



Exploration of Weak Signals methodology and conceptual position in Futures Studies and Emerging Technologies literature: A Comparative Qualitative Study

Abouzar Seifi Kalestan¹ | Mohammadreza Gharayi Ashtiyani² | Naser Poursadegh³

Abstract

Weak signals are the most basic information whose identification and analysis is vital for early forecasting of future changes and strategic surprises prevention. Weak signals were first proposed by Ansoff in the theoretical literature of strategic management, but entered into the Futures Studies field and was also noticed by futurists. This question arises, what is the conceptual and methodological position of WS in other fields, especially in the field of Technology? Considering the irreplaceable role of technology in fast and comprehensive changes; In this research, the conceptual dimensions and methodology of WS in the field of technology and FS are studied based on comparative study approach. In terms of methodology, data and results, this research is a qualitative research and in terms of the purpose is a developmental research. The research data was extracted from ScienceDirect database based on Systematic review Protocols including valid scientific articles. The articles were reviewed and studied by use of Thematic analysis approach, and key themes were extracted and compared, based on the extracted themes the "Technology Weak Signals Box" tool is produced and introduced in this paper.

Examining the definitions and concepts of weak signals in fields of FS and technology shows that the concept of weak signals in the scientific literature of Technology does not have a specific definition and certain methodological platform. The qualitative results obtained from the reviews of the articles in the field of emerging technologies and WS show that methodological development of WS in the literature of technology requires the adaptation of technology life cycle models and the appropriate time structure of WS concept. Considering the close relationship between the prevention of strategic surprise and the identification and interpretation of WS, especially in the Technology area, the concept of WS should be redefined and restructured in the Technology literature.

Keywords: Weak Signal(s), Emerging Technologies, Strategic Surpris, Technology Intelligence.

1. Corresponding author: PhD student at Supreme National Defense University, Tehran, Iran.

2. Supreme National Defense University, Tehran, Iran.

Papers99@chmail.ir

3. Supreme National Defense University, Tehran, Iran.



بررسی روش‌شناسی و جایگاه مفهومی نشانه‌های ضعیف در ادبیات آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوپدید؛ یک مطالعه مقایسه‌ای - کیفی

ابوذر سیفی کلستان^۱ | محمدرضا قرایی آشتیانی^۲ | دکتر ناصر پورصادق^۳

چکیده

نشانه‌های ضعیف، ابتدایی‌ترین اطلاعاتی هستند که شناسایی و تحلیل آن‌ها لازمه پیش‌نگری به هنگام تغییرات آینده و پیش‌گیری از غافل‌گیری راهبردی است. نشانه‌های ضعیف اولین بار توسط آنسوف و در ادبیات نظری مدیریت راهبردی مطرح شد اما دیری نپایید که این مفهوم وارد حوزه آینده‌پژوهی شد و مورد توجه آینده‌پژوهان هم قرار گرفت. این سؤال پیش می‌آید که مفهوم نشانه‌های ضعیف در حوزه‌های دیگر و به‌طور خاص در حوزه فناوری از چه جایگاه مفهومی و روش‌شناسی برخوردار است؟ لذا با توجه به نقش بی‌بدیل فناوری در تغییرات پرشتاب و همه‌جانبه در این پژوهش، ابعاد مفهومی و روش‌شناسی نشانه‌های ضعیف در حوزه فناوری و آینده‌پژوهی بر اساس رویکرد مطالعه مقایسه‌ای بررسی می‌شود. این پژوهش از حیث روش‌شناسی، داده‌ها و نتایج، یک پژوهش کیفی و از حیث هدف یک پژوهش توسعه‌ای است. داده‌های پژوهش بر اساس چهارچوب روشی مرور سیستماتیک مشتمل بر مقالات علمی معتبر از پایگاه علمی ساینس دایرکت استخراج گردید. مقالات با روش‌های مرور سیستماتیک و تحلیل مضمون بررسی و مقوله‌های مفهومی کلیدی استخراج و مقایسه شدند و بر اساس مضامین به‌دست‌آمده ابزار «جعبه نشانه‌های ضعیف فناوری» در حوزه آینده‌نگاری فناوری تولید و معرفی می‌شود. بررسی تعاریف و مفاهیم مرتبط با نشانه‌های ضعیف در هر دو حوزه آینده‌پژوهی و فناوری نشان می‌دهد که مفهوم نشانه‌های ضعیف از حیث مفهومی و روش‌شناسی در ادبیات علمی حوزه فناوری از تعریف و روش‌شناسی مشخصی برخوردار نیست. نتایج کیفی برآمده از بررسی مقالات حوزه فناوری‌های نوپدید و نشانه‌های ضعیف نشان می‌دهد توسعه روش‌شناسی نشانه‌های ضعیف در حوزه فناوری مستلزم انطباق الگوهای چرخه حیات فناوری بر اساس ساختار زمانی مناسب با ساختار و کارکرد مفهوم نشانه‌های ضعیف در حوزه آینده‌پژوهی است. با توجه به ارتباط وثیق بین پیش‌گیری از غافل‌گیری راهبردی و شناسایی و تفسیر نشانه‌های ضعیف تغییر به‌ویژه در حوزه حیاتی فناوری، مفهوم نشانه‌های ضعیف باید بر اساس مفاهیم حوزه فناوری، بازتعریف و روش‌شناسی یکپارچه و بهینه‌ای برای آن ارائه شود.

کلید واژه‌ها: نشانه‌های ضعیف، فناوری‌های نوپدید، غافل‌گیری راهبردی، هوشمندی فناوری.

۱. دانشجوی دکتری مدیریت آینده پژوهی، دانشکده مدیریت راهبردی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.

Papers99@chmail.

۲. نویسنده مسئول: دانشیار علوم دفاعی راهبردی دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.

۳. استاد مدیریت راهبردی دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.

مقدمه

آینده‌پژوهی به‌عنوان حوزه متمرکز بر مطالعه پیامدهای تغییرات بر «آینده»، نسبت به سایر رشته‌ها اهمیت دوچندانی برای تغییرات معطوف به آینده قائل است. آینده‌پژوهی مدعی است با شناسایی نشانه‌های پراکنده، بعضاً نامرتب و حتی متناقض از رویدادها، وقایع و روندهای در حال شکل‌گیری می‌توان طیفی از آینده‌ها را به‌عنوان آینده‌های بدیل شناسایی کرد. ازاین‌رو مفروض پایه آینده‌پژوهی را می‌توان آینده‌های چندگانه یا بدیل ذکر کرد. این اطلاعات پراکنده، مبهم و بعضاً متناقض در ادبیات پژوهشی حوزه‌ی آینده‌پژوهی با عنوان «نشانه‌های ضعیف^۱» یا «نشانه‌های ضعیف تغییر^۲» اطلاق می‌شود که در صورت کشف روابط این قطعات اطلاعات می‌توان تغییرات و شکل‌گیری روندها و وقوع رخدادها را به‌صورت احتمالی بیان کرد.

شومیکر^۳ (۲۰۰۹) در پاسخ به سؤال «نشانه ضعیف چیست؟» می‌گوید: «تکه‌ای به‌ظاهر تصادفی یا غیر مرتبط از اطلاعات است که در ابتدا شاید یک نويز زمینه‌ای به نظر می‌آید در حالی که می‌توان با نگرستن به آن از چهارچوب و قایب متفاوت و یا با ایجاد ارتباط با قطعات دیگر اطلاعات، آن را به‌عنوان قطعه‌ای از یک الگوی مهم شناسایی کرد.»

معمولاً نشانه‌های ضعیف به‌عنوان اطلاعاتی از تغییرات بالقوه یک نظام یا سامانه تعبیر می‌شود که آن را به سمت و سویی ناشناس سوق می‌دهند. در ادبیات حوزه مدیریت بحران این‌طور مفروض است که بحران خیلی پیش‌تر از وقوع، یک دنباله از نشانه‌های هشدار اولیه را صادر می‌کند. به عبارتی نشانه‌های ضعیف اطلاعاتی از احتمال^۴ رویدادهایی هستند که احتمالشان ضعیف ارزیابی می‌شود و از عدم قطعیت^۵ بالایی در اثرات و روندهایی که پس از آن‌ها ممکن است بروز کنند، برخوردار هستند (مندونکا و همکاران، ۲۰۰۴).

میشل گوده^۶ (ایلمولا و کوزی، ۲۰۰۶) نشانه ضعیف را یک عامل تغییر می‌داند که در زمان حال به‌سختی قابل شناسایی است اما به خلق یک روند قوی^۷ در آینده منجر می‌شود.

1. Weak Signal(s)
2. Weak Signals of Change
3. Schoemaker & Day
4. Likelihood
5. Uncertainty
6. Godet
7. Strong Trend

گراسیا-نونس^۱ (۲۰۲۰ ب) نشانه‌های ضعیف را اطلاعاتی تعریف می‌کنند که مطالعه و بررسی این اطلاعات به مدیریت غافل‌گیری کمک می‌کند. به تعبیری نشانه‌های ضعیف اطلاعاتی مبهم و نامشخص هستند.

بی‌تردید بیشینه‌سازی منافع مورد انتظار و پیشگیری و یا کاهش تهدیدات یا مخاطرات ناشی از ظهور فناوری‌های جدید توسط سازمان‌ها، مؤسسات، صنایع و شرکت‌های ذی‌نفع در گرو کسب اطلاع راهبردی و پیش‌دستانه از تغییرات و نوآوری‌های جدید و آتی است. ظهور فناوری‌های جدید می‌تواند به تغییراتی گسترده در ابعاد و ماهیت امور، روابط و مناسبات فردی، اجتماعی و سازمانی منجر گردد. بر این اساس شناسایی بهنگام و پیش‌نگرانه^۲ پیدایش فناوری‌های آینده در دنیای رقابتی و تهاجمی امروز امری است حیاتی. این آگاهی راهبردی شاهرگ حیاتی عرصه‌ی رقابتی کسب‌وکارها و فعالیت‌های گوناگون انتفاعی و حتی غیرانتفاعی بشر امروز است. پس با درک این اهمیت و ضرورت این سؤال پیش روی ما قرار می‌گیرد که پیش‌دستی در کشف تغییرات آینده فناوری (ها) چگونه ممکن است؟ چگونه می‌توان پیش از دیگران به‌ویژه رقبای نشانه‌های بروز نوآوری‌های بی‌بدیل و جدید آینده را کشف، شناسایی و تحلیل کرد؟ آیا اساساً روش نظام‌مندی برای پیش‌آگاهی و پیش‌نگری فناوری‌های جدید و نوپدید آینده وجود دارد؟ و جوه اشتراک فعالیت‌های مترادف با پوییش نشانه‌های ضعیف در حوزه‌ی فناوری چیست؟

برای پرداختن به این سؤالات لازم بود پژوهش‌های انجام‌شده در حیطه‌های تخصصی فناوری و آینده‌پژوهی مرور و مفاهیم پراکنده و تعاریف مختلف، گردآوری شده و باهم مورد مقایسه قرار گیرند. لذا این سؤال پیش می‌آید که اگر مفهوم «نشانه‌های ضعیف» در حوزه‌ی تخصصی فناوری با همین عبارت مصطلح و متداول نیست، چه تعابیر یا عبارات مترادف یا معادلی در ادبیات پژوهشی حوزه فناوری رایج است که از حیث معنایی و کارکردی همان معنا و کارکرد نشانه‌های ضعیف را متبادر می‌نمایند؟ لذا می‌خواهیم نشانه‌های ضعیف را از دل ادبیات تخصصی آینده-پژوهی با عرصه‌ی تخصصی فناوری مقایسه کرده و در آن‌جا به این موضوع بپردازیم که آیا چنین مفهومی در حوزه‌ی فناوری از تعریف خاص و ویژه تخصصی و رشته‌ای - زمینه‌ای برخوردار است یا خیر؟ و اگر بله؛ پژوهشگران فناوری چگونه نشانه‌های ضعیف تغییرات فناوری را مطالعه

1. Garcia-Nunes

2. Anticipatory

می‌کنند و برای این مهم از چه رویکردها، روش‌ها و فنونی بهره می‌جویند؛ و اگر خیر؛ لازم است این مفهوم همان‌طور که از حوزه‌ی مدیریت راهبردی به آینده‌پژوهی تسری پیدا کرد، از آینده‌پژوهی هم وارد ادبیات علمی فناوری گردد.

لذا این سؤال فرعی پیش می‌آید که فناوری‌های نوپدید چیست؟ و وجوه تمایز فناوری نوپدید از دیگر فناوری‌های توسعه‌یافته چه هستند و چطور قابل تمییز است؟ بر این اساس در این پژوهش تلاش می‌شود تا با مرور نظام‌مند مقالات علمی معتبر در این دو حوزه، ضمن مرور تعاریف مطرح برای مفهوم نشانه‌های ضعیف و تعاریف ارائه‌شده برای فناوری‌های نوپدید، مشخصه‌های ساختاری و فنی مشترک بررسی شود. در ادامه با تطبیق این دو مفهوم، ابعاد زمانی چرخه حیات فناوری از حیث عامل زمانی برای شناسایی و تحلیل نشانه‌های ضعیف به صورت تطبیقی نتیجه‌گیری شوند. در نهایت دیدگاه‌های مطرح پیرامون چرخه حیات فناوری و چگونگی کشف نشانه‌های ضعیف فناوری‌ها اعم از رویکردها، روش‌ها و ابزارهای مورد استفاده برای این منظور بررسی شود.

مبانی نظری و پیشینه‌های پژوهش

در این زیربخش به دو مفهوم کلیدی در آینده‌پژوهی و فناوری می‌پردازیم؛ نشانه‌های ضعیف و فناوری(های) نوپدید. هدف از این زیربخش رسیدن به فهم عمیق‌تر و دقیق‌تری از این دو مفهوم در ادبیات علمی و پژوهشی این دو رشته تخصصی است. در این راستا تلاش شده است تا تعاریف و مفاهیم با مرور مقالات پر استناد و معتبر استخراج و در زیربخش‌های بعدی ارائه گردد.

نشانه‌های ضعیف (تغییر)

اولین بار آنسوف^۱ به عنوان پیشگام نظریه نشانه‌های ضعیف، تعریف خود را از این مفهوم مطرح کرد (آنسوف، ۱۹۷۵) (آنسوف، ۱۹۸۰) (هیلتونن، ۲۰۰۸).

آنسوف نشانه‌های ضعیف را هشدارهای داخلی - مثال: بدتر شدن کیفیت کاری تأمین کنندگان - یا خارجی - مثال: افزایش یا کاهش غیبت نیروی انسانی - ناقص یا ناکاملی عنوان

1. Ansoff

کرد که اجازه برآورد دقیق اثراشان و یا تعیین پاسخ کاملی برای آن‌ها را نمی‌دهند (هیلتون، ۲۰۰۸) (آنسوف، ۱۹۸۰) (آنسوف، ۱۹۷۵) (مندونکا و همکاران، ۲۰۰۴).

او معتقد بود هر رویداد، مسیری از نشانه‌های ضعیف تا نشانه‌های قوی را طی می‌کند. لذا در گام اول یک التهاب محیطی می‌تواند یک نشانه ضعیف باشد و در مراحل بعد است که منشأ و شکل چالش‌های مترتب بر آن حائز اهمیت می‌شود (مندونکا و همکاران، ۲۰۰۴).

اگرچه مفهوم «نشانه‌های ضعیف» نخست در حوزه ادبیات پژوهشی مدیریت راهبردی خلق و معرفی شد، اما این مفهوم از حوزه تخصصی اولیه خود هم فراتر رفت و مطالعه در این زمینه به حوزه‌های دیگری از جمله آینده‌نگاری^۱ (آینده‌نگری) هم تسری پیدا کرد. انتشار این مفهوم در حوزه‌های دیگر منجر به خلق عبارات، اصطلاحات، برداشت‌ها و تعاریف مختلفی از این مفهوم شد که از آن جمله می‌توان «ساختارهای کمینه سوهش‌پذیر»^۲ و یا «مسائل راهبردی»^۳ را اشاره کرد. در واقع رویکرد پیشگیری از غافل‌گیری مبتنی بر شناسایی نشانه‌های ضعیف، به جای اتکا بر توسعه و یا ارتقاء سطح پیش‌بینی پدیده‌ها به افزایش آگاهی^۴ از پدیدار شدن پدیده‌ها بستگی دارد. با این تعبیر اطلاعات مربوط به توسعه و یا شکل‌گیری یک پدیده با احتمال اثرگذاری آینده، «نشانه ضعیف» نامیده می‌شود. لذا به مرور زمان هر اندازه این اطلاعات بیشتر و شناخته‌شده‌تر شوند، نشانه (های) ضعیف هم به نشانه (های) قوی^۵ تبدیل می‌شوند (ون وین و اورت، ۲۰۲۱).

عبارت‌هایی مثل «مسائل نوپدید»^۶، «بذرهای تغییر»^۷، «شگفتی‌سازها»^۸، «نشانه‌های اولیه هشدار»^۹ است که توسط پژوهش‌گران شناخته‌شده‌ای نظیر مولیتور^{۱۰}، جیم دیتور^{۱۱}، پترسن^{۱۲}، لسکا^{۱۳}، کوسا^{۱۴} و دیگران ذکر شده‌اند. پس از آنسوف می‌توان به کارهای انجام‌شده توسط کافمن^{۱۵} اذعان

1. Foresight
2. Minimal Sensible Structures
3. Strategic Issues
4. Awareness
5. Strong Signal(s)
6. Emerging Issues
7. Seeds of Change
8. Wild Cards
9. Early Warning Signals
10. Molitor
11. Dator
12. Petersen
13. Lesca
14. Kuosa
15. Coffman

کرد که این مفهوم را به‌طور جدی مورد بحث قرار داده است. کافمن مفهوم نشانه‌های ضعیف را به دانش رایانیک^۱، نظریه اطلاعات، پیچیدگی و سازمان شخصی مرتبط کرد (هیلتون، ۲۰۰۸). اما به‌رغم متون و پژوهش‌های منتشرشده پیرامون نشانه‌های ضعیف و استفاده گسترده از این واژه در ادبیات حوزه کسب‌وکار و دیگر حوزه‌ها، ارائه تعریف روشن و دقیقی از نشانه‌های ضعیف سهل و ممتنع است (هیلتون، ۲۰۰۸) (مندنوکا و همکاران، ۲۰۰۴). از طرفی بررسی و مطالعه نظام‌مند تعاریف ارائه‌شده از نشانه‌های ضعیف با تکیه بر رویکرد آماری و بررسی توالی تکرار واژگان کلیدی حاکی از فقدان انسجام در تعاریف موجود برای مفهوم نشانه‌های ضعیف است. در آینده‌نگاری، نشانه‌های ضعیف به‌عنوان دلالت‌های مبهمی از یک نیروی مختل‌کننده پیش‌آینده^۲ اثرگذار تعریف می‌شود. فرآیند معنابخشی^۳ هم‌به‌عنوان مجموعه‌ای از غربال‌های مفهومی کاهنده تعداد نشانه‌های ضعیف پردازش شده، تلقی شده است. لذا بسیاری از این نشانه‌های ضعیف به دلیل عدم تأمین معیارهای^۴ مشاهده‌گران^۵ نادیده گرفته شده یا رد می‌شوند. در ادبیات معنابخشی از اصطلاح مسائل بدنهاد^۶ استفاده می‌شود که در اینجا هم عبارت روشن و یکپارچه‌ای نیست. با این حال بر اطلاعات غیرقابل پیش‌نگری، ناقص و مبهم دلالت دارد. لذا نشانه‌های ضعیف، به دلالت‌های مبهم، ناقص و پیش‌نگری نشده‌ای از نیروهای مختل‌کننده پیش‌آینده^۷ اثرگذار و یا فرصت‌های پیش‌آینده‌ای که مستلزم مختل شدن هستند، اطلاق می‌شود (ون وین و اورت، ۲۰۲۱).

در ادامه برای درک بهتر معانی و تسهیل در امکان استنباط ویژگی‌ها و نکات مهم و کلیدی، تعاریف متعدد مندرج در مقالات مرور شده در این پژوهش، در جدول شماره ۱ به‌صورت منظم جمع‌بندی و ارائه‌شده است.

1. Cybernetics
2. Forthcoming
3. Sense-Making
4. Belief System
5. Observers
6. Wicked Problems
7. Forthcoming Disruptive

جدول ۱. تعاریف ارائه شده برای نشانه‌های ضعیف

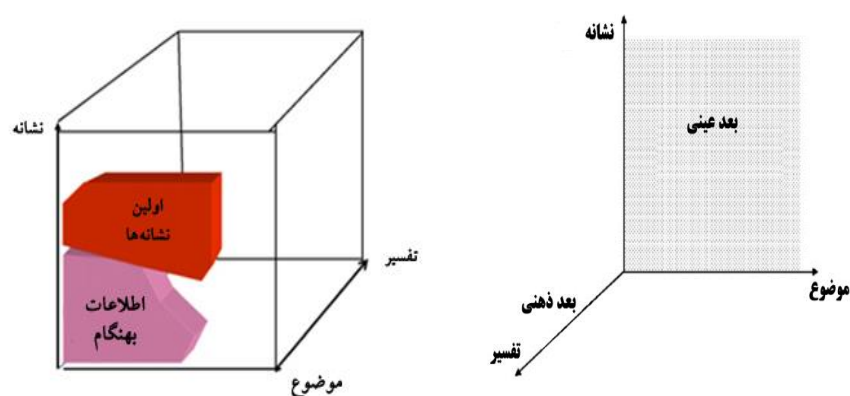
| ردیف | مرجع تعریف | تعریف |
|------|-----------------------------|--|
| ۱ | (Ansoff, 1975) | هشدارهای داخلی یا خارجی ناقص یا ناکامل عدم امکان برآورد دقیق آثار و پاسخ به آنها |
| ۲ | (Mendonça, et al., 2004) | یک التهاب محیطی می‌تواند یک نشانه ضعیف باشد. اطلاعاتی از تغییرات بالقوه یک نظام یا سامانه که آن را به سمت و سویی ناشناس سوق خواهد داد. اطلاعاتی از احتمال رویدادهایی هستند که احتمالشان ضعیف ارزیابی می‌شود و از عدم قطعیت بالایی در اثرات و روندهایی که پس از آنها ممکن است بروز کنند، برخوردار هستند. |
| ۳ | (van Veen and Ortt, 2021) | اطلاعات مربوط به توسعه و یا شکل‌گیری یک پدیده با احتمال اثرگذاری آینده اطلاعات غیرقابل پیش‌نگری، ناقص و مبهم دلالت‌های مبهم، ناقص و پیش‌نگری نشده‌ای از نیروهای مختل‌کننده پیش‌آینده اثرگذار و یا فرصت‌های پیش‌آینده‌ای که مستلزم مختل شدن هستند. |
| ۴ | (Hiltunen, 2008) | نشانه‌های ضعیف عینی و ذهنی نشانه‌های ضعیف مکتوم و عیان نشانه‌های ضعیف مکتوم نشانه‌هایی هستند که دلالت‌های غیرمستقیم آنها قوی‌تر و بیشتر از دلالت‌های مستقیم است. |
| ۵ | (Garcia-Nunes et al., 2020) | اطلاعاتی تعریف می‌کنند که مطالعه و بررسی این اطلاعات به مدیریت غافلگیری کمک می‌کند. به تعبیر نشانه‌های ضعیف اطلاعاتی مبهم و نامشخص هستند. |
| ۶ | (Gokhberg, et al., 2020) | کلاس واژگانی دارای نرخ رشد نسبی سالانه بالا و نرخ نسبی توالی رخداد پایین |
| ۷ | (Schoemaker and Day, 2009) | تکه‌ای به‌ظاهر تصادفی یا غیر مرتبط از اطلاعات است که در ابتدا شاید یک نويز زمینه‌ای به نظر آید درحالی‌که می‌توان با نگرستن به آن از چهارچوب و قابی متفاوت یا ایجاد ارتباط با قطعات دیگر اطلاعات، آن را به‌عنوان قطعه‌ای از یک الگوی مهم شناسایی کرد. |
| ۸ | (Ilmola and Kuusi, 2006) | یک عامل تغییر است که در زمان حال به‌سختی قابل شناسایی بوده اما به خلق یک روند قوی در آینده منجر می‌شود. |

| تعریف | مرجع تعریف | ردیف |
|---|-------------------------------|------|
| نشانه‌های پیش‌نگری یا اشاره‌کننده به مسائل جدید احتمالاً در حال ظهور نشانه‌های ضعیف بصری ^۱ : تصاویر، عکس‌ها، نقاشی‌ها، رسم‌ها، ویدئوها و غیره | (Heinonen and Hiltunen, 2012) | ۹ |
| فاصله ادراک‌کننده ^۲ نشانه‌های ضعیف از چهارچوب مرجع ادراک‌کننده ^۳ | (van Veen and Ortt, 2021) | ۱۰ |

مرور این تعاریف نشان می‌دهد آینده‌پژوهان تعاریف خود را از نشانه‌های ضعیف در دو طیف «مفهومی» و «فنی» مطرح کرده‌اند. تعریف مفهومی تعریفی کلی است و لزوماً مبتنی بر شاخص‌های کمی و کیفی خاصی نیست؛ اما تعاریف فنی بر اساس مسئله، زمینه خاص مسئله و یا مبتنی بر یک روش خاص برای پویا شدن نشانه‌های ضعیف، مطرح شده‌اند. تعاریف کلی و عمومی ما را با منظور و معنای نشانه‌های ضعیف آشنا می‌کنند. اگرچه این تعاریف جزئیات دقیق و روشنی از نشانه‌های ضعیف در حوزه‌های مختلف ارائه نمی‌کنند اما به هر حال مبنای خوبی برای پرداختن به ابعاد و مؤلفه‌های ساختاری و کارکردی نشانه‌های ضعیف فراهم کرده‌اند.

در الگوی مکعبی ارائه‌شده توسط هیلتونن، سه مؤلفه نشانه، موضوع و تفسیر مطرح شده است. در این چهارچوب محور نشانه نماینده تعداد نشانه‌ها و یا قابلیت مشاهده‌ی آن‌ها یا به عبارتی تعداد دفعات ظاهر شدن نشانه، محور موضوع نشان‌گر تعداد رویدادها یا مسائلی است که نشانه در آن‌ها ظاهر شده است یا به تعبیر بهتر واحدهای متنوعی هستند که انتشار پدیده را توصیف می‌کنند (در کسب و کار می‌توان به تعداد رویدادها، درصد فروش خالص، درصد فروش داخلی، تعداد کارکنان مقیم خارج از کشور اشاره کرد). مؤلفه تفسیر نیز به معنای درجه‌ی تشخیص نشانه‌ی آینده توسط کاربران اطلاعاتی یا همان رصدکنندگان است (هیلتونن، ۲۰۰۸). یا به عبارت دیگر مؤلفه‌ی نشانه به عنوان «میزان رویت‌پذیری واقعی^۴ نشانه»، موضوع به «طیفی از رویدادها» و در نهایت تفسیر هم به عنوان «معنایی که یک دریافت‌کننده به نشانه می‌دهد» تعریف شده‌اند (گریول-بارس و همکاران، ۲۰۲۰ الف).

1. Visual weak signals
2. Perceiver
3. Perceiver's frame of reference
4. The real visibility of a signal



شکل ۱. مفهوم نشانه‌ها و اطلاعات زود هنگام و ابعاد عینی و ذهنی فضای نشانه‌ی ضعیف آینده (هیلتون، ۲۰۰۸)

رویکردهای شناسایی و تفسیر نشانه‌های ضعیف

با توجه به تعاریف ارائه شده از نشانه‌های ضعیف و البته نوع و ابعاد اطلاعاتی که به عنوان نشانه‌های ضعیف مورد تحلیل قرار می‌گیرند و همچنین زمینه تخصصی مورد مطالعه برای کشف و تحلیل نشانه‌های ضعیف که می‌تواند شامل حوزه‌های کسب و کار، فرهنگ، علم و فناوری، اجتماعی و سیاسی، زیست محیطی و غیره باشد؛ بالطبع اشکال مواجهه با موضوع و رویکردها و روش‌ها و ابزارهای جستجو، کشف، شناسایی و تحلیل نیز می‌تواند متعدد و شاید متفاوت باشند. بر این اساس برخی از رویکردها، روش‌ها، فنون و ابزارهای شناسایی و تحلیل نشانه‌های ضعیف ذکر شده در مطالعات پیشین به صورت خلاصه در جدول شماره ۲ درج شده است.

جدول ۱. رویکردهای شناسایی نشانه‌های ضعیف

| توضیح | عنوان رویکرد | کد مقاله |
|--|------------------------------------|--|
| در این پژوهش شناسایی نشانه‌های ضعیف در موضوع انتخابات آمریکا و آفریقای جنوبی با ارائه یک چهارچوب مبتنی بر تحلیل متنی معرفی شده است. | تحلیل متنی | Garcia-Nunes et al., 2020b |
| در این پژوهش تغییرات حوزه صنایع معدنی و کشف و تحلیل نشانه‌های ضعیف تغییر در بازار این صنعت با استفاده از روش متن‌کاوی معرفی شده است. | متن‌کاوی و رویکرد تأییدی خبره محور | (Gokhberg et al., 2020b) |
| توسعه یک جعبه‌ابزار آینده‌نگاری در حوزه کسب‌وکار به‌منظور کشف فرصت‌های آتی | آینده‌نگاری | Gheorghiu et al., (2016) |
| در این پژوهش هم‌زمان ترکیبی از رویکرد متن‌کاوی و خبرگانی در حوزه فناوری‌های جدید و حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده شده است. | متن‌کاوی و خبره محور | (Moro et al., 2020a) |
| در این پژوهش روش ایده‌کاوی در شناسایی نشانه‌های ضعیف وب پایه معرفی شده است. | ایده‌کاوی وب پایه | D. Thorleuchter & (Van den Poel, 2015) |
| در این پژوهش یک مدل کیفی بر پایه شبکه پایش جهانی خبرگانی معرفی شده است. | پایش خبرگانی | (S. Kim et al., 2013) |
| در این پژوهش یک سامانه مفهومی برای طبقه‌بندی نشانه‌های ضعیف با استفاده از داده‌های بستر وب معرفی شده است. | وب پایه | Garcia-Nunes & da (Silva, 2019) |
| در این پژوهش به داده‌های بستر شبکه‌های اجتماعی به‌ویژه توئیتر به‌عنوان منبع شناسایی نشانه‌های ضعیف تغییر توجه و تأکید شده است. | وب پایه | Kayser & (Bierwisch, 2016) |
| در این پژوهش رویکرد روش‌شناسی جدیدی مبتنی بر جریان دانشی و تحلیل ثبت اختراعات در حوزه‌های صنایع نوظهور معرفی شده است. | ثبت اختراعات | (Song et al., 2017) |

| توضیح | عنوان رویکرد | کد مقاله |
|--|-------------------------------------|----------------------------|
| در این پژوهش تلاش شده است تا با تمرکز رویکرد جدیدی در تحلیل ثبت اختراعات، فناوری‌های آینده‌ای که ظرفیت تغییرات اساسی دارند به‌طور بهنگام شناسایی شوند. | تحلیل ثبت اختراع و خیره محور | Mariani et al.,) (2019 |
| در این پژوهش فرآیند منطق شهودی سناریو نگاری با پوشش افق به‌صورت تلفیقی برای تقویت شناسایی نشانه‌های ضعیف معرفی شده است. | سناریو نگاری | (Rowe et al., 2017) |
| شناسایی روندهای فناوری‌های نوپدید با رویکرد داده‌کاوی ثبت اختراعات و داده‌های متنی توییت در حوزه فناوری انرژی خورشیدی | داده‌کاوی در توییت | (Li et al., 2019a) |
| معرفی شاخص‌های علم‌سنجی برای شناسایی حوزه‌های پژوهشی نوپدید | رویکرد تحلیل علم‌سنجی | (H. Xu et al., 2020) |
| توسعه داستان‌های علمی تخیلی ^۱ برای آینده‌نگاری و تقویت قابلیت شناختی و ادراکی مدیران و تصمیم‌گیرندگان در شناسایی نشانه‌های ضعیف و ارزیابی پیامدهای علم و فناوری | رویکرد داستان‌پردازی (روایت‌پردازی) | Schwarz et al.,) (2014 |
| ارائه چهارچوب جدیدی برای شناسایی نشانه‌های ضعیف از دل اطلاعات تازه با تکیه بر فن شناسایی میزان تازگی. در این روش از متن‌کاوی هم استفاده می‌شود. | رویکرد جدید سنجش تازگی | J. Kim & Lee,) (2017 |

از جمله دیگر روش‌ها و فنون مورد اشاره در مقالات حوزه نشانه‌های ضعیف که برای شناسایی نشانه‌های می‌توان به‌طور اجمالی به موارد مندرج در جدول شماره ۳ اشاره کرد.

جدول ۲. فنون و روش‌های شناسایی نشانه‌های ضعیف

| منبع به کارگیرنده | فن/روش |
|--|---|
| (Mayer, 2011) | فنون بازشناسی الگو و داده‌کاوی (شبکه عصبی مصنوعی) |
| (Schoemaker et al., 2013) | استفاده از فناوری‌های وب برای ایجاد داشبورد تعاملی برای تلفیق تحلیل نشانه‌های ضعیف و برنامه‌ریزی استراتژیک سناریو پایه ^۱ |
| (Dirk Thorleuchter & Van den Poel, 2013) | متن‌کاوی برای شناسایی نشانه‌های ضعیف از وب با استفاده از واژگان کلیدی |
| (Dirk Thorleuchter et al., 2014) | تحلیل معنایی ^۲ روی داده‌های اینترنتی برای شناسایی سری زمانی نشانه ضعیف |
| (Moreira et al., 2015) | استفاده از متن‌کاوی برای خوشه‌بندی نشانه‌های ضعیف |
| (Decker et al., 2005) | پوشش محیطی اینترنت - پایه مبتنی بر نظریه‌ی کاوش اطلاعات ^۳ |

از سوی دیگر اگرچه اهمیت نشانه‌های ضعیف به‌طور گسترده برای همگان شناخته و درک شده است، با این همه فرآیندهای جستجو، شناسایی و غربال‌گری نشانه‌های ضعیف که باید سازوکار معنابخشی^۴ سازمان را تشکیل دهند، در بعد پژوهش‌های تجربی مورد غفلت واقع شده است. چراکه اساساً غربال‌گری نشانه‌های ضعیف خود در ابعاد مشاهده و تجزیه و تحلیل بسیار دشوار است و این خود ناشی از نوع و جنس اطلاعاتی است که به‌عنوان نشانه‌های ضعیف مورد پردازش و غربال‌گری قرار می‌گیرند. بر این اساس کارل یکک^۵ سازوکار معنابخشی محیطی را مطرح کرده است که خود شامل زیر حوزه‌های ادراکی و شناختی می‌شود (ایلمولو و کوزی، ۲۰۰۶).

به‌رغم ارائه مدل‌های نظری و الگوهای خبرگانی و ریاضی گوناگون برای شناسایی نشانه‌های ضعیف در زمینه‌های گوناگون، در مجموع این سؤال‌ها همچنان مطرح هستند که مهم‌ترین شگفتی‌سازهای پیش روی سازمان چه هستند؟ آیا می‌توانیم آن‌ها را پیش‌نگری کنیم؟ آیا می‌توان برای مواجهه اقدامی اتخاذ کرد؟ پاسخ به این سؤالات نیز در گرو کسب آگاهی و اطلاعات

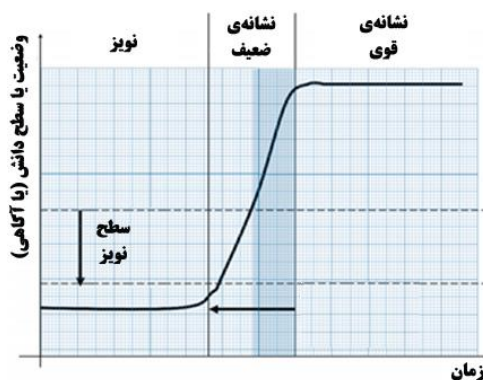
1. Scenario-based strategic planning
2. Semantic Analysis
3. Information Foraging Theory
4. Sensemaking
5. Karl Weick

مناسب در مورد اثرات مستقیم و یا غیرمستقیم این رویدادها بر سازمان است که شناسایی نشانه های ضعیف می تواند آن را به درستی محقق کند (مندونکا و همکاران، ۲۰۰۴).

فرآیندها و الگوهای شناسایی و تفسیر نشانه های ضعیف

از آنجائی که شناسایی نشانه های ضعیف به جای پیش بینی پدیده ها به میزان آگاهی از پدیدار شدن پدیده ها بستگی دارد، لذا فرآیند ادراک نشانه های ضعیف زمانی آغاز می شود که مدیران از تغییرات محیطی آگاه می شوند. اینجاست که قطعه ای از اطلاعات از ناحیه نويز وارد محدوده نشانه ای می شود. برای روشن شدن این تعبیر از تبدیل اطلاعات از نويز به نشانه ضعیف، می توان به معرفی تلفن های همراه آی-فون^۱ توسط مدیرعامل شرکت اپل استیو جابز^۲ اشاره کرد که وقتی اولین آی-فون را معرفی کرد، در این زمان این خبر تنها یک نويز بوده است؛ اما زمانی که مدیرعامل مایکروسافت استیو بالمر^۳ ویدئوی این تبلیغات را دید و از آمدن آی-فون آگاهی پیدا کرد، این اطلاعات از نويز به نشانه ضعیف تغییر محتمل بازار تبدیل شد (ون وین و اورت، ۲۰۲۱).

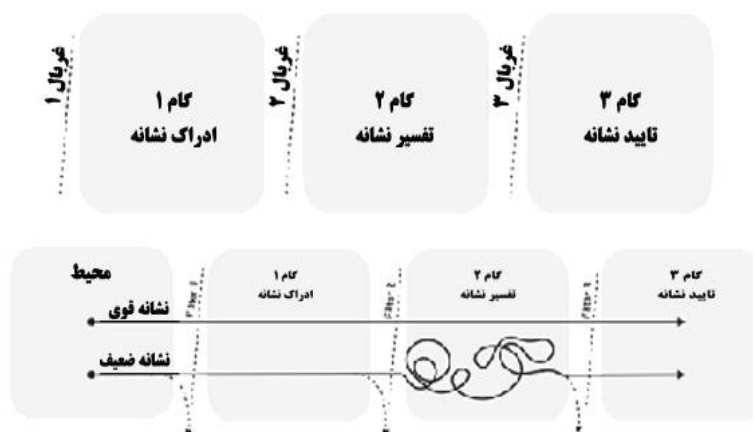
آنچه در شکل شماره ۲ آمده است، به خوبی گویای نواحی نويز و نشانه ای است که ذکر آن در مثال مربوط به شرکت اپل آمد.



شکل ۱. طیف نويز، نشانه ضعیف و قوی
(گریول-بارس و همکاران، ۲۰۲۰ ب)

1. iPhone
2. Steve Jobs
3. Steve Ballmer

بر اساس ادبیات پژوهشی این حوزه، می‌توان فرآیند کلی شناسایی و تحلیل نشانه‌های ضعیف را در سه گام ادراک، تفسیر نشانه و تأیید نشانه^۱ دسته‌بندی کرد. گام ادراک نشانه‌ها علاوه بر رصد^۲ اطلاعات شامل غربال‌گری^۳ اطلاعات در زمان‌های خاصی از فرآیند به‌منظور کاهش و یا تقلیل مقدار و حجم اطلاعات و افزایش میزان اطلاعات مرتبط است. تفسیر نشانه‌ها هم در پی معنابخشی اطلاعات و منظور از تأیید، قضاوت‌های عمدی پیرامون اتخاذ اقدامات متناسب با تفسیرهای انجام شده است. غربال‌های در نظر گرفته شده نیز در لابه‌لای هر کدام از این گام‌های فرآیندی تعبیه می‌شوند. در (شکل شماره ۳) گام‌های فرآیندی و غربال‌های فرآیند قابل مشاهده است (ون وین و اورت، ۲۰۲۱).



شکل ۳. فرآیند مفهومی (گام‌ها و غربال‌ها) شناسایی و تفسیر نشانه‌های ضعیف (ون وین و اورت، ۲۰۲۱)

1. Signal enactment
2. Observation
3. Filtering

شومیکر فرآیند تفسیر نشانه‌های ضعیف به تصمیمات راهبردی مؤثر را در یک فرآیند سه مرحله‌ای برمی‌شمرد (شومیکر و دی، ۲۰۰۹). در شکل شماره ۴ فرآیند مورد نظر شومیکر قابل مشاهده است.



شکل ۴. فرآیند سه مرحله‌ای پوش تا اقدام (شومیکر و دی، ۲۰۰۹)

در الگوی ارائه شده توسط کیم فرآیند مطرح شده دارای ۴ گام اساسی است که عبارت‌اند از: ۱. جمع‌آوری داده‌های ثبت اختراعات و آینده محور ۲. ساخت ماتریس کلیدواژه-سند ۳. ارزیابی میزان کمیابی داده و قدرت تبدیل ۴. ایجاد نقشه سبد-نشانه که در گام دوم این فرآیند هم از روش متن کاوی استفاده می‌شود. در گام سوم، از فن کشف تازگی^۱ داده استفاده می‌شود. نمودار مربوط به این فرآیند در (شکل شماره ۵) قابل مشاهده است. سبد نشانه‌های ضعیف در این فرآیند در چهار بعد به صورت (شکل شماره ۶) تولید می‌شود (جی. کیم و لی، ۲۰۱۷).

در ادامه با توجه به هدف جستجوی معنا یا معانی مترادف و مقایسه تطبیقی نشانه‌های ضعیف در ادبیات فناوری‌های نوپدید سعی شده است تعاریف و مفاهیم در زیر بخش بعد مرور و ویژگی‌های کاربردی متبادر کننده مفهوم نشانه‌های ضعیف که می‌توان به عنوان معیاری کیفی در یک چهارچوب ابزاری و فنی بکار گرفت، استخراج و به صورت یکپارچه جمع‌بندی شوند در ادامه با توجه به هدف جستجوی معنا یا معانی مترادف و مقایسه تطبیقی نشانه‌های ضعیف در ادبیات فناوری‌های نوپدید سعی شده است تعاریف و مفاهیم در زیر بخش بعد مرور و

1. Novelty Detection Technique

ویژگی‌های کاربردی متبادر کننده مفهوم نشانه‌های ضعیف که می‌توان به‌عنوان معیاری کیفی در یک چهارچوب ابزاری و فنی بکار گرفت، استخراج و به‌صورت یکپارچه جمع‌بندی شوند.



شکل ۵. فرآیند شناسایی نشانه‌های ضعیف نوآوری محور (جی. کیم و لی، ۲۰۱۷)



شکل ۶. سبد نشانه‌های ضعیف چهارگانه در مدل نوآوری محور (جی. کیم و لی، ۲۰۱۷)

فناوری‌های نوپدید

فناوری (های نوپدید)^۱ فناوری‌های نوظهور و فناوری‌های جدید این‌ها همگی عباراتی هستند که در ادبیات آینده‌نگاری و فناوری بسیار استفاده و بیان می‌شوند. در عین روشن بودن موضوع اما این مفهوم به طور ذاتی دارای پیچیدگی و ابهام است. لذا به نظر می‌آید برای پرداختن به این حیطه، به‌عنوان اولین گام باید مشخصات و تعاریف این مفهوم روشن و به‌درستی بیان شود. از جمله مشخصه‌های ذکر شده برای فناوری‌های نوپدید، عدم قطعیت^۲، اثرات شبکه‌ای^۳، ملاحظات اجتماعی و فنی، هزینه، محدودیت برخی کشورها در دستیابی و توسعه و فقدان پژوهش و تحقیق ذکر شده است. با این وجود پژوهش‌های محدودی هستند که در تبیین وجوه و ابعاد مفهوم فناوری نوپدید کوشیده‌اند (حلاوه، ۲۰۱۳). یکی از چالش‌های اساسی این حوزه را فقدان تعریف درستی از فناوری‌های نوپدید و همچنین وجود درک ناصحیحی از این عبارت حتی در بین متخصصین، برشمرده است.

فناوری‌های نوپدید از منظر مخاطبان مختلف اعم از دولتی و غیردولتی دارای اهمیت بسیار بالایی است و همواره شرکت‌های خصوصی و دولت‌ها تأکید ویژه‌ای روی راهبردهای سرمایه‌گذاری در این حوزه‌ها دارند. اگرچه فناوری‌های نوپدید موضوع پژوهش‌های بسیاری بوده است اما با این وجود لی (۲۰۱۸) و جانگک (۲۰۲۱) هم معتقد هستند توافقی بر سر ویژگی‌هایی که بتوان به یک فناوری نوپدید نسبت داد وجود ندارد.

حلاوه (۲۰۱۳) تعاریف و مشخصه‌های مختلف فناوری‌های نوپدید را از منابع مختلف گردآوری و نقد کرده است. این تعاریف گردآوری شده توسط حلاوه در جدول شماره ۴ تلخیص شده است.

-
1. Emerging Technologies (ET)
 2. Uncertainty
 3. Network Effect

جدول ۴. تعاریف فناوری (های) نوپدید حلاوه (۲۰۱۳)

| تعریف | مرجع تعریف | ردیف |
|--|-------------------------------|------|
| فناوری‌های نوپدید، نوآوری‌های علم-پایه ^۱ هستند که از ظرفیت بالقوه خلق صنعتی جدید و یا ایجاد تحول در صنعتی موجود برخوردار می‌باشند. تأکید بر علم-پایه در این تعریف از این روست که فناوری‌های نوپدید محصول همکاری دوجانبه پژوهش و توسعه است. | (Srinivasan, 2008) | ۱ |
| فناوری‌های نوپدید به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در حال توسعه هستند و یا طی ۵ تا ۱۰ سال آینده توسعه خواهند یافت و پیامدهای ظهور آنها منجر به تغییراتی محیط اجتماعی و کسب‌وکارها می‌گردد. حلاوه این تعریف را نقد کرده و تعریف دقیق و صحیحی از فناوری‌های نوپدید تلقی نمی‌کند. چراکه فناوری‌هایی که در زمینه‌هایی به‌عنوان فناوری‌های جدید تلقی می‌شوند ممکن است در زمینه‌های دیگری کاملاً جاافتاده باشند و دیگر تلقی نوپدید و جدید برای آنها بی‌معنا باشد. این موضوع در مورد کشورها روشن است. فناوری‌هایی که برای برخی کشورها نوظهور و جدید محسوب می‌شوند در برخی کشورها سال‌هاست مورد استفاده است و دیگری فناوری نوپدید محسوب نمی‌شوند. بر این اساس خود اطلاق نوپدید و جدید یک بیان اقتضایی می‌تواند باشد. | بیزنس دیکشنری ^۲ | ۲ |
| برخلاف بازه زمانی ۵ تا ۱۰ ساله‌ای که برای دسترسی به فناوری‌های نوپدید قیدشده است، استاهل، بازه زمانی ۱۰ تا ۱۵ ساله را معین کرده است؛ که این قید کردن طیف یا بازه زمانی مشخص، خود یکی دیگر از فهم‌های نادرست از فناوری‌های نوپدید است. به‌عنوان مثال فناوری دنیای مجازی سه‌بعدی ^۳ که در دهه ۱۹۹۰ میلادی مطرح گردید همچنان پس از گذشت سه دهه در رده فناوری‌های نوپدید تعریف می‌شود. این مثال مؤید این امر است که طول عمر فناوری می‌تواند حتی از ۱۵ سال هم فراتر رود در عین این‌که فناوری همچنان یک فناوری نوپدید تلقی گردد. | استاهل (۲۰۱۱) | ۳ |

1. Science Based Innovations
2. Business Dictionary
3. 3D Virtual World

| ردیف | مرجع تعریف | تعریف |
|------|-------------------------|---|
| ۴ | «باید - داشت» | «باید-داشت» به وضعیتی اشاره دارد که در اثر توسعه عمومی فناوری داشتن آن برای همه به امری لازم و ضروری بدل می‌شود. افراد و سازمان‌ها به‌نوعی ناگزیر از داشتن و تأمین این فناوری هستند و در صورت فقدان با مشکلاتی مواجه می‌شوند. در واقع زمانی که فناوری به شرایط «باید-داشت» می‌رسد این معیار حاکی از این است که فناوری مزبور دیگر یک فناوری نوپدید نیست و به یک فناوری همگانی توسعه یافته بدل شده است. |
| ۵ | دانیل (۱۹۹۸) | فناوری نوپدید به فناوری‌ای گفته می‌شود که به‌رغم ورود به بازار، هنوز رایج و عمومی نشده است و یا حداقل طی ۵ سال آینده از حیث تجاری عمومی خواهد شد. در این تعریف و تعاریف مشابه لزوماً جدید بودن فناوری ملاک اطلاق نوپدید به فناوری نیست. بلکه معیار عمومیت در تجاری‌سازی و دسترسی عمومی است که فناوری را در رده نوپدید قرار می‌دهد. بر این اساس فناوری‌هایی که هنوز به‌طور گسترده در بازار در اختیار مردم قرار نگرفته‌اند، نوپدید محسوب می‌شوند. |
| ۶ | مجمع اروپا ^۱ | فناوری‌هایی هستند که از ظرفیت بالقوه گسترش و پذیرش عمومی و اجتماعی طی ۵ تا ۱۰ سال آینده برخوردار هستند. این فناوری‌ها اگرچه مراحل ابتدایی فرآیند توسعه را طی می‌کنند اما مرحله مفهومی صرف را هم پشت سر گذاشته‌اند. |

به‌طور کلی اطلاق نوپدید به یک فناوری بسته به عواملی مثل دامنه یا حیطه استفاده، مکان و یا کاربرد متفاوت است. عدم گسترش دسترسی و عمومیت یک فناوری هم معیار یا تعریف دیگری برای نوپدید بودن یک فناوری می‌تواند در نظر گرفته شود. فناوری نوپدید دوره عمل ثابت یا محدود ندارد و هر زمان که ظهور و بروز پیدا کند تغییرات اساسی و بنیادینی در جامعه، صنعت و یا کسب‌وکارها بر جای می‌گذارد (حلاوه، ۲۰۱۳).

دسته‌بندی دقیق‌تر دیگری هم از تعاریف ارائه شده از فناوری نوپدید در مقالات و اسناد مدیریتی، علم و فناوری، علم‌سنجی انجام شده است که در جدول شماره ۵ می‌بینیم.

1. European Commission

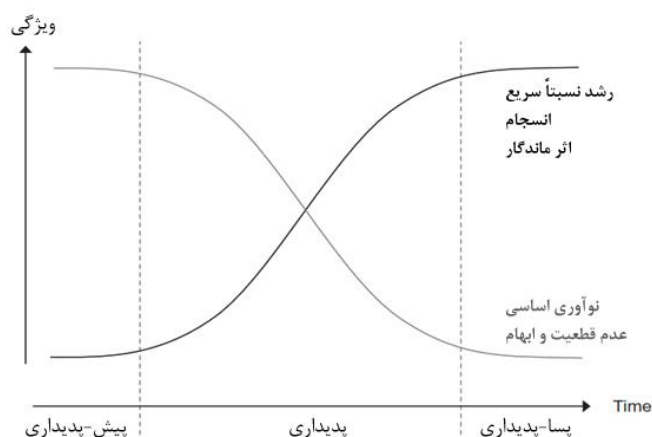
جدول ۵. تعاریف فناوری (های) نوپدید در منابع مختلف (روتولو و همکاران، ۲۰۱۵)

| منبع | دامنه یا حوزه | تعریف |
|------------------------------|-----------------------------|---|
| مارتین ۱۹۹۵ | سیاست‌گذاری علم و فناوری | به فناوری اطلاق می‌شود که بهره‌برداری از آن بخش‌های گسترده‌ای از جامعه و/یا اقتصاد را منتفع می‌کند. |
| دی و شومیکر ۲۰۰۰ | مدیریت | نوآوری علم-پایه دارای ظرفیت بالقوه برای خلق یک صنعت و یا تحول یک صنعت موجود. این نوآوری‌ها شامل نوآوری‌های منفصل‌کننده به‌دست‌آمده از نوآوری‌های اساسی هستند. |
| پورتر و همکاران ۲۰۰۲ | سیاست‌گذاری علم و فناوری | به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در یک افق ۱۵ ساله می‌توانند یک تأثیر اقتصادی بزرگ ایجاد کنند. |
| کوروچر و همکاران، ۲۰۰۳ | اقتصاد | پیدایش فناوری به‌عنوان یک فرآیند تکاملی تغییرات فنی، سازمانی و اجتماعی تعریف شده است که در سه سطح رخ می‌دهد. سطح شرکت‌های خصوصی و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی سطح بستر اجتماعی و سازمانی سطح طبیعت و تکامل دانش |
| هانگ و چو ۲۰۰۶ | سیاست‌گذاری علم و فناوری | فناوری‌هایی هستند که تاکنون ظرفیت بالقوه آن‌ها برای تغییر در پایه‌های رقابتی آشکار نشده است. |
| بون و مورس ۲۰۰۸ | سیاست‌گذاری علم و فناوری | فناوری‌هایی هستند که در فاز ابتدایی توسعه هستند. بدین معنی که جنبه‌های مختلفی نظیر مشخصه‌های فناوری و بستر استفاده یا شبکه کاربران و نقش‌هایشان هنوز نامشخص و دارای عدم قطعیت است. |
| سربینی‌واسان ۲۰۰۸ | مدیریت | فناوری‌های نوپدید بر اساس ۳ مؤلفه اساسی شناسایی می‌شوند: ۱. منابعشان (سرعت تکامل، انقلاب در به‌کارگیری) ۲. مشخصه‌هایشان (طبیعت ثانیه‌شمار فناوری‌های نوپدید، همگرایی، طراحی‌های غالب و اثرات شبکه) ۳. اثراتشان (جهش در زنجیره ارزش، دیجیتال‌سازی کالاها، جهش در فضای مکانی نوآوری از داخل کارخانه‌ها به بیرون کارخانه‌ها) |

| منبع | دامنه یا حوزه | تعریف |
|----------------------------|-----------------------------|---|
| کوزنس و همکاران ۲۰۱۰ | سیاست‌گذاری علم و فناوری | به فناوری دارای توان بالقوه بالا اطلاق می‌شود که فرصت ظهور و بروز ارزش‌هایش را پیدا نکرده است. مشخصه‌های این فناوری‌ها در چهار دسته قابل ذکر است: ۱. رشد اخیر سریع ۲. قرار داشتن در فرآیند انتقال و/یا تغییر ۳. ظرفیت بالقوه بازار یا اقتصادی که تاکنون محقق نشده است. ۴. اتکای روزافزون به دانش-پایگی |
| استال ۲۰۱۱ | سیاست‌گذاری علم و فناوری | فناوری‌های دارای ظرفیت بالقوه اکتساب جذابیت اجتماعی طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده. این فناوری‌ها هم‌اکنون در فازهای اولیه فرآیند توسعه‌شان قرار دارند و البته فاز مفهومی را سپری کرده‌اند. باین وجود این فناوری‌های نوپدید هنوز به روشنی تعریف نشده‌اند. |
| الکساندر و همکاران ۲۰۱۲ | سیاست‌گذاری علم و فناوری | پدیدار فنی به فازی گفته می‌شود که طی آن یک مفهوم یا ساختار توسط اعضای یک جامعه خبرگانی پذیرفته و تکرار می‌شود که منجر به تغییر بنیادین در فهم و توانمندی انسان می‌گردد. |
| حلاوه ۲۰۱۳ | مدیریت | مشخصه‌های فناوری‌های نوپدید عبارت‌اند از: عدم قطعیت، اثر شبکه، ملاحظات اخلاقی و اجتماعی دیده نشده، هزینه، محدود بودن به چند کشور، فقدان پژوهش و تحقیقات در باب فناوری |
| اسمال و همکاران ۲۰۱۴ | علم‌سنجی | یک توافق جهانی بر سر مشخصه‌هایی مطرح پیرامون نوپدید بودن فناوری قابل توجه است: جدید (تازگی) و رشد. |

روتلو (۲۰۱۵) اذعان می‌کند به این که به‌رغم اشتیاق و تمایل بالای سیاست‌گذاران فناوری نسبت به موضوع فناوری‌های جدید در حال ظهور، همچنان حوزه مطالعاتی فناوری‌های نوپدید فاقد مؤلفه‌های بنیادین است. مؤلفه‌هایی که بتوان بر اساس آن یک فناوری را به عنوان یک فناوری نوپدید طبقه‌بندی، شناسایی و معرفی کرد. در مطالعه‌ای که با روش علم‌سنجی در این رابطه انجام شده است ۵ ویژگی مشخص‌کننده فناوری‌های نوپدید مشخص شده است که عبارت‌اند از:

۱. نوآوری اساسی ۲. رشد نسبتاً سریع ۳. انسجام^۱ ۴. اثر ماندگار ۵. عدم قطعیت و ابهام. بر اساس همین ۵ مشخصه، فناوری نوپدید به صورت جامع بدین شکل تعریف می‌شود:
- فناوری نوپدید، دارای نوآوری اساسی و سرعت رشد نسبتاً بالایی است که با ویژگی‌های انسجام ماندگار طی زمان، ظرفیت بالقوه اثرگذاری بر حیطه (های) اقتصادی-اجتماعی^۲ (ترکیب کنشگران، مؤسسات و الگوهای تعامل بین آن‌ها و فرآیندهای تولید دانش) شناخته و مشخص می‌شود (روتولو و همکاران، ۲۰۱۵).
- مشخصات دیگری هم توسط (حلاوه، ۲۰۱۳) برای فناوری‌های نوپدید جمع‌بندی و معرفی شده است که عبارت‌اند از: ۱. عدم قطعیت ۲. اثر شبکه ۳. پیامدهای اجتماعی و اخلاقی ۴. هزینه‌ها ۵. محدود به کشورهای خالق و صاحب فناوری ۶. عدم اشباع پژوهش‌های دانشگاهی ۷. اثرات نامعلوم ۸. محدودیت در پژوهش و مطالعه.



شکل ۴. روند تغییرات ویژگی‌های پدیداری در سه دوره زمانی پیش-پدیداری، پدیداری و پسا-پدیداری فناوری (روتولو و همکاران، ۲۰۱۵)

1. Coherence
2. Socio-Economic

بر اساس دیدگاه (روتولو و همکاران، ۲۰۱۵) روند ظهور و شکل‌گیری و رشد فناوری نوپدید شامل تقسیم‌بندی دوره‌های زمانی پیش-پدیداری^۱، پدیداری^۲ و پسا-پدیداری^۳ است. این نمودار زمانی و چگونگی تغییرات ویژگی‌های (نوآوری اساسی، عدم قطعیت و ابهام) و (رشد نسبتاً سریع، انسجام و اثر ماندگار) و تغییرات این مؤلفه‌ها طی این سه تقسیم‌بندی زمانی در شکل ۱ نمایش داده شده است. مشخصاً ویژگی‌های نوآوری اساسی، عدم قطعیت و ابهام در دوره زمانی پیش-پدیداری در بالاترین سطح و بالعکس مؤلفه‌های رشد نسبتاً سریع، انسجام و اثر ماندگار در کمترین میزان قرار دارند. در دوره میانی یا همان پدیداری این دو گروه ویژگی تقریباً تعدیل شده و در دوره زمانی پسا-پدیداری رابطه این دو گروه ویژگی‌های مربوط به فناوری‌های نوپدید عکس می‌شود و مشخصه‌های (نوآوری اساسی، عدم قطعیت و ابهام) به کمترین میزان می‌رسد و مشخصه‌های (رشد نسبتاً سریع، انسجام و اثر ماندگار) با بالاترین سطح خود می‌رسند.

به‌طور کلی سه مشخصه اساسی مشترک را می‌توان بر اساس تعاریف ارائه شده در منابع مختلف برای فناوری‌های نوپدید قطعی تلقی کرد: ۱. سودمندی برای طیف وسیعی از بخش‌های اقتصادی و فنی ۲. رشد سریع ۳. عدم قطعیت و ابهام (جانگ و همکاران، ۲۰۲۱).

مشخصه‌های ذکر شده برای فناوری‌های نوپدید در مرحله پیش-پدیداری که عبارت‌اند از نوآوری اساسی، عدم قطعیت، ابهام و سودمندی برای طیف وسیعی از بخش‌های اقتصادی و فنی، رشد سریع را می‌توان به‌عنوان شاخص‌ها یا معیارهای کیفی شناسایی نشانه‌های ضعیف ظهور فناوری‌های نوپدید تعریف کرد. این معیارها را می‌توان کمی‌سازی هم نمود. با قرار دادن این معیارها در اختیار پویان‌گران و یا خبرگان می‌توان احتمال ظهور فناوری‌های نوپدید را بررسی کرد. لذا این معیارهای کیفی و کمی را می‌توان به‌عنوان «جعبه نشانه‌های ضعیف فناوری‌های نوپدید» تلقی کرد.

هیلتونن، آینده پژوه فنلاندی جعبه هیلتونن^۴ را برای تشخیص نشانه‌های ضعیف تغییر معرفی کرده است که شامل چند معیار کیفی محدود و عمومی است. این معیارها از جمله معیار «نشانه کسب شده مضحک به نظر می‌آید؟» معیارهایی کلی و عمومی هستند. چراکه در حوزه فناوری

1. Pre-Emergence
2. Emergence
3. Post-Emergence
4. Hiltunen Box

بسیاری از تغییرات فناورانه نه تنها مضحک نیستند که بسیار جذاب و شگفتی آور هم هستند. لذا در این پژوهش با مرور تعاریف ارائه شده توسط خبرگان و پژوهشگران حوزه فناوری و حساسیت روی عبارات قیدشده برای استخراج مقوله^۱ های متناسب با مفهوم نشانه ضعیف تغییر فناورانه، این معیارها به عنوان مشخصه‌های کیفی تشخیص نشانه ضعیف ظهور یک فناوری‌های نوپدید گردآوری و در قالب یک ساختار ابزاری و فنی با عنوان «جعبه نشانه‌های ضعیف فناوری^۲» برای اولین بار مطرح و معرفی می‌شود. در ادامه «جعبه نشانه‌های ضعیف فناوری» مشتمل بر ۱۴ معیار در جدول شماره ۶ آمده است که از تعاریف و شاخص‌های مطرح در باب فناوری‌های نوپدید استخراج گردید. این مؤلفه‌ها با رویکرد تحلیل مضمون از تعاریف مطرح برای فناوری‌های نوپدید به دست آمده است. در جداول شماره ۲ و ۳ مقوله‌های مرتبط باهدف این ابزار به صورت برجسته نشانه‌گذاری شدند. این مضامین یا مقوله‌ها به عنوان مؤلفه‌های ابزار تولید و معرفی شده در این مقاله استفاده گردید.

لازم به توضیح است در این مقاله هدف تبیین مفاهیم و بررسی اشتراک مفهومی و روش‌شناسی آینده‌پژوهی و حوزه فناوری در فضای مفهومی نشانه‌های ضعیف است. لذا اگرچه روایی ابزار به تائید خبرگان حوزه آینده‌پژوهی رسید اما بررسی اعتبار ابزار «جعبه نشانه‌های ضعیف فناوری» مستلزم بررسی‌های آتی است. اگرچه الینا هیلتونن در پی اثبات روایی و اعتبار ابزاری که معرفی کرده است برنیامده، ولی این امر بدیهی است که ابزار تولیدشده از مجرای پژوهش علمی نیازمند تائید اعتبار خبرگانی است.

1. Theme
2. Emerging technology Weak Signa Box (ETWSB)

جدول ۶. جعبه شناسایی نشانه‌های ضعیف فناوری

| نشانه‌های ضعیف شناسایی شده، از کدام ویژگی زیر برخوردار هستند؟ | | |
|---|------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۱. عدم گسترش و دسترسی عمومی |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۲. «باید-داشت» |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۳. افق توسعه ۱۰ تا ۲۰ ساله یا بیشتر؟ |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۴. در مرحله توسعه علم-پایه است؟ |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۵. ظرفیت بالقوه مبهم و آشکار نشده |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۶. مشخصه‌های فناوری، بستر استفاده، شبکه کاربران و نقش‌هایشان هنوز نامشخص و دارای عدم قطعیت است؟ |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۷. فاقد تعریف مشخص |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۸. دارای ظرفیت بالقوه اکتساب جذابیت اجتماعی |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۹. هنوز در سطح جامعه خبرگانی بحث می‌شود. |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۱۰. نوآوری اساسی |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۱۱. عدم قطعیت |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۱۲. ابهام |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۱۳. سودمندی برای طیف وسیعی از بخش‌های اقتصادی و فنی |
| <input type="checkbox"/> خیر | <input type="checkbox"/> بله | ۱۴. رشد سریع |

ذکر این نکته در باب جعبه‌ابزار هیلتونن نیز حائز اهمیت است که این ابزار فاقد شاخص‌ها و معیارهای فنی ساختارمند برای بازشناسی نشانه‌های ضعیف به‌ویژه در حوزه فناوری و فناوری‌های نوپدید است. نشانه‌های ضعیفی که از شکل‌گیری یک روند فناوری قوی یا تغییراتی اساسی در فناوری‌های آینده حکایت کنند.

این معیارها الزاماً نباید به صورت اجتماع ملاک تصمیم‌گیری قرار گیرند. بلکه تنها انطباق یکی از این ۱۴ معیار با سند ارائه شده به‌عنوان مدرکی دال بر شناسایی نشانه ضعیف دلالت‌کننده بر یک تغییر تحول‌آفرین و شگفتی‌ساز کافی است تا سند، مدرک و یا هر چیز استناد شده توسط پویانگر انسانی یا نرم‌افزاری، در سامانه شناسایی نشانه ضعیف، وارد فرآیند بررسی‌های دقیق و تخصصی و در نهایت تصمیم‌گیری شود.

پیشینه پژوهش

برای کمک به روش‌شناسی شناسایی نشانه‌های ضعیف تغییر، به عنوان مفهوم مشترک در حوزه فناوری و آینده‌پژوهی لازم است الگوهای مختلفی که برای دوره عمر یک فناوری در منابع علمی این حوزه مطرح است مطالعه و تحقیق شود. لذا در این زیر بخش با مرور دیدگاه‌های مطرح در باب روند حیات یک فناوری، در نهایت به این موضوع می‌پردازیم که شناسایی نشانه‌های ضعیف در فرآیند شکل‌گیری و خلق یک فناوری‌های نوپدید، از حیث بعد زمانی با چه دوره‌ای انطباق مفهومی و روش‌شناسی دارد. برای این منظور الگوهای مطرح در باب دوره‌های عمر فناوری با مرور مقالات علمی بررسی و جایابی فعالیت شناسایی نشانه‌های ضعیف تغییر با توجه به تعاریف این مفهوم در این الگوها بحث می‌شود.

در پژوهش انجام شده توسط گائو^۱ و همکاران (۲۰۱۳) سیزده شاخص مطرح شده است. بر اساس تحلیل روند داده‌های حاصل از پایگاه‌های ثبت اختراعات، روند تغییرات این سیزده شاخص روی یک حوزه فناورانه بررسی شده‌اند. در این الگو چهار دوره پدیداری، رشد، بلوغ و نهایتاً افول برای یک فناوری در نظر گرفته شده است و به‌طور خاص دوره اول یعنی دوره پدیداری فناوری با استفاده از روش‌شناسی خاص این مطالعه و به‌کارگیری ابزارهای نرم‌افزاری آن اعم از Vantagepoint، patentEX و Webpat صورت می‌گیرد.

در جمع‌بندی جامعی که با رویکرد مطالعه مروری توسط (جانگ و همکاران، ۲۰۲۱) در باب مفهوم فناوری‌های نوپدید صورت گرفته است، روش‌های عملیاتی شناسایی و تحلیل علوم و فناوری‌های نوپدید مورد تأکید در مقالات علمی معتبر از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ به‌طور جامع مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج و یافته‌های درخور توجه این مطالعه در جدول شماره ۷ خلاصه شده است؛ اما با توجه به ابعاد و حجم بالای این جدول از درج کامل آن در این مقاله اجتناب شد. به‌طور کلی جستجو برای کشف علائم ظهور فناوری جدید مبتنی بر دو زمینه یعنی اختراعات و انتشارات صورت گرفته است. روش‌ها عموماً متکی بر تغییرات و یا تعارضات اکتشاف شده در شمارش کلیدواژه‌گانی، تغییرات استنادات و ارجاعات، تغییر در تواتر واژه‌گان در

1. Gao

اخبار و اسناد، تحلیل ثبت، استفاده از الگوهای ریاضی، استفاده از ابزار گوگل ترندز^۱، تحلیل خوشه‌های واژگانی در اسناد و دیگر روش‌ها و ابزارهای مشابه و یا نزدیک به همین موارد ذکر شده است.

جدول ۷. روش‌های شناسایی علوم و فناوری‌های نوپدید (روتولو و همکاران، ۲۰۱۵)

| شاخص‌ها و روندها | | |
|---|--------------------------------|---|
| روش / مطالعه | داده | عملیاتی سازی پدیدار |
| پورتر و دتمپل، ۱۹۹۵ | انتشارات/ثبت اختراعات | شمارش تعداد کلیدواژگان در چکیده و انجام تحلیل روند بر اساس منحنی‌های Fisher-Pry |
| کلینبرگ، ۲۰۰۲ | انتشارات/ پست الکترونیکی | انفجار فعالیت شناسایی شده با تغییر وضعیت |
| بنگیسو، ۲۰۰۳ | انتشارات | شیب خط رگرسیون، کاهش تعداد انتشارات به‌موقع، کاهش مداوم وات مصرفی برق طی سه دوره |
| واتس و پوتر، ۲۰۰۳ | انتشارات | همبستگی، آنتروپی، سنجه F |
| بتن کورت و همکاران، ۲۰۰۳ | انتشارات | الگوی شیوع |
| بتن کورت و همکاران، ۲۰۰۹ | انتشارات | افزایش تراکم |
| موند، ۲۰۱۰ | انتشارات | مجلات معین شده با شاخص SNIP |
| شیپیل و همکاران، ۲۰۱۰ و روشه و همکاران، ۲۰۱۰ | انتشارات | کلیدواژه‌های مشخص شده به‌عنوان «عبارت‌های غیر معمول» |
| گی‌یو و همکاران، ۲۰۱۱ | انتشارات | فراوانی یا تواتر واژگان کلیدی |
| جارونپا و همکاران، ۲۰۱۱ | آمیخته | فراوانی مطلق یا تجمعی انتشار پژوهش‌های کاربردی یا پایه، اختراعات و یا اخبار |
| آبرکرومبی و همکاران، ۲۰۱۲ | آمیخته | تعداد عادی انتشارات و ارجاعات، ثبت اختراعات و اخبار و بی متناسب با یک تابع چندجمله‌ای |
| جون، ۲۰۱۲ و جون و همکاران، ۲۰۱۴ | اخبار | گوگل ترندز؛ ترافیک جستجوی عادی |

1. Google Trends

| شاخص‌ها و روندها | | |
|---------------------------------|--------------------------|---|
| روش / مطالعه | داده | عملیاتی سازی پدیدار |
| آویلا-روبینسون و میزاک، ۲۰۱۳ | انتشارات/ثبت اختراعات | مرور کلی شاخص‌ها برای تحلیل پدیدار شدن |
| رِسِنفوسه و همکاران، ۲۰۱۳ | ثبت اختراعات | تعداد درخواست‌های حق امتیاز ثبت‌شده توسط مخترعین یک کشور، صرف‌نظر از دفتر ثبت اختراعی که درخواست در آن ثبت‌شده است. |
| هو و همکاران، ۲۰۱۴ | انتشارات | فراوانی تجمعی انتشارات متناسب با منحنی نمایش عملی ^۱ |
| تجزیه و تحلیل استنادات | | |
| گارفیلد و همکاران، ۱۹۶۴ | انتشارات | - |
| کاجی کاوا و تاکیدا، ۲۰۰۸ | انتشارات | خوشه‌های انتشارات با بالاترین میانگین نشر سالانه |
| شارن هورست و گارفیلد، ۲۰۱۰ | انتشارات | رویکرد تاریخ‌نگاری همراه با «تحرک موضوعی» ^۲ نشریات |
| شیباتا و همکاران، ۲۰۱۱ | انتشارات | خوشه‌های انتشارات |

مفهوم دیگری که می‌تواند موضوع شناسایی نشانه‌های ضعیف فناوری‌های نوپدید را غنی‌تر کرده و به بررسی قیاسی^۳ آینده‌پژوهی و حوزه فناوری در این باب کمک کند، مفهوم چرخه حیات فناوری^۴ است.

مرور ادبیات پژوهشی حوزه فناوری مملو از عبارات‌هایی مثل چرخه حیات صنعت^۵، چرخه حیات محصول^۶ و چرخه حیات فناوری است که به اشتباه یا به طور ابهام‌آمیزی به جای هم استفاده می‌شوند. این عبارات به رغم برخورداری ارتباط معنایی و کارکردی، دارای وجوه تمایز مشخصی هستند. البته بخشی از این ابهام به ماهیت خود فناوری بازمی‌گردد. بر این اساس است که تعاریف

1. Logistic Curve
2. Field mobility
3. Comparative
4. Technology life cycle (TLC)
5. Industry life cycle
6. Product life cycle (PLC)

مختلفی هم برای فناوری ارائه شده است. به هرروی ادبیات پژوهشی حوزه فناوری فاقد «نظریه واحد، محکم و یکپارچه‌ای برای تکامل فناوری» است (تیلور و تیلور، ۲۰۱۲).

چرخه حیات فناوری ارتباط تنگاتنگی هم با شاخص سطح تکامل یا سطح آمادگی فناوری^۱ دارد. به عبارتی بررسی فناوری‌های نوپدید بر اساس معیار و مشخصه‌های زمانی چرخه حیات فناوری را می‌توان بر اساس شاخص TRL و ویژگی‌های ذکرشده برای سطح TRL متناسب با دوره حیاتی پدیداری فنی هم انجام داد. برای این منظور جهت شناسایی فناوری‌های نوپدید در مراحل ابتدایی توسعه، می‌باید از شاخص سطح آمادگی فناوری پایین^۲ به عبارتی از TRL-2 تا TRL-5 مورد مطالعه قرار گیرد (مونی و همکاران، ۲۰۲۰).

لذا یکی از رویکردهای بررسی در بازه زمانی پیش-پدیداری فناوری، استناد به الگوهای چرخه حیات فناوری است. چراکه فناوری‌ها برحسب مرحله‌ای که طی می‌کنند و این که در چرخه حیات فناوری در چه موقعیت زمانی از توسعه هستند، اشکال و انواع مختلفی از داده را تولید می‌کنند.

تیلور (۲۰۱۲) رویکردهای مختلف مطالعه چرخه حیات فناوری را در سه قالب رویکرد کلان، رویکرد منحنی و دیدگاه‌های بدیل را گردآوری کرده است که در جدول شماره ۸ آمده است.

بررسی این الگوها و دیدگاه‌های متعدد در باب جایابی زمانی اقدام و تلاش برای شناسایی نشانه‌های ضعیف را می‌توان بر اساس همین الگوهای مطرح در باب دوره‌های حیات فناوری؛ دوره‌های «معرفی، نهفتگی، ابداع، جنینی، توسعه، امکان‌پذیری، استنباط و در نهایت شناسایی و پایش» جمع‌بندی کرد. به هر ترتیب ویژگی مشترک در این واژگان مختلف این است که در این مراحل که با عبارت‌های مختلف ذکرشده‌اند، فناوری از سطح ذهنی عبور کرده است و به صورت یک واقعیت بیرونی اعم از سخنرانی، توییت، گزارش، خبر، ثبت اختراع، مقاله علمی، ترسیم، عکس و یا دیگر اشکال ممکن یک تجسم ولو ابتدایی و عینی^۳ بیرونی پیدا کرده است.

1. Technology Readiness Level (TRL)

2. Low Technology Readiness Level

3. Objective

جدول ۸. مراحل چرخه حیات فناوری بر اساس دو رویکرد اصلی و دیدگاه‌های بدیل (تیلور و تیلور، ۲۰۱۲)

| منبع | مراحل چرخه حیات فناوری |
|--------------------------------|--|
| دیدگاه کلان | |
| Anderson and Tushman (1990) | گسست، جاافتادگی ^۱ ، طراحی غالب، تکامل تدریجی |
| Abernathy and Utterback (1978) | سیال، گذرا، خاص |
| Utterback (1994) | سیال، انتقالی، خاص |
| منحنی S | |
| Haupt et al (2007) | معرفی، رشد، بلوغ، افول |
| Cetindamar et al (2010: 201) | نهفتگی ^۲ ، خیزش، بلوغ |
| Cetindamar et al (2010: 195) | ابداع ^۳ ، نوآوری ^۴ ، انتشار، رشد و بلوغ |
| Cetindamar et al (2010: 195) | جنینی ^۵ رشد، بلوغ و سالخوردگی |
| دیدگاه‌های بدیل | |
| Roberts and Liu (2001) | سیال، انتقالی، بلوغ و گسست‌ها |
| Kim (2003) | معرفی، رشد سریع، بلوغ و افول |
| Ford and Ryan (1981) | توسعه فناوری، به‌کارگیری فناوری، رشد فناوری، بلوغ فناوری و تنزل فناوری |
| Irani and Love (2000) | امکان‌پذیری، تعریف الزامات تطابق، مهندسی، طراحی سامانه، طراحی جزئیات، ارزیابی و پیش‌عملیات، پیاده‌سازی، عمل، نگهداری و ممیزی/ارزیابی استنباط پس از پیاده‌سازی، طراحی و تولید، خدمت و ارائه |
| Bevilacqua et al. (2007) | استنباط، طراحی و تولید، خدمت و ارائه |
| Foden and Berends (2010) | شناسایی و پایش، انتخاب و تأیید، پژوهش توسعه، اکتساب و انطباق، بهره‌برداری و بازبینی، محافظت |

1. Ferment
2. Incubation
3. Invention
4. Innovation
5. Embryonic

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش کیفی به‌رغم اهمیت و ضرورت تبیین پدیده‌ها، روابط، مفاهیم، علل و چرایی‌ها، چستی و چگونگی‌ها به‌علت سهل و ممتنع و اساساً زمان‌بر و انتزاعی بودن و همچنین درگیری عمیق پژوهشگر با مسئله در ایران مغفول است. در این پژوهش یکی از روش‌های شناخته‌شده و معتبر در پژوهش‌های کیفی یعنی روش اسنادی استفاده شده است.

اسناد، منابعی ارزشمند و غنی برای کشف معانی، مقاصد و شناخت پدیده‌ها هستند. پژوهش‌های علوم انسانی بیش از هر حوزه پژوهشی دیگری نیازمند مطالعات عمیق هستند. چنانچه پژوهش علوم انسانی را در سه طیف کوتاه‌برد، متوسط و کلان در نظر بگیریم، در سطح کلان وجه انضمامی مطالعات کمتر شده و بعد مفهومی تقویت می‌شود. در پژوهش‌های کیفی^۱ روش اسنادی^۲ هم به‌عنوان روش مکمل در کنار روش‌های دیگر کاربرد دارد و هم به‌طور مستقل به‌عنوان روشی تام مطرح است. به‌تعبیر دقیق‌تر روش اسنادی روشی است که به تحلیل اسناد حاوی اطلاعات مرتبط با پدیده یا مسئله مورد مطالعه می‌پردازد. در پژوهش اسنادی لزوماً پژوهشگر به دنبال واکاوی مقاصد و انگیزه‌های پنهان نیست. از این رو روش اسنادی تناسبی با سنت هرمنوتیک^۳ نداشته و در پارادایم تفسیری^۴ قرار می‌گیرد. در این روش، سند، مصنوعی استاندارد است که حاوی داده‌ها و اطلاعاتی درباره موضوع مورد نظر یا پدیده است. به‌طور کلی روش اسنادی یک روش کیفی است که تلاش می‌کند مطالب مرتبط با موضوع پژوهش را به‌صورت نظام‌مند از دل اسناد، کشف، استخراج و طبقه‌بندی کند. این روش غیر مزاحمتی بوده و پژوهشگر درگیر میدان نمی‌شود. از همه مهم‌تر این که برای مرور پژوهش‌های پیشین و استخراج چهارچوب نظری پژوهش‌ها، می‌توان از روش اسنادی بهره گرفت. یکی از اهداف مطالعه اسنادی، مقایسه تطبیقی است. در مرحله اول موضوع، سؤالات و اهداف پژوهش و در مرحله دوم بررسی‌های اکتشافی مبتنی بر مرور اسناد انجام می‌شود. سؤالات پژوهش اسنادی می‌تواند از نوع «چیستی»، «چرایی» و «چگونگی» باشد. لذا در پژوهش اسنادی این امکان فراهم است تا بتوان از سطح

1. Qualitative Research
2. Documentary Method
3. Hermeneutics
4. Interpretivism

توصیف فراتر رفته و به تفسیر و تحلیل موضوعات پردازیم. یکی از منابع مهم در مطالعات اسنادی پایگاه داده‌های علمی است (صادقی فسایی و عرفان منش، ۱۳۹۴). اساساً پژوهش کیفی مستلزم درگیری ذهن پژوهش‌گر با مسئله است. اگرچه امروزه به‌ویژه در پژوهش‌های حوزه علوم انسانی به‌مراتب بیشتر از هر زمان محتاج یافته‌های پژوهش‌های کیفی هستیم، اما بالعکس حجم و تنوع پژوهش‌های کیفی منتشر شده در مجلات علمی پژوهشی محدود است. برای حل مسئله ناگزیر باید ابتدا مسئله کشف شود و این شدنی نیست مگر از مجرای پژوهش‌های کیفی.

این پژوهش که باهدف شناسایی و تبیین وجه اشتراک مفهومی و روش‌شناسی در دو حیطه آینده‌پژوهی و فناوری با تمرکز بر مفهوم «نشانه‌های ضعیف» صورت گرفت، بر اساس رویکرد کیفی و با اتکا به روش اسنادی و مرور نظام‌مند مقالات علمی معتبر انجام شد. لذا ضمن مرور و تبیین مفاهیم معادل در هر دو مرز دانشی، وجه اشتراک مفهومی و ساختاری با تکیه بر مرور عمیق مقالات علمی معتبر هر دو فضای دانشی موردبررسی قیاسی و تفسیری قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تعریف نشانه‌های ضعیف در حیطه آینده‌پژوهی روشن است. این واژه به نظر می‌آید به‌رغم ماهیت مهم و ارزش‌مندی و روش‌شناسی بالا وارد ادبیات پژوهشی حوزه فناوری نشده است. اگرچه آینده‌پژوهان خود حول نشانه‌های ضعیف در حوزه فناوری کارهای پژوهشی درخور توجهی به انجام رسانده‌اند اما به هر دلیل این عبارت کلیدی در ادبیات نظری پژوهشگران فناوری وارد نشده است. این نقد هم‌البته وارد است که مفهوم «نشانه‌های ضعیف» در ادبیات نظری خود آینده‌پژوهی هم هنوز جای کار دارد و مقالات منتشر شده در باب روش‌شناسی و الگوهای مفهومی آن تاکنون از ۲۰۰ مقاله تجاوز نکرده است.

این پژوهش تلاشی بود برای تقریب مرز دانشی آینده‌پژوهی و فناوری. پژوهشگران حوزه فناوری و فناوری‌های نوپدید^۱ و نوظهور به‌چگونگی شناسایی حوزه‌های جدید فناوری و آتی بر اساس تعاریف فنی و عملیاتی خود بی‌توجه نبوده و نیستند اما انطباق روش‌شناسی مستلزم

پژوهش‌های موشکافانه آتی است. لذا تعاریف معادل نشانه‌های ضعیف در حوزه فناوری را تعاریف و مضامین فنی یافتیم. چراکه به لحاظ مفهومی آنچه از «نشانه‌های ضعیف» در آینده پژوهی مراد است، از معنایی عمیق‌تر و گسترده‌تر از تعاریف فنی حوزه فناوری برخوردار است. بر این اساس تلاش برای تطبیق قیاسی دو مفهوم فناوری‌های نوپدید و نشانه‌های ضعیف به یکدیگر هدف غایی این پژوهش بود و سعی شد این مهم تا حد امکان محقق شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نشانه‌های ضعیف تغییر عنصری کلیدی در پیش‌نگری تغییرات آینده و پیش‌بینی روندها است. با توجه به قدرت و وسعت اثرگذاری فناوری‌های بر تمام ابعاد و شئون زندگی بشری، بررسی و مطالعه تغییرات و به‌ویژه شگفتی‌سازهای آینده در حوزه فناوری برای حداکثر بهره‌برداری از فرصت‌ها و کاهش تهدیدات و مخاطرات آتی از اهمیت و ضرورت به مراتب بیشتری برخوردار است.

بر اساس این رویکردها، روش‌ها و قابلیت‌های آینده پژوهی را می‌توان در مطالعه این تغییرات فناورانه به‌طور جدی به کار بست؛ اما با توجه به تخصصی بودن آینده پژوهی و فناوری و ناحیه مشترک محدود در ادبیات نظری این دو رشته تخصصی، بالطبع ایجاد و تقویت ارتباط نظری و روش‌شناسی بین این دو حوزه فضای میان‌رشته‌ای^۱ فی‌مابین را تقویت می‌کند. با توجه به دو مفهوم مطرح در حوزه‌های آینده پژوهی «نشانه‌های ضعیف» در این پژوهش تلاش شد تا معادل فنی و مفهومی معادل در ادبیات نظری فناوری جستجو شود. سؤال اساسی این بود که پژوهشگران فناوری به موازات مفهوم نشانه‌های ضعیف در آینده پژوهی، از چه مفهوم و تعبیری به‌عنوان معادل نشانه‌های ضعیف استفاده می‌کنند. معادل مفهومی نشانه‌های ضعیف در ادبیات فناوری چیست؟ بر مبنای این سؤال اساسی تلاش شد تا با رویکرد اسنادی و مرور نظام‌مند ضمن بازخوانی تعاریف مطرح در هر دو ساحت پژوهشی، اشتراکات معنایی و مفهومی بررسی شود و فضای اشتراک بین آینده پژوهی و فناوری در مفهوم «نشانه‌های ضعیف» مورد مطالعه قرار گیرد.

1. Inter-Disciplinary

نتایج مطالعه مروری در منابع مورد استناد در این مقاله نشان می‌دهد اگرچه محققین آینده‌پژوهی مطالعه نشانه‌های ضعیف را در حوزه‌های گوناگونی از جمله فناوری مورد توجه داشته‌اند، اما بالعکس در حوزه فناوری با توجه به مفاهیم و ادبیات نظری موجود مرحله پیش از زایش و خلق فناوری و پیش‌نگری تولد فناوری با اتکا به مفهوم «نشانه‌های ضعیف» یا عبارت و یا مفهومی مترادف یا هم‌راستا آن‌طور که باید با روش‌شناسی روشنی مورد مطالعه قرار نگرفته است. حتی در الگوی چرخه حیات فناوری هم دامنه گسترده فناوری‌های نوپدید به دوره‌های زمانی پس از خلق و زایش فناوری اشاره دارند که آینده‌پژوهان این دوران را با عنوان دوره‌های مملو از «نشانه‌های قوی» می‌شناسند. البته بر اساس روش‌شناسی آینده‌پژوهی دوره‌های آشکار و حتی نیمه‌آشکار حیات فناوری در حیطه روند پژوهی، تحلیل سبد فناوری، اولویت‌گذاری پابرجا و فعالیت‌هایی از این دست قرار می‌گیرد.

لذا این مقاله تلاشی بود برای گسترش مرز دانش مشترک بین آینده‌پژوهی و فناوری. نتایج مروری عمیق و مکفی در هر دو مؤلفه «نشانه ضعیف تغییر» و «فناوری نوپدید» انجام شد و مضامین و تعاریف به صورت نظام‌مند ارائه گردید که می‌تواند فصل مشترک و مبنایی باشد برای مطالعات پیش‌نگری و آینده‌نگاری فناوری با تکیه بر مفهوم «نشانه‌های ضعیف». بر اساس یافته‌های استنباطی این پژوهش پیشنهاد می‌گردد پژوهشگران فناوری مفهوم نشانه‌های ضعیف تغییر را با تعیین شاخص‌های کمی و رویکرد کمی هم پیش ببرند. اگرچه شناسایی نشانه‌های ضعیف در بعد روش‌شناسی بیشتر متکی به رویکرد کیفی است اما به نظر می‌آید در حوزه فناوری این نگاه کمی و تعریف شاخص‌های کمی بتواند کاوش، کشف، شناسایی و تحلیل نشانه‌های ضعیف را در ادبیات نظری و روش‌شناسی آن ممکن سازد. همچنین مقوله «نشانه‌های ضعیف» در حوزه فناوری از بعد روان‌شناختی، مدیریتی و مطالعات اجتماعی در ایران هم حائز اهمیت است. حداقل در بین صنایع موفق و بزرگ کشور می‌توان غافل‌گیری‌های راهبردی را که منجر به فروپاشی و نابودی برخی صنایع شده است را با بررسی چرایی و علل بی‌توجهی مدیران عالی صنایع و فناوری نسبت به نشانه‌های ضعیف و تغییرات محتمل ریشه‌یابی کرد. در بعد روش‌شناسی هم به نظر می‌آید ارائه روش‌های عملیاتی شناسایی نشانه‌های ضعیف تغییر با توجه به اقلیم و زیست‌بوم ایرانی و بومی نیازمند پژوهش‌های جدید است. نکته قابل توجه پایانی ارتقای سطح تعامل دانشی بین پژوهشگران

فناوری، آینده پژوهان و دست‌اندرکاران و مدیران فناوری کشور برای ارتقای سطح تاب‌آوری صنایع ملی در برابر غافل‌گیری‌های محتمل بر پایه روش‌شناسی شناسایی و تحلیل «نشانه‌های ضعیف تغییر» است.

فهرست منابع

صادقی فسایی، سهیلا و عرفان‌منش، ایمان. (۱۳۹۴). مبانی روش شناختی پژوهش اسنادی در علوم اجتماعی: (مورد مطالعه: تأثیرات مدرن‌شدن بر خانواده ایرانی). فصلنامه علمی پژوهشی راهبرد فرهنگ، ۸(۲۹)، ۶۱-۹۱.

- Ansoff, H., & Igor. (1975). Managing Strategic Surprise by Response to Weak Signals. **California Management Review**, 18(2), 21-33.
- Ansoff, H., & Igor. (1980). Strategic issue management. **Strategic Management Journal**, 1(2), 131-148.
- Decker, Reinhold., Wagner, Ralf., & Scholz, Sören W. (2005). An internet-based approach to environmental scanning in marketing planning. **Marketing Intelligence & Planning**.
- Gao, Lidan., Porter, Alan L., Wang, Jing., Fang, Shu., Zhang, Xian., Ma, Tingting., Wang, Wenping., & Huang, Lu. (2013). Technology life cycle analysis method based on patent documents. **Technological Forecasting and Social Change**, 80(3), 398-407.
- Garcia-Nunes, Pedro Ivo., & da Silva, Ana Estela Antunes. (2019). Using a conceptual system for weak signals classification to detect threats and opportunities from web. **Futures**, 107, 1-16.
- Garcia-Nunes, Pedro Ivo., Rodrigues, Pedro Artico., Oliveira, Kaulitz Guimarães., & da Silva, Ana Estela Antunes. (2020). A computational tool for weak signals classification – Detecting threats and opportunities on politics in the cases of the United States and Brazilian presidential elections. **Futures**, 123, 102607.
- Gheorghiu, Radu., Andreescu, Liviu., & Curaj, Adrian. (2016). A foresight toolkit for smart specialization and entrepreneurial discovery. **Futures**, 80, 33-44.
- Gokhberg, Leonid., Kuzminov, Ilya., Khabirova, Elena., & Thurner, Thomas. (2020a). Advanced text-mining for trend analysis of Russia's Extractive Industries. **Futures**, 115, 102476.
- Gokhberg, Leonid., Kuzminov, Ilya., Khabirova, Elena., & Thurner, Thomas. (2020b). Advanced text-mining for trend analysis of Russia's Extractive Industries. **Futures**, 115, 102476.
- Griol-Barres, Israel., Milla, Sergio., Cebrián, Antonio., Fan, Huaan., & Millet, Jose. (2020a). Detecting Weak Signals of the Future: A System Implementation Based on Text Mining and Natural Language Processing. **Sustainability**, 12(19), 7848.
- Griol-Barres, Israel., Milla, Sergio., Cebrián, Antonio., Fan, Huaan., & Millet, Jose. (2020b). Detecting Weak Signals of the Future: A System Implementation Based on Text Mining and Natural Language Processing. **Sustainability**, 12(19), 7848.
- Halaweh, Mohanad. (2013). Emerging Technology: What is it. **Journal of technology management & innovation**, 8(3), 108-115.
- Hiltunen, Elina. (2008). The future sign and its three dimensions. **Futures**, 40(3), 247-260.
- Ilmola, Leena., & Kuusi, Osmo. (2006). Filters of weak signals hinder foresight: Monitoring weak signals efficiently in corporate decision-making. **Futures**, 38(8), 908-924.
- Jang, Wooseok., Park, Yongtae., & Seol, Hyeonju. (2021). Identifying emerging technologies using expert opinions on the future: A topic modeling and fuzzy clustering approach. **Scientometrics**, 126, 6505-6532.
- Kaysner, Victoria., & Bierwisch, Antje. (2016). Using Twitter for foresight: An opportunity **Futures**, 84, 50-63.

- Kim, Jieun., & Lee, Changyong. (2017). Novelty-focused weak signal detection in futuristic data: Assessing the rarity and paradigm unrelatedness of signals. **Technological Forecasting and Social Change**, 120, 59-76.
- Kim, Seonho., Kim, You-Eil., Bae, Kuk-Jin., Choi, Sung-Bae., Park, Jong-Kyu., Koo, Young-Duk., Park, Young-Wook., Choi, Hyun-Kyoo., Kang, Hyun-Moo., & Hong, Sung-Wha. (2013). NEST: A quantitative model for detecting emerging trends using a global monitoring expert network and Bayesian network. **Futures**, 52, 59-73.
- Lee, Changyong., Kwon, Ohjin., Kim, Myeongjung., & Kwon, Daeil. (2018). Early identification of emerging technologies: A machine learning approach using multiple patent indicators. **Technological Forecasting and Social Change**, 127, 291-303.
- Li, Xin., Xie, Qianqian., Jiang, Jiaojiao., Zhou, Yuan., & Huang, Lucheng. (2019). Identifying and monitoring the development trends of emerging technologies using patent analysis and Twitter data mining: The case of perovskite solar cell technology. **Technological Forecasting and Social Change**, 146, 687-705.
- Mariani, Manuel Sebastian., Medo, Matúš., & Lafond, François. (2019). Early identification of important patents: Design and validation of citation network metrics. **Technological Forecasting and Social Change**, 146, 644-654.
- Mayer, Jörg H. (2011). Managing the Future-Six Guidelines for Designing Environmental Scanning Systems. **In DESRIST 2011** (pp. 276-290).
- Mendonça, Sandro., Pina e Cunha, Miguel., Kaivo-oja, Jari., & Ruff, Frank. (2004). Wild cards, weak signals and organisational improvisation. **Futures**, 36(2), 201-218.
- Moni, Sheikh Moniruzzaman., Mahmud, Roksana., High, Karen., & Carbajales-Dale, Michael. (2020). Life cycle assessment of emerging technologies: A review. **Journal of Industrial Ecology**, 24(1), 52-63.
- Moreira, A., Hayashi, T., Coelho, G., & Silva, A. (2015). A Clustering Method for Weak Signals to Support Anticipative Intelligence. **Computer Science, International Journal of Artificial Intelligence and Expert Systems**.
- Moro, Alberto., Joanny, Geraldine., & Moretti, Christian. (2020). Emerging technologies in the renewable energy sector: A comparison of expert review with a text mining software. **Futures**, 117, 102511.
- Rotolo, Daniele., Hicks, Diana., & Martin, Ben R. (2015). What is an emerging technology **Research Policy**, 44(10), 1827-1843.
- Rousseau, Pauline., & Camara, Daniel. (n.d). Weak signal detection and identification in large data sets: a review of methods and applications.
- Rowe, Emily., Wright, George., & Derbyshire, James. (2017). Enhancing horizon scanning by utilizing pre-developed scenarios: Analysis of current practice and specification of a process improvement to aid the identification of important “weak signals” **Technological Forecasting and Social Change**, 125, 224-235.
- Schoemaker, Paul J. H., Day, George S., & Snyder, Scott A. (2013). Integrating organizational networks, weak signals, strategic radars and scenario planning. **Technological Forecasting and Social Change**, 80(4), 815-824.
- Schoemaker, Paul J.H., & Day, George S. (2009). How to Make Sense of Weak Signals. **MIT Sloan Management Review**.
- Schwarz, Jan Oliver., Kroehl, Rixa., & von der Gracht, Heiko A. (2014). Novels and novelty in trend research — Using novels to perceive weak signals and transfer frames of reference. **Technological Forecasting and Social Change**, 84, 66-73.
- Song, Chie Hoon., Elvers, David., & Leker, Jens. (2017). Anticipation of converging technology areas — A refined approach for the identification of attractive fields of innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, 116, 98-115.

- Srinivasan, Raji. (2008). Sources, characteristics and effects of emerging technologies: Research opportunities in innovation. *Industrial Marketing Management*, 37(6), 633-640.
- Taylor, Margaret., & Taylor, Andrew. (2012). The technology life cycle: Conceptualization and managerial implications. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 541-553.
- Thorleuchter, D., & Van den Poel, D. (2015). Idea mining for web-based weak signal detection. *Futures*, 66, 25-34.
- Thorleuchter, Dirk., Scheja, Tobias., & Van den Poel, Dirk. (2014). Semantic weak signal tracing. *Expert Systems with Applications*, 41(11), 5009-5016.
- Thorleuchter, Dirk., & Van den Poel, Dirk. (2013). Weak signal identification with semantic web mining. *Expert Systems with Applications*, 40(12), 4978-4985.
- van Veen, Barbara L., & Ortt, J., Roland. (2021). Unifying weak signals definitions to improve construct understanding. *Futures*, 134, 102837.
- Xu, Haiyun., Winnink, Jos., Yue, Zenghui., Zhang, Huiling., & Pang, Hongshen. (2020). Multidimensional Scientometric indicators for the detection of emerging research topics. *Technological Forecasting and Social Change*, 120490.

