

گزینش فناوری‌های پیشرفته و چگونگی توسعه آن (نقش دولت، دانشگاه و صنعت)

منوچهر منطقی
گروه مدیریت، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چکیده:

در این مقاله سعی شده است تا ضمن بررسی فناوری‌های پیشرفته، به بررسی چند کشور در گزینش و توسعه فناوری پیشرفته پرداخته شود. سپس، بعد از ارائه مدل‌های فناوری در ایران به نحوه گزینش آنها در کشور و ضمن بررسی نقش دولت، صنعت و دانشگاه در این زمینه، به چگونگی توسعه فناوری پیشرفته در صنایع کشور به خصوص صنعت هوا و فضا پرداخته شود.

واژه‌های کلیدی: فناوری، فناوری‌های پیشرفته، مدل فناوری، دولت، دانشگاه، صنعت و فناوری‌های هوا فضا.

۱. مقدمه

با وجود آنکه فناوری کلمه ای است که هر روز به دفعات در محاورات و نوشته ها به کار برده می‌شود، ارائه تعریفی جامع و مانع برای آن که مورد قبول همگان باشد، دشوار است. مبالغه نخواهد بود اگر بگوییم به تعداد تمام کسانی که در زمینه فناوری کار و مطالعه کرده‌اند، می‌توان از فناوری تعریفی را ارائه کرد که هر کدام از زاویه‌ای آن را مورد توجه قرار داده‌اند. هر چند که شباهت‌های زیادی بین این تعاریف وجود دارد. در یک دید کلی، تعاریف مربوط به فناوری را می‌توان حاصل دو رویکرد متفاوت و ترکیبی از آنها دانست. «در یک رویکرد جنبه‌های انسانی و در رویکرد دوم جنبه‌های غیرانسانی آن مورد توجه قرار گرفته است. این دو رویکرد خود به خود ایجاد نشده‌اند و همراه با سیر تحول سازمان‌ها تحول یافته‌اند.»

فناوری را می‌توان به صورت کاربرد علمی دانش برای درک، توسعه یا کاربرد محصولات، خدمات و فرایندها تعریف کرد. آنچه مهم است، کاربرد دانش است و نه خود دانش، هر چند که در جریان کاربرد ممکن است به ایجاد دانش جدیدی هم منجر شود.

۲. فناوری پیشرفته چیست [۱]

فناوری پیشرفته با فناوری چه فرقی دارد؟ آیا این تفاوت مهم است؟ تعاریف موجود از فناوری پیشرفته عمدتاً بی‌مصرف هستند. بیان عناوینی مانند روبات‌ها، کامپیوترها، فیبرهای نوری و یا استفاده از عباراتی مانند حمله، آینده‌نگرانه یا صفت‌های مبتنی بر الکترونیک، کامپیوتر پایه و اطلاعات پایه و برای فناوری پیشرفته در مدیریت قابل مصرف و مفید نیستند.

در فناوری‌های پیشرفته جنبه انسانی بر جنبه غیرانسانی (سخت افزاری) غلبه کامل دارد.

فناوری پیشرفته بر ساختارهای سازمانی، اداری و فرهنگی، قواعد کار و نقش‌های موظف و مهارت‌های لازم و محتوای کار اثر می‌گذارد و به بیان دیگر، شیوه‌های مدیریتی و هماهنگی و حتی فرهنگ سازمان را دگرگون می‌کند.

فناوری پیشرفته امکان انجام دادن کارها را به روش متفاوت یا اساساً انجام دادن کارهای دیگر را میسر می‌کند.

فناوری پیشرفته سازماندهی و ساختارها و روابط انسانی پیچیده‌تری را طلب می‌کند.

فناوری پیشرفته	فناوری
اثربخشی	بازدهی
دیدگاه اقتصادی	شاخص اقتصادی
دانش چستی و دانش چرایی	دانش چگونگی
دانش و خرد	اطلاعات
توسعه پیوسته	استانداردها، اهداف
نوآوری، خلاقیت و تغییر	دادن سیستم
دیدگاه سیستمی و یکپارچگی	تخصص
طراحی سیستم بهینه	بهینه کردن سیستم داده شده
همان چیز به صورت متفاوت و بهتر	همان راه، همان چیز، اما بهتر
کارکرد هوشمندانه تر	کارکرد سخت‌تر

نمودار ۱: نمونه‌های قیاسی برای فناوری و فناوری پیشرفته

چرا فناوری‌های پیشرفته گزینش می‌شوند [۲]

«امروزه، هیچ کشوری آن قدر ثروتمند نیست که بتواند یک سیاست انتخاب فناوری دست و دلبازانه را اتخاذ کند. محدودیت‌ها آنها را به انتخاب‌های عقلانی مجبور می‌سازد.»

الف . گرانی فناوری و افزایش روزافزون هزینه‌های توسعه آن

اقتصاد دانان می‌گویند که هزینه‌های توسعه فناوری‌های پیشرفته تقریباً هر ۷/۲۵ سال دو برابر می‌شود [۳]. این واقعیت باعث شد که کشورهای ثروتمندی مانند انگلستان بعضی از پروژه‌های ملی خود را تعطیل کند و با همتایان خود به سرمایه‌گذاری‌های مشترک بپردازند [۴].

ب . عدم موازنه درآمدها و هزینه‌های کشورها

بسیاری از کشورهای جهان بدهکار هستند و با گذشت زمان بدهکاری آنها افزایش می‌یابد. دلیل این واقعیت مشخص است، زیرا مخارج توسعه بسیاری از کشورها به مراتب بیشتر از درآمدهای واقعی آنهاست.

پ . کاهش چشم‌گیر بودجه‌های دفاعی

بودجه‌های دفاعی یکی از بهترین منابع دولت‌ها برای توسعه فناوری بوده است. تقریباً در تمام کشورهای جهان بودجه‌های دفاعی در سال‌های اخیر کاهش یافته یا میزان آن ثابت مانده است. این روند تا حدی به زیان توسعه فناوری تمام شده است.

ت . قدرت و تأثیر متفاوت فناوری‌ها از نظر تقویت بنیه دفاعی

فناوری‌های مختلف تأثیر یکسانی در تأمین امنیت دفاعی ندارند. بنابراین، دولت‌ها می‌کوشند تا «مؤثرترین فناوری‌ها» را از نظر دفاعی بشناسند و امکانات و منابع محدود خود را به سمت تحصیل و توسعه آنها هدایت کنند.

ث . مشکلات تأمین نیروی انسانی متخصص و مورد نیاز

توسعه فناوری‌ها نیاز به سطح بالایی از مهارت‌های علمی و عملی دارد که به سادگی حاصل نمی‌شود. آموزش نیروهای انسانی نه تنها هزینه بسیار بالایی دارد، بلکه غالباً بسیار

زمانبر هستند. به علاوه، مدیریت آموزشی بسیار پیچیده‌ای نیاز دارند.

ج. مشکلات ناشی از نهادسازی برای توسعه فناوری

برای فناوری نیاز به مراکز تحقیقاتی پیشرفته‌ای است که قادر به ایجاد فناوری یا مشارکت در انتقال و جذب فناوری‌های مورد نظر از خارج باشند. حتی اگر از هزینه‌های بسیار بالای تأسیس این گونه مراکز بگذریم، نمی‌توان از چالش‌ها و مشکلات سازماندهی و مدیریت آنها به سادگی چشم پوشید.

چ. مشکلات فرهنگی فناوری

این نظریه که فناوری‌ها نسبت به ارزش‌های اجتماعی بی طرف هستند، مدت‌هاست منسوخ شده است. فناوری‌ها در بستر ارزش‌های هر جامعه متولد می‌شوند و رشد پیدا می‌کنند و به همان نسبت در تغییر و تحول ارزش‌ها و مناسبات فرهنگی سهیم هستند. هر جامعه‌ای نمی‌تواند هر فناوری را به سادگی ایجاد یا جذب کند و هر فرهنگی لزوماً با همه فناوری‌ها سازگار نمی‌شود.

۳. حوزه‌های گزینش فناوری‌های پیشرفته

فناوری‌های پیشرفته معمولاً در حوزه‌های خاصی گزینش می‌شوند، به گونه‌ای که نمی‌توانند طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده قابل استفاده در محصولات یا فرایندهای تجاری یا سیستم‌های دفاعی باشند. حوزه‌هایی را که توسط هیئت فناوری‌های حیاتی ملی آمریکا گزینش شده‌اند، می‌توان مبنایی برای انتخاب خود قرار داد. این حوزه‌ها عبارت‌اند از [۵]:

الف. فناوری‌های فراگیر

این فناوری‌ها مبنای بسیاری از فناوری‌های دیگرند یا ارتباط قوی با بسیاری از بخش‌های اقتصادی را نشان می‌دهند.

۳۰. گزینش فناوری‌های پیشرفته و چگونگی توسعه آن (نقش دولت، دانشگاه و صنعت)

ب. فناوری‌های بهینه‌ساز فرایندهای صنعتی (اقتصادی‌کننده)

این فناوری‌ها از نظر کارایی، هزینه و کیفیت محصولات موجود سبب رقابت‌جویی در بازارهای جهانی می‌شود.

پ. فناوری‌های پیشتازکننده در بازار جهانی

امروزه، کسب سهم بیشتر از بازار جهانی و جزو چند کمپانی در بازار جهانی بودن یکی از چالش‌های مهم در صحنه‌های اقتصادی برای کلیه کشورهاست. سرمایه‌گذاری روی فناوری‌هایی که در آینده باعث پیشتازی در بازار جهانی شود، یکی از عوامل مهم گزینش است.

ت. فناوری‌های تقویت‌کننده توان دفاعی

فناوری‌هایی که در بهبود کارایی، قابلیت اطمینان، تولید و سیستم‌های دفاعی تأثیر بسزایی داشته باشند، جزو این حوزه محسوب می‌شود.

ث. فناوری‌های تحصیل انرژی ارزان و با راندمان

باتوجه به کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی، دستیابی به فناوری‌هایی که به انرژی‌های ارزان یا بهبود راندمان انرژی‌های منجر می‌شود، یکی از حوزه‌های مهم گزینش فناوری‌هاست.

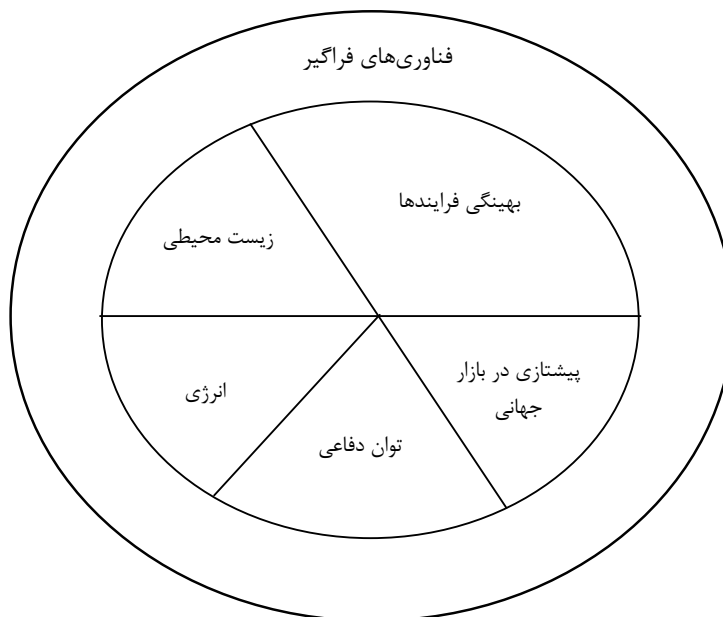
ج. فناوری‌های زیست‌محیطی

فناوری‌هایی که توانایی در ارتقای بهداشت، رفاه انسانی و محیط زیست، هم در داخل کشور و هم سطح جهانی دارد، در این حوزه قرار می‌گیرند.

۴. ارتباط فناوری‌های حوزه‌های مختلف با یکدیگر

امروزه، فناوری‌های مختلف به سمت چندمنظوره شدن پیش می‌روند. اغلب فناوری‌ها

علاوه بر رفع نیازهای اقتصادی، دفاعی و نیازهای اجتماعی (رفع معزل بیکاری) را نیز تأمین می‌کنند. از طرفی، سرمایه‌گذاری روی فناوری در حوزه‌های مختلف یکسان نیست و معمولاً بیشترین سرمایه‌گذاری ممکن روی فناوری‌های اقتصادی کننده؛ یعنی بهینگی فرایندهای تولید و فناوری‌های پیشتاز کننده در بازار جهانی انجام می‌گیرد. در نمودار ۲ ارتباط فناوری‌های حوزه‌های مختلف نشان داده شده است. اندازه هر فناوری نشان‌دهنده سهم سرمایه‌گذاری روی آنهاست. طبعاً برحسب اینکه کشورهای مختلف جهانی جزو کشورهای پیشرفته، در حال توسعه یا توسعه یافته باشند، سرمایه‌گذاری‌های آنها روی حوزه‌های مختلف فرق می‌کند. این امر در بخش بعدی و در بررسی حوزه‌های مختلف فناوری که کشورهای مختلف جهان گزینش کرده‌اند، به خوبی دیده خواهد شد.



نمودار ۲: ارتباط فناوری‌های مختلف و نسبت سرمایه‌گذاری روی آنها

۵. بررسی چند کشور در گزینش فناوری‌های پیشرفته

در این بخش چند کشور پیشرفته و در حال توسعه در گزینش حوزه‌های مختلف فناوری‌های پیشرفته بررسی می‌شود.

۱.۵. بررسی گزینش فناوری‌های پیشرفته در آمریکا

در سال ۱۹۹۲، آمریکا بر مبنای استراتژی علوم و فناوری دفاعی خود، یازده فناوری پیشرفته زیر را در بخش دفاع تا سال ۲۰۰۵ گزینش کرد [۶]:

- سخت افزار کامپیوتر
 - نرم افزار
 - سنسورها
 - شبکه سازی مخابراتی
 - قطعات الکترونیکی
 - فناوری اثرهای محیطی
 - مواد و فرایندهای ساخت
 - ذخیره انرژی (انواع پیشرفته باتری‌ها)
 - نیروی محرکه و تبدیل انرژی
 - طراحی اتوماتیک
 - رابط‌های انسان و ماشین
- وزارت بازرگانی آمریکا در گزارشی به نام «فناوری‌های نوظهور، پژوهشی در خصوص فرصت‌های فنی و اقتصادی» دوازده فناوری نوظهور را که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۰۰ سهم بالقوه‌ای در توسعه فرآورده‌های جدید داشته باشد را منتشر کرد [۷]:

۱. مواد پیشرفته

۲. قطعات نیمه هادی پیشرفته

۳. ساخت و تولید کامپیوتری انعطاف پذیر
۴. هوش مصنوعی
۵. محاسبات با کارایی بالا
۶. اپتوالکترونیک
۷. تصویرپردازی دیجیتال
۸. فناوری سنسور
۹. ذخیره داده با چگالی بالا
۱۰. محاسبات با کارایی بالا
۱۱. زیست فناوری
۱۲. وسایل پزشکی تشخیص دهنده

نکات کلیدی در انتخابات فناوری‌های پیشرفته آمریکا

از بررسی فناوری‌های مطرح شده در آمریکا چند نکته کلیدی زیر را می‌توان برداشت کرد:

الف . با وجود اینکه آمریکا از نظر قدرت اقتصاد در رده اول جهانی قرار دارد، این کشور تعداد محدودی از فناوری‌های پیشرفته را گزینش کرده است.

ب . با توجه به موقعیت اقتصادی آمریکا و نیز موقعیت نظامی، این کشور در حوزه‌های زیر و به ترتیب اهمیت سرمایه‌گذاری کرده است:

- فناوری‌های پیشتاز کننده در صحنه جهانی
 - فناوری‌های برتری دفاعی
 - فناوری‌های مربوط به انرژی و بهینگی تولید
- پ . فناوری‌های پیشرفته برای مدت ۵ تا ۱۰ سال مشخص شده‌اند که هر دو سال یکبار بازنگری می‌شوند.

ت. هر فناوری پیشرفته شامل چندین فناوری دیگر به صورت زیرمجموعه است. برای مثال فناوری‌هایی که در زمینه پیشرفته مطرح هستند، به شرح زیر است: [۸]

- مواد ابر رسانا با دمای بالا
- مواد اپتوالکترونیک غیر خطی
- مواد فرو مغناطیسی
- مواد مرکب پیشرفته (Composite)
- سرامیک‌های مرغوب
- مواد بی شکل (آمورف)
- پلیمرهای خیلی خالص
- مواد شیمیایی سیلیکون
- مواد میکروالکترونیک
-

ث. هر فناوری دفاعی نیز برای کسب برتری نظامی در حوزه خاص است. برای مثال، فناوری‌های زیر برای کسب برتری‌های اشاره شده‌اند [۹]:

- نرم افزار برای کسب توانایی حمله دقیق؛
- سنسورها برای پدافند و برتری هوایی، کنترل دریا و برتری زیردریا؛
- مواد و فرایندهای ساخت برای نبرد پیشرفته زمینی؛
- طراحی اتوماتیک برای اقتصادی کردن فرایندهای ساخت.

۲.۵. بررسی گزینش فناوری‌های پیشرفته در ژاپن

فناوری‌های پیشرفته در ژاپن در تاریخ ۴ آوریل ۱۹۹۴ به تصویب هیئت دولت این کشور رسید [۱۰].

فناوری‌های فراگیر

- مواد جدید
- الکترونیک
- نرم افزار کامپیوتری و مهندسی سیستم‌ها
- زیست فناوری

فناوری‌های بهینگی تولید و پیشتازی جهانی

- بیوالکترونیک
- علوم و فناوری فضایی
- علوم و فناوری اطلاعات
- علوم و فناوری نرم (Soft science and Technology)

فناوری‌های انرژی

- فناوری‌های منابع و انرژی

فناوری‌های زیستی

- حفظ محیط زیست طبیعی
- تولید مستمر مواد غذایی
- بهبود شالوده‌های اجتماعی - اقتصادی

۳.۵. بررسی گزینش فناوری‌های پیشرفته در کره جنوبی

دولت کره جنوبی برای دهه ۱۹۹۰، چهارده فناوری را مشخص کرد که فعالانه آنها را تعقیب کند [۱۱]:

فناوری‌های فراگیر

- مواد جدید
- ماشین افزار
- زیست فناوری
- فناوری‌های انسانی (به ویژه فناوری‌های آموزشی)

فناوری‌های بهینگی تولید و پيشتازی جهانی

- نیمه هادی
- صنعت مخابرات
- صنعت لوازم خانگی
- صنعت خودرو
- صنعت کامپیوتر
- صنعت مواد شیمیایی دقیق
- اتوماسیون

فناوری‌های انرژی

- انرژی اتمی
- انرژی‌های جدید

فناوری‌های زیستی

- فناوری‌های محیطی

۵. ۴. بررسی گزینش فناوری‌های پیشرفته در اندونزی

در کتاب «اندونزی ۲۰۰۰» فناوری‌های پیشرفته زیر توسط دولت این کشور مشخص شده

است که فعالانه در آنها سرمایه گذاری می کنند [۱۲]:

فناوری های فراگیر

- مواد
- زیست فناوری
- علوم کامپیوتر

فناوری های بهینگی تولید و پیشتازی جهانی

- میکرو الکترونیک
- مهندسی ژنتیک
- هوا فضا
- مخابرات

فناوری های انرژی

- انرژی نو

فناوری های زیستی

- مهندسی اجتماعی

۵.۵. بررسی گزینش فناوری های پیشرفته در پاکستان

کشور پاکستان در نهمین برنامه پنج ساله توسعه خود (۲۰۰۳ تا ۱۹۹۸) بر دستیابی به فناوری های زیر تأکید کرده است [۱۳]:

فناوری های فراگیر

- زیست فناوری

- مخابرات راه دور

فناوری‌های بهینگی تولید و پختنازی جهانى

- ساخت و توليد يکپارچه و انعطاف پذير

- الکتروتکنیک (برق فشار قوی)

- خودرو

- سیمان، قند، کاغذ، نساجی

فناوری زیستی

- فناوری حفظ محیط زیست

- فناوری حفظ سلامتی

۵.۶. نکات کلیدی در انتخابات فناوری‌های پیشرفته در چند کشور

از بررسی فناوری‌های منتخب کشورهای ژاپن، کره جنوبی، اندونزی و پاکستان نکات کلیدی زیر را می‌توان بیان کرد:

۱- هر کشور بنابه شالوده‌های علمی و اقتصادی خود چند فناوری را انتخاب می‌کند؛

۲- انتخاب انواع فناوری‌ها به طور کامل به مراحل توسعه یافتگی کشورهای مختلف بستگی دارد؛

۳- هدف نهایی همه کشورها کسب موقعیت ممتاز در بازار جهانی در یک یا چند رشته منتخب است؛

۴- فناوری‌های زیست محیطی و انرژی به مرور اهمیت می‌یابند و کشورهای مختلف جهان در سطوح مختلف اقتصادی به آنها توجه دارند؛

۵- فناوری‌ها عمدتاً چندمنظوره‌اند و با یکدیگر همپوشانی دارند.

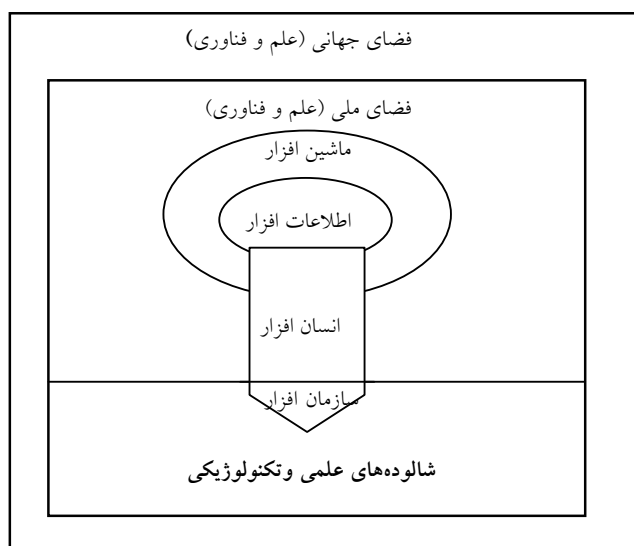
باتوجه به بحث‌های انجام شده می‌توان یک مدل برای گزینش فناوری‌های پیشرفته برای ایران ارائه کرد. به منظور کامل شدن این پیشنهاد ابتدا مدلی برای فناوری در ایران

ارائه می‌شود که عمدتاً با محیط فرهنگی، اجتماعی و تا حدی سیاسی ایران مطابقت دارد و پس از آن و با توجه به مدل ارائه شده، یک طرح مقدماتی برای گزینش فناوری‌های پیشرفته ارائه خواهد شد.

۶. ارائه مدل فناوری برای ایران

برای ارائه مدل مناسب فناوری در ایران از مدل اسکاپ (THIO) استفاده می‌کنیم [۱۴]. اگرچه توسعه فناوری چندان تابع این مدل نیست، ولیکن مدل‌هایی که به کمک این روش شناخته می‌شود، بسیار گویا و قابل فهم است. با توجه به فرهنگ ایران و نیز چهار جز فناوری؛ یعنی:

- ماشین افزار (Technoware)
- انسان افزار (Humanware)
- اطلاعات افزار (Infoware)
- سازمان افزار (Organoware)



نمودار ۳ مدلی برای فناوری ایران

در این مدل چند نکته مهم به شرح زیر وجود دارد:

- ۱- فناوری در اینجا به صورت درخت مدل شده است. این امر به این دلیل بوده است که نشان داده شود که فناوری اولاً یک موجود زنده است و ثانیاً می‌تواند رشد کند یا تکثیر شود.
- ۲- چون در فرهنگ ایرانی اطلاعات عمدتاً از طریق دیداری کسب می‌شود و در فناوری اولین جزیی که به چشم می‌خورد ماشین افزار و تجهیزات است، براساس همین اصل برگ‌ها و میوه درخت را به عنوان ماشین افزار مدل کرده‌ایم. دیدگاه عمومی از فناوری در نزد عامه ماشین افزار است. در صورتی که در این مدل دیده می‌شود که، ماشین افزار بخشی از فناوری است.
- ۳- دومین جزء از فناوری در فرهنگ دیداری ایران مدارک است. بر همین اساس، مدارک به عنوان شاخه‌های درخت شبیه سازی شده است. مدارک فنی بخشی از اطلاعات افزار است. علاوه بر مدارک کلیه اطلاعات افزار شامل کلیه فرایندها، نظریه‌ها، فنون، روش‌ها و ... نیز می‌باشد در درخت هم تنها بخشی از شاخه‌های آن دیده می‌شود.
- ۴- انسان افزار جزو مهم فناوری و به عنوان تنه درخت ترسیم شده است. اگرچه همگی بر اهمیت نیروی انسانی واقف هستیم، ولیکن در فرهنگ ایران اهمیت واقعی آن را نمی‌دانیم. کما اینکه در فضای کشور تنه درختان اولین جایی است که مورد کم مهربی و تخریب قرار می‌گیرد.
- ۵- سازمان افزار به صورت ریشه فناوری مدل شده است. همگی می‌دانیم سازماندهی و مدیریت مهم است، ولیکن متأسفانه، هنوز تکنیک‌ها و ظرافت‌های آن را نمی‌دانیم و نمی‌توانیم به نحو خوبی آنها را به کار ببریم. به بیان دیگر، می‌دانیم درخت ریشه دارد ولی این ریشه در خاک پنهان است و نمی‌دانیم تمام ابعاد آن چیست و چگونه باید به آن پردازیم.
- ۶- هر فناوری برای رشد و توسعه نیاز به شالوده‌های علمی و تکنولوژیکی دیگری دارد. به

بیان دیگر، درخت در خاک مناسب رشد پیدا می‌کند و اگر خاک اجزای لازم برای رشد درخت را نداشته باشد یا اجزای نامناسب داشته باشد، سبب جلوگیری از رشد یا حتی خشک شدن آن می‌شود.

۷- فناوری برای رشد نیاز به فضای مناسب دارد؛ به بیان دیگر، هر درختی در هر شرایط آب و هوایی رشد پیدا نمی‌کند. فضای ملی اجازه رشد به فناوری‌های خاصی را می‌دهد.

۸- انتخاب هر فناوری متأثر از فضای جهانی است. فضای جهانی برای هر کشور اجازه توسعه فناوری‌های مشخصی را می‌دهد یا به عبارت بهتر، فضای جهانی می‌تواند سبب تسریع رشد بعضی از فناوری‌ها در فضای ملی شود.

۹- انتقال فناوری مانند جابه‌جایی یک گیاه است. در انتقال فناوری هر گیاهی را نمی‌توان به هر فضایی منتقل کرد؛ به بیان دیگر، فرهنگ و شالوده‌های علمی و تکنولوژیکی از شرط‌های اساسی برای انتقال فناوری است.

۱۰- در انتقال فناوری اگر فضا و شالوده مناسبی نداشته باشیم، می‌توانیم، به صورت محدود آن را در شرایط گلخانه‌ای نگهداری کنیم، ولیکن با رشد این گیاه فضای گلخانه دیگر مناسب نخواهد بود؛ به بیان دیگر، فناوری مناسب را می‌توان در ابتدا به مراکز تحقیقاتی که نقش گلخانه برای گیاه مورد نظر را ایفا می‌کنند، سپرد، ولیکن رشد طبیعی فناوری در محیط صنعتی و بازار مصرف خواهد بود. دانشگاه برای تعداد زیادی از فناوری‌های پیشرفته می‌تواند نقش گلخانه را ایفا کند.

۱۱- کشورهای صنعتی به جای یک درخت، جنگلی از درختان و یا گونه‌های مختلف دارند، ولیکن گونه‌های درختان در دنیا محدود است؛ به بیان دیگر، فرق کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته مانند مقایسه بیابان و جنگل است، منتها در کشورهای پیشرفته هم جنگل‌ها (فناوری‌ها) از تعداد محدودی گونه درخت (فناوری) تشکیل شده‌اند.

۱۲- همان گونه که هر درختی عمر محدودی دارد، فناوری نیز عمر محدودی دارد. قبل از، از بین رفتن فناوری باید گیاه جدیدتری (فناوری نو) را جایگزین فناوری که عمر آن

۴۲ گزینش فناوری‌های پیشرفته و چگونگی توسعه آن (نقش دولت، دانشگاه و صنعت)

سپری شده است، ساخت.

۱۳- هر فناوری قابلیت توسعه دارد؛ به بیان دیگر، اگر برای هر نهال برنامه‌ریزی مشخصی داشته باشیم، می‌توانیم آن را به درخت تنومندی تبدیل کنیم.

گزینش اولیه برای فناوری‌های پیشرفته در ایران

در گزینش فناوری پیشرفته علاوه بر مدل فناوری ایران باید عوامل کلی زیر را نیز در نظر داشت:

- ۱- بهترین استفاده از مزیت‌های نسبی کشور برای رقابت در بازارهای جهانی؛
 - ۲- توسعه بازار صادراتی یا بالا بردن شاخص رقابت‌پذیری در بازارهای بین‌المللی؛
 - ۳- توسعه فناوری‌های لازم برای یک سیستم دفاعی مستقل از کنترل خارجی‌ها؛
 - ۴- بهبود کیفیت زندگی مردم از نظر بهداشت و حفاظت محیط زیست.
- باتوجه به عوامل ذکر شده، فهرست اولیه فناوری‌های پیشرفته ایران به شرح زیر عنوان می‌شود:

فناوری‌های فراگیر

- فناوری‌های انسانی (آموزش مدیریت)
- مواد پیشرفته
- شبکه‌سازی مخابراتی
- زیست فناوری

فناوری‌های بهینگی تولید و پیشتازی جهانی

- ساخت و تولید انعطاف پذیر
- مواد شیمیایی دقیق
- خودرو

- نرم افزار

فناوری‌های دفاعی

هوا فضا

فناوری‌های انرژی

- انرژی‌های جدید (خورشیدی، باد، اتمی و ...)

استدلال‌های انتخاب هر یک از فناوری‌های یاد شده به صورت مجمل به این شرح است:

• فناوری‌های انسانی (آموزش مدیریت)

در مدل فناوری ایران بحث شد که ما در قسمت ریشه درخت (سازمان افزار) ضعف فراوانی داریم و اگر موفق شویم این بخش را سامان دهیم، می‌توان انتظار داشت عوامل دیگر نیز به صورت بهینه مورد استفاده قرار گیرند. اصولاً ما به جز بخش‌های فنی و پزشکی، آموزشی قوی نداریم و متأسفانه، زبده‌ترین نیروهایی که وارد دانشگاه‌ها می‌شوند، توجهی به این بخش (آموزش مدیریت) ندارند و از طرفی عناوین و مفاهیم مدیریتی در کشور ما به صورت عمیق درک نشده است. یکی از علل مهم غیرسیستماتیک اداره شدن بخش‌های مختلف در کشور این نکته کلیدی است. اگر برای توسعه این فناوری به صورت همه جانبه و منطبق با فرهنگ بومی و با دیدگاه‌های مدیریت نوین در جهان نهضتی راه بیندازیم، مسلماً ثمرات آن را به سرعت برداشت خواهیم کرد.

• فناوری پیشرفته

عدم شناخت عمیق مواد مختلف و خواص آن در طراحی‌ها و تولیدات صنعتی باعث شده است تا کیفیت محصولات صنعتی بسیار پایین باشد. از نظر انسان افزار در بخش مواد سرمایه خیلی خوبی داریم که استفاده ناچیزی از آنها می‌بریم. توجه به این فناوری و توسعه

آن مسلماً باعث دگرگونی در صنعت ایران می‌شود. امروزه، کاربرد مواد جدید باعث کاهش وزن، کاهش هزینه، افزایش عمر و ... محصولات صنعتی شده است. تحول در این زمینه باعث شده است، تا دیگر الکترونیک تنها صحنه برای بروز فناوری‌های جدید نباشد. به همین دلیل است که تمام کشورهایی که فناوری‌های پیشرفته آنها مورد بررسی قرار گرفت، فناوری مواد پیشرفته از انتخاب‌های اولویت اول آنها بود.

• فناوری‌های شبکه‌سازی مخابراتی

این فناوری نیز در بین تمام کشورهای مورد بحث مشترک است. شبکه‌سازی مخابراتی پیشیناز فناوری اطلاعات است که امروزه به عنوان جدیدترین بعد فناوری مطرح است.

• فناوری بیوتکنولوژی

در این زمینه استعدادها بسیار خوبی از بعد انسان افزار در سطح کشور وجود دارد و در مدت کوتاهی که در بعضی از رشته‌های محدود به آن پرداخته‌ایم، به نتایج خیلی خوبی رسیده‌ایم. این نشان دهنده وجود شالوده‌های علمی مناسب برای رشد این زمینه است. این فناوری را اغلب کشورهای جهان به عنوان فناوری پیشرفته گزینش کرده‌اند.

• ساخت و تولید انعطاف‌پذیر

در زمینه اتوماسیون از نظر انسان افزار دارای بهترین استعدادها در دنیا هستیم. نخبه‌ترین نیروهای فارغ‌التحصیل دانشگاه‌ها در این زمینه‌اند. اغلب نظریه‌های مدرن در این زمینه مانند منطق فازی، تبدیل z(z-trastorm) توسط دانشمندان ابداع شده است. در مدت کمتر از سه سال که کارخانه‌های خودروسازی کشور این فناوری را به کار گرفته‌اند، پیشرفت‌های چشمگیری داشته‌اند.

• مواد شیمیایی دقیق (پتروشیمی)

ذخایر نفت و گاز یک مزیت نسبی کشور ماست. با سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در

روی این صنایع ما به فناوری تولید مواد ساده دست پیدا کرده‌ایم، ولیکن ارزش افزوده این مواد پایین است. تمرکز روی فناوری‌های پیشرفته که بتواند از این مواد به عنوان عناصر اولیه استفاده کند و ما را به مواد با ارزش افزوده بالا برساند، یکی از فرصت‌های طلایی برای کشور ماست.

• خودرو

در حال حاضر، این صنعت پیشتاز صنایع کشور است و پیشرفت ارزش افزوده را ایجاد می‌کند. از نظر مراکز تحقیقاتی روی این صنعت سرمایه‌گذاری زیادی شده که با مراکز معتبر دنیا همکاری‌های مشترک تحقیقاتی دارند. اگرچه این صنعت در جهان صحنه رقابتی بسیار فشرده است و در نظر اغلب مسئولان رده بالای کشور ما در این زمینه شانس نداشتیم، ولیکن یک واقعیت ساده وجود دارد که اگر ما در صنعت رده یک کشور شانس نداشتیم، چگونه می‌توانیم در صناعی که آنها را شروع نکرده‌ایم بتوانیم در دنیا رقابت کنیم. لذا، باید در باره این صنعت دقیقاً تحلیل کرد و این قابلیت موجود را توسعه داد.

• فناوری هوا فضا

در طول جنگ تحمیلی و پس از آن در صحنه دفاع، بارزترین توانمندی که باعث شد تا دنیا روی آن حساب باز کند، تولیدات هوا فضایی است. ضمن اینکه فناوری‌های هوا فضایی می‌تواند ما را در صحنه دفاع توانمند کند، یکی از زمینه‌هایی است که در صنایع حمل و نقل و ارتباطات در حال حاضر توجه بسیار زیادی روی آن می‌شود.

• فناوری‌های انرژی

کشور ما از نظر شرایط طبیعی بهترین مزیت‌های نسبی برای انرژی‌های جدید را دارد. ضمن اینکه داشتن منابع سوخت فسیلی باعث شده است در فناوری‌های انرژی کمتر توجه داشته باشیم و با کاهش ذخایر سوخت فسیلی این عدم توجه می‌تواند بالاترین زمینه‌های وابستگی را ایجاد کند.

۷. نقش دولت، دانشگاه و صنعت در گزینش و توسعه فناوری‌های پیشرفته

گزینش و توسعه فناوری‌های پیشرفته فعالیت توأم و هماهنگ دولت، دانشگاه و صنعت را طلب می‌کند. فعالیت‌های اختصاصی و توأم هر یک از این سه رکن اساسی به شرح زیر است:

دولت

- برنامه‌ریزی روی گزینش فناوری‌های پیشرفته؛
- زمینه‌سازی برای توسعه شالوده‌های علمی در سطح دانشگاه‌های داخل و اعزام دانشجو به خارج؛
- برنامه‌ریزی برای ایجاد و توسعه شبکه حمایتی از طریق اطلاع‌رسانی یا ایجاد هسته‌های تحقیقاتی و صنعتی در بخش خصوصی؛
- زمینه‌سازی توسعه فناوری‌های پیشرفته در برنامه‌های پنج‌ساله توسعه.

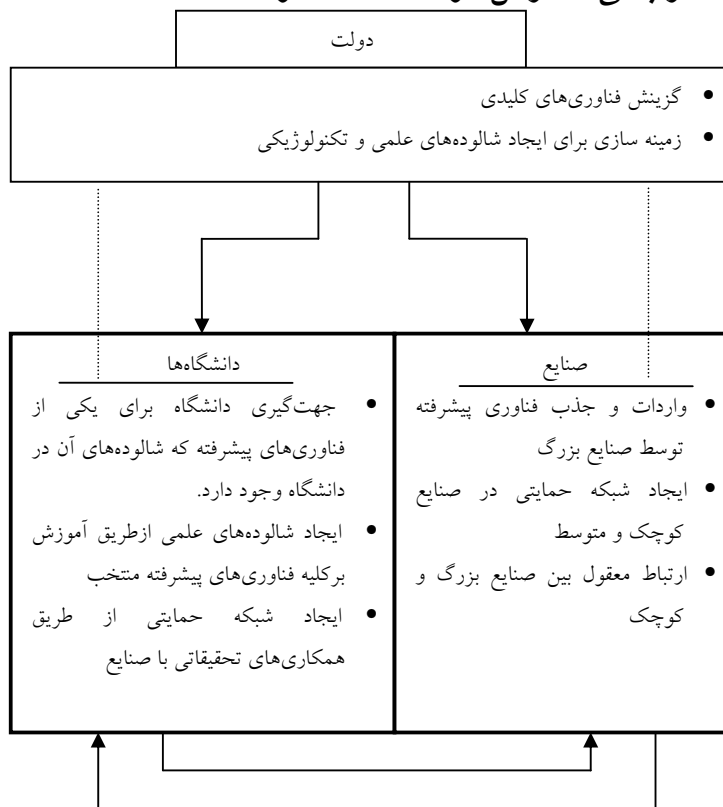
دانشگاه‌ها

- برنامه‌ریزی برای توسعه یک یا چند فناوری پیشرفته توسط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در دانشگاه‌هایی که شالوده‌های علمی لازم را دارند؛
- ایجاد مراکز تحقیقاتی رده یک در جهت توسعه فناوری‌های پیشرفته؛
- همکاری دانشگاه با صنایع در جهت توسعه فناوری‌های پیشرفته‌ای که شالوده‌های آنها در صنایع وجود دارد؛
- انجام دادن فعالیت‌های تحقیقاتی در جهت ایجاد شبکه حمایتی علمی و تکنولوژیکی.
- آموزش نیروهای متخصص در رده‌های مختلف دانشمند، طراح و کاربر؛

صنایع

- واردات فناوری‌های پیشرفته و توسعه آن در صنایع؛
- ایجاد و توسعه صنایع کوچک و متوسط خصوصی برای کسب فناوری‌های شبکه حمایتی؛
- توسعه بازار داخلی و خارجی با ایجاد نوآوری در توسعه فناوری‌ها؛
- توسعه فناوری‌ها با وارد شدن در شبکه رقابتی بازارهای جهانی.

شبکه ارتباطی سه رکن دولت، دانشگاه و صنعت

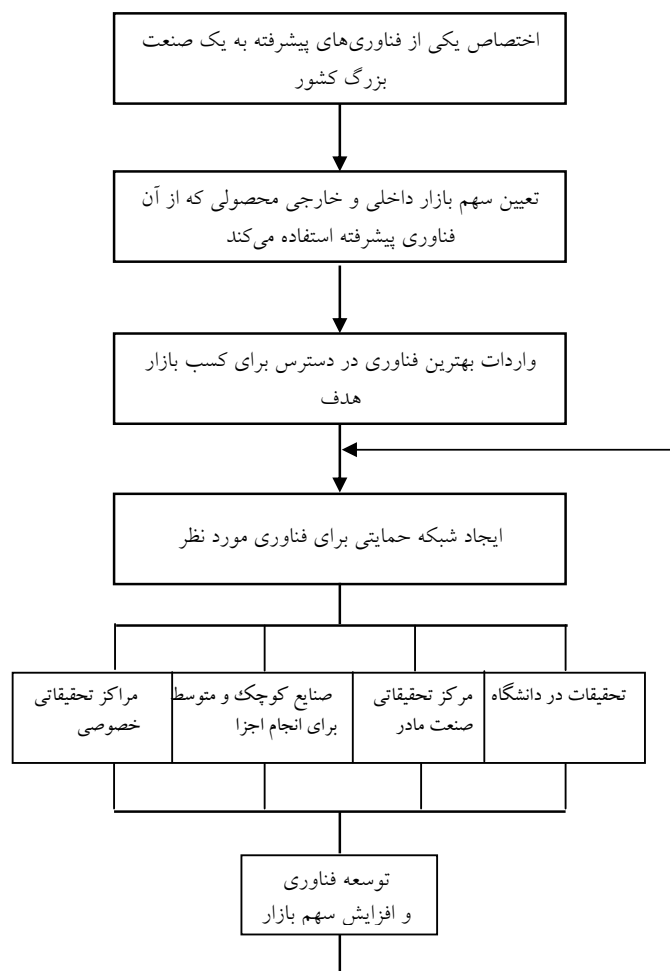


نمودار(۴): شبکه ارتباطی دولت، دانشگاه و صنعت

ارتباط نقطه چینی نشان دهنده کمک صنایع و دانشگاه در بخش مطالعاتی برای گزینش فناوری‌های پیشرفته و ایجاد شالوده‌های علمی و تکنولوژیکی است. نکته مهم دیگر در توسعه پیشرفته در نظر گرفتن فضای علمی و تکنولوژیکی جهان است. در عصر اطلاعات، جهان به صورت یک بازار یکپارچه است و گزینش فناوری‌های پیشرفته بدون در نظر گرفتن جهت‌گیری‌های کشورمان در جهت کسب سهم از بازار جهانی و وارد شدن در صحنه‌های رقابتی مسلماً کار عبث و بیهوده‌ای خواهد بود و سرمایه‌گذاری عظیمی که روی این فناوری‌های پیشرفته انجام می‌دهیم، ابر خواهد ماند.

۸. چگونگی توسعه فناوری‌های پیشرفته در صنایع کشور

برای توسعه فناوری‌های پیشرفته در صنایع کشور مدل نمودار ۵ پیشنهاد می‌شود. این مدل در دو زمینه فناوری پیشرفته پیاده سازی شده که نتایج مثبتی داشته است که به عنوان مطالعات مورد کاری (case study) بررسی می‌شود. علت وجودی هر یک از اجزای مدل در ادامه نمودار آمده است.



نمودار ۵: توسعه فناوری پیشرفته در صنایع کشور

۸. ۱. خصیص یکی از فناوری‌های پیشرفته به یک صنعت بزرگ کشور

صنایع بزرگ کشور مناسب‌ترین مرجع برای توسعه بعضی از فناوری‌های پیشرفته‌اند، زیرا این فناوری پیشرفته اولاً از نظر ارتقای کمی یا کیفی محصول آنها نقش حیاتی را ایفا می‌کند و ثانیاً در جهت گرفتن سهم بازار جهانی و پیش افتادن از رقبای همواره باید آن را توسعه دهند و ثالثاً این فناوری‌ها در مراحل خرید و توسعه به منابع مالی زیادی نیاز دارند که صنایع بزرگ دولتی تنها مراجع تأمین نتایج مالی آنها می‌توانند باشند. برای مثال، برای جهانی شدن صنایع خودرو فناوری پیشرفته اتوماسیون برای آن حیاتی است. لذا، توسعه فناوری اتوماسیون را می‌توان به صنایع خودروسازی سپرد که مسلماً صنایع دیگر از نتایج آن به خوبی استفاده خواهند کرد.

۸. ۲. تعیین سهم بازار داخلی و خارجی محصولی که از فناوری پیشرفته استفاده می‌کند

هیچ فناوری پیشرفته بدون وجود یک محصول که در داخل و خارج بازار مناسبی داشته یا خواهد داشت، نمی‌تواند توسعه یابد. تعیین سهم بازار داخلی و خارجی باعث می‌شود که صنعت مورد نظر برای کسب آن نهایت تلاش خود را برای توسعه فناوری پیشرفته‌ای که نقش کلیدی را ایفا می‌کند، بنماید.

واردات بهترین فناوری‌های در دسترس برای کسب بازار هدف

کشورهای جهان سوم از جمله کشور ما به دلیل فاصله تکنولوژیکی که با دیگر کشورها دارند، به ناچار باید از واردات فناوری شروع کنند. کشورهای دارنده فناوری معمولاً فناوری‌های در حال منسوخ شدن را به کشورهای جهان سوم صادر می‌کنند و از طرفی، کشورهای جهان سوم نیز برای جذب بهتر فناوری ترجیح می‌دهند که فناوری را انتخاب

کنند که فاصله آن با شالوده های موجود کم باشد. ولیکن باید بهترین و جدیدترین فناوری که می توان به آن دسترسی پیدا کرد، وارد کرد و به جذب و توسعه آن پرداخت.

ایجاد شبکه حمایتی از فناوری مورد نظر

طبعاً فناوری های پیشرفته منتخب بیشترین شالوده ها را در کشور برای جذب و توسعه خود دارند. ولیکن این شالوده کامل نیستند و برای تکمیل یا ایجاد کشورهای آنها باید برنامه ریزی کرد. برنامه ریزی در سطوح زیر انجام می شود:

توسعه مرکز تحقیقات صنایع بزرگ

هیچ فناوری را بدون وجود یک مرکز تحقیقاتی نمی توان جذب کرد و آن را توسعه بخشید، منتها باید طوری برنامه ریزی کرد که جذب تمام ابعاد فناوری به عهده مرکز تحقیقات صنایع بزرگ نباشد و آنها در توسعه فناوری و جذب آن نقش برنامه ریزی، جمع کننده و طراحی سیستم را ایفا کنند.

تحقیقات دانشگاهی

فناوری های جدید نیاز به تعداد زیاد از فناوری های دیگر دارند که معمولاً سهم نرم افزار در آنها به شدت زیاد است. دانشگاه های کشور در این زمینه به شدت قوی هستند، منتها برای توسعه آنها نیاز به ارائه طرح ریزی دقیق از طرف صنایع و نیز تا حدی سرمایه گذاری توسط آنها است.

صنایع کوچک و متوسط برای انجام اجزا

در هر فناوری پیشرفته علاوه بر زمینه های علمی نیاز به فعالیت های صنعتی وسیع است. این فعالیت ها را باید در زنجیره تأمین کنندگان متشکل از صنایع کوچک و متوسط متمرکز کرد. صنایع کوچک و متوسط برای رشد خود نیازمند همکاری با صنایع بزرگ به عنوان کارفرما و صنایع بزرگ هم برای برنامه ریزی و حرکت در جهت اصلی نیاز به همکاری و

حمایت از صنایع کوچک و متوسط دارند.

مراکز تحقیقاتی خصوصی

علاوه بر کار صنعتی با توجه به فراوانی نیروهای تحصیل کرده بخش‌هایی از زمینه‌های جذب فناوری را می‌توان به مراکز تحقیقات خصوصی واگذار کرد.

توسعه فناوری و افزایش سهم بازار

همان طور که گفته شد، جهت‌گیری و توسعه فناوری باید در جهت افزایش سهم بازار باشد؛ به بیان دیگر، توسعه هر فناوری اگر در جهت توسعه اقتصادی نباشد، عملاً از سرمایه‌گذاری انجام شده بهره‌برداری مناسبی نخواهیم گرفت. با بررسی بازار و وضعیت رقبا، جهت‌گیری توسعه فناوری و بالطبع جهت‌گیری شبکه حمایتی نیز تعیین خواهد شد.

مورد کاوی توسعه فناوری‌های هوا فضا

هدف از توسعه فناوری‌های هوا فضا در حوزه دفاع و حوزه‌های غیردفاعی اهداف زیر است:

۱. فراهم کردن زمینه‌های طراحی موشک‌های مختلف مورد نیاز براساس استراتژی دفاعی؛
۲. مطالعات مربوط به فضا و طراحی پرتاب‌کننده برای استفاده صلح آمیز از فضا؛
۳. تحقیقات بر روی فناوری‌های پیشرفته که امکان واردات آن نیست؛
۴. ایجاد شالوده‌های علمی و نیروهای متخصص.

چگونگی رسیدن به اهداف

برای رسیدن به اهداف یاد شده از کلیه قابلیت‌ها و پتانسیل‌های داخل و خارج کشور استفاده می‌شود، به بیان دیگر استفاده از:

- قابلیت‌های موجود صنایع دفاعی
- قابلیت‌های موجود در دانشگاه‌های هوا فضای کشور

- مراکز تحقیقاتی خصوصی موجود در کشور
- وجود کارشناسان و متخصصان در سطح کشورهای دارنده فناوری
- همکاری با دانشگاه‌های خارج از کشور

ارائه برنامه اولیه

به منظور اجرای اهداف عنوان شده برنامه‌ریزی اولیه به شرح زیر ارائه می‌شود:

۳.۸. فراهم ساختن زمینه طراحی موشک‌های مورد نیاز طرح‌های دفاعی

در زمینه‌های مختلف طراحی در بخش‌های مختلف صنایع دفاعی و دانشکده‌های هوا فضا پروژه‌هایی انجام شده است، منتها هنوز به صورت یک نرم افزار جامع برای طراحی موشک‌های مختلف نیست. برای انجام دادن این فعالیت اجرای پروژه‌هایی به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

- الف. شناسایی کلیه نرم افزارهای موجود در سطح کشور؛
- ب. ایجاد نرم افزارهای CFD به کمک دانشکده هوافضای شریف؛
- پ. ایجاد نرم افزارهای طراحی کلی موشک به کمک منابع موجود خارجی و توسط مراکز تحقیقاتی صنایع دفاعی؛
- ت. طراحی الگوریتم‌های هدایت و کنترل موشک به کمک استادان دانشگاه‌های داخل و خارج کشور؛
- ث. نرم افزار طراحی سرجنگی با کمک دانشگاه مالک اشتر؛
- ج. نرم افزار طراحی پیش‌رانه به کمک دانشگاه مالک اشتر؛
- چ. نرم افزار طراحی سازه به کمک دانشکده هوافضای امیرکبیر؛
- ح. نرم افزار طراحی سکوها‌های پرتاب به کمک مراکز تحقیقاتی صنایع دفاعی؛
- خ. نرم افزار طراحی کنترل آتش به کمک مراکز تحقیقاتی صنایع دفاعی.

۸. ۴. مطالعات مربوط به فضا و طراحی پرتاب کننده با توجه به

قابلیت‌های در دسترس

الف. شناسایی کلیه مطالعات انجام شده بر روی فضاپیماها، ایستگاه‌های پرتاب، تعیین مدار و ...؛

ب. انجام مطالعات تکمیلی توسط دانشکده‌های هوا فضایی کشور؛

پ. شناسایی کلیه منابع محتمل برای طراحی فضاپیما در سطح جهان؛

ت. تعیین محتمل‌ترین گزینه برای طراحی در زمان کوتاه؛

ث. طراحی اولیه و تأیید آن به کمک متخصصان خارجی در دسترس.

۸. ۵. هدایت تحقیقات فناوری توسط سازمان صنایع دفاعی

باتوجه به تأمین نیازهای دفاعی توسعه فناوری پیشرفته هوافضا به صنایع دفاعی سپرده می‌شود، زیرا با توسعه آن صنایع دفاعی قادر خواهد بود نقش خود را در دفاع از امنیت کشور به خوبی ایفا کند. مسلماً صنایع دیگر کشور با توجه به شالوده‌های موجود در صنایع دفاعی، قابلیت توسعه این فناوری را ندارند.

۸. ۶. ایجاد شالوده‌های علمی و نیروهای متخصص

ایجاد نیروهای متخصص تاکنون به کمک دانشکده‌های کشور انجام می‌شد، که می‌توان در این خصوص، متخصص مورد نیاز فناوری‌های هوا فضا را توسط صنایع دفاعی و با همکاری دانشگاه‌های کشور به شرح زیر تأمین کرد:

الف. ارائه درس‌های عمومی - تخصصی توسط دانشگاه‌های هوا فضا یا فنی دانشگاه‌های کشور؛

ب. ارائه آزمایشگاه‌ها، پروژه‌ها و دروس تخصصی توسط مراکز تحقیقاتی سازمان صنایع دفاعی؛

پ. ارائه دروس یاد شده تخصصی توسط استادان خارجی مدعو یا به صورت دوره‌های کوتاه مدت در دانشگاه‌های خارجی.

۹. نتیجه گیری

با توجه به محدودیت‌های مختلف، انتخاب فناوری مورد نیاز احتیاج به بررسی، تجزیه و تحلیل شاخص‌های مختلفی دارد که در این بین فناوری پیشرفته، با توجه به اینکه دارای مشخصه‌های متفاوت و گوناگونی می‌باشد، دارای جایگاه ویژه‌ای است. امروزه فناوری‌های پیشرفته به سمت چند منظوره شدن پیش می‌روند و اغلب فناوری‌ها علاوه بر رفع نیازهای اقتصادی و دفاعی، نیازهای اجتماعی را نیز تأمین می‌کنند. از طرفی سرمایه‌گذاری روی فناوری در حوزه‌های مختلف یکسان نبوده و معمولاً بیشترین سرمایه‌گذاری ممکن روی فناوری‌های اقتصادی است یعنی بهینگی فرایندهای تولید و فناوری‌های پیشتاز کننده در بازار جهانی انجام می‌گیرد.

با توجه به مطالعات انجام شده هر صنعت در گزینش فناوری پیشرفته بنا به شالوده‌های علمی، اقتصادی و تکنولوژیکی و همچنین موقعیت صنعت مربوطه در بازار جهانی، مرحله توسعه یافتگی و میزان رقابت‌پذیری آن با صنایع داخلی و خارجی عمل می‌نماید. بهبود کیفیت زندگی، توسعه فناوری در ابعاد مختلف، حضور در صحنه بین‌الملل به صورت توانمند، بالا بردن‌احص رقابت‌پذیری از جمله اهداف دستیابی به فناوری پیشرفته است و در دستیابی به این اهداف دولت، دانشگاه و صنعت نقش ویژه‌ای دارند.

مراجع

1. Hamid Noori, and Russel W.Radford, Redding and Cases in Management of New Technology, An operations Perspective, New jersey, prentice Hall inc, 1990,99.17-18

۲. ملکی فر، عقیلی، مبانی فناوری و انتقال فناوری، سازمان صنایع هوایی، ص. ۱۱۲، تابستان ۱۳۷۸.
3. Marvin j.Cerron, Technological for Casting, G.B.S Publisher, p.12
4. Ibid, p.28
۵. هیئت فناوری‌های حیاتی ملی آمریکا، فناوری‌های حیاتی ملی آمریکا، ترجمه کمیته فناوری نو وابسته به کمیسیون صنعت شورای پژوهش‌های علمی کشور، ص. ۱۴۱، اردیبهشت ۱۳۷۵.
۶. مدیریت تحقیقات و مهندسی دفاعی آمریکا، استراتژی علوم و فناوری دفاعی آمریکا برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵، ترجمه دفتر مطالعات موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، صص ۲۵-۲۴، آذر ۱۳۷۳.
۷. همان. ص ۵.
۸. همان. ص. ۱۴۳.
۹. همان. ص. ۳۲.
۱۰. سیدکمال، طبائیان، مطالعه تطبیقی استراتژی فناوری در دو کشور جنوب شرقی آسیا پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی صنایع، ص. ۱۴۱، ۱۳۷۵.
۱۱. سیدکمال طبائیان، ملکی فر و عقیلی، سیری در سیاست علم و فناوری شش کشور، مؤسسه آموزشی و تحقیقات صنایع دفاعی، صص ۲۱۶-۱۸۳، ۱۳۷۷.
۱۲. مرجع ۱۰، ص. ۱۴۰.
13. Ninth Five Year Plan, 1998-2003, Report of the Working Group and Technology, Government of Pakistan, Planning Commission, Islamabad, June 1997.
۱۴. سازمان برنامه و بودجه، اطلس فناوری، چارچوب کلی برنامه‌ریزی بر پایه فناوری، تهران، صص ۲۷-۱۶، ۱۳۶۹.