Available online @ www.jscw.icrc.ac.ir
Journal of Studies on Color World, 15, 1(2025), 1-15
Article type: Research paper
Open access

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.

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 23- 06- 2024
Accepted: 22- 10-2024
Available online: 15-03-2025
Print ISSN: 2251-7278
Online ISSN: 2383-2223
DOI: 10.30509/jscw.2024.167268.1187

Keywords:
Engineered nanomaterials
Commercialization
Paint and colorant industry
Market uncertainty
Technological uncertainty

ABSTRACT

The commercialization of engineered nanomaterials in the coating industry is one of the key components influencing value production. In the last two decades, it has generated considerable 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 industry, especially the 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 the colorant and paint industry. The findings indicate that the commercialization process of engineered nanomaterials in the the colorant and paint 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 commercialization challenges 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.

Corresponding author: manteghi@guest.ut.ac.ir

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ
Journal of Studies in Color World
www.jscw.icrc.ac.ir

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه رنگ

دسترسی آنلاین: www.jscw.icrc.ac.ir
نشریه علمی مطالعات در دنیای رنگ/ ۱۵، (۱۴۰۴) ۱، ۱۵-۱
نوع مقاله: پژوهشی
دسترسی آزاد

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: ۱۷۷۴-۱۵۸۷۵.
۳- استادیار، گروه مدیریت، علوم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۱۵۸۷۵-۴۴۱۳.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱
در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵
شاپا چاپی: ۷۲۷۸-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۲۲۲۳-۲۳۸۳

DOI: 10.30509/jscw.2024.167268.1187

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

چکیده

تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ از جمله عوامل مؤثر بر تولید ارزش است و در دو دهه اخیر موجب حجم قابل‌ملاحظه‌ی سرمایه‌گذاری شرکت‌های چندملیتی در حوزه مواد پیشرفته شده است. اما شرکت‌هایی که در حوزه تجاری‌سازی مواد پیشرفته مخصوصا در صنایع رنگ فعالیت می‌کنند به‌دلیل چالش‌های مسیر تجاری‌سازی از آزمایشگاه‌ها به بازار غالباً کسب‌وکارهایی پرخطر هستند. همچنین، زمان‌بندی طولانی تجاری‌سازی معمولاً تأثیری منفی بر سرمایه‌گذاری در حوزه موارد پیشرفته دارد. نظر به اهمیت مساله تجاری‌سازی، به‌ویژه تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ و کاربردهای صنعتی فزاینده 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 توسعه طولانی‌مدت و چالش‌های متعدد در حوزه 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 مرحله 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 فرایند 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 فرایند تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده را سرعت بخشید.

Corresponding author: manteghi@guest.ut.ac.ir

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

پیشرفت‌ها در فناوری نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ در حال حاضر به‌مثابه نوعی توانمندسازی برای نوآوری‌های هر چه بیشتر همراه با پتانسیل بالای اقتصادی در طیفی گسترده از صنایع در نظر گرفته می‌شوند. نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ هم توجه دولت‌ها و هم تازه‌واردان عرصه‌ی اقتصاد را به خود جلب کرده است. سرمایه‌گذاری در حوزه نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ و غالباً از مسیر شرکت‌های درون‌گذارده[1] از دانشگاه‌ها از دلایل افزایش اهمیت تولید و تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده است (۴-۱). همچنان که شرکت‌های چندملیتی در حوزه‌ی صنایع شیمیایی و مهندسی مواد به‌نحو فزاینده‌ای به‌سمت مدل‌های نوآوری باز[2] حرکت می‌کنند، نیازمند خرید، نظارت یا صدور مجوزهای لازم برای نوآوری‌های بنیادی[3] (موفقیت‌ها یا پیشرفت‌های مهم و دگرگون‌کننده در فناوری، مدل‌های تجاری، فرایندها یا محصولات که تغییرات اساسی در صنعت یا جامعه ایجاد می‌کنند) یا نوآوری‌های تحول‌آفرین[4] (نوآوری‌هایی که محصولات یا خدمات بسیار پیچیده و پرهزینه را متحول می‌کنند و موجب ایجاد بازار جدید یا شبکه ارزش جدید می‌شوند) هستند (۷-۵). سرمایه‌گذاری‌ها در حوزه مواد پیشرفته، که متمرکز بر فناوری‌های جدید و موفق هستند، پنجره فرصتی[5] (که حاشیه‌ی فرصت یا پنجره‌ی حساس نیز خوانده می‌شود) برای شرکت‌های بزرگ فراهم می‌کنند و به احتمال زیاد منبع نوآوری بنیادی این شرکت‌ها هستند (۸، ۱). 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 (۱۲-۹، ۲).

فناوری‌های مواد پیشرفته به پیشرفت‌هایی در حوزه محصول و فرایند 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 مهندسی‌شده از روند متعارف جذابیت در تجاری‌سازی 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 تولیدشده توسط فناوری جدید با ترکیبی منحصر به فرد از ریسک بالای فناوری و بازار مواجه هستند. به‌ویژه، فرایند تطبیق فناوری برای فعالان بخش نانومواد مهندسی‌شده پیچیده است، زیرا که هزینه توسعه محصول بسیار زیاد است و عواملی از جمله نوآوری‌های تکمیلی یا مکمل، ادغام عمودی و شکل‌گیری اتحادها، افق‌های زمانی طولانی همگی بر میزان عدم‌قطعیت بازار می‌افزاید. عدم‌قطعیت فناوری و عدم‌قطعیت بازار متغیرهایی مهم هستند که بر خلق ارزش تأثیرگذارند. چالش‌های فناوری نانومواد مهندسی‌شده که عمدتاً نیازمند توسعه‌ی طولانی‌مدت هستند اغلب موجب سطوح بالای عدم‌قطعیت فناوری در فرایند 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 (۱۵، ۸، ۱). این عدم‌قطعیت به‌طور مستقیم متأثر از ماهیت فناوری و نیازمند نوآوری‌های فرایندی و بازارهای متعدد است که فناوری جدید در آن‌ها پذیرفته شود.

نوآوری در مواد پیشرفته، که زیربنای توسعه محصولات جدید در بسیاری از صنایع است، به‌طور معمول ۵ تا ۱۵ سال طول می‌کشد تا به تولید محصولی تجاری منجر شود (۱۶، ۱۵، ۸). و دستیابی به بازارهای مختلف نیازمند زمانی بسیار طولانی‌تر است (۱۴، ۱۳)؛ برای مثال، فناوری نمایشی کمبریج[6]، شرکت درون‌گذارده از آزمایشگاه کاوندیش[7] در دانشگاه کمبریج که بر ساخت دیود نورگسیل آلی[8] متمرکز بود، به ۱۰ سال زمان نیاز داشت تا اولین محصول خود «صفحه‌ی نمایش خودتراش برقی» را تجاری کند. به‌طور مشابه، انترناسیونال هایپریون کاتالیست[9]، شرکت سرمایه‌گذاری نانومواد[10] در بوستون (ایالات متحد)، زمان‌بندی‌ای ۱۰ساله را برای تجاری‌سازی کامپوزیت‌های پلیمری تقویت‌شده با نانولوله‌های کربنی[11] دنبال کرد (۸). نانوکره[12] شرکت درون‌گذارده از دانشگاه نورث‌وسترن[13]، ۱۲ سال زمان نیاز داشت تا نخستین کیت تشخیص گندخونی[14] جهان را تجاری کند (۱۷). نمونه دیگر نانوگرام[15] است (یکی از استارتاپ‌های سیلیکون ولی) که تجاری‌سازی ماده‌ی کاتدی کارا[16] برای باتری‌های درون‌کاشتی پزشکی[17] را طی ۸ سال با موفقیت انجام داد (۱۸). در هر هر یک از نمونه‌های پیش‌گفته نخستین محصولات تجاری، اندازه کل

[1] Spinoff (spinout)
[2] Open innovation
[3] Radical innovation
[4] Disruptive innovation
[5] Window of opportunity
[6] Cambridge display technology (CDT)
[7] Cavendish Laboratory
[8] Organic light-emitting diodes (OLEDs)
[9] Hyperion catalysis international
[10] Nanomaterials
[11] Carbon-nanotube-reinforced polymer composite
[12] Nanosphere
[13] Northwestern university
[14] Septicemia
[15] Nanogram
[16] High-performance cathode material
[17] Medical implantable battery

بازار با آشنایی بیشتر طراحان با مواد جدید، کاربرد این مواد در صنایع جدید و نوآوری‌های تکمیلی[1] به‌آرامی افزایش یافته است.

نظر به اهمیت مساله 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 پژوهشگاه‌ها پیش از هر چیز به این مساله می‌پردازد که چگونه ماهیت سرمایه‌گذاری در نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ به موقعیت بالادستی آن در یک یا چند زنجیره 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 سرمایه‌گذاران و شرکای بالقوه برای سرمایه‌گذاری، چه‌به‌لحاظ زمانی و چه پولی، در تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده دارد، با این وجود سرمایه‌گذاران متخصص در حوزه‌ی مواد پیشرفته با بهینه‌سازی راهبردهای خود برای کمینه‌سازی عدم‌قطعیت بازار و فناوری و همچنین شتاب‌دهی[2] زمان ورود به بازار از استارتاپ‌ها حمایت می‌کنند (۱۳، ۱۴).

تجاری‌سازی مواد پیشرفته از جمله عوامل مؤثر بر تولید ارزش است و در دو دهه اخیر موجب حجم قابل‌ملاحظه‌ی سرمایه‌گذاری شرکت‌های چندملیتی در حوزه مواد پیشرفته شده است (۴-۱). اما شرکت‌هایی که در حوزه تجاری‌سازی مواد پیشرفته فعالیت می‌کنند به‌دلیل چالش‌های مسیر تجاری‌سازی از آزمایشگاه‌ها به بازار غالباً کسب‌وکارهایی پرخطر هستند (۱۲، ۱۱، ۱۰-۸). همچنین، زمان‌بندی طولانی تجاری‌سازی معمولاً تأثیری منفی بر سرمایه‌گذاری در حوزه موارد پیشرفته دارد (۱۴، ۱۳). هم‌زمان، عدم‌قطعیت در رسیدن به فرایند تولید کامل و صرفه اقتصادی، تناسب با کاربردهای مختلف در صنایع (۲۱-۱۹، ۱۶)، بازاریابی خاص (۲۲)، آشنایی با مواد جدید و امکانات طراحی آن‌ها، نیازمندی به نوآوری‌های تکمیلی (۱۰، ۸، ۳)، و همچنین فاصله زیاد با مصرف‌کننده نهایی (۲۳، ۱۴، ۱۳) بر پیچیدگی چالش‌های سرمایه‌گذاری در تجاری‌سازی مواد پیشرفته می‌افزاید. در کل، زمان طولانی فرایند تجاری‌سازی، هزینه‌های بالای سرمایه و عدم‌قطعیت از جمله موانع سرمایه‌گذاری در مواد پیشرفته و نوآوری‌های این حوزه هستند. با اتخاذ راهبردهای مناسب می‌توان عدم‌قطعیت فناوری و عدم‌قطعیت بازار را کاهش داد و فرایند تجاری‌سازی مواد پیشرفته را سرعت بخشید.

نوآوری نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ اساساً تجاری‌سازی دانش جدید تولیدشده توسط تحقیقات پایه و کاربردی است که در دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های دولتی و بخش پژوهش و توسعه‌ی شرکت‌های بزرگ رخ می‌دهد. نوآوری فناوری به‌خودی‌خود دارای سطحی بالا از عدم‌قطعیت است؛ زیرا که علاوه بر پژوهش‌های معمول، تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده نیازمند توسعه نمونه اولیه و واحدهای آزمایشی است. نوآوری در نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ پیش از دریافت بازخورد و پذیرش مشتری با مساله سرمایه‌گذاری در گران‌ترین پروژه‌های پژوهش و توسعه مواجه است. همچنین، چالش بازاریابی منجر به عدم‌قطعیت بازار و دشواری ارائه‌ی ارزش محصول در کاربردی خاص می‌شود. محصولات شرکت‌هایی که فناوری نانومواد مهندسی‌شده در صنعت رنگ را تجاری می‌کنند در ارزیابی نیازهای مصرف‌کننده و مدیریت بازار و بازخوردها با مشکل مواجه می‌شوند. مشتریان معمولاً تأمین‌کنندگان خرد، و مونتاژکنندگان و تولید کنندگان تجهیزات اصلی هستند که باید برای طراحی مجدد محصولات 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 مضاعف نیاز دارد. حتی وقتی مشتریان بالقوه با پذیرش این تکنولوژی موافقت کنند، مواد جدید در فرایند 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 مهندسی‌شده مستقل نیستند و برای عرضه به بازار به نوآوری‌های مکمل (اصلاح 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 پیشرفته را افزایش می‌دهد و توانایی شرکت‌های برای ارائه‌ی ارزش فناوری جدید در کاربردهای خاص را به تأخیر می‌اندازد. همچنین، عدم پیوستگی با محصولات یا فرایندهای 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 ارائه الگویی از تجاری‌سازی نتایج نانومواد مهندسی‌شده می‌پردازد که زمان‌بندی توسعه 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 مرحله آزمایشگاهی تا ورود به بازار ارائه می‌دهد: ۱.

[1] Complementary innovation

[2]. accelerating

شتاب‌دهی، ۲. اولویت‌بندی بازارهای هدف، ۳. موقعیت راهبردی در زنجیره‌ی ارزش، ۴. شراکت و اتحاد راهبردی. پژوهش حاضر از روش تحلیل تماتیک[1] براون[2] و کلارک[3] (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 زنجیره 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. الگو[4] دارای ارتباط مستقیم با داده‌ها و پرسش‌های اصلی و فرعی پژوهش و حاکی از سطح معناداری مجموعه‌ی داده‌ها است (۴۸ ،۴۷). بررسی داده‌های کیفی بر اساس روش تحلیل تماتیک دارای شش مرحله است: ۱. بررسی نخستین و پیاده‌سازی مصاحبه‌ها؛ ۲. کدگذاری اولیه به‌طور روشمند و مقایسه کدها؛ ۳. شناسایی الگوهای فرعی و اصلی؛ ۴. بازبینی الگوهای اصلی و فرعی و مقایسه هر یک با قطعات کدگذاری‌شده و ترسیم نقشه‌ی تماتیک؛ ۵. تعریف الگوهای فرعی و اصلی؛ ۶. تدوین گزارش نهایی (۴۶-۴۳). ابزارگردآوری داده‌های پژوهش در بخش کیفی پرسش‌نامه 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.

جامعه آماری بخش کیفی عبارت است از نخبگان دانشگاهی و مدیران پژوهشگاه‌ها که از دانش و تجربه 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 الگوهای فرعی: تطبیق کدهای شناسایی‌شده با الگوهای شناسایی‌شده و جمع‌آوری داده‌های مرتبط با الگوهای فرعی؛

بازبینی الگوهای فرعی: بررسی نسبت الگوهای فرعی با داده‌های کدگذاری‌شده و شکل‌گیری نقشه تماتیک؛

شناسایی الگوهای اصلی: بازبینی الگوهای فرعی و شناسایی و تعریف الگوهای اصلی؛

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

شناسایی کدها، الگوهای فرعی و اصلی، و همچنین تحلیل یافته‌های پژوهش در دو سطح انجام شده است: ۱. بررسی ادبیات پژوهش، و ۲. تحلیل قطعات گردآوری‌شده بر اساس شش گام اخیر.

پژوهشگر کوشید تا در این مطالعه سعه صدر را رعایت کرده و فضایی با حداقل پیش‌داوری ایجاد کند. معیارهای تحلیل تماتیک مطلوب مبتنی بر مطالعات (۴۸ ،۴۷) 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 کمینه پیش‌داوری و کدگذاری داده‌ها فراگیر باشد؛ همچنین، از نمونه‌های محدودشده برای بررسی الگوها استفاده نشد. همه قطعات با الگوها تطبیق و الگوها بارها با یکدیگر و با مجموعه مصاحبه‌ها مقایسه شدند.

تحلیل: معناداری کدها و الگوها و مطابقت تحلیل نهایی و داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها به‌دقت بررسی شدند. تحلیل نهایی به‌گونه‌ای تدوین شد که

[1] Thematic
[2] Virginia Braun
[3] Victoria Clarke
[4] Theme

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 مصاحبه‌شوندگان که از اعضای هیات علمی پژوهشگاه رنگ بودند به‌ترتیب کدگذاری شدند و سپس داده‌های هر مصاحبه به‌طور جداگانه و تحت کدمصاحبه‌شونده 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.

پس از پیاده‌سازی مصاحبه‌ها، مفاهیم مهم و قابل‌توجه از هر عبارت معنایی استخراج شده و سپس دسته‌بندی‌هایی که در گستره‌ی معنایی فراگیرتر به‌عنوان الگوهای فرعی قابل جاگذاری بودند ایجاد و در گام نهایی الگوهای 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 الگوهای 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 زمینه اقتصادی: ۱. تقاضای محصول، ۲. بازار رقابتی، ۳. دسترس‌پذیری مواد اولیه، ۴. بازاریابی، ۵. سرمایه‌گذاری.

کدهای زمینه دانشی: ۱. صلاحیت تخصصی و ۲. تجربه تولید.

کدهای زمینه‌ی سیاست‌گذاری: ۱. حمایت دولتی و ۲. کنترل واردات.

۲-۴- الگوهای فرعی و اصلی

مطابق ۱۳ کد استخراج‌شده، در مجموع ۶ الگو فرعی و ۴ الگو اصلی شناسایی شد. جدول ۲ کدها، الگوهای فرعی و اصلی را نشان می‌دهد.

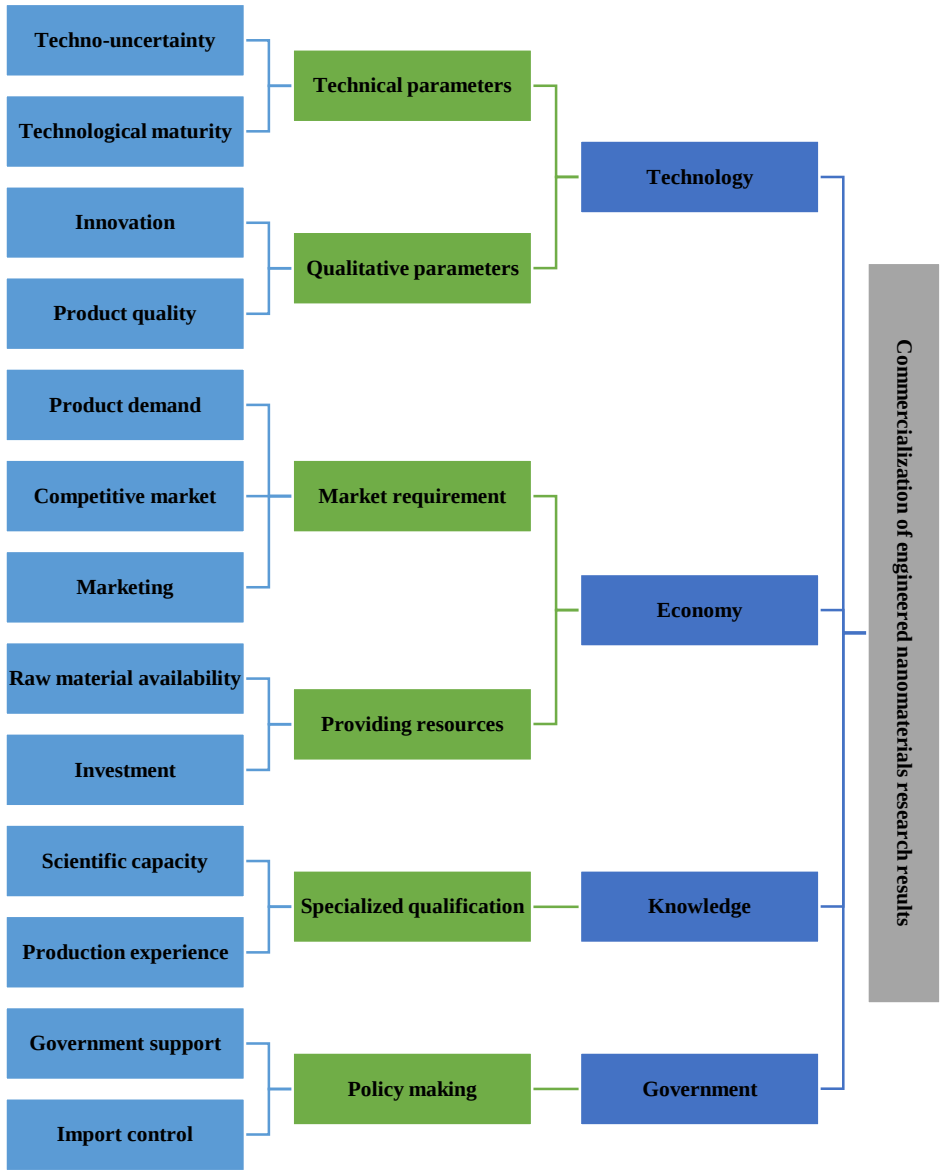
بررسی الگوها شامل شناسایی مختصات ۴ الگو اصلی «زمینه فناورانه»، «زمینه اقتصادی»، «زمینه دانشی» و «زمینه سیاسی» است؛ هر یک از الگوهای اصلی در اینجا از یک یا دو الگو فرعی تشکیل می‌شود (شکل ۱).

جدول ۱. جنسیت نمونه‌ها.
Table 1. Gender of samples.

Gender	Female	Male
Number	5	9

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

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



شکل ۱: مدل مفهومی تحلیل کیفی.

Figure 1: Conceptual model of qualitative analysis.

۲-۴-۱- زمینه‌ی فناورانه

بر اساس تحلیل داده‌های پژوهش، الگو زمینه فناورانه شامل الگوهای فرعی «متغیرهای فنی» و « متغیرهای کیفی» است. مصاحبه‌شوندگان معتقدند که مسائل فناورانه به‌علت اهمیت مؤلفه‌های فنی و کیفی بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده اثرگذارند.

متغیرهای 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.

متغیرهای 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، الگو زمینه اقتصادی شامل الگوهای 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، 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- زمینه دانشی

بر اساس تحلیل داده‌های پژوهش، الگو زمینه دانشی شامل الگو 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 تجربه کافی در تولید این مواد امکان‌پذیر نیست.

۲-۴-۴- زمینه‌ی سیاسی

بر اساس تحلیل داده‌های پژوهش، الگو زمینه سیاسی شامل الگو 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 فرایند تولید کامل[1]همیشه امکان‌پذیر نیست؛ و حتی اگر امکان‌پذیر هم باشد، لزوماً به‌لحاظ اقتصادی به‌صرفه نیست (۲۱-۱۹، ۱۶). همچنین، مواد به‌طور معمول باید برای کاربردهای مختلف صنعتی متناسب شوند؛ کاربردهایی که در آن‌ها ترکیب‌های مختلف ویژگی‌های عملکردی ارزشمند هستند. نمونه‌ای از این تناسب در به‌کارگیری نانومواد است؛ فرایند تولید نانومواد اختصاصی[2]در استارتاپ نانوگرام-که نانوذراتی[3] کوچک (۵ تا ۲۰۰ نانومتر)، یکنواخت و با خلوص بالا را برای طیفی گسترده از مواد تولید می‌کرد-کاربردهایی در انرژی‌های جایگزین، لوازم الکترونیکی مصرفی یا خانگی،[4]صنایع زیست‌پزشکی[5]و صنایع ارتباطی داشت که جملگی نیازمند توسعه عناصر پیش‌نمونه (نمونه اولیه)[6]و متمایز بودند؛ به‌ویژه، مواد کاتدی نقره- وانادیم- اکسید[7]نانوذراتی هستند که امکان تولید باتری‌هایی با ظرفیت انرژی بالاتر را فراهم و استفاده از دستگاه‌های پزشکی درون‌کاشتی کوچک‌تر و بادوام‌تر را امکان‌پذیر کرد. اما، ترکیبی متفاوت از ویژگی‌ها در باتری‌های خودرو، مثلاً شارژ سریع‌تر، نیازمند تغییر و تناسب مواد در فرایندهای 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[8]سرمایه‌گذاری در زنجیره 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.

فاصله زیاد با مصرف‌کننده نهایی، ارزیابی نیازهای مصرف‌کننده و مدیریت بازخورد و آزمایش بازار[9]را برای شرکت‌های مواد دشوار می‌سازد (۲۳، ۱۴، ۱۳)؛ به‌عنوان مثال، در تجاری‌سازی کامپوزیت‌های پلیمری تقویت‌شده با نانولوله‌ی کربنی در انترناسیونال هایپریون کاتالیست، مشتریان نوعاً تأمین‌کنندگان (در این مورد، تأمین‌کنندگان خودرو) و تولیدکنندگان تجهیزات اصلی کالاهای مونتاژشده (در این مورد، تولیدکننده خودرو) هستند که باید متقاعد شوند و سپس به طراحی محصولات نوآورانه کمک کنند (۸). طراحان پایین‌دستی[10]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 (۱۳، ۱۰، ۳).

طراحی مجدد محصول نهایی برای تجاری‌سازی محصول نوعی نوآوری تکمیلی است (یعنی مجموعه‌ای از پیشرفت‌های مورد نیاز برای عملی‌شدن تولید محصول)، که اختراعات در حوزه مواد پیشرفته معمولاً نیازمند این نوآوری‌های تکمیلی هستند (۱۳، ۱۰، ۳)؛ به‌عنوان مثال، پذیرش اهمیت فیبر کربن بسته به نوآوری‌های فرایندی در تولید کامپوزیت پلیمر و نیازمند تغییراتی کلیدی در طراحی برای کاربردهای دریایی، طراحی تجهیزات ورزشی، صنعت خودرو و کاربری‌های هوا-فضایی بود. به‌طور مشابه، پذیرش کامپوزیت‌های پلیمری ساختاری در صنعت خودرو و هوا فضا نیاز به طراحی‌های تکمیلی برای یکپارچه‌سازی قطعات و مقرون‌به‌صرفه‌بودن تولید محصول دارد (۲۴). نمونه‌ی دیگر،

[1] Full-scale
[2] Proprietary nanomaterials
[3] Nanoparticle
[4] Consumer electronics
[5] Biomedical
[6] Prototype
[7] Silver–vanadium-oxide
[8] Upstream position
[9] Market experimentation
[10] Downstream designer

پیل سوختی غشا مبادله پروتون[1]، 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 فرایندی است که هزینه کاتالیزورها را کاهش و دوام غشا 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 حوزه موادی که دارای بیشترین ظرفیت‌ها هستند غالباً دشوار است (۳۰-۲۷). نوآوری‌هایی از این دست چه‌بسا توسط مصرف‌کننده‌ی نهایی حتی پس از ارائه پیش‌نمونه (نمونه اولیه) کامل از محصول پایین‌دست همچنان نامشهود باشند.

ابعاد ایجاد ارزش مواد پیشرفته به‌نوبه خود می‌تواند عدم‌قطعیت بازار را افزایش دهد. سرمایه‌گذاری در حوزه مواد پیشرفته اغلب چندین صنعت را هدف قرار می‌دهند (از جمله خودروسازی، 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. مساله اخیر معمولاً شامل جمع‌آوری اطلاعات در مورد کاربردها و ویژگی‌های عملکردی مربوطه در صنایع مختلف، موانع قانونی یا زیرساختی و تلاش برای مشارکت است (۲۱، ۱۹، ۱۶). در نتیجه، انتخاب بازار هدف اولیه در حوزه مواد پیشرفته- یعنی تطبیق فناوری و بازار- از اولویتی اجتناب‌ناپذیر برخوردار است (۱۰، ۸، ۲).

زمان‌بندی برای سرمایه‌گذاری در حوزه مواد پیشرفته معمولاً با مرحله‌ی موفقیت نوآوری آغاز شده، با مرحله توسعه‌ی طولانی‌مدت و تجاری‌سازی دنبال می‌شود و سرانجام به مرحله پذیرش نهایی محصول و شروع درآمدزایی می‌رسد. اما سرمایه‌گذاران می‌خواهند در مراحل اولیه سرمایه‌گذاری کنند و وقتی شرکت به رویداد نقدینگی[2]، عرضه اولیه[3] یا اکتساب[4] رسید، یا پس از این‌که شرکت به درآمد محصول پس از تطبیق فن‌آوری و بازار، توسعه، افزایش مقیاس فرایند و عبور از موانع نظارتی مرحله توسعه 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 (۲۱، ۱۰، ۸، ۲). 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 مانند وای کامبینیتور[5] در سیلیکون ولی به‌دلیل حمایت مالی، مشاوره تخصصی و فراهم کردن فرصت‌های شبکه‌سازی، به‌طور فزاینده‌ای برای استارتاپ‌ها محبوب شده‌اند.

شتاب‌دهنده‌های فناوری پاک[6]، پدیده‌هایی بسیار جدیدتر هستند که به چالش سرمایه‌گذاری در مواد می‌پردازند. این شتاب‌دهنده‌ها استارتاپ‌هایی با مراحل تجاری‌سازی طولانی‌تر را می‌پذیرند و به‌طور کلی دسترسی به امکانات فنی و تخصصی را امکان‌پذیر می‌سازند. سرمایه‌گذاری در حوزه مواد پیشرفته می‌تواند از این شتاب‌دهنده‌های جدید برای کاهش عدم‌قطعیت فناوری و بازار استفاده کند (۳۴-۳۱).

در فرایند تجاری‌سازی، اولویت اصلی در مراحل اولیه تصمیم‌گیری در خصوص تطبیق فناوری و بازار است. در شرکت‌های متصدی بزرگ،[7] 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 شتاب‌دهنده مواد پیشرفته استفاده کنند (۲۱، ۱۹، ۱۶). در عین حال، دولت‌ها می‌توانند با حمایت از رویدادهای شبکه‌سازی[8] و برنامه‌های تأمین مالی در تسهیل اولویت‌بندی بازارهای هدف و تطبیق فناوری و بازار نقش داشته باشند. برخی برنامه‌های کمک‌هزینه مالی[9] نظیر صندوق فناوری کانادا[10] 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 (۳۷-۳۵).

فناوری‌های مواد حاکی از نوآوری‌های بالادستی هستند و شرکت‌هایی که این فناوری‌ها را تجاری می‌کنند به‌طور کلی فاصله‌ای زیاد از مصرف‌کننده نهایی دارند. ادغام رو-به-جلو[11] (راهبردی تجاری شامل توسعه فعالیت‌های شرکت برای توزیع مستقیم محصولات) در زنجیره ارزش یک یا چند صنعت (برای مثال، تأمین‌کننده قطعات

[1] Proton exchange membrane fuel cell
[2] Liquidity event
[3] Initial public offering
[4] Acquisition
[5] Y Combinator
[6] Cleantech
[7] Incumbent firm
[8] Networking event
[9] Grant programme
[10]. SDTC Tech Fund (Sustainable Development Technology Canada)
[11] Forward integration

خودرو یا حتی تولیدکننده خودرو مانند تسلاموتورز)[1]بسیار سرمایه‌بر است. بسیاری از شرکت‌های چندملیتی که در حوزه مواد شیمیایی فعالیت می‌کنند در برابر ادغام روبه‌جلو مقاومت می‌کنند (زیرا که به نوعی موجب رقابت با مشتریان می‌شود) و چنین راهبردی را تنها در قالب سرمایه‌گذاری مشترک[2]می‌پذیرند؛ مثال بارز مورد اخیر فیبر کربن خودرو،[3] سرمایه‌گذاری مشترک شرکت آلمانی اس‌ال‌جی کربن[4] با خودروسازی بی‌ام‌و آلمان برای طراحی و توسعه قطعات خودرو با استفاده از پلیمر تقویت‌شده با فیبر کربن است.

اگر عدم‌قطعیت فناوری در فرایند تولید همچنان وجود داشته باشد، چه‌بسا سرمایه‌گذاری در حوزه مواد پیشرفته نیازمند ادغام روبه‌جلو باشد؛ برای نمونه، فناوری نمایشی کمبریج راهبرد تولید خود را پس از ارزیابی این‌که فیلیپس[5]می‌تواند دیود نورگسیل آلی تولید کند رها کرد، و این یعنی شرکتی چندملیتی معمولاً در افزایش مقیاس فرایند بهتر از شرکتی جدید عمل می‌کند. سرمایه‌گذاری مشترک در حوزه مواد پیشرفته با تأمین‌کنندگان مواد چندملیتی، که فناوری‌های پیشرفته را با تخصص خاص خود در افزایش مقیاس فرایند برای ساخت کارخانه‌های تولیدی ترکیب می‌کنند، یکی از عوامل کاهش خطر در ارائه محصولات به بازار است. اساساً توسعه محصول مشترک یکی از راهکارهای مفید برای کاهش زمان چرخه پذیرش بازار است. تمرکز بر محصولاتی خاص که از سوی یکی از شرکا تأمین مالی می‌شوند برای کمینه‌سازی مسائل زنجیره ارزش و مسائل قانونی حائز اهمیت است و بازاری از پیش آماده را برای محصولی که با موفقیت توسعه یافته است فراهم می‌کند (۱۰، ۸، ۲).

برای تعادل هزینه و پاداشِ ادغام روبه‌جلو در زنجیره‌ی ارزش، شرکتی نوآور می‌تواند ادغام رو- به‌جلو را تا به اصطلاح نقطه تفکیک[6] عملیاتی کند؛ یعنی نقطه تنظیم دانش[7]که در آن عدم‌قطعیت فناوری در فرایند یا محصول، 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 تجاری‌سازی اختراع خود را در بیش از زنجیره ارزش صرفاً یک صنعت دنبال کنند. در سرمایه‌گذاری همچنین می‌توان از اتحادهای راهبردی متعدد برای نفوذ در زنجیره ارزش و اطمینان از بازخورد به‌موقع برای توسعه بهینه محصول استفاده کرد (۳۹، ۳۸، ۱۸).

همان‌طور که شرکت‌های چندملیتی بیشتر به سمت نوآوری باز[8] و سرمایه‌گذاری خطرپذیر شرکتیِ خارجی[9]حرکت می‌کنند، اتحادهای مؤثر هم برای شرکت‌های متصدی و هم برای سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی مواد پیشرفته از اهمیتی قابل‌ملاحظه برخوردار است. مالکیت فکری[10] بخشی مهم از چنین شراکتی است (۴۰، ۳۸). راهبرد بالقوه برای شراکت در اتحادی برد- برد شامل برخورداری از سرمایه‌گذاری و انحصار پروانه مالکیت فکری مواد برای شراکت با شرکت‌های چندملیتی در حوزه به‌کارگیری در منطقه جغرافیایی یا دوره زمانی خاص است. انحصاری‌بودن[11]منجر به تبادل آزادتر دانش و دانش ضمنی یا تلویحی[12]بین شرکت‌ها می‌شود. محدودیت پروانه‌ی مالکیت فکری به جاویژه[13]یا دوره زمانی خاص به تعادل قدرت بین سرمایه‌گذاری خطرپذیر و شرکت‌های چندملیتی کمک و انگیزه‌های آن‌ها را به یکدیگر نزدیک‌تر می‌کند. حوزه‌ی زیست‌فناوری و صنعت داروسازی[14]نمونه‌هایی مناسب برای نحوه‌ی عملیاتی‌کردن راهبرد اخیر است. همچنین، استارتاپ‌ها می‌توانند از منافع تأمین امنیت پروژه‌های توسعه‌ی محصول توسط سایر شرکت‌ها استفاده کنند. چنین راهبردی برای شتاب‌دهی زمان ورود به بازار بسیار مناسب است، زیرا که اگر محصول با موفقیت توسعه یابد، از پیش بازاری آماده در اختیار خواهد داشت (۴۲، ۴۱).

نوآوری فناوری در تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده، چنانچه پیش‌تر گذشت، دارای سطحی بالا از عدم‌قطعیت است؛ چرا که علاوه بر پژوهش‌های رایج، تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده نیازمند توسعه نمونه اولیه و واحدهای آزمایشی است. از نظر مصاحبه‌شونده کد ۱، ارزیابی متغیرهای فنی در سطح آزمایشگاهی لزوماً به‌معنای تأثیرگذاری مشابه در سطح صنعتی نیست. مصاحبه‌شونده‌کد ۷ خاطرنشان می‌کند:

مواردی داریم که به‌طور خاص حتی فناوری در مقیاس آزمایشگاهی جواب داده، اما در پایلوت خیلی خوب کار نکرده است و یک‌راست روی مقیاس صنعتی رفته‌اند که اصلا کار نکرده و همین را به بازار عرضه کرده‌اند و شکست خوردند.

در نتیجه، ارزیابی متغیرهای فنی هم در بخش آزمایشگاهی و هم در بخش صنعتی حائز اهمیت است 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

[1] Tesla Motors
[2] Joint venture
[3] automotive carbon fiber
[4] SGL Carbon
[5] Philips
[6] Decoupling point
[7] Knowledge codification
[8] Open innovation
[9] External corporate venturing
[10] Intellectual property
[11] Exclusivity
[12] Tacit knowledge (implicit knowledge)
[13] Niche
[14] Pharmaceutical industry

مهندسی‌شده وابسته به فناوری‌های دیگر است و اگر این فناوری‌ها در مراحل ابتدایی پژوهش و توسعه باشند موجب تأخیر در پیشرفت و به‌کارگیری نانومواد مهندسی‌شده می‌شوند. ادبیات پژوهش تأکید می‌کند که چنین تطبیقی فناوری از اولویتی اجتناب‌ناپذیر برخوردار است (۱۰، ۸، ۲). از نظر مصاحبه‌شونده 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.

پیش‌تر دیدیم که سطوح بالای عدم‌قطعیت بازار به عواملی چون موقعیت بالادستی سرمایه‌گذاری در زنجیره ارزش صنایع هدف، ضرورت نوآوری‌های تکمیلی در کاربردهای نوظهور محصول، به این‌که مشتریان 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 از این پژوهش حاکی از آن است که عدم‌قطعیت بازار تأثیری منفی بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده دارد. تقاضای محصول، بازار رقابتی و بازاریابی از جمله عوامل مهم اقتصادی در تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده و افزایش یا کاهش عدم‌قطعیت بازار هستند. مصاحبه‌شونده کد ۸ معتقد است که ارزیابی نیازهای مصرف‌کننده در مرحله‌ی ابتدایی توسعه فناوری نانومواد مهندسی‌شده بسیار مهم است. با بررسی 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 مصاحبه‌شونده 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 استفاده می‌کنند، چه موادی را می‌توانند جایگزین کنند، چقدر برای‌شان به‌صرفه است که این مواد را جایگزین کنند، در فرایند فرایند جایگزینی چه دغدغه‌هایی ممکن است داشته باشند و در واقع یک ارزیابی کامل و مهندسی‌شده از آن چیزی که الان در صنعت دارد اتفاق می‌افتد و آن چیزی که ما می‌توانیم به‌عنوان پیشنهاد بهتر به آن‌ها ارائه دهیم تا همان نیازی که دارند را برطرف کنند.

ارزیابی نیاز مصرف‌کننده و ارائه فناوری جدید مبتنی بر آن می‌تواند به‌نتیجه‌رسیدن تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده را تسریع کند. مصاحبه‌شونده کد ۹ تأکید می‌کند: «وقتی که ماده‌ای را تولید می‌کنیم حتماً باید مصرف‌کننده داشته باشد، اگر مصرف‌کننده نداشته باشه (نتایج کار) صرفاً مقاله می‌شود».

نانومواد مهندسی‌شده باید بتوانند نیازها و مشکلات موجود در بازار را حل کنند و مزیت‌های قابل‌مشاهده و قابل‌ارزیابی در مقایسه با رقبا داشته باشند. بررسی مراحل آزمایش و ارزیابی کارایی نانومواد مهندسی‌شده در شرایط واقعی می‌تواند در تأمین این مؤلفه بسیار مفید باشد. از نظر مصاحبه‌شونده‌ی کد ۲:

اینکه آیا با مواد غیرآزمایشگاهی یا صنعتی و نیمه‌صنعتی بتوانیم به فناوری با کیفیت مناسب برسیم یا نه و همچنین ورود بازار، مستلزم این است که شما بتوانید محصولی را ارائه کنید که قابلیت تولید برای بازار را داشته باشد یا مواد اولیه‌اش موجود باشد.

مساله تأمین مواد اولیه در تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده بسیار حائز اهمیت است؛ از جمله این‌که مواد اولیه در دسترس نیست یا قیمت آن مقرون به صرفه نیست و این هر دو مانع از ورود محصول به خط تولید و تجاری‌سازی می‌شود. از نظر مصاحبه‌شوندگان، قیمت مواد اولیه رابطه‌ای خطی با موفقیت تجاری‌سازی نانومواد مهندسی‌شده دارد؛ تا حدی که از نظر مصاحبه‌شونده‌ی کد ۱۲ «فناوری موفق است که فناوری خود را با مواد داخلی و ضایعات صنایع تولید کند. چنانچه اشاره شد، تأخیر یا تسریع تولید مواد اولیه مورد نیاز نانومواد مهندسی‌شده توسط پتروشیمی‌های کشور تأثیری قطعی در پیشبرد پروژه‌ها دارد. از این حیث، عدم‌قطعیت دسترسی به مواد اولیه یکی از محوری‌ترین چالش‌های تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده در ایران است. در همین راستا، مصاحبه‌شونده‌ی کد ۲ تصریح می‌کند که:

ما خیلی تولیدکننده مواد اولیه در کشور نداریم؛ به‌دلیل این‌که اولاً توان رقابت با واردات را ندارند، ثانیاً مواد اولیه آن (ماده پیشرفته) خیلی موجود نیست. به همین دلیل شرکت‌هایی که مثلاً رنگدانه تولید می‌کنند، معمولاً یا معدنی در اختیار دارند یا ماده‌ای دارند که همان را بدون فرآیندی ارائه می‌دهند.

بومی‌سازی مواد اولیه و عدم وابستگی قیمت مواد به ارز نیازمند سیاست‌گذاری و حمایت دولت است. راهکار مصاحبه‌شونده کد ۲ به‌کارگیری سیاست‌های تشویقی است:

به نظرم نقش دولت در واقع حمایت و نظارت است و در کنار آن خود بتواند به‌عنوان نهاد حاکمیتی ببیند نیازهای کشور چه چیزهایی است و در چه حوزه‌ای ارز خارج می‌شود و براساس اولویت‌ها آن‌ها را به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها 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 شبکه‌سازی و برنامه‌های تأمین مالی در تسهیل اولویت‌بندی بازارهای هدف و تطبیق فناوری و بازار نقش داشته باشند.

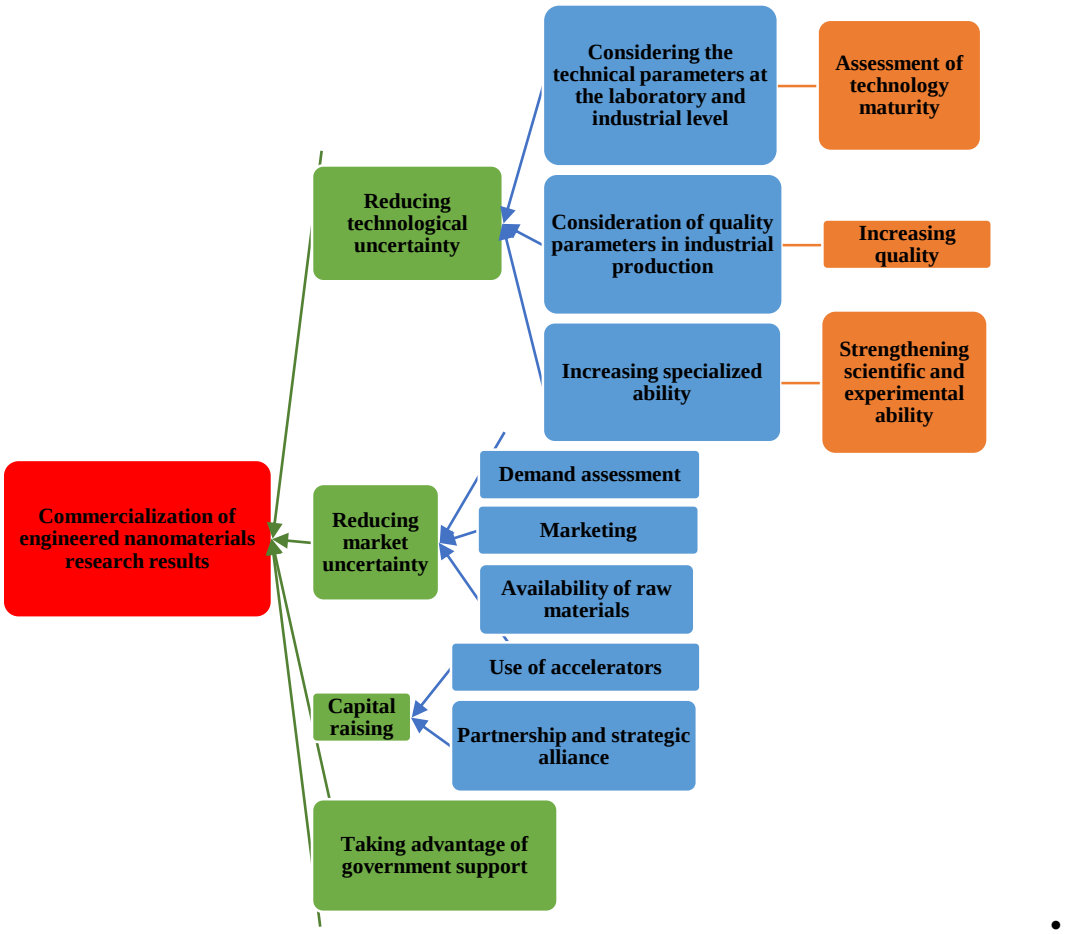
چنانچه در بررسی ادبیات پژوهش گذشت، پذیرش مواد جدید در گرو به‌رسمیت شناختن مزیت نسبی آن‌ها از سوی مصرف‌کنندگان است و اگر نوآوری با شیوه‌های تولید موجود سازگار باشد و مزایایی مشهود و ملموس داشته باشد سریع‌تر مورد پذیرش قرار می‌گیرد و به‌کار می‌روند. در حوزه نانومواد مهندسی‌شده، نوآوری یعنی بهبود و

کیفیت بالاتر و قیمت رقابت‌پذیر می‌باشد. از نظر مصاحبه‌شونده کد ۲، نوآوری در صنعت جدیدبودن نیست، نوآوری در صنعت این است که ماده پیشرفته 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 مصرف‌کننده نهایی حتی پس از ارائه نمونه اولیه 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.

مساله سرمایه‌گذاری در جاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده محوری است. ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که زمان‌بندی برای سرمایه‌گذاری در حوزه نانومواد مهندسی‌شده به‌طور معمول با مرحله موفقیت نوآوری آغاز می‌شود، با توسعه طولانی‌مدت و تجاری‌سازی دنبال می‌شود و در نهایت به مرحله پذیرش نهایی محصول و شروع درآمدزایی می‌رسد. با این حال، عدم‌تمایل به سرمایه‌گذاری در حوزه فناوری‌های جدید غالباً توسعه 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. مصاحبه‌شونده 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 به‌طور فزاینده‌ای در حوزه نانومواد مهندسی‌شده سرمایه‌گذاری می‌کنند. در مقایسه با سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر نرم‌افزاری، سرمایه‌گذاری در حوزه 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. هزینه‌های تجاری‌سازی، زمان‌بندی و سطوح عدم‌قطعیت فناوری و بازار، که سرمایه‌گذاری خطرپذیر در حوزه‌ی مواد پیشرفته با آن‌ها مواجه می‌شود، بسیار شبیه به سرمایه‌گذاری خطرپذیر در زمینه 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 مهندسی‌شده، هزینه‌های تجاری‌سازی بالا شامل افزایش مقیاس تولید و همچنین طراحی و توسعه محصول سفارشی‌شده است. از این رو، نظیر سرمایه‌گذاری خطرپذیر در زیست‌فناوری که شامل توسعه 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 زنجیره ارزش و ۴. شراکت و اتحاد راهبردی. یافته‌های بخش کیفی حاکی از آن است که هر چهار مؤلفه اخیر بر تجاری‌سازی نتایج پژوهش نانومواد مهندسی‌شده اثرگذارند. در نهایت، فناوری‌های نانومواد مهندسی‌شده معمولاً به فناوری‌های پیچیده و ویژه‌ای نیاز دارند. ایجاد و بهره‌برداری از این فناوری‌ها 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 تجاری‌سازی 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 فرایندهای جدید است.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از رساله‌ی دکتری است و نگارندگان بدینوسیله از حمایت و پشتیبانی گروه مدیریت تکنولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی و پژوهشگاه رنگ کمال تشکر و قدردانی را دارد.

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. Rd Manag. 2008;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;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. 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. Technol Transfer. 2022:1-29. 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?. Chem 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;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;35(3):375-93. https://doi.org/10.1016/j.respol. 2005.12. 006.
9. Linton JD, Walsh ST. From bench to business. Nature Mater. 2003;2(5):287-9.
10. Lubik S, Garnsey E. Early business model evolution in science-based ventures: the case of advanced materials. Long Range Plan. 2016;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. Technol. Forecast. Soc. Change. 2021;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. Technol Forecast Soc Change. 2018;128:164-85. https://doi.org/10.1016/ j.techfore.2017. 11.016
13. The path to improved returns in materials commercialization. Mc Kinsley on chemicals. 2012:1220. Available from: https://www.mckinsey.com/ capabilities/operations/our-insights/the-path-to-improved-returns-in-materials-commercialization.
14. Ruckstuhl K, Rabello RC, Davenport S. Design and responsible research innovation in the additive manufacturing industry. Des Stud. 2020;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;13(4):2358. https://doi.org/10.3390/su13042358.
16. Kim JS. Investing in advanced materials: A market-driven methodology. Technovation. 2016;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. Nat Nanotechnol. 2014;9(1):2-5.
18. Maine E. Scientist-entrepreneurs as the catalysts of nanotechnology commercialization. Rev. Nanosci Nanotechnol. 2013;2(5):301-8.
19. Maine E, Probert D, Ashby M. Investing in new materials: a tool for technology managers. Technovation. 2005;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. Sci. 2013;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;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. Technol Anal Strateg Manag. 2021;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;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;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. J Manuf Technol Manag. 2014;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. Int J Hydrogen Energy. 2020;45(5):3595-608. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.165.
27. Clarysse B, Wright M, Bruneel J, Mahajan A. Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. Res Policy. 2014;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. Hum Behav Emerg Technol. 2020;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. Transp. Res. Part C Emerg. Technol. 2018;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. J Retail Consum. Serv. 2022;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. J Eng Technol Manag. 2014;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. J Eng Technol. Manag. 2018;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. J Technol Transfer. 2021;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. J Open Innov: Technol Mark Complex. 2022;8(1):46. https://doi.org/10.3390/ joitmc 8010046.
35. Fuchs ER. Cloning DARPA successfully. Issues Sci Technol. 2009;26(1):65-70.
36. Logar N, Anadon LD, Narayanamurti V. Semiconductor research corporation: a case study in cooperative innovation partnerships. Minerva. 2014;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. J Environ Econ Manag. 2021;107:102420. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102420.
38. Haughian A. From the VC desk: striking a balance on focus. Transl Mater Res. 2014;1(1):010202.
39. Tolfree D, Walsh ST. An introduction to the field of commercializing emerging materials manufacturing technologies in an IoT world. Transl Mater Res. 2018;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. Transl Mater Res. 2018;5(2):026001. https://doi.org/10.1088/2053-1613/aac43a.
41. Von Krogh G, Battistini B, Pachidou F, Baschera P. The changing face of corporate venturing in biotechnology. Nat Biotechnol. 2012;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. Entrep Theory Pract. 2019;43(4):673-96. https://doi.org/10.1177/1042258717738247.
43. Braun, V. Clarke V. Using thematic analysis in psychology. Qual Res Psychol, 2006;3(2), 77-101.
44. Braun V, Clarke V. Thematic analysis. In Cooper H, Camic PM, Long DL, Panter AT, Rindskopf D, K. J. Sher (Eds.), APA handbook of research methods in psychology. American Psychological Association. 2006. 57–71.
45. Braun V, Clarke, V. Conceptual and design thinking for thematic analysis. Qual Psychol. 2022;9(1):3. https://doi.org/10.1037/qup0000196.
46. BraunV, Clarke V. Toward good practice in thematic analysis: Avoiding common problems and be(com)ing a knowing researcher. Int. J. Transgender Health. 2022;24(1):1-6. https://doi.org/10.1080/26895269.2022.21 29597.
47. Clarke V, Braun, V. Successful qualitative research: A practical guide for beginners. Sage Publications. 2013.
48. Clarke V, Braun V. Thematic analysis: A practical guide. Sage Publications, 2021.

How to cite this article:

Moghiseh S, Manteghi M, Akhavan ANaser. Designing a practical model for commercializing research results of engineered nanomaterials. J Stud Color World. 2025;15(41):1-15. https://doi.org/10.30509/jscw.2024.167268.1187 [In Persian].