



Shahid Sattari Aeronautical University
of Science and Technology

Identification and Determination of Disruptive Science Indicators

Majid Ghorbanpour Yami¹, Mohammad Yousefi², Ebrahim Hajiani³

Abstract

Background & Purpose: As an emerging approach at the frontiers of knowledge, disruptive sciences have become one of the main axes of future developments with the ability to create fundamental changes in the patterns of science production, technological development, and social structures. Despite the strategic importance of these sciences, the lack of a systematic framework for identifying and measuring their indicators has challenged effective decision-making and policy-making in this area. Therefore, the present study was conducted with the aim of identifying and determining the key indicators of disruptive sciences in order to provide the necessary basis for monitoring future developments and guiding scientific and technological policies in line with fundamental developments.

Methodology: The research method is in the form of content analysis. Disruptive indicators were identified through content analysis of 21 relevant scientific and strategic documents. The statistical population of the study included valid scientific and strategic documents and sampling was carried out purposefully. The data collection tool was valid documents and texts, and the data were analyzed using a qualitative method. This analysis was carried out in several stages and in the form of coding and categorizing the indicators.

Findings: The 110 disruptive indicators identified were categorized into 44 components and 12 main dimensions, including economic, industrial, defense, social, and innovative dimensions.. The findings showed that disruptive indicators have the ability to create fundamental changes in scientific and technological structures and facilitate new paths in research and development.

Conclusion: Disruptive sciences have a high capacity to create fundamental changes in the science, technology, and innovation system through a multidimensional set of indicators. Identification and classification of dimensions and indicators show that disruptiveness is not a one-dimensional phenomenon and affects economic, industrial, defense, social, and innovative dimensions simultaneously. These results indicate that the targeted use of the identified indicators can be used as a strategic basis for guiding scientific and technological policymaking, strengthening new research and development paths, and managing future fundamental developments.

Keywords: *Disruptive Indicators, Emerging Sciences, Predicting Developments, Science and Technology Policymaking.*

Citation: Ghorbanpour Yami, Majid; Yousefi, Mohammad; and Hajiani, Ebrahim. (2026). Identification and Determination of Disruptive Science Indicators. *Journal of Innovation Management in Defensive Organizations*, 8(30), 49-72.

1. Ph.D. Student in Futures Studies, Imam Hossein University, Tehran, Iran. E-mail: Majid.yami1991@gmail.com

2. Associate Prof., Imam Hossein University, Tehran, Iran. E-mail: Musefi.kh@gmail.com

3. Assistant Prof, Shahed University, Tehran, Iran. E-mail: Ebhajiani@gmail.com



دانشکده مدیریت

فصلنامه مدیریت نوآوری در سازمان‌های دفاعی
شاپای انتشار: ۷۱۱۲-۲۶۷۶
دوره ۸، شماره ۳۰
زمستان ۱۴۰۴
صص ۴۹-۷۲

شناسایی و تعیین شاخص‌های علوم شالوده‌شکن

مجید قربانپور یامی^۱، محمد یوسفی^۲، ابراهیم حاجیانی^۳

چکیده

زمینه و هدف: علوم شالوده‌شکن به‌عنوان رویکردی نوظهور در مرزهای دانش، با توان ایجاد دگرگونی‌های بنیادین در الگوهای تولید علم، توسعه فناوری و ساختارهای اجتماعی، به یکی از محورهای اصلی تحولات آینده تبدیل شده‌اند. با وجود اهمیت راهبردی این علوم، فقدان چارچوبی نظام‌مند برای شناسایی و سنجش شاخص‌های آن‌ها، تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری مؤثر در این حوزه را با چالش مواجه ساخته است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تعیین شاخص‌های کلیدی علوم شالوده‌شکن انجام شده است تا زمینه لازم برای رصد تحولات آتی و هدایت سیاست‌گذاری‌های علمی و فناوری در راستای تحولات بنیادین فراهم گردد.

روش‌شناسی: روش پژوهش به‌صورت تحلیل مضمون است. شاخص‌های شالوده‌شکنی از طریق تحلیل محتوای ۲۱ سند علمی و راهبردی مرتبط شناسایی شد. جامعه آماری پژوهش شامل اسناد معتبر علمی و راهبردی و نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند انجام شد. ابزار گردآوری داده‌ها، اسناد و متون معتبر بود و داده‌ها با استفاده از روش کیفی تحلیل شدند. این تحلیل در چند مرحله و به‌صورت کدگذاری و دسته‌بندی شاخص‌ها صورت گرفت.

یافته‌ها: ۱۱۰ شاخص شالوده‌شکنی شناسایی در قالب ۴۴ مولفه و ۱۲ بعد اصلی شامل ابعاد اقتصادی، صنعتی، دفاعی، اجتماعی، و نوآورانه طبقه‌بندی شدند. یافته‌ها نشان داد که شاخص‌های شالوده‌شکن توانایی ایجاد تغییرات بنیادی در ساختارهای علمی و فناوری، و تسهیل مسیرهای جدید در تحقیق و توسعه را دارند.

نتیجه‌گیری: علوم شالوده‌شکن از طریق مجموعه‌ای چندبعدی از شاخص‌ها، ظرفیت بالایی برای ایجاد دگرگونی‌های بنیادین در نظام علم، فناوری و نوآوری دارند. شناسایی و طبقه‌بندی ابعاد و شاخص‌ها نشان می‌دهد که شالوده‌شکنی پدیده‌ای تک‌بعدی نبوده و ابعاد اقتصادی، صنعتی، دفاعی، اجتماعی و نوآورانه را به‌صورت هم‌زمان تحت تأثیر قرار می‌دهد. این نتایج بیانگر آن است که بهره‌گیری هدفمند از شاخص‌های شناسایی شده می‌تواند به‌عنوان مبنایی راهبردی برای هدایت سیاست‌گذاری علمی و فناوری، تقویت مسیرهای نوین تحقیق و توسعه و مدیریت تحولات بنیادین آینده مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: شاخص‌های شالوده‌شکن، علوم نوظهور، پیش‌بینی تحولات، سیاست‌گذاری علم و فناوری.

استناد: قربانپور یامی، مجید؛ یوسفی، محمد و حاجیانی، ابراهیم. (۱۴۰۴). شناسایی و تعیین شاخص‌های علوم شالوده‌شکن. فصلنامه مدیریت نوآوری در سازمان‌های دفاعی، ۸(۳۰)، ۴۹-۷۲.

۱. دانشجوی دکتری آینده‌پژوهی، دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)، تهران، ایران. رایانامه: Majid.yami1991@gmail.com

۲. دانشیار، دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)، تهران، ایران. رایانامه: Musefi.kh@gmail.com

۳. استادیار، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. رایانامه: Ebhajiani@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی

DOI:10.22034/qjimdo.2025.492190.1723

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۱۴

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۲۷

نویسنده مسئول مقاله: محمد یوسفی

مقدمه

در دنیای امروز، با سرعت فزاینده تحولات فناورانه و علمی، علوم، فناوری‌ها و نوآوری‌های شالوده‌شکن به عنوان نیرویی تاثیرگذار بر ساختارهای علمی، صنعتی و اقتصادی در حال شکل‌گیری هستند. این علوم با ایجاد تغییرات ناگهانی و بنیادین در الگوهای تثبیت‌شده و بازتعریف ساختارهای موجود، به عنوان عوامل کلیدی دگرگونی شناخته می‌شوند. آن‌ها توانایی دارند که نه تنها حوزه‌های علمی و صنعتی بلکه جامعه و اقتصاد را نیز به شکل‌های غیرقابل پیش‌بینی متحول کنند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۲؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ اسپرونی و همکاران، ۲۰۱۵). چنین توانایی‌هایی علوم شالوده‌شکن را به حوزه‌ای پیچیده و چندوجهی برای مطالعه و تحلیل تبدیل کرده است، زیرا تغییرات بنیادینی که این علوم ایجاد می‌کنند، موجب بی‌اعتبار شدن برخی از شاخص‌های ارزیابی سنتی مانند میزان استنادها یا شاخص‌های مبتنی بر اثرگذاری اقتصادی صرف شده است (هال و جافه، ۲۰۱۸؛ بورنمن و همکاران، ۲۰۱۹).

افزایش اهمیت و پیچیدگی علوم شالوده‌شکن، چالش‌های جدیدی را نیز به همراه آورده است. به‌ویژه، نبود تعاریف و استانداردهای یکپارچه برای مفهوم شالوده‌شکنی در علوم مختلف موجب شده تا توسعه شاخص‌های معتبر و جامع برای حوزه‌های مختلف دشوار باشد. این فقدان استانداردهای جهانی و تعاریف پذیرفته‌شده، به پیچیدگی در ارزیابی این علوم منجر شده و کاربرد شاخص‌ها را در ارزیابی و تحلیل دچار محدودیت کرده است (هال و جافه، ۲۰۱۸). از دیگر چالش‌های پیش رو می‌توان به کمبود داده‌های کامل و دقیق، به‌ویژه در بخش‌های خدماتی و غیردانشی اشاره کرد که این امر نیز مانعی جدی بر سر راه شناسایی و ارزیابی دقیق علوم شالوده‌شکن به‌شمار می‌رود. این محدودیت‌ها به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند خدمات و کسب‌وکارهای غیرتحقیقاتی که نقش مهمی در نوآوری و توسعه علوم جدید دارند، نمایان‌تر است و نیاز به بسط و ارتقای شاخص‌های متناسب را تشدید می‌کند (اوزکایا و همکاران، ۲۰۲۱؛ اسپرونی و همکاران، ۲۰۱۵).

بر این اساس، شناخت و تحلیل دقیق‌تر علوم شالوده‌شکن، به‌ویژه در عرصه‌های علمی و پژوهشی، به ضرورتی انکارناپذیر تبدیل شده است. شناسایی شاخص‌های مؤثر برای ارزیابی و تمییز شالوده‌شکن بودن یک علم، امکان رصد و تحلیل تحولات بنیادین در حوزه‌های علم، فناوری و نوآوری را فراهم می‌سازد. این شاخص‌ها نقشی کلیدی در شکل‌دهی گفتمان علمی ایفا می‌کنند و می‌توانند جهت‌گیری توجه جامعه علمی را به سوی موضوعات نوظهور و نوآورانه هدایت نمایند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۲؛ بورنمن و همکاران، ۲۰۱۹). مسئله محوری این پژوهش آن است که چگونه می‌توان چارچوبی جامع برای شناسایی و ارزیابی علوم

شالوده‌شکن ارائه داد؛ چارچوبی که قادر باشد به صورت نظام‌مند، پیچیدگی‌ها و ابعاد چندگانه این علوم را بازنمایی کرده و زمینه بهره‌گیری اثربخش‌تر از ظرفیت‌های تحول‌آفرین علوم شالوده‌شکن را فراهم آورد.

پیشینه پژوهش

علوم شالوده‌شکن: یک زمینه نوظهور و پیچیده، به مجموعه‌ای از دانش‌ها و فناوری‌هایی اشاره دارد که با ایجاد تحولات بنیادین، نوآوری‌های اساسی و بی‌سابقه‌ای را در جوامع علمی و صنعتی به همراه دارند. این علوم به طور خاص بر تغییرات بنیادین در روش‌ها، مفاهیم و فرآیندهای معمول در حوزه‌های علمی و فناوری تاکید دارند و از این رو، به عنوان عوامل تحول‌آفرین و تغییرات بنیادین شناخته می‌شوند که تأثیرات گسترده‌ای بر سایر بخش‌ها از جمله اقتصاد، سیاست و اجتماع دارند (مادری اسکات، ۲۰۲۰).

فناوری شالوده‌شکن نوعی فناوری است که توانایی تغییر موقعیت فعلی بازار رقابتی و ساختار حاکم بر آن را دارد. این فناوری می‌تواند به سادگی جایگاه بازیگران اصلی را به چالش بکشد و حتی آن‌ها را جایگزین کند، اما اغلب نتایج آن به ایجاد بازارهای جدید، کاربردهای صنعتی نوین، و تغییرات سریع در ترکیب بازیگران بازار منجر می‌شود (ورنر، ۲۰۱۸).

نوآوری‌های شالوده‌شکن اغلب به علت انحراف از مسیرهای معمول و ارائه راهکارهای جدید شناخته می‌شوند که این تغییرات می‌تواند منجر به تحولات بلندمدت در جوامع علمی و صنعتی شود. این فناوری‌ها به عنوان مولدان اصلی تغییرات بنیادین در جامعه شناخته شده و تأثیرات عمیقی بر ساختارهای اجتماعی و حتی زندگی انسان‌ها دارند (مادری اسکات، ۲۰۲۰).

فناوری شالوده‌شکن به عنوان نوعی فناوری شناخته می‌شود که توانایی برهم‌زدن جایگاه بازیگران مسلط بازار و ایجاد ترکیب‌های نوینی از فناوری‌ها و مدل‌های کسب‌وکار را داراست؛ به گونه‌ای که ساختارهای موجود به طور بنیادین دگرگون شده و بازارهای جدیدی پدید می‌آیند. این تعریف به تبیین نحوه دگرگونی بازارها به واسطه فناوری‌های شالوده‌شکن کمک کرده و شرایط و سازوکارهایی را که به بروز تحولات عمیق و ساختاری منجر می‌شوند، روشن می‌سازد (کریستنسن، ۲۰۰۳؛ ورنر، ۲۰۱۸). فرآیند شالوده‌شکنی به گونه‌ای است که با ظهور و پذیرش فناوری‌های جدید، رهبران قدیمی بازار و ساختارهای مسلط جایگاه خود را از دست می‌دهند. این تغییرات به از بین رفتن شغل‌ها، تعطیلی کسب‌وکارها و شکل‌گیری یک نظم جدید در بازار منجر می‌شود که معمولاً به صورت گسترده‌تری مورد پذیرش مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد و موجب عادت به فناوری‌های جدید می‌شود (مادری اسکات، ۲۰۲۰).

پیشینه تجربی

شالوده‌شکنی در چند دهه اخیر به یکی از مفاهیم محوری در مطالعات نوآوری و توسعه فناوری تبدیل شده است. مفهوم «نوآوری شالوده‌شکن» یا «نوآوری مخرب» نخستین بار توسط کلایتون کریستنسن در دهه ۱۹۹۰ مطرح شد. وی در اثر برجسته خود *معضل‌های نوآور* (۱۹۹۷) نشان داد که چگونه نوآوری‌های نوظهور می‌توانند ساختار بازارها و صنایع موجود را دگرگون ساخته و فناوری‌ها و بنگاه‌های مسلط پیشین را به حاشیه برانند. این اثر، به همراه پژوهش‌های متعددی که پس از آن انجام شد، نقش بسزایی در تبیین نظری و گسترش مفهوم نوآوری شالوده‌شکن در حوزه‌های مختلف علمی و فناورانه ایفا کرده است (کریستنسن، ۱۹۹۷).

در ادامه این مسیر پژوهشی، هنریکسن (۲۰۱۳) با تمرکز بر عواملی نظیر پیچیدگی فناوری، مقاومت‌های سازمانی و ساختار بازار، به بررسی شرایط مؤثر بر موفقیت یا شکست نوآوری‌های شالوده‌شکن پرداخته است. یافته‌های وی نشان می‌دهد که این عوامل می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در پذیرش، انتشار و نهادینه‌شدن نوآوری‌های شالوده‌شکن در صنایع گوناگون داشته باشند. در حوزه سیاست‌گذاری عمومی نیز، پژوهش‌های مک‌کینزی (۲۰۱۷) حاکی از آن است که سیاست‌های حمایتی دولت‌ها، در صورت طراحی هدفمند و هوشمندانه، قادرند رشد و توسعه نوآوری‌های شالوده‌شکن را تسهیل کنند؛ هرچند عدم توجه به پیامدهای جانبی ممکن است به بروز آثار ناخواسته منجر شود. این نتایج، بر اهمیت سیاست‌گذاری دقیق و متوازن در حوزه نوآوری‌های شالوده‌شکن تأکید دارد.

چس برو (۲۰۰۳) با تمرکز بر صنایع فناوری محور، نقش مدل‌های کسب‌وکار باز را در تسهیل نوآوری‌های شالوده‌شکن مورد بررسی قرار داده و نشان می‌دهد که سازمان‌هایی که از این الگوها بهره می‌گیرند، ظرفیت بیشتری برای جذب، توسعه و بهره‌برداری از نوآوری‌های شالوده‌شکن دارند. از سوی دیگر، اگیون و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی پیرامون پیامدهای نوآوری‌های شالوده‌شکن بر بازار کار و توزیع ثروت، به این نتیجه رسیده‌اند که این نوع نوآوری‌ها می‌توانند به تشدید نابرابری‌های اقتصادی منجر شده و تغییرات عمیقی در ساختارهای اقتصادی و اجتماعی ایجاد کنند. این یافته‌ها، نشان‌دهنده عمق و گستره تأثیرات نوآوری‌های شالوده‌شکن فراتر از حوزه‌های فناورانه است.

مارکیدس (۲۰۰۶) در مقاله «نوآوری شالوده‌شکن: نیاز به نظریه‌ای بهتر» با نقد چارچوب‌های نظری موجود، بر ضرورت توسعه نظریه‌های جامع‌تر برای درک دقیق‌تر تغییرات بنیادین در علم و فناوری و پیامدهای آن‌ها بر ساختارهای علمی و صنعتی تأکید می‌کند. همچنین، شمیت و دروئل (۲۰۰۸) در پژوهش خود با عنوان «چه زمانی یک نوآوری واقعاً

شالوده‌شکن است؟» به تبیین شرایط و ویژگی‌هایی پرداخته‌اند که تحت آن‌ها یک نوآوری می‌تواند به‌طور واقعی بنیان‌های موجود را مختل سازد. آن‌ها با ارائه معیارهایی مشخص، امکان شناسایی دقیق‌تر نوآوری‌های شالوده‌شکن و تحلیل آثار آن‌ها بر بازار و صنعت را فراهم کرده‌اند. در مجموع، این پیشینه پژوهشی بیانگر اهمیت روزافزون علوم و فناوری‌های شالوده‌شکن در دگرگونی صنایع، بازارها و حتی ساختارهای اجتماعی است و نشان می‌دهد که انجام مطالعات عمیق‌تر و نظام‌مندتر برای شناسایی شاخص‌ها، عوامل موفقیت و چالش‌های مرتبط با این نوع نوآوری‌ها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر به شمار می‌رود.

جدول ۱. پیشینه پژوهش

ردیف	نویسنده	عنوان پژوهش	روش شناسی	یافته‌ها
۱	کیو جون و همکاران (۲۰۲۳)	طراحی سیستم ارزیابی برای فناوری‌های شالوده‌شکن در شهرهای هوشمند	توسعه چارچوب ارزیابی برای شناسایی و ارزیابی فناوری‌های شالوده‌شکن با استفاده از روش‌های وزن‌دهی آنتروپی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی	چارچوب پیشنهاد شده می‌تواند به‌طور موثری ویژگی‌ها و تأثیرات بالقوه فناوری‌های شالوده‌شکن را در حوزه شهرهای هوشمند شناسایی و اولویت‌بندی کند
۲	جیا ویفنگ و همکاران (۲۰۲۲)	شناسایی فناوری شالوده‌شکن ربات‌های لجستیک هوشمند در AIoT	تجزیه و تحلیل ویژگی‌ها و عملکردهای فناوری‌های شالوده‌شکن و شناسایی آنها در صنعت هوش مصنوعی و اینترنت اشیا (AIoT)	سه ویژگی اصلی را به عنوان شاخص‌های شالوده‌شکن معرفی کرد: نوظهور بودن فناوری، میزان پیشرفت، و تأثیرگذاری آن بر صنعت
۳	آگیون و همکاران (۲۰۱۹)	تأثیر نوآوری‌های شالوده‌شکن بر نابرابری‌های اقتصادی	تحلیل تأثیرات نوآوری‌های شالوده‌شکن بر بازارهای کار، توزیع ثروت، و تغییرات ساختاری اقتصادی و اجتماعی	نوآوری‌های شالوده‌شکن می‌توانند نابرابری‌های اقتصادی را با تغییر در بازار کار و توزیع ثروت افزایش دهند.
۴	شمیت و دروهل (۲۰۰۸)	شناسایی شرایط شالوده‌شکنی واقعی نوآوری‌ها	تحلیل ویژگی‌ها و شرایطی که تحت آن‌ها یک نوآوری به‌طور واقعی شالوده‌های موجود را مختل می‌کند و اثرات آن بر بازار و صنعت	یک نوآوری برای ایجاد شالوده‌شکنی واقعی باید ویژگی‌ها و شرایطی خاص داشته باشد که باعث تغییرات اساسی در بازار و صنعت شود.
۵	اسپیت استفان (۲۰۰۸)	پیش‌بینی فناوری‌های شالوده‌شکن در شرکت‌ها	یک رویکرد یکپارچه شش مرحله‌ای برای تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی فناوری‌های شالوده‌شکن در شرکت‌ها توسعه داد.	این رویکرد به شرکت‌ها کمک می‌کند تا اثرات فناوری‌های شالوده‌شکن بر وضعیت فعلی صنایع را پیش‌بینی و تحلیل کنند.

نظریه‌های نوآوری شالوده‌شکن باید توسعه یابند تا تغییرات اساسی در علم و فناوری و اثرات آن‌ها بر ساختارهای علمی و فناوری بهتر درک شوند.	با نقد نظریه‌های موجود، پیشنهاد گسترش آن‌ها را برای درک بهتر اثرات نوآوری‌های شالوده‌شکن ارائه داد.	نقد و توسعه نظریه نوآوری شالوده‌شکن	مارکیدس (۲۰۰۶)	۶
---	---	---	-------------------	---

بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه علوم و فناوری‌های شالوده‌شکن نشان می‌دهد که این دسته از فناوری‌ها، به دلیل برخورداری از ویژگی‌هایی چون نوظهور بودن، توان ایجاد دگرگونی‌های بنیادین و آثار گسترده بر ساختارهای اقتصادی و اجتماعی، در سال‌های اخیر توجه فزاینده پژوهشگران را به خود جلب کرده‌اند. موفقیت این نوآوری‌ها به عواملی نظیر پیچیدگی فناوری، بهره‌گیری از مدل‌های کسب‌وکار نوآورانه و وجود سیاست‌گذاری‌های مناسب وابسته است؛ به گونه‌ای که سیاست‌گذاری‌های هوشمندانه و استفاده از مدل‌های کسب‌وکار باز می‌توانند نقش مؤثری در تسهیل پذیرش و گسترش نوآوری‌های شالوده‌شکن ایفا کنند. در عین حال، فناوری‌های شالوده‌شکن ممکن است پیامدهایی همچون تشدید نابرابری‌های اقتصادی و تضعیف یا حذف موقعیت بازیگران سنتی بازار را به همراه داشته باشند. از این رو، برای بهره‌برداری حداکثری از مزایای این فناوری‌ها و کنترل پیامدهای منفی احتمالی آن‌ها، تدوین چارچوب‌های تحلیلی دقیق و اتخاذ سیاست‌گذاری‌های آگاهانه و آینده‌نگر، ضرورتی انکارناپذیر به شمار می‌آید.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با رویکردی کیفی و با اتکا به روش تحلیل مضمون، با هدف شناسایی و تدوین شاخص‌های شالوده‌شکنی در حوزه علوم و فناوری طراحی و اجرا شده است. مبانی فلسفی پژوهش بر پارادایم تفسیرگرایی استوار است؛ پارادایمی که بر فهم عمیق مفاهیم، تفسیر معانی و استخراج الگوهای مشترک از مطالعات پیشین تأکید دارد. با توجه به ماهیت پژوهش و تمرکز آن بر تلفیق، تفسیر و معناپردازی داده‌های کیفی، رویکرد پژوهش از نوع استقرایی انتخاب شده است تا از رهگذر تحلیل داده‌ها، الگوها و مفاهیم بنیادینی استخراج شود که به شناسایی شاخص‌های شالوده‌شکن منجر می‌گردد.

استراتژی پژوهش، به عنوان چارچوب اصلی تحقیق، مبتنی بر تحلیل مضمون است و با تجمیع و مقایسه یافته‌های مطالعات مختلف، امکان دستیابی به نتایجی جامع‌تر و فراگیرتر را فراهم می‌سازد. انتخاب رویکرد کیفی از آن رو صورت گرفته است که تمرکز پژوهش بر تحلیل محتوای متون علمی و پژوهشی مرتبط با شالوده‌شکنی بوده و داده‌های مورد استفاده ماهیتی کیفی دارند. این پژوهش از نظر بُعد زمانی، مقطعی است؛ بدین معنا که اسناد و

مطالعات منتخب در یک بازه زمانی مشخص گردآوری و مبنای تحلیل قرار گرفته‌اند. گردآوری داده‌ها از طریق بررسی اسناد و مدارک معتبر انجام شده و در مجموع، ۲۱ سند شامل مقالات علمی، گزارش‌های پژوهشی و اسناد سیاست‌گذاری — که بر اساس معیارهای به‌روز بودن، میزان ارتباط موضوعی و اعتبار علمی انتخاب شده‌اند — به‌صورت نظام‌مند و دقیق مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

در فرایند گردآوری داده‌ها، از میان اسناد منتخب، ۱۱۷ گزاره مرتبط با شاخص‌های شالوده‌شکنی استخراج شد. این گزاره‌ها پس از کدگذاری، بر پایه شباهت‌ها و تمایزهای مفهومی سامان‌دهی و در قالب شاخص‌های مختلف دسته‌بندی گردید. در نهایت، ۱۱۰ شاخص شالوده‌شکنی شناسایی و تعریف شد که هر یک در یکی از ابعاد شالوده‌شکنی جای می‌گیرند. در مراحل اجرای پژوهش، پس از انتخاب و تحلیل اسناد، گزاره‌های مرتبط استخراج و کدگذاری شدند و سپس شاخص‌ها در ابعاد مختلف طبقه‌بندی و تحلیل گردیدند. حاصل این فرایند، تدوین چارچوبی مفهومی برای شاخص‌های شالوده‌شکنی است که می‌تواند به‌عنوان مبنایی راهبردی برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی علمی، در راستای بهره‌برداری هدفمند از نوآوری‌های شالوده‌شکن در آینده، مورد استفاده قرار گیرد.

یافته‌های پژوهش

برای شناسایی شاخص‌های شالوده‌شکنی، نمونه‌ای از ۲۱ سند راهبردی و مقالات علمی و مصاحبه با افراد با ۴ فرد متخصص در حوزه‌های آینده‌پژوهی علم و فناوری (I₁) و (I₃)، مدیریت فناوری (I₂) و سیاست‌گذاری علم و فناوری (I₄) استفاده شد. از این بررسی‌ها ۱۱۷ گزاره اولیه به‌عنوان ویژگی‌های کلی علوم شالوده‌شکن احصا شد و متناسب با هر گزاره یک عنوان برای بیان شاخص شالوده‌شکنی انتخاب شد که در جدول ذیل بیان می‌گردد.

جدول ۲. گزاره و شاخص‌های احصاء شده توسط فرا تحلیل اسناد

ردیف	گزاره	شاخص
۱	علوم شالوده‌شکن می‌توانند صنایع و اقتصادهای مرتبط را به‌طور قابل توجهی تغییر دهند (کافور و همکاران، ۲۰۱۷، ۱۰۷).	شدت تاثیر بر اقتصاد
۲	علوم شالوده‌شکن فراتر از حوزه علم و فناوری، بر اقتصاد، سیاست و جامعه نیز تأثیرات گسترده‌ای دارند (کوزلوف، ۲۰۲۳).	

ردیف	گزاره	شاخص
۳	نوآوری های شالوده شکن صرفاً به پیشرفت های تکنولوژیکی محدود نمی شوند، بلکه ابعاد مختلفی را شامل می شوند: ویژگی های فناورانه: نوآوری، پیچیدگی و سازگاری با فناوری های موجود، دینامیک بازار: اندازه، نرخ رشد، ساختار رقابتی و حساسیت به قیمت، محیط خارجی: مقررات، روندهای اجتماعی-اقتصادی و تحولات فناورانه کلان (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸)	
۴	نوآوری های شالوده شکن باعث ورود یا خروج بازیگران جدید، تغییر سهم بازار و دگرگونی زنجیره های تامین می شود (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	تحول در بازیگران صنعت
۵	نوآوری های شالوده شکن اغلب با ورود به بازارهای جدید یا کم اهمیت که توسط بازیگران تثبیت شده نادیده گرفته می شوند، فرآیند بر هم زدن نظم موجود را آغاز می کنند (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	تغییر دهنده سهم بازار پس از ورود نوآوری شالوده شکن
۶	علوم شالوده شکن فراتر از حوزه علم و فناوری، بر اقتصاد، سیاست و جامعه نیز تأثیرات گسترده‌ای دارند (کوزلف، ۲۰۲۳).	
۷	علوم شالوده شکن به عنوان موتور محرکه تغییرات بزرگ در جوامع علمی و صنعتی عمل می کنند و می توانند زندگی انسان ها و جوامع را به طور قابل توجهی تحت تاثیر قرار دهند (کوهن، ۱۹۶۲).	شدت تاثیر بر جامعه
۸	نوآوری های شالوده شکن صرفاً به پیشرفت های تکنولوژیکی محدود نمی شوند، بلکه ابعاد مختلفی را شامل می شوند: ویژگی های فناورانه: نوآوری، پیچیدگی و سازگاری با فناوری های موجود، دینامیک بازار: اندازه، نرخ رشد، ساختار رقابتی و حساسیت به قیمت، محیط خارجی: مقررات، روندهای اجتماعی-اقتصادی و تحولات فناورانه کلان (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸)	
۹	علوم و فناوری های شالوده شکن می توانند ساختارهای دفاعی سنتی را دگرگون کرده و الگوهای نظامی و امنیتی موجود را به چالش بکشند (روسینگ، ۲۰۲۰، ۱۰۱-۱۲۰).	دگرگون سازی امنیت و دفاع
۱۰	علوم شالوده شکن در حوزه نظامی می توانند به طور قابل توجهی توازن قدرت را دگرگون کنند (روسینگ، ۲۰۲۰، ۱۰۱-۱۲۰).	دگرگون ساز توازن قدرت نظامی
۱۱	علوم شالوده شکن فراتر از حوزه علم و فناوری، بر اقتصاد، سیاست و جامعه نیز تأثیرات گسترده‌ای دارند (کوزلف، ۲۰۲۳).	
۱۲	علوم شالوده شکن می توانند پارادایم های علمی موجود را به چالش بکشند و آن ها را تغییر دهند، این فرآیند همیشه به طور خطی یا ساده رخ نمی دهد. عوامل اجتماعی، فرهنگی و سیاسی متعددی می توانند در مقاومت در برابر تغییر پارادایم و پذیرش یافته های جدید نقش داشته باشند (راست، ۲۰۲۳).	شدت تاثیر بر سیاست

ردیف	گزاره	شاخص
۱۳	علوم شالوده‌شکن به عنوان موتور محرکه تغییرات بزرگ در جوامع علمی و صنعتی عمل می‌کنند و می‌توانند زندگی انسان‌ها و جوامع را به طور قابل توجهی تحت تاثیر قرار دهند (کوهن، ۱۹۶۲).	تأثیرگذاری علوم شالوده‌شکن بر تحول صنعتی
۱۴	تغییر قواعد بازی و نحوه عملکرد یک صنعت (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	تعبیر دهنده قواعد
۱۵	نوآوری‌های شالوده‌شکن مجموعه‌ای متفاوت از ویژگی‌ها و عملکردها را نسبت به محصولات موجود ارائه می‌دهند و با قیمت پایین‌تری عرضه می‌شوند (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶، ۱۱۱-۱۰۹).	ارائه دهنده ویژگی‌های متفاوت در محصولات
۱۶	نوآوری‌های شالوده‌شکن باعث ورود یا خروج بازیگران جدید، تغییر سهم بازار و دگرگونی زنجیره‌های تامین می‌شود (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	دگرگون ساز در رنجیره تامین
۱۷	نوآوری‌های شالوده‌شکن اغلب از بازارهای غیرجریان اصلی و پایین‌رده سرچشمه می‌گیرند، اما با بهبود عملکرد و کارکرد خود به مرور زمان، می‌توانند الگوهای بازار یا صنعت را تغییر داده و جایگزین فناوری اصلی شوند (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	منبع از بازارهای فرعی
۱۸	ظهور این نوآوری‌ها می‌تواند باعث ناپایداری و ابهام در بازار و صنعت شود (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	ناپایداری و ابهام در بازار
۱۹	نوآوری‌های شالوده‌شکن مفهومی مهم در استراتژی کسب‌وکار هستند، اما در مقایسه با سایر نوآوری‌ها کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶، ۱۱۱-۱۰۹).	سطح بررسی نوآوری‌های شالوده‌شکن در مقابل نوآوری‌های مرسوم
۲۰	نوآوری‌های شالوده‌شکن می‌توانند بازارهای جدید ایجاد کنند، عملکردهای جدیدی ارائه دهند و پیوندهای موجود در بازار را مختل کنند (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶، ۱۱۱-۱۰۹).	ایجاد کننده بازار جدید
۲۱		دگرگون ساز بازار موجود
۲۲	قدرت شالوده‌شکن از نظر مفهومی با دو ویژگی نوآوری دیگر، رادیکالیسم (پیشرفت تکنولوژیکی) و برهم زدن شایستگی (تأثیر بر مهارت‌های موجود) متفاوت است (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶، ۱۱۱-۱۰۹).	تأثیر گذار بر مهارت‌ها
۲۳	این نوآوری‌ها در ابتدا برای یک بخش خاص از بازار جذاب هستند، نه برای بازار اصلی (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶، ۱۱۱-۱۰۹).	رشد کننده در بازارهای بخشی

ردیف	گزاره	شاخص
۲۴	نوآوری های شالوده شکن صرفاً به پیشرفت های تکنولوژیکی محدود نمی شوند، بلکه ابعاد مختلفی را شامل می شوند: ویژگی های فناورانه: نوآوری، پیچیدگی و سازگاری با فناوری های موجود، دینامیک بازار: اندازه، نرخ رشد، ساختار رقابتی و حساسیت به قیمت، محیط خارجی: مقررات، روندهای اجتماعی-اقتصادی و تحولات فناورانه کلان (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸)	دگرگون ساز دینامیک بازار
۲۵	نوآوری های شالوده شکن صرفاً به فناوری مربوط نمی شوند؛ آنها ویژگی های فناورانه خود نوآوری، پویایی بازار و محیط خارجی گسترده تر را در نظر می گیرند (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	تاثیرگذار بر پویایی بازار
۲۶	نوآوری های شالوده شکن در ابتدا ممکن است از نظر ویژگی هایی که برای مشتریان در بازار اصلی اهمیت دارد، عملکرد ضعیف تری نسبت به فناوری های رایج داشته باشند (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	مقبولیت پذیری ضعیف در مراحل اولیه
۲۷	نوآوری های شالوده شکن اغلب با ورود به بازارهای جدید یا کم اهمیت	نوظهور در بازارهای کم اهمیت
۲۸	که توسط بازیگران تثبیت شده نادیده گرفته می شوند، فرآیند بر هم زدن نظم موجود را آغاز می کنند (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	دگرگون ساز نظم موجود
۲۹	نوآوری های فناورانه شالوده شکن دستیابی به عملکردهایی که رضایت مشتری را از طریق ساده سازی فناوری ها بهبود می بخشد (تکرارپذیری ^۱) (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	اثربخش بر رضایت مشتری
۳۰	تصاحب بازارهای جدید و ایجاد ارزش برای ذینفعان، از ویژگی های کلیدی نوآوری های شالوده شکن است (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	تصاحب کننده بازارها
۳۱	نوآوری های شالوده شکن معمولاً باعث سودآوری شرکت های بالادستی، پایین دستی و سایر شرکت های همکار مرتبط با نوآوری می شود (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	سودآور شرکت های مرتبط
۳۲	نوآوری شالوده شکن فقط مختل کردن جنبه فناوری نیست، بلکه ابعاد	دگرگون ساز محصول
۳۳	دیگر مانند محصول و مدل کسب و کار را نیز در بر می گیرد (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰)	دگرگون ساز مدل کسب و کار
۳۴	بازار هدف اولیه نوآوری های شالوده شکن، بازارهای پایین یا بازارهای نوظهور است (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰).	متمرکز بر بازارهای نوظهور

¹ Simplification

ردیف	گزاره	شاخص
۳۵	این نوع نوآوری‌ها در ابتدا ممکن است برای عموم جذاب نباشند، اما با تمرکز بر ارزش آفرینی برای بخش خاصی از مصرف‌کنندگان، می‌توانند به تدریج سهم بازار خود را افزایش داده و در نهایت به جایگزینی فناوری غالب تبدیل شوند (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	تصاحب‌کننده بازار در گذار زمان
۳۶	توسعه این فناوری‌ها نیازمند منابع و توانایی قابل توجهی است که در دسترس همه سازمان‌ها نیست (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	دارای منابع انحصاری توسعه
۳۷	پذیرش این نوآوری‌ها ممکن است با مخالفت و مقاومت ذینفعان مختلف روبرو شود (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	همراه با مقاومت پذیرنده
۳۸	نوآوری‌های شالوده‌شکن از تحقیقات پر ریسک و بلند مدت حاصل می‌شود (راست، ۲۰۲۳).	حاصل شده از تحقیقات پریسک
۳۹		حاصل شده از تحقیقات بلند مدت
۴۰	تمرکز بر نوآوری‌های تدریجی در تحقیقات علمی، می‌تواند مانع از ایجاد جهش‌های بزرگ و تحولات بنیادی در علم و فناوری شود (راست، ۲۰۲۳).	ایجادکننده جهش‌های بزرگ
۴۱	کاهش سرمایه‌گذاری در تحقیقات پایه، می‌تواند به معنای از دست دادن فرصت‌های نوآوری‌های شالوده‌شکن در آینده باشد، زیرا تحقیقات پایه بستر لازم برای نوآوری‌های آینده را فراهم می‌کند (راست، ۲۰۲۳).	منبع از تحقیقات پایه
۴۲	فقدان مقیاس معتبر برای سنجش "قدرت شالوده‌شکنی" نوآوری‌ها وجود دارد (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶، ۱۰۹-۱۱۱).	سنجش ناپذیری قدرت
۴۳	علوم شالوده‌شکن توجه به تأثیرات بلندمدت دارند، تأثیرات این علوم معمولاً در از ۱۰ سال آینده تا پیش از ۳۰ سال را شامل می‌شود (داسا، ۲۰۲۰).	تأثیرگذار بلندمدت (۱۰ تا ۳۰ سال)
۴۴	علوم شالوده‌شکن می‌توانند به طور بنیادین نحوه عملکرد ما را چه به صورت مثبت (مانند ارائه توانایی‌های جدید) و چه منفی (مانند ظهور تهدیدات جدید) تغییر دهند (داسا، ۲۰۲۰).	تغییر دهنده بنیادین
۴۵	علوم شالوده‌شکن بر پایه نظری محکمی استوار است و با توضیح منطقی پشتیبانی می‌شود (نیچر، ۲۰۲۳).	استوار بر پایه نظری قوی
۴۶	علوم شالوده‌شکن علاوه بر مزایای فراوان، خطرات و چالش‌هایی را نیز به همراه دارند که باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند. این خطرات می‌توانند شامل پیامدهای ناخواسته، سوء استفاده از فناوری‌های جدید و عدم آمادگی برای تغییرات ناگهانی باشند (مصاحبه ۱).	همراه با پیامدهای ناخواسته
۴۷		غافلگیرکننده
۴۸	شالوده‌شکنی‌ها غالباً غیرمنتظره هستند و از الگوها و چارچوب‌های موجود فراتر می‌روند. آنها می‌توانند تصورات ما را از آنچه ممکن است به چالش بکشند و ایده‌های جدید و رادیکالی را معرفی کنند (مصاحبه ۱).	غیر منتظره
۴۹		دگرگون ساز نظم موجود

ردیف	گزاره	شاخص
۵۰	شالوده‌شکنی‌ها پویا و در حال تحول هستند. آنها به طور مداوم در حال تکامل و پیشرفت هستند و با ظهور ایده‌ها و فناوری‌های جدید، ماهیت آنها نیز تغییر می‌کند (مصاحبه ۱۳).	پویا
۵۱		متغیر در ماهیت
۵۲	علوم شالوده‌شکن با ایجاد جهش‌های ناگهانی و غیرخطی در مسیر پیشرفت علم و فناوری، نوآوری‌های بلندمدت و ماندگار خلق می‌کنند (مصاحبه ۱۴).	غافلگیر ساز
۵۳	تحقیقات شالوده‌شکن با تمرکز بر ایده‌های نوآورانه و جسورانه، به دنبال یافتن راه‌حل‌های جدید برای چالش‌های پیچیده و حل‌نشده هستند (مصاحبه ۱۴).	پاسخگوی مسائل پیچیده
۵۴	قدرت شالوده‌شکنی مفهومی مهم در نظریه نوآوری است، اما روش‌های تثبیت شده و قابل اعتمادی برای سنجش آن وجود ندارد (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶).	سنجش ناپذیر
۵۵	با گذشت زمان، عملکرد این نوآوری‌ها بهبود می‌یابد و در نهایت از فناوری‌های غالب پیشی می‌گیرند (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	رشد عملکرد در گذر زمان
۵۶	برهم زدن نظم موجود یک فرآیند تدریجی است نه یک رویداد ناگهانی (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	رشد تدریجی و عدم ظهور ناگهانی
۵۷	نوآوری‌های شالوده‌شکن را نمی‌توان با یک ویژگی واحد تعریف کرد. آنها ترکیبی از ویژگی‌های فناورانه خود نوآوری، دینامیک بازار و محیط خارجی گسترده‌تر را دارا هستند (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	متغیر در ویژگی
۵۸	ماهیت پویا و پیچیده نوآوری‌های شالوده‌شکن، تشخیص آنها در مراحل اولیه را با مشکل مواجه می‌سازد (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	دشواری در شناخت اولیه
۵۹	یکی از ویژگی‌های فناورانه نوآوری‌های شالوده‌شکن سهولت انتشار نوآوری در میان مخاطبان هدف (پراکندگی) می‌باشد (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	سهل در انتشار
۶۰	محصولات یا خدمات ناشی از نوآوری‌های شالوده‌شکن ممکن است از نظر عملکرد در مقایسه با محصولات یا خدمات موجود، ساده‌تر و در دسترس‌تر باشند (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰).	عملکرد ساده
۶۱		در دسترس
۶۲	نوآوری شالوده‌شکن یک فرایند است نه یک نتیجه خاص (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰).	یک فرایند مداوم
۶۳	محصولات یا خدمات ناشی از نوآوری‌های شالوده‌شکن در ابتدای ورود به بازار، از نظر ویژگی‌های کلیدی که برای مشتریان بازار اصلی اهمیت دارد، نسبت به محصولات یا خدمات موجود پایین‌تر هستند (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰).	عملکرد اولیه ضعیف

ردیف	گزاره	شاخص
۶۴	نوآوری های شالوده شکن ممکن است در مقایسه با فناوری های موجود، ویژگی های عملکردی متفاوتی ارائه دهند، که در برخی اوقات بدتر و در برخی دیگر بهتر است (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰).	عملکرد غیر قابل پیش بینی
۶۵	نوآوری های شالوده شکن ذاتاً پرخطر و پرریسک هستند زیرا موفقیت آنها نامشخص است (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰).	پر ریسک
۶۶		عدم قطعیت در موفقیت
۶۷	به دلیل ماهیت فنی پیچیده یا نیاز به تغییرات قابل توجه در ساختار و فرآیندهای سازمان، اجرای آنها دشوار است (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰)	دارای ماهیت فنی پیچیده
۶۸		دگرگون ساز ساختارها
۶۹		دگرگون ساز فرآیندها
۷۰	نتایج و پیامدهای به کارگیری این فناوری ها، به ویژه در بلندمدت، با عدم قطعیت همراه است (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	عدم قطعیت در نتایج
۷۱	سرعت بالای پیشرفت: ظهور با سرعتی غیرقابل پیش بینی و نیاز به انعطاف پذیری از سازمان ها (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	پیشرفت شتابان
۷۲	این نوع نوآوری ها در ابتدا ممکن است برای عموم جذاب نباشند، اما با تمرکز بر ارزش آفرینی برای بخش خاصی از مصرف کنندگان، می توانند به تدریج سهم بازار خود را افزایش داده و در نهایت به جایگزینی فناوری غالب تبدیل شوند (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	عدم جذابیت اولیه
۷۳	درک و یادگیری استفاده از این فناوری ها ممکن است دشوار باشد (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	دشوار در استفاده اولیه
۷۴	تاثیر اولیه این نوآوری ها ممکن است ناچیز باشد، اما با گذشت زمان می تواند به طور تصاعدی رشد کند (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	اثرگذار قوی در گذر زمان
۷۵	درک و یادگیری نحوه استفاده از این نوآوری ها به دلیل ماهیت پیچیده شان چالش برانگیز است (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	دشوار در استفاده اولیه
۷۶	شالوده شکنی ها غالباً غیرمنتظره هستند و از الگوها و چارچوب های موجود فراتر می روند. آنها می توانند تصورات ما را از آنچه ممکن است به چالش بکشند و ایده های جدید و رادیکالی را معرفی کنند (مصاحبه ۱).	دگرگون ساز تصورات
۷۷	شالوده شکنی ها نیازمند خلاقیت و تفکر خارج از چارچوب هستند. آنها اغلب از روش ها و رویکردهای جدیدی برای حل مسائل استفاده می کنند و به دنبال یافتن راه حل های غیرمعمول هستند (مصاحبه ۲).	دگرگون ساز تفکرات
۷۸	تصاحب بازارهای جدید و ایجاد ارزش برای ذینفعان، از ویژگی های کلیدی نوآوری های شالوده شکن است (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	دگرگون ساز ارزش ها

ردیف	گزاره	شاخص
۷۹	این نوآوری‌ها ممکن است در ابتدا با ارزش‌ها، تجربیات و نیازهای موجود سازمان‌ها همخوانی نداشته باشند (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	مغایرت اولیه با ارزش‌ها
۸۰		مغایرت اولیه با نیازها
۸۱	پذیرش این نوآوری‌ها نیازمند دگرگونی در طرز فکر و رفتار افراد و سازمان‌ها است (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	دگرگون ساز افکار
۸۲		دگرگون ساز رفتارها
۸۳	علوم و فناوری‌های شالوده‌شکن می‌توانند پتانسیل قابل توجهی برای تحول جامعه داشته باشند (کافور و همکاران، ۲۰۱۷).	نوآوری‌های بنیادی
۸۴	علوم شالوده‌شکن با ایجاد تغییرات بنیادی در روش‌ها، مفاهیم و فرآیندهای علمی و فناوری، نوآوری‌های اساسی و غیرمعمول را به وجود می‌آورند ("از انیشتین تا هوش مصنوعی: چگونه ۱۰۰ سال علم را شکل داده‌اند"، ۲۰۲۳، ۴۷۴).	تغییرات بنیادی در روش‌ها و مفاهیم علمی
۸۵	علوم شالوده‌شکن با نوآوری، تخریب و سرعت بالا، مسیر علم و فناوری را به طور چشمگیری تغییر می‌دهند و نوآوری‌های ناگهانی و بلندمدت ایجاد می‌کنند (گراتزیانو، ۱۹۹۸).	دگرگون‌ساز سریع مسیر آینده علم و فناوری
۸۶		ایجاد کننده نوآوری‌های ناگهانی
۸۷		ایجاد کننده نوآوری‌های بلندمدت
۸۸	علوم شالوده‌شکن به عنوان موتور محرکه تغییرات بزرگ در جوامع علمی و صنعتی عمل می‌کنند و می‌توانند زندگی انسان‌ها و جوامع را به طور قابل توجهی تحت تاثیر قرار دهند (کوهن، ۱۹۶۲).	موثر بر جوامع علمی
۸۹	علوم شالوده‌شکن با ارائه دیدگاه‌ها و روش‌های نوین، تغییرات عمده‌ای در درک ما از موضوعات مختلف ایجاد می‌کنند و می‌توانند را به سمت جهت‌های کاملاً جدید هدایت کنند (کوزلُف، ۲۰۲۳).	شکل دهنده دیدگاه‌های نوین
۹۰	تمرکز بر نوآوری‌های تدریجی در تحقیقات علمی، می‌تواند مانع از ایجاد جهش‌های بزرگ و تحولات بنیادی در علم و فناوری شود (راست، ۲۰۲۳).	ایجاد کننده تحولات بنیادین
۹۱	علوم شالوده‌شکن می‌توانند پارادایم‌های علمی موجود را به چالش بکشند و آن‌ها را تغییر دهند، این فرآیند همیشه به طور خطی یا ساده رخ نمی‌دهد. عوامل اجتماعی، فرهنگی و سیاسی متعددی می‌توانند در مقاومت در برابر تغییر پارادایم و پذیرش یافته‌های جدید نقش داشته باشند (راست، ۲۰۲۳).	دگرگون‌ساز پارادایم‌های علمی
۹۲		ارائه دهنده یافته‌های بدیع
۹۳	شالوده شکن‌ها برهم زننده نوآوری‌ها می‌باشد (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶)	دگرگون ساز نوآوری
۹۴	فناوری‌های شالوده‌شکن تمرکز بر ایده‌هایی با سطح فناوری پایین (TRL1-2) که هنوز در مراحل اولیه توسعه قرار دارند، می‌باشد (داسا، ۲۰۲۲).	متداول بر ایده فرض گونه

ردیف	گزاره	شاخص
۹۵	تحقیقات شالوده‌شکن می‌توانند روش‌های جدیدی برای حل مسائل ارائه دهند. این تغییرات می‌توانند بهبودهای قابل توجهی در زمینه‌های مختلف ایجاد کنند (مصاحبه ۱۱).	ارائه دهنده روش‌های نوین
۹۶		بهبود دهنده مسائل
۹۷	شالوده شکنی‌ها غالباً غیرمنتظره هستند و از الگوها و چارچوب‌های موجود فراتر می‌روند. آنها می‌توانند تصورات ما را از آنچه ممکن است به چالش بکشند و ایده‌های جدید و رادیکالی را معرفی کنند (مصاحبه ۱۱).	معرفی کننده ایده‌های رادیکال
۹۸		عبور کننده از الگوها و چارچوب‌های موجود
۹۹	شالوده شکنی‌ها نیازمند خلاقیت و تفکر خارج از چارچوب هستند. آنها اغلب از روش‌ها و رویکردهای جدیدی برای حل مسائل استفاده می‌کنند و به دنبال یافتن راه‌حل‌های غیرمعمول هستند (مصاحبه ۱۲).	یابنده راه‌حل‌های غیر معمول
۱۰۰	علوم شالوده‌شکن با ایجاد جهش‌های ناگهانی و غیرخطی در مسیر پیشرفت علم و فناوری، نوآوری‌های بلندمدت و ماندگار خلق می‌کنند (مصاحبه ۱۴).	خالق نوآوری
۱۰۱	تحقیقات شالوده‌شکن با تمرکز بر ایده‌های نوآورانه و جسورانه، به دنبال یافتن راه‌حل‌های جدید برای چالش‌های پیچیده و حل‌نشده هستند (مصاحبه ۱۴).	متمرکز بر نوآوری انقلابی
۱۰۲	نوآوری‌های شالوده شکن صرفاً به پیشرفت‌های تکنولوژیکی محدود نمی‌شوند، بلکه ابعاد مختلفی را شامل می‌شوند: ویژگی‌های فناورانه: نوآوری، پیچیدگی و سازگاری با فناوری‌های موجود، دینامیک بازار: اندازه، نرخ رشد، ساختار رقابتی و حساسیت به قیمت، محیط خارجی: مقررات، روندهای اجتماعی-اقتصادی و تحولات فناورانه کلان (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	دگرگون سار ویژگی فناوری
۱۰۳	شالوده شکن‌ها تمرکز بر نوآوری‌های نوظهور دارند (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	متمرکز بر نوآوری نوظهور
۱۰۴	با گذشت زمان، عملکرد این نوآوری‌ها بهبود می‌یابد و در نهایت از فناوری‌های غالب پیشی می‌گیرند (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	فناوری غالب در گذر زمان
۱۰۵	یکی از ویژگی‌های فناورانه نوآوری‌های شالوده شکن میزان ادغام نوآوری با فناوری‌های موجود (یکپارچگی) می‌باشد (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	ادغام کننده نوآوری و فناوری‌های موجود
۱۰۶	یکی از ویژگی‌های فناورانه نوآوری‌های شالوده شکن پتانسیل پیشبرد توسعه‌های فناوریهایی مرتبط، استقرارها و کاربردهای جدید (رهبری) می‌باشد (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	پیشران توسعه فناوری‌های مرتبط

ردیف	گزاره	شاخص
۱۰۷	یکی از ویژگی‌های فناورانه نوآوری های شالوده شکن میزان پختگی و قابلیت اطمینان فناوری های پشتیبان یا زیرساخت های مرتبط، به ویژه در زمان معرفی اولیه نوآوری (بلوغ) می‌باشد (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	بالغ ساز فناوری‌های مرتبط
۱۰۸	فناوری های شالوده شکن بر ارزش هایی تمرکز می‌کنند که از طرف مشتریان فناوری غالب، کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰).	متمرکز بر ارزش های نوظهور
۱۰۹	فناوری های شالوده شکن با گذشت زمان و پیشرفت، در نهایت از فناوری های غالب پیشی می‌گیرند (استیون سی و هوی چن، ۲۰۲۰).	فناوری غالب در بلند مدت
۱۱۰	ایجاد اختلال در فناوری موجود: جایگزینی فناوری های موجود (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	مختل کننده فناوری‌های موجود
۱۱۱	توسعه این فناوری ها نیازمند منابع و توانایی قابل توجهی است که در دسترس همه سازمان ها نیست (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	نیازمند به مهارت ویژه توسعه
۱۱۲	این نوآوری ها ممکن است از نظر مزایای ملموس (مانند سودآوری بیشتر) یا ناملموس (مانند سرعت پاسخگویی بهتر) نسبت به فناوری های موجود برتری داشته باشند (نان چانگ و همکاران، ۲۰۲۰).	برتر آفرین در سودآوری
۱۱۳		تعمیل کننده در پاسخگویی
۱۱۴	نوآوری‌های شالوده‌شکن مجموعه‌ای متفاوت از ویژگی‌ها و عملکردها را نسبت به محصولات موجود ارائه می‌دهند و با قیمت پایین‌تری عرضه می‌شوند (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶).	ارزان
۱۱۵	نوآوری‌های شالوده‌شکن منجر به کاهش هزینه دستیابی به برخی کارکردها، خدمات یا محصولات میشود (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶).	کاهش دهنده هزینه‌ها
۱۱۶	نوآوری‌های شالوده‌شکن مجموعه‌ای متفاوت از ویژگی‌ها و عملکردها را نسبت به محصولات موجود ارائه می‌دهند و با قیمت پایین‌تری عرضه می‌شوند (گوویندراجان و کوپاله، ۲۰۰۶).	ارزان
۱۱۷	نوآوری‌های شالوده‌شکن منجر به کاهش هزینه دستیابی به برخی کارکردها، خدمات یا محصولات میشود (جیانفنگ گوو و همکاران، ۲۰۱۸).	کاهش دهنده هزینه‌ها

۱۱۰ شاخص مرتبط با شالوده‌شکنی استخراج شده از گزاره های بالا به جنبه‌های مختلف شالوده‌شکنی از جمله تأثیر بر اقتصاد، تغییر در بازیگران و سهم بازار، دگرگونی در امنیت، سیاست و دفاع، ایجاد بازارهای جدید، تأثیر بر زنجیره تأمین، پیچیدگی فنی، ماهیت نوآورانه و غافل‌گیرکننده، تأثیر بلندمدت، و توانایی در ایجاد تحولات بنیادی و پارادایمی اشاره دارند. این شاخص‌ها ابعاد مختلفی از شالوده‌شکنی، همچون تغییر در رفتارها و تفکرات،

نوآوری‌های بنیادی و رادیکال، ایجاد نوآوری‌های انقلابی، و ایجاد ارزش‌های نوظهور را توصیف می‌کنند.

شاخص‌های شالوده‌شکنی علم که برای مطالعه تطبیقی انتخاب شده‌اند، به تفصیل معرفی می‌شوند. این شاخص‌ها بر اساس توانایی آن‌ها در ارزیابی و تحلیل تأثیرات بنیادی و دگرگون‌ساز علوم نوظهور، به ویژه در حوزه‌های مختلف علمی و فناوری، انتخاب شده‌اند. هر دسته از شاخص‌ها نمایانگر بُعد خاصی از تأثیرات علوم و فناوری‌های نوظهور است و در ادامه به تفصیل معرفی می‌شوند. ابعاد مرتبط با شاخص‌های علوم شالوده‌شکن در این پژوهش، از طریق فرایند استقرایی تحلیل مضمون و بر اساس دسته‌بندی مفهومی گزاره‌های استخراج‌شده از متون علمی و اسناد راهبردی معتبر به دست آمده است.



شکل ۱. ابعاد مرتبط با شاخص‌های علوم شالوده‌شکن

مشروح ابعاد و مولفه‌ها به شرح جدول زیر ارائه می‌گردد؛

جدول ۳. بعدبندی شاخص‌های علوم شالوده‌شکن

ردیف	شاخص	مولفه	بعد
۱	شدت تاثیر بر اقتصاد	اثرگذاری کلان اقتصادی	اقتصاد
۲	تحول در بازیگران صنعت	بازآرایی و دگرگونی	بازیگران
۳	تغییر دهنده سهم بازار پس از ورود نوآوری شالوده‌شکن	بازیگران صنعت	
۴	شدت تاثیر بر جامعه	شدت پیامدهای اجتماعی	جامعه
۵	دگرگون‌سازی امنیت و دفاع	تحول بنیادین در معماری	دفاع
۶	دگرگون‌ساز توازن قدرت نظامی	قدرت و امنیت دفاعی	
۷	شدت تاثیر بر سیاست	تاثیرگذاری سیاستی	سیاست
۸	تاثیرگذاری علوم شالوده‌شکن بر تحول صنعتی	تأثیر بر فرآیندها و ساختار صنعتی	صنعت
۹	تغییر دهنده قواعد		
۱۰	دگرگون‌ساز در زنجیره تامین		
۱۱	ارائه دهنده ویژگی‌های متفاوت در محصولات	تأثیر بر محصولات و بازار	
۱۲	منبعث از بازارهای فرعی		
۱۳	ناپایداری و ابهام در بازار		
۱۴	سطح بررسی نوآوری‌های شالوده‌شکن در مقابل نوآوری‌های مرسوم	ماهیت تحول‌آفرینی و برهم‌زنندگی	ماهیت
۱۵	دگرگون‌ساز نظم موجود		
۱۶	دگرگون‌ساز نظم موجود		
۱۷	تغییر دهنده بنیادین		

ردیف	شاخص	مؤلفه	بعد
۱۸	ایجاد کننده جهش‌های بزرگ		
۱۹	دگرگون ساز ساختارها		
۲۰	دگرگون ساز فرآیندها		
۲۱	ایجاد کننده بازار جدید	تحول بازار و الگوهای رقابتی	
۲۲	دگرگون ساز بازار موجود		
۲۳	رشد کننده در بازارهای بخشی		
۲۴	دگرگون ساز دینامیک بازار		
۲۵	تاثیرگذار بر پویایی بازار		
۲۶	نوظهور در بازارهای کم اهمیت		
۲۷	متمرکز بر بازارهای نوظهور		
۲۸	تصاحب کننده بازارها		
۲۹	تصاحب کننده بازار در گذار زمان		
۳۰	دگرگون ساز محصول		
۳۱	دگرگون ساز مدل کسب و کار		
۳۲	سودآور شرکت‌های مرتبط		
۳۳	مقبولیت پذیری ضعیف در مراحل اولیه	پذیرش، مقاومت و تجربه کاربری اولیه	
۳۴	همراه با مقاومت پذیرنده		
۳۵	عدم جذابیت اولیه		
۳۶	دشواری استفاده اولیه		
۳۷	عملکرد اولیه ضعیف		
۳۸	رشد عملکرد در گذر زمان	پویایی عملکرد و مسیر تکامل	
۳۹	رشد تدریجی و عدم ظهور ناگهانی		
۴۰	پیشرفت شتابان		
۴۱	اثرگذار قوی در گذر زمان		
۴۲	تاثیرگذار بلند مدت (۱۰ تا ۳۰ سال)		
۴۳	پر ریسک	عدم قطعیت، ریسک و پیش‌بینی ناپذیری	
۴۴	عدم قطعیت در موفقیت		
۴۵	عدم قطعیت در نتایج		
۴۶	عملکرد غیر قابل پیش‌بینی		
۴۷	سنجش ناپذیر		
۴۸	سنجش ناپذیری قدرت		
۴۹	دارای ماهیت فنی پیچیده	پیچیدگی فنی و شناختی	
۵۰	دشواری در شناخت اولیه		

ردیف	شاخص	مؤلفه	بعد	
۵۱	پاسخگوی مسائل پیچیده			
۵۲	منبعث از تحقیقات پایه	پایه‌های علمی و تحقیقاتی		
۵۳	حاصل شده از تحقیقات پربیسک			
۵۴	حاصل شده از تحقیقات بلند مدت			
۵۵	استوار بر پایه نظری قوی			
۵۶	پویا	ویژگی‌های رفتاری و ماهوی پدیده		
۵۷	متغیر در ماهیت			
۵۸	متغیر در ویژگی			
۵۹	یک فرآیند مداوم			
۶۰	غافلگیر کننده	غافلگیری و پیامدهای پیش‌بینی نشده		
۶۱	غافلگیر ساز			
۶۲	غیر منتظره			
۶۳	همراه با پیامدهای ناخواسته			
۶۴	سهل در انتشار	دسترسی، سادگی و انتشار		
۶۵	عملکرد ساده			
۶۶	در دسترس			
۶۷	تأثیر گذار بر مهارت‌ها	پیامدهای انسانی و مشتری‌محور		
۶۸	اثربخش بر رضایت مشتری			
۶۹	دارای منابع انحصاری توسعه	منابع راهبردی و انحصار		
۷۰	دشواری در استفاده اولیه	چالش در تجربه و استفاده اولیه	نگرش	
۷۱	دگرگون‌ساز تصورات	تحول شناختی و ادراکی		
۷۲	دگرگون‌ساز تفکرات			
۷۳	دگرگون‌ساز افکار			
۷۴	دگرگون‌ساز ارزش‌ها	تحول ارزشی و هنجاری		
۷۵	مغایرت اولیه با ارزش‌ها			
۷۶	مغایرت اولیه با نیازها	ناهمخوانی با نیازهای ادراک شده		
۷۷	دگرگون‌ساز رفتارها	تحول رفتاری		
۷۸	نوآوری‌های بنیادی	نوآوری بنیادی و ریشه‌ای	نوآوری	
۷۹	تغییرات بنیادی در روش‌ها و مفاهیم علمی			
۸۰	ایجاد کننده تحولات بنیادین			
۸۱	دگرگون‌ساز پارادایم‌های علمی	تحول پارادایمی علم و فناوری		
۸۲	دگرگون‌ساز سریع مسیر آینده علم و فناوری			
۸۳	معرفی کننده ایده‌های رادیکال	نوآوری‌های رادیکال و		

ردیف	شاخص	مولفه	بعد
۸۴	متمکز بر نوآوری انقلابی	انقلابی	
۸۵	عبورکننده از الگوها و چارچوب‌های موجود		
۸۶	ایجاد کننده نوآوری‌های ناگهانی	نوآوری ناگهانی و بلندمدت	
۸۷	ایجاد کننده نوآوری‌های بلندمدت		
۸۸	ارائه‌دهنده یافته‌های بدیع	تولید دانش و ایده‌های بدیع	
۸۹	شکل‌دهنده دیدگاه‌های نوین		
۹۰	متداول بر ایده فرض‌گونه		
۹۱	ارائه‌دهنده روش‌های نوین	روش‌ها و راه‌حل‌های نوین	
۹۲	یابنده راه‌حل‌های غیرمعمول		
۹۳	بهبوددهنده مسائل		
۹۴	خالق نوآوری	خلق و دگرگونی نوآوری	
۹۵	دگرگون‌ساز نوآوری		
۹۶	دگرگون‌ساز ویژگی فناوری	تحول در ویژگی‌های فناوری	
۹۷	متمکز بر نوآوری نوظهور	نوآوری‌های نوظهور	
۹۸	فناوری غالب در گذر زمان	تسلط و غلبه فناوری در زمان	
۹۹	فناوری غالب در بلندمدت		
۱۰۰	ادغام‌کننده نوآوری و فناوری‌های موجود	هم‌افزایی و ادغام فناورانه	
۱۰۱	پیشران توسعه فناوری‌های مرتبط	پیشرانی و بلوغ فناوری	
۱۰۲	بالغ‌ساز فناوری‌های مرتبط		
۱۰۳	مختل‌کننده فناوری‌های موجود	اختلال فناورانه	
۱۰۴	مؤثر بر جوامع علمی	پیامدهای علمی و اجتماعی	
۱۰۵	متمکز بر ارزش‌های نوظهور	ارزش‌آفرینی نوظهور	
۱۰۶	نیازمند به مهارت ویژه توسعه	الزامات توسعه نوآوری	
۱۰۷	برترآفرین در سودآوری	پیامدهای اقتصادی نوآوری	
۱۰۸	تعمیل‌کننده در پاسخگویی	شتاب در پاسخگویی	
۱۰۹	ارزان	بهینه‌سازی هزینه	هزینه
۱۱۰	کاهش دهنده هزینه‌ها		

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص‌های شالوده‌شکن می‌توانند به‌عنوان ابزارهای قدرتمندی برای پیش‌بینی و دیدبانی آینده علمی به کار روند. اعتبارسنجی نتایج با آزمون‌های آماری و تحلیل کیفی، دقت و صحت آن‌ها را تأیید می‌کند. پژوهش حاضر می‌تواند مرجعی معتبر برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری علمی در تعیین جهت‌گیری‌های آینده علم و فناوری باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در دنیای امروز، علوم شالوده‌شکن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محرک‌های تحول در حوزه‌های علمی و فناوری شناخته می‌شوند. این علوم با توانایی دگرگون‌سازی پارادایم‌های موجود و خلق نوآوری‌های انقلابی، نه تنها در عرصه‌های علمی و پژوهشی، بلکه در حوزه‌های کلیدی مانند دفاع، امنیت، سیاست، اقتصاد و جامعه، تأثیرات عمیقی بر جای می‌گذارند. پژوهش حاضر با هدف شناسایی شاخص‌های علوم شالوده‌شکن و بررسی اثرات آن‌ها در حوزه‌های مختلف انجام شده و در نتیجه، ابعاد و ویژگی‌های کلیدی این علوم را تبیین می‌کند.

در این پژوهش با تحلیل ۲۱ سند معتبر، ۱۱۰ شاخص شالوده‌شکن شناسایی و معرفی شده‌اند که این شاخص‌ها ابعاد متنوعی از جمله اقتصاد، صنعت، سیاست، جامعه، امنیت و دفاع را پوشش می‌دهند. تدوین این شاخص‌ها در قالبی جامع و منسجم، امکان تحلیل دقیق‌تری از تأثیر علوم شالوده‌شکن بر ساختارها و فرآیندهای موجود را فراهم ساخته است. شاخص‌هایی مانند تغییر در قواعد صنعت، دگرگونی در زنجیره تأمین، ایجاد و تصاحب بازارهای جدید و تحولات بنیادین در توازن قدرت نظامی، نشان‌دهنده ظرفیت این علوم در بازتعریف ساختارهای صنعتی و اقتصادی است.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که حوزه دفاع و امنیت بیشترین تأثیر را از علوم شالوده‌شکن دریافت می‌کند، به طوری که این علوم با ارائه راهکارهای نوآورانه، توازن قدرت جهانی را تغییر داده و استراتژی‌های دفاعی را بازتعریف می‌کنند. علاوه بر این، نوآوری‌های شالوده‌شکن با توانایی ایجاد تغییرات سریع و غیرمنتظره، الگوهای فناورانه و صنعتی را دگرگون ساخته و مسیرهای جدیدی برای رشد و توسعه می‌گشایند.

رشد تدریجی و عدم ظهور ناگهانی، از ویژگی‌های مهم این علوم است؛ به این معنا که نوآوری‌های شالوده‌شکن در مراحل اولیه با پذیرش محدودی مواجه شده و نیازمند تحقیقات بلندمدت و سرمایه‌گذاری پایدار برای رسیدن به پتانسیل کامل خود هستند. با این حال، توانایی آن‌ها در تغییر ساختارهای موجود و ایجاد بازارهای نوظهور، ظرفیت‌های بلندمدت این علوم برای تحولات بنیادی را آشکار می‌سازد.

پژوهش حاضر با ارائه شاخص‌های شالوده‌شکن و تحلیل کاربردی آن‌ها، جایگاه برجسته این علوم را به‌عنوان عوامل کلیدی تغییر و پیشرفت در جهان امروز نشان می‌دهد. این شاخص‌ها ابزارهایی ارزشمند برای پیش‌بینی و هدایت تحولات آینده بوده و به تصمیم‌گیران، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کمک می‌کنند تا در مواجهه با چالش‌ها و فرصت‌های نوظهور، تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ کنند. همچنین، این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مرجعی راهبردی برای هدایت سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های علمی در افق ۱۴۱۴ و فراتر از آن مورد

استفاده قرار گیرد و نقش اساسی در شکل‌گیری آینده علم و فناوری ایفا کند.

نتایج این پژوهش اهمیت و تأثیر شاخص‌های شالوده‌شکن در حوزه علوم و فناوری را برجسته می‌سازد؛ شاخص‌هایی که قابلیت دگرگونی پارادایم‌های موجود را داشته و می‌توانند به شکل‌گیری نوآوری‌های انقلابی منجر شوند. این یافته‌ها با مطالعات پیشین، از جمله پژوهش‌های کریستنسن (۱۹۹۷) و هنریکسن (۲۰۱۳)، که بر اهمیت نوآوری‌های شالوده‌شکن و تأثیرات عمیق آن‌ها در صنایع مختلف تأکید دارند، همسو است. تفاوت اصلی این پژوهش با برخی مطالعات گذشته در آن است که به دسته‌بندی دقیق‌تر شاخص‌ها پرداخته و ۱۲ بعد اصلی—از جمله اقتصاد، سیاست، جامعه و امنیت—را به‌طور مشخص معرفی کرده است، در حالی که بسیاری از مطالعات پیشین بر ابعاد محدودتری تمرکز داشته‌اند. افزون بر این، تأثیر ویژه علوم شالوده‌شکن در حوزه دفاع و امنیت مورد توجه قرار گرفته است که نشان‌دهنده توانمندی‌های منحصربه‌فرد این علوم در بازتعریف استراتژی‌ها و تغییر توازن قدرت جهانی است. با توجه به یافته‌های این پژوهش موارد زیر پیشنهاد می‌شود؛

○ بر اساس شاخص‌های شناسایی‌شده، لازم است پژوهش‌های بیشتری انجام شود تا چارچوب‌های نظری دقیق‌تری برای درک عمیق‌تر علوم شالوده‌شکن توسعه یابد و ابعاد نوینی از تأثیرات این علوم در حوزه‌های مختلف شناسایی گردد.

○ شاخص‌های معرفی‌شده می‌توانند به‌عنوان ابزارهایی مؤثر در برنامه‌ریزی و پیش‌بینی به‌ویژه در حوزه‌هایی با توانایی شالوده‌شکنی بالا، مانند دفاع و امنیت، به‌کار گرفته شوند.

○ سیاست‌گذاران با بهره‌گیری از این شاخص‌ها قادر خواهند بود برنامه‌های حمایتی هدفمند برای توسعه و پذیرش نوآوری‌های شالوده‌شکن طراحی و اجرا کنند تا این نوآوری‌ها در اقتصاد و صنعت به‌صورت پایدار نهادینه شوند.

○ با اجرای پژوهش‌های طولی، می‌توان تأثیرات بلندمدت شاخص‌های شالوده‌شکن بر صنایع مختلف را مورد بررسی قرار داد و درک جامع‌تری از روندهای پایداری این نوآوری‌ها در طول زمان به‌دست آورد.

این پیشنهادات می‌توانند به توسعه نظری و کاربردی علوم شالوده‌شکن کمک کنند و از این یافته‌ها برای تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های علمی و صنعتی استفاده کنند. یکی از محدودیت‌های این پژوهش به گستردگی و نوظهور بودن علوم شالوده‌شکن بازمی‌گردد؛ زیرا به دلیل تازگی این حوزه، دسترسی به داده‌های تجربی و مطالعات پیشین محدود بوده و برخی ابعاد تأثیرگذاری شاخص‌ها ممکن است هنوز شناسایی نشده باشد. بر این اساس، پژوهش‌های آینده می‌توانند با استفاده از روش‌های طولی و بین‌رشته‌ای، ابعاد نوظهور و پویای علوم شالوده‌شکن را مورد رصد و تحلیل قرار دهند و با گسترش نمونه‌ها و مطالعات

میدانی، چارچوب‌های نظری و کاربردی جامع‌تری برای هدایت سیاست‌گذاری علمی و فناوریانه فراهم کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از تمامی افرادی که در این کار پژوهشی همراهی نمودند، تقدیر و تشکر مینمایند.

تعارض منافع

نویسنده(گان) اعلام می‌دارند که در مورد انتشار این مقاله تضاد منافع وجود ندارد. علاوه بر این، موضوعات اخلاقی شامل سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوء رفتار، جعل داده‌ها، انتشار و ارسال مجدد و مکرر توسط نویسندگان رعایت شده است.

دسترسی آزاد

این نشریه دارای دسترسی باز است و اجازه اشتراک (تکثیر و بازآرایی محتوا به هر شکل) و انطباق (بازترکیب، تغییر شکل و بازسازی بر اساس محتوا) را می‌دهد.

منابع

- Blind, K., Cuhls, K., & Grupp, H. (1999). Current Foresight Activities in Central Europe. *Technological Forecasting and Social Change*.
- Christensen, C. M. (1997). The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. *Harvard Business Review Press*.
- Christensen, C. M., McDonald, R., Altman, E. J., & Palmer, J. E. (2018). Disruptive Innovation: An Intellectual History and Directions for Future Research. *Journal of Management Studies*, 55(7). <https://doi.org/10.1111/joms.12349>
- Khalil, T. (2003). *Technology management: The frontier of success in competition and wealth creation* (K. Bagheri & M. Malatparast, Trans.). Tehran: Payam-e Matn Publications. (In Persian).
- Kozlov, M. (2023). "Disruptive" science has declined - and no one knows why. In *Nature*, Vol. 613, Issue 7943. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-04577-5>
- Mirshahvalayati, F. (2020). *Technology foresight*. Tehran: Educational and Research Institute of Defense Industries. (In Persian).
- Nazemi, A., & Ghadiri, R. (2007). *Futures studies: From concept to implementation*. Tehran: Ministry of Industries and Mines. (In Persian).
- Orsenigo, L. (2017). Industrial evolution and disruptive innovation: Theories, evidence and perspectives. In *Digital Marketplaces*

- Unleashed*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49275-8_22
- Orsenigo, L. (2017). Industrial Evolution and Disruptive Innovation. *In Digital Marketplaces Unleashed*.
- Rust, R. (2023). Rebooting disruptive science: Exploring the challenges and potential solutions. *European Journal of Clinical Investigation*, 53(8). <https://doi.org/10.1111/eci.13988>.
- Schelly, C. (2009). Disrupting Science: Social Movements, *American Scientists, and the Politics of the Military*, 1945–1975. *The Social Science Journal*, 46(1). <https://doi.org/10.1016/j.soscij.2008.12.016>.
- Schelly, C. (2009). Disrupting Science: Social Movements, *American Scientists, and the Politics of the Military*, 1945–1975. Princeton Studies in Cultural Sociology.
- Shang, T., Miao, X., & Abdul, W. (2019). A historical review and bibliometric analysis of disruptive innovation. *International Journal of Innovation Science*, 11(2). <https://doi.org/10.1108/IJIS-05-2018-0056>.