

فناوری نرم و نسل چهارم آینده نگاری

فناوری

■ نویسنده: ژئوتینگ جین
■ مترجم: محمدرضا میرزا امینی
مدیر عامل اندیشگاه شریف
mirzaaminy@hotmail.com

مقدمه

از جمله روندهای برجسته در توسعه جهانی می توان به "حرکت از بین المللی سازی تولید به سمت جهانی سازی اقتصاد" و "حرکت از بین المللی سازی تحقیق و توسعه به سمت جهانی سازی علوم و فناوری" اشاره کرد. سازمان های صنعتی به طور روزافزونی از طریق ائتلافات در حوزه علوم و فناوری، به همکاری می پردازند و روند جهانی سازی اقتصاد، علم و فناوری را تقویت می کنند.

به همین جهت، مطالعات پیش بینی فناوری^۱ و آینده نگاری فناوری^۲ به عناصر زیربنایی مهمی در تدوین سیاست علوم و فناوری و سیاست صنعتی؛ بازتخصیص منابع انسانی، مادی و مالی؛ تصویر راهبردهای کلان بلندمدت [به حوزه علوم و فناوری]؛ و تنظیم ساختارهای اقتصادی و صنعتی مبدل شده اند. به همین منظور، فلسفه، اثربخشی و عملیاتی بودن فنون و روش های آینده نگاری فناوری مورد توجه قرار گرفته است و برانگیزاننده پیشرفت های نظری آینده نگاری فناوری در عصر جدید شده است. به طور مثال، نظریه نسل سوم آینده نگاری فناوری، جامعه، اقتصاد و محیط زیست را ترکیب نموده، و نظریه نسل چهارم، تأکید بر برابری بر فناوری نرم^۳ و فناوری سخت^۴ می نماید.

الف) روند تکامل و توسعه پیش بینی فناوری

اگرچه احتمالاً فنون پیش بینی فناوری در طول تاریخ وجود داشته است، حتی روش های نوینی همچون برون یابی روند، طوفان فکری، سناریو پردازی و مانند آن که در چند قرن اخیر ظهور یافته اند، اما تا پایان قرن نوزدهم شاهد پیش بینی فناوری

کاملاً شکل یافته ای نیستیم. طی قرن گذشته، آینده نگاری فناوری، سه دوره را پشت سر گذاشته است و امروز، توأم با تغییر مفهوم پیش بینی فناوری به مفهوم شناخته شده آینده نگاری فناوری^۵، در حال ورود به دوره چهارم خود است.

دوره اول

در طول دهه های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ میلادی و بعد از جنگ جهانی اول، کشورهای اروپایی و آمریکایی توجه خود را به مسائل توسعه اقتصادی داخلی معطوف نمودند. پیش بینی فناوری علمی^۶ به پیش نیاز تعیین راهبرد علوم و فناوری و تدوین سیاست های مربوطه مبدل شد. در این دوره، پیش بینی فناوری، بیشتر شامل پیش بینی متخصصان فنی از بیشترین پتانسیل ها و احتمالاً توسعه فناوری های مختلف به صورت مجزا که هنوز در مراحل رویا پردازی بودند یا در فضای انتظارات غیر واقع گرایانه غوطه ور بودند.

دوره دوم

طی دهه ۱۹۶۰ میلادی، پیش بینی فناوری مورد پذیرش قرار گرفت و در قالب نوعی چارچوب نظری رسمی توسعه بیشتری یافت. به علاوه، به طور گسترده ای در سازمان های نظامی و مجامع صنعتی کشورهای توسعه یافته اروپایی و آمریکایی به کار گرفته شد و نقشی مهم در تدوین طرح های ملی کشورهای هم چون فرانسه، آمریکا، انگلستان و سوئیس ایفا نمود. این امر، به جهشی بزرگ در زمینه آینده پژوهی منتهی شد. بسیاری از روش های پیش بینی همچون روش مشهور دلفی (با حمایت اندیشگاه رند)^۷ در همین دوره متولد شد. مجلات دانشگاهی و حرفه ای همچون پیش بینی فناوری و تغییرات اجتماعی^۸ نیز در همین دوره پا به عرصه وجود نهاد.

از جمله مهمترین رخدادهای تاریخی

تعبیر آینده نگاری فناوری^۹ مبین آینده پژوهی و آینده نگری جامع فناوری در سطح ملی است. آینده نگاری فناوری عبارت است از فرآیند شناسایی فناوری هایی اعم از فناوری های نرم، فناوری های سخت و زمینه های پشتیبان که احتمالاً در آینده ظهور می کنند، از طریق شناسایی نظام مند

روندهای توسعه علوم، فناوری، اقتصاد، محیط زیست و جامعه، با هدف تدوین سیاست ها و طرح های راهبردی و اتخاذ تصمیم های مربوطه. تحقیق، توسعه و کاربرد در زمینه های مورد نظر در این نوع آینده نگاری فناوری، ممکن است دارای اهمیت راهبردی شایانی بوده یا منافع اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی عظیمی به بار آورد.

۱- سه دوره آینده نگاری فناوری

آینده نگاری فناوری یا به تعبیر قدیمی تر خود

1. Technology Forecasting
2. Technology Foresight
3. Soft Technology

4. Hard Technology
5. "Scientific" Technology Forecasting
6. RAND

7. Technological Forecasting and Social Change

پیش‌بینی فناوری، می‌توان این موارد را برشمرد:

- همایش بین‌المللی روش‌شناسی پیش‌بینی فناوری بلندمدت در مارس ۱۹۶۶ پاریس؛
- همایش برگزار شده توسط گروه نیروی هوایی آمریکا در مورد پیش‌بینی و برنامه‌ریزی بلندمدت در آگوست ۱۹۶۶؛
- همایش پیش‌بینی فناوری صنعت‌گرا در ماه می ۱۹۶۷.

ژاپن روش‌های پیش‌بینی آمریکایی را در دوره رشد سریع خود (منتهی به پایان دهه ۱۹۶۰) مورد مطالعه و پذیرش قرار داد. ژاپن از سال ۱۹۷۱ میلادی، در طول سه دهه، هر پنج سال یکبار، پیش‌بینی بلندمدت ملی را برگزار نمود تا از این رهگذر، تجربه ارزشمندی را اندوخته و پیشرفت قابل‌تقدیری را در نظریه و اجرای آینده‌نگاری فناوری بدست آورد.

دوره سوم

به عللی که در آغاز نیز گفتیم، بسیاری از ملل در حال توسعه جهان، در طول دهه ۱۹۹۰ میلادی، آینده‌نگاری‌های فناوری جامعی را در سطح ملی انجام دادند. ویژگی‌های تعریف‌کننده این دوره عبارتند از:

- در سرتاسر جهان، آینده‌نگاری فناوری جهت کمک به تصمیم‌گیری‌های مرتبط با برنامه‌ریزی راهبردی و سیاست‌ها در سطح ملی بودند.
- مفهوم پیش‌بینی فناوری به آینده‌نگاری فناوری تغییر یافت.

تجربیات پیش‌بینی فناوری جامع ملی ژاپن، آلمان، آمریکا، انگلستان، سوئد و ... به جایی رسید که آینده‌نگاری فناوری به جای تمرکز ساده‌انگارانه بر خود فناوری همچون رویکرد پیش‌بینی فناوری، تمامی ابعاد فناوری، اقتصاد، جامعه و محیط

زیست را به صورت همزمان در بر گیرد. سازمان همکاری‌های آسیا-اقیانوسیه^۱ نیز در سال ۱۹۹۸، مرکز آینده‌نگاری فناوری^۲ را تأسیس نمود. این اولین مؤسسه تحقیقاتی آینده‌نگاری فناوری منطقه‌ای در جهان بود. در سال ۲۰۰۰ میلادی، همایش بین‌المللی آینده‌نگاری فناوری، در توکیو برگزار شد و شرکت‌کنندگانی از ۱۴ کشور و ۲ سازمان بین‌المللی را به خود جذب کرد. این همایش پیشنهاد کرد تا پژوهش‌ها و تجربیات آینده‌نگاری فناوری بین‌المللی با هدف تأمین نیازهای اجتماعی و اقتصادی (فرای محدودیت‌های کشورها) انجام شوند.

۲- از پیش‌بینی فناوری تا آینده‌نگاری فناوری

عدم توانایی در پیش‌بینی "شوک نفت" سال ۱۹۷۳، شک و تردیدهای گسترده‌ای را متوجه اعتبار و کاربرد "پیش‌بینی" نمود. بسیاری از شرکت‌ها گروه‌های برنامه‌ریزی کلان بلندمدت خود را به کناری نهادند و موج عظیم آینده‌پژوهی آغازشده در اواسط دهه ۱۹۶۰، به سرعت در دهه ۱۹۷۰ پایان یافت.

در اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی، انتقاد از پیش‌بینی فناوری بلندمدت، بسیار گزنده و گسترده شد. جوامع علمی و حرفه‌ای فعال در حوزه پیش‌بینی فناوری دریافتند که دیگر نمی‌توان در برابر فشارهای موجود روی خود در مورد مناسب بودن روش‌های پیش‌بینی فناوری به عنوان یک ابزار مدیریتی قابل اعتماد و عقلایی برای تصمیم‌گیران تاب بیاورند. به علاوه، فشارها در این زمینه که چگونه پیش‌بینی فناوری می‌تواند به طور دقیق تأثیر تصمیمات اتخاذ شده امروز در شکل‌دهی یا خلق آینده را مشخص نماید،

افزایش یافته بود. فعالیت‌های پیش‌بینی فناوری به شدت تحت تأثیر عناوین دیگری همچون "افق" یا "چشم‌انداز"، "آینده‌نگاری"، "مدیریت مسائل"، "تفکر راهبردی" و ... به عنوان گریزگاهی از "پیش‌گویی" و پیش‌بینی غیرعلمی و مفهومی، قرار گرفت.

دو عنوان اول بیشتر مورد استفاده سازمان‌های دولتی قرار گرفت. درحالی که دو تعبیر بعدی، بیشتر توسط مدیران و تحلیل‌گران سازمان‌های صنعتی بکار گرفته شد. مارتین و ایروین^۳ اولین کسانی بودند که تغییر تمرکز از پیش‌بینی فناوری به آینده‌نگاری فناوری را گوشزد نمودند.

آنان توصیه کردند تعریف پیشنهادی کوتس^۴ (در سال ۱۹۸۵) در مورد آینده‌نگاری فناوری مورد پذیرش عمومی قرار گیرد: "فرآیندی که طی آن، فرد به درک کامل‌تری از حقایق تأثیرگذار بر آینده بلندمدت و مقولاتی می‌رسد که باید در سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری لحاظ شوند". به علاوه، آنان دیدگاه کوتس را نیز در مورد آینده‌نگاری فناوری به عنوان ابزاری کمی و کیفی جهت پایش علائم و شاخص‌های روندها و پیشرفت‌های در حال تکامل جهت تأمین نیازها و فرصت‌های آینده، پذیرفتند.

این تعریف، نشانگر آن است که اولاً آینده‌نگاری فناوری، یک فرآیند است نه مجموعه‌ای از روش‌ها، و می‌تواند به ارتباط و تبادل اطلاعات و ایده‌ها بین دانشگاه، سیاست‌گذاران، پژوهشگران صنعت و دیگران کمک کند. همچنین بیانگر آن است که روش‌های پیش‌بینی، اغلب همچون "جعبه سیاهی" تلقی می‌شدند که مفروضات ورودی را به خروجی‌هایی در قالب "پیش‌گویی‌هایی راجع به آینده" ترجمه می‌کردند.

بنابراین یک هدف متعارف پیش‌بینی فناوری

1. APEC
2. Technology Foresight Centre

3. Martin and Irvine
4. Coates

ورود به پیش‌گویی‌هایی است که می‌توان علمی قلمدادشان کرد. به عبارت دیگر، فرض بر این بود که پیش‌گویی‌ها به شیوه‌ای قابل اعتماد بیان می‌کنند که چه رخدادهایی، چه زمانی و چگونه اتفاق می‌افتند و به خلق تصویری دقیق از پیش‌فرض‌ها، روش‌ها و داده‌های ورودی خود منتهی می‌شوند.

در مقابل، مارتین و ایروین مدعی شدند که آینده‌نگاری فناوری بیشتر به ایجاد درکی بهتر از پیشرفت‌های محتمل و نیروهای شکل‌دهنده آنان می‌پردازند و به پیاده‌سازی ساز و کارهای پایش جهت اعلام به موقع روندها و فرصت‌های در حال ظهور، روی آورده است. به علاوه، مارتین و ایروین آینده‌نگاری فناوری را در چهار سطح دسته‌بندی نمودند:

سطح کلی^۱، سطح کلان^۲، سطح میانی^۳ و سطح خرد^۴.

رویکرد "علمی" مطرح در مورد آینده‌نگاری فناوری، به استفاده از اصول نسبیت، اصول احتمال، اصول پیوستگی، و اصول علت و معلول می‌پردازد. از آنجایی که پیش‌بینی‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تغییرات فناوری بسیار پیچیده‌اند و عوامل انسانی به شدت در آنان تنیده‌اند، پیش‌بینی "علمی" آینده بر اساس اصول فوق، بسیار دشوار می‌نماید. به همین علت، منطقی است که نظریه آینده‌نگاری فناوری نوینی جایگزین نظریه آینده‌نگاری فناوری سنتی شود. سازمان توسعه و همکاری اقتصادی^۵ در همایش سال ۱۹۹۵ خود در پاریس، تعریف جدید ذیل را از آینده‌نگاری فناوری مطرح نمود:

فرآیندی که به گونه‌ای نظام‌مند در پی نگاه به آینده بلندمدت علوم، فناوری، اقتصاد و جامعه با هدف شناسایی زمینه‌های تحقیقات راهبردی

و فناوری‌های عام منظوره در حال ظهور (که احتمال به دست آوری بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی را دارند) است. مرکز آینده‌نگاری فناوری سازمان همکاری‌های اقتصادی آسیا-اقیانوسیه، آینده‌نگاری فناوری را به عنوان ابزار برنامه‌ریزی راهبردی قلمداد می‌کند. به طوری که باید نتایج پیش‌بینی فناوری، منطقی، اثربخش در تولید، و قابل پیاده‌سازی باشند.

بنابراین، پیش‌نیاز آینده‌نگاری فناوری، مشارکت متخصصان فراوان از حوزه‌های مختلف، رشته‌ها و سازمان‌های متفاوت، و ایجاد شبکه‌ای ثابت که دربردارنده فعالیت‌های فردی در زمینه آینده‌نگاری فناوری می‌باشد، است.

۳-۱- نظریه چهار مرحله‌ای آینده‌نگاری فناوری

در همایش سال ۲۰۰۰ توکیو، پروفیسور لوک گورژیو^۶ از دانشگاه منچستر انگلستان، به تبیین سه مرحله از توسعه آینده‌نگاری فناوری پرداخت. طبق نظر ایشان، انگلستان، نسل اول از آینده‌نگاری فناوری را در دهه ۱۹۸۰، نسل دوم را از سال ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۸ و نسل سوم را از ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳ میلادی تجربه کرده است. تحلیل‌گران و سیاست‌گذاران هر کشور قادرند با بررسی درجه و ویژگی‌های ارائه شده برای هر نسل، سطح پیشرفتگی آینده‌نگاری فناوری در کشور خود را تعیین نمایند. در ادامه به تشریح ویژگی‌های هر نسل می‌پردازیم.

۳-۱-۱- نسل اول آینده‌نگاری فناوری

نسل اول آینده‌نگاری فناوری، همان مرحله پیش‌بینی فناوری "خالص" است و در اصل، بسط حوزه‌های علمی (به عنوان محتوای اصلی) توسط

دانشمندان علوم طبیعی در جهت پیش‌بینی احتمال انجام پیشرفت‌های بالقوه در علوم و فناوری است. در این مرحله، پیش‌بینی فناوری زمینه انحصاری و خاص نخبگان علمی و فناورانه‌ای محسوب می‌شد که بر اساس جهت پیشرفت‌های فناورانه و انواع فناوری‌هایی که احتمالاً در آینده ظهور می‌کنند و نیازمند توسعه‌اند، کاملاً از نگاه علم و فناوری خالص، به پیش‌بینی می‌پرداختند. به همین جهت، آینده‌نگاری فناوری، ابزاری جهت نشان دادن فعالیت‌های دانشمندان و مهندسان بود.

۳-۲- نسل دوم آینده‌نگاری فناوری

نسل دوم آینده‌نگاری فناوری، دربردارنده ترکیبی از دو حوزه فناوری و بازارها است. این مرحله، هنگامی است که متخصصان از دانشگاه و صنعت جهت مطالعه پیشرفت‌های آینده علم و فناوری گرد هم می‌آیند.

بسیاری از کشورها معتقدند آینده‌نگاری فناوری آنان، از آغاز با ارزیابی‌های بازار همراه بوده است. بررسی و ارزیابی فناوری‌های حیاتی در آمریکا (توسط بروس دان^۷، مدیر بخش علوم و فناوری اندیشگاه رند) به خوبی مبین میزان واقعی یکپارچگی بازارها با فعالیت‌های آینده‌نگاری فناوری است. در ادامه به بررسی این امر می‌پردازیم. در سال ۱۹۹۰، کنگره آمریکا هیئتی به نام فناوری حیاتی ملی جهت تدوین گزارش بررسی فناوری‌های حیاتی ملی^۸ تشکیل داد. این فعالیت، نقش بسزایی در جهت‌گیری سیاست تحقیق و توسعه ملی و نحوه تخصیص منابع ملی کلیدی داشت و به مسائل مرتبط با رقابت‌پذیری جامع آمریکا در فناوری پرداخت.

در ارزیابی فناوری حیاتی آمریکا، فناوران توجه

1. Overall Level
2. Marco Level
3. Meso Level

4. Micro Level
5. OECD
6. Luke Georgiou

7. Bruce Don
8. National Critical Technologies Review

آن. ششمین پیش‌بینی فناوری ژاپن ۱۵ حوزه را پوشانده است: مواد و فرآوری مواد، الکترونیک، اطلاعات، زیست‌شناسی، فضا و اقیانوس‌ها و زمین، منابع و انرژی، محیط زیست، کشاورزی، جنگلداری و شیلات، تولید و ماشین‌سازی، شهرها و ساخت و ساز و مهندسی عمران، ارتباطات، حمل و نقل، بهداشت و پزشکی، و رفاه. ژاپن همواره بر این موضوع تأکید داشته است که نباید آینده‌نگاری فناوری صرفاً بر فناوری علوم طبیعی متمرکز باشد. بلکه فناوری‌های حوزه‌های وسیع‌تری همچون تولید، بهداشت، محیط زیست، امنیت، ساخت و ساز شهری و جامعه را در بر بگیرد. خبرگان پیش‌بینی مشارکت‌کننده در آینده‌نگاری فناوری ژاپن معتقدند علاوه بر زمینه‌های علوم طبیعی باید حوزه‌های مختلف علوم اجتماعی را نیز در نظر گرفت. به عنوان مثال، در آینده‌نگاری فناوری ششم ژاپن، ۳۷ درصد از خبرگان از بنگاه‌ها، ۳۶ درصد از دانشگاه‌ها، ۱۵ درصد از پژوهشگاه‌های ملی و ۱۲ درصد از دیگر انواع سازمان‌ها برگزیده شدند.

۳-۴- نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری

امروز، نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری پیش روی ماست. نسل سوم آینده‌نگاری فناوری متمرکز بر فناوری سخت در چارچوب نظام‌های گسترده‌ای از جامعه، اقتصاد و محیط زیست بود. باید بر مبنای درک نوین ما از فناوری نرم، نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری متناسب با نیازهای توسعه پایدار در چارچوب سیستم‌های نوآوری فناورانه انجام پذیرفته و ابعاد چندگانه بازار، جامعه، اقتصاد، محیط زیست و مانند آن را در بر گیرد. به علاوه باید فناوری نرم و فناوری سخت را توأمان در نظر گیرد: نهادها، فرهنگ‌ها و عوامل اجتماعی مربوطه.

باشد. به عبارت دیگر، رویکردی مورد نیاز بود که طیف گسترده‌تری از بازیگران را در نظام نوآوری در بر گرفته و به جای تولید محصولات موردی (در جهت انجام پروژه‌های موفقیت‌آمیز)، تمرکز بیشتری بر انجام فرآیندها نماید. متعاقباً، شورای ملی علوم و فناوری نیز در پایان سال ۱۹۹۹، اجلاس ملی سران در مورد نوآوری را جهت بحث پیرامون چنین مفاهیم گسترده‌تری برگزار نمود. به عبارت کلی، نباید آینده‌نگاری فناوری را به روش‌های پیش‌بینی در چارچوب اصول مجزا و مستقل، محدود نمود. بلکه باید از منظر کل سیستم نوآوری به آن نگریست و راهبردهایی را جهت درنوردیدن مرزهای صنایع و دولت‌ها تعیین نمود.

۳-۳- نسل سوم آینده‌نگاری فناوری

نسل سوم آینده‌نگاری فناوری متمایل به فناوری سخت است. به علاوه، ابعاد مختلف بازار، جامعه، اقتصاد و محیط زیست را نیز در نظر می‌گیرد. در ضمن، انواع مختلفی از مسائل را بر مبنای یک رویکرد حل مسئله (طیفی از عوامل اجتماعی نه فقط مسائل فنی) در آینده‌نگاری فناوری لحاظ می‌نماید.

متخصصان آینده‌نگاری فناوری ژاپن معتقدند این کشور در حال تجربه گذار از نسل دوم آینده‌نگاری فناوری به نسل سوم آن است. پیش‌بینی فناوری پنجم ژاپن ۱۶ حوزه را در بر می‌گیرد: کشاورزی، جنگلداری و شیلات، اطلاعات و الکترونیک، مواد و فرآوری تولیدات، زیست‌شناسی، فضا و اقیانوس‌ها و زمین، معدن، منابع آب، انرژی، محیط زیست، تولید، شهرها، ساخت و ساز و مهندسی عمران، مخابرات، حمل و نقل، بهداشت و پزشکی، علوم اجتماعی و مانند

ویژه‌های به نیازمندی‌های بازار نمودند. طبق گفته آقای بروس دان، تمرکز ویژه‌ای بر صنعت از طریق منابع مختلف شد: اول، مصاحبه در سطح شرکت‌ها؛ دوم، بررسی مسیر نماهای فناوری^۱ در بخش صنعت؛ سوم، همایش‌های برگزیده در مورد فناوری در صنعت.

بنابراین آنان موفق شدند در بافت صنعت به توافق دست یابند. آنها به این اجماع رسیدند که نرم‌افزار، میکروالکترونیک، مخابرات، فناوری تولید پیشرفته، مواد، فناوری حسگر، فناوری تصویرنگاری و مانند آن، "فناوری حیاتی" برای آمریکا محسوب می‌شوند. اما به هر حال وقتی بحث منطقی در مورد چرایی حیاتی بودن این فناوری‌ها می‌شد، اختلاف نظرهای واضحی بین مدیران صنعتی، فناوران و سیاست‌گذاران دولتی مشاهده می‌شد. افراد صنعتی بر نقش کلیدی این فناوری‌ها در عملکرد اقتصادی آمریکا تأکید می‌ورزیدند و ذهنشان معطوف به مسائل مربوط به تجاری‌سازی فناوری بود. فناوران مایل بودند نشان دهند چقدر این فناوری‌ها (به عنوان ابزار) قادر به برآوردن کارکردهای فناورانه هستند. رهبران صنعت، مایل بودند به جای پرداختن به خود فناوری‌های کلیدی (به‌طور مجزا)، به توصیف و تشریح یک سیستم [مجموعه‌ای از فناوری‌ها] بپردازند.

تحلیل آقای بروس دان نشانگر محدود بودن مفهوم و روش موجود در فعالیت "فناوری‌های حیاتی" دولت آمریکا در دهه ۱۹۹۰ میلادی است. او توصیه نمود آمریکا باید پا را از حوزه محدود رویکرد جاری در تحلیل فناوری‌های کلیدی (تمرکز بر چرخه فناوری، تولید، کاربرد) فراتر گذاشته و به جای آن، رویکردی را برگزیند که به کل سیستم دربرگیرنده فناوری‌ها توجه داشته

شایان ذکر است، نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری، صرفاً مسئولیت مشترک جامعه دانشمندان علوم طبیعی و فناوری، دانشمندان علوم اجتماعی و رهبران صنعتی نیست. بلکه باید فعالانه تمامی بازیگران مرتبط از تشکلهای اجتماعی و سازمان‌های دولتی دخیل در ایجاد نهادها، سیاست‌ها و قوانین را نیز درگیر نماید.

ب) نسل سوم آینده‌نگاری فناوری و پیشران‌های فناوری

نظریه پیشران‌های چندگانه تغییر فناوری را می‌توان زیربنای اصلی نسل سوم آینده‌نگاری فناوری دانست. ساختار پیشران‌های فناوری را می‌توان در سه سطح دسته‌بندی کرد: عوامل اقتصاد دانشی، عوامل محیط کلان، و روابط متقابل تمامی عوامل.

سطح اول به رابطه بین توسعه فناوری، علم و اقتصاد می‌پردازد. انگیزش انسانی جهت بهره‌برداری و به چالش کشیدن حوزه‌های ناشناخته و فرصت‌های بیکران بازار، توسعه علوم را به پیش می‌راند.

به عبارت دیگر، اکتشافات جدید در علم و تجدید مستمر دانش، نه فقط درک انسان را از طبیعت و جامعه عمیق‌تر می‌نماید (غنی‌سازی هر چه بیشتر کتابخانه دانش بشری)، بلکه باعث خلق منابع جدیدی برای فناوری و بازگشایی جهت‌گیری‌های نوینی در تغییرات فناوری می‌شود. فناوری‌های نوینی همچون مدارهای مجتمع، فناوری انرژی اتمی و مهندسی زیستی که به شدت جامعه و اقتصاد را در قرن بیستم تحت تأثیر قرار دادند، همگی وابسته به پیشرفت‌های عظیمی در علوم بوده‌اند.

توسعه و پیشرفت علم نیز (به ویژه تأیید

اکتشافات و نظریه‌های نوین) کاملاً وابسته به ابزارها و روش‌های فناوریانه جدید است. به طور خلاصه باید گفت که توسعه و بکارگیری گسترده فناوری، عامل کلیدی در ارتقاء و تسریع پیشرفت‌های علمی است. نقش اقتصاد در توسعه فناوری‌های نوین، عمدتاً در ارتباط با رقابت برای محصولات جدید مبتنی بر فناوری‌های نوین است. توسعه فناوری، موتور توسعه اقتصادی است.

پیشران‌های توسعه فناوریانه عبارتند از: انگیزه اقتصادی منفعت طلبی و تلاش و تعهد انسانی (تمایل انسان به بهره‌برداری از دانش نوین و انگیزه ارضای شخصی). به طور خلاصه تغییر فناوریانه، هم فرآیند علمی خلق دانش را به پیش می‌راند و هم فرآیند تغییر اقتصادی؛ این دو فرآیند نیز خود باعث به پیش رانده شدن تغییر فناوریانه می‌شوند. ما این چرخه ارزشمند علل را «چرخه اقتصاد دانشی» می‌نامیم.

سطح دوم پیشران‌های تغییر فناوریانه محیط کلان، که به آن حوزه محیطی^۱ نیز گفته می‌شود، مرکب از حوزه اجتماعی و حوزه طبیعی است. حوزه اجتماعی دربردارنده منابع نهادی، فرهنگی و انسانی (آموزش)، و منابع سازمانی اجتماعی است. حوزه طبیعی شامل منابع طبیعی، عوامل زیست محیطی و عوامل بوم شناختی می‌شود. در عصر اقتصاد صنعتی، باور عمومی این بود که فشار علم و کشش بازار، پیشران‌های مستقیم

تغییر و تحولات فناوریانه هستند و محیط، نیرویی غیرمستقیم محسوب می‌شود. با توسعه سریع فناوری سخت و رشد توأمان مشکلات اجتماعی، سقوط ارزش‌ها و نیاز حیاتی بشر به توسعه اجتماعی و اقتصادی پایدار، بسیاری از آگاهان توجه بیشتری را به بافت محیطی فناوری، به عنوان پیشران تغییر فناوریانه، معطوف نمودند. در واقع، عوامل محیطی از عوامل ثانویه به عوامل اصلی تغییر فناوریانه مبدل شدند. به عنوان نمونه، رنسانس ایتالیا و انقلاب فرانسه، بر انقلاب‌های فناوریانه پیشین تأثیر گذاشتند. گاهی تغییرات محیطی، همچون انقلاب فرهنگ چین، تأثیرات مخرب نیز بر توسعه فناوریانه داشته است.

سطح سوم، متمرکز بر تعامل بین پیشران‌های مذکور و تعامل آنان با عوامل بین‌المللی است. تنها هماهنگی و همراستایی تمامی عوامل (چرخه اقتصاد دانشی، حوزه‌های محیطی و عوامل بین‌المللی) می‌تواند باعث شتاب یافتن توسعه یک کشور یا منطقه گردد. اگر عوامل حوزه محیطی مهیای توسعه اقتصادی و فناوریانه باشند، می‌توان متوقع توسعه سریع آن کشور یا منطقه بود. اگر عوامل محیطی عمده، نامناسب یا گلوگاه محسوب شوند، آنگاه توسعه اقتصادی و پیشرفت فناوریانه آن منطقه، کند یا کاملاً متوقف خواهد شد. به عبارت دیگر، اگر توسعه علمی، فناوریانه و اقتصادی، همراستا و هماهنگ با توسعه پایدار

محتوا و ویژگی‌ها	مرحله توسعه
پیش‌بینی فناوری‌های سخت	نسل اول
ترکیب فناوری سخت و بازار	نسل دوم
تمرکز بر آینده‌نگاری فناوری سخت و یکپارچه‌سازی ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی	نسل سوم
آینده‌نگاری هم در فناوری‌های نرم و هم فناوری‌های سخت، و یکپارچه‌سازی ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی	نسل چهارم

جدول ۱. آینده‌نگاری فناوری جامع

۱- آینده‌نگاری فناوری و نظام نوآوری

با رشد آگاهی ما نسبت به فناوری نرم، درک ما از نظام نوآوری فناوری نیز دستخوش تغییرات اساسی از نظر ساختار و رویه نوآوری شده است. به عنوان مثال، نظام نوآوری (براساس درک عمومی) متشکل از نوآوری‌های فناوری سخت، نوآوری‌های فناوری نرم، نوآوری‌های نهادی، نوآوری صنعتی سخت (کشاورزی، صنعت مهندسی، صنعت خدمات تجهیزات محور و ...)، نوآوری صنعتی نرم (صنعت خدمات فکری، صنعت فرهنگی، صنعت اجتماعی و ...) است. بنابراین باید آینده‌نگاری فناوری آینده به گونه‌ای صورت پذیرد که نوآوری فناوری را در معنای وسیع آن در نظر گیرد و نه فقط آینده‌نگاری‌های فناوری نرم را در بر گیرد، بلکه حوزه‌های بین رشته‌ای که ترکیبی از فناوری‌های سخت و فناوری‌های نرم است را نیز لحاظ نماید.

۲- فناوری نرم و اهداف آینده‌نگاری فناوری

امروزه، مدیران بنگاه‌ها برای حفظ توانمندی نوآوری خود در فضای رقابت و کاهش مخاطرات، نیازمند مدیریت واسطه‌ای بین شرکت‌ها و مشتریان، تأمین‌کنندگان، همکاران، قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران هستند. این امر نیازمند اندیشه‌های نوین و روش‌های جدیدی است که مؤید چالشی پیچیده و در حال فزونی است. آینده‌نگاری فناوری، به عنوان ابزاری جهت خلق یک طرح راهبردی مشترک، می‌تواند باعث کاهش عدم قطعیت‌های پیش روی مدیران و سیاست‌گذاران شود. از منظر کلان نیز، شرایط پیچیده جامعه معاصر باعث شده است تا سیاست‌گذاران ملی با طیف گسترده‌ای از مسائل روبرو باشند. تصمیم‌گیران به شدت نیازمند یاری

صنایع خدماتی و آموزش و یادگیری. فعالیت‌های آینده‌نگاری فناوری در این دو کشور دارای یک وجه اشتراک است: آنها از دسته‌بندی مرسوم در رشته‌های علوم و فناوری تبعیت نکرده‌اند. حوزه‌های مطرح شده در موضوعاتی بین‌رشته‌ای (به جای حوزه‌های علمی خالص) سازمان داده شده‌اند. این امر مبین آن است که هدف از توسعه فناوری، ارائه خدماتی جهت پیشرفت اجتماعی و توسعه اقتصادی در آینده است. همچنین اولویت‌های فناورانه از دیدگاه‌های مختلف همانند علم، فناوری، جامعه، اقتصاد و محیط زیست تعیین می‌شود تا اهداف توسعه اجتماعی- اقتصادی کشور محقق شود. تنها لحاظ کردن حوزه‌های غیرفناورانه‌ای همچون جامعه، اقتصاد و محیط زیست در میدان عمل آینده‌نگاری فناوری بدان معنا نیست که به نسل سوم آینده‌نگاری فناوری دست یافته‌ایم. طبق تحلیل و ارزیابی آقای بروس دان، مهم این است که جستجوها و بررسی‌ها صرفاً به بخش‌های پررنگ فناورانه در حوزه‌های فوق محدود نگردد. آینده‌نگاری فناوری نباید تنها به فناوری‌های کلیدی مربوطه، فناوری‌های جانبی و فناوری‌های کاربردپذیر مرتبط با آن حوزه‌ها بپردازد، بلکه باید آنان را از منظر تجاری‌سازی و شکل‌گیری یک سیستم جهت حل مشکلات و مسائل (مثلاً نیاز به افزایش رقابت پذیری) لحاظ نماید.

ج) نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری و فناوری نرم

فناوری نرم، پارادایم دیگری از فناوری است. آگاهی از فناوری (به معنای اعم آن) می‌تواند به ایجاد مبنای نظری نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری یاری رساند.

و تمدن معنوی بشر نباشد، باعث ایجاد تأثیرات منفی یا حتی تخریب حوزه‌های محیطی آن کشور یا منطقه می‌شود. از دیدگاه پیش‌ران‌های فناوری، نسل دوم آینده‌نگاری فناوری، تنها متمرکز بر سطح اول عوامل، یعنی عامل علم، فناوری و نیازهای بازار است. اما در یک فرآیند نظام‌مند شناسایی روندهای توسعه بلندمدت علوم، فناوری، اقتصاد و جامعه، باید آینده‌نگاری فناوری اثربخش، چندبعدی بوده و منابع محلی، محیط، مزایا و معایب فناورانه، منابع انسانی، زندگی اجتماعی، و نهاد‌های خاص و یکتای آن کشور، همپای ساختار صنعتی و جایگاه آن در تقسیم کار جهانی، در نظر گرفته شود. بنابراین باید در یک فعالیت آینده‌نگاری فناوری جامع در سطح ملی، تمامی عوامل سطح دوم (عوامل حوزه محیطی) لحاظ گردد. این اصل اساسی نسل سوم آینده‌نگاری فناوری است.

فعالیت‌های آینده‌نگاری فناوری انگلستان (از ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۹ میلادی) ۱۶ حوزه را در بر می‌گرفت: کشاورزی، باغبانی و جنگلداری، شیمیایی، ساخت و ساز، دفاعی و هوافضا، انرژی، خدمات مالی، تغذیه و نوشیدنی، بهداشت و زیست‌شناسی، فناوری اطلاعات، الکترونیک و ارتباطات، سرگرمی و یادگیری، فرآیندهای تولید و کسب و کار، دریایی، مواد، منابع طبیعی و محیط زیست، خرده‌فروشی و توزیع و حمل و نقل.

در سوئد، ۸ حوزه جهت آینده‌نگاری فناوری برگزیده شد: بهداشت و داروسازی، منابع طبیعی زیستی (کشاورزی، جنگلداری، مصرف آب، تغذیه، محصولات چوبی، و مواد خام برای انرژی زیستی) زیرساخت جامعه، سیستم‌های تولید، سیستم‌های اطلاعاتی و ارتباطی، مواد و گردش آن در جامعه،

آینده‌نگاری فناوری جهت تعیین اولویت‌های مسائلی همچون نحوه تنظیم توزیع منابع، ساختار بودجه‌ها و وفق با رقابت بین‌المللی هستند.

مارتین و ایروین، ۶ هدف عمده را برای آینده‌نگاری فناوری برشمرده‌اند:

۱. شفاف‌سازی جهت‌گیری سیاست‌های علوم و فناوری (عموماً با تأکید بر تحلیل کلان)؛
 ۲. تعیین اولویت‌ها در سیاست‌گذاری (با در نظر گرفتن این نکته که منابع محدود است، ولی تعداد حوزه‌های نیازمند توجه به سرعت در حال افزایش است)؛

۳. دستیابی به اطلاعات مربوطه پیش از تحقق روندهای فناورانه؛

۴. ایجاد وفق در مورد نیازها یا فرصت‌های خاص (باید به درکی متقابل بین متخصصان علمی و فناورانه، تأمین کنندگان سرمایه و کاربران صنعتی بکارگیرنده نوآوری‌های فناورانه دست یافت)؛

۵. دستیابی به حمایت و درک مناسب راجع به آینده‌نگاری فناوری از جانب تمامی ذینفعان؛

۶. ایجاد ارتباط و آموزش شهروندان، دولت‌مردان، صنعتگران و متخصصان علمی و فناورانه مختلف در مورد مسائل حیاتی از طریق فرآیند آینده‌نگاری فناوری.

آقای جان وود^۱ معتقد است آینده‌نگاری فناوری عبارت است از:

۱. فرآیندی که کسب و کار، پایگاه علمی، بخش‌های داوطلب، و دولت را قادر می‌سازد با هم برای آینده برنامه‌ریزی نمایند؛

۲. فرآیندی که باعث ایجاد فرهنگ آینده‌نگری می‌شود؛

۳. فرآیندی که برای آگاه‌سازی سیاست‌گذاران، یاری‌رسانی به آنان، فراگیری شیوه درک بهتر و تحلیل حقایق موقع تدوین سیاست‌ها به کار می‌رود.

بعلاوه، آقای جان وود معتقد بود آینده‌نگاری، اندیشه‌ای است که اندوخته می‌شود. نه فقط به گردآوری دانش و ایده‌های مربوط به احتمالات، نیازمندی‌ها و خواسته‌های آینده می‌پردازد، بلکه به تحلیل موقعیت و جایگاه ملت نیز می‌پردازد.

او بیان می‌دارد که می‌توان از آینده‌نگاری فناوری به عنوان وسیله‌ای برای تطبیق چشم‌انداز کشور (از آینده‌های ممکن) با مسائل، نقاط قوت و توانمندی‌های بالقوه و ارزیابی فرصت‌ها و تهدیدهای محتمل در ۵ تا ۱۰ سال آینده استفاده کرد. به وضوح می‌توان دریافت که اتکای صرف به آینده‌نگاری فناوری در زمینه فناوری‌های سخت، کشور را قادر به حل مسائل فوق‌نخواهد ساخت.

۳- تحلیل علل شکست پیش‌بینی فناوری

هاسگوا یوساکو^۲، مدیر پژوهشگاه مهندسی آینده ژاپن^۳، مطالعه ارزشمندی را در مورد علل شکست پیش‌بینی فناوری انجام داده است. او با تحلیل چندین اشتباه پیش‌بینی در حوزه اطلاعات در ژاپن، به جمع‌بندی ذیل دست یافته است:

الف. عوامل غیرفناورانه، همچون اقتصاد، جامعه، نهادها و فرهنگ، در پیش‌بینی فناورانه نادیده گرفته می‌شوند. به عنوان مثال، پیش‌بینی شده بود به خاطر روند اطلاعاتی شدن، ارسال روزنامه و نظام اطلاعات شهروندان، تا سال ۱۹۸۵ کامل می‌گردد. اما هنوز این اتفاق تا سال ۲۰۰۰ میلادی رخ نداده است. این امر ناشی از بی‌توجهی به عوامل غیرفناورانه‌ای همچون نهادها و احساسات ملی پیرامون صنایع بود. کار عاقلانه این است که نتایج پیش‌بینی راجع به فناوری اطلاعات و ارتباطات را از تمامی دیدگاه‌های فناورانه مدنظر قرار داد. همانند ده سال پیش که نمی‌شد متوقع بود تا این اندازه اینترنت و

تلفن همراه، فراگیر شود. شکست در پیش‌بینی پذیرش گسترده اینترنت و ارتباطات تلفن همراه، عمدتاً ناشی از تمرکز بیش از حد بر خود فناوری و دانش ناکافی در مورد تأثیرات کاهش شدید هزینه تجهیزات اطلاعاتی و ارتباطی و ظرفیت اجتماعی بود. همواره کشف رابطه بین هزینه و پذیرش، مسئله بوده است. یکی از عوامل کلیدی مؤثر بر رشد تلفن همراه بی‌سیم، محبوبیت جهانی فرهنگ تلفن همراه در میان جوانان بوده است. چه کسی می‌توانست پیش‌بینی کند چنین پدیده‌ای می‌تواند تا این حد تأثیرگذار باشد؟ بنابراین تسامح اجتماعی در مورد هزینه بالای یک فناوری نوین، دیگر یک مسئله فناورانه نیست بلکه مسئله‌ای اجتماعی- فناورانه است.

ب. روش پیش‌بینی معروف "دلفی" دارای محدودیت‌هایی است. روش روند هترداین^۴ نیز تمرکز شدیدی بر تحلیل ریاضی دارد و ظهور و تأثیر فناوری‌های جدید (همانند کاربردهای جدید و پیشرفت‌های مکمل نوین فناوری مورد نظر) را نادیده می‌گیرد. حتی روش مصاحبه با خبرگان نیز غیرمناسب است. چون در مواقعی آگاهی اکثر خبرگان نیز با محدودیت‌هایی همراه است و نظرات بسیار پیشرو و پیشرفته بعضی از افراد به علت تضاد با پیش فرض‌های اجتماعی و سیاسی و به دلیل تفاوت با دیدگاه‌های عمومی، رد می‌شوند.

ج. خبرگانی باید دعوت شوند که هنگام بررسی توسعه فناوری، به ابعاد غیرفناورانه علوم اجتماعی و بشری مربوطه نیز نظر داشته باشند. بعلاوه، باید از خبرگان غیرفنی نیز که قادر به درک مشکلات و سختی‌های خود فناوری نیستند، در کنار خبرگان فنی- اقتصادی جهت مشارکت در فعالیت‌های آینده پیش‌بینی فناوری دعوت به عمل آید.

1. John Wood
 2. Hasegawa Yosaku

3. Japanese Future Engineering Research Institute

4. Heterdine

۴- ابزارهایی قدرتمند برای برنامه‌ریزی راهبردی

آینده‌نگاری فناوری، به عنوان ابزاری جهت برنامه‌ریزی راهبردی، خود یک فناوری نرم محسوب می‌شود:

۱. به طور عام، باید برنامه‌ریزی راهبردی به عنوان بخشی از نظام نوآوری انجام شود. تنها چارچوب عام نظام نوآوری می‌تواند به صورت نظام‌مند روندهای توسعه بلندمدت علوم، فناوری، اقتصاد، محیط زیست و جامعه را شناسایی نماید؛
۲. فناوری‌های راهبردی^۱ می‌توانند منافع اقتصادی و اجتماعی عظیمی را از طریق ترکیب با فناوری‌های نرم، عاید جامعه نمایند؛
۳. به علاوه، فناوری‌های نرم، به خودی خود می‌توانند منافع اقتصادی و اجتماعی عظیمی را برای جامعه به همراه داشته باشند؛
۴. آینده‌نگاری‌های نهادی می‌توانند به عنوان شاخص و تضمین تحقق راهبردهای آینده عمل نمایند.

از بحث مطرح شده درمی‌یابیم که آینده‌نگاری فناوری، فعالیتی است که نمی‌توان در آن صرفاً از طریق اقدامات مستقل دانشمندان علوم طبیعی به موفقیت دست یافت. البته احتمال موفقیت در آینده‌نگاری فناوری از طریق پیش‌بینی فناوری‌های سخت نیز وجود دارد. اما باید آینده‌نگاری فناوری موفق را در ترکیب آینده‌نگاری فناوری نرم و آینده‌نگاری فناوری سخت جستجو کرد. البته این امر مستلزم مشارکت گسترده متخصصان فناوری نرم و متخصصان فناوری سخت است.

۵- توسعه اولیه نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری

امروز شاهد ظهور قالب اولیه‌ای از نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری در بعضی کشورها هستیم:

۱. چارچوب آینده‌نگاری فناوری در انگلستان (از ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۹ میلادی) دربردارنده فناوری‌های

نرمی همچون خدمات مالی، سرگرمی و یادگیری، فرآیندهای تولید و کسب‌وکار، مواد، خرده‌فروشی و توزیع است؛

۲. رویکرد سوئد به آینده‌نگاری فناوری (در کنار حوزه‌های سنتی علوم و فناوری) دارای حوزه‌های فناوری نرم ذیل است: مسکن، برنامه‌ریزی شهری، سیستم‌های حمل و نقل، تدارکات، توزیع و برنامه‌ریزی توسعه منطقه‌ای، سیستم‌های تولید، مواد و گردش مواد در جامعه، صنایع خدماتی (رسانه، سرگرمی، بازرگانی و مالی)، و آموزش و یادگیری.

۳. هفتمین آینده‌نگاری فناوری در ژاپن (سال ۲۰۰۱)، دربردارنده ۱۶ حوزه در قالب ۶ سیستم عمده است. سیستم‌های تولید و مدیریت، و سیستم‌های زیرساخت اجتماعی در کنار سیستم‌های اطلاعاتی، سیستم‌های زیستی، سیستم‌های زیست‌محیطی و سیستم‌های مواد جای داده شده‌اند.

از منظر فناوری نرم، فرآیند آینده‌نگاری فناوری ژاپن دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است: حوزه‌های زیرساخت اجتماعی همچون برنامه‌ریزی شهری، ساخت و ساز، مهندسی عمران، حمل و نقل و صنایع خدماتی، به عنوان حوزه‌هایی مهم لحاظ گردیده است. آنچه حائز اهمیت است توجه به فناوری خدمات به عنوان موضوعی برای پیش‌بینی بر مبنای نیازمندی‌های اقتصاد نوین است که عبارتند از: اقتصاد خدمات فکری، تجارت الکترونیکی و جامعه دانش‌بنیان. به علاوه، در راستای پی‌گیری روند «نرم‌سازی»^۲ و اطلاعاتی نمودن اقتصاد، سیستم تولید و مدیریت نیز برگزیده شده است. این سیستم در بر دارنده سه حوزه تولید، گردش و مدیریت است که تقریباً فناوری نرم محسوب می‌شوند. در زمینه مدیریت

نیز موضوع غیرفناورانه «نهادها» نیز در نظر گرفته شده است. اگر چه نمونه‌های اولیه از این دست، امیدوار کننده هستند، اما هنوز شاهد مصادیقی از آینده‌نگاری فناوری نرم که به صورت نظام‌مند با آینده‌نگاری فناوری سخت یکپارچه گردیده باشد، نیستیم.

د) آینده‌نگاری فناوری در کشورهای در حال توسعه

کشورهای در حال توسعه چندان حضوری در فعالیت‌های پیش‌بینی فناوری نداشته‌اند. این امر، عمدتاً ناشی از عقب‌ماندگی اکثر دانشمندان کشورهای در حال توسعه از همتایان خود در کشورهای توسعه یافته و نبود تجربه عملی در بکارگیری فناوری‌های پیشرفته است. عمده اطلاعات موجود راجع به جبهه پیشرفت‌های فناوری در کشورهای در حال توسعه، برگرفته از فناوری‌های تجاری شده در کشورهای توسعه یافته یا مطالب منتشر شده عمومی است. به عنوان مثال، عمده صاحب‌نظران در مورد روندهای آینده علوم و فناوری که در جامعه آینده جهان مطلبی را ارائه می‌دهند، متعلق به کشورهای توسعه یافته هستند. این واقعیت تلخ، این پرسش را به ذهن متبادر می‌سازد که چه راهی پیش روی کشورهای در حال توسعه جهت رسیدن (و حتی جلوگیری از) کشورهای توسعه یافته در حوزه فناوری وجود دارد.

به علل مختلف، شکاف عمیقی بین کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه یافته در توانمندی تحقیق و توسعه و فناوری‌های پیشرفته ایجاد شده است. یکی از مهمترین علل مطرح همان محیط کلان است که به دلیل وجود محیط نرم ناقص و توانمندی‌های توسعه نیافته در فناوری نرم، باعث شکست کشورهای در حال توسعه در

1. Strategic Technologies

2. Softening

انتقال یا جذب فناوری‌های پیشرفته شده است. این امر باعث افزایش فرصت‌های نابرابر بین کشورهای غنی و فقیر (به ویژه در فناوری نوین) و ایجاد مانع بر سر بهبود رقابت‌پذیری صنعتی در کشورهای فقیر می‌شود. بنابراین، آینده‌نگاری در فناوری نرم، بخش غیرقابل تفکیک آینده‌نگاری فناوری محسوب می‌شود. متأسفانه، اکثر تجربیات آینده‌نگاری فناوری در کشورهای در حال توسعه، فناوری نرم را نادیده انگاشته است.

بسیاری از کشورهای در حال توسعه، می‌توانند از مزایای این حوزه‌ها بهره‌مند شوند. اگر روش‌های پیش‌بینی آنان صرفاً به علوم طبیعی و فناوری طبیعی بپردازد و از فناوری نرم غافل شود، نمی‌توانند متوقع ایجاد مزیت رقابتی بلندمدت در چنین حوزه‌هایی باشند. اگر کشورهای در حال توسعه تمرکز بیش از حد بر فناوری‌های سخت پیشرفته بگذارند، فرصت‌های موجود جهت خلق توانایی‌های متمایز خود را از دست داده و هرگز قادر نخواهند بود فاصله فناورانه‌ای را که در مقابل توسعه اقتصادی آنان قد علم کرده است از بین ببرند.

علیرغم مطرح بودن راهبرد جهش^۱، واقعاً رسیدن کشورهای در حال توسعه به کشورهای توسعه یافته (از جهت فناوری) بسیار دشوار به نظر می‌رسد. این بدان علت است که اختراع فناورانه و نوآوری فناورانه تنها توسط فناوری سخت تعیین نمی‌شود. حتی پیش‌بینی در حوزه‌هایی همچون سیاست صنعتی و فناوری، محیط، آب، حمل و نقل، و زندگی ملی در کشورهای در حال توسعه به ندرت در چارچوبی همانند آینده‌نگاری علوم طبیعی و فناوری انجام می‌شود. در کشورهای در حال توسعه، کسی به فناوری خدمات فکری، فناوری اجتماعی، مدیریت

و نهادها در قالب آینده‌نگاری فناوری بهانه نمی‌دهد. به نظر می‌رسد کشورهای در حال توسعه نیز به سادگی در حال تکرار اشتباه آمریکایی‌ها در ارزیابی فناوری حیاتی هستند. متخصصان آینده‌نگاری فناوری در آمریکا در حال اصلاح رویکرد خود در این زمینه هستند. متأسفانه رهبران اندکی در کشورهای در حال توسعه از چنین اشتباهاتی که خود آمریکاییان مطرح کرده‌اند درس می‌گیرند. کشورهای در حال توسعه می‌توانند با ایجاد شبکه‌ای جهت به اشتراک‌گذاری متقابل اطلاعات خود راجع به بازارها، اقتصادها، جوامع، محیط و فناوری و به اشتراک‌گذاری آنان در یک شبکه هماهنگی بین‌المللی از مزایای آن منتفع گردند. این شبکه می‌تواند شرایط اساسی مورد نیاز برای انجام آینده‌نگاری فناوری در کشورهای در حال توسعه را نیز مهیا نماید.

به طور خلاصه باید گفت، فناوری نرم، فناوری سخت، بازارها، جامعه، اقتصاد و محیط باید در چارچوب یک سیستم کلان با هم یکپارچه گردند. تنها در این صورت و هنگامی که آینده‌نگاری فناوری با رویکرد نوآوری فناورانه (در معنای گسترده آن) اجرا گردد، می‌توان متوقع بود که کاملاً فرآیند آینده‌نگاری فناوری منطبق با شرایط محلی یا ملی یک کشور توسعه یافته خاص است. به علاوه، تنها در چنین شرایطی است که می‌توان فناوری‌های مناسب جهت خلق منافع اقتصادی و اجتماعی عظیم را شناسایی کرد. بدون وجود این شرایط و بدون این فناوری‌ها، کشورهای در حال توسعه به سختی می‌توانند به هدف خود مبنی بر ارتقای رقابت‌پذیری ملی جامع خود (بر پایه ساختار منابع و شرایط خاص خود) دست یابند. به هر صورت، ورود به نسل چهارم آینده‌نگاری فناوری ضرورتی انکارناپذیر برای

کشورهای در حال توسعه است که باید هر چه زودتر انجام پذیرد. این مقاله با حمایت مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری دفاعی معاونت پژوهش تدوین شده است.

منابع و مآخذ

1. Jantach, Technological Forecasting in Perspective: A Framework for Technological Forecasting, p.15.
2. Martin and Irvine (eds.), Research Foresight: Priority-setting in Science, p. 109.
3. ibid.
4. Cetron, Technological Forecasting: A Practical Approach, pp. 4-5, 12.
5. Terutaka Kuwahara, "Technology Forecasting - past, today and future", Seminar at the National Institute of Science and Technology Policy, Tokyo, 2001.2.8.
6. Tegard, International Conference on Technology Foresight, Tokyo, 2000.3.
7. International Conference on Technology Foresight, Tokyo, 2000.3.
8. Don, 'Changes in the U.S. Approach to Technology Foresight and Critical Technology Assessment', International Conference on Technology Foresight, Tokyo, 2000.3.
9. Japan Monbusho National Institute of Science and Technology Policy, 2001.2.
10. Wood, 'Current Foresight Activities in the UK', International Conference on Technology Foresight, March 2000, Tokyo.
11. Deiacco, 'Technology Foresight in Sweden', International Conference on Technology Foresight, March 2000, Tokyo.
12. Wood, 'Current Foresight Activities in the UK', International Conference on Technology Foresight', March 2000, Tokyo.
13. Hasegawa Yosaku, '30 Years of Future Technology Forecasting', Technology and Economics Magazine, January 2001 edition.
14. The 7th Technology Forecasting Survey, Science and Technology Trends Studies Center, Monbusho National Institute of Science and Technology Policy, July 2001.