توسعه، نمایش و ترویج، و پیش از تجاری‌سازی. مرحله تحقیق و توسعه شامل انجام تحقیقات بنیادین و سپس تحقیقات کاربردی در حوزه نوآوری مورد نظر است. در مرحله نمایش و ترویج، مدل‌های نمونه اولیه در مقیاس آزمایشگاهی ارائه گردیده و در ادامه تعداد محدودی از محصول نهایی که شامل همه جزئیات و ویژگی‌های واقعی محصول باشد نصب می‌شود. مرحله پیش از تجاری‌سازی آغاز حرکت به سوی تجاری‌سازی نوآوری است و شامل اقداماتی است که برای نخستین بار نصب محصول در مقیاس بالاتر را دنبال می‌کند.

▪ **خروجی:** یک برنامه عملیاتی شامل سی و شش اقدام کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت می‌باشد که در آن ریز هزینه‌ها، شاخص‌های دستیابی، و زمان مورد نیاز تدوین گردیده و مجریان و متولیان پیشنهادی هر یک از اقدامات معرفی شده اند. نتایج در قالب سه نقشه راه فناوری برای فناوری‌های استراتژیک سند و یک نقشه راه کلی سند ارائه شده است. همچنین با توجه به الزامات نظام ملی نوآوری به عنوان مدل مناسب پیاده‌سازی استراتژی توسعه تکنولوژی، نقشه راه دیگری نیز با نام «ره‌نگاشت توسعه نظام ملی نوآوری پیل سوختی کشور» جهت فعالیت‌های پشتیبانی، زیرساختی و حمایتی توسعه فناوری پیل سوختی تهیه شده است.

۲-۲- نقشه راه صنعت افتا [۶]

نقشه راه توسعه و تقویت صنعت امنیت فضای تبادل اطلاعات (افتا) به سفارش مرکز صنایع نوین وزارت صنایع و معادن در سال ۱۳۸۶ تهیه گردیده است. این نقشه راه با هدف انجام مطالعات امکان سنجی فنی-اقتصادی در خصوص انتخاب صنعت افتا به عنوان فناوری پیشتاز تدوین شده است.

▪ **فراپند تهیه:** این نقشه راه بر اساس رویکرد «نقشه راه مبتنی بر سناریو» تهیه شده است. فرایند تهیه این نقشه راه شامل هشت قدم اصلی به شرح زیر است:

- تعیین وضعیت فعلی صنعت افتا در سطوح اصلی نقشه راه
- پیش بینی روندها و محرک‌ها در سطوح مختلف نقشه راه
- تعریف چشم انداز در هر یک از سطوح
- تعیین نقاط قوت و محدودیت‌ها، فرصت‌ها و تهدیدات مرتبط با اجزای چشم انداز
- تعریف شاخص‌های عملکردی و تعیین اهداف زمان بندی شده برای آن‌ها
- تعریف اقدامات اولیه موردنیاز جهت دستیابی به اهداف تعیین شده در هر سطح نقشه راه
- تجزیه و تحلیل اقدامات از ابعاد مختلف و تعریف مجموعه نهایی اقدامات
- نهایی کردن نقشه راه با استفاده از نظرات افراد خبره

▪ **خروجی:** نقشه راه ارائه شده از سه سطح تشکیل شده است: بازار، محصولات و فناوری‌ها، و منابع و زیرساخت‌ها. در سطح بازار اهداف مرحله‌ای و پیش‌ران‌ها (محرک‌ها) مشخص گردیده است. در دو سطح دیگر نیز اقدامات لازم در طول دوره برنامه‌ریزی تعیین شده است.

۲-۳- نقشه راه صنعت فولاد آمریکا [۷]

این نقشه راه در سال ۲۰۰۱ توسط وزارت انرژی آمریکا و به منظور تعیین اولویت‌های تحقیقاتی صنعت با توجه به چشم انداز تعیین شده، تهیه گردیده است.

▪ **فرایند تهیه:** با توجه به چشم انداز، چهار حوزه کلیدی صنعت شناسایی شده که عبارتند از: توسعه فرایند، بازیافت آهن، رهبری محیط، و مشخصات محصول. در هر یک از این چهار حوزه ابتدا اهداف کلی عملکرد تعیین شده‌اند. هر بخش جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است و در این بررسی، محرک‌ها، روند، چالش‌های فناوری، فناوری‌های جدید و در حال ظهور مطالعه گردیده و در نهایت نیازها و فرصت‌های تحقیق و توسعه تعیین شده‌اند. در برخی موارد نیز اهداف جزئی به صورت کمی بیان شده‌اند.

▪ **خروجی:** خروجی نهایی این نقشه راه، نیازمندی‌های تحقیق و توسعه برای موضوعات مرتبط با هر یک از چهار حوزه مورد اشاره می‌باشد. این نقشه راه فاقد نمایش گرافیکی بوده و خروجی‌های نقشه راه به صورت جدول نمایش داده شده است.

۲-۴- نقشه راه فناوری وسایل نقلیه [۸]

نقشه راه فناوری وسایل نقلیه توسط وزارت صنایع و بازرگانی انگلیس در سال ۲۰۰۲ تهیه شده است. هدف از تدوین این نقشه راه شناسایی موضوعات تحقیقاتی و فناوری برای وسایل حمل و نقل جاده‌ای آبی عنوان گردیده است.

▪ **فرایند تهیه:** ابتدا روندها و محرک‌های بازار از جنبه‌های مختلف (اجتماعی، اقتصادی، محیطی، فناوری و...) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بر این اساس اهداف و شاخص‌های عملکردی سیستم حمل و نقل جاده ای تعیین گردیده است. در ادامه پنج عرصه فناوری شناسایی شده است. در هر یک از این عرصه‌ها از یک سو ارتباط آن با محرک‌های صنعت و بازار مشخص شده است و از سوی دیگر محرک‌های فناوری مرتبط با آن تعیین گردیده است. برای تکامل و بهبود وضعیت هر یک از محرک‌های فناوری، گزینه‌هایی در طول زمان پیشنهاد گردیده است. در نهایت چالش‌های پیش روی توسعه فناوری‌های موردنظر مورد بررسی قرار گرفته است.

▪ **خروجی:** خروجی‌های اصلی این نقشه راه در سه سطح ارائه شده است که این سطوح عبارتند از: روندها و محرک‌های بازار، اهداف و شاخص‌های عملکردی مرتبط با آن‌ها، و فرایند تکامل فناوری‌های مرتبط در طول زمان.

۲-۵- نقشه راه فناوری صنعت آلومینیوم [۹]

این نقشه راه در سال ۲۰۰۳ توسط وزارت انرژی آمریکا و به منظور تعریف اهداف عملکردی و اولویت‌های خاص R&D جهت دستیابی به چشم انداز مربوطه تهیه شده است.

▪ **فرایند تهیه:** ابتدا چهار فرایند عمده تولید آلومینیوم مشخص گردیده است. در هر یک از این چهار بخش به صورت جداگانه ابتدا اهداف استراتژیک چشم انداز تبدیل به اهداف عملکردی شده‌اند. لازم به ذکر است که چشم انداز این صنعت تا سال ۲۰۲۰ قبلاً تهیه شده است. سپس وضعیت فعلی صنعت و موانع فنی شناسایی شده و بر این اساس نیازمندی‌های تحقیق و توسعه تعریف گردیده است. در ادامه این نیازمندی‌ها اولویت‌بندی شده و آن دسته از نیازمندی‌های با اولویت بالا، به صورت جزئی‌تر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

▪ **خروجی:** برای نیازمندی‌های R&D با اولویت بالا، جزئیات تکنیکی، میزان ریسک، منافع بالقوه و چارچوب زمانی تشریح شده است.

۲-۶- نقشه راه فناوری بین المللی برای نیمه هادی‌ها [۱۰]

این نقشه راه توسط انجمن صنعت نیمه هادی^۱ (SIA) و با هدف ایجاد اجماع در خصوص نیازهای تحقیق و توسعه در افق ۱۵ ساله در سطح صنعت تهیه شده است. عموماً این نقشه راه هر دو سال یک بار مورد بازنگری قرار می‌گیرد. نقشه راهی که در اینجا مورد بررسی قرار گرفته است مربوط به سال ۲۰۰۷ می‌باشد.

▪ **فرایند تهیه:** به منظور تهیه نقشه راه، ۱۶ حوزه مرتبط شناسایی و برای هر حوزه، یک گروه کاری تشکیل شده است. بخشی از کمیته تدوین نقشه راه، مجموعه‌ای از شاخص‌های کلی فناوری را در قالب جداولی تهیه و به گروه‌های کاری ارائه داده است. هر گروه کاری نیز به صورت مجزا به بررسی چالش‌های پیش رو در حوزه خود پرداخته و بر این اساس نیازمندی‌های حوزه خود را شناسایی و مقادیر هدف آن‌ها را در افق ۱۵ ساله تعیین کرده است. در ادامه، راه‌حل‌های ممکن جهت دستیابی به اهداف موردنظر در طول افق برنامه‌ریزی توسط هر گروه کاری ارائه گردیده و ارتباط این راه‌حل‌ها با نیازمندی‌ها مشخص شده است.

▪ **خروجی:** در هر گروه کاری تعیین شده، به صورت مجزا دو خروجی تهیه شده است. یکی نیازمندی‌های مرتبط با حوزه کاری و مقادیر هدف آن‌ها در افق ۱۵ ساله برنامه‌ریزی و دیگری راه‌حل‌های ممکن جهت دستیابی به اهداف موردنظر در طول زمان.

۲-۷- نقشه راه یکپارچه سیستم‌های بدون سرنشین [۱۱]

این نقشه راه توسط وزارت دفاع آمریکا و در سال ۲۰۰۹ تهیه شده است. هدف از این نقشه راه معرفی چشم‌اندازی جهت سرمایه‌گذاری بر روی فناوری‌های سیستم‌های بدون سرنشین عنوان گردیده است.

▪ **فرایند تهیه:** در این گزارش سیستم‌های بدون سرنشین نظامی در هر سه بخش هوایی، زمینی و دریایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در ابتدا وضعیت فعلی این سیستم‌ها و همچنین چشم‌انداز وزارت دفاع در این خصوص مرور گردیده است. سپس برای هر بخش مشخصه‌های عملکردی، اهداف و شاخص‌های سنجش مشخص شده است. نقاط قوت، فرصت، چالش و ریسک بررسی شده و متناسب با آن مجموعه‌ای از اقدامات اولویت بندی و پیشنهاد گردیده است. برای این اقدامات معیارهای سنجش، زمان هدف، و سازمان مسئول تعیین شده است. همچنین در ادامه، فناوری‌های پیشرفته (توانمندسازهای فناوری) موردنیاز پیش بینی شده و برای دستیابی به آن‌ها تاریخ زمانی مشخص گردیده است.

▪ **خروجی:** خروجی نهایی این طرح دو چیز است: اقدامات لازم در افق زمانی، و فناوری‌های موردنیاز در طول زمان. در این راستا ابتدا وضعیت مشخصه‌های عملکردی در طول افق برنامه‌ریزی مشخص شده و سپس بر این اساس اقدامات پیشنهادی ارائه گردیده است. همچنین وضعیت توانمندسازهای فناوری نیز در هر یک از سه بخش هوایی، زمینی و دریایی در طول افق برنامه‌ریزی مشخص گردیده است.

۳- مقایسه و تحلیل

نقشه‌های راه فناوری را می‌توان از ابعاد مختلف مورد بررسی و مقایسه قرار داد. فال و همکاران [۱۲] رویکردهای مختلف تهیه نقشه راه را از منظر هدف^۲ و قالب^۳ مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها نقشه‌های راه در هر یک از منظرهای هدف و قالب در هشت دسته طبقه‌بندی نموده‌اند. بر این اساس اهداف موردنظر از تهیه نقشه راه عبارت است از: برنامه‌ریزی محصول^۴،

¹ - Semiconductor Industry Association

² - purpose

³ - format

⁴ - product planning

برنامه‌ریزی خدمات^۱، برنامه‌ریزی استراتژیک^۲، برنامه‌ریزی بلندمدت^۳، برنامه‌ریزی سرمایه دانش^۴، طرح‌ریزی برنامه^۵، برنامه‌ریزی فرآیند^۶ و برنامه‌ریزی یکپارچه^۷. همچنین قالب‌هایی که یک نقشه راه از آن طریق نمایش داده می‌شود عبارت است از: تک لایه‌ای، چند لایه‌ای، میله‌ای، جدولی، نموداری، نمایش تصویری، فلوجارت، و متنی.

در جدول ۱ نقشه‌های راه معرفی شده در بخش پیشین بر اساس جنبه‌های فوق مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. مقایسه این نقشه‌های راه از منظر هدف بر اساس دسته‌بندی ارائه شده توسط فال و همکاران [۱۲] کمی مشکل است. چرا که در برخی از این نقشه‌های راه، چندین هدف مد نظر بوده است. به عنوان مثال در تهیه نقشه راه یکپارچه سیستم‌های بدون سرنشین، یک برنامه‌ریزی بلندمدت انجام گرفته است. در عین حال برای انجام این کار، برنامه‌ریزی استراتژیک نیز صورت پذیرفته و همچنین برای فناوری‌های موردنیاز محصولات مختلف در طول دوره زمانی برنامه‌ریزی شده است. به عبارت دیگر به نوعی هر سه هدف برنامه‌ریزی بلندمدت، برنامه‌ریزی استراتژیک، و برنامه‌ریزی محصول پیگیری شده است. از این رو دسته‌بندی فال و همکاران [۱۲] در بسیاری از موارد دارای همپوشانی است.

جدول ۱: مقایسه نقشه‌های راه معرفی شده

ردیف	عنوان	هدف	قالب	سطح تصمیم‌گیری	دوره زمانی (سال)
۱	نقشه راه توسعه فناوری پیل سوختی کشور	برنامه‌ریزی محصول	چند لایه‌ای	صنعت / ملی	۱۵
۲	نقشه راه صنعت افتا	برنامه‌ریزی بلندمدت / استراتژیک	چند لایه‌ای	صنعت	۱۰
۳	نقشه راه صنعت فولاد آمریکا	برنامه‌ریزی محصول	متنی	صنعت	۲۰
۴	نقشه راه فناوری وسایل نقلیه	برنامه‌ریزی محصول	چند لایه‌ای	صنعت	۲۰
۵	نقشه راه فناوری صنعت آلومینیوم	برنامه‌ریزی محصول	متنی	صنعت	۱۷
۶	نقشه راه فناوری برای نیمه هادی‌ها	برنامه‌ریزی بلندمدت	جدولی / تک لایه‌ای	صنعت	۱۵
۷	نقشه راه یکپارچه سیستم‌های بدون سرنشین	برنامه‌ریزی بلندمدت / استراتژیک / محصول	جدولی / تک لایه‌ای	صنعت / ملی	۲۵

قالب‌های ظاهری که نقشه‌های راه از آن طریق نمایش داده می‌شوند، بسیار متنوع است. حتی در مواردی که بر اساس دسته‌بندی فال و همکاران [۱۲]، قالب یکسانی جهت نمایش نقشه راه انتخاب می‌شود، خروجی ارائه شده می‌تواند بسیار متفاوت باشد. به عنوان مثال مطابق جدول ۱، نقشه راه توسعه فناوری پیل سوختی و همچنین نقشه راه فناوری وسایل نقلیه هر دو از لحاظ قالب چندلایه‌ای هستند، اما ظاهر آن‌ها متفاوت است. تعیین شکل و ظاهر نقشه‌راه تا حد زیادی وابسته به سلیقه تهیه‌کنندگان آن می‌باشد.

یکی از جنبه‌هایی که می‌توان بر اساس آن نقشه‌های راه مختلف را مقایسه کرد، افق زمانی نقشه‌راه است. این افق زمانی در اغلب موارد وابسته به افق زمانی چشم‌انداز می‌باشد. چرا که در واقع نقشه‌راه مسیری را جهت رسیدن به چشم‌انداز مشخص می‌نماید. هرچه افق زمانی چشم‌انداز طولانی‌تر باشد، به تبع آن افق زمانی نقشه‌راه نیز طولانی‌تر خواهد بود. با این حال در اکثریت قریب به اتفاق نقشه‌های راهی که تهیه می‌گردد، افق زمانی حداقل ۱۰ سال تعیین می‌شود. چرا که نقشه‌راه به عنوان

¹ - capability planning

² - strategic planning

³ - long-range planning

⁴ - knowledge asset planning

⁵ - programme planning

⁶ - process planning

⁷ - integration planning

ابزاری جهت برنامه‌ریزی بلندمدت شناخته می‌شود. در جدول ۱ نیز مشاهده می‌شود که افق زمانی نقشه‌های راه معرفی شده بین ۱۰ تا ۲۵ سال می‌باشد.

موضوع مهم دیگری که نقشه‌های راه را از یکدیگر متمایز می‌سازد، سطح جزئیات است. برخی از نقشه‌های راه فناوری تنها تا سطح تعیین اولویت‌های فناوری و تحقیقاتی پیش می‌روند، همانند نقشه‌های راه صنعت آلومینیوم و فولاد آمریکا. در برخی دیگر علاوه بر تعیین اولویت‌های فناوری، تهیه برنامه عملیاتی نیز مدنظر قرار دارد، مانند نقشه راه توسعه فناوری پیل سوختی. تعیین سطح جزئیات به کاربرد در نظر گرفته شده برای نقشه راه بستگی دارد.

جدای از موارد تمایز نقشه‌های راه فناوری مختلف، که در بالا بدان اشاره شد، موارد تشابهی نیز بین این نقشه‌های راه وجود دارد. دانستن این موارد تشابه به فهم و شناخت هرچه بهتر آنچه نقشه‌راه نامیده می‌شود، کمک می‌نماید. یکی از اصلی‌ترین این موارد تشابه نیازمحوری است. یعنی نقشه‌های راه بر اساس یک نیاز شکل گرفته و به دنبال تعیین راه‌حل‌ها می‌باشند. این که با یک راه حل شروع کرده و سپس به دنبال تعیین نیازها بود، یک رویکرد اساساً متفاوت است [۲]. به عبارت دیگر هر نقشه راه فناوری دو عنصر کلیدی دارد، یکی هدف‌ها یا نیازهای فناوری و دیگری راه‌حل‌ها یا گزینه‌های فناوری. نقشه‌های راه فناوری راهی را جهت شناسایی، ارزیابی، و انتخاب گزینه‌های فناوری که می‌تواند جهت برآورده ساختن اهداف یا نیازهای مشخصی استفاده شود، نشان می‌دهند. این امر در تمامی نقشه‌های راه فناوری مشترک است، اما همانگونه که پیش از این ذکر شد نحوه پرداختن به آن می‌تواند متفاوت باشد.

یکی دیگر از مشترکات نقشه‌های راه فناوری، افق بلندمدت است. اصولاً نقشه‌های راه فناوری به دنبال برنامه‌ریزی فناوری در یک دوره زمانی بلندمدت می‌باشند. همان‌گونه که در جدول ۱ نیز مشاهده می‌شود، حداقل دوره زمانی در نقشه‌های راه مورد بررسی حداقل ۱۰ سال است که این موضوع بیانگر وجود افق بلندمدت در این نقشه‌های راه می‌باشد. از این رو نقشه‌های راه نمی‌توانند به عنوان ابزاری مناسب جهت برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت مورد استفاده قرار گیرند.

۴- نتیجه‌گیری

نقشه‌های راه فناوری امروزه به عنوان یکی از ابزارها یا تکنیک‌های جذاب برای برنامه‌ریزان حوزه‌های فناوری شناخته می‌شود. این جذابیت موجب شده است نقشه‌های راه فراوانی در موضوعات مختلف فناوری ارائه گردد. این نقشه‌های راه علیرغم شباهت‌های متعدد، تفاوت‌هایی نیز با یکدیگر دارند و این تفاوت‌ها باعث شده است تنوعی از رویکردها در تهیه نقشه راه فناوری مشاهده گردد. معرفی این شباهت‌ها و تفاوت‌ها به برنامه‌ریزان فناوری می‌تواند کمک موثری به آنان در جهت تهیه و تدوین نقشه راه موردعلاقه‌شان باشد. بدین منظور در این مقاله، هفت نقشه راه فناوری مختلف مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت، و از این طریق شباهت‌ها و تفاوت‌های آن‌ها شناسایی و تحلیل گردید. از مهمترین موارد تشابه این نقشه‌های راه می‌توان به نیازمحوری و همچنین افق بلندمدت، و از مهمترین موارد تفاوت می‌توان به هدف، قالب، سطح جزئیات، و سطح تصمیم‌گیری اشاره نمود. از این رو انتخاب یک رویکرد مناسب جهت تهیه نقشه راه فناوری وابسته به تعیین دقیق موارد تفاوت فوق برای وضعیت موردنظر می‌باشد.

مراجع

[۱] غفارزادگان، مهشید و پیمان خواه، صادق. (۱۳۸۶)، *مقایسه تطبیقی رویکردهای متداول در ترسیم نقشه راه در راهبردهای تکنولوژی*، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.

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

[۳] یادبروقی، محسن، مهدی نژاد نوری، محمد، حسنوی، رضا. (۱۳۸۷). *طراحی الگوی تدوین راهبرد فناوری دفاعی جمهوری اسلامی ایران*، انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

[۴] Phaal, R. (2005). *Technology and other (mostly sector-level) published roadmaps*, University of Cambridge.

[۵] رضائی، مسعود، رادپور، سعیدرضا، ایران خواه، عبدالله، باقری مقدم، ناصر، زمانیان، مرتضی، هاشمی، جلال الدین (ویراستار)، امامیان، محمدصادق (ویراستار). (۱۳۸۷). *فناوری پیل سوختی و هیدروژن: برنامه اقدامات و نقشه راه توسعه در کشور*، انتشارات علم و ادب.

[۶] *نقشه راه فناوری صنعت افتا*، (۱۳۸۶)، شرکت مهندسی پیام پرداز، به سفارش مرکز صنایع نوین وزارت صنایع و معادن.

[۷] *Steel Industry Technology Roadmap*, (2001), U.S. Department of Energy.

[۸] *Foresight Vehicle technology roadmap*, (2002), U.K. Department of Trade and Industry.

[۹] *Aluminum Industry Technology Roadmap*, (2003), U.S. Department of Energy.

[۱۰] *International technology roadmap for semiconductors*, (2007), Semiconductor Industry Association.

[۱۱] *Unmanned Systems Integrated Roadmap*, (2009), U.S. Department of Defense.

[۱۲] 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, p.367-374.