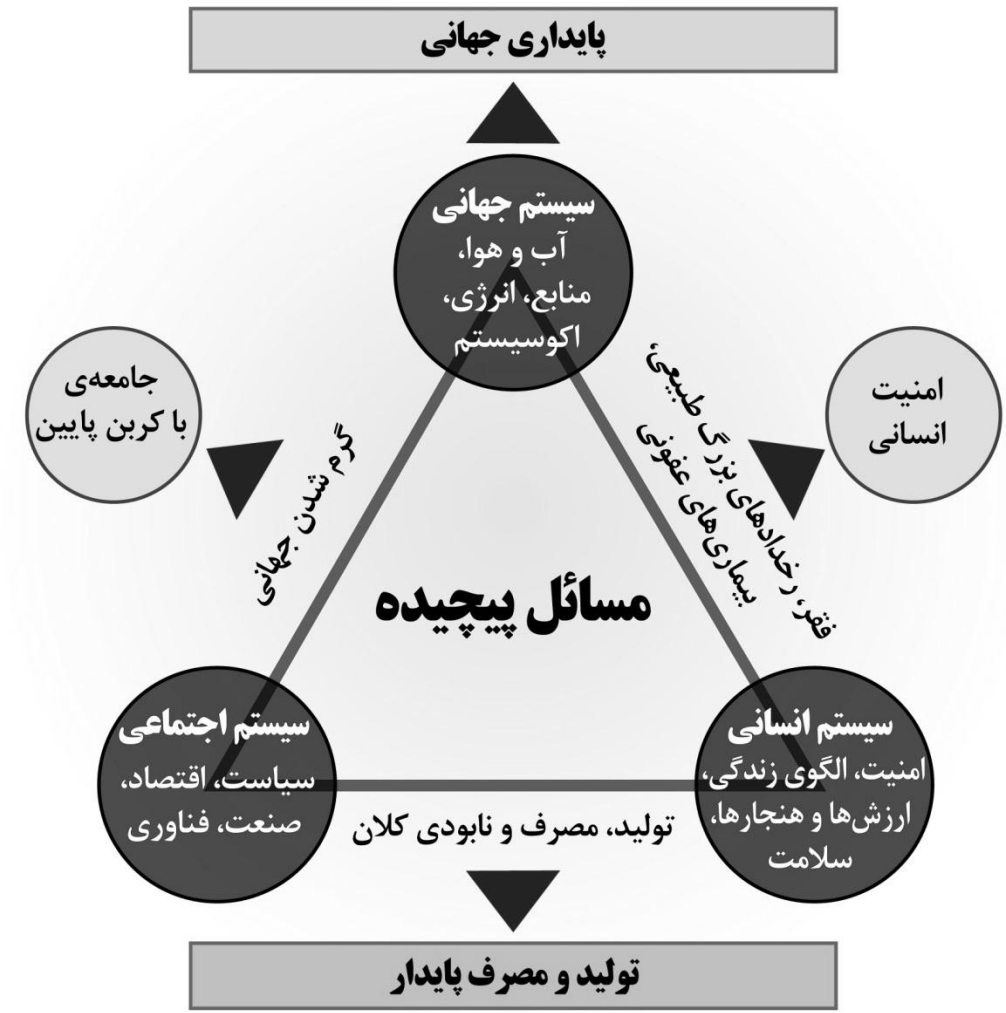
# تئوری مطالعات میان‌رشته‌ای

هر چند کـه پژوهشـگران و نظریـه‌پـردازان مطالعات میان رشته‌ای، تئوری‌های گوناگونی را برای تحلیل رهیافت میان رشته‌ای ارائه داده‌اند (۲۰-۱۷)، امّا "تئوری مطالعات میان رشته‌ای" آقـای ویلیـام اچ نیوول (۲۰۰۱) در این میان بسیار گیرا و قابل تعمق است. بر اساس نظریه‌ی نیـوول، درک اصـول پایـه‌ی سیسـتم‌هـای پیچیـده (Complex System) جهـت تحلیـل مطالعـات میـان رشـته‌ای شـرطی لازم است.(۱۸) زیرا چنان‌چه رفتار یک سیستم به صورت پیچیـده تظـاهر ننمایـد، نیـازی نیـز بـه رهیافـت میان رشته‌ای نیست.

بـرای مـدل‌سـازی هـر رفتـار پیچیـده، مـا می‌بایست از اجزاء تشکیل‌دهنـده‌ی جـدا از هـم آن (زیرسیسـتم‌هـا) و نیـز الگـوی پیچیـده‌ی "خود سازماندهی" که از برهم‌کنش این اجزاء حاصل می‌ایند، آگاهی داشته باشیم. از آن‌جا که هر رشته‌ای به صورت اختصاصی به مطالعه‌ی هر جزء جدا از هم (زیرسیسـتم) پدیـده مـی‌پـردازد، مطالعـه‌ی میان رشته‌ای، یک جایگزین منطقی برای مطالعـه‌ی پدیده می‌باشد.

بـر اسـاس ایـن تعریـف، مطالعـه‌ی میان رشته‌ای، بینش‌هـای رشـته‌هـای وابسـته را در برگرفته و با در هم تنیدن آن‌ها یک درک جامع‌تر را ارائـه مـی‌دهـد. از ایـن رو، موضـوع مطالعـه‌ی میـان رشـته‌ای مـی‌بایسـت چنـد منظـری (Multifaceted) بوده و این منظرها نیز مـی‌بایسـت انسجام داشته باشند. چنان‌چه چند منظری نباشـند، آن‌گاه رهیافت تک رشـته‌ای بـرای مطالعـه‌ی آن‌هـا کافی اسـت. چنـان‌چـه چنـد منظـری باشـند ولـی منسـجم نباشـند، رهیافـت چنـد رشـته‌ای بسـنده مـی‌کنـد، زیـرا نیـازی بـه فرآینـد درهـم‌تنیـدگی (Integration) نیست.

از آن‌جـــا کـــه شـــرط یـــک مطالعـــه‌ی میان رشته‌ای دریافت و برداشت بیـنش رشـته‌هـای گوناگون و نیز در هم تنیدن این بینش‌ها مـی‌باشـد، پس لازم است که موضوع مورد مطالعه‌ی آن نیز یک سیستم باشد. همچنین از آن‌جا که به هم پیوستگی در میان منظرهای ایـن سیسـتم بـه صـورت غالـب، ماهیت غیرخطی دارد، این سیستم نیـز مـی‌بایسـت پیچیده باشد.




*تصویر ۱۹ - مسائل پیچیده در توسعه‌ی پایدار (پایداری)*

بدین سان، اساس نظریه‌ی میان رشته‌ای نیوول، مطالعه‌ی میان رشته‌ای بر روی سیستم‌های پیچیده‌ی ویژه و رفتارهای برآمده از این سیستم‌ها تمرکز دارد. از این رو، هدف نهایی یک رهیافت میان رشته‌ای، درک بخشی از جهان است که توسط آن سیستم پیچیده‌ی خاص، سامان می‌یابد. به زبان دیگر، کنش یک اندیشه‌گر میان رشته‌ای آن است که سیستم پیچیده‌ی ویژه‌ای را از جهان پیرامون خود ترسیم کرده و به مطالعه‌ی رفتار آن بپردازد. به زبانی اختصاصی‌تر که در زیر به توصیف آن خواهیم پرداخت، متفکران میان رشته‌ای در پی آن هستند که به شناخت الگوی "خود سازماندهی" پدیده‌ای که در قالب یک سیستم پیچیده‌ی ویژه‌ای خود را نشان می‌دهد بپردازند.

عموماً، این الگو، قابل شناخت، تکاملی و هوشمند بوده و از رفتاری خود سازماندهی شده پیروی می‌کند و یا به زبان تخصصی این متفکران، این الگو دارای ویژگی خوددرهم‌تنیدگی (Self-Integrating) یا خودسنتزی (Self-Synthesizing) است.

بر همین اساس، خودسنتزی و خوددرهم‌تنیدگی که از ویژگی‌های نا آشکار ولی ذاتی یک مطالعه‌ی میان رشته‌ای است، حداقل با واژه‌ی منحصر به فرد الگوی "خود سازماندهی" که در ادبیات سیستم‌های پیچیده مطرح است، قابل توصیف می‌باشد.

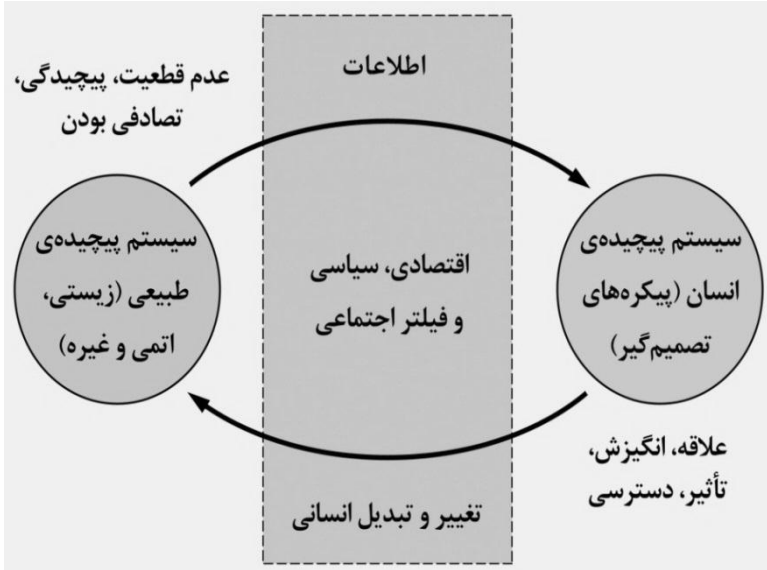
همچنین کاربرد تئوری سیستم‌های پیچیده قادر است که رهیافت‌های به ظاهر واگرا در مطالعات میان رشته‌ای علوم انسانی و علوم طبیعی را یک‌پارچه سازد.

از کاربردهای تئوری سیستم‌های پیچیده در تحلیل رهیافت میان رشته‌ای، همان‌گونه که آقای نیوول ترسیم می‌کند، آن است که اصول حاکم بر سیستم‌های پیچیده می‌تواند اصول گام به گام رهیافت میان رشته‌ای را که متفکران میان رشته‌ای به کار می‌برند تفسیر و تأیید نماید.

در ادامه، بعد از گذری تند به تئوری سیستم‌های پیچیده و ترسیم سیما و ویژگی یک سیستم پیچیده، به تحلیل فرآیند میان رشته‌ای از دیدگاه نظریه‌ی آقای نیوول که برگرفته از تفکر بر پایه‌ی سیستم‌های پیچیده است، می‌پردازیم.

نظریه‌ی نیوول توسط دیگر نظریه پردازان میان رشته‌ای به نقد کشیده شده است (۲۱- ۱۹) و چنین بیان شده است که نگرش به رهیافت میان رشته‌ای بر اساس تئوری سیستم‌های پیچیده می‌تواند قدرت‌های نهان و محدودیت‌های فرآیند میان رشته‌ای را به ویژه در زمانی که سیستم‌های اجتماعی پیچیده را تحلیل می‌کنیم، نمایان

سازد.(۱۸) خانم جولی تامپسون کلین که خود از بنیان‌گذاران مطالعات میان رشته‌ای می‌باشد نیز نظریه‌ی آقای نیوول را نقد کرده است. او بر اساس اصول نقد تئوری که هر تئوری می‌بایست ویژگی‌های عام‌پذیری، تقلیل‌دهندگی (Reductive) و عمل‌گرایی را دارا بوده و بتواند با پیکره‌ی تئوری‌های پیش از خود پیوستگی برقرار کرده و زاینده باشد، این گونه عنوان نموده است که تئوری سیستم‌های پیچیده که نیوول در تحلیل رهیافت میان رشته‌ای از آن سود جسته است دارای ارزش اکتشافی برای مفهوم‌سازی عملکردهای میان رشته‌ای است و این تئوری می‌تواند عناصر بحرانی مورد استفاده در فرآیند درهم‌تنیدگی رهیافت میان رشته‌ای را مورد تأیید قرار دهد.(۱۹) اهمیت نظریه‌ی نیوول در آن است که کاربرد تئوری سیستم‌های پیچیده را به عنوان راهی جهت مفهوم‌سازی فرآیند میان رشته‌ای به صورت عام و توصیف چگونگی عمل ائتلاف و درهم‌تنیدگی طیّ فرآیند میان رشته‌ای را به صورت خاص مطرح می‌سازد. در حقیقت، تئوری سیستم‌های پیچیده، دستورالعملی را برای تدوین شاخص‌هایی جهت انجام و ارزیابی هر گام فرآیند درهم‌تنیدگی ارائه می‌دهد. به زبان دیگر تدوین فلسفه‌ی میان رشته‌ای از منظر سیستم‌های پیچیده این امکان را فراهم می‌کند که هر گام فرآیند درهم‌تنیدگی را مشاهده و میزان موفقیت آن را تعیین نمود. بدین سان، تحلیل میان رشته‌ای، از منظر سیستم‌های پیچیده، می‌تواند به عنوان ابزاری بسیار سودمند برای اندیشه‌ورزان میان رشته‌ای به کار آید. از این رو، بیش از آن‌که به شرح و توصیف تئوری مطالعات میان رشته‌ای از




*تصویر ۲۰ - دیاگرام مفهومی مدل سیستمی پیچیده‌ی طبیعت- انسان*

دیدگاه نظریه‌ی نیوول بپردازیم، نگرشی بر ماهیت و مکانیسم سیستم‌های پیچیده خواهیم داشت. زیرا همان‌گونه که بیان شد، مفاهیم سیستم‌های پیچیده، در درک پایه‌های تئوری مطالعات میان رشته‌ای، بسیار ضروری است.

**سیستم‌های پیچیده**

یک سیستم پیچیده، دارای تعداد زیادی اجزای برهم‌کنش (Interaction) است که فعالیت انباشتی آن‌ها نمایی غیرخطی داشته و به شکل آشکار تحت فشارهای خاصی نیز رفتار خودسازماندهی (Selt-Organization) از خود نشان می‌دهد.(۲۲)

توصیف سیستم‌های پیچیده از منظر دانشمندان گوناگون، بسیار متنوع بوده و این توصیف‌ها تا حدی می‌توانند بینش ما را در مورد خصوصیات این سیستم‌ها گسترش دهند. برخی از این توصیف‌ها عبارتند از:

۱/ پیچیدگی به معنای آن است که ما ساختاری با گستره‌ای از تنوع داریم.

۲/ تکامل در یک سیستم پیچیده، به شرایط اولیه یا به آشفتگی‌های ناچیز موجود در آن بسیار حساس است و در یک سیستم پیچیده، تعداد اجزای برهم‌کنش مستقل از هم بسیار زیاد بوده و یا سیستمی است که در آن‌ها مسیرهای چندگانه‌ای وجود دارد که توسط آن سیستم می‌تواند تکامل یابد. توصیف تحلیلی چنین سیستمی نیاز به معادلات دیفرانسیل غیرخطی دارد.

۳/ از دیدگاه طرح و عملکرد و یا هر دو، درک و بازبینی در سیستم پیچیده به دشواری انجام می‌پذیرد.

۴/ در یک سیستم پیچیده، برهم‌کنش‌های چندگانه میان اجزای گوناگون وجود دارد.

۵/ سیستم‌های پیچیده، سیستم‌هایی در فرآیند هستند که به صورت مداوم در حال تکامل بوده و در طول زمان، خود را آشکار می‌کنند.(۲۳)

۶/ بر اساس تئوری پیچیدگی، انبوه واحدهای تشکیل‌دهنده می‌توانند به صورت "خود سازماندهی" الگوهایی خلق، اطلاعات را ذخیره و در تصمیم‌گیری اشتراکی درگیر شوند.

۷/ سیستم‌های پیچیده به صورت ذاتی، بغرنج و به ندرت به طور کامل قطعی و غیراحتمالی هستند. از این رو، مدل‌های ریاضی این سیستم‌ها معمولاً خود پیچیده، غیرخطی و یا با رفتاری آشوبگرانه (Chaotic) هستند.(۲۴)

بحث پیچیدگی هنگامی آغاز می‌گردد که علیت فرو می‌نشیند. همگی ما با ایده‌ی علت و معلولی خو گرفته‌ایم. این بدان معنی خواهد بود

که علت‌های کوچک نیز اثرات کوچک و علت‌های بزرگ، اثرات سترگی از خود برجای می‌گذارند. این واقعیت برای یک سیستم خطی درست می‌باشد؛ یعنی سیستمی که علت و معلول با یکدیگر تناسب دارند. چنین رفتاری اغلب در حالت تعادل یک سیستم دیده می‌شود. امّا هنگامی که سیستم‌های پیچیده فراتر از تعادل رانده می‌شوند، بر سیمای غیرخطی بودن چیرگی می‌یابند و می‌توان در این سیستم‌ها رفتارهای عجیب و غریب و فراتر از ادراک حسی را دریافت و از این رو، از این رفتارها، به ما به عنوان یک ناظر بیرونی، احساس شگفتی دست خواهد داد.

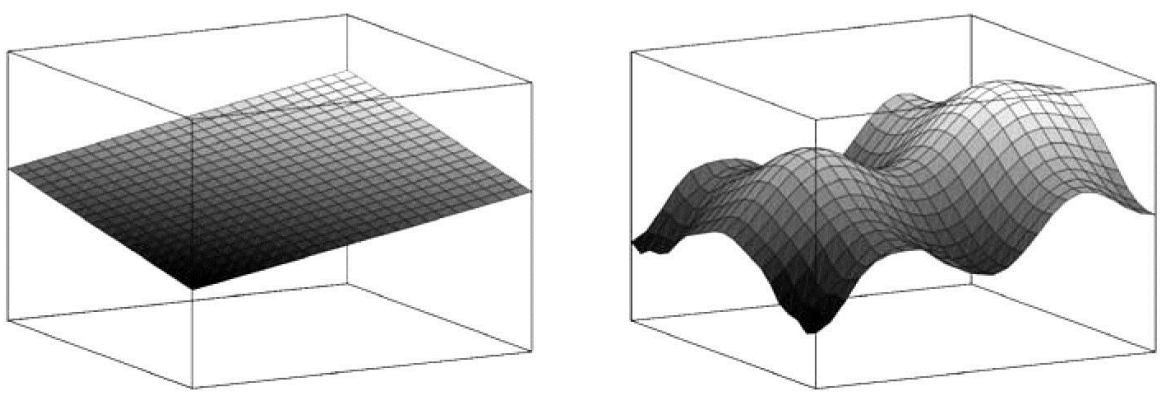
هم‌اکنون تلاش می‌کنیم که ویژگی‌های مهم سیمای سیستم‌های پیچیده را ترسیم کنیم.

***الف/ غیرخطی بودن (Nonlinearity)***

اغلب غیرخطی بودن به عنوان بخش ضروری محسوب می‌شود. در سیستم خطی، بیشتر از یک حالت ثابت و یک راه حل بهینه وجود ندارد؛ در حالی که در سیستم‌های غیرخطی این وضعیت متفاوت بوده و این سیستم‌ها راه حل‌ها و حالات بهینه‌ی چندگانه‌ای دارند.(۲۴)

از خصوصیات دیگر سیستم‌های خطی آن است که توالی رویدادها در آن به گونه‌ای سامان یافته است که رویدادها یکی پس از دیگری پدید می‌آیند. بر خلاف آن، در سیستم‌های غیرخطی، می‌توان مشاهده کرد که عناصری که توسط عناصر پیشین تغییر داده شده‌اند، خود می‌توانند بر عناصری که پیش از خود در توالی بوده‌اند، اثرگذارند.





*تصویر ۲۱ - ترسیم توابع خطی و غیرخطی. در حالی که توابع خطی یک ماکزیمم در گستره‌ای محدود دارند (سمت چپ)، توابع غیرخطی دارای تعداد فراوانی (موضعی) بیشینه هستند.*

از این رو، در تحلیل غیرخطی، پژوهشگران می‌بینند که چگونه هر چیزی در توالی، دارای این امکان است که بر چیز دیگری در توالی پس و پیش خود، اثر بگذارد. بدین سان، اغلب نتیجه‌ی حاصل شده به نسبت ورودی اولیه، بی‌تناسب است. چنین پویایی در سیستم‌های پیچیده، همانند همان چیزی است که در طبیعت مشاهده می‌کنیم. تقریباً هرگز در طبیعت یک توالی خطی رویدادها و تغییرات به صورت خالص نداریم.(۲۵)

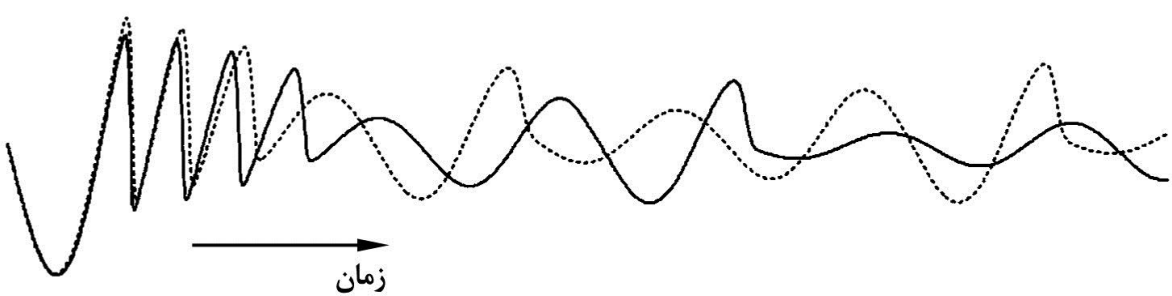
***ب/ پویایی آشوب‌گرانه (Chaotic Dynamics) و اثر پروانه‌ای***

چنان‌چه کسی دانایی گسترده از هنگامه‌ی پیشین یک سیستم داشته باشد، می‌تواند روند تکاملی آن را به آسانی پیش بینی کند و این دانایی معمولاً شامل طیفی از احتمالاتی است که می‌تواند در آینده روی دهد. امّا چنان‌چه این زنجیره‌ی تکاملی هر هنگامه به هنگامه‌ی پسین ادامه یابد، پیش بینی رخداد بر پایه‌ی دانش هنگامه‌ی نخست، حتی با داشتن دانش گسترده، بیشتر و بیشتر دشوار می‌شود.

از این رو، حتی با سیر منطقی یک هنگامه به هنگامه‌ی بعدی، شانس پیش بینی آن‌چه در هنگامه‌ی پسین روی می‌دهد، کم رنگ‌تر می‌شود. این عدم قطعیت پیش بینی کنندگی را آشوب (Chaos) می‌نامند.

بدین سان، حتی یک تغییرِ ناچیز می‌تواند خود را با تعداد سترگی از نتایج احتمالی متفاوت نشان دهد. امّا با این وجود باید در نظر گرفت که هنوز این تغییرات، نتایج آن تغییرِ ناچیز است و بنابراین به صورت فزاینده‌ای بسیار دشوار است که






*تصویر ۲۲ - ترسیم "اثر پروانه‌ای"، جدایی مسیرهای همسایه در طول زمان.*
*تغییر ناچیز در مسیر یک سیستم پرآشوب (Chaotic System) (بال زدن پروانه) به یک پویایی کاملاً متفاوت منتهی می‌شود و از این رو رفتار سیستم‌های پرآشوب، غیرقابل پیش‌بینی (در ورای افق زمانی) هستند.*

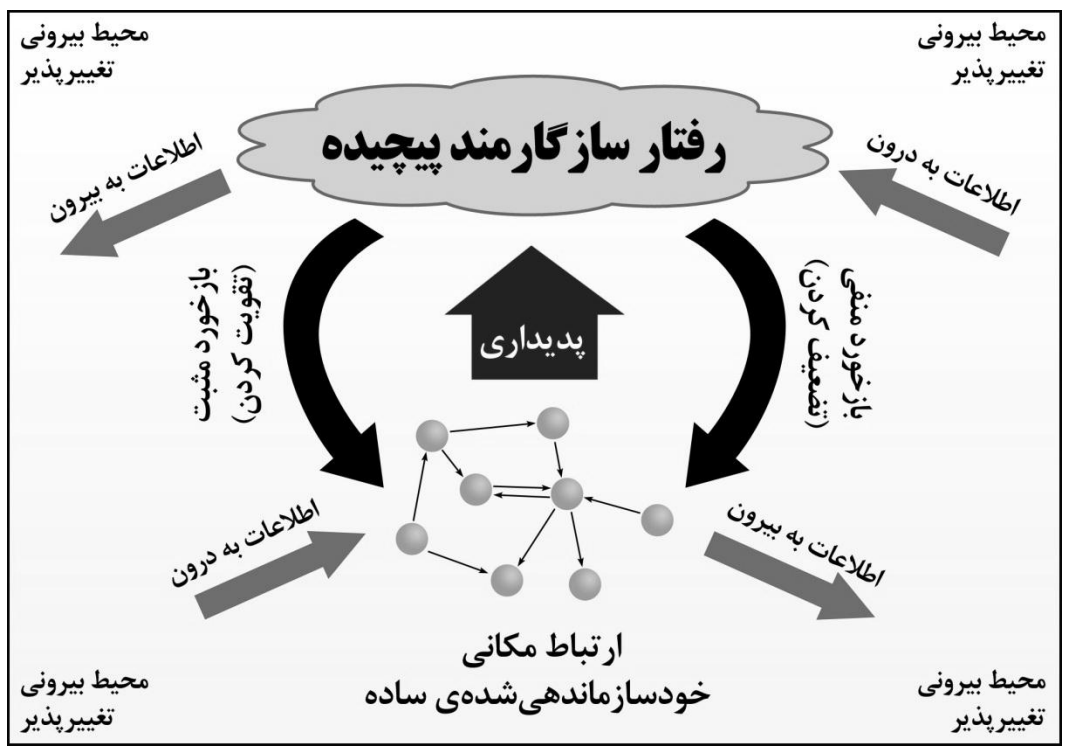
بتوان به طور دقیق پیشگویی کرد که چـه نتیجـه‌ای در حقیقت روی می‌دهد.

اما از آن‌جا که احتمال روی دادن بعضـی از این رخدادها را می‌توان یافت، باید گفت کـه تحلیـل آماری، هنوز جهت کمک به توصیف وضـعیت کلـی، بسیار مهم می‌باشد.

مثال کلاسیک این ایده آن است که چگونـه بال زدن یک پروانه در یک گوشه از جهان مـی‌توانـد در ایجاد طوفان در گوشه‌ای دیگر از دنیـا اثـر گـذار باشد.(۳۷) این عنوان تشابه‌ای از آن‌جا آمده است که تغییر ناچیزی در مسیر حرکتی یک سیستم آشـوبی (بال زدن پروانه) در نهایت به وضعیت پویایی کـاملاً متفاوتی منتهی می‌شود. این پدیده را اثـر پروانـه‌ای نامیـده‌انـد و حـاکی از رفتـار غیرقابـل پـیش بینـی کننده‌ی سیستم‌های آشوبگر است.(۲۴)

### ج/ خودسازماندهی (Self-Organization)

در فرآیندی کـه یـک سیسـتم پیچیـده بـه حداکثر سازگاری خود می‌رسد، به خود سـازماندهی سیستم منتهی می‌شـود. در ایـن حالـت، عوامـل بـه



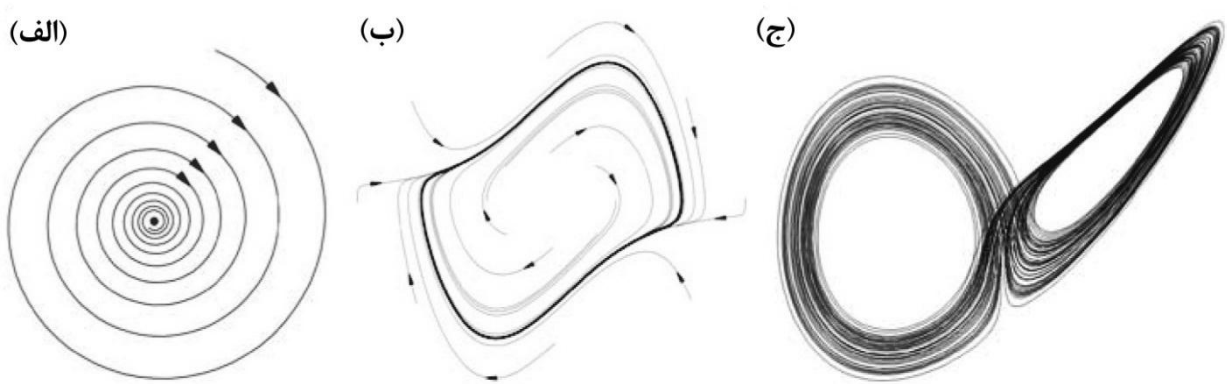

*تصویر ۲۲ - شیوه‌ای برای مدل‌سازی سیستم سازگارمند پیچیده*

صورت مکانی کنش کرده و از گستره‌ی سیستم بزرگتر که آن‌ها جزیی از آن هستند، آگاه نمی‌باشند و با این کنش‌های موضعی، الگوهای بزرگتری را می‌آفرینند که به سازماندهی سیستم به صورت کل می‌انجامد. این مفهوم را می‌توان در عمل در کلنی‌های مورچه‌ها و موریانه‌ها، کندوی عسل، اقتصاد بازار و حتی می‌توان در یک کامپیوتر خانگی با برنامه‌ی آزادی همچون استارلگو (StarLogo) یا نت لگو (Netlogo) مشاهده کرد.

این ایده که یک کلنی مورچه، یک سیستم است و خود را بدون هیچ رهبری سازماندهی می‌کند، به نظر فریبنده می‌آید. در حقیقت هر مورچه، با اطلاعات محدود خود عمل کرده و در پدید آمدن یک کل سازماندهی شده، مشارکت می‌کند. این‌گونه نگریستن به سازمان، به عنوان یک ویژگی پدیدار یافته از سیستم‌های پیچیده، پاره‌ای از انگاشت‌های پایه را پیرامون سازمان به صورت عام و پیرامون یادگیری به صورت خاص، به چالش می‌کشد.

پاره‌ای از شرایط لازم است تا این‌که یک سیستم حالت خود سازمانی داشته باشد. نخست، سیستم می‌بایست دارای تعداد زیادی اجزاء باشد. افزون بر این، اجزاء می‌بایست به صورت غیرخطی با هم برهم‌کنش داشته باشند. چنان‌چه اجزای کافی موجود نباشد و یا از هم برکنش آن‌ها پیشگیری شود، الگوها پدیدار و یا تکامل نمی‌یابند. ماهیت






*تصویر ۲۳ - ترسیم مسیرهایی که به یک نقطه‌ی ایستگاهی پایدار همگرایی می‌یابند (الف)، یا به یک چرخه‌ی محدود (ب) و یا به منطقه‌ای از یک فاز با زمان معین غیرمتجانس(ج).*
*سیستم‌های با رفتار پرآشوب با این مناطق غیرمتجانس (strange attractor) که غیرتناوبی هستند، مشخص می‌شوند.*

*تصویر ۲۴ - انتولوژی‌های چهارگانه اسنودن (Snowden)*



برهم‌کنش نیز می‌بایست غیرخطی باشد.(۲۶)

دانشمندان پی برده‌اند که تغییر در سیستم‌های پیچیده به صورت طبیعی و خودبه‌خودی جهت افزایش بهره‌وری و کارآیی روی می‌دهد. این تغییر توسط اجزایی که سیستم را می‌سازند با پاسخ به بازخورد محیطی که سیستم در آن جای دارد، روی می‌دهد. این بازخورد محیطی، اطلاعات را در مورد بهره‌وری و کارآیی سیستم فراهم می‌آورد. اجزایی که از بازخورد منفی محیط، پیروزی می‌یابند، به صورت خودبه‌خودی،

خـــود را بـــاز آرایـــش داده و یـــا خـــود و یـــا برهم‌کنش‌هایشان را بـاز سـازماندهی مـی‌کننـد تـا بتوانند بهتر به اهداف سیستم نائل شوند.

موفقیـت در ایـن هنگـام، زیسـتِ دامنـه‌دار آن‌ها را با حفاظت و یا تقویت ساختارهایی کـه ایـن اجزاء جزیی از آن‌ها هستند تضمین می‌کنـد. بسـیار جالب است که این پاسخ‌گویی حتـی در زمـانی کـه اجزاء و سیستم به صورت غیرارگانیک، غیرهوشـمند و غیرآگاه هسـتند، - البتـه تـا زمـانی کـه سیسـتم پیچیده است - رخ می‌دهد.(۲۵)

مثال کلاسیک خود سازماندهی را مـی‌تـوان در بسیاری از سیستم‌ها که اجزاء فراوانی دارند مانند ترافیـک، جمعیـت‌هـا، سـازمان‌هـا، شـرکت‌هـا و یـا پروژه‌های تولیدی مشاهده کرد. این سیستم‌ها خـود را به صورت موفقیت آمیزی، در قالب سیستم‌های با ذرات فراوان و یا اجزاء چندین‌گانه نشان مـی‌دهنـد. بر اساس نوع سیستم، این اجزاء می‌توانند ماشین‌هـا، اشخاص، کارگران و یا محصولات (یا بخـش‌هـایی از محصولات) باشند.

در این سیستم‌ها، درون داد انرژی با اثـرات سایشی، جذب سیستم می‌شود. البته اثر سایشـی آن در سیستم به صورت همگن نمی‌باشد. به زبان دیگر، این اثر در همه جا یکسان نیسـت. در حقیقـت ایـن بستگی دارد به برهم‌کنش‌های موضعی میـان اجـزاء گوناگون سیستم که خود را به صورت ساخت الگویی فضا - زمانی (Spatio-temporal) نمایان مـی‌سـازد؛ مانند اجتماعات حشراتی چون مورچه، موریانـه و یـا زنبورهـا کـه بـا بـرهم‌کـنش‌هـای سـاده مـی‌تواننـد ســـاختارهایی پیچیـــده و عملکردهـــای گیـــرا را بیافرینند.(۲۴)

### د/ رفتار پدیداری (Emerging behavior)

در ذات تکامل طبیعی سیستم‌های پیچیده، ماهیت غیرقابل پیش بینی بودن، نهفته است و ایـن ویژگی می‌تواند نتایجی در سیستم بیافرینـد کـه بـر اساس تحلیل شرایط اولیه‌ی سیستم کـاملاً غیرقابـل پیش‌گویی کننـده باشـد. چنـین نتـایج برخاسـته‌ی غیرقابـل پـیش بینـی را ویژگـی‌هـای پدیـداری (Emergent) سیستم‌های پیچیده می‌نامند.

به ویژگی‌های پدیـداری بـه صـورت "نتـایج منطقی" و نه "قابل پیش بینی" نگریسته می‌شود. به زبان دیگر، این رفتار پدیدار شـده خـود شـامل یـک پدیده با سطح بالاتر است که نمی‌توان آن را به اجزاء ساده‌تر و اولیه‌ی آن فروکاست.(۲۵) رفتـار پدیـداری را هنگامی می‌توان مشاهده کرد که نقطـه‌ی تمرکـز توجه از یک مقیاس به مقیاس بزرگ‌تر تغییر مکـان یابد. در این صورت، این رفتـار را نمـی‌تـوان در ایـن مقیاس با مطالعـه‌ی تـک تـک و جداگانـه‌ی اجـزای تشکیل‌دهنده‌ی سطح اولیه، ادراک نمود و از ایـن رو

گفته می‌شود که این رفتار پدیدار شده یک پدیده‌ی نوین است که ویژه‌ی آن سطح و مقیاسی است که هم اکنون به آن نگریسته می‌شود و نتیجه‌ی برهم‌کنش کلی بین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی مقیاس پیشین است. مثال پیش و پا افتاده‌ی آن، حرکت بدن انسان است که نمی‌توان حرکت را به عنوان یک رفتار پدیداری از مطالعه‌ی سر، تنه و یا پا به صورت تنهایی درک نمود. دریافت پدیده‌ی حرکت بدن انسان، به نگرش به آن در سطح و مقیاسی بالاتر نیاز دارد.(۲۷)

از این رو، در سیستم‌های پیچیده، هر چند که نتایج می‌توانند قطعی و حتمی باشند ولی آن‌ها را تنها می‌توان در سطح و مقیاسی بالاتر از سطح اجزاء مطالعه کرد. به عنوان مثال، موریانه‌ها دارای فیزیولوژی، بیوشیمی و تکامل بیولوژیک مربوط به خود هستند که در یک سطح مورد تحلیل قرار می‌گیرند ولی رفتار اجتماعی و ساخت پشته توسط آن‌ها یک رفتار پدیدار است که از برهم‌کنش انباشتی موریانه‌ها نمود می‌یابد و تحلیل آن سطح و مقیاسی متفاوت را می‌طلبد.(۲۲)

هر چند وجود رفتار پدیداری، شرط کافی برای سیستم‌های پیچیده نیست ولی در تمام سطوح معرفتی، رفتار پدیداری شرطی لازم برای سیستم‌های پیچیده محسوب می‌شود.(۲۸)

## فرآیند میان رشته‌ای و سیستم‌های پیچیده

### *الف/ ترسیم چشم‌اندازهای رشته‌ای*

برای درک یک مسئله‌ی میان رشته‌ای در سیستم‌های پیچیده، شاید این گونه پسندیده آید که از یک مثال آغاز کنیم. باران اسیدی توسط فعالیت اقتصادی انسان با پیش‌ران سیستم مالی و اقتصاد جهانی تولید می‌شود که توسط سیستم سیاسی مورد رصد قرار گرفته و در فرهنگ و تاریخ نیز برای خود جایی یافته است. فعالیت باران اسیدی با محیط زیست فیزیکی از طریق مجموعه‌ای از رشته رویدادهای شیمیایی هواشناسی، زیست‌شناسی و فیزیکی در کنش می‌باشد که این واکنش‌ها خود با مجموعه‌ای از چرخه‌های زمین‌شناسی، شیمیایی و هیدرولوژیک درهم کنش دارند. بدین سان، اثرات زیان بار آن بر گستره‌ای از اشیاء و فعالیت‌های انسان و اکوسیستم دیده می‌شود که این اثرات را می‌توان از خوردگی باغچه تا مجسمه‌ی میدان شهر، از نزدیک لمس نمود.

سیستم‌های رشته‌ای (Disciplinary)، محیط زیست، رویداها، چرخه‌ها، اشیاء، فعالیت‌ها و اکوسیستم‌ها را می‌توان به خوبی به عنوان اجزاء یا زیرسیستم‌های یک سیستم پیچیده‌ی بزرگ‌تر

قلمداد کرد. باران اسیدی به عنوان یک الگوی کاملِ یک رفتار است که در قالب یک سیستم پیچیده می‌گنجد. چالش یک متفکر میان رشته‌ای آن است که مسئله‌ی باران اسیدی را در زمینه‌ای از یک الگوی رفتاری درک کرده و از طریق این الگو به ارائه‌ی حل مسئله بپردازد.

*۱/ تعریف کردن (Defining)*

از آن‌جا که هر رشته به رفتار زیرسیستمی ویژه‌ای که یک منظر از حقیقت را ترسیم می‌کند می‌نگرد، تعریف آن رشته از وجود و بیان یک مسئله، بسیار بستگی به زمینه و مقیاس زیر سیستمی آن دارد. اقتصاددانان، باران اسیدی را به عنوان مسئله‌ای بیرونی می‌انگارند. دانش‌گران سیاست به آن به عنوان مسئله‌ای قانونی نگاه می‌کنند و مهندسان نیز به صورت یک مسئله‌ی طراحی به آن می‌پردازند. از آن‌جا که سیستم بزرگ‌تر ماهیت یک سیستم پیچیده را دارد، آن بخشی از الگوی رفتار کلی که یک رشته از دیدگاه تنگ خود به آن می‌نگرد، ممکن است از آن‌چه دیگر رشته‌ها می‌نگرند، متفاوت به نظر آید.

**الف/ ترسیم منظرهای رشته‌ای**

**تعریف کردن**
تعریف کردن مسئله (پرسش، عنوان، مورد)

**تعیین کردن**
معین کردن رشته‌های وابسته (میان‌رشته‌ای، مکاتب فکری)

**توسعه دادن**
توسعه دادن فرمان کاری مفاهیم، تئوری‌ها و رشته‌های هر رشته‌ی وابسته

**گردآوری**
گردآوری تمام دانش رشته‌ای رایج و جستجوی اطلاعات جدید

**مطالعه کردن**
مطالعه‌ی مسئله از منظرهای هر رشته

**آفریدن**
خلق بینش‌های رشته‌ای از مسئله

**ب/ درهم‌تنیدن بینش‌ها از طریق ساخت منظرهای جامع‌تر**

**شناسایی کردن**
شناخت تضاد در بینش‌ها با به کارگیری خود رشته‌ها جهت روشن نمودن پنداشت‌های یکدیگر، یا با جستجو در اصطلاحات گوناگون که معانی مشترکی دارند یا اصطلاحاتی که معانی گوناگونی دارند.

**ارزیابی**
ارزیابی کردن پنداشت‌ها و ترمینولوژی در زمینه‌ی مسئله‌ای خاص

**حل کردن**
حل تضادها با گفتمان و یافت پنداشت‌های مشترک

**خلق کردن**
خلق گستره‌ی مشترک

**فرآوری**
فرآوری یک مدل (استعاره یا موضوع) که درک جدید را محصور نماید.

**آزمودن**
آزمودن درک حاصله با اقدام به حل مسئله

*تصویر ۲۵ - تعاریف نیوول (۱۹۹۷) از هنگامه‌های گوناگون فرآیند میان‌رشته‌ای*

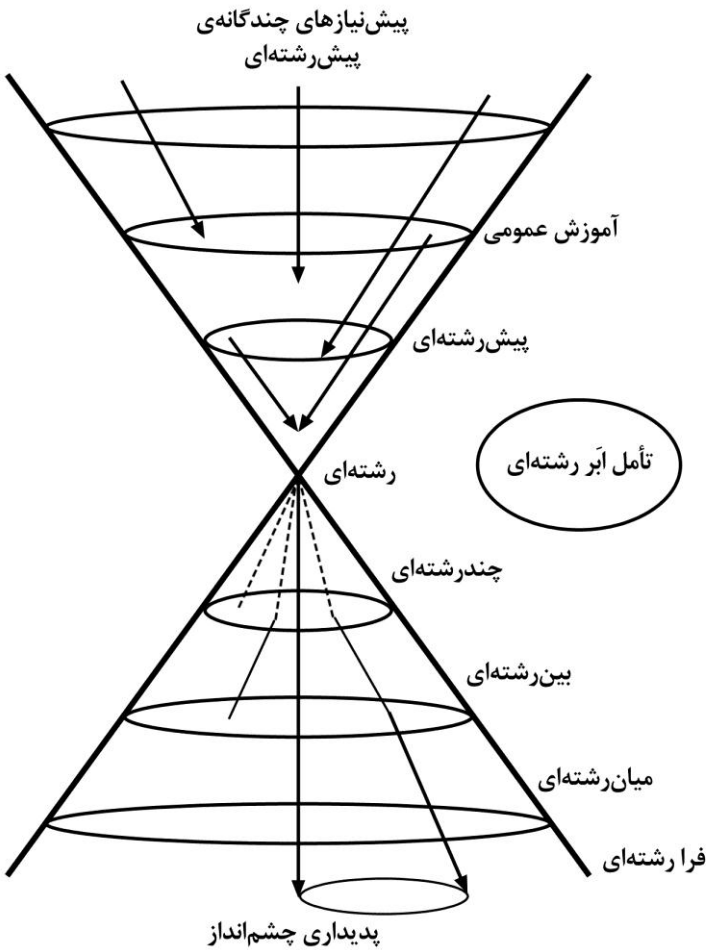
مهندس طراح یک نیروگاه ممکن است بیان کند که هیچ مشکلی با طراحی این نیروگاه از منظر طراحی وجود ندارد ولی دیدگاه اقتصاددانان را در مورد سوخت زغال‌سنگ با گوگرد بالا به جای گوگرد پایین مورد انتقاد قرار دهد. امّا این وظیفه‌ی یک متفکر میان رشته‌ای است که به صورت گسترده به الگوی باران اسیدی در قالب یک سیستم پیچیده‌ی جامع نگریسته و مسئله را از این منظر تعریف می‌کند. تعریفی که بسیار گسترده‌تر و فراتر از دیدگاه‌های تنگ و محدودی است که هر کس به فراخور دانش خود ارائه می‌دهد.



*۲/ تعیین کردن (Determining)*

در گذر زمان، هر رشته، ابزارهای ویژه‌ای را برای مطالعه‌ی پدیده‌هایی که در قالب زیرسیستم خاصی جای گرفته است، توسعه داده است.

همیشه متفکر میان رشته‌ای در انتخاب رشته‌ها یا چشم‌اندازهایی که توسط آن‌ها بتواند با مسئله رویارویی نماید در چالش است و برای برآمدن بر این چالش، او نقش زیرسیستم‌هایی را که به شکل




*تصویر ۲۶ - قیف خبرگی براساس میل از سوی خبرگی رشته‌ای به سوی فرارشته‌ای و پدیدار شدن یک چشم انداز*

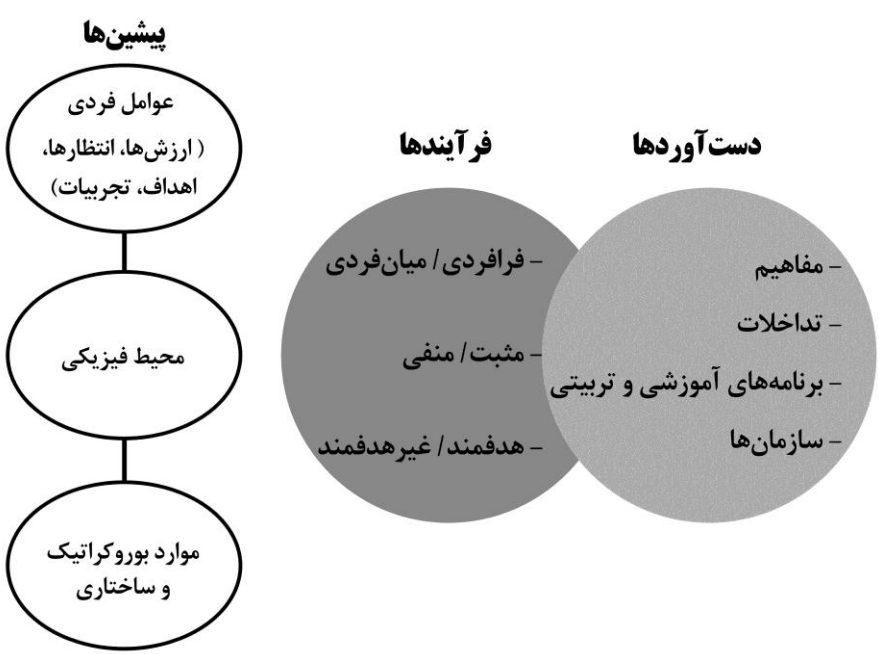
*چیدمان پیش رشته‌های گوناگون، آموزش عمومی تعریف شده‌ای را سامان می‌دهند و آن گاه "خبرگی رشته‌ای" کسب می‌شود. این خبرگی با دانش دیگر رشته‌ها رشد می‌یابد. در نهایت خبرگی فرارشته‌ای به وجود آمده که می‌تواند دورنماهای جدیدی را پدیدار سازد. تأملات ابررشته‌ای پیرامون ارتباطات معرفت‌شناسی میانِ رشته‌ها و غیره می‌بایست همجوار با رشد دانایی وجود داشته باشد.*

چشمگیری در الگوی کلی رفتاری که به عنوان یک سیستم پیچیده تحت مطالعه قرا داده است را می‌بایست ترسیم کند. او تا حدی برای پرداختن به این چالش می‌تواند بررسی کند که هر رشته آیا ادبیات خاصی را برای آن مسئله دارد و یا می‌تواند از همکاران دانشگاهی خود در هر بخش پرسمان کند که آیا در رشته‌ی آن‌ها راه‌ی برای پرداختن به این مسئله وجود دارد.

ممکن است در لحظه‌ی نخست، کسی به این فکر نیفتد که به عنوان مثال، علم انسان‌شناسی، خیلی به مسئله‌ی باران اسیدی پرداخته باشد. امّا یک همکار دانشگاهی در بخش انسان‌شناسی می‌داند که ماتریالیسم فرهنگی یک چارچوب عمومی فکری برای سطح برخورد انسان - زیست محیط، به ویژه راه‌هایی که عملکرد اقتصادی و فناورانه در اکوسیستم تغییرات ایجاد می‌کند، فراهم آورده است. در هر صورت باید در نظر داشت که از آن جا که سیستم کلی مورد مطالعه، در ماهیت پیچیده است، مشارکت هر زیرسیستم در الگوی رفتار سیستم کلی ممکن است حتی برای متفکر میان رشته‌ای نیز که آن‌ها را مطالعه می‌کند، چندان آشکار نباشد. بنابراین، به اندیشه‌گر میان رشته‌ای اندرز داده می‌شود که حداقل در نخستین جستارهایش، گرفتار جامعیت نگردیده و به وجود ارتباطات غیرخطی که ممکن است از منظر دید پنهان شوند، آگاه باشد.

*۳/ توسعه دادن و گردآوری کردن (Developing and Gathering)*

لزومی ندارد که متفکران میان رشته‌ای، در




*تصویر ۲۷ - مدل همکاری علمی میان‌رشته‌ای*

رشته‌هایی که مورد کاربرد قرار می‌دهند، خبرگی داشته باشند. فراتر از یک برداشت عمومی از چشم‌انداز رشته‌ای که مورد بررسی قرار می‌دهند، آنان فقط نیاز به آگاهی از بخش‌هایی وابسته از آن رشته‌ها را دارند که سیماهای ویژه‌ای از یک سیستم پیچیده‌ی خاص را ترسیم می‌کنند. برای مثال، جهت مطالعه‌ی فیزیک باران اسیدی، آن‌ها به درک پایه‌ی اصول ترومودینامیک که در پس عملکرد یک پروژه‌ی قدرت که در تولید کننده‌ی الکتریسته نقشی دارند، نیاز دارند. امّا این‌که آن‌ها نیاز به آشنایی با فیزیک زیر اتمی داشته باشند دور از ذهن است.

از آن‌جا که هیچ دو سیستم پیچیده، همانند یکدیگر نیستند، متفکر میان رشته‌ای لازم است که هر بار یک چیز جدید از یک رشته‌ی خاص را در هنگامی که آن رشته را به کار می‌برد، بیاموزد. دوباره یادآوری این نکته لازم است که پیچیدگی یک سیستم تحت مطالعه به معنای آن است که ممکن است بخش‌های غیرقابل انتظاری از یک رشته ثابت شود که برای بررسی آن سیستم پیچیده مفید باشند. به همین دلیل، ضروری است که اندیشه‌ورز میان رشته‌ای می‌بایست حداقل یک دید کلی از چشم‌انداز آن رشته را داشته باشد که در صورت لزوم بتواند از پتانسیل نهفته در آن رشته برای مطالعه‌ی سیستم پیچیده‌ی تحت بررسی خود بهره گیرد.

### *۴/ پژوهش کردن (Searching)*

هر رشته میل دارد با دیدی تنگ به مواردی

*تصویر ۲۸ - گذار فلسفه به پارادایم جدید فرارشته‌ای*

که در گستره‌ی مورد علاقه‌ی زمینه‌ی آن زیرسیستم است بنگرد. هنگامی که اندیشه‌گر میان رشته‌ای در جستجوی آن است تا یک رشته را برای مطالعه‌ی یک مورد ویژه در زمینه‌ی سیستم پیچیده به کار ببرد، ممکن است پی ببرد که پژوهش‌های بیشتری می‌بایست انجام شود تا بتوان چشم‌انداز عمومی، مفاهیم ویژه‌ی وابسته، تئوری‌ها و شیوه‌های آن رشته را به کار برد. برای مثال، هنگامی که باران اسیدی در دهه‌ی ۱۹۷۰ به عنوان یک مسئله‌ی سیستمی در ایالات متحده‌ی آمریکا تعریف شد، اکولوژیست‌ها، پژوهش‌های ناچیزی در زمینه‌ی اثرات ابرهای با Ph بالا بر روی جنگل‌های کوهستانی انجام داده بودند و هنوز مانده بود که زیر گستره‌ی " اقتصاد زیست محیطی" توسعه یابد. بنابراین، بسیار به دور از ذهن است که بتوان این‌گونه عنوان نمود که همه‌ی دانش مورد نیاز کار اندیشه‌ورز میان رشته‌ای توسط دانشمندان آن رشته‌ی خاص تولید شده باشد. به صورت آشکار، چالش پژوهش میان رشته‌ای، شناخت و مطالعه‌ی پیوندها و به هم پیوستگی‌های غیرخطی، میان زیرسیستم‌های رشته‌ای است. برای مثال، چه پیوستگی‌هایی میان زیرسیستم‌های اقتصادی و سیاسی که مورد مطالعه‌ی دانشمندان علوم اجتماعی است و نیز چه پیوستگی‌های میان زیرسیستم‌های اتمسفری و بیولوژیک که مورد مطالعه‌ی دانشمندان علوم طبیعی است وجود دارد که این زیرسیستم‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا باران اسیدی را ایجاد کنند؟ چون که این پیوندها و پیوستگی‌ها از میدان دید هر رشته‌ای بیرون است، جستجوی آن‌ها در قلمروی اندیشه‌ورزان میان رشته‌ای جای می‌گیرد.

*۵/ آفریدن (Generating)*

هدف از نگرش در هر رشته در رهیافت میان رشته‌ای آن است تا بتوان به گسترش درک این موضوع نایل شد که چگونه الگوی رفتاری تولید شده از یک بخش زیرسیستمی با اجزای آن و یا با پیوندهای آن با دیگر بخش‌های زیرسیستمی ارتباط دارند. برای مثال، بررسی اقتصادی جهت مطالعه‌ی پدیده‌ی باران اسیدی از الگوی رفتاری آن بخش از سیستم اقتصاد که موجب می‌شود سیاست به کار بردن زغال سنگ در نیروگاه برق جهت ایجاد انرژی ادامه یابد را آشکار می‌سازد. همچنین کاربرد میان رشته‌ای اقتصاد سیاسی، پیوندهایی را که سیستم‌های اقتصادی و سیاسی را به یکدیگر ارتباط می‌دهند، آشکار می‌سازد.

***ب/ در هم تنیدن (Integrating) بینش‌های رشته‌ای***

تاکنون، کاربرد تئوری سیستم‌های پیچیده

در تفسیر فرآیند گام به گام میان رشته‌ای، سربلندی خود را نشان داده است. طراحی فرآیند میان رشته‌ای بر اساس تئوری سیستم‌های پیچیده، می‌تواند به شکل منطقی به گفتار منتقدین که معتقدند تنظیم آبشار فرآیند میان رشته‌ای به شکل دلخواه توسط تئوریسین‌های میان رشته‌ای ترسیم شده است را به شکل منطقی پاسخ دهد.

در گام‌های باقی‌مانده‌ی فرآیند میان رشته‌ای، ما به بخشی از این فرآیند وارد می‌شویم که رمز آلود جلوه می‌کند. این بخش همان چگونگی "در هم تنیدگی" است. هر چند می‌توان از درهم‌تنیدگی میان رشته‌ای، مثال‌هایی آورد و تجربیات خود را به بحث گذاشت، امّا بسیار دشوار است تا بتوان به شکل آشکار از چگونگی در هم تنیدن بینش‌های میان رشته‌ای به منظور شکل‌دهی یک ادراک جامع، پرده برداشت. از این رو، نیوول در پی آن است تا بر اساس تئوری سیستم‌های پیچیده، نه تنها گام‌های باقی‌مانده در فرآیند میان رشته‌ای را اعتبار ببخشد بلکه می‌خواهد از توان این تئوری در مفهوم‌سازی و ارزیابی "در هم تنیدگی" که در رهیافت میان رشته‌ای روی می‌دهد نیز پرده بردارد. بر پایه‌ی دیدگاه نیوول، این تئوری می‌تواند در تبدیل کردن ما به یک اندیشه‌ورز میان رشته‌ای کمک کننده باشد.

*۱/ شناسایی و ارزیابی کردن*

*(Identifying and Evaluating)*

از آن‌جا که هر رشته در تلاش است تا از بخشی ویژه و متفاوت از واقعیت پرده بردارد، پیش فرض‌های آن می‌بایست (هر چند به صورت ناکامل) اصولی باشند تا بر این بخش از حقیقت که فرمان

*تصویر ۲۹ - در مطالعات میان‌رشته‌ای فرآیند در هم تنیدگی integration نقش هسته‌ای دارد.*

می‌رانند را بازتاب دهد. در غیر این صورت، آن رشته غیرکارآمد بوده و می‌بایست فرونهاده شود. این پیش فرض‌ها از یک رشته به رشته‌ی دیگر متفاوت می‌باشد؛ زیرا رفتار یک سیستم پیچیده از مکانی به مکان دیگر در تغییر است. بنابراین، اصول حاکم برآن رفتار نیز در حال تغییر خواهد بود.

برای شناسایی اصولی که بر بخش ویژه‌ای از واقعیت حاکم است، متفکر میان رشته‌ای، پیش فرض‌های آن رشته‌ای که در درک آن بخش ویژه‌ی واقعیت به نظر می‌آید به کار آید را مورد کاوش قرار می‌دهد. امّا از آن‌جا که پیش فرض‌ها تمایل دارند در زمانی که افراد آن‌ها را به مشارکت می‌گذارند، نامحسوس شوند، بهترین شیوه برای کاوش پیش فرض‌های یک رشته آن است که این پیش فرض‌ها از سوی رشته‌ای دیگر مورد موشکافی قرار گیرند. برای مثال، در مطالعه‌ی باران اسیدی، هنگامی که مفهوم "ظرفیت انتقال" از منظر اقتصاد مورد موشکافی قرار گیرد، پیش فرض بیان نشده‌ی "فناوری ثابت" مربوط به آن آشکار می‌شود. هنگامی که به تئوری‌های کلاسیک رشد اقتصادی از چشم‌انداز بیولوژی نظر انداخته می‌شود، پیش فرض‌های "منابع طبیعی غیرمحدود" هویدا می‌گردد.

تئوری سیستم‌های پیچیده، این نیاز را به متفکران میان رشته‌ای گوشزد می‌نماید که آن‌ها می‌بایست موشکافی و نیز اغلب، تغییر در ترمینولوژی کاربردی رشته‌های مورد استفاده را مدّ نظر قرار دهند. واژه‌های فنی یک رشته، ویژگی‌های یک جزء و یا وابستگی‌های مربوط به زیرسیستم آن را تعریف می‌کنند. هنگامی که به زمینه‌ی بزرگتر یک سیستم پیچیده‌ی تمام عیار نگریسته می‌شود، ویژگی‌های افزون‌تری (شاید حتی متفاوت‌تر) ممکن است خود را نمایان سازند. این ویژگی‌ها که با نگاه در سیستم آشکار می‌شوند، می‌توانند الگوی رفتاری متفاوتی از سیستم را توصیف کنند.

تعاریف، به خصوص هنگامی که بینش‌های گوناگون رشته‌ای، مورد مقایسه قرار می‌گیرند، اهمیت می‌یابند. در زمانی که یک واژه توسط دو رشته‌ی گوناگون به کار برده می‌شود، متفکر میان رشته‌ای نیاز دارد که ژرف‌تر به وجود تفاوت‌های معانی پنهان این واژه بنگرد. برای مثال، در فرآیند مطالعه‌ی باران اسیدی، یک متفکر میان رشته‌ای زیرک پی می‌برد که معانی متفاوتی برای واژه‌ی " کارآیی" از منظر زیست‌شناس و فیزیکدان (درون رفت انرژی/ برون رفت انرژی)، اقتصاددان (ورود پول/ خروج پول)، دانشمند علوم سیاسی (اثرگذاری/ هزینه‌کرد سرمایه‌ی سیاسی) بیان می‌شود. آن‌ها همچنین می‌بایست از ویژگی‌های

مشترک که در واژه‌های گوناگون نهان بوده و به آسانی قابل یافت نیستند، آگاهی یابند.

*۲/ رفع کردن و ساختن*

*(Resolving and Constructing)*

عمل درهم‌تنیدگی میان رشته‌ای شامل دو چالش وابسته به هم است: شناخت الگوی رفتاری کلی پدیده‌ی تحت مطالعه و ساخت یک سیستم پیچیده که الگوی رفتاری آن با آن پدیده سازگار باشد. امّا باید در نظر داشت که این الگوی رفتاری، از اجزاء تشکیل‌دهنده، ارتباطات و زیرسیستم‌های آن برخاسته است. برای انجام فرآیند درهم‌تنیدگی در رهیافت میان رشته‌ای، می‌بایست از سوی پدیده برگشت نموده و از سوی زیرسیستم‌هایی که توسط رشته‌های دیگر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند به پیش حرکت کرد. نخست یک الگوی پیشنهادی، با یک معیار سنجیده می‌شود و سپس با معیاری دیگر؛ آن‌گاه مورد بازبینی قرار گرفته و دوباره آزمون می‌شود. از این رو، درهم‌تنیدگی میان رشته‌ای، با تنش میان بینش‌های رشته‌ای و الگوی پدیدار شناسانه به پیش‌رانده می‌شود.

فرآیند ارتباط دادن الگوی کلی رفتار به رفتار زیرسیستم‌ها و اجزاء آن‌ها، برای هر سیستمی می‌تواند چالش برانگیز باشد، زیرا ماهیت کل از جمع اجزاء آن متفاوت است. حتی چالش برانگیزتر، پردازش الگوی کلی رفتار سیستمی است که در ماهیت پیچیده است. اگر الگوی قابل مشاهده‌ی رفتاری یک پدیده که در قالب یک سیستم پیچیده تعریف می‌شود نبود، انجام این کار برای اندیشه‌گران میان رشته‌ای دشوار جلوه می‌نمود. با نگرش در الگوی قابل مشاهده‌ی رفتاری پدیده است که متفکران میان رشته‌ای در می‌یابند که الگوی سیستم چگونه جلوه می‌کند. وظیفه‌ی متفکران میان رشته‌ای، درک آن است که چرا رفتار سیستم این الگو را از خود نمایان می‌سازد و این کار را با در نظر گرفتن ساختار سیستم و الگوهای رفتاری زیرسیستم‌های آن انجام می‌دهند.

در فرآیند نوسان بین زیرسیستم‌ها و الگوی کلی، ترمینولوژی و پیش فرض‌های رشته‌های مربوطه جهت درک ژرف‌تر و گسترده‌تر (که با درون‌داد واژه‌ها و پیش‌فرض‌ها توسعه می‌یابد) تعدیل می‌گردند. به شکل عملی، این بدان معناست که واژه‌ها و الفاظ و پیش فرض‌های رشته‌ای می‌بایست طوری تغییر یابند تا بتوانند الگوی رفتاری یک زیرسیستم خاص را از چشم‌انداز رشته‌ای توصیف کنند و همچنین درک میان رشته‌ای سیستم پیچیده را در کل فراهم نمایند. بدین سان، می‌توانند الگوی رفتاری

پدیده‌ای را که آن سیستم پیچیده مدل‌سازی کرده است را تفسیر نمایند.

امّا هنر آن است که بتوان واژه‌ها و پیش فرض‌ها را تا حد امکان به میزان اندکی تغییر داد؛ در حالی که همچنان این واژه‌ها و پیش فرض‌ها بتوانند یک زمینه‌ی مشترک کافی را خلق کنند که بر پایه‌ی آن امکان نیل به یک درک منسجم فراهم آید.

### *۳/ خلق کردن (Creating)*

خلق زمینه‌ی مشترک، به معنای دستکاری و تغییر یا باز تفسیری اجزاء یا ارتباطات رشته‌های گوناگون با یکدیگر به گونه‌ای است که بتوان سطوح مشترک آن‌ها را آن‌گونه نمایان کرد که شناسایی پیوندهای میان زیرسیستم‌ها امکان‌پذیر گردد.

هر چند فرآیند خلق زمینه‌ی مشترک نیازمند خلاقیت است ولی نبایستی آن را همچون چیزی رمز آلود یا گنگ و محو قلمداد کرد.

نیوول تعدادی روش جهت فرآیند درهم‌تنیدگی میان رشته‌ای معرفی کرده است که در گستره‌ی وسیعی از سیستم‌های پیچیده کاربرد گسترده دارند. این روش‌ها شامل بازتعریف واژه‌های رشته‌های گوناگون جهت یافت یک وجه مشترک؛ گسترش معنا و یا محدوده‌ی کاربست یک مفهوم؛ خلق یک زنجیره‌ی معنی که در امتداد آن مفاهیم رشته‌های گوناگون را می‌توان آراست؛ تبدیل قضایای حقیقی رشته‌ای مخالف با هم به یک متغیر پیوسته؛ نوآرایی زیرسیستم‌ها برای آشکارسازی روابطی همچون تسهیل‌سازی، تلفیق‌سازی داده‌ها با داده‌های دیگر، یا جذب کردن و شناخت متغیرهای وابسته‌ی پیوندی می‌باشند.

یکی از کاربردهای مهم تئوری سیستم‌ها در درک فرآیند درهم‌تنیدگی آن است که پاره‌ای از راه حل‌های بنیادی مشترک را که بهتر می‌باشند، هویدا می‌نماید. بهترین راه حل آن است که کمترین تغییر در پیش فرض‌های رشته‌ای را ایجاد کرده و در همین حال به عنوان پایه‌ای بسنده جهت ساخت یک درک جامع الگوی رفتاری سیستم، نقش ایفا کند. تغییر نمی‌تواند دلخواه و اختیاری باشد ولی می‌بایست به تفاوت موجود در مفهوم و زمینه، پاسخ‌دهنده باشد.

همانند همین روند، بهترین راه حل الگوی سیستمی آن است که تا آن‌جا که ممکن است به چشم‌انداز رشته‌ای پاسخ‌دهنده باشد و در عین حال هنوز بتواند انسجام کافی از خود نشان داده تا سیستم را یک‌پارچه نگهداشته و نسبت به ترسیم الگوی رفتاری پیچیده‌ای که تحت مطالعه است نیز وفاداری خود را نمایان سازد.

*۴/ تولید کردن (Producing)*

درک جامع‌ترِ تولید شده توسط رهیافت میان رشته‌ای درک این موضوع است که چگونه الگوی رفتاری سیستم، از اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی آن برمی‌خیزد. الگوی رفتاری یک سیستم دارای یک نوع یکپارچگی و همبستگی است، هر چند که شبه پایدار، پویا و تکاملی نیز می‌باشد. گاهی ذات یک‌پارچه و منسجم الگو می‌تواند در یک فرهشت (Theme) یا استعاره اسیر شود. بهترین فرهشت و یا استعاره، ویژگی‌های تعریف شده‌ی درک جدید را بدون انکار تضاد زمینه‌ای، در خود فرو می‌گیرد. درهم‌تنیدگی موفق، تولید یک الگو می‌کند که به ظرافت و دقت، رفتار شناخته شده‌ی زیرسیستم‌ها (اجزاء و پیوستگی‌های آن‌ها) و نیز رفتار پدیده‌ی تحت کاوش را بازتاب می‌دهد. برای مثال، درک سیستم‌های پیچیده‌ی برآمده از فرآیند میان رشته‌ای، باران اسیدی را به صورت یک پدیده‌ی همبسته و منسجم، امّا تکاملی می‌بیند که در عین حال نیز ماهیت فیزیکی، بیولوژیکی، اقتصادی و سیاسی نیز دارد. هر چند که این درک می‌بایست به بینش‌های برخاسته از زیرسیستم‌های آن پیوستگی محکمی داشته باشد، امّا از لحاظ کیفی بسیار متفاوت خواهد بود. برای مثال، مفهوم " کارآیی" که در زمینه‌ی زیرسیستم‌هایی گوناگون یک سیستم ممکن است مفهومی باشد امّا در ترسیم الگوی رفتاری کلی یک سیستم پیچیده که در آن حلقه‌های بازخوردی (Feedback loops) مثبت و پیوندهای غیرخطی گویای آن است که تغییرات کوچک، اثرات بزرگی را از خود نشان می‌دهند، کاربرد چندانی ندارد.

*۵/ آزمودن (Testing)*

عمل‌گرا بودن، به عنوان مهمترین شاهد موفقیت فرآیند درهم‌تنیدگی محسوب می‌شود. در مورد باران اسیدی، آزمون فرآیند آن است که آیا بر اساس درک فراهم آمده که کمک به حل مسئله می‌نماید، می‌توان بنیان سیاست خاصی را گذاشت؟ عموماً، آیا می‌توان بر اساس درک جامع‌تر از سیستم پیچیده، کارآمدتر عمل کرد؟ زیرا درهم‌تنیدگی بهتر، درک کامل و دقیق‌تری را فراهم آورده و کنش کارآمدتری را امکان‌پذیر می‌سازد.

متأسفانه مسئله‌ی عملی جهت آزمون ادراک میان رشته‌ای این است که روش تجربی اعتبارسنجی و تصدیق فرآیند میان رشته‌ای، خود خطی بوده و به جهان سیستم‌های پیش‌پیچیده که معلول‌ها متناسب علت‌ها هستند، وابستگی دارد.

به یاد داشته باشید که گذر تکاملی یک سیستم پیچیده نیز دارای ویژگی غیرخطی است.

بدین سان، توسعه‌ی یک سیاست برای مقابله با باران اسیدی که از فرآیند میان رشته‌ای حاصل شده باشد می‌تواند یک مداخله‌ی متوسط را برای کنترل این پدیده ارائه دهد ولی حاصل این سیاست می‌تواند نتایج غیرقابل انتظار و سترگی را به همراه داشته باشد.

در هر صورت، ما در جهانی با ویژگی "پیچیدگی" زندگی می‌کنیم و ما نیاز داریم که کنشی انجام دهیم. درک میان رشته‌ای ما به نسبت درک بخشی و جدا از هم رشته‌ای، پایه‌ای کارآمدتر را فراهم می‌آورد.

شناخت پیچیدگی نمی‌بایست ما را وادار به کناره گیری نماید بلکه می‌بایست فروتنی و نیز خوی میان رشته‌ای را در ما توسعه دهد.