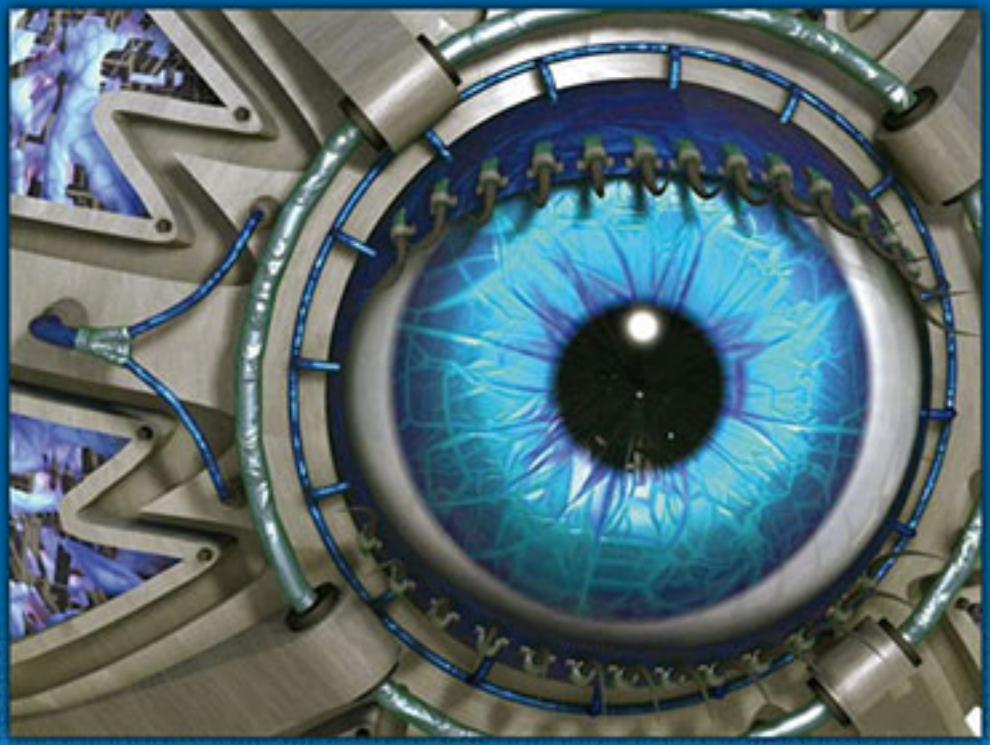
آینده نگاری فناوری

ابزاری برای توسعه‌ی پایدار جامع

دکتر ایرج نبی پور



آینده نگاری فناوری

ابزاری برای توسعه‌ی پایدار جامع

دکتر ایرج نبی پور

دانشگاه علوم پزشکی
و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر

مرکز تحقیقات
زیست فناوری دریایی خلیج فارس

بنیاد رشد و اندیشه سازندگی
استان بوشهر

پارک علم و فناوری خلیج فارس

به نام خداوند جان و خرد

سرشناسه	:	نبی‌پور، ایرج، ۱۳۴۲ -
عنوان و نام پدیدآور	:	آینده نگاری فناوری : ابزاری برای توسعه‌ی پایدار جامع/ ایرج نبی‌پور.
مشخصات نشر	:	بوشهر: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	:	۱۱۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	:	978-600-5032-13-0 ۹۷۸-۶۰۰-۵۰۳۲-۱۳-۰
وضعیت فهرست نویسی:		فیپا
موضوع	:	تکنولوژی -- آینده‌نگری
موضوع	:	تکنولوژی اطلاعات -- آینده‌نگری
موضوع	:	آینده‌پژوهی
موضوع	:	توسعه پایدار
موضوع	:	تکنولوژی -- مدیریت
شناسه افزوده	:	دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی استان بوشهر
رده بندی کنگره	:	T۱۷۴/ن۲آ۹ ۱۳۹۰
رده بندی دیویی	:	۳۰۳/۴۸۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۲۳۲۲۵۴۲

آینـــده نگـــاری فـــناوری

ابزاری برای توسعه‌ی پایدار جامع

دکتر ایرج نبی پور

چاپ اول : بهار ۱۳۹۰

حروفچینی : فاطمه مرزوقی

ویراستاری : اسماعیل نبی پور

گرافیک و صفحه آرایی : دارا جوکار

ناشر : انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر

چاپ : نزهت

شمارگان : ۲۰۰۰ جلد

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر

مرکز تحقیقات زیست فناوری دریایی خلیج فارس

بنیاد رشد و اندیشه سازندگی استان بوشهر

پارک علم و فناوری خلیج فارس

بوشهر ، خیابان معلم ، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر

تقدیم به

استاد پرتلاش دانشگاه خلیج فارس

دکتر شهریار عصفوری

فهرست مطالب

سرآغاز **۳**
پیشگفتار **۹**
آینده‌پژوهی و تئوری توسعه‌ی پایدار **۱۷**
آینده‌نگاری فناوری **۲۹**
روش‌شناسی آینده‌نگاری فناوری **۵۱**

روش پیمایش محیطی ENVIRONMENTAL SCANNING ۶۱
روش برون‌یابی روند TREND EXTRAPOLATION ۶۳
روش میزگرد خبرگان EXPERT PANELS ۶۵
روش تحلیل تحلیل تأثیر متقابل CROSSIMPACT ANALYSIS ۶۷
روش فناوری‌های کلیدی CRITICAL(AND KEY) TECHNOLOGY ۶۹
روش‌های شبیه سازی SIMULATION METHODS ۷۰
روش نگاشت راه فناوری TECHNOLOGY ROADMAPPING ۷۳
روش دلفی DELPHI METHOD ۷۵
سناریو نویسی SCENARIOS ۷۶

آینده‌نگاری فناوری در صنعت نفت و گاز ایران ۸۱

فاز ۱: رهیافت شناسایی ۸۸
فاز ۲: رهیافت برون‌یابی EXTRAPOLATIVE APPROACHES ۸۹
فاز ۳: رهیافت هم‌گرایی ۹۰
فاز ۴: رهیافت خلاقانه CREATIVE APPROACHES ۹۰
فاز ۵: تدوین راهبردها و سیاست‌گزاری ۹۱

پیوست ۹۷
منابع ۱۰۹

سرآغاز

اکنون در جهانی پر از آشوب، توأم با تغییرات پیچیده زندگی می‌کنیم که پیش از این، بشر تجربه‌ی آن را نداشته است. آرام آرام این واقعیت که انسان جزء درونی طبیعت بوده و وی بر محیط زیست فیزیکی پیرامون‌اش اثر ژرفی می‌گذارد، نمایان می‌شود. در هنگام تکامل انسان، رشد جمعیت، تغییرات اجتماعی، مصرف منابع طبیعی و پیشرفت‌های فناورانه، چنان به آرامی رخ می‌دادند که یک فرد در طول زندگی خود، قادر به درک آن‌ها نبود، امّا طی دو سده‌ی گذشته، رشد جهانی اقتصاد با رشد پرشتابی توأم بوده است که نتایج آن بر سیاره‌ی زمین و به ویژه، زندگی خود انسان، تابان بوده است. چنانچه این تغییرات و تغییر صورت در محیط و شرایط فیزیکی زیست انسان، بدون وجود یک برنامه‌ریزی برای آینده، تداوم یابد، می‌تواند بر شرایط زیست کیفیت انسانی در ابعاد زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی پیامدهای ترسناکی را بر جای گذارد.

گزارش کمیسیون جهانی زیست محیطی و توسعه با عنوان "آینده‌ی مشترک ما" در سال ۱۹۸۷ با مفاهیم توسعه‌ی پایدار در هم آمیخت. براساس مدل کلاسیک توسعه‌ی پایدار، به اثرات اجتماعی و زیست محیطی نیز توجه نشان داده شد و نوک پیکان توسعه‌ی پایدار، تنها به خلق ثروت معطوف نگردید.

به زبان دیگر، به مسائل زیست محیطی در ورای مسائل دیگر، مانند فقر و گسست اجتماعی، به تنهایی نگریسته نشد. چنین است که پس از کنفرانس استکهلم در سال ۱۹۷۲ و چاپ گزارش کلوب روم با

عنوان "محدودیت‌های رشد" مفاهیم دیگری نیز به گستره‌ی توسعه‌ی پایدار افزوده شدند. طیّ دهه‌ی گذشته، مفاهیمی همچون رشد اقتصادی، حفاظت از محیط زیست، عدالت اجتماعی و رفاه اجتماعی در برنامه‌ریزی و سیاست گزاری، نقش پررنگی را به خود گرفتند. پس از انتشار استراتژی توسعه‌ی پایدار اتحادیه‌ی اروپا در سال ۲۰۰۱، تدوین استراتژی‌هایی برای توسعه‌ی پایدار، رهیافتی هولستیک، مشارکتی و یک پارچه از خود نشان دادند. به زبان دیگر، براساس طرح توسعه‌ی پایدار اتحادیه‌ی اروپا، نگاه توسعه‌ی پایدار به سوی تنها حفاظت از محیط زیست نبوده و همچنین توسعه‌ی اقتصادی، همبستگی اجتماعی و کیفیت زندگی را مد نظر قرار می‌دهد.

از این رو، تئوری تفکر توسعه‌ی پایدار، کم کم جایگاه خود را به تئوری "پایداری انتگرال (جامع - یکپارچه)" واگذار می‌کند. این مدل تئوریک، بسیار پیچیده است. در تئوری توسعه‌ی پایدار بر مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به صورت گستره‌های متقارن نگریسته می‌شد؛ امّا در تئوری "پایداری جامع"، اجزاء سازنده‌ی ساختمان‌های پیچیده، به صورت غیر متقارن گسترده شده‌اند.

از دیدگاه متدلوژیک، تئوری پایدار انتگرال، برای شناخت جامع ابژه (اشیاء) و واقعیت‌ها، از شیوه‌های علم سیستم‌ها استفاده می‌کند.

در تئوری پایداری انتگرال، تفکر درباره‌ی پایداری "Sustainability" با تفکر درباره‌ی آینده‌ی "Futures thinking" پیوند می‌یابد و در این تغییر پارادایم، درک ماهیت کل، با نگریستن در ارتباطات پیچیده‌ی کنش‌های انسان، محیط‌زیست و ویژگی‌ها و ریخت‌شناسی تمدنی وی حاصل می‌آید.

امروزه انسان، بیش از پیش یافته است که در جهانی زندگی می‌کند که اجزاء آن از توابع سیستم‌های پیچیده پیروی می‌کند و جهان اقتصادی وی نیز اکنون ماهیت بی مرزی به خود گرفته و همچون یک سیال، از توابع دینامیک، تبعیت می‌کند. فناوری‌های جدید نیز با ایجاد تغییر دایم در شرایط کسب و کار و ایجاد فرصت‌ها و تهدیدهای جدید، در پیکره‌ی ماکروسیستمی انسان، به عنوان مؤلفه‌های بسیار پیچیده و اثر گذار در معادلات اقتصادی و اجتماعی، پدیدار شده‌اند. درچنین فضایی است که بدون تفکر سیستمیک در سیستم‌های پیچیده‌ی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در متن فرهنگی و زبانی انسان و درک بی‌ثباتی و پیش‌گویی گسست‌های "discontinuities" پیش رو، توسعه‌ی پایدار امکان پذیر نیست.

چنین است که تفکر توسعه‌ی پایدار با آینده‌پژوهی، هم آغوش می‌گردد. در حقیقت هم تفکر توسعه‌ی پایدار و هم آینده پژوهی، در ماهیت خود

سه ویژگی همانندی را ابراز می‌دارند:

۱/ هر دو به پیش رو می‌نگرند و به آینده در لایه‌های گوناگون، باخلق آینده‌های متنوع، می‌پردازند.

۲/ روش تحلیل سیستمی را برای سیستم‌های پیچیده با مشارکت ذی نفع‌ها به شیوه‌ی میان بخشی "interdisciplinary" با ترسیم مدل‌های تئوری و عملی بکار می‌برند.

۳/ هر دو، خوی عمل‌گرایی " action oriented" دارند و میل استراتژیک به تغییر را در عرصه‌ی عمل عرضه می‌دارند و از این رو، چرخ‌ها را به جنبش در آورده و اثرات ژرفی را از خود در بعد زمانی به یادگار می‌گذارند.

در نتیجه، مفهوم توسعه‌ی پایدار که به عنوان یک آرمان در چشم انداز جوامع کنونی مطرح شده است، ابعاد پیچیده دارد که نیل به آن توسط ابزارهایی امکان پذیر است که تحلیل سیستمی را در سر لوحه‌ی کار خود قرار داده‌اند. از سوی دیگر در اندیشه‌ی هر آینده پژوه، مفهوم توسعه‌ی پایدار به عنوان پایان کار "آینده پژوهی"، جای دارد. به زبان دیگر، آینده پژوهی، همچون ابزاری برای نیل به توسعه‌ی پایدار جلوه می‌کند. در یک فراگرد کلی، هدف نهایی آینده پژوهی، نیل به توسعه‌ی پایدار در فضای جهان سرشار از پیچیدگی و تغییر است.

پارادایم توسعه‌ی پایدار در بطن ماهیت خود، " تفکر درباره‌ی آینده " را نهان دارد. هر چند تفکر درباره‌ی آینده از دهه‌ی ۱۹۶۰ در سطح شرکت‌ها و بنگاه‌های تجارتی نفوذ کرد و از ۱۹۸۰ نیز مدیریت استراتژیک در پی آمد برنامه‌ریزی استراتژیک نمایان شد، امّا فعالیت‌های آینده پژوهی از دهه‌ی ۱۹۹۰ در سطح کشورهای شمال، به ویژه کشورهای اروپایی، رشد فزاینده‌ای یافته و سیمایی علمی به خود گرفته است. در هر صورت، بدین منظور، در هزاره‌ی جدید، کاربرد آینده‌نگاری علم و فناوری برای ترسیم آینده‌های میان مدت تا طولانی مدت (اغلب ۵ تا ۳۰ سال) بسیار کاربرد یافته است. زیرا نتایج برنامه‌های آینده نگاری بر برنامه‌ریزی استراتژیک، که اغلب افق ۵ سال بعد سازمان‌ها را در تیررس قرار می‌دهد، بسیار ملموس است.

آینده‌نگاری فناوری، یک فرآیند سیستماتیک برای ترسیم آینده‌ی میان برد تا دوربرد علم، فناوری، اقتصاد و جامعه است که هدف آن کشف زمینه‌های پژوهشی استراتژیک و یافت فناوری‌های نوپدیدی است که اثرات ژرفی را بر اقتصاد، رقابت صنعتی، خلق ثروت و کیفیت زندگی خواهند داشت. آینده‌نگاری فناوری دارای متدلوژی علمی بوده و از روش‌های گوناگونی همچون روش دلفی و سناریونویسی، برون‌یابی روند، تحلیل تأثیر متقابل، فناوری کلیدی، شبیه سازی، نگاشت راه فناوری و میزگرد خبرگان

سود می‌جوید.

از این منظر، آینده‌نگاری فناوری، یک فرآیند پیچیده، با تعداد فراوان برهم کنش‌ها، با میزان بسیار بالای ارتباطات درکمیت و کیفیت با ویژگی پویایی و چند بخشی نیرومند می‌باشد. به این معنا که افراد گوناگون از بخش‌های کسب و کار، دانشگاه و جامعه‌ی مدنی در این فرآیند مشارکت می‌نمایند و ساختار مشارکت این افراد نیز به صورت سلسله مراتبی نبوده و همه‌ی ذی نفع‌ها از فضای گفتمان حقیقی حاکم بر بحث‌ها استفاده می‌کنند.

از آنجا که مفاهیم عدم قطعیت، گسست و پیچیدگی رویدادها، فرآیندها و روندهای جهان اجتماعی و طبیعی در فعالیت‌های آینده نگاری علم و فناوری گنجانده شده‌اند، آینده‌نگاری علم و فناوری، بهترین ابزار برای نیل به توسعه‌ی پایدار جامع می‌باشد.

هدف این جستار؛ ارائه‌ی یک مدل عملی برای فرآیند آینده‌نگاری فناوری در صنعت نفت و گاز ایران می‌باشد. از این رو در این نوشتار، نخست به چارچوب نظری تئوری توسعه‌ی پایدار و چگونگی تکامل این تئوری به "تئوری پایداری انتگرال" خواهیم پرداخت و سپس به هم‌گرایی این تئوری با "تفکر درباره آینده" یا آینده‌پژوهی به بحث خواهیم پرداخت. آنگاه آینده‌نگاری علم و فناوری را از زوایا و منظرهای گوناگون به چالش کشیده و شیوه‌های علمی آینده‌نگاری فناوری را معرفی خواهیم کرد. در انتها، یک مدل عملی برای فرآیند آینده‌نگاری فناوری ارائه خواهد شد. آینده‌نگاری صنعت نفت و گاز ایران، به عنوان این مدل عملی معرفی می‌شود.

براساس مدل پیشنهادی برای صنعت نفت و گاز ایران، آینده‌نگاری فناوری شامل پنج فاز خواهد بود که در فازهای گوناگون این مدل، پیمایش محیطی، پایش رقبا، ترازیابی صنعت نفت و گاز، تحلیل STEEP ، ماتریکس روند SWOT، پیش بینی فناوری‌های کلیدی و مرزشکن، نگاشت راه فناوری، اثر فناوری‌های NBIC و سناریو نویسی برای آینده‌ی صنعت نفت و گاز انجام می‌پذیرد.

بی شک، آینده‌نگاری فناوری در صنعت نفت و گاز، بهترین ابزار برای ترسیم جایگاه این صنعت در آینده‌ی جهان پیچیده و مملو از عدم قطعیت است.

از پیش‌ران‌ها و ابرروندهای این جهان، توجه به اقتصاد با کربن پایین "low carbon energy" ، انرژی هیدروژنی (جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای و جلوگیری از تغییرات آب و هوایی و اثرات زیست‌محیطی) و نیز افزایش در کیفیت زندگی می‌توان برشمرد. از آنجا که در خوش‌بینانه‌ترین سناریوها نیز هنوز تا سال ۲۰۳۰، گازطبیعی منبع ۵۰ درصد از منبع هیدروژن مصرفی جهان خواهد بود و ۵۰ درصد دیگر نیز از انرژی‌های تجدیدپذیر

یا هسته‌ای تأمین می‌شوند، می‌توان به اهمیت چشمگیر تدوین راهبردهای اندیشمندانه برپایه‌ی نقشه‌ی راه علم و فناوری این صنعت پی برد. در هر صورت، ارائه مدل آینده‌نگاری در صنعت نفت و گاز ایران، نشان خواهد داد که فرآیند آینده‌نگاری فناوری، بهترین ابزار برای نیل به توسعه‌ی پایدار یک‌پارچه می‌باشد.

در پایان، از جناب آقای دکتر علیرضا نادری خورشیدی و جناب آقای دکتر شهریار عصفوری که با پیشنهاد طرح ادغام اندیشه‌ی آینده پژوهی در تئوری توسعه‌ی پایدار در صنعت نفت و گاز، هسته‌ی نخستین شکل‌گیری این نوشتار را برای این حقیر فراهم آوردند، کمال تشکر قلبی خود را بیان می‌دارد.

همچنین از جناب آقای دکتر مجید مصلح، رئیس محترم پارک علم و فناوری خلیج فارس و جناب آقای دکتر رضا آذین عضو محترم هیئت علمی دانشگاه خلیج فارس، و برادر عزیزم جناب آقای رضا عوض پور مدیر کل محترم دفتر منابع انسانی و تحول اداری استانداری بوشهر که از نظرات و رهنمودهای ایشان بسیار سود جسته ام، کمال سپاس‌گزاری را دارم.

سزاوار است از جناب آقای دارا جوکار که در طراحی و بازآفرینی تصاویر و گراف‌ها، سرکار خانم فاطمه مرزوقی در تایپ و نوشتار، جناب آقای اسماعیل نبی پور در بازخوانی متن و ویراستاری و سرکار خانم زهرا صفایی که در انتشار کتاب مرا شرمنده نمودند، سپاسگزاری نمایم.

بی شک، این نوشتار در پیشگاه اندیشمندان کشورم، بال ملخی است که به درگاه سلیمان برده‌ام. امّا با این وجود، امیدوارم این نوشتار، همچون دانه‌ای شن در کالبد ساختار آینده‌ی علم و فناوری سرزمینم، به دست اندیشمندان جوان و فکور ایران زمین، به کار برده شود.

دکتر ایرج نبی پور

پژوهشکده‌ی علوم زیست پزشکی خلیج فارس

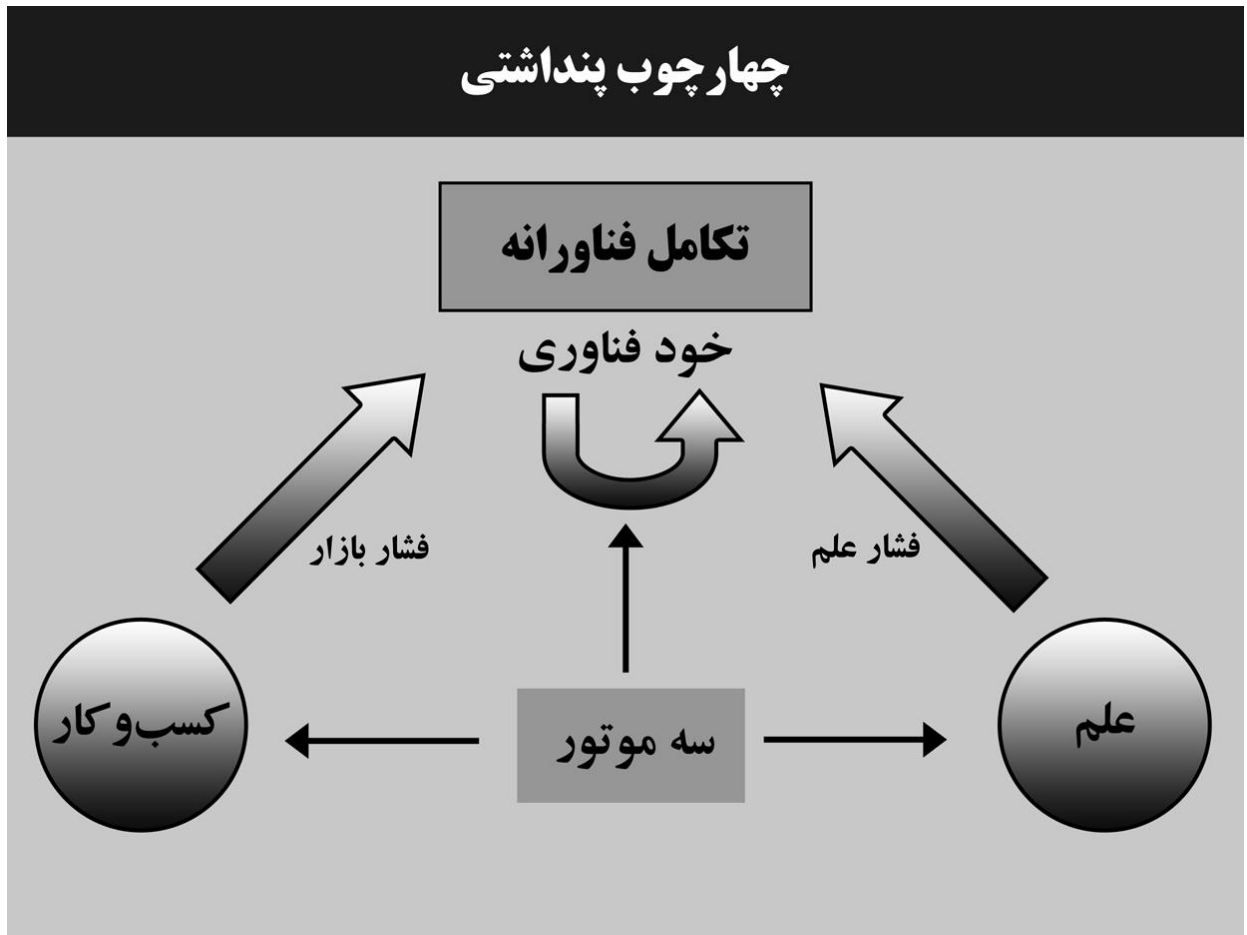
عضو کارگروه پژوهش نقشه‌ی جامع علمی کشور در حوزه‌ی سلامت

پیشگفتار

در جهان مملو از تغییرات پرشتاب فناورانه، مچالگی فاصله‌ها در بعد زمان و مکان، فزونی رقابت‌ها، اندیشه‌ی آینده نگارانه، پیش نیاز بقاء و رشد سازمان‌ها، بنگاه‌های کسب و کار و کشورها قلمداد می‌شود. چنین است که کشورهای پیشرفته، با درک این واقعیت، بر سرمایه‌گذاری خود بر فعالیت‌های آینده پژوهشی در سطح جامعه اقدام کرده‌اند و شاهد خود نمایی ده‌ها بنیاد، اتاق فکر، بخش‌های دانشگاهی، دروس آکادمیک، ژورنال‌ها و شرکت‌های ویژه و پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه‌ی آینده‌پژوهی هستیم(۱).

هر چند تفکر درباره‌ی آینده از دهه‌ی ۱۹۶۰ در سطح شرکت‌ها و بنگاه‌های تجارتی نفوذ کرد و از ۱۹۸۰ نیز مدیریت استراتژیک در پی‌آمد برنامه‌ریزی استراتژیک نمایان شد، امّا فعالیت‌های آینده‌پژوهی از دهه‌ی ۱۹۹۰ در سطح کشورهای شمال، به ویژه کشورهای اروپایی، رشد فزآینده‌ای یافته و سیمایی علمی به خود گرفته اند(۲).

از دیدگاه تاریخی، از اواخر دهه‌ی ۱۹۵۰ و اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰، در آمریکا، به ویژه در بخش نظامی و دفاعی، فعالیت‌های آینده‌نگری آغاز شده بود و در اواخر ۱۹۷۰ نیز ژاپن برنامه‌ی ملّی پیش‌بینی آینده علم و فناوری را با تحلیل روندها با شرکت هزاران خبره پی گرفت که تا سال ۱۹۹۱ هر پنج سال یک بار این فعالیت‌ها تکرار می‌شد. در اروپا نیز کشور فرانسه در اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰، برنامه‌های



تصویر ۱ - چهارچوب نظری تکامل فناوری بر اساس فشار بازار، علم و خود فناوری

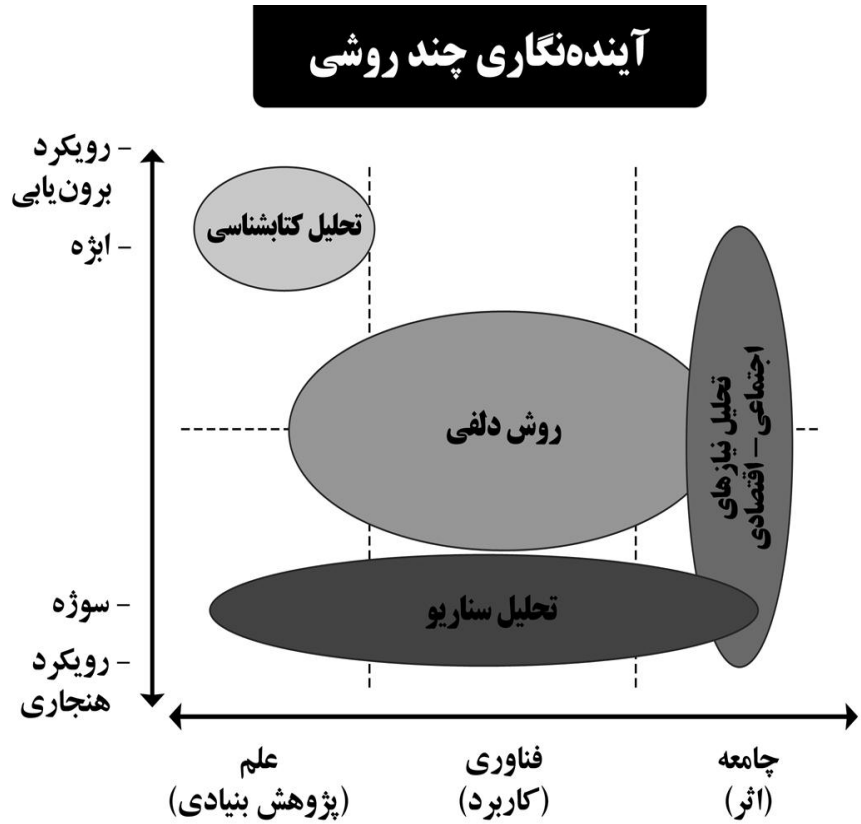
آینده‌پژوهی خود را طرح ریزی نمود و سوئد و نروژ نیز به این جرگه اضافه شدند. امّا همانگونه که اشاره شد، این از دهه‌ی ۱۹۹۰ بود که بسیاری از کشورهای اروپا، به آینده‌پژوهی رویکردی مشتاقانه نشان دادند و آن را به عنوان ابزاری برای سیاست‌گزاری کلان خود برگزیدند(۳)؛ زیرا آینده‌پژوهی با یافت فرصت‌های پر پتانسیل و نیز گوشزد خطرات، سیاست گزاران را به شناسایی راهبردهایی که آینده را شکل می‌دهند، رهنمود می‌کند(۴).

آینده‌پژوهان این فعالیت‌ها را با ابزارهای کمّی و کیفی برای پایش نشانه‌ها و نمایه‌های

روندها و پیشرفت‌ها انجام می‌دهند و از این رو، آینده‌پژوهی همچون ابزاری بسیار مهم و سودمند در سیاست نقش ایفا می‌کند(۵). همچنین از آنجا که مفاهیم توسعه‌ی پایدار و نظام نوآوری در نگاشت برنامه‌های راهبردی سیاست‌های ملّی و فراملّی نقش عمده‌ای بازی می‌کنند، این مفاهیم نیز در همه برنامه‌های آینده‌نگاری فناوری، نمود درخشنده‌ای می‌یابند(۶و۷).

از سوی دیگر، مفاهیم عدم قطعیت Uncertainty و پیچیدگی Complexity در تغییرات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی روز به روز، بیشتر نمود می‌یابند. بنابراین، آینده‌نگاری

تصویر ۲ - ژاپن در اواخر سال دهه‌ی ۱۹۷۰ ، برنامه‌ی ملّی پیش‌بینی آینده‌ی علم و فناوری خود را با تحلیل روندها با شرکت هزاران خبره پی گرفت که تا سال ۱۹۹۱ هر پنج سال یکبار این فعالیت‌ها تکرار می‌شد. سپس کشورهای دیگر اروپایی برنامه‌ی ملّی آینده‌نگاری خود را سامان دادند.



تصویر ۳ - ژاپن با کاربرد آینده‌نگاری چند روشی توأمان با بازنگری در طرح‌های اساسی علم و فناوری ده سال گذشته و نیز با در نظر گرفتن شاخص‌ها و نیز ارزیابی مقایسه‌ای benchmarking علم و فناوری، توانسته است به پیام‌های روشنگری در سیاست‌گذاری علم و فناوری نایل شد.

گستره‌ای است که فعالیت‌های سیاسی و عقلانی را در برگرفته و بر روی زوایای روانشناسانه، اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و حیات فرهنگی نظر کرده و در جستجوی آن است که زنجیره‌ی پیچیده "علت و معلول‌ها" را کشف و از این طریق، نیروهای شکل دهنده به آینده را شناسایی کرده و اقدام‌های سنجیده‌ای را برای ساختن آینده، با کم رنگ کردن اثر عدم قطعیت، به انجام رساند.

در نتیجه، آینده‌نگاری می‌تواند فعالیتی در عرصه منطقه‌ای، ملّی، بین‌المللی، میان بخشی و یا فرابخشی؛ باشد که نتیجه‌ی این فرآیند در تصمیم‌گیری‌های سیاسی جامعه به کار خواهد آمد(۱).

تصویر ۴ - سه منظر آینده‌نگاری

به زبان دیگر، براساس منطق آینده‌پژوهی، آینده‌های متنوعی وجود دارند، که می‌توان با فرآیند آینده‌نگاری علم و فناوری، آن‌ها را شکل داده و با رهبری فرآیندها و روندها، جامعه را به آینده‌های مطلوب، هدایت کرد.

با این نگرش، آینده‌نگاری علم و فناوری، سه هدف را در افق تیررس خود قرار داده است:

۱/ اولویت‌سنجی در علم و فناوری برای سرمایه‌گذاری‌های نوید بخش در آینده؛

۲/ پیوستگی و کارآمد نمودن نظام نوآوری؛

۳/ خلق دیدی مشترک از آینده‌ی فناوری‌ها، فرصت‌ها و راهبردها(۸).

تمام این اهداف را آینده‌نگاری علم و فناوری با ترسیم آینده‌های ممکن در عرصه‌های

علم و فناوری و سیستم‌های اجتماعی اقتصادی انجام می‌دهد و در این فرآیند، از رویکرد روح حاکم بر جامعه‌ی مدنی و نیز اصول شبکه‌سازی، یعنی مشارکت تمام ذی‌نفع‌ها، سود می‌جوید و چون چنین رویکرد مشارکتی را در سرلوحه‌ی کار خود قرار داده است می‌تواند در سیاست‌گزاری بر تمام عرصه‌های سیاسی، اجتماعی و اقتصادی جامعه، اثر ژرفی را از خود برجای گذارد(۹).

بدین منظور، در هزاره‌ی جدید، کاربرد آینده‌نگاری علم و فناوری برای ترسیم آینده‌های میان مدت تا طولانی مدت(اغلب ۵ تا ۳۰ سال) بسیار کاربرد یافته است. زیرا نتایج برنامه‌های

تصویر ۵ - آینده‌نگاری ابزاری بسیار سودمند در سیاست‌گذاری و نوآوری بوده و سیاست‌گذاران جامعه، به اهمیت چشم‌گیر آن، روز به روز بیشتر آشنایی می‌یابند.

آینده‌نگاری بر برنامه‌ریزی استراتژیک، که اغلب افق ۵ سال بعد سازمان‌ها را در تیر رس قرار می‌دهد، بسیار ملموس است.

وجود ویژگی‌های مشارکتی، نگاه سیستمی، وجود متدلوژی علمی، فعالیت آینده‌نگاری را با فرآیند پیش‌بینی "forecasting" مورد تمایز قرار می‌دهد.

در حقیقت، فرآیند "پیش‌بینی" یک آینده را متصور می‌شود و توسعه‌ی علم و فناوری را به واسطه‌ی همان آینده ایستا ترسیم می‌کند، در حالی که "آینده‌نگاری" با روش علمی، آینده‌های گوناگونی را در معرض دیدگان قرار می‌دهدکه می‌توان آگاهانه، این آینده‌ها را خلق نمود. از سوی دیگر، وجود گسست، عدم قطعیت و پیچیدگی رویدادها، فرآیندها و روندهای جهان اجتماعی و طبیعی، موجب شده است که مدل توسعه‌ی پایدار به سوی مدل توسعه‌ی پایدار جامع میل کند و از آنجاکه این مفاهیم به خوبی در فعالیت‌های آینده‌نگاری علم و فناوری گنجانده شده‌اند، هم‌اکنون آینده‌نگاری علم و فناوری همچون ابزاری برای نیل به توسعه‌ی پایدار مطرح شده است(۱۰).

در این جستار، ما در جستجوی آن هستیم که تغییر پارادایم توسعه‌ی پایدار را ترسیم کرده و به کاربرد ابزاری "آینده‌نگاری علم و فناوری" جهت ترسیم توسعه‌ی پایدار جامع به بحث بپردازیم. آنگاه با ارائه‌ی روش‌شناسی آینده‌نگاری فناوری، یک مدل آینده‌پژوهی در صنعت نفت و گاز ایران پیشنهاد می‌شود.

آینده‌پژوهی و تئوری توسعه‌ی پایدار

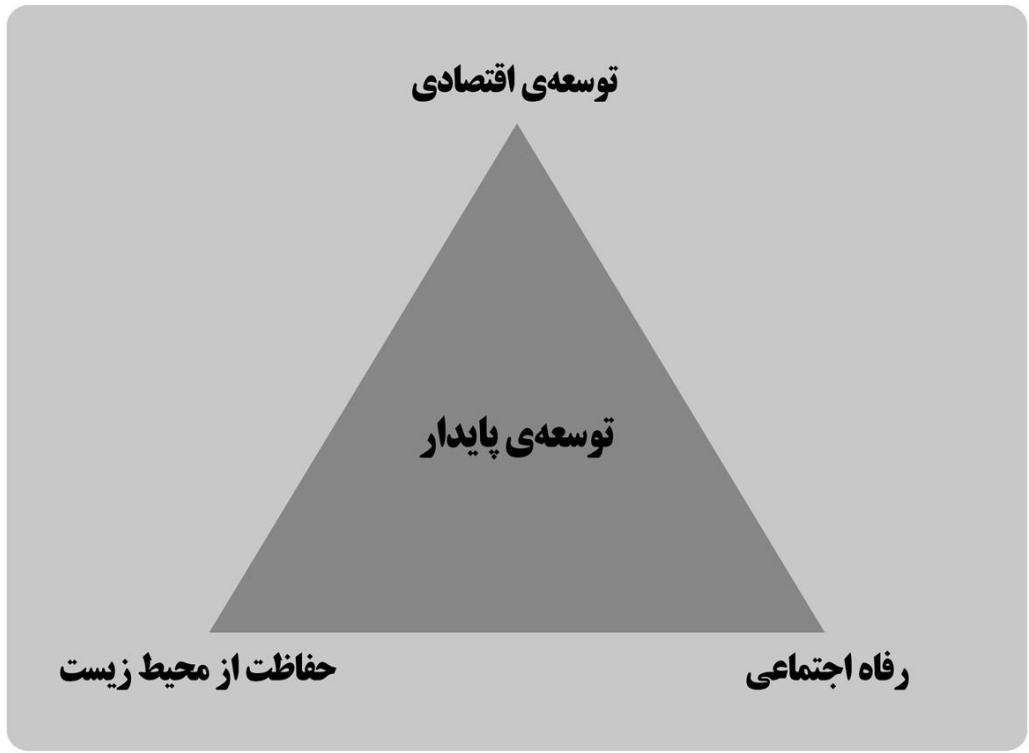
هنگامی که کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه، گزارش سال ۱۹۸۷ خود را با عنوان " آینده‌ی مشترک ما " را ارائه داد، تلاش نمود که تضاد میان اهداف محیط زیست و توسعه را با ساختار تعریف "توسعه‌ی پایدار" پوشش دهد:

"توسعه‌ی پایدار، توسعه‌ای است که به نیازهای کنونی، بدون ایجاد محدودیت در توانایی نسل‌های آینده برای برآورد نیازهای خود، توجه نشان می‌دهد"(۱۱).

در این گستره مفهومی، سه منظر از توسعه‌ی پایدار پدیدار می‌گردد:

اقتصادی

یک سیستم پایدار اقتصادی می‌بایست بتواند کالاها و خدمات را بصورت ادامه دار تولید نماید، دولت در برابر قروض بیرونی به صورت مدبرانه تلاش نماید، و از این گذر بتواند از بی توازنی‌های شدید در بخش‌های گوناگون که ایجاد آسیب در تولید صنعتی و کشاورزی می‌کنند، جلوگیری کند.



تصویر ۶ - در توسعه‌ی پایدار به اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی نیز توجه نشان داده می‌شود و نوک پیکان توسعه‌ی پایدار تنها معطوف به خلق ثروت نمی‌باشد.

زیست محیطی

یک سیستم پایدار زیست محیطی می‌بایست بتواند، بنیان منابع پابرجا را فراهم کرده و از فرا مصرف سیستم‌های منابع تجدید پذیر یا عملکردهای فرو رونده‌ی زیست محیطی اجتناب نماید و به میزانی منابع تجدید پذیر را تهی نمایند که به همان میزان، سرمایه‌گذاری جایگزین این منابع انجام گرفته باشد. از این رو می‌بایست در نگهداری گوناگونی زیستی، پابرجایی اتمسفری و دیگر عملکردهای اکوسیستمی که معمولاً در طبقه‌بندی منابع اقتصادی جای نمی‌گیرند، کوشا باشد.

اجتماعی

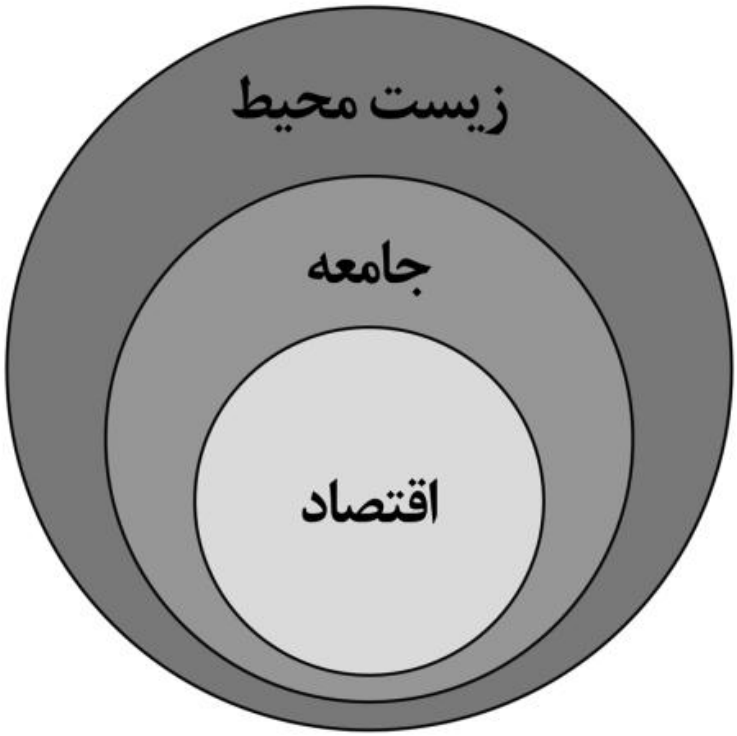
یک سیستم پایدار اجتماعی می‌بایست در گسترش عدالت، فراهم آوری خدمات اجتماعی، مانند سلامت، آموزش، عدالت جنسی، پاسخگویی و

مشارکت سیاسی اهتمام ورزد(۱۲).

در تئوری توسعه‌ی پایدار، به "ماهیت واقعیت" از سه لایه‌ی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی چشم دوخته می‌شود. همبستگی این سه دامنه براساس این تئوری در تصویر۷، ترسیم شده است.

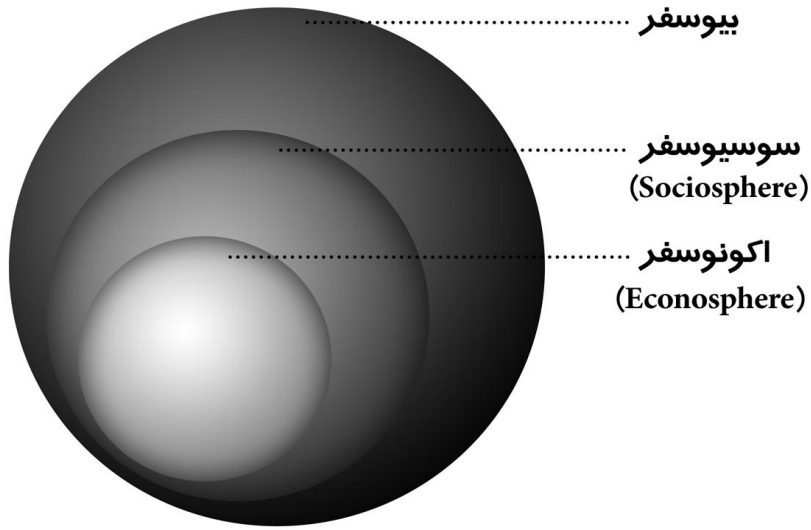
بر این بنیان، هر کدام از زوایای "ماهیت واقعیت" خود تشکیل یک سیستم می‌دهند؛ سیستم اقتصادی، سیستم اجتماعی و سیستم زیست محیطی؛ که هر کدام از این سیستم‌ها، براساس اندازه‌ی فیزیکی و طول پراکنش خود، چیدمان یافته‌اند. به این صورت که سیستم‌های اقتصادی به عنوان بخشی از سیستم‌های اجتماعی که خود بخشی از سیستم زیست محیطی هستند، دیده می‌شوند(۱۳و۱۴). براساس این مدل، نمی‌توان تمام سیستم‌ها را به یکباره و در جامعیت خود، مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. شناخت هر کدام از این سیستم‌ها، شاخص‌ها و روش‌های ویژه‌ی خود را دارا هستند(۲).

امّا مطالعات و پژوهش‌های ژرف چند دهه‌ی گذشته، بیش از پیش این واقعیت را آشکار کرده‌اند که این سیستم‌ها، چنان به هم تافته شده‌اند که امکان یافت و دریافت شناخت، بدون در نظر گرفتن این " پیچیدگی (complexity)" امکان ناپذیر است



تصویر ۷ - انتولوژی تئوری کلاسیک توسعه‌ی پایدار

و عدم ایجاد توازن در این سیستم‌ها، موجب "محدودیت رشد" و توسعه می‌گردد. به عنوان مثال، ناپابرجایی سیستم‌های تجدیدپذیر طبیعت در آب و انرژی می‌تواند موجب ایجاد بی‌عدالتی در پراکنش



تصویر ۸ - یک پایداری Sustainability نیرومند از این مدل پیروی می‌کند که بر اساس آن تمام فعالیت انسان خود بخشی از اکوسیستم‌های بیوسفر است.

ثروت و خلق نابرابری اجتماعی شود.

بر اساس این چشم‌انداز، انسان و محیط زیست پیرامونی وی، هر کدام خود بخشی از یک ماکروسیستم پیچیده و جامع (integrated macrosystem) می‌باشند(۵). چنین است که مفاهیمی همچون بوم توسعه (اکولوژی + توسعه ecodevelopment) که در ادبیات توسعه‌ی پایدار جاری شده‌اند، در قلب خود، ابعاد فرهنگ و فضا - مکان را در ابعاد اجتماعی، اقتصادی وزیست محیطی توسعه‌ی پایدار گنجانده‌اند و این حرکت خود نشان‌های وجود رگه‌های تفکر سیستمی و نگاه به تئوری سیستم‌های دینامیک و پیچیده را نشان می‌دهد.

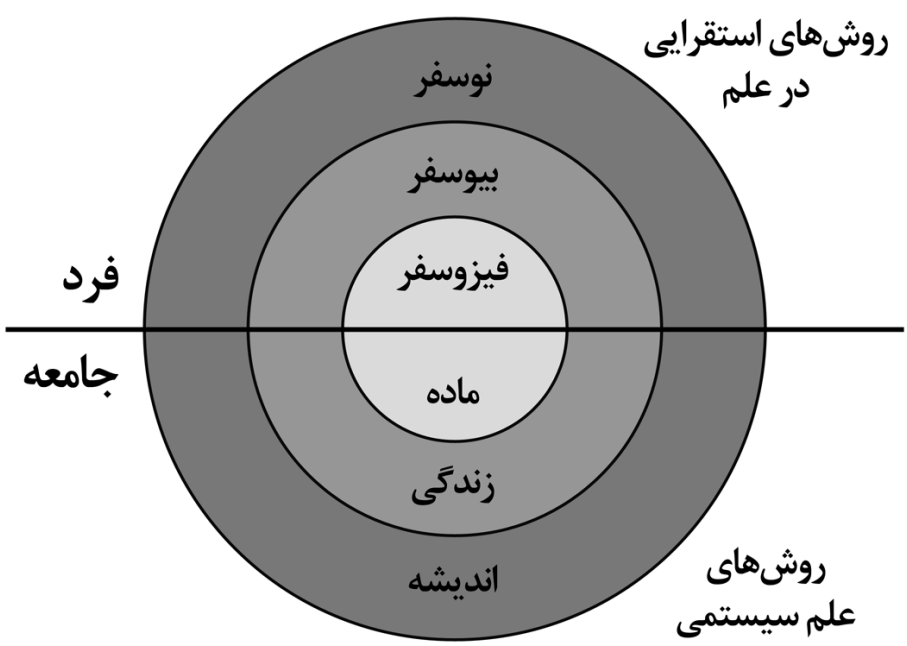
اکنون تئوری تفکر توسعه‌ی پایدار، کم کم جایگاه خود را به تئوری "پایداری انتگرال (جامع)" واگذار می‌کند. این مدل تئوری، بسیار پیچیده است و انتولوژی آن در تصویر ۹ ترسیم شده است.

شکل گیری این تئوری براساس یک نگاه تکاملی است، به این صورت که "واقعیت" با ساختاری پیچیده نمود می‌کند، در مسیر تکاملی، با فزونی میزان پیچیدگی ساختاری، ساختارهای اولیه‌ی پیچیدگی را نیز در خود نگه داشته و از دست نمی‌دهد. در این انتولوژی، ساختار پایه،

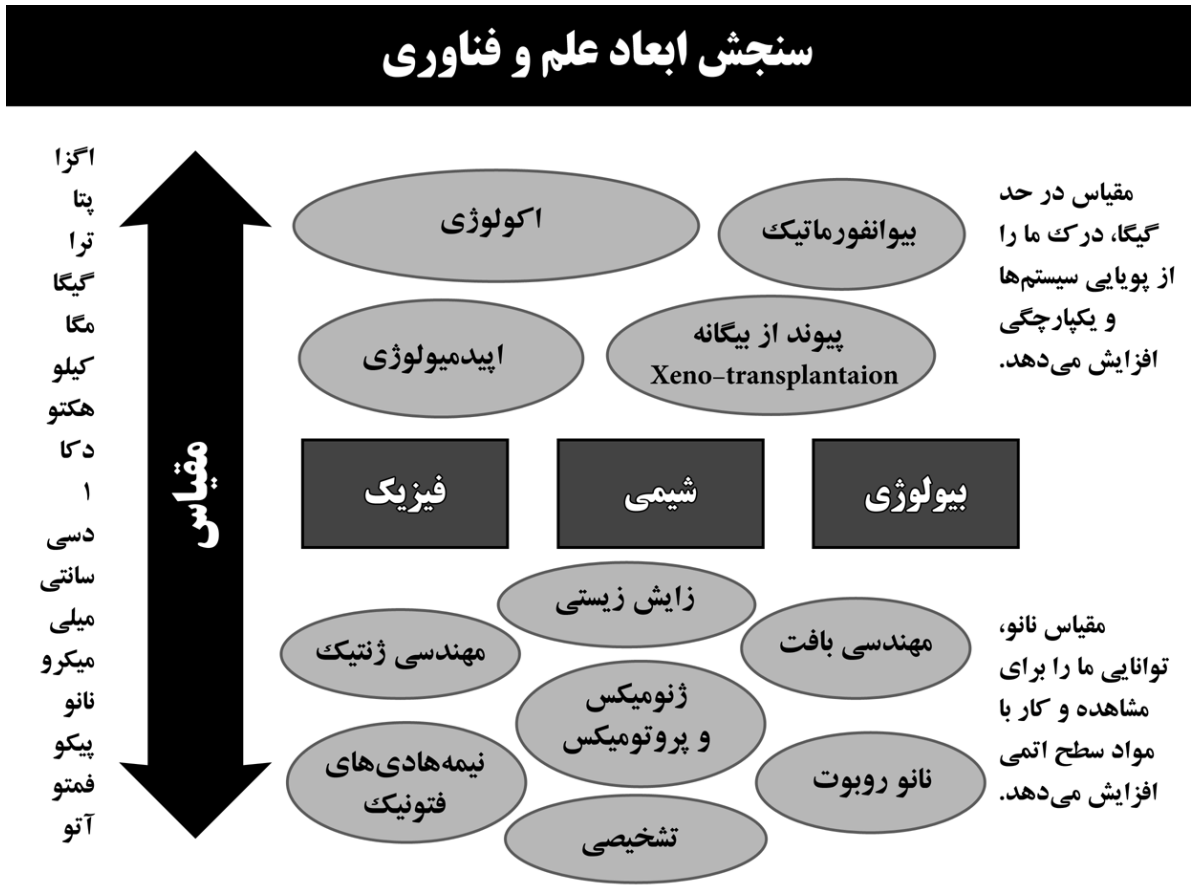
"تمام مواد و انرژی" هستی است که به آن فیزوسفر "physiospher" می‌گویند. از این ساختار پایه، بیوسفر "biosphere" برمی‌خیزد که فیزوسفر را نیز در خود نهان دارد.

برخاسته از بیوسفر، نوسفر "noosphere" است که در جامعیت خود، همه‌ی ساختارهای پیشین مانند اشکال فرهنگی و زبانی را نیز در پوشش دارد. در تئوری توسعه‌ی پایدار بر مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به صورت گستره‌های متقارن نگریسته می‌شد؛ امّا در تئوری "پایداری انتگرال"، اجزاء سازنده‌ی ساختمان‌های پیچیده، به صورت غیرمتقارن گسترده شده‌اند. به این صورت که هرچند در بیوسفر تمام عناصر ساختاری فیزوسفر حضور دارند ولی با نگاه به فیزوسفر، نمی‌توان بیوسفر را شناخت؛ زیرا بیوسفر نیز ویژگی‌ها و عناصر مربوط به خود را دارد. این شیوه تکامل سیستمی در مورد نوسفر، در رابطه با بیوسفر نیز صادق است. نتیجه‌ی منطقی دیگر در نگرش به این مدل آن است که فیزوسفر می‌تواند مستقل از بیوسفر وجود داشته باشد ولی حیات بیوسفر، مستقل از فیزوسفر، امکان‌پذیر نیست.

نکته‌ی جالب دیگر در انتولوژی مدل پایداری انتگرال، نگاه اکولوژیک آن به هستی است؛ از منظر این دیدگاه "هنگامی می‌توان پی به حقیقت برد که به ابژه (اشیاء) و واقعیت‌ها " نه تنها در حالت جدا یافته و تک، بلکه می‌بایست در متن محیط پیرامونی به آن‌ها نیز نگریسته شود. از دید متدلوژی،



تصویر ۹ - انتولوژی تئوری توسعه‌ی پایدار انتگرال



تصویر ۱۰ - هم ابعاد گیگا و هم ابعاد نانو و علوم مربوطه برای شناخت‌شناسی انسان از گیتی لازم است و هر دو نیز بدون شک تکمیل کننده‌ی یکدیگر می باشند.

تئوری پایداری انتگرال، از روش‌شناسی استقرایی در علوم برای شناخت جدا و تک افتاده‌ی اشیاء استفاده می‌کند؛ امّا برای شناخت جامع نگر، شیوه‌های علم سیستم‌ها "System Sceince" را بکار می‌برد.

در یک دیدگاه آنالیتیک، تئوری توسعه‌ی پایدار به ابژه‌ها "objects" و سیستم‌های ابژه‌ها "System of objects" می‌نگرد ولی تئوری پایداری انتگرال به جهان از زاویه‌ی دیداندازها "prespective" می‌پردازد(۱۴).

بنابراین، در تئوری پایداری انتگرال، تفکر

درباره‌ی پایداری "Sustainability" با تفکر درباره‌ی آینده‌ی "Futures thinking" پیوند می‌یابد و در این تغییر پارادایم، درک ماهیت کل، با نگریستن در ارتباطات پیچیده‌ی کنش‌های انسان، محیط زیست و ویژگی‌های و ریخت شناسی تمدنی وی حاصل می‌آید.

امروزه انسان، بیش از پیش دریافته است که در جهانی زندگی می‌کنند که اجزاء آن از توابع سیستم‌های پیچیده پیروی می‌کند و جهان اقتصادی وی نیز اکنون ماهیت بی مرزی به خود گرفته و همچون یک سیال، از توابع دینامیک تبعیت می‌کند. فناوری‌های جدید نیز با ایجاد تغییر دایم در شرایط کسب و کار و ایجاد فرصت‌ها و تهدیدهای جدید، در

تصویر ۱۱ - مقایسه رویکردهای علوم سنتی با علوم یکپارچه Integrative در نگاه به پایداری Sustainability

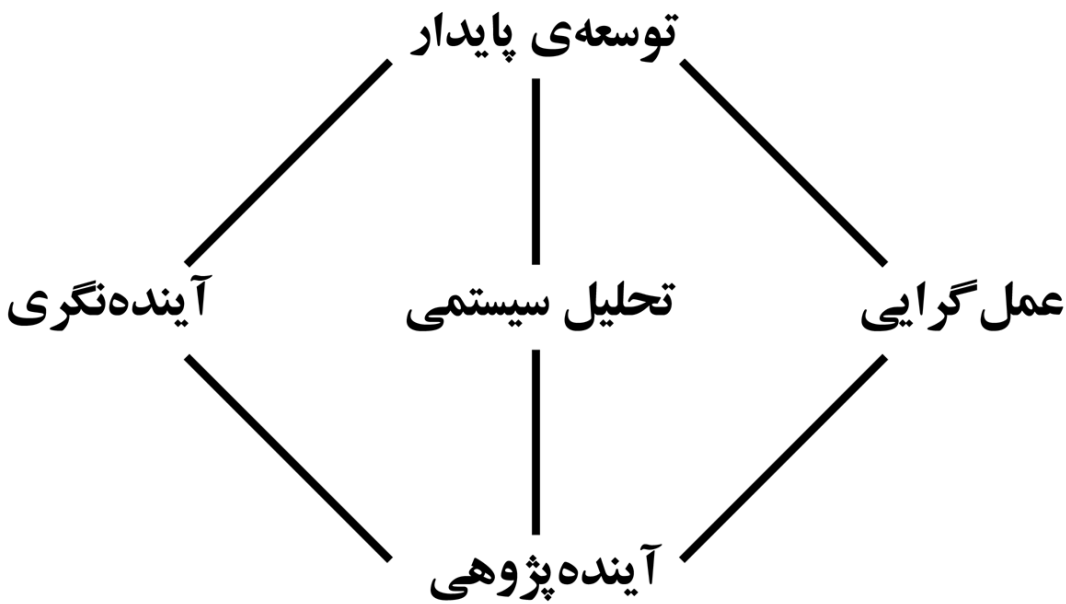
تصویر ۱۲ - تلاش برای نگاه بر آینده می‌بایست دارای ویژگی سیستماتیک باشد تا آن را آینده‌نگاری نامید.

پیکره‌ی ماکروسیستمی انسان، به عنوان مؤلفه‌های بسیار پیچیده و اثر گذار در معادلات اقتصادی و اجتماعی، پدیدار شده‌اند(۱۰). درچنین فضایی است که بدون تفکر سیستمی در سیستم‌های پیچیده‌ی اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در متن فرهنگی و زبانی انسان و درک بی ثباتی و پیش‌گویی گسست‌های discontinuities پیش رو، توسعه‌ی پایدار امکان‌پذیر نیست.

چنین است که تفکر توسعه‌ی پایدار با آینده‌پژوهی، هم‌آغوش می‌گردد. در حقیقت هم تفکر توسعه‌ی پایدار و هم آینده‌پژوهی، در ماهیت خود سه ویژگی همانندی را ابراز می‌دارند:

۱/ هر دو به پیش رو می‌نگرند و به آینده در لایه‌های گوناگون، باخلق آینده‌های متنوع، می‌پردازند.

۲/ روش تحلیل سیستمی برای سیستم‌های پیچیده را با مشارکت ذی‌نفع‌ها به شیوه‌ی میان بخشی "interdisciplinarity" با ترسیم مدل‌های تئوری و عملی بکار می‌برند.



تصویر ۱۳ - توسعه‌ی پایدار و آینده‌پژوهی دارای رویکردهای همانندی هستند.

۳/ هر دو، خوی عمل‌گرایی "action oriented" دارند و شکل‌دهی به تمایل استراتژیک به تغییر را در عرصه‌ی عمل عرضه می‌دارند و از این رو، چرخ‌ها را به جنبش در آورده و اثرات ژرفی را از خود در بعد زمانی به یادگار می‌گذارند(۱۰).

در نتیجه، مفهوم توسعه‌ی پایدار که به عنوان یک آرمان در چشم انداز جوامع کنونی مطرح شده است، ابعاد پیچیده دارد که نیل به آن توسط ابزارهایی امکان‌پذیر است که تحلیل سیستمی را در سر لوحه‌ی کار خود قرار داده‌اند. از سوی دیگر در اندیشه‌ی هر آینده پژوه، مفهوم توسعه‌ی پایدار به عنوان پایان کار "آینده‌پژوهی"، جای دارد. به زبان دیگر، آینده‌پژوهی، همچون ابزاری برای نیل به توسعه‌ی پایدار جلوه می‌کند. در یک فراگرد کلی، هدف نهایی آینده‌پژوهی، نیل به توسعه‌ی پایدار در فضای جهان سرشار از پیچیدگی و تغییر است.

آینده‌نگاری فناوری

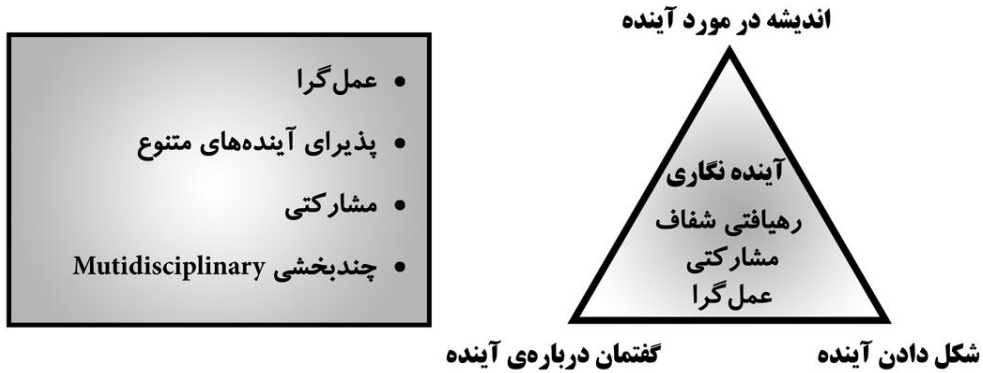
مرکز پژوهش‌های مشترک اروپا، آینده‌نگاری را یک فرآیند نظام‌مند با هدف گردآوری آگاهی معطوف به آینده به منظور ترسیم چشم اندازی میان برد تا دراز مدت، توصیف کرده است که نتایج آن درایجاد تصمیم گیری‌های کنونی و نیز به جنبش در آوردن فعالیت‌های منسجم جامعه به سمت آینده به کار می‌رود(۱۵).

این تعریف، پنج عنصر بنیادی را در خود گنجانده است: ۱) انتظار، ۲) مشارکت ۳) شبکه‌سازی ۴) ترسیم چشم انداز ۵) عمل‌گرایی

از این رو، آینده‌نگاری فناوری بسیار همانند فرآیندهای نوآوری (innovation) و یادگیری (learning) است. آینده‌نگاری بذر یادگیری و نوآوری را می‌افکند. در حقیقت، این عناصر مشارکت و شبکه‌سازی هستند که آینده‌نگاری فناوری را همچون ابزاری نوین در خدمت سیاست‌گزاری نوآوری معرفی می‌کند(۱۶).

ویژگی‌های آینده نگاری

- **آینده‌نگاری یک رهیافت غیرجبری، مشارکتی و چندبخشی (Mutidisciplinary) است.**
- **می‌توان آن را به صورت یک مثلث در ذهن تجسم کرد. شامل "تفکر در مورد آینده" ، "مناظره درباره‌ی آینده" و "شکل دادن آینده" .**



تصویر ۱۴ - ترسیم ویژگی‌های بنیادی فرآیند سیستماتیک آینده‌نگاری

در تئوری نوین نوآوری، "یادگیری" اساس هر فرآیند نوآوری است و از آنجا که شبکه‌سازی و خوشه سازی، شالوده‌ی اصلی برای یادگیری سازمانی و میان سازمانی و در نتیجه نوآوری است، فرآیند آینده‌نگاری فناوری می‌تواند با حمایت از ساختارهای یادگیری در سطح سازمانی و میان سازمانی با فرآیند شبکه‌سازی، فرآیند یادگیری را فزونی دهد.

در جهان پرشتاب و پر تغییر فراصنعتی، فرآیندهای یادگیری سازمانی، شبکه‌سازی و نوآوری، مهمترین محرک‌های رشد و خلق اشتغال و درآمدزایی در پهنه‌ی اقتصاد دانایی محور می‌باشند؛ بنابراین، نقش آینده‌نگاری فناوری در این گستره، بسیار قابل تعمق و شگفت انگیز است. با این پتانسیل، آینده‌نگاری فناوری تنها یک ابزار نخواهد بود، بلکه یک جعبه‌ی ابزار است که شیوه‌های گوناگونی مانند سناریو نویسی، پانل خبرگان، بارش

آینده نگاری چیست؟

یک فرآیند سیستماتیک مشارکتی، توأم با گردآوری آگاهی‌ها و ترسیم چشم انداز آینده‌ی میان برد تا دوربرد است که هدف آن تدوین تصمیم‌های کنونی و برانگیختن عمل‌گرایی مشترک (Joint actions) است.

تصویر ۱۵ - آینده‌نگاری فناوری، یک فرآیند سیستماتیک برای ترسیم آینده‌ی میان‌برد تا دوربرد علم، فناوری، اقتصاد و جامعه است که هدف آن کشف زمینه‌های پژوهشی استراتژیک و یافت فناوری‌های نوپدیدی است که اثرات ژرفی را بر اقتصاد، رقابت صنعتی، خلق ثروت و کیفیت زندگی خواهد داشت.

افکار، روش دلفی، نقشه برداری ذهنی، و ... را از خود به نمایش می‌گذارد.

جامعه‌ی یادگیرنده‌ی "Learning Society" هزاره‌ی جدید به دلیل تغییرات زیر، بسیار متأثر از فرآیند نوآوری است:

۱/ رشد پرشتاب تغییرات تکنولوژیک (کاهش فاصله میان تولید دانش تا تجاری سازی)

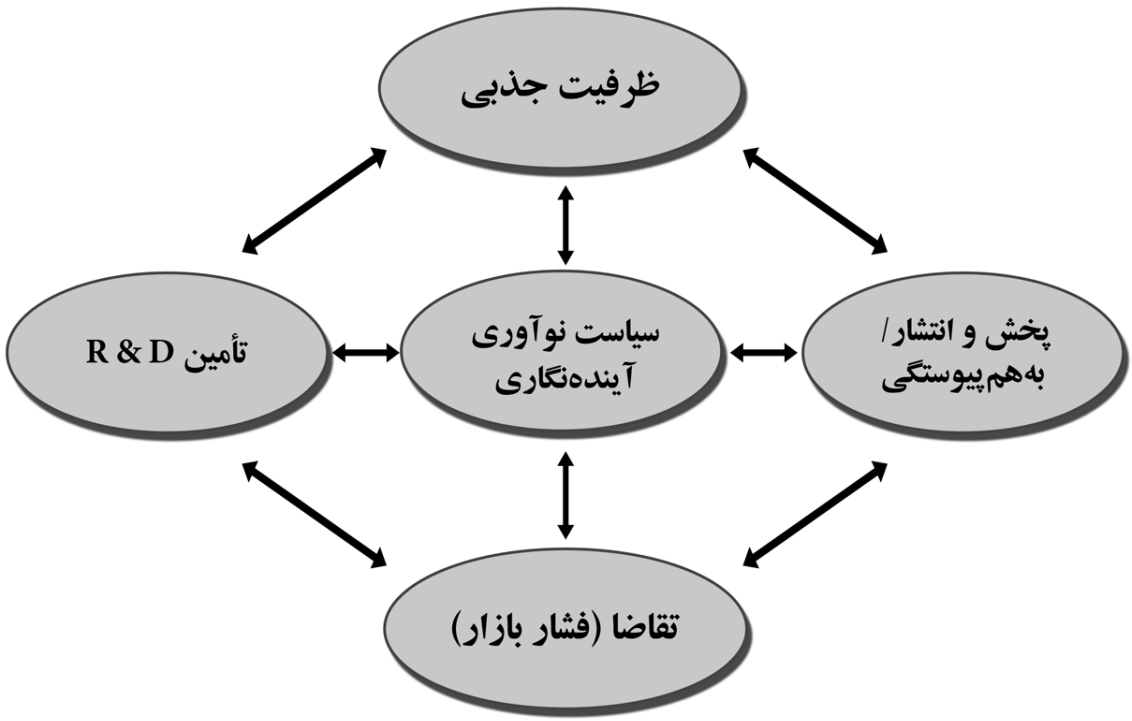
۲/ شبکه‌سازی در میان سازمان‌ها و بنگاه‌های تجاری(رشد پرشتاب اتحادهای استراتژیک و سطح بالای مشارکت)

۳/ رشد ارتباط افقی و مشارکت بین بخشی و انعطاف پذیری سازمانی

۴/ مشارکت میان مراکز خلق دانایی (پیوندهای جدید میان صنعت و دانشگاه)

تصویر ۱۶ - فرآیندهای بنیادی و جعبه ابزار یک شرکت برای ترسیم آینده‌نگاری فناوری

در سیاست‌های نوین نظام نوآوری، دیگر بر روی حل مسائل خاص پافشاری نمی‌شود، بلکه بیشتر در پی آن هستند که شرایط مساعدی را برای رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی و رفاه ملّی در یک گستره‌ی دراز مدت فراهم آورند. از آنجا که "نوآوری" و "یادگیری" بر جایگاه رقابتی افراد، بنگاه‌ها، سازمان‌ها، مناطق و ملل مؤثرند، سیاست‌گزاری در نظام نوآوری می‌بایست از سناریوهای آینده جامعه اقتباس شوند که با فرآیند آینده‌نگاری فناورانه ترسیم شده‌اند(۳). براساس یک نگاه گسترده، آینده‌نگاری فناوری، ابزار سیاست‌گزاری نوید دهنده‌ای برای سیم‌پیچی"wiring up" و نیرومند سازی نظام‌های



تصویر ۱۷ - آینده‌نگاری، هماهنگی میان اجزاء گوناگون ظرفیت سیاست نظام نوآوری را بهبودی می‌بخشد.

نوآوری است(۱۷).

هرچند که فعالیت آینده‌نگاری در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ در ژاپن و آمریکای شمالی آغاز شده بود، اما "آینده‌نگاری فناوری" به عنوان ابزار سیاست‌گزاری نوین، جهت رویارویی با چالش‌های علم، فناوری و نظام‌های نوآوری، از دهه‌ی ۱۹۹۰ توسط کشورهای اروپایی معرفی شد و از این دهه، شاهد رشد فزآینده‌ی پروژه‌های آینده‌نگاری فناوری در میان کشورهای دیگر جهان هستیم.

آنچه از دیدگاه اروپایی به منظر کلاسیک آینده‌نگاری معنا داد، رویکرد مشارکتی "Participatory " فرآیند آینده‌نگاری فناوری بود؛ که این خود برآمده از هم آغوشی فزآینده‌ی علم و تکنولوژی به صورت پیچیده با اقتصاد و جامعه در اقتصاد جدید دانایی محور می‌باشد که نیاز به درگیر نمودن تمام افراد، فعالان و اثرگذران سیاست در تمام فرآیندهای نوآوری را گوشزد می‌نماید(۱۸ و ۱۹).

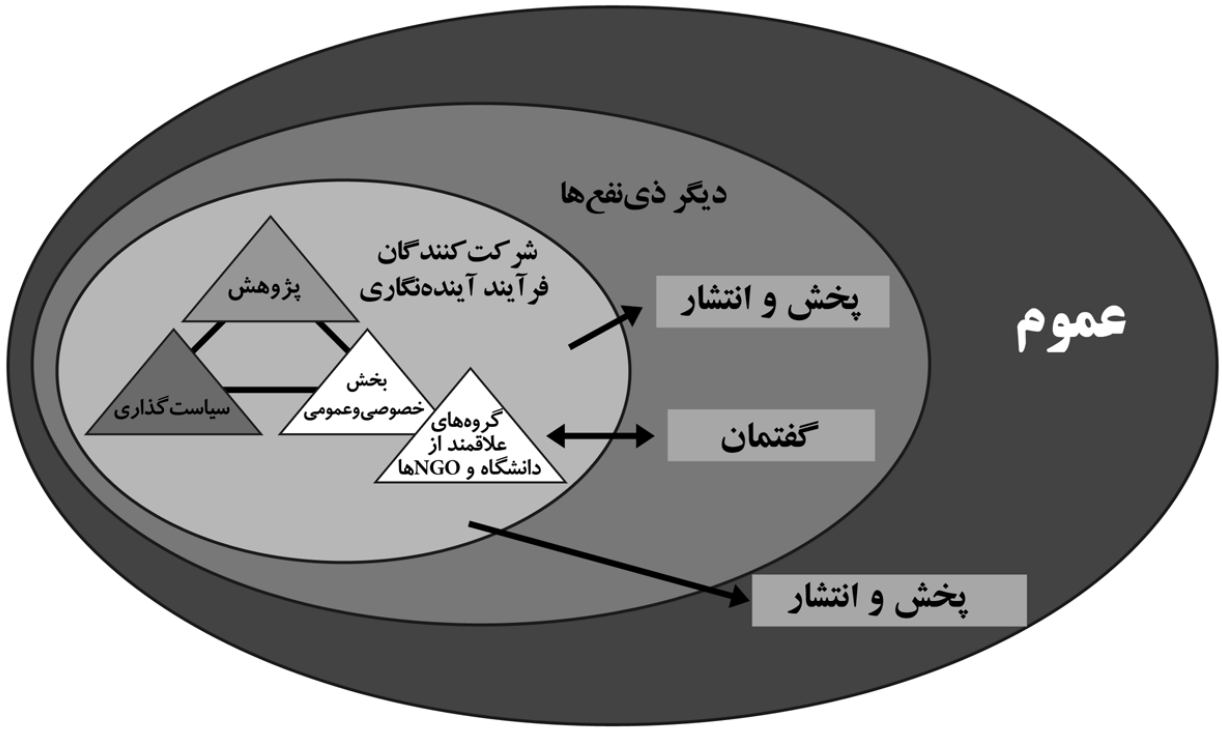
دودمان آینده‌نگاری فناوری ملّی

	دلفی	ترکیبی	میزگرد/ سناریو
دهه ۱۹۷۰	۳۰ سال در ژاپن		
۱۹۸۹			هلند
۱۹۹۰	اولین – آلمان		
۱۹۹۱			فناوری‌های بحرانی آمریکا
۱۹۹۲			نیوزلند
۱۹۹۳	کره جنوبی		آلمان
۱۹۹۴	فرانسه، ژاپن/ آلمان	اولین برنامه TF انگلستان	
۱۹۹۵	ژاپن – دلفی آلمان		۱۰۰ فناوری کلیدی فرانسه
۱۹۹۶			استرالیا، هلند
۱۹۹۷		اسپانیا OPTI	ایرلند
۱۹۹۸	اتریش	مجارستان	آفریقای جنوبی، نیوزلند، سوئد
۱۹۹۹			دومین برنامه TF انگلستان، آلمان آینده
۲۰۰۰			دومین ۱۰۰ فناوری کلیدی فرانسه ، پرتقال، ایتالیا
۲۰۰۱	هفتمین دلفی ژاپن		جمهوری چک، مالتا، قبرس، استونی
۲۰۰۲		ترکیه	بلغارستان، رومانی، سومین برنامه TF انگلستان

تصویر ۱۸ - کشورهای دنیا از اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ از روش‌های گوناگون آینده‌نگاری فناوری در حد ملّی استفاده کرده‌اند.

به زبان دیگر، بر عکس رویکرد کلاسیک آینده‌نگاری، در هنگام آینده‌نگاری فناوری، سیاست‌گزاران از تمام بخش‌های جامعه از زمان شکل گیری این فرآیند تا انتها، و نیز هنگام بازبینی و انعکاس پذیری از فرآورده‌های آن، مشارکت و همکاری می‌کنند.

اینکه چرا از دیدگاه منطق سیاسی، سیاست‌گزاران، به آینده‌نگاری فناوری، به عنوان یک ابزار سیاسی بسیار مهم می‌نگرند را می‌بایست در سه پیش‌ران "driver" جستجو کرد:

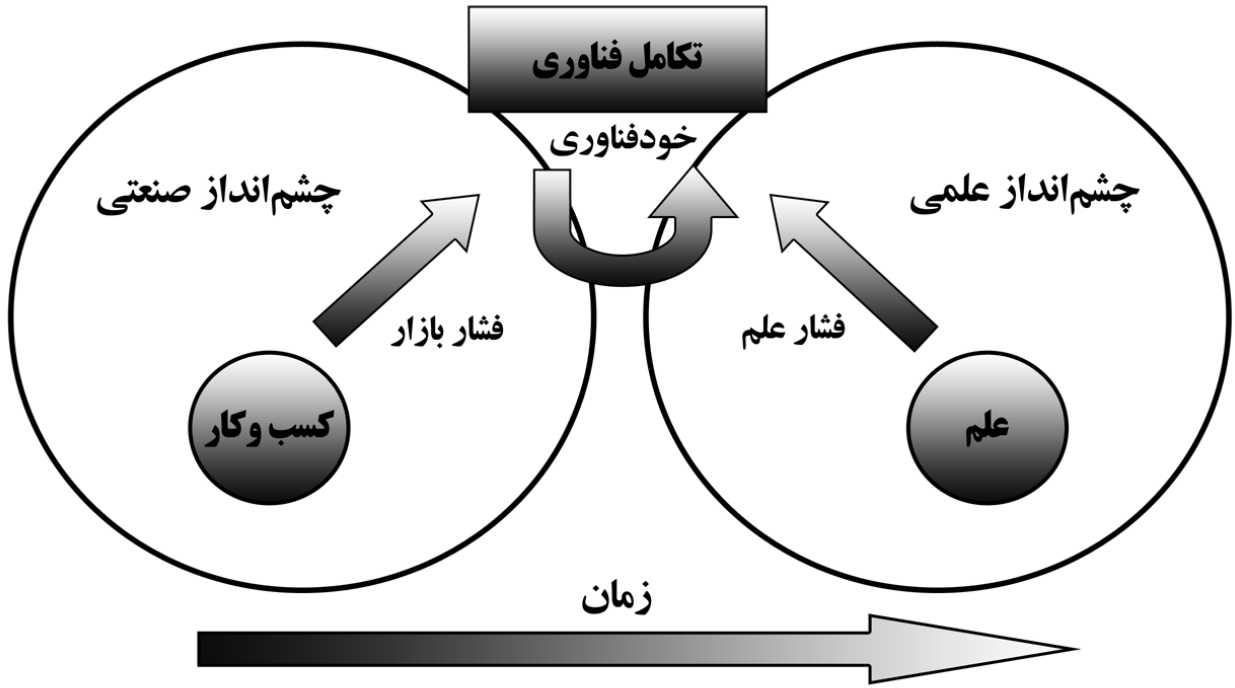


تصویر ۱۹ - زمینه و مفهوم فرآیند آینده‌نگاری.

۱/ رویارویی با چالش‌های جهانی سازی، رقابت اقتصادی و صنعتی فزآینده: برای آنکه کشورهای صنعتی بتوانند در فضای اقتصاد جهانی، صنعت دانایی محور و عصر خدمات دانایی رقابت کنند، نیازمند به فناوری‌های نوین راهبردی و سیستم‌های نوآوری غیرخطی هستند.

۲/ افزایش فشار بر روی هزینه‌های دولت: از آنجا که علم و فناوری بر پایه‌ی سرمایه‌گذاری عمومی شکل می‌گیرد، تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری در زمینه‌های علم و فناوری بسیار حائز اهمیت است. بنابراین آینده‌نگاری فناوری بی‌شک می‌تواند پاسخگوی زمینه‌های داغ سرمایه‌گذاری عمومی و ودولتی بر روی علم و فناوری باشد.

به زبان دیگر، سیاست‌گزاران جامعه به مدد آینده‌نگاری فناوری، به گزینه‌های رو در روی خود به



تصویر ۲۰ - دو چشم‌انداز آینده‌نگاری فناوری

شکل سیستمی می‌نگرند.

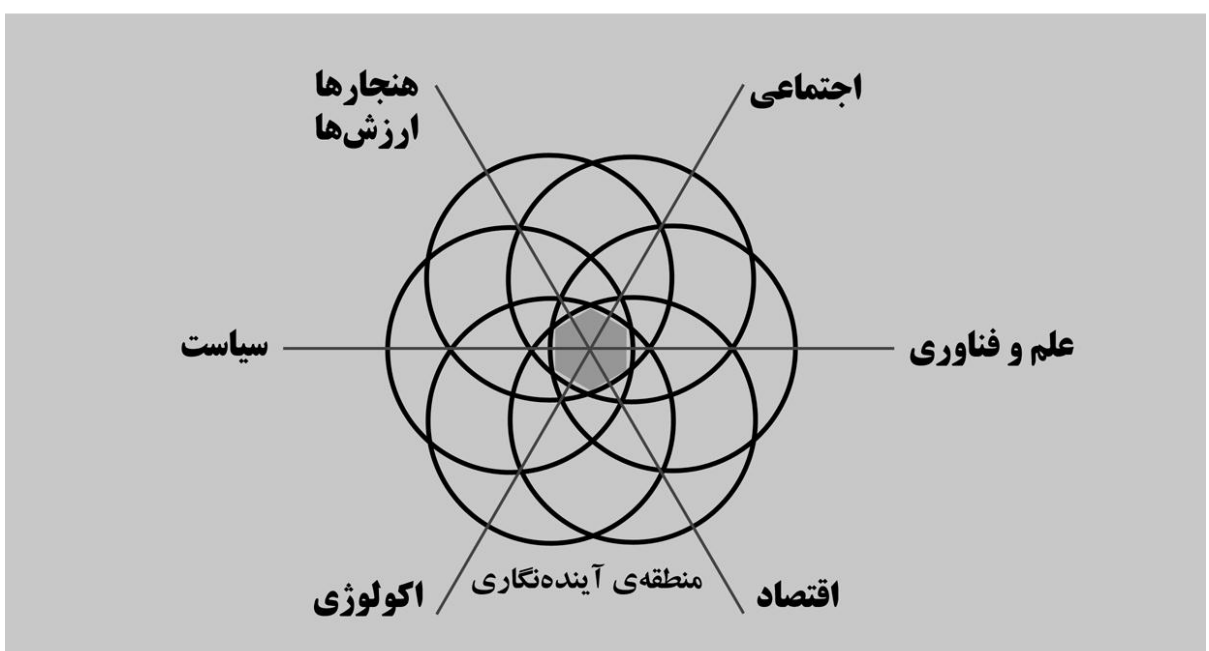
۳/ تغییر ماهیت تولید دانش: امروزه طیف گسترده‌تری از تولیدکنندگان دانش در فرآیند نوآوری سهیم هستند و در یک نگاه جامع، مؤلفه‌های اقتصادی اجتماعی و فاکتورهای فناورانه در یک سیستم پیچیده، با خود فناوری، برهم‌کنش دارند و همگی نیز از نظام‌های نوآوری متأثرند.

از این رو همانگونه که اشاره شد، آینده‌نگاری فناوری، مؤثرترین ابزار برای "سیم‌پیچی" و نیرومند سازی نظام‌های نوآوری است و نظام‌های نوآوری، نیرو برگرفته از آینده‌نگاری، می‌توانند جریان دانش را آزادانه و به سادگی در میان اجزاء سازنده‌ی تولید دانش و در کل سیستم هدایت کرده و در نتیجه یادگیری و نوآوری را تقویت نمایند. با این مدل، جایگاه فعالان جریان دانش از حالت غیر قطعی "uncertainities" بیرون آورده

می‌شود. به عبارت دیگر، آینده‌نگاری فناوری، می‌تواند به عنوان ابزار پیش روی سیاست‌گزاران جامعه جهت گریز از اصل عدم قطعیت، در جهان پیچیده فراروی ما در تولید دانش مطرح شود(۲۰و۲۱).

افزون بر این پیش‌ران‌ها که در گرایش سیاست‌گزاران به آینده‌نگاری فناوری نقش ایفا می‌کنند، می‌بایست به این نکته نیز توجه نشان داد که آینده‌نگاری فناوری ، ابزاری بسیار کاربردی برای سیاست‌گزاران جهت یافت "سیگنال‌های ضعیف" است. هر چند که این سیگنال‌ها ممکن است ضعیف باشند ولی در ارزیابی و هم راستا قرار دادن سیاست‌های جاری بسیار مورد نیازند؛ یعنی آینده‌نگاری می‌تواند به عنوان بخشی از سیستم هشدار دهنده نقش ایفا کرده و از این رو آینده‌نگاری فناوری به عنوان ابزار سازش پذیری در "جامعه

هدف عمومی آینده‌نگاری



تصویر ۲۱ - هدف عمومی آینده‌نگاری، ترسیم آینده‌ی علم، فناوری، اقتصاد، سیاست و جامعه است.

سودمندی‌های آینده نگاری

- بهبودی کیفیت تصمیم‌گیری
- بهبودی در میزان تأثیر تصمیم‌گیری‌ها
- بهبودی در توانایی نظام نوآوری

تصویر ۲۲ - افزون بر اینکه آینده‌نگاری، بهترین ابزار برای نیل به توسعه‌ی پایدار یکپارچه است، از خود سودمندی‌های فراوانی را نشان می‌دهد.

یادگیرنده" مطرح است(۹).

در یک فراگرد کلی، آینده‌نگاری نه تنها امکان انتخاب گزینه‌ها را در شرایط پیچیده با رونمایی از انتخاب‌های گوناگون ممکن فراهم می‌آورد (ترسیم آینده‌های متنوع)، بلکه با رویکردی مشارکتی، افراد گوناگون را از بخش‌های گوناگون جامعه با دانش‌ها و تجربیات متنوع در کنار هم گرد می‌آورد.

با این رویکرد، در هنگام بحث و ارائه‌ی چشم اندازهای متنوع توسط ذی‌نفع‌ها، فرآیند تصمیم سازی در فضایی شفاف شکل می‌گیرد؛ و از این طریق است که حمایت توده‌ی عموم جلب می‌شود. گرد آمدن تمام ذی‌نفع‌های جامعه و اشتراک گذاشتن عقاید و دیدگاه‌های متنوع در گستره طولانی مدت

زمان آینده، موجب خلق تفاهم‌ها و همکاری‌ها در یک فضای فزآینده‌ی ایجاد تعهد برای ترسیم راهبردهای ملّی می‌شود. با هم‌راستایی تلاش‌های افراد در یک چشم انداز مشترک، آینده‌نگاری فناوری می‌تواند در زدودن چهره‌ی عدم قطعیت در مناسبات پیچیده‌ی تولید دانش و درهم کنش‌های علم، تکنولوژی، جامعه و اقتصاد اثر گذارد. برهمین اساس است که روز به روز، سیاست‌گزاران جامعه از اهمیت چشم‌گیر آینده‌نگاری فناوری آگاهی یافته و این ابزار جدید در سیاست‌گزاری و نوآوری، گسترش روز افزونی می‌یابد(۹).

با این جستار، می‌توان سه هدف از آینده‌نگاری فناوری را فرادید خود قرار دهیم:

۱/ اولویت‌گذاری در علم و فناوری: آینده‌نگاری فناوری برای هدایت تصمیم گیری و سرمایه‌گذاری منطقی بر روی اولویت‌های نوید دهنده‌ی تکنولوژی به کار برده می‌شود.

۲/ پیوستگی و نیرومندسازی سیستم نوآوری: همانگونه که اشاره شد، آینده‌نگاری فناوری برای نیرومند سازی و سیم پیچی سیستم نوآوری از طریق ایجاد ارتباط، همکاری و شبکه‌سازی در میان توسعه دهندگان، تولید کنندگان و کاربران فناوری اقدام نموده و نیاز برای تدوین ساختار، قوانین و زیر ساخت‌های بهتر را پررنگ‌تر می‌نماید.

۳/ خلق آگاهی مشترک از آینده‌ی فناوری‌ها، فرصت‌ها و استراتژی‌ها: آینده‌نگاری فناوری جهت ترغیب ایجاد آگاهی مشترک از آینده‌ی تکنولوژی‌ها، بازار کار و استراتژی‌های مربوطه از طریق بحث در مورد این تکنولوژی‌ها و اثر آن‌ها بر روی جامعه (با مشارکت جامعه‌ی مدنی) و

تصویر ۲۳ - با فرآیند آینده‌نگاری می‌توان با شناسایی روندها، خلق ایده‌ها و سناریونویسی به ترسیم "چشم‌انداز" نایل شد.

	پیش‌بینی آینده به صورت کلاسیک	رهیافت آینده‌نگری
دیدگاه	رهیافت ذرّه‌ای "هر چیزی همسان و همگن است."	رهیافت انباشتی "همه چیز هم اندازه و همگن نیست."
متغیرها	کمّی، عینی و شناخته شده	کیفی، لزوماً کمّی نیست، غیرعینی، ذهنی، شناخته شده و نهان
ارتباطات	ایستا، با ساختار ثابت	پویا با ساختار در حال تکامل
تفسیرها	گذشته آینده را تفسیر می‌کند.	آینده "دلیل وجودی" حال است.
آینده	تک و قطعی	چندگانه و غیرقطعی
روش	جبرگرایانه و مدل کمّی (ریاضی، اقتصادمتری)	تحلیل قصددار، کیفی (تحلیل ساختاری) و مدل‌های احتمالی (اثرات متقاطع)
گرایش به آینده	انفعالی، کنش‌پذیر و سازگارپذیر (آینده به سوی ما می‌آید.)	فعال و خلاق (آینده به سوی ما آورده می‌شود.)

تصویر ۲۴ - ویژگی‌های پیش‌بینی آینده به صورت کلاسیک در مقایسه با رهیافت آینده‌نگرانه

نیز درک بهتر از پیش‌ران‌های تغییر در هزاره‌ی جدید، کاربرد دارد(۱۸).

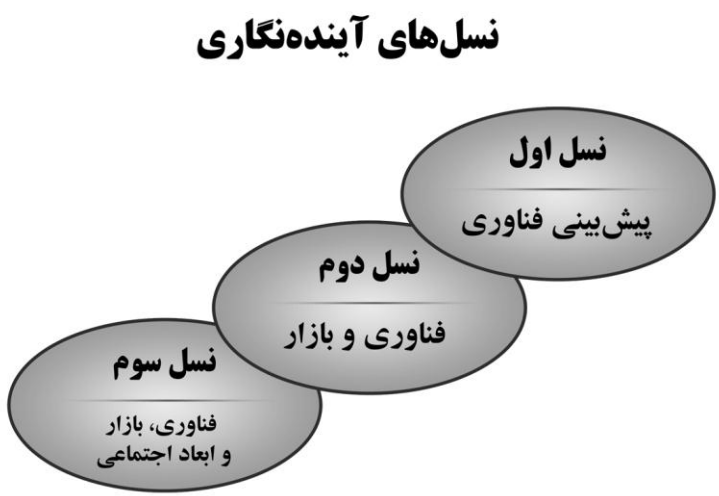
از این منظر، آینده‌نگاری فناوری، یک فرآیند پیچیده، با تعداد فراوان برهم کنش‌ها، با میزان بسیار بالای ارتباطات درکمیت و کیفیت با ویژگی پویایی و چند بخشی نیرومند می‌باشد. به این معنا که افراد گوناگون از بخش‌های کسب و کار، دانشگاه و جامعه‌ی مدنی در این فرآیند مشارکت می‌نمایند و ساختار مشارکت این افراد نیز به صورت سلسله مراتبی نبوده و همه‌ی ذی‌نفع‌ها از فضای گفتمان حقیقی حاکم بر بحث‌ها استفاده می‌کنند. با این دید می‌بایست آینده‌نگاری فناوری را از

پیش‌بینی فناوری "Technology forecasting" و ارزیابی فناوری "Technology assessment" متمایز دانست.

۴/ پیش‌بینی فناوری: هدف آن شناخت فناوری‌هایی است که آینده‌ی نوید دهنده‌ای دارند. اساس آن رصد گسترده و دائم فناوری می‌باشد. هر چند که پیش‌بینی فناوری، منظرهای اجتماعی و اقتصادی را در چشم انداز خود دارد ولی به ژرفای این منظرها نفوذ نمی‌کند. نتیجه‌ی این فرآیند، جلب توجه سیاست‌گزاران جهت توسعه‌ی آینده است. این شیوه پیش‌بینی فناوری توسط کمپانی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تصویر ۲۵ - نتایج برنامه‌های آینده‌نگاری، بر برنامه‌ریزی استراتژیک، که اغلب افق ۵ سال بعد سازمان‌ها را در تیررس قرار می‌دهد، بسیار ملموس است.

ارزیابی تکنولوژی: عمدتاً بر روی منظرهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی و نتایج کاربرد تکنولوژی‌ها و علوم جدید مرز شکن متمرکز است. در حقیقت ارزیابی تکنولوژی، یک پژوهش میان بخشی است که نتایج آن در تصمیم گیری استفاده می‌شود. رهیافت آن از پیش‌بینی فناوری گسترده‌تر است. با شناخت پتانسیل‌های آفریده شده از دانش نوین و نتایج فناوری‌ها، بدنه‌ی تصمصم گیری را تقویت می‌کند.



تصویر ۲۶ - در گستره‌ی آینده‌شناسی، مطالعات آینده‌پژوهی که ویژگی تجزیه و تحلیل راهبردی آینده‌شناسی را دارند، سه نسل گذر کرده‌اند.

با این تعریف، همانگونه که اشاره شد، رهیافت آینده‌نگاری فناوری بسیار گسترده‌تر بوده و با رویکرد مشارکتی خود به صورت سیستماتیک و پویا، گستره‌ی چشم انداز آن از میان‌مدت تا دراز مدت بوده و نتایج آن در تصمیم‌گیری در فضای کنونی و به تحرک در آوردن چرخ‌های عمل (عمل گرایی) بسیار کارآمد است و همچنین با ایجاد یک سکوی (platform) یادگیری جامع، امکان ارتباط دائم میان بخش‌های دولتی، دانشگاهی، کسب و کار و دیگر بخش‌های اجتماعی را فراهم آورده و با ایجاد یک فرآیند پایین به بالا و شفاف، گزینه‌های متنوع توسعه در فضای آینده را ترسیم نموده و امکان انتخاب این گزینه‌ها را از سوی سیاست‌گزاران جامعه ایجاد می‌کند. به طور کلی، از لحاظ ریخت شناسی، همیشه آینده‌نگاری فناوری، ویژگی راهبری را از خود به نمایش می‌گذارد(۳).

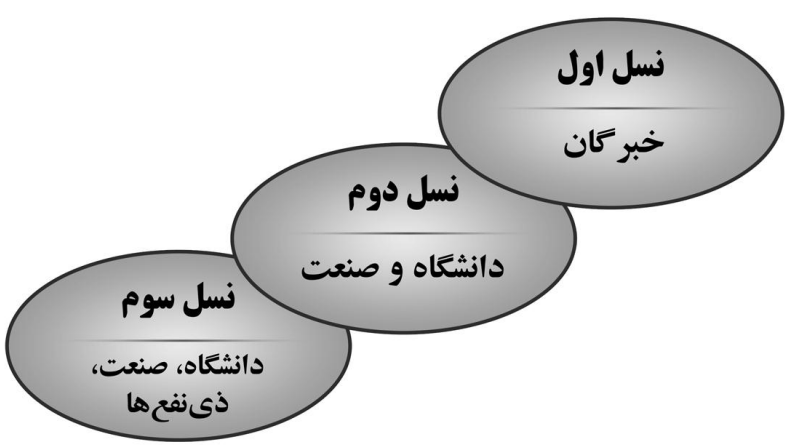
در گستره‌ی آینده‌شناسی، به نظر می‌رسد که مطالعات آینده‌پژوهی که ویژگی تجزیه و تحلیل راهبردی آینده‌شناسی را دارند، سه نسل را گذر کرده باشند. نسل اول همان پیش‌بینی فناوری کلاسیک است که هنوز نیز در بسیاری از گزارشات

دیده می‌شود که همانگونه که اشاره شد در جستجوی پیش‌گویی توسعه‌ی تکنولوژی‌های آینده براساس برون‌یابی روندهای قابل ادارک است. این پیش‌بینی‌ها توسط گروه کوچکی از خبرگان شامل آینده‌پژوهان و یا خبرگان فناوری صورت می‌گیرد و در این فرآیند، دیگر فعالان و خبرگان مشارکت نمی‌کنند. هدف اصلی آن نیز پیش‌بینی گستره‌های علم و فناوری‌ای است که نتایج شاهکارانه‌ای را از خود به نمایش می‌گذارند. دست آورد این پیش‌بینی، سپس در طراحی ساختار اقتصادی بنگاه یا در سطح کلان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در نسل دوم، برنامه‌ی آینده‌نگاری فناوری مجموعه‌ای از فعالان گوناگون را گرد هم می‌آورد مانند پژوهشگران که بر روی میدان‌های متنوعی از علم و فناوری کار می‌کنند و نیز مردان کسب و کار. این نسل از آینده‌نگاری فناوری، دانش را به صورت یک فرآیند وارد بازار کار می‌کند و هدف اصلی آن، بهبودی شرایط فضای رقابتی با ایجاد همکاری بین دانشگاه و صنعت است و از این گذر می‌تواند نارسایی بازار را جبران کرده و افق کوتاه کسب و کار را گسترش دهد. در این برنامه آینده‌نگاری، به سختی می‌توان جایگاه نظام مندی را برای آینده‌پژوهان و پیران مراد فناوری یافت و عموماً نمایندگان بخش‌های اقتصادی گوناگون مانند صنایع و خدمات در این ساختار دیده می‌شوند.

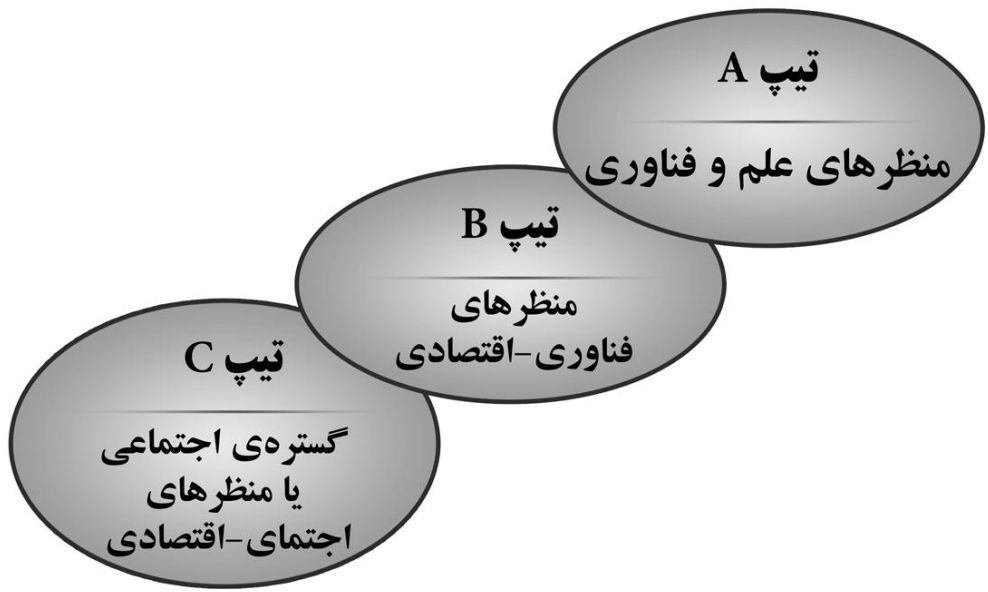
نسل سوم برنامه‌ی آینده‌نگاری فناوری، طیف گسترده تری را از لحاظ گستره‌های پوششی خود و نیز شرکت کنندگان به خود اختصاص می‌دهد: مرکز توجه آن به چالش‌های گسترده‌تر اقتصادی- اجتماعی نیز

فعالان نسل‌های گوناگون آینده‌نگاری



تصویر ۲۷ - در هر نسل از آینده‌نگاری، گروهی بیشتر در این فرآیند مشارکت داشته‌اند. بدین سان، در آخرین نسل آن، همه‌ی ذی‌نفع‌ها نیز در کنار دانشگاه و صنعت به ترسیم فرآیند آینده‌نگاری می‌پردازند.

سه تیپ آینده‌نگاری



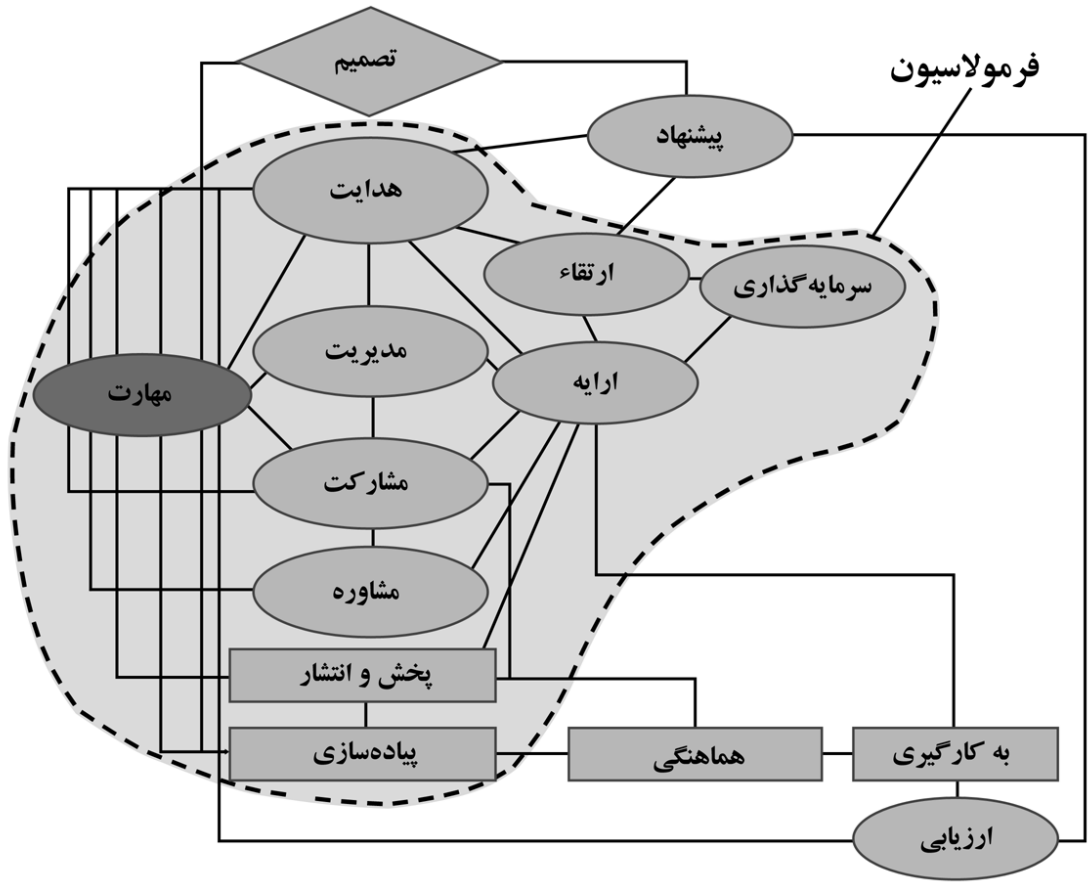
تصویر ۲۸ - از نگاه تیپ‌شناسی، گستره‌ی منظر آینده‌نگاری رو به گسترش بوده و در آخرین تیپ خود نیز به گستره‌ی اجتماعی- اقتصادی نظر می‌افکند.

کشانده می‌شود و از این رو، در کنار پژوهشگران و فعالان کسب و کار، مقام‌های رسمی دولتی و ذی‌نفع‌های اجتماعی نیز حضور می‌یابند. این تغییر و جابجایی از نقطه‌ی گرانش به ساختار مدیریتی برنامه نیز فرا افکنده می‌شود. این برنامه هم راستا با دغدغه‌های اقتصادی- اجتماعی، سامان می‌یابد (مانند دغدغه‌های سلامت، افزایش سن جمعیت، جلوگیری از جرم و جنایت و...). در این نسل از آینده‌نگاری، برای رویارویی با نارسایی سیستمی که در قالب سازمان‌ها و نهادهای موجود خود را نشان می‌دهد، نهادها و سازمان‌های جدیدی نگاشته می‌شود تا با شرایط فزآینده‌ی رقابت رویارویی کرده و در افزایش کیفیت زندگی مردم مؤثر واقع شوند. به زبان دیگر، از توانایی‌های این نسل از آینده‌نگاری، یافت سرنخ برای

تصویر ۲۹ - از دیدگاه منطق سیاسی، سیاست‌گذاران، به آینده‌نگاری فناوری به عنوان یک ابزار سیاسی بسیار مهم می‌نگرند.

بنیان نهادن نهادها و سازمان‌های جدید است تا بتوانند این سازمان‌های نوبنیاد، با نارسایی سیستمی برآمده از سیستم‌های کنونی که دیگر پاسخگو نیستند رویارویی کنند. برای نگاشت نهاد، ارتباط استوار و سنگین میان شرکت‌کنندگان نیاز است. در این گذر، طراحی شبکه‌های جدید، تدوین سیاست‌های مناسب برای پل زدن بر شکاف‌های موجود و رویارویی با نارسایی سیستمی مورد نیاز است.

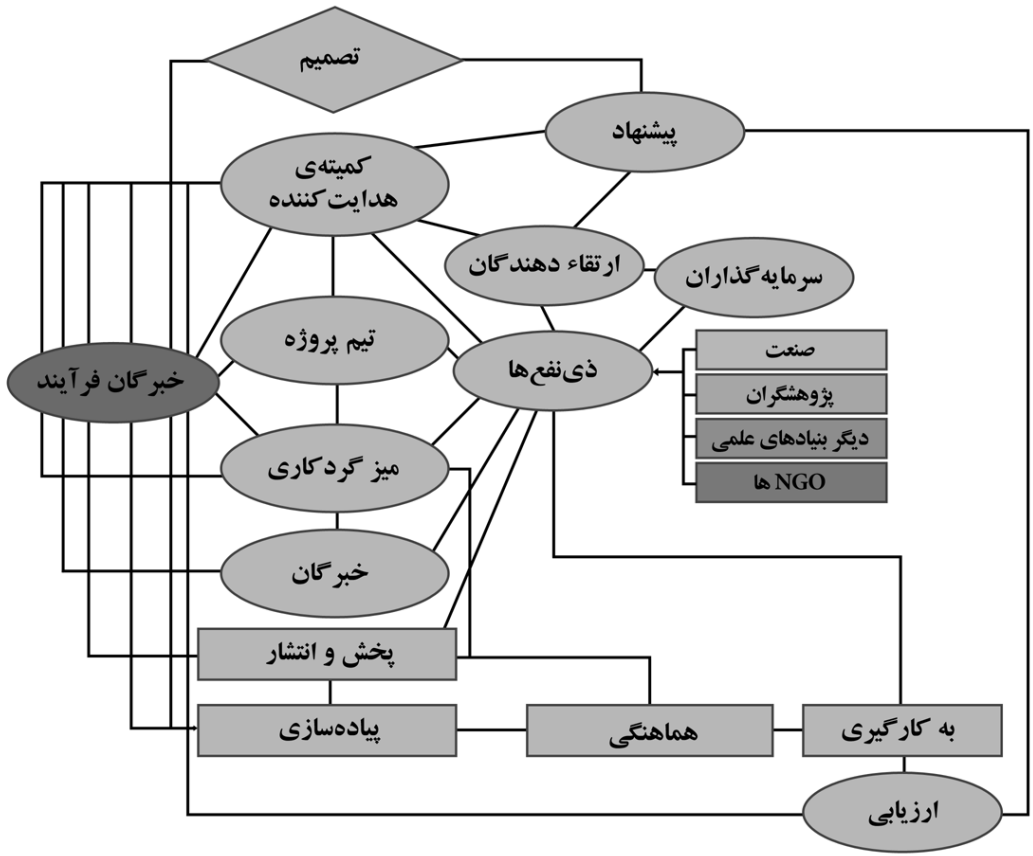
البته باید در نظر داشت که یک برنامه‌ی فناوری، در فضای واقعیت، ممکن است عناصر گوناگونی از نسل‌های متفاوت آینده‌نگاری را با هم ترکیب کند(۹و۲۲). در هر صورت، نکته غالب در نسل



تصویر ۳۰ - سیاست‌گذاری دینامیک با کمک فرآیند آینده‌نگاری: کاربست برون‌ده فرآیند آینده‌نگاری در نظام سیاست‌گذاری می‌تواند بسیار پیچیده و پویا باشد.

سوم آینده‌نگاری فناوری، تأکید فراوان بر روی گستره‌های اقتصادی - اجتماعی بوده و پانل‌های شرکت‌کنندگان به فراتر از گستره‌های علمی یا اقتصادی سازمان‌دهی می‌شوند. در یک نگاه چکیده، آینده‌نگاری فناوری که از دهه‌ی ۱۹۹۰ در اروپا به دیگر کشورها جاری شده است در عملکردهای زیر نقش ایفاء می‌کند.

❖ رهیافتی را برای انتخاب گزینه‌های وابسته به علم و فناوری ترسیم می‌کند و از این رو دارای رویکرد اولویت سنجی در حوزه‌های دانش و



تصویر ۳۱ - فعالان و بازیگران سیاست‌گذاری دینامیک در فرآیند آینده‌نگاری

فناوری است.

❖ مکانیسمی را برای هم آغوشی فرصت‌های پژوهشی با نیازهای اقتصادی و اجتماعی فراهم می‌کند و از این رو در پیوند علوم و فناوری با نوآوری، خلق ثروت و افزایش کیفیت زندگی اثرگذار است.

❖ می‌تواند ارتباطات را برانگیخته و همکاری میان پژوهشگران، کاربران پژوهش و سرمایه‌گذاران پژوهش را تعالی دهد(۲۳).

با وجود نقش کارآمد آینده‌نگاری فناوری در سیاست‌گزاری، باید دانست که این ابزار نیز دارای کاستی‌ها و محدودیت‌هایی بوده و هرگز نسخه‌ای کامل برای گذر از تمام مشکلات و مسائل سازمان در هنگام تصمیم گیری‌های استراتژیک نبوده و اگر این کاستی‌ها را مد نظر قرار ندهیم، دچار افت یک سو گرایانه

خواهیم شد و نسبت هزینه به فایده نیز فراتر از حد انتظار خواهد بود.

۱/ آینده‌نگاری فناوری یک عمل پیچیده است و نیاز به آماده سازی طولانی و تجزیه و تحلیل شرایط موجود دارد. از مهم ترین پیش نیازها، داشتن درک مشترک عموم مردم از احساس "تغییر" است. وجود این فضا برای برقراری و انجام آینده‌نگاری فناوری بسیار مهم است. چنانچه این فضا ایجاد نشده باشد، فرآیند آینده‌نگاری فاقد دست آوردهای مورد انتظار خواهد بود و بیشتر همانند "تفکر آرزومندانه" خود را نشان خواهد داد (البته با هزینه‌ی بس سرسام آور).

۲/ آینده‌نگاری فناوری، ابزارهایی مانند تجزیه و تحلیل سیاسی، مطالعات آینده، سناریونویسی، برنامه‌ریزی استراتژیک و غیره را در خود ادغام می‌کند ولی هرگز جایگزینی برای آن‌ها نخواهد بود. هر کدام از این ابزارها دارای وابستگی‌ها و کاربردهای خود است و کاربرد سنجیده از آن‌ها می‌تواند موجب خلق خرد نزد سیاست‌مداران شود. به زبان دیگر، فرآیند آینده‌نگاری، هنر خردمندانه ترسیم ساختار سیاسی است.

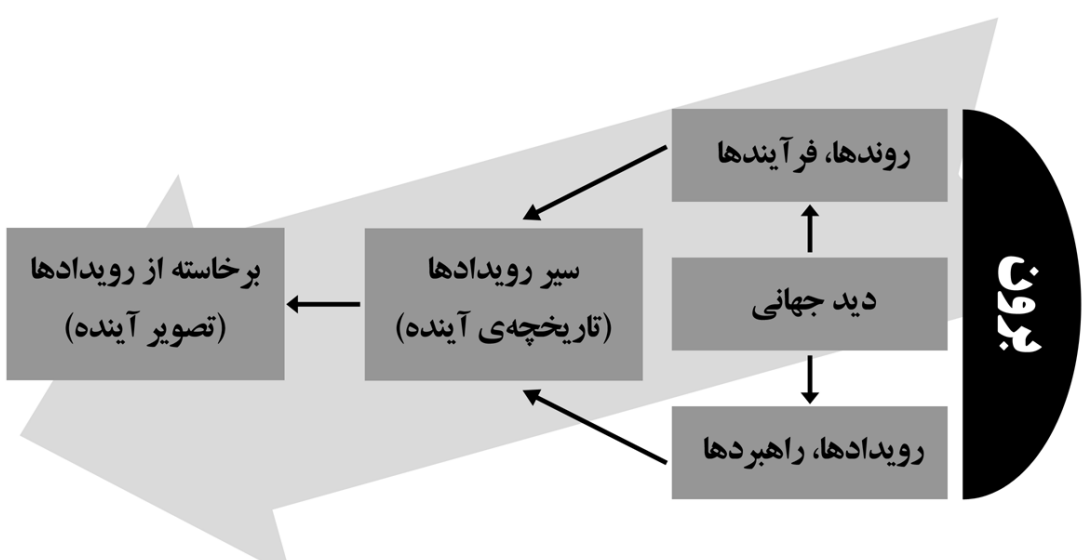
۳/ آینده‌نگاری فناوری همیشه به نقطه‌ی دور می‌نگرد و از آنجا که آینده‌ی دور نیز در شرایط "عدم قطعیت" ترسیم می‌شود، ممکن است پیشنهادهای برآمده از یک برنامه‌ی آینده‌نگاری با افزایش پرشتاب تغییرات فناوری، به اصلاح و بازنگری نیاز داشته باشد. از این رو لازم است که به برنامه‌ی آینده‌نگاری فناوری، به صورت یک فرآیند پویا و در گذر زمان، که به صورت متناوب مورد بازنگری قرار می‌گیرد، نگریسته شود.

۴/ از آنجا که برنامه‌های آینده‌نگاری فناوری برای گزینش فناوری‌هایی که می‌بایست مورد اولویت جامعه برای سرمایه‌گذاری قرار گیرند، به کار می‌رود، بسیار لازم است که برنامه‌های آینده‌نگاری با سیستم پایش و ارزیابی به صورت پویا توأم باشد، تا بتواند همانند یک فرآیند، در صحنه‌ی کارزار جامعه برای رصد اثرات فناوری و تغییرات فناوری در ابعاد بازار جهانی مؤثر واقع شده و بازخورد هوشمندآن‌های را برای سیاست‌گزاران، برای طراحی فرآیند اولویت‌سنجی انعطاف‌پذیر، فراهم آورد(۳).

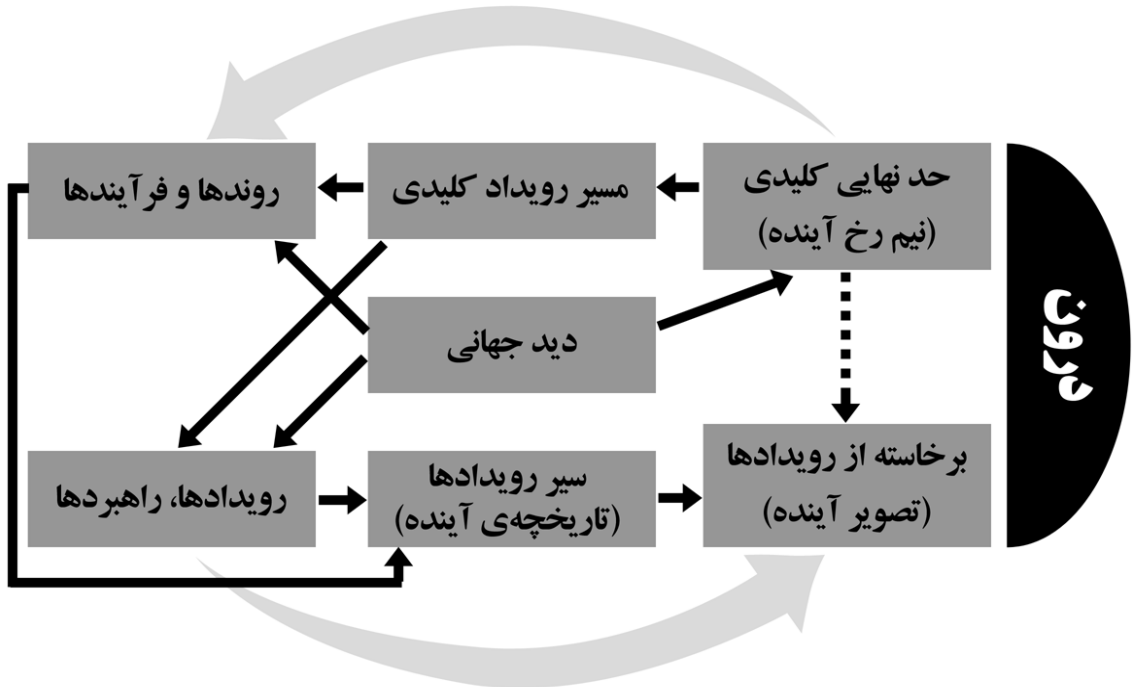
روش‌شناسی آینده‌نگاری فناوری

هر چند از روش‌های گوناگونی جهت آینده‌نگاری فناوری استفاده می‌شود، امّا این روش‌ها را می‌توان در دو گستره‌ی اکتشافی (Exploratory) و هنجاری (Normative) تقسیم نمود:

۱/ روش‌های اکتشافی نگاه به برون (outward bound) دارند. در این شیوه، نگاه از زمان اکنون آغاز گردیده و به سوی آینده میل می‌کند. اساس این رهیافت، جستجو در روندهای گذشته و یا



تصویر ۳۲ - اصول رویکرد برون‌افکنی آینده‌پژوهی، برای ترسیم آینده

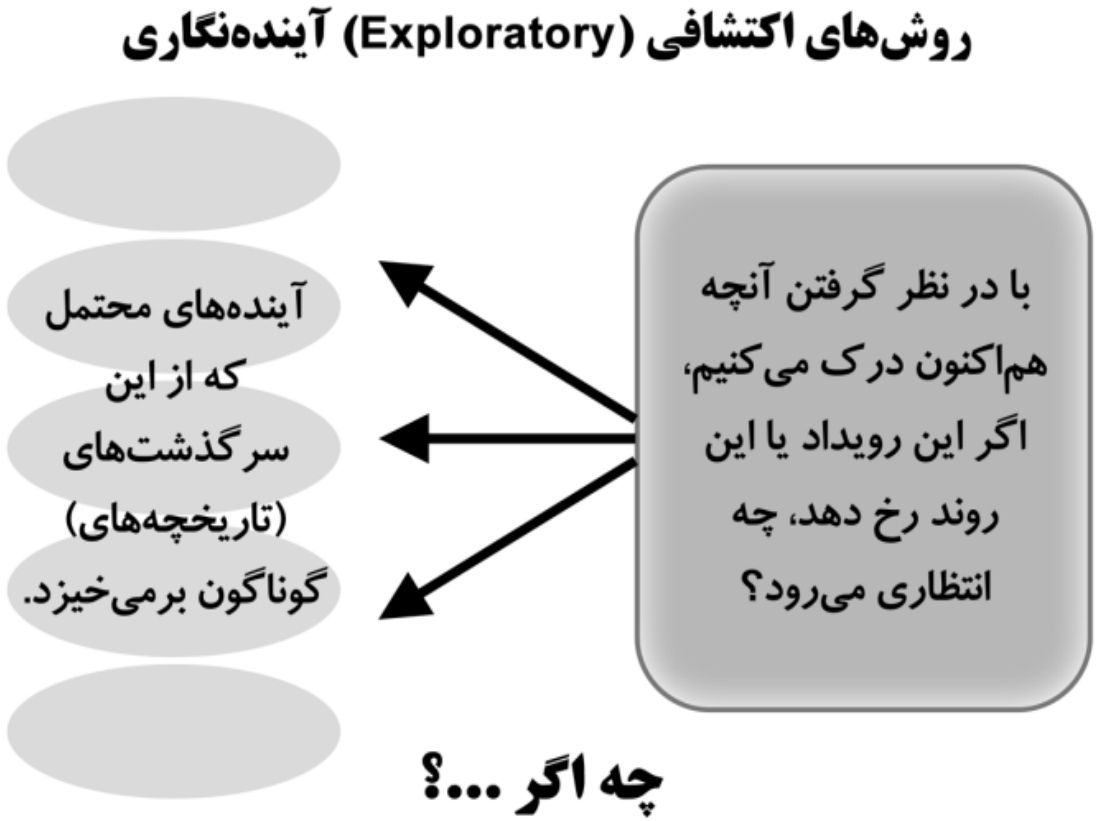


تصویر ۳۳ - اصول رویکرد درون‌افکنی آینده‌پژوهی برای ترسیم آینده

علیت دینامیک با پرسیدن به صورت "چه اگر؟" در مورد پیامدهای این روندهای و رویدادها می‌باشد. تحلیل روند، تحلیل تأثیر متقابل و دلفی سنتی از روش‌های رایج در آینده‌نگاری است که با رویکرد اکتشافی انجام می‌شوند.

۲/ روش‌های هنجاری، برعکس، نگاه به درون (inward bound) دارند. در این شیوه، نگاه آغازین به آینده یا مجموعه‌ای از آینده‌های محتمل (اغلب خوشایند و مطلوب) است. سپس با نگاه بازگشت گرایانه، آینده پژوهان می‌جویند که چگونه می‌توان در آفرینش یا گریز از این آینده‌ها تلاش کرد. در این رهیافت، آن‌ها به منابع، محدودیت‌ها و فناوری‌ها می‌نگرند.

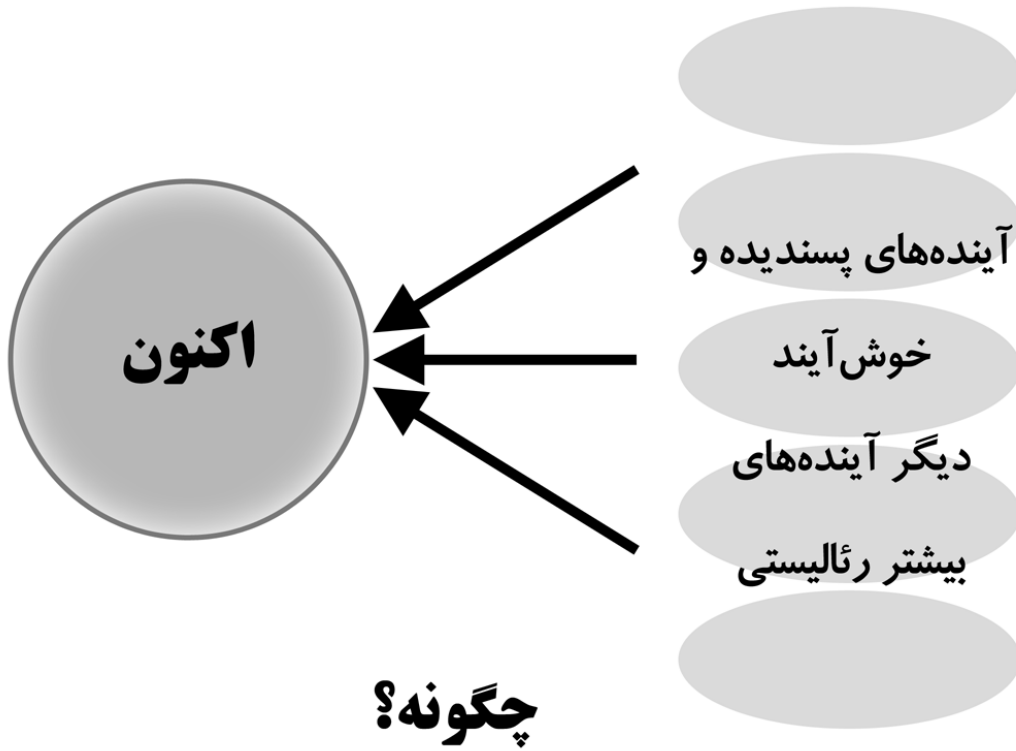
ابزارهای کاربردی در این رویکرد، روش‌های گوناگون برنامه‌ریزی و فعالیت‌های مربوطه مانند "درخت وابستگی"، تحلیل ریخت‌شناسانه همراه با کاربرد بعضی از مدل‌ها و کاربردهای کمتر سنتی دلفی مانند "دلفی اهداف"



تصویر ۳۴ - در رویکرد آینده‌پژوهی اکتشافی، با نگرش به روندهای گذشته و حال به آینده‌های محتمل نیز پیش‌بینی می‌شوند.

است. از شیوه‌های آینده‌نگاری کاملاً کاربردی در رویکرد هنجاری، جهت ترسیم چشم انداز و آینده‌های مطلوب و چگونگی نیل به این آینده‌های خوشایند، برگزاری کارگاه با حضور خبرگان و ذی‌نفع‌ها است.

چهارچوب دیگر برای تقسیم‌بندی روش‌های آینده‌نگاری، تقسیم نمودن آن‌ها به شیوه‌های کمّی و کیفی است. در روش‌های کمّی، بیان توسعه با مفاهیم ریاضی و اعداد صورت می‌پذیرد. از این روش‌ها می‌توان از توالی‌های زمانی، مدل‌های رگرسیونی، شبیه‌سازی احتمالی و مدل‌های اقتصاد متری نام برد.

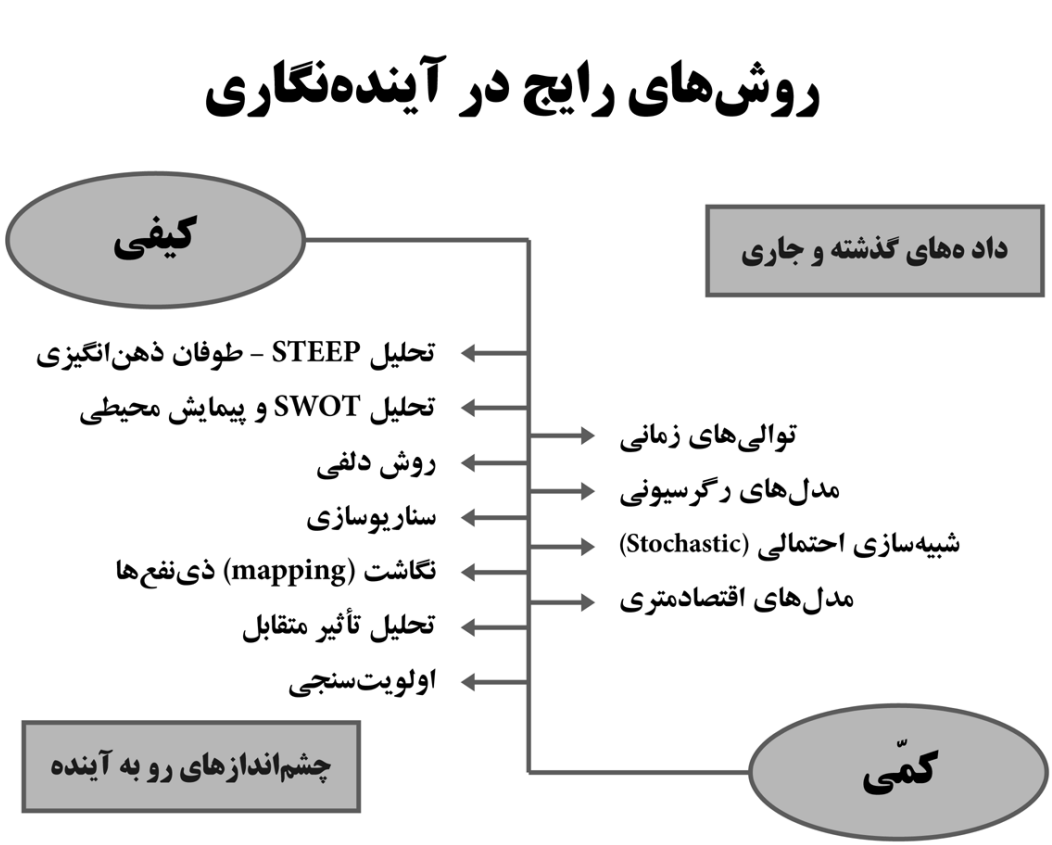


تصویر ۳۵ - هدف رویکرد آینده‌پژوهی هنجاری، خلق یک تصویر از آینده مطلوب (آینده‌ی آرمانی) در پرتو اصول و ارزش‌ها است.

اغلب، روش‌های کیفی هنگامی استفاده می‌شوند که روندهای کلیدی یا توسعه‌های کلیدی را نتوان با شاخص‌های ساده بیان کرد. از سودمندی‌های شیوه‌های کیفی، استفاده اشکال تفکر خلاقانه مانند طوفان ذهن انگیزی، تخیل علمی و ترسیم اتوپیاپی است. در فرآیند آینده‌نگاری فناوری، می‌توان از هر دو رویکرد اکتشافی و هنجاری، روش‌های کمّی یا کیفی به صورت ترکیبی استفاده کرد.

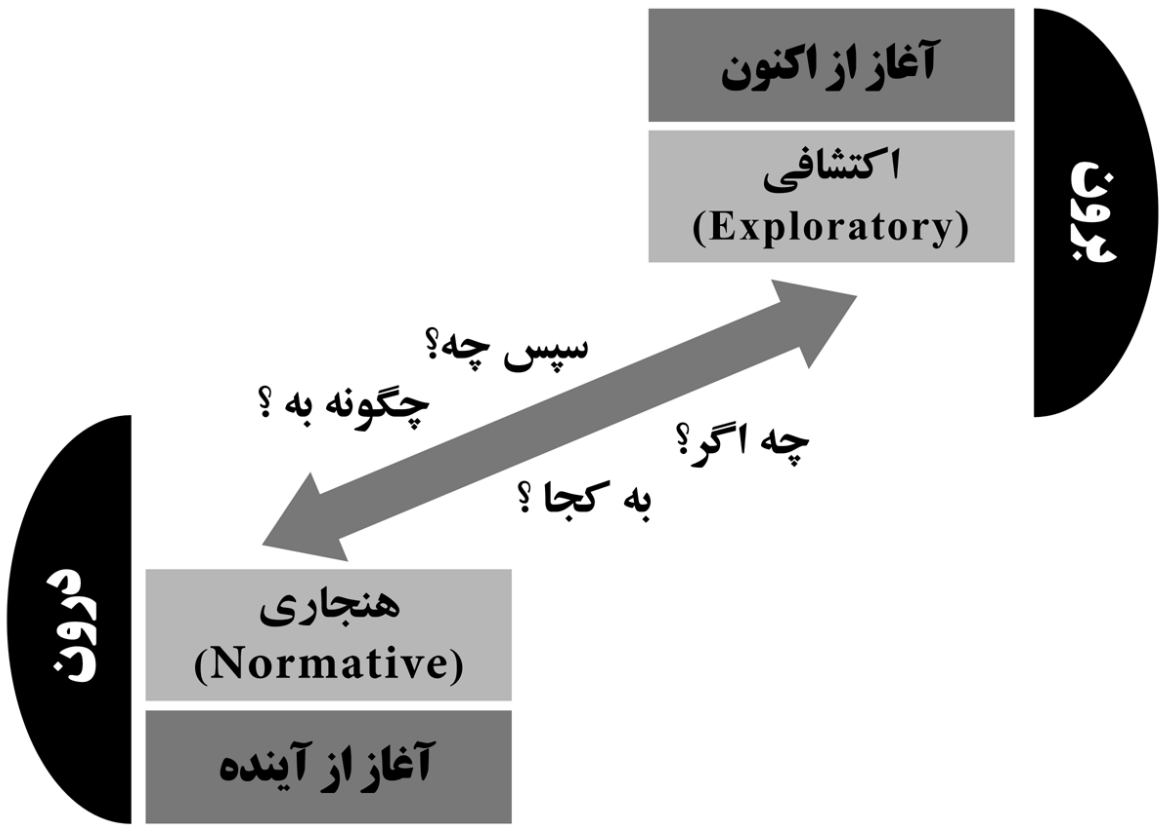
تصاویر ۳۴، ۳۵، ۳۷ و ۳۸، دو رهیافت اکتشافی و هنجاری را با یکدیگر مقایسه می‌کند.

در تحلیل سناریو از هر دو رویکرد اکتشافی و هنجاری استفاده می‌شود.

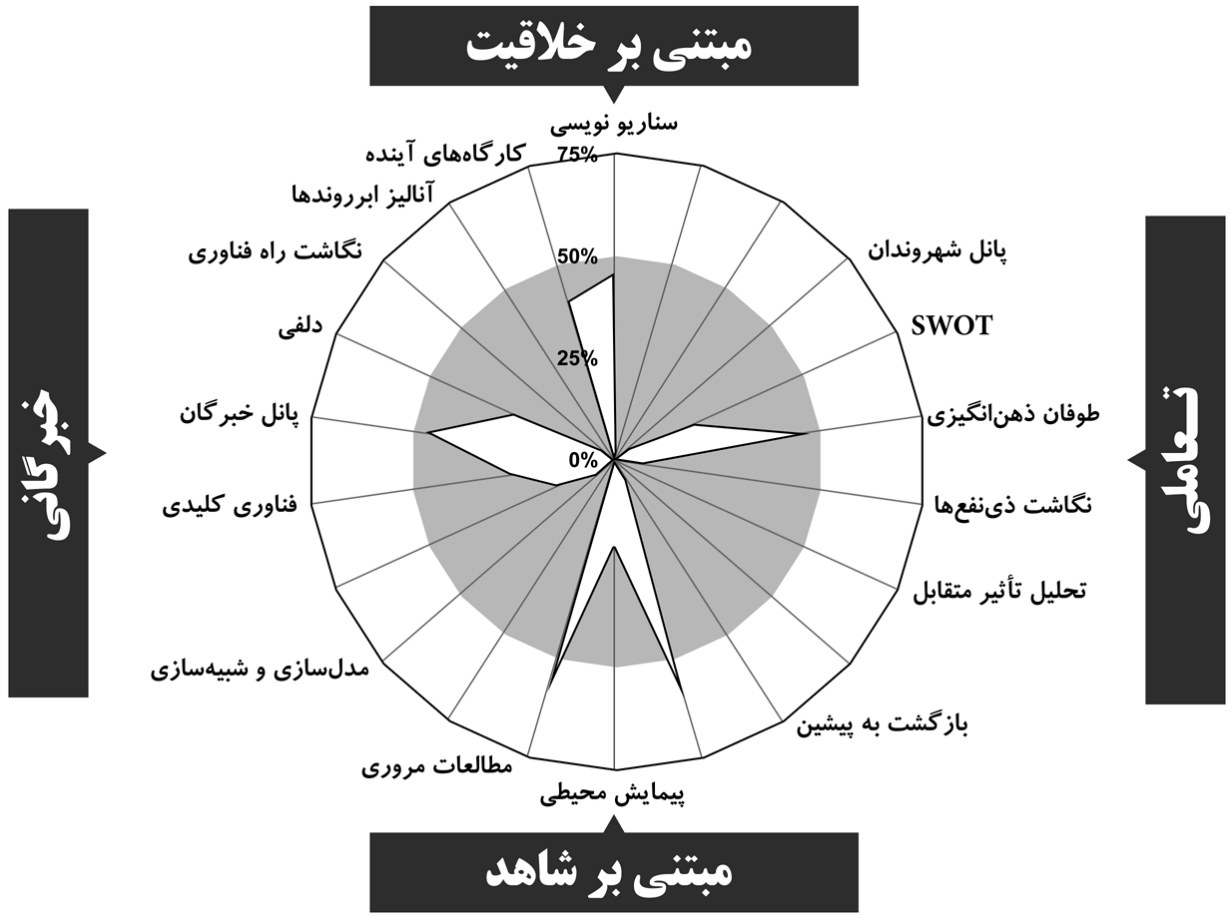


تصویر ۳۶ - روش‌های رایج در آینده‌نگاری فناوری را می‌توان به دو صورت کمّی و کیفی تقسیم نمود. عموماً، روش‌های کمّی از داده‌های گذشته و جاری، و روش‌های کیفی از چشم‌اندازهای آینده‌سو، استفاده می‌کنند.

تصویر ۳۷ - روش‌های آینده‌نگاری براساس نوع رهیافت می‌تواند اکتشافی (Exploratory) و یا هنجاری (Normative) باشد.



تصویر ۳۸ - برای تحلیل سناریو از دو رویکرد اکتشافی و هنجاری می‌توان استفاده نمود.



تصویر ۳۹ - روش‌های گوناگون آینده‌نگاری را می‌توان از دیدگاه ماهیت به چهاربخش کلان تقسیم کرد.

STEEPV چیست؟

- **یک سیستم برای طبقه بندی روندها و توسعه‌های بالقوه است.**
- **بنیان یک گروه از روش‌های کمتر شناخته شده‌ای است که در صدد شناخت موارد بحرانی، با دامنه‌ای گسترده، هستند.**

- **S = اجتماعی**
- **T = فناورانه**
- **E = اقتصادی**
- **P = سیاسی**
- **V = ارزش‌ها**

تصویر ۴۰ - ساختار STEEPV برای پیمایش محیط بیرونی کاربرد گسترده‌ای دارد.

روش پیمایش محیطی
Environmental Scanning

در این روش، فضای کسب و کار سیاست و فناوری مورد پیمایش قرار می‌گیرند. هدف آن است دیدگاهی نسبت به پیشرفت‌های مهمی که در حال شکل گیری هستند، بدست آید. شیوه‌های مورد کاربردی در این روش بسیار متنوع هستند. ممکن است برای پیمایش از رسانه‌های عمومی(روزنامه‌ها، مجلات علمی، تلویزیون، اینترنت و فضای مجازی) برای تجزیه و تحلیل سیستمی و یا از ابزارهای تجزیه و تحلیل محتوا برای یافت رویکردها و سو نگری‌های اجتماعی - سیاسی و یا با مرور گزارش‌های تجزیه و تحلیل مالی، مشاوره با افراد متخصص جهت یافت

بازارهای نوپدید و مدل‌های جدید کسب و کار، جستجو در ثبت اختراعات و میزان ارجاع به مقالات علمی یا بررسی مقالات علمی جهت یافت گستره‌های داغ تحقیقاتی استفاده گردد. این داده‌ها می‌توانند به عنوان یافت نخستین آذرخش‌های فضاهای کسب و کار آینده و یا چالش‌های فناوری برای طراحی مدل عملکرد سازمان و یا صنعت مربوطه، مورد استفاده قرار گیرند.

در این روش، پایش رقبا، صنایع و حتی در یک دید گسترده تر، محیط برونی نیز پیمایش می‌شود. برای پیمایش محیط بیرونی، از ساختاری همچون STEEP (S= اجتماعی، T= فناوری، E= زیست محیطی، P= سیاسی) استفاده می‌گردد(۲۴).

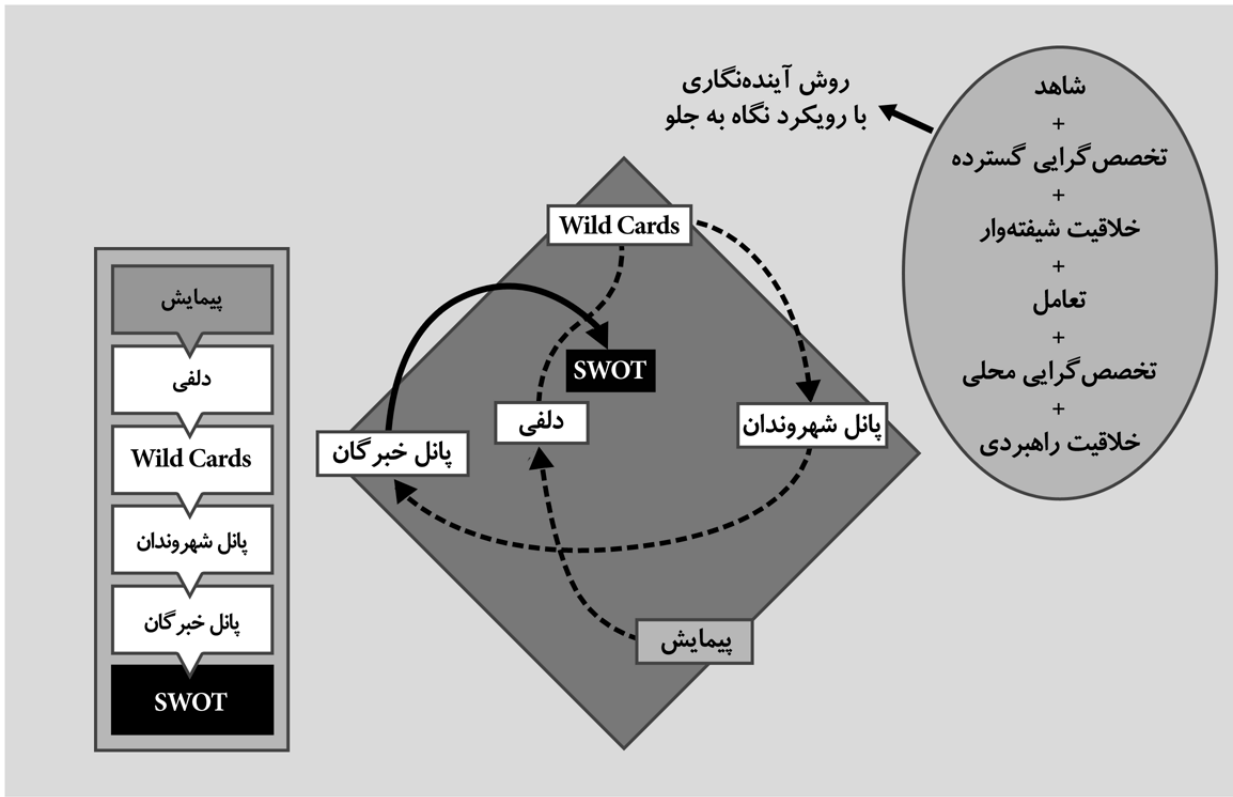
کاربرد تحلیل STEEPV در فرآیند توفان ذهن‌انگیزی

تصویر ۴۱ - از تحلیل STEEPV (S= اجتماعی، T= فناوری، E= زیست‌محیطی، E= اقتصادی، P= سیاسی، V= ارزش‌ها) در توفان ذهن‌انگیزی برای شناسایی و ارزیابی اولویت‌ها استفاده می‌شود.

روش برون‌یابی روند
Trend extrapolation

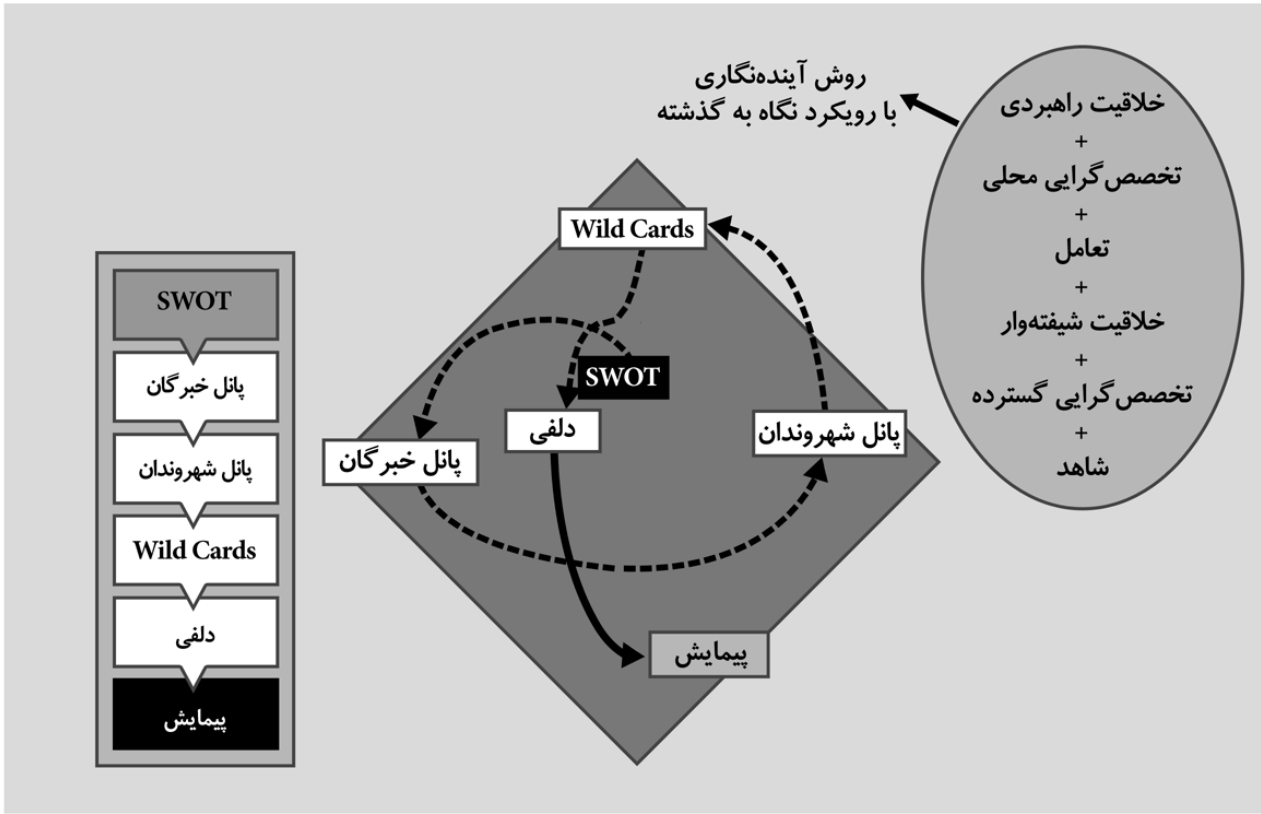
این روش، ساده‌ترین شکل آینده‌نگاری است و بر این اساس است که الگوهای گذشته نیز به آینده امتداد می‌یابند. برای انجام آن، نخست اطلاعات در مورد متغیر در طیفی از زمان گردآوری می‌شود و سپس به نقطه‌ای از آینده تعمیم داده می‌شود. این تجزیه و تحلیل می‌تواند کمی و کیفی باشد. در ساده‌ترین شکل، روش برون‌یابی روند به صورت خطی یا فرافکنی رو به جلو ترسیم می‌شود. دیگر روش‌های آینده‌نگاری که از انواع پیچیده‌تر برون‌یابی روند بوده و گاهی نیز می‌توان آن‌ها را یک شکل مستقل دانست شامل پویایی سیستم، منحنی‌های S، آنالیز رگرسیون و آنالیز جایگزین می‌باشند. تمام این روش‌ها در خود این حقیقت را نهان دارند که آینده از الگوهای سامان یافته‌ی گذشته پیروی می‌کند(۵).

تصویر ۴۲ - روندهایی که می‌بایست برای رویارویی با چالش‌های عمده‌ی جهانی آن را مد نظر قرار داد.



تصویر ۴۳ - روش‌های آینده‌نگاری با رویکرد نگاه به جلو (Forward)

روش‌های روند در اینجا منظور داده‌های تاریخی، داده‌های رشد جمعیتی، توسعه‌ی اقتصادی، رویکردهای اجتماعی و غیره هستند. روش‌های آماری برای ترسیم منحنی یک سری از داده‌های نقطه‌ای، راه مناسبی برای به دست آوردن بینش در مورد توسعه‌ی آن روند است. همچنین، این روش‌ها، این امکان را به ما می‌دهند تا منحنی‌های S شکل (برای مثال منحنی‌های لجستیک) را بر داده‌های روند هم‌سو کنیم(۲۵). البته باید در نظر داشت که این شیوه در خود کاستی‌هایی دارد. نخست، اغلب این خود مغلطه است که تصور کنیم که آینده از گذشته پیروی می‌کند. دوم آنکه، این روش اطلاعات را برای یک متغیر فراهم می‌کند و این در حالی است که در جهان امروز، به ندرت هر متغیری به صورت مستقل عمل می‌کند و افزون بر آن، اثر نیروهای بیرونی بر آینده هر رویداد و شرایطی، می‌تواند اثر شگرفی داشته باشد(۵).



تصویر ۴۴ - روش‌های آینده‌نگاری با رویکرد نگاه به گذشته (Backward)

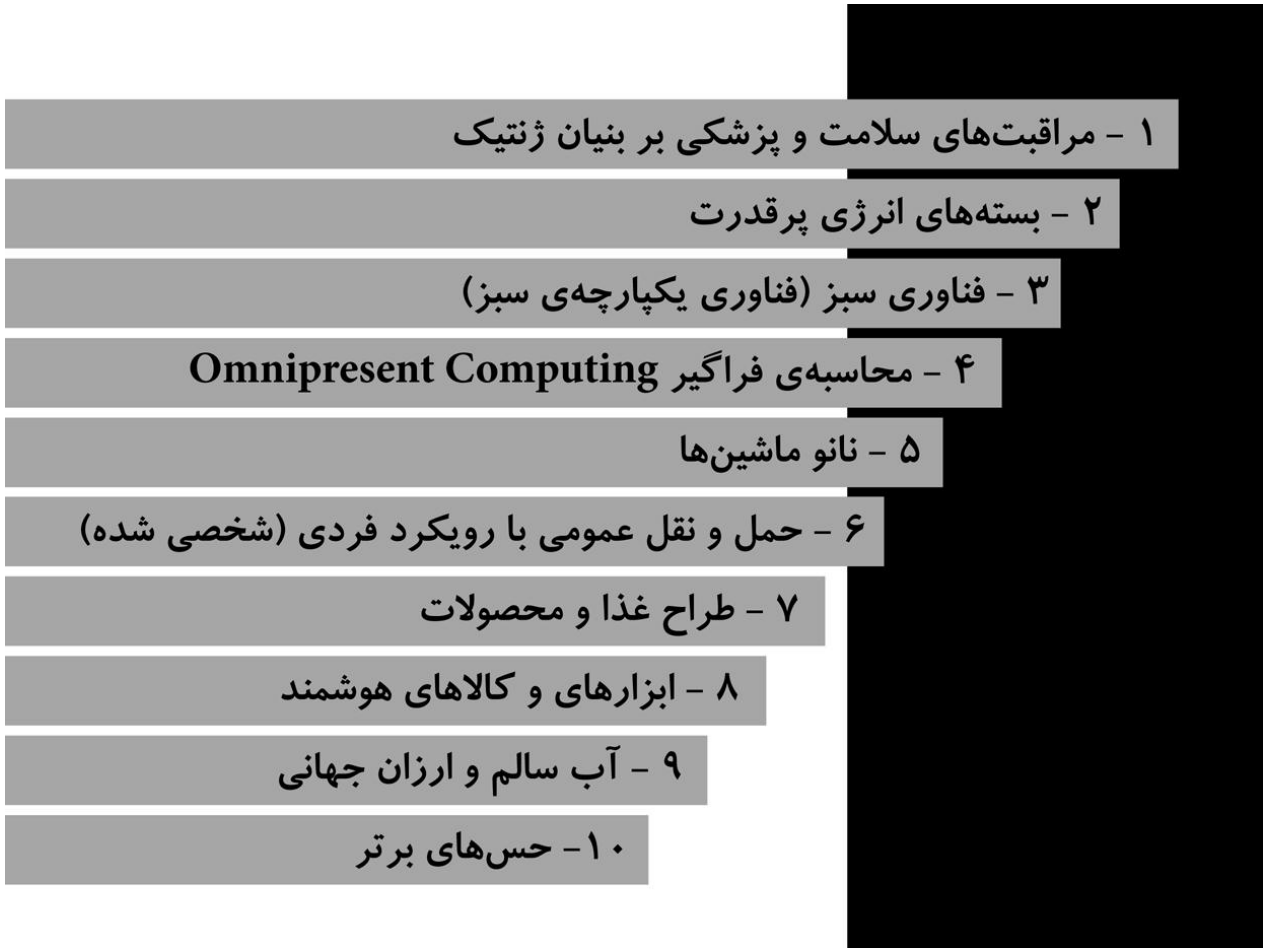
روش میزگرد خبرگان

Expert panels

در میزگرد خبرگان، آینده، با اطلاعات و منطق برخاسته از اندیشه‌های افرادی که آشنایی خارق العاده‌ای با موضوع مورد بررسی دارند، ترسیم می‌شود(۳۳). میزگرد خبرگان نقش بسیار مهمی در فرآیند آینده‌نگاری دارد ودر گردآوری اطلاعات و دانش مربوطه، انگیزش بینش‌های نوین و دیدگاه‌های خلاق و راهبردی آینده و نیز تدوین شبکه‌های جدید آینده، در تنظیم پرسش‌های روش دلفی و کارگاه‌های سناریونویسی آینده، نقش خود را ایفا می‌کند. روش‌های طوفان فکری و آنالیز SWOT از روش‌هایی هستند که در کار میزگردی از آن‌ها

تصویر ۴۶ - ۱۰ فناوری راهبردی برای سال ۲۰۲۰

استفاده می‌شود. میزگرد خبرگان، به شرکت کنندگان خلاق، با اندیشه‌ی باز نیاز دارد تا همگان اندیشه‌های خود را عرضه داشته و از پرداختن به علایق خود پرهیز کنند(۲۶).



تصویر ۴۵ - ۱۰ فناوری برتر در حال پدید در دهه‌ی آینده

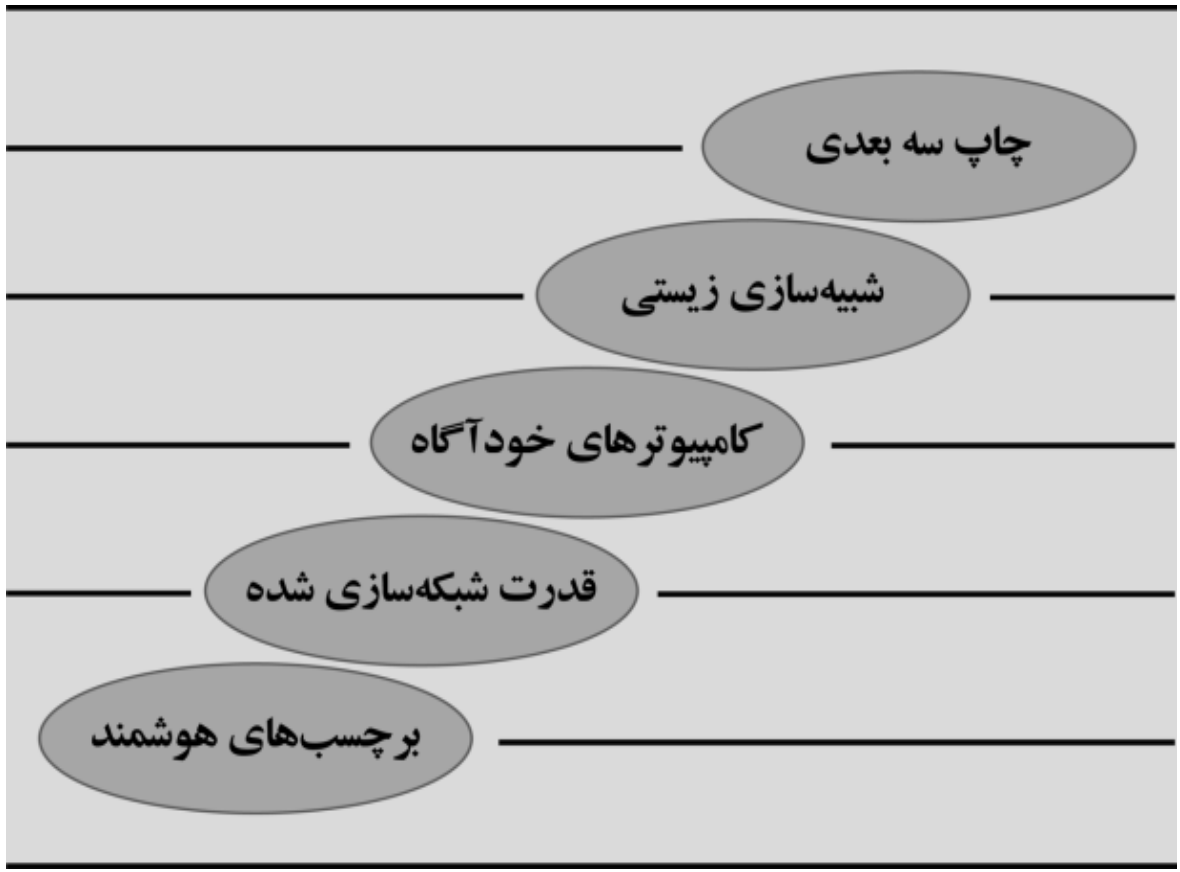
روش تحلیل تحلیل تأثیر متقابل
Crossimpact analysis

این روش مانند روش دلفی، وابسته به نتایج کمی برآمده از گروه خبرگان بوده و به فرآیند آماری پیچیده تری نیاز دارد تا به نتیجه نائل آید.

اغلب، ارتباطات و وابستگی‌هایی میان رویدادها وتوسعه‌ها وجود دارد که نمی‌توان با

روش‌های پیش‌بینی تک متغیره آن‌ها را آشکار کرد. روش تحلیل تأثیر متقابل، بر این اعتقاد شکل گرفته است که رخداد یک رویداد، خود نیز می‌تواند بر احتمالات دیگر رویدادها اثر گذارد. احتمالات رخداد یک رویداد در کنار و یا فقدان دیگر رویدادها ترسیم می‌شود. ساختار همبستگی‌های حاصله را می‌توان برای بررسی ارتباطات دیگر اجزاء با یکدیگر و نیز در کل خود سیستم به کار برد.

برتری این روش آن است که آینده‌پژوهان و سیاست‌گزاران را بر آن می‌دارد تا به ارتباطات بین اجزاء سیستم نگریسته و هر متغیر را مستقل از دیگر اجزاء نگاه نکنند(۲۷).

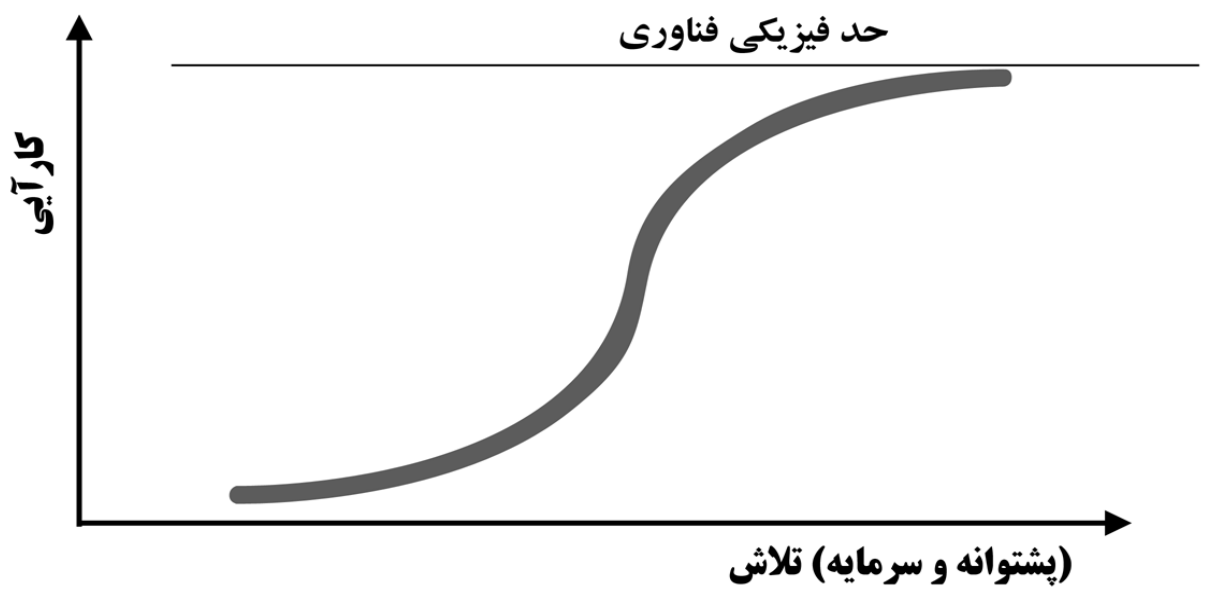


تصویر ۴۷ - پنج فناوری که دنیا را تغییر خواهند داد.

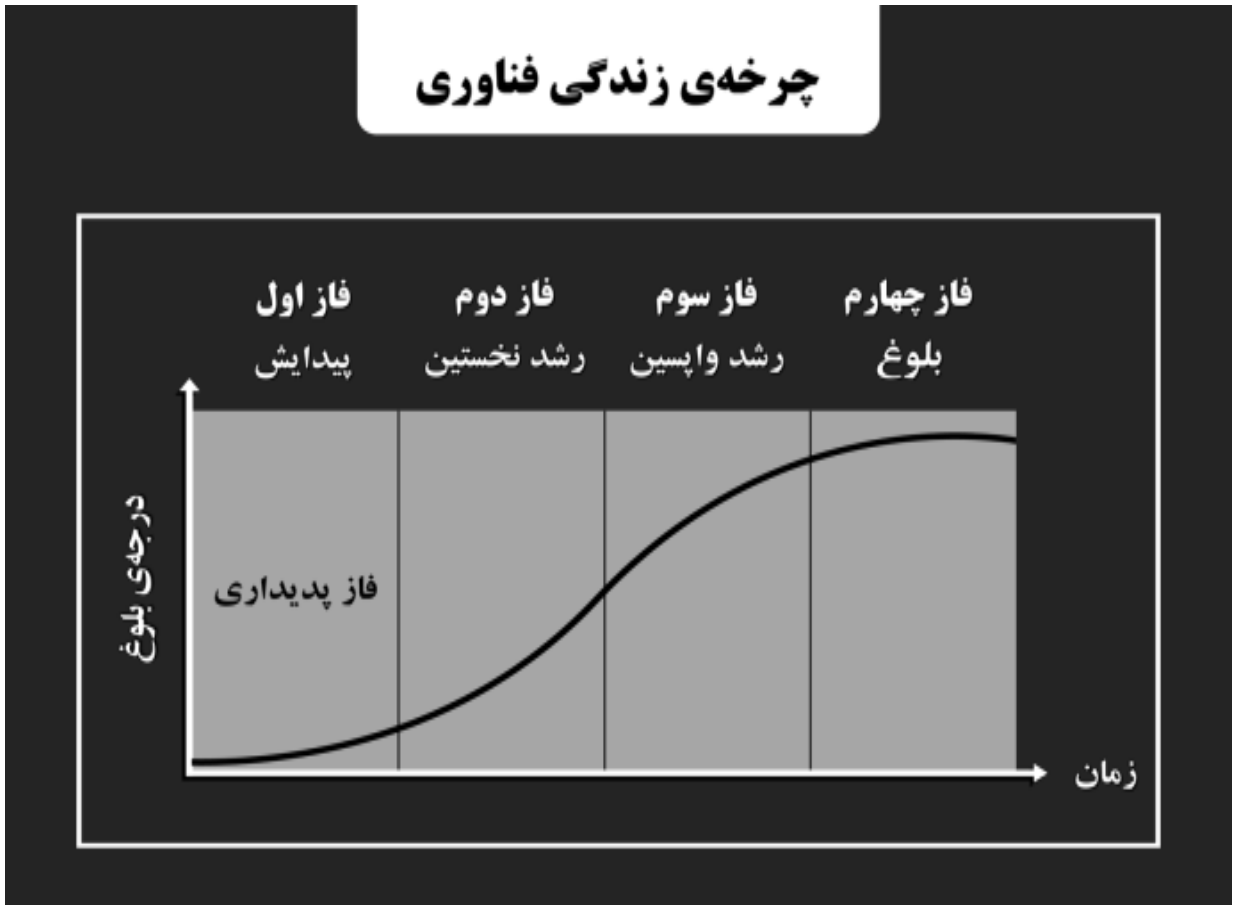
روش فناوری‌های کلیدی

Critical (and key) technology

این روش، برای اولویت سنجی فناوری، روش بسیار سودمندی است و چهار هنگامه را شامل می‌شود. در نخستین هنگامه، می‌بایست یک گروه از خبرگان را برای مشاوره انتخاب نمود. در دومین هنگامه، یک فهرست اولیه از فناوری‌ها فراهم آورده می‌شود (این فهرست را می‌توان از مطالعات آینده‌شناسی پیشین یا از راه ترکیب روش‌ها طوفان ذهن انگیزی و پژوهش کتابخانه‌ای تهیه کرد و یا می‌توان از میزگرد خبرگان توأم با تجزیه و تحلیل ثبت اختراعات، میزان ارجاع به فناوری مربوطه در مقالات علمی و مطالعات دیگر بدست آورد. در سومین هنگامه، خوشه بندی و اولویت سنجی فناوری‌ها انجام می‌شود که این کار به صورت عمده با بحث و اغلب رأی گیری انجام می‌شود. در همین زمان است که نمایه‌های فناوری‌های کلیدی به کار برده می‌شوند. سرانجام در چهارمین هنگامه، فهرست فناوری‌های کلیدی نهایی می‌شود. در این هنگامه ویژگی‌های اصلی این فناوری‌ها و گستره‌های کاربردی آن‌ها و نیز مسائل



تصویر ۴۸ - اغلب، کارآیی فناورانه از یک منحنی S مانند پیروی می‌کند.



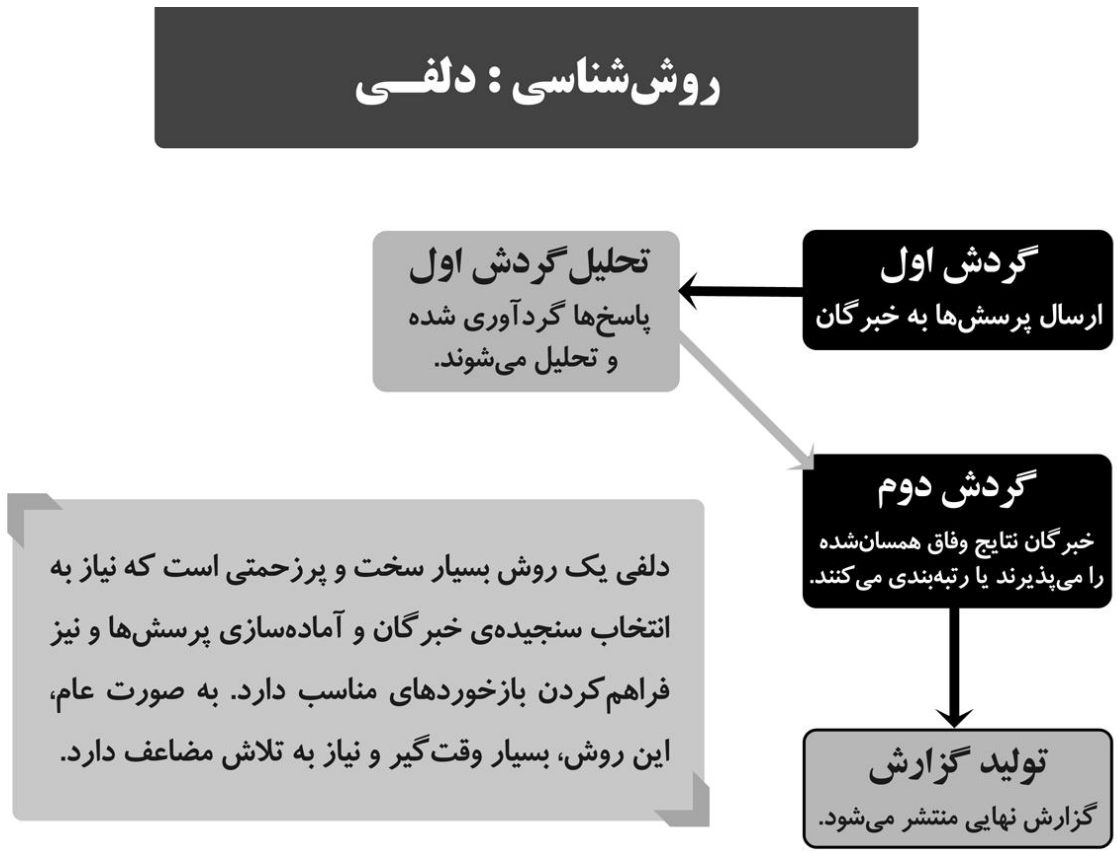
تصویر ۴۹ - توجه آینده‌نگاری بر روی فناوری‌های نوپدید متمرکز است؛ زیرا اغلب شرکت‌ها تمایلی به سرمایه‌گذاری بر روی پژوهش‌های راهبردی که شانس موفقیت محدودی دارند، از خود نشان نمی‌دهند.

بحرانی آن‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند. پی‌آمد این روش، تنها یک تصمیم گیری نهایی نخواهد بود بلکه شامل توصیه‌های مهم خبرگان به سیاست‌گزاران جامعه است(۲۵).

روش‌های شبیه سازی

Simulation methods

روش‌های شبیه سازی، کاربرد همسان‌ها



تصویر ۵۰ - در روش دلفی، نتایج پرسش از خبرگان به خود آن‌ها بازخورد داده می‌شود و این دور تا زمانی استمرار می‌یابد تا به یک همگرایی در پاسخ به پرسش‌ها رسیده شود.

(analogs) برای مدل سازی سیستم‌های پیچیده است. یک معادله‌ی ریاضی برای پیش‌بینی یک کمیت اقتصادی را می‌توان یک همسان ریاضی (شبیه سازی ریاضی) نامید(۲۵). مدل‌های شبیه سازی کامپیوتری نیز از ابزارهای رایج در پیش‌بینی آینده می‌باشند؛ این مدل‌ها، اجزاء کلیدی و ارتباطات یک سیستم را جلوه می‌دهند. شبیه سازی کامپیوتری، نشان می‌دهد که چگونه یک سیستم در گذر زمان عمل کرده و با یک تداخل ویژه چه واکنشی از خود نشان می‌دهد. این مدل‌ها، امکان تفکر سیستمی را در مورد فرضیات

طبقه‌بندی روش‌های آینده‌نگاری فناوری

شاخص‌ها	روش‌ها
روش‌هایی که بنیان آن بر روی دانایی خبرگان بوده، هدف آن ترسیم راهبردهای طولانی مدت است.	- روش دلفی - میزگرد خبرگان - توفان ذهن‌انگیزی - نگاشت ذهن mind mapping - کارگاه‌های تحلیل سناریو - تحلیل SWOT
روش‌های کمّی که از دیگر آمار و داده استفاده می‌کنند.	- برون‌یابی روند - شبیه‌سازی مدلی - تحلیل اثر متقابل - پویایی سیستم
روش‌هایی که نکات کلیدی عمل‌گرایی را برای تعیین برنامه‌ریزی راهبردی تعیین می‌کنند.	- فناوری‌های کلیدی/بحرانی - درخت وابستگی - تحلیل ریخت شناسانه

تصویر ۵۱ - تقسیم‌بندی روش‌های آینده‌نگاری فناوری بر بنیان شاخص‌ها

پویایی یک سیستم ارائه می‌دهند.

این شبیه سازی‌ها، چنان امکان نگرش در تعداد بسیار زیاد متغیرها را همزمان به ما می‌دهند که افراد عادی نمی‌توانند آن‌ها را همزمان به صورت سیستماتیک با معادلات پیچیده، مورد سنجش قرار دهند. افزون بر این، برون ده این شبیه سازی‌ها می‌تواند به صورت طراحی‌ها، جداول و گراف‌هایی باشد که می‌توان نتایج را در زمان‌ها و یا شرایط

رهیافت روش‌شناسی

	گروه	روش
پژوهش ↓ کشف	شناسایی موارد	پیمایش محیطی، بررسی مورد، پیش‌بینی نابغه
	رهیافت‌های خلاقانه	سناریونویسی، توفان ذهن‌انگیزی، پانل خبرگان، تحلیل اثر متقابل
	رهیافت‌های برون‌یابی	برون‌یابی روند، شبیه‌سازی مدلی، دلفی، پیش‌بینی نابغه
	اولویت‌سنجی	نگاشت راه فناوری، فناوری کلیدی، تحلیل SWOT

تصویر ۵۲ - گروه‌بندی رهیافت روش‌شناسی آینده‌نگاری فناوری بر اساس تقسیم‌بندی UNIDO در سال ۲۰۰۵

گوناگون مورد مقایسه قرار داد(۲۵).

البته می‌بایست این نکته را یادآور شد که این شبیه سازی‌ها بسیار حساس به فرضیات اولیه و اطلاعات ورودی و پایه هستند؛ چنانچه این داده‌ها نادرست باشند، آینده‌نگاری نیز این نادرستی اطلاعات را بازتاب داده و تقویت خواهد کرد(۲۸).

روش نگاشت راه فناوری

Technology roadmapping

روش نگاشت راه فناوری به صورت گسترده در صنعت، با هدف حمایت از برنامه‌ی استراتژیک فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی به صورت

تصویر ۵۳ - امروزه سناریونویسی، در برنامه‌ریزی راهبردی آینده‌ی یک سازمان، جایگاه ویژه‌ای به خود اختصاص داده است.

فزآینده‌ای نیز این روش در برنامه‌های آینده‌نگاری، به ویژه زمانی که بخش ویژه‌ای از صنعت مدنظر باشد، کاربرد یافته است. با توجه به مفهوم انعطاف‌پذیر نگاشت راه فناوری، این شیوه اشکال گوناگونی را به خود گرفته است. امّا عموماً، نگاشت راه فناوری شامل جداول گرافیکی چند لایه‌ی زمان‌دار است که براساس آن توسعه‌های فناوری، با روندها و پیش‌ران‌های بازار کسب وکار، هم راستا، ترسیم می‌شوند. از این طریق می‌توان، پژوهش و دیگر مسیرهای توسعه را بنیان گذاشت و عملکردهای

هدف دار را سامان داد(۲۸ و۲۵).

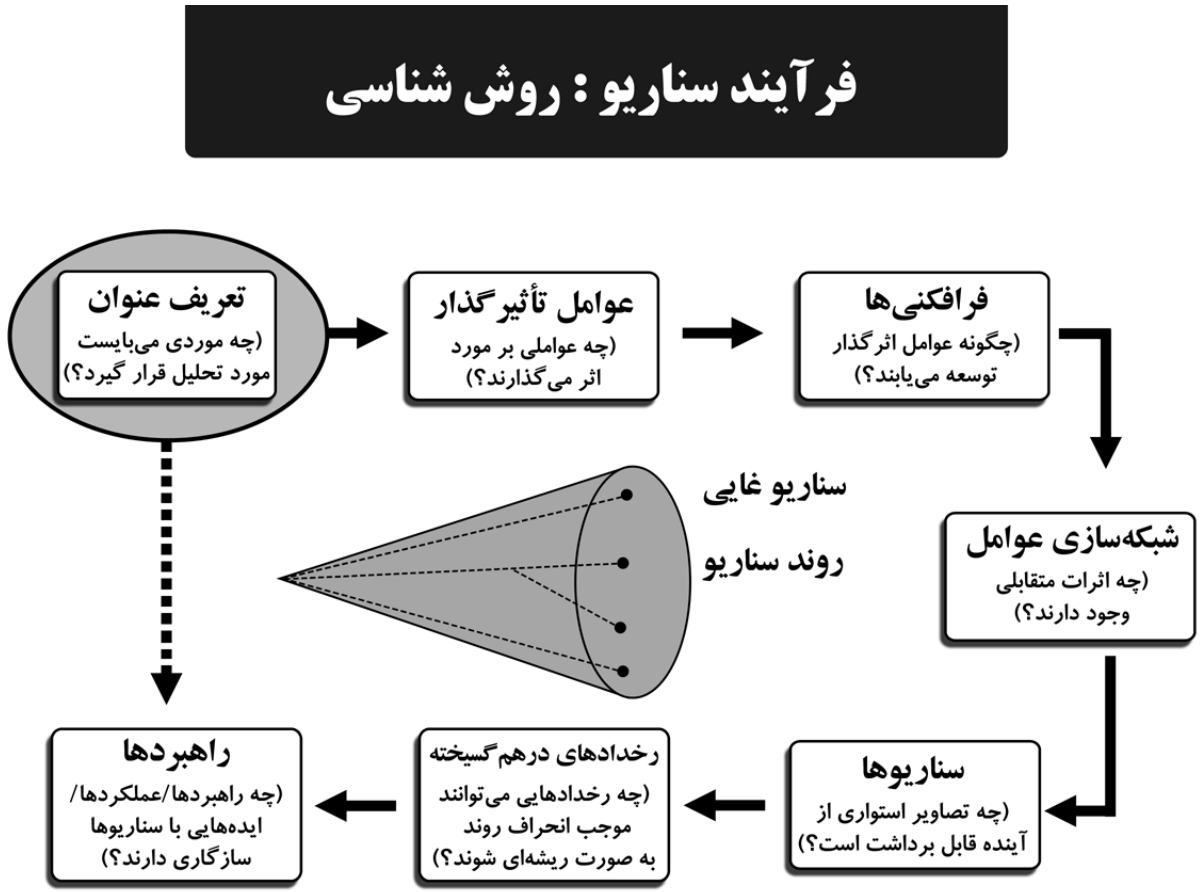
روش دلفی

Delphi method

روش دلفی از روش‌های شهودی آینده‌نگاری است که در آن خبرگان شرکت دارند. در دهه‌ی ۱۹۵۰ توسط شرکت RAND در آمریکا بنیان گذاشته شده است. اساس آن فراخوان تعدادی از خبرگان فناوری مورد نظر و پرسش از آنان در مورد پیشرفت‌های مرزشکن در فناوری مربوطه و یا پرسش‌هایی در این راستا است و سپس بر راستای پروتکل اجرایی، پاسخ‌های گروه‌ها به پرسش‌ها، پس از تجزیه و تحلیل کمّی و کیفی، به خبرگان بازخورد داده می‌شود و آنگاه همان پرسش‌ها دوباره از آن‌ها پرسیده می‌شوند. این الگو تکرار می‌گردد تا به یک هم‌گرایی در پاسخ به پرسش‌ها رسیده شود.

روش دلفی بسیار زمان بر بوده و نیاز به تلاش بسیار گسترده‌ای دارد و به کیفیت، تجربه و میزان دانایی خبرگان بسیار وابسته است(۵). پرسشنامه در روش دلفی عموماً از طریق پست ارسال می‌شود ولی می‌توان در قالب گردهمایی‌ها و یا از طریق کامپیوتر یا روش‌های وابسته به شبکه اینترنت آن را در اختیار خبرگان گذاشت. از برتری‌های این روش آن است که افراد تحت تأثیر نظرات و برجستگی‌های افراد خبره برجسته قرار نمی‌گیرند و پروتکل آن این گونه است که می‌تواند بدون آنکه پاسخ دهندگان تحت تأثیر کلام این افراد قرار گیرند به تبادل اطلاعات و نظرات خود بپردازند(۳۲۶). از این رو، هر چند که پرسشنامه، فضای تبادل نظرات و اطلاعات است ولی امکان گفتمان گروهی از طریق چرخش پرسش‌ها و پاسخ‌ها در توالی‌های این شیوه، فراهم می‌شود. روش دلفی به ویژه برای پیش‌بینی آینده‌ی دور (۲۰۳۰ سال) استفاده می‌شود. بنابراین طی ده سال گذشته، اغلب روش دلفی، در سطح ملّی برای آینده‌نگاری علم و فناوری به کار برده شده است. این روش برای ارزیابی موارد جدید، متغیرهای محدود با توصیفی کوتاه از آن‌ها بسیار مناسب است ولی برای توصیف سیستم‌های پیچیده، بهتر است که از روش‌های دیگر مانند سناریونویسی استفاده شود(۲۹).

به طور کلی، آنچه روش دلفی را جذاب و منحصر بفرد جلوه می‌دهد، شیوه دریافت پرسش‌ها از خبرگان و بازخورد پاسخ‌ها به شرکت کنندگان بوده که آن‌ها می‌توانند، پاسخ‌های خود را در گردش دوم، براساس پاسخ‌های دریافتی تغییر داده و با دید گسترده‌تری در گردش‌های بعدی پاسخ داده و فاصله پاسخ‌ها و نیز فراخنای اندیشه‌ی خود را با دیگر شرکت کنندگان محک زنند.



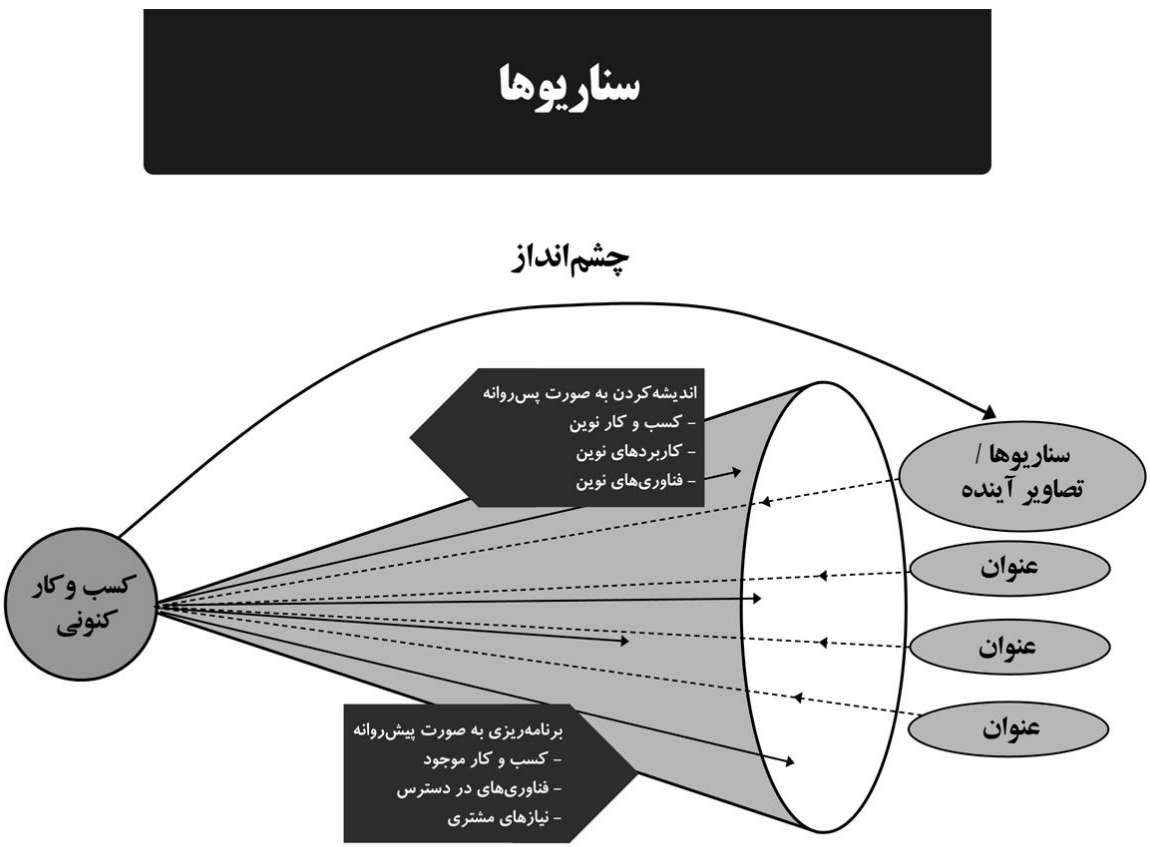
تصویر ۵۴ - سناریوها، توصیف آینده‌ی ممکن، از طریق ایجاد یک جریان منطقی بر اساس رابطه‌ی "علت و معلولی" به سوی پی‌آمد است.

سناریونویسی

Scenarios

امروزه متدلوژی سناریونویسی، در سطح مدیران کلان به خوبی شناخته شده است. این روش، از دهه‌ی ۱۹۸۰ در مدارس کسب و کار به صورت آکادمیک تدریس می‌شده است(۳۰). سناریوها، توصیف آینده ممکن، از طریق ایجاد یک جریان

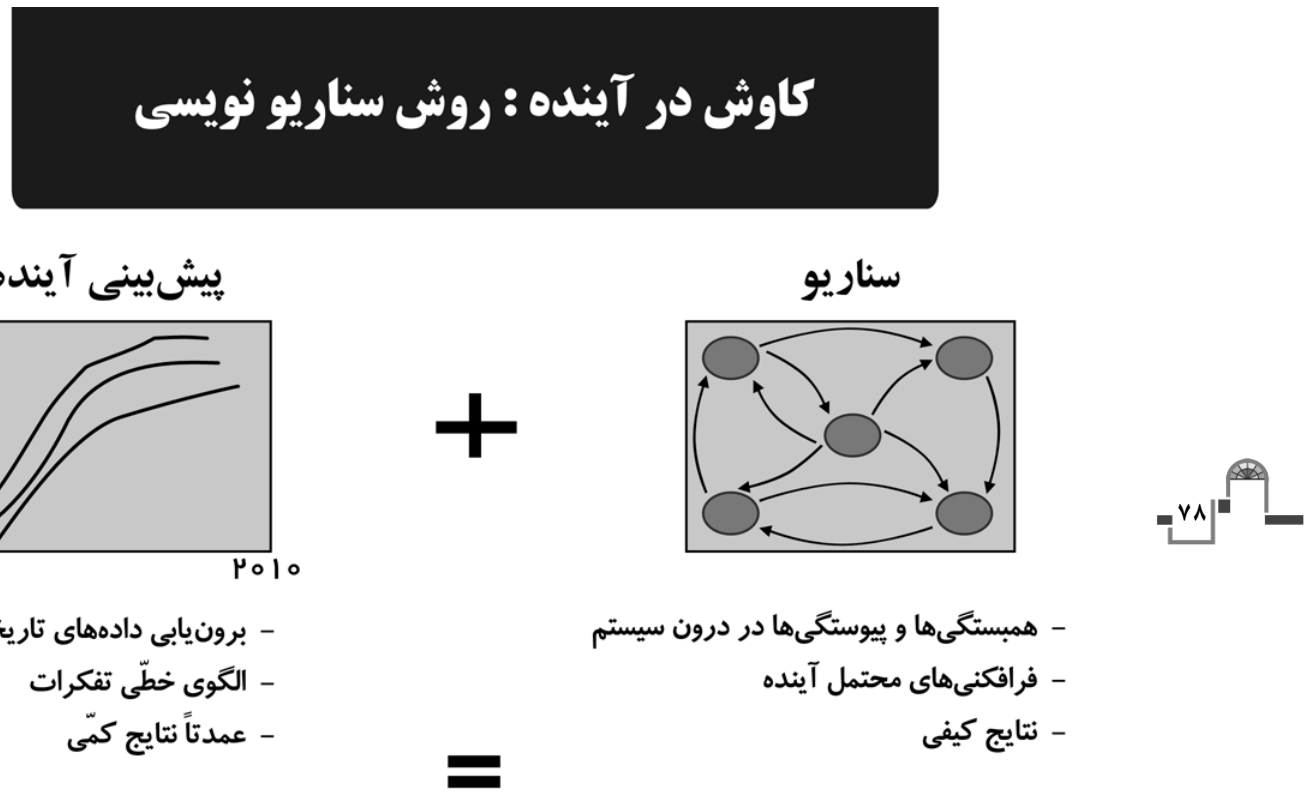
منطقی براساس رابطه‌ی "علت و معلولی" به سوی پی‌آمد است. به زبان دیگر، ترسیم این آینده‌های ممکن بر بنیان توصیف‌های سیستمیک از بعضی از متغیرهای کلیدی است. برای تولید این سناریو می‌توان از برون ده مدل‌های شبیه سازی شده کامپیوتری، از طریق کار تیم‌های کوچکی از خبرگان و یا از برگزاری کارگاه‌ها و برداشت دیدگاه‌های گروه گسترده تری از خبرگان بدست آورد. در استفاده از خبرگان، از روش طوفان ذهن انگیزی "brain storming" و در استفاده از رایانه، مدل‌هایی که برهم کنش بعضی از متغیرهای



تصویر ۵۵ - اندیشه کردن به صورت پس‌رو و برنامه‌ریزی به صورت پیش‌روانه

کلیدی را نشان می‌دهند، سود جسته می‌شود. روش سناریو نویسی بر عکس روش‌های دیگر که یک آینده را متصور می‌شوند، چندین آینده‌ی ممکن را ارائه می‌دهد که تعداد آن‌ها بستگی به قدرت متغیرهایی دارد که بر یکدیگر کنش و واکنش نشان می‌دهند.

از این رو، این روش، این برتری را دارد که



تصویر ۵۶ - یک سناریو در تعیین فرصت‌ها و خطرات کمک کننده است.

می‌تواند چند بعدی باشد؛ زیرا این روش این امکان را فراهم می‌آورد تا که تعداد زیادی متغیر، بر اساس میل خبرگان شرکت کننده، در یک رابطه‌ی "علت و معلولی" دخالت داده شوند. از آنجا که سناریونویسی چندین " گزینه " را برای آینده ارائه می‌دهد، از کاستی‌های روش‌های دیگر که تمرکز به یک آینده‌ی خاص دارد، دوری می‌جوید(۵).

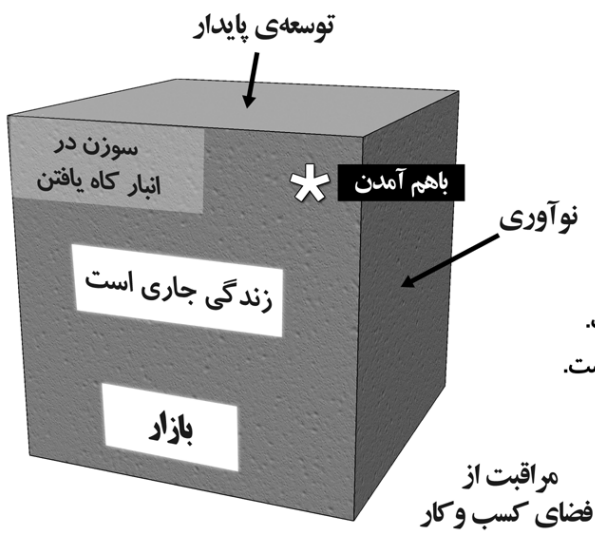
برنامه‌ریزی بر بنیان سناریو

رهیافتی نیرومند برای:

- **مدیریت عدم قطعیت که فضای تصمیم‌گیری را احاطه کرده است.**
- **کشف محیط‌های محتمل (جایگزین)**
- **تمرکز بر روی خروجی‌های پذیرفتنی و منطقی**
- **شناسایی راهبردهای بر پایه‌ی مسئله‌ی قوی**
- **آزمودن کارآیی**

به شکل نمونه زمانی گزینش می‌شود که:

- **ابهام در محیط کاری بسیار بالا است.**
- **خرامش تغییر درجه‌ی آشفتگی در حال فزونی است.**
- **افق برنامه‌ریزی به فراتر از پنج سال کشانده شده است.**



تصویر ۵۷ - برنامه‌ریزی بر بنیان سناریو می‌تواند با روش نظام‌مند خود در شناسایی پیش‌ران‌های کلیدی، در جهان انباشته از تغییر و عدم قطعیت، همراه با پیچیدگی‌های فراوان، کمک کند.

آینده‌نگاری فناوری در صنعت نفت و گاز ایران

طیّ بیست سال آینده، اندازه‌ی اقتصاد جهان دو برابر خواهد شد و در همین راستا نیز مصرف انرژی جهان روند فزآینده‌ای خواهد داشت(۳۱). چنین است که امروزه، مسئله‌ی انرژی در قلب برنامه‌های کلیدی اقتصادی، زیست محیطی و توسعه‌ای جهان قرار گرفته است و آینده‌ی انرژی در تمام برنامه‌های آینده‌نگاری، بخش مهمی را به خود اختصاص داده است.

بر اساس انجمن بین‌المللی انرژی، نیاز جهانی انرژی به رشدی بالغ بر ۶۰ درصد طیّ ۲۵ سال آینده خواهد رسید. با تمام رشد قابل پیش‌بینی در پیشرفت سوخت‌های زیستی، و بهره برداری از انرژی خورشیدی و باد هنوز نیز در ۲۵ سال آینده، منبع قابل اتکای انرژی برای رویارویی با چالش‌های فزآینده نیاز بشر، سوخت‌های فسیلی خواهند بود(۳۱).

در نتیجه، از اواخر دهه ۱۹۹۰، بسیاری از کشورها و شرکت‌های غول صنعت نفت و گاز جهان، به تدوین برنامه‌های آینده خود در قالب نسل سوم

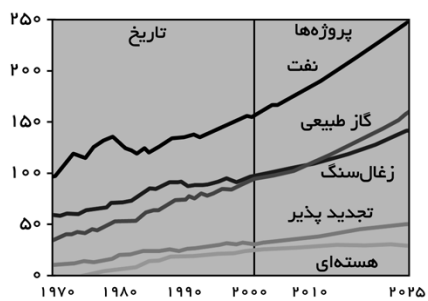
تصویر ۵۸ - برای نیل به انرژی پایدار در آینده، دو هدف مشترک را می‌بایست مدنظر قرار داد: ۱/ پایداری در منبع، برداشت و کاربرد انرژی؛ ۲/ پخش و به کارگیری انرژی در بالاترین سطح بازدهی

پروژه‌های آینده‌نگاری فناوری پرداخته‌اند که در این میان می‌توان به برنامه موفق "پتروبراس Petrobras" برزیل، نروژ، آفریقای جنوبی و آمریکا اشاره کرد(۳۶-۳۲).

نکته قابل توجه در این برنامه‌های آینده‌نگاری آن است که بر عکس نگاه سنتی تدوین آینده با ابزارهای کلاسیک، یک تلاش هم‌گرایانه‌ی جمعی با شرکت تمام ذی‌نفع‌ها برای ترسیم آینده‌ی صنعت نفت و گاز و تدوین اولویت‌ها و یافت گلوگاه‌های فناوری این صنعت

آینده انرژی جهان

* **تقاضای انرژی تا سال ۲۰۲۵ به ۵۴ درصد افزایش خواهد یافت.**
* **این تقاضا نیازمند ۱۶ تریلیون دلار سرمایه‌گذاری جدید تا سال ۲۰۳۰ است.**
* **۱/۶ میلیارد انسان به انرژی الکتریکی دسترسی ندارند.**
* **۲/۴ میلیارد انسان به بیوماس سنتی تکیه خواهند داشت.**
* **تا سال ۲۰۲۵ ، سهم انرژی‌های تجدید پذیر کمتر از ۱۰ درصد خواهد بود.**
* **تا ۴۰ درصد انرژی‌های میانی هنوز به نفت وابسته خواهد بود.**



تصویر ۵۹ - تا سال ۲۰۲۵ ، هنوز نفت منبع مهمی برای انرژی خواهد بود.

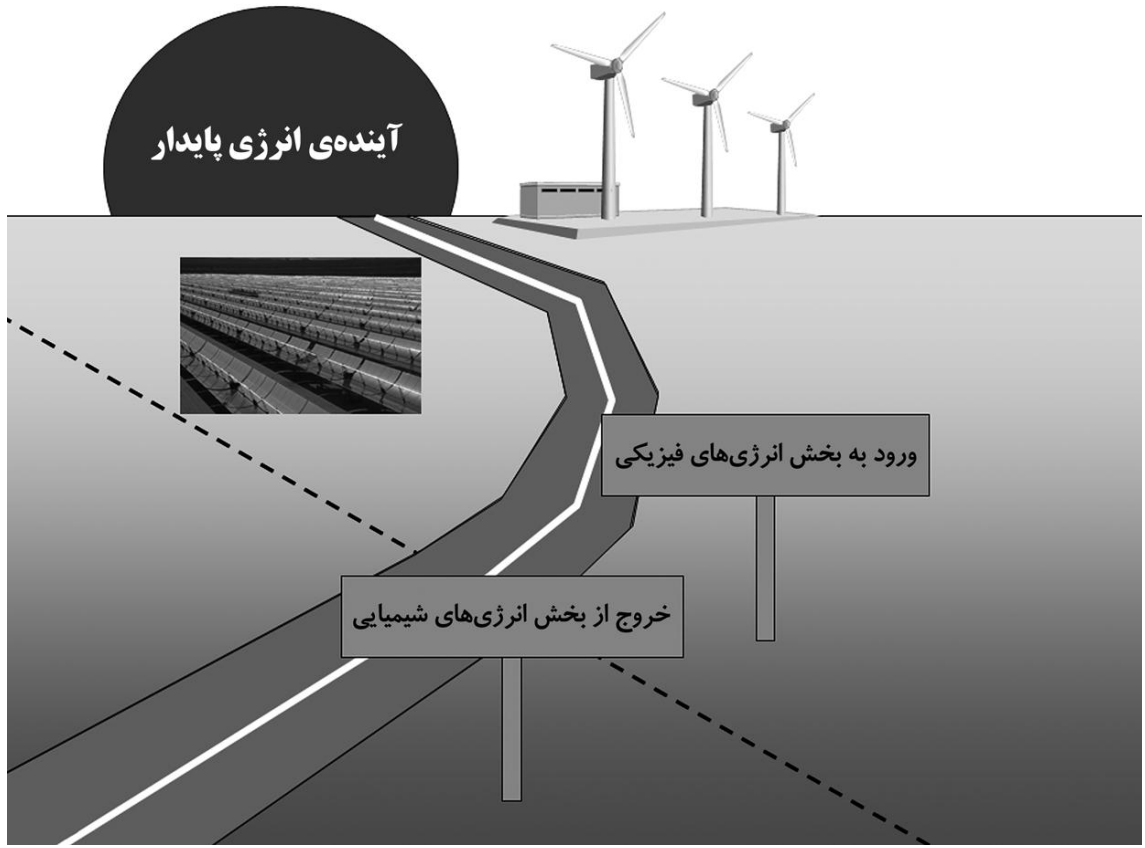
آغاز گردیده است و این تلاش‌ها در زیر چتر فضای اعتقاد به آینده، با ویژگی عدم قطعیت و پیچیدگی شکل گرفته‌اند.

در افق این برنامه‌ها، نیل به فزونی در کیفیت زندگی و نیز توسعه‌ی پایدار جامع جای دارد(۳۳).

سازمان اُپک (OPEC) با کنترل ۸۰ درصد از تأمین نفت جهان، برنامه‌ی استراتژیک آینده‌نگارانه‌ی خود را در دست تدوین دارد(۳۷). از این رو، در مقیاس منطقه‌ای، ایران به عنوان دوّمین تولید کننده‌ی بزرگ این گروه، می‌بایست با نگاه به ظرفیت بالای اُپک در آینده‌ی انرژی جهان، برای رویارویی با چالش‌های هزاره‌ی جدید و ابر روندهای گستره‌ی انرژی (مانند میل جهان به سوی انرژی‌های نو و تجدید پذیر و نیز کربن زدایی منبع انرژی به منظور گریز از سوخت‌های فسیلی با آلآینده‌های بالا

و درخشش سیستم نوآوری در زنجیره‌ی تولید نفت و گاز) به تدوین برنامه‌ی آینده نگارانه‌ی خود در علم و فناوری در گستره‌ی صنعت نفت و گاز بپردازد، زیرا بدون تدوین این برنامه، امکان آفرینش توسعه‌ی پایدار جامع در جهان پر از عدم قطعیت و مملو از پیچیدگی، وجود نخواهد داشت. بنابراین برای نیل به توسعه‌ی پایدار، برنامه‌ی آینده‌نگاری فناوری، با یک روش علمی، می‌تواند همچون ابزاری کلیدی، نقش مهمی ایفا کند.

با نگاه ژرف به اساس تئوری آینده‌پژوهی، روش‌شناسی علمی آینده‌نگاری علم و فناوری و نیز تجربه‌ی کشورهای دیگر جهان، برنامه‌ی کلان آینده‌نگاری فناوری در صنعت نفت و گاز ایران را می‌توان به سیمای تصویر ۶۱ ترسیم کرد.



تصویر ۶۰ - برای نیل به انرژی پایدار در آینده، می‌بایست از انرژی‌های شیمیایی گذر کرده و به کاربرد انرژی‌های فیزیکی اندیشید.

نقشهٔ راه برنامهٔ آینده نگاری فناوری در صنعت نفت و گاز ایران

تصویر ۶۱ - نقشه‌ی پیشنهادی برنامه‌ی آینده‌نگاری در صنعت نفت و گاز ایران در پنج فاز

فاز ۱: رهیافت شناسایی

در این فاز، کارشناسان، گستره‌ی کسب و کار، ذخایر فناوری و سیاست صنعت نفت و گاز را مورد پیمایش محیطی قرار می‌دهند. برای پیمایش صنعت نفت و گاز و حوزه‌ی انرژی فسیلی و فناوری‌های موجود، از ابزارهای فراوانی همچون جستجو در ثبت اختراعات و میزان ارجاع به مقالات علمی جهت یافت فناوری‌های مرز شکن در حوزه‌ی صنعت نفت و گاز استفاده می‌شود.

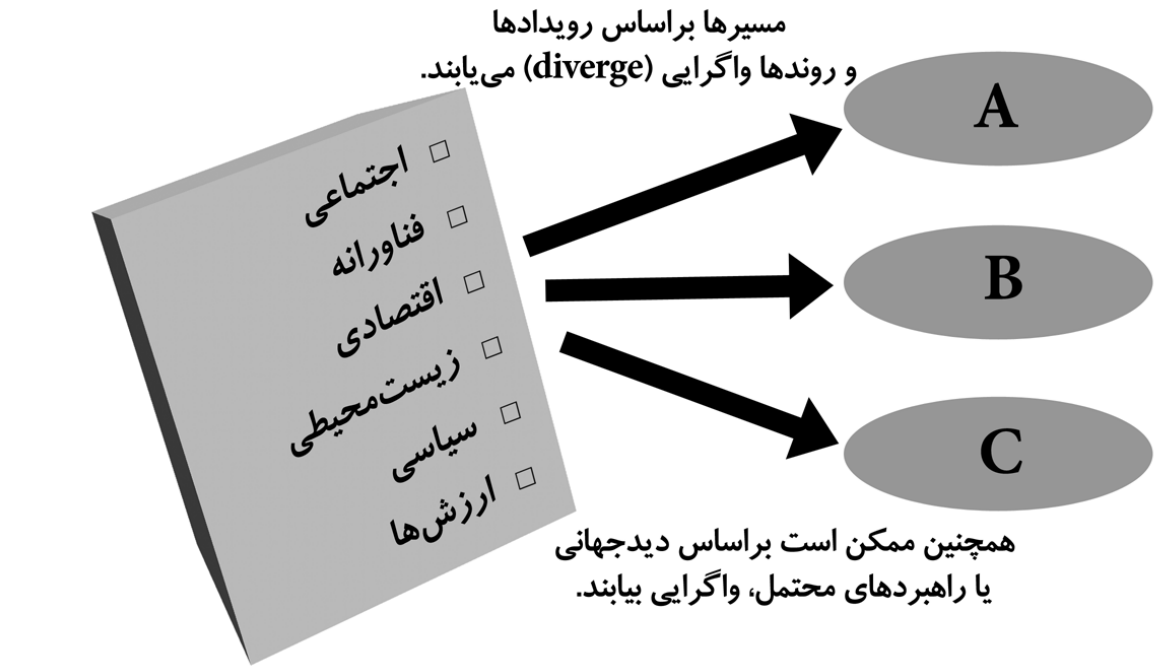
در همین فاز، وضعیت موجود کشورهای جهان و ایران و چگونگی رویکرد آن‌ها به فناوری‌های نو مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در حقیقت با بررسی منابع و گردآوری داده‌ها و اطلاعات، کارشناسان در این فاز، کار ترازیابی صنعت نفت و گاز را انجام می‌دهند و نیز با بررسی بازار کسب و کار به پایش رقبا (کشورهای عمده‌ی صادر کننده‌ی نفت و گاز و شرکت‌های بزرگ تولید کننده‌ی نفت و گاز منطقه‌ای و بین‌المللی) می‌پردازند.

آنگاه پس از آنکه این اطلاعات و داده‌های خام بدست آمد، یک گروه کوچک از خبرگان، به تجزیه و تحلیل آن‌ها پرداخته و از این طریق، "عناوین" و

۱ - گرم شدن زمین/ تغییر آب و هوایی/ آب و هوا حد مرزی
۲ - افزایش رادیکال در قیمت نفت و فزونی در هژمونی تولید و تضادها
۳ - کاهش منابع منطقه‌ای آب و اثرات آن بر روی سلامت/ مرگ و میر و افزایش تضادهای منطقه‌ای
۴ - توکسین‌های برخاسته از آب و هوا و کاهش ایمنی غذا
۵ - فشار بر اکولوژی جهانی در نتیجه‌ی رشد جمعیتی
۶ - انتقال قطب‌های ژئوپلتیک و گسست‌ها
۷ - نوسان گسترده در فعالیت اقتصادی شامل افت و جابجایی مالیه
۸ - پیشرفت در علوم رایانه‌ای / تکنولوژی اطلاعات / پیوستگی و روبوتیک
۹ - کسر منابع غذایی

همچنین برهم‌کنش‌های پیچیده‌ای میان این ۹ پیش‌ران (drivers) تغییر وجود خواهد داشت.

تصویر ۶۲ - ابر پیش‌ران‌های عمده‌ی جهانی تغییر در سال ۲۰۳۰ و فراتر از آن



تصویر ۶۳ - تدوین سناریوهای گوناگون (A، B و C) بر اساس رویکرد برون‌افکنی آینده‌پژوهی (رویکرد اکتشافی)

"پرسش‌های" لازم برای درج در پرسشنامه‌ی دلفی و ارائه به میزگرد خبرگان شکل می‌گیرد.

فاز ۲: رهیافت برون‌یابی
Extrapolative approaches

در فاز دوم، پرسشنامه برآمده از فاز اول به گروهی نسبتاً بزرگ از خبرگان که در حوزه‌های فناوری، تولید محصول و برنامه‌ریزی نفت و گاز فعال هستند، داده می‌شود و از آنان درخواست می‌شود تا نسبت به پیش‌بینی فناوری‌های مرزشکن و چشمگیر ۱۰ تا ۳۰ سال آینده اقدام نمایند و محصولات، فرآورده‌ها و سامانه‌های مهم و جدیدی را که طی ۱۰ تا ۳۰ سال آینده پدید می‌آیند را پیش‌بینی کنند و نیز براساس آنالیز STEEP (S= اجتماعی، T= تکنولوژیک، E= زیست محیطی، E= اقتصادی و

P= سیاسی) به شناسایی روندهای مرز شکن و تأثیرگذار اجتماعی، زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی مؤثر برحوزه‌ی صنعت نفت و گاز بپردازند و پاسخ آن‌ها به پرسش‌هایی درباره‌ی فناوری‌های نو و کلیدی و تحلیل روندهای کلان مؤثر بر فناوری‌های نفت و گاز به صورت خاص و علم و فناوری به صورت عام، پس از تجزیه و تحلیل کمّی و کیفی، دوباره به آن‌ها بازخوراند می‌شود. همان پرسش‌ها دوباره از آن‌ها پرسیده می‌شود و هنگامی که با این تکرار چرخش پرسش نامه، به یک هم‌گرایی در پاسخ‌ها رسیده شد (روش دلفی)، این نتایج به یک گروه محدودتر از خبرگان که به صورت میزگردی کنار هم آمده‌اند، ارائه خواهد شد.

از همین گروه محدودتر از خبرگان "Expert panel"، خواسته می‌شود، افزون بر تحلیل داده‌های روش دلفی، خود نیز نسبت به پیش‌بینی فناوری‌های مرز شکن و چشمگیر ۱۰ تا ۳۰ سال آینده به شیوه طوفان ذهن انگیزی Brain storming اقدام کرده و به آنالیز STEEP بپردازند.

همچنین با پیدا کردن فرصت‌ها و تهدیدات خارجی از طریق آنالیز "SWOT" نسبت به تدوین یک ماتریکس "روند - STOW" در صنعت نفت و گاز اقدام نمایند.

فاز ۳: رهیافت هم‌گرایی

در این فاز، یک پانل شامل خبرگان صنعت نفت و گاز (ترجیحاً کسانی که در میزگرد خبرگان فاز دوم شرکت کرده‌اند)، آینده‌پژوهان، تصمیم‌گیران و سیاست‌گزاران صنعت نفت و گاز، نمایندگان شرکت‌های خصوصی و دولتی و نیز نمایندگان جامعه‌ی مدنی تشکیل می‌شود و برون ده‌ی میزگرد خبرگان برای آن‌ها ارائه می‌گردد و پس از بحث گروهی و دریافت نظر آن‌ها، نسخه‌ی نهایی به دو گروه از خبرگان جهت نگاشت راه فناوری و تدوین سناریو در گستره‌ی صنعت نفت و گاز سپرده می‌شود.

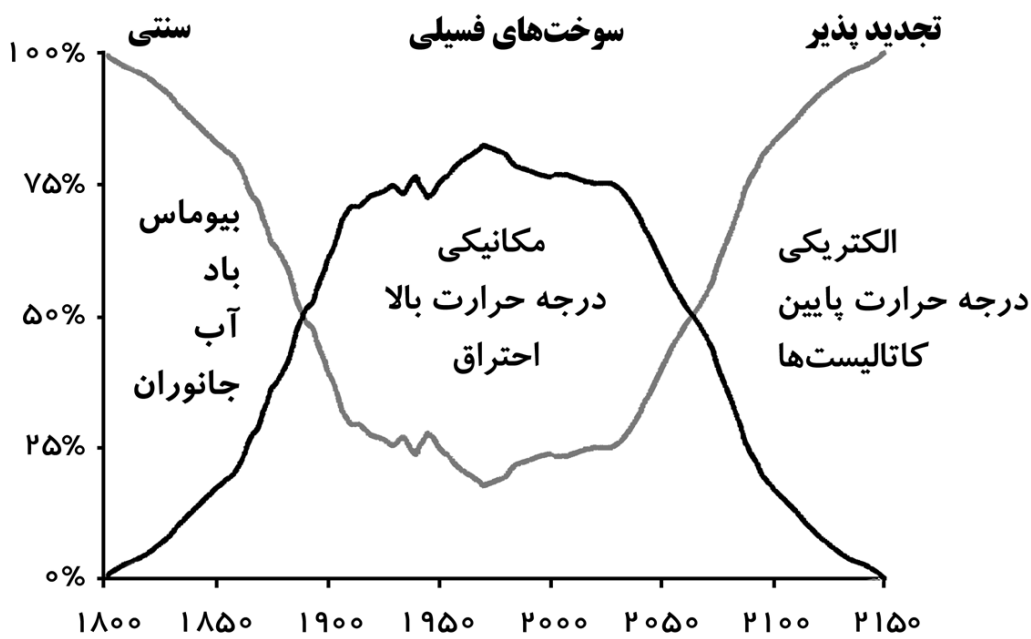
فاز ۴: رهیافت خلاقانه

Creative approaches

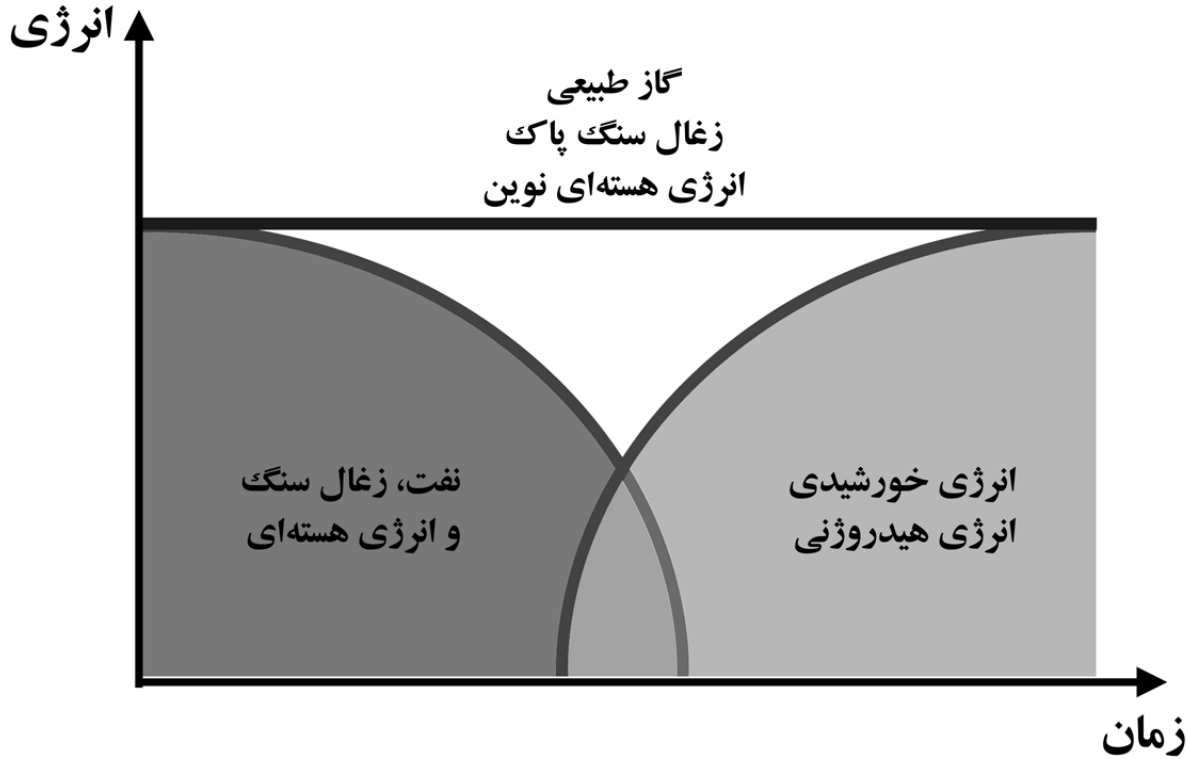
در کنار رهیافت راه فناوری " Tecnology roadmapping" به صورت جداول گرافیکی چند لایه‌ی زمان‌دار و ترسیم روندها و پیشران‌های مربوطه، گروهی از خبرگان نیز به سناریو نویسی جهت خلق چندین آینده‌ی ممکن، براساس داده‌های برون یافته از فازهای قبل، می‌پردازند.

فاز ۵: تدوین راهبردها و سیاست‌گزاری

در یک کمیته‌ی عالی با حضور خبرگان و آینده‌شناسان، براساس چشم اندازهای برآمده از فاز ۴ و نگاه به سندهای بالادستی، نسبت به تدوین الزامات و راهبردها اقدام می‌شود. در فاز اول، می‌توان با پیمایش محیطی، دید بسیار گسترده از چگونگی سرمایه‌گذاری در R&D صنعت نفت و گاز در کشورهای گوناگون مانند ایالت متحده، انگلستان، نروژ، کانادا، استرالیا، مکزیک و اتحادیه‌ی اروپا و نیز سیاست‌های انرژی آن‌ها بدست آورد و همچنین در همین فاز به آنالیز ویژگی‌ها و سرمایه‌گذاری در بخش R&D فعالان کلان بین‌المللی عرصه‌ی نفت و گاز مانند ExxonMobil، BP، Shell، Chevron Texaco و TotalFinal EIF بدست آورد(۳۴). در فاز پیش‌بینی فناوری‌های مرز شکن و تحول برانگیز، در میزگرد خبرگان و چرخش‌های نظر سنجی به شیوه‌ی دلفی، شرکت کنندگان به فناوری‌هایی که می‌توانند دی اکسیدکربن را برگرفته و نیز از



تصویر ۶۴ - سیر تکاملی منابع انرژی در گستره‌ی زمان



تصویر ۶۵ - گاز طبیعی، زغال سنگ پاک و انرژی هسته‌ای نوین، همچون یک پل به جامعه‌ی هیدروژنی و خورشیدی، نقش ایفا می‌کنند.

فناوری‌های ذخیره که موجب افزایش بازیافت فرآورده‌های نفتی شده و آلودگی‌های زیست محیطی را کاهش می‌دهند به بحث می‌پردازند(۳۷). زیرا توجه به این فناوری‌ها موجب خواهد شد که همچنین از بار آلودگی‌ها و تغییرات آب و هوایی در نتیجه ورود دی اکسید کربن و متان به جو زمین گرفته شود(۳۲). همچنین خبرگان با آینده‌نگاری فناوری در فناوری‌های جدید و جذابِ تولید محصولات و حل مسائل سیستمی و نیز فناوری‌هایی با پتانسیل بالای رقابتی به اندیشه می‌پردازند. افزون بر این، از خبرگان درخواست می‌شود با رصد آینده‌ی انرژی‌های جایگزین دیگر (مانند سوخت‌های زیستی، انرژی هسته‌ای و هیدروژنی) سرنوشت آینده‌ی این انرژی‌ها را با آینده‌ی صنعت نفت و گاز پیوند دهند.

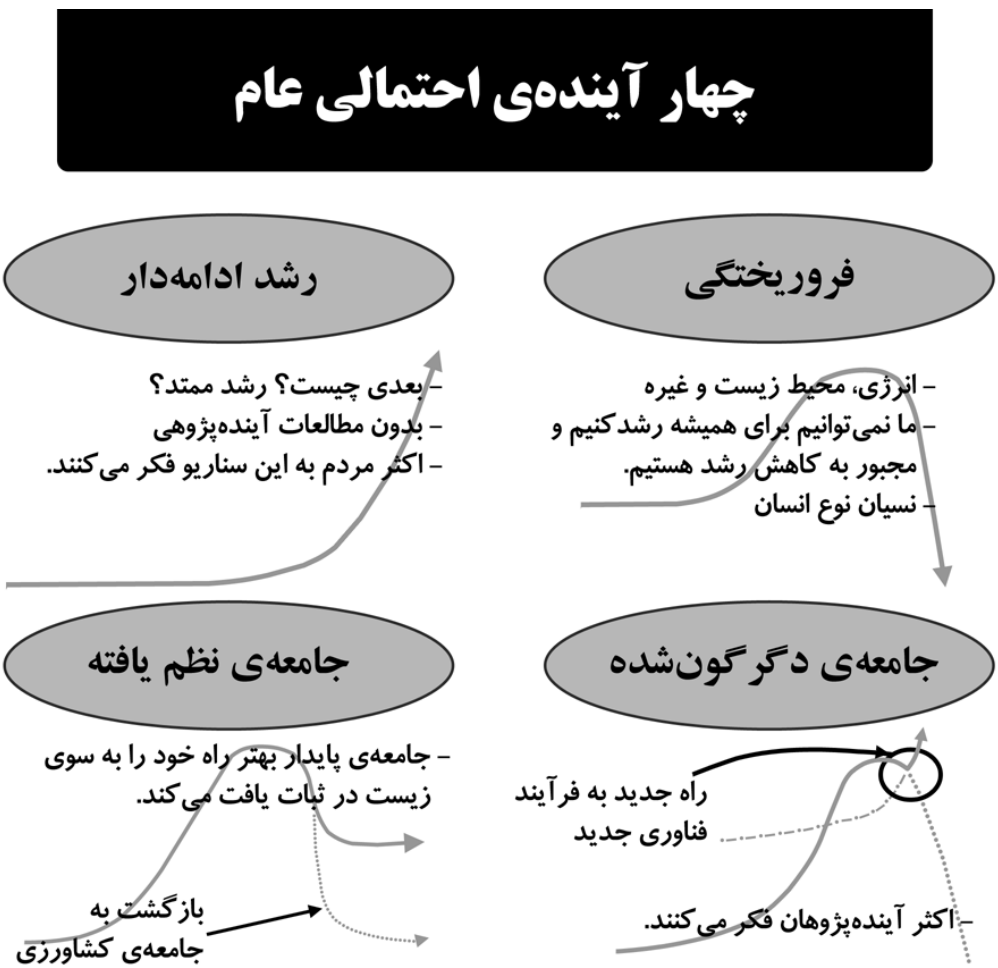
تصویر ۶۶ - تحلیل ابر روندهای زیست‌محیطی، در فرآیند آینده‌نگاری فناوری، نقش اساسی ایفا می‌کند.

این پیوند از دو زاویه قابل بحث خواهد بود. یکی آنکه دیگر فناوری‌های انرژی مانند Photovolatic array، توربین‌های بادی و سیستم‌های پیشرفته‌ی قدرت هسته‌ای، از اجزاء بسیار مهم یک رهیافت جامع انرژی در آینده خواهند بود؛ و از زاویه‌ی دیگر نیز با روند تمایل به حذف انرژی‌های کربنی، روند فزآینده‌ی میل به انرژی هیدروژنی، از نقاط داغ برنامه‌های آینده نگارانه‌ی فناوری می‌باشند(۳۹ و ۳۸). بدون شک، از اجزاء ساختاری سیستم‌های انرژی آینده، انرژی هیدروژنی خواهد بود و از آنجا که انرژی هیدروژن خودش منبع نیست، تولید آن به یک منبع انرژی نیاز دارد و در خوش بینانه ترین سناریوها نیز هنوز تا سال ۲۰۳۰، گاز طبیعی منبع ۵۰ درصد از هیدروژن مصرفی جهان خواهد بود و

۵۰ درصد دیگر نیز از انرژی‌های تجدید پذیر یا هسته‌ای تأمین خواهد شد(۳۸).

در بخش سنتی صنعت نفت و گاز نیز به توسعه‌ی تکنولوژی‌های CNG، VNG، GTL، LNG و نیز برداشت از میدان‌های حاشیه‌ای Marginal field که برداشت از آن‌ها نیاز به فناوری‌های نوین و زیرساخت‌های پیچیده و گران دارد، نگریسته خواهد شد. همچنین با بررسی دینامیک صنعت نفت و گاز و کنش این دینامیسم بر روی فناوری‌های نوپدید، صنایع حمل و نقل، ذخیره و پخش نیز به چالش کشیده می‌شوند.

امّا در فراتر از گستره‌ی کنونی فناوری‌های



تصویر ۶۷ - چهار آینده‌ی احتمالی عام که می‌توان بر اساس تجزیه و تحلیل سناریونویسی به آن‌ها دست یافت.

رو به رشد این صنایع، به تکنولوژی‌های جدید NBIC (نانو تکنولوژی، بیوتکنولوژی، اطلاعات و شناختی) نگاه خواهد شد و نقش مرزشکن این تکنولوژی در هم آغوشی با فناوری‌های نفت و گاز و نیز تأثیرپذیری فناوری‌های نفت و گاز این فناوری‌ها، مورد بحث واقع خواهند شد.

همزمان با پیش‌بینی فناوری‌های نو و نقش توسعه‌ای آن‌ها، خبرگان در پانل آینده‌نگاری فناوری به پیش‌ران‌های عمده‌ی صنعت نفت و گاز می‌پردازند. از پیش‌ران‌های عمده می‌توان به :

۱) نیاز به تنوع در منابع انرژی برای حفظ امنیت در تأمین انرژی

۲) خلق اقتصادی با کربن پایین Low carbon economy جهت کاهش گازهای گلخآن‌های به منظور جلوگیری از تغییرات آب و هوایی و اثرات زیست محیطی

۳) افزایش کیفیت هوای شهری برای سلامت عمومی(۳۹) اشاره کرد.

با تحلیل STEEP نیز به شناسایی ابر روندها درگستره‌ی فناوری پرداخته می‌شود. از این ابر روندها می‌توان به مسئله‌ی حفظ و نگهداری محیط زیست، همزمان با توسعه‌ی فناوری و نیز توجه به تغییرات آب و هوایی و کاهش گازهای گلخآن‌های و جلوگیری از آلودگی آب و خاک، توجه به مسئولیت‌های اجتماعی صنایع، تأکید بر امنیت انرژی، افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی و گازی، توجه به سلامت انسان، اقتصاد دانایی محور، اقتصاد با کربن پایین، تکنولوژی‌های ترکیبی یا ادغام فناوری‌ها در رهیافتی جامع به فناوری، رویکرد به تکنولوژی‌های نرم به جای سخت، توسعه‌ی منطقه‌ای و زدودن شکاف طبقاتی، کاهش فشار مصرف انرژی، دسترسی عادلانه به انرژی و جهانی‌سازی، اشاره کرد.

در ترسیم ماتریکس STEEP و SWOT، می‌بایست به منظرهای رقابت پذیری، نوآوری، تمرکززدایی، خصوصی سازی و مشارکت مردمی تأکید نموده و مسائل و چشم اندازها را با در نظر گرفتن فضای عدم قطعیت "uncertainties" و پیچیدگی "complexity" در نظر گرفته و با نگاشت راه فناوری صنعت نفت و گاز، گلوگاه‌های بحرانی و کلیدی را یافت نمود. در تدوین سناریوها نیز با فرض به اینکه طی ۲۰ سال آینده، نفت سوخت غالب جهان خواهد بود، به سناریونویسی آینده‌های ممکن صنعت نفت و گاز در سه قالب زیر پرداخته می‌شود(۳۷۶):

۱/ پویایی اقتصاد کشور همچون کنون
(Dynamics as usual) (DAU)

۲/ رشد بالای اقتصاد کشور
(Protracted Market Tightness) (PMT)

۳/ رشد پایین اقتصادی کشور
(Prolonged Soft Market) (PSM)

می‌بایست باز به این نکته توجه داشت که در تدوین آینده‌نگاری فناوری در صنعت نفت و گاز ایران، همچون تمام برنامه‌های آینده‌نگاری، رویکرد مشارکتی وجود دارد و نمایندگان بخش صنعت، کسب و کار، بخش خصوصی، دانشگاهی و دولت در کنار خبرگان به تدوین سیاست‌گزاری و تعیین راهبردها می‌پردازند. زیرا پایداری "Sustainability" صنعت نفت و گاز، در جهان سرشار از عدم قطعیت، گسست و پیچیدگی، تنها از طریق گفتمان دائم دانایی و فناوری امکان‌پذیر است(۴۰).

پیوست

سیستمیکس

اکنون

- مدل‌های از بالا به پایین
- اپیدمیولوژی
- نتایج مدلی
- دینامیک بالا مقیاس

آینده

- شبیه‌سازی از پایین به بالا
- اکو - اپیدمیولوژی
- مدل فعالیت بنیادی
- میکرو - دینامیک

هم‌گرایی Convergence

- مدل‌های زیستی
- رونوشت‌برداری
- سازگاری
- کشف‌کنندگی (Heuristics)

هم‌رخدادی Consilience

وحدت در دیدگاه جهانی نیاز به سطح بالایی از آموزش میان بخشی Cross-disciplinary دارد.

تصویر ۶۸ - اکنون و آینده‌ی سیستمیکس (Systemics) و نیز هم‌گرایی (Convergence) و هم‌رخدادی (Consilience) آن

فنـــاوری نانـــو

اکنون

- نانو تیوب
- پوشش‌های نانو
- لیپوزوم‌ها
- اجزاء هم‌پوشان (Lapping compounds) (ساخت فرادقیق)

آینده

- نقاط کوانتوم
- کاتالیست‌ها
- SET
- کارخانه‌ی خودساخت

هم‌گرایی

- میکروبیورها (Microbivores)
- کریستال‌های فتونیک
- سوئیچینگ مولکولی
- حس‌گرها

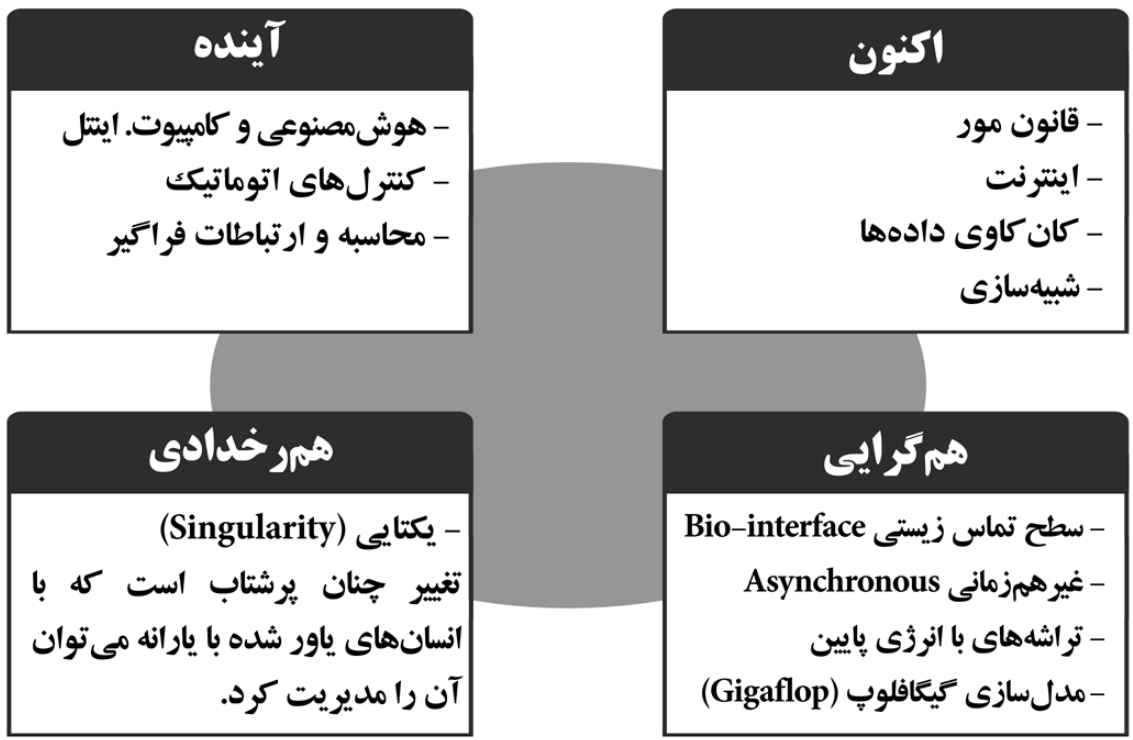
هم‌رخدادی

- تولید مثل فرآیندهای طبیعی (DNA)
- خلق شبکه‌های غول‌آسای توانمند

تصویر ۶۹ - اکنون، آینده، هم‌گرایی (Convergence) و هم‌رخدادی (Consilience) فناوری نانو

تصویر ۷۰ - اکنون، آینده، هم‌گرایی (Convergence) و هم‌رخدادی (Consilience) در زیست فناوری

فناوری اطلاعاتی – شناختی

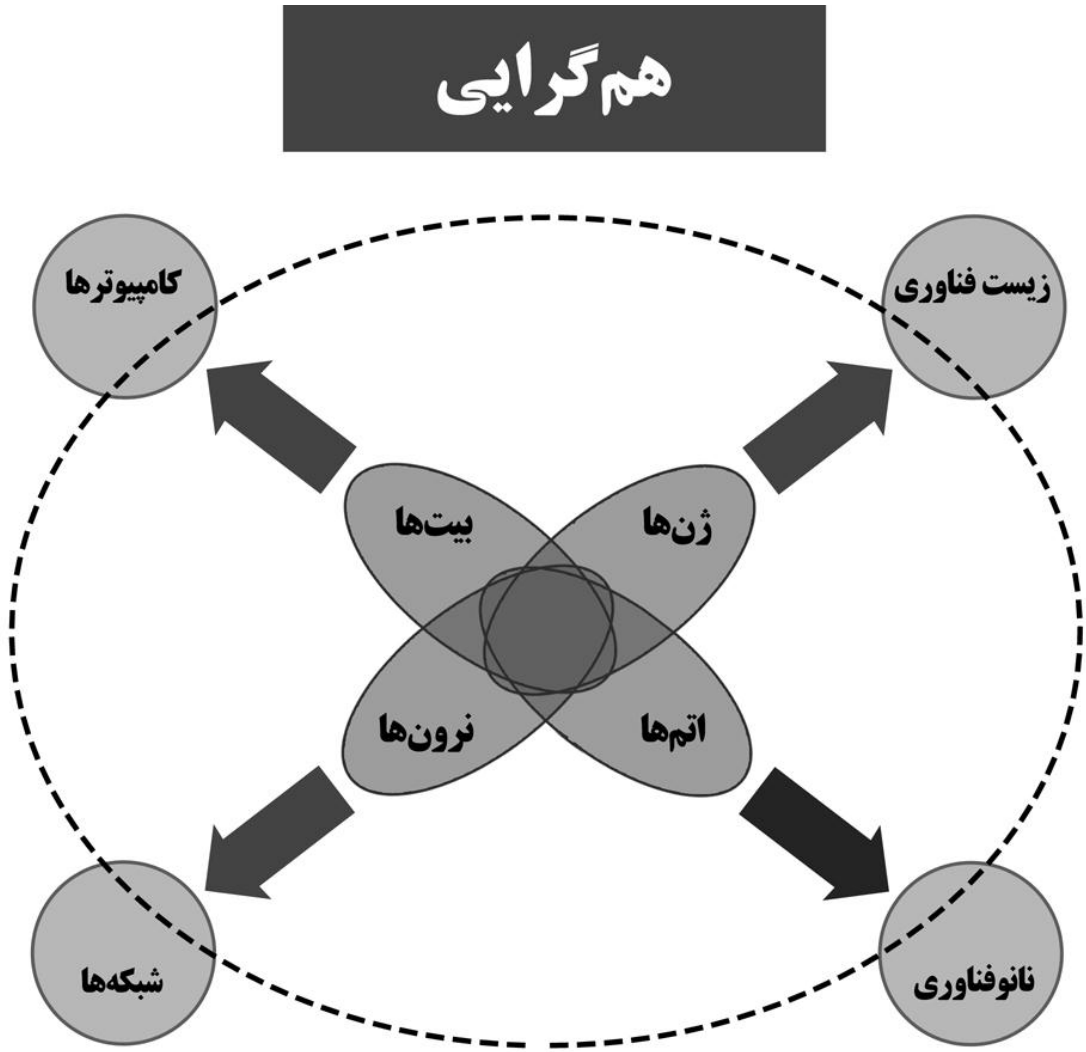


تصویر ۷۱ - اکنون، آینده، هم‌گرایی (Convergence) و هم‌رخدادی (Consilience) در فناوری اطلاعاتی- شناختی

هم‌رخدادی Consilience

* **اتحاد تئوری و دانایی**
* **اتصال تئوری**
* **یکپارچگی عمودی با کاربرد مدل‌های محاسبه گرایانه**
* **فناوری‌های هیبرید**
  - **پزشکی نانو**
  - **محاسبه‌ی کوانتومی**
* **می‌بایست علوم اجتماعی نیز شامل شود.**

تصویر ۷۲ - در آن سوی مقیاس، روش‌های محاسبه‌گرایانه نیرومند، کان‌کنی اطلاعات data mining ، شبیه‌سازی و هوش مصنوعی می‌توانند ما را در ساخت مدل‌های "پایین به بالا" سیستم‌های بسیار پیچیده یاری کنند.



تصویر ۷۳ - از ویژگی‌های هم‌گرایی در علوم آن است که در مقیاس نانو، می‌توان اجزاء کوچک را با مفاهیم و ابزارهای هم‌سان مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

هم‌گرایی فناوری‌های بیو ، نانو و اطلاعاتی – شناختی

دامنه	زیست فناوری	نانو فناوری	فناوری اطلاعات	فناوری شناختی
زیست فناوری	—	- بیولوژی سنتز - ساختارهای نانو برای داربست‌سازی RNA	- برچسب‌های DNA - محاسبه‌ی DNA - بیولوژی سنتز	- تکامل محاسبه‌گرایانه - داروهای افزایش‌دهنده‌ی شناخت - روبوت‌های زیستی
نانو فناوری	- نانوسنسورها - ذرات نانو برای حس‌گری، رهاسازی - نانو بیو آرای	—	- ترانزیستورهای تک مولکولی - سیم‌های نانویی nanowires - حافظه‌های نانویی	- نانو الکترودها - نانو کامپیوترها - نانو سنسورهای مغزی RT
فناوری اطلاعات	- پیش‌بینی ساختار - کشف مسیر - تحلیل امیکس	- دینامیک مولکول‌ها - بهینه‌سازی ابزارها - محاسبات ab initio	—	- افزایش توانایی مغزی - آواتارها و AI - شبکه سازی شخصی
فناوری شناختی	- تولید الگور م خودکار برای کاربردهای زیستی - کان‌کنی اطلاعات زیستی	- EC برای بهینه‌سازی میدان نیرو - مدل‌سازی AI برای شیمی سطح	- عوامل هوشمند برای بهینه‌سازی شبکه - عوامل برای کشف تهدید	—

تصویر ۷۴ - فزونی دامنه‌ی فناوری‌های نو در نتیجه‌ی هم‌گرایی Convergence آن‌ها با یکدیگر (ماتریکس هم‌گرایی فناوری‌های نو)

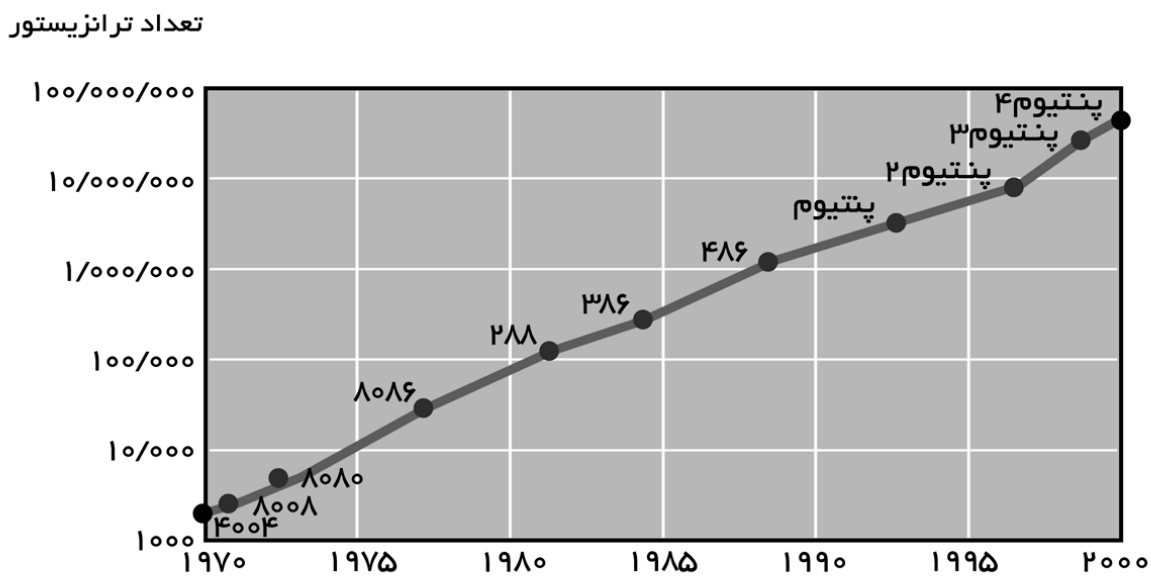
دامنه	دامنه‌ی گسترش یافته			
	زیست فناوری	فناوری نانو	فناوری اطلاعات	فناوری شناختی
زیست فناوری	–	نانوساختارهای داربسته به RNA	محاسبه‌ی DNA	فزونی شناختی
فناوری نانو	حس‌گرهای نانو	–	ترانزیستور تک ملکولی	حس‌گرهای نانومغزی real-time
فناوری اطلاعات	پروتومیکس	شبیه‌سازی نانوفیزیک	–	افزایش توانایی مغزی
فناوری شناختی	کان‌کنی اطلاعات data mining زیستی	بهینه‌سازی شیوه و ابزار نانو	برنامه‌های اینتل برای پایش شبکه	–

تصویر ۷۵ - ماتریکس هم‌گرایی فناوری‌های نو؛ از هم‌آغوشی فناوری‌های نو، دامنه‌ی عملکرد آن‌ها گسترش می‌یابد.

- **فناوری، ده میلیون بار سریعتر از انسان یاد می‌گیرد.**
- **انسان‌ها کاتالیست‌های انتخابی و نه کنترل‌کننده‌ی توسعه‌ی تکاملی فناوری هستند.**
- **اغلب، اولین نسل هر فناوری، ماهیت انسان‌زدایی (مکانیکی) دارد. دومین نسل بی‌اعتنا به انسان است و خوشبختانه سومین نسل، ماهیت انسانی می‌یابد.**

تصویر ۷۶ - قوانین اسمارت (Smart's Laws) در فناوری

قانون مور (Moore’s Law)



تصویر ۷۷ - قانون مور از دو پیش‌بینی در سال‌های ۱۹۶۵ و ۱۹۷۵ توسط گوردن مور که از بنیان‌گذاران اینتل بود، برداشت گردیده، به این صورت که تراشه‌های کامپیوتری (ریز پردازنده‌ها، حافظه‌ها و غیره) ، هر ۱۲ تا ۲۴ ماه به هزینه‌ی تقریباً ثابتی، پیچیدگی آن‌ها دو برابر می‌شود. این به معنای آن است که هر ۱۵ سال، به صورت متوسط، مقدار زیادی از ظرفیت‌های فناورانه (حافظه، درون‌داد، برون‌داد، پردازنده) تا هزار برابر رشد می‌یابند.

منابع

1. P Bala Bhaskaran PB. Futurology: A Literature Survey. The IUP Journal of Management Research. 2006(July).

2. Godet F. Future Memories. Technol Forecast Soc Change 2010; 77: 1457-63.

3. United Nations industrial Development Organization(UNIDO), Foresight as a Policy-making Tool. In: Nyiri L, editor. Technology Foresight for Organizers. 1st ed. Ankara: Technol Foresight Initiative, 2003, A1-A16.

4. Futures and Foresight, Parliamentary office of Science and Technology.(Accessed January 24, 2011, at http://www.parliament.uk/documents/post/postpn332.pdf).

5. Skumanich M, Silbernagel M. Foresighting Around the World. Battelle Seattle Research Center.(Accessed January 24, 2011, at http://www.peopledev.co.za/library/foresight_methods_over.pdf).

6. Floyd J. Practical enactment: Strategic foresight process and methodology. Strategic foresight: coordinating present action through shared futures.(Accessed January 24, 2011, at http://joshfloyd.com/articles/article3_v0.1.pdf).

7. The World Conversion Union(IUCN). The Future of Sustainability: Re-Thinking environment and Development in the Twenty-first Century.(Accessed January 24, 2011, at http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_future_of_sustanability.pdf).

8. Eerola A, Jorgensen BH. Technology Foresight in the Nordic countries. Riso National Laboratory.(Accessed January 24, 2011, at http://130.226.56.153/rispubl/SYS/syspdf/ris-r-1362.pdf).

9. Havas A, Schartinger D, Weber KM. Experiences and practices of Technology Foresight in the European Region. United Nations industrial Development Organization.(Accessed January 24, 2011, https://www.unido.org/foresight/rwp/dokums_pres/tf_panels_weber_havas_202.pdf).

10. Destatte P. Foresight: A major tool in tackling sustainable development. Technol Forecast Soc Change 2010; 77: 1575-87.

11. World Commission on Environment and Development(1987). Our common future.

12. Harris JM. Basic Principles of Sustainable Development. Global Development and Environment Institute Working Paper 00-04.(Accessed January 24, 2011, at http://are.berkeley.edu/courses/EEP131/fall2007/Agriculture/326_Paradox-of-Agricultural-Subsidies.pdf).

13. National Center for Sustainability, EPA Victoria, sustainability Covenant between Environment Protection Authority and Swinburne University of Technology, Melbourne, October 2005.

14. Floyd J, Zubevich K. Linking foresight and sustainability: An integral approach. Futures 2010; 42: 59-68.

15. European Commission, Joint Research Center(2001). A practical guide to regional foresight(Accessed January 24, 2011, at http://foresight.jrc.ec).

16. Guth M, lking B. Beyond technology foresight: theoretical background, Practical experiences and opportunities for transition environments. Proceedings of the First Conference on Innovation Policy. 2004 Sep. 22-24, Moscow, Russia. Germany: Zeint, 2004.

17. Czaplicka-Kolarz K, Stanczyk K, Kapusta K. Technology foresight for avision of energy sector development in Poland till 2030 .

18. Meang S, Lee KP. How to connect present to the future for design?. Human Centered Interaction Design Laboratory.(Accessed January 24, 2011, at http://dpl.kaist.ac.kr/web_wiki/images/0/0d/IASDR 2009_seaungwoo.pdf).

19. Miles I. The development of technology foresight: A review. Technol Forecast Soc Change 2010; 77: 1448-56.

20. Wilson I. Technology foresight in an age of uncertainty. Int J Foresight Innovation Pol 2004; 1: 207-17.

21. United Nations industrial Development Organization(UNIDO), Technology Foresight: An Introduction. In: Keenan M, editor. Technology Foresight for Organizers. 1st ed. Ankara: Technology Foresight Initiative, 2003, B1-B13.

22. United Nations industrial Development Organization(UNIDO), Socio-economic and Developmental Needs: Focus of Foresight Programmes. In: Havas A, editor. Technology Foresight for Organizers. 1st ed. Ankara: Technology Foresight Initiative, 2003, C1-C18.

23. Martin BR, Johnston R. Technology Foresight for Wiring Up the National Innovation system: Experiences in Britain, Australia, and New Zealand. Technol Forecast Soc Change 1999; 60: 37-54.

24. Conway M. An Overview of Foresight Methodologies. Thinking Futures.(Accessed January 24, 2011, at http://thinkingfutures.net/wp-content/uploads/2010/10/An-Overview-of-Foresight-Methodologies1. Pdf).

25. United Nations industrial Development Organization(UNIDO), Overview of Methods Used in Foresight. In: Keenan M, editor. Technology Foresight for Organizers. 1st ed. Ankara: Technology Foresight Initiative, 2003, E1-E16.

26. Miles I, UNIDO Regional Initiative on Technology Foresight, Gebze(Turkey) November 2007. Foresight Methods. (Accessed January 24, 2011, https://www.unido.org/foresight/rwp/dokums_pres/ foresight_methods_gebze_122.pdf).

27. Walonick DS. An Overview of Forecasting Methodology.(Accessed January 24, 2011, at http://www.statpac.com/research-papers/forecasting.htm)

28. United Nations industrial Development Organization(UNIDO). Foresight Methodologies. 1st ed. Ankara: Technology Foresight Initiative, 2004, 1-151.(Accessed January 24, 2011, at http://www.strast.cz/dokums_raw/foresightmethodologies 1168269318.pdf).

29. Cuhls K. Delphi Methods. United Nations industrial Development Organization.(Accessed January 24, 2011, http://www.unido.org/fileadmin/import/16959_DelphiMethod.pdf).

30. Ringland G. The role of scenarios in strategic foresight. Technol Forecast Soc Change 2010; 77: 1493-8.

31. UN-Energy, The Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change(AGECC). Summary Reported and Recommendations. Proceeding of the Energy for a Sustainable Future. 2010 Apr. 28, New York, USA. New York: United Nations Headquarters, 2010.(Accessed January 24, 2011, at http://www.un.org/wcm/webdav/site/climatechange/shared/Documents/AGECC%20summary%20report%5B1%5D.pdf).

32. Strand JE, Alming A. Norway's OG21-Oil and Gas in the 21st Century. The European Foresight Monitoring Network.(Accessed January 24, 2011, at http://www.og21.org/filestore/News_from_OG / EFMNBrief109NorwayOG21.pdf).

33. de Almeida MFL, de Almeida HP. Technological Foresight in Energy: a recent experience in the oil state Brazilian company. IAMOT Conference Archive.(Accessed January 24, 2011, at http://www.iamot.org/conference/index.php/ocs/10/paper/viewFile/1479/677).

34. Stallivieri Neves MA, Coelho GM, Lemos C, et al. Trends in Oil & Gas in Brazil: a methodological approach. European Foresight.(Accessed January 24, 2011, at http://foresight.jrc.ec.europa.eu/ fta/papers/Papers%20from%20posters/Trends%20in%20Oil%20&%20Gas%20in%20Brazil.pdf).

35. Garcia A, Mohaghegh SD. Foresighting US Natural Gas Production into year 2020: a comparative study. Proceeding of the SPE Eastern Regional Conference and Exhibition held in Charleston, 2004 Sep. 15-17, West Virginia, USA. Society of Petroleum Engineers, 2004.

36. Lennon SJ. Foresight Energy Report.(Accessed January 24, 2011, at www.dst.gov.za/.../FORESIGHT%20ENERGY%20REPORT.doc).

37. Popper R. OPEC Long-Term Strategy. The European Foresight Monitoring Network.(Accessed January 24, 2011, at http://www.foresight-network.eu/index.php?option=com_docman&task=doc_ view&gid=273).

38. Joergensen BH. 5Nordic Hydrogen Energy Foresight 2030. The European Foresight Monitoring Network.(Accessed January 24, 2011, at http://130.226.56.153/rispubl/SYS/syspdf/sys_9_2005.pdf).

39. Damrongchai N, Vathanakujarus M. Future Fuel Technology for APEC Regions.The European Foresight Monitoring Network.(Accessed January 24, 2011, at http://www.foresight-network.eu/index.php?option=com_docman&task=doc_ view&gid=286).

40. Wehrmeyer W, Clayton A, Lum K. Foresighting for Development. Introduction by Guest Editors to a Special Issue on Foresighting and Scenario Planning. Greener Manage Int 2002; 37: 24-36.

۴۱. نبی پور، ایرج. نقشه‌ی علمی بنیاد ملّی سلامت آمریکا و اقتصاد دانایی محور. انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر. ۱۳۸۷.

۴۲. نبی پور، ایرج. اقتصاد دانایی محور. انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر. ۱۳۸۷.