مقاله پذیرفته شده

طراحی مدل مناسب تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده

سعید مقیسه، منوچهر منطقی، امیرناصر اخوان

نوع مقاله: پژوهشی

JSCW-2401-1187

تاریخ دریافت: ۰۴- ۰۲-۱۴۰۳

تاریخ اصلاح: ۲۹- ۰۷-۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۰۱- ۰۸-۱۴۰۳

خواهشمند است این مقاله به صورت زیر در مراجع قید شود:

س. مقیسه، م. منطقی، ا. ن. اخوان ، "طراحی مدل مناسب تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده"، نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ، JSCW-2401-1187 ،**۱۴۰۳**. این فایل pdf مقاله ویرایش نشده است که برای چاپ پذیرفته شده است. ماکت مقاله توسط دفتر نشریه مطالعات در دنیای رنگ تهیه شده و قبل از چاپ برای ویرایش نهایی به نویسنده مسئول مقاله ارسال می‌شود.

مقاله پذیرفته شده

مقاله پذیرفته شده

طراحی مدل مناسب تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده

سعید مقیسه[۱]، منوچهر منطقی*[۲]، امیرناصر اخوان[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت تکنولوژی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، کدپستی: ۱۵۹۶۹۶۵۳۴۴.

۲- استاد، گروه مدیریت و صنایع، ، دانشگاه صنعتی مالک اشتر ، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۱۵۸۷۵-۱۷۷۴.

۳- استادیار، گروه مدیریت، علوم و فناوری، دانشگاه صنعتی، امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵.

*manteghi@guest.ut.ac.ir

چکیده

تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ از جمله عوامل مؤثر بر تولید ارزش است و در دو دهه‌ی اخیر موجب حجم قابل‌ملاحظه‌ی سرمایه‌گذاری شرکت‌های چندملیتی در حوزه‌ی مواد پیشرفته شده است. اما شرکت‌هایی که در حوزه‌ی تجاری‌سازی مواد پیشرفته مخصوصا در صنایع رنگ فعالیت می‌کنند به‌دلیل چالش‌های مسیر تجاری‌سازی از آزمایشگاه‌ها به بازار غالباً کسب‌وکارهایی پرخطر هستند. وانگهی، زمان‌بندی طولانی تجاری‌سازی معمولاً تأثیری منفی بر سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی موارد پیشرفته دارد. نظر به اهمیت مسئله‌ی تجاری‌سازی، به‌ویژه تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ و کاربردهای صنعتی فزاینده‌ی آن، پژوهش حاضر با به‌کارگیری روش کیفی و مصاحبه با اعضای هیات علمی، پژوهشگران و نخبگان حوزه رنگ به بررسی عوامل مؤثر بر تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده و چالش‌ها و راهبردهای سرمایه‌گذاری در این حوزه می‌پردازد. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ دارای مراحل توسعه‌ی طولانی‌مدت و چالش‌های متعدد در حوزه‌ی عدم‌قطعیت فناوری و عدم‌قطعیت بازار از جمله موقعیت بالادستی، نوآوری تکمیلی، نوآوری نامشهود و بازارهای متعدد است. همچنین، چهار راهبرد برای غلبه بر چالش‌های تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده از مرحله‌ی آزمایشگاهی تا ورود به بازار وجود دارد که عبارتند از شتابدهی، اولویت‌بندی بازارهای هدف، موقعیت راهبردی در زنجیره‌ی ارزش، و شراکت و اتحاد راهبردی. در کل، زمان طولانی فرآیند تجاری‌سازی، هزینه‌های بالای سرمایه و عدم‌قطعیت از جمله موانع سرمایه‌گذاری در نانومواد مهندسی‌شده و نوآوری‌های این حوزه هستند. با اتخاذ راهبردهای مناسب می‌توان عدم‌قطعیت فناوری و عدم‌قطعیت بازار را کاهش داد و فرآیند تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده را سرعت بخشید.

واژه‌های کلیدی: نانومواد مهندسی‌شده، تجاری‌سازی، صنعت رنگ ، عدم‌قطعیت بازار، عدم‌قطعیت فناوری

مقاله پذیرفته شده

مقاله پذیرفته شده

Designing a practical model for commercializing research results of engineered nanomaterials

Saeed Moghiseh[1], Manochehr Manteghi*[2], Amir Naser Akhavan[3]
1- Department of Management of Technology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, P. O. Code: 1596965344, Tehran, Iran.
2- Department of Management and Industries, Malek Ashtar University, P. O. Box: 1774-15875, Tehran, Iran.
3- Department of Management, Science and Technology, Amirkabir University of Technology, P. O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran

* manteghi@guest.ut.ac.ir

Abstract

The commercialization of engineered nanomaterials in coating industry is one of the key components influencing the production of value, and in the last two decades, it has generated a considerable amount of investment by multinational companies in the domain of advanced materials. Due to the challenges of the commercialization process from laboratories to the market, however, organizations that perform in the advanced materials specially coating industry are often high-risk companies. Also, a long commercialization process usually hurts investment in advanced materials. The research presented here deals with the challenges and investment strategies in the field by studying the factors impacting the commercialization of engineered nanomaterials in coating industry. The findings indicate that the commercialization process of engineered nanomaterials in coating industry has long-term development phases and multiple challenges, such as technological and market uncertainty, including upstream position, complementary innovation, unobservable innovation, and multiple markets. Furthermore, the literature suggests four strategies to overcome the challenges of commercialization of engineered nanomaterials from the laboratory phase to the market, including accelerating, prioritization of target markets, strategic position in the value chain, and strategic partnership and alliance. Generally, the long commercialization process, high cost of capital, and uncertainty are among the obstacles to investing in engineered nanomaterials and innovations. Finally, adopting appropriate strategies can reduce technological and market uncertainty and accelerate the commercialization process of engineered nanomaterials.

Keywords: Engineered nanomaterials, Coating industry, Commercialization, Technological uncertainty, Market uncertainty.

مقاله پذیرفته شده

مقاله پذیرفته شده

۱- مقدمه

پیشرفت‌ها در فناوری نانومواد مهندسی شده در صنعت رنگ در حال حاضر به‌مثابه نوعی توانمند سازی برای نوآوری‌های هر چه بیشتر همراه با پتانسیل بالای اقتصادی در طیفی گسترده از صنایع در نظر گرفته می شوند. نانومواد مهندسی شده در صنعت رنگ هم توجه دولت‌ها و هم تازه‌واردان عرصه‌ی اقتصاد را به خود جلب کرده است. سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ و غالباً از مسیر شرکت‌های درون‌گذارده[۱] از دانشگاه‌ها از دلایل افزایش اهمیت تولید و تجاری سازی نانومواد مهندسی شده است (۱-۴). همچنان که شرکت‌های چندملیتی در حوزه‌ی صنایع شیمیایی و مهندسی مواد به‌نحو فزاینده‌ای به سمت مدل‌های نوآوری باز[۲] حرکت می‌کنند، نیازمند خرید، نظارت یا صدور مجوزهای لازم برای نوآوری‌های بنیادی (موفقیت‌ها یا پیشرفت‌های مهم و دگرگون‌کننده در فناوری، مدل‌های تجاری، فرآیندها یا محصولات که تغییرات اساسی در صنعت یا جامعه ایجاد می‌کنند)[۳] یا نوآوری‌های تحول‌آفرین (نوآوری‌هایی که محصولات یا خدمات بسیار پیچیده و پرهزینه را متحول می‌کنند و موجب ایجاد بازار جدید یا شبکه‌ی ارزش جدید می‌شوند)[۴] هستند (۷-۵). سرمایه‌گذاری‌ها در حوزه‌ی مواد پیشرفته، که متمرکز بر فناوری‌های جدید و موفق هستند، پنجره‌ی فرصتی (که حاشیه‌ی فرصت یا پنجره‌ی حساس نیز خوانده می‌شود)[۵] برای شرکت‌های بزرگ فراهم می‌کنند و به احتمال زیاد منبع نوآوری بنیادی این شرکت‌ها هستند (۱ و ۸). اما این شرکت‌ها کسب‌وکارهای پرخطری هستند که به‌ویژه طی دو دهه‌ی اخیر در مسیر انتقال از دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها به بازار با چالش‌هایی جدی مواجه شده‌اند (برای نمونه بنگرید به ۲ و ۹-۱۲).

فناوری‌های مواد پیشرفته به پیشرفت‌هایی در حوزه‌ی محصول و فرآیند تولید می‌انجامند که به‌طور قابل‌توجهی مرز هزینه و عملکرد مواد کاربردی را جابه‌جا می‌کند. این نوع فناوری پتانسیل آن را دارد که منجر به نوآوری‌های رو به پایین در چندین زنجیره ارزش صنعتی شود. نمونه‌هایی از نوآوری‌های مواد پیشرفته شامل استفاده از نانومواد برای تغییر خواص مکانیکی، الکتریکی و حرارتی است. نکته این‌که نانومواد مهندسی شده از روند متعارف جذابیت در تجاری سازی و بهره‌برداری از مزایای فناوری‌های معمول پیروی نمی‌کند. شرکت‌ها در این حوزه به‌دلیل موقعیت بالادستی خود در زنجیره‌ی ارزش بازارهای هدف و دشواری تخصیص بیشتر ارزش تولید شده توسط فناوری جدید با ترکیبی منحصر به فرد از ریسک بالای فناوری و بازار مواجه هستند. به‌ویژه، فرآیند تطبیق فناوری برای فعالان بخش نانومواد مهندسی شده پیچیده است، چرا که هزینه‌ی توسعه‌ی محصول بسیار زیاد است، و عواملی از جمله نوآوری‌های تکمیلی یا مکمل، ادغام عمودی و شکل‌گیری اتحادها، افق‌های زمانی طولانی جملگی بر میزان عدم‌قطعیت بازار می‌افزاید. عدم‌قطعیت فناوری و عدم‌قطعیت بازار متغیرهایی مهم هستند که بر خلق ارزش تأثیرگذارند. چالش‌های فناوری نانومواد مهندسی شده که عمدتاً نیازمند توسعه‌ی طولانی‌مدت هستند اغلب موجب سطوح بالای عدم‌قطعیت فناوری در فرآیند تجاری‌سازی می‌شوند. مؤسسان و مدیران ارشد شرکت‌های مواد پیشرفته عدم‌قطعیت فناوری را در زمان تأسیس این شرکت‌ها بسیار بالا می‌دانند که با بلوغ شرکت به‌طور تدریجی کاهش می‌یابد (بنگرید به ۱، ۸ و ۱۵). این عدم‌قطعیت به‌طور مستقیم متأثر از ماهیت فناوری و نیازمند نوآوری‌های فرآیندی و بازارهای متعدد است که فناوری جدید در آن‌ها پذیرفته شود.

نوآوری در مواد پیشرفته، که زیربنای توسعه‌ی محصولات جدید در بسیاری از صنایع است، به‌طور معمول ۵ تا ۱۵ سال طول می‌کشد تا به تولید محصولی تجاری منجر شود (۸، ۱۵-۱۶) و دستیابی به بازارهای مختلف نیازمند زمانی بسیار طولانی‌تر است (۱۳-۱۴)؛ برای مثال، فناوری نمایشی کمبریج،[۶] شرکت درون‌گذارده از آزمایشگاه کاوندیش[۷] در دانشگاه کمبریج که بر ساخت دیود نورگسیل ارگانیک[۸] متمرکز بود، به ۱۰ سال زمان نیاز داشت تا اولین محصول خود « صفحه‌ی نمایش خودتراش برقی» را تجاری کند. به‌طور مشابه، انترنا سیونال هایپریون کاتالیزیز،[۹] شرکت سرمایه‌گذاری نانومواد[۱۰] در بوستون (ایالات متحد)، زمان‌بندی‌ای ۱۰ ساله را برای تجاری سازی کامپوزیت‌های

---

۱ spinoff (spinout)

۲ open innovation

۳ radical innovation

۴ disruptive innovation

۵ window of opportunity

۶ Cambridge Display Technology (CDT)

۷ Cavendish Laboratory

۸ organic light-emitting diodes (OLEDs)

۹ Hyperion Catalysis International

۱۰ nanomaterials

پلیمری تقویت‌شـــده با نانولوله‌های کربنی[1] دنبال کرد (برای هر دو مورد بنگرید به ۸). نانوســـفر،[2] شـــرکت درون‌گذارده از دانشـــگاه نورث‌وســـترن،[3] ۱۳ ســـال زمان نیاز داشـــت تا نخســـتین کیت تشـــخیص گندخونی[4] جهان را تجاری کند (۱۷). نمونه‌ی دیگر نانوگرام[5] اســـت (یکی از ا ستارتاپ‌های سیلیکون ولی) که تجاری سازی ماده‌ی کاتدی کارا[6] برای باتری‌های درون‌کا شتی پز شکی[7] را طی ۸ سال با موفقیت انجام داد (۱۸). در هر یک از نمونه‌های پیش‌گفته‌ی نخستین محصولات تجاری، اندازه‌ی کل بازار با آ شنایی بیشتر طراحان با مواد جدید، کاربرد این مواد در صنایع جدید و نوآوری‌های تکمیلی[8] به‌آرامی افزایش یافته است.

نظر به اهمیت مســئله‌ی تجاری‌ســازی، به‌ویژه تجاری‌ســازی نانومواد مهندســی‌شــده در صــنعت رنگ و کاربردهای صــنعتی فزاینده‌ی آن، پژوهش حاضـر با به‌کارگیری روش کیفی و مصـاحبه با اعضـای هیات علمی، پژوهشـگران و نخبگان پژوهشـگاه‌ها پیش از هر چیز به این مســئله می‌پردازد که چگونه ماهیت ســرمایه‌گذاری در نانومواد مهندســی‌شــده در صــنعت رنگ به موقعیت بالادســتی آن در یک یا چند زنجیره‌ی ارزش صنعتی گره خورده است و نیازمند نوآوری‌های مکمل خاص صنعتی و کاربردی است که منجر به سطوح بالای عدم‌قطعیت فناوری و در عین حال عدم‌قطعیت بازار می‌شود و بر توانایی این فناوری‌ها برای ایجاد ارزش تأثیر می‌گذارد. آشکار است زمان‌بندی طولانی تأثیری منفی بر تمایل ســـرمایه‌گذاران و شـــرکای بالقوه برای ســـرمایه‌گذاری، چه‌به‌لحاظ زمانی و چه پولی، در تجاری‌ســـازی نانومواد مهندســی‌شــده دارد، با این وجود ســرمایه‌گذاران متخصــص در حوزه‌ی مواد پیشــرفته با بهینه‌ســازی راهبردهای خود برای کمینه‌ســازی عدم‌قطعیت بازار و فناوری، و همچنین شتابدهی[9] زمان ورود به بازار از استارتاپ‌ها حمایت می‌کنند (۱۳-۱۴).

تجاری‌ســازی مواد پیشــرفته از جمله عوامل مؤثر بر تولید ارزش اســت و در دو دهه‌ی اخیر موجب حجم قابل‌ملاحظه‌ی ســرمایه‌گذاری شرکت‌های چندملیتی در حوزه‌ی مواد پی شرفته شده ا ست (۱-۴). اما شرکت‌هایی که در حوزه‌ی تجاری سازی مواد پی شرفته فعالیت می‌کنند به‌دلیل چالش‌های م سیر تجاری سازی از آزمای شگاه‌ها به بازار غالباً ک سب‌وکارهایی پرخطر ه ستند (۱۰-۸ و ۱۱-۱۲). وانگهی، زمان‌بندی طولانی تجاری سازی معمولاً تأثیری منفی بر سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی موارد پی شرفته دارد (۱۴-۱۳). هم‌زمان، عدم‌قطعیت در رسیدن به فرآیند تولید کامل و صرفه‌ی اقتصادی، تناسب با کاربردهای مختلف در صنایع (۱۶ و ۱۹-۲۱)، بازاریابی خاص (۲۲)، آشنایی با مواد جدید و امکانات طراحی آن‌ها، نیازمندی به نوآوری‌های تکمیلی (۳، ۸ و ۱۰)، و همچنین فاصله‌ی زیاد با مصرف‌کننده‌ی نهایی (۱۳-۱۴ و ۲۳) بر پیچیدگی چالش‌های ســرمایه‌گذاری در تجاری‌ســازی مواد پیشــرفته می‌افزاید. در کل، زمان طولانی فرآیند تجاری‌ســازی، هزینه‌های بالای سرمایه و عدم‌قطعیت از جمله موانع سرمایه‌گذاری در مواد پی شرفته و نوآوری‌های این حوزه ه ستند. با اتخاذ راهبردهای مناسب می‌توان عدم‌قطعیت فناوری و عدم‌قطعیت بازار را کاهش داد و فرآیند تجاری‌سازی مواد پیشرفته را سرعت بخشید.

نوآوری نانومواد مهند سی شده در صنعت رنگ ا سا ساً تجاری سازی دانش جدید تولید شده تو سط تحقیقات پایه و کاربردی ا ست که در دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های دولتی و بخش پژوهش و توسعه‌ی شرکت‌های بزرگ رخ می‌دهد. نوآوری فناوری به‌خودی‌خود دارای سطحی بالا از عدم‌قطعیت ا ست؛ چرا که علاوه بر پژوهش‌های معمول، تجاری سازی نانومواد مهند سی شده نیازمند تو سعه‌ی نمونه‌ی اولیه و واحدهای آزمایشی ا ست. نوآوری در نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ پیش از دریافت بازخورد و پذیرش مشتری با مسئله‌ی سرمایه‌گذاری در گران‌ترین پروژه‌های پژوهش و تو سعه مواجه ا ست. همچنین، چالش بازاریابی منجر به عدم‌قطعیت بازار و د شواری ارائه‌ی ارزش مح صول در کاربردی خاص می‌شود. محصولات شرکت‌هایی که فناوری نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ را تجاری می‌کنند در ارزیابی نیازهای مصـرف‌کننده و مدیریت بازار و بازخوردها با مشـکل مواجه می‌شـوند. مشـتریان معمولاً تأمین‌کنندگان خرد، و مونتاژکنندگان و تولید کنندگان تجهیزات ا صلی ه ستند که باید برای طراحی مجدد مح صولات خود متقاعد شوند. طراحان در این شرکت‌های تولیدی ممکن است با مواد جدید و امکانات طراحی آن‌ها آشنا نباشند؛ حتی اگر از نحوه‌ی به‌کارگیری مواد آگاه باشند ممکن است در برابر معرفی ماده‌ی جدید مقاومت کنند، زیرا به یادگیری و تلاش مضـاعف نیاز دارد. حتی وقتی مشـتریان بالقوه با پذیرش این تکنولوژی موافقت کنند، مواد جدید در فرآیند تولید محصولات وارد نمی‌شوند و باید چرخه‌ی جدید محصول (تقریباً ۳ سال در صنعت خودرو و تا ۳۰ سال در هوافضا) طی کنند. بعلاوه، نوآوری‌های نانومواد مهندســی‌شــده مســتقل نیســتند و برای عرضــه به بازار به نوآوری‌های مکمل (اصــلاح یا تقویت محصولات و خدمات فعلی که عملکرد یا ارزش محصول و خدمات را افزایش می‌دهد) وابسته هستند. نیاز به این نوآوری‌های تکمیلی، عدم قطعیت بازار مواد پیشــرفته را افزایش می‌دهد و توانایی شــرکت‌های برای ارائه‌ی ارزش فناوری جدید در کاربردهای خاص را به تأخیر

---

۱ carbon-nanotube-reinforced polymer composite

۲ Nanosphere

۳ Northwestern University

۴ Septicemia

۵ NanoGram

۶ high-performance cathode material

۷ medical implantable battery

۸ complementary innovation

۹ accelerating

می‌اندازد. همچنین، عدم پیوستگی با محصولات یا فرآیندهای قبلی منجر به عدم‌قطعیت و تأخیر بیشتر می‌شود. در عین حال، نوآوری در مواد پیشرفته یکی از عوامل مؤثر بر تولید ارزش در بسیاری از بخش‌های اقتصادی است. نظر به این‌که چرخه‌ی پذیرش برای مواد پیشرفته، به‌خصوص نوآوری در این حوزه، طولانی و همراه با عدم‌قطعیت است، پژوهش حاضر با بررسی راهبردها و عوامل مؤثر بر ورود محصول به بازار، به ارائه‌ی الگویی از تجاری سازی نتایج نانومواد مهندسی شده می‌پردازد که زمان‌بندی تو سعه‌ی محصول و عدم‌قطعیت فناوری و بازار را کاهش دهد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- روش‌شناسی

ادبیات پژوهش چهار راهبرد برای غلبه بر چالش‌های تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده از مرحله‌ی آزمایشگاهی تا ورود به بازار ارائه می‌دهد: ۱. شتابدهی، ۲. اولویت‌بندی بازارهای هدف، ۳. موقعیت راهبردی در زنجیره‌ی ارزش، ۴. شراکت و اتحاد راهبردی. پژوهش حاضر از روش تحلیل تماتیک براون و کلارک (۴۳-۴۶) برای بررسی این عوامل مؤثر بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده و، مبتنی بر ادبیات پژوهش، پاسخ‌گویی به پرسش اصلی و پرسش‌های فرعی زیر استفاده کرده است:

پرسش اصلی: چه عواملی بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده اثرگذارند؟

پرسش‌های فرعی:

عدم‌قطعیت فناوری چه تأثیری بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده دارد؟

عدم‌قطعیت بازار چه‌تأثیری بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده دارد؟

شتابدهی چه‌تأثیری بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده دارد؟

اولویت‌بندی بازارهای هدف چه‌تأثیری بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده دارد؟

موقعیت راهبردی در زنجیره‌ی ارزش چه‌تأثیری بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده دارد؟

شراکت و اتحاد راهبردی چه‌تأثیری بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده دارد؟

در روش تحلیل تماتیک، داده‌ها با جزئیات دقیق سازماندهی و توصیف می‌شوند. تم یا الگو دارای ارتباط مستقیم با داده‌ها و پرسش‌های اصلی و فرعی پژوهش و حاکی از سطح معناداری مجموعه‌ی داده‌ها است (۴۷-۴۸). بررسی داده‌های کیفی بر اساس روش تحلیل تماتیک دارای شش مرحله است: ۱. بررسی نخستین و پیاده‌سازی مصاحبه‌ها؛ ۲. کدگذاری اولیه به‌طور روشمند و مقایسه‌ی کدها؛ ۳. شناسایی الگوها یا تم‌های فرعی و اصلی؛ ۴. بازبینی تم‌های اصلی و فرعی، و مقایسه‌ی هر یک با قطعات کدگذاری‌شده و ترسیم نقشه‌ی تماتیک؛ ۵. تعریف تم‌های فرعی و اصلی؛ ۶. تدوین گزارش نهایی (۴۳-۴۶). ابزارگردآوری داده‌های پژوهش در بخش کیفی پرسش‌نامه‌ی نیمه‌ساختاریافته است. چارچوب مفهومی پرسش‌شنامه مبتنی بر پرسش‌های پژوهش عبارت است از:

بررسی تأثیر عدم‌قطعیت فناوری بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده ؛

بررسی تأثیر عدم‌قطعیت بازار بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده ؛

بررسی تأثیر شتابدهی بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده ؛

بررسی تأثیر اولویت‌بندی بازارهای هدف بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده ؛

بررسی تأثیر موقعیت راهبردی در زنجیره‌ی ارزش بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده ؛

بررسی تأثیر شراکت و اتحاد راهبردی بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده.

جامعه‌ی آماری بخش کیفی عبارت است از نخبگان دانشگاهی و مدیران پژوهشگاه‌ها که از دانش و تجربه‌ی لازم در این حوزه برخوردارند. افراد جامعه هدفمند انتخاب شدند. بررسی مجموعه‌ی داده‌های کیفی پژوهش مبتنی بر روش تحلیل تماتیک براون و کلارک (۴۳-۴۶)، و چنانچه گذشت، دارای شش گام پیوسته است:

بررسی اولیه‌ی پاسخ‌های مصاحبه‌شوندگان: پیاده‌سازی مصاحبه‌ها، مرور پاسخ‌ها و یادداشت ایده‌ها؛

شناسایی کدهای اولیه: کدگذاری پاسخ‌های مصاحبه‌شوندگان در قالب مجموعه‌ی داده‌ها به‌نحو روشمند و تطبیق کدهای شناسایی‌شده؛

شناسایی الگوها یا تم‌های فرعی: تطبیق کدهای شناسایی‌شده با تم‌های شناسایی‌شده و جمع‌آوری داده‌های مرتبط با تم‌های فرعی؛

بازبینی تم‌های فرعی: بررسی نسبت تم‌های فرعی با داده‌های کدگذاری‌شده و شکل‌گیری نقشه‌ی تماتیک؛

شناسایی الگوها یا تم‌های اصلی: بازبینی تم‌های فرعی و شناسایی و تعریف تم‌های اصلی؛

تدوین گزارش نهایی: گزینش قطعات قانع‌کننده، تحلیل بخش‌های برگزیده، بررسی نسبت تحلیل با پرسش‌ها و ادبیات پژوهش.

شناسایی کدها، تم‌های فرعی و تم‌های اصلی، و همچنین تحلیل یافته‌های پژوهش در دو سطح انجام شده است: ۱. بررسی ادبیات

مقاله پذیرفته شده

پژوهش، و ۲. تحلیل قطعات گردآوری‌شده بر اساس شش گام اخیر.
پژوهشگر کوشید تا در این مطالعه سعه‌ی صدر را رعایت کرده و فضایی با حداقل پیش‌داوری ایجاد کند. معیارهای تحلیل تماتیک مطلوب مبتنی بر مطالعات (۴۷-۴۸) است و در حین انجام مصاحبه و در هنگام تحلیل داده‌ها توسط پژوهشگر رعایت شد:
پیاده‌سازی داده‌ها: مصاحبه‌ها با جزئیات دقیق پیاده‌سازی شدند و رونوشت آن‌ها مورد بازبینی قرار گرفت؛
کدگذاری: پژوهشگر کوشید تا بررسی اهمیت داده‌ها با کمینه‌ی پیش‌داوری و کدگذاری داده‌ها فراگیر باشد؛ همچنین، از نمونه‌های محدودشده برای بررسی الگوها یا تم‌ها استفاده نشد. همه‌ی قطعات با الگوها یا تم‌ها تطبیق و تم‌ها بارها با یکدیگر و با مجموعه‌ی مصاحبه‌ها مقایسه شدند.
تحلیل: معناداری کدها و تم‌ها و مطابقت تحلیل نهایی و داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها به‌دقت بررسی شدند. تحلیل نهایی به‌گونه‌ای تدوین شد که روایتی متقاعدکننده از موضوع پژوهش باشد و توازن تحلیل و قطعات برگزیده را منعکس کند.
پژوهشگر به هر یک از مراحل پیش‌گفته زمان بسنده اختصاص داده است.

۲-۲- داده‌های پژوهش

این بخش به تحلیل یافته‌های پژوهش کیفی می‌پردازد. ابتدا مصاحبه شوندگان به‌ترتیب کدگذاری شدند و سپس داده‌های هر مصاحبه به‌طور جداگانه و تحت کدمصاحبه‌شونده‌ی خاص پیاده‌سازی شد (اعم از پیاده‌سازی مصاحبه و بازبینی). جامعه‌ی آماری پژوهش، چنانچه گذشت، عبارت است از نخبگان دانشگاهی و مدیران پژوهشگاه‌ها که از دانش و تجربه‌ی لازم در این حوزه برخوردارند. افراد جامعه هدفمند انتخاب شدند. در جدول ۱ جنسیت نمونه‌های مورد مطالعه به‌تفکیک بیان شده است.

جدول ۱. جنسیت نمونه‌ها
Table 1. Gender of samples

Gender	Female	Male
Number	5	9

پس از پیاده‌سازی مصاحبه‌ها، مفاهیم مهم و قابل‌توجه از هر عبارت معنایی استخراج شده و سپس دسته‌بندی‌هایی که در گستره‌ی معنایی فراگیرتر به‌عنوان تم‌های فرعی قابل جاگذاری بودند ایجاد و در گام نهایی تم‌های اصلی شناسایی شدند.

۲-۳- کدگذاری داده‌ها

پس از بررسی اولیه، کدگذاری باز داده‌های مرتبط با پرسش‌های پژوهش و پرسش‌های محوری پرسش‌نامه در نوبت‌های جداگانه انجام شد. با توجه به ماهیت تحلیل تماتیک کدها از پیش تعیین نشدند و در مراحل کدگذاری بارها بررسی و اصلاح شدند. در موارد متعدد بین شش گام تحلیل براون و کلارک حرکت و برخی مراحل کدگذاری مجدداً عملیاتی شد تا هم‌پوشانی حداقلی شود و تم‌های فرعی دقیقاً معرف هر عبارت معنایی و کد خاص باشد. کدهای استخراج‌شده عبارتند از:
کدهای زمینه‌ی فناورانه: (۱) عدم‌قطعیت فناوری، (۲) بلوغ فناوری، (۳) نوآوری و (۴) کیفیت محصول. کدهای زمینه‌ی اقتصادی: (۱) تقاضای محصول، (۲) بازار رقابتی، (۳) دسترس‌پذیری مواد اولیه، (۴) بازاریابی، (۵) سرمایه‌گذاری.
کدهای زمینه‌ی دانشی: (۱) صلاحیت تخصصی و (۲) تجربه‌ی تولید.
کدهای زمینه‌ی سیاست‌گذاری: (۱) حمایت دولتی و (۲) کنترل واردات.

۲-۴- تم‌های فرعی و اصلی

مطابق ۱۳ کد استخراج شده، در مجموع ۶ تم فرعی و ۴ تم اصلی شناسایی شد. جدول ۲ کدها، تم‌های فرعی و تم‌های اصلی را نشان می‌دهد.

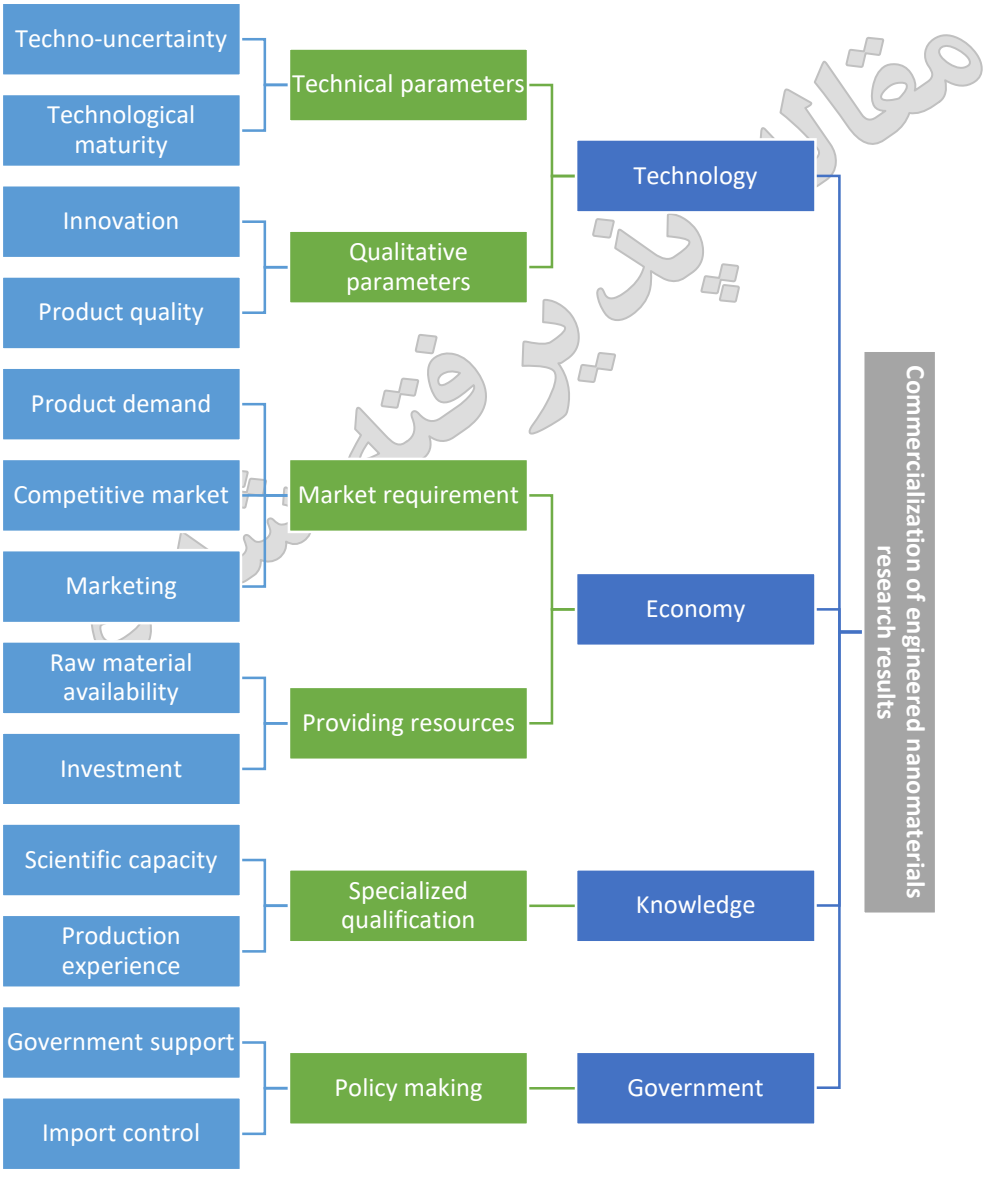
جدول ۲. کدها، تم‌های فرعی و تم‌های اصلی
Table 2. Codes, sub-themes and main themes

Main themes	Sub-themes	Codes
Technology	Technical parameters	Techno-uncertainty
		Technological maturity
	Qualitative parameters	Innovation

مقاله پذیرفته شده

		Product quality
Economy	Market requirement	Product demand
		Competitive market
		Marketing
	Providing resources	Raw material availability
		Investment
Knowledge	Specialized qualification	Scientific capacity
		Production experience
Government	Policy making	Government support
		Import control

بررسی تم‌ها شامل شناسایی مختصات ۴ تم اصلی «زمینه‌ی فناورانه»، «زمینه‌ی اقتصادی»، «زمینه‌ی دانشی» و «زمینه‌ی سیاسی» است؛ هر یک از تم‌های اصلی در اینجا از یک یا دو تم فرعی تشکیل می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱: مدل مفهومی تحلیل کیفی.

Figure 1: Conceptual model of qualitative analysis

مقاله پذیرفته شده

۲-۴-۱- زمینه‌ی فناورانه

بر اساس تحلیل داده‌های پژوهش، تم زمینه‌ی فناورانه شامل تم‌های فرعی «پارامترهای فنی» و «پارامترهای کیفی» است. مصاحبه‌شوندگان معتقدند که مسائل فناورانه به‌علت اهمیت مؤلفه‌های فنی و کیفی بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده اثرگذارند.

پارامترهای فنی: تولید صنعتی نانومواد مهندسی‌شده نیازمند بلوغ صنعتی و ارزیابی مؤلفه‌های فنی است و پیاده‌سازی این مؤلفه‌ها باید هم در مرحله‌ی آزمایشگاهی و هم در مرحله‌ی صنعتی رعایت شوند.

پارامترهای کیفی: نوآوری در تولید نانومواد مهندسی‌شده باید تحول‌آفرین باشد و کیفیت محصول به‌حدی باشد که در بازار جذب شود.

۲-۴-۲- زمینه‌ی اقتصادی

بر اساس تحلیل داده‌های پژوهش، تم زمینه‌ی اقتصادی شامل تم‌های فرعی «نیازمندی بازار» و «تأمین منابع» است. مصاحبه‌شوندگان معتقدند که مسائل اقتصادی به‌علت اهمیت بازار و منابع بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده اثرگذارند.

- نیازمندی بازار: تولید صنعتی نانومواد مهندسی‌شده در بازار رقابتی پیش از هر چیز نیازمند ارزیابی تقاضا، و هم‌زمان بازاریابی و تولید نیاز است.

- تأمین منابع: تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده نیازمند تأمین مواد اولیه به‌صورت بومی و تأمین سرمایه برای پژوهش، توسعه و تولید صنعتی است.

۲-۴-۳- زمینه‌ی دانشی

بر اساس تحلیل داده‌های پژوهش، تم زمینه‌ی دانشی شامل تم فرعی «صلاحیت تخصصی» است. مصاحبه‌شوندگان معتقدند که مسائل مربوط به دانش به‌علت اهمیت تخصص و تجربه بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده اثرگذارند.

صلاحیت تخصصی: تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده بدون برخورداری از صلاحیت علمی و پژوهشی این حوزه و همچنین تجربه‌ی کافی در تولید این مواد امکان‌پذیر نیست.

۲-۴-۴- زمینه‌ی سیاسی

بر اساس تحلیل داده‌های پژوهش، تم زمینه‌ی سیاسی شامل تم فرعی «سیاست‌گذاری» است. مصاحبه‌شوندگان معتقدند که مسائل سیاست‌گذاری به‌علت اهمیت نقش دولت بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده اثرگذارند.

سیاست‌گذاری: دولت‌ها در تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده نقش تسهیل‌گر فعالیت‌ها را دارند و با کنترل واردات می‌توانند تولید صنعتی نانومواد مهندسی‌شده را در داخل کشور تقویت کنند.

۳- بخش نتایج

دلایل عدم‌قطعیت فناوری نسبتاً روشن است. حتی پس از دریافت حق امتیاز، انتقال آنچه صرفاً در آزمایشگاه موفقیت‌آمیز بوده است به فرآیند تولید کامل[۱] همیشه امکان‌پذیر نیست؛ و حتی اگر امکان‌پذیر هم باشد، لزوماً به‌لحاظ اقتصادی به‌صرفه نیست (۱۶، ۲۱-۱۹). وانگهی، مواد به‌طور معمول باید برای کاربردهای مختلف صنعتی متناسب شوند؛ کاربردهایی که در آن‌ها ترکیب‌های مختلفِ ویژگی‌های عملکردی ارزشمند هستند. نمونه‌ای از این تناسب در به‌کارگیری نانومواد است؛ فرآیند تولید نانومواد اختصاصی[۲] در استارتاپ نانوگرام که نانوذراتی[۳] کوچک (۵ تا ۲۰۰ نانومتر)، یکنواخت و با خلوص بالا را برای طیفی گسترده از مواد تولید می‌کرد کاربردهایی در انرژی‌های

---

۱ full-scale

۲ proprietary nanomaterials

۳ nanoparticle

مقاله پذیرفته شده

جایگزین، لوازم الکترونیکی مصرفی یا خانگی،[1] صنایع زیست‌پزشکی[2] و صنایع ارتباطی داشت که جملگی نیازمند توسعه‌ی عناصر پیش‌نمون (نمونه‌ی اولیه)[3] و متمایز بودند؛ به‌ویژه، مواد کاتدی نقره‌وانادیم‌اکسید[4] نانوذرات امکان تولید باتری‌هایی با ظرفیت انرژی بالاتر را فراهم و استفاده از دستگاه‌های پزشکی درون‌کاشتیِ کوچک‌تر و بادوام‌تر را امکان‌پذیر کرد. اما، ترکیبی متفاوت از ویژگی‌ها در باتری‌های خودرو، مثلاً شارژ سریع‌تر، نیازمند تغییر و تناسب مواد در فرآیندهای تولید نانوگرام بود. مواد مختلف و متناسب‌سازی محصول و ویژگی‌های آن برای پاسخگویی به نیازهای بازار ضروری است، برای نمونه انواع ترکیبات نوری برای مخابرات (فیبر نوری) و سلول‌های خورشیدی، و عملکرد ترکیبات مختلف مواد و ویژگی‌ها باید در مقیاس‌های متفاوت ارزیابی شود (۱۸).

چالش‌های بازاریابی خاص که سرمایه‌گذاری خطرپذیر در مواد پیشرفته با آن‌ها مواجه است کمتر شناخته شده‌اند. سطوح بالای عدم‌قطعیت بازار با (۱) موقعیت بالادستیِ[5] سرمایه‌گذاری در زنجیره‌ی ارزش صنایع هدف (مجموعه‌ی فعالیت‌ها و شرکت‌های درگیر در ساخت و توزیع محصول) (۲۲)، (۲) با ضرورت نوآوری‌های تکمیلی در کاربردهای نوظهور محصول، (۳) با این امر که مشتریان نهایی و بالقوه معمولاً نمی‌توانند اختراعات را کارآزمایی کنند، و همچنین (۴) با بازارهای متعدد که فناوری مواد پیشرفته در آن‌ها به‌کار می‌رود در ارتباط است.

فاصله‌ی زیاد با مصرف‌کننده‌ی نهایی، ارزیابی نیازهای مصرف‌کننده و مدیریت بازخورد و آزمایش بازار[6] را برای شرکت‌های مواد دشوار می سازد (۱۳، ۱۴ و ۲۳)؛ به‌عنوان مثال، در تجاری سازی کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با نانولوله‌ی کربنی در انترنا سیونال هایپریون کاتالیزیز، مشتریان نوعاً تأمین‌کنندگان (در این مورد، تأمین‌کنندگان خودرو) و تولیدکنندگان تجهیزات اصلی کالاهای مونتاژشده (در این مورد، تولیدکننده‌ی خودرو) هستند که باید متقاعد شوند و سپس به طراحی محصولات نوآورانه کمک کنند (۸). طراحان پایین‌دستی[7] در این شرکت‌های تولیدی چه‌بسا با مواد جدید و امکانات طراحی آن‌ها آشنا نباشند، یا در برابر تغییراتی که ظرفیت‌های مهارت فعلی آن‌ها را تضعیف کند مقاومت کنند (۳، ۱۰ و ۱۳).

طراحی مجدد محصول نهایی برای تجاری سازی محصول نوعی نوآوری تکمیلی است (یعنی مجموعه‌ای از پیشرفت‌های مورد نیاز برای عملی شدن تولید محصول)، که اختراعات در حوزه‌ی مواد پیشرفته معمولاً نیازمند این نوآوری‌های تکمیلی هستند (۳، ۱۰، ۱۳)؛ به‌عنوان مثال، پذیرش اهمیت فیبر کربن بسته به نوآوری‌های فرآیندی در تولید کامپوزیت پلیمر و نیازمند تغییراتی کلیدی در طراحی برای کاربردهای دریایی، طراحی تجهیزات ورزشی و صنعت خودرو و کاربری‌های هوافضایی بود. به‌طور مشابه، پذیرش کامپوزیت‌های پلیمری ساختاری در صنعت خودرو و هوافضا نیاز به طراحی‌های تکمیلی برای یکپارچه‌سازی قطعات و مقرون‌به‌صرفه‌بودن تولید محصول دارد (۲۴). نمونه‌ی دیگر، پیل سوختی غشا مبادله پروتون،[8] که مدت‌ها است برای جایگزینی موتور احتراق داخلی در خودروها ارزیابی و آزمایش می‌شود، هنوز منتظر زیرساخت‌های لازم برای به‌کارگیری هیدروژن به‌عنوان سوخت و برای نوآوری‌های فرآیندی است که هزینه‌ی کاتالیزورها را کاهش داده و دوام غشاء را افزایش می‌دهد (۲۶-۲۵). نیازمندی به این نوآوری‌های تکمیلی موجب عدم‌قطعیت بازار می‌شود.

پذیرش مواد جدید مستلزم به‌رسمیت شناختن مزیت نسبی آن‌ها است. مطالعات بازاریابی در خصوص پذیرش محصول حاکی از آن است که اگر نوآوری‌ها با شیوه‌های تولید موجود سازگار باشند و مزایایی مشهود و ملموس را ارائه دهند سریع‌تر مورد پذیرش قرار می‌گیرند و به‌کار می‌روند. اما مشاهده و درک مشتریان از نوآوری در حوزه‌ی موادی که دارای بیشترین ظرفیت‌ها هستند غالباً دشوار است (۳۰-۲۷). نوآوری‌هایی از این دست چه‌بسا توسط مصرف‌کننده‌ی نهایی حتی پس از ارائه‌ی پیش‌نمون (نمونه‌ی اولیه‌ی) کامل از محصولِ پایین‌دست همچنان نامشهود باشند.

ابعاد ایجاد ارزش مواد پیشرفته به‌نوبه‌ی‌خود می‌تواند عدم‌قطعیت بازار را افزایش دهد. سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی مواد پیشرفته اغلب چندین صنعت را هدف قرار می‌دهند (از جمله خودرو سازی، هوافضا، لوازم الکترونیکی مصرفی یا خانگی، دستگاه‌های زیست‌پزشکی، ساخت‌وساز، تولید برق، مخابرات، تجهیزات ورزشی و کاربردهای دفاعی) و باید در مورد بازارهای هدف و کاربردهای خاص محصولات تصمیم‌گیری شود. مسئله‌ی اخیر معمولاً شامل جمع‌آوری اطلاعات در مورد کاربردها و ویژگی‌های عملکردی مربوطه در صنایع مختلف، موانع قانونی یا زیرساختی، و تلاش برای مشارکت است (۱۶، ۱۹ و ۲۱). در نتیجه، انتخاب بازار هدف اولیه در حوزه‌ی مواد پیشرفته یعنی تطبیق فناوری و بازار-راز اولویتی اجتناب‌ناپذیر برخوردار است (۲، ۸ و ۱۰).

---

[1] consumer electronics

[2] biomedical

[3] prototype

[4] silver–vanadium-oxide

[5] upstream position

[6] market experimentation

[7] downstream designer

[8] proton exchange membrane fuel cell

مقاله پذیرفته شده

زمان‌بندی برای سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی مواد پیشرفته معمولاً با مرحله‌ی موفقیت نوآوری آغاز شده، با مرحله‌ی توسعه‌ی طولانی‌مدت و تجاری سازی دنبال می شود و سرانجام به مرحله‌ی پذیرش نهایی محصول و شروع درآمدزایی می‌رسد. اما سرمایه‌گذاران می‌خواهند در مراحل اولیه سرمایه‌گذاری کنند و وقتی شرکت به رویداد نقدینگی،[1] عرضه‌ی اولیه[2] یا اکتساب،[3] رسید، یا پس از این‌که شرکت به درآمد محصول پس از تطبیق فن‌آوری و بازار، توسعه، افزایش مقیاس فرآیند و عبور از موانع نظارتی مرحله‌ی توسعه‌ی خود دست یافت خارج شوند. این در حالی است که حتی بعد از کسب درآمد محصول، اگر رقبا محصولات جایگزین جدید ارائه دهند، عدم‌قطعیت بازار به قوت خود باقی می‌ماند (۲، ۸، ۱۰ و ۲۱). ادبیات پژوهش چهار راهبرد برای غلبه بر چالش‌های تجاری‌سازی از مراحل آزمایشگاهی تا ورود به بازار ارائه می‌دهد: ۱. شتابدهی، ۲. اولویت‌بندی بازارهای هدف، ۳. موقعیت راهبردی در زنجیره‌ی ارزش، و ۴. شراکت و اتحاد راهبردی.

برنامه‌های شتابدهی نظیر شتاب‌دهنده‌ی ایده‌ی وای کامبینیتور[4] در سیلیکون ولی به‌نحو فزاینده‌ای محبوب شده‌اند. اما، اکثر شتاب‌دهنده‌ها استارتاپ‌هایی با تجاری‌سازی کوتاه‌مدت را می‌پذیرند و بر شبکه‌سازی، بازاریابی و مشاوره‌ی تجاری تمرکز می‌کنند. شتاب‌دهنده‌های فناوری پاک،[5] پدیده‌هایی بسیار جدیدتر هستند که به چالش سرمایه‌گذاری در مواد می‌پردازند. این شتابدهنده‌ها استارتاپ‌هایی با مراحل تجاری سازی طولانی‌تر را می‌پذیرند و به‌طور کلی دسترسی به امکانات فنی و تخصصی را امکان‌پذیر می سازند. سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی مواد پیشرفته می‌تواند از این شتاب‌دهنده‌های جدید برای کاهش عدم‌قطعیت فناوری و بازار استفاده کند (۳۱-۳۴).

در فرایند تجاری‌سازی، اولویت اصلی در مراحل اولیه تصمیم‌گیری در خصوص تطبیق فناوری و بازار است. در شرکت‌های متصدی بزرگ،[6] این کار از طریق تیم‌های داخلی انجام می‌شود که امکان‌پذیری تجاری‌سازی را از طریق تقسیم‌بندی بازار راهبردی، مصاحبه با مشتری‌ها و انتخاب بازار جایگزین بررسی می‌کنند. از آنجا که سرمایه‌گذاری‌های کوچک اساساً چندان به منابع، تجربه‌های لازم و شبکه‌ها برای اتخاذ چنین تصمیماتی دسترسی ندارند، می‌توانند از مزیت مشاوره و فعالیت‌های شبکه‌ای در برنامه‌های شتاب‌دهنده‌ی مواد پیشرفته استفاده کنند (۱۶، ۱۹ و ۲۱). در عین حال، دولت‌ها می‌توانند با حمایت از رویدادهای شبکه‌سازی[7] و برنامه‌های تأمین مالی در تسهیل اولویت‌بندی بازارهای هدف و تطبیق فناوری و بازار نقش داشته باشند. برخی برنامه‌های کمک‌هزینه‌ی مالی[8] نظیر صندوق فناوری کانادا[9] به‌صورت هدفمند در این مسیر حرکت می‌کنند. استارتاپ‌هایی که بر محصولات متفاوت متمرکز نیستند یا در تطبیق فناوری خود با کاربرد اولیه مناسب شکست می‌خورند، با مسیر طولانی و دشوار چرخه‌ی تجاری‌سازی مواجه می‌شوند (۳۵-۳۷).

فناوری‌های مواد حاکی از نوآوری‌های بالادستی هستند و شرکت‌هایی که این فناوری‌ها را تجاری می‌کنند به‌طور کلی فاصله‌ای زیاد از مصرف‌کننده‌ی نهایی دارند. ادغام رو به جلو (راهبردی تجاری شامل توسعه‌ی فعالیت‌های شرکت برای توزیع مستقیم محصولات)[10] در زنجیره‌ی ارزشِ یک یا چند صنعت (برای مثال، تأمین‌کننده‌ی قطعات خودرو یا حتی تولیدکننده‌ی خودرو مانند تسلاموتورز)[11] بسیار سرمایه‌بر است. بسیاری از شرکت‌های چندملیتی که در حوزه‌ی مواد شیمیایی فعالیت می‌کنند در برابر ادغام رو به جلو مقاومت می‌کنند (چرا که به نوعی موجب رقابت با مشتریان می شود) و چنین راهبردی را تنها در قالب سرمایه‌گذاری مشترک[12] می‌پذیرند؛ مثال بارز مورد اخیر فیبر کربن خودرو،[13] سرمایه‌گذاری مشترک شرکت آلمانی اس‌ال‌جی کربن[14] با خودروسازی بی‌ام‌و آلمان برای طراحی و توسعه‌ی قطعات خودرو با استفاده از پلیمر تقویت‌شده با فیبر کربن است.

اگر عدم‌قطعیت فناوری در فرآیند تولید همچنان وجود داشته باشد، چه‌بسا سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی مواد پیشرفته نیازمند ادغام رو به جلو باشد؛ برای نمونه، فناوری نمایشی کمبریج راهبرد تولید خود را پس از ارزیابی این‌که فیلیپس[15] می‌تواند دیود نورگسیل

---

۱ liquidity event
۲ initial public offering
۳ acquisition
۴ Y Combinator
۵ cleantech
۶ incumbent firm
۷ networking event
۸ grant programme
۹ SDTC Tech Fund (Sustainable Development Technology Canada)
۱۰ forward integration
۱۱ Tesla Motors
۱۲ joint venture
۱۳ automotive carbon fiber
۱۴ SGL Carbon
۱۵ Philips

ارگانیک تولید کند رها کرد، و این یعنی شـــرکتی چندملیتی معمولاً در افزایش مقیاس فرآیند بهتر از شـــرکتی جدید عمل می‌کند. سرمایه‌گذاری مشترک در حوزه‌ی مواد پیشرفته با تأمین‌کنندگان مواد چندملیتی، که فناوری‌های پیشرفته را با تخصص خاص خود در افزایش مقیاس فرآیند برای ساخت کارخانه‌های تولیدی ترکیب می‌کنند، یکی از عوامل کاهش خطر در ارائه‌ی محصـولات به بازار اسـت. اساساً توسعه‌ی محصول مشترک یکی از راهکارهای مفید برای کاهش زمان چرخه‌ی پذیرش بازار است. تمرکز بر محصولاتی خاص که از سوی یکی از شرکا تأمین مالی می‌شوند برای کمینه‌سازی مسائل زنجیره‌ی ارزش و مسائل قانونی حائز اهمیت است و بازاری از پیش آماده را برای محصولی که با موفقیت توسعه یافته است فراهم می‌کند (۲، ۸ و ۱۰).

برای تعادل هزینه و پاداشِ ادغام روبه‌جلو در زنجیره‌ی ارزش، شرکتی نوآور می‌تواند ادغام رو-به‌جلو را تا به‌اصطلاح نقطه‌ی تفکیک[۱] عملیاتی کند؛ یعنی نقطه‌ی کدیفیکاسیون دانش (تنظیم دانش)[۲] که در آن عدم‌قطعیت فناوری در فرآیند یا محصـول، دیگر عاملی محدودکننده نیست. شرکت‌ها می‌توانند شکل سازمانی خود را طوری اتخاذ کنند که اجازه‌ی جذب منابع مالی بیشتر و کاهش ریسک را بدهد تا تجاری‌سـازی اختراع خود را در بیش از زنجیره‌ی ارزش صـرفاً یک صـنعت دنبال کنند. در سـرمایه‌گذاری همچنین می‌توان از اتحادهای راهبردی متعدد برای نفوذ در زنجیره‌ی ارزش و اطمینان از بازخورد به‌موقع برای تو سعه‌ی بهینه‌ی مح صول ا ستفاده کرد (۱۸، ۳۸-۳۹).

همان‌طور که شـرکت‌های چندملیتی بیشـتر به سـمت نوآوری باز[۳] و سـرمایه‌گذاری خطرپذیر شـرکتیِ خارجی[۴] حرکت می‌کنند، اتحادهای مؤثر هم برای شـرکت‌های متصـدی و هم برای سـرمایه‌گذاری در حوزه‌ی مواد پیشـرفته از اهمیتی قابل‌ملاحظه برخوردار اسـت. مالکیت فکری[۵] بخشی مهم از چنین شراکتی است (۳۸ و ۴۰). راهبرد بالقوه برای شراکت در اتحادی بردـــبرد شامل برخورداری از سرمایه‌گذاری و انح صار پروانه‌ی مالکیت فکری مواد برای شراکت با شرکت‌های چندملیتی در حوزه‌ی به‌کارگیری در منطقه‌ی جغرافیایی یا دوره‌ی زمانی خاص اسـت. انحصـاری‌بودن[۶] منجر به تبادل آزادتر دانش و دانش ضـمنی یا تلویحی[۷] بین شـرکت‌ها می‌شـود. محدودیت پروانه‌ی مالکیت فکری به جاویژه[۸] یا دوره‌ی زمانی خاص به تعادل قدرت بین سـرمایه‌گذاری خطرپذیر و شـرکت‌های چندملیتی کمک و انگیزه‌های آن‌ها را به یکدیگر نزدیک‌تر می‌کند. حوزه‌ی زیست‌فناوری و صنعت دارو سازی[۹] نمونه‌هایی منا سب برای نحوه‌ی عملیاتی‌کردن راهبرد اخیر ا ست. همچنین، ا ستارتاپ‌ها می‌توانند از منافع تأمین امنیت پروژه‌های تو سعه‌ی مح صول تو سط سایر شرکت‌ها ا ستفاده کنند. چنین راهبردی برای شتابدهی زمان ورود به بازار بسیار منا سب ا ست، چرا که اگر مح صول با موفقیت تو سعه یابد، از پیش بازاری آماده در اختیار خواهد داشت (۴۱-۴۲).

نوآوری فناوری در تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده، چنانچه پیش‌تر گذشت، دارای سطحی بالا از عدم‌قطعیت است؛ چرا که علاوه بر پژوهش‌های رایج، تجاری‌سـازی نانومواد مهندسـی‌شـده نیازمند توسـعه‌ی نمونه‌ی اولیه و واحدهای آزمایشـی اسـت. از نظر مصـاحبه‌شـونده‌ی کد ۱، ارزیابی پارامترهای فنی در سـطح آزمایشـگاهی لزوماً به‌معنای تأثیرگذاری مشـابه در سـطح صـنعتی نیسـت. مصاحبه‌شونده‌ی کد ۷ خاطرنشان می‌کند:

> مواردی داریم که به‌طور خاص حتی فناوری در اشـل آزمایشـگاهی جواب داده، اما در پایلوت خیلی خوب کار نکرده اسـت... و یک‌راست رفته‌اند روی اشل صنعتی، و روی اشل صنعتی اصلاً کار نکرده و همین را عرضه کرده‌اند به بازار و شکست خوردند.

در نتیجه، ارزیابی پارامترهای فنی هم در بخش آزمایشـگاهی و هم در بخش صـنعتی حائز اهمیت اسـت و می‌تواند میزان عدم‌قطعیت فناوری را کاهش دهد. در عین حال، فناوری‌ای که توسعه داده می‌شود باید مطابق با بلوغ صنعتی به‌مثابه سیستمی کلان باشد؛ به‌عبارت دیگر، فناوری نانومواد مهندسی‌شده وابسته به فناوری‌های دیگر است و اگر این فناوری‌ها در مراحل ابتدایی پژوهش و توسعه باشند موجب تأخیر در پیشـرفت و به‌کارگیری نانومواد مهندسـی‌شـده می‌شـوند. ادبیات پژوهش تأکید می‌کند که چنین تطبیقی فناوری از اولویتی اجتناب‌ناپذیر برخوردار است (۲، ۸ و ۱۰). از نظر مصاحبه‌شونده‌ی کد ۱۳:

> این ماده {پیشرفته} از آنجا که خودش به‌تنهایی به فناوری خاصی ختم نمی‌شود و جزیی از یک سیستم بزرگ‌تر است، تا وقتی که آن سیستم تکامل نیافته و در واقع به صنعتی‌شدن نرسیده است، فناوری نانومواد مهندسی‌شده به مرحله‌ی بلوغش نمی‌رسد و در مقیاس آزمایشگاهی باقی می‌ماند.

---

۱ decoupling point

۲ knowledge codification

۳ open innovation

۴ external corporate venturing

۵ intellectual property

۶ exclusivity

۷ tacit knowledge (implicit knowledge)

۸ niche

۹ pharmaceutical industry

مقاله پذیرفته شده

پیش‌تر دیدیم که سطوح بالای عدم‌قطعیت بازار به عواملی چون موقعیت بالادستی سرمایه‌گذاری در زنجیره‌ی ارزش صنایع هدف، ضرورت نوآوری‌های تکمیلی در کاربردهای نوظهور محصـول، به این‌که مشـتریان بالقوه معمولاً نمی‌توانند اختراعات را ارزیابی کنند، و همچنین به بازارهای متعدد که فناوری نانومواد مهندسی‌شده در آن‌ها به‌کار می‌رود بستگی دارد. یافته‌های بخش کمی این پژوهش حاکی از آن است که عدم‌قطعیت بازار تأثیری منفی بر تجاری سازی نتایج پژوهش نانومواد مهند سی شده دارد. تقا ضای مح صول، بازار رقابتی و بازاریابی از جمله عوامل مهم اقت صادی در تجاری سازی نانومواد مهند سی شده و افزایش یا کاهش عدم‌قطعیت بازار ه ستند. م صاحبه شونده‌ی کد ۸ معتقد ا ست که ارزیابی نیازهای م صرف‌کننده در مرحله‌ی ابتدایی تو سعه‌ی فناوری نانومواد مهند سی شده ب سیار مهم ا ست. با برر سی نیازهای واقعی و احتمالی مصرف‌کنندگان، محققان و توسعه‌دهندگان می‌توانند مشکلات و چالش‌های موجود را شناسایی کنند و بر اساس آن، فناوری‌هایی را پیشنهاد دهند که بتوانند به‌خوبی به نیازهای مصرف‌کنندگان پاسخ دهند. از نظر مصاحبه‌شونده‌ی کد ۱۳:

> اگر بخواهیم نیازی را پاسخ دهیم باید بازار را رصد کنیم: رصد بازار، رصد مصرف‌کننده‌ها، رصد صنایع هدف، این‌که الان دارند چه ماده‌ای را ا ستفاده می‌کنند، چه موادی را می‌توانند جایگزین کنند، چقدر برای شان به صرفه ا ست که این مواد را جایگزین کنند، در پرو سه‌ی جایگزینی چه دغدغه‌هایی ممکن ا ست دا شته با شند، و در واقع یک ارزیابی کامل و مهند سی شده از آن چیزی که الان در صنعت دارد اتفاق می‌افتد و آن چیزی که ما می‌توانیم به‌عنوان پی شنهاد بهتر به آن‌ها ارائه دهیم تا همان نیازی که دارند را برطرف کنند.

ارزیابی نیاز م صرف‌کننده و ارائه‌ی فناوری جدید مبتنی بر آن می‌تواند به‌نتیجه‌ر سیدن تجاری سازی نانومواد مهند سی شده را ت سریع کند. م صاحبه شونده‌ی کد ۹ تأکید می‌کند: «وقتی که ماده‌ای را تولید می‌کنیم حتماً باید م صرف‌کننده دا شته با شد، اگر م صرف‌کننده ندا شته باشه {نتایج کار} صرفاً می‌شود مقاله».

نانومواد مهندسی شده باید بتوانند نیازها و م شکلات موجود در بازار را حل کنند و مزیت‌های قابل‌م شاهده و قابل‌ارزیابی در مقایسه با رقبا دا شته با شند. برر سی مراحل آزمایش و ارزیابی کارایی نانومواد مهند سی شده در شرایط واقعی می‌تواند در تأمین این مؤلفه ب سیار مفید باشد. از نظر مصاحبه‌شونده‌ی کد ۲:

> اینکه آیا با مواد غیرآزمای شگاهی یا صنعتی و نیمه صنعتی بتوانیم به فناوری‌ای با کیفیت منا سب بر سیم یا نه، و همچنین ورود بازار، م ستلزم این ا ست که شما بتوانید مح صولی را ارائه کنید که قابلیت تولید برای بازار را دا شته با شد یا مواد اولیه‌اش موجود باشد.

م سئله‌ی تأمین مواد اولیه در تجاری سازی نتایج پژوهش نانومواد مهند سی شده ب سیار حائز اهمیت ا ست؛ از جمله این‌که یا مواد اولیه در دسـترس نیسـت یا قیمت آن مقرون به صـرفه نیسـت و این هر دو مانع از ورود محصـول به خط تولید و تجاری‌سـازی می‌شـود. از نظر مصاحبه‌شوندگان، قیمت مواد اولیه رابطه‌ای خطی با موفقیت تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده دارد؛ تا حدی که از نظر مصاحبه‌شونده‌ی کد ۱۲ «فناوری موفق ا ست که فناوری خود را با مواد داخلی و ضایعات صنایع تولید کند. چنانچه ا شاره شد، تأخیر یا ت سریع تولید مواد اولیه‌ی مورد نیاز نانومواد مهند سی شده تو سط پترو شیمی‌های ک شور تأثیری قطعی در پی شبرد پروژه‌ها دارد. از این حیث، عدم‌قطعیت د سترسی به مواد اولیه یکی از محوری‌ترین چالش‌های تجاری سازی نتایج پژوهش نانومواد مهند سی شده در ایران ا ست. در همین را ستا، مصاحبه‌شونده‌ی کد ۲ تصریح می‌کند که:

> ما خیلی تولیدکننده‌ی مواد اولیه در کشور نداریم؛ به‌دلیل این‌که اولاً توان رقابت با واردات را ندارند، ثانیاً مواد اولیه‌ی آن {ماده‌ی پیشـرفته} خیلی موجود نیسـت. به همین دلیل شـرکت‌هایی که مثلاً پیگمنت تولید میکنند یا معدنی در دسـت دارند یا جایی ماده‌ای دارند که قالب‌سازی می‌کنند و ارائه می‌دهند.

بومی‌سـازی مواد اولیه و عدم‌وابسـتگی قیمت مواد به ارز نیازمند سـیاسـت‌گذاری و حمایت دولت اسـت. راهکار مصـاحبه‌شـونده‌ی کد ۲ به‌کارگیری سیاست‌های تشویقی است:

> به نظرم نقش دولت در واقع حمایت و نظارت اســت و در کنار آن خود بتواند به‌عنوان نهاد حاکمیتی ببیند نیازهای کشـــور چه چیزهایی است و در چه حوزه‌ای ارز خارج می‌شود، و براساس اولویت‌ها آن‌ها را به دانشگاه‌ها و فناورها اعلام کند و این ضمانت را بدهد که اگر آن‌ها روزی به این محصول رسیدند حمایت و واردات را محدود کند.

در عین حال، ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که دولت‌ها می‌توانند با حمایت از رویدادهای شبکه سازی و برنامه‌های تأمین مالی در تسهیل اولویت‌بندی بازارهای هدف و تطبیق فناوری و بازار نقش داشته باشند.

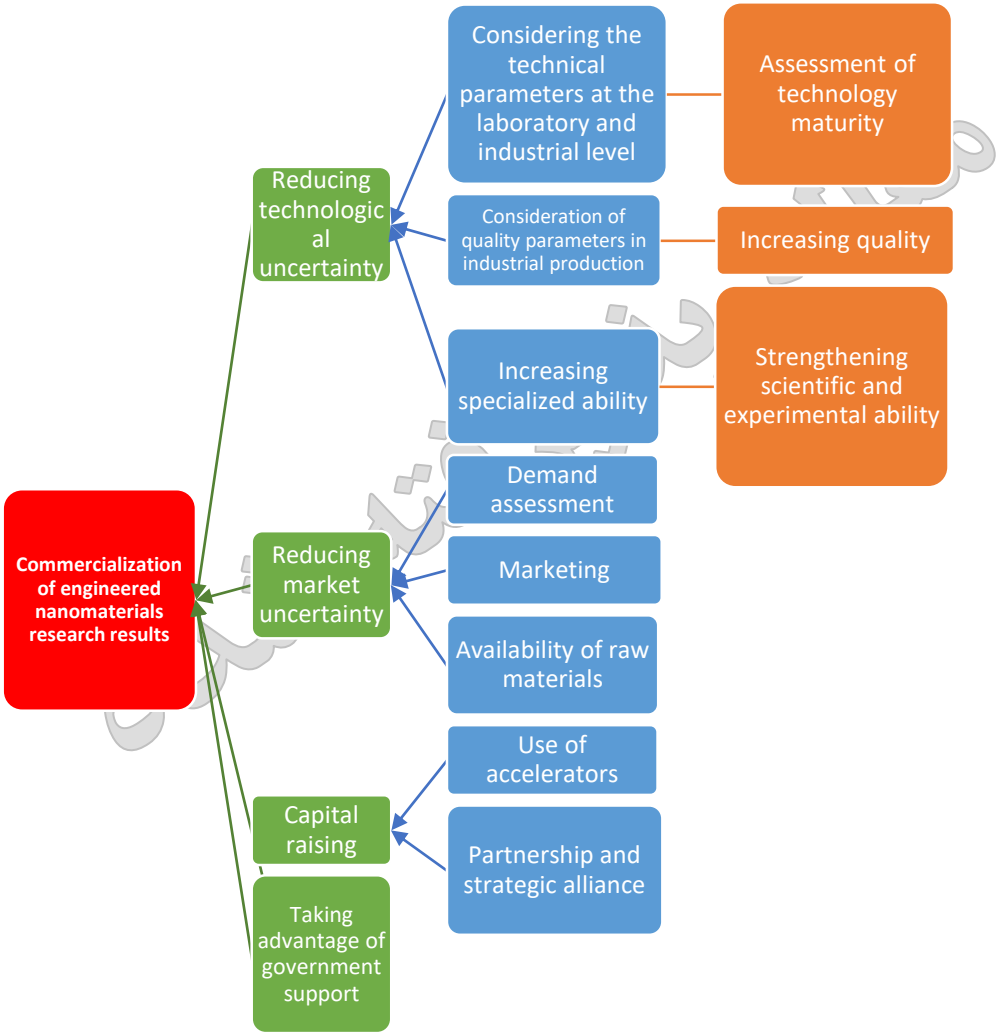
چنانچه در بررسی ادبیات پژوهش گذشت، پذیرش مواد جدید در گرو به‌رسمیت شناختن مزیت نسبی آن‌ها از سوی مصرف‌کنندگان است و اگر نوآوری با شیوه‌های تولید موجود سازگار با شد و مزایایی م شهود و ملموس دا شته با شد سریع‌تر مورد پذیرش قرار می‌گیرد و به‌کار می‌روند. در حوزه‌ی نانومواد مهند سی شده، نوآوری یعنی بهبود و کیفیت بالاتر و قیمت رقابت‌پذیر. از نظر م صاحبه شونده‌ی کد ۲، نوآوری در صنعت جدیدبودن نی ست، نوآوری در صنعت این ا ست که ماده‌ی پی شرفته بتواند تحولی ایجاد کند. از این حیث، نوآوری در نانومواد مهندسی‌شده با ثبات کیفیت و ثبات محصول در ارتباط است و موجب جذب هر چه سریع‌تر محصول در بازار می‌شود. در عین حال، جذب محصول در بازار و آشکارشدن نوآوری‌ها نیازمند تقویت بازاریابی است. چنانچه گذشت، نوآوری‌های نامشهود چه‌بسا توسط مصرف‌کننده‌ی

نهایی حتی پس از ارائه‌ی نمونه‌ی اولیه‌ی محصول همچنان نامشهود باشند. از نظر مصاحبه‌شونده‌ی کد ۸:

اگر نوآوری‌ها به‌درستی و به زبان ساده به مشتریان معرفی شوند، و مزایا و کاربرد آن‌ها به‌طور واضح بیان شود، مشتریان بهتر می‌توانند درک کنند که چگونه این نوآوری‌ها به مسائل و نیازهایشان پاسخ می‌دهند.

مسئله‌ی سرمایه‌گذاری در جاری سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی شده محوری است. ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که زمان‌بندی برای سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی نانومواد مهندسی شده به‌طور معمول با مرحله‌ی موفقیت نوآوری آغاز می شود، با توسعه‌ی طولانی‌مدت و تجاری‌سازی دنبال می‌شود و در نهایت به مرحله‌ی پذیرش نهایی محصول و شروع درآمدزایی می‌رسد. با این حال، عدم‌تمایل به سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی فناوری‌های جدید غالباً توسعه‌ی نانومواد مهندسی‌شده را با تأخیر مواجه می‌کند. مصاحبه‌شوندگان معتقدند که حتی اگر فناوری تولید یک ماده وجود داشته باشد، اگر سرمایه‌گذاری انجام نشود امکان تولید صنعتی فراهم نیست؛ به‌ویژه در ایران، تعداد شرکت‌هایی که در تولید این مواد مشارکت می‌کنند بسیار کم هستند. مصاحبه‌شونده‌ی کد ۲ تأکید می‌کند:

ما یک فناوری را برای رنگ کار کرده‌ایم که اگر بخواهیم این رنگ را برای بازار تولید کنیم نیاز به جا و نیاز به امکانات تولید داریم و این خود محدودیت است. این‌ها مواردی هستند که نمی‌گذارند نتایج کار را تجاری کنیم و از این جهت سرمایه‌گذار و امکانات سرمایه در تجاری‌سازی از اهمیت راهبردی برخوردار است.



شکل ۲: الگوی تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده.

Figure 2: Model of commercialization of engineered nanomaterials research results

۴ – نتیجه‌گیری

سرمایه‌گذاران و شرکت‌های چندملیتی به‌نحو فزاینده‌ای در حوزه‌ی نانومواد مهندسی‌شده سرمایه‌گذاری می‌کنند. در مقایسه با سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر نرم‌افزاری، سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی نانومواد مهندسی‌شده چالش‌انگیزتر است، چرا که اغلب با عدم‌قطعیت در فناوری‌های پیشرفته و بازار در دوره‌های زمانی طولانی و همچنین هزینه‌های بالای سرمایه پیش از رفع عدم‌قطعیت‌ها مواجه هستند.

مقاله پذیرفته شده

هزینه‌های تجاری‌سازی، زمان‌بندی و سطوح عدم‌قطعیت فناوری و بازار، که سرمایه‌گذاری خطرپذیر در حوزه‌ی مواد پیشرفته با آن‌ها مواجه می شود، بسیار شبیه به سرمایه‌گذاری خطرپذیر در زمینه‌ی زیست‌فناوری هستند و تماماً با سرمایه‌گذاری خطرپذیر در صنعت نرم‌افزار متفاوت است. در بخش زیست‌فناوری، کارآزمایی بالینی شامل هزینه‌های بالا و عدم‌قطعیت فناوری‌های فوق پیشرفته، و خطر بازار در خصوص تغییرات استانداردهای مراقبت هستند. برای سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی نانومواد مهندسی شده، هزینه‌های تجاری سازی بالا شامل افزایش مقیاسِ تولید فرآیندی و همچنین طراحی و توسعه‌ی محصول سفارشی‌شده است. از این رو، نظیر سرمایه‌گذاری خطرپذیر در زیست‌فناوری که شامل توسعه‌ی داروهای جدید است، سرمایه‌گذاری در مواد پیشرفته اغلب با سطوح بالای عدم‌قطعیت در دوره‌های طولانی زمانی مواجه هستند و چه‌بسا نیازمند صدها میلیون دلار برای تجاری‌سازی محصول باشد.

می‌توان چهار راهبرد برای غلبه بر چالش‌های سرمایه‌گذاری از مراحل آزمایشگاهی تا ورود به بازار ارائه داد: ۱. شتابدهی، ۲. اولویت‌بندی بازارهای هدف، ۳. موقعیت راهبردی در زنجیره‌ی ارزش، و ۴. شراکت و اتحاد راهبردی. یافته‌های بخش کیفی حاکی از آن است که هر چهار مؤلفه‌ی اخیر بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده اثرگذارند. در نهایت، فناوری‌های نانومواد مهندسی‌شده معمولاً به تکنولوژی‌های پیچیده و ویژه‌ای نیاز دارند. ایجاد و بهره‌برداری از این تکنولوژی‌ها ممکن است با مشکلات فنی و عملیاتی همراه باشد. انتقال دانش ضمنی می‌تواند باعث ایجاد ارتباط و تعامل نزدیک‌تر بین محققان، صنعتگران و سایر ذی‌نفعان مرتبط شود. این ارتباط نزدیک می‌تواند شرایط مناسبی برای شراکت و اتحاد راهبردی در تجاری سازی فراهم کند. طراحان باید با تمامی خواص منحصربه فرد نانومواد مهندسی‌شده به‌صورت کاملاً دقیق و با جزئیات آشنا شوند. بنابراین، برای مواجهه با این مواد جدید، طراحان باید به اطلاعات لازم دسترسی داشته باشند و همچنین نیاز به آموزش و آشنایی با روش‌ها و در صورت لزوم فرآیندهای جدید است.

این مقاله مستخرج از رساله‌ی دکتری است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

۵- مراجع

[1] Maine E. Radical innovation through internal corporate venturing: Degussa's commercialization of nanomaterials. R&d Management. 2008 Sep;38(4):359-71. https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2008.00521.x

[2] Maine E, Lubik S, Garnsey E. Process-based vs. product-based innovation: Value creation by nanotech ventures. Technovation. 2012 Mar 1;32(3-4):179-92. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.10.003

[3] Haessler P, Giones F, Brem A. The who and how of commercializing emerging technologies: A technology-focused review. Technovation. 2023 Mar 1;121:102637.

[4] Salehi F, Shapira P, Zolkiewski J. Commercialization networks in emerging technologies: the case of UK nanotechnology small and midsize enterprises. J. of Technology Transfer. 2022 Mar 11:1-29. https://doi.org/10.1007/s10961-022-09923-3

[5] Milmo S. Looking outside-Chemical companies are opening their doors to outside innovation, but does this give larger companies the monopoly on new ideas?. Chemistry World. 2008;5(11):46.

[6] Shmeleva N, Gamidullaeva L, Tolstykh T, Lazarenko D. Challenges and opportunities for technology transfer networks in the context of open innovation: Russian experience. J. Open Innov. Technol. Mark. Complex. 2021, 7(3), 197; https://doi.org/10.3390/joitmc7030197

[7] Dahlander L, Gann DM, Wallin MW. How open is innovation? A retrospective and ideas forward. Research Policy. 2021 May 1;50(4):104218. https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104218

[8] Maine E, Garnsey E. Commercializing generic technology: The case of advanced materials ventures. Research Policy. 2006 Apr 1;35(3):375-93. https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.12.006

[9] Linton JD, Walsh ST. From bench to business. Nature Materials. 2003 May 1;2(5):287-9.

مقاله پذیرفته شده

[10] Lubik S, Garnsey E. Early business model evolution in science-based ventures: the case of advanced materials. Long Range Planning. 2016 Jun 1;49(3):393-408. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2015.03.001

[11] de Vasconcelos Gomes LA, Facin AL, Salerno MS. Managing uncertainty propagation in innovation ecosystems. Technological Forecasting and Social Change. 2021 Oct 1;171:120945. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120945

[12] de Vasconcelos Gomes LA, Salerno MS, Phaal R, Probert DR. How entrepreneurs manage collective uncertainties in innovation ecosystems. Technological Forecasting and Social Change. 2018 Mar 1;128:164-85. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.016

[13] Boren M, Chan V, Musso C. The path to improved returns in materials commercialization. Mc Kinsley on Chemicals. 2012 Aug:12-20.

[14] Ruckstuhl K, Rabello RC, Davenport S. Design and responsible research innovation in the additive manufacturing industry. Design Studies. 2020 Nov 1;71:100966. https://doi.org/10.1016/j.destud.2020.100966

[15] Li X, Yang D, Zhao W. Scholars' Identity Transition and Its Impact on Spin-Offs' R&D Input. Sustainability. 2021 Feb 22;13(4):2358. https://doi.org/10.3390/su13042358

[16] Kim JS. Investing in advanced materials: A market-driven methodology. Technovation. 2016 Jan 1;47:23-31. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2015.11.006

[17] Maine E, Thomas VJ, Bliemel M, Murira A, Utterback J. The emergence of the nanobiotechnology industry. Nature nanotechnology. 2014 Jan;9(1):2-5.

[18] Maine E. Scientist-entrepreneurs as the catalysts of nanotechnology commercialization. Rev. in Nanoscience and Nanotechnology. 2013 Dec 1;2(5):301-8.

[19] Maine E, Probert D, Ashby M. Investing in new materials: a tool for technology managers. Technovation. 2005 Jan 1;25(1):15-23. https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00070-1

[20] De Volder MF, Tawfick SH, Baughman RH, Hart AJ. Carbon nanotubes: present and future commercial applications. science. 2013 Feb 1;339(6119):535-9. https://doi.org/10.1126/science.1222453

[21] Thomas VJ, Bliemel M, Shippam C, Maine E. Endowing university spin-offs pre-formation: Entrepreneurial capabilities for scientist-entrepreneurs. Technovation. 2020 Aug 1;96:102153. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102153

[22] Li R, Peng C, Koo B, Zhang G, Yang H. Obtaining sustainable competitive advantage through collaborative dual innovation: empirical analysis based on mature enterprises in eastern China. Technology Analysis & Strategic Management. 2021 Jun 3;33(6):685-99. https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1839043

[23] Moultrie J. Understanding and classifying the role of design demonstrators in scientific exploration. Technovation. 2015 Sep 1;43:1-6. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2015.05.002

[24] Slayton R, Spinardi G. Radical innovation in scaling up: Boeing's Dreamliner and the challenge of socio-technical transitions. Technovation. 2016 Jan 1;47:47-58. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2015.08.004

[25] Taleb A, Maine E, Kjeang E. Technical-economic cost modeling as a technology management tool: a case study of membranes for PEM fuel cells. Jour. of Manufacturing Technology Management. 2014 Feb 25;25(2):279-98. https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2013-0136

[26] Ahmadi P, Torabi SH, Afsaneh H, Sadegheih Y, Ganjehsarabi H, Ashjaee M. The effects of driving patterns and PEM fuel cell degradation on the lifecycle assessment of hydrogen fuel cell vehicles. International Jour. of Hydrogen Energy. 2020 Jan 29;45(5):3595-608. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.165

مقاله پذیرفته شده

[27] Clarysse B, Wright M, Bruneel J, Mahajan A. Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. Research policy. 2014 Sep 1;43(7):1164-76. https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.04.014

[28] Dearing JW, Singhal A. New directions for diffusion of innovations research: Dissemination, implementation, and positive deviance. Human Behavior and Emerging Technologies. 2020 Oct;2(4):307-13. https://doi.org/10.1002/hbe2.216

[29] Talebian A, Mishra S. Predicting the adoption of connected autonomous vehicles: A new approach based on the theory of diffusion of innovations. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2018 Oct 1;95:363-80. https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.06.005

[30] Shaw N, Eschenbrenner B, Brand BM. Towards a Mobile App Diffusion of Innovations model: A multinational study of mobile wallet adoption. Jour. of Retailing and Consumer Services. 2022 Jan 1;64:102768. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102768

[31] Malek K, Maine E, McCarthy IP. A typology of clean technology commercialization accelerators. Jour. of Engineering and Technology Management. 2014 Apr 1;32:26-39. https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2013.10.006

[32] McCarthy IP, Silvestre BS, von Nordenflycht A, Breznitz SM. A typology of university research park strategies: What parks do and why it matters. Jour. of Engineering and Technology Management. 2018 Jan 1;47:110-22. https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2018.01.004

[33] Crișan EL, Salanță II, Beleiu IN, Bordean ON, Bunduchi R. A systematic literature review on accelerators. The Journal of Technology Transfer. 2021 Feb;46:62-89. https://doi.org/10.1007/s10961-019-09754-9

[34] Leitão J, Pereira D, Gonçalves Â. Business incubators, accelerators, and performance of technology-based ventures: A systematic literature review. Jour. of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2022 Mar 1;8(1):46. https://doi.org/10.3390/joitmc8010046

[35] Fuchs ER. Cloning DARPA successfully. Issu. in Science and Technology. 2009 Oct 1;26(1):65-70.

[36] Logar N, Anadon LD, Narayanamurti V. Semiconductor research corporation: a case study in cooperative innovation partnerships. Minerva. 2014 Jun;52:237-61. https://doi.org/10.1007/s11024-014-9253-2

[37] Dugoua E, Dumas M. Green product innovation in industrial networks: A theoretical model. Jour. of Environmental Economics and Management. 2021 May 1;107:102420. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102420

[38] Haughian A. From the VC desk: striking a balance on focus. Translational Materials Research. 2014 Jul 21;1(1):010202.

[39] Tolfree D, Walsh ST. An introduction to the field of commercializing emerging materials manufacturing technologies in an IoT world. Translational Materials Research. 2018 Jun 8;5(2):024002.

[40] Ahluwalia S, Mahto RV. Additive manufacturing based innovation, small firms, customer involvement and crowd-funding: from co-creation to co-financing. Translational Materials Research. 2018 Jun 21;5(2):026001. DOI 10.1088/2053-1613/aac43a

[41] Von Krogh G, Battistini B, Pachidou F, Baschera P. The changing face of corporate venturing in biotechnology. Nature biotechnology. 2012 Oct;30(10):911-5. https://doi.org/10.1038/nbt.2383

[42] Uzuegbunam I, Ofem B, Nambisan S. Do corporate investors affect entrepreneurs' IP portfolio? Entrepreneurial finance and intellectual property in new firms. Entrepreneurship Theory and Practice. 2019 Jul;43(4):673-96. https://doi.org/10.1177/1042258717738247

[43] Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative research in psychology, 3(2), 77-101.

مقاله پذیرفته شده

[44] Braun, V., & Clarke, V. (2012). Thematic analysis. In H. Cooper, P. M. Camic, D. L. Long, A. T. Panter, D. Rindskopf, & K. J. Sher (Eds.), APA handbook of research methods in psychology (vol. 2.; pp. 57–71). American Psychological Association.

[45] Braun, V., & Clarke, V. (2022a). Conceptual and design thinking for thematic analysis. Qualitative Psychology, 9(1), 3.

[46] Braun, V., & Clarke, V. (2022b). Toward good practice in thematic analysis: Avoiding common problems and be(com)ing a knowing researcher. International Journal of Transgender Health, 1-6.

[47] Clarke, V., & Braun, V. (2013). Successful qualitative research: A practical guide for beginners. Sage Publications. https://doi.org/10.1080/26895269.2022.2129597

[48] Clarke, V., & Braun, V. (2021). Thematic analysis: A practical guide. Sage Publications.

مقاله پذیرفته شده