

The Role and Place of Internationalization in Shaping Future of Nano Technology in Iran

Maryam Saniejlal⁻

Faculty Member of Science and Research Policy Department, National Research
Institute for Science Policy(NRISP), Tehran, Iran(Corresponding Author)
ms_ejlal@yahoo.com

Mohamad Hoseini Moghadam

Faculty Member of Foresight Department, Institute for Social and Cultural Studies(ISCS),
Tehran, Iran, mh_moghadam@yahoo.com

Abstract

The purpose: Expansion of the international exchange and sharing knowledge and scientific achievements has a determinant role in science and technology(S&T) development in the world. During last two decades investment in high technology has turned into one of the main S&T policy priorities in Iran national scientific blueprints. Nano-technology development is one of the priorities that government concentrates on it and makes a lot of investment in this field. In national strategy plan achieving world 15th place in nano-technology has been set as a big picture. The purpose of this paper is critical analysis of nanotechnology development in Iran in compliance with the big picture. The main question is how internationalization is shaping current situation and alternative futures for nanotechnology in Ir??? Tee eeer's hypothesis: internationalization of knowledge and technology has critical and decisive role in nanotechnology development and its distinction inside the country. Assumption of this paper is :internationalization and international scientific collaboration is intrinsic condition for science and technology development.

Methods :Documentary research, trend analysis and scenario planning are used in this paper .

Findings :The findings are extraction of four scenarios before Nano-technology development in Iran including continued as usual, collapse ,revival, and transformation.

Conclusion :Publishing international journal paper in field of nano science and technology converts into national distinction of nanotechnology development in Iran; circumscribing of internationalization of nano-technology to international journal paper; necessity of changing the role of state from custodian and demiurge to facilitator and husbandry role; enhancing participation of scientific community in determining strategies and policies for nano-technology development in country are among the important results of the research.

Keywords :International Publications ,Nano Science and Technology, Big Picture, Demiurge Role of State.

دو فصلنامه آینده‌پژوهی ایران

مقاله پژوهشی، سال پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۹ صفحه: ۲۵-۴۸

نقش و جایگاه بین‌المللی شدن در آینده توسعه فناوری نانو در ایران

مریم صنیع اجلال^۱

عضو هیات علمی گروه سیاست علوم و تحقیقات، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور (نویسنده مسئول)،

ms_ejlal@yahoo.com

محمد حسینی مقدم

عضو هیات علمی گروه مطالعات آینده نگر، موسسه مطالعات فرهنگی و اجتماعی، mh_moghadam@yahoo.com

چکیده

هدف: گسترش داد و ستدهای بین‌المللی و مشارکت در تسهیم داده‌ها، یافته‌ها و دستاوردهای علمی در عرصه بین‌المللی نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه علم و فناوری کشورها دارد. طی چند دهه گذشته سرمایه‌گذاری در حوزه توسعه فناوری‌های نوین به یکی از اولویت‌های سیاست‌گذاری علم و فناوری در ایران تبدیل و در اسناد ملی همچون «نقشه جامع علمی کشور» بر آن تأکید شده است. توسعه فناوری نانو از جمله حوزه‌های نوینی است که در پانزده سال اخیر به شدت مورد توجه نظام حکمرانی علم و فناوری قرار گرفته و سرمایه‌گذاری قابل توجهی در این حوزه صورت گرفته است. در سند راهبردی نانو «تصویر بزرگ» سیاست‌گذاران در توسعه این فناوری عبارت است از: دستیابی به جایگاه پانزدهم جهان در توسعه فناوری نانو، تولید ثروت و رفاه اجتماعی شهروندان. بررسی نقادانه وضعیت توسعه فناوری نانو در کشور در مسیر دستیابی به تصویر بزرگ مذکور است. پرسش اصلی این مقاله آن است که بین‌المللی‌شدن دانش کشور در حوزه نانو فناوری چه نقشی در شکل‌دهی به وضعیت کنونی و آینده‌های بدیل این فناوری در ایران دارد؟ فرضیه مقاله آن است که: بین‌المللی‌شدن دانش و فناوری نانو نقش تعیین‌کننده و اصلی در توسعه این فناوری دارد و عامل هویت‌بخش به آن در کشور بوده است. این فرضیه بر پایه این مفروض استوار است که بین‌المللی‌شدن و همکاری‌های علمی بین‌المللی شرط لازم برای توسعه علم و فناوری است.

روش: روش مورد استفاده در این مقاله: مطالعات اسنادی، تحلیل روند و سناریوپردازی است.

یافته‌ها: احصای چهار سناریوی پیش روی توسعه فناوری نانو در ایران مشتمل بر: ادامه وضع موجود، بازگشت به گذشته، فروپاشی حمایت دولتی از توسعه فناوری نانو و تحول بنیادین.

نتیجه‌گیری: تبدیل شدن شاخص انتشار مقالات در مجلات علمی بین‌المللی به عامل هویت‌بخش فناوری نانو در ایران، محدود شدن ارزیابی بین‌المللی‌شدن نانو براساس تعداد مقالات بین‌المللی، لزوم تغییر نقش دولت و ستاد نانو از تولی‌گری و تصدی‌گری به نقش تسهیل‌گری و پرورش‌گری، تقویت فرایند مشارکت جامعه علمی در تعیین سیاست‌ها و راهبردهای توسعه نانو در کشور از مهم‌ترین نتایج این مقاله است.

واژگان کلیدی: انتشارات بین‌المللی، علم و فناوری نانو، تصویر آینده، تصدی‌گری دولت.

۱- مقدمه

توسعه علوم و فناوری‌های نوین یکی از روندهای اصلی شکل‌دهنده به تحولات علم و فناوری در جهان است. گسترش نفوذ کشورهای شرق آسیا در تولید و صادرات محصولات دارای فناوری‌های نو و پیشرفته یکی از مصادیق جهان‌شمول شدن توجه به فناوری‌های نو در سراسر جهان است. مطابق گزارش کنفرانس توسعه و تجارت سازمان ملل (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)) مشخص شده است طی دو دهه گذشته شرق آسیا حدود نیمی از صادرات محصولات فناوری‌های نو و پیشرفته را به خود اختصاص داده است. (TAD, 2015:5/UNC)

از پنج خوشه برتر نوآوری جهان چهار تای آن در منطقه شرق آسیا واقع شده است. این خوشه‌ها سهم اصلی تحقیق و توسعه، انتشارات علمی و ثبت اختراع در حوزه فناوری‌های نو را در اختیار دارند. (Popkova & Sergi, 2019: 681) این شواهد بیانگر آماده بودن عرصه رقابت برای حضور کشورهای نوظهور و در حال توسعه به میدان علوم و فناوری‌های نوین در عرصه جهانی است.

نانو از جمله حوزه‌های نوینی است که نقش مهمی در آینده تحولات علم و فناوری خواهد داشت. فناوری نانو فرایند دستکاری مواد در مقیاس اتمی و تولید مواد و ابزار، به وسیله کنترل آنها در سطح اتم‌ها و مولکول‌هاست. این دانش نوین را در سال ۱۹۵۹ ریچارد فینمن (Richard Feynman)، فیزیکدان برنده جایزه نوبل (۱۹۶۵)، بنیاد گذاشت. نانو ناظر بر ابزارها و ماشین‌هایی است که در مقیاس بسیار کوچک قابل برنامه‌ریزی و دارای خواص شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی متفاوت با مقیاس بزرگ و البته هوشمند و دارای کاربردهای گسترده در بسیاری از قلمروها از جمله در پزشکی، دندانپزشکی، سلامت، داروسازی، مدیریت انرژی (جذب، ذخیره، و انتقال انرژی)، نساجی، صنایع غذایی، بیوتکنولوژی، مهندسی ژنتیک، صنایع نظامی و امنیتی، تولید لوازم آرایش، مهندسی اپتیک، الکترونیک، فناوری اطلاعات و ارتباطات، روباتیک و ساخت و ساز است. (خوارزمی، ۱۳۹۸: ۱۸)



شکل ۱: گسترش به کارگیری فناوری نانو

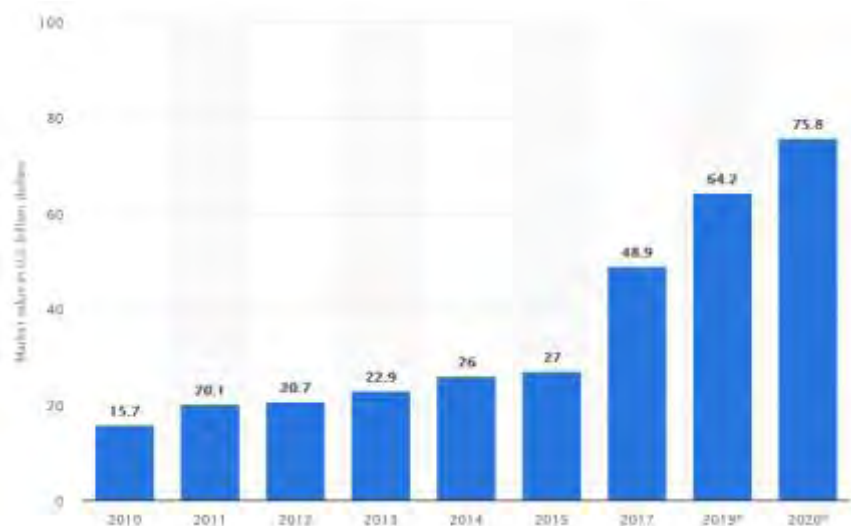
با توجه به شکل ۱ می‌توان گفت نفوذ و تأثیرگذاری حوزه علوم و فنون مرتبط با نانو در بسیاری از ساحت‌های حیات اجتماعی به شکل ملموسی به‌کار گرفته شده است. برای مثال یکی از آشکارترین حوزه‌هایی که از دانش و فناوری نانو بهره می‌برند حوزه پزشکی است. نسل جدیدی از ربات‌ها در مقیاس نانو می‌توانند در حوزه تشخیص و درمان بیماری کمک کنند بدون آنکه بر سایر بخش‌های بدن بیمار تأثیر بگذارند.

نانو ربات‌ها با اجتماع و قرارگیری در بدن بیمار به صورت کلونی قادرند با دقت بالا از بدن بیمار محافظت کنند. این روبات‌ها با ساختاری اتمی یا مولکولی در یک فرایند قرار داده می‌شوند تا چرخه‌ای را کامل کنند. پیش از به‌کارگیری این فناوری در درمان افراد مبتلا به سرطان، علاوه بر بافت‌های مبتلا بافت‌های غیرمبتلا نیز آسیب می‌دیدند. اما با انجام درمان با کمک نانوداروها و جراحی در مقیاس نانو از بسیاری از این آسیب‌ها جلوگیری می‌شود. جذابیت این موضوع باعث شده است که برآورد شود تا سال ۲۰۲۳ سهم بازار پزشکی نانو

(nanomedicine) در جهان به بیش از ۲۶۱ میلیارد دلار افزایش پیدا کند. (Kulkarni, 2018)

پیشرفت‌های مذکور در نفوذ و گسترش به‌کارگیری نانو باعث شده است سهم نانوفناوری از بازار جهانی طی ۱۰ سال به بیش از ۲۰ برابر افزایش یابد؛ به عبارت روشن‌تر مطابق آماری که در شکل ۲ آمده بازار این فناوری از مبلغ ۱۵/۷ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ میلادی به مبلغ

۷۵/۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ افزایش پیدا کرده است. (Statista, 2020)



شکل ۲: سهم نانو فناوری در بازار جهانی از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

با توجه به نکات گفته شده توجه به نانو فناوری به سه دلیل حائز اهمیت است: نخست اهمیت این حوزه در تولید ثروت و قدرت، دوم نقش نانو در ایجاد همگرایی میان سایر حوزه‌های علم و فناوری که باعث هم‌افزایی و افزایش اثربخشی سایر فناوری‌ها می‌شود. تجلی مهم این همگرایی و هم‌افزایی در قالب NBIC^۱ دیده می‌شود. مطابق نظر روکو، مسئول بخش همگرایی NBIC در بنیاد علم آمریکا (National Science Foundation)، هر آنچه علوم شناختی امکان اندیشیدن درباره آن را به دست دهد، نانو فناوری امکان ساخت آن، فناوری زیستی امکان به‌کارگیری و کاشت آن و سپس فناوری اطلاعات امکان پایش و دیده‌بانی آن را به دست می‌دهد. (Roco, 2018)

این مقدمه بیانگر آن است که توجه به حوزه فناوری‌های نوین به یکی از الزامات دستیابی به آینده و چشم‌انداز مطلوب در حوزه علم و فناوری تبدیل شده است. این چشم‌انداز می‌تواند آینده‌ای باشد که ما انتظار داریم محقق شود و یا آینده‌ای باشد که برای عدم تحقق آن تلاش می‌کنیم. در ادامه چگونگی رویارویی نظام حکمرانی علم و فناوری در ایران در برابر روند توسعه فناوری نانو بررسی شده است. به همین منظور نخست چارچوب نظری و روش‌شناسی پژوهش در توصیف این رویارویی توضیح داده شده، سپس مبتنی بر آن، وضعیت موجود به

۱. (Nano, Bio and Information technology + cognitive science)

شکل نقادانه بررسی شده است تا امکان مناسبی برای بازنمایی جلوه‌های دیگری از واقعیت‌های شکل‌دهنده به توسعه فناوری نانو در کشور به دست داده شود.

۲- چارچوب نظری و روش‌شناسی پژوهش

سنت حکمرانی جامعه ایران طی دست کم یکصد سال گذشته مبتنی بر تمرکزگرایی تصمیم‌گیری در نهاد حکومت بوده است. این تمرکزگرایی در حوزه‌های مختلف از جمله در سیاست‌گذاری علم و فناوری مشهود است. بر این اساس از میان مدل‌های متفاوتی که در اولویت‌گذاری علم و فناوری رایج است رویه‌ها و عملکرد به وجود آمده بیش از آنکه تابع اصول جهان‌شمول سیاست‌گذاری علم و فناوری باشد، ناظر بر اراده سیاسی حاکم بر کشور و رویکرد اولویت‌گذاری از رأس نهاد قدرت و نه با مشارکت ذی‌نفعان بوده است.

این الگوی سیاست‌گذاری به عنوان مدل سیاسی اولویت‌گذاری علم و فناوری شناخته می‌شود که در آن علایق و دلبستگی‌های افرادی که مسئولیت تخصیص منابع مالی فعالیت‌های علمی را بر عهده دارند، نقشی کلیدی در تعیین و شکل‌دهی به اولویت‌های منتخب دارد، به شکلی که در بسیاری از موارد تشخیص سیاست‌گذار معیار و مبنای تعیین اولویت‌های علم و فناوری بوده است. (Fatemi & Arasti, 2019: 11(2)/124)

نظام حکمرانی علم و فناوری کشور مطابق شکل ۳ با توجه به ضرورت و اولیاتی که برای پیشبرد و توسعه علم و فناوری نانو در نظر گرفته است از طریق تأسیس ستاد ویژه توسعه فناوری نانو بسته‌های حمایتی و پشتیبانی برای توسعه این فناوری در نظر گرفته و اختصاص داده است. این موضوع باعث ترغیب اعضای اجتماعات علمی کشور برای بهره‌مندی از مزایای پشتیبانی‌های مادی و معنوی مذکور شده است.



شکل ۳: مدل مفهومی پژوهش

با توجه به روند افزایشی مشارکت دانشگاهیان و پژوهشگران کشور در انتشار برون‌دادهای بین‌المللی حوزه نانو به موازات آن حمایت‌ها و پشتیبانی‌های حکومت نیز افزایش یافته است. حلقه وصل پژوهشگران و تصمیم‌گیران دولتی انتشار برون‌دادهای علمی بین‌المللی در قالب مقالات علمی و حق ثبت اختراع در پایگاه داده‌های معتبر بین‌المللی است. نتیجه اصلی و مستقیم این فرایند، بهبود و ارتقای جایگاه کشور در نظام علم‌سنجی حوزه نانو فناوری است. بستر فکری و نظری شکل‌دهنده به این مدل مفهومی در قالب نظریه‌های بین‌المللی شدن آموزش عالی قابل تبیین است.

بین‌المللی شدن آموزش عالی یکی از روندهای جهانی شکل‌دهنده به تحولات آموزش عالی در سراسر جهان است. علوم و دانش‌های مرتبط با فناوری نانو نیز متأثر از این روند، تحولات مهمی را تجربه کرده است. همچنان‌که بیان شد فرضیه اصلی این مقاله آن است که انتشار بین‌المللی مقالات اعضای اجتماعات علمی کشور در مجلات بین‌المللی نقش تعیین‌کننده و اصلی در هویت‌بخشی به جایگاه این فناوری در فضای ملی و بین‌المللی دارد.

بین‌المللی شدن آموزش عالی طیف وسیعی از ابعاد مرتبط با علم و فناوری را شامل می‌شود. تیشلر (Teichler) شش برداشت از مفهوم بین‌المللی شدن آموزش عالی که هر کدام ناظر بر بعد و جلوه خاصی از این مفهوم است را به شرحی که در ادامه آمده استخراج کرده است (Teichler 2009, pp. 94-95):

الف- جذب حضوری دانشجوی خارجی و سایر کارکنان دانشگاهی شامل استادان و مقامات دانشگاه ملموس‌ترین وجه فعالیت‌های بین‌المللی است.

ب- به رسمیت شناختن و ارزشیابی تحصیلات خارج از کشور نمود دیگری از بین‌المللی شدن است.

ج- سومین رویکرد حاکم بر بین‌المللی شدن انتقال دانش به فراسوی مرزهای ملی است. انتقال بین‌المللی دانش از طریق رسانه‌هایی همچون انتشارات چاپ‌شده، حق ثبت اختراع و ارتباطات علمی مصادیق این برداشت است.

د- رویکرد چهارم بین‌المللی شدن آموزش عالی ناظر بر جهت‌گیری‌ها و نگرش‌های بین‌المللی کنشگران آموزش عالی است. برای مثال اعلام رسمی برنامه‌های آموزشی و پژوهشی به منظور دستیابی به هدف خاص یکی از این جهت‌گیری‌ها است.

ه- رویکرد پنجم ناظر بر توجه به نقش نظام‌های ملی آموزش عالی است. برای مثال اعلامیه بلونیا (Bologna Declaration) به منظور گسترش جابه‌جایی دانشجویان در میان کشورهای قاره اروپا در پی ایجاد همگرایی ساختاری میان نظام‌های ملی آموزش عالی در اروپا است.

و- ششمین برداشت بین‌المللی شدن آموزش عالی ناظر بر اصلاح نظام آموزش عالی است. در این رویکرد نقش راهبردی نظام‌های آموزش عالی، مدیریت مؤسسات آموزش عالی، کیفیت و ارتباط برنامه‌های پژوهشی مورد تأکید قرار می‌گیرد؛ به طوری که کیفیت بالا باعث می‌شود مؤسسه آموزش عالی در مقیاس جهانی (world class) تراز اول خوانده شود و از این رو تلاش برای بهبود کیفیت به عنوان بخشی از رقابت جهانی دیده می‌شود.

با توجه به رویکردهای شش‌گانه مطرح شده از حیث نظری و مفهومی رویکرد سوم، چهارم و ششم در این پژوهش لحاظ شده است که از یک سو ناظر بر انتقال بین‌المللی دانش از طریق انتشار مقالات، حق ثبت اختراع و ارتباطات علمی مجازی است و از سوی دیگر برنامه‌های مشخصی در حوزه‌های آموزشی و پژوهشی هدف‌گذاری شده است.

ذیل این رویکردها کمیت و کیفیت برون‌دادهای علمی منتشرشده در مجلات بین‌المللی حوزه فناوری نانو، هم‌نویسندگی مقالات (Co-authorship)، حق ثبت اختراعات و سایر شاخص‌های مرتبط با ارتباطات و مراودات علمی بین‌المللی که در این مقاله آمده با استفاده از روش تحلیل اسنادی و تحلیل روند مبتنی بر گزارش‌های منتشرشده توسط ستاد توسعه فناوری نانو و سایر اسناد مرتبط بررسی شده است.

در پایان، آینده‌های بدیل پیش روی توسعه فناوری نانو در ایران ارائه براساس الگوی سناریوپردازی چهارگانه جیمز دیتور مشتمل بر موارد زیر ارائه شده است (Fergnani & Jackson, 2019: 2-4):

- الف- سناریوی تداوم وضع موجود: ناظر بر حفظ وضع موجود به شکل تجربه‌شده آن است.
 - ب- سناریوی فروپاشی وضع موجود: مطابق این سناریو در صورت بروز بحران سیستم دچار اعوجاج شده و به سمت شکست یا فروپاشی متمایل می‌شود.
 - ج- بازگشت به ثبات گذشته: در این سناریو نظم، دیسیپلین و توازن مطلوب برقرار شده میان ارکان سیستم جستجو می‌شود.
 - د- تحول: مبتنی بر عوامل تغییر از قبیل تحول در فناوری، تغییرات اجتماعی یا تغییرات کسب و کار قواعد بازی تغییر پیدا می‌کند.
- در ادامه مطابق چارچوب مفهومی گفته‌شده ضمن بررسی چگونگی شکل‌گیری نانوفناوری در ایران، وضعیت موجود به شکل نقادانه بررسی و بر پایه عوامل کلیدی شکل‌دهنده به آهنگ پیشرفت فناوری نانو آینده‌های بدیل آن بازنمایی شده است.

۳- شکل‌گیری نانوفناوری در ایران

تجربه شکل‌گیری ایده و سپس توسعه فناوری نانو در ایران امری سیاسی و معطوف به تصمیم نخبگان سیاسی در کشور بوده است؛ به عبارت روشن‌تر این موضوع برخاسته از متن جامعه عملی و پیگیری دانشمندان، پژوهشگران، فناوران، نوآوران و نمایندگان بخش کسب و کار جامعه نبوده و از این‌رو مطابق شکل زیر فرایندی از بالای هرم تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری علم و فناوری به سمت پایین هرم تصمیم‌گیری و بدون مشارکت ذی‌نفعان بوده است.



شکل ۴: هرم سیاست‌گذاری توسعه فناوری نانو در ایران

بر این اساس اراده نخبگان سیاسی در رأس نظام حکمرانی کشور برای سرمایه‌گذاری در این حوزه نوین باعث شد این موضوع با سرعت و شتاب بالایی در زمره فناوری‌های مصوب در کشور قرار گیرد. مرور این فرایند برای اثبات این مدعا بدین صورت است که در اسفندماه ۱۳۷۹ دکتر ابتکار، مشاور رئیس جمهور وقت، در نامه‌ای به رئیس جمهور، مطرح شدن موضوعی جدید با عنوان فناوری نانو را اطلاع می‌دهد و درخواست می‌کند این موضوع بررسی شود. (الزاملی، ۱۳۸۴: ۴)

پس از بررسی موضوع، نهاد ریاست جمهوری سرانجام در تاریخ ۱۳۸۲/۶/۱۶ «ستاد ویژه توسعه فناوری نانو» به ریاست معاون رئیس جمهور و عضویت وزرای وزارتخانه‌های امور اقتصاد و دارایی؛ بهداشت، درمان و آموزش پزشکی؛ جهاد کشاورزی؛ صنایع و معادن؛ علوم، تحقیقات و فناوری؛ رئیس سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ رئیس دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری و تعدادی از مدیران و محققان تشکیل شد. (همان)

اهمیت تعیین‌شده برای ستاد مذکور برحسب سلسله‌مراتب اجرایی مقاماتی که عضو آن هستند و تدوین سند بلندمدت توسعه فناوری نانو در مردادماه ۱۳۸۴ و تصویب آن در هیئت دولت در جلسه ۱۳۸۴/۵/۲ بیانگر آن است که اراده مشخصی در نظام حکمرانی کشور برای توسعه این

موضوع شکل گرفته است و همین موضوع امکان دستیابی به برخی پیشرفت‌ها را در این حوزه نوین علم و فناوری به دست داده است.

براین اساس سوابق شکل‌گیری ایده نانو فناوری در کشور تابع ملاحظات و اراده سیاسی بوده است.

تصویر مطلوبی که «سند راهبرد آینده فناوری نانو» برای آینده پیشرفت این فناوری در کشور ارائه کرده عبارت است از: «ایران تا سال ۱۳۹۳، به رتبه پانزدهم دنیا در فناوری نانو دست یابد و مسیر توسعه باید به گونه‌ای باشد که توسعه فناوری نانو موجب تولید ثروت و ارتقای کیفیت زندگی مردم شود». (سند راهبرد آینده نانوفناوری، ۱۳۸۴: ۱۶)

۴- گسترش نانوفناوری در ایران

پس از اجماع نظر میان دولتمردان درباره توسعه فناوری نانو روند پشتیبانی دولت از طیف متنوعی از فعالیت‌ها و برنامه‌های مرتبط با توسعه این فناوری در کشور شکل گرفت. در نتیجه این پشتیبانی بسیاری از اجتماعات علمی و دانشگاهی به سرمایه‌گذاری و ورود به این عرصه نوین تشویق و ترغیب شدند. تأسیس پژوهشکده‌های مرتبط با علم و فناوری نانو، راه‌اندازی دوره‌های تحصیلات تکمیلی در حوزه نانو، ورود متخصصان رشته‌های مرتبط به این حوزه از نخستین گام‌های توسعه نانو فناوری محسوب می‌شود. در ادامه مهم‌ترین معیارهایی که بر مبنای آنها گسترش و توسعه فناوری نانو در کشور سنجیده و ارزیابی می‌شود بررسی شده است.

۴-۱- تشکیل و فعالیت ستاد فناوری نانو

از اقدامات اولیه گسترش نانو در کشور تشکیل ستاد ویژه این موضوع بوده است. ستاد توسعه فناوری نانو پس از تشکیل، تصدی اصلی این موضوع را در سطح ملی عهده‌دار شد. مهم‌ترین نقش‌های ستاد نانو عبارت است از (ستاد توسعه فناوری نانو، ۱۳۹۷):

0 ترویج و آموزش عمومی نانو برای افزایش مشارکت ذی‌نفعان در توسعه و به‌کارگیری فناوری نانو.

0 فراهم‌سازی و تقویت زیرساخت‌های لازم برای توسعه همه‌جانبه، به هنگام، متوازن و پایدار نانو.

0 ارتقای همکاری‌ها و تعاملات بین‌المللی.

0 توسعه و بهره‌مندی از سرمایه‌های انسانی نانو و ارتقای تحقیقات مسئله‌محور.

0 راهبری تحقیقات هدفمند نانو برای دستیابی به فناوری‌های کلیدی.

نقش و جایگاه بین‌المللی شدن در آینده توسعه فناوری نانو در ایران ۳۵/

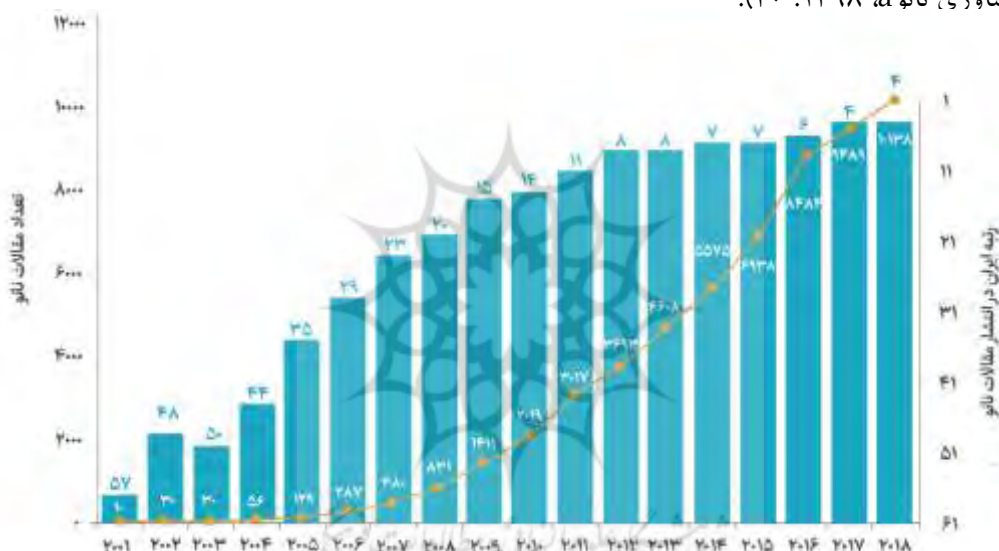
0 تسهیل و تسريع تجاری‌سازی از طریق فراهم‌سازی خدمات توسعه فناوری مورد نیاز فناوران و شرکت‌های دانش‌بنیان.

0 ارتقاء صنایع با به‌کارگیری فناوری نانو و گسترش بازار نانو.

0 سیاست‌گذاری و ارزیابی اهداف، راهبردها، سیاست‌ها، برنامه‌ها و نهادهای نانو.

۴-۲- افزایش کمیت انتشار مقالات بین‌المللی

از حیث کمیت انتشار مقالات مطابق شکل ۵ جایگاه ایران در جهان در حوزه تخصصی نانو در سال ۲۰۰۱ میلادی با انتشار تنها ۱۰ مقاله پنجاه و هفتم بوده و این شاخص در سال ۲۰۱۸ با انتشار بیش از ده هزار مقاله در حوزه مذکور به مقام چهارم جهان ارتقا یافته است (ستاد توسعه فناوری، نانو، ۱۳۹۸: ۲۰):



شکل ۵: کمیت مقالات محققان ایرانی در مجلات علمی بین‌المللی (ستاد توسعه فناوری نانو، ۱۳۹۸: ۲)

در سال ۲۰۱۹ دانشمندان و پژوهشگران ایرانی تعداد ۱۱,۲۱۵ مقاله در حوزه نانو منتشر کرده‌اند. از مجموع این مقالات تعداد ۲,۷۵۶ مقاله که شامل ۲۴ درصد کل مقالات منتشر شده می‌شود با همکاری پژوهشگران و دانشمندان ۸۳ کشور و در قالب مقالات هم‌نویسانه منتشر شده است. از مجموع ۸۳ کشور مذکور ۱۵ کشوری که پژوهشگران آنها بیشترین مشارکت را در نگارش مقالات هم‌نویسانه داشته‌اند به شرح جدول زیر مشخص شده است. بیشترین همکاری در انتشار مقالات مشترک میان پژوهشگران ایرانی و هم‌تایان آمریکایی آنها با انتشار ۳۷۵ مقاله مشترک و کمترین همکاری با کشور افغانستان با انتشار ۱ مقاله مشترک صورت گرفته است. (ستاد توسعه نانو، ۱۳۹۹)

جدول ۱: تعداد مقالات هم‌نویسانه در حوزه نانو فناوری در سال ۲۰۱۹

ردیف	کشور	تعداد مقالات مشترک	سهم همکاری به نسبت کل (به درصد)	ردیف	کشور	تعداد مقالات مشترک	سهم همکاری به نسبت کل (به درصد)
۱	امریکا	۳۷۵	۳,۳۴۴٪	۹	ایتالیا	۱۴۵	۱,۲۹۳٪
۲	چین	۳۳۳	۲,۹۶۹٪	۱۰	کره جنوبی	۱۳۶	۱,۲۱۳٪
۳	کانادا	۲۷۴	۲,۲۰۲٪	۱۱	عراق	۱۲۲	۱,۰۸۸٪
۴	استرالیا	۱۹۴	۱,۷۱۲٪	۱۲	عربستان	۱۱۶	۱,۰۳۴٪
۵	ویتنام	۱۹۲	۱,۶۹۴٪	۱۳	اسپانیا	۱۱۲	۰,۹۹۹٪
۶	آلمان	۱۹۰	۱,۶۶۷٪	۱۴	هند	۱۱۰	۰,۹۸۱٪
۷	مالزی	۱۸۷	۱,۷۱۲٪	۱۵	انگلستان	۹۳	۰,۸۲۹٪
۸	ترکیه	۱۶۷	۱,۴۸۹٪	(ستاد توسعه نانو براساس تحلیل داده‌های پایگاه ISI, ۱۳۹۹)			

۴-۳- کیفیت مقالات منتشر شده

یکی از شاخص‌های جهان‌شمول سنجش کیفیت مقالات شاخص «میانگین ارجاع به هر مقاله» یا (h-index) است. مطابق جدول ۲ جایگاه کشور در شاخص مذکور در مقیاس جهانی از میان ۳۰ کشور برتر جهان رتبه ۱۵ بوده است. (ستاد توسعه فناوری نانو، ۱۳۹۸: ۲۲)

جدول ۲: مقدار و رتبه شاخص h-index مقالات نانوی منتشر شده در ۵ سال منتهی به ۲۰۱۸

رتبه	کشور	h-index 2014-2018	رتبه	کشور	h-index 2014-2018
۱	امریکا	۲۹۲	۹	عربستان سعودی	۱۳۷
۲	چین	۲۹۱	۱۰	کانادا	۱۲۶
۳	سنگاپور	۱۷۱	۱۱	سوئیس	۱۲۲
۴	آلمان	۱۷۰	۱۲	اسپانیا	۱۱۷
۵	کره جنوبی	۱۶۱	۱۳	فرانسه	۱۱۲
۶	انگلستان	۱۵۹	۱۴	هند	۱۱۱
۷	استرالیا	۱۵۱	۱۵	ایران	۱۰۸
۸	ژاپن	۱۴۹	(ستاد توسعه فناوری نانو، ۱۳۹۸: ۲۲)		

۴-۴- گسترش فعالیت مؤسسات آموزش عالی در حوزه نانو

تا سال تحصیلی ۹۷-۱۳۹۶ حدود ۳۵ هزار پژوهشگر در بیش از ۱۵۰ مؤسسه آموزش عالی در حوزه فناوری نانو در اجرای برنامه‌های آموزشی، پژوهشی و فناوریانه متفاوت مشارکت داشته‌اند. در ۲۳ دانشگاه کشور رشته‌های مرتبط با فناوری نانو در مقطع دکتری تخصصی و در

نقش و جایگاه بین‌المللی شدن در آینده توسعه فناوری نانو در ایران ۳۷/

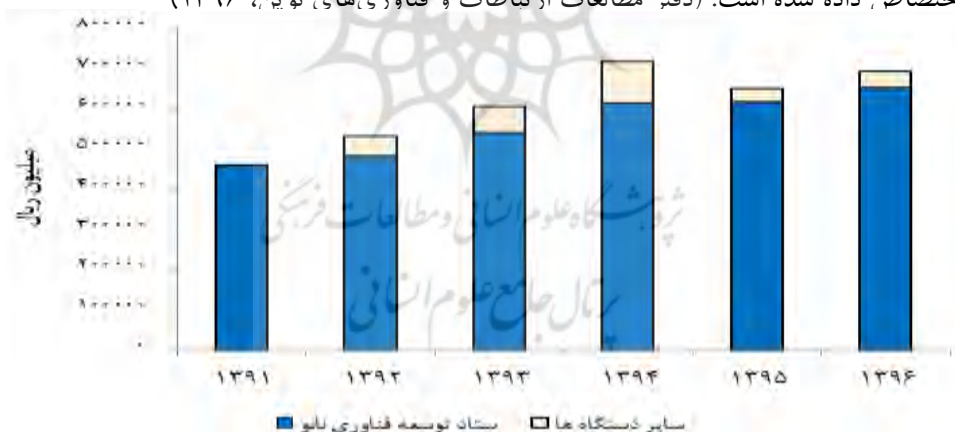
۶۶ دانشگاه در مقطع کارشناسی ارشد تعریف و اجرا شده است. (ستاد توسعه فناوری نانو، ۱۳۹۸: ۲۰)

۴-۵- ثبت حق اختراع در پایگاه داده‌های بین‌المللی

از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ تعداد ۳۱۰ پتنت در حوزه نانوفناوری به دست محققان ایرانی در پایگاه داده‌های بین‌المللی ثبت شده است. از مجموع پتنت‌های گفته‌شده تعداد ۲۲ پتنت با همکاری پژوهشگران و فناوران سایر کشورها ثبت شده است که از این میان آمریکا با ۷ پتنت، کانادا با ۴ پتنت و هلند با ۳ پتنت به ترتیب جایگاه اول تا سوم را در ثبت اختراع با همکاری محققان و دانشمندان ایرانی به خود اختصاص داده‌اند. (ستاد توسعه نانو، ۱۳۹۹)

۴-۶- حمایت‌های دولت از توسعه پژوهش و فناوری در حوزه نانو

از بدو تأسیس ستاد فناوری نانو تا کنون با توجه به اعتبار تخصیص‌یافته به این ستاد، شاهد روند افزایش حمایت و پشتیبانی از برنامه‌های این ستاد و نیز سایر دستگاه‌های اجرایی برای توسعه فناوری نانو در کشور بوده‌ایم. مطابق نموداری که در ادامه آمده است از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ به طور متوسط هر سال بیش از ۵۰۰ میلیارد ریال بودجه به توسعه فناوری نانو اختصاص داده شده است. (دفتر مطالعات ارتباطات و فناوری‌های نوین، ۱۳۹۶)



شکل ۶: بودجه توسعه نانو فناوری به تفکیک ستاد نانو و سایر دستگاه‌ها (دفتر مطالعات ارتباطات و...، ۱۳۹۶)

درحالی‌که بودجه اختصاص‌یافته به ستاد توسعه فناوری نانو در سال ۱۳۹۷ مبلغ ۷۳ میلیارد تومان بوده است، در سال ۱۳۹۸ بودجه این ستاد به حدود ۵۰ میلیارد تومان کاهش یافته است. (ستاد نانو، ۱۳۹۸، b) در مجموع می‌توان گفت طی حدود ۱۰ سال گذشته سالانه حدود

- ۵۰ میلیارد تومان برای توسعه این فناوری سرمایه‌گذاری شده است و در مجموع تا کنون دولت بیش از ۵۰۰ میلیارد تومان بودجه به توسعه نانو اختصاص داده است.
- مهم‌ترین مصارف بودجه‌های تخصیص داده شده به ستاد نانو عبارتند از (ستاد نانو، ۱۳۹۸):

 ۱. حمایت‌های پژوهشی از نویسندگان مقالات منتشرشده برحسب رتبه مجله در سطح بین‌المللی و ملی از مبلغ ۵۰۰ هزار تومان تا مبلغ ۴۰ میلیون تومان.
 ۲. حمایت از پایان‌نامه‌های صنعتی - کاربردی تا سقف حداکثر ۱۰ میلیون تومان.
 ۳. حمایت از ثبت اختراع داخلی و خارجی تا سقف حدود ۵ میلیون تومان.
 ۳. حمایت از مراکز رشد و شرکت‌های مستقر در آن.
 ۴. حمایت از برنامه‌های ترویجی و آموزشی.

۵- بحث و بررسی

مطابق سند راهبرد ده‌ساله توسعه فناوری نانو «تصویر بزرگ» (Big picture) سیاست‌گذاران در توسعه این فناوری ترسیم و طراحی شده است. مهم‌ترین نکات این تصویر عبارت است از: بهبود سطح، کیفیت و امنیت زندگی مردم در افق ده‌ساله، داشتن سهم برتر منابع انسانی متخصص، تعاملات داخلی و بین‌المللی مؤثر و سازنده، تولید ارزش افزوده اقتصادی حاصل از فناوری نانو و دستیابی توان رقابت در سطح جهان و قرار گرفتن در میان پانزده کشور برتر فناوری نانو.

با توجه به بررسی انجام‌شده تحقق این تصویر بزرگ با چند عدم قطعیت مواجه شده است که مطابق رویکردهای آینده‌پژوهی هر کدام از این عدم قطعیت‌ها به سناریوها و آینده‌های متفاوتی در مسیر توسعه فناوری نانو در ایران می‌انجامد. این عدم قطعیت‌ها عبارتند از:

۵-۱- اراده سیاسی حاکم بر مسیر توسعه فناوری نانو

همچنان‌که بررسی شد نقش اراده نظام حکمرانی علم و فناوری کشور در ایجاد و گسترش نانو فناوری در ایران یکی از پیشران‌های اصلی این فناوری بوده است. عدم قطعیت پیش رو آن است که با کم‌رنگ شدن این اراده سیاسی شاهد تحول در چگونگی پیشرفت این فناوری در کشور خواهیم بود؛ به عبارت روشن‌تر در صورت کاهش یا توقف حمایت‌ها و توجه دولت می‌توان شاهد کاهش یا توقف دستاوردها و نتایج حاصل‌شده در این حوزه بود.

دلیل شکل‌گیری این عدم قطعیت نقش تصدی‌گری (custodian) و تولی‌گری (demiurage) دولت در توسعه فناوری نانو بوده است که شامل سیاست‌گذاری، تعیین اولویت‌های اجرایی و ارزیابی می‌شود. این در حالی است که مطابق نظریات نو نهادگرا دولت باید نقش

نقش و جایگاه بین‌المللی شدن در آینده توسعه فناوری نانو در ایران ۳۹/

پرورش‌گری (husbandry)، هدایت و راهبری داشته باشد؛ به شکلی که فضای گلخانه‌ای ایجاد کند تا زمینه توسعه فناوری ایجاد شود و سپس دستاوردهای به‌دست‌آمده را در مسیر خارج از فضای گلخانه و در رقابت با سایر رقبا قرار دهد تا امکان رشد و بقای بلندمدت را به دست آورد. (ایوانز، ۱۳۹۸: ۴۷) اما در حوزه توسعه فناوری نانو همچنان شاهد آن هستیم دولت سکان‌دار اصلی است.

۵-۲- نبود منابع مالی پایدار برای توسعه فناوری نانو

این عدم قطعیت ناظر بر وابستگی حیاتی توسعه نانو به منابع مالی دولتی است؛ به شکلی که با قطع شدن حمایت‌های مالی دولت موضوع کاهش رشد علم و فناوری در این حوزه مطرح می‌شود. برای مثال دبیر ستاد نانو در رویارویی با تصمیم دولت برای کاهش اعتبار این ستاد در سال ۱۳۹۷ اعلام کرد: «زنگ خطر پسرفت فناوری نانو با کاهش بودجه؛ منتظر سقوط نانو باشید» و در سال ۱۳۹۸ نیز در نقد سیاست دولت برای کاهش اعتبار این ستاد بیان کرد: «فناوری نانو در بودجه ترور شد». (نگاه کنید به: سرکار، ۱۳۹۷ و سرکار، ۱۳۹۸) نوع تحول به‌وجودآمده در کاهش بودجه نانو فناوری به روند (Trend) تبدیل شده و دلیل آن هم این است که در رسانه‌ها بازگو و مطرح شده است. از این رو نمی‌توان گفت یک نشانک ضعیف (weak signal) تغییر بوده و تنها افراد خاصی به شکل شهودی از آن مطلعند. براین اساس، این روند می‌تواند به شکل افزایشی به آینده نانو فناوری در ایران شکل دهد. مشارکت بخش خصوصی در توسعه نانو، جذب سرمایه‌گذاری خارجی در پیشبرد نانو و یا سقوط نانو بر اثر از میان رفتن دوپینگ‌های مبتنی بر بودجه‌های دولتی از جمله آینده‌های بدیل در سایه این عدم قطعیت است.

۵-۳- شکننده بودن عوامل هویت‌بخش نانو در فضای ملی و بین‌المللی

یکی از عدم قطعیت‌های اصلی پیش روی توسعه فناوری نانو تأکید بر شاخص‌های شکننده (Fragil) است؛ به عبارت روشن‌تر معیارهای در نظر گرفته‌شده برای سنجش و ارزیابی پیشرفت نانو در ایران در عمل، محدود به انتشار مقالات علمی شده است. این معیار به عامل اصلی هویت‌بخشی در بیان میزان توسعه و پیشرفت این فناوری در کشور تبدیل شده است. این عامل هویت‌بخش درون‌زا و مبتنی بر تعالی و پیشرفت‌های داخلی نبوده، بلکه به شدت برون‌زا و مبتنی بر شأن و مرتبه‌ای است که دیگران به فعالیت‌های ما نسبت می‌دهند. به عبارت روشن‌تر اجتماع علمی ایران، مقالاتی را در عرصه بین‌المللی منتشر می‌کند و عده‌ای در گوشه‌ای از دنیا آن را بررسی کرده و به ما امتیاز می‌دهند و ما براساس امتیازی که آنها می‌دهند شعار، تبلیغات و هویت‌بخشی توسعه فناوری نانو در ایران را مبتنی ساخته‌ایم.

منظور از انتقاد صورت گرفته آن نیست که نباید مقالات علمی در مجلات معتبر بین‌المللی منتشر شوند، بلکه بالعکس مفروض نویسندگان این مقاله آن است که علم و دانش دانشمندان کشور باید در عرصه بین‌المللی به اشتراک گذاشته شود تا بتواند توسعه یابد، اما مقصود نقد تولی‌گری و تصدی‌گری نانو به دست دولت و محدود ساختن هویت، شهرت و اعتبار آن به انتشار مقالات است. همچنان‌که اشاره شد ستاد نانو به نمایندگی از دولت تبدیل به متصدی و متولی اصلی این حوزه شده و اعتبار بسیاری را نیز در این خصوص از حیث مادی و معنوی هزینه کرده است که ضمانت اجرای قابل اطمینانی برای بازگشت سرمایه‌گذاری انجام شده و دستیابی به تصویر بزرگ اعلام‌شده به وجود نیامده است.

عدم قطعیت هویت‌بخشی توسعه نانو بر پایه محدود ساختن آن به انتشار مقاله و صرف نظر از سایر شاخص‌های بیان‌شده در سند راهبردی این حوزه آنجا است که چنانچه بنگاه‌های رتبه‌بندی حاضر به امتیازدهی به ما نشوند، یا اینکه پایگاه‌داده‌های علمی بین‌المللی حاضر نشوند بنا بر تحریم‌های متنوع و متعدد مقالات دانشمندان ایرانی را در مجلات خود منتشر کنند (نگاه کنید به یزدانی و دیگران، ۱۳۹۹: ۲۳ و نیز Adam, 2019)، یا به دلیل کاهش حمایت‌های مالی دولت آهنگ توسعه انتشار مقاله کاهش یابد و رقبای دیگر جایگاه ایران را در انتشار مقالات به دست آورند، آنگاه هویتی که برای توسعه نانو ایجاد کرده‌ایم دچار خدشه می‌شود یا اینکه در آینده کوتاه‌مدت چنانچه اجماع نظر جهانی شکل بگیرد که نتیجه کار نهادهای رتبه‌بندی علم، فناوری و دانشگاه‌ها گمراه ساختن آنها از مأموریت‌های اصلی بوده است (نگاه کنید به: Hazelkorn, 2013: 91) آنگاه نتیجه حدود پانزده سال یا شاید بیشتر سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی در این حوزه چه خواهد بود؟ در صورت از میان رفتن نقش و اهمیت نهادهای رتبه‌بندی دیگر چگونه می‌توانیم سنجیده شویم و بگوییم توسعه یافته‌ایم؟

حتی با فرض پذیرش نقش رتبه‌بندی‌ها در سنجش توسعه علمی کشور می‌توان گفت انتشار مقالات کشور در حوزه نانو باعث ارتقای جایگاه دانشگاه‌های کشور در نظام‌های رتبه‌بندی بین‌المللی دانشگاه‌ها نشده است. برای مثال در نظام رتبه‌بندی شانگهای در حوزه علوم و فنون نانو طی چند سال اخیر مرتبه دانشگاه‌های ایران همچنان میان ۳۰۰ تا ۴۰۰ دانشگاه برتر جهان قرار گرفته و رشدی را تجربه نکرده است. این درحالی است که عربستان سعودی به‌رغم اینکه دیرتر از ایران به حوزه نانو ورود کرده، اما موفق به احراز رتبه‌های بهتری در این رده‌بندی شده است. دانشگاه ملک‌عبدالله جایگاه ۳۸، دانشگاه ملک‌عبدالعزیز جایگاه ۴۹ و دانشگاه ملک‌سعود در جایگاه ۲۰۰ تا ۳۰۰ دانشگاه برتر جهان در حوزه فناوری و علوم نانو قرار گرفته‌اند. (ShanghaiRanking, 2019)

۶- آینده‌های پیش روی فناوری نانو در ایران

بررسی عدم قطعیت‌های گفته‌شده بیانگر نقش‌آفرینی همزمان سه نیروی پیشران در شکل‌دهی به آینده فناوری نانو در ایران است. این تأثیرگذاری در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۷: پیشران‌های شکل‌دهنده به آینده توسعه فناوری نانو در ایران

مطابق شکل ۷ در سه محور حکمرانی علم و فناوری، عوامل هویت‌بخش و اعتباربخش و چگونگی منابع مالی عدم قطعیت‌هایی به وجود آمده است که برهم‌کنش آنها به آینده‌های پیش روی فناوری نانو به شرحی که در ادامه آمده است شکل می‌دهد:

۶-۱- ادامه وضع موجود

مطابق این سناریو همچنان تأکید اصلی بر حمایت و پشتیبانی دولت از انتشار مقالات بین‌المللی و پرداخت هزینه‌های ثبت اختراع بین‌المللی مطابق رویه‌هایی است که تا کنون دنبال شده است. در این سناریو همچنان تصدی امور نانو در دست دولت است و نظام تصمیم‌گیری درخصوص هدایت، خط‌مشی‌گذاری و تعیین اولویت‌های اجرایی فناوری نانو به صورت متمرکز به دست دولت انجام می‌شود.

۶-۲- فروپاشی حمایت دولت از حوزه نانو

این سناریو در صورت تشدید محدودیت منابع مالی دولت، کاهش توجیه اقتصادی و اجتماعی دولت برای حمایت از نانو به عنوان یکی از اولویت‌های ملی علم و فناوری و خارج شدن موضوع نانو از چرخه حمایت دولت قابل طرح است. این موضوع همچنان‌که اشاره شد در تصویب لوایح بودجه ستاد توسعه نانو در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به شکل روند کاهش حمایت دولت تجلی پیدا کرده است.

۶-۳- بازگشت به نظم گذشته

در این سناریو هدف بازگشت به شرایطی است که در آن وضعیت شاهد توجه و اهتمام نظام حکمرانی علم و فناوری به توسعه نانو فناوری بودیم. تحقق این سناریو با توجه به نگاه حداقلی به وجود آمده در دوره تصدی‌گری دولت برای توسعه نانو و محدود ساختن آن به انتشار مقالات بین‌المللی و نیز وابستگی تمام آن به بودجه‌های دولتی و عدم تحقق آرمان‌ها و تصاویر بزرگ اشاره شده در سند راهبردی ممکن اما غیر معقول به نظر می‌رسد؛ به عبارت روشن‌تر ممکن است براساس برخی توافقات میان سیاستمداران دوباره شاهد اوج‌گیری حمایت دولت از توسعه نانو و به تبع آن گسترش انتشارات علمی ایران در قالب مقاله یا ثبت اختراع باشیم، اما این حمایت چنانچه به سیاق حمایت‌هایی باشد که تا کنون صورت گرفته است باعث می‌شود تمرکز بر این سناریو از حیث ارزش افزوده علمی، معنوی و مادی دستاوردی برای جامعه ایران به همراه نداشته باشد.

۶-۴- تحول بنیادین

مطابق این سناریو چند تحول اساسی به صورت همزمان معطوف به عدم قطعیت‌های گفته شده صورت می‌گیرد: نخست ساختار حکمرانی علم و فناوری نانو از شکل متمرکز و تصدی‌گری دولت خارج و به صورت غیرمتمرکز به نهادها و اجتماعات علمی ایران سپرده می‌شود تا چنانچه علاقه‌مندی، مزیت‌های نسبی و رقابتی جامعه علمی کشور معطوف به توسعه این علم و فناوری نو باشد با تکیه بر مشارکت دانشمندان، پژوهشگران، ظرفیت‌های بخش‌های علمی و فناورانه کشور و در تعامل با جامعه جهانی در مسیر توسعه این فناوری پیش برویم. در این سناریو دولت نقش راهبری، تسهیل‌گری و ارزیابی دارد. در این سناریو اجتماعات علمی به دنبال دسترسی به منابع مالی جایگزین برای تأمین نیازمندی‌های آموزشی، پژوهشی، فناورانه و نوآورانه در حوزه نانو فناوری خواهند بود. انتشار دانش و علم ایران در قالب مقاله در مجلات بین‌المللی بخشی از شهرت و هویت بخشی فناوری نانو در ایران خواهد بود، اما محدود به این شاخص نخواهد شد. به عبارت روشن‌تر درآمدزایی، اشتغال‌زایی، تعریف برنامه‌های مشترک پژوهشی و آموزشی میان مؤسسات علمی و فناورانه کشور با مؤسسات برتر جهان در حوزه نانو، تعریف دوره‌های آموزشی با صدور مدرک مشترک میان دانشگاه‌های ایران و همتایان غیرایرانی آنها، تبادل استاد و دانشجو میان دانشگاه‌های کشور و دانشگاه‌های معتبر جهان در حوزه نانو، تولید محصولات و خدمات مبتنی بر دانش و فناوری نانو در فضای ملی و بین‌المللی از جمله ویژگی‌های این سناریو است.

۷- جمع‌بندی

علم ذات و ماهیت بین‌المللی دارد و گزاره‌ها، داده‌ها و دستاوردهایی که در ساحت علم انتشار می‌یابند زمانی روایی و پایایی پیدا خواهند کرد که قابلیت جهان‌شمولی پیدا کرده باشند. براساس این مفروض کلیدی می‌توان گفت اجتماعات علمی کشور زمانی می‌توانند توسعه علمی مؤثری را تعیین کنند که بتوانند آنها را در معرض دید جامعه علمی جهانی قرار داده و به اشتراک بگذارند تا در صورت تأیید آنها آهنگ توسعه علمی همچنان روندی رو به رشد را تجربه کند. اما محدود ساختن توسعه دانش و فناوری نانو در کشور به انتشار مقاله همچنان‌که اشاره شد نمی‌تواند در بلندمدت عاملی برای دستیابی به شهرت، اعتبار و هویت علم و فناوری کشور باشد. گسترش مراودات جامعه علمی ایران با جامعه علمی جهان نقش مهمی در پیشبرد این دانش در کشور خواهد داشت.

از این رو بین‌المللی‌شدن دانش و فناوری نانو باید با اجماع نظر، همکاری و تعامل کنشگران متفاوتی که در این عرصه نقش‌آفرین هستند، صورت گیرد. دولت یکی از این کنشگران است که نقش مهمی در راهبری و تسهیل‌گری می‌تواند ایفا کند، اما چنانچه دولت بخواهد به جای دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها، صنایع، بخش خصوصی و افراد حقیقی تصمیم‌گیری کند، نه تنها امکان‌پذیر و سودمند نیست، بلکه می‌تواند باعث اتلاف منابع ملی شود. از این رو بین‌المللی‌سازی دستاوردهای علمی و فناورانه در حوزه نانو و در نتیجه احراز نفوذ و جایگاه شایسته در عرصه تعاملات بین‌المللی در سه سطح قابل صورت‌بندی است:

≠ سطح دولت (کلان)،

≠ سطح دانشگاه، پژوهشگاه، صنعت و خدمات (میانی)

≠ سطح فرد شامل: استاد، پژوهشگر، دانشجو، دانش‌آموخته و کارفرما (خرد).

در سطح کلان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو توانسته هم در سطح ملی شبکه‌ای متشکل از فعالان حوزه نانو تشکیل دهد و در سطح بین‌المللی در فرایند شبکه‌سازی برنامه‌هایی را طراحی و اقداماتی را انجام دهد. برون‌سپاری توسعه نانو به دانشگاه‌ها و سایر مؤسسات علمی و فناوری، گسترش تعاملات بین‌المللی و عادی‌سازی روابط میان مؤسسات علمی و فناوری کشور و مؤسسات همتای آنها در کشورهای قدرتمند در حوزه علوم و فنون نانو در این سطح باید دنبال شود. پایش و دیده‌بانی وضعیت توسعه فناوری نانو در طیفی از شاخص‌های معتبر جهانی و تعیین شکاف میان وضعیت موجود و وضعیت مطلوب کشور و چگونگی فائق آمدن بر این شکاف‌ها از جمله کارویژه‌های ستاد نانو به نمایندگی از نظام حکمرانی علم و فناوری در سطح کلان است.

در سطح میانی یعنی دانشگاه‌ها، مؤسسات علمی و فناورانه باید خاطرنشان ساخت ارائه مقالات نمایه‌شده در پایگاه‌های معتبر بین‌المللی و ارجاعات دریافت‌شده معیاری است که بسیاری از مؤسسات آموزش عالی به عنوان نماد فعالیت‌های علمی خود بر آن متمرکز شده‌اند. علی‌رغم وضعیت مناسب دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی کشور در انتشار مقالات نمایه‌شده در پایگاه داده‌های علمی بین‌المللی همچنانکه استدلال شد، این معیار نمی‌تواند نشانی از گستره نفوذ و تخصص بین‌المللی و تحقق تصویر بزرگ آینده فناوری نانو باشد. از این رو اجرای برنامه‌های آموزشی بین‌المللی؛ تبادل استاد، پژوهشگر و دانشجو؛ انجام طرح‌های مشترک پژوهشی و فناورانه با هم‌تایان بین‌المللی و در نتیجه انتقال دانش و فناوری به داخل کشور از شاخص‌هایی است که نیازمند مشارکت نهادهای علمی کشور است.

در سطح فرد استادان، پژوهشگران، دانشجویان، دانش‌آموختگان و کافرمایان باید در شبکه‌های همکاری‌های ملی و بین‌المللی مشارکت کنند تا از طریق این همکاری‌ها نیازمندی‌ها و آینده‌نگری‌های آموزشی، پژوهشی، فناورانه و نوآورانه شکل بگیرد. براساس این نیازمندی‌ها پژوهشگران و دانشمندان حوزه نانو برنامه‌های پژوهشی بلندمدت برای دستیابی به اهداف علمی طراحی خواهند کرد که با مشارکت بخش خصوصی یا سایر حامیان مالی در داخل و خارج از کشور موفق شده‌اند منابع مالی پایدار برای برنامه خود تأمین کنند، دانشجویان با توجه به نیاز بازار کار و کارفرمایان مسیر حرفه‌ای (Career pathway) خود را تعیین می‌کنند و به پیش می‌برند، کارفرمایان اطمینان حاصل می‌کنند که با توجه به بکارگیری دانش و فناوری‌های حاصل از فعالیت‌های مؤسسات علمی کشور در حوزه نانو می‌توانند مزیت رقابتی خدمات و محصولات خود را ارتقا بخشند و در نتیجه سهم مناسبی در بازارهای ملی و جهانی به دست آورند.

تعامل و برهمکنش مذکور میان کنشگران در سطح تحلیل کلان، میانی و خرد امکان تولید ثروت و قدرت در فضای ملی را به دست خواهد داد و حاصل آن دستیابی به آینده مطلوب توسعه فناوری نانو و تصویر بزرگی است که پانزده سال گذشته در میان سیاست‌گذاران متصور شده است، به شکلی که توسعه فناوری نانو در مسیر ایجاد ارزش افزوده ملی و در نتیجه بهبود سطح زندگی افراد جامعه قرار خواهد گرفت.

کتابنامه

۱. آقاجانی، حمیده. سر تعظیم دنیا مقابل پیشرفت ایران در فناوری نانو / بازار صادرات محصولات نانویی در دوران تحریم توسعه یافت. انتشار یافته در تاریخ ۱۳۹۸/۵/۸. قابل دسترس در: <https://snn.ir/003HEG>
۲. ایوانز، پیترو. توسعه یا چپاول: نقش دولت در تحول صنعتی. ترجمه عباس زندباف و عباس مخبر. تهران: طرح نو. ۱۳۹۸. دفتر مطالعات ارتباطات و فناوری های نوین. بررسی لایحه بودجه سال ۱۳۹۶ کل کشور: بخش فناوری نانو. معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. در لایحه بودجه ۹۶. منتشر شده در ۱۳۹۶/۱۰/۵. بازیابی شده در تاریخ ۱۳۹۹/۵/۲۶. قابل دسترس در: <https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1003663>
۳. خوارزمی، شهیندخت. تکنولوژی‌های نوین و سرنوشت بشر. فصلنامه نگاه نو، پیاپی ۱۲۴ (زمستان ۱۳۹۸): ۱۲.
۴. الزامی، محمدرضا. بررسی وضعیت فناوری نانو در ایران (گزارش دوم). مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. شماره مسلسل ۷۵۲۸. مورخ آبان ماه ۱۳۸۴. قابل دسترس در: <https://rc.majlis.ir/fa/report/download/731131>
۵. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. «گزارش عملکرد سند گسترش کاربرد فناوری نانو در سال ۱۳۹۷». تهران: ستاد نانو. ۱۳۹۸. قابل دسترس در: <https://news.nano.ir/wp-content/uploads/nanonews-20190814-135207.pdf>
۶. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. برنامه حمایت‌های تشویقی. بازیابی شده در تاریخ ۱۳۹۸/۱۲/۲۰. قابل دسترس در: <https://nano.ir>
۷. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. «معرفی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو». بازیابی شده در تاریخ ۱۳۹۷/۱۰/۲۰. قابل دسترس در: <https://nano.ir>
۸. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. گزارش ستاد توسعه فناوری نانو در پاسخ به نامه مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور به شماره ۶۱/ص مورخ ۱۳۹۹/۲/۲.
۹. سرکار، سعید. «زنگ خطر پسرقت فناوری نانو با کاهش بودجه: منتظر سقوط نانو باشید». خبرگزاری مهر. ۱۳۹۷/۱۱/۲. قابل دسترس در: mehrnews.com/xNrtK
۱۰. سرکار، سعید. «فناوری نانو در بودجه ترور شد». خبرگزاری مهر. ۱۳۹۸/۹/۲۴. قابل دسترس در: mehrnews.com/xQMSX
۱۱. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. راهبرد آینده: سند راهبرد ده ساله آینده فناوری نانو در جمهوری اسلامی ایران. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. ۱۳۸۴. قابل دسترس در: <https://nano.ir/section/1/108>

۱۲. فاطمی، سید مهدی، آراستی، محمدرضا. اولویت‌گذاری حوزه‌های علم، فناوری و نوآوری. سیاست علم و فناوری؛ ۱۱(۲) ۱۳۳-۱۱۹-۱۳۹۸. یزدانی، شهرام و دیگران. رشد علمی ایران در دو دهه اخیر (به نام ما، به کام دیگران). تهران: مرکز تحقیقات راهبردی آموزش پزشکی. ۱۳۹۹. قابل دسترس در: nasrme.ac.ir/download/4351

References

1. Adam, David. Science Under Maximum Pressure in Iran. The Scientist. Sep 13, 2019. Available at: <https://www.the-scientist.com/news-opinion/science-under-maximum-pressure-in-iran-66425>
2. Aghajani, Hamideh. The world bowed to Iran's progress in nanotechnology /the market for the export of nano products developed during the sanction. Published in:2019. Available at: <https://snn.ir/003HEG>(in Persian)
3. Alzami, Mohammad Reza Investigation of nanotechnology in Iran (second report). Islamic Consultative Assembly Research Center. Serial number 7528. Dated November 2005. Available at: <https://rc.majlis.ir/fa/report/download/731131>(in Persian)
4. Development of nanotechnology. Future strategy: The strategy document for the next ten years of nanotechnology in the Islamic Republic of Iran. Iran Nanotechnology innovation Council. 2005. Available at: <https://nano.ir/section/1/108>(in Persian)
5. Evans, Peter. Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation. Princeton University Press, 1995. Translated by Abbas Zandbaf and Abbas Mokhber. Tarh-e-No. 2019.(in Persian)
6. Fatemi, M., Arasti, M. Priority-Setting in Science, Technology and Innovation. *Journal of Science and Technology Policy*, 2019; 11(2): 119-133. (in Persian)
7. Fergnani, Alessandro & Jackson, Mike. Extracting scenario archetypes: A quantitative text analysis of documents about the future. *Futures & Foresight Science*. Volume1, Issue2, June 2019.
8. Fergnani, Alessandro & Jackson, Mike. Extracting scenario archetypes: A quantitative text analysis of documents about the future. *Futures and foresight Science*. Volume1, Issue2. June 2019. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ffo2.17>
9. Global Trends in Trade of Knowledge- and Technology-Intensive Products and Services. <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/report/sections/industry-technology-and-the-global-marketplace/global-trends-in-trade-of-knowledge--and-technology-intensive-products-and-services>
10. Hazelkorn, Ellen. World-class Universities or World-class Systems: Rankings and Higher Education Policy Choices. 2013. in E. Hazelkorn; P. Wells

and M. Marope (Eds.), *Rankings and Accountability in Higher Education: Uses and Misuses*, UNESCO, Paris, Forthcoming.

11. Iran Nanotechnology innovation Council. Report of the Nanotechnology innovation Council in response to the letter of the National Research Institute for Science policy. 2020. (in Persian)

12. Iran Nanotechnology innovation Council^a. Performance report on nanotechnology application expansion. 2020. Available at: <https://news.nano.ir/wp-content/uploads/nanonews-20190814-135207.pdf> (in Persian)

13. Iran Nanotechnology innovation Council^b. Incentive Support Program. 2020. Available at: <https://nano.ir> (in Persian)

14. Kharazmi, Shahindokht. New technologies and human destiny. *Negah-e-No Quarterly*, 124 consecutive (Winter 2009), p. 12. (in Persian)

15. Kulkarni, Swamini. *Health Europa Quarterly*, issue 7, November 2018. Available at:

<https://www.healtheuropa.eu/nanobots-in-medicine-nanomedicine/88829/>

16. Office of Communication Studies and New Technologies. Review of the budget bill for the whole country in 2017: Nanotechnology Department. Deputy of Infrastructure Research and Production Affairs of the Research Center of the Islamic Consultative Assembly. In the budget bill 96. published in 2017. Available at: <https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1003663> (in Persian)

17. Popkova, Elena G., Sergi, Bruno S; *The 21st Century from the Positions of Modern Science: Intellectual, Digital and Innovative Aspects*. Springer Nature, 2019.

18. Research and Markets. 2018. *Global Nanotechnology Market 2018-2024: Market is Expected to Exceed US\$ 125 Billion*. Available at:

<https://www.researchandmarkets.com/research/zc7qgf/global?w=5>

19. Roco M.C. NBIC. In: Bainbridge W., Roco M. (eds) *Handbook of Science and Technology Convergence*. Springer, Cham. 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07052-0_16

20. Sarkar, Saeed. "Nanotechnology recession alarm with budget cuts: wait for the nanotechnology to fall." Mehr news agency. 2018. Available at: mehrnews.com/xNrtK (in Persian)

21. Sarkar, Saeed. "Nanotechnology was assassinated in the budget". Mehr news agency. 2019. Available at (in Persian): mehrnews.com/xQMSX

22. Shanghai Ranking. *Global Ranking of Academic Subjects 2019 Nanoscience & Nanotechnology*. 2019. Available at:

<http://www.shanghairanking.com/Shanghairanking-SubjectRankings/nanoscience-nanotechnology.html>

23. Statista. 2020. *Market value of nanotechnology worldwide from 2010 to 2020*. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1073886/global-market-value-nanotechnology/>

24. Teichler, Ulrich. Internationalisation of Higher Education: European Experiences. Asia Pacific Education Review, vol. 10, no. 1, pp. 93-106, 2009.
25. UNCTAD. Technology and Innovation Report of 2015 - Fostering Innovation Policies for Industrial Development. Technology and Innovation Report of 2015 - Fostering Innovation Policies for Industrial Development (UNCTAD/TIR/2015). Available at: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tir2015_en.pdf
26. Yazdani, Shahram and others. Iran's scientific growth in the last two decades (In our name to the taste of others). Tehran: National center for strategic Research in medical education. 2020. Available at: nasrme.ac.ir/download/4351 (in Persian)

