



Research Paper

Exploring Nanotechnology Development Governance in Iran through the Tentative Governance Approach



•Kiarash Fartash¹, Tooba Baramaki², Hamed Esmaeli³

1. Assistant Professor, Institute for Science and Technology Studies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2. PhD Student, Futures Studies, Faculty of Governance, Tehran University, Tehran, Iran.

3. Master, Technology Management, Faculty of Management and Accounting, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.



Citation: Fartash.K,Baramaki.T,Esmaeli.H,(2025). [Exploring Nanotechnology Development Governance in Iran through the Tentative Governance Approach (Persian)]. *Journal of Governance knowledge*, 02(05),32-64.<https://doi.org/10.22034/jokog.2025.498278.1044>

 <https://doi.org/10.22034/jokog.2025.498278.1044>



Received: 06 Jan 2025

Revised: 09 Feb 2025

Accepted: 11 Feb 2025

Available Online: 20 Mar 2025

Keywords:

Governance, Tentative Governance, Nanotechnology, Nanotechnology Governance, Emerging Technologies

ABSTRACT

In recent years, emerging technologies have been prioritized by countries around the world. Nanotechnology is one of the emerging technologies that has been considered an interdisciplinary and critical area in many firms and organizations. The governance of nanotechnology development faces various challenges and issues that are associated with its expected social and economic benefits. In developing countries, for better management of technology development, there is a need for a tentative type of governance that can be utilized to make appropriate policy and business decisions. Accordingly, the purpose of this research is to analyze the governance of nanotechnology development through a tentative approach. The spatial scope of this research is Iran, and its temporal scope of the research is from May 2023 to June 2024, which entails the period from the early 2000s till 2024. This research was conducted in two stages. In the first stage, a framework consisting of factors related to tentative governance is identified by the literature review. In this stage, factors such as pragmatism and flexibility, learning and adaptability, stakeholder participation, resource provision and allocation, and goal setting were identified as indicators of the tentative approach. Then, we identified instances of tentative governance factors for emerging technologies. In the second stage of this research, semi-structured interviews were conducted with 16 nanotechnology policymakers and experts at the business and policy levels to examine the status of nanotechnology development governance, which served as the basis for extracting and narrating our findings. According to the findings of this study, nanotechnology development governance in Iran has yielded significant achievements in research and technology development by adopting a tentative approach through adopting flexibility, stakeholder participation, and taking into account environmental challenges. However, to achieve long-term goals, especially economic benefits from nanotechnology, it is of great importance to improve institutional coordination, enhance research infrastructure, and enforce regulations in favor of nanotechnology market development.

* Corresponding Author:

Kiarash Fartash

Address: Faculty of Governance University of Tehran, Tehran, Iran

E-mail: sa.babaei@ut.ac.ir

مقاله پژوهشی

تحلیلی بر حکمرانی توسعه فناوری نانو در ایران با رویکرد اقتضایی

* کیارش فرتاش^۱، طوبی برامکی^۲، حامد اسمعیلی^۳

۱. استادیار، پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران.

۲. دانشجوی دکتری، آینده پژوهی، دانشکده حکمرانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳. کارشناس ارشد، مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران.

چکیده

در سال‌های اخیر فناوری‌های نوظهور در سرتاسر جهان در اولویت کشورها قرار گرفته است. فناوری نانو یکی از فناوری‌های نوظهور است که به‌عنوان موضوعی بین‌رشته‌ای و حائز اهمیت در بسیاری از سازمان و شرکت‌ها مورد توجه واقع شده است. حکمرانی توسعه فناوری نانو در راستای منافع اجتماعی و اقتصادی مورد انتظار از آن با چالش‌ها و مسائل گوناگونی مواجه است. در دنیای روبه‌پیشرفت برای مدیریت بهتر فرایندهای فناورانه نیاز به‌نوعی حکمرانی است که بتوان به‌کارگیری آن، به اقتضای شرایط تصمیم‌های سیاستی و کسب و کاری مناسبی اتخاذ نمود. بر این اساس، هدف از این پژوهش تحلیل حکمرانی توسعه فناوری نانو با رویکرد اقتضایی می‌باشد. قلمرو مکانی این پژوهش کشور ایران و قلمرو زمانی انجام پژوهش از اردیبهشت ۱۴۰۲ تا خرداد ۱۴۰۳ است و بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ابتدای سال ۱۴۰۳ مورد مطالعه قرار گرفته است. این پژوهش در دو مرحله انجام شده به این ترتیب که در مرحله اول با مرور پیشینه چارچوبی از عوامل مؤثر بر حکمرانی اقتضایی را شناسایی می‌شود. در این مرحله عواملی مانند عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری، یادگیری و انطباق‌پذیری، مشارکت ذینفعان، تأمین و تخصیص منابع و هدف‌گذاری به‌عنوان شاخص‌های رویکرد اقتضایی شناسایی شد و ذیل هر کدام از آن‌ها، مصادیقی برای فناوری‌های نوظهور تدوین شد. در مرحله دوم پژوهش، برای بررسی وضعیت حکمرانی توسعه فناوری نانو در شاخص‌های حکمرانی با ۱۶ نفر از سیاست‌گذاران و متخصصان سطوح کسب و کار و سیاست‌گذاری فناوری نانو مصاحبه نیمه ساختاریافته صورت گرفت که مبنای استخراج و تشریح یافته‌ها قرار گرفت. بر اساس یافته‌های این پژوهش، حکمرانی توسعه فناوری نانو در ایران با اتخاذ رویکرد اقتضایی و تأکید بر انعطاف‌پذیری، مشارکت ذینفعان و مدیریت چالش‌های محیطی، توانسته به موفقیت‌های قابل توجهی در توسعه پژوهش و فناوری دست یابد. با این حال، برای تحقق اهداف بلندمدت و خصوصاً خلق ثروت ناشی از فناوری نانو، بهبود هماهنگی نهادی، تقویت زیرساخت‌های پژوهشی و تنظیم‌گری به نفع توسعه بازار فناوری نانو اهمیت زیادی دارد.

تاریخ دریافت: ۱۷ دی ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری: ۲۱ بهمن ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۲۳ بهمن ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۳۰ اسفند ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:

حکمرانی، حکمرانی
اقتضایی، فناوری نانو،
حکمرانی فناوری نانو،
فناوری‌های نوظهور

* نویسنده مسئول:

کیارش فرتاش

نشانی: پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران.

رایانامه: k_fartash@sbu.ac.ir



۱- مقدمه

۲۰۲۱؛ آپلات^۹، ۲۰۱۲). حکمرانی این حوزه نیازمند رویکردهایی است که بتوانند در مواجهه با پیچیدگی‌ها و تغییرات سریع فناوری نانو، کارایی لازم را حفظ کرده و به تقویت هم‌افزایی میان ذینفعان مختلف کمک می‌کند (روکا^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷؛ ژیانگ و لی^{۱۱}، ۲۰۲۴).

در این راستا، رویکردهای سنتی حکمرانی که اغلب بر مقررات سخت‌گیرانه و سیاست‌های ثابت مبتنی هستند، نتوانسته‌اند نیازهای این فناوری نوظهور را به‌طور کامل پوشش دهند. این رویکردهای خطی و ثابت، در پاسخ به تغییرات سریع فناوری نانو، به دلیل عدم انعطاف‌پذیری و انطباق‌پذیری ناکافی، کارایی لازم را ندارند. از این‌رو، توجه به رویکردهای نوینی چون حکمرانی اقتضایی^{۱۲} ضروری به نظر می‌رسد. حکمرانی اقتضایی با تأکید بر یادگیری مداوم، انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و مشارکت ذینفعان مختلف، امکان تنظیم سیاست‌ها و استراتژی‌ها را به‌گونه‌ای فراهم می‌کند که به شرایط و تغییرات متنوع و غیرقابل‌پیش‌بینی این فناوری پاسخگو باشد (کولمان^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۹).

با توجه به ظرفیت‌های فناوری نانو و چالش‌های چندبعدی آن، نیاز به تحلیل حکمرانی این فناوری بر مبنای یک چارچوب پویا و اقتضایی احساس می‌شود. در کشورهایی مانند ایران که به‌تازگی وارد عرصه توسعه فناوری نانو شده‌اند، نبود یک چارچوب حکمرانی جامع و منسجم، روند پیشرفت را با موانع متعددی مواجه ساخته است (اسدی و همکاران، ۱۴۰۱). سیاست‌گذاران در چنین کشورهایی، به

در دهه‌های اخیر، فناوری نانو به یکی از پرچالش‌ترین و پرتانس‌ترین حوزه‌های علمی و صنعتی تبدیل شده و توجه بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه را به خود جلب کرده است (شارما^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). این فناوری به دلیل قابلیت‌های منحصر به فرد خود، از جمله دست‌کاری مواد در مقیاس نانومتری برای بهبود کارایی، کاهش مصرف منابع و افزایش دقت در طراحی، می‌تواند تحول عمیقی در حوزه‌هایی چون پزشکی، انرژی، محیط‌زیست و کشاورزی ایجاد کند (هلیم^۲ و همکاران، ۲۰۲۳؛ پرامانیک^۳ و همکاران، ۲۰۲۰؛ تاران و همکاران، ۲۰۲۱؛ شاه^۴ و همکاران، ۲۰۲۲؛ عبدالله^۵ و همکاران، ۲۰۲۰). نانو با ظرفیت بالا برای ایجاد دستاوردهای علمی و تجاری، می‌تواند در توسعه اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی جوامع نقش کلیدی ایفا کند (طویه^۶ و همکاران، ۲۰۲۴؛ فوتورهچی و فرهنگ، ۲۰۲۳).

با این حال، توسعه و به‌کارگیری فناوری نانو، با تأثیرات چندبعدی و پیچیده‌ای همراه است. از جمله این تأثیرات می‌توان به مواردی نظیر عدم قطعیت‌های علمی و فنی، پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی و ملاحظات اخلاقی اشاره کرد (پورهیت^۷ و همکاران، ۲۰۱۷). این موارد، به‌ویژه برای سیاست‌گذاران و مدیران در سطح ملی، اهمیت حکمرانی مؤثر بر این فناوری را نمایان می‌سازد (پوکراجاک^۸ و همکاران،

1. Sharma
2. Haleem
3. Pramanik
4. Shah
5. Abdalla
6. Tawiah
7. Purohit
8. Pokrajac

9. Auplat

10. Roca

11. Xiong & Li

12. Tentative governance

13. Kuhlmann

خود می‌گیرند که به‌طور قابل توجهی با آن‌هایی که در مقیاس بزرگ مشاهده می‌شوند متفاوت است (مالیک^{۱۶} و همکاران، ۲۰۲۳).

حکمرانی: حکمرانی به‌طور کلی به فرآیندهایی اطلاق می‌شود که از طریق آن‌ها قدرت و مسئولیت در سطح‌های مختلف جامعه تقسیم و اعمال می‌شود. این مفهوم شامل تعاملات و روابط میان بازیگران مختلف، مانند دولت، سازمان‌های خصوصی، جامعه مدنی و دیگر نهادهاست که در راستای حل مشکلات اجتماعی و اداره امور عمومی فعالیت می‌کنند (کولمان و همکاران، ۲۰۱۹). حکمرانی دیگر صرفاً به معنای اعمال قدرت از سوی دولت یا به‌صورت سلسله‌مراتبی نیست؛ بلکه به فرآیندهایی اشاره دارد که در آن‌ها تصمیم‌گیری‌ها و اقدامات به‌طور جمعی و از طریق همکاری‌های چندجانبه شکل می‌گیرد. یکی از ویژگی‌های کلیدی حکمرانی این است که هیچ سیستم کنترل رسمی نمی‌تواند روابط بین این بازیگران و سازمان‌ها را به‌طور کامل دیکته کند؛ بنابراین، در فرآیند حکمرانی، قواعد و تصمیمات غالباً به‌صورت غیررسمی و با انعطاف‌پذیری بیشتری تنظیم می‌شوند. این قواعد می‌توانند از رسمی به غیررسمی تغییر یابند و گاهی اوقات به‌صورت پایدار و در طول زمان به نهادهای جدید تبدیل شوند (چوترا و استوکر^{۱۷}، ۲۰۰۹). به‌عبارتی دیگر، حکمرانی به‌طور مستمر در حال تحول است و به‌ویژه در شرایط تغییرات اجتماعی و سیاسی، اشکال جدیدی از حکمرانی به‌طور طبیعی به وجود می‌آید (رودز^{۱۸}، ۲۰۰۷).

حکمرانی اقتضایی: حکمرانی اقتضایی به معنای

دلیل عدم قطعیت‌ها و پیچیدگی‌های فناوری نانو، با چالش‌های زیادی در طراحی سیاست‌های کارآمد و پاسخگو روبرو هستند (دهقانی و حسینی، ۱۳۹۶؛ پوکراجاک و همکاران، ۲۰۲۱؛ نمه^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۱). از این‌رو، معرفی و تبیین رویکرد حکمرانی اقتضایی به‌عنوان یک ابزار کارآمد برای مدیریت توسعه فناوری‌های نوظهور همچون نانو ضرورتی انکارناپذیر است. این رویکرد نه تنها باید قابلیت انطباق با شرایط خاص این فناوری را داشته باشد، بلکه باید همکاری و هماهنگی بین بخش‌های دولتی، دانشگاهی، صنعتی و جامعه مدنی را نیز تقویت کند (لیال و تیت^{۱۵}، ۲۰۱۹؛ کولمان و همکاران، ۲۰۱۹؛ ژیانگ و لی، ۲۰۲۴).

با توجه به موارد فوق، پژوهش حاضر به تحلیل حکمرانی توسعه فناوری نانو با رویکرد اقتضایی می‌پردازد و به دنبال شناسایی عوامل مؤثر و شاخص‌های کلیدی در حکمرانی این حوزه است. برای دستیابی به این هدف، ابتدا به بررسی نظری و شناسایی شاخص‌های حکمرانی اقتضایی پرداخته و سپس این شاخص‌ها را در چارچوبی متناسب با ویژگی‌های فناوری نانو در ایران پیاده‌سازی و تحلیل می‌شود.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- مبانی نظری

فناوری نانو: به تحقیق و توسعه فناوری در مقیاس اتمی، مولکولی و ماکرو مولکولی اطلاق می‌شود که منجر به دست‌کاری و مطالعه کنترل‌شده ساختارها و دستگاه‌هایی با مقیاس طولی در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌شود. اجسام در این مقیاس، مانند «نانو ذرات»، ویژگی‌ها و عملکردهای جدیدی به

16. Malik
17. Chhotray & Stoker
18. Rhodes

14. Neme
15. Lyall & Tait



پایش و ارزیابی تحقق اهداف و برنامه‌ها و ۵- تأمین و تخصیص منابع و زیرساخت‌های موردنیاز) دسته‌بندی نمود. این ابعاد بر اساس تجمیع یافته‌های پژوهش‌های معتبر داخلی و بین‌المللی و تحلیل روندهای حکمرانی در حوزه‌های مشابه استخراج شده‌اند و چارچوب نظری تحقیق را شکل داده‌اند. در ادامه، شاخص‌های مرتبط با هر یک از این ابعاد به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۲-۲- عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های حمایتی

ساختار سازمانی منعطف و پویا در سازمان‌های محوری در حکمرانی توسعه فناوری: در عصر فناوری‌های نوظهور، انعطاف‌پذیری و رویکرد عمل‌گرایانه در سیاست‌گذاری به ضرورتی انکارناپذیر تبدیل شده است (اسکات و استینمولر^{۲۰}، ۲۰۱۸). ساختارهای سازمانی منعطف این قابلیت را فراهم می‌کنند که بازیگران حکمرانی بتوانند به صورت مؤثر و کارآمد به تغییرات و چالش‌های محیطی واکنش نشان دهند (ویک و ساتکلیف^{۲۱}، ۲۰۱۵). نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که سازمان‌هایی که از انعطاف‌پذیری لازم برای بازنگری و تنظیم سیاست‌های خود بر اساس تغییرات و نیازهای روز جامعه برخوردارند، نه تنها عملکرد موفق‌تری دارند، بلکه توانایی بیشتری در مدیریت عدم قطعیت‌های علمی و فنی از خود نشان می‌دهند. این سازمان‌ها با بهره‌گیری از رویکردهای تطبیقی، می‌توانند سازوکارهای اجرایی خود را بهینه‌سازی کرده و از طریق افزایش کارایی و بهره‌وری، جایگاه رقابتی و میزان اثربخشی خود را در محیط‌های پویای امروزی

توانایی نظام‌های حکمرانی در سازگاری با تغییرات و شرایط غیرقابل پیش‌بینی است. این نوع حکمرانی از پیش برنامه‌ریزی دقیق فراتر رفته و به انعطاف‌پذیری در پاسخ به شرایط جدید تأکید دارد (ژیانگ و لی، ۲۰۲۴). به عبارت دیگر، حکمرانی اقتضایی به‌عنوان یک فرآیند پویا و در حال تحول، به‌منظور مدیریت وابستگی‌ها و احتمالات متقابل طراحی می‌شود. این نوع حکمرانی بر انعطاف‌پذیری، تدریج و آزمون و خطا تأکید دارد و در مواجهه با عدم قطعیت‌ها و تغییرات محیطی، به‌طور مستمر در حال تغییر و تکامل است (لیندبلوم^{۱۹}، ۱۹۵۹).

این رویکرد در زمینه‌های علمی و فناوری نوظهور اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، چرا که سیاست‌گذاران با اهداف غیرقطعی و پویا روبه‌رو می‌شوند که معمولاً با ابهامات و پیچیدگی‌های زیادی همراه است. به همین دلیل، حکمرانی اقتضایی نیازمند سیاست‌های انعطاف‌پذیر و به‌روزرسانی مداوم است تا بتواند به‌طور مستمر به مشکلات جدید پاسخ دهد (کولمان و همکاران، ۲۰۱۹).

۲-۲- پیشینه پژوهش

بررسی مطالعات پیشین در حوزه حکمرانی، سیاست‌گذاری عمومی و توسعه فناوری نانو و سایر فناوری‌های نوظهور نشان می‌دهد که حکمرانی اقتضایی را می‌توان در پنج بعد (۱- عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های حمایتی، ۲- یادگیری و انطباق‌پذیری در مواجهه با عدم قطعیت‌ها و مدیریت پیشامدهای احتمالی، ۳- جلب مشارکت، هماهنگی و تقسیم‌کار میان ذینفعان در سیاست‌گذاری و اجرای سیاست‌ها، ۴- هدف‌گذاری مشخص و استقرار نظام کارآمد

20. Schot & Steinmueller

21. Weick & Sutcliffe

19. Lindblom

۲-۲-۲- یادگیری و انطباق پذیری

مدیریت دانش و درس آموزی از تجارب داخلی و بین‌المللی و بهره‌گیری از آن: یادگیری و انطباق‌پذیری، به‌عنوان ارکان اساسی حکمرانی اقتضایی در حوزه فناوری‌های نوظهور، به‌ویژه در زمینه‌های پیچیده‌ای مانند فناوری نانو، اهمیت بیشتری پیدا کرده و به‌عوامل تعیین‌کننده در مواجهه با چالش‌های این حوزه تبدیل شده است (عثمان^{۲۸} و همکاران، ۲۰۲۲). این فرایند شامل مدیریت دانش و بهره‌گیری از تجربیات داخلی و بین‌المللی است که به سازمان‌ها اجازه می‌دهد بهترین شیوه‌ها را شناسایی و به‌سرعت در سیاست‌گذاری‌های خود ادغام کنند (گومز^{۲۹} و همکاران، ۲۰۲۱). در عصر تحولات سریع علمی و فنی، این نوع یادگیری مداوم می‌تواند به کاهش عدم قطعیت‌ها و بهبود کارایی و اثرگذاری سیاست‌ها کمک کند (سولتون^{۳۰}، ۲۰۲۳).

مدیریت و کاهش تأثیرات ناشی از تحریم و محدودیت‌های آن: مدیریت و کاهش تأثیرات ناشی از تحریم‌ها و محدودیت‌های اقتصادی یکی از عوامل اساسی در مسیر توسعه فناوری‌های نوظهور به شمار می‌رود (دهقان اشکذری و همکاران، ۱۳۹۷). کشورهایی که توانسته‌اند با بهره‌گیری مؤثر از منابع داخلی و توسعه ظرفیت‌های نوآوری، راهکارهای مناسبی برای مقابله با تحریم‌ها بیابند، موفقیت بیشتری کسب کرده‌اند. این موفقیت به عواملی مانند ایجاد زیرساخت‌های پژوهشی و آزمایشگاهی پیشرفته، گسترش شبکه‌های همکاری علمی و صنعتی و تقویت سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه وابسته است (فرتاش و همکاران، ۱۴۰۳).

ارتقا دهند (انسل و ترون‌دال^{۲۲}، ۲۰۱۸).

قوانین و سیاست‌های منعطف و عمل‌گرا: تدوین قوانین و سیاست‌های منعطف، با تمرکز بر عمل‌گرایی، به ذینفعان این امکان را می‌دهد که به‌جای پیروی از روندهای ثابت و سنتی، راه‌حلهایی مناسب و متناسب با شرایط جاری ارائه دهند (هاولت^{۲۳} و همکاران، ۲۰۱۵؛ انسل و ترون‌دال، ۲۰۱۸). در این زمینه، پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که اتخاذ سیاست‌های انعطاف‌پذیر به سازمان‌ها این امکان را می‌دهد که به سرعت اهداف و عملیات خود را تنظیم کنند و عملکرد خود را بهبود و نوآوری را افزایش دهند (نانداکومار^{۲۴} و همکاران، ۲۰۱۲).

شفافیت در مجریان و سایر متولیان اجرای برنامه: شفافیت در مجریان و سایر متولیان اجرای هر برنامه، یکی از ارکان اساسی در تضمین موفقیت اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه‌ای است. این شفافیت به‌ویژه در تعیین نقش‌ها، وظایف و مسئولیت‌های هر یک از ذینفعان و مجریان نقش بسزایی دارد (پبریاتی و آروانتو^{۲۵}، ۲۰۲۴). این امر موجب ایجاد اعتماد متقابل و همکاری سازنده میان آن‌ها می‌شود. علاوه بر این، شفافیت در روندهای اجرایی به تمام ذینفعان این امکان را می‌دهد که اطلاعات دقیق و به‌روز در مورد پیشرفت، مشکلات و چالش‌های احتمالی هر برنامه را دریافت کنند و به‌طور مؤثری در ارزیابی و پیگیری نتایج آن مشارکت کنند (اوسوجی^{۲۶}، ۲۰۲۴، زینال^{۲۷} و همکاران، ۲۰۲۳).

22. Ansell & Trondal

23. Howlett

24. Nandakumar

25. Pebraty & Arwanto

26. Osuji

27. Zainal

28. Osman

29. Gomes

30. Soelton



اعتماد متقابل میان آن‌ها می‌شود، بلکه نقش مهمی در توانمندسازی ذینفعان برای مواجهه با مسائل پیچیده ایفا می‌کند. در حوزه حکمرانی، چنین همکاری‌هایی به شناسایی نیازهای واقعی جامعه و چالش‌های پیش رو کمک کرده و در نهایت منجر به تدوین سیاست‌های کارآمدتر و اثربخش‌تر می‌شود (فانگ^{۳۳}، ۲۰۱۵؛ انسن^{۳۴} و همکاران، ۲۰۱۷).

وجود کانال‌های ارتباطی لازم برای برقراری ارتباط مؤثر ذینفعان: وجود کانال‌های ارتباطی مؤثر به معنای وجود سیستم‌های اطلاعاتی و فرایندهای شفاف است که ارتباطات بین ذینفعان را تسهیل می‌کند. این کانال‌ها می‌توانند شامل جلسات مشورتی، پلتفرم‌های دیجیتال و ابزارهای ارتباطی متنوع باشند که اطلاعات را به سرعت و به راحتی به اشتراک می‌گذارند (کلوجان^{۳۵} و همکاران، ۲۰۲۱). این نوع ارتباطات نه تنها موجب تسهیل فرایند تصمیم‌گیری می‌شود، بلکه به ذینفعان کمک می‌کند تا به موقع واکنش نشان دهند و نیازهای یکدیگر را درک کنند (چوکورا^{۳۶} و همکاران، ۲۰۲۴).

جلب مشارکت بخش خصوصی در تدوین چشم‌انداز و برنامه‌های کلان حکمرانی توسعه فناوری: جلب مشارکت بخش خصوصی در فرایند تصمیم‌گیری و تدوین سیاست‌ها، به ویژه در زمینه فناوری‌های نوظهور، از اهمیت بالایی برخوردار است (راشد و شاه، ۲۰۲۱^{۳۷}). بخش خصوصی به عنوان یک بازیگر کلیدی می‌تواند با ارائه دانش فنی، منابع مالی و نوآوری به بهبود کیفیت تصمیمات کمک کند. این مشارکت نه تنها به تقویت قابلیت‌های حکمرانی

از بین بردن تعارض و تحولات سیاسی درون کشور: از بین بردن تعارضات و تحولات سیاسی داخلی نیز در زمینه حکمرانی فناوری‌های نوظهور، نقش کلیدی ایفا می‌کند. ایجاد یک فضای گفت‌وگو و همکاری میان ذینفعان مختلف از جمله دولت، دانشگاه‌ها و بخش خصوصی می‌تواند به تسهیل و تسریع فرایندهای نوآوری و تحقیق و توسعه منجر شود. این نوع همکاری‌ها نه تنها به بهبود پاسخگویی به نیازهای بازار کمک می‌کند، بلکه باعث تقویت ثبات اجتماعی و اقتصادی در مواجهه با چالش‌های نوظهور می‌شود (سلطانی و صاحبی‌نژاد، ۱۴۰۱؛ شریف‌زاده و همکاران، ۱۴۰۳).

۳-۲-۲- جلب مشارکت، هماهنگی و تقسیم‌کار بین ذینفعان مختلف

وجود بستر مشارکت مؤثر ذینفعان حکمرانی توسعه فناوری: بستر مشارکت مؤثر به محیطی اشاره دارد که در آن ذینفعان مختلف شامل نهادهای دولتی، صنعت، دانشگاه‌ها و جامعه مدنی می‌توانند به طور آزادانه و مؤثر با یکدیگر ارتباط برقرار کنند و در فرایند تصمیم‌گیری مشارکت کنند. این بستر باید از ظرفیت‌های لازم برای تشویق به مشارکت فعال و تبادل اطلاعات بین ذینفعان برخوردار باشد که در نتیجه می‌تواند به ایجاد تصمیمات بهینه و جامع‌تر کمک کند (ماتن و کرین^{۳۱}، ۲۰۰۵، گرین و هانتون کلارک^{۳۲}، ۲۰۰۳).

همکاری از طریق مشارکت ذینفعان: همکاری مؤثر میان ذینفعان مستلزم ایجاد یک شبکه ارتباطی مستحکم است که در آن هر یک از ذینفعان بتوانند دیدگاه‌ها و تجربیات خود را به اشتراک بگذارند (انسل و تروندال، ۲۰۱۸). این تعامل نه تنها موجب تقویت

33. Fung

34. anssen

35. Klochan

36. Chukwurah

37. Rashed & Shah

31. Matten & Crane

32. Green & Hunton-Clarke

۴-۲-۲- هدف‌گذاری مشخص و استقرار نظام کارآمد پایش و ارزیابی تحقق اهداف و برنامه‌ها

وجود متولی نظارت بر نتایج و دستاوردهای برنامه‌های و سیاست‌ها: تعیین یک نهاد مسئول برای نظارت بر نتایج و دستاوردهای برنامه‌های توسعه فناوری به معنای تخصیص وظایف مشخص به یک یا چند نهاد است که بتوانند عملکرد سیاست‌ها و برنامه‌ها را به صورت مستمر پایش کنند. این نهادها باید از تخصص و دانش کافی برخوردار باشند تا ارزیابی‌های دقیق، مستند و مبتنی بر شواهد از میزان پیشرفت و چالش‌های موجود ارائه دهند. وجود چنین متولی‌ای علاوه بر افزایش شفافیت و پاسخگویی در فرآیند اجرای سیاست‌ها، می‌تواند نقش مهمی در جلب اعتماد ذینفعان ایفا کند (کاظمی آذر، ۱۳۹۷؛ آذر و همکاران، ۱۳۹۶).

استقرار نظام ارزیابی عملکرد دقیق و به‌روز: نظام ارزیابی عملکرد باید قادر به ارائه اطلاعات به‌روز و دقیق درباره پیشرفت‌ها و نتایج برنامه‌های توسعه فناوری باشد. این نظام باید شامل شاخص‌های قابل اندازه‌گیری و معیارهای روشن باشد که ارزیابی صحیحی از عملکردها ارائه دهد (اسودسن^{۴۴} و همکاران، ۲۰۲۰). یک نظام ارزیابی مؤثر نه تنها به شناسایی نقاط قوت و ضعف کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهبود فرایندها و اصلاح سیاست‌ها بر اساس تجربیات گذشته نیز بپردازد. به‌طور کلی، این نوع ارزیابی به ارتقاء کارایی و اثربخشی برنامه‌ها و سیاست‌ها منجر می‌شود (پاندی و جین^{۴۵}، ۲۰۲۰).

دسترسی عمومی اطلاعات به عملکرد و دستاوردهای فناورانه و برنامه‌ای: دسترسی عمومی به اطلاعات مربوط به عملکرد و دستاوردهای

منجر می‌شود، بلکه به تأمین منابع و امکانات لازم برای اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه‌ای نیز کمک می‌کند (بسانت^{۳۸}، ۲۰۰۵).

ایجاد سازوکارهای مناسب برای هماهنگی بین نهادها و مجریان در حکمرانی توسعه فناوری:

در حکمرانی توسعه فناوری، هماهنگی مؤثر بین نهادها و مجریان از ارکان اساسی است که موفقیت سیاست‌ها و برنامه‌ها را تضمین می‌کند (آلاراخیا و والش^{۳۹}، ۲۰۱۲). برای دستیابی به این هماهنگی، لازم است سازوکارهای مشخص و کارآمدی در سطوح مختلف حکمرانی ایجاد شود. این سازوکارها می‌توانند شامل جلسات هماهنگی منظم، پلتفرم‌های دیجیتال مشترک و سیستم‌های تبادل اطلاعات باشند که به نهادها و مجریان امکان می‌دهند تا در تصمیم‌گیری‌ها و اجرای سیاست‌ها همکاری کنند. این هماهنگی‌ها باعث تسهیل در پیاده‌سازی فناوری‌های نوظهور و شناسایی چالش‌های احتمالی می‌شود (امینگ و چارلز^{۴۰}، ۲۰۱۳؛ رایبسنسون^{۴۱} و همکاران، ۲۰۰۷).

به‌ویژه در زمینه فناوری‌های نوین، همکاری و هماهنگی بین بخش‌های مختلف دولتی، خصوصی و دانشگاهی برای تأمین منابع و اجرای پروژه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد (کاپور و لی^{۴۲}، ۲۰۱۳). علاوه بر این، استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی و ابزارهای ارتباطی به تسریع در فرآیند هماهنگی کمک کرده و موجب افزایش کارایی و شفافیت در حکمرانی فناوری‌های نوظهوری همچون نانو می‌شود (لوشکوفسکا و کوچسکی^{۴۳}، ۲۰۱۵).

38. Bessant

39. Allarakhia & Walsh

40. Mbengue & Charles

41. Robinson

42. Kapoor & Lee

43. Loshkovska & Koceski

44. Svendsen

45. Pandey & Jain



است (آگویر^{۵۰} و همکاران، ۲۰۱۸). این برنامه‌ها شامل ایجاد محیط‌های کاری جذاب و رقابتی، فراهم کردن فرصت‌های رشد علمی و شغلی و استفاده بهینه از مهارت‌های پژوهشگران در پروژه‌های نوآورانه می‌شود. همچنین، ایجاد زیرساخت‌های پژوهشی مناسب، پشتیبانی از پژوهشگران در مسیر توسعه حرفه‌ای و تشویق به همکاری‌های بین‌المللی و بین‌رشته‌ای، می‌تواند به جذب و نگهداشت متخصصان کمک کند (پاندیتا^{۵۱}، ۲۰۲۲؛ پوپو اولانیان^{۵۲} و همکاران، ۲۰۲۰).

حمایت از تأمین تجهیزات آزمایشگاهی و

زیرساخت‌های پژوهش و فناوری: تأمین مالی پایدار و کارآمد یکی از عوامل اساسی در توسعه و پیشبرد پروژه‌های فناوری محسوب می‌شود (مرز^{۵۳}، ۲۰۰۱). طراحی سازوکارهای مؤثر برای تأمین بودجه شامل شناسایی منابع مالی، تخصیص بهینه و تدوین سیاست‌های مالی پایدار است که می‌تواند از طریق ترکیب منابع دولتی، مشارکت بخش خصوصی و همکاری‌های بین‌المللی محقق شود (یاردلی و وسلر^{۵۴}، ۲۰۱۲). این رویکرد نه تنها به تأمین مالی پروژه‌ها کمک می‌کند، بلکه با جذب سرمایه‌گذاری‌های جدید و ایجاد فرصت‌های شغلی، به رشد و پویایی این حوزه نیز منجر می‌شود (نیتی‌ایتیو^{۵۵}، ۲۰۱۲).

تسهیل دسترسی به زیرساخت‌های فناورانه و

آزمایشگاهی: دسترسی به زیرساخت‌های فناورانه و آزمایشگاهی برای پژوهشگران و متخصصان ضروری

فناورانه به ایجاد شفافیت و پاسخگویی در حکمرانی فناوری کمک می‌کند. این دسترسی می‌تواند از طریق وب‌سایت‌ها، گزارش‌های دوره‌ای و سایر ابزارهای ارتباطی انجام شود. در نتیجه، ذینفعان و عموم مردم می‌توانند از پیشرفت‌ها و چالش‌ها آگاه شوند و در صورت نیاز، نظرات و پیشنهادهای خود را ارائه دهند. این نوع شفافیت نه تنها به تقویت اعتماد عمومی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهبود فرایندهای تصمیم‌گیری و توسعه فناوری نیز کمک کند (جیگر و برتوت^{۴۶}، ۲۰۱۰؛ آموتا^{۴۷} و همکاران، ۲۰۲۴).

۲-۲-۵- تأمین و تخصیص منابع و زیرساخت

طراحی سازوکارهای تأمین بودجه: برای توسعه و پیشبرد پروژه‌های فناوری، تأمین مالی مناسب و پایدار اهمیت ویژه‌ای دارد. طراحی سازوکارهای تأمین بودجه شامل شناسایی منابع مالی، تخصیص صحیح و پایدار و ایجاد سیاست‌های مالی مؤثر است که می‌تواند از طریق همکاری‌های بین‌المللی، مشارکت بخش خصوصی و منابع دولتی انجام شود (هلیلی^{۴۸} و همکاران، ۲۰۲۳). این رویکرد نه تنها به تأمین مالی پروژه‌ها کمک می‌کند بلکه می‌تواند به جذب سرمایه‌گذاری‌های جدید و ایجاد اشتغال در این حوزه نیز منجر شود^{۴۹} (مرتضی‌نیا و فلاح‌شمس، ۱۳۹۱).

طراحی و پیاده‌سازی برنامه‌های جذب، حفظ

و بکارگیری پژوهشگران و متخصصان: طراحی و پیاده‌سازی برنامه‌های جذب، حفظ و به‌کارگیری پژوهشگران و متخصصان در حوزه فناوری، به منظور تقویت ظرفیت‌های تحقیقاتی و نوآوری ضروری

50. Aguirre

51. Pandita

52. Popo-Olaniyan

53. Merz

54. Yardley & Wesler

55. initiative

46. Jaeger & Bertot

47. Amutha

48. Halili

49. <https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1744431>

جدول ۱. چارچوب عوامل و شاخص‌های حکمرانی اقتضایی (جمع‌بندی نویسندگان بر اساس مرور پیشینه)

ردیف	بعد حکمرانی اقتضایی	تعریف عملیاتی	مصادق	منابع
۱	عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های حمایتی	بازبزرگان حکمرانی برای رسیدن به نتیجه مورد انتظار از یک‌رویه ثابت استفاده نکرده و دارای انعطاف‌پذیری اجرایی و تعاملاتی هستند	ساختار سازمانی منعطف و پویا در سازمان‌های محوری در حکمرانی توسعه فناوری	اسکات و استینمولر، ۲۰۱۸؛ ویک و ساتکلیف، ۲۰۱۵؛ انسل و ترون‌دال، ۲۰۱۸
			قوانین و سیاست‌های منعطف و عمل‌گرا	انسل و ترون‌دال، ۲۰۱۸؛ هاولت و همکاران، ۲۰۱۵؛ نانداکومار و همکاران، ۲۰۱۲
			شفافیت در مجریان و سایر متولیان اجرای هر برنامه	پیریاتی و آروانتو، ۲۰۲۴؛ زینال و همکاران، ۲۰۲۳؛ اوسوجی، ۲۰۲۴
۲	یادگیری و انطباق‌پذیری و (مدیریت پیشامدهای احتمالی/کنترل عدم قطعیت‌ها/کنترل پیشامدهای محیطی)	بازبزرگان حکمرانی خود را با پیچیدگی‌ها و ابهامات سیاسی، سیاستی و اجرایی انطباق می‌دهند و از تجارب پیشین درس‌آموزی می‌کنند.	مدیریت دانش و درس‌آموزی از تجارب داخلی و بین‌المللی و بهره‌گیری از آن	عثمان و همکاران، ۲۰۲۲؛ گومز و همکاران، ۲۰۲۱؛ سولتون، ۲۰۲۳
			مدیریت و کاهش تأثیرات ناشی از تحریم و محدودیت‌های آن	دهقان اشکذری و میرعمادی، ۱۳۹۷؛ فرتاش و همکاران، ۱۴۰۳
			از بین بردن تعارض و تحولات سیاسی درون کشور	سلطانی و صاحبی نژاد، ۱۴۰۱؛ شریف‌زاده و همکاران، ۱۴۰۳
۳	جلب مشارکت، هماهنگی و تقسیم‌کار بین ذینفعان (در سیاست‌گذاری، اجرای سیاست و ...)	جلب مشارکت و تعامل ذینفعان در تصمیم‌گیری و اجرا در خصوص سیاست‌ها، طرح‌ها و برنامه‌ها	وجود بستر مشارکت مؤثر ذینفعان حکمرانی توسعه فناوری	ماتن و کرین، ۲۰۰۵؛ هانتون کلارک، ۲۰۰۳
			همکاری از طریق مشارکت ذینفعان	انسل و ترون‌دال، ۲۰۱۸؛ انسن و همکاران، ۲۰۱۷؛ فانگ، ۲۰۱۵
			وجود کانال‌های ارتباطی لازم برای برقراری ارتباط مؤثر ذینفعان	کلوچان و همکاران، ۲۰۲۱؛ چوکورا و همکاران، ۲۰۲۴
			جلب مشارکت بخش خصوصی در تدوین چشم‌انداز و برنامه‌های کلان حکمرانی توسعه فناوری	راشد و شاه، ۲۰۲۱؛ بسانت، ۲۰۰۵
			ایجاد سازوکارهای مناسب برای هماهنگی بین نهادها و مجریان در حکمرانی توسعه فناوری	آلاراخیا و والش، ۲۰۱۲؛ امینگ و چارلز، ۲۰۱۳؛ رابینسون و همکاران، ۲۰۰۷؛ لوشکوفسکا و کوچسکی، ۲۰۱۵



ردیف	بعد حکمرانی اقتضایی	تعریف عملیاتی	مصدق	منبع
۴	هدف‌گذاری مشخص و استقرار نظام کارآمد پایش و ارزیابی تحقق اهداف و برنامه‌ها	برنامه‌ریزی و ارزیابی علمی و عمل‌گرای نتایج و دستاوردهای برنامه‌ها و سیاست‌ها	وجود متولی نظارت بر نتایج و دستاوردهای برنامه‌های و سیاست‌ها	آذر و همکاران، ۱۳۹۶؛ کاظمی آذر، ۱۳۹۷
			استقرار نظام ارزیابی عملکرد دقیق و به‌روز	اسودسن و همکاران، ۲۰۲۰؛ پانندی و جین، ۲۰۲۰
			دسترسی عمومی اطلاعات به عملکرد و دستاوردهای فناورانه و برنامه‌ای	جیگر و برتوت، ۲۰۱۰؛ آموتا و همکاران، ۲۰۲۴
۵	تأمین و تخصیص منابع و زیرساخت	تمرین برنامه‌ریزی، زمان‌بندی و تخصیص افراد، پول و فناوری به یک پروژه یا برنامه است. در اصل، این فرایند تخصیص منابع برای دستیابی به بیشترین ارزش سازمانی است.	طراحی سازوکارهای تأمین بودجه	هللی و همکاران، ۲۰۲۳؛ مرتضی‌نیا و فلاح‌شمس، ۱۳۹۱
			طراحی و پیاده‌سازی برنامه‌های جذب، حفظ و بکارگیری پژوهشگران و متخصصان	آگیور و همکاران، ۲۰۱۸؛ پوپو اولانین و همکاران، ۲۰۲۲
			حمایت از تأمین تجهیزات آزمایشگاهی و زیرساخت‌های پژوهش و فناوری	نیتی‌ایتیو، ۲۰۱۲؛ مرز، ۲۰۰۱؛ یاردلی و وسلر، ۲۰۱۲
			تسهیل دسترسی به زیرساخت‌های فناورانه و آزمایشگاهی	ریدلی و همکاران، ۲۰۰۶؛ فچر و واگنر، ۲۰۱۶

۳- روش پژوهش

همانطور که بیان شد هدف از این پژوهش تحلیل حکمرانی توسعه فناوری نانو با استفاده از رویکرد اقتضایی پرداخته است. ماهیت پژوهش کیفی است و با هدف کاربردی و رویکرد قیاسی به جمع‌آوری داده‌ها پرداخته شده است. هدف از انجام این نوع پژوهش‌های کیفی، شرح، تفسیر و توصیف دقیق از پدیده‌ها بر اساس دیدگاه‌های خاص است. در این پژوهش نیز پژوهشگر با انجام مصاحبه‌های متعدد، تجربیات مصاحبه‌شوندگان را جمع‌آوری کرده تا به‌طور دقیق وضعیت حکمرانی در توسعه فناوری را

است تا بتوانند ایده‌ها و تحقیقات خود را به عمل برسانند. ایجاد سازوکارهای تسهیل دسترسی به این زیرساخت‌ها می‌تواند شامل برگزاری دوره‌های آموزشی، فراهم کردن امکانات اشتراکی و ایجاد بسترهای همکاری باشد. این رویکرد نه تنها موجب تقویت نوآوری می‌شود، بلکه می‌تواند به افزایش رقابت‌پذیری کشورها در عرصه‌های بین‌المللی کمک کند (فچر و واگنر^{۵۶}، ۲۰۱۶؛ ریدلی^{۵۷} و همکاران، ۲۰۰۶).

56. Fecher & Wagner

57. Ridley

و از طریق فرایند مصاحبه‌های تخصصی مورد اعتبارسنجی قرار گرفت. در این مرحله، از خبرگان درخواست شد تا در مورد تناسب شاخص‌ها و عوامل شناسایی‌شده با مفاهیم حکمرانی اقتضایی، میزان تطابق آن با شرایط و اقتضات کشور و همچنین جامعیت عوامل و شاخص‌های پیشنهادی اظهار نظر کنند. بر اساس بازخوردهای دریافت‌شده، اصلاحات لازم در چارچوب پیشنهادی اعمال شد تا دقت و کارآمدی آن در محیط واقعی بهبود یابد.

در مرحله دوم پژوهش، با استفاده از چارچوب استخراج‌شده، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته‌ای با خبرگان حوزه سیاست‌گذاری و توسعه فناوری نانو در ایران انجام شد. هدف از این مرحله، بررسی و تحلیل وضعیت توسعه فناوری نانو در کشور بر اساس شاخص‌ها و عوامل شناسایی‌شده در چارچوب حکمرانی اقتضایی بود. به این منظور، پرسش‌هایی طراحی شد که به ارزیابی میزان تحقق ابعاد مختلف حکمرانی اقتضایی در حوزه فناوری نانو، چالش‌های موجود و فرصت‌های پیش روی این حوزه در ایران می‌پرداخت. داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها پس از گردآوری، تحلیل و دسته‌بندی شدند تا تصویری جامع و دقیق از وضعیت حکمرانی توسعه فناوری نانو در کشور به دست آید. این تحلیل امکان مقایسه یافته‌های پژوهش با چارچوب نظری تدوین‌شده را فراهم ساخت و به درک بهتر شکاف‌های موجود میان سیاست‌گذاری و اجرای واقعی در این حوزه کمک کرد.

از آنجاکه مصاحبه از ابزارهای اصلی گردآوری داده‌ها در این پژوهش بوده است، تعداد مصاحبه‌شوندگان از قبل تعیین نشده بود. مصاحبه‌شوندگان از طریق نمونه‌گیری هدفمند و روش گلوله‌ی برفی انتخاب شدند و پژوهشگر تا زمان اشباع داده‌ها به جمع‌آوری

موردبررسی قرار دهد. بازه زمانی انجام این پژوهش نیز از اردیبهشت ۱۴۰۲ تا خرداد ۱۴۰۳ می‌باشد. جامعه آماری پژوهش نیز شامل اسناد علمی مرتبط با مؤلفه‌های حکمرانی اقتضایی و فناوری و نهادهای فعال شامل دستگاه‌های دولتی، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های تولیدی در حوزه فناوری و ستاد توسعه فناوری نانو است.

این پژوهش شامل دو مرحله اصلی است. در مرحله نخست، با مرور پیشینه، چارچوب نظری تحقیق تدوین و از طریق مصاحبه با خبرگان، اعتبارسنجی شد. در مرحله دوم، بر اساس این چارچوب، مصاحبه‌هایی با متخصصان حوزه سیاست‌گذاری و توسعه فناوری نانو در ایران انجام شد تا وضعیت موجود این حوزه تحلیل گردد. در ادامه، هر یک از این مراحل به تفصیل تشریح می‌شود.

در مرحله نخست، با استفاده از منابع کتابخانه‌ای شامل اسناد، مقالات علمی و کتب معتبر، چارچوب نظری تحقیق تدوین شد. در این مرحله، با بررسی ادبیات پژوهش و تحلیل مطالعات پیشین، پنج بُعد کلیدی در حوزه حکمرانی اقتضایی شناسایی گردید که مبنای اصلی چارچوب نظری تحقیق قرار گرفت. این ابعاد شامل عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و اجرای برنامه‌ها، یادگیری و انطباق‌پذیری در مواجهه با عدم قطعیت‌ها، جلب مشارکت و هماهنگی میان ذینفعان، هدف‌گذاری مشخص و استقرار نظام پایش و ارزیابی و تأمین و تخصیص منابع و زیرساخت‌ها می‌باشد.

پس از استخراج چارچوب اولیه، به‌منظور اطمینان از جامعیت، دقت و قابلیت اتکای آن، چارچوب تدوین‌شده تحت عنوان «چارچوب عوامل و شاخص‌های حکمرانی اقتضایی» در اختیار جمعی از خبرگان و متخصصان این حوزه قرار گرفت



جدول ۲. فهرست مصاحبه‌شوندگان

ردیف	سمت مصاحبه‌شونده	مدرک تحصیلی	مدت مصاحبه
۱	دبیر ستاد توسعه فناوری نانو	دکتری	۱۰۵ دقیقه
۲	رئیس مرکز مؤسسات و شرکت‌های دانش‌بنیان	دکتری	۹۱ دقیقه
۳	معاون علمی و فناوری ریاست جمهوری	دکتری	۹۸ دقیقه
۴	مشاور امور فناوری و تجاری‌سازی معاونت علمی ریاست جمهوری	دکتری	۱۰۴ دقیقه
۵	مشاور ارشد معاونت علم و فناوری ریاست جمهوری	دکتری	۸۷ دقیقه
۶	عضو هیئت‌علمی دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران و بنیان‌گذار شرکت فناوران نانو مقیاس	دکتری	۹۳ دقیقه
۷	مدیر توسعه کسب‌وکار گروه صنعت و بازار ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	کارشناسی ارشد	۱۰۵ دقیقه
۸	مدیر گروه صنعت و بازار ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	دکتری	۱۱۰ دقیقه
۹	مدیر گروه استاندارد و ارزیابی محصولات ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	کارشناسی	۹۸ دقیقه
۱۰	کارشناس گروه سیاست‌گذاری و ارزیابی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	کارشناسی ارشد	۱۰۱ دقیقه
۱۱	کارشناس گروه ترویج صنعتی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	کارشناسی ارشد	۹۰ دقیقه
۱۲	مدیر شبکه آزمایشگاهی فناوری‌های راهبردی	کارشناسی	۱۰۰ دقیقه
۱۳	مدیر شبکه تبادل فناوری	دکتری	۹۶ دقیقه
۱۴	مدیر توانمندسازی دانش‌بنیان کریدور فناوری تا بازار	کارشناسی ارشد	۱۱۶ دقیقه
۱۵	مدیرعامل شرکت پیام‌آوران نانو فناوری فردانگر	کارشناسی ارشد	۱۰۸ دقیقه
۱۶	مدیر تحقیق توسعه شرکت نانو فناوری سراج	دکتری	۸۹ دقیقه

برای تحلیل داده‌های گردآوری‌شده در این پژوهش، از روش تحلیل محتوای کیفی استفاده شد. این روش به دلیل قابلیت آن در استخراج مضامین کلیدی از داده‌های متنی و کشف الگوهای پنهان در مصاحبه‌ها، اسناد و گزارش‌ها، به‌عنوان یک ابزار مناسب در بررسی حکمرانی توسعه فناوری نانو با

داده‌ها ادامه داد؛ بر این اساس با ۱۶ نفر از مدیران و سیاست‌گذاران این حوزه مصاحبه انجام شد. این مصاحبه‌ها در چند نوبت و به‌طور میانگین هر مصاحبه ۱۰۰ دقیقه بوده است. جدول ۲ نشان‌دهنده فهرست مصاحبه‌شوندگان این پژوهش است.

رویکرد اقتضایی به کار گرفته شد. فرآیند تحلیل داده‌ها در دو سطح اصلی انجام گرفت:

در مرحله نخست، داده‌های گردآوری شده از طریق مصاحبه‌ها مورد کدگذاری اولیه قرار گرفتند. در این مرحله، تمامی پاسخ‌های شرکت‌کنندگان بررسی شد و مفاهیم کلیدی و مضامین تکرارشونده استخراج شدند. کدگذاری اولیه به پژوهشگر این امکان را داد که داده‌های خام را به مجموعه‌ای از کدهای مفهومی سازمان‌دهی کرده و روندهای معنادار را در پاسخ‌ها شناسایی کند.

در مرحله دوم، کدهای اولیه تجمیع شده و با بررسی روابط میان آن‌ها، مضامین کلان و محوری پژوهش شناسایی گردید. این مرحله شامل تحلیل مقایسه‌ای میان دیدگاه‌های مختلف شرکت‌کنندگان بود تا علاوه بر مضامین مشترک، نقاط واگرایی و تفاوت‌های دیدگاه‌ها نیز آشکار شود. این فرآیند امکان شناسایی عوامل کلیدی اثرگذار بر حکمرانی توسعه فناوری نانو را فراهم ساخت و به ارائه یک مدل مفهومی از الگوهای استخراج‌شده منجر شد. در نهایت، پژوهشگر با استفاده از یکپارچه‌سازی یافته‌ها و برقراری ارتباط معنادار میان مضامین کلیدی، به شکل‌دهی الگوهای نهایی در چارچوب نظری تحقیق پرداخت.

به‌منظور اطمینان از روایی (اعتبار) و پایایی (قابلیت اطمینان) یافته‌های پژوهش، اقدامات متعددی انجام شد. پژوهشگر برای افزایش روایی تحقیق از استفاده از منابع اطلاعاتی متنوع بهره گرفت و مثلث‌سازی داده‌ها را از طریق گردآوری اطلاعات از مصاحبه‌های تخصصی، اسناد مرتبط و گزارش‌های رسمی انجام داد. این رویکرد کمک کرد تا یافته‌ها از طریق مقایسه چندمنبعی اعتبارسنجی شده و وابستگی به یک منبع خاص کاهش یابد. علاوه بر این، پس از استخراج نتایج اولیه، یافته‌های پژوهش

به اطلاع شرکت‌کنندگان و خبرگان رسانده شد تا بازخوردهای آن‌ها دریافت و اطمینان حاصل شود که تفسیر پژوهشگر با تجربیات واقعی آن‌ها مطابقت دارد.

برای افزایش پایایی تحقیق، تمامی مراحل کدگذاری و تحلیل داده‌ها به‌صورت دقیق مستندسازی شده و اصول سیستماتیک تحلیل محتوای کیفی رعایت گردید. همچنین، پژوهشگر از مرور مکرر داده‌ها و کدگذاری توسط سایر متخصصان به‌عنوان یک راهکار برای کاهش سوگیری‌های احتمالی استفاده کرد.

در مجموع، با رعایت این اصول و انجام فرآیندهای کنترل کیفی، پژوهش حاضر به یافته‌هایی معتبر، قابل اتکا و مستند دست یافته است که می‌تواند به‌عنوان ابزاری دقیق برای تحلیل حکمرانی توسعه فناوری نانو با رویکرد اقتضایی مورد استفاده قرار گیرد.

۴- یافته‌های پژوهش

همان‌طور که بیان شد، در بخش پیشینه پژوهش چارچوب اولیه حکمرانی فناوری نانو با رویکرد اقتضایی استخراج شد. در ادامه نیز به بررسی یافته و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده در خصوص وضعیت فناوری نانو با توجه به چارچوب استخراج‌شده پرداخته می‌شود.

۴-۱- عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های حمایتی

برای انعطاف‌پذیری حکمرانی توسعه فناوری نانو شاخص‌هایی در پیشینه استخراج شده است که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

ساختار سازمانی منعطف و پویا در سازمان‌های محوری در حکمرانی توسعه فناوری نانو



دارند و مجموعه‌ای از فعالیت‌های متنوع را پوشش می‌دهند (مصاحبه‌شونده ۵ و ۹ و ۱۳). بر اساس مصاحبه‌های انجام‌شده با متخصصان این حوزه و همچنین بررسی اسناد و مطالعات موجود، ۱۵ دسته‌بازیگر (شرکت‌های تولیدی محصولات فناوری نانو، شرکت‌های تولید تجهیزات نانو، شرکت‌های خدمات توسعه بازار، شرکت‌های خدمات پتنت، نهادهای محصول، سیاست‌گذار، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، مراکز رشد، نهادهای مالی، رسانه‌ها، انجمن‌های غیردولتی، پژوهشکده‌های اختصاصی نانو، آزمایشگاه‌های نانو فناوری، نهادهای ترویجی، نهادهای تنظیم‌کننده) در این حوزه شناسایی شده است (مصاحبه‌شونده ۱ و ۳ و ۱۵). این توزیع و تنوع بازیگران، نشان‌دهنده ساختار گسترده و چندبعدی فناوری نانو است که امکان هم‌افزایی میان بخش‌های مختلف و تکمیل فرآیندهای موردنیاز برای توسعه این فناوری را فراهم می‌کند (مصاحبه‌شونده ۱۲).

تدوین قوانین و سیاست‌های منعطف و عمل‌گرا از اصول کلیدی در توسعه فناوری نانو است. ستاد توسعه فناوری نانو به‌عنوان سیاست‌گذار، باید قوانینی تنظیم کند که با محیط داخلی و خارجی هماهنگ باشد و از شرکت‌ها و ذینفعان حمایت کند (مصاحبه‌شونده ۹ و ۱۶). به‌عنوان مثال، مدیران ستاد نانو برای حمایت مالی از شرکت‌ها، مبلغی تعیین می‌کنند که در صورت عدم ارائه خدمات، بازپس گرفته می‌شود (مصاحبه‌شونده ۱ و ۲). همچنین، حمایت مالی به‌طور مستقیم به نوآوران واگذار می‌شود تا از بوروکراسی پیچیده جلوگیری شود (مصاحبه‌شونده ۱۴). این سیاست‌ها برای خرید تجهیزات فناوری نانو نیز اعمال می‌شود؛ دولت بخشی از هزینه خرید دستگاه‌ها را پرداخت می‌کند

نیازمند ساختاری است که از تغییرات دولتی محفوظ بماند تا بتواند به فعالیت خود ادامه دهد (مصاحبه‌شونده ۷ و ۸). ثبات در ساختار و بخش مدیریت فناوری نانو به معنای ثابت ماندن مدیران نیست، بلکه هدف، نهادینه کردن یک روند صحیح است که با تغییر مدیران، ساختار به قوت خود باقی بماند و مدیران مسئولیت حفاظت از آرمان‌ها و ارزش‌های سازمانی را بر عهده داشته باشند (مصاحبه‌شونده ۲ و ۷). این ساختار انعطاف‌پذیر باید به‌گونه‌ای باشد که با تغییرات سیاستی و دولتی سازگار شده و همچنان به‌طور مؤثر به توسعه فناوری نانو ادامه دهد (مصاحبه‌شونده ۱۴). برای این منظور، ساختار حکمرانی فناوری نانو به شکل غیرمتمرکز و با تکیه بر نهادهای علمی شکل گرفت که از تصدی‌گری دولت خارج شد و نقش دولت به تسهیل‌گری، ارزیابی و راهبردی محدود شد (مصاحبه‌شونده ۸ و ۱۱). ورود بخش خصوصی به حوزه فناوری نانو و تشکیل شرکت‌های دانش‌بنیان نیز به انعطاف‌پذیری این حوزه کمک کرده و توانسته است پاسخ‌گویی مناسبی به تغییرات محیطی و نیازهای توسعه‌ای آن ارائه دهد (مصاحبه‌شونده ۸)

شفافیت در مجریان و سایر متولیان اجرای هر برنامه: بررسی‌ها نشان می‌دهد که این فناوری از تنوع قابل‌توجهی در میان بازیگران خود برخوردار است و همین تنوع، ساختار چندلایه و پیچیده آن را بازتاب می‌دهد (مصاحبه‌شونده ۸ و ۱۲). در حوزه فناوری نانو، الگوهای متناسب با ویژگی‌های ذاتی این فناوری برای سازمان‌دهی و هماهنگی بازیگران طراحی شده است. این فناوری، به دلیل ماهیت چندلایه‌ای خود، نیازمند حضور بازیگران مختلف در هر لایه است. هر کدام از این بازیگران در بخشی از زنجیره سیاست‌گذاری، توسعه یا تجاری‌سازی نقش



(مصاحبه‌شونده ۲ و ۱۱). هدف اصلی این سیاست‌ها تسریع در پاسخ‌دهی به مسائل و مشکلات از طریق برون‌سپاری و همکاری با نهادهای مختلف است (مصاحبه‌شونده شماره ۲). برون‌سپاری به‌عنوان ابزاری کلیدی برای استفاده بهینه از ظرفیت‌های کشور، اشتغال‌زایی و حفظ استانداردهای سازمانی در نظر گرفته شده است. برگزاری مسابقات و جشنواره‌ها نیز از سیاست‌های مؤثر در ارتقای عملکرد نهادها و سازمان‌ها است (مصاحبه‌شونده شماره ۳ و ۸). یکی از موفق‌ترین سیاست‌ها، شبکه‌سازی آزمایشگاه‌هاست که باعث همکاری بیشتر و استفاده بهینه از منابع شده و کمبود تجهیزات را کاهش داده است (مصاحبه‌شونده ۱ و ۲ و ۳).

۲-۴- یادگیری و انطباق‌پذیری

یادگیری و انطباق‌پذیری یکی از عامل‌هایی مهم است که برای موفقیت سازمان‌های مختلف مورد نیاز است. این عامل داری شاخص‌های گوناگونی است که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

مدیریت دانش و درس‌آموزی از تجارب داخلی و بین‌المللی و بهره‌گیری از آن‌ها: در آغاز، در ایران دانش و متخصصان نانو محدود بودند و برای تشویق پژوهش در این زمینه، طرح‌های تشویقی معرفی شدند که باعث توسعه سریع دانش و تبدیل ایران به مرجع علمی در این حوزه شد (مصاحبه‌شونده ۱ و ۶ و ۷). با گذر از دیدگاه داخلی به دیدگاه بین‌المللی، مدیران نانو برای تطبیق با بازارهای جهانی اقدام به برگزاری کنفرانس‌ها و سمینارها کردند (مصاحبه‌شونده ۱، ۲ و ۴). این تلاش‌ها همراه با برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی در سطح ملی و بین‌المللی به ارتقای کیفیت تحقیقات و تبادل تجربیات کمک کرد. توجه به دانش‌آموزان به‌عنوان دانشمندان آینده نیز جزء اولویت‌ها بود

مدیریت و کاهش تأثیرات ناشی از تحریم و محدودیت‌های آن: مدیریت و کاهش تأثیرات تحریم‌ها یکی از چالش‌های عمده در توسعه فناوری نانو در ایران بوده است. تحریم‌های سیاسی و اقتصادی، به‌ویژه از سوی ایالات متحده، بر دسترسی به تجهیزات و ملزومات ضروری برای پژوهش‌های نانو تأثیر منفی گذاشت (مصاحبه‌شونده ۱۲ و ۱۶). برای مقابله با این محدودیت‌ها، مدیران فناوری نانو در ایران از روش‌هایی مانند قراردادهای مخفیانه یا برون‌سپاری موقت به کشورهای خارجی استفاده کردند، ولی این راهکارها پایدار نبودند (مصاحبه‌شونده ۱ و ۶ و ۱۰). در نهایت، تصمیم گرفته شد که به‌جای وابستگی به کشورهای دیگر، با استفاده از ظرفیت‌های داخلی، تجهیزات مورد نیاز در داخل کشور ساخته شود (مصاحبه‌شونده ۱۶). یکی از این اقدامات ساخت نانو سکوپ در داخل ایران بود که به کاهش هزینه‌ها و افزایش توانمندی‌های داخلی کمک کرد. این رویکرد نه تنها از وابستگی به کشورهای خارجی کاست، بلکه ایران را قادر ساخت تا تجهیزات نانو را به کشورهای دیگر صادر کند و

58. <https://waww.isna.ir>

59. <https://ana.press>



در حوزه حکمرانی فناوری نانو، جلب مشارکت ذینفعان، ایجاد هماهنگی میان آن‌ها برای تدوین و همچنین اجرای سیاست‌های مرتبط با این فناوری اهمیت ویژه‌ای دارد. بر این اساس در ادامه میزان مشارکت هماهنگی و تقسیم‌کار بین ذینفعان مختلف در حوزه فناوری نانو با توجه به شاخص‌های استخراج‌شده در پیشینه تحلیل می‌شود.

وجود بستر مشارکت مؤثر ذینفعان حکمرانی

توسعه فناوری: در سال‌های ابتدایی فناوری نانو، مدیران نگرانی داشتند که سهم‌خواهی‌های داخلی مانع پیشرفت این حوزه شود (مصاحبه‌شونده ۴ و ۱۲)؛ اما یکی از عوامل موفقیت در فناوری‌های نوظهور، استفاده حداکثری از ظرفیت‌های کشور است (مصاحبه‌شونده ۱ و ۶). به همین دلیل، مدیران، نانو را از محدودیت‌های خاص خارج کرده و با اطلاع‌رسانی عمومی، سازمان‌ها و بخش‌هایی که می‌توانستند به پیشرفت این فناوری کمک کنند را جذب کرده و آن‌ها را در صنعت و بازار وارد کردند. همچنین، دانشگاه‌ها، فناوران و وزارتخانه‌ها را به مشارکت در توسعه فناوری نانو ترغیب کردند (مصاحبه‌شونده ۳ و ۱۰ و ۱۱). ایجاد بستر مناسب برای ورود بخش‌های مختلف مانند وزارتخانه‌های علوم، کشاورزی، بهداشت و درمان، دفاع، نفت و... عامل موفقیت و گسترش فناوری نانو در سطوح مختلف بود. علاوه بر وزارتخانه‌ها، ورود بخش‌های خصوصی، دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان نیز از اقدامات مهم برای بسترسازی مشارکت در این حوزه به شمار می‌رود (مصاحبه‌شونده ۱ و ۱۲). دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری که در سال ۱۳۶۲ تأسیس شد، بسیاری از مشکلات را حل کرده و توانست وزارتخانه‌ها و دستگاه‌های مختلف را گرد هم آورد تا با مشارکت آن‌ها، مشکلات کشور

بازارهای داخلی و خارجی خود را تحت کنترل بگیرد (مصاحبه‌شونده ۲ و ۱۳).

از بین بردن تعارض و تحولات سیاسی درون کشور: این ویژگی به فناوری نانو این امکان را داده است که بدون وارد شدن به بحث‌های سیاسی، به اهداف خود دست یابد و در تعاملات با دولت‌های مختلف ادامه دهد (مصاحبه‌شونده ۳ و ۴). یکی از دلایل موفقیت فناوری نانو در این زمینه، این است که تعارضات سیاسی داخلی هیچ‌گونه تأثیری بر تصمیم‌گیری‌ها و اقدامات آن نداشته است (مصاحبه‌شونده ۱ و ۱۵). در حقیقت، فناوری نانو در دوره ریاست جمهوری آقای خاتمی آغاز شد، اما از ابتدا و در تمام دوره‌های بعدی، هیچ وابستگی به جناح‌های خاص سیاسی نداشت. این بی‌طرفی و عدم وابستگی به جریان‌های سیاسی سبب شد که دولت‌های مختلف توانایی همکاری با این فناوری را داشته باشند (مصاحبه‌شونده ۱۵ و ۱۶). به‌طور خاص، دولت‌های بعدی توانستند به‌خوبی اعتماد به فناوری نانو را جلب کنند و حمایت‌های خود را از این حوزه ادامه دهند، چراکه فناوری نانو هیچ‌گونه مخالفتی با دولت‌های جدید نداشت و همیشه در راستای منافع ملی فعالیت کرده است (مصاحبه‌شونده ۹). این ویژگی باعث شده است که مسیر فناوری نانو از زمان دولت آقای خاتمی تا دولت فعلی، به رهبری آقای رئیسی، ثابت بماند و همواره در راستای اهداف و منافع ملی خود حرکت کند (مصاحبه‌شونده ۵ و ۱۱)؛ بنابراین، فناوری نانو به‌عنوان یک حوزه فنی و علمی که به سیاست‌های داخلی وابسته نیست، توانسته است حمایت‌های مستمر و رشد پایدار خود را در تمام دولت‌ها به دست آورد (مصاحبه‌شونده ۱۵).

۴-۳- جلب مشارکت، هماهنگی و تقسیم‌کار بین ذینفعان مختلف سیاست‌گذاری، اجرای سیاست و...

و ستاد فناوری نانو برای ایجاد یک حرکت ملی بود. در این جلسات، افراد به‌جای نمایندگی وزارتخانه‌ها و نهادهای خاص، باید برای اهداف ملی و با تفکر نوین همکاری می‌کردند. این رویکرد باعث شد که تفکرات واگرا به تفکری همگرا تبدیل شود و همه به دنبال مشارکت در یک حرکت ملی بودند (مصاحبه‌شونده ۱ و ۸ و ۹). در تدوین سند گسترش فناوری نانو نیز در افاق ۱۴۰۴، مدیران با تعیین اهدافی مانند تولید ثروت، بهبود کیفیت زندگی و کسب سهم دو درصدی محصولات نانو در جهان، برای همه ذینفعان وظایف مشخصی تعریف کردند تا نحوه همکاری و تقسیم کار آن‌ها با فناوری نانو مشخص شود (سند گسترش فناوری نانو در افاق ۱۴۰۴). مدیران همچنین برای همکاری و مشارکت ذینفعان با فناوری نانو، وظایف هر کدام از آن‌ها را به‌طور مفصل در قالب ماده‌ها و قوانین مشخص کرده‌اند. به‌عنوان مثال، وزارت نیرو موظف است محصولات نانو ساخت داخل کشور را برای بومی‌سازی و استفاده در صنعت برق و آب به کار گیرد. در صنعت برق، این وزارتخانه باید از فناوری نانو در افزایش استانداردهای پالایش هوای نیروگاه‌ها، نانو سیالات، نانو پوشش‌ها، سلول‌های خورشیدی نانویی، ذخیره‌سازی انرژی نانو و استفاده از نانو فیلترها بهره‌برداری کند. در صنعت آب و آبفا نیز باید از نانو بتن‌ها و نانو پوشش‌ها در گسترش واحدهای تصفیه آب شرب و نمک‌زدایی استفاده کند. همچنین، وزارت جهاد کشاورزی موظف است در جهت گسترش کاربرد فناوری نانو در بخش‌های مختلف، مجوزهایی برای خرید محصولات نانو ساخت داخل کشور صادر کرده و اقداماتی مانند افزایش محصولات کشاورزی و کاهش ضایعات با استفاده از فناوری نانو انجام دهد. این قوانین برای

در زمینه همکاری و مشارکت رفع شود و به‌سوی اهداف و منافع ملی حرکت کند (مصاحبه‌شونده ۸ و ۱۳). وزارتخانه‌های جهاد کشاورزی، دفاع، بهداشت و درمان، آموزش و پرورش، نفت و صنایع نیز از ذینفعانی بودند که در تدوین سند راهبردی فناوری نانو همکاری داشتند (مصاحبه‌شونده ۱۰). علاوه بر موارد ذکرشده، حمایت و مشارکت سیاست‌گذاران کلان نیز از نیازمندی‌های اساسی برای پیشرفت فناوری نانو بود تا این فناوری بتواند زیر چتر حمایتی آن‌ها قرار گیرد. علاوه بر این، مدیران نیز باید بستر لازم برای مشارکت سیاست‌گذاران را فراهم می‌کردند و برای آشنایی و زمینه‌سازی مشارکت آن‌ها، جلسات متعددی با سطوح مختلف برگزار کردند (مصاحبه‌شونده ۷ و ۱۶). ساختار اصلی فناوری نانو شامل کارگروه‌های مختلف است که یکی از آن‌ها کارگروه ترویج است. این کارگروه باهدف افزایش سطح مشارکت ذینفعان در فناوری نانو، برنامه‌های متنوعی برای گروه‌های خاصی مانند دانشجویان، دانش‌آموزان، صنعت، رسانه‌ها و آموزش مروجان طراحی کرده است (پرتال فناوری نانو^{۶۰}).

همکاری از طریق مشارکت ذینفعان و تقسیم کار بین آن‌ها: همکاری از طریق مشارکت ذینفعان و تقسیم کار بین آن‌ها یکی از عوامل کلیدی در پیشبرد برنامه‌ها و سیاست‌های فناوری نانو است. فناوری نانو توانایی جذب بخش‌های مختلف مانند حوزه دفاعی، پزشکی و صنعتی را دارد که هر یک به دنبال کاربردهای خاص این فناوری هستند. این فناوری و ستاد نانو می‌توانند مزایایی برای ذینفعان مختلف به همراه داشته باشند (مصاحبه‌شونده ۱۱ و ۱۳). یکی از سیاست‌های مهم مدیران فناوری نانو، گرد هم آوردن تمام اعضای شورای هماهنگی

61. <https://qavanin.ir>60. <https://nano.ir>



افراد متخصص کمک کرد و به دستیابی به اهداف فناوری نانو مانند تولید ثروت و بهبود کیفیت زندگی مردم منجر شد (مصاحبه‌شونده ۱۲).

ایجاد سازوکارهای مناسب برای هماهنگی بین نهادها و مجریان در حکمرانی توسعه فناوری:

ایجاد سازوکارهای مناسب برای هماهنگی بین نهادها و مجریان در حکمرانی توسعه فناوری نانو از اهمیت بالایی برخوردار است. پس از دستور رئیس‌جمهور در سال ۱۳۸۰، ستاد فناوری نانو به‌عنوان متولی اصلی تشکیل شد تا هماهنگی بین وزارتخانه‌ها و نهادهای مختلف را تسهیل کند. پیشنهادها مختلفی برای این هماهنگی ارائه شد، از جمله تشکیل کمیته‌های تخصصی در وزارتخانه‌ها و ایجاد شورای هماهنگی متشکل از معاونین وزرا و معاونین پژوهشی که وظیفه برقراری ارتباط مستمر بین صنایع، دستگاه‌های دولتی و ارائه‌دهندگان فناوری نانو را داشتند (مصاحبه‌شونده ۶ و ۱۰ و ۱۱). با گذشت زمان و تغییر دولت، روند هماهنگی کند شد و اصلاحات جدیدی ضروری گردید. به همین دلیل، فعالیت‌ها با همکاری معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری ادامه یافت. این معاونت در برخی موارد مسئول هماهنگی میان دانشگاه‌ها، صنعت و دولت بود و با ایجاد کانون‌های هماهنگی دانش و صنعت، مدل جدیدی برای همکاری میان این بخش‌ها ارائه کرد که فناوری نانو نیز از آن بهره‌برداری کرد (مصاحبه‌شونده شماره ۵ و ۸ و ۱۳).

۴-۴- هدف‌گذاری مشخص و استقرار نظام کارآمد پایش و ارزیابی تحقق اهداف و برنامه‌ها

هدف‌گذاری مشخص و استقرار نظام کارآمد پایش و ارزیابی تحقق اهداف و برنامه‌ها از ارکان اساسی هر برنامه توسعه‌ای است. این امر به‌ویژه در حوزه فناوری نانو اهمیت دارد؛ چراکه فناوری به‌سرعت در

سایر وزارتخانه‌ها و سازمان‌ها نیز تدوین شده است تا هم به جذب مشارکت و هم به اهداف فناوری نانو دست یابند (سند گسترش فناوری نانو در افق ۱۴۰۴؛ مصاحبه‌شونده ۸ و ۱۳).

جلب مشارکت بخش خصوصی در تدوین چشم‌انداز و برنامه‌های کلان حکمرانی توسعه

فناوری: در کشورهای توسعه‌یافته مانند آمریکا، بخش خصوصی نقش مهمی در توسعه فناوری ایفا می‌کند (مصاحبه‌شونده ۲ و ۸). در ایران نیز ورود بخش خصوصی به فناوری نانو یکی از سیاست‌های اصلی برای پیشرفت این حوزه بود. دولت‌ها اغلب در طرح‌های بنیادین بلندمدت سرمایه‌گذاری می‌کنند، اما برخی طرح‌ها نیاز به مشارکت بخش خصوصی دارند (مصاحبه‌شونده ۴ و ۱۲). یکی از چالش‌ها این بود که دولت‌ها نمی‌توانستند درک کنند که باید بخشی از درآمدهای نفتی را برای توانمندسازی بخش خصوصی صرف کنند، موضوعی که موجب کندی پیشرفت فناوری نانو در کشور شد (مصاحبه‌شونده ۳ و ۱۶). ورود بخش خصوصی به فناوری نانو پس از تحریم‌ها اهمیت بیشتری یافت، چراکه بخش خصوصی توانست نیازمندی‌های این حوزه را تأمین کرده و تهدیدهای ناشی از تحریم‌ها را به فرصت تبدیل کند (مصاحبه‌شونده ۵). همچنین، مشکلات ساختاری فناوری نانو مانند نیاز به تجهیزات و نیروی انسانی، لزوم برون‌سپاری برخی امور به بخش خصوصی را تقویت کرد (مصاحبه‌شونده ۱ و ۲ و ۹). از جمله سیاست‌های حمایتی مدیران، برون‌سپاری امور به شرکت‌های خصوصی بود که موجب افزایش سرعت پاسخ‌دهی به نیازهای محیطی و جلوگیری از بزرگ شدن ساختار فناوری نانو شد (مصاحبه‌شونده ۲ و ۵). علاوه بر این، حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان، به تجاری‌سازی تحقیقات دانشگاهی و ایجاد شغل برای

دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها موظف به ارائه گزارش‌های عملکرد خود در حوزه بودجه به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری هر سه ماه یکبار هستند. وزارت علوم پس از دریافت این گزارش‌ها، یک گزارش سالانه به مجلس ارائه می‌کند (مصاحبه‌شونده ۸ و ۱۱). علاوه بر این، در اسناد راهبردی فناوری نانو مانند سند گسترش کاربرد فناوری نانو در افق ۱۴۰۴، مدیران برای اهداف اصلی فناوری نانو شاخص‌هایی مانند تعداد شغل‌های ایجادشده، حجم تولید در بازار نانو، جایگاه ایران در مقالات و پتنت‌های جهانی و شاخص اچ مقالات فناوری نانو را تعیین کرده‌اند. همچنین، برای دستیابی به اهداف این سند، برنامه‌ها و سیاست‌های کلانی با شاخص‌های ارزیابی مشخص طراحی شده‌اند. در مجموع، در این سند ۱۸ هدف در قالب ۸ برنامه کلان با شاخص‌های متفاوت و متناسب با هر هدف تعریف شده است (سند گسترش فناوری نانو در افق ۱۴۰۴).

دسترسی عمومی اطلاعات به عملکرد و دستاوردهای فناوریانه و برنامه‌ای: دسترسی عمومی به اطلاعات و دستاوردهای فناوریانه و برنامه‌های یکی از عوامل کلیدی موفقیت یا شکست فناوری‌های نوظهور، از جمله فناوری نانو است. مدیران حوزه فناوری نانو با برگزاری کنفرانس‌ها، نمایشگاه‌ها، تولید محتوا و مستندات، ساخت مراکز اطلاعاتی و استفاده از رسانه‌های مختلف سعی در جلب مشارکت عمومی و افزایش آگاهی مردم داشته است (مصاحبه‌شونده ۴ و ۷ و ۱۱). به دلیل تنوع گروه‌های مختلف جامعه از نظر سن، جنسیت، تحصیلات و دیگر ویژگی‌ها، برای هر گروه برنامه‌های خاصی در نظر گرفته می‌شود تا آگاهی آنان از علم و فناوری افزایش یابد (مصاحبه‌شونده ۱ و ۲). علاوه بر این؛ مستندات حکمرانی فناوری نانو که توسط ستاد توسعه فناوری

حال تغییر است و نیاز به ارزیابی دقیق و به‌موقع برای تصمیم‌گیری‌های آتی ضروری است. برای دستیابی به این اهداف، باید شاخص‌هایی مشخص و قابل اندازه‌گیری تعیین شود که عملکرد برنامه‌ها و سیاست‌ها را در مسیر تحقق اهداف تعیین‌شده ارزیابی کنند. در ادامه، به بررسی وضعیت حکمرانی فناوری نانو با توجه به شاخص‌های این بخش پرداخته خواهد شد.

وجود متولی نظارت بر نتایج و دستاوردهای برنامه‌ها و سیاست‌ها: ستاد توسعه فناوری نانو به‌عنوان نهاد سیاست‌گذار و ارزیاب برنامه‌ها، مسئول نظارت بر توسعه فناوری نانو در ایران است. برای اجرای مدل بومی سیاست‌گذاری و بر اساس تجربیات برنامه‌ریزی توسعه فناوری نانو، فعالیت‌های مختلفی برای اطمینان از تکمیل چرخه سیاست‌گذاری طراحی شده است (مصاحبه‌شونده ۷ و ۱۳). این فعالیت‌ها در پنج برنامه عملیاتی شامل: راهبری تحقیقات سیاستی و تدوین اسناد سیاست‌گذاری، پیش و ارزیابی راهبردی، شناسایی و بهره‌گیری از زیرساخت‌های نهادی و ساختاری کشور، مدیریت دانش و اطلاعات فرایندها و مستندسازی تجربیات و انتشار آن به‌عنوان سیاست‌نگاری، تنظیم شده‌اند (مصاحبه‌شونده ۹ و ۱۰).

استقرار نظام ارزیابی عملکرد دقیق: فناوری نانو یکی از فناوری‌های نوظهور است که پیش‌ازین، سیستم خاصی برای ارزیابی آن وجود نداشت. با این حال، با گذشت زمان، برای فناوری‌های نوظهور یک نظام ارزیابی مبتنی بر بودجه ایجاد شد که ارزیابی فناوری نانو نیز در چارچوب این سیستم انجام می‌شود (مصاحبه‌شونده ۱۳). در سال ۱۳۸۸، نخستین گام قانونی برای ایجاد یک نظام ارزیابی دقیق و ملی برداشته شد. طبق این نظام، ارگان‌ها،



نانو تولید شده است، در رسانه‌های علمی منتشر شده و توانسته توجه بسیاری را جلب کند (مصاحبه‌شونده ۵ و ۱۴). مدیران و سیاست‌گذاران توسعه فناوری نانو همچنین برای ارائه اطلاعات و دستاوردهای این حوزه، از نهادهای مختلفی مانند صندوق نوآوری و شکوفایی، سامانه ایرن‌داک، رسانه‌های عمومی، دانشگاه‌ها و مراکز علمی استفاده می‌کنند تا این اطلاعات را در دسترس مردم قرار دهند (مصاحبه‌شونده شماره ۴ و ۱۲).

۵-۴- تأمین و تخصیص کارآمد منابع/ زیرساخت و...

همان‌طور که در فصل دوم بیان شد تأمین و تخصیص کارآمد به معنی تمرین برنامه‌ریزی، زمان‌بندی و تخصیص افراد، پول و فناوری به یک پروژه یا برنامه است. در اصل، این فرآیند تخصیص منابع برای دستیابی به بیشترین ارزش سازمانی است. برایناساس، در ادامه شاخص‌هایی که در این رابطه در حوزه فناوری نانو وجود دارد مورد بحث و تحلیل قرار می‌دهد. ذیل این عامل چهار شاخص استخراج شده که در ادامه هرکدام از آن‌ها را شرح داده و به تحلیل آن‌ها می‌پردازیم.

طراحی سازوکارهای تأمین منابع و بودجه: یکی از چالش‌های اولیه در راه‌اندازی فناوری‌های نوظهور، تأمین منابع مالی است. در آغاز فعالیت‌های فناوری نانو در ایران، بودجه این فناوری تحت نظر سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی قرار داشت و هیچ ردیف خاصی برای آن در نظر گرفته نمی‌شد. فناوری نانو مانند دیگر بخش‌ها در ردیف بودجه‌های متفرقه قرار داشت (مصاحبه‌شونده ۱۴ و ۱۵). با گذشت زمان و به دلیل قابلیت‌های این فناوری، بودجه‌ای برای آن تخصیص داده شد (مصاحبه‌شونده ۱ و ۸). اهداف بلندمدت فناوری نانو، مانند دستیابی به سهم دو درصد از بازار جهانی تا سال ۱۴۰۴، باعث شد که مدیران توجه ویژه‌ای به تأمین بودجه داشته باشند

(مصاحبه‌شونده ۱۰ و ۱۶). در لایحه‌های بودجه از سال ۱۳۸۷ تا ۱۴۰۱، تأمین منابع برای فناوری نانو از طریق دستگاه‌ها و وزارتخانه‌های مختلف انجام شده است. به دلیل ماهیت بین‌رشته‌ای فناوری نانو، این بودجه‌ها معمولاً در ردیف‌های مختلف بودجه‌ای قرار می‌گیرند و پیگیری و رصد دقیق آن‌ها دشوار است (مصاحبه‌شونده ۵ و ۹). در سال ۱۴۰۱، سه دستگاه اصلی در زمینه فناوری نانو شناخته شدند که شامل ستاد توسعه فناوری نانو، دانشگاه کاشان و دانشگاه علوم پزشکی تهران بودند که برای آن‌ها اعتبارات خاصی تخصیص داده شد. توزیع بودجه در ابتدا توسط نهاد ریاست جمهوری انجام می‌شد و از سال ۱۳۹۱ به معاونت علمی ریاست جمهوری و سپس به ستاد توسعه فناوری نانو منتقل شد (مصاحبه‌شونده ۱۲). در سال‌های مختلف، برخی مراکز تحقیقاتی نیز اعتبارات جداگانه‌ای برای پروژه‌های مرتبط با فناوری نانو دریافت کرده‌اند (مصاحبه‌شونده ۷). به‌طور کلی، با بررسی لایحه‌های بودجه در این سال‌ها، می‌توان مشاهده کرد که فناوری نانو از طریق این سازوکارها توانسته است منابع مالی خود را تأمین کرده و روند افزایشی در تأمین بودجه داشته باشد. به‌عنوان مثال، در لایحه بودجه سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰، رشد ۲۸ درصدی در بودجه تخصیص یافته به ستاد فناوری نانو مشاهده می‌شود (مصاحبه‌شونده ۴ و ۱۱ و ۱۵).

طراحی و پیاده‌سازی برنامه‌های جذب، حفظ و

به‌کارگیری پژوهشگران و متخصصان: برای ایران، تبدیل شدن به یک قطب علمی و فناوری در سطح جهانی نیازمند ایجاد موج‌های علمی^{۶۲} در عرصه

۶۲. موج جهانی یکسری اقداماتی است برای جذب خواسته‌های کشورهایی که این رویداد را روی کار می‌آورند؛ این موج باید خود را به تمام کشورهای مختلف برساند، پژوهشگران در این کشورها باید در مورد نانو پژوهش و مقالاتی را انتشار دهند تا

(مصاحبه‌شونده ۸ و ۱۳). ایده شبکه آزمایشگاهی زمانی شکل گرفت که بسیاری از محققان برای تأمین تجهیزات نانو درخواست‌های مالی به ستاد نانو ارسال می‌کردند. پس از بررسی‌های انجام‌شده، مسئولان دریافتند که بسیاری از تجهیزات در دسترس هستند اما به دلیل عدم اطلاع‌رسانی، استفاده بهینه نمی‌شود؛ بنابراین، سیاست‌هایی برای استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود اتخاذ شد (مصاحبه‌شونده ۱ و ۴). شبکه آزمایشگاهی به‌جای خرید تجهیزات جدید، امکان استفاده از تجهیزات موجود در آزمایشگاه‌ها و مراکز مختلف را فراهم کرد. این شبکه توانست نیازهای محققان را شناسایی کرده و ستاد نانو نیز اقدام به حمایت مالی از خرید تجهیزات موردنیاز کرد (مصاحبه‌شونده ۹). علاوه بر این، برای تأمین نیازهای آزمایشگاهی، فناوری نانو تسهیلات مالی مانند وام‌های بانکی، خطوط اعتباری و سرمایه‌گذاری شرکا را برای پژوهشگران و شرکت‌ها فراهم کرد تا از آن‌ها برای پروژه‌های نانو استفاده کنند (مصاحبه‌شونده ۴ و ۷ و ۸). با این حال، تنها ایجاد شبکه آزمایشگاهی کافی نبود و نیاز به حمایت‌های بیشتری احساس می‌شد. برخی تجهیزات نیاز به تعمیرات و بازسازی داشتند که لزوم حمایت مالی را برجسته می‌کرد. در این زمینه، گاهی لازم بود که حمایت‌ها به کاربران و پژوهشگران تعلق گیرد تا تجهیزات به حالت بهره‌برداری برسند (مصاحبه‌شونده ۱ و ۸). پس از شناسایی نیازها و بررسی‌های دقیق، بخشی از مشکلات مربوط به تأمین و نگهداری تجهیزات با اجرای طرح‌های تشویقی و حمایت‌های مالی حل شد و این اقدامات در پیشبرد پروژه‌های نانو مؤثر واقع گردید (مصاحبه‌شونده ۱۴).

تسهیل دسترسی به زیرساخت‌های فناورانه و

بین‌المللی است. کشور باید قادر باشد حرکت‌های علمی را در مسیری که به اهداف تعیین‌شده منتهی می‌شود، هدایت کند. با این حال، به دلیل عدم ارتباط مناسب بین نظام علمی و فناوری و نظام اقتصادی کشور، ایران در جذب نخبگان و نیروهای متخصص از کشورهای دیگر موفق نبوده و همواره با ترس از دست دادن سرمایه‌های انسانی و نخبگان داخلی مواجه است (مصاحبه‌شونده ۱ و ۴ و ۵ و ۱۲ و ۱۶). سوء مدیریت داخلی، به‌ویژه در عرصه علمی و فناوری، می‌تواند فرصت‌های کشور را به تهدیدی جدی تبدیل کند. به همین دلیل، تقویت توانایی‌های مدیریتی و پرورش نیروهای متخصص جهت تبدیل تهدیدها به فرصت، یکی از اقدامات ضروری است (مصاحبه‌شونده ۵ و ۱۰). در این راستا، ایران اقداماتی نظیر جذب نیروی انسانی متخصص، پذیرش دانشجو در رشته‌های مرتبط با فناوری نانو، ایجاد مراکز آموزشی و تحقیقاتی در حوزه نانو و حمایت از اشتغال متخصصان این حوزه را در دستور کار قرار داده است. این اقدامات می‌توانند به جذب و حفظ استعدادها در عرصه فناوری نانو کمک کنند و ایران را در مسیر تبدیل شدن به یک قطب علمی در این حوزه قرار دهند (مصاحبه‌شونده ۶ و ۹ و ۱۲).

حمایت از تأمین تجهیزات آزمایشگاهی و زیرساخت‌های پژوهش و فناوری: یکی از برنامه‌های اولیه در این زمینه، راه‌اندازی شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو بود که با هدف بهینه‌سازی ظرفیت‌ها و اشتراک‌گذاری تجهیزات و توانمندی‌های موجود طراحی شد. این شبکه به‌ویژه در زمانی که دانشگاه‌ها و پژوهشگران با کمبود تجهیزات مواجه بودند، به‌عنوان راهکاری مؤثر عمل کرد

در سال‌های آتی بتوانند امکانات فناوری نانو را مورد ارزیابی قرار دهند.



جدول ۳. جمع‌بندی یافته‌های پژوهش (یافته‌های نویسندهگان)

بعد حکمرانی	مصادق	شواهد در حکمرانی فناوری نانو در ایران
عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری	وجود ساختار سازمانی منعطف و پویا	ساختار حکمرانی فناوری نانو غیرمتمرکز و مبتنی بر نهادهای علمی است و از تصدی‌گری دولت فاصله گرفته.
	تدوین قوانین و سیاست‌های منعطف و عمل‌گرا	قوانین منعطف مانند حمایت مستقیم مالی از شرکت‌ها و سیاست‌های شبکه‌سازی آزمایشگاهی اجرا شده است.
	شفافیت در مجریان و متولیان اجرای برنامه‌ها	ساختار چندلایه و پیچیده با ۱۵ دسته‌بازیرگر شناسایی شده که در زنجیره توسعه نانو نقش دارند.
یادگیری و انطباق‌پذیری	مدیریت دانش و درس‌آموزی از تجارب داخلی و بین‌المللی	برگزاری کنفرانس‌ها، کارگاه‌ها و شبکه‌سازی بین‌المللی برای ارتقای کیفیت و تطبیق با بازار جهانی.
	مدیریت و کاهش تأثیرات تحریم	تولید تجهیزات داخلی مانند نانو اسکوپ برای کاهش وابستگی به خارج و صادرات تجهیزات به کشورهای دیگر.
	از بین بردن تعارضات سیاسی داخلی	فناوری نانو بدون وابستگی سیاسی توانسته است در همه دولت‌ها رشد پایدار داشته باشد.
جلب مشارکت و هم‌انگهی ذینفعان	بستر مشارکت مؤثر ذینفعان	ورود وزارخانه‌ها، دانشگاه‌ها و بخش خصوصی به توسعه نانو، به ویژه در ابتدای فعالیت.
	همکاری و مشارکت ذینفعان	برگزاری جلسات شورای هماهنگی و تعریف وظایف مشخص برای ذینفعان در اسناد راهبردی.
	جلب مشارکت بخش خصوصی	بخش خصوصی پس از تحریم‌ها نقش پررنگ‌تری یافته و نیازهای فناورانه را تأمین کرده است.
	ایجاد سازوکارهای هم‌انگهی بین نهادها	تشکیل ستاد نانو و کانون‌های هم‌انگهی برای ارتباط دانشگاه، صنعت و دولت.
هدف‌گذاری و پایش عملکرد	وجود متولی نظارت بر نتایج برنامه‌ها	ستاد نانو به عنوان نهاد نظارتی، فعالیت‌ها را در ۵ برنامه عملیاتی هدایت می‌کند.
	استقرار نظام ارزیابی عملکرد دقیق	ارزیابی عملکرد با شاخص‌های کمی مانند تولید مقالات، پتنت‌ها و حجم تولید بازار انجام می‌شود.
	دسترسی عمومی به اطلاعات عملکردی	استفاده از رسانه‌ها، کنفرانس‌ها و گزارش‌های عمومی برای اطلاع‌رسانی و جلب مشارکت.

بعد حکمرانی	مصدق	شواهد در حکمرانی فناوری نانو در ایران
تأمین و تخصیص منابع و زیرساخت	طراحی سازوکارهای تأمین بودجه	افزایش تدریجی بودجه فناوری نانو از سال ۱۳۸۷ و رشد ۲۸ درصدی در بودجه ۱۴۰۱ نسبت به ۱۴۰۰.
	جذب و حفظ پژوهشگران و متخصصان	ایجاد مراکز آموزشی و تحقیقاتی و حمایت از اشتغال متخصصان برای جلوگیری از فرار نخبگان.
	تأمین تجهیزات و زیرساخت‌های پژوهشی	راه‌اندازی شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو برای اشتراک‌گذاری تجهیزات و کاهش کمبودها.
	تسهیل دسترسی به زیرساخت‌های فناورانه	بهینه‌سازی استفاده از تجهیزات موجود و رفع مشکلات نگهداری و اطلاع‌رسانی.

و پژوهشگران خدمات ارائه دهد (مصاحبه‌شونده ۱۱ و ۱۴). شبکه آزمایشگاهی دارای اهداف مختلفی از جمله بهره‌برداری بهینه اقتصادی از تجهیزات، استانداردسازی آزمایشگاه‌ها در سطوح ملی و بین‌المللی و همکاری با دستگاه‌های استانداردسازی است. هدف اصلی این شبکه ایجاد فضایی یکپارچه برای تعامل و همکاری بین آزمایشگاه‌های مختلف است تا خدمات بهتری به محققان، پژوهشگران و اعضای هیئت‌علمی ارائه شود (مصاحبه‌شونده ۵ و ۸). جدول ۳ نشان‌دهنده جمع‌بندی یافته‌های پژوهش است.

۵- بحث در خصوص یافته‌ها

پژوهش حاضر به بررسی پنج بُعد کلیدی در حکمرانی اقتضایی فناوری نانو شامل عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری، یادگیری و انطباق‌پذیری، جلب مشارکت و هماهنگی ذینفعان، هدف‌گذاری مشخص و پایش عملکرد و تأمین منابع و زیرساخت‌ها پرداخته است. در این بخش، یافته‌های پژوهش با جزئیات بیشتر و بر اساس پیشینه پژوهش مقایسه می‌شوند.

عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری:

آزمایشگاهی: یکی از اقداماتی است که در راستای بهینه‌سازی منابع موجود در کشور در حوزه فناوری نانو انجام شده است. پس از شناسایی تجهیزات و امکانات موجود در کشور، مشخص شد که بسیاری از این تجهیزات به دلیل عدم اطلاع‌رسانی یا مشکلات مختلف بلااستفاده یا مخفی مانده‌اند (مصاحبه‌شونده ۵ و ۱۴). دلایل عمده این مشکلات عبارت بودند از: نداشتن اطلاع از نحوه کار دستگاه‌ها، خرابی دستگاه‌ها به دلیل قطعات ساده، انحصار دستگاه‌ها توسط برخی اساتید، نداشتن آموزش‌های لازم برای کاربران و عدم برخورداری آزمایشگاه‌ها از استانداردهای لازم (مصاحبه‌شونده ۱، ۲ و ۴). با شناسایی این مشکلات، استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود از جمله تجهیزات آزمایشگاهی، نیروی انسانی و اطلاعات علمی از دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها در دستور کار قرار گرفت. برای این منظور، تشکیل شبکه‌های تحقیقاتی، به‌ویژه شبکه آزمایشگاهی، ضروری است تا ظرفیت‌های پژوهشی به اشتراک گذاشته شوند. این شبکه آزمایشگاهی با همکاری دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و شرکت‌های دولتی و خصوصی می‌تواند به محققان



از دستاوردهای یادگیری و انطباق با محدودیت‌های تحریمی بوده است.

علاوه بر این، پیشینه پژوهش بر مدیریت دانش و درس‌آموزی از تجربیات داخلی و بین‌المللی تأکید دارد (کولمان و همکاران، ۲۰۱۹). یافته‌های این پژوهش همچنین نشان داد که ایران با استفاده از ظرفیت‌های داخلی و بهره‌گیری از شبکه‌سازی علمی بین‌المللی، توانسته است توانمندی‌های فناورانه خود را ارتقا دهد. برای مثال، انعقاد تفاهم‌نامه‌های بین‌المللی و برگزاری دوره‌های آموزشی، نمونه‌ای از تلاش‌های موفق در این راستا است که با دیدگاه‌های تارن و همکاران (۲۰۲۱) تطابق دارد. همچنین، پژوهش حاضر نشان داد که فناوری نانو در ایران بدون تأثیرپذیری از تحولات سیاسی داخلی توانسته است در تمام دولت‌ها رشد یابد. این ویژگی که در پیشینه نیز مورد تأکید قرار گرفته است (دهقانی و حسینی، ۱۳۹۶)؛ نشان‌دهنده بی‌طرفی سیاسی و تمرکز بر اهداف ملی در حکمرانی فناوری نانو است.

جلب مشارکت و هماهنگی میان ذینفعان:

مطالعات پیشین مانند فانگ (۲۰۱۹) و ماتن و کرین (۲۰۰۵) تأکید دارند که جلب مشارکت و هماهنگی میان ذینفعان مختلف، از جمله دولت، دانشگاه‌ها و بخش خصوصی، یکی از عوامل کلیدی موفقیت در حکمرانی فناوری است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که ایران با ایجاد ساختارهایی نظیر کارگروه‌های تخصصی و شورای هماهنگی، توانسته است نقش هر یک از ذینفعان را به‌طور دقیق تعریف کند. برای مثال، وزارتخانه‌های جهاد کشاورزی، بهداشت و دفاع، در کنار دانشگاه‌ها و بخش خصوصی، در تدوین و اجرای سیاست‌های فناوری نانو مشارکت داشته‌اند. همچنین، ایجاد بسترهایی برای ارتباط مؤثر میان ذینفعان، مانند جلسات هماهنگی و

پیشینه پژوهش انسل و تروندال (۲۰۱۸) و اسکات و استینمولر (۲۰۱۸) نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری، یکی از ارکان کلیدی برای حکمرانی موفق در فناوری‌های نوظهور است. این مطالعات تأکید دارند که سیاست‌گذاری‌های خطی و ثابت، توانایی پاسخگویی به تغییرات سریع فناوری را ندارند. یافته‌های این پژوهش نیز نشان می‌دهد که ساختار حکمرانی فناوری نانو در ایران با رویکردی غیرمتمرکز، توانسته است انعطاف‌پذیری لازم را در تدوین و اجرای سیاست‌ها ایجاد کند. برای مثال، سیاست‌هایی نظیر شبکه‌سازی آزمایشگاهی و حمایت مالی مستقیم از شرکت‌های دانش‌بنیان، به کاهش بوروکراسی و افزایش کارایی منجر شده است. پیشینه پژوهش پیریاتی و آروانتو (۲۰۲۴) همچنین بر شفافیت در وظایف و نقش‌های بازیگران تأکید دارد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که شناسایی ۱۵ دسته از بازیگران در زنجیره حکمرانی فناوری نانو، همراه با تعریف دقیق نقش‌های آن‌ها، شفافیت در اجرای سیاست‌ها را بهبود بخشیده است. این موارد به‌ویژه در کاهش تعارضات و بهبود هماهنگی میان نهادهای مختلف تأثیرگذار بوده است که با یافته‌های هاوالت و همکاران (۲۰۱۵) نیز همخوانی دارد.

یادگیری و انطباق‌پذیری: مطابق پیشینه پژوهش

در مطالعات عثمان و همکاران (۲۰۲۲) و گومز و همکاران (۲۰۲۱)، یادگیری و انطباق‌پذیری یکی از عوامل حیاتی در حکمرانی فناوری‌های پیچیده‌ای مانند نانو است. این پژوهش نیز نشان داد که برگزاری کنفرانس‌ها، سمینارها و دوره‌های آموزشی در سطح ملی و بین‌المللی، به تقویت دانش و کاهش عدم قطعیت‌ها در ایران کمک کرده است. به‌عنوان نمونه، ساخت تجهیزات داخلی نظیر نانوسکوپ، یکی

علاوه بر کاهش هزینه‌های تجهیزاتی، به بهره‌برداری بهینه از ظرفیت‌های موجود نیز کمک کرده است. همچنین، افزایش تدریجی بودجه فناوری نانو و ایجاد تسهیلات مالی برای پژوهشگران و شرکت‌ها، از جمله اقدامات مؤثری است که در پیشینه نیز مورد تأکید قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، رشد ۲۸ درصدی بودجه فناوری نانو در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال قبل، نشان‌دهنده توجه سیاست‌گذاران به این حوزه است.

به‌طور کلی مقایسه یافته‌های این پژوهش با پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که ایران توانسته است با بهره‌گیری از اصول حکمرانی اقتصادی، بسیاری از چالش‌های محیطی و محدودیت‌های اقتصادی را مدیریت کند. با این حال، تقویت هماهنگی نهادی، ارتقای زیرساخت‌های پژوهشی و بهبود مستمر سیاست‌ها، از جمله الزامات اساسی برای تضمین موفقیت بلندمدت در این حوزه هستند.

۶- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تحلیل حکمرانی توسعه فناوری نانو با رویکرد اقتضایی در ایران انجام شده است. روش مورد استفاده در این تحقیق، کیفی بوده و با بهره‌گیری از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، به بررسی عمیق ابعاد مختلف حکمرانی فناوری نانو پرداخته است. در این راستا، پژوهشگر سعی کرده است با گردآوری تجربیات و دیدگاه‌های خبرگان، به درک بهتری از چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این حوزه دست یابد.

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده پنج بُعد اصلی در حکمرانی اقتضایی فناوری نانو است. اولین بُعد، عمل‌گرایی و انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و اجرای برنامه‌ها است که به نیاز به سیاست‌ها و

استفاده از کانال‌های ارتباطی، نمونه‌ای از اجرای موفق سیاست‌های پیشنهادی در پیشینه پژوهش است. این اقدامات، مطابق با یافته‌های رابینسون و همکاران (۲۰۰۷) و کاپور و لی (۲۰۱۳) به بهبود همکاری و تسریع فرایندهای تصمیم‌گیری کمک کرده‌اند. علاوه بر این، مشارکت بخش خصوصی در تأمین نیازهای فناورانه، به‌ویژه پس از تحریم‌ها، نمونه‌ای از سیاست‌های موفق ایران است که با یافته‌های راشد و شاه (۲۰۲۱) مطابقت دارد.

هدف‌گذاری مشخص و پایش عملکرد: در این شاخص پیشینه پژوهش اسودسن و همکاران (۲۰۲۰)، بر اهمیت هدف‌گذاری مشخص و استقرار نظام‌های پایش عملکرد تأکید دارد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در ایران، شاخص‌های کمی و کیفی متعددی، نظیر تعداد مقالات علمی، سهم بازار محصولات نانو و تعداد شغل‌های ایجادشده، برای ارزیابی عملکرد حکمرانی این فناوری تعریف شده‌اند. علاوه بر این، استفاده از رسانه‌ها، گزارش‌های عمومی و برگزاری کنفرانس‌ها برای اطلاع‌رسانی و جلب مشارکت عمومی، در راستای تأکید پیشینه بر شفافیت و دسترسی عمومی به اطلاعات عملکردی اجرا شده است (جیگر و برتوت، ۲۰۱۰). این اقدامات، علاوه بر افزایش آگاهی عمومی، اعتماد به حکمرانی فناوری نانو را نیز تقویت کرده‌اند.

تأمین منابع و زیرساخت‌ها: مطابق پیشینه پژوهش مانند هلیلی و همکاران (۲۰۲۳) و یاردلی و وسلر (۲۰۱۲)، تأمین منابع مالی و ایجاد زیرساخت‌های مناسب، از الزامات توسعه فناوری‌های نوظهور است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که ایران با طراحی سازوکارهایی نظیر شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو و تسهیل دسترسی به تجهیزات موجود، توانسته است این چالش را مدیریت کند. شبکه آزمایشگاهی،



غیرقابل‌پیش‌بینی و کنترل چالش‌های محیطی است.

باین‌حال، برخی چالش‌ها همچنان در مسیر توسعه این فناوری وجود دارند. یکی از این چالش‌ها، حفظ و جذب پژوهشگران و متخصصان داخلی در شرایطی است که فرار نخبگان و نبود فرصت‌های شغلی مناسب تهدیدی جدی برای پیشبرد اهداف نانو به شمار می‌رود. همچنین، با وجود موفقیت‌های به‌دست‌آمده، نیاز به تقویت هماهنگی میان نهادهای دولتی، دانشگاه‌ها و بخش خصوصی برای تحقق اهداف سند راهبردی نانو در افق ۱۴۰۴ ضروری است. ارتقای زیرساخت‌های پژوهشی و تسهیل دسترسی به تجهیزات فناورانه نیز باید در اولویت قرار گیرد تا ایران بتواند به‌طور مؤثرتری در بازارهای جهانی رقابت کند. به‌طور کلی، تجربه موفق حکمرانی فناوری نانو در ایران می‌تواند الگویی برای سایر فناوری‌های نوظهور باشد و با تعمیم این رویکرد اقتضایی به دیگر بخش‌های فناورانه، امکان توسعه متوازن و پایدار در کشور فراهم شود.

نوآوری این پژوهش در آن است که چارچوبی جامع و عملی برای حکمرانی اقتضایی فناوری نانو ارائه می‌دهد که می‌تواند به‌عنوان الگویی برای سیاست‌گذاران در ایران مورد استفاده قرار گیرد. این چارچوب به‌ویژه بر اهمیت انعطاف‌پذیری و همکاری بین‌نهادی تأکید دارد، به‌طوری‌که سیاست‌گذاران قادر خواهند بود به شیوه‌های کارآمدتر و هماهنگ‌تر به چالش‌های فناوری نانو پاسخ دهند. همچنین، این پژوهش به دنبال ایجاد یک فهم مشترک از تجربیات بین‌المللی و داخلی در حوزه فناوری نانو است که می‌تواند به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در این زمینه کمک کند.

همچنین با توجه به نتایجی از که پژوهش حاضر

برنامه‌های پویا و قابل‌تغییر در مواجهه با تحولات سریع فناوری نانو اشاره دارد. دومین بُعد، یادگیری و انطباق‌پذیری است که بر اهمیت مدیریت پیشامدها و کنترل عدم قطعیت‌ها تأکید دارد؛ این بُعد به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با چالش‌های محیطی به‌خوبی سازگار شوند. بُعد سوم، جلب مشارکت و هماهنگی میان ذینفعان است که به ضرورت همکاری میان نهادهای دولتی، دانشگاه‌ها و بخش خصوصی اشاره می‌کند. چهارمین بُعد، هدف‌گذاری مشخص و ارزیابی دقیق است که به نیاز به نظام‌های کارآمد پایش و ارزیابی عملکرد در سیاست‌ها و برنامه‌ها تأکید دارد. درنهایت، تأمین و تخصیص منابع و زیرساخت‌های لازم به‌عنوان آخرین بُعد، اهمیت طراحی سازوکارهای مناسب برای تأمین بودجه و تجهیزات را برجسته می‌سازد.

همچنین وضعیت حکمرانی فناوری نانو در ایران نشان می‌دهد که این حوزه با اتخاذ رویکرد اقتضایی توانسته است به موفقیت‌های قابل‌توجهی در توسعه و مدیریت این فناوری نوظهور دست یابد. ساختار غیرمتمرکز حکمرانی نانو که بر مشارکت نهادهای علمی، دانشگاه‌ها و بخش خصوصی تأکید دارد، از تصدی‌گری مستقیم دولت فاصله گرفته و زمینه را برای انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و اجرای برنامه‌ها فراهم کرده است. تدوین قوانین منعطف، شفافیت در عملکرد مجریان و شبکه‌سازی میان آزمایشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی از جمله اقداماتی است که به تسریع توسعه فناوری نانو کمک کرده است. علاوه بر این، ایران توانسته است با مدیریت تأثیرات تحریم‌ها و تکیه بر ظرفیت‌های داخلی، اقدام به تولید تجهیزات بومی مانند نانو سکوپ کند و حتی به بازارهای بین‌المللی راه یابد. این اقدامات نشان‌دهنده توانمندی کشور در انطباق با شرایط

طراحی شده است، می‌تواند به‌عنوان مبنای مناسبی برای تحلیل حکمرانی در سایر فناوری‌های نوظهور نیز مورد استفاده قرار گیرد. بررسی و تطبیق این چارچوب با سایر فناوری‌های نوظهور می‌تواند به درک بهتر از نحوه عملکرد حکمرانی در این بخش‌ها و چگونگی توسعه و پیاده‌سازی سیاست‌های مؤثر برای هر یک از فناوری‌های نوین کمک کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمامی اصول اخلاقی در پژوهش این مقاله رعایت شده‌اند.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به یک اندازه در نگارش مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

به‌دست‌آمده، برای حکمرانی توسعه فناوری نانو پیشنهادات زیر ارائه می‌شود. برای تسریع در توسعه فناوری نانو در ایران، تقویت نقش بخش خصوصی ضروری است. بخش خصوصی با توانمندی‌های مالی و فنی خود می‌تواند به تسریع روند تحقیقات و توسعه فناوری‌های نانو کمک کند. به این منظور، لازم است سیاست‌ها و مشوق‌های مالی برای جذب بخش خصوصی به این حوزه ایجاد شود. به عبارتی، کاهش تصدی‌گری دولتی و انتقال برخی وظایف به بخش خصوصی در حکمرانی فناوری نانو، امکان ایجاد سیاست‌های اجرایی سریع‌تر و کارآمدتر را فراهم خواهد کرد.

علاوه‌براین، پیشنهاد می‌شود با ارائه حمایت‌های مالی، ارتقای کیفیت محصولات و توسعه زیرساخت‌های لازم برای تسهیل فرآیند صادرات، شرکت‌های فعال در حوزه فناوری نانو توانمند شوند تا بتوانند در رقابت‌های بین‌المللی این عرصه حضور مؤثر و پایداری داشته باشند. این اقدامات نه تنها به تقویت و رشد صنعت داخلی کمک خواهد کرد، بلکه موجب شناخته‌شدن توانمندی‌های فناوری نانو ایران در سطح جهانی و همچنین افزایش صادرات محصولات مبتنی بر فناوری نانو خواهد شد.

برای تحقیقات آتی نیز، پیشنهاد می‌شود که مقایسه حکمرانی فناوری نانو در ایران با سایر کشورها از جنبه‌های مختلف از جمله نتایج حاصل از سیاست‌ها، نحوه عملکرد و فرآیندهای اجرایی، موفقیت‌ها و شکست‌ها، مورد بررسی قرار گیرد. این مقایسه می‌تواند به شناسایی عوامل کلیدی در موفقیت حکمرانی فناوری نانو کمک کند و زمینه‌ساز بهبود سیاست‌گذاری‌های آینده در این حوزه شود. علاوه بر این، چارچوب استخراج‌شده در این پژوهش که به‌عنوان مدلی برای حکمرانی اقتضایی فناوری نانو



منابع

منابع فارسی

مرتضی‌نیا، حمید و فلاح شمس، میر فیض. (۱۳۹۱). شناخت و اولویت‌بندی ریسک‌های سرمایه‌گذاری در پروژه‌های دارای فناوری پیشرفته؛ مورد مطالعه: فناوری نانو. اندیشه مدیریت راهبردی (اندیشه مدیریت). دوره ۶ شماره ۲. صفحه ۹۹ تا ۱۲۰.

آذر، عادل، واعظی، رضا و محمدپورسرایبی، وحید. (۱۳۹۶). طراحی مدل ختمشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری نانو با رویکرد متدولوژی سیستم‌های نرم. مدیریت سازمان‌های دولتی. دوره ۲ شماره ۱۸. صفحه ۸۹ تا ۱۰۶.

اسدی، سیما، منطقی، منوچهر و طلوعی اشلقی، عباس. (۱۴۰۱). شناسایی و وزن‌دهی چالش‌های تحقیق و توسعه باز در حوزه فناوری‌های نوظهور (مطالعه موردی: فناوری نانو در ایران). مدیریت توسعه فناوری. دوره ۱۰ شماره ۲. صفحه ۹ تا ۵۰.

دهقان اشکنذری، محمدجواد، میرعمادی، طاهره و رمضان پور نرگسی، قاسم. (۱۳۹۷). ارزیابی اثرات تحریم‌های بین‌المللی بر توسعه نظام نوآوری فتوولتائیک در ایران. سیاست علم و فناوری. دوره ۱۱ شماره ۴. صفحه ۶۳ تا ۷۷.

دهقانی، امراه و حسینی، هادی. (۱۳۹۶). موانع و چالش‌های اجرایی در فرآیند همکاری‌های فناورانه (مورد مطالعه: حوزه فناوری نانو). فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی. دوره ۱۵ شماره ۳۰. صفحه ۵۹ تا ۶۴.

سلطانی، علی محمد و صاحبی‌نژاد، مجید. (۱۴۰۱). پایایی سیاست‌گذاری فناوری نانو در ایران؛ تحلیل کیفی چرخه سیاست. سیاست‌گذاری عمومی. دوره ۸ شماره ۲. صفحه ۸۳ تا ۹۹.

شریف زاده، زهرا، میرکوشش، امیرهوشنگ و حسینی، محمد مهدی. (۱۴۰۳). بررسی آثار سیاست‌های توسعه فناوری‌های نوین و هوش مصنوعی در گسترش راهبردهای سیاسی کلان با رویکرد سیاست‌های کلی نظام. سیاست‌های راهبردی و کلان. دوره ۱۲ شماره ۴۵. صفحه ۲۴ تا ۴۷.

فرتاش، کیارش، خیاطیان، محمدصادق، برامکی، طوبی و رنجبر، امیرحسن. (۱۴۰۳). تحلیل سیاست‌های حمایت از توسعه تجهیزات پزشکی در دوره کووید-۱۹ در ایران. بهبود مدیریت. دوره ۱۸ شماره ۳. صفحه ۱ تا ۳۰.

کاظمی آذر، شهریار. (۱۳۹۷). طراحی الگوی ختمشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری نانو بر پایه حمایت از شرکت‌های نوپا و موانع و مشکلات پیش رو در ایران. سیاست نامه علم و فناوری. دوره ۸ شماره ۴. صفحه ۱۷ تا ۳۲.



References

- Abdalla, A., Elnaghi, B., Hossain, S., Dawood, M., Abdelrehim, O., & Azad, A. (2020). Nanotechnology utilization in energy conversion, storage and efficiency: a perspective review. *Advanced Energy Conversion Materials*, 1(1), 30-54.
- Aguirre, T., Koehler, A., Joshi, A., & Wilhelm, S. (2018). Recruitment and retention challenges and successes. *Ethnicity & Health*, 23(1), 111-119.
- Allarakhia, M., & Walsh, S. (2012). Analyzing and organizing nanotechnology development: Application of the institutional analysis development framework to nanotechnology consortia. *Technovation*, 32(3-4), 216-226.
- Ansell, C., & Trondal, J. (2018). Governing turbulence: An organizational-institutional agenda. *Perspectives on public management and governance*, 1(1), 43-57.
- anssen, M., van der Voort, H., & Wahyudi, A. (2017). Factors influencing big data decision-making quality: A contingency governance perspective. *Decision Support Systems*, 93, 64-75.
- Auplat, C. (2012). The challenges of nanotechnology policy making part 1. *Discussing mandatory frameworks. Global Policy*, 3(4), 492-500.
- Bessant, J. (2005). Enabling continuous and discontinuous innovation: Learning from the private sector. *Public Money and Management*, 25(1), 35-42.
- C Amutha, A Gopan, I Pushbalatatha, M Ragavi, J. A Reneese. (2024). Nanotechnology and Governance: Regulatory Framework for Responsible Innovation. In *Nanotechnology in Societal Development*. Singapore: Springer Nature Singapore.481-503 .
- Chhotray, V., & Stoker, G. (2009). Governance: From theory to practice. In *Governance theory and practice* (pp. 214-247). Palgrave Macmillan, London
- Chukwurah, N., Ige, A., Idemudia, C., & Adebayo, V. (2024). Strategies for engaging stakeholders in data governance: Building effective communication and collaboration. *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies*.
- Fecher, B., & Wagner, G. (2016). Open access, innovation, and research infrastructure. *Publications*, 4(2), 17.
- Fotourehchi, Z., & Farhang, A. (2023). The effect of nanotechnology in the energy sector on economic growth and sustainable development. *International Journal of Global Warming*, 29(1-2), 49-65.
- Fung, A. (2015). Putting the public back into governance: The challenges of citizen participation and its future. *Public administration review*, 75(4), 513-522.
- Gomes, L., de Faria, A., Borini, F., Flechas Chaparro, X., Dos Santos, M., & Gurgel Amaral, G. (2021). Dispersed knowledge management in ecosystems. *Journal of Knowledge Management*, 24(5), 796-825.
- Green, A., & Hunton-Clarke, L. (2003). A typology of stakeholder participation for company environmental decision-making. *Business strategy and the environment*, 12(5), 292-299.
- Haleem, A., Javaid, M., Singh, R., Rab, S., & Suman, R. (2023). Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*, 7(2), 70-77.
- Halili, F., Dimitrievska, V., & Hajretin, V. (2023). Funding Opportunities Through the Fund for Innovation and Technological



- Development. ANGLISTICUM. Journal of the Association-Institute for English Language and American Studies, 12(9), 24-29.
- Howlett, M., Mukherjee, I., & Woo, J. (2015). From tools to toolkits in policy design studies: The new design orientation towards policy formulation research. *Policy & Politics*, 43(2), 291-311.
- Jaeger, P., & Bertot, J. (2010). Transparency and technological change: Ensuring equal and sustained public access to government information. *Government information quarterly*, 27(4), 371-376.
- Kapoor, R., & Lee, J. (2013). Coordinating and competing in ecosystems: How organizational forms shape new technology investments. *Strategic management journal*, 34(3), 274-296.
- Klochan, V., Piliaiev, I., Sydorenko, T., Khomutenko, V., Solomko, A., & Tkachuk, A. (2021). Digital Platforms as a tool for the transformation of strategic Consulting in Public Administration. *Journal of Information Technology Management*, 13, 42-61.
- Lindblom, C. (1959). „The Science of Muddling Through”, in. *Public Administration*.
- Loshkovska, S., & Koceski, S. (2015). *ICT innovations 2015: Emerging technologies for better living*. Springer.
- Lyall, C., & Tait, J. (2019). Beyond the limits to governance: New rules of engagement for the tentative governance of the life sciences. *Research Policy*, 48(5), 1128-1137.
- Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Nanotechnology: A revolution in modern industry. *Molecules*, 28(2), 661.
- Matten, D., & Crane, A. (2005). What is stakeholder democracy? Perspectives and issues. *Business Ethics: A European Review*, 14(1), 6-13.
- Mbengue, M., & Charles, M. (2013). International organizations and nanotechnologies: the challenge of coordination. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 22(2), 174-185.
- Merz, J. (2001). Technological and Educational Implications of Nanotechnology—Infrastructure and Educational Needs. *Societal implications of nanoscience and nanotechnology*, 17(2), 148.
- Nandakumar, M., Jharkharia, S., & Nair, A. (2012). Environmental uncertainty and flexibility. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 13, 121-122.
- Neme, K., Nafady, A., Uddin, S., & Tola, Y. (2021). Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: food security implication and challenges. *Heliyon*, 7(12).
- initiative, N. (2012). *Nanotechnology Knowledge Infrastructure: Enabling National Leadership in Sustainable Design*. NNI Signature Initiative.
- Osman, M., Noah, S., & Saad, S. (2022). Ontology-based knowledge management tools for knowledge sharing in organization—a review. *IEEE access*, 10, 43267-43283.
- Osuji, C. (2024). A Call for Greater Transparency in Resource Allocation Processes. *Journal of Resource Management and Decision Engineering*, 3(2), 1-3.
- Pandey, G., & Jain, P. (2020). Assessing the nanotechnology on the grounds of costs, benefits, and risks. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 9, 1-10.
- Pandita, D. (2022). Innovation in talent



- management practices: creating an innovative employer branding strategy to attract generation Z. *International Journal of Innovation Science*, 143-4, 556-569.
- Pebriaty, A., & Arwanto, B. (2024). Optimalisasi Penerapan Prinsip Transparansi Dalam Pengelolaan Perum Perhutani. *Journal of Administration, Governance, and Political Issues*, 1(1), 23-38.
- Pokrajac, L., Abbas, A., Chrzanowski, W., Dias, G., Eggleton, B., Maguire, S., & Mitra, S. (2021). Nanotechnology for a sustainable future: Addressing global challenges with the international network4sustainable nanotechnology. ACS Publication, 15(12), 18608-18623.
- Popo-Olaniyan, O., James, O., Udeh, C., Daraojimba, R., & Ogedengbe, D. (2022). & Ogedengbe, D. E. (2022). A review of us strategies for stem talent attraction and retention: challenges and opportunities. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*, 4(12), 588-606.
- Pramanik, P., Krishnan, P., Maity, A., Mridha, N., Mukherjee, A., & Rai, V. (2020). Application of nanotechnology in agriculture. *Environmental Nanotechnology*, 4, 317-348.
- Purohit, R., Mittal, A., & Dalela, S. (2017). Warudkar, V., Purohit, K., & Purohit, S. (2017). Social, environmental and ethical impacts of nanotechnology. *Materials today: proceedings*, 4(4), 5461-5467.
- Rashed, A., & Shah, A. (2021). The role of private sector in the implementation of sustainable development goals. *Environment, Development and Sustainability*, 23(3), 2931-2948.
- Rhodes, R. A. (2007). Understanding governance: Ten years on. *Organization studies*, 28(8), 1243-1264.
- Ridley, T., Yee-Cheong, L., & Juma, C. (2006). nfrastructure, innovation and development. *International Journal of Technology and Globalisation*, 2(3-4), 268-278.
- Robinson, D., Rip, a., & Mangematin, v. (2007). Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology. *Research policy*, 36(6), 871-879.
- Roca, J., Vaishnav, P., Morgan, M., Mendonça, J., & Fuchs, E. (2017). When risks cannot be seen: Regulating uncertainty in emerging technologies. *Research Policy*, 46(7), 1215-1233.
- S Kuhlmann, P Stegmaier ، و K Konrad . (2019).The tentative governance of emerging science and technology—A conceptual introduction. *Research policy*, 45 (8). 1091-1097.
- Schot, J., & Steinmueller, W. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research policy*, 47(9), 1554-1567.
- Shah, M., Pirzada, B., Price, G., Shibiru, A., & Qurashi, A. (2022). Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review. *Journal of Advanced Research*, 38, 55-75.
- Sharma, P., Dorlikar, S., Rawat, P., Malik, V., Vats, N., Sharma, M., & Kaushik, A. (2021). Nanotechnology and its application: a review. *Nanotechnology in cancer management*, 1-33.
- Soelton, M. (2023). Conceptualizing Organizational Citizenship Behavior and Learning Organization in the Labor Sector. *Jurnal Organisasi Dan Manajemen*, 19(1), 239-255.
- Svendsen, C., Walker, L., Matzke, M.,

- Lahive, E., Harrison, S., & Crossley, A. (2020). Key principles and operational practices for improved nanotechnology environmental exposure assessment. *Nature Nanotechnology*, 15(9), 731-742.
- Taran, M., Safaei, M., Karimi, N., & Almasi, A. (2021). Benefits and application of nanotechnology in environmental science: an overview. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(1), 7860-7870.
- Tawiah, B., Ofori, E., & George, S. (2024). Nanotechnology in societal development. *Nanotechnology in Societal Development*, 1-64.
- Weick, K., & Sutcliffe, K. (2015). *Managing the unexpected: Sustained performance in a complex world*. John Wiley & Sons.
- Xiong, Y., & Li, X. (2024). The Dynamic Mechanism of Tentative Governance for Emerging Technologies: A Case Study of China's New Energy Vehicle Subsidy. *Journal of Cleaner Production*, 144328.
- Yardley, J., & Wesler, J. (2012). *Workshop on Nanotechnology Infrastructure*. NSF.
- Zainal, A., Ahmad, R., & Arwulan, D. (2023). Persepsi Stakeholder Terhadap Keterbukaan Informasi Dalam Mewujudkan Tata Kelola Pemerintahan Yang Baik DI Kota Kendari. *Journal Publicuho*, 6(3), 1202-1214.