معرفی "فناوری‌های پایه" به عنوان مفهومی نو در ادبیات مدیریت‌فناوری: تحلیل مفهوم

■ نوید ورقائی [1]
دانشجوی دکتری کارآفرینی،گرایش فناوری،گروه کارآفرینی،واحدقزوین،دانشگاه آزاد اسلامی،قزوین،ایران
■ محمد عزیزی *+
دانشیار،گروه توسعه کارآفرینی،دانشکده کارآفرینی،دانشگاه‌تهران،تهران،ایران
■ حمیدرضایزدانی [2]
دانشیار، گروه مدیریت منابع انسانی، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۸/۱ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۷
صفحات: ۴۰-۲۵
10.22034/jtd.2022.697429

چکیده

استفاده از ادبیات گذشته فناوری برای فهم آینده فناوری کافی به‌نظر نمی‌رسد. ازاین‌رو، همراه با تغییرات پرشتاب فناوری مفاهیم آن نیز نیاز به تکامل دارد. با توجه به اهمیت فناوری‌های پایه و ویژگی‌های منحصر به فرد آن، این فناوری‌ها به‌عنوان یک مساله با اهمیت مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این مطالعه با هدف تحلیل مفهوم فناوری‌های پایه در جهت شفاف‌سازی مفهوم در ادبیات انجام شده است.

با استفاده ازروش هیبرید؛ در مرحله نظری به بررسی مفهوم فناوری‌های پایه در متون WOS [3] پرداخته شد. در مرحله میدانی از روش تحلیل‌مفهوم و ترکیب رویکرد واکرواوانت و سودابی با ۱۲ نفر از متخصصین و اساتید دانشگاهی از رشته‌های مختلف مهندسی و مدیریت که دارای سوابق علمی و اجرایی بودند، مصاحبه‌های عمیق صورت گرفت و تحلیل نهایی با ابزار استراوس‌وکوربین انجام پذیرفت. درنهایت، چهارچوب تحلیل مفهومی به‌عنوان مبنایی جهت تحلیل مفهوم فناوری‌های پایه ارائه و با تعیین جایگاه آن در سطح بلوغ فناوری و تعیین معیارها و بیان ویژگی‌ها اقدام به ارائه یک تعریف جامع از فناوری‌های پایه شد. نتایج این بررسی می‌تواند تصویری عینی و قابل درک از فناوری‌های پایه و کاربردهای آن ارائه دهد و زمینه‌ای برای توسعه تحقیقات بعدی و روشن کردن ابعاد جدید از فناوری باشد.

واژگان کلیدی: فناوری، فناوری‌های پایه، تحلیل مفهوم، علم تا فناوری، روش هیبرید.

---

۱ شماره نمابر: ۷۷۶۷۰۱۰۴-۰۲۱ و آدرس پست الکترونیکی: Varghaei@qiau.ac.ir
* عهده دار مکاتبات
+ شماره نمابر: ۷۷۶۷۰۱۰۴-۰۲۱ و آدرس پست الکترونیکی: M_azizi@ut.ac.ir
۲ شماره نمابر: ۷۷۶۷۰۱۰۴-۰۲۱ و آدرس پست الکترونیکی: Hryazdani@ut.ac.ir

۳ WEB OF SCIENCE

۱- مقدمه

ما در زمان تغییرات فناوری زندگی می‌کنیم که از نظر سرعت، دامنه و عمق تاثیر بی‌سابقه است[۲۹]. از طرفی، اهمیت فناوری و مدیریت آن در دهه‌های اخیر افزایش یافته[۱۳] و نقش فناوری در دستیابی به مزیت رقابتی شناخته شده است[۱۴]. مهم‌ترین موضوعات مرتبط با فناوری را می‌توان در پیدایش فناوری‌های جدید جستجو کرد[۲۲] که برخی از این فناوری‌ها جز کلان روندهای علم و فناوری در آینده به‌شمار می‌روند[۴۱]. این فناوری‌ها عاملی برای امنیت و توان دفاعی یک کشور بوده[۴۲] و موجب قدرت و مزیت‌های رقابتی در دستیابی به فناوری‌های شالوده شکن[۴](بنیان افکن) و نوآوری‌های فناورانه در سطح جهان خواهد شد و امکان برنامه‌ریزی علمی بهتر را برای کشورها و پژوهش‌گران علوم مختلف فراهم خواهد کرد[۴۸]. ما با درک این مفهوم فناوری از آن به‌عنوان یک پدیده یاد می‌کنیم و آن را فناوری‌های پایه[۵] می‌نامیم. البته به قول سقراط «معرفت به چیزها از نام آنها مشتق نمی‌شود بلکه چیزها را باید فی نفسه مطالعه و بررسی نمود»[۳۳].

فناوری‌هایی که به‌عنوان حوزه‌ای از مطالعه، فاقد عناصر بنیادی کلیدی هستند، یعنی اولاً اجماعی در مورد نوع فناوری در طبقه‌بندی‌های مربوطه وجود ندارد و ثانیا عدم وجود طرح‌های تحقیقاتی قوی که مفاهیم نظری مرکزی را عملیاتی کنند، بسیار ناچیز است[۱۷] در مطالعات صورت گرفته درخصوص تعریف و دسته بندی مفهوم فناوری هیچکدام به‌صورت جامع به فناوری‌های پایه نپرداخته‌اند[۲، ۱۱، ۳۰، ۳۸، ۴۰، ۴۷، ۵۹ و ۶۰]. اما در این میان تعریف زلنی(۱۹۸۶) می‌تواند نزدیک‌ترین باشد، اجزای قابل شناسایی فناوری: سخت افزار، نرم افزار، دانش، مغز افزار[۶۰].

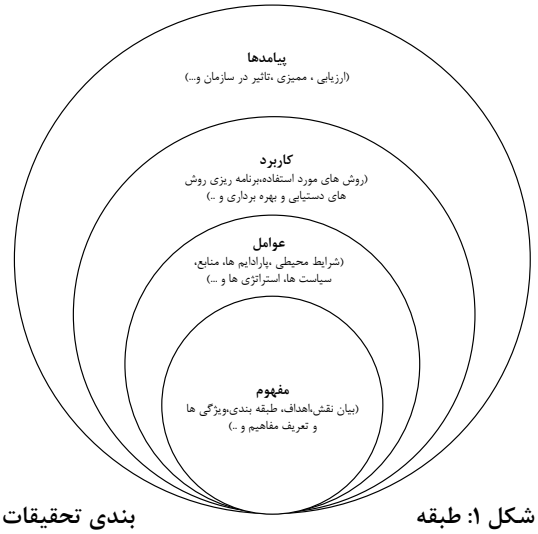
بنابراین پژوهشگر نخست تلاش خواهد نمود تعریف جامع و روشنی از پدیده ارائه نموده و به این سوال پاسخ دهد که مفهوم دقیق فناوری‌های پایه چیست؟ چه ویژگی‌هایی دارد ؟ نمونه‌های فناوری‌های پایه چه مواردی هستند و حد و مرز آن چیست و نتایج تحلیل مفهوم فناوری‌های پایه چه خواهد بود؟

ما در این تحقیق برای پاسخ به سوالات پژوهش از روش تحلیل محتوا استفاده خواهیم نمود؛ چون زمانی که یک مفهوم به منزله یک متغیر محوری استفاده شود، ولی به روشنی تعریف نشود دو پیامد به دنبال دارد: اول اینکه، فرد دقیقاً نمی‌داندکه این مطالعه درباره چیست و چه چیزی اندازه‌گیری می‌شود. دوم اینکه، با عدم وجود تعاریف روشن، خوانندگان تعریف خاص خود را که امکان دارد با تعریف نویسندگان موردنظر متفاوت باشد، به‌کار می‌برند[۲۸]. تنها راهی که می‌توان پایه شواهد را برای عمل خود نشان داد، توصیف پدیده‌ها به روش‌های قابل اندازه‌گیری یا حداقل قابل انتقال است[۵۶].

برای اطلاع از آینده، تصمیمات استراتژیک و کشف فناوری‌های کلیدی آینده باید به این فناوری‌ها توجه ویژه‌ای نمود[۵۴]. طبق گزارش سی اس تی آی[۶]، (۲۰۱۵) در کشور ژاپن این فناوری‌ها نقاط قوت به شمار می‌آیند و هسته اصلی ایجاد ارزش جدید را تشکیل می‌دهند[۵۳]. در انگلستان نیز برنامه ویژه‌ای توسط ای‌پی‌اس‌آرسی[۷] از سال ۱۹۹۹ هدایت می‌شود تا به تحقیقات در حوزه فناوری همان وضعیت تحقیقات علمی را ببخشد و برنامه‌ای را توسعه دهد که فناوری جدیدی را برای تحقیقات علمی تأمین کند. بنابراین برنامه فناوری‌های پایه برای پشتیبانی از فناوری‌های جدید با کاربرد وسیع طراحی شده است، چون آن فناوری‌ها با مکانیسم‌های موجود پشتیبانی نمی‌شوند[۲۰]. باتوجه به مطالعات موجود که هریک بخش‌های مختلف فناوری را بررسی نموده اند[۲۲]، بررسی محققین نشان می‌دهد مطالعات در حوزه فناوری را می‌توان به صورت کلی در چهار حوزه دسته‌بندی نمود که در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است.

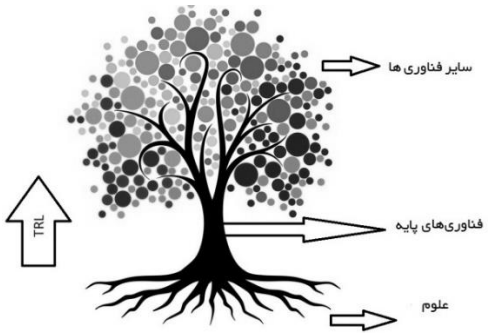
ما در پی مفهوم فناوری‌های پایه در مرحله مرور ادبیات با بررسی مقالات در پایگاه‌های اطلاعاتی (WEB OF SCIENCE) و (Magiran،Irandoc،SID و...) با کلیدواژه‌های علوم و فناوری‌های بنیادی، تحقیقات کاربردی پایه، فناوری‌های نوظهور، فناوری‌های اساسی، فناوری‌های آینده، فناوری‌های بنیان‌افکن، تحقیقات کاربردی، تحقیقات اساسی، فناوری‌های اصلی در عنوان مقالات و منابع در بازه زمانی سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۲؛ ابتدا ۲۸۹۴۲۲ رکورد شناسایی کردیم که از میان آنها تعداد ۴۱۱۱ رکورد مرتبط با مدیریت فناوری بوده و ۳۱۸ رکورد نیز دارای کلمات کلیدی در تیتر بودند و ۱۳۵ رکورد نیز ارتباط معنادار با مفهوم داشته و در نهایت ۲۴ مقاله اشاره صریح به مفهوم فناوری‌های پایه نموده بودند که در جدول شماره ۵ قابل مشاهده است.

4 Disruptive
5Base/Basic
6 Council for Science, Technology and Innovation (CSTI)
7 Engineering and Physical Sciences Research Council(EPSRC)



شکل ۱: طبقه بندی تحقیقات انجام شده در حوزه فناوری

در ادامه مشاهده گردید که این مطالعات از فقر اطلاعاتی و همچنین یک بهم‌ریختگی در متون درخصوص فناوری‌های پایه برخوردار است؛ به طوری‌که اتفاق نظری درباره اینکه چه‌چیزی فی‌الواقع یک فناوری پایه را مشخص می‌کند وجود ندارد و همچنان یک تعریف علمی از فناوری پایه و جایگاه آن در چرخه کسب‌وکار انجام نشده است. در نتیجه محققین در فاز دوم تحقیق با انجام مصاحبه با خبرگان و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به تحلیل فناوری‌های پایه پرداختند که در صورت اکتساب این فناوری‌ها قابلیت‌ها و ظرفیت‌های جدیدی برای دستیابی به فناوری‌های کاربردی ایجاد خواهد شد؛ چراکه فناوری‌های پایه مانند یک ریزفناوری برای سایر فناوری‌ها عمل می‌کند. تجربه و قابلیت‌های فناورانه برخی از کشورهای پیشرفته نشان داده که در صورت دستیابی به این قابلیت، دسترسی به سایر انواع فناوری‌ها و محصولات پیشرفته در هریک از صنایع مربوطه ممکن خواهد شد.



شکل ۲: جایگاه فناوری‌های پایه در درخت علم تا فناوری

آنگونه که از شواهد پیداست[۳۷]، بی‌شک مدل خطی نوآوری دارای انتقادات فراوانی است[۴۴]. اما به‌نظر می‌رسد این مدل درخصوص فناوری‌های پایه که یک مفهوم مرزی با کاربردها و مفاهیم مختلف است[۱۲] می‌تواند دور از انتظار نباشد. شکل شماره ۲ را مشاهده فرمایید.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- پیشینه نظری و رویکردها

اگر ما فناوری‌های پایه را به‌عنوان یک پدیده برای بررسی در این مطالعه در نظر داشته باشیم و انواع پدیده‌ها را به دو دسته پدیده‌های طبیعی و پدیده‌های انسانی[19] در نظر بگیریم، فناوری پایه یک پدیده انسانی اجتماعی خواهد بود که با رشد و توسعه علمی به هم تنیده شده است. از نظر اندرو جمیسون[8] (۲۰۰۳) چند راه مختلف برای اندیشیدن به فناوری به‌عنوان یک فرایند اجتماعی وجود دارد. یکی از آنها نوآوری است که در آن تغییرات علمی و فناوری یک عامل کلیدی رقابت اقتصادی و عملکرد تجاری موفق بشمار می‌رود. فناوری‌هایی که از نظر وسعت عمومی بوده و مبتنی بر آزمایشگاه هستند، به این معنی که برای توسعه نهایی نیاز به هزینه‌های عمده‌ای برای تحقیقات علمی است؛ البته علمی نسبتاً متفاوت از علم محض[9] که براساس چیزی است که هربرت سایمون[10] اقتصاددان، آن را علوم مصنوعی[11] می‌نامید(همچون برق در یک قرن پیش). از نظر او فناوری‌های مدرن متمایز از فناوری‌های گذشته هستند؛ زیرا این فناوری‌های پیشرفته در چیزی که می‌توان پایگاه دانش زیربنایی آنها نامید، فرا رشته‌ای هستند. یعنی به دانش و مهارت در زمینه‌های مختلف تخصصی علوم و مهندسی نیاز دارند. به اعتقاد او در گذشته توسعه فناوری، خطوط مشخص‌تری از مرزبندی بین انواع خاصی از شایستگی و دانش مرتبط وجود داشت و اساساً آنها حوزه‌های تحقیقاتی چند رشته‌ای بودند تا فرارشته‌ای. اما برای مثال مهندسی ژنتیک و فناوری‌اطلاعات، به تخصص و مهارت در طیف وسیعی از زمینه‌های علمی و حتی مهم‌تر، شایستگی در ترکیب، یا ترکیبی نیاز دارند. متخصص ژنتیک یا فناوری اطلاعات نه دانشمند است و نه مهندس، بلکه نوعی ترکیب از دو هویت یا نقش قبلی است. به همین دلیل، زمینه‌های فناوری جدید به‌عنوان بخشی از یک شیوه جدید تولید دانش توصیف شده‌اند. راه دیگر مسیر ساخت نام دارد که از ارائه راه‌حل‌های مختلف درخصوص فناوری‌های نوین توسط دانشمندان و مهندسان درکنار یکدیگر بوجود می‌آید. وی همچنین از اهمیت جامعه‌شناسی و فرهنگ و تاثیر آن بر فناوری و زندگی افراد سخن به میان آورده مدعی می‌گردد. میان

8 Andrew Jamison
9 Pure
10 Herbert Simon
11 Sciences of the artificial

مهندسان دانشگاهی و دانشمندان مدیریت، آژانس‌های تامین مالی برای پروژه‌های فناوری و شرکت‌های بزرگ ارتباط بوجود آمده و به گفته او باعث میانجی‌گری بین این افراد خواهد شد[۸]. دسته‌ای از تحقیقات در حوزه فناوری‌های نوظهور به‌عنوان مفهومی نزدیک به فناوری‌های پایه به بررسی ویژگی‌های مختلف فناوری پرداخته‌اند که اغلب تحت برچسب‌های عمومی(مانند فناوری نانو، زیست‌شناسی مصنوعی)، گروه‌بندی شده‌اند[۱۱، ۳۰، ۴۰ و ۴۷]. در ضمن تعریف هرکس از فناوری نوظهور به درک او از فناوری و دیدگاه تحلیل‌گر بستگی دارد[۱۷].

از طریق بررسی مجموعه‌ای از اسناد فعالیت‌های توسعه فناوری سازمان ناسا[12] نیز مشاهده شد که دسته‌بندی به گونه‌ای است که طیف وسیعی از فناوری‌ها خود شامل زیرمجموعه‌هایی هستند و هریک از این زیرمجموعه‌ها نیز نیازمندی‌هایی از جنس فناوری دارند. به معنای دیگر برای دستیابی به یک فناوری می‌باید ابتدا به مجموعه‌ای از فناوری‌های دیگر و در نهایت فناوری‌های پایه‌ای دست یافت[۱۹].

دسته دیگری از تحقیقات با عنوان فناوری‌های انقلابی توسط محققان مختلف انجام شده که شامل یک دسته از تغییرات بزرگ و بنیادین فناوری است[۲۳] که در سال ۲۰۱۱ منتشر در کنفرانس داووس(۲۰۱۶) به‌کار گرفته شد. سازمان علم و فناوری ناتو[13] نیز با حمایت انجمن علم و فناوری دفاع متحد، فرماندهی متحد تحول[14] همچنین نهاد ارتباطات و اطلاعات ناتو[15] در یک توصیه راه برای رهبران ملت‌ها فناوری‌های مهم با ماهیت تحول‌گرا و انقلابی را این‌گونه اعلام می‌کند: فناوری‌های فضایی، مافوق صوت، خودگردان‌ها، داده‌ها، هوش مصنوعی، فناوری‌های مربوط به مواد، بیوفناوری و فناوری‌های کوانتومی[۴۱].

با نظر به موارد فوق می‌توان دریافت که فناوری‌های پایه حالتی از فناوری هستند که توسط علوم مختلف با سرعت بالایی درحال شکل‌گیری بوده و به دلیل پراکندگی و کاربرد در علوم مختلف با عناوین متفاوتی از آن یاد شده که شاید دلیل آن ترکیبی بودن مفهوم فناوری[۸] باشد. ما در این مطالعه تلاش نموده‌ایم طیف وسیعی از معانی کاملا متفاوت و حتی متناقض را در یک اصطلاح فراگیر ترکیب کنیم. در جدول زیر تعاریف مختلف از مفهوم پایه[16] در فرهنگ لغات آمده است:

۲-۲- فناوری‌های پایه

امروزه مراکز تحقیقاتی(آزمایشگاه‌های ملی) و دانشگاه‌ها جزو تنها مکان‌هایی هستند که با فناوری‌های پایه سرو کاردارند. ازآنجایی‌که کاربرد و میزان تأثیرگذاری این فناوری‌ها در یک حوزه هنوز به صورت دقیق و روشن اثبات نشده، نیازمند تحقیقات و زمان زیادی است[45]. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در بررسی فناوری‌های پایه تلاش بشر برای نزدیک کردن بدن انسان به ماشین است که این موضوع خود را در جنبه‌های مختلف فناوری نشان می‌دهد. برای مثال پیشرفت در توان کامپیوترها و تحلیل داده‌ها امکان ترتیب‌گذاری ژن[17] را میسر ساخته است[۵۱]. ادبیات نظری نیز نشان می‌دهد این فناوری‌ها عمدتا بر پایه سیستم فیزیکی- سایبری با ماهیت‌های فیزیکی، دیجیتالی و بیولوژیک در بستر امن شکل گرفته‌اند[۲۴]. فناوری‌های پایه در موضوعی نقطه اشتراک دارند و آن موضوع پایه‌ای بودنشان است به این معنی که خود می‌توانند سر منشاء چندین فناوری دیگر باشند.

طبق اسناد ناسا فناوری‌هایی با یک‌سری ویژگی‌ها وجود دارند که فضای طراحی را برای فعال کردن مفاهیم سیستمی باز می‌کنند که در حال حاضر تنها با ادغام اجزای مختلف پس از ساخت امکان پذیر است. توانایی تطبیق طراحی و عملکرد اجزا در ابعاد بسیار کوچکتر، مسیرهایی را برای مهندسین سیستم‌ها با افزایش عملکرد، کارایی بیشتر و بهبود عملکرد در سازه‌های سبک‌تر و دستگاه‌های کوچک‌تر فراهم می‌کند که در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. کامپوزیت ساختاری تقویت شده با نانولوله، مواد چندمنظوره با استحکام و سختی بالا را برای سازه‌های سبک‌وزن فراهم می‌کند. این فناوری هم اکنون در سطح بلوغ فناوری ۳ قرار دارد و برای استفاده در فناوری‌های میانی و سپس فناوری‌های کاربردی نیاز به توسعه فناوری وابسته به تحقیقات پایه یا سایر فناوری‌ها دارد[۳۵]. ما این فناوری‌ها را جزو فناوری پایه می‌نامیم که با دستیابی به این فناوری پایه علاوه بر خلق یک فناوری ساختار سبک وزن می‌توان آن را در بسیاری از فناوری‌های میانی و کاربردی و حتی در سایر حوزه‌ها مورد استفاده قرار داد.

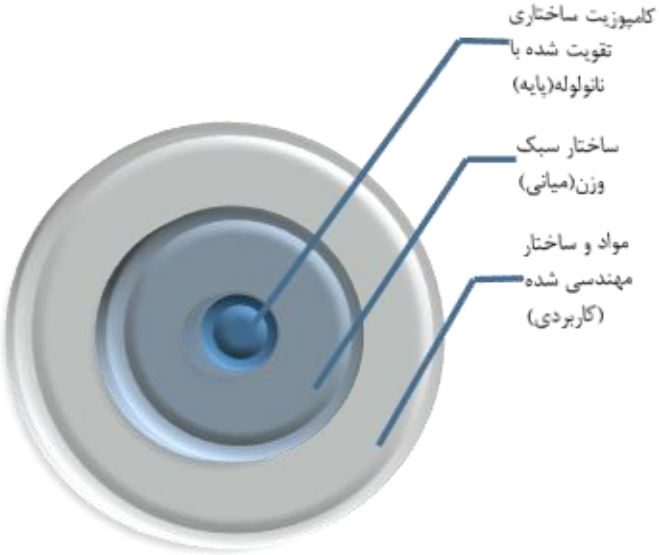
12 NASA
13 STO
14ACT
15 NCIA
16 Basic

جدول ۱: جستجوی انجام شده توسط نویسندگان در لغتنامه‌های فارسی و لاتین

منابع	تعاریف فرهنگ لغت از مفهوم پایه		ویژگی ها
فارسی	لغتنامه دهخدا	هریک از طبقات چیزی که بر آن طبقات بروند یا فرودآیند چون طبقات نردبان	طبقه‌ای بودن
	فرهنگ معین	شالوده، اساس. میله یا ستونی که چیزی روی آن قرار گیرد.	اساس بودن
	فرهنگ عمید	پی؛ بنیاد؛ قاعده؛ اساس	قاعده بودن
لاتین	کمبریج[18]	قسمت پایین یک جسم که روی آن قرار دارد	مبنای چیز دیگری بودن
	مریام وبستر[19]	اولین یا پایین‌ترین لایه از چیزی که عناصر دیگر روی آن اضافه می‌شود / ته چیزی که تکیه‌گاه آن محسوب می شود.	تکیه‌گاه برای اضافه شدن چیزهای دیگر
	لانگمن[20]	پایین‌ترین قسمت از یک گیاه / مهم‌ترین بخش چیزی که از آن ایده‌های جدید توسعه یابد	بوجود آمدن چیزهای دیگر از آن

جدول ۲: برخی از انواع حوزه‌های فناوری‌های پایه[45]

حوزه‌های مختلف فناوری پایه	فناوری‌های کاربردی
دیجیتال	فناوری‌هایی نظیر رباتیک، زنجیره‌ی بلوکی، فتونیک، هوش مصنوعی ، تحلیل داده، سنسورها، شبکه‌های ارتباطی نسل پنجم، محاسبات با عملکرد بالا و خودران‌ها
فناوری زیستی	فناوری‌های ژنومیک، بیوانفورماتیک، بیولوژی مصنوعی، بیوتراشه‌هاوسنسورها، بیوکاتالیست‌ها، فناوری‌های عصبی
مواد پیشرفته	فناوری‌های پایه‌ای باتری‌ها و ذخیره‌کننده‌های انرژی پیشرفته، سوخت‌های بیو، دریافت و ذخیره‌ی کربن،
انرژی و محیط‌زیست	نانومتریال، تولید به روش افزودنی، گرافن، مواد الکترونیکی انعطاف‌پذیر، نانوتیوب‌های کربن و مواد با عملکرد بالا



شکل ۳: نمونه برش عمیق از فناوری برای نمایش فناوری پایه طبق ساختار تجزیه منطقه فناوری(TABS) سازمان ناسا-تنظیم از پژوهشگران

۲-۳- پیشینه تجربی پژوهش

جدول ۱: تعریف فناوری‌ها با مضمون فناوری‌های پایه از دیدگاه نویسندگان به ترتیب سال (تنظیم از پژوهشگران)

مطالعات به ترتیب زمانی دسته‌بندی شده‌اند			
مقاله	حوزه مورد بررسی	تعاریف بکار رفته در مقاله	عنوان استفاده شده
مارتین[21](1995)	سیاست علوم و فناوری	فناوری که بهره‌برداری از آن برای طیف وسیعی از بخش‌ها سودمند است.	نوظهور عمومی
دی و شومکا[22] (2000)	مدیریت	فناوری‌هایی که به‌عنوان نوآوری مبتنی بر علم که دارای پتانسیل ایجاد یک صنعت جدید یا تغییر صنعت موجود بوده و شامل نوآوری‌های رادیکال و همچنین فناوری‌های تکاملی‌تر هستند که از	نوآوری مبتنی بر علم

21 Martin
22 Day and Schoemaker

		هم‌گرایی جریان‌های تحقیقاتی قبلی جدا شده‌اند.	
پورتر[23](2002)	سیاست علوم و فناوری	فناوری‌هایی که می‌توانند در افق ۱۵ ساله آینده (تقریباً) تأثیر اقتصادی بیشتری داشته باشند.	نوظهور
کوروچر[24](2003)	اقتصاد تکاملی	فناوری در سه سطح رخ می‌دهد: سطح آزمایشگاه‌های تحقیقاتی یا تحقیقاتی فردی، سطح اجتماعی و نهادی و سطح ماهیت و تکامل دانش و رژیم فناوریکی مرتبط.	یک فناوری جدید
راهنمای ۲۰۰۵فراسکاتی OECD	روش‌شناسی جمع‌آوری آمار	فعالیت نظری یا تجربی که به‌طور اساسی برای دستیابی به دانش جدید است، بدون آنکه منظور از آن کاربرد یا استفاده خاصی باشد؛ دانشی که زیربنای پدیده‌ها و واقعیت‌های مشاهده‌پذیر را می‌سازد.	علوم وفناوری‌های بنیادی
هانگ و چو[25](۲۰۰۶)	سیاست علوم و فناوری	فناوری‌های اصلی که هنوز پتانسیلی برای تغییر اساس رقابت نشان نداده‌اند	فناوری‌های اصلی
بون و مورز(2008)	سیاست علوم و فناوری	در مراحل اولیه توسعه قرار دارند. یعنی جنبه‌های مختلفی مانند ویژگی‌های فناوری و زمینه استفاده از آن یا ساختار شبکه بازیگر و نقش‌های مرتبط با آن‌ها هنوز نامشخص و غیرمشخص است.	فناوری‌های نوظهور
سرینیواسان[26](2008)	مدیریت	چهار ویژگی فناوری‌های نوظهور : ماهیت سرعت ساعت فناوری‌های نوظهور، هم‌گرایی، طرح‌های غالب، و اثرات شبکه	فناوری‌های نوظهور
EPSRC (۲۰۱۰)	علوم و فناوری	فناوری‌ای که فناوری جدید برای تحقیقات علمی ایجاد میکند، فناوری جدیدی که می‌تواند در بسیاری از زمینه‌ها کاربرد داشته باشد و برای پشتیبانی از فناوری‌های جدید پرخطر با کاربرد گسترده	فناوری پایه
کازنس[27] و همکاران (2010)	سیاست علوم وفناوری	"فناوری نوظهور ، فناوری که پتانسیل بالایی از خود نشان می‌دهد اما ارزش خود را نشان نداده یا در هیچ نوع توافقی قرار نگرفته است."	فناوری‌های نوظهور
میرک(۲۰۱۱)		فناوری‌هایی که نیروی پیشران شکوفایی و اقتصاد و امنیت ملی هستند و دارای اهمیت و نقش کلیدی برای مصالح و منافع ملی هستند.	فناوری‌های کلیدی
استال[28](2011)	سیاست علوم وفناوری	این فناوری‌ها در حال حاضر در مراحل اولیه فرآیند توسعه خود هستند. در عین حال، آنها قبلاً از مرحله صرفاً مفهومی فراتر رفته‌اند.	فناوری‌های نوظهور
کریستین آلفورد[29] (۲۰۱۲)	سیاست علوم وفناوری	این فناوری‌ها به‌طور عمده از مشارکت نانوتکنولوژی و بیوتکنولوژی بدست می‌آید، در فازهای ابتدایی توسعه قرار دارند و مرکز هدف گیری استراتژی فناوری های توانمندساز ملی با رویکرد توسعه جدید در فناوری‌های همگرا است.	فناوری‌های جدید پرمخاطب
الکساندر[30] و همکاران(۲۰۱۲)	سیاست علوم وفناوری	ظهور فنی مرحله‌ای است که در طی آن یک مفهوم یا ساختار توسط اعضای یک جامعه متخصص در عمل، اتخاذ و تکرار می‌شود که منجر به تغییر اساسی(یا گسترش قابل توجه) درک یا توانایی انسان می‌شود.	فناوری‌های نوظهور
تس هلگرن،موسسه رند (۲۰۱۳)	علوم وفناوری، دفاعی	برای اطلاع از استراتژی آینده جهت توسعه فناوری با هدف شناسایی شرایط مورد نیاز برای توسعه موثر، تصمیمات کلیدی ضروری در طول فرایند و نقاطی که سرمایه گذاری به منظور کشف فناوری‌های کلیدی در ۲۰ سال آینده در آنها ضروری است.	فناوری آینده
حلاوه[31](2013)	مدیریت	ویژگی‌های فناوری‌های نوظهور (IT) عبارتند از: عدم قطعیت، تأثیر شبکه، نگرانی‌های اجتماعی و اخلاقی ناپیدا، هزینه، محدودیت برای کشورهای خاص، و فقدان تحقیق و پژوهش.	فناوری‌های نوظهور
اسمال و همکاران (2014)	علم سنجی	توافق تقریباً جهانی در مورد دو ویژگی مرتبط با ظهور وجود دارد: تازگی و رشد.	فناوری‌های نوظهور
شورای علم ، فناوری و نوآوری ژاپن۳۲ (CSTI)(۲۰۱۵)	سیاست علوم وفناوری	اتصال چندین فناوری به صورت ارگانیک باعث تحریک توسعه فناوری متقابل می‌شود.	فناوری‌های اساسی
سهرابی(2018)	سیاست علوم وفناوری	حوزه علمی با اهمیت زیاد که به تازگی ایجاد و فرآیند شکل گیری آن به سرعت طی شده باشد و پس از ایجاد نیز سطح وسیعی از تأثیرات و وابستگی‌ها را بر روی پژوهش‌های حوزه خود و سایر حوزه‌ها داشته باشد و نظر تعداد زیادی از پژوهشگران و دست‌اندرکاران علمی را هم به خود جلب کند.	حوزه‌های تحقیقاتی نوظهور
شوکتیان(۲۰۱۹)	سیاست علوم وفناوری	این علوم و فناوری‌ها ویژگی‌هایی دارند: ابهام مفهومی، عدم قطعیت و ریسک بالا، امتناع پیش بینی دقیق نتایج کاربردی، فقدان سهولت ارزیابی کمی منافع حاصل از این علوم و فناوری‌ها، وجود واسطه و تأخیر زمانی برای تحقق نتایج کاربردی و دشواری تملک یافته‌ها و اهمیت آنها در نظام ملی نوآوری	علوم و فناوری‌های بنیادین

23 Porter.
24 Corrocher
25 Hung and Chu
26 Srinivasan
27 Cozzens
28 Stahl
29 Kristin Alford
30 Alexander
31 Halaweh
32 Council for Science, Technology and Innovation (CSTI)

		است .	
ردینگ ،سازمان علم و فناوری ناتو (STO) (۲۰۲۰)	دفاعی و نظامی	فناوری‌ای که ویژگی اصلی هوشمندی، بهم پیوستگی، توزیعی بودن و دیجیتالی بودن را در تعریف خود داشته باشد. حوزه‌های جدیدی طی بیست سال آینده به سطوح بالاتری از فناوری قدم خواهند گذاشت.	فناوری‌های مخرب بنیان افکن
سیمچی(۲۰۲۰)	سیاست علوم وفناوری	هرگاه خلق علم و یا توسعه فناوری برای اولین بار در جهان رخ دهد، آن را نوع اولی می‌نامند. نکته مهم در خلق علم و توسعه اینگونه فناوری‌ها آن است که اصولا آنها موضوعات پیچیده‌ای هستند.	فناوری‌های اولی
موسسه تحقیقات صنایع دفاع (۲۰۲۰)	دفاعی و نظامی	فناوری در سطح بلوغ ۱ تا ۳، یعنی دانش علمی تولید شده به‌عنوان زیربنای مفاهیم و برنامه‌های سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری را دارا باشد / کاربرد عملی آن مشخص شده باشد اما هنوز سوداگرانه و بدون اثبات آزمایشگاهی یا تجزیه و تحلیل دقیق و برای پشتیبانی از حدس بوده و مطالعات تحلیلی، فناوری را در یک زمینه مناسب قرار داده و تظاهرات آزمایشگاهی، مدل سازی، شبیه سازی و اجزای نرم‌افزاری غیر تلفیقی، پیش بینی تحلیلی را تایید کرده باشند.	فناوری های پیشرفته ی پیچیده و اکتشافی
دارپا[۳۳](۲۰۲۰)	دفاعی و نظامی	توانایی یک سازمان در مدیریت و پیشبرد تحقیقات دارای ریسک بالا که ممکن است به نتایج بسیار جدید و ایده‌های نوآورانه با امکان کاربرد دفاعی منجر شوند.	اکتشافات بنیادی

۳- روش‌شناسی پژوهش

هدف مقاله حاضر تحلیل مفهوم فناوری‌های پایه به جهت شفاف‌سازی مفهوم فناوری‌های پایه برای معرفی و استفاده این مفهوم در تحقیقات بعدی جهت بررسی جنبه‌های دیگری از این فناوری‌ها برای توسعه آن است؛ رویکردهای مختلفی برای تحلیل مفهوم وجود دارد از جمله سودابی(۲۰۱۰)؛ واکر و اوانت(۲۰۰۵)؛ راجرز[۳۴](۱۹۸۹)، سارتوری[۳۵](۲۰۰۹)، ویلسون[۳۶](۱۹۶۳) ، مودی[۳۷](۱۹۹۰)، مورس[۳۸](2008). تحلیل مفهوم می‌تواند با هریک از این رویکردها انجام گیرد. از آنجایی که انتخاب رویکرد مناسب، بستگی به هدف تحلیل محقق دارد[۴۳]، دراین پژوهش با ترکیب رویکردها از مدل هیبریدی استفاده شده است. این مدل برای رفع ابهام مفاهیم کاربرد دارد[۴۵]. یعنی ابتدا کتب، گزارش‌ها، اسناد و مقالات مربوطه بررسی شد و سپس در مرحله بعد با استفاده از دو رویکرد ۸ مرحله‌ای واکر و آوانت ۲۰۰۵ و سودابی ۲۰۱۰ که ترکیب این رویکردها، قدرت تجزیه و تحلیل مفهومی را افزایش داده و تراکم مفهومی[۳۹] را امکان پذیر نمود. تجزیه و تحلیل مفهوم، توسعه مفهوم، ترکیب مفهوم به فرآیند دقیق شفاف سازی در تعریف مفاهیم مورد استفاده در علم اشاره دارد[۳۲])که موجب استحکام و قدرت ساختار نظریه خواهد شد. برای این‌کار باید نام‌گذاری به وضوح انجام گیرد، باید به وضوح تعریف شود(ساختار)، و کاربردهای آن در تئوری باید روشن(عملکرد) باشد تا هرکس مفهوم آن را ببیند[۵۶]. رویکرد سودابی،۲۰۱۰ نیز برای فرآیند تحقیقی بکار می‌روند که مفاهیم را برای سطح توسعه آنها بررسی می‌کند، همانطور که ساختار داخلی، کاربرد، بازنمایی و ارتباط آنها با مفاهیم دیگر آشکار می‌شود. بنابراین، تجزیه و تحلیل مفهوم، معنای مفاهیم را برای ارتقاء درک بررسی می کند[۳۲].

در مرحله نهایی برای تحلیل اطلاعات از روش جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها و روش مقایسه مداوم[۴۰] طبق روش استراوس و کوربین استفاده شد و به جمع‌بندی روایت‌ها، استخراج مقوله‌ها و در نهایت ایجاد مفاهیم اقدام شد. پس از اطمینان از اعتبار و اعتماد معیارهای توسعه یافته جمع‌بندی و ارائه گردید. البته این یک فعالیت چالش برانگیز بود اما بینش عظیمی از پدیده مورد نظر را به پژوهشگران ارائه داد.

۳-۱- جامعه آماری

جامعه آماری این پژوهش کلیه خبرگان آشنا به موضوع است که به روش گلوله برفی و براساس روش نمونه‌گیری هدفمند و تا سرحد اشباع اطلاعات موردنیاز و کفایت نظری مورد بررسی قرار گرفت. به عبارت دیگر، این کار به کمک ۱۲ شرکت کننده(۳ نفر زن و ۹ نفر مرد) با میانگین سنی ۵۵ سال شامل اساتید و

33 Darpa (Defense Advanced Research Projects Agency)
34 Rodgers
35 Sartori
36 Wilson
37 Moody
38 Morse
39Conceptual density
40 Constant comparison

دانشـــمندان و محققین دخیل در فرآیندهای فناوری‌های پایه در آزمایشـگاه‌ها و دانشـگاه‌های معتبر ایران و از رشـته‌های مختلف شـامل فیزیک، مکانیک، شـیمی، الکترونیک، زیسـت شـناسـی و مدیریت انجام شد.

۴- جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها

در این بخش تحلیل مفهوم فناوری‌های پایه بیان شده و یافته-ها نیز در بخش پنجم بیان شده است.

۴-۱- انتخاب مفهوم[41]

این اولین مرحله مرتبط با کار تحقیق اسـت و زمانی اهمیت پیـدا می‌کند که مفهوم موردنظر برای انجام گام بعدی در تحقیق حیاتی باشـد[۵۶]. انتخاب مفهوم فناوری‌های پایه موجب ایجاد فرهنگ لغات مشـترک در بین رشـته‌های مختلف تشـکیل‌دهنده آن گشـته و موجب ایجاد ادبیات مختص فناوری‌های پایه خواهد شـد. همچنین واضح‌سـازی و شناخت بهتر مفهوم موجب آشکار شـدن بیشتر و تکمیل مفاهیم در زنجیره علم تا فناوری می‌گردد؛ این شـناخت موجب آگاهی از نقاط ضـعف و ایجاد زیرسـاخت مناسـب می‌گردد. از سـویی دیگر، تعریف فناوری‌های پایه موجب افزایش درک و معرفت سـیاسـتمداران از این فناوری‌ها گشـته و باعث می‌گردد سـیاسـتگذاران اولویت‌های خاصـی را درخصـوص فنـاوری‌هـای پایه لحاظ نمایند که موجب جلوگیری از هدر رفت در هزینه‌ها و مدیریت زمان شـده و در نتیجه مسـیر درسـت و بهینه را یافته و طی نمایند.

۴-۲- تعیین هدف تحلیل[42]

از آنجایی که فناوری‌های پایه اسـاس و زیربنای فناوری‌های کاربردی هسـتند، وجود آنها موجب توسـعه سایر فناوری گشته و می‌توانند درمحصـولات مختلفی بکار روند. از طرفی، فناوری‌های پایه شـرایطی را ایجاد می‌کنند که فناوری‌های پیشـرفته با پایه صـنایع بومی راه‌اندازی گشته و قطع وابستگی‌های خارجی بوجود آید؛ به‌طوری‌که ایجادکننده آن صـاحب آن فناوری خواهد بود و توانایی تعریف و حتی ایجاد آینده را برای جهان داشـته باشند. از دیگر اهداف می‌توان به افزایش سـرعت در مسـیر درخت علم تا فناوری اشاره کرد که برای رسیدن به فناوری‌های کاربردی است. همچنین بر خلاف شـرایط حاظر که هر سازمانی به صورت محلی و موازی در صـدد تحقیق و مطـالعـه جهـت دسـتیابی به این فناوری‌ها بر می‌آید، فعالیت‌ها به صـورت مجموعه‌ای شـبکه‌ای توسـط افراد مختلف و غیرمتمرکز انجـام خواهد شـد و موجب می‌گردد هزینه‌های اضـافی کاهش یافته و صنایع ملی و همچنین دفـاعی با مشـخص کردن نیازها اهتمام به سـرمایه‌گذاری‌های مشـترک و در نتیجـه انتفـاع جمعی گردنـد. همچنین موجـب تشخیص نیازهای اصلی فناوری‌های میانی و کاربردی گشته، آنها را پوشـش می‌دهد و در دل محصـولات و قابلیت‌ها جای گرفته و مشـخص می‌شـود که کدامیک از صـنایع و یا کشـورها سـرآمد خواهـد بود. برخی از ویژگی‌های فناوری پایه که می‌تواند موجب اهمیت این حوزه برای بررسـی شـود را می‌توان در فناوری‌های منتج شـده از فنـاوری‌های پایه آن‌هم در رشـته های مختلفی دانسـت. همچنین این فناوری‌ها داری دی ان ای مشـترک و زیرسـاخت‌های یکسان بین علوم جهت توسعه هستند که با توجه بـه جایگاهشـان از یک سـو به علوم و دانش بنیادی و پایه و از سـویی دیگر، با فناوری‌های کاربردی در ارتباط هسـتند. حرکتی بین آزمایش و پژوهش دارند، یعنی فاصله بین تحقیقات تا کاربرد و در مرزهای سطوح بلوغ فناوری ۱تا ۳ یافت می‌شوند و این جزء یکی از اساسی‌ترین ویژگی‌های آنهاست.

از دیگر ویژگی‌هـای این فنـاوری‌هـا عـدم قطعیـت، غیرقابل بـایپس(راه میـانبر) شـدن، در دسـترس بودن اطلاعـات کم درخصـوص آنها و پیچیدگی را می‌توان نامبرد. گفتنی اسـت در حـال حاضـر بسـیاری از کاربردهای احتمالی فناوری‌های پایه ناشـناخته اسـت و در آینده وقوع یا عدم وقوع و کاربردهای آن مشـخص خواهد شـد. از معانی دیگری که برای این فناوری‌ها در نظر گرفته شـده اسـت، می‌توان فناوری اولی، فناوری زمینه‌ای، فنـاوری زیربنایی، فناوری شـالوده‌شـکن(بنیان‌افکن) و فناوری میانی را نام برد.

۴-۳. شناسایی موارد استفاده از مفهوم[43]

آشـکارترین موارد اسـتفاده مفهوم فناوری‌های پایه توسـط پژوهشـگران اسـت که می‌توانند با تمسـک به این حوزه به‌عنوان یک پدیده و با تهیه مقالات به بسط هرچه بهتر آن کمک نمایند. همچنین محققین می‌تواننـد بـا شـنـاخـت جنبـه‌هـای مختلف فعـالیـت‌هـای خویش از بیـان نتـایج تحقیقات خود به صـورت هدفمندتر سـخن بگویند. دولت‌ها با تدوین اسناد راهبردی از این مفهوم جهت توسعه صنایع، علوم و فناوری‌ها در سیاستگذاری‌های کلان و تصـمیم‌گیری‌هـای خود بهره خواهند برد. سـازمان‌ها، موسـسـات و شـرکت‌های متمرکز بر دانش[44](دانش‌بنیان) و همچنین شـرکت‌های تجاری نیز در مواردی که جذابیت و توجیه اقتصـادی داشـته باشد، جهت بومی‌سازی دانش و اولین بودن در ایجاد فناوری از آن اسـتفاده خواهند نمود. همچنین فناوری‌های پایه در شـناخت و تفکیک بهتر مسـیر علم تا فناوری و تشخیص

41 Select a concept.
42 Determine the aims or purposes of analysis.
43 Identify all uses of the concept that you can discover.
44 Knowledge enterprise

در ورود صحیح به هریک از این حوزه‌ها(با توجه به تفاوت‌ها و ملزومات آن) برای سرمایه‌گذاران، سیاست‌گذاران، محققین و حتی دانشجویان و دانش‌آموزان مفید خواهد بود تا تفاوت و ویژگی‌ها آن را درک کنند و انتخاب نمایند که کدامیک از سطوح علوم ، فناوری‌های کاربردی یا فناوری‌های پایه قصد مطالعه و فعالیت دارند. در نتیجه توجه عمومی به سمت آن جلب شده موجب عدم مقفول ماندن این حوزه برای همگان حتی عموم مردم خواهد شد.

۴-۴- تعیین ویژگی‌های تعریف‌کننده مفهوم[45]

دستیابی به فناوری‌های پایه غالباً برای اولین بار خواهد بود، به این معنی که قبل از این کسی به آن دست نیافته است، همچنین جدیدبودن، در مقیاس نانو[46] وحتی کوچکتر؛ از ویژگی‌های بارز این فناوری‌ها است. زیرساختی بودن، میان‌رشته‌ای بودن، مرز دانش بودن، قابلیت جهت‌گیری این فناوری‌ها نیز جزو ویژگی‌های اصلی فناوری‌های پایه است. اقتدارملی آفرین(توجیه نظامی داشتن)، ایجاد کننده فناوری‌هایی که توجیه اقتصادی داشته باشند. ریسک بالا، غافلگیرکننده بودن، سطح مشخصی از پیچیدگی، غالبا پیشرفته نیز از ویژگی‌های دیگر تعریف‌کننده مفهوم فناوری‌های پایه است.

۴-۵- شناسایی الگو[47]

فناوری‌های پایه از ترکیب رشته‌های مختلف بوجود می‌آیند، حوزه‌هایی همچون نانو، بایو، علوم شناختی، زیست فناوری، سایبرنتیک،[48]رباتیک، فیزیک کوانتوم، مواد پیشرفته(استحصال مواد و خالص‌سازی،رشد کریستال) حوزه ابر رسانایی‌ها و بیوترانزیستور.

برای مثال دو فناوری پیشرفته قطعات نیمه‌هادی گالیوم آرسنایید[49](GaAs) و گالیوم نیترایید[50](GaN) که دارای کاربردهای مخابراتی و دومنظوره(هم نظامی و هم غیر نظامی) هستند را درنظرمی‌گیریم. پس از بررسی مشاهده می‌کنیم که عنصر پایه این فناوری‌ها ترانزیستوری[51] است که الکترون‌های آن از تحرک پذیری[52] بالایی برخوردارند و در صورتی که ناحیه عبور الکترون‌ها از جنس نیمه‌هادی نوع پی[53] باشد، پسوند پی به نام این ترانزیستور افزوده می‌شود، با توجه به ساختار یک ترانزیستور(pHEMT)که به‌صورت لایه‌ای و فناوری اصلی ساخت این‌گونه ترانزیستورها نیز رشد لایه‌های همبسته[54] بر روی زیر لایه‌ها یکی پس از دیگری است، روش‌های مختلفی برای رشد لایه‌های همبسته وجود دارد که فرآیند صنعتی آن لایه‌نشانی از بخار شیمیایی با استفاده از مواد آلی مشتمل بر عناصر فلزی[55] و فرآیند تحقیقاتی آن رشد لایه هم‌بافته با استفاده از پرتو ملکول‌ها[56] است. از سوی دیگر، سخت‌افزار، نرم افزار و غالب دانش‌افزار میان فناوری‌های GaAs و GaN مشترک است. تنها به دلیل اثر مخرب آلودگی بر فرایندهای نیمه‌هادی لازم است که دستگاه لایه‌نشانی و برخی از ابزارآلات مجزا برای هریک از فناوری‌ها درنظرگرفته شود تا طی یک فرآیند خاص بتوان نسبت به ایجاد فناوری ساخت ترانزیستور(pHEMP)از هردو فناوری اقدام نمود. در هر صورت پس از انجام و توسعه فناوری ترانزیستور مرحله بعد این فناوری می‌تواند فرایند ساخت آن توسط سرمایه‌گذاران مختلف به‌منظور دستیابی به نیازمندی‌های خود جهت کاربرد در محصولات و مرتفع ساختن نیازهای سازمانی باشد. برای نمونه کاربردهای مختلف فناوری GaN می‌تواند در ساخت قطعات برای صنایع الکترونیکی و یا لیزر و فرکانس‌های رادیویی باشد. بنابراین در صورتی فعالان صنعتی مختلف به این فناوری دست خواهند یافت که اول به احصاء فناوری ترانزیستور(pHEMT) اقدام نموده و پس از دریافت می‌توانند مابقی فناوری را در سازمان خود توسعه دهند و بدین صورت موانع توسعه فناوری برتر GaN را کمینه سازند. در نتیجه طبق این مثال، اگر هدف فقط فناوری لایه نشانی همبسته برای ایجاد مد نظر قرار گیرد این فناوری یک فناوری پایه خواهد بود اما اگر ساخت ترانزیستور HEMT در دستور کار قرار گیرد آن یک فناوری میانی تلقی خواهد شد .

۴-۶- شناسایی موارد مرزی[57]

گروهی از دانشمندان معتقدند که ممکن است فناوری در یک منطقه به‌عنوان پایه درنظرگرفته شود ولی در منطقه دیگر آن فناوری پایه نباشد که این می‌تواند به دلیل وجود عدم قطعیت

45 Determine the defining attributes.
46 Nano (<1000 Micron)
47 Identify a model case
48 Cybernetics
49 Gallium Arsenide
50 Gallium Nitride)
51 High Electron Mobility Transistor (HEMT)
52 Mobility
53 P-type
54 Epitaxy
55 Metal-Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD)
56 Molecular Beam Epitaxy (MBE)
57 Identify borderline, related, contrary, invented, and illegitimate cases

آن فناوری باشد. باتوجه به این دیدگاه سطحی از مباحث علمی که از علم محض فاصله گرفته و به کاربردی شدن نزدیک است از یک سو و سطح اول فناوری‌ها که لازمه توسعه فناوری‌های کاربردی هستند، نیز از طرف دیگر به‌عنوان مرز بین فناوری‌های پایه درنظرگرفته شده است. با این حال فناوری‌هایی که از آنها تحت عنوان فناوری میانی(مانند نیمه‌هادی‌ها، زوج الکترونیک) یاد می‌شود را می‌توان به‌عنوان مفاهیم مرزی درنظرگرفت.

اما فناوری‌های پایه چه چیز هایی نیستند؟ مفهومی که ممکن است در بسیاری از موارد با فناوری‌های پایه اشتباه برداشت شود علوم پایه است، در واقع علوم پایه فناوری پایه نیست و فناوری‌های کاربردی از سوی دیگر، مواردی هستند که نباید با خود فناوری‌های پایه اشتباه گرفته شوند.

۴-۷- شناسایی پیشایندها و پیامدها[58]

از جمله مفاهیمی که قبل از بروز مفهوم فناوری‌های پایه باید آشکار شوند وجود احساس نیاز در جامعه و همچنین نهادها است. چراکه تجمیع این نیازها زمینه را برای وقوع فناوری‌های پایه فراهم خواهد نمود. همچنین در اختیار داشتن نیروی انسانی آگاه و متخصص همراه با تجهیزات(مانند: مواد اولیه، ساز و برگ، کلان‌داده[59]) و از سوی دیگر، درک سیستم مدیریتی از این فناوری‌ها و منافع حاصل از آن جهت حمایت‌های لازم(همچون ایجاد زیرساخت و تامین منابع مالی) و اولویت قراردادن، داشتن نگاه بلند مدت و غیر زودبازده از این فناوری‌هاست.

پس از بروز مفهوم فناوری‌های پایه نیز مفاهیمی همچون توسعه فناوری‌های بومی، افزایش تولید بومی فناوری‌ها، اولویت‌گذاری در سیاست‌گذاری‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها، ایجاد صنایع پیشرفته با توجیه‌پذیری اقتصادی، دستیابی به سطح فناوری‌های کاربردی، رفع نیازهای اصلی مورد نیاز کشور بروز خواهد کرد. در نتیجه موجب ارتقا سطح علم و فناوری کشور، انتفاع بخش ملی و بخش دفاعی به‌طور همزمان از این فناوری‌ها و عدم طی کردن مسیرهای اشتباه و انحرافی می‌شود. همچنین یکی از پیامدهایی که به دنبال درک صحیح از فناوری‌های پایه بوجود خواهد آمد این است که برنامه ریزی‌ها مطابق با نیازهای اولویت‌دار کشور انجام خواهد شد تا شرکت‌های فناورانه که میوه درخت علم تا فناوری هستند بر پایه علوم و فناوری‌های پایه حرکت کرده و بیشتر به نیازهای اساسی کشور پرداخته شود و از خودنمایی کردن[60]های موجود در این حوزه که موجب کجراهی می‌گردد، جلوگیری شود.

۴-۸- تعریف مرجع تجربی[61]

برخی معتقدند که ویژگی‌های قابل تشخیص و اندازه گیری فناوری‌های پایه کیفی هستند و به همین دلیل به سادگی قابل اندازه گیری نیستند. با این حال برخی از ویژگی‌هایی که به‌طور مثال می‌تواند کمک کننده باشد و در علوم مختلف نیز به‌کار می‌رود، به‌صورت زیر هستند: دمای بسیار پایین، فشار زیر اتمسفر، خلاء، خالص ساز۹۹/۹۹ درصد، تک کریستال بودن، رشد بلور، مقاومت ویژه، حضور در سطح بلوغ فناوری ۱ الی۳.

۴-۹- مشخص کردن حدود مفهوم

در بررسی مربوط به حدود مکانی فناوری‌های پایه اکثر قریب به اتفاق افراد بر این باورند که فناوری‌های پایه مفهومی محلی[62](سطح ملی یا سازمانی) است و می‌تواند در آن سطح مورد تحلیل قرار گیرد؛ چراکه ممکن است یک فناوری برای یک سازمان یا کشور پایه باشد اما همان فناوری برای کشور یا حتی سازمان دیگر به‌عنوان فناوری پایه درنظرگرفته نشود. البته فناوری پس از اکتساب می‌تواند به‌صورت جهانی بکار گرفته شود.

درخصوص حدود زمانی نیز به نظر می‌رسد، فناوری‌های پایه به مثابه یک پدیده نو دارای مفهوم متغیر است و این تغییر به دلیل سرعت تغییر فناوری و بستگی به دوره زمانی می‌تواند به شکل تدریجی یا سریع و ناگهانی اتفاق افتد.

درخصوص حدود ارزشی و در پاسخگویی مصاحبه شوندگان به این سوال با پاسخ‌های کاملی مواجه نشدیم؛ اما مباحث مطرح شده به این موضوع نزدیک بود که مفروضات بنیادی حاکم بر فناوری‌های پایه همان مواردی که برای یک پدیده شاخص و منفرد می‌توان برشمرد را شامل می‌شوند و در این خصوص با فلسفه پراگماتیسم و رئالیسم بیشترین ارتباط را دارد.

۴-۱۰- انسجام منطقی مفهوم فناوری‌های پایه

آخرین گام در شفاف‌سازی مفاهیم نمایش انسجام منطقی در یک چهارچوب نظری و با استفاده از استدلال‌های بامعنی است سودابی(۲۰۱۰) نگاه پائین به بالا که معتقد است کل از تجمیع جزء ساخته شده است به گونه‌ای که این ترکیب منجر به بروز و ظهور خواصی می‌شود که در تک تک جزءها وجود ندارد. چهارچوب های نظری که فناوری‌های پایه بر مبنای آن معنا پیدا می‌کند شامل نظریات علوم پایه، نظریه فناوری، اکتشاف و اختراع، فیزیک نسبیت، مکانیک کوانتومی، میدان کوانتومی، گرانش کوانتومی و مهندسی ژنتیک است.

58 Identify antecedents and consequences

59 Big Data

60 show off

61 Define empirical referent.

62 Local

۵- یافته‌های پژوهش

در این بخش کلیه مقولات و مفاهیم جمع آوری شده در شش حوزه اصلی دسته بندی شد که خود این شش حوزه نیز شامل موارد دیگری در توصیف بیشتر سرفصل‌های اصلی هستند که در شکل شماره ۴ نمایش داده شده است.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

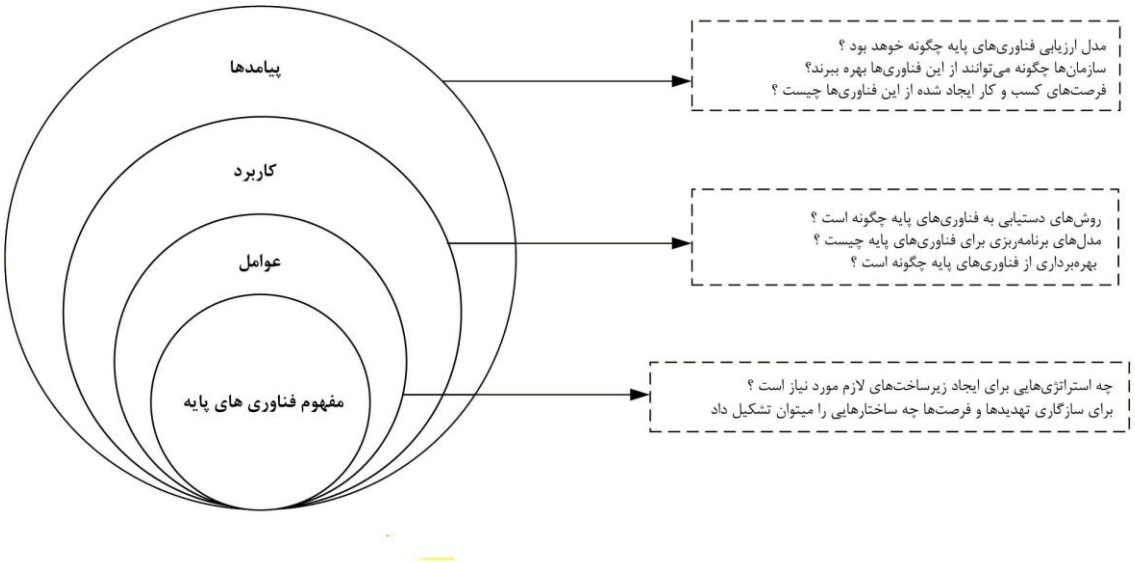
از آنجایی که استفاده از استعاره‌ها برای شکل دادن به یک روش برای درک‌کردن، فکرکردن و عمل به آن می‌تواند قدرتمند باشد، پس برای بازنمایی، کاوش، شفاف‌سازی، ساختار و ایجاد پلی برای درک در زمینه‌های در حال توسعه نیز استفاده شوند[۵۱]. برای درک مفهوم فناوری پایه، ادبیات گذشته نیز باید همراه با تغییرات فناوری مطابق نیازها شکل بگیرد تا ارتباطات جدید میان علم تا فناوری در یک سیستم برقرار شود؛ مسائل روشن‌تر شود و راحل‌های بهینه‌تر تخصیص داده شوند. کسب موفقیت در این زمینه نیازمند مباحث فنی و فکری است که پاسخگوی نیازهای فعلی و آینده بوده که مستلزم وجود تعادل بین نیازهای فعلی و نیازهای دهه‌های آینده باشد. دستیابی به این مهم فقط با داشتن درک کاملی از پیشرفت‌ها و چشم‌انداز علمی و فناوری به‌خصوص در زمینه نقش فناوری‌هایی با ویژگی جدید، بنیادی، نوآیند و دارای پتانسیل به‌کارگیری در بخش‌های مختلف و نه فقط یک حوزه خاص بودن امکان پذیر است. این ویژگی‌ها در فناوری‌های پایه وجود دارند.آشنایی پژوهشگران با حوزه‌های مختلف و مفاهیم فناوری و ادبیات حرفه‌ای آن نیز موجب اجرای بهتر پژوهش‌ها و انجام دقیق‌تر آن گشته، موجب عدم پراکندگی مفاهیم در ادبیات فناوری می‌گردد. بررسی‌های مختلف درخصوص تعریف و طبقه‌بندی فناوری صورت گرفته، گسستگی مفاهیم در حوزه فناوری‌ها را نشان می‌دهد. این از هم پاشیدگی به عدم درک مناسب از فناوری‌های پایه انجامیده است. لذا به نظر می‌رسد که واضح‌سازی و تحلیل این مفهوم می‌تواند به شناخت، به‌کارگیری و عملیاتی شدن آن در پژوهش‌های فناوری و نیز حوزه‌های اجرایی کمک شایانی بنماید. در تعیین اهداف تحلیل نیز معانی مختلف فناوری پایه، مشخصه‌ها و خصوصیات مفهوم مورد بررسی قرارگرفته و موارد به‌کارگیری و استفاده از مفهوم فناوری پایه برای عملیاتی کردن آن در پژوهش‌های فناوری توصیف شده است که باعث افزایش درک این مفهوم می‌شود و به استفاده بهتر از مفهوم کمک خواهد کرد.

ما پس از فرایند تحلیل مفهوم و بررسی داده‌ها مشاهده نمودیم که "فناوری‌های پایه" واژه مناسبی به‌نظر می‌رسد. در نتیجه با طبقه‌بندی مفاهیم فناوری‌های پایه به مفهوم اولیه دست یافتیم. با توجه به مفهوم فناوری‌های پایه که به نظر می‌رسد بخشی از آن ثابت(آن بخش که مربوط به جایگاه فناوری پایه در درخت علم تا فناوری در نظر گرفته شده) و بخشی دیگر(که مربوط به نوع فناوری‌های پایه و زمینه‌های کاربرد آن است) متغیر باشد، فناوری‌های پایه را می‌توان این‌گونه تعریف نمود:

فناوری‌پایه فناوری است که اولاً فاصله میان علوم‌پایه و فناوری‌های کاربردی را کوتاه می‌کند و به‌صورت یک مرکز و میدان اصلی به‌شمار می‌رود که توسعه سایر فناوری‌های پیشرفته بر مبنای آن میدان است. در مقیاس نانو(کوچکتر از ۱۰۰۰ میکرون) و میان سطح بلوغ فناوری ۱ تا ۳ تعریف می‌شود و دارای پیچیدگی خاصی است(یعنی برای احصاء آن نیاز به حضور دانشمندان و مهندسین نخبه و تراز اول از رشته های مختلف در کنار یکدیگر و با آزادی عمل است). این فناوری مربوط به حوزه خاصی نیست، بلکه یک فناوری مجهز به دانش‌فنی‌ویژه برای به‌کارگیری در اجزای یک فناوری دیگر با کاربردهای مختلف است که با علم به کاربرد آن می‌توان با اعمال تغییرات مورد استفاده قرارداد.

۷- پیشنهادات برای تحقیقات آتی

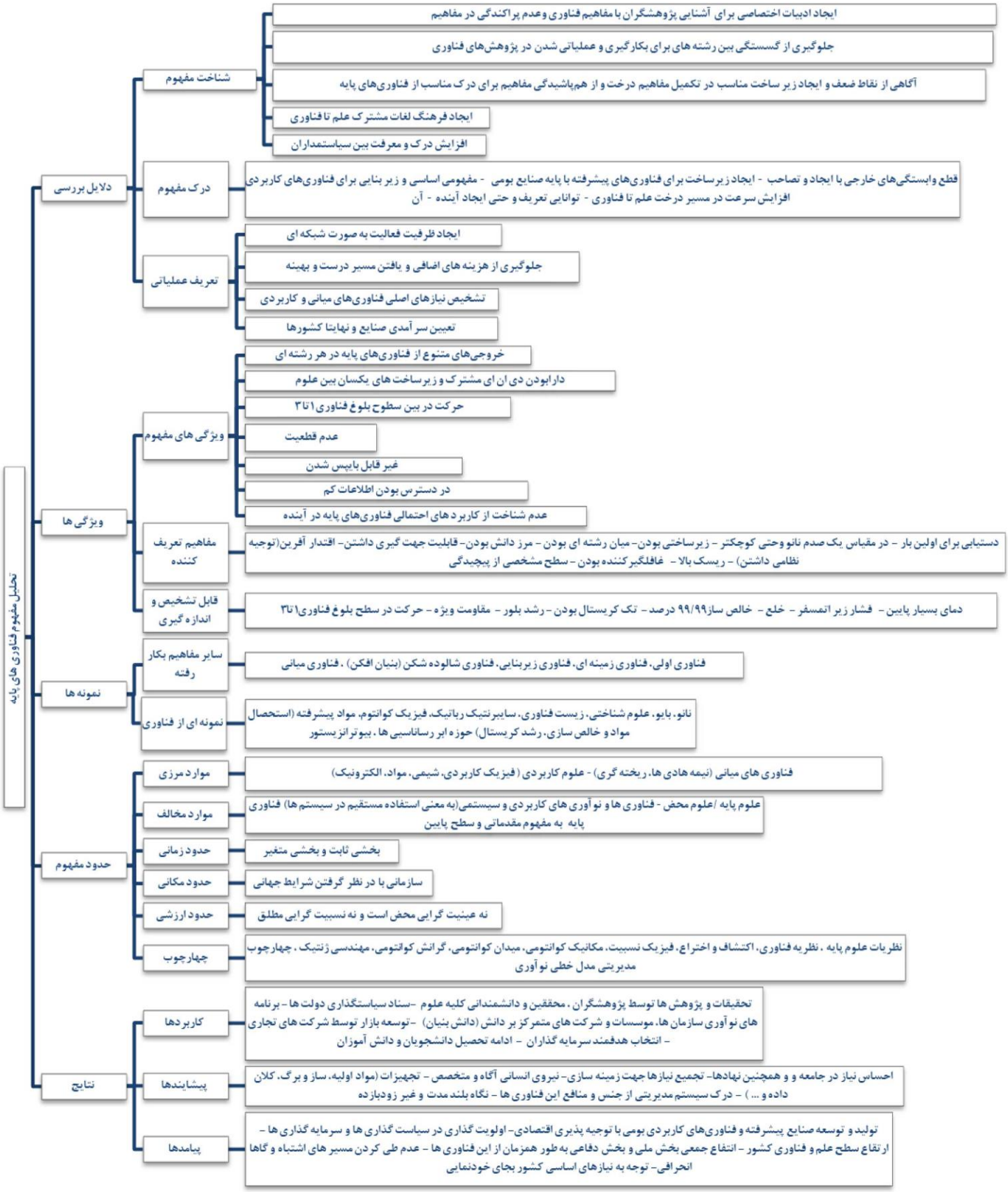
مطابق با آنچه که در ابتدای مقاله و در شکل شماره ۱ درخصوص طبقه‌بندی تحقیقات انجام شده در حوزه فناوری مشاهده گردید، پس از بررسی مفاهیم در خصوص یک فناوری می‌توان به بررسی سایر حوزه‌ها پرداخت که در شکل شماره ۵ مواردی از آن آمده است:



شکل ۵: پیشنهاداتی برای حوزه‌های تحقیقاتی فناوری‌های پایه

۸- تقدیر و تشکر

تهیه کنندگان این مقاله وظیفه خود می دانند که از آقایان دکتر حمیدرضا سیمچی و دکترمجید محمدی، به خاطر همفکری‌هایی که داشته‌اند، تشکر و قدردانی نمایند.



شکل ۴: یافته‌های پژوهش

فهرست منابع

[1] Alexander, J.; Chase, J.; Newman, N.; Porter, A.; Roessner, J.; "*Emergence as a conceptual framework for understanding scienti_c and technological progress*", In 2012 Proceedings of PICMET'12: Technology Management for Emerging Technologies, pp. 1286-1292, 2012.

[2] Jamison, A.; Hård, M.; "*The Story-lines of Technological Change:Innovation, Construction and Appropriation*", Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 15, Issue 1, pp. 81-91, 2003.

[3] Avant, W.; *Strategies for Theory Construction*, United States of America, Pearson Education Limited, 163: 167, 2014.

[4] Rodgers, B. L.; Knafl, K. A.; (Eds.), *Concept development in nursing: Foundations, techniques, and applications*, 2nd ed., pp. 77–102, Philadelphia: Saunders, 1989.

[5] Boon, W.; Moors, E.; "*Exploring emerging technologies using metaphors A study of orphan drugs and pharmacogenomics*", Social Science & Medicine, Vol. 66, Issue 9, pp. 1915-1927, 2008.

[6] Borrás, B. Å.; *Science, Technology and Innovation Policy*, J. M. Fagerberg, Innovation Handbook, landan: Oxford University Pres, pp. 599-631, 2005.

[7] Carlaw, K.; Oxley, L.; Walker, P.; Thorns, D.; Nuth, M.; "*BEYOND THE HYPE: INTELLECTUAL PROPERTY AND THE KNOWLEDGE SOCIETY/KNOWLEDGE ECONOMY*", Journal of Economic Surveys, No. 20, pp. 633-690, 2006.

[8] Cho, D. H.; Yu, P. I.; "*Influential factors in the choice of technology acquisition mode an empirical analysis of small and medium size firms in the Korean telecommunication industry*", Technovation, Vol. 20, Issue 12, pp. 691-704, 2000.

[9] Corrocher, N.; Malerba, F.; Montobbio, F.; "*The emergence of new technologies in the ICT _eld: main actors, geographical distribution, and knowledge sources*", Working Papers of Faculty of Economics, Universita degli Studi dell'Insubria, pp. 89-200, 2003.

[10] Cozzens, S. E.; Gatchair, S.; Kang, J.; Kim, K.-S.; Lee, H. J.; Ordo~nez, G.; Porter, *A.*; "*Emerging technologies: quantitative identi cation and measurement*", Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 22, Issue 3, pp. 361-376, 2010.

[11] Daniele Rotolo, D. H.; "*What Is Emerging Technology*", Research Policy, No. 2, 2015.

[12] Day, G. S.; Schoemaker, P. J. H.; "*Avoiding the pitfalls of emerging technologies*", California Management Review, Vol. 42, Issue 2, pp. 8-33, 2000.

[13] Douglas Terrier; *taxonomy*, Retrieved from https://www.nasa.gov/offices/oct/home/taxonomy, 2020.

[14] EPSRC; "*Evaluation of the Basic Technology*", Programme Findings and Recommendations of the Review Panel, 2010.

[15] Feynman, Richard P.; Ralph Leighton; Surely You›re Joking, Mr. Feynman! *Adventures of a Curious Character*, W. W. Norton & Co. 1985.

[16] Freeman, C.; "*The greening of technology and models of innovation*", Technological Forecasting and Social Change, No. 53, pp. 27-39, 1996.

[17] Freeman, C.; Perez, C.; "*Structural Crises of Adjustment, Business Cycles, and Investment Behaviour*", In Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, J., and Soete, L. (eds), pp. 38-66, 1988.

[18] Gorecky, D.; Schmitt, M.; Loskyll, M.; Zühlke, D.; "*Human-Machine-Interaction in the Industry 4.0 Era*", 12th IEEE International Conference on Industrial Infomatic, pp. 289–294, 2014.

[19] Hajihoseini, H.; "*Theoretical bases of technology development from schools viewpoint*", Iranian Journal of Industrial Technology Development, Vol. 5, pp. 5-14, 2005. {In Persian}

[20] Halaweh, M.; "*Emerging Technology: What is it?*", Journal of technology management & innovation, Vol. 8, Issue 3, pp. 19-20, 2013.

[21] Hung, S.-C.; Chu, Y.-Y.; "*Stimulating new industries from emerging technologies: challenges for the public sector*", Technovation, Vol. 26, Issue 1, pp. 104-110, 2006.

[22] Khalil Tarek; *Management of Technology the key to competitiveness and wealth creation*, 2000.

[23] Kristin Alford, S. K.; "*The Complex Futures of Emerging Technologies: Challenges and Opportunities for Science*", Foresight and Governance in Australia, Futures Studies, 67, 2012.

[24] MacInnis, D. J.; "*A framework for conceptual contributions in marketing*", Journal of Marketing, Vol. 75, Issue 4, pp. 136-154, 2011.

[25] Marika Arena, G. A.; "*Future-oriented Technology Analysis: a classification framework.* Innovation Conference, Innovating Our Common Future, Berlin, Germany: LUT Scientific and Expertise, 2020.

[26] Martin, B. R.; "*Foresight in science and technology*", Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 7, Issue 2, pp. 139-168, 1995.

[27] Martin, B. R.; Tang, P.; *The Benefits from Publicly Funded Research*, SPRU Working Paper Series 161, SPRU - Science and Technology Policy Research, University of Sussex. 2007

[28] McEwen, M. M.; *THEORETICAL BASIS for Nursing*, new york: wolter Kluwer, pp. 55-56, 2014.

[29] MirakAbad, A.; Niazi, E.; Salehi, S.; "*Futures studies of Key Technologies in Iranian ICT Industry with Emphasis on Business Model Detection*", Industrial Management Perspective, Vol. 1, Issue 4, pp. 107-130, 2012. {In Persian}
[30] Mitcham, Carl; Schatzberg, Eric; "*Defining Technology and the Engineering Sciences*", in Meijers, A.W.M. (Ed.), Philosophy of Technology and Engineering Sciences, Amsterdam: North Holland, pp. 27-63, 2009.
[31] Moody, L. E.; *Developing a theoretical design for research*. In L. E. Moody (Ed.), Advancing nursing science through research, Newbury Park, CA: Sage, pp. 211–248, 1990.
[32] NASA; *NASA Technology Roadmaps*, national aeronautics and space administration, 2015.
[33] OECD; *Frascati manual for R&D assessment*, Trans. Niksiar F. Tehran: National Institute for Science Policy, 2005.
[34] Oliveira, M. B.; "*Technology and basic science: the linear model of innovation*", Sci. stud., 12, 2014.
[35] Perrow, Charles; *Organizational Analysis: A Sociological View*, United Kingdom: Wadsworth Publishing Company, 1970.
[36] Porter, A. L.; et al.; "*Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods*", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 71, Issue 3, pp. 287–303, 2004.
[37] Porter, A. L.; Roessner, J. D.; Jin, X.-Y.; Newman, N. C.; "*Measuring national emerging technology capabilities*", Science and Public Policy, Vol. 29, Issue 3, pp. 189-200, 2002.
[38] Reding, D.F.; Eaton, J.; "*Science & Technology Trends 2020-2040*", NATO Science & Technology Organization, pp. 33-58, 2020.
[39] Reuter, C.; Altmann, J.; Göttsche, M.; Himmel, M.; "*Natural-Science and Technical Peace Research: Definition, History and Current Work*", S+F (Security and Peace), Vol. 38, Issue 1, in press 2020.
[40] Rodgers, B.-L.; *Concept Analysis. An Evolutionary View*, In: Rodgers, B.L. and Knafl, K.A., Eds., Concept Development in Nursing: Foundation Techniques, and Applications, 2nd Edition, W-B Saunders Company, Philadelphia, Chapter 6, pp. 77-102, 2000.
[41] Kline, S. J.; Rosenberg, N.; "*An Overview of Innova- tion*", In: R. Landau and N. Rosenberg, Eds., The Positive Sum Strategy, Harnessing Technology for Economic Growth, pp. 275-305, 1986.
[42] Schwartz-Barcott, D.; Kim, H. S.; *An expansion and elaboration of the hybrid model of concept development*, In B. L. Rodgers & K A. Knafl (Eds.), Concept development in nursing (2nd ed., pp. 129–160). Philadelphia: Saunders, 2000.
[43] Serendipity; http://en.wikipedia.org/wiki/serendipity, *Wikipedia the free Encyclopedia*. Last access Nov. 2018.
[44] Shokatian, T.; Ghazinoory, S. S.; (۲۰۱۹). Challenges of Policy Making in the Realm of Basic Research. Journal of Science & Technology Policy, Vol. 11, No. 2, pp. 347-361, 2019. {In Persian}
[45] Simchi, Hamidreza; *The strategy of simultaneous and balanced development of science, technology and innovation in developing countries*, Defence Industries Training and Research Institute, 2020. {In Persian}
[46] Small, H.; Boyack, K. W.; Klavans, R.; "*Identifying emerging topics in science and technology*", *Research Policy*, Vol. 48, Issue 8, pp. 1450-1467, 2014.
[47] Sohrabi, B.; Khalili Jafaraabd, A.; Roodi, A.; *Discover the Properties of Emerging Research Areas Using*, 2018.
[48] Srinivasan, R.; "*Sources, characteristics, and e_ects of emerging technologies: Research opportunities in innovation*". Industrial Marketing Management, Vol. 37, Issue 6, pp. 633-640, 2008.
[49] Stahl, B. C.; "*What does the future hold? A critical view on emerging information and communication technologies and their social consequences*", In Chiasson, M., Henfridsson,O., Karsten, H., and DeGross, J. I., editors, Research- ing the Future in Information Systems: IFIP WG 8.2 Working Conference, Future IS 2011, Turku, Finland, June 6-8, 2011,Proceedings, pages 59-76, Springer, Heidelberg, 2011.
[50] Stephen Harwood; Sally Eaves; "*Conceptualising technology, its development and future*: The six genres of technology", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 160, 2020.
[51] Suddaby, R.; "Editor's comments: *Construct clarity in theories of management and organization*", Academy of Management Review, Academy of Management, Vol. 35, Issue 3, pp. 346-357, 2010.
[52] Technology and Innovation Cabinet Office; Government of Japan; "*Report on the 5th Science and Technology Basic Plan Council for Science*", 2015.
[53] Tess Hellgren; Maryse Penny; Matt Bassford; "*Future Technology Landscapes Insights, analysis, and implications for defence* CASE STUDY DOCUMENTATION", The research described in this report was prepared for the Defence Science and Technology Laboratory (Dstl), 2013.
[54] Walker, L.; Avant K.; "*Strategies for theory construction in nursing Concept Anal*", No. 3, pp. 37-54, 2005.
[55] Walker LO; Avant KC.; *Strategies for Theory Construction in Nursing*, 5th ed. London: Pearson New International Edition, 2014.
[56] Weaver, K.; Morse, J.; Mitcham, C.; "*Ethical sensitivity in professional practice: Concept analysis*", Journal of Advanced Nursing, Vol. 62, Issue 5, pp. 607–618, 2008.

[57] Wilson, J.; *Thinking with concepts*, Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 1963.
[58] Woodward; *JThe sales woman: A study of attitudes and behavior in retail distribution etc*., London, Isaac Pitman & Sons, 1960.
[59] Zeleny, M.; *High technology management*, Human Systems Management, pp. 109-120, 1986.
[60] Zohri, M.; Chavoshi, S.; Dalaei, M.; *The strategy of developing strategic technologies on the platform of integrated management of science and technology with an emphasis on advanced complex and exploratory sciences and technologies (first)*, Defence Industries Training and Research Institute, 2020. {In Persian}