نظریه سیستم‌های پیچیده

شروین وکیلی

دیدگاه زروان - جلد نخست

نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده

دکتر شروین وکیلی

پیشکش به مادرم، آذردخت

و به یاد پدرم، انوشیروان

سپاس

این کتاب نخست همچون پاسخی به پرسشهای دوستان و یارانم نوشته شد، که در سالهای آغازین دهه‌ی ۱۳۸۰ در دوره‌ی کلاس‌های زروان شرکت می‌کردند. دانشجویان این دوره بودند که با طرح پرسشهای هوشمندانه و مهر و یاری‌شان مرا به نوشتن این کتاب و بقیه‌ی نوشتارهای مجموعه‌ی «دیدگاه زروان» وا داشتند. در آن میان باید به ویژه از دوستان و یاران گرامی‌ام مهندس پیمان اعتماد سپاسگزاری کنم، که از انتشار چاپ نخست این کتاب حمایت کرد، و یارانم خانم لیلا امینی و مهندس علیرضا افشاری و آقای مسعود بربر که با پرسشها و بازخوردهایشان به شکل‌گیری متن یاری رساندند. آنگاه دوست عزیزم آقای حسین کاظمیان مدیر نشر شورآفرین بود که انتشار آن را بر عهده گرفت، و زمانی که کار به چاپ دوم کشید، یار گرامی و فرهیخته‌ام خانم بهنوش عافیت‌طلب بود که ویرایش و بازبینی متن را بر عهده گرفت و نشر مجدد آن را ممکن ساخت. نوشته شدن این کتاب نتیجه‌ی مهر و همدلی این دوستان و همه‌ی یاران دیگر کلاس زروان بود، و اگر معنا و شادکامی و نیرومندی و تندرستی‌ای از آن برخیزد، بی‌شک بخشی از آن دستاورد این همراهان است.

نشانی: تهران، خیابان انقلاب، نرسیده به پیچ شمیران، کوی نوبخت،
شماره 2، واحد 1 تلفن: 77510983 ـ 77603212
www.nashreafkar.com; info@nashreafkar.com

نظریه‌ی سیستم پیچیده

مجموعه‌ی دیدگاه زروان: جلد نخست

شروین وکیلی

صفحه‌آرا: گیتی عباسی

لیتوگرافی: سحر؛ چاپ: مهارت؛ صحافی: مهرگان

تیراژ: دو هزار نسخه

شابک: 978 ـ 964 ـ 2995_26 ـ 4 ISBN: 978-964-2995-26-4

فهرست

پیش‌درآمد 9
بخش نخست: پیش‌داشت‌های فلسفی ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
گفتار نخست: مه‌روند 17
گفتار دوم: شکست پدیده 23
بخش دوم: سیستم 25
گفتار نخست: مفهوم سیستم 27
گفتار دوم: علیت 39
بخش سوم: پویایی سیستم 43
گفتار نخست: فضای حالت 44
گفتار دوم: دوشاخه‌زایی 55
بخش چهارم: اطلاعات 59
گفتار نخست: تقارن 59
گفتار دوم: نوفه/ حشو/ اطلاعات 65
گفتار سوم: آنتروپی 69
گفتار چهارم: سیستم خودسازمانده 73
بخش پنجم: پیچیدگی 76
گفتار نخست: مفهوم پیچیدگی 77
گفتار دوم: ساختار/ کارکرد 83
بخش ششم: تنش 96
گفتار نخست: بقا 97

گفتار دوم: مرگ و تعادل 99
گفتار سوم: مفهوم تنش 103
گفتار چهارم: نظم/ آشوب 113
گفتار پنجم: رخداد 123
گفتار ششم: کنش 127
گفتار هفتم: زمان/ مکان 131
گفتار هشتم: فرآیند 139
گفتار نهم: سیستم خودزاینده 147
بخش هفتم: شناخت 140
گفتار نخست: بازنمایی 153
گفتار دوم: نماد 157
گفتار سوم: معنا 171
گفتار چهارم: آگاهی 189
بخش هشتم: تمایز 188
گفتار نخست: مفهوم تمایز 203
گفتار دوم: تخصص 207
بخش نهم: سلسله‌مراتب 208
گفتار نخست: مفهوم سلسله‌مراتب 223
گفتار دوم: جزء/ کل 228
گفتار سوم: هم‌افزایی 245
بخش دهم: تکامل 236
گفتار نخست: منابع 251
گفتار دوم: انتخاب طبیعی 255
گفتار سوم: سیستم تکاملی 261
گفتار چهارم: من/ دیگری/ جهان 263
بخش یازدهم: تاریخچه‌ی روش‌شناسی علم مدرن 258
گفتار نخست: تحویل‌گرایی 259
گفتار دوم: نگرش سیستمی 266
گفتار سوم: نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده 269
سخن پایانی 273
واژه‌نامه 277
کتاب‌نامه 285

پیش‌درآمد

بیگانه‌وضعیم یا آشناییم ما نیستیم اوست، او نیست ماییم
پیدا نگشتیم، خود را چه پوشیم؟ پنهان نبودیم تا وانماییم
تنگی فشرده است صحرای امکان راهی نداریم، دل می گشاییم
فکر دویی چیست ما و تویی کیست آیینه ای نیست. ما خود نماییم
گر بحر جوشید ور قطره بالید ما را نفهمید جز ما که ماییم

نطفه‌ی اندیشه‌های منتهی به این کتاب در آن روزی بسته شد که از سرِ تصادف کتابِ کوچک زردرنگی را در کتابخانه‌ی دانشکده‌مان یافتم و شروع به خواندنش کردم. کتاب *برهان گودل* نام داشت، به قلم تام ناگل. در آن هنگام، دانشجوی سال دوم رشته‌ی زیست‌شناسی بودم. با اعتماد به نفسی که موهبتِ دانش کم و شکاکیت اندک است، انتظار داشتم با چند سال فعالیت منظم به تمام «حقایق» موجود در زمینه‌ی مورد علاقه‌ام مسلط شوم. دو پرسش اصلی هم داشتم: ماهیت حیات و چیستی شناخت که اولی را در مولکول‌های شیمیایی و دومی را در روابط نورون‌ها جستجو می‌کردم. تا آن روز دانایی و علم برایم عبارت بود از

مجموعه‌ای از حقایق مسلم و قطعی و آزموده‌شده که با روشی عقلانی و بدیهی به دست می‌آمدند. خلاصه کنم، بسیار نادان بودم!

کتابی که ذکرش گذشت متن خیلی مهمی نبود؛ بیانی عامیانه از برهان گودل بود که عدم تمامیت تمام دستگاه‌های نظری را اثبات می‌کرد. هرچند در نگاهِ اول محتوایش ارتباطی با جاه‌طلبی‌های علمی‌ام پیدا نمی‌کرد، با خواندنِ آن، ستون فقرات آن تصویر شاد و کودکانه از استحکام علم، در هم شکست. پرسش‌ها و تردیدهایی در بنیاد دژی که مدت‌ها نفوذناپذیر می‌دانستمش رسوخ کرد و چیزهای محکم زیادی –مهم‌تر از همه «عینیت»– را به لرزه افکند. گویی برهان گودل –به شکلی غیرمستقیم– قطعیتِ ناشی از تحویل‌انگاری را در چشمانم شکسته باشد. پس از آن بود که نظریه‌ی سیستم‌ها و تحلیل‌های کل‌گرایانه برایم مهم شد. امروز ده سال از آن روزِ مهم می‌گذرد و پرسش‌های ساده‌ای که در آن هنگام داشتم جای خود را به پرسش‌هایی پیچیده‌تر داده‌اند؛ و چه باک؟ چون در مسیر تکامل یافتن پاسخ، چیزی جز همین تکامل‌یافتنِ پرسش‌ها نیست.

در این ماجرا چالش اصلی دستیابی به دانایی در غیابِ قطعیت بود. چالشی که پاسخش را در نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده یافتم. امروزه نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده یکی از ستون‌های استوار علم و پایه‌های ضروری شناخت است. با این همه، به حکم گسستِ تاریخیِ ناشی از فاصله‌ی جغرافیایی‌مان از غرب، زمانی که چاپ نخست این کتاب منتشر می‌شد، در فضای علمی کشورمان هنوز بحثی در این زمینه در نگرفته بود و تنها نوشتارهای پارسی مربوط به این موضوع چند جلد کتابِ قدیمی از برتالنفی و سیبرنتیک‌دانانِ اولیه‌ی روسی بود، به اضافه‌ی کتاب‌های ادگار مورن و مقاله‌هایی پراکنده درباره‌ی لومان. خوشبختانه طی ده سالی که از چاپ اول این کتاب گذشته، جریانی در این زمینه به راه افتاده و نگرش سیستمی در فضای دانشگاهی و فرهنگی کشورمان برای خود جایی باز کرده است. با این همه هنوز راهِ ناپیموده بسیار است.

نوپا بودن بحث درباره‌ی سیستم‌های پیچیده و اندک بودن منابع پیامدهایی به دنبال داشته که باید برایشان چاره‌اندیشی کرد. بخش عمده‌ی متن‌های پارسی در این مورد که تا پایان دهه‌ی ۱۳۸۰ منتشر شده‌اند، به متفکران موج اولِ نظریه‌ی سیستم‌ها –یعنی نظریه‌پردازان قبل از دهه‌ی هفتاد میلادی– مربوط می‌شوند. درباره‌ی آن‌هایی (مانند لومان) که معاصرمان هستند نیز بحث‌های نظری زیربنایی چندانی در دست نیست و آثار اصلی به پارسی برگردانده نشده است.

فقر منابع پارسی به ناآشنایی اغلب دانشجویان و دانش‌پژوهان با این نظریه انجامیده و این به معنای آن است که بدنه‌ی نسل جوانِ فرهیخته‌ی کشورمان از جدیدترین سبک اندیشیدنِ علمی محروم است.

از سوی دیگر یکدست نبودن ترجمه‌هایی که از کلیدواژگان نظریه‌ی سیستم‌ها رواج یافته، به همراه تعریف‌ناشده بودنِ بخش عمده‌ی آن‌ها، نوعی آشفتگی معنایی را در میان علاقه‌مندان به این زمینه پدید آورده است و مُد شدنِ استناد به دانشمندان این حوزه باعث شده آرای عمیق ایشان به شعارهایی سطحی و جملاتی قشنگ، اما نامفهوم، فروکاسته شوند. در نتیجه، پیش از پرداختن به هر مبحث تخصصی‌ای در این زمینه، نوشتن متنی درباره‌ی خودِ نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده الزامی می‌نمود.

کتابی که در پیش رو دارید محصول این ضرورت است. کارِ اصولی آن بود که نگارنده در کتابی مفصل به شرح آرای نظریه‌پردازان سیستمی، مسائل روش‌شناختی و تفاوتِ میان مکتب‌های گوناگونشان بپردازد و در کتابی دیگر برداشت شخصی و نگرش خاص خود درباره‌ی سیستم‌ها را ارائه کند. با این همه، تنگنای زمانی و مشکلات همیشگی مربوط به چاپ امکان تحقق این آرزو را فراهم نکرد. از این رو چاره‌ای جز ترکیبِ این دو روش باقی نماند.

در یک بررسی کلی معلوم شد که جذب‌کننده‌های معنایی نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده مجموعه‌ای شامل هشتاد، نود کلیدواژه را در بر می‌گیرد. شرح نسخه‌ی شخصی نگارنده از این نظریه به کار گرفتن ده تا پانزده

کلیدواژه‌ی خودساخته‌ی دیگر را ضروری می‌ساخت. در نتیجه، کوشیدم تا چارچوب نظری دقیق و روشنی از نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده را در جریان شرح این کلیدواژگان، با ساده‌ترین زبان و در کمترین حجم، به خواننده ارائه کنم. درست آن بود که چاپ دوم این کتاب پس از ده سال با بازنگری کلی و حتا بازنویسی برخی بخشها همراه شود، اما تنگنای زمانی فرصت این کار را نداد و پس از چند سالی که کار بازنشر این کتاب به همین خاطر عقب افتاد، یاران تکلیف کردند که این متن به همان شکل پیشین و با کمی ویرایش بازنشر شود. که حاصل کتابی است که در دست دارید.

درباره‌ی این متن باید چند نکته را در نظر داشت:

نخست آن‌که متن حاضر برداشت شخصی نگارنده از نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده است. استخوان‌بندی نظریه، رویکردهای نظری و بخش عمده‌ی اصولی که در متن مورد اشاره واقع شده‌اند توسط تمام نظریه‌پردازان سیستم‌های پیچیده پذیرفته شده است. با این همه، خودِ چارچوب نظری برساخته‌ی نگارنده است و بنابراین بسیاری از مفاهیم و قواعد آن به این شکل در آثار سایر نظریه‌پردازان دیده نمی‌شود. البته در مواردی که مفاهیمی مشترک با چارچوب‌های دیگر وجود داشته و برداشت شخصی‌ام با آرای دیگران تفاوت می‌کرده، در حد امکان، مواردِ اختلاف را گوشزد کرده‌ام.

دوم آن‌که، به دلیل اختلاف‌نظرهای یادشده در میان نظریات مختلف، در میانه‌ی متن به نوشتارهای دیگران ارجاع نداده‌ام. ارجاع به نام افراد و گاه نام کتاب‌ها وجود دارد. اما این کار تنها برای مقایسه‌پذیر کردنِ نظریه‌ی پیشنهادشده با دیدگاه دیگران انجام گرفته، نه استناد به آرای ایشان. شرح آرای دانشمندانِ بسیاری که در این زمینه قلم زده‌اند متنی بسیار مفصل‌تر را می‌طلبد که از حوصله‌ی این کتاب خارج است.

سوم آن‌که با توجه به محتوای بحث، به ناگزیر، خودِ کتاب هم به یک سیستم پیچیده تبدیل شده است! چنان‌که به زودی خواهید دید، سیستم‌های پیچیده معمولاً خودارجاع هستند و نظام‌های دانایی و نظریه‌ها نیز جملگی چنین

هستند. بنابراین مفاهیم مورد نظر ما هم ارتباطاتی درونی با هم دارند. در ارائه‌ی مطالب تلاش شده تا سیری منطقی رعایت شود و مفاهیم گام به گام از ساده به پیچیده معرفی شوند. با این همه، چشم‌پوشی از روابط بینابینی آن‌ها بر خلاف روحِ کلی نظریه‌مان بود. پس در کنار بسیاری از مفاهیم، به صورت زیرنویس، اشاره‌هایی به بندهای مرتبط با بحثِ جاری خواهید یافت. همچنین در کتاب بخشی در مورد روش‌شناسی سیستمی گنجانده شده که جایش قاعدتاً در ابتدای کار است، اما برای ملال‌آور نشدن آغازگاه متن آن را در واپسین بخش آورده‌ام. در کل پیشنهاد می‌کنم کتاب را حتماً دوبار پشت سر هم بخوانید، چون بسیاری از واژگان به‌کارگرفته‌شده در ابتدای متن، بنا به ضرورتِ خطی بودنِ زبان، در انتهای کتاب تعریف شده‌اند!

چهارم آن‌که بر خلاف روش مرسومِ نگارش کتاب‌های علمی در کشورمان –و با پیروی از روش مرسومِ این کار در کشورهای دیگر– در ذکر مثال‌ها به فرهنگ خود رجوع کرده‌ام و کوشیده‌ام با استفاده از قصه‌های مشهور، یا گفتارهای کوتاهی که ارزش نقل کردن را داشته‌اند، از سنگینی و دشواری متن بکاهم. پس با دیدن اشعار بیدل دهلوی در متنی مربوط به پیچیدگی غافلگیر نشوید، چون گویا او بوده که زودتر از همه‌ی ما به معنای بسیاری از کلیدواژگان مورد نظرمان پی برده است.

در پایان و در مقام ادای دین باید به چند نام اشاره کنم. پیش از هرکس، فون‌برتالنفی و بیش از هرکس مولانا بیدل دهلوی و نیکلاس لومان بر آرایی که می‌خوانید مؤثر بوده‌اند. هرچند متنِ حاضر با نگرش‌ها و نظریه‌های ایشان تفاوت‌هایی بنیادین دارد. در قلمرو زیست‌شناسی، ادوارد ویلسون و ریچارد داوکینز، در فیزیک، هرمان هاکن و در جامعه‌شناسی میشل فوکو و پیر بوردیو و در روش‌شناسی، آرای شالوده‌شکنانی مانند ژاک دریدا برایم بسیار روشنگر بوده‌اند. در میان دوستانم شمار آنان که بر شکل‌گیری این آرا اثرگذار بوده‌اند چندان زیاد است و همه‌شان چنان برایم عزیزند که از ترس این که اسمی به ناروا از قلم بیفتد، از اشاره به نام و نشان‌شان می‌پرهیزم.

بخش نخست: پیش‌داشت‌های فلسفی

ما را نشاید که با چیزها جدا جدا روبرو شویم، یا اشتباه‌های جدا جدا کنیم.

نیچه

هنگامی که در پی بیان دیدگاهی درباره‌ی همه چیز هستیم، این خطر وجود دارد که درباره‌ی هیچ چیز سخن نگوییم. وقتی درباره‌ی کلیت‌ها نظریه‌پردازی می‌کنیم، ممکن است چارچوب نظری‌مان چنان از امور جزئی تهی گردد که این کار را به نوعی بازی فکری صِرف تبدیل کند. هنگام سخن گفتن از سیستم‌ها و پیچیدگی آن‌ها چنین خطری به شدت احساس می‌شود و لازم است پیش از ورود به بحث اصلی راهی برای پیشگیری از این عارضه بیابیم.

یک راهِ پرهیز از کلی‌گویی‌های انتزاعی یا ریزه‌پردازی‌های خسته‌کننده آن است که از ابتدای کار حدود و موضوع بحث را تعیین کنیم. پرداختن به این حدود، اگر بخواهد جدی گرفته شود، بحثی روش‌شناسانه و فلسفی درباره‌ی ماهیت صحت و اعتبار و آزمون و چیزهایی از این قبیل را می‌طلبد که معمولاً برای مخاطبان خاص جالب است. پس سزاوار نیست خواننده‌ی بیگناه را در پیچ و خم‌های آشفته‌ی محله‌های فلسفه‌ی علم و مباحث روش‌شناسی گمراه کنیم.

از سوی دیگر، این کتاب از دیدگاهی به راستی بحثی است درباره‌ی همه چیز و بنابراین تعیین حدود موضوعش کاری است دشوار. پس برای پرهیز از

ابهام‌های بعدی، به روشی فروتنانه‌تر بسنده می‌کنیم و این با اعلام آنچه موضوع این کتاب نیست ممکن می‌شود. پیشاپیش توجه داشته باشید که چنین تعیین حدودی خواه ناخواه خصلتی فلسفی دارد. بنابراین اگر به این نوع مباحث علاقه ندارید، یا اگر آنچه نمی‌خواهیم بگوییم برایتان زیاد اهمیت ندارد، می‌توانید از خواندن این بخش چشم‌پوشی کنید.

گفتار نخست: مه‌روند

زیرا اندیشیدن و هستی هر دو یگانه هستند.

پارمنیدس

هر نظریه‌ای که درباره‌ی ماهیت جهان حرفی برای گفتن داشته باشد دستِ‌کم به چهار اصل موضوعه پایبند است. دو تا از این اصول بنیادی و دوتای دیگر فرعی هستند.

دو اصل موضوعه‌ی بنیادی حالتی همان‌گویانه[1] و بدیهی دارند. یعنی از نظر منطقی به قدری ساده و غیرقابل‌تردید هستند که معمولاً حتی طرح هم نمی‌شوند و بنابراین مورد تردید و بحث هم قرار نمی‌گیرند.

اصل موضوعه‌ی اول آن است که هستی هست! به عبارت دیگر، چیزی که ما فکر می‌کنیم در بیرون از وجود ما وجود دارد، به شکلی، واقعاً وجود دارد. (اندرز آخری‌مان را به یاد بیاورید، هنوز هم این امکانِ را دارید که این بخش را نخوانید!) شکل ساده‌شده‌ی این حرف آن است که جهان، مستقل از ما، وجود دارد. یعنی پیش از زاده شدن ما و بعد از مرگ ما و مستقل از تفسیر و دریافت

---

[1] tautological

ما، چیزی هست که بنا به تعبیرهای گوناگون به نام جهان، هستی، دنیا، گیتی یا هر چیز دیگری خوانده می‌شود، و فارغ از وضعیت ما هستی خود را حفظ می‌کند.

دومین اصل موضوعه آن است که شناخت امری ممکن است. این امکانِ شناخت اصلاً به آن معنا نیست که آنچه ما می‌شناسیم لزوما درست، واقعی یا راست است؛ فقط به آن معناست که ارتباطی میان ذهن ما و آن هستی بیرونی قابل‌تصور است که نوعی بازنمایی، تصویرسازی و ادراک (هرچند نارسا یا اشتباه) را برای ما ممکن می‌سازد. به بیان دیگر، اصل موضوعه‌ی اول به ما می‌گوید که ما جهان را خواب نمی‌بینیم و اصل دوم می‌گوید دست کم بخشهایی از این مشاهده‌ی هشیارانه ربطی به واقعیت بیرونی دارد، هرچند شاید ندانیم کدام بخشهایش، و نفهمیم تا چه اندازه.

اصل موضوعه‌ی سوم و چهارم نتایج منطقی دو قاعده‌ی پیشین هستند. اصل سوم می‌گوید که سرشت هستی تغییر است و دگرگونی، و این گزاره از جمع بستنِ اصل موضوعه‌ی اول و دوم یعنی هستی و شناسایی به دست می‌آید. اگر واقعاً جهانی آن بیرون وجود داشته باشد و ما هم بتوانیم به شکلی و تا حدودی آن را درک کنیم، پس بنیادی‌ترین چیزی که در موردش می‌فهمیم – یعنی پویایی و دگرگونی– به راستی به خودِ جهان باز می‌گردد. اصل موضوعه‌ی سوم به ما می‌گوید که تحولات جهان هم در خودِ جهان ریشه دارند و (دست‌کم همه‌شان) محصول خیال‌بافی‌های ذهن ما نیستند.

چهارمین اصل می‌گوید که به دلیل همین تحول و دگرگونی مدامِ جهان شناسایی و فهم کامل و مطلق آن ممکن نیست. این هم از جمع بستن سه قاعده‌ی قبلی نتیجه می‌شود. اگر به راستی جهانی چنین بزرگ و عملاً نامتناهی در خارج از ما باشد که مستقل از فهم و تفسیر محدود ما به تغییرات خود مشغول باشد، شناسایی و فهم کامل آن هم برای ما ناممکن است. یعنی فهم‌ناپذیر بودنِ هستی بیرونی نتیجه‌ی مستقیمِ خودِ فرآیند شناخت است. فهم کامل و مطلق آن هستی بیرونی به دلیل محدودیت‌های نظام شناسایی و بیرونی بودنِ آن نسبت به این نظام‌ها –که زیربنای نظام‌های شناختی هستند– ممکن نیست. به عبارت

دیگر، هستی بیرونی شناختنی (به معنای محدود) است، اما فهمیدنی (به معنای نامحدود) نیست.

مجموعه‌ی این چهار اصل موضوعه را مولانا جلال‌الدین بلخی به زیبایی در تمثیل فیل مشهورش خلاصه کرده است. حکیمانی که در تاریکی به گوش و خرطوم فیل دست می‌کشند و سودای شناختنش را در سر می‌پرورانند با هر چهار اصل موضوعه‌ی یادشده برخورد می‌کنند. فیلی مستقل از آن‌ها وجود دارد (اصل اول) که به نوعی، از راه لامسه، ادراک می‌شود (اصل دوم)، اما این ادراک تنها به کلیاتی –در دید مولانا حجم و در دید ما تغییر– منحصر می‌شود (اصل سوم) و در نتیجه تصویری ناقص از هستی بیرونی را به دست می‌دهد (اصل چهارم).

این چهار اصل موضوعه شالوده‌ی علم و شناخت جدید را می‌سازند. کسی که منکر وجود جهانی در خارج از وجود خود باشد، علاوه بر دشمن‌تراشی برای خود (چون لابد منکر وجود من و شما هم خواهد بود)، خود را از امکانِ طرح هر ادعایی درباره‌ی این جهان محروم می‌کند. کسی که وجود هستی بیرونی را بپذیرد، ولی امکان شناخت آن را منکر باشد، دوستانش را با ادعای موهوم بودنشان نمی‌رنجاند، اما همچنان بختی برای بحث درباره‌ی جهان خارج نخواهد داشت.

کسی که این دو موضوع را بپذیرد، ولی مانند پارمنیدسِ[1] تحول بیرونی را قبول نداشته باشد، امکان آزمودن تجربی جهان را از دست می‌دهد و ناچار می‌شود به حدس و گمان‌هایی، که تازه آن‌ها هم در نهایت از حواس و تجربیات سرچشمه گرفته‌اند، اکتفا کند. چنین کسی هم نمی‌تواند در مورد جهان ادعایی نظری داشته باشد و آن را با ما شریک شود. کسی که مانند دانشمندان خوش‌بین سده‌ی هجدهم میلادی به امکان شناخت مطلق جهان باور داشته باشد شکلی از علم را درباره‌ی این هستی بیرونی تولید خواهد کرد، اما ممکن

[1] از فیلسوفان یونانی پیشاسقراطی که معتقد بود جهان سکون مطلق است و تمام حرکت‌های ادراک‌شده نتیجه‌ی توهم دستگاه‌های حسی ما هستند.

است از محک زدن و تصحیح کردنش ناتوان شود، چرا که خطرِ مطلق‌گرایی و درست پنداشتن این شناخت همواره تهدیدش می‌کند.

آنچه امروز زیر عنوان دانش، علم[1] یا معرفت تجربی رده‌بندی می‌شود مجموعه‌ای از گزاره‌ها، پرسش و پاسخ‌ها، چارچوب‌های مفهومی و قالب‌های نظری است که هر چهار اصل موضوعه‌ی یادشده را می‌پذیرد. موضوع این دانش کل جهانِ ملموس و قابل‌درک پیرامونمان است. هر آنچه به طور مستقیم یا غیرمستقیم بتواند به لحاظ تجربی فهمیده شود موضوع این علم است. بسیاری از فیلسوفان علم (مانند کواین[2] و بیشتر فیلسوفان تحلیلی) کل معرفت‌های قابل‌تصور از جمله شناخت‌های شهودی و فلسفی را به عنوان بخش‌هایی از این شناخت تجربی شناسایی می‌کنند. برخی دیگر نیز خوشه‌هایی از معرفت را که به نظرشان ریشه‌ی تجربی ندارد، از این رده جدا می‌کنند و به شکلی از معرفتی غیرتجربی قایل هستند. بحث درباره‌ی نقاط قوت و ضعف هریک از این دو رویکرد متنی جداگانه را می‌طلبد. برای ما همین قدر کافی است که حد و مرزهای بحث خود را تعیین کنیم.

آنچه در این متن خواهید خواند نظریه‌ای عام برای تحلیل جهان به مثابه موضوع علوم تجربی است. به بیان دیگر، اشکال غیرتجربی معرفت (اگر به راستی چنین اشکالی وجود داشته باشد) موضوع بحث ما نیست. ما تنها به هستی بیرونی پویایی کار داریم که فقط تا حدودی از راه مجاری حسی و استنتاج‌های افزوده‌شده بدان شناخته می‌شود. به این ترتیب آشکار است که، بسته به دیدگاه فلسفی خواننده، موضوع این کتاب را می‌توان بسیار محدود یا فراگیر در نظر گرفت.

اگر چهار اصل موضوعه‌ی یادشده را بپذیریم، می‌بینیم که درباره‌ی جهان خارج هیچ چیز نمی‌توان گفت، جز این‌که هست و تغییر می‌کند. تازه اگر

---

[1] science

[2] Willard Van Orman Quine (1908 – 2000)

بخواهیم وارد بحث‌های دقیق‌تر شویم، خواهیم دید که همین دو واژه‌ی به ظاهر بی‌خطرِ «هستن» و «تغییر کردن» را هم نمی‌توان به این سادگی‌ها به آن ارجاع کرد، اما فعلاً، برای این‌که درکی از آن هستی بیرونی پیدا کنیم، همین دو ویژگی را در نظر می‌گیریم و برای نامیدنش برچسبی را پیشنهاد می‌کنیم. از این پس برای اشاره به آن هستی بیرونی واژه‌ی «مِهْرَوَند» را به کار خواهم گرفت. این عبارت با توجه به فراگیری و عظمت هستی بیرونی (مِه) و پویایی‌اش (روند) ساخته شده است. در جهان علم کلیدواژه‌هایی شبیه به این را در گوشه و کنار می‌بینیم که تقریباً از محتوا و ساختی مشابه برخوردارند. مثلاً دیوید بوهمِ[1] فیزیک‌دان عبارتHolomovement را برای اشاره به کل کیهان مورد استفاده قرار داده است که به همین شکل از دو بخشِ holo (فراگیر، کلی) و movement (حرکت، روند) ساخته است. این‌طور به نظر می‌رسد که مه‌روند را بتوان با این گزاره تعریف کرد: «مه‌روند هستی پویای مستقل از ذهن شناسنده است.»

توجه داشته باشید که آنچه در سطر بالا خواندید تنها رشته‌ای از نشانه‌های زبانی و واژه‌هاست که هیچ ربطی به هستی بیرونی ندارد و این قضیه درباره‌ی همین جمله که حالا دارید می‌خوانید هم صدق می‌کند! به عبارت دیگر، با آن‌که می‌دانیم هرنوع اشاره‌ی زبانی به هستی بیرونی اشاره‌ای زبانی و بنابراین منفک از هستی بیرونی است، از سرِ ناچاری و برای آن‌که امکان بحث درباره‌ی آن وجود داشته باشد، با برچسب مه‌روند مشخصش می‌کنیم، بدون این‌که اعتقادی به ارتباط این عبارت یا هر عبارت زبانی دیگر با آن هستی بیرونی داشته باشیم. بحث ما به بخش‌های قابل‌شناسایی مه‌روند مربوط می‌شود و نه خود آن؛ که گفتیم شناسایی‌پذیر نیست. از این رو در حد امکان از به کار گرفتن عبارت مه‌روند پرهیز می‌کنیم و آن را برای بحث‌های دیگری که ماهیت فلسفی دارند نگه می‌داریم. پس این نکته‌ی فرجامین هم معلوم شد. این کتاب درباره‌ی ذات

---

[1] David Bohm

و ماهیت مه‌روند نوشته نشده است، بلکه تنها به بازنمایی، تصویر و مدل‌های ما از آن مربوط می‌شود.

چهار اصل موضوعه برای هر نظام شناخت علمی وجود دارد:
الف) چیزی مستقل از ذهن شناسنده و بیرون از آن هستی دارد؛
ب) آن چیز قابل‌شناسایی است؛
پ) تحول آن هستی بیرونی در خودِ آن –و نه در ذهن شناسنده– ریشه دارد؛
ت) آن هستی بیرونی شناختنی است، ولی فهمیدنی نیست.
این هستی بیرونی را «مه‌روند» می‌نامیم.

گفتار دوم: شکست پدیده

بی وجودِ ما همین هستی عدم خواهد شدن
تا در این آیینه پیداییم، عالَم عالَم است

ما مه‌روند را به طور یک‌جا و کلی درک نمی‌کنیم، بلکه آن را به پدیده‌ها، زیرواحدها، عناصر و چیزهایی تجزیه می‌کنیم و آن چیزها را می‌شناسیم. کافی است به اطرافمان نگاه کنیم و سعی کنیم مه‌روند را ببینیم تا متوجه شویم که مه‌روندی در پیرامونمان دیده نمی‌شود. مه‌روند زیر تلنباری از «چیزها» و «رخدادها» از چشم پنهان شده است. انبوهِ اشیاء کنده‌شده از پیکر مه‌روند است که امکان تجسم آن را به شکل کلیتی انتزاعی برایمان فراهم می‌کند. ما زمینه‌ی هستی بیرونی‌مان را به کمک ابزارهای حسی‌مان جراحی می‌کنیم و آن را به پدیده‌هایی منفرد و مجزا و خُرد تجزیه می‌کنیم.

چشم ما از آشفتگی در هم و بر همِ نورهایی که گویی در آن بیرون وجود دارد، در دامنه‌ای بسیار محدود، اشکال تر و تمیز و تفکیک‌شده‌ای را استخراج می‌کند و آن‌ها را به عنوان تصویرِ چیزهای بیرونی تحویلمان می‌دهد. گوش‌هایمان از طیف عظیم ارتعاش‌هایی که در اطرافمان و درونمان وجود دارد دامنه‌ی کوچک و مشخصی را انتخاب می‌کند و آن را به شکل عناصر زبانی و

نشانه‌های معنادار تفکیک می‌کند و این ساخته‌های مصنوعی است که شکل و صدای مه‌روند را برای ما تداعی می‌کنند.

مه‌روند زمینه‌ای خنثا و بی‌طرف است که فرآیندهای ذهن کاوشگر ما و ابزارهای حسی تجزیه‌گرِ ما آن را به انبوهی از پدیده‌ها می‌شکنند. ما هرگز مه‌روند را لمس نمی‌کنیم چون ماهیتی لمس‌ناشدنی دارد. ما ابزاری نداریم تا با آن هستی را درک کنیم. تنها حواسی داریم که از بلندپروازی‌های فلسفی بی‌بهره‌اند و به شکلی فروتنانه، اما مؤثر، فهم خود را به چیزها و پدیده‌ها محدود می‌کنند. اصولاً شناخت چیزی جز همین فهمِ پدیده‌ها نیست. دستگاه شناختی ما، چه بخواهیم و چه نخواهیم، برای فهمیدن ماهیت هستی و دستیابی به واقعیتی بیرونی تکامل نیافته است. مغز ما در جریان تکامل برای زنده ماندن و زندگی کردن تخصص یافته است و نه کشف واقعیتی عینی؛ و ذهن شناسنده‌مان ناگزیر است برای زنده نگه داشتن‌مان حقیقتی ذهنی اختراع کند که «به قدر ضرورت» با واقعیت بیرونی سازگاری داشته باشدِ، ولو آن که روایتگر راستگو و دقیقی برایش محسوب نشود.

«شکست پدیده» راهبردی است که دستگاه شناختی حسی/ عصبی ما در جریان آن مه‌روند را به پدیده‌ها –یعنی رخدادها و چیزهای شناختنی– تجزیه می‌کند.
جهانی که ما می‌شناسیم محصول تجزیه‌یِ مه‌روندِ ناملموس به پدیده‌های ملموس است.

بخش دوم: سیستم

گفتار نخست: مفهوم سیستم

واژه‌ی سیستم سابقه‌ی زیادی در زبان‌های اروپایی دارد، اما عمر کاربرد جدید و امروزی‌اش به پنجاه سال هم نمی‌رسد. سیستم وام‌واژه‌ی یونانی (برگرفته از συστεμ) است که از دو بخشِ συν (سون: با هم) و στηματα (سْتِماتا: کار کردن) گرفته شده است. این واژه از اوایل دوران مشروطه به ایران وارد شد و از اواخر دهه‌ی ۱۳۲۰ به زبان توده‌ی مردم راه یافت. برابرنهادهایی که در فارسی برایش پیشنهاد شده عبارت است از سامانه و نظام که هردویشان طی سی چهل سال گذشته رواج یافته‌اند.

علت مهم شدن این واژه در سده‌ی بیستم میلادی آن بود که دانشمندی به نام لودویگ فُن برتالنفی[1] از آن همچون قالبی برای صورتبندی و فهم تمام پدیده‌ها و چیزها، بدون تجزیه کردنشان به عناصری خُردتر، بهره برد. سیستم هر مجموعه‌ای از چیزها یا پدیده‌هاست که با روابطی خاص به هم مرتبط شده باشند و با حد و مرزی از محیط پیرامونشان جدا شوند و کارکردی خاص داشته باشند. برخلاف رویکرد تحویل‌گرا، خودِ چیزها در اینجا اهمیتی ندارند، بلکه روابط میانشان و حد و مرزی که آن‌ها را از محیطشان جدا می‌کند مهم تلقی

[1] Ludwig von Bertalanfy (1901-1972)

می‌شوند. مرز سیستم در واقع وجود خارجی ندارد و تنها حدی است که مجموعه‌ای از عناصر خاص و روابطشان (یعنی سیستم) را از عناصر و روابط دیگر (یعنی محیط) جدا می‌کند.

این مرز می‌تواند به شکلی قراردادی یا طبیعی تعریف شود: یک ساختمان که انبوهی از کتابها داخلش با ترتیبی خاص چیده شده‌اند، فضایی سرپوشیده که مجموعه‌ای از اسباب و اثاثیه را در خود جای می‌دهد و گروهی از دوستان که با قواعدی خاص یک توپ را با پایشان می‌رانند، هریک می‌توانند سیستمِی باشند و کتابخانه، خانه، یا تیم فوتبال نام بگیرند. در تمام این موارد چیزهایی از جنس ماده (کتاب، مبل، توپ) یا انرژی (برق، نیروی عضلانی) یا اطلاعات (قواعد چیده شدن کتابها در کتابخانه، قوانین بازی) با هم ترکیب شده‌اند و شبکه‌ای منسجم را پدید آورده‌اند که کارکردی خاص دارد، و با مرزی مشخص (قفسه‌ی کتاب، دیوارهای ساختمان، خط‌کشی دور زمین بازی) از محیط پیرامونی‌اش جدا می‌شود.

پاره‌ی نخست: عناصر/ روابط

سیستم مجموعه‌ای از عناصر است که با روابطی خاص به هم متصل شده‌اند. هر عنصر واحدی فیزیکی و عینی است که ساختاری یکپارچه داشته باشد و کارکردی منسجم و تجزیه‌ناپذیر را برآورده کند. هر رابطه، شیوه‌ایست که یک عنصر بر عنصری دیگر اثر می‌گذارد و از آن اثر می‌پذیرد. در یک سیستم طبیعی، که تنها بر مبنای قرارداد شکل نگرفته باشد، ماهیت عناصر و به ویژه جنس روابطی که میان آن‌ها برقرار است مرزبندی درون و برون سیستم را تعیین می‌کند. عناصر سیستم روابطی را با هم برقرار می‌کنند که در مرز سیستم متوقف می‌شود.

فرض کنید سیستمی داشته باشیم که عناصرش با برچسبِ (س) مشخص شوند. محیط هم انباشته از پدیده‌هایی است که می‌توانند به عنوان عناصر

محیطی و چیزهای بیرونی در نظر گرفته شوند. اگر این عناصر محیطی را با علامت (م) نشان دهیم، می‌بینیم که حد فاصلی بین روابط (س–س) و (م–م) وجود دارد. این حد جایی است که عناصر سیستم با محیط مربوط می‌شوند و رابطه‌ای از نوع (س–م) را ایجاد می‌کنند. مرز سیستم جایی است که روابط ویژه‌ی درونی سیستم (س–س) جای خود را به حالت گذاری (س–م) می‌دهد که به روابط خاص محیط (م–م) ختم می‌شود. محیط می‌تواند سیستم‌های دیگری را در بر بگیرد، اما خودش زمینه‌ای بی‌حد و مرز و بی‌کرانه است که تکثری غیرقابل‌پیش‌بینی از عناصر و روابط را در خود جای می‌دهد. بنابراین محیط را نمی‌توان نوعی سیستمِ فراگیر در نظر گرفت. محیط، مرز ندارد و این آن شاخصی است که سیستم را سیستم می‌کند.

به عنوان مثال، یک سیستم اجتماعی مجموعه‌ای از افراد (س) را در بر می‌گیرد که به کمک زبان مشترک، روابط اقتصادی و رسوم و باورهای یکسان ارتباطاتی خاص (س–س) با هم برقرار کرده‌اند. این افراد در ارتباط با مجموعه‌ای از جوامع بیرونی (م) قرار می‌گیرند که به همین ترتیب با روابط درونی ویژه‌ی خود تعریف می‌شوند. از چشم‌انداز درون سیستم، همه‌ی این عناصر بیرونی روابطی متفاوت و بیگانه (م–م) دارند که با نظم داخلی جامعه فرق می‌کند.

بر محور این تمایز است که جامعه‌ی مورد نظرمان از محیطش تفکیک می‌شود. مرزهای این جامعه در نقاطی دیده می‌شود که عضوی از این سیستم با عضوی از محیط وارد رابطه (س–م) می‌شود. مثلاً وقتی عضوی از این جامعه با عضوی از جامعه‌ای دیگر تجارت می‌کند یا می‌جنگد ، شکلی از مرزبندی با محیط را به نمایش می‌گذارد. نظام‌های اجتماعی بر مبنای الگوی این روابط مرزی (س–م) هویت خویش را بازشناسی می‌کنند و خود را از محیطشان متمایز می‌سازند. به همین دلیل هم همیشه مجموعه‌ای از رسوم و قوانین –قوانین تجارت، شیوه‌ی ازدواج با غریبه‌ها و غیره– نوع ارتباط در این مرزها را تنظیم و محدود می‌کنند.

توجه داشته باشید که ماهیتِ روابط –و نه عناصر– تعیین‌کننده‌ی عضویتِ عنصر در سیستم است. ممکن است آدمی (مثلاً یک جهانگرد) در یک جامعه عضو نباشد، اما جسمی غیرزنده (مثل یک بت) یا زنده (مثلاً درختی مقدس یا توتمی جانوری)، به دلیل نوع روابطش با اعضای جامعه، عضو آن سیستم تلقی شود. برای هندوهای دوران اکبرشاه گورکانی گاوهای مقدسشان و بتهای معابدشان بیشتر عضوی از جامعه‌ی هندو قلمداد می‌شدند، تا مردمان عضو طبقه‌ی نجس‌ها یا بازرگانان هلندی تازه وارد.

زمینه‌ی فلسفی پیروان نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها در نیمه‌ی سده‌ی بیستم شکلی از واقع‌گرایی خام[1] بود که باعث می‌شد سیستم‌ها را به دلیل مشاهده‌پذیر بودنشان مهم‌تر و واقعی‌تر از محیط بدانند. از دید ایشان سیستم‌ها واقعی‌تر، پیچیده‌تر، مهم‌تر و پویاتر از محیط تلقی می‌شدند. همچنین عناصر هم مهم‌تر و واقعی‌تر از روابط تلقی می‌شدند، چرا که ملموس‌تر و سنجش‌پذیرتر بودند و رفتارشان راحت‌تر با معادلاتی کمی بیان می‌شد.

هنگامی که در اواخر سده‌ی بیستم موج جدیدی از علاقه به رویکرد سیستمی ظهور کرد، هر دوی این پیش‌فرض‌ها مورد تردید قرار گرفت. از دید امروزینِ ما، محیط از نظر واقعیت، اهمیت، یا اصالت کاملاً هم‌ارزِ سیستم محسوب می‌شود. در واقع، رابطه‌ی سیستم و محیط رابطه‌ای بازگشتی است و هریک از آن‌ها تنها در ارجاع به دیگری معنا می‌یابند. با این همه، محیط به دلیل فراگیری و بیکرانگی‌اش قابل‌تحلیل و شناسایی نیست و رفتارهایش –برخلاف سیستم– از قوانینی منسجم پیروی نمی‌کند.

علاقه‌ی تحویل‌انگارانه‌ی قدیمی به عناصر هم امروزه جای خود را به تحلیل روابط داده است. روابطی که جنبه‌ی کیفی‌شان بر ارزش کمی‌شان می‌چربد و، با وجود این، در فهم رفتار سیستم‌ها اهمیت بیشتری برایمان دارند. از نگاهی هستی‌شناسانه، روابط و عناصر پدیدارهایی چنین متمایز نیستند، بلکه در

---

[1] Naive Realism

واقع ماهیت بیرونی یکتایی هستند که ما برای شناخت‌شان ناچاریم به دو قطب متمایزِ عنصر/ رابطه تجزیه‌شان کنیم. بنابراین در نگرش سیستمی هواداری از عناصر یا روابط معنا ندارد. این دو تنها رویکردهایی زبانی و رمزگانی برای توصیف سیستم هستند.

اجزای سازنده‌ی سیستم می‌توانند سه شکل اصلی داشته باشند:

الف) ساده‌ترین عناصر از جنس «ماده» هستند. عناصر مادی ملموس‌ترین و آشناترین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سیستم‌ها هستند. این عناصر با ویژگی‌های بارزی قابل‌تشخیص‌اند. ساختارشان را می‌توان با مدل‌های اتمی توصیف کرد و قوانین فیزیکی–شیمیایی و مکانیکی بر رفتارشان حاکم است. مهم‌ترین شاخص سنجش مقدار ماده در یک سیستم جرم است. یکایی که ماده را بر مبنایش اندازه‌گیری می‌کنند گِرَم است و معمولاً بر مبنای گرانش یا لختی، یعنی میزان برهم‌کنش یا مقاومت مکانیکی جسم نسبت به حرکت، تعریف می‌شود. قوانین حاکم بر رفتار ماده، به دلیل ملموس بودنِ آن، زودتر از دو نوع عنصر دیگر به طور علمی –یعنی تجربی/ ریاضی– صورتبندی شدند. این کار در سده‌ی شانزدهم م. با کتاب مشهور نیوتون *اصول ریاضی فلسفه‌ی طبیعی*[1] انجام گرفت.

ب) سیستم، علاوه بر عناصر مادی، عناصری از جنس «انرژی» هم دارد. انرژی بیشتر از مجرای ایجاد تغییر در ماده شناسایی می‌شود. مشهورترین نمودهای انرژی عبارت‌اند از گرما و موج الکترومغناطیس که نور نمودی از آن است. انرژی را بر اساس توانایی‌اش برای تغییر دادنِ ماده اندازه‌گیری می‌کنند. واحد سنجش مقدار انرژی کالری است و آن مقداری از انرژی است که لازم است تا دمای یک سانتی‌متر مکعب آب را یک درجه‌ی سانتی‌گراد بالا ببرد. قوانین حاکم بر رفتار انرژی دیرتر از ماده، در اوایل سده‌ی بیستم م.، صورتبندی شدند و معادلات ماکسول مهم‌ترین بیان آن هستند.

---

[1] Principia Mathematica

پ) تا نیمه‌ی سده‌ی بیستم دانشمندان همین دو نوع عنصر را برای سیستم‌ها می‌شناختند، اما در سال‌های میانی سده‌ی بیستم شکل دیگری از عناصر در سیستم‌ها شناسایی شد و آن «اطلاعات» بود. اطلاعات را همه‌ی ما به طور شهودی می‌شناسیم. همه‌ی ما می‌توانیم تفاوت دو سیستمِ دارای ماده و انرژی یکسان، اما اطلاعات متفاوت، را تشخیص بدهیم. مثلاً به دو دفترِ همسان فکر کنید که وزن و نوع ماده‌ی به کار رفته در آن‌ها و دما و میزان تابششان یکسان باشد، اما بر یکی از آن‌ها مقداری جوهر ریخته باشیم و در دیگری با همان مقدار جوهر متنی را نوشته باشیم. این دو دفتر می‌توانند از نظر ماده و انرژی وضعیتی یکسان داشته باشند، اما شیوه‌ی قرار گرفتن ماده و انرژی در دفتر دوم معانی خاصی را ذخیره و نگهداری می‌کند که در اولی نشانی از آن دیده نمی‌شود.

اطلاعات همین شیوه‌ی چیده شدنِ ماده و انرژی در سیستم است. الگوی ارتباط ماده و انرژی در سیستم با اطلاعات فهمیده می‌شود. همه‌ی سیستم‌ها هر سه عنصرِ ماده، انرژی و اطلاعات را دارا هستند. اطلاعات دیرتر از ماده و انرژی به صورت ریاضی صورتبندی و کمیت‌پذیر شد.

ماجرای پدید آمدنِ یک مدل ریاضی برای اطلاعات به سال ۱۳۳۰ (۱۹۵۱م.) بازمی‌گردد، زمانی که شرکت تلفن بِل به دنبال راهی می‌گشت تا هزینه‌ی خدماتی را که به مشتریانش می‌دهد محاسبه کند. در ابتدای کار، شرکت بل زمان مکالمه را متغیر اصلی در نظر می‌گرفت. یعنی مدت زمانی که دو طرف مکالمه از طریق خط تلفن به هم وصل بودند، مبنایی می‌شد برای محاسبه‌ی هزینه‌ی اشتراک تلفن؛ اما به تدریج گردانندگان این شرکت به این موضوع علاقه‌مند شدند که مقدار استفاده‌ی کاربران تلفن را هم اندازه بگیرند. یعنی علاوه بر زمان مکالمه شاخصی داشته باشند که مقدارِ حرف رد و بدل‌شده را هم نشان دهد. به این ترتیب می‌شد بین جملاتی معدود که دو دوستِ دارای لکنت زبان با هم رد و بدل می‌کنند و انبوه اطلاعاتی که دو رفیق وراج در همان مدت تبادل می‌کنند تمایزی قایل شد.

در این سالِ با این زمینه بود که دو ریاضی‌دان به نام‌های شانون و ویورِ[1] با استفاده از مفهوم ترمودینامیکی آنتروپی (بی‌نظمی) اطلاعات را به شکلی کمی تعریف کردند. معادله‌ی شانون برای کمی کردن اطلاعات عبارت است از:

در تابع‌های پیوسته: $H(x)= - (x_i)L_n\ P(x)dx$

در تابع‌های گسسته: $H(x)= -S_i\ (xi)L_n\ P(x_i)$

که در آن x_i یک حالت متمایز از سیستم مورد بررسی است و $P(x_i)$ احتمال حضور آن است. $H(x)$ هم کل اطلاعاتی است که در این سیستم منتقل می‌شود.

این صورتبندی مقدمه‌ای شد برای شکل‌گیری شاخه‌ای جدید از علم که امروز به نام نظریه‌ی اطلاعات شناخته می‌شود. در این نظریه، اطلاعات را با یکایی به نام بیت کمی می‌کنند. کلمه‌ی بیت[2] کوتاه‌شده‌ی «واحد دوتایی»[3] است و واحدی است که برای سنجش مقدار اطلاعات به کار گرفته می‌شود. یک بیت مقدار اطلاعاتی است که برای انتخاب یک امکان از میان دو گزینه لازم است. مثلاً وقتی سکه‌ای را به هوا می‌اندازیم، دو امکان پیشارویمان وجود دارد. ممکن است سکه شیر یا خط بیاید و تا لحظه‌ای که سکه بر سطحی ثابت قرار نگیرد این‌که کدام یکی از این دو گزینه انتخاب شده معلوم نیست. معلوم شدنِ نتیجه بدان معناست که حوادث تصادفی یکی از دو گزینه‌ی پیشِ روی ما را انتخاب می‌کنند. ما، با نگاه کردن به چنین سکه‌ای و آگاهی از نتیجه‌ی عمل آن حوادث، یک بیت اطلاعات به دست می‌آوریم. به همین ترتیب، هر گاه بین انجام دو کار مردد شویم و در نهایت یکی از آن‌ها را بر گزینیم، در واقع یک بیت اطلاعات ساخته‌ایم.

بیت را می‌توانیم به صورت پاسخِ آری/ نه به یک پرسش ساده تعریف کنیم که در واقع همان انتخاب یک گزینه از بین دو امکان است. رخدادهای پیچیده‌تر از شیر و خط کردن را هم می‌توان با همین ترتیب اندازه گرفت و راهش آن

---

[1] Shannon and Weaver

[2] bit

[3] Binary Digital

است که آنها را هم به خوشه‌هایی از رخدادهایی دوتایی تقسیم کنیم.

شیر یا خط آمدن سکه تنها دو احتمال مقابل را در بر می‌گیرد و بنابراین با یک بیت تکلیفش را می‌شود معلوم کرد. اما برخی از پدیدارها شمار بیشتری از امکانها و گزینه‌های موازی را به دست می‌دهند. مثلا وقتی از «یکی از الفبای پارسی» حرف می‌زنیم، ۳۲ حرف و بنابراین یکی از ۳۲ گزینه را در نظر داریم. در اینجا انتخاب هر حرف از بین این مجموعه به ۵ بیت اطلاعات نیاز دارد (که برابر است با لگاریتم ۳۲ در مبنای ۲)، یعنی با پنج بار پاسخ گفتن به پرسشهایی که جوابشان بله/ نه باشد، می‌توان فهمید که کدام یکی از حروف الفبای فارسی برگزیده شده است.

مجسم کنید دفتری داشته باشیم که بر آن متنی با هزار کلمه‌ی چهار حرفی نوشته شده باشد. تعیین این که هر حرف الفبا در این دفتر کدام است، به پنج بیت اطلاعات، یعنی پنج بار رفع ابهام کردن بین گزینه‌هایی دوتایی نیازمند است. بنابراین می‌توان (البته با قدری ساده‌انگاری) فرض کرد که کل اطلاعات نهفته در این دفتر ۴*۱۰۰۰*۵ = ۲۰۰۰۰ بیت است.

با افزوده شدنِ مفهوم اطلاعات به مثابه عنصری در سیستم‌ها، امکان تحلیل ساختار و کارکرد آن‌ها هم فراهم آمد. ماده فقط به عناصر سیستم مربوط می‌شود و انرژی، علاوه بر این‌که می‌تواند به عنوان عنصر در نظر گرفته شود، برقراری بسیاری از ارتباط‌ها را هم ممکن می‌کند. اطلاعات، بیش از آن‌که بر عنصر خاصی استوار باشد، بر روابط سوار است. به این ترتیب، مجموعه‌ی عناصر و روابط یک سیستم توسط ترکیبی از ماده، انرژی و اطلاعات شکل می‌گیرند. فیزیک‌دانان به ما نشان داده‌اند که ماده و انرژی به یکدیگر تبدیل می‌شوند[1] و معادلاتی وجود دارد که تبدیل هر یک از این عناصر به اطلاعات را هم نشان می‌دهند. بنابراین اگر بخواهیم با نگاهی هستی‌شناسانه[2] به این سه عنصر نگاه

---

[1] می‌دانیم که الگوی تبدیل ماده به انرژی با معادله‌ی مشهورِ $E=MC^2$ بیان می‌شود. تخمین‌ها نشان می‌دهد که هر بیت هم با $0/97 \times 10^{-23}$ ژول بر کیلومول برابر است.

[2] onthologic

کنیم، باید هر سه را به صورت نمودهایی متفاوت از یک هستی بیرونی در نظر بگیریم. در واقع خاستگاه این سه خود ما هستیم که واقعیت بیرونی را –بسته به مجرای حسی تخصص‌یافته برای درکش و شیوه‌ی صورتبندی کردنش– به سه رده‌ی ماده، انرژی و اطلاعات تقسیم می‌کنیم تا جهان را بفهمیم.

«سیستم» مجموعه‌ای از عناصر است که از جنس ماده، انرژی و اطلاعات ساخته شده‌اند و توسط روابطی به هم مربوط‌اند و به همین دلیل با حد و مرزی از محیط پیرامونشان جدا می‌شوند.

پاره‌ی دوم: ورودی/ خروجی

هرچند حد و مرزی سیستم را از محیط جدا می‌کند، اما این جدایی هرگز کامل نیست. سیستم‌ها اغلب مرزهایی تراوا دارند که ماده و انرژی و اطلاعات از آن گذر می‌کند. در این حالت هرآنچه که از محیط به درون سیستم منتقل شود را «ورودی» و هرچه که از درون سیستم به محیط جاری شود را «خروجی» می‌نامند. در علم ترمودینامیک سیستم‌ها را بر اساس نوع تبادلشان با محیط به سه گروه تقسیم می‌کنند:

الف) سیستم منزوی[1]: نظامی است که هیچ عنصری را با محیط تبادل نکند و مرزهایش نسبت به ماده، انرژی و اطلاعات نفوذناپذیر باشد. چنین سیستمی در جهانِ خارج وجود ندارد؛ اما معمولاً معادلات ترمودینامیکی را برای چنین سیستمی می‌نویسند، چرا که صورتبندی کردن ریاضی رفتارش ساده است. از این رو قوانین سه‌گانه‌ی مشهور ترمودینامیک در اصل برای سیستم‌های منزوی نوشته شده است. توجه داشته باشید که علم ترمودینامیک، به دنبال اختراع ماشین بخار، در زمانی شکل گرفت که هنوز اطلاعات را نمی‌شناختند. به همین

[1] adiabatique

دلیل هم در متون ترمودینامیکی در تعریف سیستم منزوی فقط بسته بودن نسبت به ماده و انرژی ذکر شده است، که البته تبادل نکردنِ اطلاعات را هم می‌توان از آن استنتاج کرد. ناگفته نماند که ترمودینامیک در ضمن نخستین نظریه‌ی علمی جدی‌ای هم بود که به شکلی کل‌گرا، و بنابراین آماری، موضوع خود را بررسی می‌کرد.

ب) سیستم‌های بسته: این‌ها سیستم‌هایی هستند که مرزهایشان نسبت به ماده نفوذناپذیر است، اما می‌توانند انرژی و بنابراین اطلاعات را هم با محیط رد و بدل کنند. سیستم‌های بسته هم در جهان خارج وجود ندارند، اما برخی از اخترفیزیک‌دانان برای ساده کردن محاسبات خود سیستم‌هایی مانند سیاره‌ها را که از خورشیدشان نور و گرما می‌گیرند بسته فرض می‌کنند.

پ) سیستم‌های باز: تمام نظام‌هایی را که ما به طور تجربی مشاهده می‌کنیم در بر می‌گیرند. در تمام سیستم‌های شناخته‌شده هر سه عنصرِ ماده، انرژی و اطلاعات با محیط تبادل می‌شوند. بدن یک جاندار نمونه‌ای بارز از یک سیستم باز است. تبادل ماده (غذا)، انرژی (گرمای بدن) و اطلاعات (مثلاً بینایی) در این نظام‌ها به خوبی آشکارند.

سیستم‌ها بر اساس نفوذپذیری مرزهایشان به سه نوعِ «منزوی»، «باز» و «بسته» تقسیم می‌شوند که به ترتیب هیچ، انرژی/ اطلاعات و همه چیز را با محیطشان تبادل می‌کنند.

پاره‌ی سوم: بازخورد[1]

[1] feedback

به این ترتیب در سیستم‌های واقعی باز، که موضوع بحث ما هستند، مرزها نفوذناپذیر نیستند، بلکه نسبت به اشکال خاصی از عناصر بیرونی و درونی تراوا می‌باشند. کل عناصری را که از محیط به سیستم وارد می‌شود درون‌داد[1] و عناصری را که از سیستم به محیط منتقل می‌شوند برون‌داد[2] می‌نامند و اینها اسمهایی دیگر هستند برای همان ورودی- خروجی که گفتیم. از این روست که مجاری تبادل سیستم با محیط را (مثلاً در علم رایانه) معمولاً با علامت اختصاری I/O نمایش می‌دهند. در صورتی که عناصر برون‌داد از سیستم بار دیگر به شکل درون‌داد به سیستم وارد شوند، با شکلی از اثرگذاری سیستم بر روی خودش روبرو می‌شویم که بازخورد نام دارد. مثلاً درختی که میوه‌هایش پس از رسیدن از شاخه‌ها جدا می‌شوند و روی زمین می‌افتند (برون‌داد) و بعد از تجزیه شدن به صورت کود بار دیگر جذب ریشه می‌شوند (درون‌داد)، دارای شکل ساده‌ای از بازخورد است.

بازخورد می‌تواند دو نوع داشته باشد:

الف) بازخورد مثبت: در شرایطی رخ می‌دهد که برون‌داد به صورت درون‌دادی وارد سیستم شود که مقدار خروجی خود را افزایش دهد. مثلاً وقتی کسی به دلیل شنیدن توهین (درون‌داد) خشمگین می‌شود و به طرف مقابلش فحش می‌دهد (برون‌داد)، خود را با خطر بازخورد مثبت روبرو می‌کند. به این ترتیب که طرف مقابل هم احتمالاً عین همین روند را تجربه خواهد کرد و با توهینی جدید پاسخ او را خواهد داد. این توهین جدید (درون‌داد دوم)، که احتمالاً تندتر هم هست، به فحاشی شدیدتری (برون‌داد دوم) می‌انجامد که می‌تواند به همین شکل تا مرز کتک‌کاری ادامه‌یابد.

ب) بازخورد منفی: در شرایطی دیده می‌شود که برون‌داد پس از بازگشت به سیستم مقدار خروجی خود را کاهش دهد. یه نمونه از آن را در میل بازار عرضه

---

[1] input

[2] output

و تقاضا به سمت تعادل می‌بینیم. مثلا وقتی در یک سیستم سوداگرانه‌ی عادی بهای یک کالا افزایش یابد، شمار خریدارانش کم می‌شود و کاهش تقاضا همچون نیرویی تنظیم کننده عمل می‌کند که فروشندگان را به پایین آوردن قیمت کالا وادار می‌کند. یعنی عرضه و تقاضا که در سیستم خریدار و فروشنده درون‌داد و برون‌داد هستند، همدیگر را تنظیم می‌کنند و نه تشدید، و روندها را در اطراف یک نقطه‌ی تعادلی مستقر می‌سازند.

سیستم‌های پیچیده را به روشهای گوناگونی می‌توان تعریف کرد، که یکی‌شان همین فراوان بودنِ چرخه‌های بازخوردی در آن است. روندهای درونی سیستم‌های پیچیده بر خلاف سیستم‌های ساده تابع محیط اطرافشان نیست، چون حلقه‌های تو در تویی از بازخوردهای مثبت و منفی را در خود جای می‌دهد که به تنظیم روندها و جریان‌های تبادل ماده، انرژی و اطلاعات در درون سیستم می‌انجامد. در بسیاری از سیستم‌های پیچیده که رفتاری خودسازمانده دارند ساز و کارهایی تخصصی برای منظم کردن بازخوردها و مرتبط کردنشان با یکدیگر تکامل یافته است. دستگاه عصبی در جانوران و نهادهایی مانند رسانه‌ها و خبرگزاری‌ها در جوامع مدرن از مراکزی هستند که این وظیفه را بر عهده می‌گیرند.

«بازخورد» برون‌دادِ خاصی از سیستم است که بتواند بار دیگر به عنوان درون‌داد به سیستم بازگردد.

بازخورد، در صورتی که تولید برون‌دادهای مشابه با خود (و در نتیجه تأثیرات خود) را تشدید کند، مثبت خوانده می‌شود؛ در صورتی که چنین نکند و مقدار برون‌دادهای مربوط به خود را در حوالی مقدار مشخصی تثبیت کند، منفی نامیده می‌شود.

گفتار دوم: علیت

بر چهره‌ی آثارِ جهان رنگِ سبب نیست
چون آتشِ یاقوت که تب دارد و تب نیست
چشمی به تأمل نگشوده است نقابت
بر وضعِ جهان گر عجبت نیست، عجب

می‌گویند دموکریتوس، فیلسوف یونانی، هنگامی که دعوت داریوش بزرگ را برای پیوستن به دربارش و برخورداری از مواهب زندگی در کاخ شاهنشاهی شنید، انزوا و زندگی مستقلش را برای زندگی فلسفی‌اش ضروری دانست و جمله‌ای مشهور بر زبان آورد. دموکریتوس گفت: «دانستن علت چیزها برایم از تاج و تختِ پادشاهی ایران ارزشمندتر است.»

تاج و تخت ایران در آن زمان ارزشمندترین چیزی بود که یونانیان می‌شناختند، و علیت پیش‌فرضی است که شکلی خاص از دانایی را پدید می‌آورد و پشتیبانی می‌کند. بنابراین این گفتار دموکریتوس، اگر حمل بر تظاهر نشود، شیفتگی‌اش به علمِ تحویل‌انگارانه را نشان می‌دهد!

در نگرش تحویل‌گراست که سیستم را فقط به شکل مجموعه‌ای از عناصر در نظر می‌گیرند و به این ترتیب روابط مورد غفلت واقع می‌شود. در این رویکرد

فقط روابطی قابل‌مشاهده است که بین دو عنصر منفرد به شکلی ساده و تکراری تثبیت شده باشد، و این همان است که به علیت شکل می‌دهد. دانشمندان تحویل‌گرا و بسیاری از فلاسفه‌ی قدیمی‌ترِ پیش از آن‌ها فقط این نوع از روابط را می‌شناختند و در نتیجه به اثرات سرراست و ساده‌ی بین عناصر باور داشتند. معادله‌ی گرانشی نیوتون نمونه‌ای از صورتبندی‌های مدرن این روابط ساده است. سادگی، آزمایش‌پذیری و تکراری بودنِ این روابط به تحلیل علّی رخدادها میدان داد. مبنای تحلیل علّی باور به این نکته بود که رابطه‌ی یادشده شرط ضروری حضورِ عناصر است. یعنی عناصر فقط در پیوند با این روابط ساده و تکراری تعریف می‌شدند و اندرکنش آن‌ها هم فقط با کمک این رده‌ی خاص از روابط تبیین و فهمیده می‌شد. به این ترتیب مجموعه‌ای از روابط علّی یک‌سویه، خطی، ساده و قانونمند در میان عناصر سیستم تشخیص داده می‌شد.

این نگرش در نهایت به تصویری ماشین‌واره از جهان منتهی شد. تصویری نیوتونی که مه‌رَوَند را مجموعه‌ای از عناصرِ خُردِ عمدتاً مادی، مثل اتم‌ها، می‌دانست که با قوانین علّی ساده و شناخته‌شده‌ای بر هم نیرو وارد می‌کنند و به این ترتیب کل رخدادهای قابل‌مشاهده را پدید می‌آورند. این همان نگرشی بود که جبرگرایی لاپلاسی را معقول جلوه می‌داد. لاپلاس، ریاضی‌دان و فیلسوف فرانسوی، معتقد بود که اگر کسی بتواند در یک لحظه مکانِ تمام اتم‌های عالم را بداند و کل نیروهای بینشان را بشناسد، خواهد توانست تمام رخدادهای گیتی را تا ابد پیش‌بینی کند. دستیابی به رموز حاکم بر این جبرگرایی لاپلاسی آرزویی بود که دانشمندان سده‌ی هجدهمی را برای کنکاشِ بیشتر در طبیعت و بررسی دقیق‌تر نیروهای طبیعی بسیج می‌کرد. ایشان در افق دیدِ خویش حالتی را در نظر می‌گرفتند که دانشِ تحویل‌انگار و جزءگرا بتواند با شناسایی تمام قواعد حاکم بر تمام ذره‌ها وضعیت گیتی را تا ابد درک و پیش‌بینی کند.

این ماتریالیسمِ مکانیکی برای ابداعات فنی و پیشرفت صنایع سودمند بود، چرا که ماشین‌های سده‌ی نوزدهمی با همین قواعدِ شفاف و ساده طرح‌ریزی و ساخته می‌شدند. با این همه، برداشت یادشده هنگامی که برای سیستم‌های

بغرنجِ طبیعی به کار گرفته شود تصویری خام و سطحی از پدیده‌ها را به دست می‌دهد. تصویری که با نادیده انگاشتن بخش مهمی از عناصر و روابط موجود در سیستم همراه است و فقط در سطح ابزارگرایانه‌ی خاصی ارزشمند است. در رویکرد سیستمی امروز باور به علیت خطی کنار گذاشته شده و شبکه‌هایی از روابط احتمالاتی جایگزین آن می‌شوند. برخی از نویسندگان این مجموعه از روابط را، به عادت قدیمی، علیت شبکه‌ای یا غیرخطی[1] نامیده‌اند. به این دلیل است که برتراند راسل، در اوایل سده‌ی بیستم میلادی علیت را مفهومی مرده و متعلق به گذشته دانست؛ حکمی که شاید اگر دموکریتوس قدری زودتر بر آن آگاه می‌شد، بابت رد کردن دعوت داریوش دریغ می‌خورد.

«علیت‌گرایی» باوری است برخاسته از تحویل‌انگاری مبنی بر این‌که رخدادها محصول روابطی ساده، سرراست، تکراری و قانونمند میان عناصری (معمولاً مادی) هستند.

[1] non-linear/ network causation

بخش سوم: پویایی سیستم

گفتار نخست: فضای حالت

در نظریه‌ی سیستم‌ها برای تحلیل آنچه در یک مجموعه‌ی بغرنج از عناصر و روابطِ متکثر رخ می‌دهد از ابزارهای نظری خاصی استفاده می‌کنند. این ابزارها، در نهایت، امکان مدل‌سازی ریاضی و تحلیل‌های کمی را هم به دست می‌دهند و این چیزی است که نظریه‌ی سیستم‌ها را در چشم دانشمندان تجربی جذاب و جدی ساخته است. برای مدل‌سازی سیستم‌ها باید نخست چارچوبی انتزاعی ساخت تا سایر مفاهیم بر آن سوار شوند.

فرض کنید سیستمی ساده مانند یک تکه سنگ را داشته باشیم. این سیستم در برابر شرایط متفاوت محیطی رفتارهایی خاص از خود نشان می‌دهد که به شماری متناهی، هرچند نه لزوماً معدود، از متغیرها بستگی دارد. سنگ سیستمی است با عناصری (مولکول‌هایی ویژه) و روابطی (نیروهای بین مولکولی) که حد و مرزی (سطح سنگ) آن را از محیطش جدا می‌کند. اگر این سیستم را به عنوان پرتابه‌ای در نظر بگیریم، می‌بینیم که رفتارش به شمار کمی از متغیرها وابسته است؛ مثلاً مقاومت هوا، نیروی اولیه، شتاب گرانش و جرم سنگ عامل‌هایی هستند که رفتار سیستم را در شرایط «پرتاب شدن به هوا» تعیین می‌کنند.

ما می‌توانیم فضایی فرضی را در نظر بگیریم که به تعداد متغیرهای یادشده بُعد داشته باشد؛ یعنی محوری برای نشان دادن مقادیر متفاوت گرانش، محور دیگری برای نمایش مقادیر متفاوت نیروی اولیه، محوری دیگر که مقادیر متفاوتِ جرمِ ممکن برای این پرتابه را نشان دهد و... را می‌توان در نظر گرفت که در فضایی فرضی همه بر هم عمود شده باشند. فضایی که چند محور در آن بر هم عمود شوند فضایی چندبعدی است و این «چند» می‌توان هر عددی باشد. هرچند ما در حالت عادی به فضاهای سه‌بُعدی، که دستگاه بینایی‌مان با آن کار می‌کند، و دوبُعدی، که برای نمایش نوشتارها و ترسیم اشکال از آن استفاده می‌کنیم، عادت کرده‌ایم.

این فضای چندبعدی فایده‌ای برای ما دارد و آن هم این است که می‌توان همه‌ی وضعیت‌های قابل‌تصور برای سیستم را به صورت نقطه‌ای بر آن نمایش داد. هر پرتابه‌ای را، در هر شرایط جوی و گرانشی و با هر جرم و نیروی اولیه‌ای که در نظر گرفته شود، می‌توان با یک نقطه روی این فضا نشان داد. این فضای چندبعدی فرضی را فضای حالت[1] می‌نامند[2]. فضای حالت را برای سادگی، و به دلایلی که گفتیم، در فضایی دو یا سه‌بُعدی نمایش می‌دهند. فضای حالت فضای چندبعدی فرضی‌ای است که هر بُعدش تغییرات یکی از متغیرهای حاکم بر رفتار سیستم را نمایش دهد.

---

[1] phase-space

[2] اگر بخواهیم دقیق‌تر سخن بگوییم، باید به دو مدل از این فضا اشاره کنیم. فضای حالت مربوط به شرایطی است که متغیرهایی هم‌جنس در شمار زیادی از سیستم‌ها مورد نظر باشند. در این شرایط، گرفتنِ مشتق زمانی از متغیرها ممکن است و می‌توان معادله‌بندی سرراستی از پویایی سیستم‌ها به دست داد؛ اما در این متن بیشتر به مفهومی عام و کلی اشاره داریم که امکانِ صورتبندی تمام متغیرهای موجود در همه‌ی سیستم‌ها را به دست دهد. این را در نظریه‌ی سیستم‌ها فضای آرایش (configuration space) می‌نامند. تفاوتِ آن با فضای حالت آن است که لزومی در هم‌جنس بودنِ متغیرهایش وجود ندارد و بنابراین ممکن است مشتق زمانی متغیرها هم قابل‌محاسبه نباشد. آنچه در این متن مورد نظر است شکلِ عام و تعمیم‌یافته‌ی اخیر است. اما چون فضای حالت در زبان فارسی بیشتر جا افتاده، همین واژه را برای اشاره به هردو مفهوم به کار خواهیم گرفت. هرچند اگر بخواهیم دقیق‌تر سخن بگوییم، ناگزیر می‌شویم بخش عمده‌ی «فضای حالت‌های» متن را به «فضای آرایش» تبدیل کنیم.

تعداد ابعاد فضای حالت می‌تواند در دامنه‌ای بسیار گسترده تغییر کند. برای سیستم ساده‌ای مانند یک پرتابه فضایی با چهار یا پنج بُعد کفایت می‌کند، اما برای تحلیل سیستمی بغرنج، مانند بدن یک جاندار یا یک نظام اجتماعی، شمار بسیار بسیار زیادی از عامل‌ها باید در نظر گرفته شود. چنان‌که آشکار است، فضای حالت از رویکرد نظری ما بر می‌خیزد و ابزاری است برای توصیف سیستم و در سرشت و ذات چیزها ریشه ندارد.

«فضای حالت» فضای چندبُعدی فرضی‌ای است که هر بعدش تغییرات یکی از متغیرهای حاکم بر رفتار سیستم را نمایش دهد.

پاره‌ی نخست: خطراهه

با توجه به سومین اصل موضوعه‌ای که برای مه‌روند ذکر کردیم (دگرگونی) یکی از محورهای همه‌ی فضاهای حالت زمان خواهد بود. چرا که همه‌ی سیستم‌ها زیرمجموعه‌هایی از مه‌روند هستند و بنابراین تغییر می‌کنند و ما برای فهم این تغییر به فرض کردنِ محور زمان نیاز داریم.

تحولات سیستم در مسیر زمان را پویایی[1] می‌نامند. پویایی یا رفتار یک سیستم را می‌توان به صورت رشته‌ای از نقاطِ پیاپی بر فضای حالت مجسم کرد. نقاطی که هر یک نشانگر یک وضعیتِ خاص سیستم هستند و روی هم رفته زنجیره‌ای را ایجاد می‌کنند که بر محور زمان گسترش می‌یابد و پویایی کلی و رفتار دقیق سیستم را نشان می‌دهد. این رشته را خطراهه[2] می‌نامند.

در یک سیستم ساده، خطراهه مسیری پیوسته و سرراست است که می‌توان شکلش را با معادله‌بندی‌های دیفرانسیلی توصیف کرد. این کار، یعنی به دست

---

[1] dynamism

[2] trajectory

دادنِ معادله‌ای ریاضی به ازای هر رفتارِ قابل‌مشاهده از سیستم‌ها، رؤیای فیلسوفان خردگرایی مانند دکارت بود که کل هستی را امری معقول و ریاضی‌گونه می‌دیدند. اما امروز می‌دانیم که خطراهه‌ها خطوطی منظم و تر و تمیز نیستند که به سادگی در ظرف یک معادله بگنجند. به ویژه در مورد سیستم‌های پیچیده خطراهه‌ها مسیرهایی نامنتظره و بغرنج را طی می‌کنند و حتی ممکن است ناپیوسته باشند و مثلاً به هنگامِ گذار حالت از نقطه‌ای از فضای حالت به نقطه‌ای دیگر بجهند.

«خطراهه» مجموعه‌ای از نقاطِ فضای حالت است که رفتار سیستم در مسیر زمان را نمایش دهد.

پاره‌ی دوم: فضای حالت مجاز/ غیرمجاز

تمام نقاطِ موجود در فضای حالت در دسترس سیستم نیستند. این بدان معناست که خطراهه نمی‌تواند از همه‌ی بخش‌های فضای حالت عبور کند. برخی از شرایطِ فضای حالت به لحاظ نظری قابل‌تعریف هستند، اما تبلور خارجی‌شان در قالب سیستمی که آن ویژگی‌های خاص را داشته باشد، به دلایل منطقی یا عملیاتی، ناممکن است.

اگر هنگام خواندن این کتاب در فضای داخلی ساختمانی باشید، اتاقی که شما را احاطه کرده می‌تواند فضای حالت حرکت شما در نظر گرفته شود. یعنی این اتاق از مجموعه‌ای از نقاط با مختصات مشخص تشکیل یافته که شما به لحاظ نظری می‌توانید در هریک از آن‌ها قرار داشته باشید. با این همه، موقعی که شروع به راه رفتن در اتاق می‌کنید، می‌بینید برخی از این نقاط خارج از دسترس شماست. شما نمی‌توانید روی سقف –به همان سادگی که روی زمین راه می‌روید– حرکت کنید و قادر به گذر از فضاهایی که قبلاً توسط اشیای دیگر اشغال شده‌اند –مثلاً یک کمد– نیستید. به این ترتیب، خطراهه‌ای که حرکت

شما را در اتاق نشان می‌دهد فقط به بخشی از این فضای حالت دسترسی دارد.

بخشی از فضای حالت که خطراهه امکان عبور به آن را دارد فضای حالت مجاز و بخشی که چنین امکانی درباره‌اش وجود ندارد فضای حالت غیرمجاز نامیده می‌شود. در فضای حالتِ زبان عبارتی مانند «دایره‌ی چهارگوش» وجود دارد که در جهان خارج به دلایل منطقی نمودی ندارد و بنابراین بی‌معناست. این نقطه برای خطراهه‌ی معنایی زبان غیرمجاز است.

بخش مهمی از روندهای حاکم بر سیستم‌ها را می‌توان به صورت تحول بخش‌های مجاز و غیرمجازِ فضای حالت فهمید. پیدایش خیابان‌ها، در واقع، غیرمجاز کردنِ بخش مهمی از فضای عبور و مرورِ شهری برای خودروها بوده است و حقوق مدنی و قضایی مجموعه‌ای از قراردادهاست که نقاط مربوط به رفتارهای تجاوزکارانه را در فضای حالت کردارهای شهروندان غیرمجاز می‌سازد.

«فضای حالت مجاز» مجموعه نقاطی از فضای حالت است که خطراهه‌ی سیستم امکان عبور از آن‌ها را دارد.

پاره‌ی سوم: درجه‌ی آزادی

با آن که بخش‌هایی از فضای حالت غیرمجاز است، خطراهه‌ی سیستم در هر لحظه، یعنی در هر مقطعی از گسترش خود، امکان‌های گوناگونی را پیشاروی خود دارد. به لحاظ نظری سیستم می‌تواند در هر لحظه هر وضعیتِ مُجازی را اشغال کند. یعنی خطراهه در گذر از زمان حال به آینده می‌تواند به هریک از نقاطی که در برابرش وجود دارد، گام گذارد، بدان شرط که آن نقطه مجاز باشد. دامنه‌ی این انتخاب‌های رفتاری با تعداد ابعاد فضای حالت رابطه دارد. در واقع، به بیان فنی، درجه‌ی آزادی یک سیستم عبارت است از شمارِ متغیرهایی که مستقل از هم باشند و بتوانند سیستم را به طور کامل توصیف کنند. و این با شمار ابعاد فضای حالت متناسب است.

شاید یک مثال برای فهم این موضوع کمک کند. آدمی را در نظر بگیرید که در یک دشت هموار راه می‌رود. او در هر لحظه می‌تواند گام بعدی خود را در تمام نقاطِ موجود در فاصله‌ی یک قدمی‌اش انتخاب کند. او می‌تواند به راست، چپ، روبرو یا پشت سر قدم گذارد یا با زاویه‌هایی متفاوت در جهت‌هایی بینابینِ این‌ها حرکت کند. موقعیت این آدم را می‌توان به عنوان مقطعِ خطراهه‌ی مسیرش در نظر گرفت که در زمان گسترش می‌یابد. این آدم هم، مانند همان مقطع از خطراهه، فقط در زمان حال وجود دارد، اما انتخاب‌هایش نقاطی از گذشته (مسیر طی‌شده) و آینده (مسیر پیش رو) را دریک فضای حالت (دشت) به هم متصل می‌کند.

حالا فرض کنیم سیستم مورد نظر ما سوپرمن باشد! سوپرمن، با توجه به قدرت پروازش، در فضای حالتی حرکت می‌کند که یک بُعد بیشتر از دشت دارد. او می‌تواند علاوه بر سطح در ارتفاع هم حرکت کند. به همین دلیل هم شمار بیشتری از گزینه‌ها را در اختیار دارد. اگر چهار جهت را برای آدم عادی بپذیریم (پیش و پس و چپ و راست)، او می‌تواند در شش جهت (موارد یادشده به علاوه‌ی بالا و پایین) حرکت کند. از اینجا می‌توان شعر حافظ را هم بهتر فهمید وقتی که می‌گوید:

فریاد که از شش جهتم راه ببستند

آن خال و قد و زلف و رخ و عارض و قامت

یعنی شاعر شیرین‌سخن ما به تأثیر متغیرهای چهره‌ی دلدارش در کاهش گزینه‌های رفتاری در فضای حالتی شش‌بُعدی اشاره دارد!

از تمام این حرف‌ها این نتیجه حاصل می‌آید که افزوده شدن به ابعاد فضای حالت سیستم دامنه‌ی انتخاب‌های خطراهه را زیاد می‌کند. به همین دلیل هم تعداد این ابعاد را درجه‌ی آزادی[1] سیستم می‌نامند.

---

[1] degree of freedom

حالا فرض کنید خطراهه‌ی سیستمی مثل **الف** از نظر ساختار و ریخت شبیه به خطراهه‌ی سیستم دیگری مانند **ب** باشد، به طوری که با مشاهده‌ی **الف** بتوان رفتار **ب** را تحلیل و پیش‌بینی کرد. در این شرایط، اگر درجه‌ی آزادی **الف** کمتر از **ب** باشد، **الف** را مدل **ب** می‌نامند. مدل‌سازی عبارت است از ساختنِ سیستمی مصنوعی که از موضوع بررسی‌مان ساده‌تر باشد و در عین حال رفتارهای اصلی آن را تقلید کند، به طوری که بتوان با سخن گفتن از آن، به ماهیت سیستمِ اصلی پی برد. علم از این زاویه مدلی است که شناسایی جهان، طبیعت یا مه‌روند را ممکن می‌کند.[1]

تصویری که ما از جهان خارج می‌بینیم مدلی سه‌بُعدی است که مغزمان بر مبنای تحولات جهانِ پیرامونمان بر ساخته و دگرگونی‌های جهان بیرون را بر فضایی ساده نمایش می‌دهد. اگر بخواهیم حرف فیزیک‌دانان را جدی بگیریم، به این نتیجه می‌رسیم که کل جهان ملموسِ پیرامون ما از واحدهایی به نام اَبَرریسمان‌ها[2] تشکیل شده که یازده بُعد (ده بعد مکانی و یک بعدِ زمانی) دارند. پس مغز ما به طور پیوسته هستی‌ای پیچیده و یازده‌بعدی را به مدلی ساده‌تر و چهاربعدی (درازا، پهنا، بلندا و زمان) فرو می‌کاهد که همان دنیای تجربه‌شده و آشنای پیش چشمِ ماست. ناگفته نماند که خودِ نظریه‌ی ابرریسمان‌ها هم مدلی از این دست است و آن هستی ناشناختنیِ بیرونی را با وسواس و دقتی بیشتر از چشمانمان به چارچوب ریاضی‌گونه‌ای با یازده بعد تحویل می‌کند. در عمل، تمام مدل‌هایی که شناخت چیزی را ممکن می‌کنند از همین اصلِ ساده‌سازی استفاده می‌کنند، چنان‌که همین متنی که در حال خواندنش هستید هم مدلی نظری است که هستی را با تعریف سیستمی از مفاهیم (عناصر) و قواعد (روابط) فهم‌پذیر می‌سازد.

---

[1] هرچند مه‌روند را به دلیل بی‌حد و مرز بودنش نمی‌توان سیستم دانست.

[2] superstring

«درجه‌ی آزادی» تعداد ابعاد فضای حالت سیستم است که دامنه‌ی انتخاب‌های پیشاروی خطراهه‌اش را تعیین می‌کند.

پاره‌ی چهارم: جذب‌کننده[1]

نقاطِ متمایزِ فضای حالت از نظر سیستم خنثا و متقارن نیستند؛ بخش‌هایی از آن برای سیستم مناسب‌تر و مطلوب‌تر تلقی می‌شوند و بخش‌هایی دیگر نامناسب و نامطلوب. پایداری سیستم در برخی از نقاط بیشتر و در برخی دیگر کمتر تأمین می‌شود. از این رو سیستم به بخش‌هایی از فضای حالت گرایش دارد و از جاهایی می‌گریزد. فضای حالت، به تعبیری، برجستگی و فرورفتگی‌هایی دارد که خطراهه‌ی سیستم را به سوی خود جذب می‌کند و یا از خود می‌راند. نقاطی که خطراهه را به سوی خود می‌کشد جذب‌کننده یا بستر جذب نام دارد.

در واقع، جذب‌کننده جایگاهی است که توسط تابع حالت سیستم صورتبندی می‌شود و موقعیت‌های پایدار آن را نشان می‌دهد. این تابع حالت همواره شمار ابعادی بسیار کمتر از فضای حالت دارد. با این همه، برای پیوند زدنِ مفاهیمی که گفتیم می توان جذب‌کننده را همچون ناحیه یا نقطه‌ای بر فضای حالت نمایش داد، به طوری که خطراهه‌ی سیستم با نزدیک شدن به آن به سویش میل کند و در آن قرار گیرد. جذب‌کننده مانند سوراخ قیفی است که ساچمه‌ی خطراهه به درونش افتاده باشد. در علوم فیزیکی، با توجه به اهمیتی که فضای حالت‌های انرژی دارند، گاه جذب‌کننده‌ها را با نام چاه پتانسیل مورد اشاره قرار می‌دهند، چرا که این نقاط از نظر وضعیت انرژی پایدارتر از نقاط همسایه‌شان است.

مثال‌های زیادی از جذب‌کننده‌ها می‌توان زد. دمای بدن پرندگان و پستانداران یک نمونه‌ی خوب است. سیستم متابولیک جانوران خونگرم بر فضای

---

[1] attractor

حالت خود جذب‌کننده‌ای بر محور دما دارد که خطراهه را معمولاً به سوی خود جلب می‌کند و در آن ناحیه‌ی خاص نگه می‌دارد. به همین دلیل هم در حالت عادی دمای بدن پستانداران و پرندگان به ترتیب ۳۷ و ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. اگر دمای بدن انسانی از این جذب‌کننده دور شود، ترفندهایی مانند لرزیدن یا عرق کردن به کار گرفته می‌شود تا دما بار دیگر به همان نقطه‌ی پیشین باز گردد. سیستم‌ها معمولاً با بازخوردهای منفی خود را در جذب‌کننده‌ی خاصی تثبیت می‌کنند.

گرایشِ سیستم به قرار گرفتن در جذب‌کننده‌ها بدان معنا نیست که این نقاط تثبیت‌شده و مطلق باشند. جذب‌کننده‌ها خاصیتی در خودِ فضای حالت نیستند، بلکه در اثر حضور خطراهه‌ها در آن‌ها شکل می‌گیرند. هنگامی که یک سیستم دگرگون می‌شود، بخش‌های مجاز و غیرمجاز و جذب‌کننده یا دفع‌کننده‌ی فضای حالتش هم دگرگون می‌شود. یک مثال خوب تب کردن است که چیزی جز تغییر جذب‌کننده‌ی یادشده به سمت دماهای بالاتر نیست.

این‌که چه جذب‌کننده‌هایی در کجای فضای حالت وجود داشته باشند توسط برآیند ارتباطات سیستم با محیط تعیین می‌شود. یک منظره‌ی کوهستانی، در واقع، نیمرخ جذب‌کننده‌هایی را نمایش می‌دهد که به طور عمده بر مبنای نیروی گرانش در فضای حالتی مکانیکی شکل گرفته‌اند. این‌که فلان سنگ در فلان شیبِ کوه کجا قرار بگیرد توسط مجموعه‌ای از عوامل درونی (شکل و جرم و جنس سنگ) و بیرونی (شیب زمین و گرانش و شدت وزش باد) تعیین می‌شود. هرچه سیستم پیچیده‌تر باشد، اهمیت متغیرهای درونی در تعیین جذب‌کننده‌ها بیشتر می‌شود. مثلاً جانوران خونسرد جذب‌کننده‌ای برای دمای بدنشان ندارند، ولی خویشاوندان خونگرمشان که پیچیده‌ترند، به دلیل افزایش سرعت سوخت و سازشان، چنین جذب‌کننده‌هایی را در سیستم خود پدید آورده‌اند. پیچیده شدنِ گام به گامِ سیستم با پیدایش مسیرهایی درونی و مراکزی درون‌زاد برای تولید و مدیریت جذب‌کننده‌ها همراه است. این همان روندی است که در نهایت خودکاره‌ها یا سیستم‌های خودمختار را پدید می‌آورد.

«جذب‌کننده» نقطه‌ای بر فضای حالت است که خطراهه را به سوی خود جذب کند.

گفتار دوم: دوشاخه‌زایی

جزوها در عقده‌ی خودداری کل غافل‌اند
نقطه از ضبط عنان گر بگذرد دفتر شود

با توجه به آنچه گذشت، همواره نوعی عدم قطعیت در مورد مسیرِ یک خطراهه وجود دارد. خطراهه همیشه مسیری مستقیم و ساده را طی نمی‌کند و لزومی ندارد که به شکلی قابل‌پیش‌بینی نقاط پیشارویش را به هم بدوزد. در شرایطی که چگونگی ادامه‌ی مسیر خطراهه (یعنی رفتار بعدی سیستم) توسط متغیرها و قواعد بیرونی قابل‌پیش‌بینی نباشد، پدیده‌ای به نام دوشاخه‌زایی روی می‌دهد. عبارتِ دوشاخه‌زایی در اصل در مورد رفتارِ آماری شمار زیادی از سیستم‌های مشابه به کار می‌رود. با وجود این، می‌توان آن را از تابع حالتِ سیستم نیز استنتاج کرد و به کمک آن نقاطِ تقارنیِ فضای حالت را تعیین کرد.

کاربرد عملیاتی این مفهوم در مدل ما به شرایطی مربوط می‌شود که خطراهه‌ی سیستم با گزینه‌هایی کمابیش هم‌ارز و یکسان روبرو شود. این بدان معناست که جذب‌کننده‌هایی هم‌زور یا مسیرهایی هم‌احتمال در برابر خطراهه قرار بگیرند و بیش از یک راه را در پیش رویش بگشایند. نمود خارجی این پدیده آن است که سیستم با گزینه‌هایی رفتاری روبرو شود که برایش تمیزناپذیر و

معادل باشند. در چنین شرایطی، ناظری که از بیرون رفتار سیستم را می‌نگرد نمی‌تواند با توجه به قانونمندی‌هایی که برای رفتار وی کشف کرده گامِ بعدی حرکت خطراهه را پیش‌بینی کند، و در نتیجه خطراهه بر فضای حالت چند شاخه می‌شود. هر شاخه یکی از امکاناتِ پیشاروی سیستم را نمایندگی می‌کند. نقطه‌ای که چنین اتفاقی در آن رخ دهد را نقطه‌ی تقارن[1] یا نقطه‌ی کوری[2] می‌نامند، چون دانشمند فرانسوی پیر کوری نخستین کسی بود که آن را توصیف کرد. تحول در شکل خطراهه را در این شرایط دوشاخه‌زایی[3] می‌نامند.

این نام نباید ما را به اشتباه بیندازد، چرا که پدیده‌ی «دو»شاخه‌زایی معمولاً بیش از دو گزینه را در برابر خطراهه پدید می‌آورد. به همین دلیل هم گاه از عبارت «شاخه‌زایی» به عنوان شکلِ عام‌ترِ همین مفهوم استفاده می‌کنیم. در حالت عادی این پدیده در یک سیستم منفرد قابل‌تشخیص نیست، چون هیچ خطراهه‌ای بر محور زمان مکث نمی‌کند و تمام سیستم‌ها با رسیدن به نقطه‌ی تقارن در نهایت یکی از گزینه‌های پیشاروی خود را انتخاب می‌کنند. با این همه، انتخاب یادشده خصلتی آماری دارد و به ویژه در شرایطی که رفتار چند سیستم یا چندین رفتار مشابه از یک سیستم مشاهده شود این ویژگی نمایان می‌شود.

دوشاخه‌زایی را در سیستم‌های زیادی می‌توان دید. هنگامی که یک کوره راه روستایی در اثر مرور زمان به دو مسیرِ (یکی نزدیک‌تر و دیگری هموارتر) تبدیل می‌شود، زمانی که دو مکتب از یک نظریه در علمی پدید می‌آید، و وقتی که یک سلول اولیه پس از چند بار تکثیر به چند نوع سلول متمایز تقسیم می‌شود دوشاخه‌زایی رخ داده است. این تجربه‌ای است که همه‌ی ما داریم، چون به هر صورت، مانند تمام انسان‌های دیگر، در ابتدای زندگی حدود نیم ساعت از عمر خود را به صورت یک تک‌سلولی گذرانده‌ایم!

---

[1] symmetry point

[2] Courie point

[3] واژه‌ی دوشاخه‌زایی را از روی bifurcation ساخته‌ام که از دو بخشِ bi و furca تشکیل شده که در زبان لاتینی به ترتیب «دو» و «چنگال/ شاخه» معنا می‌دهند.

«دوشاخه‌زایی» پیدایش نقطه‌ای تقارنی بر خطراهه‌ی سیستم است، به طوری که ادامه‌ی مسیر سیستم توسط متغیرهای مشخص بیرونی و قوانین حاکم بر آن‌ها قابل‌پیش‌بینی نباشد.

بخش چهارم: اطلاعات

گفتار نخست: تقارن

بی‌شبهه بود نیک و بدِ اعتبارها اندیشه‌ی یقین همه را احتمال کرد
حق خلق می‌شود ز فسونِ تأملات باید به چشم دید و نباید خیال کرد

با یک مثال ساده می‌توان معنای هم‌زور بودنِ گزینه‌های رفتاری را نشان داد. مجسم کنید در شرایطی قرار دارید که امکانِ «کاری نکردن» وجود ندارد و باید لزوماً یکی از این دو گزینه را برگزینید: گرفتن یک میلیون تومان پول یا آموختن یک نکته‌ی علمی جالب. خوب، بدیهی است که این دو گزینه هم‌زور نیستند و شما هم دموکریتوس نیستید، پس می‌توانید با خیال راحت و تصمیمی قاطع انتخابتان را اعلام کنید و پول‌هایتان را بشمارید!

حالا فرض کنیم انتخاب‌های شما متفاوت شود. کدام‌یک را ترجیح می‌دهید؟ گرفتن یک میلیون تومان پول یا اضافه شدنِ دو سال به عمرتان را؟

برای بسیاری از افراد این دو گزینه تقریباً هم‌ارز هستند. شاید برای برخی از نیاکان ما، همان‌ها که انشای «علم بهتر است یا ثروت» را جدی‌تر از ما می‌نوشتند، دو گزینه‌ی اولی هم هم‌زور بوده باشند. این بدان معناست که نگاه سیستم به گزینه‌های پیش رویش مهم است. وقتی انتخاب‌هایتان را هم‌ارز فرض می‌کنید، (یعنی زمانی که تردید می‌کنید) در نقطه‌ی تقارن قرار دارید.

واژه‌ی تقارن نیازمند توضیحی بیشتر است. این کلمه را، چنان‌که گفتیم، برای نخستین بار پیر کوری به علم جدید معرفی کرد. پیش از او دو گروه از دانشمندان به این مفهوم توجه کرده بودند: نخست بلورشناسان که در روش‌های کریستالوگرافی خود به اشکالی متقارن بر می‌خوردند و دوم ریاضی‌دانان که این مفهوم را در معادله‌های ناوَردا کشف کرده بودند. این دو گروهِ متفاوت در یک نکته توافق داشتند و آن تعریف تقارن بود. بنا به تعریف، تقارن خاصیت سیستمی است که در اثر تبدیلی خاص، نسبت به محوری مشخص، تغییر نکند.

جوهر تقارن تغییرناپذیری نسبت به تبدیل‌ها، همگن بودن و یکنواختی است. دایره‌ای که پس از دَوَران حول مرکزش هیچ تغییری نمی‌کند، نسبت به تبدیلِ دوران و آن مرکزِ خاص، متقارن است. مربع هم در برابر دَوَران ۹۰ درجه نسبت به مرکزش همین ویژگی را دارد. بدن پستانداران نسبت به محور طولی بدنشان متقارن است، چون در دو سوی این محور اندام‌هایی یکسان (چشم، گوش، دندان، دست و پا و...) وجود دارد. بدن ستاره‌های دریایی هم نسبت به مرکز بدنشان متقارن است، چون بازوهایشان به شکل شعاع‌هایی در اطراف این مرکز چیده شده است.

با این تفاصیل تقارن را می‌توان مترادفِی دقیق برای مفهومِ یکنواختی و همسانی دانست. وقتی می‌گوییم خطراهه‌ای به نقطه‌ی تقارن رسیده است؛ این بدان معناست که با گزینه‌هایی همسان و هم‌ارز روبرو شده است. سیستمی که با تقارن روبرو می‌شود شرایطی خنثا و یکنواخت را تجربه می‌کند. شرایطی که گزینه‌هایی با ارزش یکسان و پیامدهای به ظاهر تمایزناپذیر را شامل می‌شود.

«تقارن» خاصیت سیستمی است که در اثر تبدیلی خاص، نسبت به محوری مشخص، تغییر نکند.

شکست تقارن[1]

تجربه‌ی تقارن همواره موضعی و موقت است. سیستم نمی‌تواند بر سر چهارراه تقارن بایستد و خطراهه نمی‌تواند بر محور زمان متوقف شود. نقطه‌ی تقارن نقطه‌ای بر خطراهه است که تجربه کردنش تنها در بازه‌ی زمانی کوتاهی ممکن است. به این ترتیب، سیستم در نهایت ناگزیر است تا در نقاط تقارنی از میان گزینه‌های پیش رویش یکی را برگزیند. سیستم قطعاً یکی از رفتارهای ممکن را از خود نشان خواهد داد. این عبور از نقطه‌ی تقارن به معنای به هم خوردن توازن میان گزینه‌هاست. سیستمی که از نقطه‌ی تقارن رد می‌شود با انتخاب خود وضعیت متقارن اولیه را از بین می‌برد. دیگر گزینه‌ها هم‌ارز و هم‌زور نیست، چون سیستم یکی از آن‌ها را بر بقیه ترجیح داده است. این عبور از نقطه‌ی تقارن و از میان بردن وضعیت متقارن را در نظریه‌ی سیستم‌ها شکست تقارن می‌نامند.

شکست تقارن از چند نظر مهم است: نخست آن‌که وضعیتی یکنواخت و یکدست را به حالتی تمایزیافته تبدیل می‌کند. به همین دلیل هم شکست تقارن ساز و کار اصلی زایش اطلاعات است. مثالی که در مورد تولید یک بیت (bit) داشتیم را به یاد می‌آورید؟ فرآیندی تصادفی مانند شیر و خط افتادنِ یک سکه نمونه‌ای مشهور از وضعیت متقارن است. سکه‌ای که به هوا پرتاب می‌شود پرتابه‌ای است که خطراهه‌اش تنها دو گزینه را پیشاروی خود دارد و به معنای واقعی کلمه با دوشاخه‌زایی روبرو می‌شود. وقتی سکه بر جایی قرار می‌گیرد، یکی از این دو گزینه انتخاب می‌شود و تقارن اولیه شکسته می‌شود. در این لحظه دیگر ما دو احتمالِ هم‌ارزِ شیر یا خط را نداریم، بلکه یکی از این دو را داریم و دیگری از میدان به در شده است. این طرد همه‌ی گزینه‌ها به بهای گزینش یکی از آن‌ها شکست تقارن است و همان است که اطلاعات را تولید می‌کند. برگزیدن یکی از حروف الفبای فارسی (با فرض ۳۲تایی بودن نمادهای

[1] symmetry breaking

الفبا) شکست تقارنی است که به تولید ۵ بیت اطلاعات می‌انجامد و شیر یا خط کردن به همین ترتیب تنها یک بیت ایجاد می‌کند.

فرآیندهایی که با شکست تقارن پیوند خورده‌اند از جنبه‌ی دیگری هم اهمیت دارند. چنان‌که گفتیم، از دید ناظری بیرونی، امکان‌های پیشاروی سیستم هم‌ارز می‌نمایند و بنابراین رفتار آینده‌ی سیستم قابل‌پیش‌بینی نیست. پس آنچه در جریان شکست تقارن رخ می‌دهد به خودِ سیستم مربوط می‌شود. در صورتی که ساختار درونی سیستم چنان پیچیده باشد که به ساز و کاری برای سامان دادن به این شکست‌های تقارن مسلح شده باشد، رفتار سیستم از حالت آماری و تصادفی خارج می‌شود و به مرتبه‌ی کنشی انتخابگرانه ارتقا می‌یابد. در غیابِ مرکزِ انتخابگر درونی، در نقاط تقارنی رفتاری تصادفی بروز می‌کند. از این روست که پاسخ شما به دو راهی عمرِ بیشتر یا پول بیشتر *انتخاب* و نتیجه‌ی شیر و خط *تصادف* قلمداد می‌شود.

«شکست تقارن» ورود خط‌راهه به یکی از مسیرهای پیشارویش است که به انتخاب یک گزینه‌ی رفتاری توسط سیستم و زایش اطلاعات می‌انجامد.

گفتار دوم: نوفه[1]/ حشو[2]/ اطلاعات

چو شمع از عضو عضوم آگهی سرشار می‌گردد
به هرجا پا زنم آیینه‌ای بیدار می‌گردد
فلک کز نارسایی‌ها گم است آغاز و انجامش
به یک پا گرد پای خفته چون پرگار می‌گردد

دلیل ندارد که شکست تقارن حتماً به آرایشی تازه و نوظهور از عناصر و روابط بینجامد. این مفهوم، اگر در نگاهی عام نگریسته شود، همان دگرگونی و به هم خوردنِ یکنواختی است و بدیهی است که هر تغییری به معنای زایش اطلاعات جدید نیست (هرچند می‌توان آن را با تحول در اطلاعات هم‌ارز گرفت). شکست تقارن به زایش اطلاعات منتهی می‌شود؛ یعنی چینش ماده، انرژی و اطلاعات را در درون سیستم دگرگون می‌کند، اما ضرورتی وجود ندارد که این دگرگونی نماینده‌ی «اطلاعاتی مفید یا معنادار» باشد. ممکن است دگرگونی در ترکیب عناصر و روابط سیستم پیش از این هم تجربه شده باشد یا آن‌که به اختلال در

---

[1] noise
[2] redundancy

برخی از روندهای سیستم منتهی شود.

اطلاعاتی که توسط شکست تقارن تولید می‌شود، بسته به نقش آتی‌شان در سیستم و بسته به انعکاسشان در دستگاه شناسنده‌ای که با آن برخورد می‌کند، به یکی از این سه شکل درک می‌شود:

الف) اگر شکست تقارن به تحولی در ترکیب عناصر سیستم منجر شود که از دیدِ سیستم جدید و کارآمد باشد، اطلاعاتی نوظهور و تازه پدید آمده است. در این حالت شکستِ تقارن یادشده در ساختار یا کارکردهای سیستم نهادینه می‌شود و تغییری معنادار را در این دو حوزه پدید می‌آورد. معمولاً کلمه‌ی اطلاعات را، با الهام از علوم ارتباطات و مخابرات، برای نامیدن این شکلِ خاص به کار می‌برند؛ هرچند دو محصولِ دیگرِ شکست تقارن نیز از جنسِ اطلاعات (در مقابلِ ماده و انرژی) هستند.

ب) اگر شکست تقارن به ترکیبی از عناصر و روابط منتهی شود که از دید سیستم تکراری باشد، نتیجه را حَشو می‌نامند. در این حالت ساختار و کارکرد سیستم تغییر و تحولی را تجربه نمی‌کند. حشو شکلی از اطلاعات است که حتی ممکن است معنادار باشد، اما به دلیل تکراری بودن، حضور یا عدم حضورش برای سیستم یکسان تلقی شود.

پ) بخش عمده‌ی شکست تقارن‌هایی که به دلایلی تصادفی پدید می‌آیند، با وجود تازگی، به جایی از ساختار و کارکرد سیستم چفت و بست نمی‌شوند و بنابراین برای آن ارزشی ندارند و تنها به شکل رخدادهای کاتوره‌ای و بی‌ربط تجربه می‌شوند. این دگرگونی‌های تصادفی و بی‌سر و ته را نوفِه می‌نامند.

فرض کنید دارید تلفنی با دوستتان صحبت می‌کنید. آنچه می‌شنوید هر سه نوع شکست تقارن را شامل می‌شود. اگر حرف‌هایی که دوستتان می‌زند برای شما جالب و سودمند باشد، اطلاعاتی تازه، یا به طور خلاصه اطلاعات، به شما منتقل شده است. اگر حرف‌هایش تکراری باشد، مشغول تولید کردنِ حشو است و اگر سر و صداهای پارازیت‌گونه‌ی بی‌ربطی را به دلیل خرابی خطها در این میان بشنوید، با نوفه روبرو شده‌اید. خوشبختانه ساز و کارهای ارتباطی ما طوری

طراحی شده است که امکان تجربه کردنِ هر سه‌ی این عناصر برای شما وجود دارد. کافی است با دوستی تلفنی صحبت کنید تا مجموعه‌ای از تعارف‌های تکراری و خسته‌کننده (حشو) را به همراه غیبت‌ها و شایعه‌ها و خبرهای جالب (اطلاعات!) در میان توفانی از اغتشاش‌های صوتی ایستگاه‌های مخابراتی (نوفه) بشنوید. توجه داشته باشید که هر سه‌ی این‌ها شکلی از شکست تقارن و بنابراین از جنسِ اطلاعات هستند. هرچند شاید برخی‌شان به دلیل تصادفی یا تکراری بودن برای شما بی‌معنا و بی‌ارزش بنمایند.

«نوفه» شکلی از اطلاعاتِ تصادفی و کاتوره‌ای است که به دلیل پیوند نخوردن با فرآیندهای پردازش اطلاعات در سیستم به عنوان اطلاعات رسمیت نمی‌یابد و همچون وضعیتی آشوبناک تجربه می‌شود.

گفتار سوم: آنتروپی[1]

چیزی از خود هر قدم زیر قدم گم می‌کنم
رفته رفته هرچه دارم چون قلم گم می‌کنم
تا غبارِ وادیِ مجنون به یادم می‌رسد
آسمان بر سر، زمین زیر قدم گم می‌کنم
قاصد مُلکِ فراموشی کسی چون من مباد
نامه‌ای دارم که هرجا می‌برم گم می‌کنم

بیشترین تقارنی را که می‌توان فرض کرد فضایی است که در آن فقط خلأ مطلق وجود داشته باشد. به عبارت دیگر بیشینه‌ی تقارن، یعنی یکنواختی محض، تنها در نیستی کامل ظهور می‌کند. در چنین شرایطی چون هیچ چیز تقارن را نمی‌شکند، مقدار اطلاعات صفر است و تقارن در بیشینه‌ی مقدار خود می‌باشد. در فیزیک فضایی که محتوی هیچ باشد دمایی معادل صفر مطلق خواهد داشت که بروز بیرونی ندارد و تنها به عنوان مقداری بر روی کاغذ قابل‌تصور است. با توجه به نیست بودنِ نیستی و ناممکن بودنِ وجود فضایی که

---

[1] entropy

محتوی هیچ باشد، می‌توان به دلیلِ حضور اطلاعات در همه جا پی برد.

یکی از مهم‌ترین راه‌های تعریف تقارن و اطلاعات آن است که این دو را با بی‌نظمی و نظم مترادف بگیریم. این روش از علم ترمودینامیک برخاسته که یکی از شاخه‌های فیزیک است که به چرخش گرما در سیستم‌ها می‌پردازد. شالوده‌ی این علم بر چند قانون بنیادین استوار شده که چارچوب کلی رفتار همه‌ی سیستم‌های فیزیکی را تعیین می‌کنند. از این میان، قانون دوم ترمودینامیک برای ما جالب است، چون به طور مستقیم به مفهوم تقارن و اطلاعات مربوط می‌شود.

قانون دوم ترمودینامیک را به شکل ساده می‌توان این طور بیان کرد: در یک سیستم بسته در طول زمان آنتروپی (بی‌نظمی) زیاد می‌شود.

به عنوان مثال، یک لیوان آب را در نظر بگیرید که یک حبه قند در آن انداخته باشیم. لیوان پر آبی که یک حبه قند در آن وجود دارد می‌تواند به عنوان سیستمی در نظر گرفته شود که با حد و مرزِ شیشه‌ی لیوان و درپوشی شیشه‌ای از محیط جدا می‌شود. برای این‌که کارمان ساده‌تر شود برای لحظه‌ای فرضی غلطِ را بپذیرید و چنین سیستمی را بسته در نظر بگیرید.

قانون دوم ترمودینامیک به ما می‌گوید که در طول زمان بی‌نظمی این سیستم افزایش می‌یابد. این بدان معناست که اگر بعد از مدتی به این لیوان بنگرید، خواهید دید که قند در آب حل شده و یکنواختی/ تقارن/ بی‌نظمی آن زیاد شده است.

نخست بگذارید مقدار اطلاعات موجود در این دو حالت را با هم مقایسه کنیم. لیوانی پر از آب که حبه‌ای قند در کف آن وجود دارد، آشکارا، شکلی از شکست تقارن را از خود نشان می‌دهد. چینشِ خاص ماده و انرژی در سیستم به شکلی است که ساختاری بلوری و متراکم از قند در موقعیت فضایی خاصی در کف لیوان وجود دارد و توسط زمینه‌ای با عناصر و روابط متفاوت احاطه شده است. در واقع، آب و قندِ این لیوان را می‌توان دو زیرسیستم متمایز در نظر گرفت که هریک قواعد و ساختار و کارکرد خاص خود را دارند.

وقتی پس از مدتی دوباره سراغ لیوان می‌رویم، می‌بینیم که اثری از این دو بخش باقی نمانده است. کل مجموعه به یک سیستم همگن (مقداری آب قند با غلظت ثابت) تبدیل شده است. شکست تقارنی که قبلاً در این مجموعه دیده بودیم دیگر وجود ندارد. به همین دلیل هم می‌توان گفت مقدار اطلاعات در سیستم کاهش یافته، تقارن آن زیاد شده و بنابراین بی‌نظم‌تر شده است.

آنچه در لیوان آب دیدیم در جاهای دیگر هم نمود دارد. آبی که در لیوان است بخار می‌شود و مولکول‌های به هم چسبیده‌ی آن، با الگویی شبیه به حل شدن قند در آب، در محیط پراکنده می‌شوند. بدن جانداران بعد از مرگ تجزیه می‌شود و موادش در محیط پراکنده می‌گردد و ...

«آنتروپی» مقدار بی‌نظمی موجود در سیستم است که در قالبِ یکنواختی و تقارن جلوه می‌کند.

قانون دوم ترمودینامیک می‌گوید که در گذر زمان اطلاعاتِ یک سیستم بسته کاهش یافته و آنتروپی آن زیاد می‌شود.

گفتار چهارم: سیستم خودسازمانده[1]

حیرتی گل کن، گر از تمثال او خواهی نشان
یعنی از آیینه ممکن نیست بیرون دیدنم
با که گویم؟ ور بگویم کیست تا باور کند
آن پری‌رویی که من دیوانه‌ی اویم منم

قانون دوم ترمودینامیک به ظاهر با برخی از تجربیات ملموس ما در تضاد است. طیفی از سیستم‌ها وجود دارند که رفتارشان، در نگاه اول، پیش‌بینی‌های قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کند. یعنی در گذر زمان اطلاعاتشان به جای کم شدن زیاد می‌شود. این نظام‌ها خودسازمانده نامیده می‌شوند. سیستم‌های زنده مشهورترین نظام‌های خودسازمانده هستند.

ما می‌بینیم که جانداران در گذر زمان رشد می‌کنند و تکثیر می‌شوند و به این ترتیب نظم درونی خود را نه تنها از دست نمی‌دهند، که آن را زیاد هم می‌کنند. بچه‌ای که در زمان تولد چهار کیلو وزن دارد سیستمی با چهار کیلو ماده‌ی منظم است که ۳۷ درجه‌ی سانتیگراد دما دارد و به اندازه‌ی ژنوم یک

[1] self-organizing system

انسان اطلاعات در هر سلولش ذخیره شده است. همین بچه وقتی بیست سال بعد به یک آدم بالغ تبدیل شد شصت، هفتاد کیلو ماده‌ی منظم را با همین دما و همین چگالی اطلاعات در خود جای می‌دهد و بنابراین مقدار کل اطلاعاتِ درونش بسیار افزایش یافته است. در واقع، در اینجا چهار کیلو ماده‌ی منظم به هفتاد کیلو ماده‌ی منظم تبدیل شده است و حتی اگر آموخته‌های علمی و معنوی آن بچه را هم حساب نکنیم، همین مقدار هم از نظر ترمودینامیکی دستاورد کمی نیست!

این مسئله، یعنی چگونگی زیاد شدن اطلاعات در سیستم‌های زنده، یکی از چالش‌های اصلی پیشاروی نظریه‌پردازان سیستمی بوده است. در اواسط دهه‌ی هشتاد، سه پاسخِ گوناگون برای این پرسش پیشنهاد شد:

الف) پریگوژین[1]، که نماینده‌ی مکتب بروکسل در نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده بود، به معادلات ریاضی غیرخطی علاقه داشت. بحث او بر این حقیقت تمرکز یافته که سیستم‌هایی که اطلاعات خود را در مسیر زمان افزایش می‌دهند، حد و مرزهایی بسیار انعطاف‌پذیر دارند و مرتب در حال تبادل عناصرشان با محیط هستند. او این نظام‌ها را ساختارها یا سیستم‌های انتشاری[2] نامید. این سیستم‌ها با «چریدنِ» انرژی محیط، اطلاعات درونی خود را همگام با بی‌نظمی محیط افزایش می‌دهند. به بیان ساده‌تر، این سیستم‌ها به قیمت کاستن از نظمِ محیطشان خود را منظم می‌کنند. نمونه‌اش بدن جانداران است که ناگزیر است برای حفظ و گسترش سطح پیچیدگی خود، مدام از مواد غذایی موجود در محیطش استفاده کند.

ب) هواداران مکتب آلمانی نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده (که توسط دانشمندی به نام هرمان هاکن[3] بنیان نهاده شده) به رخدادهای فیزیکی به اندازه‌ی شواهد

---

[1] Ilya Prigogine (1917-2003)

[2] Dissipative systems

[3] Hermann Haken (1927-)

زیست‌شناختی و عصب‌شناسی علاقه نشان می‌دهند. دانشمندانی مانند لَندزبِرگ[1] و لَیزر[2] معتقدند که سیستم‌های یادشده در واقع اطلاعات را افزایش نمی‌دهند. از دید ایشان جریان یافتن انرژی از منبعی بزرگ مانند خورشید، چنان‌که در علم ترمودینامیک پیش‌بینی می‌شود، بی‌نظمی را در سطح کره‌ی زمین افزایش می‌دهد؛ اما در این میان، هسته‌های مقاومتی در برخی از سیستم‌های باز (جانداران) پدید می‌آید که در برابر افزایش آنتروپی درونشان مقاومت می‌کنند و بنابراین در مقایسه با محیطشان منظم‌تر دیده می‌شوند. از دید این دانشمندان نظم سیستم مفهومی نسبی است که باید در زمینه‌ی آنتروپی محیط فهمیده شود. یعنی ظهور قله‌هایی از پیچیدگی مثل گونه‌های جاندار، با عمق شدن دره‌هایی از بی نظمی در گرداگردشان جبران می‌شود.

پ) سومین پاسخ در این زمینه را دو دانشمند آمریکایی به نام‌های بروکز و وایلی داده‌اند. این دو در کتاب جالبشان به نام *تکامل به مثابه آنتروپی*[3] شیوه‌ی جدیدی برای تعریف رابطه‌ی اطلاعات و آنتروپی پیشنهاد کرده‌اند. از دید ایشان آنتروپی همتای بخشی از فضای حالت است که توسط سیستم تسخیر/ تجربه نشده و نظم هم‌ارزِ بخشی است که توسط ساختارها و کارکردهای سیستم پوشانده شده است.

مبنای بحث این دو دانشمند نقدِ پیش‌فرضِ مرسومی است که مقدار آنتروپی بیشینه –یعنی حداکثر بی‌نظمی ممکن در یک سیستم– را ثابت فرض می‌کند. از دید ایشان مقدار آنتروپی کل با افزایش ابعاد فضای حالت و زیاد شدنِ درجه‌ی آزادی سیستم زیاد می‌شود. اگر به راستی این طور باشد، مشکلی برای حل کردن باقی نمی‌ماند. آنچه در افزایش نظم نظام‌های زنده تناقض‌آمیز است بر این پیش‌فرض استوار است که افزایش نظم به کاهشی مشابه در بی‌نظمی منتهی می‌شود و این پیش‌فرض از ثابت پنداشتنِ مقدار بیشینه‌ی آنتروپی

---

[1] Joseph M. Landsberg ()

[2] Judith Layzer

[3] Wiley and Brooks, 1989.

سرچشمه گرفته است. اما اگر بیشینه‌ی آنتروپی با پیچیده‌تر شدن سیستم‌ها و افزایش ابعاد فضای حالتشان زیادتر شود –که می‌شود– مقدار نظم و بی‌نظمی می‌توانند همگام با هم افزایش یابند.

به بیان دیگر، قانون دوم ترمودینامیک در اینجا هم جاری است. چون سیستم تکاملی هرگز نمی‌تواند با سرعتی که فضای حالتش گسترش می‌یابد در آن منبسط شود. در نتیجه، با وجود پیچیده‌تر شدن سیستم و افزایش نظم درونی آن، همواره از امکاناتِ افزاینده‌ی پیرامونش در فضای حالت عقب می‌ماند و به این ترتیب بی‌نظمی کلی گیتی را، هم‌زمان با اطلاعات درونی خود، افزایش می‌دهد. در این کتاب رویکرد سوم پذیرفته شده است و اطلاعات و آنتروپی بر مبنای الگوی توسعه‌ی سیستم در فضای حالتش تعریف می‌شوند.

«سیستم خودسازمانده» سیستمی است که اطلاعات درونی خود را در مسیر زمان افزایش دهد.

این کار می‌تواند با سه روش توجیه شود:

نخست، با تأکید بر باز بودن سیستم و ارتباطش با محیط؛ یعنی افزایش نظم درونی سیستم همتای کاهش نظم محیط تلقی گردد.

دوم، با تأکید بر نسبی بودن مفهوم نظم و تعریف کردن آن با اشاره به ارتباطِ سیستم و محیط. در این حالت افزایش نظم سیستم برابر است با عقب ماندنِ آن از سرعتِ افزایش آنتروپی در محیطش.

سوم، با بررسی رابطه‌ی مفهوم آنتروپی و فضای حالت و توجه به این‌که سرعت افزایش ابعاد فضای حالت و عقب ماندن سیستمِ پیچیده‌شونده از آن به معنای افزایش هم‌زمانِ نظم و بی‌نظمی است.

به طور خلاصه، سه پاسخ یادشده با سه روشِ متفاوتِ تعریف آنتروپی و اطلاعات هم‌ارز هستند. تعریفی که آنتروپی را ثابت فرض می‌کند، رویکردی که آنتروپی را نسبی می‌گیرد و آن را در ارتباط با آنتروپی محیط تعریف می‌کند و نگرشی که آنتروپی را نسبی فرض کرده و آن را بر مبنای مفهوم فضای حالت تحلیل می‌کند.

بخش پنجم: پیچیدگی

گفتار نخست: مفهوم پیچیدگی[1]

دل حیرت‌آفرین است هر سو نظر گشاییم
در خانه هیچ‌کس نیست، آیینه است و ماییم

چنان‌که گفتیم، شکست‌های تقارن را، بسته به برجستگی نقش سیستم در تولید کردنشان، می‌توان به دو رده‌ی تصادفی و انتخابی تقسیم کرد. تصادفی یا انتخابی بودنِ رفتار سیستم به عاملی مربوط می‌شود به نام پیچیدگی.

پیچیدگی را معمولاً در تضاد با واژه‌ی سادگی می‌فهمیم. در زبان‌های اروپایی مترادف‌های کلمه‌ی پیچیده (کلماتی مانند Complicated و Complex از پیشوند com به معنای «با هم» و ریشه‌ی لاتینِ plecter به معنای «پیچ خوردن و چین خوردگی» مشتق شده‌اند. در زبان فارسی هم ما کلمه‌ی پیچیدگی را با همین ریشه‌ی معنایی داریم و مفاهیمی مانند پیچ و تاب خوردن را از آن می‌فهمیم. جالب آن‌که غربیان برای نامیدن سادگی هم یکی از مشتقات همین ریشه را به کار می‌برند. عبارت Simple هم از دو بخشِ (sem = زمانی، موقعی) و (plecter = پیچیده) تشکیل شده است. به عبارت دیگر، سادگی در زبان‌های

---

[1] Complexity

غربی به عنوان چیزی که زمانی پیچیده بوده ولی دیگر نیست فهمیده می‌شود و این تعبیر تا حدود زیادی درست است.

پیچیدگی را به اشکال متفاوتی می‌توان تعریف کرد. ساده‌ترین تعریف آن است که سیستم‌های دارای تعداد عناصر زیاد را پیچیده‌تر از آن‌هایی بدانیم که شمار عناصرشان کمتر است. مثلاً می‌توان یک خانواده‌ی ده نفره را پیچیده‌تر از خانواده‌ای دو نفره دانست یا کتابی صد صفحه‌ای را ساده‌تر از کتابی هزار صفحه‌ای فرض کرد.

اما ناقص بودنِ تعریف بر مبنای شمار عناصر به طور شهودی معلوم است. ممکن است خانواده‌ی ده نفره‌ی ما از انسان‌هایی کر و لال و فلج تشکیل شده باشد که تمام عمرشان را جلوی تلویزیون می‌گذرانند و هرگز با هم حرف نمی‌زنند و آن خانواده‌ی دو نفره هم از پیر کوری و همسرش ماری کوری تشکیل شده باشد که بی‌تردید خانواده‌ی بغرنجی از آب در می‌آید.[1]

پس عامل دیگری هم باید برای سنجش پیچیدگی مورد توجه قرار گیرد و آن هم روابط است. سیستمی که روابط بین عناصرش انبوه‌تر باشد پیچیده‌تر است. با این دو عامل می‌توان تصویری به نسبت رضایت‌بخش از مفهوم پیچیدگی را به دست داد: سیستمی که تعداد عناصر و تعداد و تراکم روابط بینشان بیشتر باشد پیچیده‌تر است.

علاوه بر این دو متغیر که شمار عنصرها و تعداد ارتباطهای میان‌شان را نشان می‌دهد، تنوع و گوناگونیِ عناصر و روابط هم اهمیت دارد. اگر سیستم‌ها را بر محور پیچیدگی بچینیم، بسته به تعداد و تنوع عناصرشان و روابط میان‌شان در میانه‌ی دو قطب ساده و پیچیدگی جایگیری خواهند کرد. در یک انتهای طیف ساده‌ترین سیستم‌ها را داریم که مثل یک اهرم ساده تعداد کمی از عناصرِ همسان با شمار کمی از روابط مشابه را دارند. یک درجه پیچیده‌تر از آن،

---

[1] یک دلیل برای پیچیدگی روابط خانوادگی‌شان این که هردو نفرشان دانشمند بودند و ماری کوری اولین زنِ برنده‌ی جایزه‌ی نوبل بود. حالا به فرآیند شسته شدنِ ظرف‌های کثیف در این خانواده فکر کنید، بسیار پیچیده است!

سیستمهایی هستند که شمار عناصرشان زیاد ولی تعداد روابطشان کم است و تنوع اندکی (مثل بلور نمک) یا زیادی دارند، و مثال این حالت اخیر جمعیت بزرگی از مردم است که در یک استادیوم به تماشای مسابقه‌ی فوتبال مشغول‌اند.

در قطب دیگر این طیف ، سیستم‌هایی پیچیده وجود دارند که هم شمار عناصرشان زیاد است و هم روابطی فراوان میان خود دارند و هم در ضمن تنوع و گوناگونی زیادی میان عناصر و روابطشان دیده می‌شود. سلولهای عصبی جای گرفته در کاسه‌ی سر انسان یا مردمان مستقر در یک حوزه‌ی تمدنی چنین وضعیتی دارند.

می‌توان پیچیدگی را به اشکال دیگری نیز تعریف کرد. چنان‌که دیدیم، اطلاعات عنصری از سیستم است که بیشتر از ماده و انرژی بر روابط تأثیر می‌گذارد؛ پس سیستمی که روابط زیادی داشته باشد، در عین حال، حجم اطلاعات بیشتری را هم دارا خواهد بود. یک تعریف دیگر پیچیدگی را می‌توان به کمک همین نکته فهمید: سیستمی پیچیده است که حجم اطلاعاتش نسبت به ماده و انرژی‌اش زیاد باشد.

سیستمی که اطلاعات زیادی را در خود انباشته باشد و عناصر و روابط زیادی هم داشته باشد رفتاری با متغیرهای بسیار خواهد داشت. یکی دیگر از شواهدی که می‌توانیم برای سنجش پیچیدگی یک سیستم مورد استفاده قرار دهیم نوع رفتار آن است. سیستمی مثل انسان که رفتارش زیر تأثیر متغیرهایی فراوان باشد پیچیده است و سیستمی که رفتارش مانند پرتابه با شمار کمی از متغیرها پیش‌بینی‌پذیر شود ساده تلقی می‌شود. از اینجا می‌توان به متغیر دیگری هم دست یافت: سیستمی که تعداد ابعاد فضای حالتش، یعنی درجه‌ی آزادی‌اش، زیاد باشد احتمالاً پیچیده است.

در نظریه‌ی سیستم‌ها می‌توان با روش‌های ریاضی نشان داد که زیاد بودن درجه‌ی آزادی یک سیستم مترادف است با زیاد شدنِ نقاط تقارنی بر خطراهه‌ی آن. به این ترتیب هرچه دوشاخه‌زایی در خطراهه بیشتر باشد، سیستم پیچیده‌تر است. این امر از جانب دیگری هم بدیهی است، چرا که تراکم زیادِ نقاط تقارنی

بر خطراهه به معنای شکست‌های تقارن پیاپی در سیستم و در نتیجه تولید اطلاعات بیشتر در آن است. با وجود این، هر نوع شکست تقارن و هر شکلی از پیش‌بینی‌ناپذیری به معنای پیچیدگی نیست؛ چرا که سیستم‌های به نسبت ساده‌ی آشوبناکی وجود دارند که رفتارشان به شماری بسیار زیاد از متغیرها تن در می‌دهد و نقاط تقارنی فراوانی را تجربه می‌کند. بنابراین باید ویژگی‌های یادشده با دو عاملِ تراکمِ اطلاعات در درون سیستم و زیاد بودن چگالیِ روابط میان عناصر تکمیل شوند تا پیچیدگی را نتیجه دهند.

پس در مقام جمع‌بندی می‌توان پیچیدگی یک سیستم را از دو راه تخمین زد:

الف) با نگریستن به سیستم در یک مقطع زمانی و بررسی شمار عناصرِ آن و تراکم روابط میانشان که نسبت اطلاعات به ماده/ انرژی را هم به دست می‌دهد.

ب) با ردگیری تحولات سیستم در مسیر زمان و بررسی تاریخچه‌ی سیستم که شمار شکست‌های تقارن و حجم اطلاعات تولیدشده در سیستم را نشان می‌دهد و در نتیجه وارسی تعداد متغیرهای تعیین‌کننده‌ی رفتار سیستم.

بیانِ نخست را تعریف ساختاری و بیان دوم را تعریف کارکردی از پیچیدگی می‌نامیم.

بیانی فنی‌تر از مفهوم پیچیدگی به فضای حالت مربوط می‌شود. چنان‌که دیدیم، می‌توان رفتار سیستم را به صورت خطی بر فضای حالت نشان داد. در صورتی که بتوان شکل این خط را با معادلات دیفرانسیلی عادی صورتبندی کرد، آن سیستم ساده است. مثال پرتابه را به یاد بیاورید. می‌توان با یک معادله‌ی خطی ساده، خطراهه‌ی سنگی را که به هوا پرتاب شده نشان داد. به کمک همین معادله به راحتی پیش‌بینی وضعیت‌های آتی آن هم ممکن است.

اما فرض کنید به جای سنگ جانوری مثل سگ را –البته از انواع کوچکش!– به هوا پرتاب کنید. پیش‌بینی دقیق این‌که سیستمی مانند سگ در این شرایط چه خواهد کرد با خطراهه‌ای ساده ممکن نیست. سگ شما ممکن است در هوا پارس کند، دم تکان دهد، بغرد، غش کند، سعی کند مثل یک

پرتابه‌ی ساده رفتار کند یا هزاران واکنش دیگر از خود نشان دهد. معادله‌ی رفتار چنین سیستمی به قدری پیچیده است که عملاً برای ما نامفهوم است[1].

با این همه، ما همواره در حال ساده کردن معادلاتی از این دست هستیم تا سیستم‌ها را برای خود فهمیدنی سازیم. ما مرتباً خط‌های پیچیده و کج و معوج و غیرقابل‌صورتبندی را به خطوطی ساده با معادلاتی شسته و رُفته تبدیل می‌کنیم و با این ترفند آنچه را که بغرنج و نامفهوم است برای خود شناختنی می‌سازیم. معادلاتی که ما با این تقریب‌های معمولاً بالا به دست می‌آوریم، تا حدودی که نیازهای ساده‌مان را برآورده کند، کارآمد هستند. با آن‌ها می‌توان تا حدودی رفتارهای آینده‌ی سیستم‌ها را پیش‌بینی کرد و همین هم آن‌ها را معتبر می‌سازد. ما این تقریب‌ها را «قوانین طبیعت» می‌نامیم.

بخش مهمی از سیستم‌هایی که ما می‌شناسیم ساده هستند. به یاد دارید که حد و مرز سیستم می‌توانست به دو شکل تعریف شود: توسط خود سیستم یا توسط ناظری در محیط. مرزی که با قرارداد ناظر تعیین شود سیستمی مصنوعی را تولید می‌کند که غالباً فقط به عنوان ابزاری برای شناسایی محیط کاربرد دارد. مثلاً وقتی ما از جانوران صحبت می‌کنیم، مجموعه‌ای از چیزهای بسیار ناهمگن از مهره‌داران، حشرات، نرم‌تنان و تک‌سلولی‌های جانوری را با مرزی قراردادی، که شباهت‌های میان این سیستم‌ها باشد، از محیطشان جدا می‌کنیم. سیستم جانوران مجموعه‌ای مصنوعی و قراردادی است که در خارج از نگرش علمی ما به شکلی مرزبندی‌شده و منسجم وجود ندارد. تمام سیستم‌هایی که بر مبنای این نیاز به طبقه‌بندی[2] ساخته می‌شوند مصنوعی هستند. این مجموعه‌ها ممکن است طبقاتی نظری (مانند آدم‌ها، مهره‌داران و سرخ‌پوستان) یا عینی (مانند اشیای یک موزه یا یک کلکسیون) را شامل شوند. تمام سیستم‌های مصنوعی

---

[1] توجه داشته باشید که «رفتار» تنها تغییر مختصات فضایی نسبت به مرجع را شامل نمی‌شود، بلکه تحولات درونی سیستم را هم در بر می‌گیرد.

[2] categorization

ساده هستند. به قول آلکسی شاروف[1] بررسی سیستم‌های مصنوعی علم رده‌بندی[2] را پدید می‌آورد.

سیستم‌هایی که حد مرزشان با محیط توسط خودشان تعریف می‌شود سیستم‌های طبیعی هستند. یک تکه سنگ که به خاطر روابط فیزیکی–شیمیایی خاصِ بین مولکول‌هایش با سطحی مشخص از محیط جدا می‌شود و بدن سگی که با پوستی خودش را از جهان بیرون جدا کرده در این رده قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها، بسته به متغیرهایی که گفتیم، می‌توانند ساده یا پیچیده باشند. مهم‌ترین علامتی که ساده یا پیچیده بودنِ یک سیستم طبیعی را تعیین می‌کند ماهیت همین حد و مرز است. اگر حد و مرز ثابت و پایدار باشد و در طول زمان تغییرات کمی را تحمل کند، سیستم ساده است. بخش عمده‌ی سیستم‌های طبیعی در این رده می‌گنجند. اگر مرزها پویا، تغییرپذیر، انعطاف‌پذیر و تراوا باشند، سیستم پیچیده است و این بنیادی‌ترین تمایزی است که بین سگ و سنگ می‌توان تشخیص داد!

متغیرهای تعیین‌کننده‌ی پیچیدگی عبارت‌اند از:
الف) شمار عناصر و تراکم روابط میان آن‌ها در کنارِ نسبت اطلاعات به ماده/انرژی در سیستم.
ب) درجه‌ی آزادی زیاد سیستم که نقاط تقارنی انبوهی را بر خطراهه تولید می‌کند و پیش‌بینی رفتار سیستم را دشوار می‌سازد.

[1] Alexei Sharov
[2] taxonomy

گفتار دوم: ساختار/ کارکرد

زین بحر که توفان‌کده‌ی ما و من است

خلقی گرم تلاش بر در زدن است

کس نیست که دوش غیر گیرد بارش

هر موج پل گذشتن از خویشتن است

نخستین کسی که در اروپا ریخت را از کارکرد جدا کرد، دانشمندی انگلیسی به نام اسپنسر[1] بود. این تمایز در تمدن ایرانی از دیرباز شناخته شده بود، اما او اولین کسی بود که در بافتی مدرن این دو مفهوم را تعریف کرد. بر مبنای این دو مفهوم چیزها را می‌شود به دو شکلِ متفاوت مورد بررسی قرار داد. از سویی، می‌توان به شکل و قیافه و ترتیب قرار گرفتن اجزایشان توجه کرد و از سوی دیگر می‌شود به این‌که چگونه با هم ارتباط دارند و چه کار می‌کنند پرداخت. در واقع آنچه اسپنسر با نام ساختار و کارکرد نامگذاری کرد پاسخ‌هایی بود که می‌توان به پرسش‌های «چی» و «چگونه» داد.

---

[1] Herbert Spencer (1820-1903)

پاره‌ی نخست: ساختار[1]

سیستم‌ها را می‌توان از دو زاویه‌ی متفاوت نگاه کرد. ساده‌ترین کار آن است که نگاه خود را بر عناصر متمرکز کنیم و اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سیستم را به عنوان محور تحلیل برگزینیم. در این حالت، وضعیت سیستم در یک لحظه‌ی خاص مورد توجه است. برای این‌که عناصر سیستم به خوبی شناسایی شوند باید آن را در زمان منجمد کرد و تصویر آن را در یک برشِ زمانی مشخص مورد وارسی قرار داد. در عمل هم موقعی که می‌خواهیم ساختار سیستمی پیچیده را بشناسیم، به شکلی آن را در یک مقطع زمانی متوقف می‌کنیم. در زیست‌شناسی، برای دیدن ساختار درونی بافت‌ها، سلول‌ها را با مواد شیمیایی می‌کُشند و در یک محیط سخت (مثل پارافین) قالبگیری‌شان می‌کنند. برای عکسبرداری از سلول‌ها با میکروسکوپ الکترونی به معنای واقعی کلمه سلول‌ها را منجمد می‌کنند و به این وسیله بر تغییراتی که مانع مشاهده‌ی ساختار سیستم است چیره می‌شوند. به همین دلیل هم بررسی ساختار سیستم حالت ایستا و وضعیت ثابت آن را به ما نشان می‌دهد و در مورد پویایی و تحول آن چیز زیادی نمی‌گوید.

تحلیل ساختار سیستم به آن معناست که ماهیت، نوع و خواص تک‌تک عناصر سیستم را بررسی کنیم و چگونگی ارتباط آن‌ها را با یکدیگر بشناسیم. در این شرایط، به تصویری به نسبت دقیق از ریخت کلی سیستم دست خواهیم یافت. یعنی متوجه خواهیم شد که ریخت کلی سیستم چگونه است و چه روابطی در میان چه عناصری وجود دارد.

در اوایل سده‌ی بیستم، زمانی که آرای زبان‌شناسِ فرانسوی فردینان دو سوسور[2] شهرت یافت، مفهوم ساختار هم در مرکز توجه دانشمندان و نظریه‌پردازان قرار گرفت. او همان کسی بود که وجود ساختار، یعنی چفت و بستی روشن و استوار و تکرار شدنی، را در سیستمِ بغرنجِ زبان نشان داد. از دید

---

[1] structure

[2] Ferdinand de Saussure (1857-1913)

او تمام سیستم‌ها از چارچوبی مشابه برخوردار بودند و بنابراین می‌شد زبان را به عنوان نمادی جهانی برای اصلِ ساختار در نظر گرفت که در تمام چیزهای دیگر هم به شکلی حضور دارد. سوسور برای فهم‌پذیر کردنِ ساختار دو کار مهم را به انجام رساند. نخست آن‌که رویکرد خویش نسبت به زمان را به صراحت مشخص کرد. او دو شیوه از بررسی سیستم‌ها را معرفی کرد:

الف) روش در زمانی[1] که چگونگی تحول عناصر و روابط در مسیر زمان است. نظریه‌های تاریخی و تکاملی نمونه‌هایی از کاربرد این روش هستند.

ب) روش هم زمانی[2] که به بررسی عناصر و روابط در یک مقطع زمانی می‌پردازد. نظریه‌هایی مانند آناتومی و ریخت‌شناسی از این زمینه برخاسته‌اند.

در عصرِ سوسور، زبان‌شناسان به طور عمده به بررسی تحول تاریخی واژگان و تبارشناسی معناهای کلمات و عبارات منفرد علاقه‌مند بودند. سوسور، بر خلاف ایشان، روش هم‌زمانی را برای بررسی زبان به کار بست و نخستین نظریه‌های ساختارگرایانه در مورد زبان را پدید آورد.

دومین نوآوری سوسور آن بود که، بر خلاف مدل‌های تحویل‌گرای پیش از خود، به روابط هم توجه کرد و در بسیاری از موارد برای تحلیل ساختار یک مجموعه روابط را از عناصر مهم‌تر دانست. این نگرش زیر تأثیر توسعه‌ی مدل‌سازی ریاضی در آن دوران بود. روشی که در آن عناصر را به صورت نشانه‌هایی انتزاعی در نظر می‌گرفتند و روابط را به صورت معادلاتی استخراج می‌کردند.

نگاه سوسور خیلی زود در میان دانشمندان محبوبیت یافت. در اواسط سده‌ی بیستم، موجی از ساختارگرایی پهنه‌ی علوم گوناگون را در نوردید. زیست‌شناسانی مانند ارنست مایر[3]، با وجود پایبندی به مدل‌های تکاملی کلاسیک، بررسی ریخت و ساختار گونه‌ها را مهم‌ترین ابزار رده‌بندی و شناسایی آن‌ها تلقی کردند

---

[1] anachronic

[2] synchronic

[3] Ernst Mayer (1904-2005)

و بوم‌شناسی را به علمِ وارسی عامل‌های زنده و غیرزنده‌ی موجود در زیستگاه و نوع روابطشان با هم تبدیل نمودند.

در میان هنرمندان، نقدهای ساختارگرایانه اهمیت یافت؛ نقاشان به روابط میان طرح‌ها و نقش‌ها بر صفحه‌ی نقاشی متمرکز شدند و موسیقی‌دانان به فرم بیش از محتوا اهمیت دادند. ادیبان نیز از راه فرو کاستن متون ادبی به ساختارهایی انتزاعی آن‌ها را تفسیر می‌کردند. حتی در روسیه جنبشی به نام فُرمالیسم ادبی ایجاد شد که اصول ساختارگرایانه را برای خلق و نقد آثار ادبی و هنری مبنا گرفته بود.

روان‌شناسانی مانند فروید در نخستین سال‌های سده‌ی بیستم مدل‌هایی از شخصیت را ارائه کردند که بر محور ساختار بنا شده بود و هم‌زمان با او مردم‌شناسان نامداری مانند کلود لوی استروس[1] هم به تحلیل‌های ساختارگرایانه روی آوردند. کمی دیرتر، جامعه‌شناسانی مانند آلتوسر[2] مارکسیسم را با برداشتی ساختارگرایانه بازنویسی کردند و بر فضای فکری نظریه‌پردازان چپِ دهه‌ی شصت چیره شدند.

به این ترتیب، مجموعه‌ای از برداشت‌های جالب توجه در حوزه‌های گوناگونِ علم پدید آمد. ارنست مایر روابط و قواعد حاکم بر ساختار (یعنی الگوهای خاص ریختی/ کالبدشناختی) مجموعه‌ای از موجودات را به همراه یک شرطِ کارکردی، یعنی تولید مثل، معیارِ تعریف گونه دانست. نظریه‌پردازان هنر دوره‌های گوناگونِ آثار پیکاسو را بر اساس الگوی ترکیب فرم‌ها و رنگ‌ها به دو مرحله تقسیم کردند و فرمالیست‌ها، بر مبنای روابط آوایی و معنایی میان عناصر ادبی، شعر را از نثر تمیز می‌دادند. لوی اشتراوس شیوه‌ی چیده شدنِ غذا بر سر میز و روابط میان غذاهای پخته و خام را تحلیل کرد و آلتوسر بحث‌های تاریخی را برای دستیابی به تحلیل‌های دقیق‌تر سیاسی و اقتصادی هم‌زمانی رها کرد.

---

[1] Claude Levi-Strauss (1908-2009)

[2] Louis Althusser (1918-1990)

برخی از این برداشت‌های ساختارگرایانه، از جمله کارِ خودِ سوسور، بر نظریه‌ی سیستم‌ها مقدم بود و تا حدودی زمینه‌ی شکل‌گیری آن را فراهم آورد؛ پس از آن نیز موج اولِ نظریه‌ی سیستم‌ها، که از کتاب فون برتالنفی برخاسته بود، گرایش ساختارگرایانه‌اش را حفظ کرد و یکی ازبرجسته‌ترین نظریه‌پردازان سیستمی در عرصه‌ی جامعه‌شناسی، یعنی تالکوت پارسونز[1]، دیدگاه خود را کارکردگرایی ساختاری[2] نامید که بر اولویت ساختار بر کارکرد اشاره داشت.

«ساختار» شیوه‌ی قرار گرفتن عناصر سیستم در کنار هم و نوع روابط میان آن‌هاست که با روش هم‌زمانی نگریسته شود.

پاره‌ی دوم: کارکرد[3]

هم‌زمان با بحث‌هایی که در زمینه‌ی ساختار رواج داشت، مفهوم کارکرد هم سیر تاریخی خاص خود را طی می‌کرد. کارکرد از بسیاری از جنبه‌ها مفهومی مقابل ساختار است. اصولاً مفهوم کارکرد به شیوه‌ی عملکرد سیستم و چگونگی تحول آن در مسیر زمان مربوط می‌شود. بنابراین، برخلاف ساختار، پویایی و تحرک و دگرگونی را در بطن خود نهفته است. با توجه به مرکزیت محور زمان برای تعریف این مفاهیم، تحلیل کارکرد با روش «در زمانی» ممکن است.

از نظر فلسفی، نخستین کسی که به کارکرد به عنوان مبنایی برای تحلیل و شناسایی سیستم‌ها نگاه کرد فیلسوف آلمانی ادموند هوسرل[4] بود. او پدر مکتب فلسفی پدیدارشناسی[5] و استاد نامدارِ هایدگر بود و در پی فهمِ ماهیت سوژه‌ی

---

[1] Talcott Parsons (1902-1979)
[2] structural functionalism
[3] function
[4] Edmund Husserl (1859-1938)
[5] phenomenology

اندیشنده بود. چارچوب نظریاتش بر این فرض استوار است که جهان از مجموعه‌ای از پرسش‌ها و پاسخ‌ها تشکیل شده است. این بدان معناست که سوژه‌ی شناسنده، یعنی آدمی که می‌فهمد، را می‌توان به عنوان نظامی که پرسش طرح می‌کند و فعالانه به آن پاسخ می‌دهد در نظر گرفت. این طرح پرسش و آن پاسخگویی نشانگر نوعی رفتار کل‌گرایانه و عمومی است که هدفمندی سیستم و حضور قصد را در آن نشان می‌دهد. هوسرل این مفهوم را به زبان فنی خودش حیث التفاتی[1] می‌نامید[2].

بر مبنای نگرش هوسرل، تمایز دیگری هم میان ساختار و کارکرد می‌توان تشخیص داد:

ساختار به دلیل ایستایی، ثبات و تعلقش به زمانی ویژه –یک حالِ همیشگی– نشانگر وضعیت موجود سیستم است. یعنی حالتی را که سیستم در آن فعلیت یافته نشان می‌دهد. در مقابل، کارکرد به خاطر اهمیتی که به پویایی و جهت‌دار بودنِ این پویایی می‌دهد به وضعیت مطلوب اشاره می‌کند. ساختار آنچه هست و کارکرد آنچه باید باشد را نمایندگی می‌کنند.

توجه به کارکرد، در اواخر سده‌ی گذشته، موجی از مقابله با ساختارگرایی را پدید آورد. پیدایش موج جدید نظریه‌ی سیستم‌ها یعنی رویکرد سیستم‌های پیچیده را می‌توان محصول چنین واکنشی دانست. نیکلاس لومان[3]، شاخص‌ترین جامعه‌شناسِ سیستمی ثلث آخرِ سده‌ی بیستم، برای تفکیک دیدگاه خود از رویکرد ساختارگرایانه‌ی پیشینیانش، خود را یک ساختارگرای کارکردی[4] نامید و به این ترتیب بر تقدم کارکرد بر ساختار پافشاری کرد.

---

[1] intentionality

[2] خوانندگان صاحب‌نظر توجه دارند که ما در اینجا به خاطر تنگنای زمانی/ مکانی، مفاهیم را به قدری ساده کرده‌ایم که دیگر تقریباً درست نیستند! شرح کوتاهی هم که از هوسرل آمده تنها در حدی است که نیاز ما به فهم ریشه‌ی تحلیل کارکردی را برآورده کند و نه بیشتر.

[3] Niklas Luhmann (1927–1998)

[4] functional structuralist

در میان بسیاری از اندیشمندان دیگرِ این مقطع تاریخی هم می‌توان چنین گرایشی را دید. مدل پساساختارگرایی[1] در علوم انسانی، که میشل فوکو[2] و بسیاری از فمینیست‌های مشهور بدان تعلق خاطر داشتند و دارند، با تکیه بر مفهوم کارکرد پیش‌فرض‌های ساختارگرایانه –مانند یکپارچگی، ایستایی و گریز از تاریخمندی– را نفی می‌کردند و نظریه‌های زیست‌شناسان جدید بیش از پیش به کارکردهای زیستی می‌پرداختند. بوم‌شناسان مجموعه‌هایی نامنسجم از جمعیت‌های در هم پیوسته –مانند گله‌ای از علفخواران، شکارچیانِ آن‌ها و گیاهانِ مورد نیازشان– را که در یک نظام کارکردی منسجم در هم تنیده شده بودند به عنوان واحدهای بوم‌شناختی در نظر می‌گرفتند و فیزیولوژیست‌ها واحدهای کارکردی منفردی را که از عضلات، اعصاب و استخوان‌هایی به ظاهر پراکنده تشکیل شده به عنوان اجزای سیستم‌های رفتاری شناسایی می‌نمودند.

به این ترتیب، دو گرایش عمده‌ی ساختارگرایانه و کارکردگرایانه مرزبندی دقیق‌تری به خود گرفت. در اینجا با توجه به دوشاخه‌زایی‌های متعدد و فراوان در فضای حالتِ علم زیست‌شناسی، از هریک از طیف‌های مختلف هواداران این دوگرایش مثالی می‌زنیم.

ساختارگرایان کسانی هستند که ساختار را مهم‌تر از کارکرد می‌دانند و معتقدند اولی دومی را تعیین می‌کند. ساختارگرایان، بسته به توجهی که به زمان و تاریخمندی نشان می‌دهند، به دو گروه تقسیم می‌شوند. برخی که به ساختارگرایی کلاسیک پایدار مانده‌اند تحلیل‌های در زمانی را حاشیه‌ای و فرعی می‌بینند و فقط به شواهد هم‌زمانی بها می‌دهند. مثلاً در میان زیست‌شناسانِ پیرو این روش می‌توان متخصصان رده‌بندی کلاسیک را یافت که به روش‌های ریخت‌شناسانه وفادار مانده‌اند و و موجودات را تنها بر مبنای شکل و قیافه‌شان رده‌بندی می‌کنند.

---

[1] post-structuralism
[2] Michel Foucault (1926-1984)

اما ساختارگرایانی هم هستند که به مفهوم زمانمندی سیستم توجه دارند و از تحلیل‌های درزمانی هم بهره می‌برند. گرایش جنین‌شناسی و زیست‌شناسی تکوینی نمونه‌ای از محصولاتِ این نوع نگرش هستند. از سوی دیگر، کارکردگرایان بیشتر بر روابطِ پویا تأکید می‌کنند و عناصرِ ایستا را مشتقاتی از این روابط در نظر می‌گیرد. بنابراین، از نگاه ایشان، ساختار پدیده‌ای ثانویه است و از تداوم کارکرد ایجاد می‌شود.

کارکردگرایان هم مانند رقیبانشان بسته به توجهی که به محور زمان می‌دهند به دو گروه تقسیم می‌شوند. آن‌ها که به تاریخمندی سیستم بها می‌دهند دانشمندانی هستند که در شاخه‌های گوناگونِ علوم تجربی نمایندگان نظریه‌های تکاملی هستند. گروه دیگری هم برای تاریخمندی سیستم‌ها ارزشی فرعی قایل هستند و از برخی زوایا با تحلیل‌های ساختارگرایانه نزدیکی احساس می‌کنند. فیزیولوژیست‌ها و بوم‌شناسان از متخصصان علاقه‌مند به این گرایش محسوب می‌شوند.

نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده و نگرشی که ما در این نوشتار پیشنهاد می‌کنیم در قالب کارکردگرایی تاریخ‌مند می‌گنجد. با این همه، نباید از یاد برد که تقسیم‌بندی یادشده تنها بر مرزبندی‌های روش‌شناسانه اشاره دارد و به هیچ عنوان به معنای این نیست که دو هستی یا واقعیتِ بیرونی مستقل به نام کارکرد و ساختار وجود دارند. ساختار و کارکرد، همچون عنصر و رابطه، دو قطبی معنایی ساده‌ای است که ما برای ساده‌تر کردنِ کارِ فهم جهان برای خود ابداع کرده‌ایم.

پس باید به این نکته دقت کرد که کارکرد و ساختار از چند جنبه به هم شباهت دارند. هردوی آن‌ها مفاهیم فراگیری هستند و به کلیت سیستم اشاره می‌کنند. کارکرد در واقع بخشی از مه‌روند است که در داخل مرزهای سیستم محصور است و به همین دلیل هم به طور مستقیم با روندهای حاکم بر محیطِ پیرامونی ارتباط و پیوند دارد. ساختار هم مفهومی فراگیر و عام است. ساختار آرایشی از ماده/ انرژی/ اطلاعات است که در قلمرو درونی سیستم محصور شده است. چنین آرایشی در میان عناصر محیط هم وجود دارد و به همین ترتیب

ساختار هم از پیوندی مستحکم با محیط برخوردار است. به بیانی، ساختار مرزِ سیستم را تعیین می‌کند و کارکرد به آن تداوم می‌بخشد. شکست تقارنِ مکانی در ساختار تحقق می‌یابد و پدیده‌ای جغرافیایی است که درون و بیرون سیستم را از هم تفکیک می‌کند. در مقابل شکست تقارن زمانی در کارکرد نمایان می‌گردد و امری تاریخی است که بقای سیستم در محیط یعنی تداوم مرز میان این دو را ممکن می‌سازد. کارکرد و ساختار، به بیانی ساده، همان تاریخ و جغرافیای سیستم هستند.

در سیستم‌های پیچیده کارکرد مانند ساختار امری یکپارچه و همگن نیست. پیچیدگی مجموعه بدان معناست که شکست‌های تقارنی پیاپی در ساختار و کارکرد آن رخ دهند و به این ترتیب طبیعی است که انتظار داشته باشیم شکلی از ناهمگنی و گسست‌های درونی را در ساختار و کارکرد چنین سیستم‌هایی ببینیم. در واقع هم چنین چیزی دیده می‌شود. وقتی ما به بدن جانوری نگاه می‌کنیم و اندام‌ها و بافت‌های متفاوتی را در آن تشخیص می‌دهیم، در واقع با گسست‌هایی در ساختار روبرو هستیم که از پیچیده شدنِ سیستم حکایت می‌کند. تفکیک شدنِ دست‌های ما از بدنمان بدان معناست که نسبت به کیسه‌تنانِ ساکن و بی‌دست و پای کف اقیانوس‌ها پیچیده‌تر شده‌ایم. همین ماجرا درباره‌ی کارکردها هم مصداق دارد. یک سلول منفرد فقط زنده است، اما ما هم زنده هستیم و هم این کتاب را می‌خوانیم و هم (امیدوارم که!) درباره‌اش فکر هم می‌کنیم. بنابراین کارکردهایی بیشتر را برآورده می‌کنیم. تهرانِ ده میلیون نفره‌ی امروزِ ما که در آن شغل‌هایی مانند مهندس ناظر و معمار و بنّا و گچ‌کار از هم تفکیک شده‌اند از روستای تهرانِ صد و پنجاه سال پیش که این نقش‌ها در آن یگانه بوده پیچیده‌تر است.

پیش از این دیدیم که چگونه برای تحلیل رفتار سیستم فضای حالت ترسیم می‌کنند. برای ساختار و کارکردِ سیستم هم می‌توان فضای حالتی ترسیم کرد و دگرگونی‌ها و دوشاخه‌زایی کارکردها و ساختارها را بر آن نشان داد.

سیستمی پیچیده با ساختار و کارکرد مشخص مانند بدن خود را در نظر بگیرید. فضای حالت ساختار بدن ما تمام امکانات گوناگونِ ساختاری برای بدنی با ویژگی‌های ما را در بر می‌گیرد. همه‌ی حالات ممکن برای تمام متغیرهایی که بر ساختار بدن ما حاکم است در این فضا بازنموده می‌شود. تمام اشکال مختلفی که دماغ ما می‌توانست پیدا کند، تمام اندازه‌های ممکنی که برای عضله‌ها و اندام‌های درونی‌مان قابل‌تصور است و همه‌ی وضعیت‌هایی که سلول‌های بدنمان می‌توانستند در ارتباط با هم پیدا کنند در این فضا به حالت بالقوه به صورت نقطه‌هایی حضور دارند.

این فضای حالت ساختاری از یک نظر اهمیت دارد و آن هم امکانِ نمایشِ تحولات ساختاری سیستم است. ما هنگامی که در سن رشد بودیم، مسیری پرشیب را در راستای محورِ وزنِ اندام‌هایمان در این فضا طی می‌کرده‌ایم. اگر به جنس نرینه تعلق داشته باشیم، حرکتی در راستای افزایش موهای صورت و بدنمان را در همین سن تجربه کرده‌ایم. اگر مؤنث باشیم، ساختار بافت چربی زیر پوستمان دگرگون شده است. تحولات مربوط به پیری را هم می‌توان به همین ترتیب نمایش داد. پس آنچه ما در کل عمرمان «هستیم» با خطراهه‌ای بر این فضا قابل‌نمایش است.

مانند آنچه در مورد رفتار گفتیم در اینجا هم بخش‌هایی مجاز و غیرمجاز از فضای حالت وجود دارد و جذب‌کننده‌ها و گریزاننده‌هایی. اندازه‌ی قلب ما نمی‌تواند از حدی کوچک‌تر باشد، وگرنه خواهیم مُرد؛ پس مجموعه نقاطی که به قلب معیوب و ناکارآمد دلالت می‌کنند برای سیستمی زنده مانند ما غیرمجاز است. بخش‌هایی از فضای حالت که شکل دماغ والدین ما را نشان می‌دهد جذب‌کننده‌ی شکل دماغ ما هم هست و اشکال دور از انتظاری مانند خرطوم نقاطی گریزاننده برای گونه‌ی ما محسوب می‌شود. کدهای ژنتیکی ما، در واقع، نسخه‌ای از اطلاعات شیمیایی است که مجموعه‌ی جذب‌کننده‌های این فضا را در خود نگهداری می‌کند. ژن‌ها به خطراهه‌ی ما می‌گویند که به چه نقاطی از فضای حالت وارد شود و از چه مسیرهایی پرهیز کند.

هنگامی که ما تحولی ساختاری را تجربه می‌کنیم و بدنمان از این نظر پیچیده‌تر می‌شود، در واقع نوعی دوشاخه‌زایی بر این فضا رخ می‌دهد. وقتی در ماه اولِ عمرِ جنینی‌مان موفق شدیم بافت‌های مربوط به نخاعمان را از بقیه‌ی بافت‌ها جدا کنیم، دوشاخه‌زایی‌هایی متراکم را بر این فضا تجربه کردیم که بخش‌هایی تازه و نوظهور از فضای حالت را –بر اساس الگویی از پیش تعریف‌شده توسط ژن‌ها– در اختیارمان می‌گذاشت. ما با هر گامی که در روند رشدمان طی کرده‌ایم بخشی جدید از این فضای حالت را به چنگ آورده‌ایم. سیستم به این شکل در فضای حالت بسط می‌یابد و امکانهای نهفته ولی در دسترس خویش را محقق می‌سازد.

مشابه همین فضا را در مورد کارکرد هم می‌توان ترسیم کرد. با این تفاوت که در اینجا تحولات عملکردی سیستم ترسیم می‌شوند. مثلاً در گذر زمان کارکردهایی تازه به سیستم ما افزوده شده است. پس از تولد، کارکردی تازه و بی‌سابقه مانند دیدن به صورت شاخه‌زایی مهمی در سیستم حسی ما پدیدار شد که خود به شاخه‌زایی‌های فراوان دیگری –چی را چطور و چرا دیدن– منتهی شده است.

این شاخه‌زایی‌ها به پیدایش خوشه‌هایی از کارکردهای مشابه و به هم پیوسته می‌انجامد. همان‌طور که شکست تقارن در ساختار سیستم مجموعه‌هایی تفکیک‌شده را در میان عناصر سیستم ایجاد کرد، دوشاخه‌زایی در کارکرد سیستم هم به مجموعه‌هایی منسجم از روابط می‌انجامد که از سایر بخش‌های کارکرد کلی سیستم متمایز هستند. این دو حادثه، یعنی شکست تقارن در ساختار و کارکرد، همیشه همگام با هم رخ می‌دهند و در واقع دو وجهِ یک پدیده‌ای یکتا، یعنی همان تکامل، هستند. هم‌زمان با شکل گرفتن عضله‌ی قلب در قفسه‌ی سینه‌ی ما، کارکرد تپش قلب و گردش خون هم در بدنمان احداث می‌شود. حالا می‌توان دید که تعصب نسبت به نگاه ساختارگرا و کارکردگرا شکل‌هایی ساده‌انگارانه و یکسونگرانه از تحلیلِ پدیده‌ای پیچیده‌تر هستند. نه ساختار بر

کارکرد مقدم است و نه بر عکس. چون اصولاً تعیین کردن به این معنا میراثی اشتباه‌آمیز از باور به علیتِ خطی قدیمی است.

«کارکرد» شیوه‌ی تحول عناصر و روابط سیستم در مسیر زمان است که به برآورده ساختنِ هدفی یا حل مسئله‌ای منتهی می‌شود.
حضور کارکرد در سیستم به معنای وجود ساز و کاری برای طرح و حل مسئله در آن است. این ساز و کارها می‌توانند با دوشاخه‌زایی‌های پیاپی، کارکرد و ساختار سیستم را پیچیده‌تر سازند.

بخش ششم: تنش

گفتار نخست: بقا

اکنون، ای برادران، آگاه باشید که برای هر موجود مرکب زوال و فنا امری حتمی است.

بودا

چنان که بودا می‌گفت، تنها «موجود مرکب» است که می‌تواند بمیرد، و ترجمه‌ای روزآمد از این جمله آن است که تنها سیستم‌های پیچیده هستند که بقای خود را می‌پایند و مدیریت می‌کنند. ساختار، سپرِ سیستم در برابر خطرِ هضم شدن در محیط است. محیطِ فراگیر و بیکران، که تا حد پیش‌بینی‌ناپذیر بودن پیچیده است، همواره مرزهای نفوذپذیرِ سیستم را به گسستگی و ویرانی تهدید می‌کند. سیستم با تفاوتِ ساختار درونی خویش با محیط تعریف می‌شود و با پنهان شدن در پشت مرزی متحرک و پویا هویت می‌یابد. آنچه حضور سیستم را ممکن و تعریف آن را معنادار می‌کند تمایزی است که بین روابط ساختاری درون و بیرونِ آن وجود دارد و کارکرد ویژه‌ای که در بطن آن نهفته است.

زیربنایی‌ترینِ این کارکردها حفظ بقاست. همه‌ی سیستم‌ها، پیش از آن‌که بخواهند کارکردی دیگر را برآورده کنند، باید نخست «باشند». این بودن خود مسئله‌ای است که باید حل شود. بودن همان تداوم مرزهای سیستم با محیط

است و پایداری تمایزی که میان ساختار درونی سیستم و قواعد محیط وجود دارد. عمر سیستمی که نتواند این کارکردِ اولیه را برآورده کند آنقدر ادامه نخواهد یافت که بتواند کارکردی افزوده بر این را هم بر عهده بگیرد.

به این ترتیب، بدیهی‌ترین کارکردِ هر سیستم بقاست. حل مشکل بقا به دو دلیل اولویت نخستِ سیستم است؛ نخست آن‌که حل کردنِ آن پیش‌فرضِ حل همه‌ی مسئله‌های دیگر است و دوم به این دلیل که این مشکل همواره وجود دارد.

بخش‌های مجاز و غیرمجازِ فضای حالت، به بیانی، توسط کارکردهای منتهی به بقا از هم تفکیک می‌شوند. بخش‌های غیرمجاز معرف شرایط و موقعیت‌هایی هستند که سیستم نمی‌تواند در آن‌ها معمای بقا را حل کند. اما نقاط مجاز شکلی از تداوم سیستم را تضمین می‌کنند.

نقاط مناسب و غیرمناسبِ فضای حالت، یعنی جذب‌کننده‌ها و نقاط گریز، هم به همین ترتیب تعریف می‌شوند. جایگاه‌هایی که پایداری و بقای سیستم را بیشتر تضمین کند، سیستم را به سمت خود می‌کشد و آن‌هایی که باعث ناپایداری‌اش شوند آن را از خود می‌رانند. سیستم در هر برش زمانی و مکانی شرایطی را تجربه می‌کند که به صورت زمینه‌ی ناهمواریِ فضای حالتش قابل‌تجسم است. پس با بخش‌هایی از فضای حالت (یعنی موقعیت‌ها و گزینه‌هایی رفتاری) روبروست که او را جذب می‌کنند یا از خود می‌رانند و پایداری درونی‌اش را زیاد یا کم می‌کنند. این‌ها کانون‌هایی هستند که بسته به کفایتشان در حل مشکل بقا از یکدیگر تفکیک می‌شوند، عمق می‌یابند و مسیر خطراهه را تغییر می‌دهند.

«بقا» عبارت است از پایداری مرز میان سیستم و محیط و تداوم ساختار و کارکرد درونی سیستم.
بقا مسئله‌ی زیربنایی و همیشگی همه‌ی سیستم‌هاست.
بخش‌های مجاز و غیرمجاز از فضای حالت و جایگاه جذب‌کننده‌ها بر مبنای ارتباطشان با حل این مسئله تعریف می‌شوند.

گفتار دوم: مرگ و تعادل[1]

شکاریم یکسر همه پیش مرگ *سرِ زیر تاج و سرِ زیر ترگ*
یکی زود سازد، یکی دیرتر *سرانجام بر مرگ باشد گذر*

فردوسی

جذب‌کننده، نقطه‌ای بر فضای حالت است که سیستم در آن به پایداری نسبی می‌رسد. برای تمام سیستم‌ها، در تمام زمان‌ها، یک جذب‌کننده‌ی غایی و عمومی وجود دارد که مه‌روند است. مه‌روند الگویی از تحول هستی است که فراگیر و عام است. مه‌روند، با اعلام موجودیت محیط و مرزبندی شدنِ پیرامونِ آن، به دو بخشِ سیستم و محیط می‌شکند، اما بیشتر در قالب محیط به سیر خود ادامه می‌دهد. سیستم –هرقدر هم که پیچیده و بزرگ باشد– همیشه در تناسب با محیط پیرامونش (یعنی کل هستی جز خودش) بسیار بسیار کوچک و ناچیز است. فرجام کار تمام سیستم‌ها آن است که از مخالفت با محیط دست بردارند و از پویایی پیرامون خود پیروی کنند.

---

[1] equilibrum

محیط نیرومندترین جذب‌کننده در تمام فضای حالت‌های ممکن است. جذب‌کننده‌ای که یک نقطه‌ی مشخص را شامل نمی‌شود، بلکه مجموعه‌ای متحرک و تصادفی از چاه‌های پتانسیل بسیار عمیق و فرورفتگی‌های فراخ و پذیرنده را در بر می‌گیرد. پرتگاه‌هایی که سیستم همواره در لبه‌شان قرار دارد و اگر به درونشان فرو بغلتد، امکان خروج از آن‌ها را از دست خواهد داد. برای تمام سیستم‌ها جذب‌کننده‌ای عام و فراگیر[1] به نام تعادل وجود دارد.

اگر تحولات درونی سیستم با تغییرات بیرونی محیط تفاوتی نداشته باشد، می‌گوییم سیستم با محیط به تعادل رسیده است. این بدان معناست که مرزی که ساختار و کارکرد سیستم را از زمینه‌ی پیرامونش جدا می‌کرد نابود شده و روندهای آشفته و تصادفی محیطی به درون سیستم نشت کرده است. تعادل تقارن سیستم و محیط است. سیستمی که با محیط به تعادل برسد در آن حل می‌شود و دیگر به عنوان سیستم هویتی مستقل ندارد، بلکه فقط بخشی از محیط است.

هنگامی که موجود زنده‌ای می‌میرد، چنین تعادلی تجربه می‌شود. پوستی که تا به حال در برابر ورود میکروب‌ها فعالانه مقاومت می‌کرد از پایداری دست بر می‌دارد و نظام گردش خونی که ترکیبات شیمیایی داخل بدن را در اطراف جذب‌کننده‌ای خاص ثابت نگه می‌داشت از این کار باز می‌ماند و به سوی جذب‌کننده‌ی مهم و نیرومند دیگری یعنی محیط متمایل می‌شود. حیات تلاش سیستم‌های بیوشیمیایی برای حفظ جذب‌کننده‌هایی شکننده و متعدد است در برابر میل به ورود به جذب‌کننده‌ی یکتا و بسیار نیرومندی که وضعیت محیط را نمایندگی می‌کند. مرگ تسلیم شدن سیستم زنده به این جذب‌کننده است. مرگ، با تعبیری که دیدیم، نوعی فروکاسته شدنِ همه‌ی جذب‌کننده‌ها به این جذب‌کننده‌ی بیرونی است. در این حالت جاندار چیزی نیست جز مجموعه‌ای از

---

[1] global attractor

مولکول‌های آلی که به زودی در میان جریانات محیطی پراکنده و حل خواهد شد.

ویرانی سیستم در برابر فشار محیط و این تحویل شدنِ جذب‌کننده‌های درون‌زاد به جذب‌کننده‌ی یگانه‌ی محیطی ویژه‌ی جانداران نیست. جوامع، نظام‌های شخصیتی، نظریه‌های علمی و همه‌ی سیستم‌های قابل‌تصورِ دیگر هم می‌توانند به این ترتیب نابود شوند. هنگامی که سپیدپوستان به قتل‌عام سرخ‌پوستان روی آوردند و شکارگاه‌هایشان را از چنگشان بیرون آوردند، سیستم قبایل سرخ‌پوستی با محیطِ مدرنِ سپیدها به تعادل رسید و بقایای جنگاوران سرخ‌پوست به شهروندانی آمریکایی فروکاسته شدند.

هنگامی که قبایل نوآمده‌ی یونانی در اواخر هزاره‌ی دوم پیش از میلاد به بالکان وارد شدند و آنجا را فتح کردند، تمدنی که در آن هنگام در یونان وجود داشت از میان رفت. یعنی مرزهای این سرزمین بر روی غارتگرانِ همسایه باز شد، جمعیتِ آن به تدریج در سرزمین‌های پیرامونی پراکنده شد، زبان و خط و فرهنگشان به تدریج از یادها رفت و شهرهایشان به زمین‌های بایر اطراف دگردیسی یافت. به این ترتیب، زبان و فرهنگ تمدن موکنای به یونانی و ساختارهای حکومتی‌شان به دولت‌شهرهای نوظهور یونانی فرو کاسته شد.

سرنوشتی که ذکرش گذشت فرجامِ قطعی تمامِ سیستم‌هاست. همه‌ی سیستم‌ها در نهایت با محیطشان به تعادل می‌رسند. جذب‌کننده‌ی بیرونی محیط به قدری قدرتمند است که مقاومت در برابرش جز برای مقطعی کوتاه ممکن نیست. ما آدمیان، به عنوان نمایندگانی از همین سیستم‌های زنده، این مدت کوتاه را به سال‌ها و روزها و ساعت‌ها تقسیم می‌کنیم، اما این تدبیرها و سایر ترفندهای به کار گرفته‌شده برای فراموش کردنِ این حل شدن نهایی در محیط به لحاظ تجربی بی‌فایده است و آدم‌ها، تمدن‌ها، فرهنگ‌ها، نظریه‌ها و گونه‌ها بنابر قاعده‌ای عمومی در نهایت به محیط تحویل می‌شوند. این تنها جایی است که تحویل‌گرایی، البته در کاربستی بسیار محدودتر از آنچه اندیشمندان سده‌ی هجدهمی گمان می‌کردند، درست از آب در می‌آید.

«تعادل»/«مرگ» عبارت است از پیروی پویایی سیستم از پویایی محیط.
تعادل را می‌توان به صورت جذب‌کننده‌ای بسیار نیرومند در نظر گرفت که فضای حالت را به طور تصادفی می‌پیماید.
تعادل با محیط سرنوشت نهایی تمام سیستم‌هاست.

گفتار سوم: مفهوم تنش

آگاهی از خیالِ خودم بی‌نیاز کرد خود را ندید آینه تا چشم باز کرد
گامی نبود بیش رهِ مقصد فنا این‌رشته را نَفَس به‌کشاکش دراز کرد

فشار محیط برای درهم شکستنِ مرزهای سیستم و تحویل کردنش به بخشی از خود همان معجزه‌ای است که ظهور کارکرد را ممکن می‌کند. کارکرد با تعریفِ وضعیت مطلوب برای سیستم همراه است. وضعیت موجود برای تمام سیستم‌ها آویزان شدن بر لبه‌ی پرتگاه تعادل است و وضعیت مطلوب دور شدن از این حالت، یعنی قرار گرفتن در نظمی متمایز از محیط و در عین حال پایدار. این شکافِ میان وضعیت موجود و مطلوب در سیستم به صورت تنش[1] تجربه می‌شود.

تنش همان مسئله‌ای است که، به قول هوسرل، تمام سیستم‌ها در پی حل کردنش هستند. تنش است که در هم تنیدگی کارکردها و بسیج فرآیندها در جهتی مشخص را ممکن می‌کند. تنش خصلتی دوگانه دارد. از سویی تهدیدی

[1] tension

دایمی و فراگیر است که کل سیستم را به طرف تعادل و نابودی سوق می‌دهد و از سوی دیگر کلید انسجام درونی سیستم است. سازمان‌یافتگی درونی کارکردها، و بنابراین بقای سیستم، در تقابل با تنش معنا می‌یابد. تنش مانند معمای ابوالهولی که رویاروی اودیپ قرار گرفت، پرسشی است که اگر پاسخی بیابد به بقا می‌انجامد، وگرنه به مرگ منجر می‌شود. تنش فشاری است که محیط به فضای حالت مجازِ سیستم وارد می‌کند. تنش تیشه‌ای در دستِ فرهادِ محیط است که با کمکش، از خارای فضای حالت، شیرینِ سیستم (یا سیستمِ شیرین!) را می‌تراشد.

به این ترتیب، سیستم پیچیده را نمی‌توان متعادل در نظر گرفت. سیستم پیچیده در مرز تعادل به سر می‌برد و تا زمانی که هست در برابر فرو افتادن به این جذب‌کننده مقاومت می‌کند. تعادل به معنای حذف تنش است و سیستم پیچیده همواره با تنش دست به گریبان است. اصولاً امکان درک تنش مترادف است با پیچیدگی. آنچه به سادگی در محیط حل شود و چنان ساده باشد که از تعریف جذب‌کننده‌هایی درونی عاجز باشد، تنشی را هم تجربه نخواهد کرد. چون وضعیت موجود و مطلوبِ آن فاصله‌ای با هم نخواهند داشت. ساختار آن توسط کارکردهایی که مایل به اعلام استقلال در برابر استبداد محیط هستند آشفته نخواهد شد و تعارضی میان آنچه هست و آنچه باید باشد رخ نخواهد داد. سیستم‌های ساده نمونه‌هایی از این پدیدارها هستند. قطره‌ی آبی که در آسمانی بارانی بر زمین می‌بارد سیستمی با حد و مرز مشخص، اما ساده است که از روندهای محیط پیروی می‌کند. ماسه‌های کنار ساحل، ابرهای برآمده از آسمانی آفتابی و موج‌های رقصان بر دریاها، همگی سیستم‌هایی پویا هستند که الگوهای جذاب و جالبشان برای ما الهام‌بخش و چشم‌نواز است، اما در یک نکته‌ی ساده اشتراک دارند و آن هم ناتوانی‌شان برای درک تنش و ناممکن بودنِ مردنشان است!

«تنش» فاصله‌ی میان وضعیت موجود و مطلوب است که توسط سیستم تجربه می‌شود.
تنش فشار دایمی محیط بر سیستم پیچیده است؛ فشاری که به سازمان‌یافتگی کارکردها و بسیج شدنشان برای مقاومت در برابر مرگ و نابودی منتهی می‌شود.

گفتار چهارم: نظم/ آشوب

بی غم و شادی، وجود و عدم از جنون‌زارِ شوق می‌رویند

بابلیان باستان داستان جالبی در مورد آفرینش جهان داشتند. اِنوماالیش نام اسطوره‌ای است که قصه‌ی خلقت جهان از دید بابلیان در آن روایت شده است. در این روایت خدایی کهنسال به نام تیامَت نماد آشوب و بی‌نظمی و هرج و مرج است. او که همتای آب‌های اولیه فرض می‌شده تصمیم به نابود کردن جهان می‌گیرد و در آخر توسط خدای جوان و نیرومندی به نام مردوک شکست می‌خورد. مردوک خدای نظم و قانون است و حمورابی، نخستین قانونگذار بابلی، در ابتدای لوحه‌ی قوانین خود او را حامی خویش می‌داند.

نبرد مردوک و تیامت روایتی کهن از جدال همیشگی نظم و بی‌نظمی و محیط و سیستم است.

محیط، با پیچیدگی نامفهومش و جذب‌کننده‌ی اغواکننده‌ی پرجنب و جوشِ تصادفی‌اش، پیش‌بینی‌ناپذیرترین و نامفهوم‌ترینِ هستنده‌ی ممکن است. محیط شبکه‌ای از روندها و رخدادهای نامربوط، بی‌قاعده، پراکنده و متکثر است که فهم و توضیح کاملشان ممکن نیست و هیچ معادله و قانونی نمی‌تواند

صورتبندی‌شان کند. محیط، به این تعبیر، سرچشمه‌ی آشوب و آشفتگی است. در برابر آن سیستم قرار دارد که روابطی مشخص و حفاظت‌شده را در میان عناصری برگزیده و ساخت‌یافته برقرار کرده است و از حصار پیرامونِ این شاهکار خود هم به سختی دفاع می‌کند. مردوک سیستم، در مقابلِ تیامتِ محیط، نماد نظم و قانونمندی است.

یکی از تحولات مهمی که به پیدایش نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده منتهی شد صورتبندی مفهوم آشوب بود. در دهه‌ی هفتاد سده‌ی بیستم دانشمندی به نام لورنتز[1]، که متخصص هواشناسی بود، متوجه شد که سیستم‌های آب و هوایی با هیچ قانونی قابل‌پیش‌بینی نیستند. شما می‌توانید عبارتِ «هوای امروز هم مثل دیروز خواهد بود» را در هر روزی که بخواهید بر زبان بیاورید و مطمئن باشید که حرفتان با احتمال ۷۰ درصد درست است. با بسیج کردن تمام امکانات علمی و گردآوری و تحلیل همه‌ی اطلاعاتِ قابل‌استخراج از ماهواره‌ها و ایستگاه‌های هواشناسی، به پیش‌بینی‌هایی دست خواهید یافت که بیشترین احتمال درستی‌شان ۸۵ درصد است. پرسش لورنتز از همین جا شروع شد. چرا سیستم‌هایی وجود دارند که غیرقابل‌پیش‌بینی هستند؟

لورنتز، علاوه بر علاقه‌اش به هواشناسی، ریاضی‌دان خوبی هم بود و به همین دلیل هم تلاش کرد این بی‌نظمی‌ها را صورتبندی کند. این کار در عمل مشابه این حرف بود که کسی بخواهد چیزی بیان‌ناپذیر را بیان کند. با این حال لورنتز موفق شد و ریاضیاتی را ابداع کرد که به اسم نظریه‌ی آشوب‌ها شهرت یافت. در نظریه‌ی آشوب مدلی ریاضی ارائه می‌شود که به کمک آن می‌توان پدیدارهای آشوبناک را صورتبندی کرد. با این همه، مفهوم آشوب تعریف دقیق و مشخصی به زبان ریاضی ندارد.

ساده‌ترین کار برای تعریف آشوب اشاره کردن به چیزهایی است که آشوب نیست:

---

[1] Edward Norton Lorenz (1917-2008)

آشوب[1] رفتار سیستمی است که به صورت تناوبی[2] و شبه‌تناوبی[3] رفتار نکند و همچنین در وضعیت تعادل پایدار[4] نباشد. منظور از رفتار تناوبی نوعی از پویایی سیستم‌هاست که در آن خطراهه پس از عبور از راهی بار دیگر به یکی از نقطه‌های پیشین مسیر گذشته‌اش باز می‌گردد و طی کردنِ همان را از سر می‌گیرد. مثلا سیاره‌هایی که در یک منظومه‌ی خورشیدی گرداگرد ستاره‌ای می‌چرخند، رفتاری تناوبی دارند.

پویایی شبه‌تناوبی رفتاری در سیستم‌هاست که به حالت تناوبی شباهت دارد، اما الگوی چرخه‌های طی‌شده پیچیده‌تر است و سیستم ممکن است از چندین چرخه‌ی تو در تو یا پیاپی، گاه بدون نظم مشخصی، عبور کند. مثل نقاط تعادلی در بازار که اغلب چند قیمت مشخص را برای یک کالا به دست می‌دهد و گاهی در میانشان نوسانهایی را نشان می‌دهد.

وضعیت تعادل پایدار هم پویایی تغییرناپذیرِ سیستمی است که در جذب‌کننده‌ای نیرومند افتاده باشد. سیستم‌هایی که در وضعیت تعادل به سر می‌برند چنین وضعیتی دارند، و اینها اغلب سیستم‌های ساده هستند. مرگ که در گفتارهای پیشین بدان اشاره کردیم، یکی از نمونه‌های وضعیت تعادل پایدار در سیستم‌های زنده است.

به این ترتیب سیستمی که رفتارش تکراری، الگودار و یکنواخت نباشد آشوبناک است. اما با اشاره به ویژگی‌های ریاضی آشوب می‌توان برداشتی دقیق‌تر را به دست داد. سیستمی آشوبناک است که سه ویژگی را از خود نشان دهد:

الف) رفتارش با معادلات خطی قابل‌بیان نباشد؛ یعنی معادله‌ای دیفرانسیلی نتوان یافت که شکل خطراهه‌اش را نشان دهد.

---

[1] chaos
[2] periodic
[3] quasiperiodic
[4] steady-state

ب) نسبت به متغیرهای خُردِ اولیه بسیار حساس باشد؛ یعنی تغییری کوچک در شرایط اولیه به تحولاتی کلان در آینده‌ی آن منتهی شود.
پ) غیرقابل‌پیش‌بینی باشد.

این حساسیت به شرایط اولیه به پدیده‌ی جالبی منتهی شده است که اثر پروانه[1] نام دارد. اثر پروانه را نخستین بار در آب و هواشناسی پیدا کردند. به این معنا که گفتند حساسیت سیستم‌های هواشناسی نسبت به شرایط اولیه به قدری زیاد است که حرکت بال‌های پروانه‌ای در برزیل می‌تواند به پیدایش توفانی شدید در آمریکا منتهی شود.

اثر پروانه را به ویژه در تاریخ به خوبی می‌شناسیم. مورخان برای سال‌های پیاپی از خود پرسیده‌اند که اگر فلان حادثه‌ی کوچک در تاریخ رخ نمی‌داد، سیر حوادث چگونه تغییر می‌کرد؟ اگر آغا محمد خان در جوانی ابتر نمی‌شد، اگر تیمور لنگ نمی‌شد، اگر کوروش در کودکی می‌مرد، اگر ماهی حوضخانه‌ی کاخ مرمر در جهتی متفاوت شنا می‌کرد و... تاریخ ایران چگونه می‌بود؟[2]

ناممکن بودنِ پاسخگویی به این پرسش‌ها بدان معناست که روندهای اجتماعی، و در نگاهی کلانتر تاریخی، رخدادهایی آشوبناک هستند. به بیانی، ماهی کاخ مرمر همتای پروانه‌ی لورنتز بوده است.

لورنتز در ابتدا مفهوم آشوب را برای سیستم‌های آشفته‌ی مشهوری مانند آب و هوا تعریف کرد. با این همه، به زودی دانشمندان مثال‌هایی متعدد از سیستم‌های آشوبناک را در شاخه‌های مختلف علم پیدا کردند. زیست‌شناسان نشان دادند که بسیاری از پدیده‌های بوم‌شناختی، مانند انقراض گونه‌ها و طغیان جمعیت ملخ‌ها، الگویی آشوبناک دارند. مایکل کرایتون[3] کتاب مشهورِ *پارک*

---

[1] butterfly effect

[2] شاهان قاجار در حوضخانه‌ی کاخ مرمر چند ماهی قرمز درشت انداخته بودند و گاه هنگام کارها با مشاهده‌ی حرکت آن‌ها تفأل می‌کرده‌اند. می‌گویند مظفرالدین‌شاه که مردی خرافاتی بوده فرمان مشروطه را با توجه به حرکت یکی از این ماهی‌ها امضا کرد که طالعی سعد را نشان می‌داد!

[3] Michael Crichton (1942-208)

ژوراسیک را با الهام از همین نظریه نوشته و در آن بیان ساده و ملموسی از آشوب را به دست می‌دهد.

در دهه‌ی نود، متخصصان اقتصاد نوسانات بی‌نظمِ بازار و جامعه‌شناسان بروز انقلاب‌ها را به کمک این نظریه توضیح دادند. شیمی‌دانان نشان دادند که آشوب بر بسیاری از واکنش‌های شیمیایی حاکم است و فیزیک‌دانان اثبات کردند که حتی دو توپ که در یک جعبه‌ی در بسته قرار بگیرند و با حرکاتی نامنظم حرکت داده شوند حرکاتی آشوبناک را تولید می‌کنند. به این ترتیب، معلوم شد که آشوب پدیده‌ای ویژه‌ی سیستم‌های پیچیده نیست و در سیستم‌های ساده هم می‌توان نمودهایش را دید. چند سال پیش در یکی از نمایشگاه‌های علمی (فیزیک‌سرا) در تهران پاندولی ساده به نمایش گذاشته شده بود که از سه حلقه‌ی چوبی تو در تو ساخته شده بود و وقتی رهایش می‌کردیم نوساناتی آشوبناک را به نمایش می‌گذاشت. پس امروز می‌دانیم که آشوب، بیش از آن‌که نوعی سیستم باشد، نوعی از رفتار است که می‌تواند در سیستم‌های گوناگون بروز کند.

توجه داشته باشید که مفهوم سیستم آشوبناک با سیستم هرج و مرج‌گونه[1] مترادف نیست. سیستم هرج و مرج گونه نخستین بار در آثار بولتزمان[2] معرفی شد و به نوعی از نظام‌ها اطلاق می‌شد که هیچ نظم و قاعده‌ای بر رفتارشان حاکم نباشد. حرکت براونی ذرات مایع نمونه‌ای از رفتارهای هرج و مرج‌گونه است. آشوب، تا این حد بی‌قاعده نیست. برعکس، مرزی است که نظم در حاشیه‌اش رشد می‌کند و رفتاری است که در شکاف‌ها و گسست‌های موقتِ سیستم‌های منظم هم می‌تواند نفوذ کند.

با آن‌که تعریف ریاضی آشوب بر سیستم استوار است، اما الگوهای رایج در محیط را هم می‌توان آشوبناک دانست. در محیط زمینه‌ای از نظم وجود ندارد که

---

[1] stochastic
[2] Ludwig Boltzmann (1844-1906)

آشوب در برابر آن تعریف شود، به همین دلیل هم شناسایی نقاط آشوبناک آن، به دلیل غیاب مرجعی از نظم، دشوار است. شاید بتوان محیط را آشوب خالص دانست، پدیده‌ای که از دید ریاضی تعریف‌پذیر نیست، اما به طور تجربی قابل‌مشاهده است.

«آشوب» رفتار سیستمی است که به صورت تناوبی، شبه‌تناوبی و متعادل رفتار نکند و در نتیجه معادله‌ناپذیر، حساس به شرایط اولیه و پیش‌بینی‌ناپذیر باشد. آشوب مرزی است که بین هرج و مرج و نظم کشیده شده است.

پاره‌ی نخست: پویایی

آدمی، تا زندگانی هست، تنش نرم و سست است. اما پس از مرگ، سخت و سفت می‌شود. علف‌ها و درختان تا وقتی می‌رویند، نازک و شکننده هستند. پس از مرگ خشک و پوسیده می‌گردند. پس سخت به مرگ و نرم به زندگی نزدیک است. بدین‌سان سپاهیانی که انعطاف‌ناپذیر باشند جنگ را می‌بازند و تخته‌ای که بسیار خشک باشد می‌شکند. محکم‌ترین و سخت‌ترین در زیر می‌ماند، نرم‌ترین و ملایم‌ترین در بالا.

لائو تسه

با توجه به مفهوم آشوب، مشکل بقا ابعادی دیگر به خود می‌گیرد. وضعیت ناپایدار سیستم‌ها، و مقاومتشان در برابر گرانش محیط، از راه تعریفِ مدامِ جذب‌کننده‌هایی تازه و موقتی ممکن می‌شود. جذب‌کننده‌هایی که مانند سنگ‌هایی لق در رودخانه‌ای خروشان تنها برای لحظه‌ای می‌توان بر رویشان مکث کرد. سیستم‌ها عملاً با پیمودن این مسیرِ لغزان موفق می‌شوند در برابر

فشارهای محیطی مقاومت کنند. سیستم‌هایی که جرئتِ ایستادگی در برابر جذب‌کننده‌ی محیط را پیدا می‌کنند، ناگزیرند در برابر تحولات پیش‌بینی‌ناپذیر و تهدیدکننده‌ی آن به طور مستمر شبکه‌هایی ناپایدار از جذب‌کننده‌های خودساخته و درون‌زاد را جایگزین کنند. سیستم‌ها نظمِ گرانبها و دیریابِ درونی خود را در لبه‌های آشوب حفظ می‌کنند.

این کار به تعارض میان ساختار و کارکرد منتهی می‌شود؛ ساختاری که، به دنبال یک تغییر، لحظه‌ای در جذب‌کننده‌ای موضعی[1] قرار گرفته و لحظه‌ای دیگر، با تحول محیط و تغییر مکان دادنِ جذب‌کننده‌ی مرگبارِ تعادل با محیط، مورد تهدید واقع می‌شود و باید بار دیگر جا به جا شود. به این ترتیب، سیستم صحنه‌ی کشمکشی است که در آن کارکردِ چابک و چالاک گریبان ساختارِ تنبل و راحت‌طلب را می‌گیرد و آن را به دنبال خود می‌کشد. ساختار، با عناصر متکثر و ایستایش و ماهیت غیرزمانمندش، نمودی از اصل ماند[2] است. سکون و تنبلی سیستم در ساختار و تحول و پویایی آن در کارکرد ریشه دارد؛ اما این بدان معنا نیست که یکی از آن‌ها دیگری را تعیین کند.

در قرن هجدهم میلادی اشراف‌زاده‌ای آلمانی به نام بارون مون‌هاوزن داستانهایی باورنکردنی از ماجراهای شگفت‌انگیزش تعریف می‌کرد که باعث شده بود در اروپا به دروغگویی شهره شود. یکی از خاطراتش آن است که می‌گوید روزی در میان جنگل اسب می‌تاخته که ناگهان به میانه‌ی باتلاقی عمیق می‌افتد. هرچه فریاد می‌کند کسی به کمکش نمی‌آید و چون در حال فرو رفتن در باتلاق بوده، چاره‌ی دیگری نمی‌بیند؛ پس با دست موهای بافته‌ی بلندش را از پشت می‌گیرد و خود را با زور از باتلاق خارج می‌کند!

البته باید توجه داشت که بارون مون‌هاوزن احتمالا از فیزیک سررشته نداشته و کتاب مهم «اصول ریاضیات» را نخوانده، وگرنه به این راحتی قانون

---

[1] local attractor

[2] principle of inertia

دوم نیوتون را نقض نمی‌کرد. به هر صورت، وضعیت سیستم و کارکرد در سیستم تا حدودی به موقعیت بارون مون‌هاوزن و دستش شباهت دارد. سیستم هم در باتلاقی به نام محیط گرفتار است و در نهایت در آن فرو خواهد رفت، اما در این میان به حیله‌ای پناه می‌برد و با دستی از جنس کارکرد، موی ساختار را می‌گیرد و آن را، دست‌کم برای مدتی، از محیط جدا می‌کند. این کشمکش سیستم با خودش برای جدا شدن از محیط همان پویایی سیستم است. به بیان دیگر، کارکردِ متحرک عاملی است که ساختارِ ثابت را به‌جنبش در می‌آورد و گریز سیستم از مرگ/ تعادل را ممکن می‌کند.

پویایی سیستم همان کشمکش سیستم با خودش برای جدا شدن از محیط است.

پاره‌ی دوم: نوسان

ساختار بستری است که امکانِ حضور کارکرد را فراهم می‌کند. کارکرد روندی است که تداوم ساختار را امکان‌پذیر می‌سازد و سیستم محصول ازدواج این دو است. سیستم ساختاری است که با یاری کارکرد خودش را بازتولید می‌کند و کارکردی است که امکان تداوم یافتن خویش را در ساختار فراهم می‌نماید. این کشمکش ساختار و کارکرد را در نظریه‌ی سیستم‌ها نوسان[1] می‌نامند. نوسان، تحولِ دایمی ساختار و نوسازی همیشگی کارکردِ سیستم زیر فشار تنش محیطی است.

ساختار و کارکرد، به ترتیب، بیشتر بر عنصر و رابطه استوار شده‌اند؛ اما عنصر و رابطه واحدهای سازنده‌شان را تشکیل نمی‌دهند. هر دوی آن‌ها شبکه‌ای از

[1] fluctuation

عناصر و روابط را دارا هستند. پیوندِ عنصر با ساختار و رابطه با کارکرد از نوعی همبستگی عملیاتی حکایت می‌کند، نه عضویتِ سر راست.

با این همه، کارکرد و ساختار از واحدهایی متمایز تشکیل‌یافته‌اند. به عبارت دیگر، ما ناچاریم برای فهمیدن و تحلیل کردنِ ساختار و کارکردِ سیستم‌ها آن را به واحدهایی متمایز تجزیه کنیم، بی آن‌که در دام تحویل‌انگاری گرفتار شویم و آن‌ها را «چیزی جز» این واحدها ندانیم. برای شناسایی واحدهای ساختار و کارکرد، باید گام‌های منفرد نوسان را وارسی کرد.

«نوسان» تحولِ دایمی ساختار و نوسازی همیشگیِ کارکردِ سیستم زیر فشار تنش محیطی است.

گفتار پنجم: رخداد

کثرتی بسیار در اثبات وحدت گشت صرف
عالمی را جمع کردم کاین قدر یکتا شدم

ساختار مجموعه‌ای از عناصر و روابط میانشان را در بر می‌گیرد. اما این ساختار، با آن‌که به شکلی منجمدشده در برش‌هایی منفرد از زمان تعریف می‌شود، وضعیتی پویا دارد. سیستم‌های پیچیده حد و مرزی گشوده بر جهان خارج دارند و مرتب در حال داد و ستد عناصرشان با محیط هستند. آنچه در جریان این پویایی با محیط تبادل می‌شود، عناصری منفرد است که توسط شبکه‌ای از روابط با عناصر دیگر پیوند خورده‌اند. این عناصر واحد سازنده‌ی ساختار هستند و رخداد[1] نامیده می‌شوند.

رخداد از تمام خواص ساختار بهره‌مند است، فقط در برشی از زمان تعریف می‌شود و بنابراین پویایی و تحول در آن قابل‌تعریف نیست. نقش مرکزی عنصر در تعریف رخداد، و استقلالش از محور زمان، باعث می‌شود که رخداد امری

[1] event

تکرارپذیر باشد. ممکن است رخدادهایی مشابه در زمان‌هایی متفاوت مشاهده شوند، و در هر مورد، عنصری مشابه با روابطی مشابه به ساختار سیستم افزوده یا از آن کنده شود. ساختار تنها با داد و ستد رخدادها با محیط است که پویایی و دگرگونی را تجربه می‌کند. رخداد به شکلی مستقل از سیستم قابل‌تعریف است. در واقع محیط هم انباشته از رخدادهای گوناگون است؛ بنابراین قرار گرفتن در زمینه‌ی سیستم شرط لازمِ حضور رخداد نیست. رخداد می‌تواند مستقل از سیستم‌ها و ساختارها وجود داشته باشد. اما سیستم و ساختار بدون تغذیه از رخدادها دوام ندارند.

یک رخداد، هنگامی که در ساختار سیستم جذب شد، با قاعده‌ای مشخص توسط رخدادی دیگر جایگزین می‌شود. ساختار در واقع دستگاهی است که با چرخش رخدادها کار می‌کند. حضور هر رخداد در ساختار سیستم به معنای آن است که سیستم در نقطه‌ی خاصی از فضای حالتش جایگیری می‌کند. بنابراین تبادل منظم رخدادها توسط ساختار را می‌توان همتای حرکت خطراهه‌ی ساختار سیستم در فضای حالتش دانست.

ساختار سیستمِ ساده روابط سرراست و مستقیمی میان رخدادها برقرار می‌کند و به همین دلیل هم خطراهه‌اش شکلی ساده دارد. در این سیستم‌ها متغیرهایی که جایگزینی یک رخداد را با رخداد دیگر تنظیم می‌کنند معدود و ساده هستند. به همین دلیل هم می‌توان با دانستن‌شان رفتار سیستم را پیش‌بینی کرد. در مورد سیستم‌های پیچیده ماجرا فرق می‌کند. ساختار سیستم پیچیده چنان بغرنج است که ارتباطاتی ساده و مستقیم میان رخدادها را مجاز نمی‌دارد. در اینجا هم تقارن و دوشاخه‌زایی وجود دارد. هر رخداد می‌تواند با مجموعه‌ای از رخدادهای دیگر جایگزین شود و بنابراین فقط به طور احتمالاتی می‌توان درباره‌ی رفتار آینده‌ی سیستم حدس زد.

نمونه‌اش بدن ماست که ساختاری مشخص دارد و از میلیاردها واحد بیوشیمیایی یعنی یاخته‌ها تشکیل یافته است. این ساختارِ بسیار پیچیده مرتب عناصر ساختاری خود را با محیط تبادل می‌کند. ما قاعدتاً در هر دقیقه دوازده بار

تنفس می‌کنیم و با هر دم زدن مقداری اکسیژن به خونمان وارد می‌شود. بگذارید توجه خود را بر این حادثه متمرکز کنیم.

تنفس ما، مجموعه‌ای از رخدادها را در بر می‌گیرد که یکی از آن‌ها ورود فلان اتم اکسیژن به خونمان است. اتم اکسیژنی که به خون ما وارد می‌شود عنصری است که با مجموعه‌ای از روابط احاطه شده است. در مقام عنصر، مولکولی دو اتمی (و بنابراین از جنس ماده) است که جرم و ویژگی‌های فیزیکی مشخصی دارد. روابطی که آن را احاطه کرده‌اند خواصی هستند که به ارتباط آن با سایر عناصر ساختاری بدن ما مربوط می‌شوند. مثلاً اتم اکسیژن خاصیت اکسیدکننده دارد و اکسیژنی که ما جذب می‌کنیم می‌تواند با هموگلوبین خونمان به طور سست پیوند برقرار کند و پس از رسیدن به بافت‌های هدف در سوخت و ساز سلولی نقش ایفا کند. این مجموعه از روابط که بر آن مولکولِ خاص سوار شده است، باعث می‌شود ورود اکسیژن به خونِ ما به مرتبه‌ی یک رخداد ارتقا یابد. رخدادی که ساختار بدن ما را دگرگون می‌کند.

ما با هر دم زدن چهار برابر اکسیژن، نیتروژن به شش‌هایمان وارد می‌کنیم. نیتروژن هم یکی از عناصر جهان خارج است؛ مولکولی است که از خیلی جهات –مثل دارا بودنِ ساختار اتمی و زیر اتمی– به اکسیژن شباهت دارد. نیتروژن هم می‌تواند به طور تصادفی از مویرگ‌های شُش ما بگذرد و به خونمان وارد شود. اما ورود نیتروژن به خون را نمی‌توان رخداد دانست. چون مولکول‌های نیتروژن برخلاف اکسیژن نقش زیستی ندارند. در این مورد شبکه‌ای از روابط که باید بر این عنصر حضور داشته باشند تا اتصالشان به ساختار را ممکن کنند، غایب‌اند. به همین دلیل هم رخدادی که در جریان تنفس اتفاق می‌افتد، جذب اکسیژن است نه نیتروژن.

اکسیژن چون ساختاری مشخص و پایدار دارد، نوعی «چیز» محسوب می‌شوند. همچنان که روند پیوند و گسستاش با آهن‌های هموگلوبین را باید «رخداد» دانست. ورود اکسیژن به شش، مانند تمام حوادثِ دیگری که به جهان خارج منسوبشان می‌کنیم، نوعی رخداد هستند. همه‌ی ما، مانند تمام سیستم‌های

پیچیده‌ی دیگر، در میان شبکه‌ای متراکم از حوادث و هستنده‌ها شناوریم که تنها بخشی اندک از آن‌ها را درک می‌کنیم. این بخش کوچک، به پدیدارهایی مربوط می‌شود که به نوعی بر ساختار ما تأثیر می‌گذارند و پویایی آن را دگرگون می‌سازند. تنها بخشی از روندهای محیطی هستند که با جریانهای درونی سیستم چفت و بست می‌شوند و با قلابِ ساختار به تله‌ی کارکرد می‌افتند. تنها اینها هستند که در چرخه‌های کارکردی سیستم نقشی بر عهده می‌گیرند، و فقط این‌ها رخداد هستند. به همین ترتیب تنها برخی از هستنده‌ها هستند که با چسب کارکرد به ساختار سیستم چفت و بست می‌شوند، و همچون بخشی از پیکره‌ی آن نقشی ایفا می‌کنند. تنها اینها چیز هستند.

سیستم به این تعبیر هرچند در میانه‌ی اقیانوسی از روندهای تصادفی محیطی شناور است، اما با واسطه‌ای با آن تماس می‌یابد. این واسطه مثل کشتی‌ایست که بخشهای مهم و ارزشمند از محیط را جدا می‌کند و تنها چیزها و رخدادهای مربوط به سیستم را به درون ساختار و کارکرد آن راه می‌دهد. چیزها و رخدادها، در اصل بیان دیگری از همان واحدهای سازنده‌ی ساختار و کارکرد هستند، و مجموعه‌شان را پدیدار می‌نامیم. همه‌ی سیستم‌های در حبابی از پدیدارها شناورند، که مشتقی از آن اقیانوس محیط محسوب می‌شوند، و در ضمن حایلی با آن.

«رخداد» عنصری است با مجموعه‌ای از روابط متصل به آن، که به عنوان واحد ساختاری سیستم عمل کند.

گفتار ششم: کنش

بس بگردید و بگردد روزگار — دل به دنیا می‌نبندد هوشیار
ای که دستت می‌رسد کاری بکن — پیش از آن کز تو نیاید هیچ کار
این که در شهنامه‌ها بنوشته‌اند — رستم و رویینه‌تن اسفندیار
تا بدانند این خداوندان ملک — کز بسی خلق است دنیا یادگار

سعدی

چیزها و رخدادها خشتهایی پایه هستند که ساختار و کارکرد را ممکن می‌کنند. در این بین کارکرد پدیداری زمان‌مند و ارتباط‌محور است و بنابراین در میانه‌ی عناصر تکاپو می‌کند. واحد سازنده‌ی کارکرد ارتباطی است که عناصری را با هم جمع می‌کند.

کارکرد امری هدفمند و جهت‌دار است که رفع تنش و رساندن وضعیت موجود به مطلوب را آماج می‌کند. به همین دلیل هم واحد سازنده‌ی کارکرد را کنش[1] می‌نامیم. کنش رابطه‌ای است که با مجموعه‌ای از عناصر مرتبط باشد و

[1] action

به عنوان واحد کارکردی سیستم عمل کند.

کنش، برخلاف رخداد، زمان‌مند است و به سیر زمانی خاصی وابسته است. به همین دلیل هم در پیوند با عناصر ویژه‌اش حالتی منحصر به فرد و تکرارناشدنی پیدا می‌کند. رخداد می‌تواند بی‌شمار بار تکرار شود؛ اما هر کنش تنها یک بار در سیستم ایجاد می‌شود. اگر بار دیگر رابطه‌ای مشابه با عناصری مشابه در سیستم تولید شود، تنها به صرفِ دگرگون شدن وضعیت سیستم در محور زمان، آن کنشِ قبلی تکرار نخواهد شد. به این ترتیب کنش‌ها می‌توانند به هم شباهت داشته باشند، اما هر کنشی به خودی خود تکرارناپذیر است.

برخلاف رخداد، کنش در محیط وجود ندارد. کنش وابسته به ساختار است و از دل روابط درونی ساختار بیرون می‌جوشد. رابطه چیزی نیست که مستقل از زمینه‌اش تعریف‌پذیر باشد، به همین دلیل هم کنش حادثه‌ای است که تنها در سیستم و در ارتباط با سایر کنش‌ها معنی پیدا می‌کند. پیوند محکم کنش با ساختار همان چیزی است که ارتباط درونی و همبستگی کارکرد و ساختار را ممکن می‌سازد. سیستم‌ها از راه رخداد از محیط تأثیر می‌پذیرند و با کنش بر آن اثر می‌کنند. رخداد فشاری است که محیط به ساختارِ سیستم وارد می‌کند، و کنش پاسخی است که کارکرد سیستم به محیط می‌دهد.

دانشمندان تا اواخر سده‌ی نوزدهم قادر به تفکیک مفهوم کنش از رخداد نبودند. به همین دلیل هم دو نوع اشتباه رایج بود:

نخست آن‌که کنش‌های سیستم را به مثابه رخدادهایی صادرشده از محیط تلقی کنند. این نگرش کسانی بود که به نوعی از ماشین‌انگاری دکارتی معتقد بودند و فکر می‌کردند سیستم‌های پیچیده چیزی جز ماشین‌هایی بغرنج نیستند که نسبت به محرک‌های بیرونی پاسخ‌هایی تعیین‌شده و سرراست نشان می‌دهند.

دومین خطا آن بود که رخدادها را کنش فرض می‌کردند و بنابراین برای محیط کارکرد قائل می‌شدند. این اشتباه از آنجا سرچشمه می‌گرفت که محیط، به دلیل رفتار تنش‌آمیز خود، سیستمی عظیم با رفتاری معمولاً خصمانه پنداشته

می‌شد. این در حالی است که کارکرد ویژه‌ی سیستم است. محیط با خودش در حالت تعادل قرار دارد و بنابراین مفاهیمی مانند تنش برایش تعریف‌پذیر نیست. محیط سیستمی نیست که برای چیرگی بر تنش کارکردهایی را ایفا کند، تنها ساختاری چندپاره و آشوبناک است که با رخدادهایش بر سیستم‌ها تنش وارد می‌آورد.

اشتباه دومی که ذکرش گذشت، به نسخه‌های گوناگونی از جان‌انگاری[1] منتهی می‌شد. چنان که مثلا تیاردوشاردن[2] اعتقاد داشت نیرویی پیشازیستی[3] کل جهان را به سوی انباشت اطلاعات و آگاهی بیشتر پیش می‌برد. مارکسِ هم با غایت‌انگاری تاریخی‌اش اشتباه مشابهی را در سطحی کلان تکرار می‌کرد و محیط طبیعی سیستم‌های تاریخی و اقتصادی را همچون سیستمی هدفمند و دارای کارکرد در نظر می‌گرفت. هر دو محیط (جهان پیشازنده، تاریخ، و...) را چیزی هوشمند فرض می‌کردند که کارکردی غایت‌گرایانه (مانند آگاهی، عدالتِ طبقاتی، و...) را برآورده می‌سازد.

در سیستم‌های پیچیده‌ی خودمختاری که مرکزی درونی برای تنظیم کنش دارند و به شکلی برنامه‌ریزی‌شده به تنش‌ها پاسخ می‌دهند می‌توان بین کنش و عمل هم تمایزی قایل شد. کنش رفتاری هدفمند و برنامه‌دار است که در پیوند با سایر رفتارهای سیستم و در رویارویِ مستقیم با تنش صادر می‌شود. در حالی که عمل واکنشی است که از تأثیر تنش بر سیستم بر می‌خیزد. به عبارت دیگر، عمل رفتارِ خودِ سیستم نیست، بلکه به نوعی ادامه‌ی عاملِ تنش‌زای بیرونی است که در برخورد با ساختارِ سیستم انعکاس یافته است. پس عمل رفتاری پراکنده، پا در هوا، بی‌هدف و منفعلانه است که بیشتر به واکنش ساختار نسبت به تنش مربوط می‌شود. در مقابل، کنش عبارت است از رفتاری سنجیده که در پیوند با سایر رفتارهای سیستم قرار دارد و بنابراین بیشتر امری کارکردی است.

---

[1] animism

[2] Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955)

[3] pre-biotique

در نتیجه، کنش بخشی از یک سیستمِ رفتاریِ یکپارچه و سازماندهی شده است، در حالی که عمل چنین نیست.

گفتار هفتم: زمان/ مکان

در این نُه آشیان غیر از پر عنقا نشد پیدا
همه پیدا شد، اما آن‌که شد پیدا نشد پیدا
به ذوقِ جستجو می‌باید از خود تا ابد رفتن
هزار امروز و فردا دی شد و فردا نشد پیدا

سیستم شهری جنگ‌زده است که همواره توسط تنش‌های محیطی بمباران می‌شود. برگرفتنِ رخدادها و تبدیل کردنشان به کنش‌هایی که بقای سیستم را تضمین کند فنی است دشوار که مهارت و تجربه‌ی بسیاری را می‌طلبد. سیستم برای ماهر شدن در این عرصه باید بتواند شرط‌هایی را برآورده کند.

نخستین نیازِ سیستم تنظیم ارتباط‌ها و سازماندهی فضایی عناصرِ درونی‌اش است. این همان چیزی است که به ساختار شکل می‌دهد و جغرافیای خاص سیستم را برمی‌سازد. اما چنان‌که دیدیم، این کار به تنهایی برای مقابله با فشارهای محیطی کافی نیست. رخدادها باید در قالبی منظم سازماندهی شوند و به کنش‌هایی تکرارناپذیر و منحصر به فرد تبدیل شوند. این کار نیاز جدیدی را تولید می‌کند و آن سازماندهی زمانی سیستم است.

زمان، در خام‌ترین تعریفش، شیوه‌ی اتصال کنش‌ها به یکدیگر است. پویایی زیربنای مفهوم زمان است و سیستمی که در کشمکش ساختار و کارکردش نوسان می‌کند و دگرگون می‌شود نیاز به مرجع و مبنایی دارد تا از تشدید بی‌موردِ این نوسان‌ها و هضم شدنشان در دل محیط جلوگیری کند. این کار با سازماندهی شیوه‌ی مفصل‌بندی کنش‌ها با هم ممکن می‌شود. سیستم با سازماندهی ساختارش مکانی فرضی را برای خود ایجاد می‌کند که هنرِ رتق و فتق رخدادها در آن تمرین می‌شود. به همین ترتیب، سازماندهی کارکرد به پیدایش یک چارچوب زمانی می‌انجامد که فنِ مدیریت کنش‌ها را ممکن می‌سازد.

سیستم، برای گذار از رخداد به کنش و برای تداوم بخشیدن به کنش‌های کارآمد و طرد کنش‌های بی‌فایده یا زیانمند، نیازمندِ محوری است که دگرگونی‌ها بر مبنای آن مرتب و تنظیم شوند. این محور زمان است. پس زمان، به آن شکلی که در سیستم درک می‌شود، اختراع خودِ سیستم است. محیط هیچ قالب زمانی مشخصی ندارد. همچنین قالب مکانی خاصی را هم نمی‌توان به آن نسبت داد. زمان، مانند مکان، مخلوق سیستم است. سیستم است که بر مبنای ضرب‌آهنگ‌های درونی خود و مرجع‌های بیرونی استنتاج‌شده از رخدادهای تکراری محور زمان را تعریف می‌کند. زمان معیاری انتزاعی است که فهمِ چگونگی حرکت از کنشی به کنش دیگر در ارتباط با آن ممکن می‌شود.

محیط سفیرِ فروتنِ مه‌روند است و از بسیاری از ویژگی‌های آن برخوردار است و خصلت «نامفهوم بودن» بر تارک این ویژگی‌ها می‌درخشد. محیط زمان‌مند و مکان‌مند نیست، چون اینها مفاهیمی هستند که در درون سیستم ساخته می‌شوند و بعد برای شناسایی محیط به سوی آن انعکاس می‌یابند.

به این ترتیب، سیستم در درون خود به بخش‌هایی تخصص‌یافته مجهز می‌شود که کارشان ایجاد مرجعی برای سنجش مکان و زمان است. در سیر تکامل جانداران نمودهای این ماجرا را به خوبی می‌بینیم. دستگاه بینایی جانوران چارچوبی است که مکان را سازماندهی می‌کند. هرچند ردپای نهادینه شدنِ

مفهوم مکان را در حس‌های دیگر، به ویژه پساوایی و شنوایی، نیز می‌توان بازجست. این نظامِ تخصص یافته است که در موجودی مانند انسان تصویری سه‌بُعدی از جهان را به دست دهد. بازنمایی بسیار بسیار ساده‌شده‌ای از محیط که چیزها و پدیده‌ها به روشنی و وضوح در آن چیده شده‌اند. بخش مهمی از دستگاه عصبی و نظام پردازنده‌ی مغز همه‌ی جانوران وظیفه‌ی تراوش مکان را در اطراف ورودی‌های حسی بر عهده دارند.

درک زمان نیز به همین ترتیب ساختارهایی تخصصی را به وجود آورده است. همه‌ی پستانداران در پشت چشم‌هایشان، آنجا که اعصاب بینایی درست در زیر مغز به هم متصل می‌شوند و صلیب بینایی[1] را ایجاد می‌کنند، هسته‌ی هیپوتالاموسی کوچکی دارند که فقط دو هزار نورون دارد. این توده‌ی عصبی کوچک، به زبان علمی، هسته‌ی بالای صلیبی (SCN)[2] نامیده می‌شود. این هسته، با نوسانات شیمیایی منظم خود و شلیک‌های عصبی فاصله‌داری که در نتیجه‌ی آن انجام می‌دهد، مثل یک ساعت مولکولی عمل می‌کند. ما به کمک این هسته گذر زمان را درک می‌کنیم. به این ترتیب، همه‌ی جانورانی که دستگاه عصبی تخصص‌یافته دارند به بخش‌هایی ویژه برای تولید کردنِ زمان و مکان مسلح هستند.

مقایسه‌ی اندازه و حجمِ دستگاه تولیدکننده‌ی زمان و مکان در مغز نکات جالبی را روشن می‌کند. بخش‌های مربوط به بینایی (ناحیه‌ی پس‌سری مغز)[3] که به طور مشخص برای درک و تحلیل مکان تخصص یافته‌اند و بخش‌هایی مثل ناحیه‌ی آهیانه‌ای[4]، که ترکیب داده‌های مکانی متفاوتِ شنوایی، لامسه و بینایی را بر عهده دارند، بخش عمده‌ی قشر مخ پستانداران را می‌پوشانند. یعنی بخش مهمی از کارکردهای شناختی پیچیده‌ای که ما برخی از آن‌ها را به صورت

---

[1] optic chiasma
[2] supra-chiasmic nucleus
[3] lobus occipitalis
[4] lobus parietalis

خودآگاهی تجربه می‌کنیم، به درک و تولید مکان اختصاص یافته‌اند.

اما مراکز مربوط به زمان بسیار ساده‌تر هستند. آن‌ها، چنان‌که گفتیم، به هسته‌هایی با شمار کمی از نورون‌ها در بخش‌های زیرینِ مغز منحصر می‌شوند. بخش‌های مربوط به زمان پردازش اطلاعاتی پیچیده‌ای را طلب نمی‌کنند و از نظر تکاملی بسیار زودتر از ساختارهای قشر مخ پدید آمده‌اند.

نتیجه آشکار است. زمان پدیده‌ای است که ساده‌تر صورتبندی می‌شود؛ چرا که ساختارهای پردازشی ساده‌تر و کم حجم‌تری را به خود اختصاص داده است. زمان پیوند تنگاتنگ‌تری با کارکردها دارد و به همین دلیل هم راحت‌تر در لابه‌لای کارکردها سنجیده می‌شود. در عین حال، پردازش زمان مهم‌تر هم بوده است. چرخه‌های شیمیایی نشانگر رخدادهای تکراری حتی در تک‌یاخته‌ای‌ها هم وجود دارد. تکامل سریع این ساختارها هم نشانگر اهمیت حیاتی درک زمان در حفظ بقا بوده است.

از همه مهم‌تر، این مرور عصب‌شناسانه‌ی ساده به ما نشان می‌دهد که درک زمان از نوعی حدِ کفایت برخوردار است. برای سیستم کافی است تا زمان را تا حدودِ قابل‌قبولی درک کند و پس از آن دیگر نیاز به پیچیده‌تر کردنِ مفهوم زمان ندارد. ساختار ساعت درونی، با شرحی که دادیم، تقریباً در تمام مهره‌داران مشترک است؛ یعنی مغز ماهی و انسان، با وجود تفاوت چشمگیرِ پیچیدگی‌شان، به ابزارهایی کمابیش یکسان برای درک زمان مجهز هستند. در عمل، ساعت درونی در مغز گونه‌های نوپایی مانند انسان نوعی سنگواره‌ی عصبی است. این بدان معناست که تولید زمان خیلی زود به حالت بهینه‌اش نزدیک شده و در همان وضعیت باقی مانده است. برخلاف دستگاه بینایی که در مسیر تکامل مرتباً تحول می‌یابد و به درک عمق و میدان دید و دقت و رنگ بیشتری می‌انجامد، دستگاه ساخت زمان با قناعتِ بسیار دگرگون شده است. شاید از این روست که ما مکان را در سه بُعدِ فضاییِ درازا، بلندا و پهنا فهم می‌کنیم، اما یک محورِ یگانه‌ی گذشته–حال–آینده برای درک زمان بسنده است. جذب‌کننده‌ی محور زمان بر فضای حالت پردازش‌های سیستم عصبی عمقی بیشتر و تکثری کمتر از

جذب‌کننده‌های مربوط به مکان دارد. چه بسا که اگر چنین نبود، زمان نیز بسته به ضرب‌آهنگ‌های متفاوت یا متغیرهایی که در شرایط کنونیِ برایمان نامفهوم است در چند محورِ متمایز و جداگانه صورتبندی می‌شد.

بنابراین سخن کانت که زمان و مکان را جزء مقوله‌های بنیادینِ شناخت می‌دانست تا حدودی درست است. این دو مبانی اولیه‌ی بقای سیستم‌های پیچیده هستند. اما بر خلاف آنچه نیوتون می‌اندیشید، زمان و مکان به شکلی عینی و بیرونی وجود ندارند. در محیط محورهای زمانی و مکانی ثابت و مشخصی وجود ندارد که چیزها را با نظمی که ما درک می‌کنیم، در خود جای داده باشد. زمان/ مکان (در انسان) یک چارچوب چهاربعدی مصنوعی است که سه بعدِ آن به ساختار و دیگری به کارکرد اختصاص یافته است. ما به درستی نمی‌دانیم در سایر سیستم‌ها این چارچوب چه شکلی پیدا می‌کند. چرا که مشاهدات ما از آن سیستم‌ها هم در قالب همین چهار بعد صورتبندی می‌شود.

همه‌ی سیستم‌های پیچیده، زیرواحدهایی تخصص‌یافته برای تولید این محورها را دارند. نظام روان‌شناختی، بر مبنای همین اطلاعات حسی و پردازش‌های عصبی، درکی منسجم از فضا/ زمان را ایجاد می‌کند که زندگی روانی فرد را سر و سامان می‌دهد و محورهایی درهم‌تنیده و به‌هم‌چسبیده از مکان و زمان را در بر می‌گیرد. جامعه با ارجاع به رخدادهایی تکراری، به ویژه حرکت‌های کیهانی مانند حرکات زمین و ماه و خورشید نسبت به هم، چارچوبی را برای تعیین زمان ابداع می‌کند و بعد با کمک کنش‌هایی تکرارناپذیر آن را به مقاطع تاریخی مشخص و نقاط ارجاع آشنایی می‌شکند. به این ترتیب، سال ۲۰۱۰ میلادی و ۱۳۸۹ هجری خورشیدی معنا می‌یابد و مردم از «سالِ شروع جنگ جهانی» و «همان ماهی که من به دنیا آمدم» سخن می‌گویند.

محورهای تعیین زمان و مکان، همچون همه‌ی ویژگی‌های دیگرِ سیستم، خصلتی تغییرپذیر و پویا دارند. هنگامی که رخدادهای متراکم و پرشماری به سیستم فشار می‌آورند، زمان و مکان کش می‌آیند و با دقت بیشتری فهمیده می‌شوند. به همین دلیل هم زمانی که آسیبی جدی به بدنمان وارد می‌شود یا با

تهدیدی بزرگ روبرو می‌شویم (مثلاً یک کرگدن در کوچه دنبالمان می‌کند!)، زمان به نظرمان کندتر می‌گذرد. این کش آمدن زمان در شرایط تنش‌زا گاه اثری چنان مختل‌کننده بر کارکردهای سیستم دارد که ساز و کاری برای قطع درک آن در این شرایط پدید آمده است. به این دلیل است که وقتی درد و ناراحتی ناشی از آسیب بدنی از آستانه‌ای گذشت و زمان بیش از حد کش آمد، یا وقتی که هراسمان از کرگدن خطرِ مختل شدنِ سایر کارکردها را پیش آورد، دیگر زمان و مکان را حس نمی‌کنیم. سیستم بخشی از پردازش‌های اطلاعاتِ (معمولاً خودآگاهانه) مربوط به این سیستم‌ها را خاموش می‌کند و ما غش می‌کنیم!

در سطح روان‌شناختی هم چنین است. لحظه‌های شادی‌بخش و غم‌انگیز با قالب‌های زمانی متفاوتی تجربه می‌شوند و زمان در هنگام تغییر حالت هوشیاری –مثلاً در زمان خوابیدن– با نظمی کاملاً متفاوت سپری می‌شود. در جوامع هم چنین روندی دیده می‌شود. نظام‌های تخصص‌یافته برای درک زمان و مکان هنگام انقلاب‌های اجتماعی عمده دگرگون می‌شوند. عصر صنعتی با رواج ساعت و تقویمِ جهانی همراه می‌شود و اختراع هواپیما مفهوم مکان را دگرگون می‌کند. جامعه‌شناسانی مانند گیدنز[1] حتی پدیده‌ای به اهمیت مدرنیته را شکلی از بازتعریفِ زمان/ مکان در جوامع انسانی می‌دانند.

[1] Anthony Giddens (1938-)

«زمان» و «مکان» محورهایی هستند که توسط سیستم ساخته می‌شوند تا سازماندهی کنش‌ها و رخدادها و بنابراین مدیریت کارکرد و ساختار ممکن شود.
سیستم برای تولید این محورها زیرواحدهایی تخصص‌یافته دارد.
زمان زودتر و ساده‌تر از مکان صورتبندی می‌شود و الگوی آن کمتر و کندتر از مکان تغییر می‌کند.
زمان و مکان محورهایی مصنوعی، کاربردی و پویا هستند که سازماندهی درونی سیستم و اتصالش با محیط را ممکن می‌سازند.

گفتار هشتم: فرآیند

یک نفس ساز و صد جنون آهنگ کس چه داند که در چه سلسله‌ایم
پهلوی عجز ما مگردانید چون زمین خوابگاه زلزله‌ایم

هنگامی که تنفس می‌کنیم، مجموعه‌ای از عناصر عصبی–عضلانی در بدنمان به کار می‌افتند. انقباض برخی از عضلات و انبساط برخی دیگر باعث گشوده شدنِ قفسه‌ی سینه و مکیده شدنِ هوا به درون شش‌ها می‌شود. این حادثه یک کنش است. روابطی که در میان مجموعه‌ای از عناصر (عضلات، استخوان‌ها، اعصاب) جریان یافته‌اند به دگرگونی‌ای در سیستم می‌انجامند که با کارکرد کلی آن، یعنی بقا، پیوند دارد.

برخلاف آنچه نظریه‌پردازان دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی گمان می‌کردند، لزومی ندارد پیوند کنش با کارکرد کلی سیستم این قدر همسو باشد. ما ممکن است همین عمل تنفس را برای کژکارکردی مثل مکیدن دود سیگار به درون شُشِمان انجام دهیم و به این وسیله بختِ بقای خود را کاهش دهیم. دست‌های صادق هدایت هنگامی که خودکشی می‌کرد و پاهای سربازان ارتش عراق زمانی که به ایران حمله می‌کردند در حال انجام دادن کنش‌هایی بودند که با هدفِ بدیهی

بقای سیستم‌شان تعارض داشت. با این همه، این امر مانع از این نیست که این روندها را هم کنش بنامیم. یعنی لزومی ندارد که کنش عقلانی و خردمندانه و پیروزمندانه باشد، همین که از روندهای کارکردی درونزاد سیستم برخیز، بسنده است.

ترکیب کنش‌ها و رخدادها به دگرگونی‌های کلی سیستم می‌انجامد. این دگرگونی‌ها در سطوح گوناگون و به شکل لایه لایه و مرحله به مرحله از انباشته شدنِ شبکه‌هایی از رخدادها و کنش‌ها و مفصل‌بندی شدنشان با هم پدید می‌آیند. هریک از این مجموعه‌های ساختاری/ کارکردی تفکیک‌شده و تخصص‌یافته را یک فرآیند می‌نامیم.

حالا می‌توانیم بار دیگر به مفهوم خطراهه‌ی پویایی سیستم نگاه کنیم و آن را دقیق‌تر بفهمیم. خطراهه‌ی رفتار سیستم بر فضای حالتش از ترکیب دو خطراهه‌ی دیگر پدید می‌آید که از فضاهای حالت ساختار و کارکرد سیستم پدید آمده‌اند. به عبارت دیگر ساختار، در ترکیب با کارکرد، پویایی سیستم را تعیین می‌کند.

«فرآیند» زنجیره‌ای از کارکردهای متصل به هم است که در جایگاه ساختاری تفکیک‌یافته ظهور می‌کند و مجموعه‌ای از ورودی‌ها را به خروجی‌هایی مشخص متصل می‌نماید.

پاره‌ی نخست: گریز

راحت در این بساطِ جنون‌خیز مشکل است
مخمل اگر شوی، نتوان تن به خواب داد
سستی چه ممکن است رود از بنای عمر؟
نتوان به هیچ پیچ و خم این رشته تاب داد

هدف نهایی سیستم از سازماندهی فرآیندها آن است که بر تنش غلبه کند. رفع تنش از دو راه ممکن است.

چنان‌که گفتیم، محرک اصلی رفتارِ سیستم تنشی است که به جدایی وضعیت موجود از مطلوب منتهی می‌شود. سیستم برای رهایی از فشار تنش باید به شکلی وضعیت موجود و مطلوب را بر هم منطبق کند.

ساده‌ترین راه برای این کار آن است که وضعیت موجود را مشتقی از وضعیت مطلوب در نظر بگیرد. یعنی کنش‌ها را تداومِ رخدادها فرض کند. در چنین شرایطی، کارکرد از کشمکش با ساختار دست بر می‌دارد و به شکلی محافظه‌کارانه حراست از آن را ترجیح می‌دهد. چنین سیستمی می‌کوشد در نزدیکی جذب‌کننده‌ای که در اختیار دارد باقی بماند و خطراهه‌اش را از پرسه زدن در اطراف باز دارد. چنین سیستمی تصویرِ وضعیت مطلوب را فدای وضعیت موجود می‌کند و حفظ دومی را بر جست‌وجوی جسورانه‌ی اولی ترجیح می‌دهد. این شیوه‌ی رفع تنش را گریز می‌نامیم.

آشناترین مثال‌ها در مورد گریز به سیستم‌های روان‌شناختی مربوط می‌شوند. وقتی مردم سرِ خود را با مسائلی کوچک و حاشیه‌ای گرم می‌کنند تا مشکلات

بزرگ زندگی نادیده گرفته شود، وقتی برای پرهیز از رویارویی با فراز و نشیب‌های زندگی به مواد مخدر پناه می‌برند، و وقتی ندیدن را بر دیدن و نفهمیدن را بر فهمیدن ترجیح می‌دهند، شکلی از گریز را در سطح روانی به نمایش گذاشته‌اند.

«گریز» عبارت است از رفع تنش از راهِ نادیده گرفتن وضعیت مطلوب و حفظ وضعیت موجود. در این حالت ساختار بر کارکرد و رخداد بر کنش چیره می‌شوند.

پاره‌ی دوم: سازگاری[1]

مطلبی گر بود از هستی همین آزار بود
ورنه در کنج عدم آسودگی بسیار بود
زندگی جز نقد وحشت در گره چیزی
کاروانی رنگ و بو را رفتنی در بار بود
غنچه‌ای پیدا نشد، بوی گلی صورت نبست
هرچه دیدم زین چمن یا ناله یا منقار بود
قصر گردون را ز پستی رفعت یک‌پایه
گردنِ منصور را حرف بلندش دار بود
مصدر تعظیم شد هرکس ز بدخویی
نردبانِ اوجِ عزت وضع ناهموار بود

دومین راه برای چیرگی بر تنش آن است که وضعیت مطلوب به رسمیت پذیرفته شود و فاصله‌اش از وضعیت موجود درک شود. در این شرایط، سیستم

[1] adaptation

پویایی خود را حفظ خواهد کرد و جذب‌کننده‌ای را که در اختیار دارد رها می‌کند تا جذب‌کننده‌ی مناسب بعدی را تصاحب کند. در چنین سیستمی کارکرد در وظیفه‌ی به حرکت در آوردن ساختار کامیاب می‌شود. پس وضعیت موجود طرد می‌شود تا سیستم به سوی وضعیت مطلوب حرکت کند. یعنی خطراهه به پیمودنِ آزادانه‌ی فضای حالت ادامه می‌دهد. این حالت را سازگاری می‌نامیم.

برای این‌که بحث کمی عینی‌تر شود، فرض کنید کسی با یک مسئله‌ی عاطفی روبروست، مثلاً با همسرش دعوا کرده است! و به این دلیل تنشی را در سیستم روانی‌اش تجربه می‌کند. چنین سیستمی مجموعه‌ای از رخدادها –فحش و فحش‌کاری با همسر، کتک‌کاری، قهر و...– را تجربه کرده و حالا می‌خواهد با کنشی از بارِ این تنش بکاهد. او دو راه را در پیش خواهد داشت:

اگر این آدم بتواند خودش را متقاعد کند که آنچه داده هیچ ایرادی نداشته و خیلی هم به نفعش شده و هیچ مشکلی هم پیش نیامده و دنیا در بهترین وضعیت خودش قرار دارد، دست به گریز زده است. چنین کسی هیچ رفتار هدفمندی در رابطه با رخدادهای تنش‌زای بیرونی انجام نخواهد داد و احتمالاً خواهد کوشید به زندگی عادی‌اش ادامه دهد، در حالی که تنش یادشده همچنان در این زندگی لانه کرده و بر آن سنگینی می‌کند.

از سوی دیگر، اگر این آدم دلیل ناراحتی‌اش را به درستی بشناسد و آن را وارسی کند و بهترین حالت ممکن را تصور کند و برای دستیابی به آن تلاش کند، در راستای سازگاری کوشیده است. در این حالت زندگی فرد پیش و پس از بروز تنش متفاوت خواهد بود. بعد از رویارویی با تنش، صرف‌نظر از این‌که نتیجه و دستاورد چه باشد، تنش به شکلی در کنش‌های فرد منحل خواهد شد و بنابراین دیگر به صورت تنشِ اولیه وجود نخواهد داشت.

یک مثال دیگر: اروپاییان هنگامی که در سده‌ی سیزدهم با طاعون همه‌گیری روبرو شدند، آن را ناشی از خشم الاهی پنداشتند و وضعیت موجودشان را پذیرفتند و کوشیدند نظم سابق زندگی خود را حفظ کنند. در نتیجه، حدود یک سوم جمعیت اروپا در اثر طاعون از بین رفت و کل ساخت

اجتماعی‌شان از هم فرو پاشید. همین اروپاییان هنگامی که بیماری ایدز و خطر همه‌گیری‌اش را شناختند، کوشیدند تا راه‌هایی برای درمان یا پیشگیری از آن بیابند. واکنش اولِ جامعه‌ی اروپاییان به طاعون از جنس گریز و به ایدز از نوع سازگاری بوده است.

تاریخ اندیشه انباشته از نام کسانی است که بسته به انقلابی یا محافظه‌کار بودنِ دیدگاهشان، گریز یا سازگاری را تبلیغ می‌کردند. یکی از کسانی که چارچوبی فلسفی برای دفاع از گریز طراحی کرده فیلسوف مشهور آلمانی لایب‌نیتس[1] است. این ریاضی‌دان و فیلسوف برجسته معتقد بود که جهان همواره در بهترین وضعیت ممکن خود قرار دارد، چرا که قوانین عقل‌مدارانه‌ی طبیعت بهترین شکلِ ممکن را به آن بخشیده‌اند. یکی از کسانی هم که با دفاع از سازگاری او را نقد کرد ولتر بود. ولتر کتاب *ساده‌لوح*[2] را بر مبنای شخصیتی به نام دکتر پانگلوس نوشت که تمام بلاها و حوادث ناگوارِ ممکن بر سرش می‌آمد اما در باورش به این‌که جهان بهترین وضعیت ممکن را دارد خللی وارد نمی‌آورد. ولتر در برابر لایب‌نیتس نماینده‌ی سازگاری در برابر گریز است.

سیستم‌هایی که از تنش می‌گریزند، در نهایت، سریع‌تر از سیستم‌های سازگارشونده در برابر فشار محیط از پای در می‌آیند. یک دلیل عمده‌ی این مطلب هم پویایی بیشترِ سیستم‌هایی است که سازگاری را بر می‌گزینند. سیستم‌های گریزنده می‌کوشند خود را در اطراف جذب‌کننده‌ای تثبیت کنند که مثل همه‌ی جذب‌کننده‌های دیگر خصلتی موقتی دارد و تنها برای شرایط خاصی ارزشمند است. به همین دلیل هم با از میان رفتن آن شرایط و رویارویی با جذب‌کننده‌ی خطرناک تعادل با محیط موجودیت خود را از دست می‌دهند.

---

[1] Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716)

[2] کاندید در زبان لاتین و زبان‌های اروپایی به معنای ابله و ساده‌لوح است و با کاندیدا به معنای نامزد مقام‌های عمومی تفاوت دارد. هر چند به تازگی گویا در بعضی جاها این دو واژه را (شاید به حق) جا به جا به کار می‌برند

«سازگاری» عبارت است از رفع تنش از راهِ طرد کردن وضعیت موجود و حرکت به سوی وضعیت مطلوب. در این وضعیت کارکرد بر ساختار و کنش بر رخداد چیره می‌شود.

سیستم با سازگاری بر تنش چیره می‌شود و با گریز آن را نادیده می‌گیرد. بنابراین بقا با سازگاری ممکن می‌شود.

گفتار نهم: سیستم خودزاینده

تا سراغ گوهر دل در نظر داریم ما
روز و شب، گرداب‌وش در خود سفر داریم

سیستم‌های سازگارشونده سرنوشتِ محتوم خود یعنی تعادل با محیط را نمی‌پذیرند. آن‌ها به پرسه زدن در فضای حالت ادامه می‌دهند و به پریدن از روی جذب‌کننده‌هایی موقت که همچون سنگ‌هایی لق بر رودخانه‌ی تعادل قرار دارند، ادامه می‌دهند. بر خلاف سیستم‌های گریزنده که همراه با سنگِ زیرشان به کام این رود فرو می‌روند، سیستم‌های سازگارشونده این بخت را دارند که جذب‌کننده‌ها و جایگاه‌های شبه تعادلی جدیدی را جست‌وجو کنند. نتیجه‌ی این کنکاش معلوم نیست؛ ممکن است سیستم در یافتن چنین جذب‌کننده‌ی تازه‌ای کامیاب شود یا شکست بخورد. پس دلیلی ندارد که سیستم‌های سازگارشونده لزوماً بتوانند تنش خود را حل کنند، اما دست‌کم این امکان را دارند و این چیزی است که سیستم‌های گریزنده نادیده‌اش می‌گیرند.

حالا به کمک این مفاهیم می‌توانیم تفسیری دیگر از پدیده‌ی خودسازماندهی به دست آوریم. اما شاید لازم باشد برای درک دقیق‌ترِ مفهوم سیستم‌های خودسازمانده چیزهایی درباره‌ی هنرهای رزمی چینی بدانیم!

یکی از هنرهای رزمی جالب توجه سبکی چینی است به نام «تای چی چوان». نمایش‌هایی از این سبک را احتمالاً در فیلم‌های حادثه‌ای دیده‌اید. در فیلم‌های پُر زد و خوردِ چینی، در آن صحنه‌هایی که پیرمردی نحیف با ده دوازده جوانِ گردن‌کلفت درگیر می‌شود و با حرکاتی نرم و سیال همه را از میدان به در می‌کند، از هنر تای چی چوان استفاده کرده است. مبنای تای چی چوان آن است که برای غلبه بر حریف نباید به او حمله کرد، فقط باید نیروی حریف را برای شکست دادنِ خودش به سویش برگرداند. به همین دلیل هم این هنر رزمی فاقد حرکات تهاجمی است و قد و قامت و زور بازوی مبارزانش تعیین‌کننده‌ی پیروزی یا شکستشان نیست.

سیستم‌های خودسازمانده استادان سبک تای چی چوان هستند!

سیستم خودسازمانده با چسبیدن به ساختار خود و مقابله با فشار محیط بختی برای بقا ندارد. نیروی محیط چنان مهیب و ساختار سیستم خودسازمانده چنان شکننده است که امکان مقابله با آن را منتفی می‌کند. پس سیستم دست از مقاومتِ بیهوده بر می‌دارد و به شیوه‌ای که می‌تواند سرمشق تمام رزمی‌کارانِ خاورزمین باشد به محیط اجازه می‌دهد تا نیروی خود را بر او وارد کند. سیستم به جای گریختن از تنش آن را جذب می‌کند و از آن برای دگرگون کردن ساختار و کارکردهای خود بهره می‌برد. سیستم خودسازمانده، به این ترتیب، سه دستاورد مهم خود را حفظ می‌کند. این سه عبارت‌اند از: حفظ نسبی وضعیت موجود[1]، ثبت و ذخیره‌ی اطلاعاتِ درونی، و افزایش پیچیدگی در طول زمان.

آشناترین نمودِ این هنر رزمیِ سیستمی در سیستم ایمنی بدن دیده می‌شود. هر بار بیمار شدن برابر است با فعال شدن سلول‌های مقابله‌کننده با عوامل

[1] homeostasis

بیماری‌زا. معمولاً بدن پس از دفع بیماری خاطره‌ی آن بیماری و روشِ مقابله با آن را همچنان در سیستم ایمنی‌اش حفظ می‌کند. این آمادگی در مورد برخی از بیماری‌های خطرناک، مثل آبله و فلج اطفال، آنقدر دیرپاست که تا آخر عمر فرد باقی می‌ماند.

سیستم‌های خودسازمانده، برای دستیابی به این هدف، ساختار خود را فدای کارکرد و عناصر را قربانی روابط می‌کنند. سیستم‌ها در جریان تبادل رخدادها با محیط عناصر خود را جایگزین می‌کنند تا کنش‌های خود را پایدار نگه دارند. چنین ترفندی را خودزایندگی می‌نامند.

از این روست که در بدنِ جانداران مولکول‌ها و اتم‌ها مدام از دست می‌روند و باید از راه تغذیه جایگزین شوند. همچنین یاخته‌ها همیشه در حال مردن هستند و باید برای حفظ کارکرد سیستم در مراکزی از نو زاده و جایگزین شوند. در نظام‌های اجتماعی نیز روندی مشابه با زاد و ولد دایمی مردم و جایگزینی تدریجیِ جمعیتِ پیر و درگذشته انجام می‌پذیرد.

«سیستم خودزاینده» سیستمی است که با تبادل دایمی عناصر با محیط روابط خود را پایدار نگه دارد و با رها کردنِ رخدادها کنش‌هایش را پیچیده‌تر سازد.

بخش هفتم: شناخت

گفتار نخست: بازنمایی

گر صبح کشد بال ز بادِ مژه‌ی توست
ور شام تَنَد موی ز یاد مژه‌ی توست
هر سو فکنی چشم سوادِ مژه‌ی توست
رمزِ دو جهان بست و گشادِ مژه‌ی توست
صحرا دمد از خانه چو دیوار نماند

سازگاری همتای بقاست و طبیعی است که کارکردهای سیستم در راستای آن همگرا شوند. سیستمی که خواستار سازگاری است باید بتواند دست‌کم دو کار را انجام دهد: نخست، تصویری دقیق از وضعیت موجود در دست داشته باشد و دوم، تصویری روشن از وضعیت مطلوب را در خود ایجاد کند. این بدان معناست که سیستم برای مقاومت در برابر فشار محیط، باید بتواند محیط و جایگاه خویش در آن (وضعیت موجود) را به همراهِ موقعیت پایدارترِ قابل‌دستیابی (وضعیت مطلوب) درک کند. سیستم باید بتواند جایگاه خویش بر فضای حالت را بفهمد و نقاط پیشاروی خود را هم، به همراه جذب‌کننده‌های بالقوه، شناسایی نماید.

سیستم برای برآورده کردنِ این نیاز باید تصویری از محیط و خود را در دست داشته باشد. این تصویر بازنمایی نامیده می‌شود. بازنمایی دو تصویرِ جداگانه را در بر می‌گیرد. نخست وضعیت محیط و دوم وضعیت سیستم بر زمینه‌ی آن. این دو تصویر ماهیت تنش و راه رها شدن از آن را هم نشان می‌دهند.

سیستم از راه رده‌بندی کردنِ شباهت‌ها و تفاوت‌ها، یعنی صورتبندی کردن تقارن‌ها و شکست‌های تقارن، عناصر و روابط را رده‌بندی کرده و ساده می‌کند. با این روش، انعکاس تصویر محیطِ آشوبناک در سیستم منظم ممکن می‌شود. به این شکل، سیستم در درجه‌ی اول مرز بین خود و محیط، یعنی مهم‌ترین و حیاتی‌ترین شکست تقارن از دید سیستم، را تشخیص می‌دهد و در گام‌های بعدی تفکیک چیزها را در درون و برون خود ادامه می‌دهد.

تصویر بازنمایی‌شده از محیط چند ویژگی دارد:

الف) بسیار بسیار ساده‌انگارانه است. سیستم تنها در حدی هستی را می‌فهمد به کارش بیاید؛ یعنی برای تنظیم کارکردهایش در راستای حفظ بقا سودمند باشد.

ب) زمینه‌ی این تصویر به عناصری قراردادی تجزیه می‌شود که بر مبنای شباهت و تفاوت طبقه‌بندی شده‌اند. سیستم به این شکل زمینه‌ی متقارن محیط را به پدیده‌ها می‌شکند.

پدیده‌هایی که در جریان بازنمایی تولید شده‌اند رمزگذاری می‌شوند؛ یعنی سیستم به جای آن‌که با خودِ تصویرها سر و کار داشته باشد، از راه پردازش نمادهای منسوب به آن‌ها تغییرات محیط و خودش را درک و تنظیم می‌کند.

در جریان این روند است که ما «می‌فهمیم». تصویری که هریک از ما از جهان در ذهن داریم بازنمایی پیچیده‌ای است که از مجموعه‌ای از چیزها تشکیل شده است. این پدیده‌ها در جهان بیرون وجود ندارند.

اگر بخواهیم از دید فیزیک کوانتوم، یعنی دقیق‌ترین نگرشی که فعلاً در دست داریم، به دنیای مادی نگاه کنیم، خواهیم دید که مرز مشخصی بین هیچ دو چیزِ مستقلی وجود ندارد. به راستی نمی‌توان تعریف کرد که مرزهای آن

تابلوی روی دیوار کجا پایان می‌یابد و دیوار از کجا شروع می‌شود. این حرف حتی در مورد خودمان هم راست است. همه‌ی ما سیستم‌هایی هستیم که مرزهایش با جهان خارج به شکلی قراردادی تعریف شده است. بازنمایی ما از خودمان معمولاً مرزی مانند پوست بدن یا لباس را به عنوان حد من در نظر می‌گیرد. اما برای یک لحظه فکر کنید مبنای این مرزبندی چیست؟ اگر زنده بودنِ بافت‌ها و مواد معیار باشد، بخش مهمی از پوست ما به همراه مو و ناخن و مواد و باکتری‌ها و لایه‌های داخلی لوله گوارشمان باید جزئی از محیط محسوب شوند، چون از سلول‌های مرده یا بیگانه تشکیل یافته‌اند. در واقع ده درصد از وزنِ خشکِ بدنِ هر انسان عادی از سلول‌هایی تشکیل شده که از نظر ژنتیکی ارتباطی با او ندارند و به گونه‌های انگل و هم‌زیستِ ساده‌تر مربوط می‌شوند. اگر بخواهیم آن‌ها را هم عضو بدنمان فرض کنیم، آنگاه چه دلیلی داریم که پوستینی را که رویش پوشیده‌ایم عضو بدنمان ندانیم؟ یا نیمکتی چوبی را که رویش نشسته‌ایم؟ مگر نه که آن‌ها هم از بافت‌های مرده‌ای که زمانی زنده بوده‌اند تشکیل‌یافته‌اند؟

«بازنمایی» تصویری ساده‌انگارانه و نمادگذاری‌شده است که در جریان شکست پدیده بر مبنای تحولات مه‌روند در سیستم تولید می‌شود.

گفتار دوم: نماد

هر سخن‌سنجی که خواهد صید معنی‌ها کند
چون زبان می‌باید اول خلوتی پیدا کند
می‌کشد بر دوش صد توفان شکست حادثات
تا کسی چون موج از این دریا سری بالا کند

رمزهایی که برای پدیده‌های مرزبندی‌شده ابداع کرده‌ایم هم به اندازه‌ی خود همان پدیده‌ها قراردادی و نسبی هستند. در محیطِ پیرامون ما ذات و جوهری که نماینده‌ی گربه، میخ، هویج و آدم باشد، وجود ندارند. این‌ها طبقه‌هایی مفهومی و کدهایی قراردادی هستند که برای منظم کردن انبوه پدیدارهای دور و برمان اختراع کرده‌ایم. هریک از این‌ها نشانه‌ای هستند که دسته‌ای از کارکردها و عناصر و رده‌ای از فرآیندهای منتهی به بازنمایی‌شان را نمایندگی می‌کنند، و به همین دلیل هم به تدریج جایگزین چیزی می‌شوند که این بازنمایی به آن ارجاع می‌کرده است. این برچسب‌های واحدهای گوناگون بازنمایی‌شده نماد یا نشانه نام دارند.

نماد علامتی در درون سیستم است که برای ساده کردنِ کار پردازش اطلاعات به بخش‌هایی تکرارشونده از بازنمایی متصل می‌شود. نماد واحد عام و کارآمدی است که فهمیدنِ محیطِ بیرونی و زمینه‌ی درونی را برای سیستم اقتصادی می‌سازد.

تمام واژگان، علایم، نشانه‌ها و کلماتی که در زبان‌های گوناگون ادا می‌شوند نمادهایی برای اشاره به چیزها یا رخدادهایی هستند که در محیط یا درون ذهن آدمیان تجربه می‌شوند. در سطحی روان‌شناختی، عواطف و هیجاناتی که مردمان حس می‌کنند و آنچه به شکل عقلانی و مستدل می‌فهمند، در واقع بازتاب‌ها و کنش و واکنش‌هایی است که به شکل نمادین در قبالِ رخدادها و روندهایی پیوسته و فراگیر انجام می‌پذیرند. کلمه‌ی زاده شدنِ فرزند همان‌قدر نمادین است که خودِ حسِ شادمانی از تولد فرزند در یک خانواده. جالب آن‌که حتی آن فرزند و روند تولد نیز در واقع پاره‌هایی تنیده و درهم‌بافته با هستی هستند که توسط ذهنِ شناسنده از آن کنده می‌شوند. بنابراین کودکِ نورسیده، در آن هنگام که پیش چشمانمان قرار دارد و نگاهش می‌کنیم، در واقع تصویری و بازنمایی‌ای عصبی است که نمادی از یک جزءِ خاص از هستیِ یکپارچه و درهم‌بافته‌ی بیرونی محسوب می‌شود.

«نماد» برچسبی است که رده‌ای از فرآیندهای مربوط به بازنمایی پدیده‌ی خاصی را مشخص می‌کند و هنگام پردازش اطلاعات به عنوان رمزِ خلاصه‌شده جایگزین آن می‌شود.

پاره‌ی نخست: ارجاع

سیستم با بازنمایی مه‌روند در واقع جهانی مصنوعی، قراردادی، ساده‌شده و نمادین را به ازای آنچه هستی بیرونی دارد می‌آفریند. این تصویرِ کاربردی جهان باید به شکلی با آنچه در آن بیرون می‌گذرد پیوند بخورد. این کار به کمک پدیده‌ی ارجاع صورت می‌گیرد. ارجاع[1] عبارت است از رابطه‌ی میان نمادها با پدیده‌های بازنمایی‌شده در سیستم.

ارجاع سطوح گوناگون دارد. نخست، پدیده‌های بازنمایی‌شده در سیستم به رخدادها و حوادثی در مه‌روند نسبت داده می‌شوند و در گام بعد نمادهایی به این پدیده‌ها منسوب می‌شوند. این روند می‌تواند در میان نمادها هم تکرار شود، یعنی نمادی به نماد دیگر ارجاع دهد.

مثلاً واژه‌ی میز را در نظر بگیرید. در جهانِ بیرون، بخشی از روندها و هستنده‌ها توسط دستگاه حسی ما به صورتِ یک‌جا و متصل‌به‌هم درک می‌شوند و در قالب پدیده‌ای منفرد از زمینه‌ی مه‌روند کنده می‌شوند. این پدیده‌ای که از بستر متقارن مه‌روند بریده و کنده شده در داخل دستگاه عصبی به صورت مجموعه‌ای از اطلاعات و نشانه‌ها بازنمایی می‌شود. در نخستین گام، آنچه در مغز ما به ازای دیدن یک میز پدید می‌آید به «چیزی در آن بیرون» ارجاع

[1] reference

می‌شود. در گام بعدی، ما این تصویر ذهنی را نمادگذاری می‌کنیم. مثلاً عبارت «میز» را به کار می‌بریم.

«میز» ترکیبی از چند واج است که نمادی زبانی را ایجاد می‌کند. این نماد، به خودی خود، هیچ محتوایی ندارد. یعنی اگر هیچ انسانی بر زمین نمی‌زیست، ارتعاشات هوایی که صدای میز را تولید می‌کنند بر هیچ چیز دلالت نمی‌کردند. اما سیستمِ شناسنده‌ی ما صدای میز را به پدیده‌ای که از جهان استخراج کرده بودیم نسبت می‌دهد و به این شکل دومین گام ارجاع انجام می‌گیرد. این گام دوم می‌تواند با گام‌های دیگری در سطح نشانه‌ها دنبال شود. مثلاً ما این واج‌ها و صداهای معرف میز را با علامت‌هایی می‌نویسیم و به این ترتیب در خط فارسی نشانه‌ای مانند میز را هم‌ارزِ با واج‌های سازنده‌ی «میز» فرض می‌کنیم. می‌توان این کار را تا بی‌نهایت ادامه داد؛ یعنی مثلاً علامت «م» را نشانه‌ی کلمه‌ی میز فرض کرد و بعد آن را با اشاره‌ای حرکتی نشان داد و بار دیگر آن را به نقشی مربوط کرد و...

«ارجاع» عبارت است از رابطه‌ی میان نمادها با پدیده‌های بازنمایی‌شده در سیستم.
ارجاع زنجیره‌ای افزایش یابنده از نمادها را پدید می‌آورد که به هم اشاره می‌کنند و برای پردازش اطلاعات کاربرد دارند.

پاره‌ی دوم: سیستم خودارجاع

... یک موضوع عام در مورد من وجود دارد؛ زیرا از هرکجا که آغاز کنم، بار دیگر، به آنجا باز می‌گردم...

پارمنیدس

سیستم اگر از حدی پیچیده‌تر باشد، علاوه بر ارجاع دادن به محیط، به خودش هم ارجاع می‌دهد. یعنی نه تنها محیطِ پیرامون خود، که خودش را هم بازنمایی می‌کند. یک سنگ را در نظر بگیرید. این سیستمِ ساده بازنمایی سرراست و خامی از جهان خارج دارد. اگر به پویایی روابط درونی میان عناصرش نگاه کنیم، تا حدودی تصویری از محیط را در آن باز خواهیم جست. اما این تصویر به نوعی ادامه‌ی رخدادهای بیرونی است که در درون مرزهای سیستم انعکاس یافته است. با بررسی دمای درونی سنگ می‌توان به دمای محیط پی برد و شکل آن نشانگر فشارهایی هستند که از بیرون به آن وارد می‌شود. در تمام این موارد سنگ سیستمی است که با حد و مرزی مشخص از محیط جدا می‌شود، اما این مرز به قدری ساده و گشوده و جذب‌کننده‌های سیستم به قدری تابع محیط است که با ردیابی تغییرات درونی آن می‌توان به طور مستقیم روندهای حاکم بر محیط را باز یافت. در یک سنگ شکست پدیده و بازنمایی

وجود ندارد و تنها چیزی که می‌بینیم نشت کردنِ روندهای محیط به سیستم است.

اما به جانوری مثل سگ نگاه کنید. سگ تصویری از جهان را در درون خود ایجاد می‌کند که با روندهای بیرونی ارتباط چندانی ندارد. چیزهایی که سگ می‌بیند و می‌شنود و بوهایی که درک می‌کند ربط مستقیمی با روندهای بیرونی ندارند و بیشتر توسط خودِ سیستم ساخته می‌شوند. نمادهایی هم که به آن‌ها نسبت داده می‌شوند چنین حالتی دارند. سگ نه تنها پدیده‌هایی را از جهان خارج استخراج می‌کند و آن‌ها را به محیط نسبت می‌دهد، که مشابه این کار را در مورد خودش هم انجام می‌دهد. سیستمِ سگ علاوه بر چشمی که تغییرات نور را می‌سنجد و مغزی که تصویرهایی را از دل آن بیرون می‌کشد، به گیرنده‌هایی شیمیایی هم مسلح است که مقدار قند خونش را نشان می‌دهند و در کنارِ گیرنده‌های لامسه‌ای که فشار محیط بر سیستم را اندازه می‌گیرند گیرنده‌های دیگری را هم داراست که وضعیت عضلات و اندام‌های بدن را بازنمایی می‌کند.

سیستم پیچیده‌ای مانند سگ، علاوه بر بازنمایی کردنِ محیط بیرونی، خود را هم بازنمایی می‌کند. همه‌ی سیستم‌های پیچیده چنین وضعیتی دارند. یک آمیب که جهان را در سطح شیمیایی درک می‌کند، هم‌زمان با درک نوسان‌های شیمیایی پیرامونش، نوسان‌های درونی خود را هم ردیابی می‌کند. جامعه در قالب افکار عمومی، یعنی نظر سیستم درباره‌ی سیستم، چنین کاری را انجام می‌دهد. یک نظام شخصیتی هم، علاوه بر رمزگذاری محرک‌های حسی بیرونی (مانند میز)، خود را هم می‌فهمد و برای آن نیز نشانه‌ای در نظر می‌گیرد. آن «من»ِ مشهور، مشهورترین نمودِ این بازنمایی خود است.

سیستمی که خود را بازنمایی می‌کند، علاوه بر ارجاع دادن به محیط، به خودش هم ارجاع می‌دهد. این ارجاع سیستم به خودِ سیستم را توانایی خودارجاعی می‌نامند. سیستم خودارجاع[1] سیستمی است که خود را هم بازنمایی

[1] self-reference

کند و فرآیند شکست پدیده و رمزگذاری را در مورد ساختار و کارکرد خود نیز به کار بگیرد. تمام سیستم‌های خودزاینده خودارجاع هم هستند.

فرآیند خودارجاعی همواره با بازخوردی مثبت همراه است؛ یعنی روندی است که مرتب به خود باز می‌گردد و بر خود تأثیر می‌گذارد و خود را تشدید می‌کند. سیستم پیچیده ناگزیر است برای مدیریت پویایی خود و مقابله با تنش‌های محیطی، به شکلی افزاینده، دقت خود از بازنمایی محیط را افزایش دهد. این افزایش دقت به معنای درست‌تر، واقعی‌تر، یا حقیقت‌جویانه‌تر شدنِ این بازنمایی نیست. بلکه تنها از بهتر و کارآمدتر بودنِ آن خبر می‌دهد. سیستم برای آن‌که بهتر در برابر تحولات محیط واکنش نشان دهد ناچار است پدیده‌ها را دقیق‌تر و دقیق‌تر بشکند و شباهت‌ها و تفاوت‌هایی ریزبینانه‌تر را در پدیده‌ها تشخیص دهد. در عین حال، برای تنظیم رفتار خود و نظارت بر کارکردهای درونی‌اش باید مشابه همین کار را در درون خود نیز به انجام رساند.

به این شکل، سیستم درون و برون خود را با دقتی افزاینده بازنمایی می‌کند. این افزایش دقت بدان معناست که پدیده‌های ملموس گام به گام ریزبینانه‌تر و خاص‌تر شوند. در نتیجه، حساسیت سیستم نسبت به رخدادها و کنش‌ها مرتب افزایش پیدا می‌کند؛ پس متغیرهای بیشتری بر سیستم تأثیر می‌گذارند و عامل‌های بیشتری در پویایی درونی آن تداخل می‌کنند. در نتیجه، ناپایداری سیستم هم بیشتر می‌شود و نظارتی بیشتر را ایجاب می‌کند که با چرخه‌ی مشابهی از سر گرفته می‌شود.

سیستمِ انسان در مدتی که زنده است تلاش خود را برای دقیق‌تر کردنِ بازنمایی بیرونی ادامه می‌دهد. جنین می‌کوشد با درک تغییرات قند خونِ رگ ناف و شنیدن صدای قلب مادر وضعیت بیرونی و درونی خود را بازنمایی کند. همین جنین، پس از آن‌که به دنیا آمد، با به کار گرفتن قوه‌ی بینایی و لامسه، تصویری دقیق‌تر از خودش و محیط ایجاد می‌کند. به همین دلیل هم چنین کنجکاوانه به اطرافش خیره می‌شود و از هر فرصتی برای فرو کردن دست و پایش در دهانش استفاده می‌کند. کودک نوزاد در این حین در واقع دارد بازنمایی

جدید و دقیق‌تری از محیط، سیستم و مرزهای میان این دو ایجاد می‌کند.

از یاد نبریم که برای نوزاد لامسه مهم‌ترین حس است و بینایی به تدریج با تمرین و یادگیری‌های مداوم اهمیت می‌یابد. برای همین هم نوزاد در ابتدا ترجیح می‌دهد به جای نگاه کردن به دستانش، آن را در دهانش که مرکز حس پساوایی است فرو کند. همین نوزاد وقتی بزرگ‌تر شد، از متغیرهایی پیچیده‌تر برای شناسایی وضعیت خود و محیط استفاده می‌کند. شاخص‌هایی که در هر سطح برای بازنمایی خود و محیط به کار گرفته می‌شود برای سطوح قبلی غیرقابل‌تشخیص هستند. قبول شدن در کنکور می‌تواند برای یک جوان هجده ساله مهم باشد، چون یکی از متغیرهای تعیین‌کننده‌ی رابطه‌ی سیستم با محیط، مثلاً دانش یا تحصیلات، را تعیین می‌کند. اما این عامل برای کودکی شش‌ساله بی‌معناست. به همین ترتیب، حضور همبازی‌ای که برای کودک شش‌ساله اهمیت دارد برای نوزاد مفهوم نیست و جنین هم مشکلاتِ بغرنج نوزاد درباره‌ی خیس بودنِ پوشکش را درک نمی‌کند!

آنچه این افزایشِ گام به گامِ متغیرها و عامل‌های ترسیم‌کننده‌ی وضعیت سیستم و محیط را ممکن می‌سازد خصلت خودارجاعی سیستم است. سیستم با ارجاع دادن به خود در عمل ارجاعات بیرونی را در خود هضم می‌کند. سیستم با ارجاع به خود، تصویرِ محیط را به مرتبه‌ی زمینه و بستری برای ظهور تصویر خویش فرو می‌کاهد. سیستم با ارجاع به خود تنش‌های بیرونی را به فرآیندهای درونی تبدیل می‌کند.

سیستم خودارجاع نظامی بسته از ارجاع‌ها را پدید می‌آورد که بر روی خود بسته می‌شود و از راه جذب کردن و درونی کردنِ متغیرهای بیرونی آن‌ها را لمس می‌کند. در واقع در سیستم خودارجاع روند شکست پدیده، رمزگذاری و ارجاع چنان پیچیده شده‌اند که ظهور نظامی جدید و سیستمی نو را ممکن ساخته‌اند.

یکی از مشهورترین نظام‌های خودارجاعی که می‌شناسیم زبان است. زبان اصولاً سیستمی بازنماینده است؛ یعنی بخشی از نظام عصبی/ روانی ماست که

وظیفه‌ی بازنمایی جهان را بر عهده دارد. زبان نظامی خودارجاع است و با یک آزمایش ساده می‌توان به این خصلت آن پی برد. سعی کنید یکی از عناصر زبانی مثلاً کلمه‌ی «ارجاع» را تعریف کنید. بی‌تردید برای تعریف کردنِ آن گزاره‌ای را به کار خواهید برد که یک یا چند کلیدواژه‌ی تازه را در خود دارد. مثلاً به تعریفی که خودمان ارائه کردیم نگاه کنید: «ارجاع عبارت است از رابطه‌ی میان نمادها با پدیده‌های بازنمایی‌شده در سیستم.» بسیار خوب؛ اما نماد، پدیده، بازنمایی و سیستم چه تعریفی دارند؟ اگر بخواهیم هریک از این کلیدواژه‌ها را تعریف کنیم، دیر یا زود ناچار می‌شویم بار دیگر کلمه‌ی ارجاع را به کار بگیریم.

این آزمایش را می‌توان به روشی دیگر و دقیق‌تر هم انجام داد. هر واژه‌ای را که می‌خواهید انتخاب کنید و هر فرهنگ لغتی را که می‌خواهید بردارید و به معنای آن نگاه کنید. آنگاه در مجموعه کلماتی که به عنوان تعریف واژه‌ی مورد نظرتان یافته‌اید مهم‌ترین عبارت را پیدا کنید و در همان فرهنگ به دنبال معنایش بگردید و این کار را ادامه دهید. با احتمال بسیار بالایی می‌توان پیش‌بینی کرد که پیش از دهمین باری که به معنای یک عبارت نگاه می‌کنید، بار دیگر به همان واژه‌ی اولی برخورد خواهید کرد. این بدان معناست که در زبان هر واژه‌ای با واژگان دیگری تعریف می‌شود که تعریف خودشان به تعریف همان واژه‌ی اول باز می‌گردد. به عبارت دیگر، هر عبارتی به عبارات دیگری ارجاع می‌دهند که نقطه‌ی ارجاع خودشان همان عبارت اول است!

خصلت خودارجاعی چیزی نیست که تنها در سطح زبانی معنا داشته باشد. عملاً همه‌ی سیستم‌های پیچیده‌ی اطرافمان این خاصیت را از خود نشان می‌دهند. به مفهوم شغل یا نقش دریک نظام اجتماعی فکر کنید. هر شغل با مجموعه‌ای از شغل‌های مرتبط با آن تعریف می‌شود و این امر به شکلی زنجیره‌ای روی همان شغل یا نقشِ اولی باز می‌گردد. نقش‌یک معلم در ارتباط با نقش شاگردانی تعریف می‌شود که در ارتباط با نقش والدینشان معنا می‌یابند که آن‌ها نیز به نوبه‌ی خود نقش‌هایی مانند کارگر، روشنفکر، بازرگان و... را بر عهده دارند که در نهایت به شکلی با نقش معلم اتصال پیدا می‌کند. در اقتصاد قیمت

هر کالایی به نرخ تبادلی آن با کالاهای اصلی دیگری تعلق دارد که آن‌ها نیز در شبکه‌ای به هم پیوسته از قیمت‌های مرتبط با هم در نهایت توسط نرخ همان کالای اول تعیین می‌شود. به این ترتیب، می‌توان دلیل گران شدنِ پنیر پس از افزایش قیمت بنزین را دریافت!

«سیستم خودارجاع» سیستمی است که خود را هم بازنمایی کند و فرآیند شکست پدیده و رمزگذاری را در مورد ساختار و کارکرد خود نیز به کار بگیرد.
سیستم با ارجاع به خود، در جریان روندی که به تخصص‌یابی و پیچیدگی افزاینده‌ی روابط نمادها منتهی می‌شود، تنش‌های بیرونی را به فرآیندهای درونی تبدیل می‌کند.

پاره‌ی سوم: روابط بازگشتی

کدام‌یک مقدم و کدام‌یک مؤخر بود؟
چگونه به وجود آمد؟
ای دانشمندان، چه کسی می‌تواند بداند؟
آن‌ها به خودی خود همه‌ی وجود را در بر دارند.
شب و روز مانند چرخی در گردش است.

ریگ ودا

سیستمی که به محیط ارجاع می‌کند، همچون تصویری که توسط زمینه‌اش تعریف شود، زایده‌ای بر محیط و نتیجه‌ای از روندهای حاکم در آن است. اما سیستم خودارجاع، همچون نقشی دو پهلو که زمینه‌ای معنادار داشته باشد، به شکلی بازگشتی به محیط خود رجوع می‌کند. سیستم ساده‌ای که فرآیندهایش در مجرای ارجاع به محیط محدود می‌شود، مانند تصویری ساده است که بر زمینه‌ی سپید کاغذی کشیده شده باشد. تصویری که فقط در ارجاع به زمینه‌ی خنثای بیرونی‌اش معنا دارد.

خصلت خودارجاعی این خنثا بودن محیط را از میان می‌برد و سیستم را به تبادلی دوسویه با محیط وادار می‌کند. سیستم خودارجاع مانند واژه‌ای در یک متن است که از سویی به متن معنا می‌دهد و از سوی دیگر توسط آن معنا می‌شود. رابطه‌ی رفت و برگشتی میان سیستم خودارجاع و محیط مدیون این واقعیت است که سیستم در چنین شرایطی از محیط اعلام استقلال کرده و تنها بخش‌های درونی‌شده، رمزگذاری‌شده و مرتبط با خود را از آن بر می‌گیرد. با این ترفند عملاً رونوشتی از محیط به بخشی از سیستم و زمینه به بخشی از نقش تبدیل شده است. در نظریه‌ی سیستم‌ها چنین رابطه‌ای را بازگشتی[1] می‌خوانند.

وقتی کشاورز گندمِ برداشت‌شده از زمینش را می‌فروشد و با پولش نان می‌خرد، رابطه‌ای بازگشتی برقرار شده است. گندم با پولی معاوضه می‌شود که در نهایت صرفِ خرید شکل دیگری از گندم خواهد شد. اندامی مانند قلب هم که به لوله‌ی گوارش خون (غذا) می‌رساند تا جذبِ غذای مورد نیاز همه‌ی بافت‌ها (از جمله قلب) از آن مجرا ممکن شود درگیرِ رابطه‌ای بازگشتی است. شما هم که با پیمودن سطور این متن تعریف هر کلیدواژه را به تعریف کلمه‌ی دیگری وابسته می‌بینید، که خود توسط کلمه‌ی اول تعریف می‌شود، چنین رابطه‌ای را تجربه می‌کنید.

«رابطه‌ی بازگشتی» زنجیره‌ای از روابط در نظام‌های خودارجاع است که مانند چرخه‌ای بر روی خود باز گردد.

پاره‌ی چهارم: ابرچرخه

روابط بازگشتی را در تمام سطوح سیستم‌های خودزاینده می‌توان باز یافت. اگر در یک سلول زنده به مدتی نامتناهی مسیر یک اتم کربنِ نشاندار را دنبال کنیم

[1] recursive

و مولکول‌هایی را که این اتم به آن‌ها وارد می‌شود ردیابی نماییم، خواهیم دید که این اتم تمام مولکوهای آلی سیستم را در خواهد پیمود. این بدان معناست که در سطح بیوشیمیایی تمام واکنش‌های موجود در سیستم زنده به هم چفت شده‌اند. همه چیز در ساخت شیمیایی حیات حالت چرخه‌ای دارد. در این شهرِ سرگیجه‌آور بن‌بست وجود ندارد؛ هر آنچه هست میدان‌ها و شاهراه‌های متصل‌به‌هم است. ممکن است ما به عنوان زیست‌شناسانی درس‌خوانده و مغرور از معلومات کاملمان، به کتاب‌هایی استناد کنیم که یک چرخه‌ی منفرد (مانند چرخه‌ی کربس[1])، یا –از آن بدتر!– یک مسیر یک‌طرفه‌ی شیمیایی (مانند تجزیه‌ی گلوکز) را فرآیندی زیستی عنوان کرده‌اند. اما در واقع چنین چیزی در سیستم‌های زنده وجود ندارد.

در سیستم‌های زنده هریک از این چرخه‌ها یا راه‌ها در انبوه چرخه‌ها و راه‌های دیگری گم شده‌اند که در نهایت مجموعه‌ی غول‌آسای یکپارچه‌ای از ارجاعات شیمیایی درهم‌بافته را به دست می‌دهد. چنین مجموعه‌ای را در علم بیوشیمی ابرچرخه[2] می‌نامند. ابرچرخه مجموعه‌ای خودارجاع و پیچیده از عناصر است که توسط روابطی به هم تبدیل می‌شوند. یک سلول در واقع یک ابرچرخه‌ی عظیم شیمیایی است که در زمینه‌ی آبی محدود به غشاء سلول –حد و مرز سیستم– به چرخش‌های بازگشتی خود مشغول است.

می‌توان مفهوم ابرچرخه را به کل نظام‌های خودارجاعِ غول‌آسایی که در نظام‌های خودزاینده یافت می‌شوند تعمیم داد. ابرچرخه‌ها در هر سطحی که نگریسته شوند با هم اتصال دارند. یک سلول بدن ما، در کلیتِ خود، یک ابرچرخه‌ی بسیار پیچیده‌ی شیمیایی است که از راه غشاء سلولی‌اش با سلول‌های مجاور –یا در مورد هورمون‌ها، با سلول‌هایی دوردست– ارتباط دارد. اگر بخواهیم درهم‌تنیدگی این ابرچرخه‌ها را بهانه‌ی دستیابی به ابرچرخه‌ی

---

[1] Krebs cycle
[2] hypercycle

در زیستگاه‌ها با نگاهی بوم‌شناسانه به تصویری مشابه دست خواهید یافت. هریک از سیستم‌های زنده‌ی مقیم هریک از بوم‌های زمین، مرتب در حال تبادل مولکوهای آلی و غیرآلی با محیط هستند؛ مولکول‌هایی که خود توسط جانداران دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنان که معلوم نیست کربن‌های بدن ما قبلاً در بدن کدام شخصیت تاریخی یا جانور ماقبل‌تاریخ حضور داشته، معلوم هم نیست که بعدها در چه بدن‌هایی به چرخش خود ادامه دهد. کافی است این حرف‌ها را با مفاهیم بوم‌شناختی مانند زنجیره‌های غذایی (باز هم مفهومی بیش از حد ساده‌شده) و چرخه‌های ماده و غذا (حالا کمی بهتر شد!) مقایسه کنید تا دریابید که کل زیست‌کره چیزی جز یک ابرچرخه‌ی عظیم از روابط درهم‌تنیده‌ی شیمیایی، یا ارتباطی، یا رفتارشناختی، یا... نیست.

بزرگ‌تری قرار دهیم، به نتیجه‌ی شگفت‌انگیزی می‌رسیم. کل بدن ما یک ابرچرخه‌ی بسیار بسیار غول‌آسای شیمیایی است که همچنان در محیطی آبی پیرامون خود می‌گردد. این بار مرز این محیط آبی به پوست ما محدود می‌شود.

می‌توان در سطحی دیگر هم به کل ماجرا نگاه کرد. شبکه‌ی عصبی ما مجموعه‌ای درهم‌تنیده از بی‌شمار مسیر نورونی است. اگر وقت کافی داشته باشید تا پیامِ عصبی صادرشده از یک نورون را دنبال کنید، خواهید دید که ماجرای چرخه‌های بیوشیمیایی در اینجا هم تکرار می‌شود. نورونی که از نورون اولی پیام دریافت می‌کند به نورونی پیام می‌فرستد که پس از بی‌شمار حلقه بار دیگر به همان نورون اولی پیغام خواهد فرستاد. در مغز هم کوچه‌ی بن‌بست نداریم. کل دستگاه اعصاب یک شبکه‌ی عصبی منفرد است.

در سطح جامعه‌شناختی هم چنین است؛ یک جامعه می‌تواند مجموعه‌ای متکثر از سازمان‌ها، خرده‌فرهنگ‌ها، گروه‌های قومی و نژادی و حتی مرزبندی‌های سیاسی متمایز تلقی شود؛ اما هنگامی که کنش متقابل اعضایش را دنبال می‌کنید، به این نتیجه می‌رسید که کلیت آن یک ابرچرخه‌ی گسترده‌ی ارتباطات انسانی است.

«ابرچرخه» مجموعه‌ی پیچیده و بزرگی از عناصر است که با روابطی خودارجاع به هم متصل شده و هیچ بخشی از آن از بقیه منفک نمانده باشد. کل سیستم خودزاینده، در هر سطحی که نگریسته شود، یک ابرچرخه‌ی عظیم است.

گفتار سوم: معنا

پاره‌ی نخست: اطلاعات کارکردی/ ساختاری

رابطه‌های بازگشتی جاری در سیستم‌های خودارجاع، علاوه بر پدید آوردن چنین ابرچرخه‌های غول‌آسایی در سطح کلان، در سطوح خُرد نمادها را معنادار می‌کنند. این روابط هستند که ارتباط بخش‌های مختلف سیستم را با هم و با

محیط برقرار می‌کنند. سیستم خودارجاع، از مجرای پیچیده‌تر شدنش و در جریان آن، دامنه‌ی شباهت‌ها و تفاوت‌های مهم و کارآمد را توسعه می‌دهد و به این ترتیب پدیده‌ها را با دقت و تنوعی افزاینده از زمینه‌شان می‌شکند و جدا می‌کند. این روند مرزهایی را میان پدیده‌ها ایجاد می‌کند که پس از رمزگذاری شدن به کمک نمادها، باید مورد استفاده واقع شوند. برای سیستم، داشتنِ یک بازنمایی دقیق از محیط و خودش کافی نیست؛ سیستم باید بتواند این بازنمایی و نمادهای ساخته‌شده در بطن آن را به کار بگیرد. آنچه این کاربردی شدنِ بازنمایی‌ها و نمادها را ممکن می‌کند معناست.

برای تعریف معنا نخست باید نگاهی دیگر به مفهوم اطلاعات بیندازیم. بارِ دیگر گوشزد می‌کنیم که مفهوم اطلاعات را از این پس مترادف با اطلاعات تازه و مفید در نظر می‌گیریم و نوفه و حشو را فعلاً کنار می‌گذاریم.

اطلاعات، می‌تواند دو نوعِ اصلی داشته باشد:

الف) اطلاعات ساختاری که در قالب عناصرِ سیستم و روابطِ مستحکم و پایدارِ بینشان نمود می‌یابد. اطلاعات ساختاری از ویژگی‌های ساختار تبعیت می‌کند؛ یعنی پیرو اصل ماند است و نوعی تنبلی و سکون و مقاومت به تغییر در آن وجود دارد. این اطلاعات در هر برش زمانی به طور مجزا تعریف می‌شود و توسط رخدادها تنظیم می‌شود. اطلاعاتِ ژنتیکی که محصول شیوه‌ی خاص قرار گرفتن اسیدهای نوکلئیک در یک رشته‌ی DNA هستند، از نوعِ ساختاری‌اند. اطلاعاتی که در شکل و قیافه‌ی یک تابلوی زیبا نهفته و اطلاعاتی که ناشی از شیوه‌ی خاص چیده شدن مولکول‌ها و سلول‌های بدن ما در کنار هم است، مثال‌هایی دیگر از این رده هستند.

ب) اطلاعات کارکردی که در چارچوب ارتباطات پویا و عناصر متصل به آن روابط تعریف می‌شوند. اطلاعات پویا همان چیزی است که معمولاً تبلور مفهوم اطلاعات دانسته می‌شود و برای نخستین بار شانون[1] همین نوع از اطلاعات را

[1] Claude Elwood Shannon (1916-2001)

صورتبندی کرد. اطلاعات کارکردی در مسیر زمان تداوم دارند و کنش‌ها را تنظیم می‌کنند.

در زیست‌شناسی، ژنوتیپ نمونه‌ای از اطلاعات ساختاری، و فنوتیپ نمودی از اطلاعات کارکردی است. شیوه‌ی چیده شدنِ آجرها و اثاثیه‌ی یک کلاس درس اطلاعات ساختاری و محتوای تدریس و آنچه در کلاس می‌گذرد اطلاعات کارکردی آن است.

در یک سیستم پیچیده‌ی خودارجاع، گذر زمان به افزایش اطلاعات ساختاری و کارکردی می‌انجامد. تبادل دایمی رخدادها توسط ساختار باعث می‌شود که اطلاعات ساختاری در قالب عناصر و واحدهای ریختی جدید بر سیستم رسوب کنند. تنظیم همیشگی کنش‌ها هم باعث می‌شود که سیستم روابط بازگشتی جدیدی را در درون نظام خودارجاع خود پدید آورد و به این ترتیب کارکردهای جدیدی را در جریان کنش «بیاموزد».

نوزادی که به آدمی بالغ تبدیل می‌شود نمونه‌ای از سیستم‌های خودارجاعِ پیچیده‌شونده است. این نوزاد در طی روند رشد خود دو تحول اساسی را از سر می‌گذراند. نخست، جرم و حجم بدنش زیاد می‌شود. تبدیل شدن نوزادی چهار کیلویی به آدمی شصت کیلویی، بدان معناست که ساختار آن عناصری بیشتر را در خود جذب کرده است. این افزایش وزن نوزاد از راه سازماندهی رخدادهایی مانند جذب و دفع مواد (گوارش) ممکن می‌شود. ناگفته پیداست که این سازماندهی رخدادها با شبکه‌ای از کنش‌ها پیوند دارد که کارکردهای مربوط به تداوم ساختار را پشتیبانی می‌کنند.

اما نوزادی که به آدمی بالغ تبدیل شود، اگر فقط اطلاعات ساختاری‌اش را افزایش داده باشد، از ارج و قرب چندانی برخوردار نیست. چنین آدمی «فقط قدش را بلند کرده است». قدیمی‌ها که می‌گفتند «بزرگی به عقل است نه به سال» در واقع این اصل را بیان می‌کرده‌اند که هنگام ارزیابی افراد اطلاعات کاربردی از اطلاعات ساختاری مهم‌تر تلقی می‌شود. اطلاعات کاربردی مجموعه‌ی متنوعی از عملکردهای تازه را شامل می‌شود که در گذر زمان برای

سیستمِ فرد ممکن شده است. در معنایی بسط‌یافته، می‌توان تمام این‌ها را با عنوانِ یادگیری طبقه‌بندی کرد. نوزادی که در قنداقش خوابیده پس از پانزده سال به آدمی تبدیل می‌شود که راه می‌رود، حرف می‌زند، ورزش می‌کند، می‌خواند، می‌نویسد و وظایفی پیچیده را بر عهده می‌گیرد. این‌ها اطلاعاتی کارکردی هستند که به سیستم افزوده شده‌اند و البته بدیهی است که توسط ساختارها هم حمایت می‌شوند. آن نوزاد اگر فاقد پا باشد امکان راه رفتن را از دست خواهد داد و باید از مغزی سالم برخوردار باشد تا بتواند بخواند و بنویسد.

اطلاعاتِ سیستم به دو نوعِ «ساختاری» و «کارکردی» تقسیم می‌شود که می‌توان آن‌ها را با اطلاعات ذاتی و اکتسابی مترادف گرفت.

پاره‌ی دوم: ارزش[1]

اهمیت اطلاعات در نقشی است که در فرآیندهای سیستم بر عهده می‌گیرد. اطلاعاتی خاص هنگامی که در قالب عنصر ساختاری مهم یا رابطه‌ی کارکردی حیاتی‌ای ظهور کند ارزشمند تلقی می‌شود. بنابراین ارزشِ اطلاعات به نقشی که در فرآیندهای سیستم بر عهده می‌گیرد وابسته است.

اما نقش اطلاعات چگونه در این فرآیندها تعیین می‌شود؟

می‌دانیم که سیستم مجموعه‌ای پیوسته از روندهایی است که در جریان یافتنِ ماده و انرژی و اطلاعات ریشه دارند. سیستم قلمرو محصور از جریان‌ها و نوسان‌هاست که رخدادهای ورودی را به کنش‌های خروجی تبدیل می‌کند. فرآیندهایی که هرگام از این تبدیل‌ها را انجام می‌دهند پردازش[2] نامیده می‌شوند.

---

[1] value

[2] processing

چنان‌که از نام انگلیسی این عبارت پیداست، پردازش با فرآیند پیوندی نزدیک دارد و در واقع بخشی از فرآیند است.

پردازش می‌تواند به ماده، انرژی یا اطلاعات مربوط باشد. در سیستم‌های

> «ارزشِ» اطلاعات برابر است با نقش آن در ایفای فرآیندهای سیستم.
> فرآیندهایی که تبدیل ماده، انرژی یا اطلاعات را از وضعیت رخدادها به حالت کنش‌ها هدایت می‌کنند پردازش نامیده می‌شوند. روندهای پردازشی مربوط به این سه عنصر در سیستم‌های پیچیده از هم تفکیک می‌شوند.

پیچیده، مجاری تمایزیافته‌ای برای این پردازش‌های متفاوت به وجود آمده است. در بدن یک جاندار لوله‌ی گوارش و غدد متصل به آن مرکز اصلی پردازش ماده است و مغز و دستگاه‌های حسی وظیفه‌ی پردازش اطلاعات را بر عهده دارند؛ بافت چربی و عضلانی هم برای پردازش انرژی تخصص یافته‌اند. در یک جامعه نیروگاه‌ها و مراکز توزیع سوخت و برق مجاری پردازش انرژی هستند و رسانه‌ها و نهادهای آموزشی و تحقیقاتی به پردازش اطلاعات اختصاص یافته‌اند. کارخانه‌ها و شرکت‌های ساختمانی هم پردازش ماده را انجام می‌دهند.

پاره‌ی سوم: معنا

پردازش اطلاعاتی که ارزش زیادی داشته باشد معنا تولید می‌کند. معنا[1] مانند چسبی الگوهای پردازش اطلاعاتی را به سایر فرآیندها متصل می‌کند. معنا بر نمادها سوار می‌شود و از راه پردازش نمادها ظهور می‌کند. معنا شکلی از پردازش اطلاعاتِ با ارزش است که نمادها را به فرآیندهای سیستم پیوند می‌دهد.

در نیمه‌ی نخست سده‌ی بیستم، متفکران به پیروی از سوسور گمان می‌کردند معنا با ارجاع پیوند خورده است. سوسور رابطه‌ی میان نماد و معنا را با

[1] meaning

مفهوم دال و مدلول توضیح می‌داد. از دید او، دال[1] نمادی بود که به چیزی در جهان خارج ارجاع می‌کرد و آن پدیده‌ی مورد ارجاع مدلولِ[2] آن تلقی می‌شد. معنا در رابطه‌ی دال و مدلول ریشه داشت. یعنی واژه‌ای مانند میز (دال) به چیزی در آن بیرون، یعنی میزی واقعی و عینی (مدلول)، اشاره می‌کند و در نتیجه معنا و محتوای دالِ میز مدلولِ پدیده‌ی بیرونی قابل‌مشاهده‌ی ماست.

تصور سوسوری از معنا توسط همه‌ی ساختارگرایان وامگیری شد و بسیاری از نظریه‌های سیستمی هم همین چارچوب را برای تعریف معنا به کار گرفتند. با این همه، در اواخر سده‌ی بیستم معلوم شد که رابطه‌ی معنا با دال و مدلول پیچیده‌تر از این حرف‌هاست.

از سویی، پیشرفت زیست‌شناسی مولکولی به طرح پرسش‌هایی تازه در زمینه‌ی ماهیت معنا منتهی شد. این پرسش مطرح شد که برخورد یک مولکول به گیرنده‌اش بر غشای سلول معنا تولید می‌کند یا نه؟

بار دیگر به رابطه‌ی میز با مدلولش توجه کنید. به نظر می‌رسد چیزی در آن بیرون از مجرای بینایی مشاهده‌پذیر است که با علامتی، مثلاً کلمه‌ی میز که روی کاغذی نوشته شده باشد، معرفی می‌شود. در یک یاخته‌ی منفرد هم چنین چیزی رخ می‌دهد. مولکول قندی که در سلول‌های چشایی زبان ما به گیرنده‌های خاصش متصل می‌شود و پیامی عصبی را راه اندازی می‌کند، در عمل، به نشانه‌ای (پیام عصبی) شباهت دارد که حضور مدلولی بیرونی (قند) را معرفی می‌کند. پرسش از ماهیت مولکولی معنا در دهه‌ی نود سده‌ی گذشته علمی نوپا و میان‌رشته‌ای به نام معناشناسی زیستی[3] را ایجاد کرد که در همین

---

[1] signifier

[2] signified

[3] biosemiotics

مدت کوتاه دستاوردهای چشمگیر داشته است و به طرح پرسش‌هایی بسیار جالب منتهی شده است[1].

مهم‌ترینِ این دستاوردها، که به خوبی در آثار نیکلاس لومان[2] بیان شده، آن است که معنا به رابطه‌ی سرراست میان دال و مدلول ربطی ندارد، و اصولاً چنین رابطه‌ی مستقیمی وجود ندارد. لومان مدعی است که معنا فقط در سیستم‌های خودارجاع ظهور می‌کند. این نظام‌های پردازش اطلاعات به دلیل خودارجاع بودنشان به چیزی در بیرون از خود اشاره نمی‌کنند. این سیستم‌های معنایی تنها به شبکه‌ای درهم تنیده از نمادها و نشانه‌ها منحصر می‌شوند که به شکلی بازگشتی به هم متصل شده‌اند و با فرآیندهای سیستم پیوند خورده‌اند. معنا در واقع شیوه‌ی مفصل‌بندی این جریان‌های پردازش اطلاعات با کارکردهای سیستم است. نمادها، نه به دلیل اشاره به مدلولی بیرونی، که به دلیل پیوند خاصشان با کارکردهای درونی سیستم معنادار تلقی می‌شوند. البته کارکردهای یادشده می‌توانند بخش‌هایی خاص از محیط را آماج قرار دهند و برای مقابله با تنش خاصی تخصص یافته باشند. اما این بدان معنا نیست که نمادی مستقیماً به چیزی در محیط اشاره کند و معنایی مستقل از کارکردها را حمل کند. معنا فقط به درون سیستم ارجاع می‌دهد و سیستم، بسته به نقشِ این معانی در راستای حفظ بقایش، آن را ارزشمند یا بی‌ارزش و مهم یا بی‌ربط تلقی می‌کند.

به ازای دو نوع اطلاعاتی که شرحش گذشت دو نوع معنا هم می‌توان در نظر گرفت. یکی از نخستین کسانی که متوجه این تمایز شد، منطق‌دان و فیلسوفِ مشهور گوتلیب فرِگه[3] بود. فرگه در سال ۱۸۹۲ م. کتابی نوشت و در آن معنا را در دو رده‌ی مادی[4] و ذهنی[1] تقسیم کرد. از دید او معانی مادی به

---

[1] خوشبختانه حجم زیادی از مقاله‌های مربوط بـه ایـن موضـوع بـر شـبکه‌ی اینترنـت بـه صـورت آزاد قابل‌دستیابی است. کافی است کلیدواژه‌ی Biosemiotics را در اینترنت جستجو کنید.

[2] Niklas Luhmann (1927-1998)

[3] Gottlob Frege (1848-1925)

[4] material

چیزهایی مادی و سخت در جهان خارج ارجاع می‌کردند و معانی ذهنی به عواطف و احساساتِ «نرم» درونی و حوادثی روانی مربوط می‌شدند.

چنین می‌نماید که معنا هم، مانند اطلاعات، باید به دو شکلِ ساختاری و کارکردی وجود داشته باشد. معنای ساختاری محصولِ پردازش اطلاعات ساختاری است. همه‌ی ما آدم‌ها در گردن‌مان عضله‌ای داریم به نام ماهیچه‌ی جناغی–چنبری–پستانی (یا به تعبیر علمی‌اش: Sternocleidomastoid[2]) که استخوان ترقوه را به پایین جمجمه متصل می‌کند و سر را روی گردن حرکت می‌دهد. این عضله، بخشی از ساختار کالبدی ماست و مقدار مشخصی اطلاعات در آن نهفته است. شکلِ آن، جایگاهش و ارتباطاتش با سایر استخوان‌ها، اعصاب و عضله‌ها شبکه‌ای از روابط اطلاعاتی را پدید می‌آورد که در جریان بازتولید شدنش، به شکلی دایمی، بازتعریف و پردازش می‌شود. «معنای» این عضله بر مبنای نقشی تعریف می‌شود که در فرآیندهای حرکتی بدن ایفا می‌کند. خم شدن سر روی گردن و چرخیدن‌اش به سمت مقابل «معنای» عضله‌ی جناغی–چنبری–پستانی است.

به همین ترتیب از اطلاعات کارکردی هم می‌توان سخن گفت. اطلاعات کارکردی بیش از آن‌که به رخدادها مربوط شود در کنش‌ها ریشه دارد. پردازش اطلاعاتی که روابط سیستم را دگرگون می‌کنند زیربنای این معانی را می‌سازند و به همین دلیل هم بخش عمده‌ی آنچه ما در قالب مفهومِ رایج معنا می‌فهمیم به این بخش مربوط می‌شود. پردازش نمادهای زبانی، رمزگان نوشتاری و حرکاتِ معناداری مانند خندیدن و گریستن به این قلمرو از معانی تعلق دارند. به این ترتیب، تقسیم‌بندی ما شباهتی با پیشنهاد فرِگه پیدا می‌کند، هرچند بر مفهومی به کلی متفاوت از معنا متکی است.

---

[1] ideal

[2] اگر حفظ کردن این کلمه برایتان دشوار است، می‌توانید از اسم فارسی‌اش استفاده کنید: ترقوه!

خارکویچ[1] یکی از دانشمندانی بود که به پیروی از فرگه برای ارزش اطلاعات هم تقسیم‌بندی مشابهی را پیشنهاد کرد. از دید او ارزش اطلاعات را هم می‌توان به دو رده‌ی مادی و ذهنی تقسیم کرد. ارزش‌های مادی به بقا و تولید مثل سیستم مربوط می‌شوند و ارزش‌های ذهنی چیزهای دیگری مانند معانی زبانی و فرهنگی را در بر می‌گیرند. در میان نظریه‌پردازان جدیدتر، مشهورترین کسی که این رده‌بندی را پذیرفته آلکسی شاروف[2] است که از بنیانگذاران معناشناسی زیستی محسوب می‌شود.

توجه داشته باشید که این تقسیم‌بندی از ارزش اطلاعات با رده‌بندی پیر بوردیو[3] از سرمایه هم شباهت دارد. بوردیو معتقد بود در جوامع انسانی دو شکل از سرمایه وجود دارد: سرمایه‌ی مادی که کالاهای مادی و اقتصادی را در بر می‌گیرد و سرمایه‌ی فرهنگی که به دانش و تربیت‌یافتگی فرد مربوط می‌شود. به این ترتیب، افرادی که پول یا سوادِ زیادی دارند در دو گروهِ متمایز از نخبگان اجتماعی –مثلاً بازاری‌ها و روشنفکران– جای می‌گیرند. روش تحصیل این دو نوع سرمایه‌ی اجتماعی هم متمایز و معمولاً جمع‌ناپذیر است. برای تحصیل سرمایه‌ی مادی، فرد باید به تجارت یا صنعت روی آورد؛ در حالی که سرمایه‌ی فرهنگی از راه تحصیل و گردآوری نمادهای دانایی، مانند مدرک، ممکن می‌شود.

طبقه‌بندی خارکویچ و آرای بوردیو از دید ما نیز معنادار هستند. آنچه خارکویچ ارزش مادی می‌نامد ارزشی است که به اطلاعات ساختاری مربوط باشد. ارزشِ ترقوه برای سیستم بدن ما کمتر از ارزش جمجمه است. سیستم ما می‌تواند ترقوه‌ای خردشده را تحمل کرده و آن را تا حدودی ترمیم کند، اما جمجمه‌ی خردشده احتمالاً به نابودی سیستم منتهی خواهد شد. به این ترتیب، به نظر می‌رسد پیوند میان اطلاعات ساختاری و ارزشِ نهفته در آن با بقا آشکار

---

[1] Maxim V. Kharkevich
[2] Alexei Sharov
[3] Pierre Bourdieu (1930-2002)

باشد. از سوی دیگر، اطلاعات کارکردی ارزشی ثانوی دارند. چنان‌که گفتیم، کارکرد به زمینه‌ی ساختار نیازمند است و بنابراین بدون حضور حداقلی از ساختار حضور کارکرد ناممکن می‌شود. ارزش اطلاعات کارکردی بیشتر در قالب معانی سیال و پویایی مانند مفاهیم زبانی و حالات روان‌شناختی مثل لذت و رنج تجلی پیدا می‌کند.

سرمایه‌ی اقتصادی و فرهنگی هم به خوبی با همین دو وجه از ارزش منطبق هستند. کافی است به وجه غالبِ هریک از این دو سرمایه بنگریم تا خاستگاه‌هایشان برایمان آشکار شود. سرمایه‌ی اقتصادی، در ساده‌ترین حالت، در قالب دستیابی به غذا قابل‌تعریف است و محمل اصلی سرمایه‌ی فرهنگی زبان است. به این ترتیب، این دو عاملِ ساختاری و کارکردی –غذا و زبان– محمل دو نوع ارزشِ معنایی می‌شوند و موضوع انشاهای قدیمی ما موضوعیت پیدا می‌کند که: علم بهتر است یا ثروت؟

سیستم خودارجاع بر مبنای این مجموعه‌ی دوقطبی از پردازش اطلاعات ساختاری و کارکردی امکانِ بازنمایی محیط و خود را پیدا می‌کند. تنها سیستمی می‌تواند از عهده‌ی این وظیفه برآید که پیچیدگی‌اش از آستانه‌ی مشخصی گذشته باشد؛ آستانه‌ای که برای تفکیک ساختار از کارکرد و تمایز یافتنِ الگوهای پردازش اطلاعات در این دو و در نتیجه تفکیک معانی ساختاری و کارکردی و خودارجاع شدنِ نهایی آن‌ها مورد نیاز است. در واقع، تفکیک ساختار و کارکرد از هم و رابطه‌ی بازگشتی آن دو با یکدیگر نخستین گامی است که سیستم در راهِ خودارجاع شدنش بر می‌دارد.

«معنا» شکلی از پردازش اطلاعات با ارزش است که نمادها را به فرآیندهای سیستم پیوند می‌دهد.

پاره‌ی چهارم: جفت‌های متضاد معنایی

اهل معنی گر به گفت و گو نفس فرسوده‌اند
هم به قدرِ جنبشِ لب دست بر هم سوده‌اند
زیر سنگ است از من و ما دامنِ آزادی‌ام
آه از این رنگی که بر بوی گُلم افزوده‌اند
بیدل این عیش و غم و عجز و غرور و مهر و
از ازل اینسان که موجودند با هم بوده‌اند

هنگامی که کسی زیبایی را به عنوان چیز زیبا به رسمیت می‌شناسد، پیش از آن زشتی وجود داشته است. هنگامی که کسی خوبی را به عنوان چیزی خوب به رسمیت می‌شناسد، پیش از آن بدی وجود داشته است. بودن و نبودن در کنار هم پدیدار می‌شوند. درازی و کوتاهی در کنار هم تفکیک‌پذیرند. بلندی و پستی در کنار هم ایجاد می‌شوند. «قبل از این» و «بعد از این» دو توالی متقابل‌اند.

لائو تسه

شناسایی نمادها و معنادهی به آن‌ها در سیستم‌های خیلی ساده با ارجاع به محیط ممکن می‌شود. مثلاً باکتری ساده‌ای که در محیطی آبی شنا می‌کند به تدریج می‌آموزد که اتصال قند به پروتئین‌های گیرنده‌ی قند در غشاء سلولی خود را نمادِ حضور غذا بداند. این نمادگذاری در واقع از بطنِ رابطه‌ی رخداد و کنش بیرون آمده است. حضور قند در محیط بیرون نمادِ وجود غذا (یعنی قند) است. بنابراین در ساده‌ترین حالت، نماد/ معناها به چیزی ارجاع می‌دهند که در اصل بخشی از خودشان است. در سیستم‌های ساده، نماد/ معنا بخشی شاخص از فرآیندی است که نمایندگی‌اش می‌کند.

از اینجا یک نکته‌ی مهم نتیجه می‌شود و آن هم این‌که نمادها و معانی در ذات خویش خودارجاع هستند. یعنی خودشان به خودشان اشاره می‌کنند. این امر

خاصیتی همان‌گویانه[1] به معانی می‌بخشد. گزاره‌هایی که چیزی جز خود را بیان نکنند همان‌گو نامیده می‌شوند. مثلاً جمله‌ای مثلِ «آنچه روی میز است بر روی میز قرار گرفته است» گزاره‌ای همان‌گوست. نماد/ معناها هم به همین ترتیب همان‌گو هستند. یعنی هر کدامشان به چیزی اشاره می‌کنند که در واقع با خودشان هم‌ارز است.

اما در سیستم‌های پیچیده‌تر اوضاع فرق می‌کند. در این نظام‌ها نماد/ معنا می‌تواند به طور مستقیم به فرآیندِ مربوط به خود ارجاع ندهد. کلمه‌ی میز در جریان مجموعه‌ای از پردازش‌های عصبی در منطقه‌ی گیجگاهی نیمکره‌ی چپِ قشر مخ پدید می‌آید و با پردازش‌های عصبی ناحیه‌ی پس سری[2] که دیدنِ میز را ممکن می‌کنند ارتباط غیرمستقیم و بغرنجی دارد. بنابراین کلمه‌ی میز مستقیماً به چیزی محسوس اشاره نمی‌کند. کلمه‌ی میز نمادی است که به نمادی دیگر ارجاع می‌دهد. در مغز فلان تغییر شیمیایی بدون واسطه بر خودش دلالت نمی‌کند، بلکه فلان تغییر شیمیایی به فلان شلیک عصبی و ترشح بهمان ناقل عصبی منتهی می‌شود که پس از چرخه‌ی بازگشتی طولانی‌ای بار دیگر به خودش باز می‌گردد و در این میان معنای این مجموعه از نمادها تفسیر می‌شود.

سیستم‌های پیچیده شبکه‌ای خودارجاع از نماد/ معناها را در خود پدید می‌آورند که ارتباطات درونی‌شان بسیار انبوه‌تر و متراکم‌تر از ارجاعاتی است که به بیرون می‌دهند. این بدان معناست که ارجاعات درونی این سیستم‌های نمادین–معنایی تفاوتی کیفی با ارجاعات بیرونی‌شان پیدا می‌کند.

سیستمی که از چنین شبکه‌ی نمادین غنی و پیچیده‌ای در درون خود برخوردار است با مشکلی جدید روبرو می‌شود و آن چگونگی سازماندهی و مدیریتِ فرآیندهای حاکم بر این مجموعه است. سیستم باید بتواند پویایی

---

[1] tautologic

[2] left temporal cortex

نمادها و معناها را در درون خود سازماندهی کند و پردازش اطلاعات را در مسیرها و گذرگاه‌های خاصی محدود نماید.

راهِ عمومی حل این مشکل رده‌بندی نماد/ معناهاست. این عناصر هم می‌توانند مانند سایر چیزها بر اساس شباهت‌ها و تفاوت‌هایشان طبقه‌بندی شوند و در قالب خوشه‌هایی منسجم و همبسته به کار گرفته شوند. این کار در واقع نوعی تخصصی شدنِ سیستم پردازنده‌ی اطلاعات است.

ساده‌ترین راه برای رده‌بندی نمادها آن است که بر مبنای موضوع ارجاعشان طبقه‌بندی شوند. یعنی نمادهایی که به رخدادها/ پدیده‌هایی یکسان در محیط/ سیستم اشاره می‌کنند در یک رده قرار بگیرند. این کار، در ابتدایی‌ترین سطح، معناها و نمادهایی را به هم متصل می‌کند که بر حضور یا عدم حضور رخداد خاصی دلالت دارند. این نماد/ معناهایی را که به حضور و غیاب چیزها و رخدادها اشاره می‌کنند جفت متضاد معنایی می‌خوانیم. جفت‌های متضاد معنایی شکست‌های تقارنی معنایی هستند که چیزها/ رخدادها را به دو وضعیتِ هست/ نیست می‌شکنند. نظام‌های شناختی با تعریف کردنِ غیاب (که در واقع وجود ندارد) در برابر حضور (که تنها دستمایه‌ی حواس است) به تقابل دو نیروی هم‌زور اشاره می‌کنند که یکی از آن‌ها (نیستی/ غیاب/ عدم) در اصل آفریده‌ی خودِ سیستم است. سیستم‌های نمادین–معنایی با خلق جفت‌های متضاد معنایی در حاشیه‌ی هستی زمینه‌ای از نیستی ترشح می‌کنند تا در کنار آن هستی مشاهده‌پذیر شود.

جفت‌های متضاد معنایی زیرساخت‌های شناخت ما را تشکیل می‌دهند. همه‌ی ما پدیده‌ها را در زمینه‌ای از قطب‌های مقابل هم درک می‌کنیم؛ روز و شب، تاریک و روشن، دیر و زود و شبکه‌های متداخلِ دیگری از معانی از مجرای قالب‌بندی شدن در میانه‌ی این دوگانه‌های متضاد فهمیدنی می‌شوند. جفت‌های متضاد معنایی را در حوزه‌های گوناگونی می‌توان تشخیص داد. بدن جانداری که دو وضعیت اصلی زنده و مرده را از خود نشان می‌دهد، هویتی روانی که خواب یا بیدار، شاد یا غمگین و ابله یا خردمند است و جامعه‌ای که پویا یا ایستا، نیرومند

یا ضعیف و سنتی یا مدرن می‌نماید، همگی سیستم‌هایی هستند که با شبکه‌ای از جفت‌های متضاد معنایی خود را بازنمایی و تفسیر می‌کنند.

کلود لوی استروس، مردم‌شناس ساختارگرای مشهور، یکی از کسانی بود که بر اهمیت این جفت‌های متضاد معنایی تأکید بسیار داشت. او ماهیت دوگانه‌ی امور قدسی در ادیان گوناگون (خدا در برابر شیطان، اهورامزدا در برابر اهریمن، مردوک در برابر تیامت و...) را نشانه‌ی جهانی بودن این قطب‌ها می‌دانست. او این جفت‌ها را در زمینه‌هایی به ظاهر حیرت‌آور تشخیص می‌داد. مثلاً مفهوم پخته و خام را در نظام‌های آشپزی متضادِ هم می‌دانست.

سخن بسیاری از اندیشمندان دیگر را هم می‌توان به کمک این مفهوم بهتر درک کرد. مثلاً کانت معتقد بود که سه حوزه‌ی معرفتی مستقل و متمایز در آدمیان دیده می‌شود که قابل‌تحویل به یکدیگر نیستند. این سه قلمرو عبارت بودند از علم، اخلاق و هنر. از دید کانت، سه نوع قوه‌ی نقدِ شناخت‌شناسانه، اخلاقی و زیبایی‌شناسانه در همه‌ی آدمیان وجود دارد.

در مدل ما حرف کانت این‌طور تفسیر می‌شود که سه نوع جفت متضاد معنایی اصلی در میان همه‌ی آدمیان مشترک است: درست/ نادرست که علم را می‌سازد، خوب/ بد که مبنای اخلاق است و زیبا/ زشت که زیربنای هنر را تشکیل می‌دهد. البته می‌توان جفت‌های متضاد معنایی دیگری را یافت و حوزه‌های دیگری از معرفت را بر مبنایشان تشخیص داد. زنده/ مرده مبنای زیست‌شناسی و فرد/ جامعه مبنای جامعه‌شناسی است. قوی/ ضعیف شالوده‌ی علم سیاست و مقدس/ نامقدس محور دانش الاهیات را بر می‌سازد.

مخالفت نظام‌های معنایی با یکدیگر می‌تواند به صورت رقابت سیستم‌های شناختی برای تعریفِ جفت‌های متضاد معنایی مهم فهمیده شود. نبرد رویکردهای سیاسی چپ و راست دعوای هواداران دو طرف جفت متضادِ معنایی کشمکش/ وفاق است. جفتِ آتمن/ برهمن زمینه‌ی اختلاف هندوها و بودایی‌ها و اعتقاد به یکی از دوسویه‌ی باور/ ساختار دلیل صف‌بندی ساختارگرایان و کارکردگرایان است.

تأثیر این جفت‌های متضاد معنایی گاه چنان عمیق است که خودِ جفت معنایی از یادها می‌رود اما صف‌بندی‌های ناشی از آن در زمینه‌ی سیستم‌ها باقی می‌مانند. امروز کسی نمی‌داند جفت متضاد معنایی محوری در دعوای نعمتی‌ها و حیدری‌ها، دو فرقه‌ی صوفیه در اواخر دوران صفوی، چه بوده است، اما همه از دعواهای حیدری/ نعمتی چیزهایی شنیده‌ایم. این بدان معناست که گاه جفت‌های اولیه از میان می‌روند و جای خود را به جفت‌های جدیدی می‌دهند که در ابتدا به صورت حاشیه‌ی جفت‌های اولی شکل گرفته و به تدریج بر متن آن چیره می‌شوند.

بسیاری از کسانی که در جبهه‌های مخالف عقیدتی قرار دارند از میان یک زوج معنایی متضاد گزینه‌ای متفاوت با حریفان خود را برگزیده‌اند. گه‌گاه این انتخاب به معرفی جفت معنایی نوینی می‌انجامد؛ چنان‌که مثلاً زرتشت با معرفی جفت اهورامزدا/ اهریمن، رقیبانش را که به جفتِ اَسورَه/ دیو اعتقاد داشتند از میدان به در برد[1] یا داروین که با جفت متضاد شایسته/ ناشایسته بر دوقطبی ذاتی/ اکتسابی لامارک چیره شد.

با این همه، به ندرت کسی پیدا می‌شود که خودِ ماهیتِ جفت‌های متضاد معنایی را مورد انتقاد قرار دهد. از نخستین کسانی که چنین کاری را انجام دادند اندیشمندان مکتب تائو در چینِ دو هزار و پانصد سال پیش بودند. لائوتسه، که نقل قول‌هایی از او را در این نوشتار آورده‌ایم، بنیانگذار این مکتب محسوب می‌شود و مکتب جدیدترِ ذن، که در ایران شهرت بیشتری دارد، ادامه‌ی آن است. استادان ذن اصولاً به بحثِ هواداری از یکی از این قطب‌های متضاد وارد نمی‌شدند و به طور زیربنایی اعتبارِ این جفت‌های متضاد معنایی و ضدیت دوسویه‌شان را زیر سؤال می‌بردند. مشابه این کار را فمینیست‌ها با تردید در

---

[1] ایرانی‌های پیش از زرتشت –مانند هندوان– اعتقاد به دو گروه از موجودات آسمانی داشتند: اَسورَه‌ها و دِوَه‌ها. زرتشت این مجموعه‌ی خویشاوند از خدایان متکثر را به یک خدای نیکی و یک خدای بدی تحویل کرد و آن‌ها را در قالب فرشته/ آهوراها و دیوها به مرتبه‌ی موجوداتی دون‌پایه‌تر که مخلوقِ آن دو خدای اصلی بودند فرو کاست.

جفت متضادِ نر/ ماده و زن/ مرد (به شکلی ایدئولوژیک و با پررنگ کردن مجدد همین تضادها!) انجام دادند و شالوده‌شکنانِ[1] جدیدتری مانند ژاک دریدا[2] آن را به کل مفاهیم زیربنایی تمدن مدرن تعمیم داده‌اند.

در سیستم‌های ساده همه‌ی نمادها به رخداد/ کنش‌هایی اشاره می‌کنند که خودشان بخشی از آن هستند. بنابراین نمادها در ذات خود همان‌گویانه هستند.

مجموعه‌ی خودارجاع نمادها در سیستم‌های پیچیده شبکه‌هایی چنان متراکم را ایجاد می‌کنند که ارجاعات درونی‌شان با اشاره‌های بیرونی تفاوتی کیفی پیدا می‌کند. نتیجه‌ی این تمایز شکل‌گیری «جفت‌های متضاد معنایی» در درون مجموعه‌ی نمادهاست. این امر پردازش اطلاعات و سازماندهی معنا/ نماد را ممکن می‌سازد.

جفت‌های متضاد معنایی در سطوح اجتماعی گرایش‌های فکری و عقیدتی متفاوت را از هم جدا می‌کند.

[1] deconstructionists

[2] Jacque Derrida (1930-2004)

گفتار چهارم: آگاهی

پاره‌ی نخست: مشاهده

سیستم به کمک بازنمایی امکان می‌یابد وضعیت موجود را در نظام خودارجاع درونی خویش تصویر کند. این تصویر را مشاهده[1] می‌نامند. مشاهده ایجاد معنا از راه بازنمایی وضعیت موجود است.

مشاهده فرآیندی است که طی آن سیستم جایگاه خویش بر فضای حالت را تشخیص می‌دهد و بر گزینه‌های رفتاری رویارویش آگاه می‌شود. درک گزینه‌های رفتاری رویارو به معنای شناسایی محیط و روندها و رخدادهای جاری در آن است. مشاهده به دلیل پایبندی‌اش به زمانی خاص و تأکیدش بر حالت موجود بیشتر از ساختار مایه می‌گیرد و آماجش رخدادها هستند.

در جهانِ زنده، تمام آنچه در اندرکنشِ دستگاه‌های حسی با محرک‌های بیرونی و درونی سیستم رخ می‌دهد مشاهده است. چشمی که منظره‌ای را می‌نگرد، مانند جامعه‌ای که درباره‌ی موضوعی خاص آمار می‌گیرد، به مشاهده مشغول است.

---

[1] observation

«مشاهده» ایجاد معنا از راه بازنمایی وضعیت موجود و رخدادها است.

پاره‌ی دوم: انتظار[1]

سیستمی که می‌خواهد با تنش‌های محیطی سازگار شود باید، علاوه بر بازنمایی وضعیت موجود، وضعیت مطلوب را هم شناسایی کند. این کار از راه انتظار ممکن می‌شود. انتظار ایجاد معنا از راه بازنمایی وضعیت مطلوب است.

سیستم پیچیده‌ای که وضعیت موجود خود و محیط را شناخته باید از میان گزینه‌های رفتاری پیشارویش دست به گزینش بزند. این انتخاب بر نقاط تقارنِ خطراهه انجام می‌گیرند و به انتخاب مسیر از میان دوشاخه‌زایی‌های پیشاروی سیستم منجر می‌شوند. این همان کنش است.

برای دست زدن به چنین کاری، سیستم باید بتواند گزینه‌های رفتاری پیشارویش را ارزیابی کند و ارزشِ کارکردی و ساختاری هریک از وضعیت‌های ممکنِ رویارویش را تخمین بزند. این کار همان پیش‌بینی وضعیت آینده‌ی خود و محیط است و انتظارِ سیستم از آینده‌اش را برمی‌سازد. سیستم با بازنمایی آنچه در آینده رخ خواهد دارد انتظاراتی پیدا خواهد کرد که برآورده شدن یا نشدنشان کارکردهای درونی سیستم را دگرگون می‌کنند. دگرگونی کارکردها بدان معناست که روابط درونی سیستم، بسته به نتیجه‌ی کنش (سازگار شدن یا نشدن)، بازتعریف و بازسازی می‌شوند. این همان چیزی است که یادگیری خوانده می‌شود. به این شکل رابطه‌ی درونی میان کنش، کارکرد، یادگیری و روابط روشن می‌شود.

---

[1] expectation

«انتظار» ایجاد معنا از راه بازنمایی وضعیت مطلوب است.
«یادگیری» بازسازی و تطبیق ساختار و کارکردهای سیستم زیر تأثیر نتایج انتظارات است.

پاره‌ی سوم: حافظه

سیستم برای گذار از تصویرهای موجود به مطلوب به گامی بلند نیاز دارد. پیش‌بینی آنچه در آینده رخ خواهد داد تنها از راه دستکاری تصویر وضعیت موجود ممکن است. این دستکاری شیوه‌ای است که سیستم در پیش می‌گیرد تا آینده را بر مبنای حال بازسازی و در واقع «پیش‌سازی» کند. دستمایه‌ی این فن بهره‌گیری از اطلاعاتی است که از مسیر گذشته‌ی خطراهه در دست است.

برای پیش‌بینی آینده، سیستم باید به تصویرهای قبلی‌اش از «وضعیت‌های موجودِ پیشین» بنگرد و نتایج حدس‌های آینده‌نگرانه‌اش را و وضعیت‌های موجودِ پیامد آن را بازبینی کند. تنها راهِ دستیابی به چشم‌اندازی روشن از آینده چشم دوختن به گذشته است. از این رو سیستم باید انتظاراتش را بر زمینه‌ی مشاهداتش استوار کند.

پیش‌شرط این کار وجودِ بایگانی‌ای از اطلاعاتِ کارکردی و ساختاری گذشته‌ی سیستم است. سیستم باید بتواند علاوه بر ارجاع کردن به خود در زمان حال به وضعیت‌های گذشته‌ی خود نیز ارجاع کند. خودارجاعی ذاتی زمان‌مند و تاریخ‌مدار دارد و در تنیدگی گذشته و حال و آینده ریشه دارد.

اطلاعات ساختاری، چنان‌که گفتیم، در قالب دگرگونی‌های عناصر و روابط منجمد می‌شود و در سیستم باقی می‌ماند. ساختار سیستم در واقع محصول رسوبِ دایمی اطلاعات ساختاری در گذر زمان است. به این ترتیب، ساختارِ حال تا حدودی بایگانی ساختارهای گذشته‌ی سیستم را هم به دست می‌دهد. در سیستم‌های خودارجاع جغرافیا همان تاریخ است.

اما اطلاعات کارکردی متکی بر روابطی سیال و پویا هستند، آن‌ها به سرعت

از میان می‌روند و در مسیر زمان دگرگون می‌شوند. ساختار به رخدادهایی تکرارپذیر مسلح است که باقی ماندنشان اطلاعاتی پایدار را هم در خود نگه می‌دارد. اما کنش‌های سازنده‌ی کارکرد حوادثی وابسته به زمان و تاریخ‌مند هستند که تکرارناپذیرند. به این ترتیب، پیدا کردن راهی برای نگهداری اطلاعات کارکردی مشکل اصلی سیستم‌های پیچیده است.

سیستم‌های پیچیده این مشکل را با ابداع حافظه حل کرده‌اند. آنچه مسلم است، به دلایلی که گذشت، سیستم‌های پیچیده کارکرد توانایی نگهداری اطلاعات را ندارند؛ از این رو اطلاعات کارکردی هم باید به شکلی در ساختارها ذخیره شوند. اما این ساختارهای نگهبانِ اطلاعاتِ کارکردی با بقیه‌ی بخش‌های ساختار تفاوت‌هایی دارند. این‌ها بخش‌هایی هستند که اطلاعاتی فشرده و حجیم را در عناصر و روابط خود حفظ می‌کنند و آماده‌اند تا آن‌ها را در شبکه‌ی کارکردها به جریان بیندازند. این گرانیگاه‌های اطلاعاتی ساختار جایگاه‌هایی هستند که اطلاعات ساختاری و کارکردی در آن با هم مفصل می‌شوند. در همین مراکز است که ساختار به کارکرد می‌پیوندد. این ساختارهای ویژه‌ی هضم‌شده در دل کارکردها حافظه[1] نام دارند. حافظه بخشی از ساختار است که برای نگهداری اطلاعات کاربردی تخصص یافته است.

حافظه همواره محملی مادی و فیزیکی دارد؛ چرا که از جنس ساختار است و باید بتواند اطلاعات را بر زمینه‌ای سخت و محکم حک کند. پیچیدگی ساختاری این حافظه‌ها هم بیشینه است؛ یعنی اطلاعات ساختاری موجود در آن‌ها بسیار متراکم است؛ چرا که باید بتوانند زنجیره‌ای از روابط و کارکردها را حمایت کنند.

کارکردها، وقتی از حدی پیچیده‌تر شوند و شبکه‌ی ارجاع‌هایشان به خود از حدی انبوه‌تر شود، در قالب ساختارهایی که نقش بایگانی را ایفا می‌کنند متبلور می‌شوند. جنس این مراکز حافظه اهمیتی ندارد. کارکردهای بیوشیمیایی در قالب ماده‌ی ژنتیکی، کارکردهای عصب‌شناختی و روانی در قالب سیم‌کشی‌های

---

[1] memory

نورونی و کارکردهای اجتماعی در قالب قوانین و نوشتارها و حقوق مدنی متبلور می‌شوند. حافظه محمل اصلی یادگیری است. فضای حالت یادگیری جذب‌کننده‌ای ساختاری دارد که همان حافظه است.

پاره‌ی چهارم: تعمیم

سیستمی که به حافظه مسلح باشد می‌تواند مشاهده‌ها را دستمایه‌ی انتظارها قرار دهد. برای این کار باید الگوها و روندهای حاکم بر رفتار خطراهه و محیط به شکلی ساده و انتزاعی و شناختنی صورتبندی شوند و به عنوان قواعد راهنمایی برای انتخاب رفتارهای آینده عمل کنند. در اینجا عملاً سیستم همان کاری را می‌کند که ما هنگام تولید علم انجام می‌دهیم. سیستم قوانینی انتزاعی را با نادیده انگاشتن تفاوت‌ها و تأکید بر شباهت‌ها استخراج می‌کند. یعنی در جفت متضاد معنایی شباهت/ تفاوت طرفِ اولی را می‌گیرد. به این شکل قوانینی به دست می‌آید که در واقع محصولِ تحویل کردنِ خطراهه به خطی ساده با معادله‌ای شسته و رُفته است. تبدیلِ مشاهده به انتظار از راه فرآیندی به نام تعمیم ممکن می‌شود. تعمیم تمرکز بر شباهت‌ها و نادیده انگاشتنِ تفاوت‌ها برای استنتاج انتظارها از مشاهده‌هاست.

تعمیم روشی است که به کمک آن اطلاعاتِ آشفته و پراکنده‌ی گذشته در قالب قواعدی منظم و مدون طبقه‌بندی می‌شوند و برای پیش‌بینی آینده و شکل دادن به انتظارها کاربرد می‌یابند. از این روست که تحویل‌انگاری و تمایل به ترجیح قانون بر بی‌نظمی، شباهت بر تفاوت و نظم بر آشوب چنین در نظام‌های خودارجاعی مانند روانِ انسان، جامعه و زبان ریشه‌دار است.

تعمیم فرآیندی است که به کاسته شدن از پیچیدگی محیط و افزوده شدن بر پیچیدگی سیستم منتهی می‌شود. رده‌بندی اطلاعات مربوط به گذشته و نادیده انگاشتنِ تفاوت‌ها پیچیدگی محیط را (البته از دید سیستم) کم می‌کند و استفاده از قواعد به دست آمده برای پیش‌بینی آینده و ایجاد انتظار اطلاعاتی

نوظهور است که زمینه‌ای برای یادگیری بیشتر فراهم می‌کند و از این رو پیچیدگی سیستم را می‌افزاید. به این تعبیر، می‌بینیم که سیستم خودارجاع ماشینی است که پیچیدگی خود را به بهای افزایش آشفتگی محیط زیاد می‌کند.

کودکی که می‌آموزد با شنیدنِ نام خود از زبان هرکسی به سوی وی برگردد، دانشمندی که با مقایسه‌ی داده‌هایی آماری به قانونی دست می‌یابد، جامعه‌ای که از راه‌حلی جا افتاده (مانند انتخاب کدخدا از میان سالخوردگانِ ده) برای حل مشکلی نوظهور (تشکیل پارلمان مشروطه) استفاده می‌کند، در حال تعمیم دادن است.

«تعمیم» تمرکز بر شباهت‌ها و نادیده انگاشتنِ تفاوت‌ها برای استنتاج انتظارها از مشاهده‌هاست.

پاره‌ی پنجم: هم‌ریختی

سیستم می‌تواند بر مبنای مشاهده و مقایسه‌ی ساختار سیستم‌هایی که در محیط قرار دارند دست به تعمیم بزند. در این حالت، با تأکید بر شباهت‌ها و چشم‌پوشی از تفاوت‌ها، شکلی از تقارن را در میان سیستم‌ها تشخیص می‌دهد و آن را همچون دستاویزی برای عبور از جزء به کل مورد استفاده قرار می‌دهد. این شباهت هم‌ریختی[1] نامیده می‌شود. هم‌ریختی محصول تعمیم شباهت ساختاری یک سیستم به سیستمی دیگر است.

سه نوع از هم‌ریختی قابل‌تصور است:

الف) هم‌ریختی عادی[2] هنگامی مشاهده می‌شود که ساختارِ دو سیستم در زمینه‌ای شباهتِ یک به یک داشته باشند؛ یعنی خطراهه‌هایشان در فضای حالت

---

[1] isomorphism

[2] prosaic isomorphism

ساختاری به شکلی باشد که با یک معادله‌ی ساده بتوان یکی را به دیگری تبدیل کرد. در این شرایط، معمولاً هر دو سیستم ساده هستند و عنصری در یکی از آن‌ها وجود دارد که به عنوان عامل تعیین‌کننده‌ی ساختار دیگر عمل می‌کند. به عنوان مثال، شباهت ساختار یک صفحه‌ی گرامافون با موسیقی‌ای که از آن ایجاد می‌شود از نوع هم‌ریختی عادی است. یک صفحه‌ی عادی گرام شیاری مارپیچی به طول ۷۵۰ متر را بر روی خود دارد که سوزن گرامافون با عبور از پستی و بلندی‌های آن ارتعاش‌هایی را ایجاد می‌کند که نت‌های موسیقی را تشکیل می‌دهند.

ب) هم‌ریختی غیرعادی[1] نوعی از شباهت الگوهای ساختاری است که با معادله‌ای ساده قابل‌تبیین نباشد. در صورتی که ساختار دو سیستم به واسطه‌ی زنجیره‌ای پیچیده از روابط و کارکردها به هم مربوط شده باشند، آن‌ها را دارای هم‌ریختی غیرعادی می‌دانند. یک مثال خوب در این مورد رابطه‌ی ژنوتیپ و فنوتیپ در جانداران است. ساختار بدن یک جاندار دارای مجموعه‌ای از صفت‌ها و ویژگی‌های کلان است که از اطلاعات ذخیره‌شده در ساختار ژنومِ آن ریشه گرفته است. با وجود این، رابطه‌ی ساده و سرراستی میان این ژن‌ها و آن ساختارها وجود ندارد. هیچ متخصص ژنتیکی نیست که بتواند با بررسی کدهای ژنتیکی یک نوزادِ انسان قیافه‌ی او را پیش‌بینی کند.

پ) هم‌ریختی مقیاسی یا برخالی[2] که در آن هریک از اجزای سیستم خواص کل را از خود نمایان می‌سازد؛ یعنی با تغییر دادن درجه‌ی درشت‌نمایی مشاهداتمان الگوهایی یکسان را در سطوح گوناگون سیستم می‌بینیم.

هم‌ریختی همواره در چارچوبی زمانی–مکانی استنتاج می‌شود. از این روست که ابداع چنین مختصاتی در سیستم حیاتی است.

---

[1] exotic isomorphism
[2] fractal isomorphism

«هم‌ریختی» محصول تعمیم شباهت ساختاری یک سیستم به سیستمی دیگر است و می‌تواند به سه نوعِ عادی، غیرعادی و برخالی وجود داشته باشد.

پاره‌ی ششم: آگاهی/ خودآگاهی

جستجو کردن ذهن با ذهن، آیا این بزرگ‌ترین اشتباه نیست؟

زبانزد ذن

سیستمی که محیط خارج را بازنمایی می‌کند بر مبنای هم‌ریختی‌های تشخیص داده‌شده در میانِ مشاهداتش دست به تعمیم می‌زند و بر مبنای این تعمیم‌ها انتظارات خویش را تنظیم می‌کند. راهبردی که سیستم از آن پس در پیش می‌گیرد یکی از گزینه‌هایی است که بر مبنای اطلاعات ساختاری و کارکردی پیشارویش قرار دارد.

در این میان، سیستم‌های خودزاینده‌ی ساده‌تر فقط موقعیتی از خویش و محیط را بازنمایی می‌کنند و با توجه به الگوی یادشده موقعیت موجود و مطلوب خویش را از آن استخراج می‌کنند. یعنی از نمادها و معانی استفاده می‌کنند، اما کاربرد آن‌ها را به تنظیم خوشه‌های به‌هم‌مرتبطِ رخداد و کنش منحصر می‌دانند. چنین سیستم‌هایی نسبت به رخدادهای محیط آگاه هستند. آگاهی[1] عبارت است از بازنمایی نمادینِ خود و محیط در سیستم‌های خودزاینده، به شکلی که تداوم فرآیندهای منتهی به بقا در آن‌ها ممکن شود.

برخی از سیستم‌های خودزاینده چنان پیچیده شده‌اند که برخی از زیرواحدهایشان به صورت نوعی سیستمِ مستقل و خودمختار عمل می‌کند.

---

[1] awareness

روابط بازگشتی در این زیرواحدها به قدری انبوه و تراکم اطلاعات در درون این نظام‌ها به قدری بالاست که رفتار زیرسیستم را از کل سیستم منفک می‌سازد.

در صورتی که چنین اتفاقی در مورد نظام نماد/ معناها رخ دهد، زیرواحدی خودسازمانده و مستقل وظیفه‌ی بازنمایی محیط و درونِ سیستم را بر عهده می‌گیرد. این بدان معناست که بخشِ نمادین/ معنایی همچون ساز و کاری مستقل عمل می‌کند، بخشی که سیستمِ مادر –یعنی مجموعه‌ی بزرگ‌تری که این نظام معنایی به صورت جزئی از آن عمل می‌کند– را همچون محیط می‌نگرد و آن را بدان شکل بازنمایی می‌کند.

سیستم‌هایی که زیرواحد نماد–معنایی‌شان چنین پیچیده باشد، علاوه بر بازنمایی نمادینِ محیط، خود را نیز بازنمایی نمادین می‌کند. این بدان معناست که علاوه بر رمزگذاری پدیده‌های استخراج‌شده از محیط، پدیده‌های درونی را هم رمزگذاری می‌کند. در چنین شرایطی نمادها بار دیگر نمادگذاری می‌شوند و معانی مرتباً بازتعریف می‌گردند. این امر به تراکم خیره‌کننده‌ی روابط خودارجاع در روند بازنمایی می‌انجامد. در این شرایط، سیستم خود را همچون محیط «می‌بیند» و «می‌فهمد». چنین سیستمی خودآگاه است. خودآگاهی[1] شکلی از پردازش اطلاعات است که در جریان آن بازنمایی خود از خود همچون بازنمایی از محیط رمزگذاری می‌شود.

انگار سطحی از پیچیدگی که این لایه‌های پیاپی بازنمایی را پشتیبانی کند فقط در سیستم‌های زنده وجود داشته باشد. در میان زندگان هم انسان تنها سیستم شناخته‌شده‌ای است که در خودآگاهی‌اش شکی نیست. سایر سیستم‌های زنده، با وجود رفتارهای بسیار پیچیده‌ای که از خود نشان می‌دهند، از این نظر مشکوک تلقی می‌شوند. با این همه امروزه زیست‌شناسان اندکی هستند که در میان کل جانوران تنها انسان را خودآگاه تلقی کنند. آنان که خودآگاهی را ویژه‌ی انسان می‌دانند اغلب با خطایی فلسفی دست به گریبان‌اند.

---

[1] consciousness/ self-awareness

این خطا از آنجا ناشی می‌شود که سیستمِ خودآگاه، به دلیل شیوه‌ی خاصی که برای رمزگذاری خویش ابداع کرده، فقط سیستم‌هایی را خودآگاه می‌شناسد که با روشی شبیه به او خود را رمزگذاری کنند. به عنوان مثال، آدمیان به کمک ابزاری نمادین به نام زبان طبیعی جهان پیرامون خود را و خود را رمزگذاری می‌کنند. بسیاری از دانشمندان معتقدند وجودِ زبانی با همین ویژگی‌ها برای خودآگاه بودنِ سایر جانوران ضرورت دارد. این خطای خودمحورانه گاه چنان تشدید می‌شود که گروهی از محققان برخی از جمعیت‌های انسانی را هم فاقد خودآگاهی تلقی می‌کنند. مثلاً تا مدت‌ها تصور می‌شد کودکان تا پیش از تسلط یافتن بر زبان خودآگاهی ندارند. حتی عصب‌شناس مشهوری به نام هیولینگز جکسن زمانی بر مبنای تحلیل آثار هُمر ادعا می‌کرد یونانیان باستان نیز خودآگاه نبوده‌اند!

از دید مدل مورد نظر ما، خودآگاهی رخدادی سیستمی است. یعنی به ابزار و لوازم خاصی که سیستم به کمک آن خود را رمزگذاری می‌کند ارتباطی ندارد. ممکن است سیستمی مانند انسان به کمک کدهای صوتی این کار را انجام دهد و موجود دیگری از علایم بویایی یا بینایی برای این کار کمک بگیرد. بر این مبنا، در مدل ما خودآگاهی به موجوداتی که به زبان انسانی مجهزند منحصر نیست.

شواهدی در تأیید دیدگاه ما وجود دارد. از سویی، برخی از جانوران، مانند شامپانزه، گوریل و دولفین، در یادگیری زبان انسانی به شکلی جالب توجه موفق عمل می‌کنند. در عمل، زبان مشترک و مصنوعی ابداع‌شده برای ارتباط با دلفین‌ها توسط دلفین‌ها سریع‌تر آموخته می‌شود تا آدمیانی که هم‌نوعانشان طراح این زبان بوده‌اند!

از سوی دیگر، زنبورها را هم داریم که زبانِ انتزاعی و پیچیده‌ای بر مبنای علایم بینایی و شنوایی دارند. این حشرات با الگوی بال زدن و رقصیدنشان در محیط کندو می‌توانند اطلاعات دقیقی را در مورد مکان یک منبع غذا به همسایگانشان منتقل کنند.

یک آزمایش دیگر که استقلال خودآگاهی از زبان را نشان می‌دهد به شامپانزه مربوط می‌شود. می‌دانیم که اگر آینه‌ای را جلوی جانوری مانند گربه بگیریم، توهمِ رویارویی با جانوری دیگر را در او ایجاد می‌کنیم. بیشترِ ما فیلم‌های بامزه‌ی زیادی از گربه‌هایی که با عکسشان در آیینه بازی می‌کنند دیده‌ایم. این نمودی آشکار از آن است که جانور خود را همچون عناصر محیطی رمزگذاری نمی‌کند، وگرنه موفق می‌شد تصویر ذهنی خودش از خودش را با انعکاس خویش در آیینه تطبیق دهد.

اما شامپانزه‌ها در برابر آیینه رفتاری دیگر از خود نشان می‌دهند. شامپانزه‌ها هم مانند آدمیانی که در عمرشان آیینه ندیده باشند نخست از دیدن تصویر خود در آن جا می‌خورند، اما خیلی زود به آن عادت می‌کنند. اگر روی صورت یک شامپانزه لکه‌ای رنگی بکشیم و آیینه‌ای به او نشان دهیم، حیوان لکه را از روی صورت خودش پاک می‌کند، نه صورت تصویرش! این بدان معناست که شامپانزه به نوعی بازنمایی ذهنی خود را با آنچه در آیینه می‌بیند تطبیق می‌دهد؛ یعنی بازنمایی او در مغزش با تصویرش در آیینه هم‌جنس قلمداد می‌شود.

از برخی جهات، منحصر بودنِ خودآگاهی به انسان نامعقول می‌نماید. هرچند آدمی صاحب پیچیده‌ترین مغزِ شناخته‌شده در جهان است، اما این پیچیدگی به حدی نیست که تغییری چنین عظیم را توجیه کند. داروین جمله‌ی مشهوری دارد که می‌گوید: تفاوت میان انسان و سایر جانوران تنها تفاوتی کمی است و نه کیفی. دانشمندانی که این جمله را قبول ندارند، بیش از هرچیز بر خودآگاهی به عنوان تمایزی کیفی اشاره می‌کنند. با این همه، شواهدی وجود دارد که این تمایز را کم‌رنگ می‌سازد.

به لحاظ کارکردی، چنین می‌نماید که تمام جانورانی که به صورت اجتماعی پیشرفته[1] زندگی می‌کنند باید قدرت بازنمایی خود را به مثابه بخشی از محیط داشته باشند، وگرنه هماهنگی رفتارهایشان با کلیت جامعه و هم‌نوعانشان

[1] eusocial

ناممکن می‌شود. اگر این قول را بپذیریم، باید انتظار داشته باشیم شکلی از خودآگاهی در جانورانی مانند مورچگان و موریانگان هم وجود داشته باشد.

البته این‌ها همه گمانه‌زنی‌هایی غیرقطعی است که برای رفع ابهام به شواهدی بسیار بیشتر نیاز دارد.

آگاهی عبارت است از بازنمایی نمادینِ خود و محیط در سیستم‌های خودزاینده، به شکلی که تداوم فرآیندهای منتهی به بقا در آن‌ها ممکن شود.

خودآگاهی شکلی از پردازش اطلاعات است که در جریان آن سیستم بازنمایی خودش از خودش را همچون محیط بازنمایی‌اش از محیط رمزگذاری می‌کند.

«خودآگاهی» به سطحی از پیچیدگی نیازمند است که فقط در دستگاه عصبی جانوران یافت می‌شود.

بخش هشتم: تمایز

گفتار نخست: مفهوم تمایز

اگر مزاجِ بزرگان تفقدی می‌داشت
چرا کناره گرفتی ز دست و پا انگشت
موافقت اگر آیین همدمی می‌بود
ز دست‌ها ندمیدی جدا جدا انگشت

تعمیم فرآیندی است که بازنمایی سیستم را هم به بخشی از بازنمایی محیط تبدیل می‌کند. سیستم برای آن‌که بتواند خطراهه‌ی خود را تحلیل کند ناگزیر است پویایی خود و محیط را در چارچوبی یکسان بنگرد و قواعدی مشابه را در مورد هردوی آن‌ها استنتاج کند. این بدان معناست که سیستم برای بازنمایی دقیق خویش ناچار است از خود فاصله بگیرد و به خود همچون بخشی از محیط بنگرد. یعنی باید شکست پدیده‌ای را که برای شناسایی محیط به کار می‌گرفت به خود هم تعمیم دهد. سیستم از راه تعمیم دادنِ قواعد حاکم بر محیط به خود انتظارهایش را پدید می‌آورد. تعمیم محصولِ نشت کردنِ شکست پدیده به داخل مرزهای سیستم است.

این امر تنها پیامدهای شناختی به دنبال ندارد. زمانی که عناصر و روابط داخلی سیستم هم درگیر شکست پدیده شوند، مانند روندهای بیرونی، بر مبنای

شباهت‌هایشان دسته‌بندی و تفکیک می‌شوند و در خوشه‌هایی متمایز جای می‌گیرند. به این ترتیب، ساختارهای مشابه در کنار هم جای می‌گیرند و کارکردهای همگون با هم چفت می‌شوند. مرزی میان ساختارهای متفاوت و کارکردهای ناهمسان شکل می‌گیرد و سیستم پدیده‌های درونِ خود را هم می‌شکند.

نشت کردنِ شکست پدیده به درون سیستم پیامدهای بسیار مهمی به همراه دارد. سیستمی که برای شناسایی محیط رخدادهای ورودی را طبقه‌بندی می‌کرد و بخش‌های مشابه آن را به صورت پدیده‌هایی مستقل ادراک می‌کرد، به طور عمده، برکارکردهای خود متکی بود و اطلاعات کارکردی خود را برای این عملیات به کار می‌گرفت. هیچ سیستمی با مشاهده‌ی محیط تقارنِ مه‌روند را نمی‌شکند. آنچه در جریان شکست پدیده‌ی منسوب به محیط رخ می‌دهد تقسیم‌بندی و مرزبندی تصویر محیط است، نه خودِ آن. ما با نگاه کردن به جهان و تشخیص دادنِ یک آدم در زمینه‌ای از افراد او را در جهان خارج از آدم‌های پیرامونش جدا نمی‌کنیم. در آن بیرون، زمینه‌ی متقارن و درهم تنیده‌ی همیشگی مه‌روند وجود دارد و ما تنها در سطح بازنمایی‌های درونی خود است که تصویری را از تصویری دیگر جدا می‌سازیم.

اما هنگامی که شکست پدیده به درونِ سیستم نشت کند، حوادث دیگری رخ می‌دهد. در اینجا اطلاعات ساختاری با اطلاعات کارکردی در هم تنیده‌اند. سیستمی که دو زیر واحدِ خود را از هم تفکیک می‌کند و آن دو را پدیده‌هایی مستقل می‌پندارد تنها به بازی با اطلاعات در سطح بازنمایی مشغول نیست. این شکست پدیده فرآیندی است که در ساختار اثر می‌گذارد. سیستمی که اسلحه‌ی شکست پدیده را برای رویارویی با یکپارچگی گنگِ محیط ابداع کرده بود، زمانی که آن را به سوی خود نشانه رفت، گرفتارِ چندپارگی شد. شکست تقارنی که برای تقسیم‌بندی بازنمایی‌های محیطی تخصص یافته بود، آنگاه که در داخلِ سیستم پژواک یافت، به توفانی تبدیل شد که تقارن پیشینِ سیستم را درهم شکست و آن را تکه تکه نمود.

تعمیمِ یادشده مرزبندی‌هایی واقعی را در داخل سیستم ایجاد می‌کند. همان‌طور که سیستم با مرزی از محیط جدا می‌شد، خوشه‌هایی همگون از اجزای آن هم با مرزهایی از هم تفکیک شدند و شکافی که سیستم در میان خود و محیط گشوده بود به درون خودش هم راه باز کرد. به این ترتیب، تمایز[1] یافتنِ سیستم‌ها آغاز گشت. و این چنین بود که یوکاریوت‌ها از پروکاریوت‌ها مشتق شدند!

یاخته‌هایی که مانند باکتری‌های ساده فقط یک مرزِ منفرد داشتند، به تدریج، به مجموعه‌هایی عظیم از سطوح تو در تو تبدیل شدند. باکتری اولیه آبگوشتی (مشتمل بر آب و نمک و کمی مواد آلی) بود که با مرزی از جنس چربی از زمینه‌ی آبی پیرامونش جدا می‌شد. هنگامی که این سلول به یوکاریوتی پیچیده تبدیل شد، بخش‌هایی را در بر گرفت که هر یک با غشایی از بخش‌های دیگر جدا می‌شدند. هر سلول بدن ما، علاوه بر غشای سلول که آن را از محیط جدا می‌کند، اندامک‌هایی[2] مانند میتوکندری و واکوئل را هم در بر می‌گیرد که در اطراف خود غشایی دیگر دارند و خود را از زمینه‌ی سیتوپلاسمِ سلولی تفکیک کرده‌اند. برخی از آن‌ها –مثل میتوکندری– نوادگان باکتری‌هایی مهمان هستند که میلیاردها سال پیش به سلول‌های اجداد ما وارد شدند و کاملاً به این زمینه همچون محیط می‌نگریستند.

این مرزبندی درونی پدیده‌ای است که در تمام سطوح تکرار می‌شود. سلول‌ها غشای دولایه‌ای را که بین خود و جهان خارج قرار داده بودند به دور زیرواحدهای خود هم کشیدند و بدن‌ها با بافت پوششی‌ای که با همین هدف پدید آورده بودند لفافی برای اندام‌های درونی خود تولید کردند. جوامع، علاوه بر مرزبندی‌هایی که بین خودشان انجام دادند، فضای درونی خود را هم به استان‌ها و شهرستان‌ها و شهرها و محله‌ها و خانه‌ها و اتاق‌ها تقسیم کردند و زبان‌های

---

[1] differentiation

[2] organells

گوناگون، لهجه‌ها، گویش‌ها و سبک‌های شخصی حرف زدن را در دل خود پروردند.

«تمایز» تعمیمِ مرزبندی سیستم–محیط به ساختارهای درونی سیستم است. تمایز به شکست تقارن ساختاری منتهی می‌شود.

گفتار دوم: تخصص

دل از فسون تعلقِ نگاه در زنجیر
چو موج چند توان رفت راه در زنجیر

اما این مرزبندی‌ها فقط در سطح ساختارها متوقف نمی‌شوند، بلکه کارکردها را هم در بر می‌گیرند. به این ترتیب، همگام با تمایز یافتن ساختارها، کارکردها هم با هم متحد می‌شوند، خوشه‌هایی مشابه را پدید می‌آورند و میان خود با سایر کارکردها مرزهایی را بر قرار می‌کنند. این مرزها، برخلاف آنچه در مورد تمایز دیدیم، شکلی آشکار و ملموس ندارند. اما می‌توان در قالب رفتار سیستم و مرزبندی‌های اطلاعات کارکردی وجودشان را تشخیص داد.

مهم‌ترین نمود این مرزبندی‌های کارکردی به عملکردهایی مربوط می‌شود که دسته‌هایی از ورودی‌ها را در جریان شکلی خاص از پردازش به مجموعه‌ای معلوم از خروجی‌ها تبدیل می‌کنند. در سیستم‌های پیچیده‌ی خودارجاع این پیوندهای ورودی/ خروجی به تدریج تخصص می‌یابند و حالاتی ویژه و ریزبینانه را در بر می‌گیرند. این پدیده را تخصص می‌نامند.

تخصص تعمیمِ مرزبندی سیستم–محیط به کارکردهای درونی سیستم است. از راه تخصص‌یابی است که گیرنده‌های ساده‌ی غشای آمیب به گیرنده‌های متنوع و متکثرِ غشای نورون‌های ما تبدیل شده است. از این راه است که اندام‌های حسی ما به بخش‌هایی متمایز برای دیدن و شنیدن و بوییدن تقسیم می‌شوند و به این شکل است که ما فنی جدید را یاد می‌گیریم و شغل‌هایی تازه در جامعه پدید می‌آید.

تخصص در حوزه‌های گوناگونِ کارکردی دیده می‌شود و در گذر زمان همگام با پیچیده‌تر شدن سیستم افزایش می‌یابد. تخصص، آنگاه که با حافظه و یادگیری همراه شود، سیستم را نسبت به بخش مهمی از گزینه‌های پیشارویش که غیرمفید یا ناممکن پنداشته می‌شوند نابینا می‌سازد. سیستم به تدریج تنها گزینه‌هایی را تشخیص می‌دهد که در حافظه‌اش اطلاعاتی مبنی بر سودمند بودنشان را ذخیره کرده باشد.

یک مثال خوب از این پدیده در میان شطرنج‌بازان دیده می‌شود. یک شطرنج‌باز مبتدی، هنگامی که به صفحه‌ی مقابلش نگاه می‌کند، تمام حرکت‌های مجاز را می‌بیند و ناچار می‌شود برای انتخاب بهترین حرکت از میان آن‌ها وقت زیادی را صرف کند. چنین بازیکنی در حال نگاه کردن به کل فضای حالتِ پیشاروی خطراهه‌اش است. اما شطرنج‌بازان حرفه‌ای فقط به جذب‌کننده‌های فضای حالت توجه می‌کنند. یکی از دلایل سریع بازی کردنِ آن‌ها آن است که توجه‌شان را تنها بر حرکات ارزشمند متمرکز می‌کنند و سایر حرکات بد را «نمی‌بینند».

این گستره‌ی دیدِ محدودتر، اما کارآمدترِ بازیکنان حرفه‌ای، نمودی از تخصص‌یافتگی ایشان است. البته ناگفته نماند که تخصص همواره هم سودمند نیست. اگر کسی که برای بازی به سبک خاصی تخصص یافته با الگویی متفاوت با تجربیاتش روبرو شود، امکانِ توجه به بسیاری از بازی‌های خوب را از دست خواهد داد. این رازِ «شانسِ تازه‌کارها» است. این‌که تازه‌کارها در بسیاری از فعالیت‌ها خوش‌شانس و کامیاب به نظر می‌رسند تا حدودی به این دلیل است

که تخصصی در آن زمینه ندارند و گزینه‌هایی را که ممکن ولی نامرسوم هستند می‌بینند. گزینه‌هایی که با همه‌ی سادگی‌شان برای یک متخصص دور از ذهن جلوه می‌کند.

در اواخر سده‌ی نوزدهم در آخور مزرعه‌ای روستایی در آلمان جوانی یافته شد که بعدها کاسپار هاوزر[1] نام گرفت. در مورد سرنوشت این جوان تا آن موقع چیز زیادی نمی‌دانیم، فقط معلوم است که کسی او را از کودکی تا آن هنگام در همان آخور بزرگ کرده بوده و او کاملاً دور از سایر آدمیان رشد کرده و به سن بلوغ رسیده بوده است. کاسپار هاوزر، با وجود نبوغ آشکاری که داشت، نتوانست تا آخر عمرش بر زبان و مهارت‌های زیستی ساده کاملاً مسلط شود. روزی یکی از دانشمندانی که برای بررسی رفتارهایش به نزدش آمده بود از او پرسید: جزیره‌ای را مجسم کنید که در آن نیمی از مردم همیشه راست بگویند و نیم دیگر همیشه دروغ؛ حالا فرض کنید با غریبه‌ای از اهالی این جزیره روبرو می‌شوید و نمی‌دانید راستگوست یا دروغگو. شما فقط حق دارید با پرسیدن یک سؤال این مطلب را معلوم کنید، چه می‌پرسید؟

این یک پرسش منطقی ساده است که معماهای زیادی بر مبنای آن طراحی شده و الگوهای متنوعی از حل آن‌ها هم در دست است. شاید شما هم پیش از آن‌که پاسخ کاسپار هاوزر را بخوانید شروع کنید به معادله‌نویسی منطقی و به پرسش‌هایی از این دست برسید: «اگر من از مردم دروغگوی جزیره بودم خود را چگونه به تو معرفی می‌کردم؟» یا «اگر تو به گروهی متفاوت از آنچه هستی تعلق داشتی پرسش‌های مرا راست جواب می‌دادی یا دروغ؟»

اما کاسپار هاوزر بی‌توجه به تمام این معادله‌نویسی‌ها چنین گفت: «از غریبه می‌پرسم آیا تو یک ماهی سبز رنگ هستی؟ اگر بگوید بله، معلوم می‌شود دروغگوست!»

---

[1] Kaspar Hauser (1812?-1833)

تخصص‌یابی[1] امری فراگیر است. حتی همین کاسپار هاوزر معصوم هم پس از آن‌که سال‌ها در میان مردم زیست یاد گرفت به شیوه‌ی آن‌ها زندگی کند و مشکلات پیچیده‌ی آن گونه زیستن را با روش‌هایی مطمئن‌تر از شانس تازه‌کار حل کند. تخصص با وجود آن‌که با تعریفِ یادشده دامنه‌های خلاقیت سیستم را کاهش می‌دهد، اما دستیابی به سازگاری را نیز برایش ممکن می‌سازد و این چیزی است که سیستم‌ها می‌خواهند. سیستم‌ها برای باقی ماندن طراحی شده‌اند، نه برای خلاق بودن.

با این همه، نباید تخصص را امری معطوف به حقیقت‌یابی دانست. تخصص در راستای حل مسائل سیستم شکل می‌گیرد و مسائل سیستم به سازگاری و بقا مربوط هستند. سطوح گوناگونی از تخصص برای پاسخگویی به لایه‌های متفاوتی از پرسش‌ها پدید می‌آیند و هر سطح از تخصص تنها برای گشودن نوع خاصی از مسائل کارساز می‌شود. بیشتر آدم‌ها بدون این‌که درباره‌ی ساختار زیراتمی جهان چیز زیادی بدانند، در جهان زندگی می‌کنند و بی آن‌که از ریزه‌کاری‌های روندهای فیزیولوژیک بدن دوستانشان آگاه باشند با ایشان گفت و گو می‌نمایند.

«تخصص» تعمیمِ مرزبندی سیستم–محیط به کارکردهای درونی سیستم است. تخصص امکانات عملیاتی پیشاروی سیستم را کاهش داده و در عینِ ارائه‌ی راه‌حل‌های آزموده و مطمئن‌تر خلاقیت سیستم را کاهش می‌دهد.

پاره‌ی نخست: زیرسیستم

چنان‌که از این مثال‌ها برآمد، تخصص و تمایزیابی همواره در کنار هم دیده می‌شوند. تخصص بدون تمایز و تمایز بدون تخصص ممکن نیست. این دو در

[1] specialization

واقع روندهایی یگانه هستند که ما برای ساده شدنِ کار تحلیلشان آن‌ها را به این ترتیب از هم تفکیک کرده‌ایم. این تفکیک هم مانند تمایز عنصر از رابطه و کارکرد از ساختار برایمان کارآمد است، چرا که می‌توانیم روند تغییر شکل بافت‌های بدن جنین (تمایز جنینی) را مستقل از جریان مهارت‌یابی‌های عضلانی و شکل‌گیری کارکردهای جدیدش (روان‌شناسی رشد) بررسی کنیم. با این حال نگریستن به محصول اتحاد این دو نیز ارزشمند است. این محصول همان است که در قالب فرآیند پیش از این با آن برخورد داشتیم.

واحدهای مرزبندی‌شده‌ی ساختاری/ کارکردی، که معمولاً جایگاه فرآیندی خاص هم هستند، زیرسیستم نامیده می‌شوند. زیرسیستم[1] سیستمی است که محیطش سیستمی دیگر باشد و برای انجام فرآیندی خاص تخصص/ تمایز یافته باشد.

چنان‌که گفتیم، می‌توان در هر سیستم دو نوع ارزشِ از اطلاعات –ساختاری و کارکردی– را تشخیص داد. نخستین گامِ تمایز و تخصص‌یابی سیستم‌ها تفکیک این دو بخش از یکدیگر است. یکی از نخستین کسانی که به اهمیت این تمایز به شکلی سیستمی نگاه کرد ریچارد داوکینز[2] بود. او در کتاب مشهورش *ژنِ خودخواه*[3] به این موضوع اشاره می‌کند که تکثیر و تولید مثلِ ساختاری به ظاهر از پیچیده‌تر شدنِ کارکردی تمایز یافته‌اند و دو جایگاه متفاوت –ژن‌ها و دستگاه عصبی– هدایتشان را بر عهده گرفته‌اند. در سال ۱۹۸۴ م. دانشمندی به نام الدریج[4] با الهام از بحث‌های او مدلی از سیستم‌های زنده‌ی تکاملی ارائه کرد که بر مبنای آن جانداران در کلی‌ترین حالت از دو زیرسیستمِ متمایزِ همانندساز[5] و اندرکنشگر[1] تشکیل یافته‌اند. این تقسیم‌بندی از دید مدل ما

---

[1] subsystem
[2] Richard Dawkins (1941-)
[3] *Selfish Gene*
[4] Niles Eldredge (1943-)
[5] replicator

هم سودمند است و بنابراین آن را برای تفکیک کارکردهای اصلی سیستم‌های پیچیده‌ی خودارجاع به کار می‌گیریم.

الف) همانندساز زیرسیستمی است که برای فرآیندِ تولید مثل تخصص یافته است و بقای گونه‌ی سیستم را در دراز مدت تضمین می‌کند. در جانداران حافظه‌ی این سیستم از جنس مواد نوکلئوتیدی است و تنها برای جفتگیری، هماوری و تقسیم تخصص یافته است. هاگِ باکتری‌ها، سلول‌های زایای[۲] جانوران ساده‌ای مثل کیسه‌تنان و اسفنج‌ها، اندام‌های تناسلی جانوران و گلِ گیاهان نمونه‌هایی از این زیرسیستم‌ها هستند. در سیستم‌های غیرجاندار می‌توان به نهادهای تکثیر فرهنگ (آموزش و پرورش) و بدن (زایشگاه) در جوامع اشاره کرد.

ب) اندرکنشگر زیرسیستمی است که برای فرآیندِ سازگاری با تنش و چیرگی بر فشار محیط تخصص یافته است. هدف از اندرکنشگر آن است که تنش‌های لحظه‌ای واردآمده بر سیستم را دفع کند و بقای خودِ سیستم را در زمانی کوتاه حفظ کند. در جانوران حافظه‌ی این بخش از جنس شبکه‌های عصبی است و برای انجام تمام کنش‌های زیستی –به جز تولید مثل– کارآمد است. تمام پیکره‌ی سیستم‌ها به جز بخشِ همانندساز را می‌توان اندرکنشگر دانست. نهادی اجتماعی مانند ارتش و اندام‌هایی مانند چشم و قلب نمونه‌هایی از اندرکنشگرها هستند.

سیستم‌ها، گذشته از این دو زیرسیستم اصلی، واحدهای دیگری هم دارند. هر اندرکنشگرِ جاندار از مجموعه‌ای از اندام‌ها و بافت‌ها و یاخته‌ها تشکیل یافته است و هر همانندساز اجتماعی از شمار زیادی ساختمان و آدم و متن و سازمان برخاسته است. بنابراین شمار و تنوع عینی زیرسیستم‌ها بسیار بیش از آن است که در این رده‌بندی ساده دیدیم.

---

[1] interactor

[2] germinal cells

«زیرسیستم» سیستمی است که محیطش سیستمی دیگر باشد و برای انجام فرآیندی خاص تخصص/ تمایز یافته باشد. سیستم‌های پیچیده دو نوع زیرسیستم اصلی دارند: همانندساز و اندرکنشگر.

پاره‌ی دوم: ارتباط

زیرسیستم‌ها، برای آن‌که در هماهنگی با هم عمل کنند و کلیتی یکپارچه را پدید آورند، باید امکانِ تبادل با هم را داشته باشند. مرزبندی زیرسیستم‌ها، مانند مرزبندی سیستم، این امکان را فراهم می‌آورد که ورودی‌ها و خروجی‌هایی تخصص‌یافته و سنجیده با محیط تبادل شوند. اما در اینجا محیط خود زیرسیستمی دیگر است. به این ترتیب، ورودی‌ها و خروجی‌ها در زمینه‌ی شبکه‌ایِ بازخوردهای پیاپی با هم هماهنگ می‌شوند و به پیدایش نظامی ارتباطی منتهی می‌گردند. ارتباط[1] تبادل اطلاعاتی میان دو سیستم است که معمولاً از مجرای تبادل نمادها و معانی صورت می‌گیرد.

سیستم‌ها از راه ارتباط برقرار کردن رفتارهای خود را با هم هماهنگ می‌سازند. چنین به نظر می‌رسد که ارتباط برای نخستین بار برای اندرکنش میان زیرسیستم‌های یک سیستم پدید آمده و بعدها برای استفاده میان سیستم‌های مجزا تعمیم یافته باشد. این بدان معناست که سیستم‌هایی که از شدت سادگی هیچ زیرسیستمی ندارند و بنابراین فاقد ارتباطات درونی هستند آنقدر پیچیده نشده‌اند که بتوانند با سیستم‌های بیرون از خود هم ارتباط برقرار کنند.

«ارتباط» تبادل اطلاعاتی میان دو سیستم است که معمولاً از مجرای تبادل نمادها و معانی صورت می‌گیرد و به هماهنگی کارکردهایشان منتهی می‌شود.

---

[1] communication

پاره‌ی سوم: حالت

هر زیرسیستم بر مبنای شباهتی که شبکه‌ای از عناصر ساختاری و روابط کارکردی را با هم متحد می‌کند شکل می‌گیرد. نوعی تقارن در میان اجزای هر زیرسیستم برقرار است که همبستگی آن‌ها را به هم ممکن می‌کند. این تقارن، به ویژه در ساختار، به خوبی مشاهده‌پذیر است و حالت[1] یا فاز نامیده می‌شود.

حالت ساختاری است که قواعد تقارنی خاصی در گستره‌ی آن مصداق داشته باشند. بنابراین مفهومی است که در تمام سیستم‌ها قابل‌تعریف است. یک لیوان آبِ نیمه‌پر، اگر با درپوشی شیشه‌ای بسته شود، سیستمی است با دو حالت: مجموعه‌ای از مولکول‌های H_2O که با قواعد چسبندگی مولکولی به هم وصل‌اند و حالت مایع را از خود نشان می‌دهند و بخشی با حالت گاز که مجموعه‌ای از مولکول‌های اکسیژن و نیتروژن را در بر می‌گیرد که با مولکول‌های پراکنده‌ی بخار آب در حالت تعادل به سر می‌برند.

[1] phase

برای سیستم‌های پیچیده‌تر هم می‌توان مثال‌هایی پیچیده‌تر عنوان کرد. بدنِ همه‌ی ما از آمیخته‌ای از سلول‌های زنده و مرده تشکیل شده است. بخش‌هایی از بدن ما –مثلاً پوستمان– بیشتر در حالت مرده و بخش‌هایی دیگر

«حالت» ساختاری است که قواعد تقارنی خاصی در گستره‌ی آن مصداق داشته باشد.

–مثلاً مغزمان– در حالت زنده قرار دارند. قواعدی متفاوت بر هر یک از این حالت‌ها حاکم است که به طور متقارن در تمام بخش‌های آن مشاهده می‌شود. ممکن است سیستمی بیش از دو حالت داشته باشد؛ مثلاً کره‌ی زمین سیستمی است که سه زیرسیستم با حالت‌های جامد، مایع و گاز در آن وجود دارد. هریک از آن‌ها قواعد مخصوص به خود را دارند که به طور فراگیر در تمام بخش‌هایشان دیده می‌شود. فاز مایعِ آب، چه در اقیانوس باشد و چه در لیوان، قواعد فیزیکی–شیمیایی مشابهی را از خود نشان می‌دهد. زیرسیستم‌های یک مجموعه را می‌توان بر مبنای حالتشان هم رده‌بندی کرد. مثلاً می‌توان فرض کرد که بدن یک جاندار از دو حالتِ مایع (خون و لنف) و جامد (استخوان و عضله) یا زنده و مرده تشکیل شده باشد. می‌توان سیستم جامعه را هم به دو حالتِ زنده (آدم‌ها، گیاهان و جانوران اهلی) و مرده (ساختمان‌ها، اشیا و...) تجزیه کرد.

پاره‌ی چهارم: گذار حالت

حالت‌ها وضعیت‌هایی هستند که با یکدیگر به تعادلی شکننده رسیده‌اند و با این حال پایدار نیستند. هر تحولی در محیط می‌تواند باعث به هم خوردن تعادل میان حالت‌ها شود. در این شرایط ممکن است حالتی به حالت دیگری تبدیل شود.

چنین رخدادی را گذار حالت[1] می‌نامند. گذار حالت تبدیل مجموعه‌ای از قواعدِ تقارنی به مجموعه‌ای دیگر است که به گذارِ یک حالتِ پایدار به حالت پایدار دیگری منتهی شود. وقتی که آب بخار می‌شود، بدنی زنده می‌میرد، در بم زلزله می‌آید و بخار آب به باران تبدیل می‌شود، گذار حالت رخ داده است.

گفتیم که ویژگی اصلی یک حالت تقارنِ حاکم بر آن است. این تقارن بدان معناست که مجموعه‌ای از قواعد رفتاری و نظم‌های تکراری در همه‌ی بخش‌های دارای حالت مزبور قابل‌مشاهده است. برخی از این قواعد را می‌توان با معادلات ریاضی نمایش داد. گذار حالت‌ها را بر اساس درجه‌ی مشتق معادلاتی که قواعد تقارنی‌شان را صورتبندی می‌کند به دو گروه تقسیم می‌کنند:

گذار حالت‌های مرتبه‌ی اول بیشتر به قوانین ترمودینامیکی مربوط می‌شود. به عنوان مثال، تبدیل مایع به گاز (بخار شدنِ آب) نمونه‌ای از گذار حالت مرتبه‌ی اول است.

گذار حالت مرتبه‌ی دوم در سیستم‌های پیچیده‌تری دیده می‌شود که خطراهه‌شان دارای نقاط تقارنی باشند. چنان‌که گفتیم، محل پیدایش دوشاخه‌زایی را نقطه‌ی کوری می‌نامند. نقطه‌ی کوری جایی است که مقدار متغیر کلیدی خاصی در آن به آستانه‌ای بحرانی نزدیک می‌شود و سیستم در آنجا حالت بعدی خود را تعیین می‌کند. این تعیین حالت در گذار حالت‌های مرتبه‌ی دوم به گسستی در ساختار و کارکرد می‌انجامد و رفتاری نو در سیستم ظهور می‌کند. به عنوان مثال، پدیده‌ی مغناطیسی شدنِ یک تکه آهن نوعی گذارِ حالت مرتبه‌ی دوم است.

گذار حالت در سیستم‌های پیچیده نمونه‌های زیادی دارد. نمودهای این روند در ساختارها فراوان دیده می‌شود. غضروفی که به استخوان تبدیل می‌شود و ترشحات پروتئینی نیمه مایعِ غده‌ی شکمی عنکبوت که در مجاورت هوا به تار عنکبوت تبدیل می‌شود نمونه‌هایی از گذار حالت ساختاری هستند.

---

[1] phase transition

حالت در ذات خود به ساختار مربوط می‌شود، اما نمودهای گذار حالت را در کارکردها هم می‌توان دید. یک نوآموز موسیقی که پس از مدتی تمرینِ نواختنِ نت ناگهان مهارتِ قطعه‌نوازی را پیدا می‌کند، کودکی که از مرحله‌ی استفاده از واژه به مرحله‌ی جمله‌گویی جهش می‌کند و جامعه‌ای که از حالت کشاورزی سنتی به صنعتی مدرن تبدیل می‌شود نمونه‌هایی در این زمینه هستند.

در تمام گذار حالت‌ها مجموعه‌ای از متغیرهای کلیدی حضور دارند که مقدار یا ترکیبشان وضعیتی آشوبناک را در اطراف نقطه‌ی تقارن پدید می‌آورد. بیماری سرطان نمونه‌ی خوبی از این موضوع است. سلول‌های سرطانی سلول‌هایی با ساخت ژنتیکی معیوب هستند که هر روز در اثر عوامل جهش‌زای بیرونی در بدن تولید می‌شوند. اما وقتی تعداد و تراکمشان در بدن به حدی برسد که توموری بدخیم را پدید آورند و بتوانند از راه گردش خون در سایر بخش‌های بدن پراکنده شوند، بیماری سرطان ایجاد می‌شود. بدن تا آستانه‌ی خاصی اصولاً متوجه حضور این سلول‌ها نمی‌شود، چون سیستم ایمنی به طور طبیعی آن‌ها را مهار می‌کند. پس از آن‌که شمار و ترکیب این سلول‌ها از حدی خاص گذر کرد، گذار حالتی رخ می‌دهد و بدن به وضعیت بیمار و سرطانی وارد می‌شود.

هنگامی که تعداد سلول‌های سرطانی و جایگیری‌شان در بدن به آن حد بحرانی نزدیک می‌شود، حالتِ سیستم با عدم قطعیت مواجه می‌شود و وضعیتی آشوبناک بر سیستم حاکم می‌شود. این‌که سیستم کدام بازوی دوراهی پیشارویش را بر می‌گزیند معلوم نیست و تنها متغیرهای خردِ نادیدنی در درونِ سیستم در این مورد تعیین‌کننده هستند.

گذار حالت کلید تخصص و تمایز است. از مجرای گذار حالت است که تقارن‌ها می‌شکند و وضعیت‌های همگنِ اولیه به حالت‌های متمایز می‌شکنند. با گذار حالت است که سیستمِ یکنواخت به زیرسیستم‌هایی تخصص‌یافته تجزیه می‌شود.

«گذار حالت» تبدیل مجموعه‌ای از قواعدِ تقارنی به مجموعه‌ای دیگر است که به گذارِ یک حالتِ پایدار به حالت پایدار دیگری منتهی شود.
گذار حالت می‌تواند بسته به پیچیدگی‌اش دو مرتبه داشته باشد. گذار حالت در سیستم‌های پیچیده می‌تواند در قالب دگرگونی‌های رفتاری و کارکردی نمود یابد.

پاره‌ی پنجم: کرانمندی

گذار حالت اگر حالتی پایدار و متعادل به خود بگیرد –مثل زمانی که سطح آب و فشار بخار آب در هوای فرازِ آن برابر هستند– مرزبندی‌های ساختار را هم نشان می‌دهد. کارکرد، با قوانین تقارنی پویا و سیالش و با روندهای دگرگون‌شونده و زمان‌مندش، پدیداری پیوسته و مداوم است. در مقابل، ساختار با تنبلی و ماندِ ذاتی‌اش و با رخدادهای منفرد و غیرتاریخی‌اش بستری است که حالت در آن جاری می‌شود و در ظرف آن به حد و مرزهایی مشخص محدود می‌گردد.

کارکرد سیری پیوسته و پویاست که بر ساختار اثر می‌کند و حالت آن را دگرگون می‌کند. تحول پیوسته‌ی کارکرد به انقلاب‌های گسسته‌ی ساختاری منتهی می‌شود. یک مثالِ برجسته‌ی آن را می‌توان از جامعه‌ی خودمان آورد. تغییرات خُرد و پیوسته‌ی ناشی از کارکرد مدرنیته –ورود صنعت چاپ، ورود افکار مدرن و...– به گسست ساختاری انقلاب مشروطه منتهی شدند، با گذار حالتی آشکار در ساختارِ نهادهای اجتماعی و دیوان‌سالاری و سازماندهی دولتی.

گسست در ساختار پدیده‌ی کرانمندی را ایجاد می‌کند. کرانمندی عبارت است از محدود بودنِ ساختار به مرزی مشخص و بسته شدنِ این مرزها به روی خود، به طوری که بخشی با حالت خاصش از بخش‌های دیگر که حالتی متفاوت دارند جدا شود.

همه‌ی سیستم‌ها ساختاری کرانمند دارند. حد و مرز سیستم کرانی است که حالت سیستم را از حالت محیط جدا می‌کند و از گذار حالت اولی به دومی –که

همان تعادل با محیط و مرگ است- جلوگیری می‌کند. مرز سیستم بر روی خود بسته می‌شود، یعنی محدوده‌ای بسته و منزوی از فضا و زمان را در انحصار خود می‌گیرد و به این ترتیب بخشی از محیطِ گسترده و بی‌کران را از دل آن جدا می‌کند. کرانمندی خصلت ساختاری سیستم‌هاست. تنها چیزِ بی‌کرانه محیط است و به همین دلیل هم می‌تواند به عنوان دستگاه لخت و مرجعی برای شناسایی سایر سیستم‌های مقیم آن رفتار کند. سیستم‌های کرانمند در زمینه‌ی محیطِ بی‌کرانه یکدیگر را شناسایی می‌کنند و با هم وارد اندرکنش می‌شوند.

گذار حالت می‌تواند کلی یا جزئی باشد؛ به بیان دیگر، گذار حالت می‌تواند کلِ سیستم (یا زیرسیستم) را شامل شود یا نشود. سیستم در نقطه‌ی کوری ممکن است یکی از خطراهه‌های پیشارویش را برگزیند یا بیشتر از یکی از آن‌ها را انتخاب کند. خطراهه‌ای که با گذر از نقطه‌ی تقارن در بیش از یک خطراهه‌ی پیشارویش جریان یابد سیستمی را بازنمایی می‌کند که یک حالت اولیه‌اش در جریان گذارِ حالت به چند حالتِ متمایز تفکیک شده است. این تفکیک شدنِ یک حالت به چند حالت همان تمایز است.

ظرفی محلول آب و نمک غلیظ که به تدریج به دو حالتِ مایع (آب نمک) و جامد (بلورهای نمک متبلورشده در ظرف) می‌شکند ساده‌ترین نمونه از این تفکیک شدنِ حالت‌ها به دلیل انتخابِ هم‌زمانِ چند گزینه در نقطه‌ی تقارن است. یک نمونه‌ی پیچیده‌ترِ آن تفکیک شدنِ سلول‌های هم‌ریختِ جنین به دو نوع سلولِ آندودرمی و اکتودرمی در داخل و خارج بدن جنین است.

«کرانمندی» عبارت است از محدود بودنِ ساختار به مرزی مشخص که بر روی خود بسته شود.
تمایز عبارت است از گذار حالت‌های موازی در نقاط کرانمندی سیستم.

بخش نهم: سلسله‌مراتب

گفتار نخست: مفهوم سلسله‌مراتب

تمایز و تخصص باعث می‌شوند مسیرهای ویژه و جا افتاده‌ای میان ورودی‌ها و خروجی‌ها برقرار شود. این مسیرها می‌توانند در بخش‌های دیگری از سیستم بازنمایی شوند و پس از رمزگذاری شدن با نمادها و معانی خاصی گره بخورند. روند پردازش لایه‌های متفاوتی از نمادها که در شبکه‌ای بازگشتی همدیگر را بازنمایی می‌کنند می‌تواند به سطوح گوناگونی از پردازش اطلاعات بینجامد. سیستم پیچیده همچون سخت‌افزاری یگانه است که برنامه‌هایی متفاوت با ماهیت‌هایی گوناگون می‌تواند به طور هم‌زمان در آن اجرا شود. نمادهایی که هریک نشانگر فرآیندی بغرنج هستند می‌توانند در سطحی بالاتر پردازش شوند و شبکه‌ای از فرآیندهای جزئی‌تر را به صورت مجموعه‌ای ساده‌شده از روابط نمادین ترجمه کنند.

خودِ همین روند ترجمه و ساده‌سازی هم می‌تواند به همین شکل در سطوحی بالاتر رمزگذاری و پردازش شود. به این ترتیب، لایه‌هایی پیاپی از فرآیندهای پردازشی بر سیستم سوار می‌شوند و پیچیدگی آن را زیاد می‌کنند. این سطوح متفاوت از نرم‌افزارِ پردازشی را سلسله‌مراتب[1] می‌نامند. سلسله‌مراتب

[1] hierarchy

تفکیک شدنِ سطوح گوناگونِ پردازش اطلاعات در سیستم است که به تمایزِ فرآیندهایی با مقیاس‌های متفاوت منتهی می‌شود.

بیایید به یک مثالِ سنتی، یعنی بدن انسان بازگردیم: این بدن را با درجات درشت‌نمایی متفاوتی می‌توان مشاهده کرد. می‌توان با میکروسکوپ الکترونی به آن نگاه کرد و مجموعه‌ای از تبادلات بیوشیمیایی را تشخیص داد. می‌توان با میکروسکوپ معمولی بافت‌ها و اندام‌هایش را دید و فرآیندهایی فیزیولوژیک را در آن ردیابی کرد. می‌توان با چشم غیرمسلح خصوصیات روان‌شناختی، ادراکات شناختی و تحولات عاطفی را در آن مشاهده کرد و می‌توان این افزایشِ درجه‌ی درشت‌نمایی را ادامه داد و شما را به مثابه عنصری جامعه‌شناختی یا بوم‌شناختی تحلیل کرد.

در هریک از این درجاتِ درشت نمایی فرآیندهایی متفاوت مشاهده می‌شوند. آن تبدیلات شیمیایی خُرد و آن تحولات روان‌شناختی به همان اندازه به سیستم بدن ما مربوط می‌شوند که فرآیندهای اجتماعی و بوم‌شناختی کلان. هریک از این درجات درشت نمایی که برای توصیف سیستم ما به کار گرفته می‌شود یک سطح از سلسله‌مراتب ماست.

سطوح درشت‌نمایی قابل‌تصور برای جهانی که ما می‌شناسیم در ابعادی بسیار بسیار بزرگ‌تر از آنچه بتوانیم بفهمیم نوسان می‌کند. بر مبنای برآورد دیراک[1]، تفاوت ابعاد خردترین و درشت‌ترین چیزِ جهان از مرتبه‌ی $۱۰^{۴۰}$ است؛ یعنی کوچک‌ترین چیز $۱۰^{۴۰}$ بار از بزرگ‌ترین چیز کوچک‌تر است. این نوسان حتی در محدوده‌ی جهان زنده هم باورنکردنی است. تفاوت ابعاد بین یک باکتری با نهنگ با تمایز مقیاس یک فیتوباکتری با درخت اسکویا کمابیش همسان و برابر $۱۰^{۷}$ است. ما برای فهمیدن این تفاوت ابعادِ عظیم ناچاریم رخدادهای هر بعدِ قابل‌مشاهده برای خودمان را در قالب سطحی سلسله‌مراتبی جای دهیم و در آن زمینه آن را بازنمایی کنیم.

---

[1] Paul Dirac (1902-1984)

پریگوژین[1] معتقد است که در طبیعت سطوحی طبیعی از سلسله‌مراتب وجود دارد. یعنی قوانین طبیعت پس از آن‌که ابعاد سیستم از حدی بیشتر تفاوت کرد دگرگون می‌شود و جای خود را به قواعدی جدید می‌دهد؛ یعنی حالت‌های متفاوتی در سطوح سلسله‌مراتبی متفاوتِ سیستم‌ها وجود دارد که قواعد تقارنی متمایز را رقم می‌زند. از دید پریگوژین، سه سطح سلسله‌مراتبی طبیعی می‌توان برای جهان فرض کرد:

الف) سطح نیوتونی که در آن بیشترین تقارن بر قوانین فیزیکی حاکم است. در این سطح مفاهیمی مانند جرم و سرعت و نیرو به کارِ تبیین جهان می‌آیند و صورتبندی کردنِ رفتار سیستم‌ها از راه بررسی روابط دو به دوی آن‌ها ممکن می‌شود. در این سطح فضا و زمان متقارن هستند. یعنی رخدادها کاملاً برگشت‌پذیرند و دامنه‌ی عمل قوانین بی‌کرانه است. این همان سطح توصیفی محبوبِ تحویل‌گرایان مکانیکی است.

ب) سطح ترمودینامیک که بولتزمان آن را معرفی کرده است و ویژگی‌اش آن است که قوانین آن نسبت به محور زمان متقارن نیستند. به خاطر قانون دوم ترمودینامیک، زمان در معادلات توصیف‌کننده‌ی این سطح نامتقارن است. مفاهیمی که در این لایه برای صورتبندی رفتار سیستم‌ها کاربرد دارند عبارت‌اند از حجم و فشار و دما که از نظر مکانی متقارن عمل می‌کنند و می‌توانند در فضایی بی‌کرانه در نظر گرفته شوند. در سطح ترمودینامیک روابط ساده و یکنواخت میان تعداد بسیار زیادی از عناصرِ همسان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پ) سطح سیستم‌های اتلافی[2] که از شکست تقارن مکانی در سیستم‌های ترمودینامیک پدید می‌آید. در این سیستم‌ها رخدادهایی دیده می‌شود که هم بازگشت‌ناپذیر و هم محدود به مکانی خاص هستند. تحلیل سیستم‌ها در این سطح با وارسی شمار زیادی از روابط متفاوت در میان شمار زیادی از عناصر

---

[1] Ilya Prigogine (1917-2003)

[2] dissipative systems/ dissipative structures

متفاوت ممکن می‌شود. مفاهیمی که در این سطح به کار مدل‌سازی می‌آیند همان کلیدواژگانی هستند که تا اینجای کار معرفی کردیم.

یک نکته مسلم است و آن هم این‌که سلسله‌مراتب محصول پیچیدگی سیستم است. هرچه سیستم پیچیده‌تر باشد، شمار بیشتری از سطوح سلسله‌مراتبی برای فهمیدن رفتارش لازم است. با این همه، در ساده‌ترین سیستم‌ها هم می‌توان سطوح سلسله‌مراتبی، هرچند تُنُک و کم شمار، را تشخیص داد. ساده‌ترین نمونه‌اش همان سنگی است که به عنوان پرتابه به هوا انداخته بودیم. آن را دست‌کم در سطحِ کلان (به عنوان سنگ) و خرد (ساختار مولکولی و بلوری‌اش) و زیراتمی (همچون مجموعه‌ای از عناصر کوانتومی) می‌توان تحلیل کرد.

با وجود تمایل فیزیک‌دانان برای عینی فرض کردنِ سلسله‌مراتب، مشکلات بسیاری بر سر راه این کار قرار دارد. نخست آن‌که حد و مرز عینی و مشخصی بین سطوح گوناگون وجود ندارد و دوم آن‌که گاه به نظر می‌رسد قوانین یک سطح به درون سطحی دیگر نشت می‌کند؛ چنان‌که مثلاً قواعد نیوتونی را در دل بسیاری از سیستم‌های اتلافی به شکلی اثرگذار می‌توان دید.

از سوی دیگر، شواهدی هم وجود دارد که استقلال سطوح سلسله‌مراتب از ذهنِ شناسندگان را بعید جلوه می‌دهد. کافی است نگاهی به شاخه‌های گوناگون علم و سطوحی که مدعی تحلیلش هستند بیندازیم تا منظورمان روشن شود. هرچه به مقیاس مشاهده‌ی طبیعی انسان –ابعاد در حد سانتی‌متر تا کیلومتر– نزدیک می‌شویم، می‌بینیم تراکم سطوح سلسله‌مراتبی «طبیعی» هم بیشتر می‌شود. کیهان‌شناسی که به توصیف رخدادهایی در دو سرِ طیفِ اندازه‌ی رخدادها می‌پردازد، با قواعدی به نسبت ساده و همگن، پدیده‌هایی با تفاوت ابعاد $۱۰^{۳۰}$ را توصیف می‌کند و آنگاه ما در فاصله‌ای بسیار اندک با دامنه‌ی مقیاسِ $۱۰^{۳}$ رخدادهایی را می‌بینیم که در سطوح سلسله‌مراتبی متفاوتِ زیستی، روانی، اجتماعی و بوم‌شناختی قرار گرفته‌اند. یعنی سلسله‌مراتب توصیفی‌ای که در نزدیکی دامنه‌ی دید انسان قرار دارند متراکم‌تر و تخصص‌یافته‌تر هستند. چنین

می‌نماید که این تراکم زیاد لایه‌ها نشانه‌ی ساختگی بودنِ این سطوح و وابسته بودنشان به ذهنِ شناسنده باشند. پیشنهاد ما در اینجا آن است که سطوح سلسله‌مراتب امری روش‌شناختی فرض شوند.

سلسله‌مراتب مفهومی نظری و مشاهداتی است. سطوح مختلفِ سلسله‌مراتب یک سیستم وجود بیرونی و خارجی ندارند. ما برای ساده کردنِ سیستم و فهمیدنش آن را به لایه‌هایی متفاوت از فرآیندهای مشابه تجزیه می‌کنیم و هریک را به عنوان «سطحی از سلسله‌مراتب» تحلیل می‌کنیم.

با این همه، ما تنها سیستمی نیستیم که برای ساده کردنِ پردازش اطلاعات از سلسله‌مراتب مشاهداتی متفاوت استفاده می‌کند. همه‌ی سیستم‌های پیچیده برای دقیق‌تر کردنِ بازنمایی خود از جهان چنین می‌کنند و مهم‌ترین چیزی که باید در این چارچوب برایشان مفهوم شود خودشان هستند که درست به خاطر همین سلسله‌مراتبی کردن مرتب پیچیده‌تر می‌شوند.

سیستم برای تشخیص خود و صورتبندی کردن فرآیندهای خویش سطوح جدیدی از سلسله‌مراتب پردازشی را در درون خود فرض می‌کند و به کمک آن‌ها رخدادها و کنش‌ها را در رده‌هایی متمایز و تفکیک‌شده مدیریت می‌کند. این کار معادل فعالیت دانشمندانِ انسانی به عنوان سلسله‌مراتب‌سازانی است که برای توصیف مشاهداتشان به بیانی علّی مرتب ابعادی خردتر و خردتر را فرض می‌گیرند. در روزگار افلاتون هواداران نگرش اتمی جهان را از اتم‌هایی با پنج ریختِ هندسی متشکل می‌دانستند و امروز از کوارک‌ها و ابرریسمان‌ها سخن در میان است. همه‌ی این‌ها سطوح جدیدی از سلسله‌مراتب هستند که ما برای توصیف دقیق‌ترِ مشاهداتمان ابداع کرده‌ایم، همچنان‌که تمام سیستم‌های خودارجاعِ پیچیده به انجام چنین کاری مشغول‌اند.

به این ترتیب، فرآیندها به شکلی افزاینده نمادگذاری و سازماندهی می‌شوند و سطوح پرشمارتری از سلسله‌مراتب را در سیستم پدید می‌آورند. این سطوح نوین ماهیت هستی‌شناسانه ندارند، بلکه محصول تلاش سیستم برای شناسایی خویش و سازماندهی رفتارهای خودش هستند. سلسله‌مراتبی شدنِ سیستم

محصول جانبی پردازش اطلاعات است. سیستم برای بازنمایی، صورتبندی و فهمِ آنچه در درون و برونش رخ می‌دهد مرتباً محورهای جدیدی را برای شکست تقارن ابداع می‌کند و نمادهای پیچیده‌شده‌ی پیشین را با نمادهای نوظهور ساده‌تری جایگزین می‌کند. به این ترتیب، فرآیندهای حاکم بر یک مقیاس به تدریج گذار حالتی را تجربه می‌کنند و به فرآیندهایی در مقیاسی دیگر تبدیل می‌شوند. ساختارهای سطوح زیرین کم کم ارتباط خود را با ساختارهای نوظهور سطح بالاتر از دست می‌دهند. آن‌ها از سویی این روندهای سطح بالا را برمی سازند و از سوی دیگر توسط آن‌ها مدیریت می‌شوند.

همگام با تفکیک شدنِ سطوح سلسله‌مراتبی گوناگون در سیستم، دو شیوه‌ی سازماندهی درونی هم در سیستم شکل می‌گیرد: جریانی از زایشِ[1] پایین به بالا ساختارهای سطح خرد را به عنوان داربستی برای ظهور ساختارهای سطح کلان مورد استفاده قرار می‌دهد و موج‌هایی از مدیریتِ[2] بالا به پایین کارکردهای سطح خرد را زیر تأثیر کارکردهای کلان دگرگون می‌کنند.

در هر سطحِ سلسله‌مراتب فقط ارتباط‌های کارکردی قابل‌مشاهده بین عناصرِ مربوط به همان سطح برقرار است. به عبارت دیگر، عناصر یک سطح با عناصر سطوح دیگر ارتباط مستقیمی ندارند. سطوح گوناگون از راه فرآیندهای مشترک در بین دو سطح به هم مربوط می‌شوند. این بدان معناست که مولکول‌های بدن ما به طور مستقیم اثری بر موقعیت اجتماعی یا ساخت روانی‌مان نمی‌گذارد. ارتباط میان سطوح مولکولی و روانی یا اجتماعی از راه فرآیندهایی برقرار می‌شود که در هر دو سطح جریان دارند. مثلاً فرآیند اندیشیدن به کارکردهایی در ساختارِ عصبی ما مربوط می‌شود که از سویی با مولکول‌ها و از سوی دیگر با ادراکات روانی ما پیوند خورده است. به این ترتیب، از مجرای این فرآیند ممکن است

---

[1] emergence

[2] constitution

مولکول‌های مغز ما بر خلق و خویمان تأثیر بگذارند. با این همه، هیچ مولکولِ منفردی بر هیچ خلق و خوی خاصی اثرگذار نیست.

با توجه به آن‌که پویایی عناصر و روابطِ هر سطح از تحولات عناصر و روابط سایر سطوح مستقل است، می‌توان هر لایه را به عنوان محیطی برای لایه‌های دیگر در نظر گرفت. پس از آن‌که سیستم لایه‌های سلسله‌مراتبی خود را با مرزهایی از جنس پردازش اطلاعات مسدود کرد، ارتباط میان عناصر و روابط در سطوح خرد و کلان قطع می‌شود. رخدادهای سطح کلان، از نگاه سطوح زیرین، همچون رخدادهایی بیرونی جلوه می‌کنند و معکوس این قضیه هم راست است.

دلیل اصلی این‌که سطوح سلسله‌مراتبی را فاقد واقعیت هستی‌شناسانه[1] می‌دانم همین محوریتِ نماد/ معنا در مرزبندی سطوح سلسله‌مراتبی است. سطوح سلسله‌مراتب تنها توسط اطلاعات از هم جدا می‌شوند و بنابراین سیستم‌هایی مستقل را پدید نمی‌آورند. به بیان دیگر، با وجود افزوده شدن بر شمار نرم‌افزارها، سخت‌افزار همچنان ثابت است.

در این میان، آنچه این سطوح گوناگون را به هم پیوند می‌دهد و سیستم پیچیده را به کلیتی منسجم و یکپارچه تبدیل می‌کند معناست. نمادها و معانی، به همان ترتیبی که سطوح سلسله‌مراتبی سیستم را از هم جدا می‌کنند، مجراهایی هم برای پیوند آن‌ها برقرار می‌دارند و به این ترتیب فرآیندهای حد واسطی که صحبتشان را کردیم برای پل زدن بین سطوح گوناگون سلسله‌مراتب احداث می‌شوند.

---

[1] onthologic

«سلسله‌مراتب» تفکیک شدنِ سطوح گوناگونِ پردازش اطلاعات در سیستم است که به تمایزِ فرآیندهایی با مقیاس‌های متفاوت منتهی می‌شود. هرچه سیستم پیچیده‌تر باشد، تعداد لایه‌های سلسله‌مراتبی که برای توضیح دادنش لازم داریم بیشتر خواهد بود. با وجود این، سلسله‌مراتب مفهومی روش‌شناختی است و وجود خارجی ندارد.
روابط بین سطوح سلسله‌مراتب فقط از مجرای فرآیندهایی مشترک برقرار می‌شود که معناهایی را حمل می‌کنند. به این ترتیب سطوح متفاوتِ سلسله‌مراتبی، حتی اگر به یک سیستم مربوط باشند، محیطِ یکدیگر محسوب می‌شوند.

پاره‌ی نخست: سطوح فراز

هنگام تحلیل سیستم‌ها، بسته به موضوعی که در مرکز نگاه ما قرار دارد، می‌توان سطوح متفاوتی از سلسله‌مراتب را تشخیص داد و اصلی و بنیادی فرضشان کرد.

آنچه در این نوشتار می‌خوانید دیدگاه نگارنده برای فهمِ پدیدارهایی است که در سطوحی نزدیک به ابعاد انسانی رخ می‌دهند. به عبارت دیگر، در اینجا به دنبال مدلی می‌گردیم که رخدادهای زیست‌شناختی، روان‌شناختی، جامعه‌شناختی و... را بازنمایی و تحلیل کند. رخدادهایی که دست‌کم از دیدِ ما پیچیده‌ترین سیستم‌های شناخته‌شده را در بر می‌گیرند.

اگر تنها در مقام فیزیک‌دان به سیستم‌ها نگاه می‌کردیم، احتمالاً سه لایه‌ی پیشنهادی پریگوژین برایمان کفایت می‌کرد. اما در مورد پدیدارهایی که شرحش گذشت این سه لایه ارزش چندانی ندارند. تقریباً تمام رخدادهای موجود در حوزه‌ی مورد علاقه‌ی ما به سطحی از پیچیدگی مربوط می‌شود که پریگوژین در رده‌ی سیستم‌های اتلافی بدان اشاره کرده است. ناگفته پیداست که با جمع بستن پدیدارهایی که مقیاسشان در دامنه‌ی یاخته تا جامعه نوسان می‌کند بخت

زیادی برای تحلیل دقیق آن‌ها نخواهیم داشت. بنابراین رده‌بندی پریگوژین را در اینجا مورد استفاده قرار نمی‌دهیم و رویکردی جدید را پیش می‌گیریم. (ناگفته نماند که قدرت تبیینی سه لایه‌ی پریگوژین برای سیستم‌های فیزیکی بی‌جان کافی است.)

یکی از دانشمندان دیگری که در زمینه‌ی سطوح سلسله‌مراتب پیشنهاد جالبی دارد تالکوت پارسونز است. جامعه‌شناسی که در اواسط سده‌ی گذشته مکتب کارکردگرایی ساختاری را بنیان نهاد و، چنان‌که گفتیم، بیشتر به ساختار اهمیت می‌داد تا کارکرد.

پارسونز، بر مبنای آنچه در علمِ سیبرنتیک آن دوران رواج داشت، چهار لایه برای سیستم‌ها فرض کرد: لایه‌ی زیستی، روانی، اجتماعی و فرهنگی.

در اینجا ما چهار لایه‌ی پارسونز را می‌پذیریم و برای سادگی، با ترکیبِ نخستین حرفِ هر سطح، آن را «فراز» می‌نامیم. با این همه، سطوح پارسونزی به شکلِ اصیلشان به کار ما نمی‌آیند، چرا که به چارچوب نظری دیگری (نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها) تعلق دارند. پس در اینجا سطوح فراز را از پایه بازتعریف می‌کنیم.

ویژگی‌های این چهار لایه را می‌توان چنین خلاصه کرد:

الف) این چهار لایه (بر خلاف نظر پارسونز[1]) فاقد خصلتِ هستی‌شناختی هستند و تنها به عنوان سطوح متفاوتی از مشاهده و در قلمروی شناخت‌شناسانه اعتبار دارند. این بدان معناست که سطوح چهارگانه‌ی یادشده محصولِ فرآیندهای شناختی ما هستند، نه خصلت‌های خودِ مه‌روند.

ب) سلسله‌مراتب محصولِ تلاشِ سیستمِ شناسنده است. مشاهده‌گر برای سازماندهی اطلاعات ورودی سطوح متفاوتی از دقت را در قالب محورهای

---

[1] البته ناگفته نماند که پارسونز هم ماهیت هستی‌شناختی هر یک از پدیده‌های مربوط به سطوح یادشده را از دید ساختارگرایانه و در قالب روابطی پایدار تعریف می‌کرد و به جوهرانگاری ساده‌لوحانه‌ای که شاید طنینش در متن احساس شود باور نداشت. اما در اینجا، برای آن‌که برداشت خود را درست بیان کنم، ناچار شده‌ام کمی در اختلاف‌های آن با سایر دیدگاه‌ها اغراق کنم.

متفاوتِ زمانی/ مکانی تعریف می‌کند و دانسته‌های خود را بر روی آن‌ها پیکربندی می‌کند. پس دومین ویژگی سطوح فراز وابسته بودنش به مقیاس‌های متفاوتِ زمانی/ مکانی است.

پ) لایه‌های مورد نظر در اطراف پدیده‌هایی مرتب شده‌اند که انسان در مرکزش قرار دارد. یعنی بازنمایی سیستمِ ما، و محیط ما، در قالب آن انجام می‌شود. بنابراین از نظر کاربردی این چهار سطح مهم‌ترین لایه‌بندی‌های قابل‌تصور هستند.

حالا که ماهیت این لایه‌ها روشن شد، می‌توان نگاهی دقیق‌تر به آن‌ها انداخت و معیارهای تفکیک شدنشان از هم را وارسی کرد.

الف) سطح زیست‌شناختی؛ در این سطح ما با مقیاس‌های زمانی/ مکانی کوچک‌تر از تجربه‌ی روزانه‌مان سر و کار داریم. به جز استثناهایی محدود، جاندارانِ تکامل‌یافته بر سیاره‌ی ما ابعادی کوچک‌تر از انسان دارند و روندهای زیستی خود را در بازه‌های زمانی بسیار کوتاه‌تری از حدِ ادراک ما به انجام می‌رسانند. میانگین اندازه‌ی جانوران روی کره‌ی زمین (در سطح گونه) حدود یک سانتی‌متر و میانگین عمرشان حدود یک سال است. به این ترتیب رخدادهای زیست‌شناختی، چه مربوط به اندام‌های درونی و سطوح خردتر زیست‌شناختی بدن انسان باشند و چه ارتباط این بدن با محیط زنده‌ی پیرامونش، در سطحی ریزبینانه‌تر از تجربه‌ی روزانه‌ی ما صورتبندی می‌شود.

دقت داشته باشید که ممکن است قواعد این لایه تا سطوح بوم‌شناختی، که از بدن ما بسیار درشت‌مقیاس‌تر هستند، هم تعمیم یابد. چرا که از رویکرد زیست‌شناسانه برای تحلیل دگرگونی‌های بوم‌شناختی و جمعیت‌شناختی هم استفاده می‌شود. در این شرایط، بازه‌های زمانی/ مکانی مشاهداتی ما درشت‌مقیاس‌تر از سطح بدنمان هستند، اما همچنان از عناصری زنده تشکیل شده‌اند که در سطوحی خردتر معنا می‌شوند. آنچه پدیدارهای سطح زیست‌شناختی را از سایر سطوح تفکیک می‌کند سه عامل است: تراکم بالای اطلاعات در مقیاسِ خُرد، سلسله‌مراتبی بودن شدید پدیدارِ مورد وارسی (مراتب

ژنومی، سلولی، بافتی، اندامی، دستگاهی، بدنی، بوم‌شناختی و تکاملی در یک بدن)، رسیدگی‌پذیری تجربی و آزمایشگاهی و عینی بودن مشاهدات.

اگر بخواهیم عناصر این سطح را با زبانی بیشتر علمی –و کمتر فلسفی– متمایز کنیم، به این صورتبندی می‌رسیم:

سطح زیست‌شناختی با شبکه‌ی روابط متقابل و رفتارهای سیستم‌های فیزیکی–شیمیایی زنده‌ای سر و کار دارد که بر مبنای چرخه‌های بیوشیمیایی و متابولیکشان برای دوره‌ای زمانی (طول عمرشان) در محیط دوام می‌آورند و اطلاعات ژنومی خویش را تکثیر می‌کنند.

ب) سطح روان‌شناختی؛ همان لایه‌ای از شناخت است که به طور عادی در تجربیات روزانه‌مان با آن سر و کار داریم. در اینجا پویایی عناصر ذهنی، تفکرات، احساسات و هیجانات را داریم و فرآیندهای ذهنی آشنای مشترک در همگان را. در این لایه مقیاس زمان با ساعت درونی‌مان تنظیم می‌شود و مکان با حد و مرز بدنمان پیوند می‌خورد. به این ترتیب، سطح روان‌شناختی لایه‌ی طبیعی مشاهداتی برای یک انسان است.

سطح روان‌شناختی، به لحاظ ذهنی و درونی بودن رخدادهایش، مبهم‌ترین سطحِ مشاهداتی است. ویژگی‌های عمده‌ی تفکیک‌کننده‌ی رخدادهایش از سایر سطوح عبارت‌اند از: مقیاسِ زمانی/ مکانی منطبق با بدنِ فرد، مبهم، ذهنی و درونی بودن تجربیات و رسیدگی‌ناپذیری عینی‌شان و مسطح بودن سطح تجربیات و فقدان سلسله‌مراتب پیچیدگی که به موازی و شبیه نمودن حالات روانی گوناگون می‌انجامد.

اگر بخواهیم به زبانی دقیق‌تر همین‌ها را بگوییم، به این نتیجه می‌رسیم: فرآیندهای سطح روان‌شناختی بازنمایی درونی سیستم عصبی یک انسان از پویایی درونی سیستمِ خودش و تحولات محیط است که در قالب حالات روانی، الگوهای شناختی و مسیرهای هیجانی موازی با هم صورتبندی می‌شود.

می‌توان فرض کرد که سطح روانی در تمام جاندارانِ دارای خودآگاهی حضور دارد. امن‌ترین فرضیه در حال حاضر آن است که این سطح را فقط در

انسان مورد وارسی قرار دهیم و پذیرفتنِ حضورش در سایر موجودات را مشروط به شواهدی بیشتر بدانیم.

پ) سطح جامعه‌شناختی؛ به مقیاسی بزرگ‌تر از تجربیات عادی ما مربوط می‌شود. در این سطح ما با اندرکنش افراد با هم سر و کار داریم و سه یا چند سیستم روانی را می‌بینیم که با هم وارد تبادل اطلاعات و کنش می‌شوند. این ارتباطات متقابل به پیدایش سیستم‌های اجتماعی می‌انجامد که تداوم تاریخی و گسترش جغرافیایی‌شان بسیار فراتر از یک فرد خاص است. آنچه در سطح جامعه‌شناختی اهمیت دارد یک اندرکنش اجتماعی منفرد با سیستم‌های روانی خاصِ درگیر در آن نیست، که الگوی ارتباط و تبادل رفتار است. الگویی که مدت‌ها پس از نابودی سیستم‌های روانی یادشده می‌توانند همچنان به صورت پژواکی در روابط اشخاص دیگر تکرار شوند. سطح جامعه‌شناختی بی‌تردید علاوه بر انسان در حشرات اجتماعی (مورچه، موریانه و زنبور) و برخی از جانوران اجتماعی دیگر (مثل موش کور برهنه) وجود دارد.

ویژگی رخدادهای سطح جامعه‌شناختی عبارت است از: فرافردی بودنِ مقیاس‌های زمانی و مکانی، دوسویه بودن رخدادها و ناتمام بودن تفسیری که یکی از طرفینِ درگیر در ارتباط از آن دارد و سلسله‌مراتبی بودن محدود و کم‌دامنه‌اش (گروه خویشاوندی (روستا)، واحدهای جمعیتی همخون (قبیله) یا همسایه (شهر)، جوامع قومی/ ملی، جامعه‌ی جهانی).

دومین ویژگی، یعنی ناتمام ماندن معنای ارتباط در یک سیستم روانی منفرد و وابسته بودنش به توافق‌ها و اختلاف نظرهای بیناذهنی، مشاهدات جامعه‌شناختی را تفهمی و تفسیری می‌نماید. ناگفته نماند که این خصلت تفسیری بودن در سایر سطوح هم وجود دارد. یعنی در سطح علوم دقیقه هم در نهایت تفسیر مشاهده‌گر است که معنای مشاهده را تعیین می‌کند. آنچه سطح جامعه‌شناسانه را از سایر سطوح متمایز می‌کند درگیر شدن چند سیستم روان‌شناختی در یک تفسیر مشترک از رویدادی ارتباطی است که عدم قطعیت در تفسیر و امکان عدم توافق بر سر یک تصویر مشترک را بسیار افزایش

می‌دهد. به بیانی دقیق‌تر، رخدادهای سطح جامعه‌شناختی عبارت‌اند از اندرکنش‌های معنادارِ افراد که با اهداف و چشم‌داشت‌های روانی متفاوتی انجام می‌گیرد، اما در سپهری بینافردی (اجتماعی) نمود می‌یابد.

ت) سطح فرهنگی؛ این لایه از نظر مقیاس زمانی و مکانی گسترده‌ترین سطح را در بر می‌گیرد. در اینجا ما با ارتباطات بیناجتماعی سر و کار داریم و روندهایی که پویایی عناصر معنادارِ تکثیرشونده در زمینه‌ی جوامع را به هم پیوند می‌دهند. شبکه‌ی ارتباطی پدیدآمده از اندرکنش عناصر اطلاعاتی حامل معنا، که در جریان کنش اجتماعی پدید می‌آیند، برسازنده‌ی این سطح هستند. هریک از سیستم‌های این سطح در مدل ما مَنِش نامیده می‌شود. یک نظریه، جوک، شعر، رمان یا شایعه نمونه‌هایی از منش‌ها هستند.

ویژگی پدیده‌های فرهنگی عبارت‌اند از: مقیاس گسترده‌ی مکانی و زمانی وقوعشان، تحلیل‌پذیری تجربی‌شان در سطح نشانه/ معناشناسی و در هم‌تنیدگی‌شان با سایر سطوح فراز.

هریک از این سطوح چهارگانه نوع خاصی از سیستم‌های پیچیده را در بر می‌گیرد. در سطح زیستی بدن‌های زنده را داریم و در سطح روانی هویت‌های فردی و اشخاص را. در سطح اجتماعی با گروه‌های اجتماعی و در سطح فرهنگی با عناصر فرهنگی سر و کار داریم.

آنچه اهمیت دارد ویژگی‌های مشترک این سیستم‌هاست. هر چهار عنصر در این ویژگی‌ها مشترک‌اند:

همگی ساختی پیچیده، خودسازمانده و خودزاینده دارند. یعنی پویایی خود را بر مبنای متغیرهای درونی خویش تعیین می‌کنند و به همین دلیل هم در برابر تحولات محیطی مقاومت می‌کنند و مستقل از شرایط بیرونی الگوی رفتاری خاص خود را دنبال می‌کنند.

دومین خصلت مشترک این سیستم‌ها توانایی بازتولید کردن خودشان است. تمام سیستم‌های یادشده اطلاعات درونی خود را در فضا و زمان بسط می‌دهند.

این گسترش اطلاعات درونی، که نمودی از صفتِ خودسازماندهی در این سیستم‌هاست، از دو راه ممکن است. سیستم می‌تواند از یک سو ماده و انرژی بیشتری را در درون خود جذب کند و آن‌ها را با اطلاعات درونی خود بازآرایی کند (رشد و نمو در اندرکنشگر) و یا این‌که اطلاعات خود را به سیستم‌های دیگر منتقل نماید (تولید مثل در همانندساز).

توانایی همانندسازی فقط در دو سوی طیفی که تجسم کردیم پدید آمده است. یعنی عناصر فرهنگی و سیستم‌های زیستی تنها نظام‌هایی هستند که برای بسط یافتن در فضا/ زمان اندرکنشگرِ خود را بازتولید می‌کنند. سیستم‌های زنده از راه جفت‌گیری و شیوه‌های غیرجنسی تولید مثل چنین می‌کنند و عناصر فرهنگی از راه انتقال یافتن از مجاری ارتباطی نشانگانی/ معنایی مانند زبان.

ویژگی مشترک دیگر همه‌ی این سطوح خودارجاع بودن روندهای حاکم بر هر سطح است. این بدان معناست که فرآیندهای هر لایه به چرخه‌هایی بازگشتی قابل‌تجزیه‌اند. چرخه‌ی بازگشتی زنجیره‌ای از تبدیل عناصر درونی یک سیستم به همدیگر است که در نهایت حلقه‌ای بسته را تولید می‌کند. یعنی نقطه‌ی شروع سیستم توسط فرآیند پایانی بار دیگر بازتولید شود.

خصلت مشترک دیگرِ این سطوح آن است که در هریک از آن‌ها جذب‌کننده‌ی رفتاری عامی وجود دارد. این جذب‌کننده‌ی عام معیاری است که شکست تقارنِ رفتاری در سیستم‌های مربوط به هر لایه را تنظیم می‌کند.

چنان‌که گفتیم، مهم‌ترین مسئله برای هر سیستمی بقاست. بر این مبنا، می‌توان انتظار داشت که محور شکست تقارنِ عامِ یادشده به بقا مربوط باشد. در واقع هم چنین است. سیستم‌ها، در هر سطح، بقا یا شکلِ نمادگذاری‌شده‌ای از آن را محور شکست تقارن خود در نظر می‌گیرند و از آن پس آن عامل به عنوان جذب‌کننده‌ی عامی برای تمام سیستم‌های آن سطح عمل می‌کند.

در سطح زیستی که زیربنایی‌ترین لایه است بقا جذب‌کننده‌ی عام رفتاری است. سیستم‌های زنده برای بقا تلاش می‌کنند و رفتارهایشان را طوری تنظیم می‌کنند که به این هدف دست یابند. در سطح روانی، لذت چنین نقشی را بر

عهده می‌گیرد. لذت در واقع عبارت است از بقایی که در سطح شبکه‌ی عصبی بازنمایی شده باشد. تمام جانوران با ساز و کار مولکولی مشابهی کارهای خوب، رخدادهای خوشایند و کنش‌های مطلوب را در درون خود رمزگذاری می‌کنند. این بدان معناست که مولکول‌های بازنماینده‌ی «غذا» در موجودی به پیچیدگی انسان با آنچه در تک‌یاخته‌ای‌های ساده دیده می‌شود همسان است.

جانوران محرک‌های خوب، لذتبخش و سودمند –یعنی چیزهایی که بخت بقا را افزایش می‌دهد– را در قالب شبکه‌ای از مولکول‌ها بازنمایی می‌کنند که نوروپپتید نام دارند. نوروپپتیدها[1] رده‌ای از مولکول‌های شبه‌پروتئینی را در بر می‌گیرند که مشهورترینشان آندورفین است. این رده از مولکول‌ها در مغز تمام جانوران یافت می‌شود و در همه هم محرک‌های لذتبخش را رمزگذاری می‌کند. اگر مراکز عصبی‌ای که این با این مواد کار می‌کنند را تحریک کنیم، فرد چه انسان باشد و چه ماهی لذت می‌برد و این را در قالب رفتارهایش (اعلامِ زبانی یا بی‌حرکت ماندن هنگام شنا) نمایش می‌دهد. سیستم نوروپپتیدی قدیمی‌ترین، عام‌ترین و پایدارترین بخش از دستگاه عصبی جانوران است؛ یعنی با ساختار و کارکردی کمابیش یکسان در همه‌ی جانورانِ دارای دستگاه عصبی دیده می‌شود.[2]

این رمزگذاری مولکولی در سطح زیستی جهت‌گیری رفتارها به سوی بقا یا مرگ را نشان می‌دهند، اما آنگاه که در سطحی روان‌شناختی و در قالب نمادهای زبانی رمزگذاری شوند، محور لذت/ رنج را بر می‌سازند و محور شکست تقارنِ رفتاری در سیستم‌های روانی را تشکیل می‌دهند.

تداوم این محور در سطح اجتماعی مفهومی به نام قدرت را تولید می‌کند. در سطح فرهنگی، معنادار بودن جذب‌کننده‌ی اصلی رفتار عناصر فرهنگی (منش‌ها) است. در مورد این محورهای شکست تقارن باید به دو نکته اشاره کرد:

---

[1] neuropeptide

[2] می‌توانید برای بحثی گسترده‌تر در این زمینه به مقاله‌ی «پاداش، تقارن و انتخاب آزاد» از نگارنده مراجعه کنید.

الف) نخست آن‌که محورِ هر سطح از محورِ سطحِ زیرینِ خود مشتق شده است. سیستم، در جریان فرآیندی هم‌افزا، بر مبنای مولکول‌های بازنماینده‌ی بقا لذت و بر مبنای لذت قدرت می‌سازد.

ب) دوم آن‌که این اشتقاقِ محورها از یکدیگر به این معنا نیست که لزوماً درست یا خوب عمل کنند. در موجودی مانند انسان، لذت در سطح روانی گاه بر خلاف بقا عمل می‌کند. وقتی مولکول‌هایی شیمیایی که مواد مخدر نامیده می‌شوند سیستم لذت را دستکاری و تخریب کنند، کنشگر انسانی به رفتاری روی می‌آورد که یکی از این محورها (لذت) را در برابر سایر محورها (قدرت، معنا و بقا) قرار می‌دهد. بنابراین نباید این محورها را خطاناپذیر دانست. گاه در هر سطح اشتباه‌های مهلکی در شیوه‌ی سازماندهی رفتار و تنظیم این جذب‌کننده‌ی عام بروز می‌کند؛ اشتباه‌هایی که همواره به حذف سیستم می‌انجامد.

آخرین نکته‌ای که باید درباره‌ی سطوح سلسله‌مراتب گوشزد شود به خطایی رایج باز می‌گردد. چنین به نظر می‌آید که، با افزایش مقیاسِ مشاهده‌ی ما و بالاتر رفتن در سطوح سلسله‌مراتبی، با پدیدارها و سیستم‌های پیچیده‌تر روبرو شویم؛ اما این سخن تنها در دامنه‌ی محدودی مصداق دارد.

تعلق به مقیاسِ بیشتر در یک سیستم سلسله‌مراتبی لزوماً به معنای پیچیده‌تر بودن نیست. یعنی نمی‌توان سطوحی را که بزرگ‌تر و کلان‌تر هستند، به صرفِ مقیاسشان، پیچیده‌تر از سطوح زیرینشان دانست. چنان‌که فیزیک‌دانان زیراتمی می‌گویند، هسته‌ی اتم از کلیت اتم، حتی هنگامی که مولکول‌های ساده تشکیل می‌دهد، بسیار پیچیده‌تر است. به همین ترتیب، رفتارهای فیزیولوژیک مغزِ ما از رفتارهای خودمان پیچیده‌تر است، هرچند به سطحی زیستی تعلق دارد که از سطح روان‌شناختی ما پایین‌تر است. مغزِ ما دارای شصت میلیارد سلولِ پردازنده‌ی اطلاعات است که هر کدامشان به طور متوسط با ده هزار سلول دیگر مرتبط‌اند. چنین سطحی از پیچیدگی نه تنها در سطح روان‌شناختی، که در هیچ سطح دیگری از مشاهدات ما نظیر ندارد.

در جدول صفحه‌ی بعد رئوسِ آنچه در مورد سطوح فراز گفتیم در قالب جدولی نمایش داده شده است.

روابط بین سطوح سلسله‌مراتب می‌تواند به نشت کردنِ روندهای یک سطح به سطوح دیگر یا ترکیب شدن فرآیندهای مربوط به سطوح همسایه منتهی شود. این امر شکلی جدید از هم‌ریختی را در سیستم‌های سلسله‌مراتبی پدید می‌آورد که نظمِ برخالی نام دارد. مفهوم برخال در دهه‌ی هفتاد رواج یافت. در این مقطع بود که ریاضی‌دانی به نام ماندلبرو[1] نشان داد که با تکرار کردنِ پیاپی یک تبدیل بر یک معادله‌ی ساده می‌توان اشکال هندسه‌ی غریبی را به دست آورد که از قواعدی جالب توجه پیروی می‌کنند. از نظر ریاضی، برخال عبارت است از ساختاری که دو خاصیتِ دیفرانسیل‌ناپذیری[2] و خودهمانندی[3] را دارا باشد. دیفرانسیل‌ناپذیری یعنی این‌که شکل حد و مرزهای ساختار مورد نظر ما با محیطش با معادلات دیفرانسیلی قابل‌بیان نباشد. نتیجه‌ی ظاهری این خاصیت آن است مرزهای ساختار حالتی بریده بریده و شکسته پیدا کند و گسسته باشد.

خودهمانندی صفت جالب‌تری است؛ این بدان معناست که در سطوح متفاوتِ سلسله‌مراتب الگوهای ریختی مشابهی به طور منظم تکرار شوند.

امروزه ما می‌دانیم که بسیاری از اشکال طبیعی خصلت برخالی دارند. شکل یک دانه‌ی برف از معادله‌ی برخالی که به نام سازنده‌اش کخ[4] نام گرفته تبعیت می‌کند. شکل یک برگ، گل، ابر و گل کلم (!) نمونه‌هایی از برخال‌های طبیعی هستند. اما نیازی نیست راه دوری برویم، الگوی پخش شدن رگ‌ها و عصب‌ها در عضله و ساختار شبکه‌ی عصبی جانوران هم برخال هستند. یعنی اگر بخش کوچکی از یک ابر یا گل کلم را بزرگ کنید، به شکلی برمی‌خورید که شبیه یک ابر یا گل کلمِ کامل است.

---

[1] Benoit Mandelbrot (1924-2010)

[2] undifferentiabality

[3] self-similarity

[4] Koch

متغیر/ سطح	زیستی	روانی	اجتماعی	فرهنگی
ماهیت فرآیندها	زیست‌شناختی	روان‌شناختی	جامعه‌شناختی	نمادین/ معنایی
سیستم پایه	بدن جاندار	نظام‌شخصیتی	نهاد اجتماعی	منش (عنصرفرهنگی)
خاستگاه شبکه‌ی خودارجاع	مولکولی	عصبی	کنش متقابل نمادین	زبانی
نوع‌چرخه‌های بازگشتی	بیوشیمیایی	شناختی/ هیجانی	اندرکنش بینافردی	تبادل پیام از مجرای‌رسانه‌ها
سطوح سلسله‌مراتب درونی	بسیار زیاد	بسیار کم	کم	زیاد
روش مشاهده	آزمایشگاهی	درون‌کاوانه	تجربی/ فهمی	تحلیل متن
ابعاد مکانی	میکرومتر تا کیلومتر	میلی‌متر تا متر	سانتی‌متر تا کیلومتر	کیلومتر
ابعاد زمانی	هزارم‌ثانیه‌تاسال	ثانیه تا ساعت	ساعت تا سال	سال تا سده
جذب‌کننده‌ی عام	مرگ/ زندگی	لذت/ رنج	قدرت/ ضعف	معنا/ پوچی
متغیر مرکزی	بقا	لذت	قدرت	معنا
بازنمایی در سطح سوژه	تن	من	فرامن	منِ آرمانی

جدول مقایسه‌ی سطوح فراز

در واقع، یک دیدگاه درباره‌ی هندسه‌ی برخال‌ها آن است که تمام اشکالِ طبیعی ساخته‌شده بر مبنای روندهای زایشی[1] تکراری برخال هستند. با این حساب، تمام هندسه‌ی تمام جانداران برخالی است، چرا که با قواعدی تکراری از واحد سلولی منفردِ اولیه‌ای پدید آمده‌اند، درست همان‌طور که دانه‌ی برف با اتصالِ پیاپی مولکول‌های آب به هسته‌ای مرکزی رشد می‌کند.

نکته‌ای که شاید به ذکر کردنش بیرزد این‌که در سیستم‌های آشوبناک جذب‌کننده‌ی پویایی سیستم یک برخال است. برخالی بودنِ جذب‌کننده به معنای گسترده بودنِ خیره‌کننده‌ی دامنه‌ی انتخاب‌های سیستم است و این همان است که به پیش‌بینی‌ناپذیر شدنِ رفتار این سیستم‌ها می‌انجامد. برای تفکیک کردنِ این جذب‌کننده‌های برخالی از همتاهایشان در سیستم‌های غیرآشوبناک (که معمولاً به شکل خط یا نقطه هستند) آن‌ها را جذب‌کننده‌ی عجیب[2] می‌نامند.

خودهمانندی در برخال‌ها شکل جدیدی از تقارن را ایجاد می‌کند که تقارن مقیاسی خوانده می‌شود. تقارن مقیاسی نوع جدیدی از هم‌ریختی را هم پدید می‌آورد که در مقیاس‌های گوناگون، یعنی سطوح متفاوت سلسله‌مراتب، توزیع شده است. هم‌ریختی برخالی یکی دیگر از پل‌هایی است که ساختار نظام‌های سلسله‌مراتبی را هم پیوند می‌دهد.

«برخال» عبارت است از ساختاری که دو خاصیتِ دیفرانسیل‌ناپذیری و خودهمانندی را دارا باشد.

می‌توان برای سیستم‌های پیچیده‌ی وابسته به انسان چهار سطح سلسله‌مراتبی متمایز در نظر گرفت که عبارت‌اند از زیستی، روانی، اجتماعی و فرهنگی. این چهار را با سرواژه‌ی فراز مورد اشاره قرار می‌دهیم.

[1] iterative generation processes

[2] strange attractor

گفتار دوم: جزء/ کل

تاراجگرِ کل بود بدمستی اجزاها
کهسار تهی گردید از شوخی میناها
مستقبل این محفل جز قصه‌ی ماضی
تا صبحدم محشر دی خفته به فرداها
از خاک تو تا گردی است موضوع پرافشانی
در خواب عدم باقی است هذیان من و ماها

یکی از مسائلی که دانشمندان از عصر نوزایی با آن درگیر بودند چگونگی رابطه‌ی جزء و کل با هم است. تحویل‌گرایان به شکلی ساده‌لوحانه این پرسش را با عبارتِ «کل وجود ندارد» جواب می‌دادند. موج اول نظریه‌پردازان سیستمی تقریباً این عبارت را معکوس کردند و به شعارِ «جزء وجود ندارد» اکتفا کردند. امروز ما می‌دانیم که همه‌ی سطوح سلسله‌مراتبی سیستم اهمیت دارند و هر یک در جایگاهی رفتار آن را تعیین می‌کنند.

نظریه‌پردازان قدیمی‌تر می‌کوشیدند با نسبت دادنِ ویژگی‌های کل به جزء مشکل رابطه‌ی این دو را حل کنند. از این رو زیست‌شناسانی مانند هانس دِریش[1] معتقد بودند نیروی حیاتی مبهمی در تمام اجزای بدن جانداران جریان دارد که هر جزء آن‌ها را مانند کل بدنشان زنده می‌سازد. جامعه‌شناسانی مانند اگوست کنت[2] می‌کوشیدند خواص منسوب به جامعه –مانند دوره‌های تحول تاریخی سه‌گانه و سیر پیشرفت عقلانیت– را در آدم‌های منفرد هم نشان دهند و جان استوارت میل[3] معتقد بود ارزش‌هایی مانند برابری و آزادی که در سطح اجتماعی تعریف می‌شوند در تک‌تک اعضای جامعه نیز حضور دارد.

این راهبرد از آن رو موفق بود که مسئله‌ی اصلی را، که نظریه در پی توضیح دادنش بود، پیش‌فرضِ خود در نظر می‌گرفت. مسئله‌ی کنت چگونگی رشد عقلانیت در جامعه بود و فرض این‌که همین روند در افراد هم وجود دارد، فقط صورت مسئله را با تغییر شکلِ جمله‌بندی‌اش حذف می‌کرد.

در نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده قصد ما نادیده گرفتن تفاوت میان عناصر سطوح خرد و کلان نیست، بلکه بر عکس، بر این تفاوت پافشاری هم می‌کنیم. نیمی از راه حل پرسش‌های جدی با فهمشان به دست می‌آید. تا به حال مخلوط کردن خواص جزء و کل راهی برای نفهمیدنِ مسئله‌ی سلسله‌مراتبی بودنِ سیستم‌ها بوده است.

رابطه‌ی بین جزء و کل با نادیده گرفتن تفاوتشان فهم‌پذیر نیست. برای درک رابطه‌ی این دو باید به فرآیندهایی رابط توجه کرد که سطوح گوناگون سلسله‌مراتب را به هم چفت می‌کنند.

---

[1] Hans Adolf Eduard Driesch (1867-1941)
[2] Auguste Komte (1798-1875)
[3] John Stuart Mill (1806-1873)

گفتار سوم: هم‌افزایی

موج چون بر هم خورد بیدل همان بحر است و بس
کم شدن از وهم هستی جزء را کل می‌کند

راه حل مسئله‌ی جزء و کل در قالب دانش هم‌افزایی[1] صورتبندی می‌شود. این عبارت را برای نخستین بار هرمان هاکن[2] در سال ۱۹۷۱ م. به عنوان برچسبی برای راهبرد سیستمی جدیدش به کار گرفت. کاربرد این کلیدواژه به زودی چنان فراگیر شد که یک سال بعد نخستین همایش جهانی در این زمینه در آلمان برگزار شد. مفهوم هم‌افزایی[3] به فرآیندی اشاره می‌کند که طی آن پردازش اطلاعات در سیستم‌های خودزاینده به زایش کنش‌ها و رخدادهای نوظهور در سطوح بالاتر پیچیدگی منجر شود.

هم‌افزایی محصول همان ضرورتی است که پیدایش سطوح بالاترِ سلسله‌مراتب را بر لایه‌های زیرینِ نظم ایجاب می‌کند. هم‌افزایی جریانی از پویایی اطلاعات است که به سازمان‌یافتگی بغرنج‌ترِ کنش‌ها و رخدادها در

---

[1] synergetics
[2] Herman Haken (1927-)
[3] synergism

سطوحی کلان منتهی می‌شود و از این رهگذر پدیدارهایی نوظهور و بی‌سابقه را در سیستم ایجاد می‌کند. شبکه‌ی عصبی یادگیرنده‌ای که از میلیاردها نورون تشکیل شده، در سطوح خرد، رخدادهایی مانند تغییر غلظت ناقل‌های عصبی و کنش‌هایی مانند فعالیت عصبی و شلیک آکسونی را از خود بروز می‌دهد، اما سازمان‌یافتگی همین مجموعه در سطحی بالاتر به پیدایش خاطره‌ای خوشایند منجر می‌شود. جامعه، اگر در سطحی خرد نگریسته شود، از مجموعه‌ای از آدم‌ها تشکیل شده که رفتارهایی به ظاهر نامربوط انجام می‌دهند، اما هنگامی که تمام این رفتارها در سطوحی بالاتر جمع بسته شود، پدیدارهایی مانند بحران فرهنگی، جنگ و انقلاب را خلق می‌کنند.

اهمیت مفهوم هم‌افزایی و جنبه‌ی انقلابی‌اش در آن است که پیش‌فرضِ جاافتاده‌ی ریشه داشتنِ هر پدیدارِ سطح کلان در سطوح زیرینش را رد می‌کند. بر مبنای این نگرش، حیات در سطوح شیمیایی وجود ندارد و هنگامی که در سطوح روان‌شناختی به آدمیان نگاه می‌کنیم اثری از جامعه نمی‌یابیم. گونه، هنگامی که نگاهمان را بر بدن‌های منفرد دوخته‌ایم، معنا ندارد و تک تک نورون‌ها به لحاظ زبان‌شناختی هیچ حرفی را نمی‌فهمند.

با پذیرش روندهای هم‌افزایانه یک مشکل قدیمی دیگر هم حل می‌شود و آن هم مشکل هستی‌شناسانه‌ی مربوط به سیستم است. فون برتالنفی در کتاب مشهور خود –«نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها»– تصدیق کرده بود که گام‌های متفاوت پیچیدگی در سطوح بالاتر سلسله‌مراتب به پیدایش چیزهایی نوظهور می‌انجامد؛ اما پرسشی که در اینجا ایجاد می‌شد این بود که ریشه‌ی هستی‌شناختی چیزهای نوظهور مزبور کجاست؟ آیا آن‌ها پیشاپیش در سیستم وجود داشته‌اند؟ یا آن‌که ناگهان از هیچ خلق شده‌اند؟ کسانی که حالت اول را می‌پذیرفتند به همان وضعیتِ تحویل‌گرایانه‌ای دچار می‌شدند که ذکرش گذشت و آن‌ها که دومین گزینه را درست‌تر می‌دانستند ناچار می‌شدند نوعی «ارزش افزوده‌ی هستی‌شناختی» را توضیح دهند که به لحاظ فلسفی بسیار دردسرساز

بود. پذیرش حالت دوم تقریباً به این معنا بود که سیستم‌ها دستگاه‌هایی برای خلقِ هستی از عدم هستند.

برداشت خاص ما از رویکرد هم‌افزایانه این مشکل را به شکلی دیگر حل می‌کند. از این دید می‌توان پدیدارهای نوظهورِ سطوح بالایی را، همچون رخدادها و کنش‌های سطوح زیرین، فاقد محتوای هستی‌شناختی در نظر گرفت! این گفته تقریباً بدان معناست که هیچ‌کدام از چیزهایی که در موردشان تا اینجا بحث شد وجود خارجی ندارند! همه‌ی این‌ها فقط در مقام توصیف‌هایی کاربردی از مه‌روند اعتبار دارند. پس چیزی به نام اضافه بارِ هستی‌شناختی وجود ندارد، چون حافظه‌ی خوشایند مورد بحث ما، مانند نورون‌های مفروض در مغز و همچون اتم‌هایی که فرض می‌کنیم آن‌ها را ساخته‌اند، وجود خارجی ندارند. آن‌ها تعبیرهایی کارآمد و توصیف‌هایی نسبتاً دقیق از هستی بیرونی ناشناختنی‌ای هستند که بی‌اعتنا به این توصیف‌ها، در کلیت یکپارچه‌اش، برای خود وجود دارد.

در رویکرد مورد نظر ما، جزء یا کل را نمی‌توان اصیل‌تر، واقعی‌تر و زیربنایی‌تر در نظر گرفت. هردوی این مفاهیم توصیف‌هایی هستند که به یک اندازه هستند یا نیستند!

«هم‌افزایی» فرآیندی است که در طی آن پردازش اطلاعات در سیستم‌های خودزاینده به زایش کنش‌ها و رخدادهای نوظهور در سطوح بالاتر پیچیدگی منجر می‌شود.
با مفهوم هم‌افزایی مشکلِ هستی‌شناختی ظهورِ رخدادهای کلی بر مبنای روندهای جزئی حل می‌شود.

بخش دهم: تکامل

گفتار نخست: منابع

سیستم‌های هم‌افزا نظام‌هایی خودزاینده هستند که برای پایداری باید مرتباً توسط عناصرِ مطلوبِ محیطی تغذیه شوند. این تشنگی سیستم‌ها برای رخدادهای مناسبِ محیطی همان عاملی است که جایگاه ایشان بر فضای حالت را محدود می‌کند. رخدادهایی را که سیستم برای تداوم بقایش به آن‌ها نیازمند است منابع[1] می‌نامند.

منابع، در نگرش سنتی، تنها به عناصری مانند ماده و انرژی و اطلاعات منحصر می‌شده است؛ اما در واقع آنچه مورد نیاز سیستم است رخداد است. سایر چیزها، از جمله عناصرِ خام با معنای انتزاعی‌شان، اصولاً توسط سیستم درک نمی‌شوند. سیستم‌های زنده در جستجوی عنصری انتزاعی مانند پروتئین و چربی یا کالری نیستند؛ آن‌ها به دنبال رخدادی به نام غذا می‌گردند و این چیزی است که در همه‌ی سطوح فراز دیده می‌شود.

> رخدادهایی را که سیستم برای تداوم بقایش به آن‌ها نیازمند است «منابع» می‌نامند. سیستم‌ها بر سر دستیابی منابع با هم رقابت می‌کنند.

[1] resources

پاره‌ی نخست: آشیان

سیستم برای پایداری به جریان‌هایی از منابع پایبند است. شبکه‌ی منابع مورد نیازِ سیستم در محیط را آشیان[1] می‌نامند. آشیان مجموعه‌ای از رخدادهاست که منابع مورد نیاز سیستم برای بقا را تأمین می‌کند.

آشیان بخش‌هایی از فضای حالت را اشغال می‌کند که تراکم جذب‌کننده‌های سیستم در آن بیشتر است. همه‌ی آشیان‌ها در بخش‌های مجازِ فضای حالت قرار دارند. هرچه سیستم پیچیده‌تر باشد، رخدادهایی که ضامن بقایش هستند هم پیچیده‌تر و متعددتر خواهند بود و به این ترتیب به آشیانی پیچیده‌تر نیاز خواهد داشت.

با پیچیده‌تر شدنِ سیستم‌ها، حجم کلی آشیانشان در فضای حالت زیاد می‌شود، چون تعداد ابعاد فضای حالت زیادتر شده و بنابراین کل فضای حالت در ابعاد جدیدی بسط می‌یابد؛ اما این کش آمدنِ آشیان‌ها، آنگاه که نسبت به کلِ انبساط فضای حالت سنجیده شود، به نوعی انقباض شبیه خواهد شد. سیستم‌ها با هرگامی که در راستای پیچیده‌تر شدن بر می‌دارند فضای حالت خود را پیچیده‌تر و بغرنج‌تر و بنابراین پایداری خویش در آن را دشوارتر می‌سازند. آشیان این سیستم‌ها روندی انقباضی را در پیش می‌گیرد و با سرعتی بسیار کمتر از فضای حالتِ انتزاعی و فراگیرشان توسعه می‌یابد. در نتیجه، آشیان و کل فضای حالت مجاز برای سیستم مرتب از کلِ فضای حالت عقب می‌ماند.

بنابراین سیستم‌ها تمایل ندارند خود به خود به سمت پیچیدگی بیشتر حرکت کنند. تمام آنچه درباره‌ی تمایز و تخصص و سلسله‌مراتبی شدن گفتیم مربوط به نظام‌هایی بود که زیر فشار تنش‌های محیطی ناچارند پیچیده‌تر شوند.

---

[1] Niche

این ناچاری دلیلی ساده دارد. سیستم‌های خودزاینده بر سر منابع با هم رقابت می‌کنند. رخدادهای مطلوبِ محیط همواره کمتر از نیازِ سیستم‌هایی است که در محیط حضور دارند و این نامطلوب‌ترین خصلت محیط است.

بخش عمده‌ی فشاری که از بیرون به سیستم وارد می‌شود به خود محیط مربوط نیست، بلکه به سیستم‌های دیگرِ مقیمِ آن باز می‌گردد. تنش‌زاترین چیزی که در محیط وجود دارد یک سیستم دیگر است.

سیستم‌ها بر سر منابع با هم رقابت می‌کنند. جانوران بر سر شکار، هویت‌های روانی بر سر لذت، جوامع بر سر منابع طبیعی و جمعیت و عناصر فرهنگی بر سر مغزهایی که حمل و تکثیرشان کنند با هم درگیر می‌شوند. هنگامی که بر فضای حالتی فراگیر به آن‌ها نگاه کنیم، می‌بینیم که سیستم‌های خودزاینده بر سر آشیان‌ها، یعنی لکه‌های ارزشمندِ فضای حالت، با هم رقابت می‌کنند.

«آشیان» مجموعه‌ای از رخدادهاست که منابع مورد نیاز سیستم برای بقا را تأمین کند.
سرعت توسعه‌ی آشیان‌ها همواره کمتر از شتاب گسترش فضای حالت است.

پاره‌ی دوم: شایستگی

این رقابت نتیجه‌ای آشکار دارد؛ برخی برنده و برخی بازنده می‌شوند.

توانایی سیستم برای چیرگی بر رقیبان و حراست از آشیان شایستگی[1] نامیده می‌شود. شایستگی عبارت است از بخت یا قدرتِ سیستم برای حفظ آشیان و تداوم بقا. شایستگی فاصله‌ی خطراهه با پایدارترین جذب‌کننده، غیر از تعادل با محیط، است.

[1] fitness

معیار شایستگی برد و باخت در بازیِ رقابت است. برنده‌ها سلطه خود را بر آشیان تثبیت می‌کنند و بازنده‌ها از آشیانشان تبعید می‌شوند. این رانده شدن از آشیان در حالت عادی به نابودی سیستم بر اثر کمبود منابع منتهی می‌شود؛ اما در شرایطی استثنایی سیستم موفق می‌شود با پیچیده‌تر ساختنِ سیستمِ خود ابعاد فضای حالتش را گسترده‌تر سازد و به این ترتیب به آشیان‌هایی که برای رقیبانش ناشناخته است دست یابد.

هنگامی که نخستین دوزیستان از دریا خارج شدند، با جهیدن به بخشی ناشناخته از فضای حالت که نمایانگرِ زندگی در خشکی بود، بخش‌هایی بسیار پهناور از فضای حالتِ خویش را کشف کردند. هنگامی که پانصد میلیون سال بعد گروهی از نوادگان همان دوزیستان (نهنگ‌ها و دلفین‌ها) بار دیگر به دریا بازگشتند، کاری مشابه را تکرار کردند. چرا که حالا دریا برای موجوداتی پستاندار و خونگرم فضای حالتی کاملاً جدید تلقی می‌شد. همه‌ی این پیشروانِ فتح فضای حالت، به دلیل این شجاعتشان و به خاطر آن‌که موفق شدند سازگاری را بر گریز ترجیح دهند، از رقبایشان پیچیده‌تر شدند. دوزیستان از ماهیان و نهنگ‌ها از پستانداران خشکی‌زی درشت‌تر و بغرنج‌تر گشتند و به همین دلیل هم ناپایدارتر شدند. تاریخ تکامل ماجرای سیستم‌هایی است که جسورانه به بخش‌هایی ناشناخته از فضای حالتشان خیز برمی دارند و اگر بتوانند با پیچیده‌تر ساختنِ خویش با این آشیان‌های بغرنج‌تر سازگار شوند (پیچیدگی در اندرکنشگر)، زنجیره‌ای از زادگان را در آن آشیان می‌پراکنند (پیچیدگی در همانندساز).

«شایستگی» عبارت است از بخت یا قدرتِ سیستم برای حفظ آشیان و تداوم بقا. شایستگی با پیچیده‌تر شدنِ آشیان به شکلی ناپایدار افزایش پیدا می‌کند.

گفتار دوم: انتخاب طبیعی

تا فنا در هیچ جا آرام نتوان یافتن
هرچه جز منزل در این وادی است یکسر جاده
گوهرِ ما کاش از ننگِ فسردن خون شود
می‌رود دریا ز خویش و موجِ ما اِستاده است

جریان رقابت روندی است که در آن معدودی از سیستم‌های پیروزمند به آشیان‌های قدیمی‌شان می‌چسبند و انبوهی از شکست‌خوردگان با تبعید از آنجا نابود می‌شوند. در این میان، گروهی اندک موفق می‌شوند خود را به جایگاه‌های دیگری در فضای حالت قلاب کنند. این‌ها سیستم‌هایی هستند که در مسیرِ زمان پیچیده‌تر می‌شوند. در این مسابقه‌ی نفس‌گیر، همگان در دراز مدت بازنده خواهند شد. یاخته‌ها و افراد زیر فشار تنش‌های همیشگی محیطی فرسوده می‌شوند و از پا در می‌آیند و گونه‌ها ناچار می‌شوند دیر یا زود جایگاه خود را به رقیبانشان واگذار کنند. این کشتارِ عظیمِ رقیبان انتخاب طبیعی[1] نام دارد.

---

[1] natural selection

انتخاب طبیعی روندی دایمی است که در جریان آن شکست‌خوردگانِ رقابت بر سر منابع با محیط به تعادل می‌رسند. انتخاب طبیعی، با وجود نامِ اشتباه‌آمیزش، هیچ ربطی به کنش و کارکردِ انتخاب ندارد. انتخاب طبیعی از تأثیر تصادفی و کاتوره‌ای محیط بر سیستم بر می‌خیزد. در واقع محیط چیزی را انتخاب نمی‌کند، چون کارکردهایی که زمینه‌ساز انتخاب هستند در آن وجود ندارند. محیط، مانند ایزدبانوی نابینای عدالت، همه را به یک چوب می‌راند و هدفش نفوذ در حصار همه‌ی سیستم‌ها و به تعادل رسیدن با همه‌ی آن‌هاست. در واقع، آن‌هایی که زیر تأثیر انتخاب طبیعی از میان می‌روند از قاعده‌ای فراگیر و انتخابی فراگیر پیروی می‌کنند. آن‌هایی که باقی می‌مانند موارد استثنایی و نقض هستند. محیط آن‌ها را انتخاب نمی‌کند، آن‌ها موفق می‌شوند تعادل با محیط را انتخاب نکنند.

لوئیس کارول[1]، هنگامی که داستان مشهورِ *آلیس در سرزمین عجایب* را می‌نوشت، شخصیتی به نام ملکه‌ی سرخ را در آن گنجاند که همواره در حال دویدن بود. یکبار موقعی که آلیس از او دلیلِ این همه دوندگی را پرسید ملکه پاسخ داد: برای این‌که بر سر جای خودت بایستی باید همیشه بدوی.

این داستان مبنای استعاره‌ی ملکه‌ی سرخ در نظریه‌های تکاملی شده است. تنها سیستم‌هایی در حفظ آشیان خویش موفق می‌شوند که حتی برای لحظه‌ای هم از رقابت با دیگران دست بر ندارند. این پویایی همیشگی شرطِ بقا و بر سر جای خود ماندن است. چنان‌که بیدل به زیبایی تشریح کرده است، محیط همچون دریایی می‌ماند که سیستم‌های موفق همچون موجی پویا، اما ثابت، بر زمینه‌ی آن ایستاده‌اند.

انتخاب طبیعی در دو سطح عمل می‌کند. نخستین سطحِ تأثیر آن در کوتاه‌مدت به نتیجه می‌انجامد. در این حالت، تنشی که از سوی محیط به

[1] Charles Lutwidge Dodgson/ Lewis Carroll (1823-1898)

سیستم وارد می‌شود آن‌هایی را که اندرکنشگرِ ضعیف و ناتوانی دارند از میان بر می‌دارد. نخستین قربانیان انتخاب طبیعی اندرکنشگرهای ضعیف هستند.

سیستم‌هایی که اندرکنشگر نیرومند و موفقی دارند و می‌توانند با روندهایی خودزاینده سیستم خود را در برابر محیط حفظ کنند موفق می‌شوند در سطحی دیگر به رقابت با همتایان خود بپردازند. این سطح دوم از تأثیر انتخاب طبیعی به همانندسازها مربوط می‌شود. همانندسازهایی که توسط پوسته‌ی اندرکنشگر کامیابی احاطه شده‌اند باید در این گام بر سر تکثیر کردنِ اطلاعات درونی خود با هم مسابقه دهند.

«انتخاب طبیعی» روندی دایمی است که در جریان آن شکست‌خوردگانِ رقابت بر سر منابع با محیط به تعادل می‌رسند.
انتخاب طبیعی دو سطحِ کوتاه و بلندمدت دارد که به ترتیب بر اندرکنشگر و همانندساز عمل می‌کند.

راهبردکمی/ کیفی

سیستم‌ها در برابر این دو گام از انتخاب طبیعی دو راهبرد کلی را در پیش رو دارند. نخست آن‌که بر پیچیده‌تر کردنِ اندرکنشگر خود تمرکز کنند و به این ترتیب مقاومت هر سیستم منفرد را افزایش دهند و دیگر آن‌که بر کامیابی همانندساز سرمایه‌گذاری کنند و بختِ بقای دودمانی از سیستم‌های تولید مثل‌کننده را افزایش دهند. این دو راهبرد را به ترتیب کیفی و کمی می‌نامیم.

راهبرد کیفی با پیچیده‌تر شدنِ اندرکنشگر همراه است. این روش به پیدایش سیستم‌هایی بسیار پیچیده می‌پردازد که بیشترین مقاومت را در برابر تنش‌های محیطی از خود نشان می‌دهند و تراکم زیادی از اطلاعات را در خود انباشته می‌کنند. در این سیستم‌ها اطلاعات کارکردی بر اطلاعات ساختاری غلبه دارد و بخش مهمی از انعطاف سیستم در برابر تنش‌ها به یادگیری و توانایی

سازماندهی انتظارات باز می‌گردد. از آنجا که بازتولید کردنِ چنین مجموعه‌ی پیچیده‌ای کار دشواری است، زیرسیستمِ همانندساز تعداد معدودی از زادگانِ بسیار پیچیده را تولید می‌کند؛ زادگانی که پیچیدگی زیادشان و شمار اندکشان آن‌ها را ارزشمند ساخته و بنابراین باید توسط سیستم‌های والد خود حمایت و پشتیبانی شوند.

راهبرد کمی با پیچیده‌تر شدن زیرسیستمِ همانندساز همراه است. سیستم‌های پیرو این راهبرد مقاومت زیادی در برابر تنش‌های محیطی از خود نشان نمی‌دهند. اندرکنشگر آن‌ها آنقدر پیچیده نیست که بتواند در برابر فشارهای بیرونی زیاد دوام بیاورد. به دلیل همین سادگی بازتولید کردن این سیستم‌ها به نسبت ساده است. از این رو کارآیی همانندساز بیشینه می‌شود و اندرکنشگرهایی ساده را پدید می‌آورد که کارشان تنها پشتیبانی موقت و کوتاه‌مدتِ همانندسازی‌هایی مشابه است. در راهبرد کمی شمار زیادی از زادگانِ ساده تولید می‌شوند.

مثال‌های زیادی برای راهبردهای کمی و کیفی می‌توان آورد. در جهان زنده، در سطوح گوناگون این مثال‌ها رامی توان دید. جانورانی مانند پستانداران که شمار کمی فرزندِ پیچیده را تولید می‌کنند و معمولاً برای مدتی از آن نگهداری می‌کنند راهبرد کیفی را برگزیده‌اند. در مقابلشان حشرات قرار دارند که می‌توانند در هر نوبت صدها تخم بگذارند و با این حال از هر تخم موجودی به نسبت ساده خارج می‌شود. در میان یک شاخه از جانوران هم راهبردهای متمایز مشابهی را می‌توان یافت.

موش‌های کوچکی که در هر سه ماه دوازده بچه می‌زایند در برابر نهنگ‌های عظیمی قرار می‌گیرند که هربار بچه‌دار شدنشان سال‌ها طول می‌کشد و در نهایت به زایش یک یا دو فرزند منتهی می‌شود. حتی در الگوهای رفتاری هم می‌توان این راهبردها را تشخیص داد. گیاهخوارانی که مقدار زیادی غذای کم‌ارزش اما فراوان مصرف می‌کنند پیرو راهبرد کمی و گوشتخوارانی که حجم کمی غذای کمیاب ولی ارزشمند می‌خورند دنباله‌روی راهبرد کیفی هستند.

نهادی سیاسی مانند احزاب که تعداد زیادی عضوِ ساده‌ی شبیه به هم را قالب می‌زند نماینده‌ی راهبرد کمی و نهادهای دانشگاهی که پس از سال‌ها تعداد کمی افراد متفکر را پدید می‌آورد نماد راهبرد کیفی است. در سطح فرهنگی، جوک‌های ساده‌ای که به سرعت در سطح شهر پراکنده می‌شود کمی و نظریه‌هایی علمی که به کندی و در میان افرادی خاص انتشار می‌یابد کیفی عمل می‌کنند.

در جریان تکامل، تعادل میان این دو نوع راهبرد به دو شکل برقرار می‌شود. در کوتاه‌مدت، راهبرد کمی برنده است. یکی از متغیرهای ساده‌ای که می‌تواند برای ارزیابی درجه‌ی موفقیت جانداران مورد استفاده قرار گیرد مفهوم زی‌توده[1] است. زی‌توده جرمِ کلی همه‌ی اعضای یک گونه است. این کمیت در واقع نشانگر مقدار کلی ماده‌ای است که توسط یک جذب‌کننده‌ی ژنتیکی تصاحب شده است. بر فضای حالتِ کدهای ژنتیکی می‌توان تمام گونه‌های ممکن را با نقطه‌هایی نشان داد. نمونه‌های زنده در این فضا جذب‌کننده‌هایی هستند که منابع را به سوی خود می‌کشند. شمارش‌پذیرترین جزءِ منبع ماده است و از همین جا مفهوم زی‌توده به عنوان شاخص شایستگی زیستی تعریف می‌شود.

حالا اگر به زی‌توده‌ی جانداران نگاه کنیم، می‌بینیم که هواداران راهبرد کمی موفق‌تر هستند. زی‌توده‌ی موش‌ها (یعنی وزن کل موش‌های زنده‌ی روی کره‌ی زمین) کمی از زی‌توده‌ی نهنگ‌ها بیشتر است و حشرات به شکلی قاطع بر مهره‌داران برتری دارند.

با این همه، در دراز مدت، اندرکنشگرها هستند که مرزهای جدید فضای حالت را می‌گشایند. پیچیده‌ترین موجودات آن‌هایی هستند که اندرکنشگر بغرنج دارند، وگرنه برای همانندسازی ژنتیکی همان تک‌سلولی ساده هم کفایت می‌کرد. به این ترتیب، در دراز مدت، مرزدارانِ پیچیدگی آن‌هایی هستند که راهبرد کیفی را برگزیده‌اند؛ هرچند نسل این کیفی‌گرایان شانس بقای زیادی

---

[1] biomass

نخواهد داشت. به طور خلاصه، کمونیست‌ها و فاشیست‌ها کشورها را تسخیر خواهند کرد، اما فرزندانشان از نظریه‌های همان روشنفکرانِ مطرود پیروی خواهند کرد.

تلاش برای چیرگی بر تنش‌های محیطی دو راهبردِ کمی و کیفی را ایجاد می‌کند که به ترتیب بر کامیابی همانندساز و اندرکنشگر تمرکز یافته‌اند. راهبرد کمی در کوتاه‌مدت موفق‌تر است، اما راهبرد کیفی است که به بسط فضای حالت آشیان سیستم می‌انجامد.

گفتار سوم: سیستم تکاملی

با توجه به مفاهیمی که گفته شد، می‌توانیم به سادگی یک کلیدواژه‌ی مهم را تعریف کنیم:

سیستم تکاملی[1] سیستمی خودزاینده است که دارای زیرسیستمِ همانندساز باشد، در جریان همانندسازی اشتباه کند و زیر تأثیر انتخاب طبیعی قرار بگیرد.

پس سیستم تکاملی با این ویژگی‌ها تعریف می‌شود:

– در آن زیرسیستم همانندساز از زیرسیستم اندرکنشگر تمایز پیدا کرده است؛

– سیستم همانندساز در جریان کار خود دستخوش خطا می‌شود. این شرط در ماهیت روند همانندسازی نهفته است. فرآیند رونویسی اطلاعات شکلی از پردازش اطلاعات است و همواره با نوفه آغشته است؛

– کارکرد زیرسیستم اندرکنشگر و در نتیجه کارآیی زیرسیستم همانندساز به حضور و امکان برخورداری از منابعی وابسته است که محدود و مورد رقابت هستند.

---

[1] evolutionary system

نخستین کسی که اهمیت این سه شرط را برای سیستم‌های تکاملی درک کرد داروین بود و به همین دلیل هم نخستین کتاب در زمینه‌ی سیستم‌های تکاملی *اصل انواعِ* داروین بود که به شرح چگونگی تکامل سیستم‌های زنده اختصاص یافته بود. به همین دلیل هم مرسوم است وقتی که از تکامل و سیستم‌های تکاملی صحبت می‌شود، جانداران در ذهن مجسم شوند و بسیاری از افراد هم دامنه‌ی سیستم‌های تکاملی را به موجود زنده محدود می‌دانند.

در واقع، جانداران تنها یکی از انواع سیستم‌های تکاملی هستند. البته شاید به این دلیل که خود ما نوعی از این سیستم‌ها هستیم همواره جانداران برای ما مهم‌تر و جالب‌تر بوده‌اند.

با این همه، سیستم‌های تکاملی دیگری را هم در سطوح مختلف سلسله‌مراتب می‌توان یافت. در سطح زیستی بدن جانداران، در سطح روانی هویت‌های روان‌شناختی، در سطح اجتماعی جوامع و در سطح فرهنگی منش‌ها نمونه‌هایی از این سیستم‌ها هستند. در واقه سطوح فراز بر مبنای مقیاسِ سیستم‌های تکاملی مهمی که در پیرامون ما وجود دارند تعریف شده‌اند. بی‌تردید در سطوح دیگر و قلمروهای متفاوت اشکال دیگری از این سیستم‌ها را می‌توان یافت.

«سیستم تکاملی» سیستمی خودزاینده است که دارای زیرسیستمِ همانندساز باشد، در جریان همانندسازی اشتباه کند و زیر تأثیر انتخاب طبیعی قرار بگیرد. مشهورترین مثال برای سیستم‌های تکاملی جانداران هستند، اما این سیستم‌ها به موجودات زنده محدود نمی‌شوند.

گفتار چهارم: من/ دیگری/ جهان

سیستم‌های تکاملی وقتی از سطح خاصی پیچیده‌تر شوند این امکان را پیدا می‌کنند که عناصر محیط را به دو رده‌ی «شبیه به من» و «متفاوت با من» تقسیم کنند. این فرآیند، در واقع، نوعی دوشاخه‌زایی در حوزه‌ی پردازش اطلاعات و نوعی از شکست تقارن در قلمرو شناخت است. شیوه‌ی یکسانی که تا آن هنگام برای پردازش اطلاعات مربوط به محیط به کار گرفته می‌شد حالا به دو شکلِ متمایز تفکیک می‌شود. یکی برای عناصری از محیط که با خودِ سیستم تفاوت دارند به کار گرفته می‌شود و دیگری برای شناسایی عناصری از محیط که رفتاری شبیه به خود سیستم دارند تخصص می‌یابد. جهان تخت و همواری که تا آن هنگام وجود داشت به دو قلمرو متمایزِ «شبیه و متفاوت با من» تقسیم می‌شود و عناصر محیط که متقارن و یکدست می‌نمودند به دو رده‌ی اصلی تقسیم می‌شوند.

این شکست تقارن مدیون پیچیده‌تر شدن نظام درونی سیستم و پیدایش امکان تبادل اطلاعات و همکاری با سایر سیستم‌هاست. سیستم تکاملی وقتی از آستانه‌ای از پیچیدگی گذر کرد این بخت را پیدا می‌کند که، علاوه بر ارتباطِ درونی میان زیرسیستم‌هایش، با سیستم‌های تکاملی مشابهِ خود نیز وارد کنش

متقابل شود.

کنش متقابلِ دو سیستم می‌تواند چهار شکل به خود بگیرد.

1. اگر دو سیستم بر سر منابع با هم رقابت کنند، اندرکنشِ این دو برنده–بازنده نامیده می‌شود. این وضعیت در شرایطی شکل می‌گیرد که سیستم برای دستیابی به منابع سیستم‌های دیگر را از آن‌ها محروم کند. کارمندی که برای دستیابی به مقامی بالاتر با همکارش رقابت می‌کند، گوشتخواری که برای دستیابی به شکار می‌کوشد و به این ترتیب شکارچی دیگری را از گوشت محروم می‌کند و نظریه‌ی نیوتون و لایب‌نیتس در مورد خمیدگی زمین که باور دانشمندان را به خود جلب می‌کنند در حال اندرکنشی از نوعِ برنده–بازنده هستند.

2. امکانِ دیگر حالتی است که در آن سیستم روشی برای برخورداری مشترک از منابع را با یاری سیستم‌های دیگر پیدا می‌کند. این نوع کنش متقابل برنده–برنده نامیده می‌شود. اگر دو کارمند با همکاری هم تلاش کنند تا هردو ترفیع بگیرند یا شکارچیانی به صورت گله‌ای اقدام به شکار کنند، چنین رفتاری نمود یافته است.

دو الگوی غیرعادی از اندرکنش میان سیستم‌ها هم قابل‌تصور است.

3. نخست آن‌که رقابتِ بر سر منابع برای سیستم از خودِ منبع مهم‌تر شود! این حالتِ غیرمعمول در شرایطی رخ می‌دهد که از دیدِ سیستم بقا/ لذت/ قدرت/ معنا، به جای آن‌که از راهِ دستیابی به منابع تأمین شود، از طریق مهارِ راه دستیابی سیستم‌های دیگر بدان حاصل آیند. این وضعیت از آن رو غیرعادی است که سیستم در نهایت به منبع دست نمی‌یابد و دلیلِ انتخاب این الگوی رفتاری نوعی اختلال در رمزگذاری گزینه‌های منتهی به بقا/ لذت/ قدرت/ معناست. چنین کنش متقابلی را بازنده–بازنده می‌نامند. دو کارمندی که بدون تلاش برای اثبات شایستگی خود سعی می‌کنند شایستگی دیگری را زیر سؤال ببرند، (در فرهنگ ما این هنرِ محبوب «زیرآب‌زنی» نامیده می‌شود!)، کشاورزانی که برای جلوگیری از خورده شدنِ محصولاتشان توسط آفات با سم‌های شیمیایی محصولشان را از بین می‌برند و کشورهایی که در زمان جنگ تمام

منابع یکدیگر را به قیمت نابودی منابع خویش از بین می‌برند درگیرِ چنین رفتاری هستند.

4. یک رفتارِ باز هم عجیب‌تر وجود دارد که بازنده–برنده نامیده می‌شود. این رفتار در شرایطی رخ می‌دهد که یک سیستم، به قیمت از دست دادنِ منابع، کمک کند تا دیگری آن منابع را به دست آورد. توجه داشته باشید که این رفتار با فداکاری و ازخودگذشتگی اخلاقی تفاوت دارد. فداکاری معمولاً در زمینه‌ای پاداش‌دهنده و برنده–برنده رخ می‌دهد. آدم‌هایی که به هم کمک می‌کنند در نهایت از کمک‌های آدم‌های دیگر برخوردار می‌شوند و مادران و پدرانی که منابعشان را صرف پرورش فرزندانشان می‌کنند در واقع دارند از محصولات سیستمِ همانندسازِ خود حمایت می‌کنند. رفتار فداکارانه‌ی مورچگان و زنبوران برای حراست از لانه‌شان و ازخودگذشتگی مادران برای فرزندانشان نوعی اندرکنش برنده–برنده است، نه بازنده–برنده.

رفتار بازنده–برنده، با وجود کمیاب بودنش، به ویژه در سطح اجتماعی زیاد دیده می‌شود. این نکته هم حدس ما را مبنی بر این‌که این دو رفتارِ اخیر در نوعی اختلالِ بازنمایی ریشه دارند تأیید می‌کند. برخی از رفتارهای سنتی بردگان در قبال اربابانشان و رعیت در برابر خان از این نوع رفتارها هستند.

از میان این چهار نوع رفتار، برنده–برنده از همه پیچیده‌تر و از نظر تکاملی موفق‌تر است. سیستم‌هایی که راهبرد بازنده–بازنده یا بازنده–برنده را انتخاب می‌کنند خیلی زود در مسیر رقابت با دیگران حذف می‌شوند. آن‌هایی که با الگوی برنده–برنده رفتار می‌کنند، با تنیدنِ شبکه‌ای از روابط حمایتی در اطراف خود، مقاومتشان را در برابر تنش افزایش می‌دهند؛ به همین دلیل هم انتخاب طبیعی این الگوها را بر می‌گزیند. همیاری جلبک‌ها و قارچ‌ها و پیدایش گلسنگ‌ها، شکل‌گیری موجودات پرسلولی و جوامع و ظهور یوکاریوت‌ها (که از همکاری گروهی پروکاریوت مانند میتوکندری‌ها برخوردارند) نمودهایی از سنگواره‌های موفقِ این اندرکنش‌های برنده–برنده هستند. چنان‌که از همین مثال‌ها بر می‌آید، یک روشِ عمده‌ی سازمان‌یافتگی و ارتقای سطوح

سلسله‌مراتب سیستم تکیه بر این راهبرد است.

استفاده از راهبردِ یادشده پیش‌شرطی دارد و آن هم تشخیصِ سیستم‌های دیگر همچون چیزی شبیه به خود است. سیستمی که چنین کاری را انجام دهد مه‌روند را به سه بخشِ متمایزِ من (خودِ سیستم)، دیگری (سیستم‌های مشابه با من در محیط) و جهان (بقیه‌ی محیط) شکسته است. این تقسیم‌بندی سه‌تایی را از هگل وام گرفته‌ایم که هستی را به این سه بخش تقسیم می‌کرد و از سارتر که این رده‌بندی را به شکلی دقیق‌تر تکرار کرده است.

در هریک از سطوحِ فراز آستانه‌ای از پیچیدگی مورد نیاز است تا این تمایز در بازنمایی هستی ممکن شود. درک دیگری و شکل‌گیری چهار نوع اندرکنشِ یادشده در سیستم‌هایی که دست‌کم به قدر جانداران پیچیده باشند دیده می‌شود. البته این گزاره در مورد سیستم‌های تکاملی طبیعی راست است، وگرنه امروزه روبات‌هایی به نسبت ساده را با الهام از فرآیندهای شناختی جانداران می‌توان ساخت که این توانایی را داشته باشند.

در سطح روانی بیشترین اطلاعاتی که در مورد روند شکل‌گیری این شکست تقارن شناختی در اختیار داریم به نوزاد انسان مربوط می‌شود. کودکان انسان در حدود سه‌ماهگی قادر به تشخیص خویشتن از دیگری می‌شوند. از همین سن بازی کردن با والدین را به شکل رفتاری سازمان‌یافته شروع می‌کنند و رفتارهایی مانند گول زدن، شوخی کردن و تقلید انتخابی حالات عاطفی والدین را از خود نشان می‌دهند. به این ترتیب، چنین می‌نماید که سطح پیچیدگی روان‌شناختی لازم برای تشخیص دیگری و صورتبندی رفتار در قبال او پیش از ظهور زبان در کودک پدیدار می‌شود.

در سطح جامعه‌شناختی چنین می‌نماید که جوامع گردآورنده و شکارچی، به دلیل اندرکنش ناچیزشان با جوامع دیگر، از چنین تبادل اطلاعات معناداری محروم مانده باشند و در نتیجه امکان صورتبندی مفهوم دیگری را به دست نیاورده باشند. یک مثال افراطی از انزوایی که جوامعی از این دست دچارش بوده‌اند به رویارویی شگفت‌انگیز یک گروه از کاشفان اروپایی با قبیله‌ای اسکیمو

در قطب شمال مربوط می‌شود. ساکنان این قبیله بسیار از دیدن کاشفان حیرت کردند، چرا که تا آن هنگام فکر می‌کردند تنها انسان‌های ساکن زمین هستند. چنین می‌نماید که شکل‌گیری جوامع کشاورزی اولیه و پیدایش مسیرهای تجاری میان این جوامع نقطه‌ی شروع صورتبندی مفهوم دیگری در سطح اجتماعی بوده باشد.

با توجه به آنچه گذشت، نظام شناختی‌ای در مسیر تکامل موفق خواهد بود که بتواند دست‌کم سه نوع کارکرد را به انجام رساند. نخست، باید بتواند بازنمایی کارآمدی از جهان خارج پدید آورد و سازگاری سیستم زنده با آن را تضمین کند. دوم، باید امکان تبادل اطلاعات با سایر نظام‌های شناختی را فراهم کند و توافقی اجتماعی را در مورد معنای این بازنمایی‌ها ایجاد نماید و سوم آن‌که باید بازنمایی به نسبت دقیقی از خویش نیز داشته باشد و الگوی رفتار و روند انتخاب‌های عملیاتی خویشتن را به کمک آن مدیریت کند. این سه کارکرد به سه نوع فشاری باز می‌گردد که از سوی من، دیگری و جهان به سیستمِ شناسنده وارد می‌شود و روند انتخاب طبیعی وی را تنظیم می‌کند.

صورتبندی شناخت در سه قلمرو یادشده اشکال متفاوتی به خود می‌گیرد. شناخت جهان، که از غنی‌ترین بخش مه‌روند است و متنوع‌ترین عناصر و تصادفی‌ترین شرایط را در بر می‌گیرد، به دستگاه شناختی بغرنج، خودزاینده و فراگیری نیاز دارد که بتواند ابهام و گسست و تناقض را تحمل کند. این ویژگی‌های به ظاهر مختل‌کننده مدام از جهان به نظام شناختی نشت می‌کنند و باید توسط آن مدیریت، بازتعریف یا انکار شوند. به این ترتیب، شناخت جهان نگرشی عقل سلیمی[1] را می‌طلبد که بدون دقتِ وسواس‌آمیز کلیت بغرنج جهان را در سطحی عملگرایانه شناسایی کند. با این اوصاف شاید بتوان رویکرد عقل سلیمی را سنگواره‌ای از شیوه‌ی باستانی شناخت محیط توسط نظام‌های شناختی ساده دانست.

---

[1] common sense

صورتبندی شناخت در مورد «من» ماجرای دیگری دارد. نظام شناختی باید در مورد من به قطعیتی انکارناپذیر دست یابد، چرا که بخشی از شناخت من به تصمیم‌گیری در مورد سود/ زیان و لذت/ رنج مربوط می‌شود که شکل نمادگذاری‌شده‌ی بقا/ مرگ است. در این قلمرو است که ارزش داوری در مورد رفتارها انجام می‌شود و بازخورد کنش‌ها در قالب لذت و رنج تجربه می‌شود. به این ترتیب حوزه‌ی شناخت من به شکلی مبهم، فراگیر، بسیار کل گرا و قطعی از ارزیابی هستی باز می‌گردد که محور مرکزی‌اش لذت/ رنج است.

ساختار شناخت در قلمرو «دیگری» از همه ساده‌تر و دغدغه‌برانگیزتر است. شناختی در اینجا به کار می‌آید که قابل‌انتقال باشد؛ یعنی بتواند در قالب نظام‌هایی زبانی صورتبندی شود و پس از گذر از مجرایی مانند گفتار یا نوشتار بار دیگر واگشایی شده و معنایی نزدیک به آنچه را تولیدکننده‌اش در نظر داشته در ذهن گیرنده بازنمایی کند. به این ترتیب، شناخت دیگری آن قلمروی است که زبان در آن حکومت می‌کند، زبانی که باید تا حد امکان دقیق، روشن، شفاف، خطی، مستدل و ساده‌شده باشد.

اندرکنش من با دیگری از نوع تبادل ارتباطی است. من به دیگری پیامی می‌دهم و او به من پاسخ می‌دهد. مهم نیست که این ارتباط چه محتوایی داشته باشد. ماهیت آنچه تبادل می‌شود ارتباط است و خصلتی نمادین/ معنایی دارد. ارتباطِ دوسویه پدیده‌ای به شدت تنش‌زاست. چرا که هر یک از سیستم‌های درگیر در رابطه انتظارهای خاص خود را از سیستم رویاروی خود دارند و هردوی آن‌ها هم در مورد این انتظارها با ابهام روبرو هستند.

به این ترتیب، نوعی بازخورد مثبت در میان دوسویه‌ی ارتباط برقرار می‌شود.

هربرت بلومر[1] این پدیده را با عنوان میان‌کنش[2] نامگذاری کرده است. مقصود او از میان‌کنش آن است که انتظارهای من از دیگری، هنگامی که

---

[1] Herbert Blumer (1900-1987)

[2] transaction

برایش پیامی صادر می‌کنم، بر معنا و تفسیر پیام من تأثیر می‌گذارد و ابهام آن را افزایش می‌دهد. بنابراین عدم قطعیت در کنش متقابل من و دیگری مرتب افزایش می‌یابد و ابداع نمادها و معانی جدیدی را برای رفع ابهام ضروری می‌سازد. لومان معتقد است که این ابهام و ناامنی زاده‌شده از آن با دو نوع واکنش در قبال انتظارها می‌تواند تخفیف یابد. نخست با انجام کنشی که انتظارها را تأیید یا رد کند و دوم با تلاش برای رفع ابهام از پیام که پیچیدگی پیام‌ها و تنوع نمادها را بیشتر می‌کند و در سطحی بالاتر به عدم قطعیت و ابهام دامن می‌زند. همین بازخورد مثبت میان پیام‌هایی که به عبث می‌کوشند تا خود را رفع ابهام کنند پیچیدگی نظام‌های ارتباطی در حوزه‌ی تداخل من و دیگری (زبان، جامعه و...) را موجب شده است.

شاید کانت در مورد سه حوزه‌ی اصلی شناخت راست گفته باشد. سه سطحی از شناخت که مورد بحث واقع شد از بسیاری از جنبه‌ها با سه قلمرو باستانی علم، هنر و اخلاق شباهت دارد. واژه‌ی باستانی را به این دلیل به گزاره‌ی پیشین افزودم که وضعیت کنونی این سه حوزه را عادی و منطبق با شکل کهنش نمی‌دانم.

چنین می‌نماید که در مسیر تکامل، با اهمیت یافتن کنش متقابل میان آدمیان و پیچیده‌تر شدن روزافزون نظام‌های اجتماعی، این سه قلمرو شناختی هم بیش از پیش در هم تنیده شده باشد. از سده‌ی پانزدهم میلادی به بعد، شناخت دیگری‌محور و زبان دقیق و شفاف آن، که توافق را آماج می‌کرد، به صورت مبنای صورتبندی شناخت جهان‌محور رسمیت یافت. این به معنای آزادسازی قلمرو زبانِ دقیق و شفاف از انحصار روحانیون و اشراف و رواج یافتنش در میان عوام بود. مردمی که در قرون وسطا با زبان ساده و عامیانه‌شان فهم عقل‌سلیمی خود از طبیعت و جهان را صورتبندی می‌کردند ناگهان این بخت را یافتند که زبان پرداخته و شکیل اشرافِ فئودال و نخبگان کلیسایی را وامگیری کنند.

این زبان از دیرباز با قدرت سیاسی پیوند داشت و برای نیل به توافق در حوزه‌ی قدرت تخصص یافته بود و بنابراین انتزاع و فنی و مغلق می‌نمود و با جهان مادی بیگانه بود. وامگیری پرشور از این زبان و شریک شدن در شناخت نخبه‌سالارانه‌ی شهریاران و اسقف‌ها همان بود که در کنار روند عرفی شدن به رؤیای دکارت برای دستیابی به زبانی کامل برای بازنمایی دقیق و روشن کل گیتی منتهی شد.

بسیار پیش از رنسانس، نشت دیگری در میان شناخت من‌محور و دیگری‌محور رخ داده بود. پیوند محور لذت/ رنج درونی هر من با الگویی از کنش متقابل اجتماعی، که می‌بایست کاستن از رنج یا دست‌کم توهم آن را بازتولید کند، به اخلاقی شدن زبان انجامیده بود. این اخلاقی شدن به ظاهر در سپیده‌دمِ پیدایش جوامع انسانی ریشه دارد و امری بسیار قدیمی‌تر از برجستگی دقت در زبان علمی است.

به این ترتیب، چارچوب شناختی روزگار ما به تدریج پدیدار شد. قالبی که به دلیل برجستگی زبانِ توافق‌مدار، شفاف و روشن زبان علمی دقیق، ریاضی‌گونه و مصنوعی‌ای را آفریده و به تحقیر داشته‌های عقل سلیمی و فهم عامیانه منتهی شده است. قالبی که کنش متقابل انسانی را به رسمی دیرینه با اخلاق پیوند می‌زند و در عین حال قلمرو هنر و ارتباط درونی با من را به عنوان جزیره‌ای مقاوم در برابر محوریت زبان، حصاربندی می‌کند. این البته در شرایطی است که علم و اخلاق –این دو قلمرو زبان محور– داوری‌های خود را درباره‌ی هنر ابراز می‌دارند و تلاش برای ادغام آن در خود و نفوذ در قلمروش را پی می‌گیرند.

بخش یازدهم: تاریخچه‌ی روش‌شناسی علم مدرن

گفتار نخست: تحویل‌گرایی

جهان کتابی است که آن را به زبان ریاضی نوشته‌اند.

گالیله

روندِ شکست پدیده جهان را به چیزهایی متمایز و تفکیک‌پذیر تجزیه می‌کند؛ چیزهایی که باید بر مبنای شباهت‌ها و تفاوت‌هایشان بار دیگر در رده‌هایی مفهومی منظم شوند، بر مبنای وجوه اشتراکشان طبقه‌بندی گردند و با واژگان و نشانه‌های زبانی برچسب بخورند تا شناختنی و مفهوم شوند. تفاوت ادراک یک متخصص و یک آدم عادی در مورد بخش‌های مختلف مه‌روند هم در همین است. برای یک شهروند عادی که روز تعطیل خود را به بوستانی در اطراف شهر رفته تمام جانورانی که با بدن بند بند در لابه‌لای گیاهان حرکت می‌کنند حشره یا «سوسک» هستند، اما در چشم یک حشره‌شناس، هریک از آن‌ها بر مبنای ویژگی‌هایشان در طبقه‌ای خاص و رده‌ای مشخص قرار می‌گیرند و بسیاری از آن‌ها هم اصولاً حشره نیستند، بلکه عنکبوت یا هزارپا نامیده می‌شوند.

این جریانِ تجزیه کردنِ هستی به عناصری مجزا و منفرد و بعد ترکیب کردنِ مجددشان در قالب طبقه‌بندی‌ها و رده‌های مفهومی گوناگون، در طول

تاریخ تمدن‌های بشری، به قدری کارآمد و سودمند بوده که بسیاری از اندیشمندان آن را به عنوان تنها شیوه‌ی شناخت به رسمیت شناخته‌اند.

در عصر نوزایی، یعنی زمانی که شالوده‌ی علوم تجربی نوین در اروپا –و به طور خاص در انگلستان– پی‌ریزی می‌شد، اندیشمندان به دو دلیل شیفته‌ی این روشِ تجزیه و ترکیب شدند.

نخست آن‌که، به دلیل تجزیه‌پذیری عناصرِ مشاهده‌پذیر و رده‌بندی کردنشان در طبقه‌های مفهومی مختلف، امکان شمارش آن‌ها و انجام محاسباتی کمی در موردشان فراهم می‌شد. اگر بتوانید بخش‌های مختلف بدن یک بندپا را زیر عنوان پا، شاخک، دست، اندام حسی و... رده‌بندی کنید، امکان این را هم پیدا خواهید کرد که تعداد پاها را بشمارید و از آن به عنوان شاخصی برای شناسایی گونه‌ها استفاده کنید. در مراحل بعدی می‌توان معادلاتی ریاضی استخراج کرد که تعداد پاهای جانور یکی از متغیرهای آن باشد. به این ترتیب، این روشِ شکستنِ هر چیز به بخش‌های کوچک‌تر و کمی کردن این واحدهای کوچک دروازه‌ای بود به سوی ریاضی‌گونه کردنِ[1] جهان.

این ریاضی‌گونه کردن در عصر نوزایی به دلایل مختلفی اهمیت پیدا کرد. ساده‌ترینِ آن اهمیت تجارت در کشورهای اروپایی پیشرو به ویژه ایتالیا، هلند و بعد هم انگلستان بود. در تمام جوامع بازرگان و تاجرپیشه (از جمله بابِل و ایران باستان) ریاضی و حساب، به دلیل نقشی که در حسابداری و رتق و فتق امور مالی دارند، مهم قلمداد می‌شوند.

دلیل دیگرِ اقبال به ریاضی ظهور فیلسوفانی مانند دکارت و لایب‌نیتس بود که، علاوه بر نظریات فلسفی جالب توجه‌شان، ریاضی‌دانان قابلی هم بودند و می‌کوشیدند عقلانیت حاکم بر گیتی را با زبان شفاف معادلات ریاضی بیان کنند. در دوران یادشده، اندیشمندان از سویی به ریاضی‌گونه بودنِ طبیعت و از سوی دیگر به تجربه‌پذیری حقیقت نهفته در دل طبیعت باور داشتند. این بدان معنا بود

---

[1] mathematization

که ادراک حسی و تجربه‌ی عینی را کلید درک واقعیت می‌دانستند و پس از زوال قدرت کلیسا اعتمادشان را به روش‌های شهودی و غیرتجربی مدعی دستیابی به حقیقت از دست داده بودند.

گرایش به روشِ تحویل‌انگار و تجزیه‌گرانه در همین تجربه‌گرایی هم ریشه داشت. با این روش، دقیق کردن مشاهدات و تدوین آن‌ها ساده‌تر می‌شد. به این ترتیب بود که دو غولِ بزرگ دانش مدرن پا به عرصه‌ی تاریخ گذاشتند. دکارت در فرانسه‌ی فیلسوف‌مآب و اهل جدل و نیوتون در انگلستانِ بازرگان‌منش و عمل‌گرا. دکارت اصول ریاضی‌گونه بودنِ گیتی را تدوین کرد و نیوتون در استخراجِ قوانین ریاضی از تجربیات کامیاب شد. دکارت از معادلاتی سخن گفت که کل هستی را کمی می‌کرد و نیوتون معادلاتی را ارائه کرد که روابط مکانیکی بین اشیاء را به زبان ریاضی بیان می‌نمود. روش تجزیه و ترکیبِ یادشده در هر دوی این متفکران معتبر شناخته می‌شد. معادلات دکارتی در واقع روشی انتزاعی و ریاضیاتی برای تجزیه‌ی خطوط به واحدهای سازنده‌شان (مشتق) و دوباره ترکیب کردن آن‌ها (انتگرال) بود و نیوتون هم از بین تمام اشیای پیرامونش تنها دو جسم را از بقیه تفکیک می‌کرد و روابط گرانشی میان آن دو را با نادیده گرفتنِ بقیه‌ی چیزها صورتبندی می‌کرد.

به این شکل، پیش‌فرض‌های روش‌شناسانه‌ی علم مدرن شکل گرفت. جهان کلیتی پیوسته و کمیت‌پذیر دانسته شد که امکان تجزیه و ترکیب آن و قالب‌بندی[1] کردنش در جامعه‌ی معادلات ریاضی قطعی وجود داشت. این امر به چیرگی مفهوم کمیت بر کیفیت منتهی شد. در حدی که برخی از اندیشمندان از اساس مفهوم کیفیت را منکر شده‌اند و آن را خواصی کمی فرض کردند که به دلیل ضعف‌های ابزاری هنوز قابل‌اندازه‌گیری نیستند. راترفورد[2] جمله‌ی مشهوری دارد که می‌گوید «کیفی کمی فقیر است».

---

[1] formulation

[2] Ernest Rutherford (1871-1937)

در جریان تاریخ علم هم می‌بینیم که کمیت بر کیفیت سایه افکنده است. نیوتون و دکارت، چنان‌که گفتیم، دستگاه‌هایی ریاضی برای فهمِ امور فیزیکی پدید آوردند. مدل‌هایی که در کشورهای زادگاهشان، یعنی انگلستان و فرانسه، تا سال‌ها خطاناپذیر تلقی می‌شد. نگرش دکارتی تصویری از جهان به دست می‌داد که در آن همه چیز قابل‌تبیین بود، اما هیچ چیز محاسبه نمی‌شد. نیوتون، برعکس، دستگاهی ریاضی معرفی کرد که همه چیز را کمی و محاسبه‌پذیر می‌کرد، اما از تبیین رخدادها عاجز بود. دستگاه دکارتی به «چی؟» و مدل نیوتونی به «چگونه؟» خوب جواب می‌دادند. یعنی پرسش‌هایی که به ترتیب به کیفیت و کمیت مربوط می‌شوند.

هنگامی که از این دو دستگاه دو پیش‌بینی متفاوت درباره‌ی شکل زمین به دست آمد، یکی از تجربه‌گرایانِ نامدار آن روزگار که پیر لویی مورو دو موپرتیوس[1] خوانده می‌شد (می‌بینید که بسیار نامدار بوده است!) در سال ۱۷۴۴ م. به قطب سفر کرد و انحنای زمین را در آنجا اندازه‌گیری کرد. در نتیجه مدل نیوتونی پذیرفته شد و دستگاه دکارتی طرد شد. چرا که انحنای قطب نسبت به استوا کمتر بود (یعنی زمین در سوی دو قطب کمی پخ‌تر است تا جهت استوا) و این امر تنها در دستگاه نیوتونی پیش‌بینی شده بود.

محصول تمام این دستاورهای فکری علم نوین بود، علمی که دو پایه‌اش، یعنی ریاضی‌گونه بودنِ طبیعت و تجربه محوری، مقدس فرض می‌شدند و مبنایش گردن نهادن به قواعد شکست پدیده بود، قواعدی که از آن پس با نام رویکرد تحویل‌گرایانه شهرت‌یافت. تحویل کردن تعمیم همان تجزیه و ترکیبی بود که در شکست پدیده‌ها دیدیم. تحویل کردن به معنای تجزیه کردنِ یک پدیده‌ی کلان به واحدهای کوچک‌ترش بود و بیان روابط بین این واحدها به زبان ریاضی.

---

[1] Pierre-Louise Moreau de Maupertius (1698-1759)

وقتی نیوتون معادلات مشهورش را برای حرکت سیارات در منظومه‌ی خورشیدی می‌نوشت، به این ترتیب عمل می‌کرد. نخست آن‌که منظومه‌ی خورشیدی را مجموعه‌ای از سیاره‌ها فرض می‌کرد که هریک نام و جرم و حجم مشخصی دارند (تجزیه)؛ آنگاه رابطه‌ی دو به دوی این اجرام را با هم بررسی می‌کرد و آن را در قالب معادلاتی ریاضی (معادلات گرانش) بیان می‌نمود. به این ترتیب، منظومه‌ی خورشیدی به مجموعه‌ای از سیاره‌ها با روابط گرانشی میانشان تحویل می‌شد. این بدان معنا بود که از آن پس یک اخترشناس می‌توانست ادعا کند که منظومه‌ی خورشیدی چیزی نیست جز سیاره‌هایی که بر هم نیرو وارد می‌کنند.

این روش به زودی در همه جا به کار گرفته شد. توماس هابز[1]، که به شدت از مکانیک نیوتونی تأثیر پذیرفته بود، با نگارشِ کتاب *لویاتان*[2] شالوده‌ی جامعه‌شناسی سیاسی را پی‌ریزی کرد. آنچه او انجام داد تحویل کردنِ جامعه به اجزای سازنده‌اش یعنی آدم‌ها بود. او نخست افراد را به عنوان عناصر سازنده‌ی جامعه مورد بررسی قرار داد و بعد روابط و قواعد حاکم بر اندرکنش میانشان را در قالب اصولی تدوین کرد. بنابراین می‌شد ادعا کرد جامعه چیزی نیست جز انسان‌هایی که با روابطی (که بر مبنای قرارداد اجتماعی تنظیم شده) در کنار هم زندگی می‌کنند.

تحویل‌گرایی، به دلیل این‌که امکان بیان ریاضی رخدادها را فراهم می‌کرد و مشاهده را به امری دقیق و شفاف بدل می‌نمود، خیلی زود در میان دانشمندان محبوبیت یافت. در واقع نظریه‌ی اتمی، که یکی از ارکان علم مدرن است، مبنای روش‌شناسانه‌ی خود را بر تحویل‌انگاری قرار داده است و هنوز هم این نگرش سیطره‌ی کامل خود را در علومی دقیق مانند شیمی و فیزیک حفظ کرده است.

---

[1] Thomas Hobbs (1588-1679)

[2] Leviathan

معادله‌ی مقدس تحویل‌گرایی آن است که: «**الف** چیزی نیست جز مجموعه‌ی **ب**ها.» که در آن «الف» و «ب» عناصر سازنده‌ی پدیده‌ی مورد بررسی هستند و روابط میانشان اهمیتی فرعی دارد و به عنوان نظمی که بر گیتی حاکم است، و نه ماهیتی مجزا، مورد بررسی قرار می‌گرفت. به این شکل دانشمندان متقاعد شدند که «نور چیزی نیست جز مجموعه‌ی فوتون‌ها»، «ماده چیزی نیست جز مجموعه‌ی اتم‌ها»، «اتم چیزی نیست جز مجموعه‌ی الکترون‌ها و پروتون‌ها و نوترون‌ها»، «جاندار چیزی نیست جز مجموعه‌ی سلول‌ها»...

کامیابی روش تحویل‌گرایانه تا میانه‌ی سده‌ی بیستم ادامه داشت. رشد صنعتی چشمگیرِ مبتنی بر تغییر دادنِ ماده‌ی خام زیر تأثیر این نگرش ممکن شد. کارخانه‌های عظیم سده‌ی نوزدهم و اوایل سده‌ی بیستم میلادی با بهره‌گیری از این اصول کار می‌کردند. هنگامی که در ۱۹۲۰ م. هنری فورد[1] موفق شد کار را هم به عناصر سازنده‌اش تحویل کند، تحولی جدی در صنعت ایجاد شد. فورد پدیده‌ی کار، یعنی فعالیت‌های انسانی برای تغییر ماده‌ی خام و تولید محصول، را به عناصر سازنده‌اش تجزیه کرد و به این نتیجه رسید که «کار چیزی نیست جز مجموعه‌ای از حرکات.» به این شکل بود که ترکیب این زنجیره از حرکت‌ها و بهینه کردنشان جریانِ فوردیسم[2] را ایجاد کرد و تولید انبوهِ محصولات پیچیده‌ای مانند خودرو را ممکن ساخت. رشد صنعتی قابل‌توجه آمریکا و تبدیل شدنش به قطب خودروسازی جهان که به زودی به مهم‌ترین صنعت بین‌المللی تبدیل شد تنها در سایه‌ی فوردیسم ممکن گشت.

با این سابقه‌ی درخشان و این دستاوردهای افتخارآفرین، برخی از دانشمندان پیشرو دل خوشی از روش تحویل‌گرایی نداشتند. مهم‌ترین مشکلشان زیربنای فلسفی‌ای بود که تحویل‌گرایی را موجه می‌ساخت. زیربنایی که از دل

---

[1] Henry Ford (1863-1947)

[2] Fordism

تجربه‌انگاری خام و ساده‌اندیشانه‌ی سده‌ی شانزدهم م. بیرون آمده بود و کل را به قیمت توجه به جزء نادیده می‌گرفت. دیگری رخدادهایی بود که آشکارا با روش تحویل‌انگارانه قابل‌تحلیل نبودند. معلوم نبود چگونه کارکرد چیزی به پیچیدگی مغز را می‌توان با تحویل کردنش به میلیاردها نورون فهمید. در اوایل دهه‌ی پنجاه م.، وقتی که معلوم شد ماده‌ی وراثتی DNA است، این‌که چطور اطلاعات رشته‌ی نوکلئوتیدی به صفات پیچیده‌ی زیستی تبدیل می‌شود معمایی حل‌ناشدنی جلوه می‌کرد.

وقتی جنگ جهانی دوم با عقلانیت تکان‌دهنده و وحشتناکش آمد و گذشت، بسیاری از اندیشمندان خود را با ویرانه‌های شهرهایی روبرو دیدند که با تکنولوژی‌های کارآمد تحویل‌انگارانه نابود شده بودند و اردوگاه‌های مرگی که بدون در نظر گرفتن معنای کلی کارکردشان، یعنی رنج و مرگ انسان‌ها، در سطوح تخصصی و جزءانگارانه بسیار خوب کار می‌کردند. چیره شدن کمونیسم در روسیه و چین و تبدیل شدن این دو کشور به نظام‌هایی سرکوبگر و خودکامه فرهیختگانی را که شیفته‌ی مارکسیسم و علمی بودنش شده بودند سرخورده کرد. گزاره‌های مشهورِ «جامعه چیزی نیست جز طبقه‌های اقتصادی» و در نتیجه «تاریخ چیزی نیست جز کشمکش طبقاتی» در عمل به پیامدهایی چنان ناخوشایند منتهی شدند که برای بسیاری از اندیشمندان بازبینی کل نگرش تحویل‌انگارانه را ضروری می‌ساختند.

«تحویل‌گرایی» باور به این است که کل تنها به مثابه مجموعه‌ای از عناصرِ سازنده‌اش اعتبار دارد. یعنی اعتقاد به این‌که کل چیزی نیست جز مجموعه‌ی اجزاء.
تحویل‌گرایی شالوده‌ی علم مدرن را تشکیل می‌دهد که سه گام اصلی روش‌شناسانه را شامل می‌شود:
الف) تجزیه‌ی کل به عناصر سازنده‌اش و شناسایی خواص این عناصر؛
ب) بررسی تجربی روابط بین این عناصر و استخراج قوانین ریاضی‌گونه؛
پ) بهره‌گیری از این قواعد برای ابداع تکنیک و فن.

گفتار دوم: نگرش سیستمی

روندهایی که شرحشان گذشت دست به دست هم دادند و در نیمه‌ی سده‌ی بیستم جریانی را به وجود آوردند که تحویل‌گرایی را نفی می‌کرد و توجهش بر کلیت متمرکز بود. خاستگاه این اندیشه آلمان بود، کشوری که فلسفه‌ی

کل‌گرای هگلی و ایدئالیسم کهن خود را همچنان حفظ کرده بود و همواره در پذیرش ارزش‌های جزءگرایانه و صنعت‌مدارانه‌ی انگلیسی تردید نشان می‌داد. کتابی که به گسست از تحویل‌گرایی سنتی انجامید توسط زیست‌شناسی آلمانی به نام لودویگ فون‌برتالنفی نوشته شده بود. این کتاب *نظریه‌ی سیستم‌های عمومی*[1] نام داشت که در کشور ما به نادرست زیر عنوان «نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها» ترجمه شده است. به دلیل رواج یافتن این عبارت در زبان فارسی، ما هم در این کتاب با همین عنوانِ آشناتر به دیدگاه برتالنفی اشاره می‌کنیم.

برتالنفی کتاب خود را با چند نقد از چارچوب تحویل‌گرایانه شروع می‌کند. از دید او تحویل‌گرایی به نتایج ناخوشایندی منتهی شده است. تخصص‌گرایی روزافزون در علم به جایی رسیده که متخصصانِ فعال در رشته‌هایی نزدیک به هم از تبادل نظر با هم ناتوان‌اند و در حصار مفاهیم تخصصی و روش‌های ویژه‌ی خویش اسیر شده‌اند. تحویل‌گرایی باعث شده توجه به کلیت کم شود و در نتیجه قواعد و قالب‌های نظری علمی پدیدآمده تنها روندهای خُرد و مفاهیم موضعی را تبیین می‌کنند و از ایجاد تصویری کلان و عام از جهان ناتوانند. به عبارت دیگر، تحویل‌گرایی به تراکم زیاد دانش و قواعد در سطوح خُرد و تُنُک ماندنِ مفاهیم سطح کلان منجر شده است. تحویل‌گرایی راهی است برای ندیدن جنگل به دلیل انبوه بودنِ درختان.

از همه مهم‌تر، تحویل‌گرایی پرسش از پیچیدگی را از دایره‌ی کنجکاوی‌های علمی حذف کرده است. پدیده‌هایی که به دلیل بغرنج بودنشان به عناصری ساده تجزیه نشوند در رویکرد تحویل‌انگارانه نادیده انگاشته می‌شوند یا برداشت‌هایی سطحی در موردشان تولید می‌گردد. به طور خلاصه، برتالنفی معتقد بود رویکرد تحویل‌گرایانه به تصویری ناقص، پراکنده و سطحی از جهان منتهی می‌شود. از دید او، مفاهیم زیست‌شناختی، روان‌شناختی و جامعه شناختی (یعنی علومی با موضوع پیچیده) حوزه‌هایی هستند که از این روش بیشترین آسیب را دیده‌اند.

---

[1] General Systems Theory (GST)

برتالنفی در کتابش مفهوم سیستم را به عنوان محورِ همگرایی همه‌ی علوم پیشنهاد کرد. از این واژه توجه به کلیت و مجموعه‌ها برداشت می‌شود و برتالنفی شکلی از کل‌گرایی[1] را از این کلمه مراد می‌کرد.

کتاب برتالنفی موجی از توجه به سیستم‌ها را برانگیخت. نظریه‌پردازی‌های سیستمی در حوزه‌های گوناگونی از علوم باب شد و رویکردهای میان‌رشته‌ای که تمایل به پل زدن میان رشته‌های گوناگون را داشتند شهرت یافتند.

تبِ توجه به سیستم‌ها تا دهه‌ی هفتاد میلادی ادامه‌یافت و در اواسط این دهه به اوج خود رسید. در این دهه جامعه‌شناسی سیستمی پارسونز بر علوم اجتماعی چیره بود. رویکردهای سیستمی در شاخه‌هایی از زیست‌شناسی مانند بوم‌شناسی و تکامل و جامعه‌شناسی زیستی[2] –علمی که در همین هنگامه زایش یافت– محبوبیت یافته بودند و فیزیک‌دانان از توجه به سیستم‌های پیچیده داد سخن می‌دادند.

رویکرد سیستمی در اواخر دهه‌ی هفتاد با رکودی نسبی مواجه شد. دلایل این بازگشت به رویکردهای تحویل‌گرا چندان متکثر است که پرداختن به آن‌ها بحثی جداگانه را می‌طلبد، اما می‌توان به تحول در ساختار دولت‌های رفاه و بازگشتِ جوامع غربی به شعارهای لیبرال دموکراسی به عنوان یکی از این عوامل نام برد. اقتصاد آزاد و بازارهای خودتنظیم‌گر به معنای رسمیت یافتنِ اهمیت عناصر –خریداران، تولید کنندگان...– و تحویل‌پذیری سیستم اقتصادی به آن‌هاست و این نگرشی است که در تمام سطوح اجتماعی بازتاب می‌یابد. اقبال به سیستم‌ها و کلیت از دل بحران اقتصادی نیمه‌ی سده‌ی بیستم زاییده شد و امواج ناشی از رفع این بحران نیز به زوال آن انجامید.

---

[1] holism

[2] sociobiology

«نگرش سیستمی» رویکردی است که تقدس روش تجزیه‌گرا و مرکزیت عناصر و اجزا را نفی می‌کند و به دنبال روشی کل‌گرایانه برای تحلیل مجموعه‌هاست.

گفتار سوم: نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده

در اواسط دهه‌ی نود میلادی، دستاوردهای جدید علمی به نوزایی نظریه‌ی سیستم‌ها منتهی شد. این دستاوردها به ویژه در زمینه‌ی عصب‌شناسی، زیست‌شناسی مولکولی، هوش مصنوعی، مهندسی خودکاره‌ها[1] و ریاضیات

[1] automata

غیرخطی چشمگیر بود. از سوی دیگر، رواج استفاده از ابزارهای محاسباتی نیرومندی مانند رایانه‌های شخصی امکان تحلیل داده‌هایی را فراهم کرد که تا پیش از این بی‌ربط یا بی‌معنا می‌نمودند. در همین حین، بقایای نظام‌های اجتماعی معتقد به برنامه‌ریزی اجتماعی خطی نیز شکست خوردند و فروپاشی نظام سیاسی شوروی و اقمارش، به همراه بحران در کشورهای تازه توسعه‌یافته‌ی آسیای جنوب شرقی، پرسش‌هایی جدی را در مورد کارآیی نظام‌های سنتی تحلیل شواهد و تصمیم‌گیری طرح کرد. در نتیجه، آثاری که عمدتاً در سال‌های دهه‌ی هشتاد م. نگاشته شده بودند اهمیت یافتند و بار دیگر ستاره‌ی اقبال نظریه‌ی سیستم‌ها در سپهر دانش درخشید.

اما این بار مفهوم سیستم و کلیدواژگانِ وابسته به آن دستخوش تحولی زیربنایی شده بودند. حالا دیگر آنچه برتالنفی در کتاب مهمش پیشنهاد کرده بود در چشم پیشتازان جوانِ این حوزه محافظه‌کارانه و سنتی می‌نمود. دانشمندان نسل جدیدی که به این رویکرد دل بسته بودند مفتون مفاهیمی مانند آشوب و تعادل غیرخطی شده بودند و بسیاری از اصول موضوعه‌ی نگرش سیستمی قدیمی را نقض می‌کردند. این شکل جدید از نگاه به سیستم‌ها با عنوان نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده[1] شهرت‌یافت.

آنچه در این کتاب مورد نظر است همین چارچوب نظری است. پس از تعبیرهای سنتی‌ترِ کلیدواژگانِ به کار گرفته‌شده در نگرش سیستمی پرهیز می‌کنیم و جز در مواقعی که قصدِ مقایسه‌ی این دو نسخه‌ی نظری در میان باشد، به نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها ارجاعی نمی‌دهیم.

سیستم‌های شناسنده مه‌روند را به سه بخشِ من، دیگری و جهان تجزیه می‌کنند. ماهیت ارتباط سیستم با هریک از این سه بخش مجاری تبادل اطلاعات، دقتِ بازنمایی و هدف از ارتباط در هر مورد تفاوت می‌کند. سیستم‌ها در ارتباط با دیگری می‌توانند چهار راهبردِ برنده–برنده، برنده–بازنده، بازنده–برنده و بازنده–بازنده را در پیش بگیرند.

[1] Complex Systems Theory (CST)

ویژگی/ نظریه	CST	GST	تحویل گرایی
محور توجه	روابط بین عناصر	ماهیت کلی عناصر	عناصر
عنصر مهم	اطلاعات	انرژی	ماده
الگوی پویایی	پیچیده و بی‌قانون	پیچیده و قانونمند	ساده و یکنواخت
تنظیم پویایی سیستم	دارای کنترل منتشر	دارای مرکز کنترل	فاقد کنترل
عامل دگرگونی سیستم	روابط بین زیرسیستم‌ها	روابط سیستم و محیط	ماهیت عناصر و قوانینشان

سرچشمه‌ی شناخت سیستم	خودارجاعی/ بازگشتی	بازنمایی/ نسبی	حسی/ مطلق

سخن پایانی

ندانم دل از درس موهوم چه فهمیده باشد که فهمیده باشد

این متن در فاصله‌ی روزهای ششم تا سیزدهمِ فروردین ماهِ سال ۱۳۸۳ نوشته شد. اشاره به این نکته عذری موجه برای خطاهای احتمالی آن نیست، که دلیلی است برای خلاصه و فشرده بودنِ آن.

پرداختن به موضوع پیچیدگی کاری پیچیده است. پدید آوردنِ دقت در زمینه‌ای ذاتاً مبهم و خلق چارچوبی روشن در مورد موضوعی این چنین مه‌آلود کاری است دشوار که نمی‌دانم تا چه حدودی برآورده شده است.

هدف از این کتاب به دست دادنِ چارچوبی نظری است که:

الف) غیابش در کشورمان و در میان نسل فرهیخته‌ی جوان به شدت احساس می‌شود؛

ب) امکان فهم و تحلیل بسیاری از مفاهیمِ کلیدی و حیاتی را به دست می‌دهد؛

پ) و از دید نگارنده، مقدمه‌ای برای هر پژوهشِ جدی در زمینه‌های مربوط به انسان محسوب می‌شود.

فضای حالت معانی مورد توجه این متن چندان گسترده و منابع زمانی نویسنده چندان محدود بود که بیانی مفصل‌تر از مفاهیم مورد ارائه ممکن نشد. از این رو، امیدوارم این فشردگی باعث نامفهوم شدنِ مفاهیم نشده باشد و چیزی

با چیز دیگر اشتباه گرفته نشود. به ویژه باید توجه داشت که مفاهیم این کتاب ربطی به مه‌روند و هستی بیرونی ندارد.

هدفِ این متن، بیش از آن‌که پاسخگویی به پرسش‌هایی کهن باشد، ایجاد چارچوبی برای طرح پرسش‌های نو بوده است. پرسش‌هایی بغرنج که شاید ما را بیش از پاسخ‌هایی ساده در فهم پیچیدگی یاری کند.

واژه‌نامه

کلیدواژگان کاملاً بازتعریف شده‌اند و تعریفِ ارائه‌شده چیزی است که از دیدگاهِ پیشنهادی ما بر می‌آید؛ ممکن است در متون دیگر تعریف‌هایی متفاوت برای این کلیدواژگان وجود داشته باشد. با این همه، محتوای بخش عمده‌ی این تعاریف با آنچه در سایر دیدگاه‌های سیستمی وجود دارد مشترک است. کلیدواژگانی که توسط نگارنده وضع شده‌اند و تنها در مدلِ کنونی ما کاربرد دارند فاقدِ برابرنهادِ انگلیسی هستند.

آشوب (Chaos) رفتار سیستمی است که به صورت تناوبی، شبه‌تناوبی و متعادل رفتار نکند.

آشیان (Niche) مجموعه‌ای از رخدادهاست که منابع مورد نیاز سیستم برای بقا را تأمین کند.

آگاهی (Awareness) عبارت است از بازنمایی نمادینِ خود و محیط در سیستم‌های خودزاینده، به شکلی که تداوم فرآیندهای منتهی به بقا در آن‌ها ممکن شود.

آنتروپی (Entropy) مقدار بی‌نظمی موجود در سیستم است که در قالبِ یکنواختی و تقارن جلوه می‌کند.

ابرچرخه (Hypercycle) مجموعه‌ای خودارجاع و پیچیده از عناصر است که توسط روابطی به هم تبدیل می‌شوند.

ارتباط (Communication) تبادل اطلاعاتی میان دو سیستم است که معمولاً از مجرای تبادل نمادها و معانی صورت می‌گیرد.

ارجاع (Reference) عبارت است از رابطه‌ی میان نمادها با پدیده‌های بازنمایی‌شده در سیستم.

ارزشِ اطلاعات (Information Value) برابر است با نقش آن در ایفای فرآیندهای سیستم.

انتخاب طبیعی (Natural Selection) روندی دایمی است که در جریان آن شکست‌خوردگانِ رقابت بر سر منابع با محیط به تعادل می‌رسند.

انتظار (Expectation) ایجاد معنا از راه بازنمایی وضعیت مطلوب است.

بازخورد (Feedback) برون‌داد خاصی از سیستم است که بتواند بار دیگر به عنوان درون‌داد به سیستم بازگردد.

بازنمایی (Representation) تصویری است که از مه‌روند در سیستم منعکس می‌شود.

برخال (Fractal) عبارت است از ساختاری که دو خاصیتِ دیفرانسیل‌ناپذیری و خودهمانندی را دارا باشد.

برون‌داد (Output) عناصری که از سیستم به محیط وارد می‌شوند.

بقا (Survival) عبارت است از پایداری مرز میان سیستم و محیط و تداوم ساختار و کارکرد درونی سیستم.

تحویل‌گرایی (Reductionism) باور به این‌که کل تنها به مثابه مجموعه‌ای از عناصرِ سازنده‌اش اعتبار دارد؛ یعنی اعتقاد به این‌که کل چیزی نیست جز مجموعه‌ی اجزاء.

تخصص (Specialization) تعمیمِ مرزبندی سیستم–محیط به کارکردهای درونی سیستم است.

تعادل (Equilibrium) عبارت است از تبعیت پویایی سیستم از پویایی محیط؛ در حالت حدی، در سیستم‌های زنده همان مرگ است.

تعمیم (Generalization) تمرکز بر شباهت‌ها و نادیده انگاشتنِ تفاوت‌ها برای استنتاج انتظارها از مشاهده‌هاست.

تقارن (Symmetry) خاصیت سیستمی است که در اثر تبدیلی خاص، نسبت به محوری مشخص، تغییر نکند.

تمایز (Differentiation) تعمیمِ مرزبندی سیستم–محیط به ساختارهای درونی سیستم است.

جذب‌کننده (Attractor) نقطه‌ای بر فضای حالت است که خطراهه را به سوی خود جذب کند.

جفت متضاد معنایی (جمّ): زوجی از معنا/ نمادهاست که به حضور و غیابِ یک رخداد ارجاع کنند.

حافظه (Memory) بخشی از ساختار است که برای نگهداری اطلاعات کاربردی تخصص یافته است.

حالت (Phase) ساختاری است که قواعد تقارنی خاصی در گستره‌ی آن مصداق داشته باشد.

حشو (Redundancy) شکلی از اطلاعات است که به دلیل تکراری بودن، حضور یا عدم حضورش برای سیستم یکسان تلقی شود.

خطراهه (Trajectory) مجموعه‌ای از نقاطِ فضای حالت است که رفتار سیستم در مسیر زمان را نمایش دهد.

خودآگاهی (Consciousness) شکلی از پردازش اطلاعات است که در جریان آن سیستم بازنمایی خودش از خودش را همچون محیط بازنمایی‌اش از محیط رمزگذاری می‌کند.

درجه‌ی آزادی (Degree of Freedom) تعداد ابعاد فضای حالت سیستم که دامنه‌ی انتخاب‌های پیشاروی خطراهه را تعیین می‌کند.

درون‌داد (Input) عناصری که از محیط به سیستم وارد می‌شوند.

دوشاخه‌زایی (Bifurcation) پیدایش نقطه‌ای تقارنی بر خطراهه‌ی سیستم است، به طوری که ادامه‌ی مسیر سیستم توسط متغیرهای مشخص بیرونی و قوانین حاکم بر آن‌ها قابل‌پیش‌بینی نباشد.

رابطه‌ی بازگشتی (Recursive) زنجیره‌ای از روابط در نظام‌های خودارجاع است که مانند چرخه‌ای بر روی خود باز گردد.

رخداد (Event) عنصری است با مجموعه‌ای از روابط متصل به آن که به عنوان واحد ساختاری سیستم عمل کند.

زیرسیستم (Subsystem) سیستمی است که محیطش سیستمی دیگر باشد و برای انجام فرآیندی خاص تخصص/ تمایز یافته باشد.

ساختار (Structure) شیوه‌ی قرار گرفتن عناصر سیستم در کنار هم و نوع روابط میان آن‌ها که با روش هم‌زمانی نگریسته شود.

سازگاری (Adaptation) عبارت است از رفع تنش از راهِ طرد کردن وضعیت موجود و حرکت به سوی وضعیت مطلوب. در این وضعیت کارکرد بر ساختار و کنش بر رخداد چیره می‌شود.

سلسله‌مراتب (Hierarchy) تفکیک شدنِ سطوح گوناگونِ پردازش اطلاعات در سیستم است که به تمایز فرآیندهایی با مقیاس‌های متفاوت منتهی می‌شود.

سیستم (System) مجموعه‌ای از عناصر است که از جنس ماده، انرژی و اطلاعات ساخته شده‌اند و توسط روابطی به هم مربوط‌اند و به همین دلیل با حد و مرزی از محیط پیرامونشان جدا می‌شوند.

سیستم باز سیستمی است که هر سه نوع عنصر ماده/ انرژی/ اطلاعات را با محیط تبادل کند.

سیستم بسته سیستمی است که فقط انرژی/ اطلاعات را با محیط بیرونی‌اش تبادل کند.

سیستم تکاملی سیستمی خودزاینده است که دارای زیرسیستمِ همانندساز باشد، در جریان همانندسازی اشتباه کند و زیر تأثیر انتخاب طبیعی قرار بگیرد.

سیستم خودارجاع (Self-Reference) سیستمی است که خود را هم بازنمایی کند و فرآیند شکست پدیده و رمزگذاری را در مورد ساختار و کارکرد خود نیز به کار بگیرد.

سیستم خودزاینده (Autopoietic) سیستمی است که با تبادل دایمی عناصر با محیط روابط خود را پایدار نگه دارد و با رها کردنِ رخدادها کنش‌هایش را پیچیده‌تر سازد.

سیستم خودسازمانده (Self-Organizing) سیستمی است که اطلاعات درونی خود را در مسیر زمان افزایش دهد.

سیستم منزوی (Adiabatique system) سیستمی است که هیچ تبادلی با محیط نداشته باشد.

شایستگی (Fitness) بخت یا قدرتِ سیستم برای حفظ آشیان و تداوم بقاست.

شکست پدیده راهبردی است که دستگاه شناختی حسی/ عصبی ما در جریان آن مه‌روند را به پدیده/ چیزهایی شناختنی و فهمیدنی تجزیه می‌کند.

شکست تقارن (Symmetry Breaking) ورود خطراهه به یکی از مسیرهای پیشارویش است که به انتخاب یک گزینه‌ی رفتاری توسط سیستم و زایش اطلاعات می‌انجامد.

علیت‌گرایی (Causal Determinism) باوری است برخاسته از تحویل‌انگاری، مبنی بر این‌که رخدادها محصول روابطی ساده، سرراست، تکراری و قانونمند میان عناصری (معمولاً مادی) هستند.

فرآیند (Process) زنجیره‌ای از کارکردهای متصل به هم است که در جایگاه ساختاری تفکیک‌یافته‌ای ظهور می‌کند و مجموعه‌ای از ورودی‌ها را به خروجی‌هایی متصل می‌کند.

فضای حالت (Phase Space) فضای چندبعدی فرضی‌ای است که هر بعدش تغییرات یکی از متغیرهای حاکم بر رفتار سیستم را نمایش دهد.

فضای حالت مجاز مجموعه نقاطی از فضای حالت است که خطراهه‌ی سیستم امکان عبور از آن‌ها را دارد.

کارکرد (Function) شیوه‌ی تحول عناصر و روابط سیستم در مسیر زمان است که به برآورده ساختنِ هدفی یا حل مسئله‌ای منتهی می‌شود.

کرانمندی عبارت است از محدود بودنِ ساختار به مرزی مشخص که بر روی خود بسته شود.

کنش (Action) رابطه‌ای است که با مجموعه‌ای از عناصر مرتبط باشد و به عنوان واحد کارکردی سیستم عمل کند.

گذار حالت (Phase Transition) تبدیل مجموعه‌ای از قواعدِ تقارنی به مجموعه‌ای دیگر است که به گذار یک حالتِ پایدار به حالت پایدار دیگری منتهی شود.

گریز عبارت است از رفع تنش از راهِ نادیده گرفتن وضعیت مطلوب و حفظ وضعیت موجود. در این حالت ساختار بر کارکرد و رخداد بر کنش چیره می‌شوند.

مشاهده (Observation) ایجاد معنا از راه بازنمایی وضعیت موجود و رخدادها است.

معنا (Meaning) شکلی از پردازش اطلاعات با ارزش است که نمادها را به فرآیندهای سیستم پیوند می‌دهد.

منابع (Resources) مجموعه رخدادهایی است که سیستم برای تداوم بقایش به آن‌ها نیاز دارد.

مه‌روند هستی پویایی مستقل از ذهن شناسنده است.

نماد (Symbol) برچسبی است که رده‌ای از فرآیندهای مربوط به بازنمایی پدیده‌ی خاصی را مشخص می‌کند و هنگام پردازش اطلاعات به عنوان رمزِ خلاصه‌شده جایگزین آن می‌شود.

نوسان (Fluctuation) تحولِ دایمی ساختار و نوسازی همیشگی کارکردِ سیستم زیر فشار تنش محیطی است.

نوفه (Noise) شکلی از اطلاعاتِ تصادفی و کاتوره‌ای است که به دلیل پیوند نخوردن با فرآیندهای پردازش اطلاعات در سیستم به عنوان اطلاعات رسمیت نمی‌یابد.

هم‌افزایی (Synergism) فرآیندی است که در طی آن پردازش اطلاعات در سیستم‌های خودزاینده به زایش کنش‌ها و رخدادهای نوظهور در سطوح بالاتر پیچیدگی منجر می‌شوند.

هم‌ریختی (Isomorphism) محصول تعمیم شباهت ساختاری یا کارکردی یک سیستم به سیستمی دیگر است.

کتاب‌نامه

برتالنفی، لودویگ فون، *نظریه عمومی سیستم‌ها*، ترجمه‌ی ک. پریانی، تندر، ۱۳۶۶.

بل، دانیل، *اندیشه‌های هوسرل*، ترجمه‌ی فریدون فاطمی، مرکز، ۱۳۷۶.

تاجداری، پرویز، *نظریه‌ی رویدادهای غیرمنتظره* (همراه با برخی کاربردهای آن)، اتا، ۱۳۶۶.

جینز، جولیان، *خاستگاه آگاهی در فروپاشی ذهن دوجایگاهی*، ترجمه‌ی دکتر خسرو پارسا و همکاران، انتشارات آگاه، ۱۳۸۲.

رز، استیون، *مغز به مثابه سیستم*، ترجمه‌ی دکتر احمد محیط و دکتر ابراهیم رف‌رف، قطره، ۱۳۶۸.

شانون، رابرت، *علم و هنر شبیه‌سازی سیستم‌ها*، ترجمه‌ی دکتر علی‌اکبر عرب مازار، نشر دانشگاهی، ۱۳۷۱.

فصلنامه *ارغنون*، شماره ۱۷، ویژه‌ی نظریه‌ی سیستم‌ها، زمستان ۱۳۷۹.

مورن، ادگار، *مقدمه‌ای برتفکر پیچیدگی*، نی، ۱۳۷۹.

مونو، ژاک، *ضرورت و تصادف*، ترجمه‌ی ح. نجفی‌زاده، ناشر: مترجم، ۱۳۵۹.

وکیلی، شروین، «پاداش، تقارن و انتخاب آزاد،» در: انتشارات داخلی کانون خورشید، ۱۳۷۹.

وکیلی، شروین، *فرگشت انسان، شورآفرین و خورشید*، ۱۳۹۰.

وکیلی، شروین، «تقارن و شکست تقارن در سیستم‌های زنده،» در: *خردنامه*– ۱، انتشارات داخلی کانون خورشید، ۱۳۷۸.

وکیلی، شروین، *رویکردی سیستمی به نقش پردازش اطلاعات در شکل‌گیری آگاهی در سیستم بینایی انسان*، پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی علوم، دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.

وکیلی، شروین، *کاربرد نظریه‌ی هم‌افزایی در تبیین پدیده‌ی افزایش پیچیدگی در سیستم‌های زنده* (سمینار کارشناسی ارشد)، دانشگاه تهران، دانشکده‌ی علوم، ۱۳۷۷.

وکیلی، شروین، *کالبدشناسی آگاهی*، انتشارات داخلی کانون خورشید، تهران، ۱۳۷۷.

وکیلی، شروین، *کاربرد نظریه‌ی سیستم‌های پیچیده در مدلسازی تغییرات فرهنگی*، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی جامعه‌شناسی، دانشکده‌ی علوم اجتماعی، دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.

وکیلی، شروین، *کاربست نظریه‌ی سیستم‌ها در مدلسازی تغییرات فرهنگی*، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۱۳۸۳.

References

Arnheim, B. *Entropy & Art*, Elsevier Books, 1971.

Aziz-Alaoui, M. A., Bertelle, C. (Eds.), *Emergent Properties in Natural and Artificial Dynamical Systems* (Understanding Complex Systems), Springer Verlag, 2008.

Basar. E. Flohr, H. & Haken, H. *Synergetics of the Brain*, Springer Verlag, Berlin, 1983.

Baumgarten, G. Peterhans, E. & Von der HeydtR. In: H. Haken (ed) *Computational Systems：Natural and Artificial*, Springer Verlag, Berlin, 1987.

Bertelle, C., Duchamp, G. H. E., and Kadri-Dahmani, H. *Complex Systems and Self-Organization Modelling*, Springer Verlag, 2009.

Bohm, D. *Unfolding meaning*, Ark paperbacs, London, 1994.

Bonner, J.T. *The Evolution of Complexity*, Princeton Universitity Press, New Jersey, 1988.

Bouchaud, J. P., Mezard, M. and Dalibard, L. (eds.) *Complex Systems*, Volume LXXXV, Elsevier, 2007.

Brooks, D.R & Wiley, E. O. *Evolution as Entropy*, The University of Chicago Press, 1989.

Bushev, M. *Synergetics*, Word Sscientific Press, Singapore, 1994.

Casti, J. and Karlqvist, A. *Art and Complexity*, Elsevier, 2003.

Ciani, C. & Chiarelli, C. In: *Language Origin*: Amultidisciplinary approach; Wind, Chiarelli, Bichakjim, & Nocentini (eds.), Klumer Academic Publishers, 1992 .

Cilliers, P. *Complexity and Postmodernism*, Barnes and Noble, 1999.

Cherniak, C. "Computational Complexity and the Universal Acceptance of Logic," In: *The Philosophy of Mind*, ed. By: B. Beakley and P. Ludlow, MIT Press, 1992.

Cogliotti, G. *The Dynamics of Ambiguity*, Springer Verlag, 1991.

Cohen, F. B. *It's Alive!*, John Wiley and Sons Pub co. 1994.

Cooper, W. S. *The Evolution of Reason*, Cambridge University, 2001.

Cronk, Q. *Genetics of Floral Symmetry Revealed*, Trends in Ecology and Evolution, Vol.12.- No.3.- pp:85-86, 1997.

Dawkins, R. *The Blind Watchmaker*, Bath Press, Avon, NY,1986.

Deuluze, J. and Guattarii, F. *A Thousand Plateaus*, University of Minesota Press, 1987.

Ditzinger. T. and Haken, H. *Oscillations in the Perception of Ambiguous Patterns: A model Based on Synergetics*, Biological Cybernetics, 1990 .

Dorfler. M. and Becker, K. H. *Dynamical Systems and Fractals*, MIT Press, 1992.

Eco, U. *A Theory of Semiotics*, McMillan Press, NY, 1977.

Eisner, H. *Managing Complex Systems: Thinking Outside the Box*, Wiley, 2005.

Feldman, M. W. and Laland, K. N. *Gene-Culture Coevolution*, Trends in Ecology and Evollution, 11(11): 453-458, 1996.

Gabora, L. "The Beer Can Theory of Creativity," In: *Creative Evolutionbary Systems*, Benthy, P. and Corne, D. (eds) Morgan Kauffman, 2001.

Haken, H. and Stadler, M. *Synergetics of Cognition*, Springer Verlag, Berlin, 1990.

Hargittai, I. *Symmetry II*, Pergamon Press, NY, 1989.

Hildbrandt, S. and Tromba, A. *The Parsimonious Universe*, Springer Verlag, 1996.

Hofstadler. D. R., *Godel, Escher, Bach*, Penguin Books, Armondsworth, 1986.

Ivancevic, V. G. and Ivancevic, T. T. *Complex Nonlinearity: Chaos, Phase Transitions, Topology Change and Path Integrals*, Springer Verlag, 2008.

Jantsch, E. *The Self-organizing Universe*, Program Press, California, 1980.

Jumarie, C. *Relative Information*, Springer Verlag, Berlin,1990.

Kleidon, A. *Non-equilibrium Thermodynamics and the Production of Entropy: Life, Earth, and Beyond*, Springer Verlag, 2004.

Kuppers, B. O. *Information and the Origin of Life*, MIT Press, Cambridge, 1990.

Langton, C. G., Taylor, C., Farmer, J. D and Rasmussen, S. *Artifitial Life II*, The Advanced Book Program, 1992.

Leyton, M. Symmetry, *Causality and Mind*, MIT Press, 1992.

Luhmann. N. *Social Systems*, Tr. by: J. Bednarz and D. Baecker, Stanford University, 1995.

Mandelbrot. C. *Fractal Geometry of Nature*, Oxford University Press, 1992.

Marr, D. *Vision*, San Francisco, W. H. Freeman, 1982.

Meynard-Smith, J., Szathmary, E., and Freeman, W. H. *Major Transitions in Evolution*, Spectrum, Oxford, 1995.

Morin, E. *La methode III: la connaissance de la connassance*, Paris, 1986.

Nicolis, J. S. *Dynamics of Hierarchical Systems*, Springer Verlag, Berlin, 1986.

Norris, C. *Derrida*, Harvard University Press, 1987.

Parsons, T. *Social System*, Harvard University Press, 1951.

Penrose, R. *Shadows of the Mind*, Oxford University Press,1994.

Penrose, R. *The Emperor's New Mind*, Oxford universityPress, 1989.

Raymond, P. A., Easter, S. S., & Innocenti, G. M. *Systems Aproach to Developmental Neurobiology*, Plenum press, 1898.

Rohani, P. *Spatial Self Organization in Ecology: Pretty Patterns or Robust Reality?*, TREE, Vol.12, No.2, pp:70-74,1997.

Sharov, A. "Biosemiotics: Functional Evolutionary Approachto the Analysis of the Sense of Information," In: *Biosemiotics*, Sbeok, T. A. and Umiker, J. Mouton (eds), de Gruyter, NY, 1992.

Sharov, A. and Schrieder, J. A. *Systems and Models*, Radio I sviaz, Moscow, 1982.

Smith, P. G. *Complexity and the Function of Mind in Nature*, Campbridge University Press, 1996.

Stonier, T. *Information and the Internal Structure of the Universe*, Springer Verlag, London, 1990.

Thom, R. *Structural Stabilty and Morphogenesis*, Addson-Wesley Publcation Company, 1989.

Van Frassen, B. C. *Laws and Symmetry*, Clarenton Press, Oxford, 1989.

West, B. J. *Fractal Physiology and Chaos in Medicine*, MIT Press, Cambridge, 1990.

Wilson, E, O. *Sociobiology*, Belknap Press, 1995.

Wiley, E. O and Brooks, D. R. *Evolution as Entropy*, University of Chicago Press, 1988.

Wilson, E. O. and Holldobler, B. *The Ants*, Belknap Press, 1990.

Zotin, A. I. and Lamprecht, T. *Aspects of Bioenergetics and Civilization*, Theoretical Biology, 180: 207-214, 1996.