

## گونه‌شناسی رهنگاشت فناوری

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۱/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۳/۱۷

■ علی فرقانی

مدیر حوزه تخصصی مدیریت تکنولوژی  
پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاددانشگاهی  
forghaninik@yahoo.com

■ اشکان حق‌بین

کارشناس ارشد پژوهش  
پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاددانشگاهی  
haghbin@gmail.com

### چکیده

در دو دهه گذشته رهنگاری فناوری<sup>۱</sup> به یک تکنیک پرکاربرد در کشورهای توسعه یافته در سطوح مختلف بنگاه، صنعت و ملی تبدیل شده است. رهنگاشت فناوری<sup>۲</sup> می‌تواند شکل‌های مختلفی داشته باشد، اما به طور عمومی نمودارهای زمانی چندلایه‌ای را با هم مقایسه می‌کند که باعث می‌شود بتوان توسعه فناوری را با محرک‌ها و روندهای بازار مطابقت داد. در این مقاله سعی شده است با بیان تنوع کاربردها، سطوح کاربرد، شکل‌های نمایش، ماهیت فناوری‌ها و رویکردهای رهنگاشت فناوری، به دست‌بندی انواع این روش‌ها پرداخته شود. روش رهنگاری فناوری، روش انعطاف‌پذیری است و می‌تواند برای اهداف مختلفی بکار رود. در عین حال که رهنگاشت فناوری اشکال گوناگونی دارد، ولی اصول کلی یکسانی بر این روش حاکم است. بنابراین فرایند ایجاد یک رهنگاشت فناوری از اهمیت خاصی برخوردار است که در این مقاله سعی می‌گردد به جنبه‌های مختلف این فرایند پرداخته شود.

### واژگان کلیدی

فناوری، رهنگاشت فناوری، گونه‌شناسی، برنامه‌ریزی فناوری، مدل T-Plan.

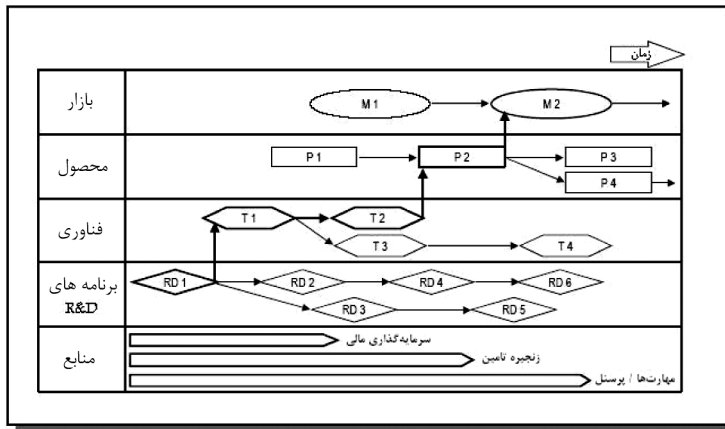
### مقدمه

نوآوری مبتنی بر فناوری برای صنایع و دولت‌ها از اهمیت روزافزونی برخوردار است، چرا که به عنوان وسیله‌ای جهت دستیابی به اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در قلب توسعه پایدار جای دارد. در بازار رقابتی جهانی، مدیریت اثربخش فناوری به واسطه افزایش هزینه، پیچیدگی و نرخ تحولات فناوری هر روز چالش‌انگیزتر می‌شود. مدیریت فناوری چه در سطح بنگاه و چه در سطح ملی نیازمند بکارگیری فرایندها و سیستم‌های اثربخشی است که اطمینان دهد سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، تسهیلات و مهارت‌ها با نیازهای بازار و صنعت چه در حال و چه در آینده تطابق دارد.

مسیریابی یا رهنگاری فناوری نوعی فرایند برنامه‌ریزی راهبردی فناوری است که از طریق آن سندی با نام نقشه راه، مسیر یا رهنگاشت فناوری ایجاد می‌شود. این روش، اولین بار توسط شرکت موتورولا در دهه هفتاد میلادی برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی یکپارچه فناوری-محصول ایجاد گردید. از آن زمان به بعد این تکنیک به طور گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف صنعتی چه در سطح بنگاه و چه در سطح صنعت و نیز در سطح ملی به کار گرفته شد. یک نظرسنجی از ۲۰۰۰ بنگاه تولیدی در انگلستان نشان می‌دهد که در حدود ۱۰ درصد از شرکت‌ها (اغلب بزرگ) روش رهنگاری فناوری را بکار برده‌اند و حدود ۸۰ درصد از آنها بیش از یکبار یا به طور مداوم

از این روش استفاده کرده‌اند [۱]. در زندگی روزمره، یک نقشه راه<sup>۳</sup> چیدمانی است از مسیرهای مختلف یا راه‌هایی که به طور بالفعل (یا بالقوه) در یک فضای جغرافیایی مشخص وجود دارد و مسافری برای تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه‌های مختلف رسیدن به یک مقصد از آن استفاده می‌کنند. به طور مشابه، یک رهنگاشت فناوری به عنوان ابزاری است که فهم کلی، جهت‌یابی، هماهنگی و درجه‌ای از اجماع عمومی را برای برنامه‌ریزی توسعه و پیاده‌سازی فناوری فراهم می‌کند.

گارسیا و بری، رهنگاری فناوری را یک فرایند برنامه‌ریزی فناوری نیاز-محور تعریف کرده‌اند که به شناسایی، انتخاب و توسعه گزینه‌های فناوری



شکل ۱- طرح کلی رهنگاشت فناوری [۵]

لایه‌ای که چرایی رهنگاشت را توصیف می‌کند، قلمرو رهنگاشت را تبیین نموده و اهداف و چشم‌اندازهای رهنگاشت را معین می‌نماید. برخی از خبرگان رهنگاشت این لایه را معادل با "بازار" و ارزیابی رقبا تفسیر می‌نمایند. لایه دیگر جهت‌گیری برنامه‌های گروه را تبیین می‌نماید. این لایه مبین چستی رهنگاشت است. این جهت‌گیری شامل چالش‌ها، معماری و تکامل رهیافت‌های گروه‌رهنگاری و نیز اهداف عملکردی قابل ارزیابی و سنجش جهت دستیابی به اهداف و چشم‌اندازها است. برخی از خبرگان رهنگاشت این لایه را معادل با "محصول" تفسیر می‌کنند. لایه سوم تکامل فناوری‌هایی که منجر به دستیابی به اهداف می‌شوند را تشریح می‌نماید. این لایه مبین چگونگی رهنگاشت است. خبرگان فوق‌الذکر این لایه را معادل با "فناوری" تفسیر می‌نمایند. لایه چهارم که مبین اجزای رهنگاشت می‌باشد، شامل برنامه اجرایی و مخاطره‌ها است. در برنامه اجرایی، فعالیت‌های کلیدی توسعه‌ای، منابع مورد نیاز، ریسک‌ها و راهبرد سرمایه‌گذاری فناوری تعیین می‌گردند.

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، رهنگاشت فناوری، نموداری مبتنی بر زمان است که از چند لایه (سطح) تشکیل شده است، به طوری که جنبه‌های تجاری و فناورانه را به طور توأمان در بر می‌گیرد. رهنگاشت فناوری ما را قادر می‌سازد تا تکامل بازارها، محصولات و فناوری را استخراج کرده و نیز پیوند آنها را با سایر جنبه‌ها بررسی کنیم. وجود یک چارچوب مفهومی مشترک از جهات مختلفی مفید می‌باشد. یکی از سودمندی‌های آن امکان مقایسه رهنگاشت‌ها با یکدیگر است. دیگر این که با شناسایی ابعاد و سپس مؤلفه‌های هر رهنگاشت می‌توان بر وجوه مختلف یک فعالیت رهنگاری مسلط گشت و مرزهای آن را کاملاً شناخت. به عبارت دیگر با دیدی باز و جامع این فعالیت را به پیش برده و اجرا نمود. رابرت فال و همکارانش چارچوبی جهت رهنگاشت‌ها معرفی کرده‌اند که به سوالات "چرا؟، چه؟، چگونه؟ و چه زمانی؟" در هر رهنگاشت پاسخ می‌دهد و هر کدام از این سوالات را در یک لایه از رهنگاشت مطرح می‌نماید [۶].

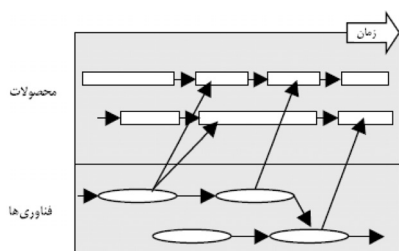
برای برآورده ساختن مجموعه‌ای از نیازمندی‌های محصول کمک می‌نماید [۲].

رابرت گالوین، رئیس سابق هیأت مدیره شرکت موتورولا رهنگاشت فناوری را چنین تعریف کرده است [۳]: "نگاهی است بسیط بر آینده یک حوزه منتخب که از دانش و خرد جمعی و انگاشت گروه‌ها و افرادی که محرک تغییرات در آن حوزه هستند، شکل می‌گیرد. رهنگاشت‌ها شامل تبیین نظریه‌ها و روندها، تدوین مدل‌ها، شناسایی روابط مابین و درون علوم، شناسایی گسست‌ها و شکاف دانش و تفسیر تحقیقات و آزمایش‌ها است." در تعریفی دیگر توسط ریچارد آلبرایت، "یک

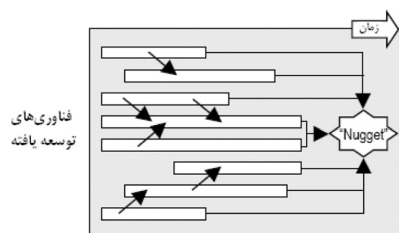
رهنگاشت توصیفی است از یک محیط در آینده، اهدافی که باید در آن محیط حاصل شوند و برنامه‌هایی برای دستیابی به آن اهداف در طول زمان. رهنگاشت یک چارچوب یا معماری را به عنوان روشی برای فهم نحوه قرارگیری اجزای یک سیستم فناورانه پیچیده در کنار یکدیگر و تعامل و تکامل آنها طرح‌ریزی می‌کند. رهنگاشت، کاربردها، چالش‌های فنی و راهکارهای فناورانه را به هم پیوند داده و اولویت‌هایی برای حصول به اهداف تعیین می‌کند." [۴]

### ۱- ساختار رهنگاشت فناوری

همانطور که در مقدمه اشاره شد، تعریف استاندارد از رهنگاری فناوری وجود ندارد و بررسی رهنگاشت‌های ایجادشده نشانگر این است که اختلاف نظر قابل توجهی میان محققین در رابطه با اجزاء تشکیل دهنده رهنگاشت و تکنیک‌های رهنگاری بکار رفته وجود دارد. اما رایج‌ترین ساختار را می‌توان در قالب کلی ارائه شده توسط EIRMA در سال ۱۹۹۷ بیان کرد (شکل ۱).



شکل ۲- رهنگاشت فناوری محصول



شکل ۳- رهنگاشت آینده‌نگاری فناوری

## ۱-۲- کاربردهای رهنگاشت فناوری

رهنگاری فناوری رویکرد بسیار منعطفی است و اصطلاح رهنگاری "محصول" یا "کسب و کار" شاید برای بسیاری از کاربردهای بالقوه آن مناسب‌تر باشد. بررسی یک مجموعه ۴۰ تایی از انواع رهنگاشت‌ها تنوعی از اهداف و کاربردهای مختلف آنها را نمایان می‌سازد که در ادامه با توجه به ساختار و محتوای مشاهده شده، در قالب ۸ حوزه اصلی تقسیم‌بندی شده‌اند [۶]:

### ۱- برنامه‌ریزی محصول

رایج‌ترین نوع رهنگاشت فناوری محسوب می‌شود و در ارتباط با کاربرد فناوری در محصولات تولیدی (اغلب بیش از یک نسل از محصولات) می‌باشد. برای مثال رهنگاشت فیلم‌س که رویکرد آن مورد اقتباس فراوان قرار گرفته است، نشان می‌دهد که چگونه رهنگاشت‌ها برای پیوند فناوری‌های برنامه‌ریزی‌شده با محصولات توسعه‌یافته بکار می‌رود. این رهنگاشت را می‌توان از ترکیب فناوری‌ها با رهنگاشت محصول یا سر برنامه تولید محصول<sup>۱</sup> ایجاد کرد [۷].

### ۲- برنامه‌ریزی خدمات

مشابه برنامه‌ریزی محصول بوده، اما برای بنگاه‌های خدماتی بسیار مناسب است. به طوری که نقش فناوری‌رادر توسعه توانمندی‌های سازمانی توصیف می‌کند. برای مثال، رهنگاشت یک اداره پست که با روش T-Plan توسعه یافته برای بررسی تأثیر توسعه فناوری بر کسب و کار مورد استفاده قرار گرفته است. این روش بر توانمندی‌های سازمانی به عنوان پلی بین فناوری و کسب و کار (به جای محصولات) تمرکز دارد [۸].

### ۳- آینده‌نگاری

این نوع رهنگاشت‌ها از لحاظ افق زمانی برنامه‌ریزی گسترده‌تر بوده و اغلب در سطح بخش

تمامی لایه‌های رهنگاشت در طول زمان تعریف می‌شوند. در این چارچوب، توالی انجام فازها مطابق با دیدگاه کشش بازار<sup>۱</sup> (نیازمندی‌ها، محرک‌ها) است، اما دیدگاه فشار فناوری<sup>۲</sup> (انباشت توانمندی‌ها) نیز از طریق ساز و کار بازخورد دنبال می‌شود.

## ۲- گونه‌شناسی<sup>۳</sup> رهنگاشت‌های فناوری

در سیر تاریخی تحول و توسعه مفهوم رهنگاری فناوری، انواع مختلف رهنگاشت نیز به نوبه خود توسعه یافته‌اند و در واقع یکی از چالش‌های پیش روی استفاده‌کنندگان رهنگاشت فناوری، وجود انواع مختلف آن است که باید متناسب با اهداف، نیازها، زمینه فعالیت و سایر عوامل بکار برده شود. به علاوه تجارب عملی محدودی برای این روش‌های متنوع وجود دارد و در واقع اغلب کاربران در استفاده از این روش‌ها دوباره آنها را بازتعریف کرده‌اند. اما با این وجود تجارب اندکی وجود دارد که سعی کرده‌اند به جمع‌بندی این روش‌ها بپردازند. برای مثال EIRMA (۱۹۹۷)، بری و گارسیا (۱۹۹۷)، گروئنولد (۱۹۹۷)، اشتراوس (۱۹۹۸). این مؤلفان بیان می‌کنند که ایجاد یک فرایند رهنگاری اثربخش به چشم‌انداز و تعهد سازمان برای یک فرایند تکرار شونده و اکتشافی وابسته است. در ادامه با بررسی و مطالعه ادبیات و تجارب عملی موجود سعی شده است تقسیم‌بندی‌های صورت گرفته تکمیل و جمع‌بندی شود. ماحصل این پژوهش، نوع‌شناسی رهنگاشت‌ها بر اساس کاربردها، سطح و حوزه کاربرد، نوع و میزان تحولات فناوری، رویکردها (روش تحلیل) و نحوه نمایش رهنگاشت‌ها است. در ادامه به بررسی و تحلیل هر یک از این ابعاد و ویژگی‌ها می‌پردازیم.

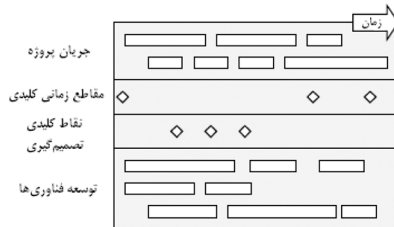
یا ملی اجرا می‌شوند. برای مثال رهنگاشت ایجاد شده در پروژه<sup>۴</sup> رهنگاری فناوری تولیدی یکپارچه ایالات متحده<sup>۵</sup> بر سیستم‌های اطلاعاتی متمرکز بوده و نشان می‌دهد که چگونه از همگرایی فناوری‌های مختلف توسعه یافته، یک سازمان یکپارچه (بدون مرز) اطلاعات محور<sup>۶</sup> منتج می‌شود.

### ۴- برنامه‌ریزی راهبردی

این نوع رهنگاشت‌ها شامل یک بعد راهبردی بوده و به ارزیابی فرصت‌ها یا تهدیدهای مختلف به خصوص در سطح بنگاه کمک می‌کند. برای مثال، یک ساختار رهنگاشت با روش T-Plan برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی راهبردی توسعه یافته است. این رهنگاشت بر توسعه یک چشم‌انداز از آینده کسب و کار شامل بازارها، کسب و کار، محصولات، فناوری‌ها، مهارت‌ها، فرهنگ و ... متمرکز است. شکاف‌ها با مقایسه چشم‌انداز آتی

1. Market-Pull  
2. Technology-Push  
3. Taxonomy

4. Master Production Schedule (MPS)  
5. US Integrated Manufacturing Technology Roadmapping (IMTR) Initiative



شکل ۳- رهنگاشت برنامه‌های R&D

صنعتی کانادا)؛

- رهنگاشت‌های صنعت (رهنگاشت بین‌المللی فناوری نیمه‌رسانا انجمن صنعت نیمه‌رسانا)؛
- رهنگاشت‌های فناوری (هوافضا، آلومینیوم و ...)
- رهنگاشت‌های محصول (موتورولا، اینتل و دیگران)؛
- رهنگاشت‌های فناوری- محصول (شرکت فناوری‌های لوسنت، شرکت بین‌المللی فیلیپس)؛
- رهنگاشت‌های پروژه/ مسأله (برای مدیریت پروژه).

از این طیف متنوع کاربردها، یک طبقه‌بندی قابل استخراج است که تلاش می‌کند تا رهنگاشت‌ها را بر اساس موقعیت‌شان در فضای کاربردها- اهداف دسته‌بندی کند (شکل ۵). این کاربردهای مستقل رهنگاشت در ۴ سطح وسیع دسته‌بندی می‌شوند:

- (الف) نقشه‌ها یا رهنگاشت‌های علم و فناوری (A)
- (ب) رهنگاشت‌های فناوری صنعت (B)
- (ج) رهنگاشت‌های بنگاه یا محصول- فناوری (C)
- (د) رهنگاشت‌های محصول / مدیریت سبد (پورتفولیو) محصولات (D)

پس از آن کاپل، این دسته‌بندی را با در نظر گرفتن خصوصیات از قبیل دقت و تأثیر، گسترش بیشتری بخشیده است. این طبقه‌بندی در

را بر اساس اینکه چگونه فناوری‌های مختلف با محصولات و سیستم‌ها ترکیب شده یا فناوری‌های جدیدی را شکل می‌دهند، نشان می‌دهد. مثلاً یکی از رهنگاشت‌های ناسا که به مدیریت توسعه برنامه‌های تحقیقاتی تلسکوپ‌های فضایی مرتبط است، بر جریان فناوری متمرکز بوده و نشان می‌دهد که چگونه فناوری برای کمک به انجام مأموریت‌های علمی در سیستم‌های تست و شبیه‌سازی تعبیه می‌شوند.

با جمع‌بندی کاربردهای فوق می‌توان سه کاربرد اصلی ذیل را برای توسعه رهنگاشت در نظر گرفت:

- کمک در دستیابی به اجماع عمومی در مورد مجموعه‌ای از نیازها و فناوری‌های لازم برای برآوردن آن نیازها؛
- فراهم ساختن ساز و کاری برای کمک به پیش‌بینی و آینده‌نگاری فناوری؛
- فراهم کردن چارچوبی برای کمک به برنامه‌ریزی و هماهنگی توسعه فناوری.

## ۲-۲- سطح و حوزه کاربرد انواع رهنگاشت فناوری

از لحاظ حوزه کاربرد، انواع رهنگاشت‌ها بیشتر در نهادهای فناوری محور با مقیاس بزرگ پیاده‌سازی شده‌اند. در یک مطالعه توسط کاستاو و شلر به تقسیم‌بندی‌های گوناگونی اشاره شده و سپس مدلی در این خصوص ارائه نموده که مرجع بسیاری از تقسیم‌بندی‌های پس از خود بوده است. این محققان طیفی از طبقه‌بندی رهنگاشت‌ها را بر می‌شمرند که به صورت زیر است [۱۰]:

- رهنگاشت‌های علوم- تحقیقات (مانند نگاشت علم)؛
- رهنگاشت‌های میان صنعتی (همچون ابتکار

و موقعیت فعلی شناسایی می‌شوند و راهبردهای مختلف مانند پل حد فاصل شکاف‌ها شکل می‌گیرند.

## ۵- برنامه‌ریزی دارایی‌های دانشی

از ترکیب دارایی‌های دانشی و روش‌های مدیریت دانش با اهداف کسب و کار ایجاد می‌شود. این نوع رهنگاشت که توسط واحد کاربردهای هوش مصنوعی در دانشگاه ادینبورگ ایجاد شده [۹]، سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا دارایی‌های دانشی حیاتی خود و پیوندهای آن با مهارت‌ها، فناوری‌ها و قابلیت‌های مورد نیاز برای برآورده کردن تقاضای بازار در آینده را به تصویر بکشد.

## ۶- برنامه‌ریزی پروژه

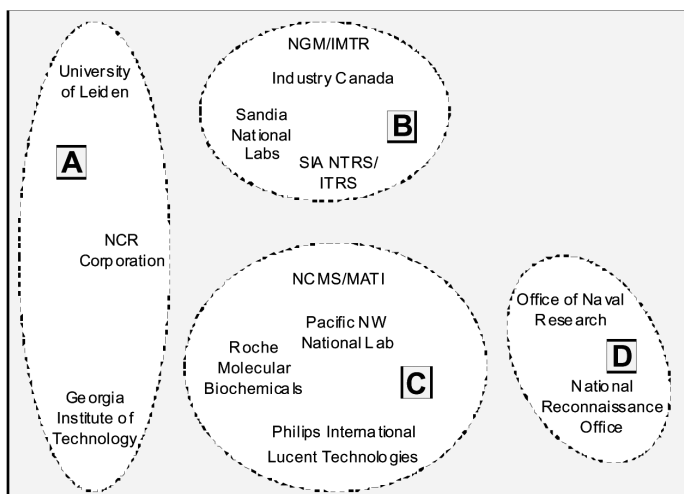
به پیاده‌سازی راهبردها و به طور مستقیم برنامه‌های تحقیق و توسعه مرتبط است. برای مثال، رهنگاشت ناسا برای برنامه Origins جهت بررسی نحوه شکل‌گیری جهان و حیات درون آن به کار می‌رود. این رهنگاشت خاص بر مدیریت برنامه توسعه نسل بعدی تلسکوپ‌های فضایی متمرکز بوده و روابط بین توسعه فناوری و فازها و نقاط کلیدی برنامه را نشان می‌دهد.

## ۷- برنامه‌ریزی فرایند

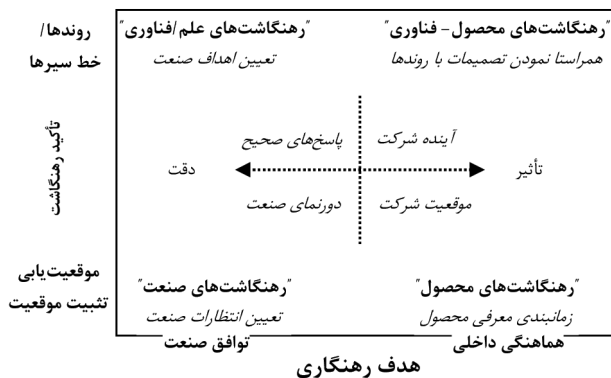
برای پشتیبانی از مدیریت دانش در یک حوزه فرایندی خاص مانند توسعه محصول جدید بکار می‌رود. برای مثال یک نوع از رهنگاشت فناوری که با روش T-Plan برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی محصول توسعه یافته بر جریان دانشی که برای تسهیل توسعه و معرفی اثربخش یک محصول جدید ضمن ترکیب دیدگاه‌های فنی و تجاری مورد نیاز است، تمرکز دارد.

## ۸- برنامه‌ریزی یکپارچه

در این روش که اغلب بعد زمانی به صورت صریح بیان نمی‌گردد، یکپارچگی یا تکامل فناوری



شکل ۵- طبقه‌بندی رهنکاشت‌ها از دیدگاه آبرایت و شلر [۱۱]



شکل ۶- طبقه‌بندی رهنکاشت‌ها از دیدگاه کاپل [۱۲]

فراهم می‌کند. به طوری که یکپارچگی و تلفیق فناوری در محصول، خدمات و سیستم‌های کسب و کار به راحتی مشخص می‌شود. برای مثال رهنکاشت فیلیپس (گرونولد ۱۹۹۷) نشان می‌دهد که چگونه فناوری‌های محصول و فرایند برای توسعه کارکردهای جدید در محصولات آینده با یکدیگر ترکیب می‌شوند.

ساختار رهنکاشت‌ها، در ذیل ۸ نوع روش گرافیکی شناسایی شده ارائه می‌شود [۱۳]:  
**الف- چندلایه‌ای:** متداول‌ترین قالب رهنکاشت فناوری از چندین لایه از قبیل فناوری، محصول و بازار تشکیل شده است. این نوع رهنکاشت امکان پیگیری روند تکامل هر لایه را همراه با وابستگی‌های بین لایه‌ای

نموداری دو بعدی نمایش داده می‌شود و محور افقی بر هدف رهنکاشت تأکید دارد که آیا هدف از انجام رهنکاشت ادراک و توافق در سطح وسیع (مانند صنعت) است یا هدف هماهنگی است که در سطح محدود (مانند بنگاه) انجام می‌گیرد. اما محور عمودی رهنکاشت‌ها را از جهت تأکید درونی از یکدیگر متمایز می‌کند که این تفکیک یا از جهت روندها یا از جهت موقعیت‌یابی در صنعت است.

نتیجه تقابل محور عمودی و افقی تعریف‌شده چهار نوع رهنکاشت می‌باشد (شکل ۶) که تعریف هرکدام به اختصار در ذیل می‌آید.

- ۱- **رهنکاشت‌های علم و فناوری:** هدف اصلی فهم بهتر آینده از طریق شناسایی روندهای خاص و انجام پیش‌بینی‌های دقیق می‌باشد.
- ۲- **رهنکاشت‌های صنعت:** نیاز به برنامه‌ریزی دورن سازمانی، پیچیدگی زنجیره تأمین و سرمایه‌گذاری‌های عظیم، باعث بوجود آمدن رهنکاشت‌های صنعت می‌شوند.
- ۳- **رهنکاشت‌های محصول-فناوری:** زمانی که برنامه‌ریزی‌های محصول و بازار را با روندهای فناوری ترکیب کنیم، نتیجه آن رهنکاشت محصول-فناوری خواهد بود. این رهنکاشت‌ها ارتباط میان نسل‌های محصول و نسل‌های متوالی فناوری را به هم پیوند می‌دهد.

۴- **رهنکاشت‌های محصول:** جهت‌گیری و برنامه‌ریزی تکامل محصول را به منظور ارتباط با مشتریان و مخاطبان داخلی بیان می‌کند.

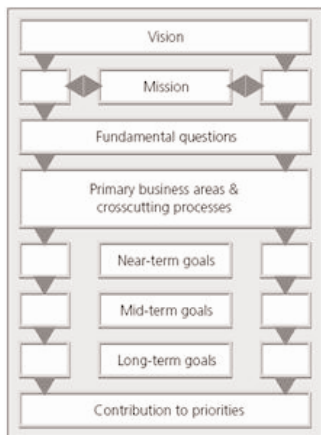
### ۲-۳- شکل‌های نمایش رهنکاشت فناوری

عامل دیگر مشاهده شده که در تنوع رهنکاشت‌ها مؤثر بوده است، شکل گرافیکی انتخاب شده برای نمایش آن است. با بررسی

و خانواده‌های محصول را بر اساس مجموعه‌ای از فناوری‌های نمایشگر کریستال مایع (LCD) نمایش می‌دهد.



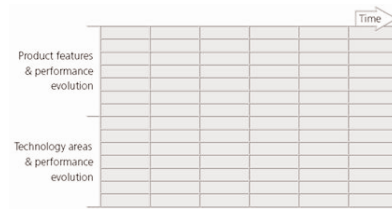
و- **فلوچارت‌ها:** نوع خاصی از نمایش مصور، فلوچارت است که عمدتاً برای نمایش ارتباط بین اهداف، اقدامات و نتایج بکار می‌روند. برای مثال رهنگاشت ناسا، که نشان می‌دهد چگونه چشم‌انداز سازمان با مأموریت سازمان، سوالات علمی اساسی، حوزه‌های اصلی کسب و کار، اهداف کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت و جایگاه آنها در اولویت‌های ملی ایالات متحده مرتبط است.



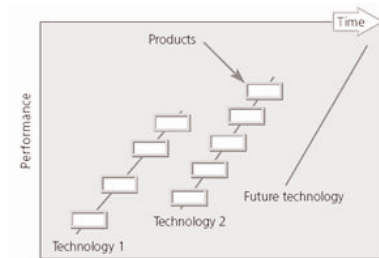
ز) **تک لایه‌ای:** این قالب زیرمجموعه‌ای از نمایش چندلایه‌ای محسوب می‌شود که بر یک

1. Experience Curve

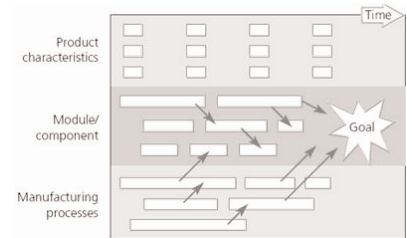
به راحتی قابل کمی شدن باشد یا فعالیت‌ها در بازه‌های زمانی مشخص تقسیم‌بندی شده باشند. برای مثال رهنگاشت مبتنی بر جدول EIRMA که شامل ابعاد عملکردی محصول و فناوری می‌باشد.



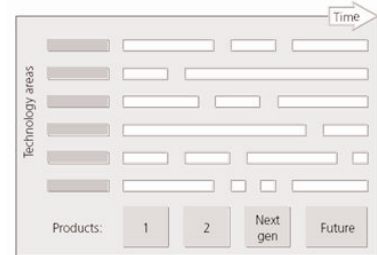
د- **گراف‌ها:** وقتی عملکرد محصول یا فناوری قابلیت کمی شدن داشته باشد، رهنگاشت می‌تواند به صورت یک گراف یا نقشه ساده برای هر زیرلایه بیان شود. این نوع گراف منحنی تجربه<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شود و تشابه و ارتباط بسیار نزدیکی با منحنی S شکل فناوری دارد. برای مثال رهنگاشتی که نحوه تکامل همزمان مجموعه‌ای از محصولات و فناوری‌ها را نشان می‌دهد.



ه- **نمایش تصویری:** برخی رهنگاشت‌ها از نمایش‌های تصویری خلاقانه‌تر برای ارتباط حاصل کردن بین تلفیق فناوری و برنامه‌ها استفاده می‌کنند. برخی مواقع از استعاره‌ها (مانند یک درخت) برای بیان بهتر مقاصد استفاده می‌شود. برای مثال رهنگاشت شارپ که توسعه محصولات



ب- **میله‌ای:** بسیاری از رهنگاشت‌ها در قالب مجموعه‌ای از میله‌های افقی برای هر لایه یا زیرلایه توصیف می‌شوند. این روش از مزیت ساده‌سازی و تلفیق خروجی‌های مورد نیاز برخوردار است که ارتباط و یکپارچگی رهنگاشت‌ها و توسعه نرم‌افزار برای پشتیبانی از رهنگاری را تسهیل می‌نماید. برای مثال رهنگاشت کلاسیک موتورولا (ویلیارد و مک‌کلیر ۱۹۸۷) که روند تکامل ویژگی‌ها و قابلیت‌های محصول و فناوری‌های رادیوی ماشین را نمایش می‌دهد. موتورولا متعاقباً رهنگاری را به سطوح بالاتری ارتقا داد. به طوری که اکنون رهنگاشت‌ها بخشی از دانش سازمانی و سیستم‌های مدیریت کسب و کار این شرکت را تشکیل داده در قالب یک نرم‌افزار با سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری تلفیق شده‌اند [۱۴].



ج- **جداول:** در برخی موارد کل رهنگاشت یا برخی لایه‌های آن در قالب جداولی ارائه می‌شوند (مثال زمان در مقابل عملکرد) این روش نمایش به خصوص وقتی مناسب است که عملکرد

لایه مجزا از رهنگاشت چندلایه‌ای متمرکز است. با وجود پیچیدگی کمتر، اشکال این روش در این است که روابط بین لایه‌های مختلف عموماً نشان داده نمی‌شوند. برای مثال رهنگاشت موتورولا (نوع میله‌ای) نمونه‌ای از یک رهنگاشت تک لایه است که بر تکامل فناوری مرتبط با یک محصول و ویژگی‌های آن متمرکز است.

ح- متن: برخی رهنگاشت‌ها به طور کلی یا بخش عمده آنها بر پایه متن است که همان موضوعاتی را توصیف می‌کند که در اغلب رهنگاشت‌های گرافیکی معمول آمده است. برای مثال گزارش‌های آگفا که به فهم روندهای فناوری و بازار که صنعت را تحت تأثیر قرار می‌دهند، کمک می‌کند.

#### ۴-۲- انواع رهنگاشت بر حسب نوع فناوری

نخستین مطالعه در رابطه با نوع و ماهیت فناوری، توسط گارسیا و بری از آزمایشگاه‌های ملی سان‌دیو انجام شده است [۲]. در این طبقه‌بندی رهنگاشت فناوری صرفاً از جنبه برنامه‌ریزی فناوری بررسی شده و دیدگاهی ابزاری و نتیجه‌گرا دارد. در این دیدگاه رهنگاشت‌ها به دو دسته رهنگاشت‌های فناوری- محصول و رهنگاشت‌های فناوری‌های در حال ظهور<sup>۱</sup> تقسیم می‌شوند. محرک و خاستگاه یک رهنگاشت فناوری- محصول، نیازهای محصول یا فرایند است. گونه دیگری از رهنگاشت فناوری که توسط برخی از نهادها مورد استفاده قرار می‌گیرند، رهنگاشت فناوری‌های نوظهور است. رهنگاشت فناوری‌های نوظهور با رهنگاشت فناوری- محصول از دو جهت زیر تفاوت دارد:

- رهنگاشت فناوری‌های نوظهور فاقد وسعت موجود در زمینه و بافتی<sup>۲</sup> است که در

رهنگاشت‌های فناوری- محصول وجود دارد. - توجه و تمرکز رهنگاشت فناوری‌های نوظهور بر سه موضوع زیر می‌باشد:

- پیش‌بینی توسعه و تجاری‌سازی یک فناوری جدید یا در حال ظهور؛

- موقعیت رقابتی یک شرکت با توجه به آن فناوری؛

- چگونگی توسعه فناوری در حال ظهور و موقعیت رقابتی شرکت.

توجه و تمرکز رهنگاشت فناوری‌های در حال ظهور بر یک فناوری واحد است و نیز روشی که انتظار می‌رود فناوری بر اساس آن توسعه یابد را شرح می‌دهد و ممکن است شامل برنامه‌های تحقیق و توسعه به منظور پشتیبانی توسعه فوق‌الذکر باشد. برونداد یک رهنگاشت فناوری در حال ظهور می‌تواند تصمیمی جهت تخصیص منابع انسانی به منظور توسعه فناوری و بهبود وضعیت رقابتی باشد. به صورت غیرمستقیم منظور این است که در حین توسعه فناوری، کاربردهایی برای آن پیدا خواهد شد.

رابت گالوپن نیز با توجه به تغییرات فناوری، رهنگاشت‌ها را به دو دسته رهنگاشت فناوری پایدار<sup>۳</sup> و رهنگاشت فناوری بنیان افکن<sup>۴</sup> تقسیم‌بندی می‌کند [۳].

#### ۵-۲- رویکردهای رهنگاشت فناوری

رویکردها در رهنگاشت به مثابه روش تحلیل و دستیابی به اهداف است. با توجه به هدف مورد نظر، رویکردی مناسب جهت دستیابی به آن اتخاذ می‌گردد. به عنوان مثال اگر هدف از رهنگاری تنها دانستن آینده یک حوزه علم و فناوری است، از رویکرد اکتشافی<sup>۵</sup> استفاده می‌شود. در حالی که اگر هدف این باشد که بر آینده علم و فناوری

تأثیراتی گذاشته شده و مسیر آن با توجه به هدف‌های مورد نظر تعیین شود، از رویکرد هنجاری<sup>۶</sup> استفاده می‌شود. در رویکرد چند سازمانی<sup>۷</sup> که در آن چندین سازمان با کمک و تعامل یکدیگر اقدام به فعالیت رهنگاری می‌کنند، ریسک را پایین آورده، منابع را افزایش داده و می‌توانند قلمرو و حوزه‌های هدف خود را گسترش دهند [۱۵].

کاستاو و شلر رهنگاشت‌ها را به دو رویکرد کلی رویکرد مبتنی بر خبرگان<sup>۸</sup> و رویکرد مبتنی بر رایانه<sup>۹</sup> تقسیم می‌نمایند و سپس رویکرد دیگری را نیز معرفی می‌نمایند که از ترکیب دو رویکرد فوق حاصل می‌شود و رویکرد ترکیبی<sup>۱۰</sup> نام دارد. پس از پیدایش و توسعه فناوری اطلاعات، روش‌ها و رهیافت‌های جدیدی ظهور پیدا کردند که در عرصه علم و فناوری تحولات چشمگیری را رقم زدند؛ کاربرد فناوری اطلاعات در رهنگاشت‌های علم و فناوری بسیار فراگیر و بنیادین است که خود منجر به رهیافتی در فرایند رهنگاشت‌های علم و فناوری با نام تحلیل مبتنی بر فناوری اطلاعات شده است. از منظر زمان نیز دو رویکرد رایج در رهنگاشت وجود دارد: تحلیل گذشته‌نگر<sup>۱۱</sup> و آینده‌نگر<sup>۱۲</sup>. نوع اول بر درک چگونگی دستیابی به یک فناوری مورد نظر دلالت دارد. در حالی که رویکرد دوم فرایند را بر اساس فناوری بنا می‌کند تا زمانی که اهداف جدیدی وضع شود [۱۶].

با توجه به نمونه‌های فوق می‌توان دریافت که برای رسیدن به هدفی خاص می‌توان از چندین رویکرد استفاده نمود، ولی نکته مهم این است که کدام رویکرد بهتر و دقیق‌تر با هدف مورد نظر سازگار است. انتخاب رویکرد با بافت سازمان نیز بسیار مرتبط است. به عنوان نمونه اگر به منظور دستیابی به هدفی در حوزه مورد نظر

1. Emerging Technologies

2. Context

3. Sustaining Technology Roadmaps

4. Disruptive Technology Roadmaps

5. Exploratory

6. Normative

7. Multi-Organization

8. Expert-Based Approach

9. Computer-Based Approach

10. Hybrid Approach

11. Retrospective Roadmaps

12. Prospective Roadmaps

داده‌های آماری و پایگاه‌های داده کافی وجود نداشته باشد، استفاده از رویکرد رایانه-محور امکان‌پذیر نخواهد و باید از رویکرد خبره-محور استفاده نمود.

### ۳- فرایند ایجاد رهنگاشت فناوری

با توجه به تنوع رهنگاشت‌ها، فرایند یکتایی نیز برای ایجاد آن وجود ندارد. گارسیا و بری از آزمایشگاه‌های ملی ساندا در کشور آمریکا از نخستین کسانی بودند که اصول فرایند رهنگاشت فناوری را تبیین کردند. روش عمومی T-Plan نیز یکی دیگر از روش‌های مطرح رهنگاشت فناوری است که توسط رابرت فال ارائه گردید. در ادامه به تشریح این دو فرایند کلی رهنگاشت می‌پردازیم.

#### ۳-۱- مدل آزمایشگاه ملی ساندا

این فرایند از سه فاز مقدماتی، تدوین رهنگاشت و پشتیبانی تشکیل شده است [۲]:  
مرحله اول- فعالیت‌های مقدماتی، شامل گام‌های:

۱- شناسایی و برآوردن شرایط اساسی: پس از پیوستن کلیه شرکت‌کنندگان، شرایط اساسی از قبیل گروه‌های درگیر، مشتریان و تأمین‌کنندگان کلیدی شناسایی شده و اقدامات لازم برای فراهم ساختن شرایط صورت می‌پذیرد؛

۲- تعیین کارفرما و کمیته راهبری: کمیته راهبری وظیفه هدایت و مدیریت فرایند رهنگاشت را بر عهده داشته و کارفرما از نتایج رهنگاشت به منظور اتخاذ تصمیماتی از قبیل تخصیص منابع بهره‌برداری می‌کند؛

۳- تعیین قلمرو و محدوده رهنگاشت فناوری:

چشم‌انداز، دامنه و مرزبندی پروژه با هدف تعیین نیازمندی‌ها، افق برنامه‌ریزی و سطح جزئیات تعریف می‌شود.

مرحله دوم- توسعه رهنگاشت، شامل گام‌های:  
۱- تعیین نیازمندی‌های محصول: در این گام

نیازمندی‌های محصول توسط شرکت‌کنندگان شناسایی و مورد توافق قرار می‌گیرد. در صورتی که نیازمندی‌های مشترک محصول با عدم قطعیت‌های اساسی مواجه باشد، می‌توان از برنامه‌ریزی سناریو استفاده کرد که هر سناریو باید منطقی، سازگار و قابل مقایسه با سایر سناریوها باشد؛

۲- تعیین نیازمندی‌های حیاتی سیستم و اهداف آنها: احتیاجات حیاتی سیستم، چارچوب کلی رهنگاشت و ابعاد اصلی فناوری‌های مربوطه را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این برای هر یک از نیازمندی‌های سیستم اهدافی از قبیل قابلیت اطمینان و هزینه‌ها نیز باید مشخص گردد؛

۳- تعیین حوزه‌های اصلی فناوری: حوزه‌هایی که بتوانند دستیابی به احتیاجات حیاتی سیستم برای محصول را محقق سازند، در این گام تعیین می‌شوند. سپس نیازمندی‌های حیاتی سیستم به محرک‌های فناوری تبدیل می‌شود؛

۴- تعیین محرک‌های فناوری و اهداف آنها: در این مرحله نیازمندی‌های حیاتی سیستم از گام ۲ به محرک‌های فناوری (همراه با اهداف) برای یک حوزه فناوری مشخص تبدیل می‌شود. این محرک‌ها متغیرهای مهمی هستند که در انتخاب گزینه‌های فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند؛

۵- تعیین گزینه‌های فناوری و زمانبندی آنها: در این مقطع محرک‌های فناوری و اهداف آنها

مشخص شده‌اند و از این رو گزینه‌های فناوری که دستیابی به اهداف را ممکن می‌سازند، قابل شناسایی هستند. برای هر گزینه یک برنامه زمانی در ارتباط با نحوه تکامل آن تخمین زده می‌شود؛

۶- زمان: این عامل باید متناسب با ویژگی‌های حوزه مورد بررسی تعدیل شود، برای مثال افق زمانی برای بخش‌های مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات معمولاً کوتاه‌مدت هستند. تمایزات دیگر می‌تواند بر اساس مقیاس و بازه‌های زمانی صورت گیرد؛

۷- پیشنهاد گزینه‌های فناوری جهت توسعه: از آنجا که گزینه‌های فناوری از لحاظ هزینه، زمان و ... با یکدیگر متفاوت هستند، باید پس از ایجاد روابط جایگزینی بین گزینه‌های مختلف با توجه به اهداف، عملکرد و هزینه، بهترین گزینه‌ها را انتخاب نمود؛

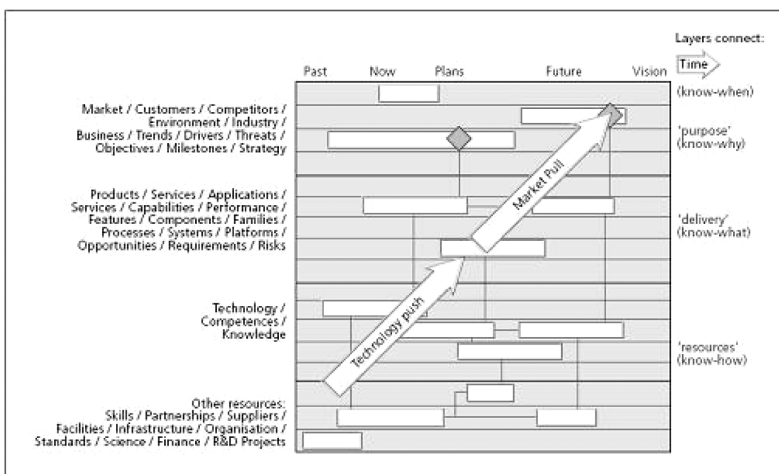
۸- تدوین گزارش رهنگاشت فناوری: این گزارش شامل بخش‌هایی از قبیل تعیین و توصیف حوزه‌های فناوری، عوامل حیاتی و کلیدی رهنگاشت، حوزه‌های عدم شمول، توصیه‌های پیاده‌سازی و فنی است.

مرحله سوم- فعالیت‌های پشتیبانی و پیگیری: در این مرحله رهنگاشت باید توسط گروه‌های مسئول پیاده‌سازی آن مورد نقد، تأیید اعتبار و پذیرش قرار گیرد. همچنین به موازات تغییر نیازهای ذینفعان و تکامل فناوری‌ها باید مقاطع زمانی به روزآوری مشخص و بازبینی‌های دوره‌ای انجام شود.

#### ۳-۲- مدل T-Plan

در مآخذی دیگر، فال، چارچوب مطالعات رهنگاشت را تشریح می‌کند [۱۷]. بسیاری از





شکل ۷- ساختار جامع رهنگاشت فناوری در مدل T-Plan

نمونه‌های موجود با کاربرد این فرایند رهنگاری سریع توسعه یافته‌اند و در این بخش از مقاله روش عمومی T-PLAN که ماحصل مطالعات فال در ۳۵ مورد کاربرد این روش در بنگاه‌های مختلف است، تشریح می‌شود. این روش دو نوع کلی دارد: روش استاندارد، که برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی محصول بکار می‌رود و روش انعطاف‌پذیر یا سفارشی، که شامل راهنمایی‌هایی برای کاربرد این روش در حوزه گسترده‌تری است [۱۸].

#### الف- روش استاندارد: روش استاندارد

T-PLAN یا روش برنامه‌ریزی جامع محصول- فناوری شامل برگزاری چهار کارگاه است. سه کارگاه نخست بر سه لایه اصلی رهنگاشت (بازار/کسب و کار، محصول/خدمت، فناوری) تمرکز دارد و در کارگاه پایانی با در نظر گرفتن عامل زمان، سه لایه نخست در یک نمودار واحد ترسیم می‌شود.

**ب- روش انعطاف‌پذیر:** این رویکرد می‌تواند برای تطابق با کاربردهای خاص و با توجه به معماری و فرایند توسعه رهنگاشت سفارشی گردد. رهنگاشت تعمیم یافته نشان داده شده در شکل ۷ بر اساس مشاهدات رهنگاشت‌های متعدد، لایه‌ها و زیرلایه‌های مختلفی که می‌توانند برای تعیین ساختار رهنگاشت مورد استفاده قرار گیرند را نشان می‌دهد و این رهنگاشت تعمیم یافته می‌تواند برای متناسب شدن با ساختارهای خاص، تطابق یابد.

این معماری عمومی چندلایه‌ای امکان استحصال، ساختار یافتن و تسهیم جنبه‌های کلیدی دانش کسب و کار و شناسایی مسائل راهبردی و توافق روی فعالیت‌های عملیاتی را فراهم می‌کند. همسویی دانش چرایی (هدف)، دانش چیسستی (موضوع تحویلی)، دانش چگونگی

چیزهایی را نه)،  
- **تمرکز:** ملاحظات اصلی که محرک اصلی نیاز به رهنگاشت است؛  
- **اهداف:** مجموعه‌ای از اهداف مورد انتظار که با برنامه‌ریزی رهنگاشت در کوتاه‌مدت یا بلندمدت بتوان به آنها دست یافت؛  
- **منابع:** سطحی از منابع که سازمان تمایل دارد در آینده از آنها استفاده کند. مانند: نیروی انسانی، سرمایه و ...

- **معماری:** ساختار رهنگاشت بر اساس:  
- **توالی زمانی:** معمولاً در محور افقی مشخص و از یکدیگر تفکیک می‌شود. افق برنامه‌ریزی و مقاطع زمانی کلیدی از جمله این مواردند؛  
- **سطوح:** سطوح کلی و زیرسطوح که معمولاً به صورت عمودی از یکدیگر تفکیک می‌شود؛  
- **فرایند:** مجموعه‌ای فزاینده شده از فعالیت‌ها که برای شکل‌گیری محتوای رهنگاشت، تصمیم‌سازی، شناسایی و تطبیق فعالیت‌های اساسی و حفظ و تداوم

(منابع) و دانش زمانی (زمان) باعث می‌شود که تعادل بین فشار فناوری و کشش بازار برقرار گردد.

تغییراتی در فاز برنامه‌ریزی تهیه رهنگاشت فناوری باید صورت گیرد که بخش عمده آن در فعالیت طراحی است، در قسمتی که فرایند تهیه رهنگاشت و معماری رهنگاشت باید به موازات انجام گیرند. مانند همه فعالیت‌های طراحی، این فرایند نیز خلاقانه همراه با سعی و خطا و غیرخطی است. چک لیست زیر در T-Plan به عنوان مبنایی برای کانون بحث استفاده می‌شود و تا زمانی که طرفین در مورد طرحی که برای تمام افراد قابل قبول و قابل فهم باشد به توافق برسند، ادامه می‌یابد:

- **زمینه:** مسأله اصلی تدوین رهنگاشت که باید مشخص گردد و همچنین محدودیت‌هایی که فرایند را تحت تأثیر قرار می‌دهد:

- **حوزه:** تعریف کننده مرزهای دامنه مسأله (چه چیزهایی را باید شامل شود و چه

جدول ۱- گونه‌شناسی رهنکاشت فناوری

| منبع                   | انواع رهنکاشت   | معیار دسته بندی     |
|------------------------|---|---------------------|
| (گارسیا و بری، ۱۹۹۷)   | رهنکاشت فناوری- محصول، رهنکاشت فناوری‌های نوظهور/ در حال پیدایش   | نوع و میزان         |
| (رابرت گالوین، ۲۰۰۴)   | رهنکاشت فناوری پایدار، رهنکاشت فناوری بنیان افکن  | تحولات فناوری       |
| (آلبرایت و شلر، ۱۹۹۸)  | رهنکاشت ملی/ میان صنعتی، صنعت/بخش، بنگاه/ سازمان، محصول/ پروژه  | سطح یا حوزه کاربرد  |
| (رابرت گالوین، ۲۰۰۴)   | بنگاه، صنعت و حوزه علمی   |                     |
| (ریچارد آلبرایت، ۲۰۰۵) | رهنکاشت علم و فناوری، رهنکاشت صنعت/ حمایت دولت، رهنکاشت محصول - فناوری  |                     |
| (توماس کاپل، ۲۰۰۱)     | رهنکاشت محصول، رهنکاشت محصول- فناوری، رهنکاشت صنعت، رهنکاشت علم/ فناوری   |                     |
| (کاستاو و شلر، ۲۰۰۱)   | رهنکاشت علوم/ تحقیقات، میان بخشی، صنعت، فناوری، محصول، محصول- فناوری و پروژه/مسأله  |                     |
| (مارتین رین، ۲۰۰۴)     | رهنکاشت آینده‌نگر و گذشته‌نگر   | رویکرد یا روش تحلیل |
| (کاستاو و شلر، ۲۰۰۱)   | با استفاده از نظرات خبرگان، با کمک رایانه و رویکرد تلفیقی   |                     |
| (توماس کاپل، ۲۰۰۱)     | هنجاری و اکتشافی  |                     |
| (بروس و فین، ۲۰۰۵)     | تک سازمانی و چند سازمانی  | قالب و نحوه نمایش   |
| (فال و همکاران، ۲۰۰۱)  | چندلایه، نوار، جداول، گراف، درختی، فلوجارت، تک‌لایه، متن  |                     |
| (فال و همکاران، ۲۰۰۱)  | برنامه‌ریزی محصول، برنامه‌ریزی خدمات/توانمندی، برنامه‌ریزی راهبردی، آینده‌نگاری، برنامه‌ریزی دارایی‌های دانشی، برنامه‌ریزی پروژه R&D، برنامه‌ریزی فرایند، برنامه‌ریزی یکپارچه | موارد استفاده       |

برنامه‌های فناوری و شناسایی موانع توسعه سریع و کم‌هزینه محصولات است. رهنکاشت‌های فناوری انواع مختلفی دارند که در سیر تاریخی تحول و توسعه این مفهوم، انواع رهنکاشت‌ها نیز به نوبه خود توسعه یافته‌اند. اغلب این تقسیم‌بندی‌ها بر اساس سطح کاربرد رهنکاشت‌ها است؛ بدین معنا که در چه سطحی - از پروژه و محصول گرفته تا سطح ملی و بین‌المللی- تعریف شده‌اند. جمع‌بندی گونه‌شناسی انواع رهنکاشت‌ها بر اساس معیارهای دسته‌بندی در جدول ۱ خلاصه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، نگانشت‌ها دارای شیوه‌های مختلفی هستند که نظام‌دهی و ارائه الگوی طبقه‌بندی می‌تواند مؤثر و کارآمد باشد. اما باید توجه داشت که رهنکاشت‌ها همیشه منطبق بر دسته‌بندی‌های فوق نیستند و ممکن است اهداف، کاربردها، قالب‌ها و ... به صورت ترکیبی مدنظر قرار گیرند. بطورکلی رایج‌ترین نوع

#### ۴- جمع‌بندی

انتخاب ترکیب درستی از فعالیت‌های تحقیقاتی با توجه به منابع محدود سرمایه‌گذاری و فناوری‌های به سرعت در حال رشد و تغییر، یکی از مهمترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران و مدیران تحقیق و توسعه است. رهنکاشت‌های فناوری در سازمان‌ها، صنایع، دولت‌ها و محیط‌های آکادمیک برای توصیف و به تصویر کشیدن روابط ساختاری و زمانی میان علوم، فناوری و کاربردها و به عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری برای بهبود هماهنگی فعالیت‌ها و منابع در محیط‌هایی با پیچیدگی و عدم اطمینان بالا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. کاربردهای خاص رهنکاشت‌های فناوری شامل مدیریت، برنامه‌ریزی راهبردی و بازاریابی فناوری، تسهیل و افزایش ارتباطات بین پژوهشگران، تکنولوژیست‌ها، مدیران صنعتی، تأمین‌کنندگان، کاربران و سایر ذینفعان، شناسایی شکاف‌ها و فرصت‌ها در

برنامه‌ریزی رهنکاشت در آینده مورد نیاز است و در سطوح کلان و خرد انجام می‌گیرند؛ - **مشارکت‌کنندگان:** افرادی که در فرایند تدوین و در کارگاه‌ها مشارکت می‌کنند. از ویژگی این افراد این است که باید تجارب لازم را داشته باشند و برای انجام کار باید یک تیم چندکاره (با تخصص‌های مختلف) تشکیل شود؛ - **کارگاه‌ها:** بخش عمده‌ای از تدوین رهنکاشت مبتنی بر تشکیل یکسری کارگاه‌های تخصصی و یا آموزشی است و بنابراین تعیین دستورالعمل‌ها و زمانبندی این کارگاه‌ها یکی از مباحث تعیین رهنکاشت است؛ - **منابع اطلاعاتی:** دسترسی به انواع مختلف منابع اطلاعاتی از ملزومات فرایند تدوین رهنکاشت است.

- رهنگاشت، جهت برنامه‌ریزی یکپارچه محصول- فناوری با شکل نمایش چندلایه مورد استفاده قرار گرفته است. در پایان امید است این نوشتار گامی مؤثر در جهت ترویج استفاده از رهنگاری فناوری در برنامه‌ریزی فناوری در سازمان‌ها و نهادهای درگیر در امر توسعه فناوری در کشور باشد.
- ۴- منابع و مآخذ**
1. Phaal, R. and Farrukh, C.J.P. (2000), 'Technology planning survey - results', Institute for Manufacturing, University of Cambridge, project report, 14th March.
  2. Garcia, M.L. and Bray, O.H. (1997). Fundamentals of Technology Roadmapping. Strategic Business Development Department Sandia National Laboratories.
  3. Galvin, R. (2004), Roadmapping - a practitioner's update, Technological Forecasting and Social Change, 71, pp. 101-103.
  4. Richard E. Albright (2005) "Roadmapping Convergence", Principal, Albright Strategy Group, LLC
  5. EIRMA (1997), 'Technology roadmapping - delivering business vision', Working group report, European Industrial Research Management Association, Paris, No. 52.
  6. Phaal, R., Farrukh, C.J.P. and Probert, D.R. (2001), 'Characterisation of technology roadmaps: purpose and format', Proceedings of the Portland International Conference on management of Engineering and Technology (PICMET '01), Portland, 29th July - 2nd August, pp. 367-374.
  7. Groenveld, P. (1997), 'Roadmapping integrates business and technology', Research-Technology Management, 40(5), pp. 48-55.
  8. Brown, R. and Phaal, R. (2001), 'The use of technology roadmaps as a tool to manage technology developments and maximise the value of research activity', IMechE Mail Technology Conference
- (MTC 2001), Brighton, 24-25th April 2001.
  9. Macintosh, A., Filby, I. and Tate, A. (1998), 'Knowledge asset roadmaps', Proceedings of the 2nd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management, Basil, 29-30th October.
  10. Kostoff, R. N. and R. R. Schaller (2001). Science and technology roadmaps. IEEE Transactions on Engineering Management, 48(2), p.132-143.
  11. Richard Albright and Robert Schaller, "Technology Roadmap Workshop," moderated by the Office of Naval Research, Washington, DC, October 30, 1998.
  12. Kappel, Thomas A. 2001. "Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future," The Journal of Product Innovation Management, Vol. 18, 39-50.
  13. Phaal, R., Farrukh, C.J.P. and Probert, D.R. (2004), Technology roadmapping - a planning framework for evolution and revolution, Technological Forecasting & Social Change, 71(1-2), pp. 5-26.
  14. Bergelt, K. (2000), 'Charting the future: Motorola's approach to technology planning', Report of the 6th Annual Cambridge Technology Management Symposium, Cambridge, 13-14th July, pp. 10-11.
  15. Bruce, E.J. and Fine, C.H. (2005) Technology roadmapping: mapping a future for integrated photonics , Invited Tutorial. [www.hbs.edu/units/tom/seminars04-05/fine-5-Tech\_Rdmap.pdf]
  16. Rinne, M. (2004), Technology roadmaps: infrastructure for innovation, Technological Forecasting and Social Change, 71, pp. 67-80.
  17. Phaal, R., Farrukh, C.J.P. and Probert, D.R. (2001) T-Plan - The Fast-Start to Technology Roadmapping: Planning Your Route to Success, Institute for Manufacturing, University of Cambridge, Cambridge, UK.
  18. Albright, R.E. and Kappel, T.A. (2003), 'Roadmapping in the corporation', Research Technology Management, 42 (2), pp. 31-40.