

پیش‌ران‌های رهیافت میان رشته‌ای

مهندسی امروز به کار میان رشته‌ای نیازمند است.

الف/ پیچیدگی درونی طبیعت و جامعه

جامعه‌ی انسانی در شرایط طبیعی خود با سیستم‌هایی بس پیچیده در چالش است که از نیروهای بی‌شماری اثر می‌پذیرند. برای مثال، امکان‌پذیر نیست که آب و هوای زمین را بدون در نظر گرفتن اقیانوس‌ها، رودخانه‌ها، یخ دریاها، اجزای جوی، تابش خورشیدی، فرآیندهای حمل و نقل، کاربرد زمین، پوشش زمین و دیگر فعالیت‌های انسان شناسانه و مکانیسم‌های بازخوردی که این "سیستم" و زیرسیستم‌ها را پیوسته می‌دارند در مقیاس زمان و مکان، مطالعه کرد.

برای درک جهان، دانشمندان ناچارند که به سوی مرز ناشناخته‌ها، به ویژه به سوی چالش‌های سترگ، پیش روند. چالش‌هایی که با پرسش‌های بس سترگ و پیچیده همراه هستند؛ مانند چگونه گیتی آفریده شده است؟ فرآیندهای فیزیکی که آب و هوا را کنترل می‌کنند کدامند؟ ظرفیت زیست کره چیست؟ این چالش‌ها، سفر در فراتر از مرزهای علوم رشته‌ای را طلب می‌کنند.

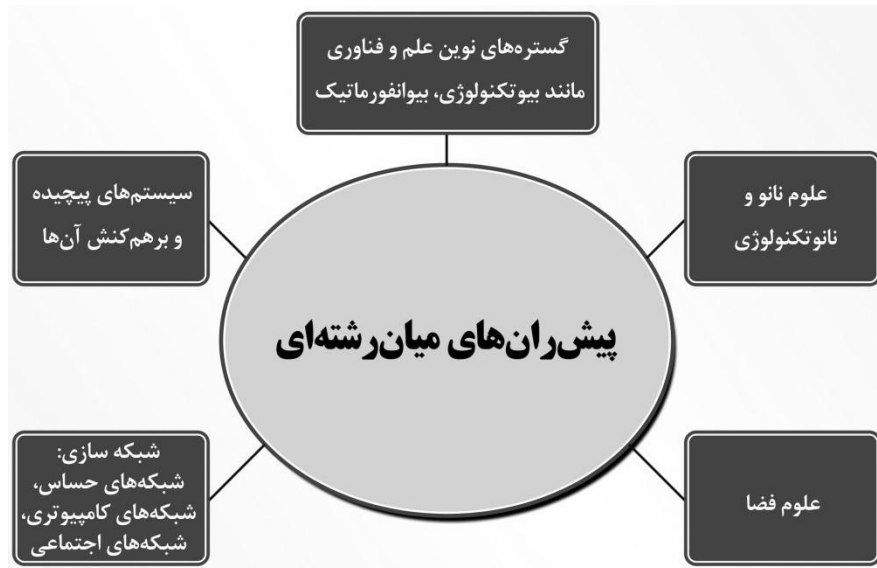
یک دانشمند ممکن است با کاربرد پروژه‌های میان رشته‌ای به بسیاری از پیش‌ران‌ها (Drivers) واکنش نشان دهد. چهار پیش‌ران که در زیر به آن‌ها اشاره خواهد شد، نمونه‌هایی را فراهم می‌آورند که نشان می‌دهند چرا دانش و علم

هنر دیداری (فیلم، نقاشی و مجسمه سازی) تا هنر نمایشی (تئاتر، رقص و سرایش‌های موسیقایی) را شامل می‌شود. چنین است که برای رویارویی با این چالش‌ها، می‌بایست از رهیافت میان رشته‌ای سود جست.

از سوی دیگر، یکی از منظرهای پیچیدگی جهان واقعی، وجود پیچیدگی در ماهیت شغل است. امروزه،

آن چه ما انجام می‌دهیم بیش از پیش، آغشته به دانایی شده است و به زبان "اقتصاد دانایی محور"، فعالیت‌های انسان به صورت فزاینده‌ای با دانایی در هم آمیخته است و چنین است که در اقتصاد دانایی محور، به دانایی همچون کالایی لمس ناپذیر نگریسته می‌شود که در موفقیت فرآیند تولید کالای لمس‌پذیر نقش حیاتی ایفاء می‌نماید. (۱۴)

از این رو، با شکل‌های جدیدی از کار روبرو می‌شویم که کارگران این نوع کار را "تحلیل‌گر سمبولیک (Symbolic Analyst)" می‌نامند. کار این نوع از کارگران دانایی، شبیه‌سازی لمس ناپذیر برای

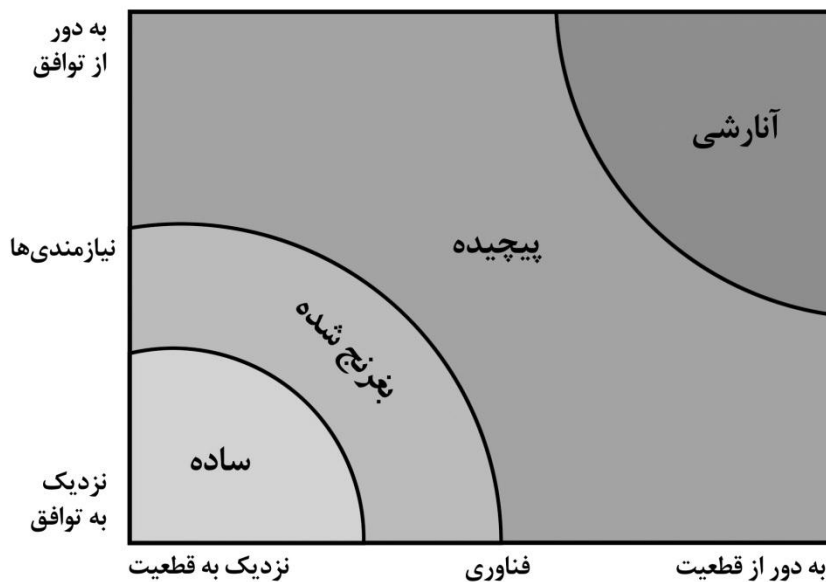


تصویر ۹ - پیش‌ران‌های میان‌رشته‌ای

درک کامل پیش بینی کننده و یا توصیفی این موضوع، به کاربرد بسیاری از رشته‌های علوم نیاز دارد. غالب اوقات، پیچیدگی طبیعت، شگفتی‌ساز است و برای آشکارسازی رازهای آن می‌بایست، تفکر و تجربه را طلب نمود.

پروژه‌ی نقشه‌ی ژنوم انسانی یک پروژه‌ی پیچیده بوده که آشکارسازی آن، بسیاری از گستره‌های علوم را مانند علوم محاسبه‌گرایانه و بیولوژیک را به مشارکت فرا خواند. (۱۳)

همچنین امروز انسان با مباحث بسیار پیچیده‌ای در گستره‌ی جامعه‌ی انسانی و علوم انسانی رو در رو است که از فرهنگ صناعی، ادبیات،



تصویر ۱۰ - طیف فرآیند پیچیدگی

تولید نتایج لمس پذیر است. بر اساس تعریف رابرت ریش (Robert Reich)، تحلیل‌گران سمبولیک شامل مهندسين، وکلای دادگستری، دانشمندان، مجریان، روزنامه‌نگاران، مشاورین و دیگر کسانی هستند که با پردازش اطلاعات و سمبل‌ها، با مغز خود کار می‌کنند و به آن‌ها کارگران ذهنی نیز می‌گویند. (۱۴)

دانشمندان با روش‌های

شبیه‌سازی، مدل‌های تئوریک می‌آفرینند که این مدل‌ها ویژگی‌هایی دارند که در صنعت داروسازی به کار برده می‌شوند. همچنین یک تحلیل‌گر مالی با شبیه‌سازی می‌تواند نشان دهد که چگونه بعضی از ترکیب‌های سرمایه‌گذاری در گستره‌ای از شرایط بازار، به بازده می‌انجامد. به همین دلیل، علم تجارت به صورت فزاینده‌ای سیمای میان رشته‌ای به خود گرفته است زیرا تجارت در شرایط محیطی بس پیچیده انجام می‌شود که برای رویارویی با این پیچیدگی‌ها به مهارت‌های میان رشته‌ای نیاز است. (۱۵)

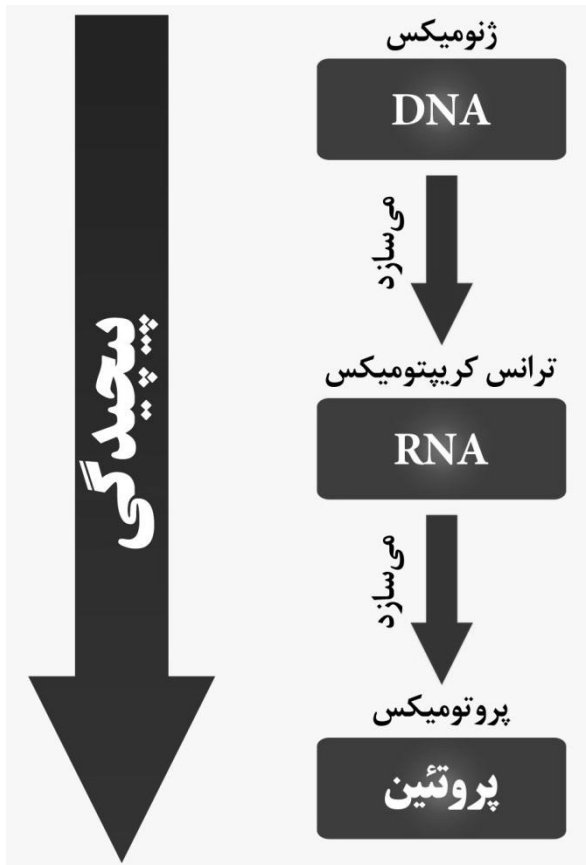
از سوی دیگر، شناخت و تحلیل خوشه‌های

کسب و کار و شبکه‌سازی و ساخت شبکه‌های دانایی که در رشد و بالندگی اقتصاد دانایی محور و تجارت دانایی نقش اساسی دارند، توسط علوم میان رشته‌ای امکان پذیر می‌باشد. (۱۴)

ب/ تمایل به کاوش مسائل پژوهش

پایه‌ای در سطح مشترک رشته‌ها

بسیاری از پرسش‌های علمی جالب در سطح مشترک میان رشته‌ها و یا در فضای سفید، بر روی نگاره‌ی سازمانی سازمان‌ها و شرکت‌ها دیده می‌شوند. کاوش در سطح مشترک و نقطه‌ی تماس علوم رشته‌ای، جستجوگران را به فراتر از مرزهای



تصویر ۱۱ - پیچیدگی فرآوری داده‌های ژنومیک از سطح ژنوم تا پروتئوم

بهترین زمین بارور برای توسعه‌ی گستره‌های میان رشته‌ای در دهه‌های اخیر را در سطح تماس مشترک علوم رفتاری، زیست‌شناسی، اجتماعی و سلامت بتوان مشاهده کرد.

تمایل به گذر از مرز رشته‌ها و کاوش در مسائل پژوهشی پایه را می‌توان در نقشه‌ی علمی بنیاد

دانش رشته‌ای خود سوق داده و زمینه‌ی دعوت از پژوهشگران گستره‌های تکمیلی را فراهم می‌آورد. گام زدن در نقطه‌ی تماس دو رشته، حتی می‌تواند همچون تکانه‌ای جهت ایجاد یک رشته‌ی میان رشته‌ای نقش ایفاء کند.

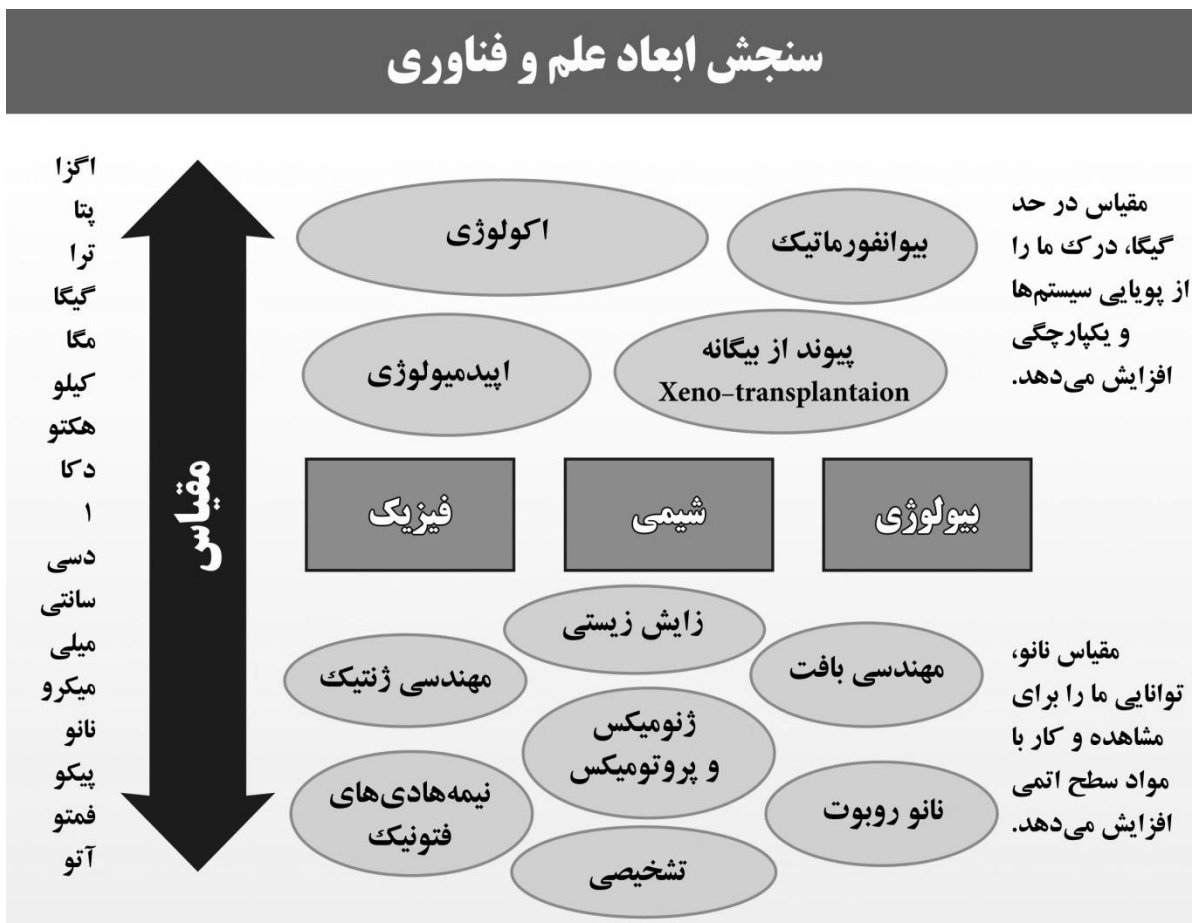
هنگامی که علم زیست‌شناسی، سیمای کمی به خود می‌گیرد، هم‌پوشانی آن با علوم ریاضی و فیزیک افزایش می‌یابد. امروزه، توان محاسبه‌ای و آماری ریاضیات و نیز تسهیلات تحقیقاتی علوم فیزیکی، برای ترسیم یافته‌های علوم اپیدمیولوژی، ژنومیک، پرتومیک، زیست‌شناسی ساختاری و اکولوژی مورد نیاز می‌باشند. در بحث مسائل میان رشته‌ای توسعه‌ی پایدار، علوم اکولوژی و اقتصاد، وارد گستره‌ای مشترک می‌شوند که به زایش علم میان رشته‌ای اقتصاد اکولوژیک می‌انجامد. علم اقتصاد اکولوژیک در درک مشترک میان اقتصاددانان و اکولوژیست‌ها و درهم‌تنیدگی اندیشه‌های آن‌ها تلاش می‌کند. (۱۳)

گستره‌ی علوم شناختی نیز در جستجوی پاسخ به پرسش‌هایی است که یک رشته‌ی ویژه نمی‌تواند آن‌ها را پاسخ دهد. امروزه، گستره‌ی علوم شناختی، علوم دیگر را مانند علوم انسان‌شناسی، هوش مصنوعی، علوم اعصاب، آموزش، زبان‌شناسی، روان‌شناسی و فلسفه را در خود پذیرفته است. شاید

در پژوهش‌های میان رشته‌ای گستره‌ی سلامت در نقشه‌ی بنیاد ملی آمریکا، با گردهمایی واقعی مغزها و اندیشه‌های علوم رشته‌ای گوناگون، بینش‌های غیرقابل انتظار و تازه‌ای بوجود خواهد آمد که منتهی به علوم میان رشته‌ای جدیدی می‌شوند که از لحاظ دیدگاه تجزیه و تحلیلی، بسیار نبوغ آمیز

ملی سلامت آمریکا (NIH) به رهبری دکتر زرحونی (Zerhouni) یافت که اساس آن برپایه‌ی این تفکر شکل گرفت که درک ترکیبی از رویدادهای مولکولی که به بیماری می‌انجامد، تلاش مشترک تیم‌های پژوهشی شامل ترکیبی از علوم رشته‌ای، مهارت‌ها، روش‌ها و فناوری‌های نوین را می‌طلبد. (۱۵)

سنجش ابعاد علم و فناوری



تصویر ۱۲ - گستره‌ی ابعاد علم و فناوری از مقیاس میکرو تا ماکرو

به نظر می‌رسند. از این رو، با اختصاص جوایز جدید جهت تأسیس تیم‌های تحقیقاتی میان رشته‌ای، بنیاد ملی سلامت امید دارد بتواند تحقیق در زمینه‌ی بیماری‌های مورد علاقه‌ی تمام واحدها را شتاب داده و چشم‌انداز رو به گسترشی را برای سلامت توده‌ی مردم در سطح ملی فراهم آورد. (۵)

در هر صورت، در همین گستره‌های تماس علوم است که مفهوم ”هم‌رخدادی (Consilience)” به معنای ”گذر با یکدیگر” از مرز رشته‌ها ”جهت خلق زمینه‌ی کاری مشترک برای توصیف” نمود یافته و نویددهنده‌ی پیشرفت‌های علمی و انسانی می‌گردد. بر اساس همین ”هم‌رخدادی” است که در فراتر از مقیاس رشته‌ای، روش‌های محاسبه‌گرایانه‌ی نیرومند، کان‌کنی داده‌ها (Data Mining)، شبیه‌سازی و هوش مصنوعی می‌توانند ما را در ساخت مدل‌های ”پایین به بالا” سیستم‌های بسیار پیچیده یاری کنند. (۱۶)

از نمونه‌های قابل توجه که نشان می‌دهد چگونه در سطح مشترک تماس رشته‌های گوناگون علوم، شاهد پژوهش‌های زاینده باشیم، برنامه‌ی بین‌المللی زمین - زیست‌کره است که به عنوان یکی از بزرگترین تلاش‌های پژوهشی بین‌المللی میان رشته‌ای قلمداد می‌شود. این برنامه از آغاز، تمام پیش‌ران‌های عمده‌ی پژوهش میان رشته‌ای را

از خود بازتاب داد. برنامه با پیچیدگی طبیعت، برهم‌کنش میان توده‌ی زمین، اقیانوس‌های هوا و آب و اشکال زندگی در روی زمین آغاز شد.

در یک فراگرد کلی، اکتشافات بزرگ و جابه‌جایی در تفکر سنتی و رایج، از تلاش پژوهشگرانی برآمده است که از مرزهای رشته‌ای گذر کرده‌اند. (۱۵)

ج/ نیاز به حل مسائل اجتماعی

تار و پود زندگی مدرن شامل غذا، آب، امنیت، اشتغال، انرژی و حمل و نقل، با به کارگیری فناوری‌ها و ابزارهای علمی و فناورانه، تنیده شده است. اما کاربرد فناوری‌ها برای افزایش کیفیت زندگی، خود تولید مسائلی نموده است که برای حل آن نیاز به فناوری‌های دیگر دارد. برای مثال می‌توان گازهای گلخانه‌ای (گرم شدن زمین)، کاربرد کودهای مصنوعی (آلودگی آب و اوتروفیکاسیون)، تولید انرژی هسته‌ای (پسماندهای رادیواکتیو) و حمل و نقل خودکار (مرگ و میر بزرگراهی، آلودگی هوا و پراکنش شهری) را نام برد. (۱۳)

به نظر می‌رسد که پاره‌ای از مسائل عمومی مردم را نمی‌توان فقط از منظر رشته‌ای خاص پاسخ داد. مسائل پر اولویت مانند ایمنی غذا، جانوران و گیاهان تغییر یافته‌ی ژنتیکی، دسترسی به آموزش

هم‌خدادی (Consilience)

اتصال و پیوستگی، تولید یک پارچگی
و هم‌آغوشی (Integration) می‌کنند.

* اتحاد تئوری و دانایی

* اتصال تئوری

* یکپارچگی عمودی با کاربرد مدل‌های محاسبه‌گرایانه

* فناوری‌های هیبرید

- پزشکی نانو

- محاسبه‌ی کوانتومی

* می‌بایست علوم اجتماعی نیز شامل شود.

تصویر ۱۳ - در آن سوی مقیاس، روش‌های محاسبه‌گرایانه‌ی نیرومند، کان‌کنی اطلاعات *data mining*، شبیه‌سازی و هوش مصنوعی می‌توانند ما را در ساخت مدل‌های پایین به بالای سیستم‌های پیچیده یاری کنند.

مجامع دانشگاهی دعوت کرده تا برای یافتن راه حل‌های مسائل پیچیده‌ی اجتماعی مدد کنند. چنین است که روند فزاینده‌ی را برای گرد آمدن پژوهشگران آکادمیک در کنار خبرگان و اندیشمندان جامعه در پروژه‌های شهری و روستایی برای چاره‌جویی چالش‌های پیچیده‌ی همچون فقر،

رایگان، تروریسم، اشتغال‌زایی، فقر، توسعه‌ی جمعیتی و مهاجرت در این قالب جای می‌گیرند. در رهیافت میان رشته‌ای، کانون توجه نه تنها گردآوردن متخصصین هر رشته برای درهم‌تنیدگی اندیشه‌ها است بلکه این رهیافت در جستجوی آن است که خبرگانی نیز از حوزه‌ی بیرونی

مسکن، صلح، محیط زیست و سلامت مشاهده می‌کنیم.

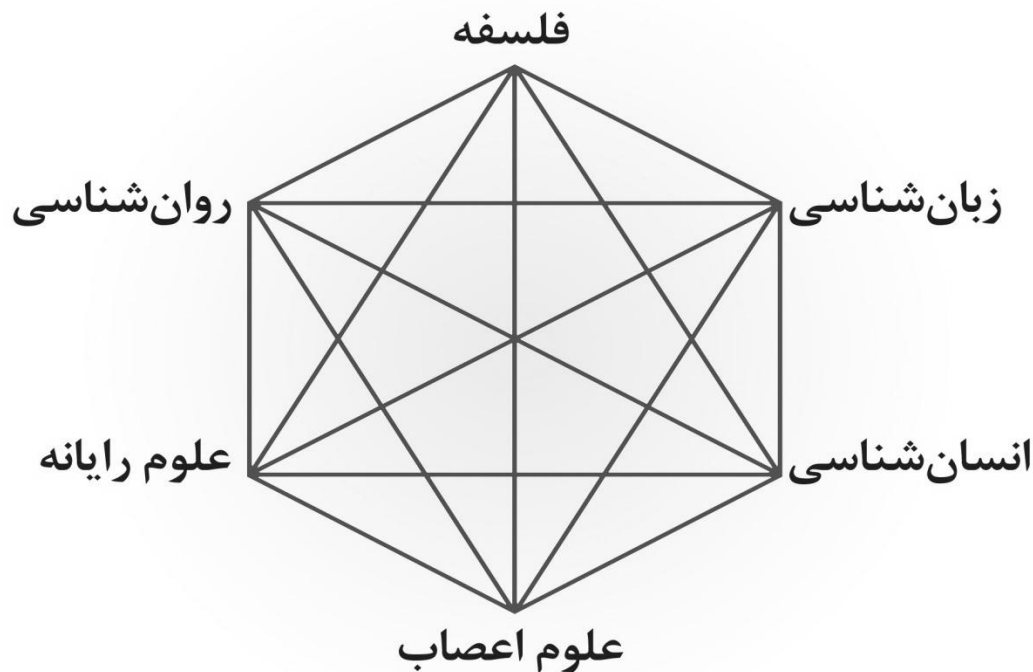
همچنین امروزه می‌بینیم که بسیاری از مسائل و مشکلات عرصه‌ی سلامت، ریشه در مسائل اجتماعی دارد و ترکیب سلامت و جامعه خود تشکیل یک پیوسته‌ی سیستم پیچیده را می‌دهند که برای پاسخ‌گویی به چالش‌های این سیستم پیچیده، راهی به جز ابزار رهیافت میان رشته‌ای وجود ندارد. برای مثال، برای پیشگیری از بیماری‌های قلبی - عروقی در سطح جامعه، رهیافت

میان رشته‌ای با حضور پژوهشگران دانشگاهی، سیاست‌مداران عرصه‌ی سلامت، ارایه‌دهندگان خدمات سلامت و خود نمایندگان جامعه و مردم بهترین شیوه مشارکتی را برای کنترل بیماری‌های قلبی - عروقی ارائه می‌دهد. (۵)

د/ نیاز به خلق بینش‌های انقلابی و

فناوری‌های زاینده

چهارمین پیش‌ران پژوهش‌های میان رشته‌ای، نیاز به "بینش‌های انقلابی نوین" و



تصویر ۱۴ - علوم شناختی، یک علم میان‌رشته‌ای است.

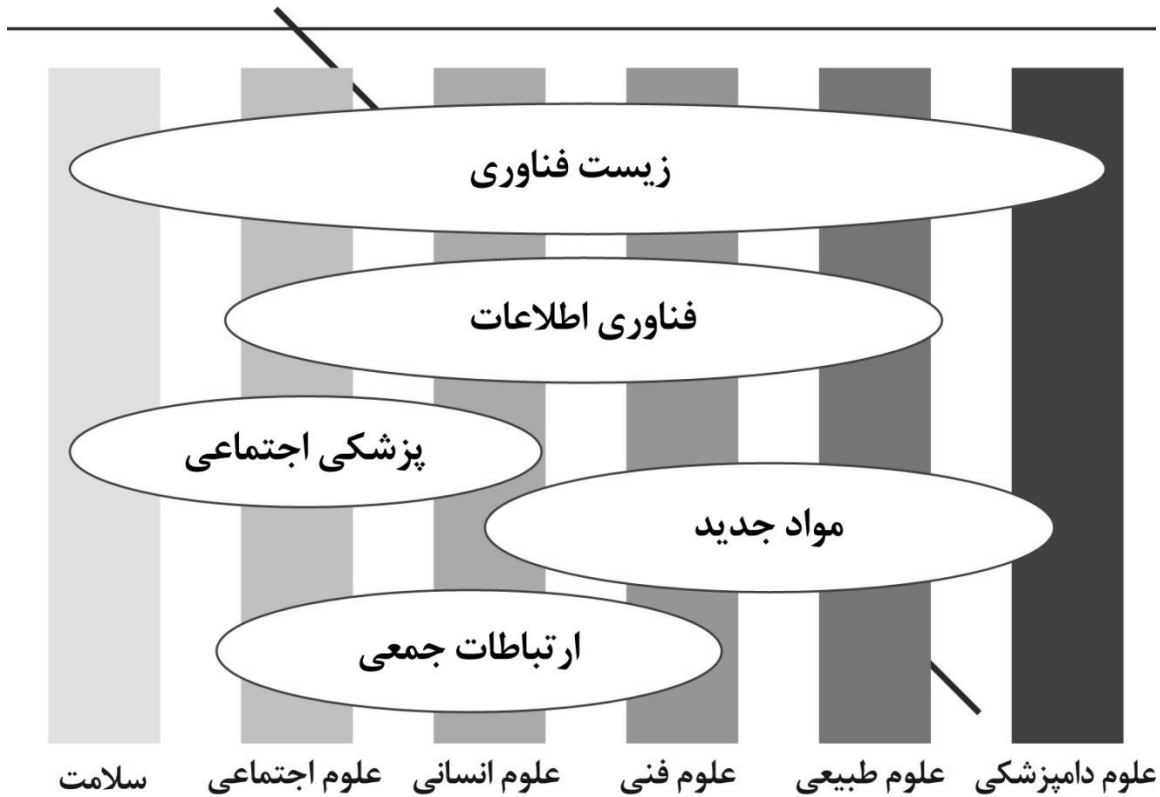
تغییر شکل رشته‌های موجود و خلق رشته‌های نوین را از خود نمایان می‌سازند. اینترنت، MRI، نقشه یابی با GPS، کامپیوتر، لپ‌تاپ و آی‌فون از این گونه فناوری‌ها هستند.

برای تولید بینش‌ها و فناوری‌های بنیان برافکن و تبدیل‌کننده، ما به "هوش موفق

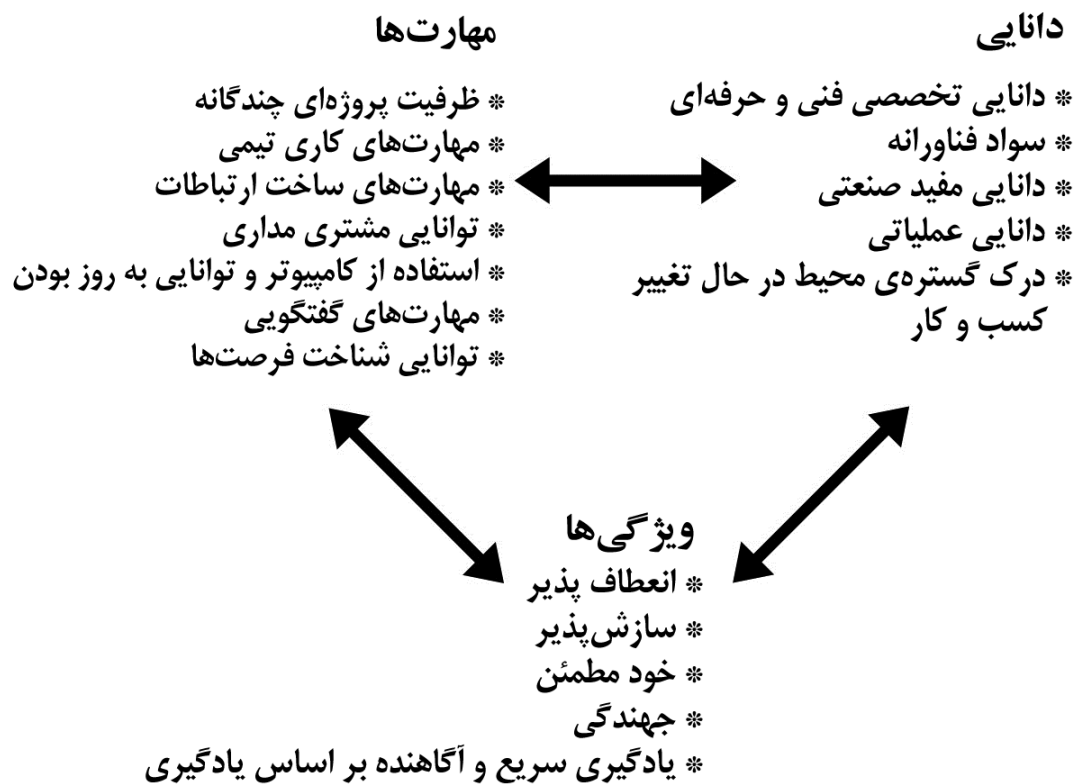
نیز "فناوری‌های زاینده" است. بینش‌های انقلابی ایده‌هایی هستند که توانایی تغییر در چگونگی تفکر، یادگیری و تولید دانش ما را فراهم می‌کنند.

فناوری‌های زاینده آن‌هایی هستند که به دلیل توانایی و جدید بودن کاربردهایشان می‌توانند، نه تنها ارزش افزوده‌ی سترگی ایجاد کنند بلکه ظرفیت

همگرایی فناوریانه



تصویر ۱۵ - رهیافت میان‌رشته‌ای، چالش‌های جامعه را حل می‌نماید.



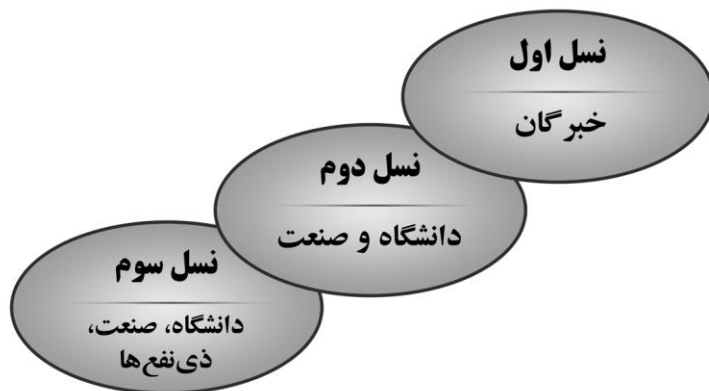
تصویر ۱۶ - صفات کارگران دانایی محور در عصر اطلاعات

به شیوه‌ای کارآمد چه در تجارت و چه در زندگی روزانه مورد نیاز است.

آنچه که یک "هوش موفق" را سامان می‌دهد، وجود یک هماهنگی میان این سه شیوه‌ی تفکر است. به زبان دیگر، داشتن این توانمندی‌ها به تنهایی مهم نیست بلکه بیشتر چگونگی و هنگامه‌ای که می‌بایست این منظره‌های گوناگون هوش موفق را

(Successful Intelligence) نیاز داریم. انسان‌های با توانمندی هوش موفق به سه شیوه تفکر می‌کنند: خلاقانه، تحلیل‌گرانه و عمل‌گرایانه. هوش تحلیل‌گرانه برای حل مسائل و ارزیابی کیفیت ایده‌ها مورد نیاز است. هوش خلاقانه برای ساماندهی ایده‌ها و راه‌حل‌های مسائل لازم می‌باشد. هوش عمل‌گرایانه برای به کارگیری ایده‌ها

فعالان نسل‌های گوناگون آینده‌نگاری



تصویر ۱۷ - در نسل سوم آینده‌نگاری، ذی‌نفع‌های جامعه نیز در کنار دانشگاهیان و کارگزاران صنایع حضور دارند.

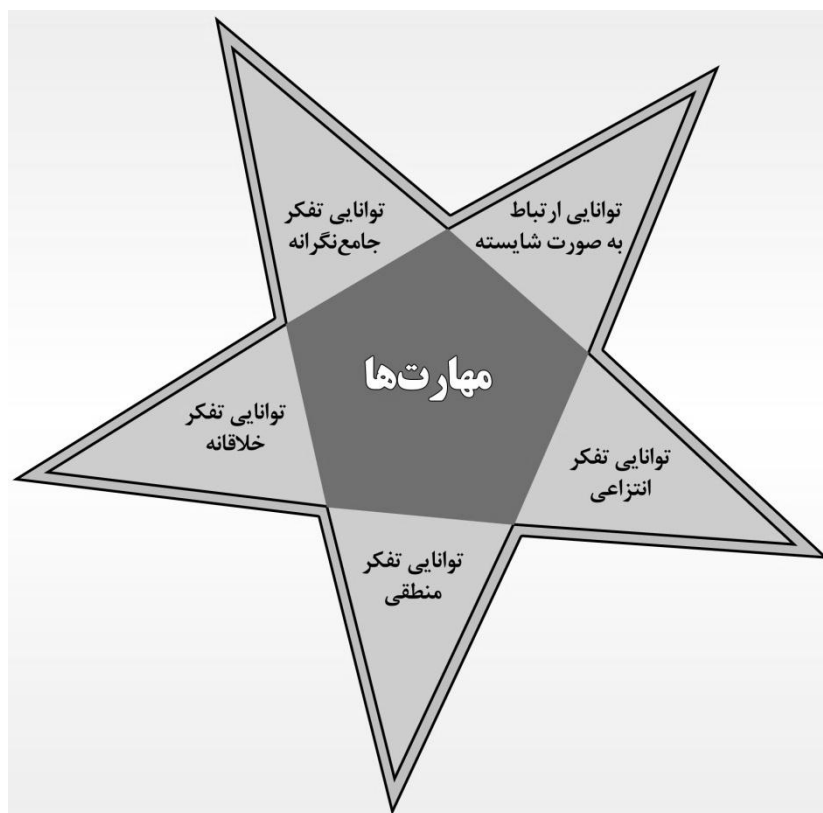
بنابراین، کارگران دانایی چنین محیط‌های کاری که برای کار در عرصه‌ی میان رشته‌ای آماده می‌شوند، از توانمندی‌های ویژه‌ای همچون انعطاف‌پذیری، پویایی و آمادگی برای پذیرش تغییر، به اشتراک گذاشتن دانایی، خودسازماندهی و یادگیری فعال بهره‌مند هستند. (۱۴) آن‌گاه چنین است که این کارگران دانایی می‌توانند شیوه‌های جدیدی خلق کرده و با توسعه و بهبود فرآیندها و محصولات، در خلق و زایش فناوری‌های زاینده مشارکت نمایند. باز در همچنین فضایی است که یادگیری میان رشته‌ای نمود می‌یابد. بر اساس

به کار برد مهم است. (۱۵)

شرکت‌های نوآور مانند اپل، گوگل، مایکروسافت و اینتل، ارزش آدم‌های باهوش موفق را به خوبی درک می‌کنند. زیرا در هنگامی که یک محصول تغییر یافته به بازار راه پیدا می‌کند، در همان زمان، محصولی دیگر گذر تکاملی خود را سیر می‌کند. هوش تحلیل‌گرایانه برای شناخت بازار یک محصول، نیاز است.

اما در هنگامه‌ی نخست، این هوش خلاقانه است که برای

تولید محصولات به کار می‌رود. در نتیجه، برای خلق فناوری‌ها و بینش‌های بنیان برافکن و تبدیل‌کننده، به درهم‌تنیدگی زمینه‌های گوناگون تفکر نیاز است. زیرا این درهم‌تنیدگی اندیشه‌ها در رهیافت میان رشته‌ای است که می‌تواند در فرآیند خلق "هوش موفق" به کار آید. در نمایی دیگر، برای خلق فناوری‌های زاینده و انقلابی، به محیط کاری مملو از انسان‌های هوشمند از رشته‌های گوناگون علوم که می‌دانند چگونه دانش‌های گوناگون را در هم تنیده و از فراسوی این دانش‌های تخصصی در جستجوی راه حل مسائل پیچیده برآیند نیاز است.



تصویر ۱۸ - مهارت‌های مورد لزوم برای کار میان‌رشته‌ای

روش یادگیری میان رشته‌ای است که دانشجویان می‌توانند شایستگی‌های درونی خود را برای در هم تنیدن اطلاعات و پردازش راه حل‌های نوین نشان داده و از پاسخ‌دهی سامان یافته بر اساس مجرای تنگ و بسته‌ی تفکر رشته‌ای، فراتر روند. در تمام برنامه‌های آینده‌نگاری علم و فناوری، برخلاف، نگاه سنتی و کلاسیک تخصص‌گرا، سعی می‌شود که در یک تلاش هم‌گرایانه جمعی با شرکت تمام ذی‌نفع‌ها در قالب یک رهیافت میان رشته‌ای، آینده و گلوگاه‌های فناوری ترسیم شود.

می‌باشد که در آینده‌نگاری فناوری به صورت یک کار گروهی و میان رشته‌ای انجام می‌گیرد. امروزه از نسل سوم آینده‌نگاری برای شناخت این فناوری‌های زاینده استفاده می‌شود و در همین نسل سوم آینده‌نگاری است که ما می‌توانیم عناصر رهیافت میان رشته‌ای را به خوبی یافت کنیم.

در حقیقت، در نسل سوم برنامه‌های آینده‌نگاری فناوری، طیف گسترده‌ای شامل

این تلاش‌ها در زیر چتر فضای اعتقاد به آینده، با ویژگی عدم قطعیت شکل می‌گیرند. (۱۶)

به زبان دیگر، رهیافت میان رشته‌ای، بهترین شیوه برای آینده‌نگاری فناوری به ویژه پیش‌بینی فناوری‌های کلیدی و بنیان برافکن می‌باشد. هدف از پیش‌بینی فناوری‌های کلیدی، شناخت فناوری‌هایی است که آینده‌ی نوید دهنده‌ای دارند و اساس آن رصد گستره و دائم فناوری

پژوهشگران، فعالان کسب و کار و تجارت، مقام‌های رسمی دولتی و ذی‌نفع‌های اجتماعی شکل می‌گیرد. به ویژه در این نسل از آینده‌نگاری، تأکید فراوان بر روی گستره‌های اقتصادی - اجتماعی بوده و تلاش میان رشته‌ای به فراتر از گستره‌های علمی و اقتصادی سوق می‌یابد.

در یک فراگرد کلی، در صحنه رقابت‌های شدید و فزاینده‌ی اقتصاد جهانی و جستجو برای یافتن فناوری‌های کلیدی و گلوگاه‌های فناوری، و نیز بنیان و رشد فناوری‌های زاینده و بینش‌های بنیان برافکن، به جز رهیافت میان رشته‌ای، راهی دیگر در عرصه‌ی تفکر و عمل وجود ندارد.

