

# توسعه فناوری‌های نوین نیازمند جامع‌نگری در آموزش نیروی انسانی

## مطالعه موردی: نانوفناوری

رضا اسدی فرد\*

### چکیده:

توسعه فناوری‌های نوین به دلیل دانش محور 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 ویژه 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.

### کلمات کلیدی: آموزش، نانوفناوری، زنجیره ثمردهی فناوری الف) مقدمه:

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 روشن تر می‌کند. چند سال پیش در کنفرانس بین‌المللی نیمه‌هادی‌ها در آمریکا، حدود ۱۰ درصد مقالات ارائه شده به محققان 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 صنعتی سازی، تجاری سازی و بازاریابی است.

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 دانشگاهی 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 پیش فرض مقاله حاضر همان مفهومی است که در بخش تعاریف مقاله در مورد تکنولوژی یا فناوری ارائه شده است. برداشت ناصحیح دوم در زمینه رابطه بین علم و فناوری است.

در بازار تبدیل شده و به تولید ثروت بیانجامد، لازم است از مراحل مختلفی بگذرد که این مراحل همانند حلقه های یک زنجیر (شکل ۱) در امتداد (یا به عنوان حلقه های فرعی در عرض) هم قرار می گیرند و فقدان هر کدام از آنها روند تبدیل علم و دانش به فناوری را با اختلال مواجه می کند. تعداد حلقه های زنجیره ثمردهی فناوری با توجه به دیدگاه ما و اهمیتی که برای هر مرحله از رشد و توسعه یک فناوری قائل می شویم، 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 اجتناب ناپذیر است.

این حلقه ها عبارتند از:

- ۱) آموزش نیروی انسانی (متخصص)
- ۲) پژوهش و دستیابی به فناوری
- ۳) زیرساخت های توسعه فناوری
- ۴) صنعتی سازی
- ۵) تجاری سازی
- ۶) سیاستگذاری

### ج) ضرورت جامع نگری در آموزش نیروی انسانی

در فناوری های نوین به دلیل نقش محوری دانش و مهارت های انسانی در توسعه این فناوری ها، آموزش نیروی انسانی ماهر، شاید مهم ترین 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 داده اند، بلکه برای حلقه های بعدی زنجیره ثمردهی فناوری نیز نیروهای توانمند لازم را تربیت کرده اند. بنابراین در این کشورها، سرمایه گذاری انجام شده در مراکز علمی و پژوهشی به وسیله 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 می شوند ولی مراحل دیگر توسعه فناوری به سیستم موجود سپرده می شود و نیروهای توانمند لازم با تخصص های موردنیاز برای رساندن یک ایده نوآورانه از

### ب) تعاریف:

#### ۱-ب) فناوری

بررسی ادبیات فناوری (۱) نشان می دهد که هر کسی از ظن خود به فناوری نگاه می کند و بنابراین قرائتهای مختلفی از تعریف فناوری وجود دارد؛ از جمله برخی آن را از جنس "دانش" و برخی آن را نوعی "توانایی" می دانند. [۲]

سازمان مدیریت صنعتی اروپا (۲)، فناوری را "وسیله به کارگیری دانش، علم و اکتشافات برای تولید کالا و خدمات" تعریف کرده است. [۳]

آلبرت روین اشتاین (Rubenstein ۱۶۸۹)، استاد معروف "مدیریت فناوری" (۳) در دانشگاه های آمریکا، فناوری را گستره وسیعی از فعالیت ها و اقدامات لازم برای تولید دانش فنی، مواد، فرآیند و فرآورده های نوین "می داند". [۴]

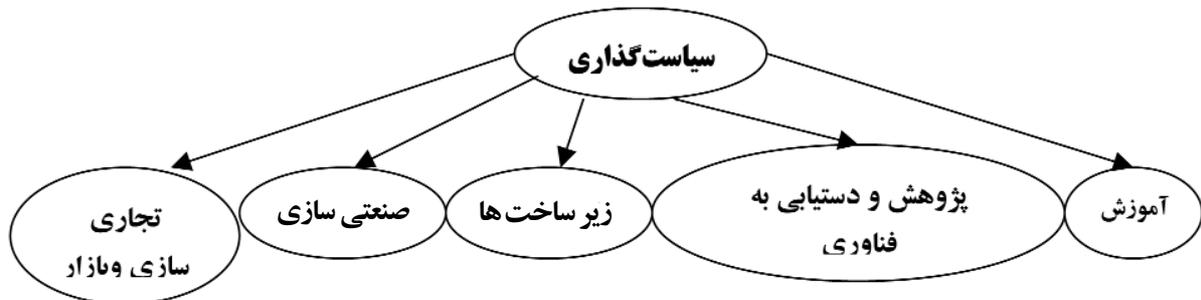
اما طارق خلیل، رئیس انجمن بین المللی مدیریت تکنولوژی، در کتاب "مدیریت تکنولوژی خود مفهوم فناوری را چنین بیان می کند: "فناوری را می توان کلیه دانش ها، فرآیندها، ابزارها، روش ها و سیستم های به کاررفته در ساخت محصولات و ارائه خدمات، تعریف کرد. در بیانی ساده تر، فناوری روش انجام کار و ابزاری است که توسط آن به اهداف خود نائل می شویم". [۵]

به نظر می رسد تعاریفی که فناوری را از جنس توانایی تعریف کرده اند، مطلوب ترند. این توانایی همانند یک روح واحد در کالدهای مختلفی دیده می شود که شامل کالدهایی همچون: سخت افزار (ماشین آلات و تجهیزات)، نرم افزار (دانش فنی)، اطلاعات، اسناد و غیره، نیروی انسانی ماهر و متخصص و سازماندهی و مدیریت می شود 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 نمی توانیم، 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



شکل ۱) زنجیره ثمردهی فناوری

آزمایشگاه به مرحله تولید ثروت در بازار تربیت نمی شوند.

نانوفناوری که به دلیل تأثیرگذاری در همه عرصه های صنعتی و داشتن پتانسیل فراوان برای ایجاد صنایع جدید و کاربردهای نوین به عنوان یک اولویت برای کشور در برنامه های 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 تخصص های لازم برای حلقه های مختلف زنجیره علم تا بازار است. اگر کشور بتواند در این زمینه تجربه موفق را بدست آورد، علاوه بر نانوفناوری می تواند در سایر عرصه های فناوری هم گام های بلندی به سوی جایگاه مطلوب برای خود بردارد.

در ادامه مقاله، به مهم ترین حلقه های زنجیره ثمردهی یک فناوری اشاره شده است و با بررسی هر حلقه در زمینه نانوفناوری، نیروهای انسانی لازم برای گذر موفقیت آمیز فناوری از آن حلقه مورد بررسی قرار گرفته است و بالاخره پیشنهادهای نیز جهت تربیت نیروی انسانی لازم برای هر حلقه ارائه شده است.

#### د) آموزش

اولین و پایه ای ترین بخش در آموزش، تربیت نیروهای متخصص در زمینه نانوفناوری است. این افراد به عنوان اعضای هیئت علمی دانشگاه ها و مراکز آموزش عالی به تدریس مباحث مرتبط با نانوفناوری در این مراکز می پردازند. همچنین مربیان و تکنسین های ماهر نیز باید تربیت شوند تا روش کار با تجهیزات نانومتری را به دانشجویان و پژوهشگران جوان آموزش دهند.

نانوفناوری فرصت های بی سابقه ای را برای پیوند بین رشته ها و ارتقای آموزش در رشته های واسطه بین فیزیک، ریاضیات، شیمی، بیولوژی و مهندسی بوجود می آورد. اگرچه تغییرات با آهنگ نسبتاً سریعی در کشورهای پیشرو در جریان است [7] ولی در

دانشگاه های ما به گرایش های بین رشته ای توجهی زیاد نشده است. تصویب یک رشته جدید و تربیت مدرسین آن رشته، چندین سال به طول می انجامد به طوری که زمان مناسب برای شروع حرکت و همگامی با جریان جهانی فناوری از دست می رود. بنابراین باید از روش های میانبری برای تربیت متخصصان آشنا با نانوفناوری اقدام شود. عمده ترین وظیفه آموزشی در زمینه نانوفناوری بر عهده دانشگاه هاست.

در دوره های کارشناسی بحث آموزش از طریق ارائه دروس مربوطه به نانوفناوری در رشته های مختلف با تأکید بر ماهیت بین رشته ای آن و نیز برگزاری سمینارها و کارگاه های آموزشی امکان پذیر است.

در دوره های کارشناسی ارشد و دکتری دانشجویان می توانند در رشته های مرتبط با نانوفناوری ادامه تحصیل دهند و در کنار مباحث آموزشی، نانوفناوری را به عنوان زمینه تحقیقاتی خود انتخاب کنند.

برای تربیت نیروهای لازم جهت آموزش محققان در سریع ترین زمان، می توان از متخصصان جوان که در رشته مرتبط با نانوفناوری در دانشگاه ها و مراکز آموزشی عالی مشغول به تدریس هستند، استفاده نمود. اعزام متخصصان جوان و با استعداد به فرصت های مطالعاتی کوتاه مدت مطابق با نیازهای آموزشی، از جمله روش های میان بر برای تأمین کادر آموزشی مورد نیاز در زمینه نانوفناوری است.

برگزاری دوره های دکتری مشترک در داخل با استفاده از اساتید خارجی نیز روشی است که به عقیده کارشناسان می تواند علاوه بر کاهش مهاجرت استعداد به خارج، موجب افزایش اعتبار علمی کشور به دلیل ثبت مقالات و دستاوردهای پژوهشی محققان

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 دوره هایی برای خبرنگاران و تولیدکنندگان فیلم</li> <li>پرورش خبرنگاران و فیلم سازان تخصصی</li> </ul>
تخصصی	آموزش و پرورش (دبیرستان ها) وزارت علوم (دانشگاه ها و پژوهشگاه ها) وزارت بهداشت وزارتخانه های 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 دوره های کوتاه مدت آموزشی برای دبیران رشته های شیمی، فیزیک و سایر رشته های 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 دوره های کوتاه مدت خارج برای دانشجویان دکتری و اعضا هیئت علمی دانشگاه ها</li> </ul>

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

موضوع	عوامل درگیر	نیروی انسانی مورد نیاز	نحوه تأمین نیروی انسانی
توسعه	دانشگاه‌ها پژوهشگاه‌ها مراکز R&D بخش خصوصی	اساتید دانشگاه متخصصین دانشجویان کارشناسی ارشد دانشجویان دکتری کارشناسان بخش خصوصی مدیران پژوهشی	<ul style="list-style-type: none"> <li>سوق دادن دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری داخل به موضوعات نانو از طریق ایجاد تسهیلات و حمایت از پروژه‌ها</li> <li>فرستادن اعضاء هیئت علمی دانشگاه‌ها در رشته‌های مرتبط با نانو به دوره‌های آموزشی کوتاه‌مدت (مثل فوق دکتری) در خارج</li> <li>برگزاری دوره‌های آموزش کوتاه‌مدت برای پژوهشگران در زمینه نانو تکنولوژی</li> </ul>

#### جدول ۲) نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه نانو تکنولوژی در بخش پژوهش

نانوفناوری در صنایع مختلف کمک کند. 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 وزارتخانه‌ها بر اساس این اولویت‌ها و سیاست‌ها، پروژه‌های مورد علاقه خود را تعیین می‌کنند. همچنین لازم است، ستاد از طرح‌های ویژه که به منظور استفاده از فرصت‌های خاص تعریف می‌شود، حمایت‌های ویژه‌ای به عمل می‌آورد.

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

#### (و) صنعت

در زنجیره ثمردهی فناوری، صنعتی شدن یک فناوری، یکی از مهم‌ترین گام‌هاست که تأثیر زیادی در جلب سرمایه‌گذاران دارد. آموزش نیروی انسانی لازم برای صنایع مبتنی بر نانو فناوری از بخش‌های مهم در تربیت نیروی انسانی توانمند در زمینه نانو فناوری است.

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 می‌کند. وزارت صنایع و معادن می‌تواند نقش مهم در این زمینه داشته باشد. انتشار فناوریهای نانو انتقال داده شده از خارج در میان صنایع مختلف نیاز به نیروهایی دارد که بتوانند بهترین فناوری‌ها را در زمینه نانو از بهترین منابع خارجی انتقال دهند و آنها را در بین صنایع قابلیت دار انتشار داده و ترویج کنند.

تربیت تکنسین‌های ماهر می‌تواند به صنایع مختلف

جوان به اسم ایران باشد. همچنین با این روش هزینه تربیت یک دانشجوی دکتری نسبت به روش اعزام به خارج به حدود نصف کاهش می‌یابد. [۸]

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

#### (ه) پژوهش

برای دستیابی به فناوری‌های نانو وجود یک جبهه بحرانی (۴) از نیروهای پژوهشگر و دانش علمی لازم است و پس از تکمیل این جبهه بحرانی است که محصولات واقعی، زیرساخت تولیدی و مشاغل پردرآمد خودنمایی کرده و بازگشت سرمایه گذاری‌های انجام شده 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 تعیین شده توسط ستاد ویژه توسعه فناوری "را به عنوان زمینه تحقیقاتی خود انتخاب کنند. اعطای تسهیلات لازم به این محققان جوان برای فعالیت تمام وقت تحقیقاتی در زمینه نانو فناوری باعث افزایش توانمندی پژوهشی کشور خواهد شد.

فرستادن اعضاء هیئت علمی دانشگاه‌ها به فرصت‌های مطالعاتی کوتاه مدت با هدف کسب فناوری‌های مشخص و مورد نیاز 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

صنعت	عوامل درگیر	نیروی انسانی مورد نیاز	نحوه تأمین نیروی انسانی
صنعت	بخش خصوصی	- مدیران شرکت‌های نانو تکنولوژی (ریسک‌پذیر و آشنا با تکنولوژی‌های جدید)	• آموزش مدیریت تکنولوژی‌های پیشرفته به مدیران صنعت
	بخش دولتی (وزارتخانه‌ها و سازمان‌ها)	- مهندسين و متخصصين مرتبط با نانو تکنولوژی - تکنسین‌های آشنا با تجهیزات نانو تکنولوژی - کارشناسان آشنا با بحث انتقال نانو تکنولوژی و ارتباطات صنعتی	• آموزش کاربردها و زمینه‌های تجاری نانو تکنولوژی در صنعت • تورهای صنعتی خارجی برای مدیران و کارشناسان صنعت • فرستادن کارشناسانی برای آموزش کار با تجهیزات نانو تکنولوژی و ماشین‌آلات صنعتی مربوطه • انتشار تکنولوژی‌های تجاری شده در بین

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

سرویس داده و نیازهای آنها را در زمینه کار با تجهیزات نانو فناوری برآورده 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.

هر کدام از این زیرساخت‌ها که حلقه‌های اصلی یا فرعی زنجیره ثمردهی فناوری محسوب می‌شوند به کارشناسان و متخصصان 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 متخصصان آشنا به کار با تجهیزات بسیار حساس مرتبط با نانو فناوری وجود داشته باشند. مدیران بانک‌ها و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی باید با نانو فناوری

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

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>

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

عوامل درگیر	نیروی انسانی مورد نیاز	نحوه تأمین نیروی انسانی
شرکت‌های خصوصی یا دولتی تولیدکننده شرکت‌های تجاری و بازاریابی وزارت بازرگانی	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ کارشناسانی برای کاهش هزینه‌ها و افزایش رقابت‌پذیری</li> <li>▪ افراد تاجر و بازاریاب قوی در زمینه نانو تکنولوژی</li> <li>▪ مدیران خلاق و توانمند برای یافتن شرکای خارجی</li> <li>▪ نیروهای کارآفرین و رقابت‌جو</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> <li>• برگزاری دوره‌های افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری برای کارشناسان صنایع</li> </ul>

تجاری‌سازی و بازاریابی

## جدول ۵) نیروی انسانی مورد نیاز برای توسعه نانو تکنولوژی در بخش تجاری‌سازی و بازار

آشنا شوند تا بستر لازم برای سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر، پرورش نیروی انسانی کارآفرین و نانوفناوری فراهم شود.

در بحث ثبت اختراع و پتنت باید مشاوران و کارشناسانی آشنا با این موضوع آموزش ببینند تا محققان را در ثبت به موقع و حفظ حقوق مالکیت فکری دستاوردهایشان یاری کنند.

در سند پیشگامی ملی نانوفناوری آمریکا در این زمینه آمده است.

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

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].

به موازات آنکه فناوری توسعه می‌یابد، پابرجا می‌شود، و پروانه ثبت اختراع می‌گیرد، بازاریابی آن نیز میسر می‌شود.

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].

## ح) تجاری‌سازی و بازاریابی

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

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 نگاه، احتمالاً مبالغه‌زیادی در زمینه تحقیق و توسعه و ثبت اختراعش هزینه کرده باشد [۱۱].

## 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.

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 بزرگ‌تری بدست آورده و تأثیر بیشتری در توسعه اقتصادی خواهد داشت. به عنوان مثال تاوه‌های نجسب یکی از معروف‌ترین محصولات جانبی یافته‌های تحقیقاتی فضایی است.

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]

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

عوامل درگیر	فعالیت‌ها	نیروهای لازم	نحوه تأمین نیروی انسانی
<ul style="list-style-type: none"> <li>ستاد ویژه توسعه نانو فناوری</li> <li>کمیته هماهنگی ستاد</li> <li>دبیرخانه ستاد نانو</li> </ul>	<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

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

3. EIRMA, Acquisition of Technology for product and process Innovation, Paris, 1981.

4. Rubenstein A.H, Managing Technology in the Decentralized Firm. New York, John Wiley & Sons, 1989.

۵- طارق خلیل، مدیریت تکنولوژی، ترجمه سید کامران باقری و همکاران، مرکز تکنولوژی نیرو، وزارت نیرو، ۱۳۸۱، ص ۳۴۰

۶- ملکی فر عقیل، پوشه‌ری علی‌رضا، مدیریت تکنولوژی، ویرایش اول، بهمن ۱۳۷۹، در دست انتشار صص ۲۱۰-۲۰

۷- برنامه پیشنهادی 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، ص ۷، منبع ۱۴۵

۹- اسبابی فرد 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

۱۰- منبع ۶، ص ۲۱۳

۱۱- منبع ۷، ص ۱۴۴

۱۲- فرصت‌های نانو تکنولوژی، ترجمه مغربی مرتضی و همکاران، کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی، دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری، شهریور ۱۳۸۲، ص ۸

۱۳- قاضی نوری سیدسپهر، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی علم و فناوری مطالعه موردی نانو تکنولوژی در ایران، کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی دفتر همکاری‌های فناوری، شهریور ۱۳۸۱، ص ۷۴

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 میان مدت، کوتاه مدت و بلندمدت از دیگر وظایف نیروهای سیاست‌گذار است. این نیروها باید تمام نرم‌افزارهای لازم برای تصمیم‌گیری صحیح مسئولان 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 مسئولان 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. ■

#### پی‌نوشت‌ها:

- 1- Technology
- 2- European Industrial Research Management Association (EIRMA)
- 3- Technology Management
- 4- Critical Mass

۵- این ستاد به دستور رئیس جمهور در پاییز ۱۳۸۲ برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برای توسعه نانو فناوری در ایران تأسیس شد.

\*کارشناس دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری

#### 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- اسدی فرد رضا، صالحی وزیری 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