

بسمه تعالی

## توسعه فناوری‌های نوین، نیازمند جامع‌نگری در آموزش نیروی انسانی مطالعه موردی: نانوفناوری

رضا اسدی فرد

شبکه تحلیل گران تکنولوژی ایران (ایتان)

[asady@itanetwork.org](mailto:asady@itanetwork.org)

خ کارگر شمالی، بالاتر از خ فاطمی، کوچه شهید اکبری، پ ۸

**کلمات کلیدی:** آموزش، نانوفناوری، زنجیره ثمردهی فناوری

### چکیده:

توسعه فناوری‌های نوین به دلیل دانش‌محور بودن آنها، به شدت نیازمند وجود نیروهای متخصص در همه ابعاد توسعه است به طوری که امروزه کشورها مهم‌ترین زیرساخت لازم در امر توسعه فناوری‌های پیشرفته را تربیت نیروی انسانی متخصص و توانمند می‌دانند. تجربه کشورهای موفق نشان می‌دهد که در امر آموزش نیروی انسانی، نباید تنها به نیازهای آموزشی و پژوهشی توجه شود بلکه همه حلقه‌های زنجیره ثمردهی فناوری اعم از آموزش، پژوهش و دستیابی به فناوری، زیرساخت‌ها، صنعت، سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر، بازاریابی و غیره مدنظر قرار گرفته و نیروی انسانی توانمند برای آنها تربیت شود. نانوفناوری به عنوان یک فناوری عام و انقلابی، فرصتی ویژه‌ای برای توسعه کشور از لحاظ فناوری محسوب می‌شود و به دلیل بین‌رشته‌ای بودن و سرعت بالای رشد، نیازمند نیروهای متخصص در زمینه‌های مختلف از آزمایشگاه تا بازار است. در این مقاله، حلقه‌های مختلف زنجیره ثمردهی فناوری، نیروی انسانی لازم برای هر حلقه و عوامل درگیر (اعم از سازمان‌ها، وزارتخانه، دانشگاه‌ها و غیره) در هر بخش مورد بحث و بررسی قرار گرفته و پیشنهادهایی جهت تأمین نیروی انسانی مورد نیاز به منظور توسعه نانوفناوری در کشور ارائه شده است.

## الف) مقدمه:

فناوری به عنوان اصلی‌ترین سلاح رقابتی بنگاه‌های اقتصادی در قرن بیست و یکم مطرح است و تلاش برای پیشتازی در زمینه فناوری، مهم‌ترین بخش برنامه‌ریزی‌های صنعتی و اقتصادی کشورها را به خود اختصاص داده است. با این وجود در کشور ما هنوز برخی برداشت‌های نادرست از مفهوم فناوری وجود دارد که باعث می‌شود برنامه‌ریزی‌های کشور در زمینه توسعه فناوری موجب رشد و بالندگی اقتصادی و صنعتی کشور نشود.

یکی از این برداشت‌های نادرست توجه نکردن به استقلال مفهومی علم و دانش از "تکنولوژی" یا همان "فناوری" است. این فکر اغلب در بین طیف دانشجویی کشور رایج است همانطور که طیف نیروهای صنعتی به غلط تکنولوژی را معادل ماشین‌آلات و تجهیزات و حداکثر مستندات فنی می‌دانند. البته تبیین استقلال مفهومی تکنولوژی، هدف این تحقیق نیست. [۱] ولی به اجمال پیش‌فرض مقاله حاضر همان مفهومی است که در بخش تعاریف مقاله در مورد تکنولوژی یا فناوری ارایه شده است.

برداشت ناصحیح دوم در زمینه رابطه بین علم و فناوری است. تصور غالب این است که رابطه‌ای خطی بین این دو برقرار است و هرگونه افزایش سرمایه‌گذاری در زمینه تولید علم (به معنای تولید مقاله و پتنت) به تولید فناوری و در نهایت تولید ثروت می‌انجامد. در حالی که مطالعات مختلف نشان می‌دهد که چنین رابطه خطی وجود ندارد. و تا زمانی که بسترها و زیرساخت‌های لازم برای توسعه فناوری فراهم نشود، تولید علم به فناوری و بازار نخواهد رسید. یک مثال واضح در این زمینه موضوع را روشن‌تر می‌کند. چند سال پیش در کنفرانس بین‌المللی نیمه‌هادی‌ها در آمریکا، حدود ۱۰ درصد مقالات ارائه شده به محققین ایرانی اختصاص داشت در حالی که در این زمینه ایران نه فناوری تولید نیمه‌هادی‌ها را به دست آورده و نه ثروتی از طریق صنعت نیمه‌هادی و صنایع مرتبط با آن عاید ایران شده است.

تفکر رابطه خطی علم و فناوری باعث شده است که در بین حلقه‌های مختلف زنجیره ثمردهی فناوری تنها به بخش آموزش و نهایتاً پژوهش‌های دانشگاهی توجه شود و در پرورش نیروی انسانی تنها این دو حلقه مورد توجه قرار گیرند. در حالی که به نظر می‌رسد مرحله اصلی توسعه و ثمردهی فناوری بعد از این مراحل یعنی در مرحله صنعتی‌سازی، تجاری‌سازی و بازاریابی است.

## ب) تعاریف:

### ۱-ب) فناوری

بررسی ادبیات فناوری ۱ نشان می‌دهد که هر کسی از ظن خود به فناوری نگاه می‌کند و بنابراین قرائت‌های مختلفی از تعریف فناوری وجود دارد؛ از جمله برخی آن را از جنس "دانش" و برخی آن را نوعی "توانایی" می‌دانند. [۲]

سازمان مدیریت صنعتی اروپا، فناوری را "وسیله به کارگیری دانش، علم و اکتشافات برای تولید کالا و خدمات" تعریف کرده است. [۳] آلبرت روبن‌اشتاین (Rubenstein ۱۶۸۹)، استاد معروف "مدیریت فناوری" ۳ در دانشگاه‌های آمریکا، فناوری را "گستره وسیعی از فعالیت‌ها و اقدامات لازم برای تولید دانش فنی، مواد، فرآیند و فرآورده‌های نوین" می‌داند [۴].

اما طارق خلیل، رئیس انجمن بین‌المللی مدیریت تکنولوژی، در کتاب مدیریت تکنولوژی خود مفهوم فناوری را چنین بیان می‌کند: "فناوری را می‌توان کلیه دانش‌ها، فرآیندها، ابزارها، روش‌ها و سیستم‌های به‌کاررفته در ساخت محصولات و ارائه خدمات، تعریف کرد. در بیانی ساده‌تر، فناوری روش انجام کار و ابزاری است که توسط آن به اهداف خود نائل می‌شویم." [۵].

<sup>1</sup> -Technology

<sup>2</sup> – European Industrial Research Management Association (EIRMA)

<sup>3</sup> –Technology Management

به نظر می‌رسد تعاریفی که فناوری را از جنس توانایی تعریف کرده‌اند، مطلوب‌ترند. این توانایی همانند یک روح واحد در کالدهای مختلفی دیده می‌شود که شامل کالدهایی همچون: سخت‌افزار (ماشین‌آلات و تجهیزات)، نرم‌افزار (دانش فنی، اطلاعات، اسناد و غیره)، نیروی انسانی ماهر و متخصص و سازماندهی و مدیریت می‌شود و نتیجه آن تبدیل منابع اولیه به کالا و خدمات و به طور خلاصه برآورده شدن نیازهای انسان است. [۶]. باید توجه کرد که گاهی برخی از این اجزاء یا همه آنها وجود دارد ولی آن روح واحد، یعنی توانایی بر مجموعه آنها حاکم نیست و در نتیجه ما نمی‌توانیم، طراحی کنیم، بسازیم، تعمیر کنیم و در یک کلام نیاز خود را رفع کنیم.

## ۲-ب) زنجیره ثمردهی فناوری

برای اینکه یک ایده نوآورانه علمی به یک فناوری قابل عرضه در بازار تبدیل شده و به تولید ثروت بیانجامد، لازمست از مراحل مختلفی بگذرد که این مراحل همانند حلقه‌های یک زنجیر (شکل ۱) در امتداد (یا به عنوان حلقه‌های فرعی در عرض) هم قرار می‌گیرند و فقدان هر کدام از آنها روند تبدیل علم و دانش به فناوری را با اختلال مواجه می‌کند. تعداد حلقه‌های زنجیره ثمردهی فناوری با توجه به دیدگاه ما و اهمیتی که برای هر مرحله از رشد و توسعه یک فناوری قائل می‌شویم، کم و زیاد خواهند شد. ولی به هر حال تعدادی حلقه اصلی در این زنجیره وجود دارد که توجه به آنها برای رشد فناوری و رسیدن به مرحله بازار اجتناب‌ناپذیر است. این حلقه‌ها عبارتند از:

۱) آموزش نیروی انسانی (متخصص)

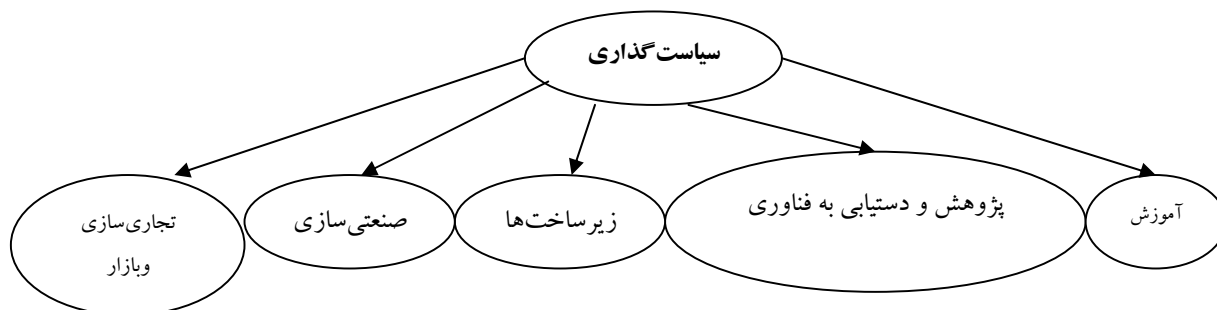
۲) پژوهش و دستیابی به فناوری

۳) زیرساخت‌های توسعه فناوری

۴) صنعتی‌سازی

۵) تجاری‌سازی

۶) سیاست‌گذاری



شکل ۱) زنجیره ثمردهی فناوری

## ج) ضرورت جامع‌نگری در آموزش نیروی انسانی

در فناوری‌های نوین به دلیل نقش محوری دانش و مهارت‌های انسانی در توسعه این فناوری‌ها، آموزش نیروی انسانی ماهر، شاید مهم‌ترین زیرساخت توسعه محسوب شود. کشورهای پیشرو با درک این مسئله، نه تنها توسعه منابع انسانی لازم برای آموزش و پژوهش در مراکز دانشگاهی و سایر مراکز پژوهشی و آموزشی را مدنظر قرار داده‌اند، بلکه برای حلقه‌های بعدی زنجیره ثمردهی فناوری نیز نیروهای توانمند لازم را تربیت کرده‌اند. بنابراین در این کشورها، سرمایه‌گذاری انجام‌شده در مراکز علمی و پژوهشی به‌وسیله این نیروها به مرحله صنعت و بازار رسیده و موجبات رشد و توسعه سریع این کشورها را فراهم کرده است.

ولی آنچه تاکنون در کشور ما اتفاق افتاده، این بوده است که برای مرحله آموزش و پژوهش دانشگاهی نیروهای متخصص توسط مراکز دانشگاهی آموزش داده می‌شوند ولی مراحل دیگر توسعه فناوری به سیستم موجود سپرده می‌شود و نیروهای توانمند لازم با تخصص‌های موردنیاز برای رساندن یک ایده نوآورانه از آزمایشگاه به مرحله تولید ثروت در بازار تربیت نمی‌شوند.

نانوفناوری که به دلیل تأثیرگذاری در همه عرصه‌های صنعتی و داشتن پتانسیل فراوان برای ایجاد صنایع جدید و کاربردهای نوین به عنوان یک اولویت برای کشور در برنامه‌های آینده مطرح شده است، برای اینکه بتواند جهشی در سطح فناوری کشور ایجاد کرده و باعث توسعه صنعتی و اقتصادی کشور شود، نیازمند نیروهای توانمند با تخصص‌های لازم برای حلقه‌های مختلف زنجیره "علم تا بازار" است. اگر کشور بتواند در این زمینه تجربه موفق را بدست آورد، علاوه بر نانوفناوری می‌تواند در سایر عرصه‌های فناوری هم گام‌های بلندی به سوی جایگاه مطلوب برای خود بردارد.

در ادامه مقاله، به مهم‌ترین حلقه‌های زنجیره ثمردهی یک فناوری اشاره شده است و با بررسی هر حلقه در زمینه نانوفناوری، نیروهای انسانی لازم برای گذر موفقیت‌آمیز فناوری از آن حلقه مورد بررسی قرار گرفته است و بالاخره پیشنهاداتی نیز جهت تربیت نیروی انسانی لازم برای هر حلقه ارائه شده است.

## (د) آموزش

اولین و پایه‌ای‌ترین بخش در آموزش، تربیت نیروهای متخصص در زمینه نانوفناوری است. این افراد به عنوان اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی به تدریس مباحث مرتبط با نانوفناوری در این مراکز می‌پردازند. همچنین مربیان و تکنسین‌های ماهری نیز باید تربیت شوند تا روش کار با تجهیزات نانومتری را به دانشجویان و پژوهشگران جوان آموزش دهند.

نانوفناوری فرصت‌های بی‌سابقه‌ای را برای پیوند بین رشته‌ها و ارتقای آموزش در رشته‌های واسط بین فیزیک، ریاضیات، شیمی، بیولوژی و مهندسی بوجود می‌آورد. اگرچه تغییرات با آهنگ نسبتاً سریعی در کشورهای پیشرو در جریان است [۷] ولی در دانشگاه‌های ما به گرایش‌های بین‌رشته‌ای توجهی زیاد نشده است. تصویب یک رشته جدید و تربیت مدرسین آن رشته، چندین سال به طول می‌انجامد به طوری که زمان مناسب برای شروع حرکت و همگامی با جریان جهانی فناوری از دست می‌رود. بنابراین باید از روش‌های میانبری برای تربیت متخصصین آشنا با نانوفناوری اقدام شود. عمده‌ترین وظیفه آموزشی در زمینه نانوفناوری بر عهده دانشگاه‌هاست.

در دوره‌های کارشناسی بحث آموزش از طریق ارائه دروس مربوطه به نانوفناوری در رشته‌های مختلف با تأکید بر ماهیت بین‌رشته‌ای آن و نیز برگزاری سمینارها و کارگاه‌های آموزشی امکان‌پذیر است.

در دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری دانشجویان می‌توانند در رشته‌های مرتبط با نانوفناوری ادامه تحصیل دهند و در کنار مباحث آموزشی، نانوفناوری را به عنوان زمینه تحقیقاتی خود انتخاب کنند.

جدول ۱) نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه نانو تکنولوژی در بخش آموزش

نوع آموزش	عوامل درگیر	نیروی انسانی مورد نیاز	نحوه تأمین نیروی انسانی
عمومی	صدا و سیما مطبوعات نشریات الکترونیکی	نیروهای ترویجی آشنا با موضوع نانو تکنولوژی	<ul style="list-style-type: none"> <li>برگزاری دوره‌هایی برای خبرنگاران و تولیدکنندگان فیلم</li> <li>پرورش خبرنگاران و فیلم‌سازان تخصصی</li> </ul>
تخصصی	آموزش و پرورش (دبیرستان‌ها)  وزارت علوم (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها)  وزارت بهداشت  وزارتخانه‌های دیگر	دبیران و معلمین آشنا با نانو تکنولوژی  متخصصین و اساتید برای آموزش در سطوح مختلف نانو تکنولوژی (کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری)	<ul style="list-style-type: none"> <li>برگزاری دوره‌های کوتاه مدت آموزشی برای دبیران رشته‌های شیمی، فیزیک و سایر رشته‌های مرتبط</li> <li>اخذ دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری در زمینه نانو تکنولوژی با استفاده از اساتید داخلی و خارجی</li> <li>بورسیه، فرصت مطالعاتی و دوره‌های کوتاه مدت خارج برای دانشجویان دکتری و اعضا هیئت علمی دانشگاه‌ها</li> </ul>

برای تربیت نیروهای لازم جهت آموزش محققین در سریع‌ترین زمان، می‌توان از متخصصین جوان که در رشته مرتبط با نانوفناوری در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی عالی مشغول به تدریس هستند، استفاده نمود. اعزام متخصصین جوان و بااستعداد به فرصت‌های مطالعاتی کوتاه مدت مطابق با نیازهای آموزشی، از جمله روش‌های میان‌بر برای تأمین کادر آموزشی مورد نیاز در زمینه نانوفناوری است. برگزاری دوره‌های دکتری مشترک در داخل با استفاده از اساتید خارجی نیز روشی است که به عقیده کارشناسان می‌تواند علاوه بر کاهش مهاجرت استعداد به خارج، موجب افزایش اعتبار علمی کشور به دلیل ثبت مقالات و دستاوردهای پژوهشی محققین جوان به اسم ایران باشد. همچنین با این روش هزینه تربیت یک دانشجوی دکتری نسبت به روش اعزام به حدود نصف کاهش می‌یابد. [۸]

آموزش در سطوح پائین تر از جمله در دبیرستان و همچنین آموزش عمومی نانوفناوری از جمله نیازهای دیگری است که باید نیروهای لازم برای آنها تربیت شود (جدول ۱).

## ۵) پژوهش

برای دستیابی به فناوری‌های نانو وجود یک جته بحرانی ۱ از نیروهای پژوهشگر و دانش علمی لازم است و پس از تکمیل این جته بحرانی است که محصولات واقعی، زیرساخت تولیدی و مشاغل پردرآمد خودنمایی کرده و بازگشت سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده در این حوزه آغاز می‌شود [۹].

در بخش پژوهش نیاز به نیروهای متخصص زیادی وجود دارد که اغلب دارای مدرک کارشناسی ارشد به بالا هستند. فناوری نانو تلفیقی از آموزش و پژوهش در مقیاس اتمی و مولکولی پدید آورده است. پژوهشگران جوان که در حال گذراندن دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری خود هستند، می‌توانند موضوعاتی با محوریت اولویت‌های تعیین‌شده توسط "ستاد ویژه توسعه فناوری ۲" را به عنوان زمینه تحقیقاتی خود انتخاب کنند. اعطای تسهیلات لازم به این محققین جوان برای فعالیت تمام‌وقت تحقیقاتی در زمینه نانوفناوری باعث افزایش توانمندی پژوهشی کشور خواهد شد.

جدول ۲) نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه نانوتکنولوژی در بخش پژوهش

موضوع	عوامل درگیر	نیروی انسانی مورد نیاز	نحوه تأمین نیروی انسانی
پژوهش	دانشگاه‌ها	اساتید دانشگاه	• سوق دادن دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری داخل به موضوعات نانو از طریق ایجاد تسهیلات و حمایت از پروژه‌ها
	پژوهشگاه‌ها	متخصصین	• فرستادن اعضاء هیئت علمی دانشگاه‌ها در رشته‌های مرتبط با نانو به دوره‌های آموزشی کوتاه‌مدت (مثل فوق دکتری) در خارج
R&D	مراکز R&D	دانشجویان کارشناسی ارشد	• برگزاری دوره‌های آموزش کوتاه‌مدت برای پژوهشگران در زمینه نانوتکنولوژی
	بخش خصوصی	دانشجویان دکتری	
		کارشناسان بخش خصوصی	
		مدیران پژوهشی	

فرستادن اعضاء هیئت علمی دانشگاه‌ها به فرصت‌های مطالعاتی کوتاه‌مدت با هدف کسب فناوری‌های مشخص و موردنیاز کشور از جمله راهکارهای زودبازدهی است که می‌تواند مدنظر قرار گیرد. برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی برای پژوهشگران بخش خصوصی می‌تواند به آنها در شناسایی کاربردهای نانوفناوری در صنایع مختلف کمک کند.

<sup>۱</sup> –Critical Mass

<sup>۲</sup> . این ستاد به دستور رییس جمهور در پاییز ۱۳۸۲ برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برای توسعه نانوفناوری در ایران تاسیس شد.

در بخش پژوهش، ستاد ویژه توسعه نانو فناوری نقش مهمی دارد. سیاست گذاری کلان پژوهشی و اولویت گذاری نانو فناوری توسط ستاد انجام شده و سازمان و وزارتخانه ها بر اساس این اولویت ها و سیاست ها، پروژه های مورد علاقه خود را تعیین می کنند. همچنین لازم است، ستاد از طرح های ویژه که به منظور استفاده از فرصت های خاص تعریف می شود، حمایت های ویژه ای به عمل می آورد.

پرورش نیرو های توانمند برای مدیریت طرح های پژوهشی از نیاز های اساسی در زمینه پژوهش نانو فناوری است. جدول (۲) به عوامل درگیر در پرورش نیرو های انسانی لازم در بخش پژوهش و پیشنهادهایی در این زمینه اشاره دارد.

## (و) صنعت

در زنجیره ثمردهی فناوری، صنعتی شدن یک فناوری، یکی از مهم ترین گام هاست که تأثیر زیادی در جلب سرمایه گذاران دارد. آموزش نیروی انسانی لازم برای صنایع مبتنی بر نانو فناوری از بخش های مهم در تربیت نیروی انسانی توانمند در زمینه نانو فناوری است.

**جدول (۳) نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه نانو تکنولوژی در بخش صنعت**

صنعت	عوامل درگیر	نیروی انسانی مورد نیاز	نحوه تأمین نیروی انسانی
صنعت <small>بخش دولتی (وزارتخانه ها و سازمان ها)</small>	بخش خصوصی	- مدیران شرکت های نانو تکنولوژی (ریسک پذیر و آشنا با تکنولوژی های جدید)	• آموزش مدیریت تکنولوژی های پیشرفته به مدیران صنعت
	صنایع جهاد- کشاورزی بهداشت نفت دفاع	- مهندسين و متخصصين مرتبط با نانو تکنولوژی - تکنسین های آشنا با تجهیزات نانو تکنولوژی - کارشناسان آشنا با بحث انتقال نانو تکنولوژی و ارتباطات صنعتی بین المللی	• آموزش کاربردها و زمینه های تجاری نانو تکنولوژی در صنعت • تورهای صنعتی خارجی برای مدیران و کارشناسان صنعت • فرستادن کارشناسانی برای آموزش کار با تجهیزات نانو تکنولوژی و ماشین آلات صنعتی مربوطه • انتشار تکنولوژی های تجاری شده در بین صنایع از طریق کارگاه ها و دوره های آموزشی

آموزش و آشناسازی مدیران بخش خصوصی با نانو فناوری و کاربردهای آن و همچنین تأثیرات نانو فناوری در حوزه فعالیت این مدیران، زمینه ورود نانو فناوری را به صنایع مختلف فراهم می کند. وزارت صنایع و معادن می تواند نقش مهم در این زمینه داشته باشد. انتشار فناوری های نانو انتقال داده شده از خارج در میان صنایع مختلف نیاز به نیرو هایی دارد که بتوانند بهترین فناوری ها را در زمینه نانو از بهترین منابع خارجی انتقال دهند و آنها را در بین صنایع قابلیت دار انتشار داده و ترویج کنند.

تربیت تکنسین های ماهری که بتوانند به صنایع مختلف سرویس داده و نیاز های آنها را در زمینه کار با تجهیزات نانو فناوری بر آورده کنند، از مباحث مهم دیگر در زمینه تربیت نیروی انسانی توانمند در زمینه نانو فناوری است.

در جدول (۳) به بحث آموزش نیروی انسانی لازم در زمینه صنایع مبتنی بر نانو فناوری اشاره شده است.

## ز) زیرساخت‌های توسعه نانو فناوری

در نظام فناوری بیش از ۱۸ نوع زیرساخت برای توسعه فناوری‌های نوین مطرح می‌شود که از آن جمله می‌توان به نظام اطلاع‌رسانی فنی، مالکیت معنوی، نظام استاندارد و گواهی کیفیت (Certificate)، پارک‌های فناوری، انکوباتورها، نظام انتشار فناوری و سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر، مراکز انتقال فناوری و نظیر آنها اشاره کرد [۱۰].

جدول (۴) نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه نانو تکنولوژی در بخش زیرساخت

انواع زیرساخت	نیروی انسانی مورد نیاز	نحوه تأمین نیروی انسانی
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ آزمایشگاه مرجع و شبکه آزمایشگاهی نانو تکنولوژی</li> <li>❖ مراکز استاندارد و گواهی کیفیت</li> <li>❖ مرکز اطلاع‌رسانی علمی و تکنولوژیک</li> <li>❖ صندوق سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ تکنسین‌های ماهر برای کار با تجهیزات حساس نانو تکنولوژی</li> <li>▪ مشاوران تخصصی و علمی در شاخه‌های مختلف نانو تکنولوژی</li> <li>▪ متخصصین استاندارد و کنترل کیفیت در زمینه نانو تکنولوژی</li> <li>▪ نیروهای فعال در زمینه شناسایی منابع قوی علمی و تکنولوژیک</li> <li>▪ مدیران بانک‌ها و صندوق‌های اعتباری آشنا با سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر در فناوری‌های جدید</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• فرستادن فارغ‌التحصیلان رشته‌های مرتبط برای آموزش کار با تجهیزات نانو در خارج</li> <li>• استفاده از متخصصین دانشگاهی و صنعتی برای مشاوره‌های علمی و صنعتی</li> <li>• آموزش کارشناسان استاندارد با فناوری نانو</li> <li>• استفاده از دانشجویان دکتری و کارشناسی ارشد و حتی متخصصین برای شناسایی و جذب منابع علمی</li> <li>• برگزاری دوره‌های آموزش سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های نوین</li> </ul>

هر کدام از این زیرساخت‌ها که حلقه‌های اصلی یا فرعی زنجیره ثمردهی فناوری محسوب می‌شوند به کارشناسان و متخصصین مربوط به خود نیازمند هستند. به عنوان مثال برای مراکز استاندارد باید کارشناسان آشنا با استانداردهای نانو فناوری تربیت شوند و برای آزمایشگاه‌های مرجع باید متخصصین آشنا به کار با تجهیزات بسیار حساس مرتبط با نانو فناوری وجود داشته باشند. مدیران بانک‌ها و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی باید با نانو فناوری آشنا شوند تا بستر لازم برای سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر در زمینه نانو فناوری فراهم شود. در بحث ثبت اختراع و پتنت باید مشاوران و کارشناسانی آشنا با این موضوع آموزش ببینند تا محققین را در ثبت به موقع و حفظ حقوق مالکیت فکری دستاوردهایشان یاری کنند.

جدول (۴) نیروهای انسانی لازم در بحث زیرساخت توسعه نانو فناوری و پیشنهادهای برای تأمین نیروی انسانی لازم اشاره دارد.

## ج) تجاری‌سازی و بازاریابی

به موازات آنکه فناوری توسعه می‌یابد، پابرجا می‌شود، و پروانه ثبت اختراع می‌گیرد، بازاریابی آن نیز میسر می‌شود. بازاریابی زمانی حاصل می‌شود که هم فناوری و هم کاربردهای آن به اثبات رسیده باشد. تا این زمان بنگاه، احتمالاً مبالغ زیادی در زمینه "تحقیق و توسعه" و ثبت اختراع هزینه کرده باشد [۱۱].

تجاری‌سازی فناوری در حقیقت یک مرحله بعد از صنعتی‌سازی آن است به این معنا که وقتی یک فناوری امکان تولید انبوه را فراهم می‌کند باید دید آیا این فناوری می‌تواند در کنار فناوری‌های رقیب دیگر جای پای خود در بازار پیدا کند؟ هر چه تولیدات آمیخته با یک فناوری، جای پای بیشتری در بازار پیدا کند، ارزش آن فناوری افزایش می‌یابد. بنابراین هرچه بتوان فناوری‌های جانبی و محصولات جانبی

بیشتری از یک فناوری بدست آورد، آن فناوری سهم بازار بزرگ تری بدست آورده و تأثیر بیشتری در توسعه اقتصادی خواهد داشت. به عنوان مثال تاوه‌های نه‌جسب یکی از معروف‌ترین محصولات جانبی یافته‌های تحقیقاتی فضایی است.

یکی از ضعف‌های اصلی کشور به ویژه در فناوری نوظهور، تجاری‌سازی آنها و رساندن به بازار می‌باشد. تجاری‌سازی به عوامل مختلف مثل شناخت بازارهای بالقوه، فراهم کردن بستر سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر، پرورش نیروی انسانی کارآفرین و رقابت‌جو و غیره بستگی دارد. در سند پیشگامی ملی نانوفناوری آمریکا در این زمینه آمده است.

”برنامه‌هایی که هم‌اندیش میان علم، مهندسی و شاخه‌های مختلف کسب و کار [تجارت] را تشویق می‌کند قویاً شایسته حمایت است. زیرا تربیت ”کارآفرینان فنی و رقابت‌جو” برای آینده همان قدر اهمیت دارد که تربیت استادان و پژوهشگران.” [۱۲].

در سال ۲۰۰۲ از ۱۴۶ مورد سرمایه‌گذاری مخاطره‌پذیر در زمینه نانوفناوری، ۸۱ مورد در آمریکا صورت گرفته است که این به دلیل برتری فنی و علمی آمریکا نیست بلکه به دلیل توسعه‌یافتگی سرمایه‌گذاری مخاطره‌پذیر در آمریکا است [۱۳].

جدول (۵) نیروی انسانی لازم در زمینه تجاری‌سازی و بازاریابی را مورد بررسی قرار داده و پیشنهادهای در این زمینه ارائه کرده است.

#### جدول (۵) نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه نانوتکنولوژی در بخش تجاری‌سازی و بازار

عوامل درگیر	نیروی انسانی مورد نیاز	نحوه تأمین نیروی انسانی
شرکت‌های خصوصی یا دولتی تولیدکننده شرکت‌های تجاری و بازاریابی	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ کارشناسانی برای کاهش هزینه‌ها و افزایش رقابت‌پذیری</li> <li>▪ افراد تاجر و بازاریاب قوی در زمینه نانوتکنولوژی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• پرورش نیروهایی برای بازاریابی بین‌المللی (فرستادن افرادی برای تحصیل در این رشته)</li> <li>• برگزاری دوره‌هایی برای مدیران و کارشناسان داخلی با استفاده از کارشناسان کشورهای موفق در تجاری‌سازی تکنولوژی‌های جدید</li> <li>• استفاده از توان دیپلماسی و ارتباطات خارجی برای بازاریابی و گرفتن شریک خارجی</li> </ul>
وزارت بازرگانی	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ مدیران خلاق و توانمند برای یافتن شرکای خارجی</li> <li>▪ نیروهای کارآفرین و رقابت‌جو</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• برگزاری دوره‌های افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری برای کارشناسان صنایع</li> </ul>

#### ط) نیروهای سیاست‌ساز و سیاست‌گذار

سیاست‌گذاری توسعه فناوری اگرچه شاید یکی از حلقه‌های زنجیره ثمردهی فناوری نباشد ولی در حقیقت ناظر بر تمام حلقه‌های این زنجیره بوده و ضامن طراحی صحیح این زنجیره می‌باشد. بدون سیاست‌گذاری صحیح، حلقه‌های منفرد، زنجیره منسجم و کاملی را به وجود نخواهند آورد.

امروزه سیاست‌گذاری کلان فناوری، حتی در غیردولتی‌ترین اقتصادهای جهان به عنوان یک امر ضروری تلقی می‌شود و جالب‌تر اینکه اینگونه کشورها نیز با وجود منابع سرمایه‌ای و انسانی فراوان، در میان شاخه‌های مختلف فناوری دست به انتخاب و اولویت‌گذاری می‌زنند. [۱۴]

سیاست‌گذاری و مدیریت کلان نانوفناوری نیاز به نیروهای تحلیل‌گر زیادی دارد که با روش‌های اولویت‌گذاری فناوری در کشورهای مختلف آشنا باشند و مدلی مناسب را برای کشور در این زمینه طراحی کنند.

همچنین باید تیم‌های تحلیل‌گری به پایش تحولات فناوری در جهان پرداخته و فرصت‌های ویژه را برای حضور کشور در عرصه نانو فناوری شناسایی کنند.

تدوین برنامه استراتژیک کشور در زمینه نانو فناوری در میان‌مدت، کوتاه‌مدت و بلندمدت از دیگر وظایف نیروهای سیاست‌گذار است. این نیروها باید تمام نرم‌افزارهای لازم برای تصمیم‌گیری صحیح مسئولین عالی‌رتبه کشور را فراهم کنند و از طرف دیگر زمینه اجرای تصمیمات اتخاذ شده توسط ستاد ویژه توسعه فناوری را با رعایت حساسیت‌های لازم توسط وزارتخانه‌ها و بخش‌های مختلف فراهم کنند. نظارت بر حسن اجرای برنامه‌ها و ارائه گزارش بروز از نقاط ضعف و قوت کشور به مسئولین تصمیم‌گیر از دیگر فعالیت‌های نیروهای فعال در زمینه سیاست‌سازی و سیاست‌گذاری است.

در جدول (۶) به نیروی لازم جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در زمینه نانو فناوری اشاره شده است.

#### جدول (۶) نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه نانو تکنولوژی در بخش برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری

عوامل درگیر	فعالیت‌ها	نیروهای لازم	نحوه تأمین نیروی انسانی
ستاد ویژه توسعه نانو فناوری کمیته هماهنگی ستاد دبیرخانه ستاد نانو	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ برنامه‌ریزی استراتژیک</li> <li>▪ تعیین شاخص‌ها و نحوه الویت‌بندی طرح‌ها</li> <li>▪ مطالعه و تهیه نرم‌افزارهای لازم برای اجرای تصمیمات ستاد</li> <li>▪ آینده‌نگاری و Foresight نانو</li> <li>▪ پیگیری و نظارت بر اجرای برنامه‌های نانو</li> <li>▪ هماهنگ کردن وزارتخانه‌ها و سازمان‌ها با اهداف ستاد توسعه نانو فناوری</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>برنامه‌ریزان استراتژیک</li> <li>نیروهای تحلیل‌گر</li> <li>مدیران باتجربه</li> <li>متخصصین کلان‌نگر</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• برگزاری دوره‌های آموزش مدیریت تکنولوژی برای نیروهای برنامه‌ریز</li> <li>• استفاده از متخصصین و کارشناسان باتجربه در برنامه‌ریزی استراتژیک برای توسعه تکنولوژی</li> <li>• استفاده از مشاوران خارجی معتمد</li> <li>• فرستادن تعدادی نیرو برای دوره آموزشی در خارج</li> </ul>

سیاست‌سازی و سیاست‌گذاری

## مراجع:

۱. شاه‌میرزایی علیرضا، "تمایز تکنولوژی از علم و پیامدهای سیاستی و راهبردی آن"، همایش علم و فناوری، آینده و راهبردها، مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام، ۲۰ و ۲۱ دی ماه ۱۳۷۹.
۲. اسدی‌فرد رضا، صالحی وزیر حسین، "نقش واحدهای تحقیق و توسعه در جذب و بومی‌سازی تکنولوژی‌های وارداتی"، چهارمین همایش مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن، ۱۷ و ۱۸ آذر ۱۳۸۲.
۳. EIRMA, Acquisition of Technology for product and process Innovation, Paris, ۱۹۸۱.
۴. Rubenstein A.H, Managing Technology in the Decentralized Firm. New York, John Wiley & Sons, ۱۹۸۹.
۵. طارق خلیل، مدیریت تکنولوژی، ترجمه سید کامران باقری و همکاران، مرکز تکنولوژی نیرو، وزارت نیرو، ۱۳۸۱، ص ۳۴.
۶. ملکی‌فر عقیل، بوشهری علیرضا، مدیریت تکنولوژی، ویرایش اول، بهمن ۱۳۷۹، در دست انتشار صص ۲۰-۲۱.
۷. برنامه پیشگامی ملی نانو تکنولوژی آمریکا، ترجمه کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی، اسفند ۱۳۸۰، ص ۱۳۲.
۸. دکتر سرکار، "آموزش نانو فناوری"، دبیرخانه ستاد ویژه توسعه نانو فناوری، پاییز ۱۳۸۲.
۹. منبع ۷، ص ۱۴۵.
۱۰. اسدی‌فرد رضا، "جایگاه تکنولوژی‌های عام در سیاست‌های کلان کشور، مطالعه موردی تکنولوژی مواد"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس مدیریت تکنولوژی ایران، مرکز تکنولوژی نیرو (متن)، بهار ۱۳۸۲، ص ۷۳.
۱۱. منبع ۶، ص ۲۱۳.
۱۲. منبع ۷، ص ۱۴۴.
۱۳. فرصت‌های نانو تکنولوژی، ترجمه مغربی مرتضی و همکاران، کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی، دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری، شهریور ۱۳۸۲، ص ۸.
۱۴. قاضی نوری سید سپهر، "سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی علم و فناوری مطالعه موردی نانو تکنولوژی در ایران" کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی دفتر همکاری‌های فناوری، شهریور ۱۳۸۱، ص ۷۴.