

طراحی الگوی خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری نانو بر پایه حمایت از شرکت‌های نوپا و موانع و مشکلات پیش رو در ایران

شهریار کاظمی آذر^۱

چکیده

یکی از چالش‌های اصلی نوآوران در فرایند توسعه فناوری نانو چگونگی تبدیل این فناوری به محصولات و خدماتی است که برای مؤسسان و سرمایه‌گذاران بازده مثبت اقتصادی داشته باشد. به عبارت دیگر، مسئله اصلی در این فرایند اختراع کردن نیست، بلکه تجاری‌سازی اختراعات است. از این رو، انتخاب راهبرد تجاری‌سازی درون فرایند نوآوری و تجاری‌سازی قرار دارد و انتخاب مسیری است که سازمان از طریق آن بتواند از یک نوآوری و محصول حاصل از آن درآمد و سود کسب کند. ایران، با وجود پیشرفت‌های علمی اخیر در حوزه فناوری نانو، در ثبت اختراعات و متعاقباً تجاری‌سازی محصولات نانو با موانعی روبه‌رو بوده است. پرواضح است که شناسایی عوامل مؤثر در این انتخاب سهم بسزایی در موفقیت تجاری‌سازی فناوری نانو خواهد داشت. در این نوشتار، بر اساس الگوی خطرپذیری تجاری‌سازی فناوری نانو، الگویی پیشنهاد شده که بر مبنای حمایت از شرکت‌های تازه‌تأسیس و نوپا از طریق تأمین مالی آن‌ها، کمک به تحقیق و توسعه، بازاریابی و فروش محصولات تجاری و حمایت دولتی از سرمایه‌گذاری خطرپذیر قرار دارد. با این حال، توسعه‌نیافتن فضای محصولی، نبود سرمایه‌گذاری کافی، نبود تعامل لازم میان سازمان‌های مرتبط و فقدان قوانین خاص حقوقی به چالشی در بهره‌مندی از مزایای تجاری فناوری نانو در ایران تبدیل شده است.

واژگان کلیدی: فناوری نانو، ایران، تجاری‌سازی، خط‌مشی‌گذاری، شرکت‌های نوپا، موانع و مشکلات.

مقدمه

نشود، از نظر اقتصادی بیهوده تلقی می‌شود و ارزش افزوده‌ای برای جامعه تولید نمی‌کند.

از دید دولت‌ها، دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی منابع مهم دارایی‌های فکری و تولید فناوری‌های جدید، مانند نانوفناوری و زیست‌فناوری، و منابع درآمد و اشتغال و عامل تأثیرگذار در توسعه اقتصادی به‌شمار می‌روند (Klofsten and Evans, 2000, p. 301). فرایندها و الگوهای تجاری‌سازی محصولات و

امروزه اهمیت پژوهش‌ها بر مبنای خلق و تولید فناوری است و فناوری نیز به اعتبار درآمدزایی و سود اقتصادی حاصل از آن اهمیت می‌یابد. در جهان کنونی، پژوهش‌ها ویژگی فرهنگی را، به معنای مرسوم کلمه، از دست داده و به عاملی اقتصادی و تجاری تبدیل شده‌اند (رادفر و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۳۳). دانشی که در نتیجه پژوهش‌ها در مراکز دانشگاهی تولید می‌شود، چنانچه جنبه کاربردی نیابد و به محصول یا خدمت یا فناوری تبدیل

رتبه نخست جهان را کسب کرده بود (Statnano, 2018). این آمار به خوبی نشان می‌دهد که در ایران تحقیق و توسعه در این حوزه در اولویت قرار دارد. با اقدامات صورت گرفته در ایران، تا آوریل ۲۰۱۹ (اسفند ۱۳۹۷)، تعداد ۲۷۶ محصول در ۱۴۳ نوع به دست ۱۳۰ شرکت ایرانی تولید شده که در مقایسه با دیگر کشورها، از جمله کره جنوبی، ژاپن و کشورهای اروپای غربی، آمار خوبی در این زمینه است. حوزه پزشکی در زمره حوزه‌هایی است که ایران بیشترین تولید محصولات نانو را در آن دارد. ۱۰ اختراع ثبت شده در سال ۲۰۱۶/۱۳۹۵ و حدود ۲۷ تقاضانامه ثبت اختراع تا پایان این سال از جمله دستاوردهای علمی در این حوزه بوده است (ibid). با وجود این پیشرفت‌ها، توجه جدی به بهره‌گیری از فناوری نانو تأثیر بسزایی در توسعه پایدار ایران خواهد داشت.

۲. عوامل مؤثر در تجاری‌سازی یافته‌های پژوهشی

با وجود اهمیت تجاری‌سازی فناوری، شواهد متعددی از سرتاسر جهان نشان می‌دهد که هرچند شمار زیادی از پژوهش‌ها از نظر فنی کارآمد بوده‌اند، تعداد اندکی در زمینه تجاری‌سازی به موفقیت دست یافته‌اند. این امر نشان‌دهنده پیچیدگی تجاری‌سازی و وجود موانع گوناگون بر سر راه آن است (Hosseini and Esmaeeli, 2010, p. 449). به عبارت دیگر، فرایند تجاری‌سازی فناوری بسیار پرحظر، زمان‌بر و پرهزینه است. نتایج تحقیق استیونز و برلی نشان می‌دهد که تقریباً از هر ۳ هزار ایده خام تنها یک ایده با موفقیت در بازار تجاری‌سازی می‌شود (Stevens and Burley, 1997, p. 16). پیچیدگی و اهمیت این موضوع در خصوص فناوری‌های نوظهوری مانند فناوری نانو دوچندان است، زیرا این فناوری ویژگی‌های منحصر به فردی همچون سرعت فزاینده تولید دانش، کوتاه‌بودن چرخه عمر فناوری، اندک بودن فاصله زمان پژوهش تا عرضه محصول به بازار دارد. برای نمونه، با وجود آنکه تاکنون حدود پانصد کسب‌وکار در حوزه فناوری نانو در امریکا راه‌اندازی شده و توسعه یافته و نزدیک به پانصد محصول نانویی نیز تولید شده، به علت وجود موانع متعدد و پایین بودن نرخ تجاری‌سازی فناوری نانو، درصد بسیار اندکی از این محصولات تجاری شده‌اند (Ronald et al., 2007, p. 10). در ایران نیز یکی از ضعف‌های اصلی در توسعه فناوری نانو تجاری‌سازی این فناوری و عرضه آن در بازار است. با وجود سرمایه‌گذاری‌های مناسب در ایران و چاپ مقالات متعدد در مجلات بین‌المللی و ثبت برخی اختراعات، در عمل بخش بسیار ناچیزی از نتایج پژوهش‌ها در حوزه فناوری نانو به مرحله تجاری‌سازی رسیده است. با توجه به اهمیت موضوع، تجاری‌سازی فناوری نانو نیز، همچون سایر فناوری‌ها، گامی اساسی در مسیر توسعه پایدار آن به شمار می‌رود. بدون وجود راهبردی مشخص برای تجاری‌سازی فناوری نانو، توسعه آن در هیچ کشوری امکان‌پذیر نخواهد بود (Helweggen and Escoffier,

فناوری‌های نوین، از جمله فناوری نانو، غالباً در کشورهای پیشرفته به کار می‌رود و استفاده از آن‌ها در کشورهای کمتر توسعه یافته لزوماً به تجاری‌سازی فناوری نانو منجر نمی‌شود؛ زیرا در کشورهای در حال توسعه، موانع متعددی بر سر راه تعیین خط‌مشی تجاری‌سازی فناوری نانو قرار دارد که بسیاری از آن‌ها در کشورهای توسعه یافته وجود ندارد. الگوهای رایج در کشورهای توسعه یافته متناسب با شرایط محیطی آن‌هاست و بهره‌گیری از این الگوها، برای رفع موانع خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری نانو، در کشورهای در حال توسعه مؤثر نیست. برای خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری در کشورهایی نظیر ایران، باید الگوهای با زمینه‌های نهادی این کشورها و براساس شناخت الگوی خطرپذیری تجاری‌سازی طراحی و پیشنهاد شود؛ زیرا در اغلب این کشورها، به علت واردات بی‌رویه فناوری بخش خصوصی و عدم تأمین سرمایه برای خط‌مشی‌گذاری در حوزه تحقیق و توسعه، مسئولیت تأمین مالی را به عهده مؤسسات تحقیقاتی دولتی گذاشته‌اند.

در این نوشتار، پس از توصیف مختصر جایگاه جهانی ایران در فناوری نانو، مدل پیشنهادی تجاری‌سازی فناوری نانو بر پایه حمایت از شرکت‌های نانو بررسی می‌شود و به موانع و مشکلات پیش روی ایران در تجاری‌سازی این محصولات پرداخته می‌شود.

۱. سهم ایران از جهان نانو

ورود به موقع ایران به عرصه فناوری نانو تجربه‌ای موفق و پیشرفتی چشمگیر را در این حوزه داشته است. این موفقیت‌ها نتیجه سیاست‌گذاری، تدوین راهبرد ملی، توجه جدی به فناوری نانو در اسناد بالادستی و تلاش مستمر و نظام‌مند دانشمندان و پژوهشگران ایرانی در زمینه‌های گوناگون این فناوری بوده است. ایران، به ویژه پس از تدوین سند راهبرد ملی و در پرتو تلاش‌ها و برنامه‌های منسجم ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، به یکی از پیشگامان این فناوری در دنیا تبدیل شده است. سه هدف کلان که در عرصه فناوری نانو در ایران تعیین شده عبارت‌اند از:

۱. افزایش تأثیر فناوری نانو در بهبود کیفیت زندگی؛
۲. دستیابی کشور به جایگاه مناسب در علم و فناوری نانو در بین کشورهای جهان؛
۳. کسب سهم مناسبی از بازار جهانی فناوری نانو (ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۱۳۹۴).

ایران در سال‌های اخیر در حوزه فناوری نانو پیشرفت چشمگیری داشته است. هم‌اینک ایران به لحاظ تعداد مقالات چاپ شده در حوزه فناوری نانو در رتبه چهارم جهان قرار دارد، در حالی که در سال ۲۰۱۰ در رتبه هفتم قرار داشت. در سال ۲۰۱۶ نیز، به لحاظ تعداد مقالات منتشر شده در حوزه نانو، در مقایسه با دیگر حوزه‌ها،

جدول ۱: عوامل تأثیرگذار بر تجاری‌سازی یافته‌های پژوهشی

منبع	عامل
Lichtenthaler and Ernst, 2007	وضعیت رقابتی بازار، چرخه عمر محصول
Yang and Chang, 2009	درآمد حاصل از اعطای لیسانس، تعداد انتشارات و مقالات منتشرشده، تعداد پتنت‌ها و لیسانس‌ها، نوع دانشگاه، جهت‌گیری پژوهش، موقعیت پژوهشگران در دانشگاه (پرفسور)، تأخیر در افشا
Jankowski, 1999	حمایت دولت، صنعت، نهادهای دانشگاهی و دیگر نهادها از R&D دانشگاهی
Audretsch and Aldridge, 2009	ماهیت و نوع دانشگاه، مشخصات فردی پژوهشگران، منابع در دسترس پژوهشگر، میزان پاداش
Komkov and Bondareva, 2007	حمایت مالی، حمایت دولت، قوانین و مقررات، تعداد پتنت‌ها، پارک فناوری، تجربیات بین‌المللی و داخلی
Siegel, eugelers and Wright, 2007	فرهنگ سازمانی، حمایت مالی، حمایت دولت، تقاضا، قوانین و مقررات
Caerteling, Halman and Dore'e, 2008	اندازه سازمان، قدرت خرید، فناوری‌های رقابتی موجود، عوامل سیاسی، اقتصادی
Nerkar and Shane, 2007	پیشگامی در نوآوری، تعداد لیسانس‌ها، تجربه سازمان
Thorburn, 2000	مشخصات فردی محقق، مهارت پژوهشگر، سن و تجربه کاری پژوهشگر، شخصیت و انگیزه‌های پژوهشگر، پایه فناورانه سازمان، جهت‌گیری مدیریت، جهت‌گیری محصول، جهت‌گیری بازار، سرمایه مالی اولیه
Fabrizio and Minin, 2008	تعداد پتنت‌ها و انتشارات
Duke, 1995	آئین‌نامه‌ها و مقررات، ریسک سرمایه‌گذاری، زمان و تلاش صورت‌گرفته به قصد تجاری‌سازی
Chiu and Chang, 2009	فرهنگ، احساس پژوهشگر به محیط کاری‌اش، فاصله زمانی بین توسعه محصول جدید و کسب درآمد، ارزش‌گذاری عملکرد نوآوری، سابقه سازمانی، تعداد کارکنان، سرمایه، سازوکار حمایتی محصول
Rasmussen and Gulbrandsen, 2006	مراکز رشد، سرمایه، تعداد اسپین‌آف‌ها، سهم قانونی دانشگاه در اسپین‌آف‌ها، تعداد لیسانس‌ها
Sohn and Moon, 2003	تجربه و دانش سازمان، تجربه پژوهشگر، کاربردی بودن فناوری، بازاریابی، توانایی تجاری‌سازی، روش انتقال فناوری، پتانسیل بازار، هزینه و حمایت مالی، درجه رقابتی محصول، مقررات دولتی، سیاست خرید دولت، کاربردی بودن محصول، قیمت رقابتی، تأثیر محصول بر صادرات و جایگزینی واردات، اشتغال‌زایی، شرایط بازار
Kumar and Jain, 2003	وضعیت فناوری، پتانسیل بازار برای محصول نهایی، فلسفه کسب‌وکار شرکت، وضعیت مالی بنگاه صنعتی، تجربه کارآفرینی پژوهشگر، پیشینه آموزشی پژوهشگر، سیاست‌های صادرات و واردات، سیاست‌های مالیاتی، ظرفیت شرکت برای توسعه در آینده، موقعیت جغرافیایی شرکت، زیباگرایی محصول و بسته‌بندی، تثبیت موقعیت محصول و قیمت‌گذاری، بازاریابی

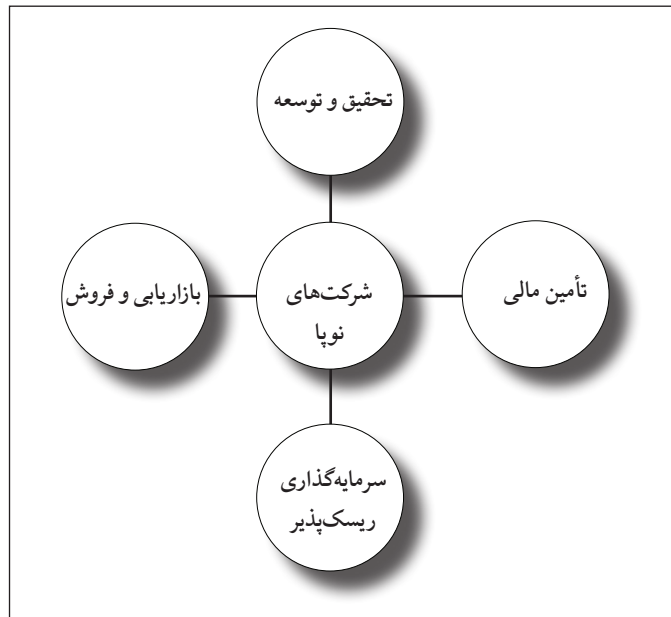
منبع	عامل
Svensson, 2007	زمان لازم برای تجاری‌شدن پتنت، احتمال تجاری‌شدن کلی پتنت، روش تجاری‌سازی، سرمایه‌گذاری در طی تجاری‌سازی، فعال یا غیرفعال بودن پژوهشگر در طی تجاری‌سازی
Chen, 2006	سرمایه، تعداد کارکنان، سرعت تجاری‌سازی (ابتکار، توسعه و جانداختن به موقع محصول در بازار)، حیطه بازار، منابع انسانی (میزان مهارت و استعداد ذاتی)، منابع ملموس (دارایی فیزیکی و مالی)، منابع غیرملموس (نام تجاری، مالکیت فکری)، قابلیت نوآوری محصول (شامل تولید ایده، طراحی و توسعه محصولات جدید)
Collier, 2008	حجم و نوع پژوهش انجام شده از سوی دانشگاه، سابقه دانشگاه و مرکز انتقال فناوری، ساختار مرکز انتقال فناوری، کارکنان دفتر انتقال فناوری، فرایندها و سیاست‌های دانشگاه در انتقال فناوری و تجاری‌سازی، مشوق‌های دانشگاه برای مشارکت پژوهشگر در انتقال فناوری و تجاری‌سازی، موقعیت دانشگاه، تعیین اینکه آیا دانشگاهی مشتاقانه به دنبال پژوهش است یا جهت‌گیری فنی یا مشخصه‌های دیگر دارد، دسترسی به سرمایه در مراحل اولیه، کارآفرینی و فرهنگ دانشگاه
Boaduand Reddy Metla, 2008	انگیزه حمایت از طرف دانشگاه، سیاست‌های دانشگاه
Udelland Hignite, 2007	سرمایه‌گذاری، برنامه‌ریزی مالی، راهبرد بازاریابی، موضوعات مربوط به قیمت‌گذاری و هزینه، سرعت تجاری‌سازی
Baldini, Grimaldi, and Sobrero, 2006	تعداد پتنت‌های کاربردی دانشگاه در هر سال، موقعیت دانشگاه
Siegel, Veugelers and Wright, 2007	هزینه پژوهش، افشای اختراع، سابقه دفتر انتقال فناوری، عوامل محیطی و سیاست‌های نهادی، توانایی علمی استادان دانشگاه، تعداد کارکنان دفتر انتقال فناوری، تأمین بودجه پژوهش از سوی دولت، حق امتیاز برای استادان دانشگاه، وجود فرهنگ کارآفرینی

علمی، فرایند خلق ثروت از طریق دانش در ایران ناقص مانده است، زیرا چارچوب نظری مستدل و بومی تجاری‌سازی فناوری و ایده وجود ندارد. این موضوع در میان سازمان‌ها و بنگاه‌های نانو فناوری، به علت بومی‌سازی و پیشرفت کشور در فناوری نانو و ارزش اقتصادی بالای این فناوری، از اهمیت مضاعفی برخوردار است. از سوی دیگر، باید توجه داشت که خط‌مشی‌گذاری فرایندی چندوجهی و پیچیده است. خط‌مشی‌گذاری برای تجاری‌سازی، در ساده‌ترین تعریف، عبارت است از کلیه اقدامات، برنامه‌ها و طرح‌هایی که در کشورهای جهان به منظور افزایش گرایش به تجاری‌سازی اجرا شده‌اند و شامل تدوین، اجرا و ارزیابی خط‌مشی‌ها می‌شود (آذر و همکاران، ۱۳۹۶، ص ۹۰). فناوری نانو، به‌علت گستردگی حوزه‌های کاربرد و تأثیرگذاری بر اغلب صنایع و ایجاد بستر بهره‌گیری از منابع انسانی توانمند، فناوری اولویت‌دار و راهبردی برای کشورها به‌شمار می‌رود؛ بنابراین، برنامه‌ریزی و فعالیت برای توسعه و تجاری‌سازی این فناوری باید در دستور کار مدیریت کلان خط‌مشی‌گذاری قرار گیرد. در

2012, p.32). با وجود جست‌وجوهای گسترده در پژوهش‌های دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی درباره موضوع تجاری‌سازی، پژوهش ویژه‌ای به‌دست نیامد که در آن کلیه عوامل اصلی تسهیل‌کننده و بازدارنده در فرایند تجاری‌سازی شناسایی شده باشد. اما در منابع مرتبط با این حوزه، نظیر انتقال فناوری و توسعه محصول جدید و بازاریابی فناوری، به عواملی کلیدی در تحقیقات گوناگون اشاره شده که برخی از آن‌ها در جدول ۱ فهرست شده است.

۳. ارائه الگوی خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری نانو بر مبنای حمایت از شرکت‌های نوپا

مهم‌ترین محور پیوند پیشرفت‌های علمی و دانشی با پیشرفت‌های اقتصادی، مفهوم تجاری‌سازی است. بنابر تعریف جولی، تجاری‌سازی فرایندی است که با آفرینش ایده آغاز می‌شود و تا تبدیل ایده به فناوری و تولید محصول و نهایتاً عرضه در بازار ادامه می‌یابد (Jolly, 2009). با وجود حضور ایران در جمع چهار کشور جهان از نظر شاخص کمی تولید علم و مقالات



شکل ۱: الگوی خطمشی گذاری تجاری سازی فناوری نانو بر مبنای حمایت از شرکت های نوپا

سمت سطوح بالای نانوفناوری در حال حرکت اند و شرکت هایی دارند که روی تحقیق و توسعه نانوفناوری سرمایه گذاری می کنند.

۳-۲. تأمین مالی شرکت ها

تحقیق و توسعه در زمینه نانو بسیار پرهزینه است و شرکت های نوپای فناوری نانو، برای تأسیس موفقیت آمیز شرکت و خرید ابزارهای گران قیمت و استخدام مدیران و محققان با استعداد، به سرمایه گذاری مالی فراوانی نیازمندند. در نهایت، ابزارهای مقرراتی و نظارتی برای ورود محصولات مبتنی بر نانو به بازار زمان کافی نیاز دارند. تمامی موارد مذکور به راهبردهای تأمین مالی شرکت ها بستگی دارد. کارآفرین نانوفناوری، از لحظه اندیشیدن به تأسیس یک شرکت، باید به فکر راه های تأمین مالی آن باشد. وی از آغاز این فرایند نیازمند پول خواهد بود تا هزینه های وکلا، حسابداران، مقامات ثبت شرکت و سایرین را بپردازد و اقلام مورد نیاز روزانه را خریداری کند؛ حتی اگر این اقلام صرفاً کارت های ویزیت، کاغذ و پودر چاپگر باشد. منابع متعدد تأمین مالی کارآفرین عبارت اند از:

- کمک های اعضا؛
- پشتیبان مالی؛
- سرمایه گذاری خارجی؛
- بازار سهامی عام؛
- فروش محصول و فناوری.

فهرست بالا ترتیب نسبتاً خاصی دارد که با میزان تکامل شرکت تناسب چندانی ندارد. در مراحل اولیه، تقریباً تمامی هزینه ها را مؤسسان پرداخت می کنند و پس از دستیابی به موفقیتی نسبی،

این مقاله، حمایت از شرکت های نوپا معیار اساسی در گسترش تجاری سازی محصولات نانو مطرح شده است. این حمایت ها در زمینه های تحقیق و توسعه، تأمین مالی، سرمایه گذاری خطرپذیر شرکت ها و بازاریابی و فروش محصولات نانو است که در شکل ۱ ارائه شده و در ادامه بررسی خواهد شد.

۳-۱. تحقیق و توسعه شرکت ها در حوزه نانو

علاوه بر پژوهش ها و فعالیت های دانشگاه ها و آزمایشگاه های دولتی، تحقیقات بسیاری درخصوص توسعه محصولات در شرکت های کوچک و بزرگ در حال اجراست. بخش مهمی از فعالیت های بسیاری از شرکت ها، از صنایع الکترونیک گرفته تا ساخت مواد لازم در صنایع غذایی و داروسازی، تحقیق در زمینه نانوفناوری و توسعه آن است. تمامی شرکت های تجاری نانو، برای صادرات محصولاتشان به بازار، باید تحقیقات خود را گسترش دهند. هر شرکتی باید از چگونگی سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه ارزیابی کلی داشته باشد (Miller et al., 2004, p. 172). وقتی شرکتی در حال پژوهش برای توسعه یک فناوری است، در اغلب موارد نتایج با آنچه دانشمندان و مهندسان در آغاز کار پیش بینی کرده بودند تفاوت دارد. در این گونه موارد، اختراعات یا با راهبرد شرکت سازگارند یا سازگار نیستند. اگر این سازگاری وجود نداشته باشد، تحقیقات و پروانه اختراعات به شرکت های دیگر فروخته می شود. با اینکه در حال حاضر ایالات متحده، اروپا و ژاپن منابع اصلی فناوری ها و اختراعات نانوفناوری هستند، برخی کشورهای دیگر از جمله تایوان و سنگاپور و کره جنوبی نیز برنامه های تهاجمی و فعالی در این زمینه دارند و در حال تولید اختراعات با ارزشی هستند. چین و هندوستان نیز با سرعت به

متمرکز که در این روش سؤالاتی را به دقت کنار هم قرار می‌دهند و اطلاعات مفید را جمع‌آوری می‌کنند.

۳-۴. سرمایه‌گذاری خطرپذیر و حمایت دولت

دولت در حمایت مالی از تحقیقات و توسعه شرکت‌ها سه هدف را دنبال می‌کند: هدف اول اینکه حمایت مالی دولت با هدف حمایت از تحقیقات علمی «مبنایی» صورت می‌گیرد (Cohen and Noll, 1991, p. 2). این هدف بر این فرض استوار است که بخش خصوصی مستعد سرمایه‌گذاری در تحقیقات مبنایی است، ولی ارزیابی خطرهای آن دشوار خواهد بود. برای مثال، دولت باید از دانشمندانی همچون ریچارد فاینمن حمایت کند، زیرا شرکت‌های خصوصی تمایل به چنین تحقیقاتی ندارند. تحقیقات مبنایی را معمولاً نهادها یا دانشگاه‌های دولتی انجام می‌دهند. این هدف عموماً به منزله مبنایی برای حمایت مالی دولت از بخش تحقیق و توسعه خصوصی پذیرفته شده است. هدف دوم حمایت مالی دولتی ممکن است توسعه فناوری در تولید کالاها و خدماتی باشد که خود مصرف‌کننده آن است (Book, 2002, p. 4)؛ برای مثال، هزینه‌های فدرال در امور دفاعی معمولاً با هدف تولید محصولات است که از سوی دپارتمان دفاع خریداری شده و این هدف نیز پذیرفته شده است. هدف سوم - که بحث برانگیزتر است - حمایت مالی دولت با هدف کمک به بخش خصوصی در توسعه محصولات تجاری است. این نوع حمایت بر اساس این دیدگاه است که صنایع و شرکت‌های تجاری در معرض مشکلات ناشی از سرمایه و سهام شرکت هستند و با مانع سرمایه‌گذاری مواجه می‌شوند. از نظر محققان، این هدف با این پرسش روبه‌روست که دولت باید از کدام نوع از تحقیق و توسعه شرکت‌ها حمایت کند.^۱ از سوی دیگر، بسیاری از حوزه‌های فناوری نانو در مراحل اولیه توسعه قرار دارند، از این رو بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری قانع نمی‌شود.

سرمایه‌گذاری دولتی منبعی ارزشمند برای شرکت‌های تجاری در مراحل اولیه تأسیس است. دولت، علاوه بر تأمین سرمایه برای شروع فعالیت شرکت، احتمال سرمایه‌گذاری خطرپذیر را در شرکت‌های تجاری افزایش می‌دهد. شرکت برای تجاری‌سازی محصولات تولیدی خود نیازمند سرمایه‌گذاری خطرپذیر است. باین‌حال، اکثر شرکت‌های نوپا در حوزه فناوری نانو آمادگی لازم را برای سرمایه‌گذاری خطرپذیر ندارند. با وجود منابع مالی عظیمی که برای فعالیت در مقیاس نانو اختصاص داده شده، این حوزه کماکان در مراحل اولیه توسعه است. بسیاری از شرکت‌های نوپا اخیراً به عرصه فعالیت‌های بین‌المللی وارد شده‌اند و نباید

جذب هریک از منابع فهرست فوق با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد. حتی در این شرایط بحث فروش محصول و فناوری مطرح می‌شود، زیرا این دو منابع اولیه تأمین مالی اند (تی‌بورک، ۱۳۸۹، ص ۲۰۰).

۳-۳. بازاریابی و فروش محصولات تجاری

رؤیای هر کارآفرین تأمین نیازهای مالی از راه فروش محصولات است. در برخی از زمینه‌های کسب‌وکار، فروش محصولات از ابتدا یک گزینه قابل اعتماد است، اما برای کارآفرین نانو فناوری عموماً این‌گونه نیست. هزینه توسعه فناوری‌ها و تأمین فضای تولید بسیار زیاد است و برای اغلب افراد، به‌استثنای معدودی از ثروتمندان، تأمین آن امکان‌پذیر نیست. با وجود این، سرمایه‌گذارانی که قصد تأسیس شرکت‌های نانو فناوری را دارند، چه پول خود را به کار گیرند چه پول دیگران را، باید بر میزان سرمایه لازم متمرکز ویژه داشته باشند تا زمانی که درآمدهای حاصل از فروش محصولات و خدمات از هزینه‌ها فزونی گیرد. باین‌حال، این امکان نیز وجود دارد که برخی از شرکت‌های نانو فناوری بتوانند مقادیر کمی از محصولات خود را به فروش برسانند؛ مثلاً مقادیری که در یک آزمایشگاه تحقیقاتی تولید می‌شود، به‌خصوص اگر محصول مورد توجه محققان و شرکت‌های تحقیق و توسعه باشد. برخی از این محصولات عبارت‌اند از تجهیزات و محصولات تخصصی مانند روش‌های تخصصی حمل دارو که می‌توان، در زمانی که ظرفیت تولید انبوه در حال توسعه است، آن‌ها را به تعداد کم تولید کرد. درآمد به‌دست‌آمده از این فروش‌ها ممکن است برای تأمین مالی شرکت کافی نباشد و حتی هزینه تولید آن‌ها را تأمین نکند (قانون تولید در مقیاس کم در اقتصاد)، اما از نظر پشتیبانان مالی و سرمایه‌گذاران خارجی این نوع فروش‌ها به معنی تأیید اعتبار شرکت است و احتمال سرمایه‌گذاری آنان را افزایش خواهد داد.

شرکت‌ها باید برای تبلیغات، روابط عمومی، ارتباطات مستقیم و نمایشگاه‌های تجاری سرمایه‌گذاری کنند که نیازمند بازاریابی موفق در این زمینه است. بازاریابی با شناخت مشتری شروع می‌شود. به عبارت دیگر، باید مشخص شود که چه کسانی محصول را خواهند خرید. در برخی موارد مشتری مشخص است، اما در مواردی باید بازارها را به دقت زیر نظر گرفت و با مشتری‌های بالقوه به گفت‌وگو پرداخت. در این زمینه توصیه‌های مشاور کارساز خواهد بود، به‌خصوص اگر بازار مربوط بسیار گسترده باشد و کارآفرین نانو فناوری در جمع‌بندی آن با دشواری روبه‌رو شود. هدف علم و هنر بازاریابی دریافتن این است که مشتریان به چه چیزی نیاز دارند و حاضرند چه میزان پول بابت آن پرداخت کنند. شیوه‌های متعددی برای پی‌بردن به این موضوع وجود دارد، از جمله تلفن‌زدن به مشتری‌های بالقوه و پرسیدن از آن‌ها (با فرض اینکه مایل به مصاحبه باشند) و یا در کنار هم قراردادن گروه‌های

1. See, e.g., Nathan A. Adams, *Monkey See, Monkey Do: Imitating Japan's Industrial Policy in the United States*, 31 *Tex. Int'l L. J.* 527 (Summer 1996).

چه ورودی‌هایی به چه خروجی‌هایی تبدیل می‌شوند؟
W: جهان‌بینی؛^۵ جهان‌بینی اساسی سیستم کدام است؟ (اساس جهان‌بینی در این سیستم چیست؟)
O: مالک؛^۶ مالک این سیستم چه کسی است؟ چه کسی قدرت متوقف کردن آن را دارد؟
E: عوامل محیطی؛^۷ محدودیت‌های محیطی که باید در این سیستم در نظر گرفته شود چیست؟
 در جدول ۲ عناصر CATWOE از دیدگاه خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری ارائه شده که ضرورت حمایت از شرکت‌های نوپا در زمینه تحقیق و توسعه، تأمین مالی، بازاریابی و کاهش خطرپذیری در سرمایه‌گذاری در حوزه نانو را نشان می‌دهد.
 منظور از الگوی مفهومی نموداری از فعالیت‌ها و ارتباطات مربوط به آن‌هاست که فرایند حل مسئله یا دستیابی به اهداف را مشخص می‌سازد. این الگوی بر اساس مفاهیم شکل گرفته در توسعه تعاریف ریشه‌ای ساخته می‌شود. الگو باید دارای پنج تأثیری باشد که بر اساس وابستگی‌های منطقی با یکدیگر ارتباط داشته باشند. طراحی الگوی مفهومی به نمایش و درک بهتر فعالیت‌ها کمک می‌کند (آذر و همکاران، ۱۳۹۲). هر موقعیت مسئله‌زا در دنیای واقعی شامل افرادی است که اقداماتی هدفمند انجام می‌دهند؛ بدین معنی که الگوهای فعالیت هدفمند، به شکل الگوهای سیستمی، برای بیان جهان‌بینی مشخصی ساخته می‌شوند و می‌توان از آن‌ها در کشف کیفیت‌ها و مشخصات هر موقعیت انسانی مسئله‌زابه‌برد (چکلند و پولتر، ۱۳۹۳). نمایش روابط علی میان مفاهیم موجود در هر نظام از آن جهت حائز اهمیت است که به شناسایی مفاهیم غیرمرتبط و عوامل مؤثرتر بر تصمیم‌گیری کمک می‌کند (Montazemi and Conrath, 1986). در این مرحله، مطابق با تعریف ریشه‌ای، یک الگوی مفهومی تشکیل می‌شود که هدف اصلی نظام فعالیت هدفمند را بیان می‌کند. این الگو بر مبنای لزوم تعامل سازمانی مؤثر میان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو - در جایگاه متولی اصلی توسعه و تجاری‌سازی فناوری نانو در ایران - و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، در حمایت از فعالیت و تجاری‌سازی محصولات نانوی شرکت‌های نوپا ترسیم شده است (شکل ۲).

۵. موانع و مشکلات پیش روی ایران در توسعه نانوفناوری

ایران در سال‌های اخیر روند صعودی مناسبی در حوزه نانوفناوری داشته است. در پی اقداماتی که در این زمینه صورت گرفته،

انتظار داشته باشند که محصولات تجاری خود را، حداقل در هفت تا ده سال آینده، در بازارهای بین‌المللی عرضه کنند. حتی شرکت‌هایی که محصولاتشان را تجاری‌سازی کرده‌اند، نخواهند توانست آن‌ها را به تولید انبوه برسانند.

در سال ۲۰۰۲، نانوبیزینس الیانس^۱ اعلام کرد که پنجاه شرکت در بخش نانو سرمایه‌گذاری کرده‌اند. مطالعه انجام‌شده در مجله *Venture Capital* نشان می‌دهد که نوزده شرکت نوپا به ارزش ۱۹۰ میلیون دلار در سال ۲۰۰۱ و ۳۴ شرکت نوپا در حوزه فناوری نانو به ارزش ۴۲۷ میلیون دلار در سال ۲۰۰۲ با سرمایه‌گذاری خصوصی تأسیس شده است (Sohl, 2003, p. 45). میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در حوزه فناوری نانو در سال ۲۰۰۸ حدود ۱/۴ میلیارد دلار بوده که ۱/۱۷ میلیارد دلار آن در ایالات متحده آمریکا سرمایه‌گذاری شده است. در بحران مالی سال ۲۰۰۹، سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه حدود ۴۰ درصد کاهش داشت (عنایتی، ۱۳۹۲، ص ۳۳).

۴. ارائه الگوی مفهومی تجاری‌سازی محصولات نانو بر مبنای تعریف CATWOE

سند راهبردی توسعه فناوری نانوی ایران، که خط‌مشی‌گذاری این حوزه را در چشم‌انداز ۱۴۰۴ دربر دارد، با تلاش‌های ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در سال ۱۳۸۴ تصویب شد. این سند مشتمل بر ۵۳ برنامه اجرایی است که سازمان‌های مختلف مسئولیت اجرای هر برنامه را برعهده دارند. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو کنشگر اصلی در رسیدن به الگوی تجاری‌سازی محصولات نانو بر مبنای تعریف ریشه‌ای و مالک آن است.

تعریف ریشه‌ای عبارت یا بیانیه‌ای است که ضمن توصیف سیستم ایدئال (مطلوب)، اهداف آن، اشخاص درگیر در موقعیت و مشارکت‌کنندگان و افراد تأثیرپذیر از سیستم و تأثیرگذار بر آن را معرفی می‌کند. برای ارائه تعریفی ریشه‌ای بر مبنای تصاویر گویا روشی شناخته‌شده به نام CATWOE به‌کار گرفته می‌شود. این روش را صاحبان مسئله، برای تدوین و قاعده‌مند کردن یک تعریف، به‌کار می‌برند و دارای مؤلفه‌های زیر است:

C: مشتری؛^۲ مشتریان و ذی‌نفعان و قربانیان سیستم (کسانی که در این سیستم متضرر می‌شوند) چه کسانی هستند؟

A: بازیگران؛^۳ بازیگران و مشارکت‌کنندگان در سیستم چه کسانی هستند؟

T: فرایند تبدیل؛^۴ سیستم چه چیزی را تبدیل (دگرگون) می‌کند؟

1. NanoBusiness Alliance

2. Customer

3. Actors

4. Transformation

5. World View (Weltanschauung)

6. Owner

7. Environmental Factors

جدول ۲: عناصر CATWOE از دیدگاه خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری نانو

عناصر CATWOE	خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری نانو
C (مشتریان)	دولت، صنعت، مردم
A (بازیگران)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، مؤسسه خدمات فناوری تا بازار (کریدور تجاری‌سازی)، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، جامعه فناوران شامل فارغ‌التحصیلان دانشگاهی، استادان دانشگاه، شرکت‌های دانش‌بنیان، پارک‌های علم و فناوری، مراکز رشد، صنایع موجود در کشور، صندوق نوآوری و شکوفایی، صندوق فناوری نانو، صندوق توسعه فناوری‌های نوین، صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، بنیاد ملی نخبگان، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، سازمان ملی استاندارد ایران، وزارت جهاد کشاورزی، پژوهشکده‌های اختصاصی فناوری نانو، سازمان برنامه و بودجه کشور
T (فرایند تبدیل)	تبدیل نوآوری، تبدیل پژوهش‌های کاربردی به محصولات کاربردی، تبدیل فرایندهای کاربردی به ارزش افزوده اقتصادی
W (نگرش، جهان‌بینی)	بینش کلی در اینجا این است که خطرپذیری تجاری‌سازی فناوری نانو موجب افزایش سلامت جامعه، بهبود سبک زندگی مردم، افزایش رضایت مردم و جامعه، گردش مالی، بهبود بهره‌وری، ایجاد اشتغال، صرفه‌جویی و ذخیره انرژی، کاهش مصرف و همچنین تولید محصولات نانویی می‌شود که با کارایی بیشتر، ویژگی‌های بهبودیافته‌ای دارند. همچنین سامان‌دهی و مدیریت ظرفیت‌های کشور تحت یک سامانه منظم و منسجم به دستیابی به سطوح بالایی از دستاوردهای فناورانه خواهد انجامید.
O (مالکیت سیستم، مالکان)	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو وابسته به معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری (نقش اصلی)، فناوران و شرکت‌های دانش‌بنیان
E (محیط سیستم و محدودیت‌های ناشی از آن، عوامل محیطی)	رتبه کسب‌وکار، شفافیت اقتصادی، قوانین دست‌وپاگیر دولتی، عدم رقابت‌پذیری صنعت، افزایش نیافتن فرایند توسعه فناوری داخلی، فقدان زیرساخت‌های لازم برای صنعتی‌سازی فناوری نانو، وجود بازارهای انحصاری مثل خودرو، مشکلات تحریم‌ها، تبادل مالی با دنیا، زیرساخت‌های کسب‌وکار، قوانین دست‌وپاگیر بیمه

پیشرفت‌های چشمگیری به‌ویژه در ثبت مقالات در حوزه فناوری نانو در ایران دیده می‌شود و شرایط موجود آینده‌ای روشن در حوزه نانوفناوری را نوید می‌دهد. با وجود این، کماکان در ثبت اختراعات نانو به جایگاه مناسبی نرسیده و در سال ۲۰۱۷ (۱۳۹۶) در رتبه ۲۴ جهان قرار داشته^۱ که نشان از نبود تعادل کافی میان تعداد مقالات منتشرشده و کیفیت آن‌ها برای ثبت اختراعات و تجاری‌سازی محصولات نانو دارد. گفتمانی است که در مسیر توسعه فناوری نانو با چالش‌هایی همچون توسعه نیافتن فضای محصولی، کمبود سرمایه‌گذاری، نبود تعامل کافی میان دولت، مراکز دانشگاهی، سازمان‌ها و نهادهای مرتبط و فقدان قانون‌گذاری و تدوین مقررات خاص در حوزه نانوفناوری مواجه است.

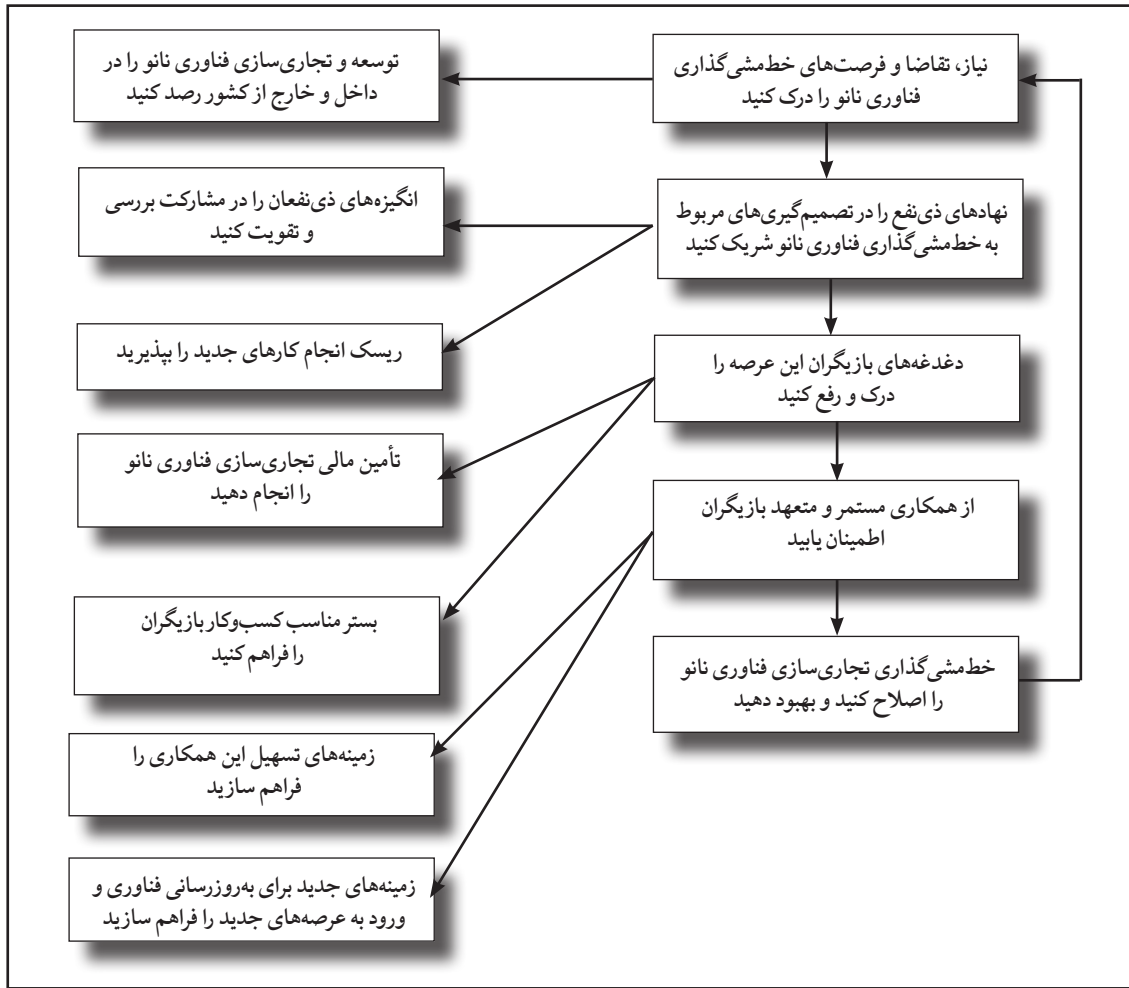
محصولات نانویی و افزایش شرکت‌های فعال در تولید محصولات نانو، هنوز اختلاف زیادی با کشورهای دیگر در ثبت محصولات نانویی دارد. ایران در حال حاضر در رتبه چهارم ثبت مقالات نانویی در جهان قرار دارد، اما در رقابت جهانی برای تولید محصولات نانویی از رقبای خویش فاصله گرفته است. با وجود سیر صعودی ایران در تولید محصولات نانویی و افزایش شرکت‌های فعال در تولید محصولات نانو، همچنان این اختلاف با کشورهای دیگر در ثبت محصولات نانویی زیاد است. در نمودار ۱ این فاصله نشان داده شده است.

میزان پایین تولید محصولات نانویی بر صادرات این حوزه نیز تأثیر گذاشته است. ایران در صادرات محصولات با فناوری بالا، در مقایسه با محصولات کارخانه‌ای، در سال ۲۰۱۱، در جایگاه سوم منطقه قرار داشت که در سال ۲۰۱۵ به جایگاه نهم تنزل یافت. در سهم کشورها از کل صادرات نیز، ایران به جایگاه مناسبی نرسیده و در سال ۲۰۱۵ در رتبه ۲۰ منطقه قرار داشته است. (نمودار ۲) بخش عمده‌ای از الگوی تجارت خارجی ایران بر مبنای مزیت

۱-۵. موانع توسعه تجاری نانوفناوری در ایران و لزوم توسعه فضای محصولی

به‌رغم توسعه مناسب نانوفناوری در ایران و سیر صعودی در تولید

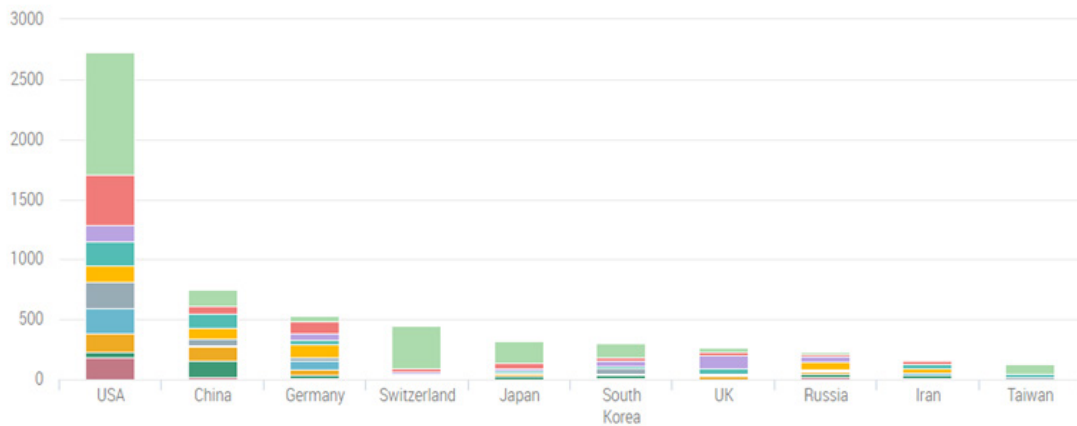
1. <http://statnano.com/news>



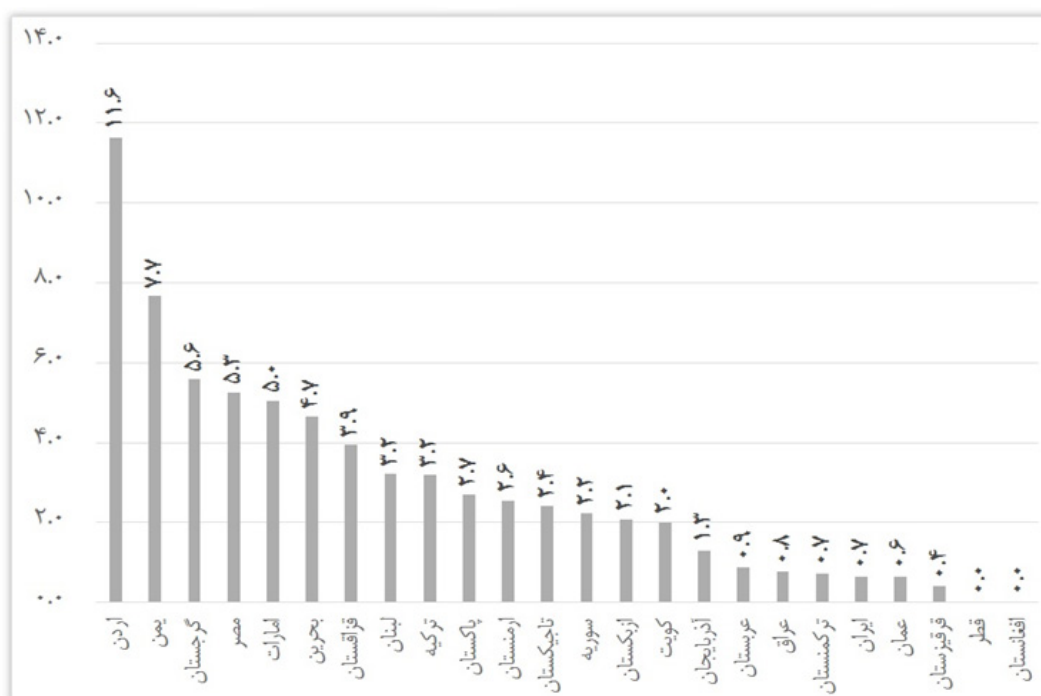
شکل ۲: الگوی مفهومی تجاری‌سازی فناوری نانو بر مبنای تعریف ریشه‌ای

در پایین‌دست نینجامیده است. یکی از مشکلات را می‌توان در منطق انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری در پایین‌دست جست‌وجو کرد. طی سال‌های اخیر، عموماً دو مسیر برای سرمایه‌گذاری دنبال شده است: مسیر اول بر اساس منطق بازار و چگونگی

نسبی طبیعی و متکی به نفت و گاز است. اگرچه طی چند سال اخیر مزیت نسبی ایران با توسعه صنایع پایین‌دست نفت و گاز نظیر پتروشیمی اندکی پیچیده‌تر شده، اما سرمایه‌گذاری‌ها به تکمیل زنجیره ارزش صنایع پتروشیمی و تولید محصولات متنوع



نمودار ۱: گوناگونی و میزان تولید محصولات نانویی



نمودار ۲: سهم کشورها از کل صادرات (مالکی، ۱۳۹۰)

مبنا و اساس انتخاب بخش‌ها و کالاهای اولویت‌دار، برای توسعه صادرات با رویکرد فضای محصولی، وجود مزیت نسبی و همچنین مهارت و دانش انباشته در تولید و صادرات محصول موردنظر است. طی چند سال اخیر، این رویکرد مبنای تصمیم‌گیری کشورهای در حال توسعه متعددی، مانند برزیل، مراکش و جمهوری آذربایجان در مسیر متنوع‌سازی صنایع قرار گرفته است (روزنامه تعادل، ۱۳۹۵). هم‌اکنون یکی از دلایل ضعف صادرات فناورانه ایران توسعه نیافتگی فضای محصولی است. در شکل‌های ۳ و ۴ توسعه فضای محصولی ایران و ترکیه مقایسه شده که وضعیت نامطلوب ایران را در این زمینه نشان می‌دهد.

۲-۵. لزوم افزایش سرمایه‌گذاری ایران در حوزه نانو فناوری

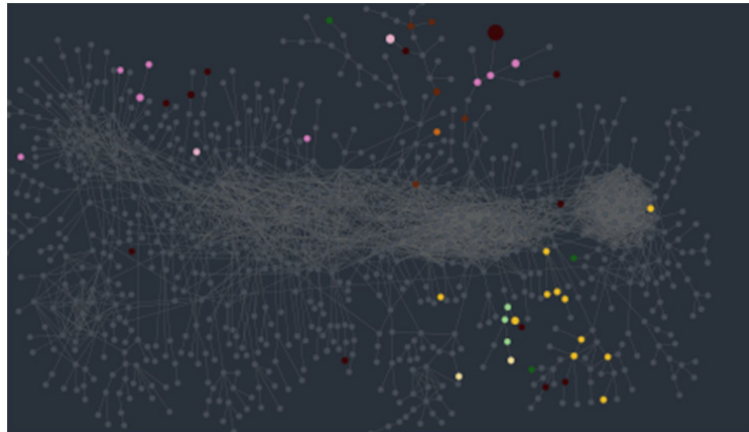
ایران در سال‌های اخیر، در بین کشورهای پیشرو در حوزه فناوری نانو، کمترین سرمایه‌گذاری را برای تحقیق و توسعه در حوزه نانو داشته است. در سال ۲۰۰۸، سرمایه‌گذاری مالی ایران ۰/۷۹ درصد بوده است. این میزان در سال ۲۰۱۰ برای کره جنوبی ۳/۷۴ درصد و در سال ۲۰۱۲ برای آمریکا ۲/۷۹ درصد و برای سوئد ۳/۴۱ درصد بوده است.^۱ نمودار ۳ جایگاه نامناسب ایران را از لحاظ سرمایه‌گذاری در این حوزه به خوبی نشان می‌دهد. همین وضعیت در حوزه سرمایه‌گذاری نیروی انسانی نیز

عرضه و تقاضا شکل گرفته، بدین ترتیب که فعالان اقتصادی و صنعتی بر اساس اطلاعات دریافتی از بازار و پس از اطمینان از توجیه‌پذیری طرح‌های پایین‌دست سرمایه‌گذاری می‌کنند. این طرح‌ها عموماً برای بازار داخلی تعریف می‌شوند و فرایند دریافت اطلاعات بازار تا آغاز طرح با تأخیر قابل توجهی (به ویژه در شرایط نامشخص سرمایه‌گذاری جاری) اجرا می‌شود. در مسیر دوم، که عموماً نهادهای توسعه‌ای دولتی برای جبران تأخیر فرایند مسیر اول دنبال می‌کنند، منطق علم شیمی غالب است؛ به این معنا که متخصصان، با اتکا بر دانش تخصصی مربوط و با توجه به امکانات در دسترس، مشخص می‌کنند که امکان تولید کدام محصولات پایین‌دستی وجود دارد. برای نشان دادن ابعاد توجیه‌پذیری بعضی از این محصولات، مشاوران اقتصادی و مالی باید وارد عرصه شوند. قاعدتاً، با وجود چند صد یا چند هزار محصول پراکنده، ضروری است زمان کافی صرف بررسی‌های توجیهی شود تا در انتها ۱۰ تا ۲۰ طرح انتخاب شود. علاوه بر دو مسیر فوق، امروزه رویکرد جدید فضای محصولی، به عنوان مسیر سوم، امکان سرمایه‌گذاری‌های متعدد و متنوعی را فراهم کرده است که در آن مشکل تأخیر و یا انتخاب پروژه‌ها صرفاً بر پایه منطق علم شیمی وجود ندارد. رویکرد فضای محصولی، که اخیراً اقتصاددانان دانشگاه آم‌آی‌تی و هاروارد ارائه کرده‌اند، به شناسایی کالاهایی توجه دارد که صادرات آن‌ها نه تنها محرک توسعه اقتصادی برای کشور صادرکننده می‌شود، بلکه از لحاظ سرعت مبادلات بین‌المللی در جایگاه مناسبی قرار دارد.

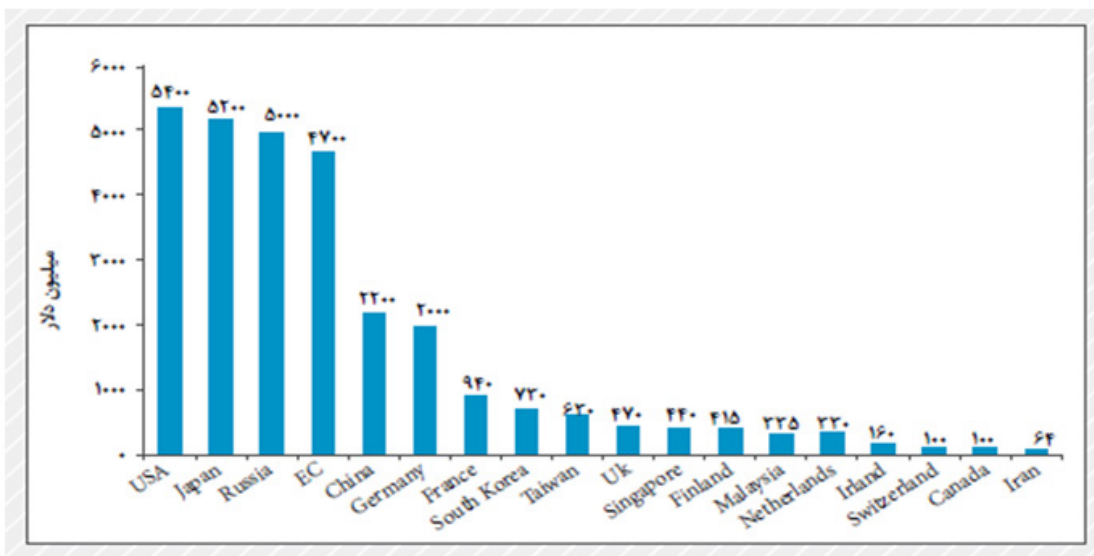
1. <http://statnano.com/countries>



شکل ۳: ترکیه - سال ۲۰۱۴



شکل ۴: ایران - سال ۲۰۱۴



نمودار ۳: سرمایه‌گذاری دولتی در فناوری نانو ۲۰۰۶-۲۰۱۰ (ماهنامه فناوری نانو، سال ۱۳۹۲، شماره ۲۹)

جدول ۳: نتایج سرمایه‌گذاری کره جنوبی در حوزه نانو فناوری (http://statnano.com/news/45450)

۲۰۰۷	۲۰۰۵	۲۰۰۱	
۲۸۱ میلیارد وون	۲۷۷/۲ میلیارد وون	۱۰۵/۲ میلیارد وون	میزان سرمایه‌گذاری
-	۳/۹۰۰	۱/۰۱۵	تعداد محققان نانوفناوری
۲۷۴	۲۱۴	۷۸	تعداد شرکت‌های نانوفناوری
۵۶	۳۸	۳	تعداد نهادهای نانوفناوری
۲/۲۳۶	۱/۴۲۱	۴۰۸	تعداد مقالات نانوفناوری
۱/۷۶۹	۹۷۹	-	تعداد پتنت‌ها

سازمان‌ها در حوزه فناوری نانو اختصاص داده است. برای نمونه، سازمان حفاظت محیط زیست رقم ۱۴/۶ میلیون دلار در سال ۲۰۱۳ در حوزه ایمنی، سلامت و محیط‌زیست سرمایه‌گذاری کرده است. همچنین سازمان امنیت ملی رقم ۵/۹ و ۸/۱ میلیون دلار به ترتیب به حوزه سیستم‌ها، ادوات و کاربردهای مبتنی بر فناوری نانو و حوزه ایمنی، سلامت و محیط‌زیست اختصاص داده است. سرمایه‌گذاری وزارت انرژی مجموعاً ۳۱۴/۲ میلیون دلار در حوزه‌هایی همچون انرژی خورشیدی و تحقیقات بنیادی بوده است. سازمان ملی هوافضا در مجموع ۱۶/۴ میلیون دلار در زمینه‌هایی همانند نانوالکترونیک و زیرساخت‌های تحقیقاتی، و بنیاد ملی علوم در مجموع ۴۲۱ میلیون دلار در حوزه‌هایی چون تحقیقات بنیادی سرمایه‌گذاری کرده‌اند (عنایتی، ۱۳۹۲، ص ۳۶). ایران، با بهره‌گیری از تجارب کشورهایی همچون ایالات متحده آمریکا در این زمینه، از طریق ارتباط منسجم با نهادهایی همچون سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت امور خارجه، وزارت علوم و دانشگاه‌ها و اختصاص سرمایه کافی به آن‌ها، قادر خواهد بود در مسیر پیشرفت و پیشگامی جهانی در حوزه فناوری نانو قدم بردارد. این تعامل باید به همت وزارت امور خارجه با دیپلماسی فناوری و تربیت دیپلمات‌های متخصص در این حوزه، سازمان حفاظت محیط زیست از رهگذر ایمنی زیست‌محیطی، ایمنی محیط شغلی و ایمنی محصولات مصرفی نانو، و وزارت علوم با تشویق پژوهشگران و حمایت از آنان و فعالیت مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها صورت گیرد.

۴-۵. فقدان قوانین خاص: مانعی در بهره‌مندی از ظرفیت‌های نانو

فناوری‌های نوظهور غالباً مشکلات سیاسی ویژه، اساسی و اغلب پیچیده‌ای را برای جامعه جهانی ایجاد می‌کنند. برای مقابله با این مشکلات، نظامی از مدیریت ریسک برقرار می‌شود و این

مشاهده می‌شود. در سال ۲۰۱۷، نیروی انسانی ایران در حوزه تحقیق و توسعه نانو ۲۵۸۵ نفر بوده، در حالی که در سال ۲۰۱۳ در کره جنوبی ۶۴۵۷ نفر و در سوئد ۶۴۷۳ نفر و در سال ۲۰۰۷ در امریکا ۴۶۷۳ نفر نیروی انسانی وجود داشته است (ibid). کره جنوبی را می‌توان الگوی مناسبی در این حوزه دانست؛ آمارها نشان می‌دهد که این کشور، با افزایش سرمایه‌گذاری در این حوزه، پیشرفت‌های چشمگیری داشته است. کره جنوبی سرمایه‌گذاری ۱۰۵/۲ میلیارد وونی خود در سال ۲۰۰۱ را به ۲۸۱ میلیارد وون در سال ۲۰۰۷ افزایش داد که در پی آن سیر صعودی چشمگیری در تعداد محققان، شرکت‌ها، دیپارتمان‌ها، مقالات و ثبت پتنت در حوزه نانوفناوری داشته است.

۵-۳. توجه به کار سازمانی و ایجاد تعامل با سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با فناوری نانو

ایران، برای رسیدن به جایگاه برتر بین‌المللی و پیشرفت در حوزه ثبت اختراعات و افزایش تجاری‌سازی محصولات نانو، باید با سازمان‌ها و نهادهای مرتبط در حوزه‌های گوناگون فناوری نانو تعامل داشته باشد. این موضوع در راهبرد ده‌ساله اول توسعه فناوری نانو (۱۳۸۴-۱۳۹۳) در ایران پیش‌بینی شده (راهبرد ده‌ساله اول توسعه فناوری نانو در ایران، ۱۳۸۴، ص ۳۰-۴۸)، اما تعامل لازم از سوی نهادهای ذی‌ربط صورت نگرفته است. در این حوزه، ایالات متحده آمریکا الگوی مناسبی برای ایران خواهد بود. دولت ایالات متحده، به‌ویژه در دهه گذشته، از طریق مؤسسه ملی نانوفناوری^۱، تعامل سازنده‌ای با نهادهای گوناگون همچون سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت انرژی، وزارت دفاع، وزارت دادگستری، وزارت علوم و وزارت امور خارجه داشته است. آمارها نشان می‌دهد که دولت ایالات متحده سرمایه مالی مناسبی برای فعالیت هریک از این

1. National Nanotechnology Initiative (NNI)

تاکنون درباره ایمنی زیست محیطی محصولات نانومواد قانون خاصی وضع نکرده‌اند. سازمان حفاظت محیط زیست تدوین دستورالعمل‌ها و تهیه استانداردهای خاص نانو را آغاز کرده که هنوز تکمیل نشده است. از این رو، رویکرد نهادها و کارگروه‌های مرتبط با ایمنی زیست محیطی نانومواد اتکا بر قوانین و آیین‌نامه‌های موجود بوده است. آیین‌نامه اجرایی کنترل و نظارت بهداشتی بر سموم و مواد شیمیایی مصوب ۱۳۷۸/۶/۱۶ از جمله آیین‌نامه‌هاست. حمل و نقل ایمن مواد شیمیایی (ماده ۱۴)، تعهد تولیدکنندگان و فروشندگان به رعایت ایمنی محیط زیست و سلامت انسان (ماده ۵) و الزام تولیدکنندگان، نگه‌دارندگان و فروشندگان مواد شیمیایی به تجهیز سیستم پیشگیری و مقابله با حوادث شیمیایی (ماده ۸) از جمله تعهدات مذکور در این آیین‌نامه است که در خصوص محصولات نانومواد نیز اعمال می‌شود. آیین‌نامه اجرایی حمل و نقل جاده‌ای مواد خطرناک مصوب ۱۳۸۰/۱۲/۲۷ هیئت وزیران نیز مبنایی برای حمل و نقل ایمن نانومواد است. مطابق با ماده ۲ این آیین‌نامه، حمل و نقل هرگونه مواد خطرناک (موادی که برای محیط زیست و سلامت انسان مضر باشد) مستلزم رعایت مقررات و ضوابط این آیین‌نامه است. لزوم داشتن مجوز حمل و نقل، رعایت استانداردهای مرتبط و اعمال احتیاط‌های لازم از سوی متصدیان حمل و نقل و تحمیل جرائم و مجازات در صورت تخلف از این تعهد بخشی از الزامات موجود در این آیین‌نامه است.

یکی از پیش‌نیازهای تجاری سازی محصولات و ورود به بازارهای جهانی اخذ استانداردهای بین‌المللی و مشارکت در فرایند تدوین استانداردها و پروتکل‌های جهانی است. از طرف دیگر، نبود پروتکل‌ها و استانداردهای ملی و بین‌المللی روش‌های اندازه‌گیری کارایی و خواص جدید محصولات نانو و نبود استانداردهای مربوط به جنبه‌های ایمنی این نوع محصولات کشورهای پیشرو در فناوری نانو را بر آن داشته که استانداردهای اصلی توسعه فناوری نانو در کشور خود قرار دهند. با توجه به اهمیت موضوع، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو با مشارکت سازمان ملی استاندارد ایران، در سال ۱۳۸۵، کمیته فنی متناظر استانداردسازی فناوری نانو را تأسیس کرد. این کمیته متناظر با کمیته بین‌المللی استانداردسازی فناوری نانو^۴ فعالیت می‌کند. بخشی از استانداردهای ایمنی، که سازمان ملی استاندارد ایران با همکاری ستاد ویژه توسعه فناوری نانو تدوین کرده، در جدول ۴ ارائه شده است.

در توجیه نیاز به قوانین خاص در حوزه فناوری نانو باید به این سؤال پاسخ داد که آیا فناوری نانو ویژگی‌های خاصی دارد و این ویژگی‌ها برای نظام حقوقی موجود ناشناخته است (Matsuura, 2006, p. 91). در مباحث قبلی به ویژگی‌های منحصر به فرد مقیاس نانو اشاره شد. بر مبنای همین ویژگی‌های خاص نانو، حقوق دانان و

مشکلات، به علت عدم قطعیت قانونی،^۱ به چالشی اساسی در برابر این ریسک‌ها تبدیل می‌شود (Falkner and Jasper, 2012). فناوری نانو، با وجود کاربردهای بسیار، ممکن است تهدیدات و آثار نامطلوبی نیز به همراه داشته باشد.

اگرچه نانوذرات^۲ کارایی محصولات را افزایش می‌دهند، مطالعات علمی اخیر نشان می‌دهد که نانوذرات مضر است و به خصوص برای محیط زیست دارند. در سال‌های اخیر، به کارگیری نانوذرات در فرایندهای خانگی و صنعتی افزایش چشمگیری داشته است. این ذرات، به علت نسبت بالای سطح به حجم، اندازه کوچک و خصوصیات بصری مرتبط با اندازه‌شان، رفتار فیزیکی و شیمیایی خاصی بروز می‌دهند (Xiao et al., 2008, p. 130). با کوچک‌تر شدن اندازه نانوذرات، نسبت سطح به حجم آن‌ها به طور نمایی افزایش می‌یابد که باعث فعال‌تر شدن و سمی‌تر شدن این ذرات می‌شود. همچنین، با کاهش اندازه آن‌ها، امکان نفوذشان در بافت‌های گیاهی و جانوری افزایش می‌یابد. ذرات نانو ممکن است سرعت جهش^۳ باکتری‌ها را افزایش دهند و تهدیدی بالقوه برای محیط زیست و سلامت انسان باشند. با وجود آنکه فناوری نانو محصولات موجود را مؤثرتر و کارآمدتر می‌سازد، اندازه این ذرات، که از خواص مهم آن‌هاست، ممکن است تهدیدی برای محیط زیست باشد. نانوذرات در هوا به طور گسترده‌ای پراکنده می‌شوند. برآورد شده که در مناطق شهری و روستایی، به طور متوسط، ۱۰۶ تا ۱۰۸ نانوذره در هر لیتر هوا وجود دارد که این مقدار بستگی به شرایط محلی دارد (Donaldson et al., 2004, p. 727). در پژوهشی، ماهی قزل‌آلا در معرض نانوذرات نقره تجاری با اندازه‌های متفاوت (۱۰، ۳۵ و ۶۰۰ تا ۱۶۰۰ نانومتر) قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقادیر زیادی از ذرات با اندازه کوچک (۱۰ نانومتر) در بافت‌های روده و کبد ماهی تجمع یافته است (Scown et al., 2010).

جدید بودن فناوری نانو و ناکافی بودن منابع اختصاصی برای درک خطرهای آن سبب شده که اطلاعات اندکی درباره خطرهای زیست محیطی نانومواد در دست باشد (Bosso, 2010, p. 2). این مسئله به مانعی در وضع قوانین خاص زیست محیطی در حوزه فناوری نانو تبدیل شده است. در نظام حقوقی ایران، تاکنون قوانین خاصی در حوزه فناوری نانو وضع نشده است. در سال‌های اخیر، تمرکز نهادها و سیاست‌گذاران عرصه فناوری نانو بر تدوین استانداردهای خاص فناوری نانو و سنجش ابعاد فنی نانومقیاس بوده است. در فقدان قوانین خاص، به منظور ایمنی محصولات نانومواد، تدوین دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های خاص فناوری نانو در دستور کار کمیته‌ها و کارگروه‌های تخصصی این فناوری قرار گرفته است. سازمان محیط زیست ایران یا نهادهای مرتبط نیز

1. Regulatory Uncertainty

2. Nanoparticles

3. Mutation

4. Mutation

جدول ۴: استانداردهای ملی ایمنی نانوفناوری و محصولات نانو در ایران

سال انتشار	شماره استاندارد	عنوان استاندارد	دسته بندی
۱۳۹۵	۲۱۲۰۶	فناوری نانو - راهنمای مشخصه‌یابی فیزیکی - شیمیایی مواد نانو مقیاس مهندسی شده برای ارزیابی توکسیکولوژیک	محیط زیستی
۱۳۸۹	۱۳۵۶۶	فناوری نانو - ارزیابی اثر نانوذرات بر تشکیل کلنی های گرانولوسیت - ماکروفاژ موش - روش آزمون	سلامت و بهداشت
۱۳۹۰	۱۴۱۵۳	فناوری نانو - آزمون اندوتوکسین نانو مواد در سیستم های برون تن - روش آزمون	
۱۳۹۳	۱۸۳۹۲-۵	فناوری نانو - واژه نامه - قسمت ۵ - واژه های مشترک نانو - زیست	
	۱۸۳۹۲-۷	فناوری نانو - واژه نامه - قسمت ۷ - تشخیص و درمان در مراقبت های بهداشتی	
۱۳۹۵	۲۱۱۴۴	فناوری نانو - مشخصه های سوسپانسیون های کاری نانو اشیا برای سنجش برون تن برای ارزیابی سمیت ذاتی نانو شیء	محیط کار
۱۳۹۵	۲۱۱۹۵	فناوری نانو - کالای نساجی با خاصیت ضد میکروبی - روش آزمون	
۱۳۸۸	۱۳۳۲۵	آیین کار سلامت و ایمنی در محیط های کار با نانو مواد - آیین کار	
۱۳۹۰	۱۳۷۳۶	فناوری نانو - بسته بندی و حمل و نقل ایمن نانو مواد - آیین کار	محیط کار
	۱۴۱۵۲	فناوری نانو - تولید نانوذرات فلزی برای آزمون سمیت استنشاقی با استفاده از روش تبخیر - تراکم	
۱۳۹۳	۱۹۱۱۱	فناوری نانو - تعیین مشخصات نانوذرات در محفظه های مواجهه استنشاقی برای آزمون سمیت استنشاقی	
۱۳۹۴	۱۹۵۴۴	فناوری نانو - تهیه برگه اطلاعات ایمنی ماده	
۱۳۹۵	۲۱۱۹۸	فناوری نانو - آموزش ایمنی و سلامت برای نیروی کار - راهنما	

ماهیت پیش رونده فناوری نانو در اواخر دهه ۱۹۸۰، فورست ادعا می کند که توسعه فناوری نانو توانایی نظام حقوقی را، در واکنش سریع و حفظ تعادل مناسب میان خطرها و منافع فناوری نانو، با چالشی جدی مواجه می کند (Forrest, 1989, p. 3). فورست از این استدلال نتیجه می گیرد که دولت ها برای توسعه ایمن فناوری نانو، بسته به هر مرحله از توسعه، باید چارچوب های قانونی خاص و انعطاف پذیر تدوین کنند (Bowman and Hodge, 2007, p. 7). به توصیه پینسون، حوزه فناوری نانو، به علت خصوصیات منحصر به فرد این فناوری نوظهور همچون غیر آشکار بودن و تغییرات

صاحب نظران بر لزوم قوانین خاص در فناوری نانو تأکید می کنند. حقوق دانان، از اوایل توسعه فناوری نانو تا کنون، با سه مسئله بنیادی روبه رو بوده اند: الف) ناخشنودی دولت های ملی از ایجاد موانع قانونی که سبب بی بهره ماندن از قابلیت های تجاری فناوری نانو در کسب بازار جهانی می شود؛ ب) ناشناخته بودن خطرات ذرات نانو تا مدت ها قبل؛ ج) بی توجهی قانون گذاران به وضع قوانین پیش از موعد و ناکارآمد (Moses, 2007, p. 411).

دیوید فورست، در مقاله ای با عنوان «قانونمند کردن توسعه فناوری نانو»، بر اهمیت پوشش ابعاد حقوقی این حوزه تأکید می کند. به رغم

مانع مواجه می‌کند. حمایت از شرکت‌های تجاری نوپا در زمینه فناوری نانو عاملی اساسی در گسترش تجاری‌سازی محصولات نانو است. الگوی خط‌مشی‌گذاری در مسیر گسترش تجاری‌سازی محصولات تولیدی نانو که در این پژوهش پیشنهاد شده مبتنی بر چهار محور تحقیق و توسعه، تأمین مالی، حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر شرکت‌ها و حمایت از بازاریابی و فروش محصولات نانو است. رسیدن به این خط‌مشی نیازمند ارائه الگویی مفهومی مبتنی بر تعامل سازمانی میان ستاد ویژه توسعه فناوری نانو و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری است که به قصد حمایت از شرکت‌های نوپا به‌ویژه تسهیل فعالیت در این حوزه، حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر، فراهم‌سازی شرایط ورود به بازارهای داخلی و خارجی برای تجارت محصولات تولیدی و حمایت از ثبت اختراعات باشد. ایران، در کنار تمرکز بر تجاری‌سازی محصولات نانو از طریق تقویت شرکت‌های نوپا، نیازمند توسعه فضای محصولی، افزایش سرمایه‌گذاری، تقویت تعامل سازمانی میان نهادهای مربوط و توسعه حقوقی و ضابطه‌مندی در حوزه فناوری نانو است.

منابع

آذر، عادل، خسروانی، فرزانه و جلالی، رضا (۱۳۹۲). تحقیق در عملیات نرم رویکردهای ساختاردهی مسئله. تهران: انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، چاپ اول.

آذر، عادل، واعظی، رضا و محمد پورسرابی، وحید (۱۳۹۶). «طراحی مدل خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی فناوری نانو با رویکرد متدولوژی سیستم‌های نرم». فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت سازمان‌های دولتی، دوره ۵، شماره ۲، ص ۸۹-۱۰۶.

تی‌بورک، مایکل (۱۳۸۹). تجاری‌سازی نانو فناوری. ترجمه بنفشه صدری و غلامرضا صالحی. تهران: انتشارات تایماز.

چکلند، پیتر و پولتر، جان (۱۳۹۳). یادگیری برای عمل. ترجمه محمدرضا مهرگان، محمود دهقان، محمدرضا اخوان و کامیار رئیس‌فر. تهران: انتشارات مهربان نشر.

رادفر، رضا، خمسه، عباس و مدنی، حسام‌الدین (۱۳۸۸). «تجاری‌سازی فناوری عامل مؤثر در توسعه فناوری و اقتصاد». فصلنامه رشد فناوری، دوره ۵، شماره ۲۰، ص ۳۳-۴۰.

روزنامه تعادل (۱۵ اسفند ۱۳۹۵). «متنوع‌سازی سبد صادراتی با رویکرد فضای محصولی». کد خبر ۱۱۸۲۰۴؛ بازیابی در: <http://www.taadolnewspaper.ir>

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۴). راهبرد آینده: راهبرد توسعه فناوری نانو در جمهوری اسلامی ایران ۱۳۸۴-۱۳۹۳؛ بازیابی در: www.nano.ir

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۲). ماهنامه فناوری نانو، سال دوازدهم، شماره ۷.

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۹۴). گزارش عملکرد اجرای برنامه پیشرفت فناوری نانو در ایران ۱۴۰۴ (راهبرد دهساله دوم توسعه فناوری نانو)؛ بازیابی در: www.nano.ir

سریع فناورانه، باید از طریق نظام حقوقی متوازن جدیدی قانونمند شود (Pinson, 2004, p. 305). دیویس، ضمن انتقاد از قوانین موجود، تدوین قوانین جدید در حوزه نانو مواد را به سه علت لازم می‌داند: نخست، ناتوانی قوانین در پاسخ به رفتارهای منحصر به فرد و غیرقابل پیش‌بینی نانو ذرات؛ دوم، ضعف مقام قانونی برای بازبینی ساخت نانو ذرات؛ و سوم، سلطه سرمایه‌گذاری، سازوکارهای اجرایی و ارزیابی دولت فدرال (Rakhlin, 2008, p. 22).

رویکرد ایران، همانند اغلب کشورهای پیشرو در حوزه فناوری نانو، تکیه بر قوانین موجود برای ضابطه‌مند کردن این حوزه بوده است. بخش عمده‌ای از فعالیت‌های قانون‌گذاری شامل تلاش برای جمع‌آوری داده‌های سنجیده‌تر، استانداردسازی و هماهنگ‌سازی ارزیابی ریسک به منظور سوق دادن سازمان‌های قانون‌گذار به تنظیم سیاست‌ها در کنار تدوین دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های ایمنی و نظارتی در حوزه‌های محیط‌زیست، ایمنی و سلامت محیط شغلی و ایمنی محصولات مصرفی بوده است. باین حال، توسعه پایدار فناوری نانو در ایران، سرعت بخشیدن به تجاری‌سازی محصولات نانو و بهبود کیفیت زندگی مردم نیازمند ایجاد تعادل میان منافع و خطرات فناوری نانو از طریق ایجاد چارچوب‌های خاص حقوقی است. در راهبرد دهساله توسعه فناوری نانو، در بحث تحلیل وضعیت درونی و بیرونی فناوری نانو، نبود بستر حقوقی کارآمد یکی از نقاط ضعف اصلی در فناوری نانو بر شمرده شده و ایجاد بسترهای حقوقی و قانونی مناسب از سوی دولت عاملی اساسی در سرعت بخشیدن به پیشرفت فناوری نانو قلمداد شده است (ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۱۳۸۴).

نتیجه‌گیری

با درک اهمیت فناوری نانو در توسعه اقتصادی و کسب بازارهای جهانی، دولت‌های پیشرو در این حوزه، برای تجاری‌سازی محصولات نانو و ارائه الگوی خط‌مشی‌گذاری تجاری‌سازی محصولات تجاری نانو محور، رویکردهای متفاوتی اتخاذ کرده‌اند. با پذیرش اهمیت روزافزون علم و فناوری در توسعه اقتصادی، پیامد منطقی آن، یعنی اهمیت فوق‌العاده ایجاد ظرفیت تولید نوآوری مبتنی بر علم، نیز در جامعه نمایان می‌شود؛ ایده‌های جدید و بکر در بنگاه‌ها خلق می‌شود و با موفقیت فناوری‌ها و راهکارهایی که روش‌های قبلی را منسوخ می‌کنند، تغییرات اقتصادی ایجاد می‌شود. این نتیجه‌گیری، خصوصاً در کشورهای در حال توسعه، الزامات مهمی را در خصوص خط‌مشی‌گذاری، برنامه‌های اجرایی و نهادسازی به وجود می‌آورد. در حوزه فناوری نانو، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، با وجود فعالیت‌های تحقیقاتی و علمی دانشمندان نانو، نبود چارچوب‌ها و زیرساخت‌های حمایت از تولید محصولات نانو و بی‌توجهی به شاخص‌های تجاری‌سازی محصولات نانو محور توسعه و تجاری‌سازی محصولات نانو را با

- Nanotechnology: Business, Policy and Intellectual Property Law*. Willy
- Montazemi, A. R. and Conrath D. W. (1986). "The use of cognitive mapping for information requirements analysis". *MIS quarterly*, 157(6), pp. 45-56.
- Moses, Lyria Bennett (2007). "The Legal Landscape Following Technological Change: Paths to Adaptation". *Bulletin of Science Technology Societ*, 27(5), pp. 408-416.
- Rakhlin, Maksim (2008). "Regulating Nanotechnology: A Private-Public Insurance Solution". *Duke L. & Tech. Re*, 2, pp. 1-19
- Ronald, D., Lowe, J., Mastroianni, T. and Conin, J. (2007). *Barriers to Nanotechnology Commercialization (Technical Report)*. United States: Department of Commerce Technology Administration, pp. 1-57.
- Pinson, R. D. (2004). "Is Nanotechnology Prohibited By the Biological and Chemical Weapons Conventions?". *Berkeley Journal of International Law*, 22(2), pp. 279-309.
- Scown T. M., Santos E. M., Johnston, B. D., Gaiser, B., Baalousha, M., Mitov, S. et al. (2010). "Effects of Aqueous Exposure to Silver Nanoparticles of Different Sizes in Rainbow Trout". *Toxicol Sci*, 115(2), pp. 521-534.
- Sohl, J. (2003). "The Private Equity Market in the USA: Lessons from Volatility". *Venture Capital Journal*, 5(1), pp.29-46.
- Statnano (2018). <https://statnano.com>
- Stevens, G. and Burley, J. (1997). "3,000 Raw Ideas= One Commercial Success". *Research Technology Management*, 40(3), pp. 16-27.
- Xiao, Xiaoyin, Fan, Fu-Ren F., Zhou, Jiping and Bard, Allen J. (2008). "Current Transients in Single Nanoparticle Collision Events". *J Am Chem Soc*; 130(49), pp. 16669-16677.
- عنایتی، ابراهیم (مترجم) (۱۳۹۲). «چشم‌انداز توسعه فناوری نانو: پیشگامی ملی فناوری نانو در ده سال». ماهنامه فناوری نانو، سال دوازدهم، شماره ۹، ص ۳۲-۳۷.
- مالکی، امین (تابستان ۱۳۹۰). «بررسی تنوع‌پذیری در صادرات غیرنفتی ایران با معرفی یک شاخص جدید». پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۵۸، ص ۷۹-۱۰۶.
- Book, Robert A. (Sept. 5, 2002). *Public Research Funding and Private Innovation: The Case of the Pharmaceutical Industry*. available at: <https://math.nist.gov/mcsd/Seminars/2002/2002-12-03-book.html>
- Bosso, Christopher J. (2010). *Governing Uncertainty: Environmental Regulation in the age of Nanotechnology*. RFF Press.
- Bowman, D. M. and Hodge, G. A. (2007). "A Small Matter of Regulation: An International Review of Nanotechnology Regulation". *The Columbia Science and Technology Law Review*, 8(1), pp. 1-36.
- Cohen, L. R. and Noll, R. G. (1991). *The Technology Pork Barrel*. Washington DC: Brookings Institution Press.
- Donaldson, K., Stone, V., Tran, C., Kreyling, W. and Borm, P. (2004). "Nanotoxicology". *Occupational and environmental medicine*, 61, pp. 727-728.
- Falkner, R. and Jasper, N. (2012). "Regulating Nanotechnologies: Risk, Uncertainty and the Global Governance Gap". *Global Environmental Politics*, 12 (1), pp. 30-55.
- Forrest, David (1989). "Regulating Nanotechnology Development". *Foresight Nanotech Institute*. available at: <http://www.foresight.org/nano/Forrest1989.html>.
- Helwegen, W. and Escoffier, L. (2012). *Nanotechnology Commercialization for Managers and Scientists*. New York: Taylor & Francis Group Press.
- Hosseini, J. and Esmaeeli, S. (2010). "To Determine the Challenges in Commercialization of Nanotechnology in Agricultural Sector of Iran". *Journal of Biological Sciences*, 5 (6), pp. 448- 451.
- Jolly, Vijay K. (2009). *Commercializing New Technologies: Getting from Mind to Market*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Klofsten, M. and Evans, D. J. (2000). "Comparing Academic Entrepreneurship in Europe - The Case of Sweden and Ireland". *Small Business Economics*, 14(4), pp. 299-309.
- Matsuura, Jeffrey H. (2006). *Nanotechnology Regulation and Policy Worldwide*. Artech House, INC.
- Miller, J. C. Serrato, R., Represas-Cardenas JM, Kundahl, G. (2004). *The Handbook of*