

سیاستگذاری آموزش مهندسی بر مبنای نظریه‌ی نظام ملی نوآوری¹

مظاهر ضیایی

عضو هیئت علمی و رئیس مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان

ziaei@ierc-ir.com

چکیده:

نقش کلیدی نوآوری، به خصوص نوآوری فناورانه در تحولات سریع، عمیق و دامنه دار در عرصه‌های مختلف باعث شده است که نظام ملی نوآوری به عنوان قلب سازوکار توسعه تلقی شده و در مرکز نظریه‌پردازی برای توسعه قرار گیرد و بنابراین دیدگاه‌های مبتنی بر آن مناسب‌ترین چارچوب نظری برای سیاستگذاری توسعه به طور کلی و سیاستگذاری آموزش مهندسی شمرده شوند. انتخاب چنین چارچوبی به دلیل نظام‌مند بودن در روش و دیده‌گاه و نیز اتکای آن به نظریه‌های جدید در زمینه سیاستگذاری و توسعه می‌تواند مزایای دستیابی به نتایج روزآمد، مؤثر و کارا را داشته باشد. هدف این مقاله، نشان دادن رابطه‌ی سیاستگذاری آموزش مهندسی و نظریه‌ی ملی نوآوری و نیز استخراج برخی از سیاستهای کلی برای مبنای است. بدین ترتیب، مقاله با مروری بر نظریه‌ی نظام ملی نوآوری شروع و با اشاره‌ای به تاریخچه سیاستگذاری پژوهش، فناوری و نوآوری ادامه می‌یابد و سپس با تبیین جایگاه آموزش مهندسی در یک نظام ملی نوآوری برخی سیاستهای کلی در زمینه آموزش مهندسی بر مبنای مطالب پیش‌گرفته استنتاج خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آموزش مهندسی، نظام ملی نوآوری، سیاستگذاری، نوآوری، نوآوری فناورانه

1- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های دوران فعلی را افزایش سرعت، دامنه و عمق تحولات می‌دانند و سازگاری با این تحولات از مهم‌ترین مسایل امروزی است. طبیعی است که چنین کاری بدون درک جوهره و عوامل مؤثر بر این تحولات ممکن نیست. به نظر می‌رسد در مرکز این تحولات، نوآوری و به خصوص نوآوری‌های فناورانه است.

نقش کلیدی نوآوری و به خصوص نوآوری فناورانه در تحولات جوامع باعث شده است، نظریه‌های جدیدی برای مطالعه، بررسی و سیاستگذاری کشورها توسعه یابد که یکی از متداول‌ترین آنها نظام ملی نوآوری است. در این نظریه، اصلی‌ترین ساز و کار توسعه همانا نظام ملی نوآوری است که عملکرد درست آن منجر به توسعه نوآوری در فعالیتهای اقتصادی می‌شود. این به نوبه خود رشد و توسعه جامعه را به دنبال دارد.

نوآوری فناورانه از مهم‌ترین وظایف مهندسان است، هر چند آنها وظایف متنوع دیگری را نیز برعهده دارند. بنابراین اولاً، فعالیتهای مهندسان از کلیدی‌ترین فعالیت‌های یک نظام ملی نوآوری است و ثانیاً، عدم توجه به این وظیفه مهم در برنامه‌ریزی، سیاستگذاری و آموزش‌های مهندسی، یک نقص جدی محسوب می‌شود.

بدین ترتیب می‌توان انتظار داشت که سیاستگذاری آموزش مهندسی بر مبنای نظریه‌های نظام ملی نوآوری هم به دلیل توجه به محوری‌ترین وظایف مهندسان و هم به دلیل نظام‌مند بودن این نظریه و نیز تکیه‌ی آن بر اندیشه‌های جدید به نتایج روزآمد، مؤثر و کارایی منجر شود.

این مقاله با هدف نشان دادن رابطه بین سیاستگذاری آموزش مهندسی و نظریه نظام ملی نوآوری و استخراج برخی سیاستهای کلی براین اساس است. طبیعی است که مقاله با مروری بر نظریه نظام ملی نوآوری شروع شود. در ادامه با نگاهی به سیاستگذاری آموزش مهندسی به عنوان بخشی از سیاستهای پژوهش، فناوری و نوآوری به تبیین جایگاه آموزش مهندسی در یک نظام ملی نوآوری پرداخته خواهد شد و در نهایت، برخی سیاستهای کلی در زمینه آموزش مهندسی استنتاج خواهد شد.

2- نظام ملی نوآوری

2-1- تاریخچه نظام ملی نوآوری

گرچه برخی ریشه‌ی ملی نظام ملی نوآوری را تا نظریه‌ی "نظام ملی تولید" که توسط لیست¹ (1841) ارائه شد، می‌دانند، اما رواج آن در ادبیات سیاستگذاری پژوهش، فناوری و نوآوری از اوایل دهه هشتاد ناشی از کارهای فریمن²، نلسون³ و لاندویل⁴ بود. لاندویل در یک بررسی فشرده تاریخی، نظریه اقتصاددانان مختلف از جمله لیست، اسمیت، مارکس، مارشال، شومپتر به نوآوری را بررسی کرده و برخی تحولات در نظریه نظام نوآوری را نشان داده است. [1]

از دیدگاه دیگری نظام ملی آوری را می‌توان ناشی از تحولات در خود نظریه‌های توسعه‌ی نوآوری و توسعه‌ی فناوری دانست. بعد از جنگ جهانی دوم، ابتدا الگوی خطی فشار علم/ فناوری و سپس الگوی کشش تقاضا/ بازار و سپس الگوی تعاملی توسعه فناوری/ نوآوری ارائه گردید. از ترکیب الگوی تعاملی با نظریه‌ی سیستم و نیز نظریه‌های جدید اقتصادی، به خصوص نظریه‌ی تکاملی نوین⁵ و کمی بعدی اضافه شدن نظریه‌ی یادگیری⁶ نظریه نظام ملی نوآوری به عنوان یک ابزار قدرت‌مند به خصوص برای سیاستگذاری از نیمه‌های دهه هشتاد مطرح شد. [2]

از دلایل توجه به نظریه نظام ملی نوآوری به خصوص در اروپا، کند بودن رشد اقتصادی اروپا و احساس ناکارآمدی سیاستهای متداول در زمینه توسعه علم و فناوری بود که هم مطالعات مقایسه‌ای با ژاپن و مطالعات جدیدی در زمینه‌های سیاستگذاری را به دنبال داشت و به دنبال این مطالعات، نظام ملی نوآوری در کشورهای OECD در مرکز سیاستگذاری‌های سالهای اخیر قرار گرفته است.

2-2- مفهوم و عناصر نظام ملی نوآوری

برای نظام ملی نوآوری، تعاریف متعددی ارائه شده است. نیوسی⁷ مجموعه‌ای از این تعاریف را در سال (2002) جمع‌آوری کرد [3] و تلاش برای ارائه تعاریف جدیدی نیز ادامه دارد. به نظر می‌رسد برای هدفی که این مقاله دنبال می‌کند و جهت رسیدن به یک درک مشترک از مفهوم نظام ملی نوآوری ذکر موارد زیر کافی است.

- نظام ملی نوآوری یک سیستم است، بنابراین هدف، عناصر و روابط خاص خود را دارد.
 - هدف کل این سیستم نوآوری در دانش و فناوری در دوره مرزهای ملی و بهره‌گیری از آن در بنگاه‌های اقتصادی برای حصول به رفاه و ثروت در جامعه است.
 - عناصر اصلی این سیستم، بنگاه‌های تجاری، مؤسسات پژوهشی و آموزش عالی، مؤسسات دولتی و عمومی و نهادها و روابط اجتماعی هستند.
 - نوع روابط بین عناصر، فنی، تجاری، قانونی، اجتماعی، مالی و هدف این روابط خلق، تبادل و ذخیره‌ی دانش و فناوری و تسریع و تسهیل آن است.
 - سازماندهی این سیستم در یک بستر اجتماعی - اقتصادی وسیع‌تر باید به ایجاد انگیزه و هم‌افزایی بین عناصر آن منجر شود.
- رویکرد نظام ملی نوآوری، از تلفیق چند مفهوم شکل گرفته است. دوسی⁸، ریشه این رویکرد را در سه نظریه نوآوری، یادگیری تعاملی و اقتصاد تکاملی می‌داند. او معتقد است مهم‌ترین باور در این رویکرد که ریشه در این سه نظریه دارد، این است که نوآوری، در یک بنگاه

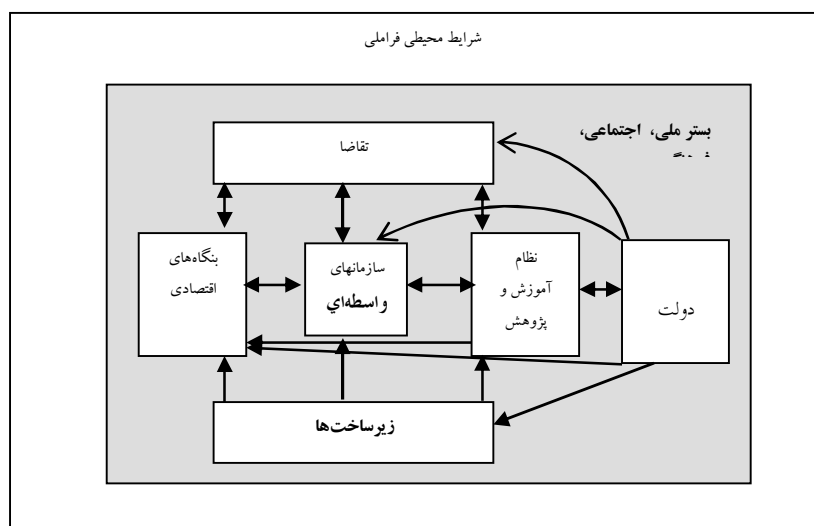
1. List, Friedrich
2. Freeman Christopher
3. Nelson, Rechar R.
4. Lundvall Bengt-Ake
5. New Evolutivary Approach
6. Learning Theory
7. Niosi J.
8. Dosi G.

- منفرد صورت نمی‌گیرد، بلکه بر بستری از تعاملات در یک سیستم صورت می‌گیرد که عناصر آن هم بازیگران انتفاعی (بنگاه‌های تجاری) و هم غیرانتفاعی (مانند دانشگاه‌ها و دولت) بوده و روابط این سیستم، قوانین، قواعد و هنجارهای موجود بین این عناصر می‌باشد. [4]
- لندوال از زاویه دیگری دو فرض زیر را، فرض‌های اساسی رویکرد نظام ملی نوآوری می‌داند.
- فرض اول: مهم‌ترین منبع در اقتصاد مدرن دانش است و به طور متناظر، مهم‌ترین فرایند در این اقتصاد نیز فرایند یادگیری است.
 - فرض دوم: روح فرایند یادگیری، یک فرایند تعاملی و بنابراین مشتمل بر فرایندهای اجتماعی است و بدون لحاظ بستر نهادی و فرهنگی قابل درک نیست. [5]
- گسترش‌های بعدی رویکرد نظام ملی نوآوری تاکنون به گونه‌ای بوده است که می‌توان این رویکرد را حاصل از تلفیق سه نظریه دانست. نظریه‌ی سیستم، نظریه‌های جدید اقتصادی (تکاملی و نهادی) و نظریه‌ی نوآوری.
- به طور فشرده، رابطه‌ی نظریه نظام ملی با نظریه‌های فوق به شرح زیر بوده است:
- 1- از نظریه سیستم نگاه کل‌نگرانه، به جای تقلیل‌گرانه برای شناخت پدیده‌ها و تأکید بر روابط به جای اجزاء، برای بهبود عملکرد به خدمت گرفته شده است.
 - 2- نظریه‌های جدید اقتصادی نقطه شروع خود را تغییر قرار می‌دهند و نه تعادل آنها تحول در دانش و فناوری را درون‌زا تلقی کرده و با قبول رقابت آزاد، بر نظام انگیزشی کلیه فعالان اقتصادی، اهمیت نهادها تأکید کرده بر جمعی و شبکه‌ای بودن فرایند تولید توزیع و بکارگیری دانش و تأثیر بستر اجتماعی و فرهنگی بر آن تأکید دارند.
 - 3- نظریه‌های نوآوری بعد از عبور از الگوهای خطی و ارائه الگوهای تعاملی و سیستمی از سوی دیگری براهمیت قابلیت‌ها و توانمندی‌های سرزمینی و محلی تأکید کردند و در نهایت نیز دو نوع نوآوری را به نوآوری‌های قبلی اضافه کردند، نوآوری نهادی و نوآوری در سیاستگذاری. [2]

عناصر و محیط نظام ملی نوآوری

در این قسمت از مقاله، ابتدا یک طرح کلی از عناصر اصلی نظام ملی نوآوری محیط آن ارائه می‌گردد و سپس به تشریح بیشتر این عناصر پرداخته خواهد شد.

همانطور که در نمودار (1) نشان داده شده است، عناصر مرکزی نظام ملی نوآوری، تقاضا (بازار)، نظام آموزش عالی و پژوهش، بنگاه‌های اقتصادی، سازمانهای واسطه‌ای و زیرساخت‌ها هستند. به عبارت دیگر نزدیک‌ترین و عملیاتی‌ترین فعالیتهایی که در نظام نوآوری در ارتباط با تولید، نشر و استفاده دانش صورت می‌گیرد ناشی از فعالیتهای فردی و جمعی این عناصر است. در کنار این مجموعه از عناصر، دولت قرار می‌گیرد که تصمیمات و سیاست‌های آن تأثیرات وسیعی بر عملکرد دیگر عناصر و کل نظام دارد. در هر حال همه اینها جمعاً در یک بستر ملی - فرهنگی و اجتماعی، که برآیند تجارب تاریخی جامعه است، فعالیت می‌کنند و کل جامعه (کشور) در شرایط محیط جهانی و فراملی به فعالیت می‌پردازد.



نمودار (1) عناصر اصلی، محیط نظام ملی نوآوری [ضیایی، 1387]

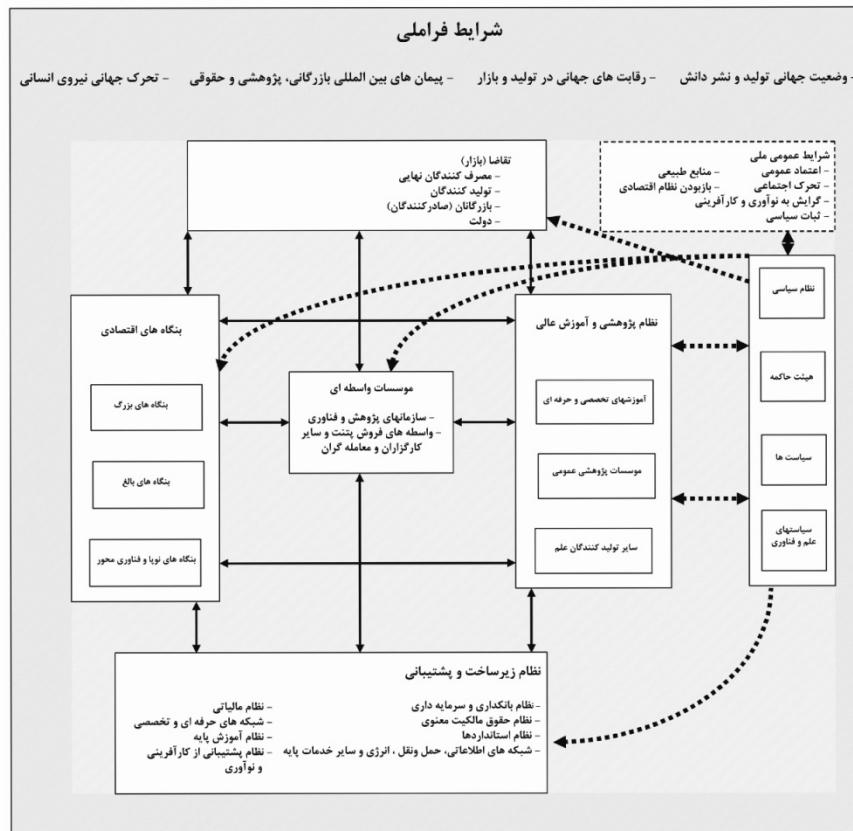
نمودار (1) عناصر اصلی و محیط نظام ملی نوآوری [2]

نمودار (2) اجزاء هر یک از عناصر نظام ملی نوآوری و ارتباطات آنها را نشان می‌دهد که در ادامه به معرفی آنها پرداخته می‌شود. طبیعی است که وجود تقاضا، شیوه درک و یافتن پاسخ مناسب برای آن، اولین موضوعی است که به نظام ملی نوآوری معنی می‌بخشد. دو دسته اصلی فعالان حوزه تقاضا (بازار) عبارتند از: مصرف‌کنندگان (تقاضای نهایی) و تولیدکنندگان (تقاضای واسطه‌ای) که در کنار آنها بازرگانان، بخصوص صادرکنندگان نیز جزء فعالان این بخش هستند به وضعیت کشور و کالای مورد بررسی ممکن است نقش هر یک از آنها نسبت به سایرین کم‌تر یا زیادتر باشد. در هر حال یک متقاضی مهم دیگر دولت است که علاوه بر اینکه حجم خریدارهای آن بالاست، می‌تواند با خرید محصولات با محتوای فناوری بالا، تقاضای نوآوری را بسیار بالا ببرد. نقش بخش دفاعی اغلب کشورها در این زمینه برجسته است.

زیر نظام آموزش عالی و پژوهش، این نظام نقش تولیدکننده اصلی دانش مدون را دارد و در توزیع و آموزش این دانش نیز نقش مهمی دارد. مهم‌ترین بازیگران این زیر نظام، موسسات آموزش‌های حرفه‌ای و تخصصی، آموزش عالی و مراکز عمومی پژوهشی می‌باشند. آموزش‌های عمومی (قبل از دانشگاه) بیشتر به عنوان زیرساخت تلقی می‌شوند. در هر حال معمولاً وقتی مهم‌ترین فعالیت نظام آموزش و پژوهش را تولید علم بدانیم، بعضی موسسات دیگر نیز ممکن است در تولید علم نقش داشته باشند، از جمله برخی شرکت‌های خصوصی دانش پایه که پیمانکار کارهای پژوهشی هستند، برخی سازمان‌های غیردولتی که در حوزه پژوهش فعال‌اند و بلاخره گاهی مراکز پژوهشی و تحقیق و توسعه شرکت‌های بزرگ نیز به نشر نتایج تحقیقات خود اقدام می‌کنند و بنابراین آنها را نیز می‌توان در این حوزه قرار داد.

بنگاه‌های اقتصادی هم استفاده کننده از دانش هستند و هم تولید کننده آن (بخصوص تولید دانش ضمنی) و بنابراین نقش اصلی را در عملکرد نهایی نظام ملی نوآوری دارند. بنگاه‌ها در هر حال عرضه کننده کالا و خدمات به جامعه هستند و آنها هستند که باید نیازهای جدید را با محصولات جدید پاسخ گویند.

بنگاه‌ها را ممکن است به طرق مختلفی دسته‌بندی کرد. برحسب نقش، موقعیت و رفتار در فرایندهای دانشی می‌توان آنها را در سه دسته قرار داد؛ بنگاه‌های نوپای دانش محور، بنگاه‌های بالغ و بنگاه‌های بزرگ. در اغلب موارد، بنگاه‌ها در صورت داشتن رشد طبیعی از بنگاه‌های کوچک و نوپا به بنگاه‌های بالغ تبدیل می‌شوند و در نهایت بنگاهی بزرگ می‌شوند. جریان دانشی بین این مراحل و بنگاه‌ها و میزان تبادل دانشی بین این سه دسته بنگاه با یکدیگر و با سایر عناصر نظام ملی نوآوری تفاوت‌هایی دارد که لحاظ آن در یک نظام ملی نوآوری ضروری است.



نمودار (2) عناصر و روابط یک نظام ملی نوآوری (اقتباس و توسعه براساس [6])

وظایف زیرساختی و پشتیبانی برای یک نظام ملی نوآوری بسیار مهم است و می‌تواند به صورت بالقوه شامل طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها و عوامل باشد. مهم‌ترین آنها عبارتند از: نظام بانکداری و مالی بخصوص سرمایه‌گذاری مخاطره‌پذیر، نظام حقوق مالکیت معنوی که تأکید روزافزونی بر آن و جهانی شدن آن می‌شود، نظام حمایت‌ها از نوآوری و تجارت، نظام استانداردها، وجود شبکه‌های فردی و گروه‌های حرفه‌ای و سازمانهای غیردولتی و زیرساخت خدمات پایه بخصوص زیرساخت اطلاعات و ارتباطات، البته همانطور که قبلاً نیز ذکر شد بهتر است نظام آموزش عمومی به عنوان زیرساخت تلقی شود. به طور طبیعی امکانات زیربنایی اقتصادی مانند شبکه‌های حمل و نقل، انرژی، ارتباطات و مانند آنها نیز جزء زیرساخت هستند.

موسسات و سازمانهای واسطه‌ای یکی دیگر از عناصر نظام ملی نوآوری هستند که در سالهای اخیر توجه به آنها افزایش یافته است. آنها اغلب به عنوان پلی بین بخش پژوهش و بنگاه‌ها عمل می‌کنند که دولت‌ها نیز نقش کم یا بیش در آنها دارند. موسسات پژوهش و فناوری و برخی واسطه‌ها برای فروش دانش و پتنت‌ها، سازمانهای خدمات مشاوره و برخی تشکلهای حمایتی و غیردولتی از جمله مهم‌ترین عناصر این حوزه هستند. بدیهی است که لزوماً کلیه ارتباطات بین دو حوزه پژوهش و بنگاه‌ها از این طریق صورت نمی‌گیرد و این دو حوزه ارتباطات متعددی از طرق دیگر از جمله ارتباطات مستقیم، یا از طریق شهرک‌های علمی و فناوری با یکدیگر دارند. در هر حال، توجه به این مؤسسات، به خصوص سازمانهای پژوهش و فناوری و پیوندهای آنها، اهمیت فعالیت نوآورانه بنگاه‌ها به عنوان تأمین‌کننده اصلی نیازها و تولید ثروت جامعه را نشان می‌دهد، زیرا وجود این مؤسسات و پیوندها برای تسهیل و افزایش پیوندهای بین بخش پژوهش و بنگاه‌های اقتصادی و تسهیل فعالیت‌های نوآورانه آنهاست.

نظام سیاسی، تأثیر بسیار زیادی بر نظام نوآوری ملی دارد، در یک تقسیم‌بندی سلسله‌مراتبی می‌توان گفت کل نظام‌سیاسی در بالاترین سطح قرار دارد و سیاست‌های دولت در عرصه‌های مختلف در سطح بعدی هستند و سیاست‌های توسعه علم و فناوری به عنوان شاخه‌ای از این سیاستگذاری‌ها در پایین‌ترین سطح قرار می‌گیرند، بنابراین نقش دولت در جامعه بخصوص در امور اقتصادی و سیاستگذاری‌های آن به ویژه در سیاست‌های توسعه علم و فناوری از مهم‌ترین عوامل سیاسی هستند که بر نظام ملی نوآوری تأثیر می‌گذارند. در کشورهای در حال توسعه، نقش دولت هم در زمینه سیاستگذاری و هم در سرمایه‌گذاری مهم‌تر و تأثیرگذارتر است.

مجموعه عناصر فوق، عناصر اصلی نظام نوآوری‌اند که در یک بستر فرهنگی - اجتماعی به فعالیت می‌پردازند و بنابراین نحوه شکل‌گیری و سرعت رشد و تحول آنها به این شرایط بستگی زیادی دارد. نظام قانونگذاری، میزان پیشرفت جویی آحاد جامعه، گرایش افراد به نوآوری و کارآفرینی، میزان تحرک اجتماعی، سرمایه اجتماعی و بخصوص اعتماد عمومی و وجود نوعی ثبات و تعادل سیاسی جنبه‌های مختلف این شرایط را بیان می‌کند که ناشی از تجارب گذشته ملت‌هاست و بنابراین اصولاً تغییر در آن به کندی صورت می‌گیرد. اما نباید فراموش کرد که کشورهای مختلفی با فرهنگ‌های متفاوت موفق به طی کردن مسیر توسعه شده‌اند و همچنین کشورهایی با فرهنگ مشابه وجود دارند که از لحاظ توسعه یافتگی در درجات متفاوتی قرار دارند.

از جمله عواملی که می‌توان جزء این نوع شرایط ملی قرار داد، ولی ماهیت و عملکرد متفاوتی می‌تواند داشته باشد، وجود منابع و مواهب طبیعی است. ماهیت این عامل جغرافیایی و نه اجتماعی و فرهنگی است و گاهی نقش آن در عمل منفی است. بدین صورت است که اغلب کشورهایی که منابع طبیعی و معدنی زیادی دارند، رشد و توسعه اقتصادی آنها و بنابراین نوآوری در آنها کمتر است.

با توجه به پدیده جهانی شدن، شرایط فراملی، تأثیرات متنوع و روزافزونی بر نظام نوآوری دارد. وجود توافقی‌های بین‌المللی و منطقه‌ای، بازرگانی، حقوقی، پژوهشی و مانند آنها، وضعیت بازارها و رقابت‌های بین‌المللی، میزان تولید و نشر دانش جهانی و جایگاه کشور در آن و میزان تحرک (نیروی انسانی) ابعاد اصلی این شرایط را تشکیل می‌دهند.

3- نظام ملی نوآوری و آموزش مهندسی

3-1- سیاستگذاری آموزش مهندسی و سیاستگذاری نوآوری

سیاستگذاری در زمینه آموزش عالی اصولاً جزئی از سیاستگذاری پژوهش، فناوری و نوآوری است و لذا در این قسمت از مقاله، ابتدا اشاره کوتاهی به آن صورت خواهد گرفت و سپس رابطه‌ی آموزش مهندسی و نظام ملی نوآوری بررسی خواهد شد.

سیاستگذاری پژوهش، فناوری و نوآوری بعد از جنگ جهانی دوم مطرح شد و به مرور جای خود را بازتر کرد، به گونه‌ای که امروزه از موضوعات اصلی هر برنامه و یا مبحث توسعه به شمار می‌رود.

به صورتی بسیار خلاصه، ادکوئیست، سیاست‌گذاری نوآوری را چنین معرفی می‌کند " آن اقداماتی در بخش عمومی که بر تغییرات فنی و سایر انواع نوآوری‌ها تأثیر می‌گذارد" [7] او این سیاستگذاری را جزئی از سیاست صنعتی و ابعاد مختلف آن را شامل سیاست تحقیق و توسعه، سیاست‌های توسعه فناوری، سیاست توسعه زیرساخت‌ها و سیاست‌های آموزشی می‌داند.

فریمن، یکی از صاحب‌نظران قدیمی گرایش‌های اصلی تاریخی در زمینه سیاستگذاری پژوهش، فناوری و نوآوری را به صورت زیر دسته‌بندی کرده است:

- 1- دهه‌های 40-50 میلادی، سیاستهای معطوف به عرضه، تمرکز بر تقویت قابلیت توسعه علم و فناوری به ویژه علم.
 - 2- دهه 60-70 میلادی، سیاستهای معطوف به تقاضا با هدف ایجاد بازارهای نیازمند به فناوری
 - 3- دهه 80 میلادی به بعد، سیاستهای معطوف به ایجاد پیوندهای بین عرضه و تقاضا و ایجاد پارادیم جدید مکتبی به فناوری اطلاعات و ارتباطات و مفهوم نظام ملی نوآوری [8],[9]
- از بررسی ادبیات مرتبط با تحولات در دیدگاه‌ها نسبت به علم، فناوری، نوآوری و الگوهای توسعه آنها می‌توان گفت که در کشورهای صنعتی هرچه از سالهای اولیه قرن بیستم به این طرف حرکت کنیم، سیاستها از توسعه علم، ابتدا به سمت توسعه فناوری و سپس به سمت توسعه نوآوری سوق می‌یابند. (نمودار 3)

سیاست‌های توسعه علم ← سیاست‌های توسعه فناوری ← سیاست‌های نوآوری (تا اواسط دهه 60) (اواسط دهه 60 تا نیمه اول دهه 80) (نیمه اول دهه 80 تاکنون)

نمودار (3) روند تکاملی سیاستهای پژوهش، فناوری و نوآوری

چنانکه ملاحظه می‌شود، جامعیت سیاستها در طول زمان افزایش می‌یابد، بدین صورت که هر سیاست توسعه فناوری شامل سیاست توسعه علم نیز بوده و به علاوه شامل اقدامات دیگری عمدتاً برای دستیابی بهتر و بیشتر به نتایج معین اقتصادی نیز می‌باشد. به همین ترتیب، سیاست نوآوری، علاوه بر سیاست علم و فناوری شامل اقدامات جامع‌تری است. می‌توان از زاویه دیگر چنین گفت که در طول زمان، فرایند بهره‌گیری از دانش تولید شده تا ارضای نیازهای جامعه از نگرش به آن به عنوان یک فرایند خود به خودی به سمت نگرشی که باید این فرایند را مدیریت کرد، تحول یافته است.

برخی صاحب‌نظران دوره‌هایی کم و بیش مشابهی برای آموزش مهندسی نیز تعریف کرده‌اند که یک نمونه آن را تریگواسون و امپلیان¹ ارائه کرده‌اند.

- 1- قرن نوزدهم تا نیمه اول قرن بیستم: آموزش مهندسان حرفه‌ای
- 2- نیمه دوم قرن بیستم: آموزش مهندسان علمی
- 3- قرن بیست و یکم: آموزش مهندسان کارآفرین [10]

چنانکه مشاهده می‌شود تحول در آموزش مهندسی به صورتی کم و بیش متناظر با تحول در سیاستگذاری‌های پژوهش، فناوری و نوآوری صورت گرفته است و تا آنجا که به این مقاله مرتبط است، این تحول با مفهوم نظام ملی نوآوری سازگاری کامل دارد.

مطالعات انجام شده در امریکا، در زمینه‌ی آموزش مهندسی و متناسب با اقتصاد قرن بیست و یکم و اقتصاد دانش پایه و جهانی شده بر سه موضوع تأکید زیادی دارند: اول، نقش علم و فناوری و نوآوری به عنوان موتور محرک رشد اقتصادی و امنیت ملی امریکا در گذشته، حال و آینده [11],[12],[13] دوم، نگرانی از کاهش تعداد دانشجویان ورودی، به خصوص دانشجویان امریکایی‌الاصل، به رشته‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی و ارائه برخی راه‌حلهای برای آن. [14][15] و سوم بر ضرورت لحاظ، نوآوری، کارآفرینی، ارتباطات انسانی و قضاوت‌های اجتماعی، اخلاقی و زیست محیطی در آموزش مهندسی. علاوه بر مراجع قبلی، مراجعه شود به [16],[17]

در مورد سیاستهای آموزش مهندسی در جهان سوم نیز مطالعات زیادی انجام شده است که در اغلب آنها علاوه بر تأکید بر نیازهای محلی و ارتباط نزدیک‌تر دانشگاه و صنعت، بر شیوه‌های جدید اداره دانشگاه‌ها نیز تأکید وجود دارد. [18],[19],[20]

آموزش مهندسی در نظام ملی نوآوری

مهم‌ترین وظیفه مهندسان نوآوری‌ای فناورانه است، گرچه آنها وظایف متنوع دیگری را نیز برعهده دارند. اما تا این اواخر، توجه مستقیم چندان نوآوری در آموزش مهندسی نبوده است. همانطور که در بخش قبلی به مطالعات اشاره شد، این موضوع در کشورهای پیشرفته صنعتی از حدود دهه 90 مدنظر قرار گرفت و تحولاتی در آموزش مهندسی پیش‌بینی و اجرا شد و اکنون این تحول را می‌توان

1. Tryggvason, G. & Apleian, D.

کم و بیش فراگیر دانست. گرچه مطابق معمول توجه کشورهای در حال توسعه به این موضوع دیرتر آغاز شده است، اما اکنون در این کشورها نیز در مرکز توجه است.

لندوال، سابقه مطالعه در زمینه رابطه آموزش عالی و نظام ملی نوآوری را به مطالعات نلسون و فلیس¹ در سال 1965 می‌رساند که آنها نشان دادند که از لحاظ اقتصادی، دانش آموختگان عالی اولاً کارها را بهتر از دیگران انجام می‌دهند و ثانیاً آنها تغییرات فناوری‌ها و سایر تغییرات را سریع‌تر درک کرده، سریع‌تر خود را با آن هماهنگ می‌کنند. [21] در ادامه، شولتز² در مطالعات خود، که شامل کشور هند نیز بود، نشان داد اگر در یک اقتصاد تحولات فناوری نباشد، یا خیلی کم باشد، دانش آموختگی در افزایش بهره‌وری افراد نقش چندانی نخواهد داشت. [22] براین لندوال در مطالعات خود علاوه بر موارد فوق، توجه را به نقش دانش آموختگان به عنوان نوآوری جلب می‌کند و تأکید می‌کند که اگر آموزش عالی به صورتی درست با شرایط رقابتی، منابع و قابلیت‌های محلی تطابق یابد می‌تواند در تحولات جامعه، نقش زیادی بازی کند. [23]

نقش آموزش مهندسی در یک نظام ملی نوآوری عمدتاً توزیع دانش و پرورش نیروی انسانی متناسب با سطح فناوری و تحولات آن است. در گذشته ایفای این وظیفه تقریباً به طور کامل بر عهده دانشگاه‌ها بوده است، اما اکنون از سوی این تنها وظیفه دانشگاه‌ها نیست و آنها وظایف هر چه بیشتری به خصوص برای تجاری کردن دستاوردهای پژوهشی خود بر عهده می‌گیرند و از سوی دیگر نقش سازمانهای عمومی و تجاری در آموزش مهندسی در حال گسترش است. این نقش اغلب به طرق مختلفی از جمله سفارش برای ایجاد دوره‌های خاص همکاری‌های متنوع برای برگزاری دوره‌ها در دانشگاه‌ها و سایر دوره‌های مشترک و حتی ایجاد مراکز آموزش مشترک است و در حال گسترش نیز هست. اما برخی از این سازمانها به طور مستقل به انجام تحصیلات تکمیلی و یا آموزش‌های تخصصی و حرفه‌ای نیز می‌پردازند. چنین تحولاتی کاملاً بر ایده نظام نوآوری که هم بر افزایش تعاملات عناصر و هم بر تنوع و چندبعدی شدن وظایف هر یک از آنها تأکید می‌کند، انطباق دارد.

ایده نظام ملی نوآوری در زمینه فرایند آموزش و مهندسی بر تعاملی بودن آن هم بین دولت، استخدام‌کنندگان، دانش آموختگان دانشگاه‌ها و هم بین استادان با دانشجویان و همچنین بین دانشجویان تأکید دارد و نیز توجه به مسأله محور بودن، حل مسایل حتی‌الامکان نزدیک به واقعیت و ارائه راه‌حل‌های کامل، شامل ابتداء تا انتهای آن و نیز لحاظ جنبه‌های مختلف فنی، اقتصادی و اجتماعی در آن را ضروری می‌داند.

در یک نظام ملی نوآوری کار، آموزش مهندسی شامل انتقال آخرین اطلاعات و روشهای نوین مهندسی به دانشجویان می‌شود، اما محدود به آن نخواهد بود، بلکه مهارت یادگیری بخصوص برای درک تحولات در فناوری‌ها، افزایش توانمندی خلاقیت و نوآوری‌های کارآفرینانه را نیز شامل می‌شود.

طبیعتاً سیاستگذاری آموزش مهندسی محدود به لحاظ کردن موارد فوق در آموزشها نیست، بلکه در سطح کلان نیز سیاستگذاری در آموزش مهندسی را به عنوان تعاملات بین شرکتها، دانشگاه‌ها، دولت و متناسب با تقاضا و نیز قابلیت‌ها و پتانسیل‌ها می‌داند. به عبارت دیگر سیاستگذاری آموزش مهندسی گرچه در یک نگاه سلسله مراتبی جزئی از سیاستهای آموزش عالی است، اما در یک دیدگاه، سیستمی و رویکرد تعاملی از سویی متأثر از سیاستهای سرمایه‌گذاری زیربنایی و تحقیق و توسعه، توسعه تقاضای محصولات با فناوری‌های بالا، مقررات اداره دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی، سیاستهای حمایتی و مشوق‌ها، مقررات حقوق مالکیت معنوی، سیاستهای بین‌المللی در زمینه‌های مرتبط با نوآوری، اولویت‌ها در فناوری‌های نوین است و از سوی دیگر متناسب با وضعیت سطح فعلی فناوری‌ها و قابلیت‌های رقابتی، منابع طبیعی و سایر پتانسیل‌های کشور می‌باشد.

استنتاج برخی سیاستهایی در آموزش مهندسی

از مطالب فوق، می‌توان مشاهده کرد که براساس مفهوم نظام ملی نوآوری، برخی سیاستها برای آموزش مهندسی را استنتاج کرد. این کار به دلیل اینکه نگرش نظام ملی نوآوری، یک الگوی عملی از تعاملات بین بخش‌ها با محوریت تولید دانش و فناوری را نشان می‌دهد به سهولت انجام می‌شود و در عین حال کارایی و اثربخشی آنها نیز به دلیل نگرش سیستمی بالا خواهد بود.

به صورت کلی می‌توان این‌گونه سیاستها را در دو دسته قرار داد:

۱- **سیاستهای کلان**، در سطح کلان از سویی باید به سطح فعلی دانش و فناوری، پتانسیل‌های موجود و سیاستهای کلی اقتصادی و تعاملات آموزش مهندسی با سایر عناصر نظام ملی نوآوری تأکید کرد. برخی از این سیاستها به شرح زیرند:

1. Nelson, R, & Phelps, E.S
2. Shultz, T.W.

- تأکید بر آموزش مهندسی در زمینه‌هایی که:
 - پتانسیلهای طبیعی خاصی وجود دارد،
 - مزیت رقابتی کشور در آن است،
 - کشور در توسعه اقتصادی و توسعه فناوری برای آنها اولویت قابل است.
 - مشارکت بخش‌های اقتصادی، تولیدی و خدماتی؛ دولتی و تشکل‌های مدنی و حرفه‌ای در برنامه‌ریزی و سیاستگذاری آموزش مهندسی.
 - حمایت و تشویق دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی از یک سو و شرکتها و بخش‌های پیشرو در فناوری از سوی دیگر برای انجام انواع همکاریها در برنامه‌ریزی و اجرای آموزشها به طور کلی و یا آموزشهای خاص.
 - تلاش برای گسترش همکاریهای بین‌المللی و ارتقاء سطح آموزشهای مهندسی، حداقل در برخی زمینه‌ها، به گونه‌ای که تبادل دانش با همکاریهای متقابل تراز جهانی میسر باشد.
 - تلاش برای تعریف سازوکارهای مناسب در مقررات اداری، آموزشی و پژوهشی که منجر به توسعه نوآوری شود از طریق مشارکت دانشگاه‌ها در حال مسایل واقعی و رفع نیازهای جامعه.
- 2- سیاستهای اجرایی، در سطح سیاستهای اجرایی توجه به الزامات فرایندهای نوآوری فناورانه را می‌توان مهم‌ترین موضوع دانست، براین اساس می‌توان موارد زیر را برشمرد.
- توجه به خلاقیت و نوآوری و ارائه درس مستقل در این زمینه و یا حداقل ارائه آن همراه با مطالبی در زمینه کارآفرینی.
 - توجه به کارآفرینی و آثار اقتصادی و اجتماعی تصمیمات مهندسی در آموزشهای مهندسی
 - ارتقاء دائمی سطح استاندارد دانش علمی، مهارتهای مهندسی و مهندسان به گونه‌ای که فاصله این آموزشها با آموزشهای متداول در تراز جهانی کمتر شود.
 - استفاده از معیارهای جدید برای ارزیابی آموزش مهندسی و اندازه‌گیری سطح آن در دانشگاه‌های مختلف و مقایسه آنها در سطح بین‌المللی. یک نمونه از این معیارها در پیوست (الف) این مقاله آمده است.
 - اطمینان از دستیابی دانش‌آموختگان به مهارتهای لازم برای خودآموزی فناوریهای نو، بکارگیری ابزارها و روشهای نو مهندسی.
 - توجه به ماهیت چند دیسپلینی نوآوری‌های فناورانه و مشارکت مهندسان در کلیه مراحل تعریف مسأله، تولید راه‌حل‌ها، انتخاب و اجرای راه‌حل طی یک فرایند بده-بستان¹ جمعی.
 - آموزش کار همراه با دیگران و انجام تعاملات فنی و همکاری در اجرای پروژه‌ها و نیز مهارتهای روابط انسانی
 - ارتقاء آزادی عمل دانشگاه‌ها و اقدام آنها در زمینه تدوین و استراتژی‌های خاص خود برای توسعه نوآوری

خلاصه و نتیجه‌گیری:

هدف این مقاله بررسی رابطه‌ی آموزش مهندسی و نظام نوآوری ملی و ارائه برخی سیاستها بود که با نگاهی به نظام ملی نوآوری به عنوان ساز و کار توسعه در اقتصاد دانش پایه، یعنی اقتصاد قرن بیست و یکم، شروع شد. تأکید این نظام بر نوآوری به خصوص نوآوری فناورانه به عنوان موتور محرک اقتصاد است و فرایند نوآوری را ناشی از تعاملات عناصر مختلف می‌داند، سپس نقش آموزش مهندسی به صورت توزیع کننده دانش و مهم‌تر از آن پرورش نوآوران فناوری بررسی شد و در انتها در دو سطح کلی و اجرایی برخی سیاستها ارائه گردید.

به نظر می‌رسد با توجه به نو بودن مفاهیم مطرح شده در این مقاله، مسایل زیادی برای دنبال کردن موضوع وجود دارد که ضمن نشان دادن اهمیت برگزاری همایش‌هایی مانند همایش حاضر، بر لزوم انجام پژوهش‌های بیشتر برای بهبود آموزش مهندسی کشور دلالت می‌کند.

مراجع:

- [1] Lundvall, B-A. "Innovation System Research: Where it Come From and Where it Might Go" 5th International Conference Globelics Russia, Saratov, Volga Region. Sep.20-23,2007.
- [2] ضیایی، مظاهر، "دانش، نوآوری و توسعه‌ی دانایی محور" تهران، پژوهشکده مهندسی جهاد کشاورزی، چاپ اول 1387.
- [3] Niosi, J. "National Systems of Innovation are "X-efficient" (and X-effective) Why Some Slow Learners" **Research Policy**" 31 pp 291-302, 2002.
- [4] Dosi, G, Freeman, C., Nelson, R.R., Silverberg, G. & Soete, L. (eds) "**Technical Change and Economic Theory**" London : Frances Printer, 1988.
- [5] Lundvall, B.A. "**Innovations as an Interactive Process : From User-Producer Interaction to the National Innovation System**" In [4] , 1988.
- [6] Arnold, E. and Bell, M. "**Some New Ideas About Research for Development**" UK : Technopolis, Ltd, 2001.
- [7] Edquist, C. "Innovation Policy : A Systematic Approach " In Lundvall, B-A & Archibugi, D. (eds) **Major Socio-economic Trends and European Innovation Policy**, UK : Oxford University Press, 2001.
- [8] Freeman, C. "Japan : A New National System of Innovation", In [4], 1988.
- [9] Freeman, G. and Soete, L. "**Science Technology and Innovation Indicators In a Changing World, Responding to Policy Needs**", Paris : OECD, 2007.
- [10] Tryggvason, G. and Aplian, D. "**Re-Engineering Engineering Education for the Challenges of the 21th century**", **Journal of materials October, pp 14-17, 2006.**
- [11] NSF (National Science Foundation) "The Science and Engineering Workforce Realizing America's Potential" NFS, 2003.
- [12] Ollis, D. & Pearson, G. "**What is Technological Literacy and Why Does it Matter?**" Annual conference of American Society for Engineering Education,2006.
- [13] Devon, R. Kisenwether, E. & Schuhmann, R. "**Engineering Education and Global Economy : The Search for Policy**" ASEE Annual Conference, Chicago; 2006.
- [14] Kuenzi, J., Matthews, C.M. and Mangan, B.F. "**Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) Education Issues and Legislative Option**" Congressional Research Service (CRS), 2003.
- [15] Harman, G. & Harman, K. "**Strategic Mergers of Strange Institutions to Enhance Competitive Advantage**" Higher Education Policy, 21 pp.99-121, 2008.
- [16] Stouffer, W.B., Russell, J.S. and Oliva, M.G. "**Making the Strange Familiar : Creativity and the Future of Engineering Education**" Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education, 2004.
- [17] Stine, D.D. "**America COMPETES Act: Programs, Finding and Selected Issues**" Congressional Research Service, 2008.
- [18] Watkins, A, and Ehst, M. (Eds) "**Science Technology and Innovation Capacity Building for Sustainable Growth and Poverty Reduction**", Work Bank, 2008.
- [19] Krishnan, R. "**The Evolution of Developing Country Innovation Systems During Economic Liberalization : The Case of India**" The First Globelics Conference, Bongalore, Nov. 3-6, 2003.
- [20] Xue, L. "**Universities in China's National Innovation System**" UNESCO Forum on Higher Education, Research and Knowledge, 27-30 Nov, 2006.
- [21] Nelson, R.R. and Phelps, E.S. "**Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth**" American Economic Review 50, p69-75,1966.

- [22] Schultz, T.W. "The Value of the Ability to Deal With Disquilibria" Journal of Economic Literature P827-846, 1975.
- [23] Lundvall, B-A. "Higher Education, Innovation and Development" World Bank's Regional Conference on Development Economics, Beijing : January 16-17, 2007.

مهارت‌هایی که در ارزیابی انجمن آموزش مهندسی امریکا مورد استفاده قرار گرفته است [13].

مهارت‌های عمومی

- گوش دادن به دیگران
- مدیریت پروژه
- درگیر شدن با تناقض
- مدیریت افراد
- حل مسایل مبهم
- خودآموزی مهارت‌های جدید

مهارت‌های پایه‌ی مهندسی

- بکارگیری مهارت‌های مهندسی
- ارائه توضیحات شفاهی

مهارت‌های تخصصی

- بکارگیری و استفاده از ریاضیات
- بکارگیری و استفاده از علوم پایه
- تجارب تحلیل داده‌ها
- طراحی آزمایش‌ها و تجارب خاص در آزمایشگاه و تجارب عملی