

سیستم
و تفکر سیستمی
نظریه و عمل بنیادی

اکبر قراخانی بهار



فهرست مطالب

پیش‌گفتار.....	۷
مقدمه.....	۱۱
مرور کلی زمینه موضوع.....	۱۱
برخی زمینه‌های تاریخی.....	۱۹
مرور کلی مطالب کتاب.....	۲۵
۱. کلیات.....	۵۷
مقدمه.....	۵۷
اشیاء و رویدادها.....	۵۷
ساختار، رفتار و انتظام.....	۶۰
ماده، انرژی و اطلاعات.....	۶۳
زمینه‌های تاریخی مفهوم سیستم.....	۷۲
سیستم، نظریه عمومی سیستم‌ها و تفکر سیستمی.....	۸۷
انسان به‌عنوان یک سیستم کامل و عالی.....	۹۵
۲. سیستم و مفاهیم مرتبط با آن.....	۱۰۱
مقدمه.....	۱۰۱
سطوح مختلف مفهوم سیستم.....	۱۰۲
مفهوم محیط سیستم.....	۱۲۱

۶ سیستم و تفکر سیستمی

۱۲۴	.....سلسله مراتب سیستم‌ها
۱۲۸	.....انواع سیستم‌ها و ورودی و خروجی آن‌ها
۱۳۱	.....انترویپی و مفهوم آن در سیستم
۱۴۲	.....خلاصه مفاهیم کلیدی در شناخت سیستم‌ها
۱۵۱	.....۳. ساختار، رفتار و انتظام سیستم‌ها
۱۵۱	.....مقدمه
۱۵۲	.....ساختار سیستم‌ها
۱۷۱	.....رفتار سیستم‌ها
۲۰۱	.....انتظام سیستم‌ها
۲۲۰	.....ثبات به‌عنوان توازن ساختاری، تعادل رفتاری و اطمینان انتظامی
۲۲۷	.....۴. تفکر سیستمی
۲۲۷	.....مقدمه
۲۳۲	.....مفهوم تفکر سیستمی
۲۳۹	.....روش‌ها و ابزارهای تفکر سیستمی
۲۴۳	.....توصیف سیستم در زبان معمولی
۲۵۰	.....تجرید، مدل‌سازی و همانندسازی
۲۶۱	.....نمودارها
۲۶۳	.....تفکر سیستمی و سیستم‌های نرم/ سخت
۲۶۹	.....ضمائم
۳۴۱	.....واژه‌نامه
۴۰۳	.....منابع

پیش‌گفتار

«سیستم» واژه بسیار رایجی است که تقریباً در همه حوزه‌های دانش بشری کاربرد دارد. افراد بسیاری این واژه را به‌فراوانی و به‌نوعی در مکالمات روزمره خود بر زبان می‌آورند یا در نوشته‌های خود به کار می‌برند. در این کتاب مفاهیم و ابزارهای عام و جهان‌شمول سیستم و تفکر سیستمی، که در بین همه حوزه‌های دانش بشری مشترک‌اند، در شکل جدیدی تحت عنوان «سیستم و تفکر سیستمی-نظریه و عمل بنیادی»^۱ ارائه شده است.

مطالب کتاب شامل بیان یکجای مفاهیم پراکنده‌ای است که به‌عنوان قطعات یک پازل، تکمیل‌کننده همدیگر بوده‌اند. بر مبنای مطالب کتاب، ما در جهانی زندگی می‌کنیم که به‌طور عمده شامل «اشیاء» و «رویداد»های مرتبط با اشیاء است. اشیاء و «نظم» حاکم بر آن‌ها و رویدادهای مرتبط با اشیاء و «قاعده»ی حاکم بر آن‌ها به‌مثابه جنبه‌های «ثابت» و «متغیر» جهان پیش روی ما در «فضا» و «زمان»‌اند.

در کتاب حاضر خواهیم دید که چگونه با شروع از اشیاء و رویدادهای مرتبط، می‌توان به «ساختار»های با عاملیت «ماده»، «رفتار»های با عاملیت

1. System and Systems Thinking-Fundamental Theory and Practice

«انرژی» و «انتظام»‌های با عاملیت «اطلاعات» حاکم بر چیزهای موجود در جهان به‌عنوان «سیستم» رسید. کتاب همچنین تأکید دارد که «ماده»، «انرژی» و «اطلاعات» سه منبع یا مایهٔ اساسی و پایهٔ مورد نیاز در چیزهایی هستند که امروزه آن‌ها را به‌عنوان «سیستم» می‌شناسیم. در واقع تمامی سیستم‌های دنیای امروز به‌نوعی به این سه منبع یا مایهٔ اساسی و پایه وابسته یا متکی‌اند.

همچنین روشن خواهد شد که چرا در جوامع مدرن امروزی، دربارهٔ اطلاعات، جریان آزاد آن و گسترش شبکه‌های مربوطه — نظیر توسعهٔ آزادی تبادلات مادی و شبکه‌های حمل و نقل مربوطه و نیز شبکه‌های تولید و توزیع انرژی، مانند انرژی الکتریکی برای همه — حساسیت و بحث فراوانی وجود دارد.

اگرچه محتوای کتاب در ظاهر ممکن است قدری «فلسفی» به نظر برسد، کلیت حاکم بر آن «عمل‌گرایانه» است و شامل مفاهیم و تعاریف بسیار اساسی و پایه در قالب یک «نظریه و عمل بنیادی» در مورد «سیستم‌ها و سازمان‌دهی و مدیریت آن‌ها» است که از مسائل روز جهانی به مفهوم عام‌اند. به این خاطر، گاه یک مطلب در جاهای مختلف در جملات با بیان‌های مختلفی تکرار شده یا شرح داده شده است تا جوانب آن روشن گردد.

کتاب در واقع به این می‌پردازد که جامعهٔ بشری از مراحل «پیشاصنعتی» با محوریت «ماده» و «صنعتی» با محوریت «انرژی» عبور کرده و به مرحلهٔ «پساصنعتی» با محوریت «اطلاعات» رسیده است؛ دورانی که در آن به جای «ماشین» عصر صنعتی، «سیستم» عصر پساصنعتی حاکمیت دارد.

«ماشین» عصر صنعتی فقط شامل «سخت‌افزار» و فاقد روح بود و تنها با استفاده از انرژی کار می‌کرد. در صورتی که «سیستم» عصر پساصنعتی در کنار سخت‌افزار، شامل «نرم‌افزار» — به‌عنوان نوعی روح — نیز هست و علاوه بر انرژی، اطلاعات را نیز به روش‌های بسیار مؤثرتری از گذشته به کار می‌گیرد. مطالعهٔ تاریخ نیز نشان می‌دهد تحولاتی که بشریت را به پیشرفت‌های

حیرت‌انگیز امروز رسانده است، از زمان محور قرار گرفتن «انرژی» (عصر صنعت) شروع شده و با آغاز محور قرار گرفتن «اطلاعات» (عصر پسا صنعت) به اوج خود رسیده است.

مرور کلی مطالب کتاب در فصل جداگانه‌ای با همین نام آمده است. مطالعه این فصل قبل از آغاز مطالعه کامل کتاب، به خوانندگان کمک خواهد کرد ضمن مرور کلیات مطالب ارائه شده در کتاب، به صورتی منسجم با مبانی نظری و عملی حاکم بر کتاب نیز آشنا شوند. به همین سبب، قبل از شروع مطالعه کامل کتاب، مطالعه مرور کلی مطالب به همه خوانندگان عزیز توصیه می‌شود. سعی شده است کتاب برای همه دانشجویان دانشگاه‌ها و علاقه‌مندان به موضوع سیستم‌ها و تفکر سیستمی به مفهوم عام مفید باشد. به همین دلیل، از پرداختن به وجوه نظری یا روابط ریاضی صرف خودداری شده است. در این کتاب از بُعد نظری، بر مبنای مفهوم سیستم، وجوه مفهومی به صورت توصیف منطقی و از بُعد عملی، بر مبنای ابزارهای تفکر سیستمی، ارائه تصویری ابزار در قالب کاربرد آن در عمل مورد توجه بوده است.

در هنگام نگارش کتاب، از کتب و مقالات بسیاری استفاده شده است. فهرست نسبتاً کاملی از منابع مورد استفاده در انتهای کتاب آمده است. در تنظیم فهرست، در دسترس بودن الکترونیکی منبع با افزودن آدرس اینترنتی در انتهای آن مشخص شده است. علاوه بر این‌ها، به علت گستردگی موضوع و طولانی شدن زمان نوشتن کتاب، منابع غیرمستقیم و غیرمکتوب بسیار دیگری نیز در شکل‌گیری موضوع در ذهن نگارنده دخالت داشته‌اند.

با توجه به فراگیر بودن موضوع و مفید بودن آن برای طیف وسیعی از افراد، مطالب کتاب همچنین برای آموزش در یک دوره یا کارگاه آموزشی میان‌رشته‌ای دانشگاهی و ضمن خدمت سازمانی نیز مفید و مناسب است. به این منظور، برای مدرسان محترمی که بخواهند از مطالب این کتاب در یک

دوره آموزشی استفاده کنند، ضمائم نیز تهیه و به انتهای کتاب افزوده شده است. نسخه الکترونیکی این ضمائم به صورت فایل PDF قابل استفاده در سر کلاس نیز موجود است و دسترسی به آن از طریق ارتباط با پست الکترونیکی نگارنده که در پایان پیش گفتار ارائه شده، ممکن است.

نگارنده امیدوار است کتاب در توصیف مفاهیم مرتبط با سیستم و تفکر سیستمی و به خصوص جنبه‌های عام و جهان‌شمول آن‌ها برای خوانندگان عزیز مفید باشد. و نیز خوشحال خواهد شد از نظرات خوانندگان در مورد کتاب آگاهی یابد. علاقه‌مندان جهت مشاهده نسخه انگلیسی این کتاب که پیش‌تر منتشر شده است، به آدرس اینترنتی: a.gharakhani bahar مراجعه کنند. خوانندگان گرامی همچنین در صورت تمایل می‌توانند نظرات خود را با استفاده از پست الکترونیکی برای نگارنده بفرستند و یا برای درج نظرات خود، به صفحه اینترنتی ارائه‌شده زیر از مجموعه «وبلاگ همکاران سابق و دوستان انفورماتیک» در سازمان برنامه و بودجه سابق، مراجعه نمایند.

همچنین از نشر معظم نی و به خصوص جناب آقای جعفر همایی، مدیریت محترم نشر، که با مساعدت‌های خود، زمینه انتشار این کتاب به زبان فارسی را فراهم آوردند، تشکر می‌کنم. از خانم الهه عین‌بخش، ویراستار نشر نی، هم که با زحمات بی‌دریغ خود، موجب روانی و سلامت نوشته‌های اولیه شدند، سپاس گزارم.

اکبر قراخانی بهار، تهران، تابستان ۱۳۹۷

a_gh_bahar@hotmail.com

<http://expboid.blogspot.com/1394/04/22/post-133>

مقدمه

هدف این فصل مقدماتی، که در دو قسمت تنظیم شده است، مرور زمینه‌های قبلی مفاهیم مربوط به «سیستم»^۱ و «تفکر سیستمی»^۲ است. قسمت اول به مرور کلی زمینه‌های موضوع سیستم و تفکر سیستمی و قسمت دوم به برخی زمینه‌های تاریخی مرتبط با موضوع می‌پردازد. در واقع انگیزه تألیف این کتاب از نظر نگارنده مطالبی است که در انتهای قسمت اول و در کل قسمت دوم این فصل آمده است.

مرور کلی زمینه موضوع

در طول قرن بیستم کوشش‌های بسیاری برای پیدا کردن یک روش برخورد علمی عمومی قابل استفاده در حوزه‌های مختلف مطالعات علمی صورت گرفت. حاصل این کوشش‌ها ارائه «نظریه عمومی سیستم‌ها»^۳ در سال ۱۹۴۵ بود. اگرچه نخستین کسانی که در این زمینه کار کردند در حوزه علوم طبیعی فعالیت

1. system
2. systems thinking
3. General Systems Theory = GST

داشتند، با وجود این، ثمره کار آنان از این حوزه بسیار فراتر رفت و طبیعت، روش تفکر انسانی را در تمامی حوزه‌ها تحت تأثیر خود قرار داد.

از میان دانشمندان بسیاری که در این زمینه کار کردند، آلکساندر باگدانف^۱ روسی (۱۸۷۳-۱۹۲۸) پزشک، لودویگ فون برتالانفی^۲ اتریشی (۱۹۰۱-۱۹۷۲) زیست‌شناس، نوربرت وینر^۳ امریکایی (۱۸۹۴-۱۹۶۴) ریاضی‌دان، راس آشبی^۴ انگلیسی (۱۹۰۳-۱۹۷۲) روان‌پزشک، کینت بولدینگ^۵ انگلیسی (۱۹۱۰-۱۹۹۳) اقتصاددان و راسل آکف^۶ امریکایی (۱۹۱۹-۲۰۰۹) نظریه‌پرداز سازمانی، بودند. مفاهیم اولیه سیستم و تفکر سیستمی را در دهه‌های اول قرن بیستم ابتدا باگدانف مطرح کرد. باگدانف در کتاب خود با عنوان *علم عام سازمان*^۷، که در سال ۱۹۱۲ منتشر کرد، به بیان ایده‌های خود در زمینه ایجاد علمی عام برای «سازمان» پرداخت و آن را «تکتولوژی»^۸ نامید. با وجود این، طرح واقعی موضوع به دست برتالانفی انجام شد. او در سال ۱۹۴۵ نظریات خود در این زمینه را در کتابی با عنوان *نظریه عمومی سیستم‌ها*^۹ منتشر کرد.

برتالانفی «سیستم» را به منزله کلی متشکل از اجزاء مرتبط به هم و متفاوت از مجموع اجزاء خود تعریف می‌کند؛ همچنین اضافه می‌کند که در حوزه‌های مختلف علمی، همواره گرایش‌هایی به باهم‌شدن و اتحاد وجود داشته و هنوز

-
1. Alexander Bogdanov
 2. Ludwig Von Bertalanffy
 3. Norbert Wiener
 4. Ross Ashby
 5. Kenneth Boulding
 6. Russell Ackoff
 7. *The Universal Science of Organization*. Bogdanov, A. A., 1922, Moscow (in Russian), Translated and reprinted by Dudley, P., 1996, Bogdanov's Tektology, Centre for Systems Studies, University of Hull.
 8. tektology
 9. *General Systems Theory*. Foundations, Development, Applications (An English Language Edition), Von Bertalanffy, 1968, New York.

نیز وجود دارد. بنابراین نظریه عمومی سیستم‌ها می‌تواند به اتحاد حوزه‌های علمی مختلف کمک کند.

برتalanفی در جایگاه زیست‌شناس، در مطالعات خود متوجه شد موجودات زنده تنها به اعضاء به‌مثابه جزءهای تشکیل‌دهنده خود وابسته نیستند، بلکه کلیت‌هایی با سازمان مشخص‌اند که از مجموع اعضاء یا جزءهای تشکیل‌دهنده خود متفاوت هستند. او آن‌ها را به‌منزله «سیستم» در نظر گرفت و همچنین بر این نکته تأکید کرد که جهان نیز نظیر موجودات زنده، سازمانی دارد که در آن به جای اشیاء منفرد، با اشیاء مرتبط با هم روبه‌رو هستیم.

به نظر برتalanفی، موجودات زنده برای ادامه حیات خود به تبادلات با محیط خود نیازمندند. در واقع، توقف تبادلات با محیط در نهایت به مرگ موجود زنده منجر می‌شود. به این سبب، او آن‌ها را «سیستم‌های باز»^۱ نامید؛ همچنین سیستم‌هایی را که با محیط خود تبادلاتی ندارند «سیستم‌های بسته»^۲ در نظر گرفت.

از آن‌جا که عوامل محیطی در عملکرد یا رفتار سیستم‌های باز نقشی مهم و تأثیری تعیین‌کننده دارند، این سیستم‌ها سازوکارهای لازم را برای حفظ و کنترل این تبادلات و نیز سازگار کردن خود با شرایط محیطی دارند؛ در صورتی که در مورد سیستم‌های بسته تعامل با محیط وجود ندارد و در نتیجه چنین سازوکاری نیز موجود نیست.

در تعقیب این فعالیت‌ها، وینر در سال ۱۹۴۸ با انتشار کتابی با عنوان *سایبرنتیک: کنترل و ارتباط در حیوان و ماشین*^۳، به معرفی «علم سایبرنتیک»^۴

1. open systems

2. closed systems

3. *Cybernetics: Control and Communication in the Animal and Machine*, Wiener, N., 1948, Cambridge, Mass.

۴. Cybernetics: علم کنترل و ارتباط در حیوان و ماشین. این علم در کنار ماده به‌وجودآورنده

پرداخت. بر اساس عنوان و محتوای این کتاب، موضوع علم سبیرنتیک کنترل و ارتباط با عاملیت اطلاعات در موجودیت‌های سیستم‌گونه — اعم از حیوان و ماشین — معرفی شده بود. همان‌طور که در فصول آینده نیز خواهیم دید، سبیرنتیک منبع اصلی جدید «اطلاعات» را به دو منبع اصلی دیگر، «ماده» و «انرژی»، در حوزه سیستم‌ها اضافه کرد.

معرفی سبیرنتیک، به‌عنوان مکمل نظریه عمومی سیستم‌ها، در واقع موضوع کنترل و ارتباط اطلاعاتی به کمک «حلقه‌های پس‌خوری اطلاعات»^۱ را مطرح کرد. این سازوکار در همه سیستم‌ها، از «سیستم‌های سخت»^۲ مکانیکی نظیر دستگاه‌های تکنولوژیکی گرفته تا «سیستم‌های نرم»^۳ اجتماعی نظیر جوامع حیوانی یا انسانی، کاربردهای وسیعی دارد.

واژه Cybernetics مأخوذ از ریشه یونانی kybernetes به معنی «سکاندار» یا «سکان کشتی» است. بر این اساس، سبیرنتیک در جایگاه «علم هدایت و راهبری»، به موضوعات مربوط به «سکانداری» در سیستم‌ها می‌پردازد. با ظهور شبکه‌های اطلاعاتی و اینترنت در سال‌های اخیر، از این واژه همچنین با عنوان «فضای سایبری»^۴ برای اشاره به فضای اطلاعاتی ناشی از این شبکه‌ها نیز استفاده شده است.

با فراهم شدن زمینه بحث بیشتر در مورد سیستم‌ها، در سال ۱۹۵۶ بولدینگ مقاله خود را با عنوان «نظریه عمومی سیستم‌ها: کالبد علوم»^۵ منتشر

ساختارها و انرژی محرک رفتارها، اطلاعات را نیز به‌عنوان عامل مهم در انتظام‌ها و به‌منظور حفاظت ساختارها و کنترل رفتارها وارد میدان کرد.

1. information feedback loops
2. hard systems
3. soft systems
4. cyber space
5. "General Systems Theory: The Skeleton of Science". Boulding, K., *Management Science*, Apr. 1956, pp. 197-208.

کرد. بولدینگ در این مقاله نظریات خود را در مورد سیستم‌ها ارائه کرد و به شرح روش‌هایی پرداخت که با توسل به آن‌ها نظریه عمومی سیستم‌ها خود می‌توانست «ساختار» پیدا کند.

به نظر بولدینگ، یک روش این است که در دنیای تجربی، پدیده‌های عمومی معینی پیدا کنیم که حوزه‌های بیشتری را پوشش می‌دهند؛ سپس باید سعی کنیم برای این پدیده‌ها مدل‌های نظری عمومی مناسب بسازیم. روش دیگر این است که حوزه‌های تجربی را به صورت سلسله‌مراتبی از پیچیدگی سازمانی آن‌ها دسته‌بندی و مرتب کنیم.

بولدینگ در این مقاله به برخی از پدیده‌های عمومی نظیر تولد و مرگ یا رشد در جوامع انسانی یا حیوانی که تعاریف مشخصی دارند نیز اشاره می‌کند. او سپس به دسته‌بندی انواع مختلف سیستم‌ها می‌پردازد و سیستم‌ها را در سه سطح و هر سطح شامل سه طبقه و در مجموع در نه طبقه دسته‌بندی می‌کند.

در طبقه‌بندی بولدینگ، سه طبقه اول با عنوان «سیستم‌های فیزیکی مکانیکی»^۱ شامل «ساختارهای ایستا»^۲، «سیستم‌های دینامیکی ساده»^۳ و «سازوکارهای کنترلی یا سیستم‌های سیبرنتیکی»^۴ است. سه طبقه دوم با عنوان «سیستم‌های بیولوژیکی»^۵ شامل «سیستم‌های باز یا ساختارهای خودنگهدارنده»^۶، «سیستم‌های ژنتیکی-اجتماعی»^۷ و «حیوانات»^۸ است. همچنین سه طبقه سوم

-
1. Physic-o-mechanical systems
 2. static structures
 3. simple dynamic systems
 4. control mechanisms\ cybernetic systems
 5. biological systems
 6. open systems\ self-maintaining structures
 7. genetic-societal systems
 8. animals

با عنوان «سیستم‌های اجتماعی»^۱ شامل «انسان»^۲، «سازمان‌های اجتماعی»^۳ و «سیستم‌های متعالی»^۴ است.

بر این اساس و با توجه به تعریفی که بر تلانفی از سیستم‌های باز و بسته ارائه می‌کند، در این تقسیم‌بندی تنها سیستم‌های سه طبقه اول «بسته» تلقی می‌شوند و سیستم‌های سایر طبقات «باز» به حساب می‌آیند. بولدینگ همچنین در توجیه نام‌گذاری طبقه آخر یا نهم (سیستم‌های متعالی) اشاره می‌کند که نمی‌توان گفت همه سیستم‌ها شامل همین‌ها هستند و لاغیر، بلکه ممکن است در آینده نیز سیستم‌های جدیدی شناسایی شوند که نسبت به سیستم‌های طبقات پایین‌تر، متعالی‌تر باشند. به این خاطر، ما آن‌ها را در انتهای طبقه‌بندی خود قرار می‌دهیم.

کار بعدی در این زمینه مجدداً به سیرنیتیک مربوط بود. در سال ۱۹۵۷ آشبی کتاب خود با عنوان *مقدمه‌ای بر سیرنیتیک*^۵ را منتشر کرد و به شرح مفاهیمی در زمینه سیستم‌ها پرداخت. عنوان فصل دوم این کتاب «تغییر»^۶ و عنوان فصل پنجم آن «ثبات»^۷ است. واقعیت این است که در حوزه سیستم‌ها به همان اندازه که «تغییر» بر سیستم‌ها حاکم است، رسیدن به نوعی «ثبات» یا وضعیت مطلوبی که همه سیستم‌ها به دنبال رسیدن و حفظ آن هستند نیز ضروری است. به بیان دیگر، با وجود لزوم «تغییر»، رسیدن به «ثبات» و حفظ آن نیز ضرورت دارد. بعد از گذشت نزدیک به ۲۵ سال مطالعه در زمینه سیستم و مفاهیم سیستمی، هنوز چارچوب یا مجموعه‌ی واژگان منسجمی که به بیان مفاهیم در

-
1. social systems
 2. human
 3. social organizations
 4. transcendental systems
 5. *An Introduction to Cybernetics*, Ashby, R., 1957, London.
 6. change
 7. stability

زمینه سیستم پردازد، وجود نداشت. بدین سبب، در سال ۱۹۷۱ آکف با انتشار مقاله‌ای با عنوان «به سوی سیستمی از مفاهیم سیستمی»^۱ سعی کرد مفاهیم مربوط به سیستم‌ها را در قالب خود مفهوم سیستم ارائه دهد.

در بخش مقدماتی این مقاله، آکف اشاره می‌کند که به علت عام بودن نظریه عمومی سیستم‌ها، پژوهشگران بسیاری در حوزه‌های مختلف از آن استفاده می‌کنند. پژوهشگران به دلیل اختلاف در حوزه‌های کاری خود، از هم دور هستند و برخلاف مفهوم کلیدی سیستم‌ها، که داشتن رابطه با یکدیگر است، ارتباطی با هم ندارند.

به عقیده آکف، در چنین شرایطی، مجموعه منسجم و یکپارچه‌ای از مفاهیم سیستمی و حتی خود مفهوم سیستم وجود ندارد؛ در نتیجه، در عمل می‌بینیم واژه‌های متفاوتی برای بیان یک مفهوم به کار گرفته می‌شوند و یا برعکس مفاهیم متفاوتی با استفاده از یک واژه بیان می‌گردند.

آکف بعدها سال‌های دهه ۱۹۴۰ را پایان «عصر ماشین» و آغاز «عصر سیستم» می‌خواند. به تعبیر او، عصر ماشین با تأکید بر «جزء»، با انقلاب صنعتی شروع شد و عصر سیستم به جای جزء، «کل» را مورد توجه قرار داد. در نتیجه، در مطالعه اشیاء، به جای توجه به «اجزاء»، توجهات به «کل» معطوف گردید. در این دهه، بسیاری از فلاسفه، ریاضی‌دانان، زیست‌شناسان و دانشمندان دیگر نیز روی این موضوع کار کرده بودند. با وجود این، ظاهراً ایجاد آنچه مورد نظر آکف بود اتفاق نیفتاده بود.

امروزه جست‌وجوی مطالب در مورد سیستم و تفکر سیستمی در اینترنت نشان می‌دهد کتاب‌ها یا مقالاتی که پیش از این به آن‌ها اشاره شد، حتی بعد از گذشت چندین دهه از انتشار اول آن‌ها، همچنان برای موضوعات بنیادی در

1. "Towards a System of Systems Concepts", Ackoff, R. *Management Science*, Jul. 1971, pp. 661-671.

این زمینه محل مراجعه‌اند. این وضعیت نشان می‌دهد آنچه آکف در مقاله خود به آن اشاره می‌کند، هنوز پابرجاست و بنابراین نیاز به توجه و پرداختن به آن کماکان وجود دارد.

در ابتدا تنها سیستم‌های سخت فیزیکی مورد توجه پژوهندگان بودند، ولی بعدها سیستم‌های نرم منطقی نیز مورد توجه قرار گرفتند. سیستم‌های سخت، محسوس و سیستم‌های نرم، قابل فهم‌اند. بنابراین در سیستم‌های نرم برخلاف سیستم‌های سخت، عناصر و روابط بین و نیز محدوده سیستم مبهم است و به آسانی سیستم‌های سخت قابل تشخیص نیست.

درواقع، پیدایش مفهوم سیستم نرم نتیجه کوشش‌هایی بود که برای مواجه شدن با وضعیت‌های پیچیده به عمل آمده بود. به علت مبهم بودن شرایط و بستگی‌های نامشخص بین عناصر در سیستم‌های نرم، غالباً تعریفی درست و رسمی از سیستم وجود ندارد و هرگونه تفسیر در یک طرف، ممکن است طرف دیگر را تحت تأثیر قرار دهد.

از میان پژوهندگان دیگری که بعدها روی سیستم‌ها کار کردند و به توسعه مفاهیم در این زمینه پرداختند، می‌توان به آناتول راپوپورت^۱ (۱۹۱۱-۲۰۰۷) از روسیه، وست چرچمن^۲ (۱۹۱۳-۲۰۰۴) از امریکا، جی فورستر^۳ (۱۹۱۸) از امریکا، پیتر چک‌لند^۴ (۱۹۳۰) از انگلستان، باری ریچموند^۵ (۱۹۴۷-۲۰۰۲) از امریکا اشاره کرد.

به این ترتیب، «سیستم» به عنوان یک مفهوم و نه به عنوان یک واژه، به تدریج و در ابعاد وسیعی نه تنها در حوزه علوم، بلکه در مکالمات روزمره بسیاری از

1. Anatol Rapoport
 2. West Churchman
 3. Jay Forrester
 4. Peter Checkland
 5. Barry Richmond

مردم در بسیاری از زبان‌ها نیز رواج پیدا کرد. در حال حاضر این واژه به قدری رایج است که هرکسی در زندگی روزمره خود برای توصیف چیزی که در ذهن خود دارد، به کرات از آن استفاده می‌کند.

به این سبب، در زندگی روزمره با جملاتی نظیر «سیستم درست عمل نمی‌کند»، «سیستم ایراد دارد»، «سیستم مقصر است» و بسیاری دیگر روبه‌رو هستیم. در نهایت نیز خود را از مشکلات مبرا می‌کنیم و منشأ همه خطاها یا قصورها را از موجود ناشناخته‌ای به نام «سیستم» می‌دانیم که در عمل چیز زیادی هم درباره آن نمی‌دانیم!

اما به راستی «سیستم» چیست که در مکالمات روزمره خود این همه از آن صحبت می‌کنیم؟ در واقع حتی امروز هم نه تنها در مورد مفاهیم مرتبط، بلکه در مورد خود سیستم نیز تعاریف دقیق و روشنی وجود ندارد. این کتاب گامی کوچک در این زمینه است تا بعضی تعاریف پایه‌ای در حوزه سیستم‌ها را ارائه دهد.

برخی زمینه‌های تاریخی

بشر از همان آغاز پیدایش خود بر روی کره زمین، در کنار جست‌وجو برای یافتن غذا و حفظ خود از گزندهای جهان پیرامونی، همواره در پی شناسایی اشیاء و نظم حاکم بر آن‌ها و درک رویدادها و قاعده حاکم بر آن‌ها بوده است. به‌منظور پاسخ به این خواسته‌ها، بشر به تدریج علوم مختلف را بنیان گذاشته است.

اشیاء در نگاه اول در شکل ظاهری ثابت خود در فضا جلوه می‌کرده‌اند. بنابراین، پیدایش هندسه به‌منزله یکی از قدیمی‌ترین علوم، از نیاز برای شناسایی اشیاء و نظم حاکم بر آن‌ها ناشی شده است. همچنین رویدادها در نگاه اول در قالب تغییرات در اشیاء در فضا در جریان زمان جلوه می‌کرده‌اند. بنابراین می‌توان گفت پیدایش گاه‌شماری، به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین تقلاها برای بیان

رویدادها، از نیاز بشر برای درک چگونگی رویدادها و قاعده حاکم بر آنها ناشی می‌شده است.

با توجه به مطالب بالا، هندسه و گاه‌شماری را می‌توان به‌منزله یکی از نخستین فراورده‌های اندیشه بشر در شناسایی اشیاء و رویدادها در جهان پیرامونی در نظر گرفت. اشیاء و رویدادها ابتدا جداگانه در نظر گرفته می‌شدند و هندسه به اشیاء و گاه‌شماری به رویدادها در جهان پیرامون محدود بودند. مرتبط کردن اشیاء و رویدادها با همدیگر، مثلاً در قالب فرایند علت و معلول، بعدها پیش آمده است.

برای ما شاید تعجب‌آور باشد که با وجود آن‌که دنیای جدید عمیقاً تحول یافته و بسیار متفاوت‌تر از دنیای کهن شده است، چگونه مثلاً هندسه اقلیدسی همچنان اعتبار و کاربرد دارد. همچنین ممکن است از این واقعیت نیز دچار حیرت شویم که وقتی در سایر زمینه‌ها در علم پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در کار نبوده است، هندسه اقلیدسی چگونه با آن دقت و ظرافت خاص خود تدوین شده است.

با وجود آن‌که بیش از دو هزار سال از ارائه هندسه اقلیدسی، که بر پایه چند اصل اولیه و ساده بنا شده است، می‌گذرد، این دانش توانسته است در شاخه‌ای از ریاضیات، که آن را «هندسه مسطحه» یا هندسه به نام اقلیدس می‌شناسیم، همچنان اعتبار خود را حفظ کند. به همین دلیل است که در طول تاریخ، همواره اعجاب و تحسین بسیاری را برانگیخته است؛ به‌عنوان مثال، آینشتاین در شرح احوال خود گفته است که وقتی دانش‌آموزی جوان در مدرسه بوده، با مطالعه کتاب *اصول اقلیدس*^۱ از سادگی و استحکام آن دچار حیرت و هیجان عجیبی شده است.^۲

1. Euclid's Elements

2. Various Things About Albert Einstein,

http://www.einstein-website.de/z_information/variousthings.html.

باید اشاره کنیم هندسه‌های جدید غیراقلیدسی در واقع توسعه هندسه اقلیدسی از جهانی مسطح به جهانی نامسطح هستند که نظریه نسبیت آینشتاین نیز ثمره‌ای از آن است. پیدایش هندسه‌های جدید غیراقلیدسی از تردید در اصل مربوط به امکان کشیدن تنها یک خط موازی با خط دیگر از یک نقطه یا برابر بودن مجموع زوایای یک مثلث با ۱۸۰ درجه در جهانی نامسطح ناشی شده است.

البته بسیاری از نتایج اصولی که اقلیدس آن‌ها را در کتاب خود جمع کرده، پیش از او نیز سایرین به نوعی به آن‌ها دست یافته بودند. با وجود این، کار بزرگ اقلیدس این بود که برپایه برخی اصول ساده و بدیهی به عنوان اصول اولیه، توانست چارچوب منطقی مستحکمی را به وجود آورد که امروز نیز همچنان معتبر است. در صورتی که مدت‌ها پس از آن، بسیاری از چارچوب‌ها در سایر حوزه‌ها که حتی خیلی بعدتر نیز فرمول‌بندی شده بودند، فرو ریختند. ممکن است یکی از دلایل ماندگاری هندسه اقلیدسی، سادگی، کم بودن تعداد اصول اولیه، استحکام منطقی و وسعت حوزه پوشش در عین سازگاری با واقعیت بوده باشد.

آینشتاین همچنین در یک سخنرانی مربوط به «علم، فلسفه و مذهب» گفته است هدف همه علوم این است که بتوانند بیشترین تعداد حقایق را با کمترین تعدادی از اصول تفسیر یا ارائه کنند.^۱ همچنین گالیله در مقایسه مدل بطلمیوسی (نظام افلاک با مرکزیت زمین) و مدل شمسی کپرنیکی (منظومه سیاره‌ای با مرکزیت خورشید)، اشاره کرده است که در ذات طبیعت این نیست که چیزها را به صورتی غیرضروری به شکل پیچیده دریاورد، بلکه این است که با آسان‌ترین و ساده‌ترین راه‌ها بیشترین تأثیرات را ایجاد کند.^۲

1. Science, *Philosophy and Religion*, A Symposium, 1941, New York.

2. Galileo, G. *Dialogue Concerning the Two Chief World System*, Translated by Drake, 1962, Berkeley.

درواقع می‌توان گفت که در بیان اصول اولیه در هر زمینه، نظیر ریاضیات، هرچه انتزاع بیشتری حاکم باشد، حوزه پوشش اصول اولیه در زمینه مربوطه نیز بیشتر خواهد بود. اما ایجاد چارچوبی منطقی که تعداد کمی اصول اولیه ساده، مستحکم و با حدی از انتزاع داشته باشد تا بتواند حوزه بزرگ‌تری را دربر بگیرد، ممکن است در عمل بسیار مشکل باشد.

در حوزه علم، همواره گرایش به ساده‌کردن، سازگاری با واقعیت‌ها و وسعت حوزه پوشش، فارغ از موفقیت یا شکست آن، در صورت امکان همواره کمابیش وجود داشته است. روش نمایش رومی اعداد و روش ده‌دهی عددنویسی در حساب و همچنین نظام افلاک بطلمیوسی و منظومه شمسی کپرنیکی در ستاره‌شناسی مثال‌های جالبی در این زمینه‌اند.

اختلاف عمده بین روش رومی و ده‌دهی در عددنویسی، اهمیت نداشتن جایگاه نمادها در روش رومی و برعکس اهمیت جایگاه ارقام در روش ده‌دهی است. همین‌طور اختلاف عمده بین نظام افلاک بطلمیوسی و منظومه شمسی کپرنیکی، مرکزیت زمین در نظام افلاک بطلمیوسی و مرکزیت خورشید در منظومه شمسی کپرنیکی است.

ظاهراً اختلاف کوچکی در بنا گذاشتن چارچوب اولیه، به مصداق ضرب‌المثل معروف «خشت اول گر نهد معمار کج/ تا ثریا می‌رود دیوار کج»، باعث اختلاف فاحش و پیچیدگی در روش‌ها یا مدل‌های مربوطه شده است؛ به طوری که نمایش اعداد در روش رومی در مقایسه با روش ده‌دهی و تفسیر رویدادهای آسمانی در مدل بطلمیوسی در مقایسه با مدل کپرنیکی بسیار مشکل و پیچیده است.

هم در روش رومی هم در مدل بطلمیوسی، در برخورد با بعضی وضعیت‌های جدید، همواره مجبور بودند اصول قبلی را اصلاح کنند و یا اصول جدیدی را به آن‌ها بیفزایند. در صورتی که در روش ده‌دهی و مدل کپرنیکی، اصول اولیه و ساده آن‌ها در برخورد با شرایط جدید نیز کفایت

می‌کرده است. این کار باعث سادگی، سازگاری با واقعیت و ماندگاری روش ده‌دهی و مدل کپرنیکی در مقایسه با روش رومی و مدل بطلمیوسی شده است. در روش رومی، نمایش اعداد بزرگ یا انجام اعمال ابتدایی روی اعداد که به چهار عمل اصلی معروف است کاری مشکل و غیرممکن بود. در صورتی که در روش ده‌دهی، که آن را در مدارس ابتدایی می‌آموزیم و در زندگی روزمره به کار می‌بریم، عملاً هیچ‌گونه محدودیتی در نوشتن اعداد بزرگ یا محاسبات بسیار پیچیده ریاضی وجود ندارد. همین‌طور در مدل بطلمیوسی، تفسیر حرکات مربوط به دیگر سیارات مشکل یا غیرممکن بود. در صورتی که در مدل کپرنیکی نه تنها حرکت سیاره زمین به دور خورشید، بلکه حرکت سایر سیارات به دور آن نیز به راحتی قابل تفسیر است.

امروزه روش ده‌دهی در عددنویسی و مدل کپرنیکی در ستاره‌شناسی برای ما آن قدر ساده، بدیهی و سازگار با واقعیت‌اند که تعجب می‌کنیم چطور این دو قبلاً به فکر کسی نرسیده بودند. البته همان‌طور که پیش‌تر اشاره کردیم، بخشی از این احساس ناشی از انطباق آن‌ها با واقعیاتی است که بعدها به آن رسیده‌اند. ما در دست‌های خود ده انگشت داریم و آن‌ها نخستین و دردسترس‌ترین ابزار شمارش و محاسبه انسان بوده‌اند. همچنین واقعیت این است که زمین به دور خورشید می‌گردد (مدل کپرنیکی) نه خورشید به دور زمین (مدل بطلمیوسی). در پایان این مقدمه جالب است اشاره کنیم که هندسه اقلیدسی، گاه‌شماری‌ها، روش‌های رومی و ده‌دهی و مدل‌های بطلمیوسی و کپرنیکی، فارغ از درستی یا نادرستی و سادگی یا پیچیدگی آن‌ها، همه به‌منزله چیزی هستند که امروزه آن‌ها را «سیستم» می‌شناسیم. بنابراین، یک سر مفهوم سیستم در واقع تلقی ما از اشیاء و رویدادها در جهان پیرامونی است که به مرور زمان ممکن است همچنان معتبر بمانند یا نامعتبر شوند. در این کتاب، این نگاه به اشیاء و رویدادهای جهان پیرامونی ارائه شده است.

مرور کلی مطالب کتاب

قبل از مطالعه کامل کتاب، مطالعه این فصل به همه خوانندگان عزیز توصیه می‌شود.

سیستم و تفکر سیستمی

به‌عنوان چارچوب نظری و عملی بنیادی

مقدمه

«سیستم»^۱ واژه‌ای عمومی است که برای اشاره به بسیاری از چیزها در دنیای پیرامون ما به کار می‌رود. بر اساس نسخه اینترنتی «فرهنگ‌های لغات آکسفورد»^۲، «سیستم» جزء ۱۰۰۰ واژه بسیار رایج در زبان انگلیسی است. افراد بسیاری با یا بدون داشتن منظور معینی از این واژه در ذهن خود، آن را به‌نوعی و به‌فراوانی در مکالمات یا نوشته‌های روزمره خود به کار می‌برند. این موضوع نشان می‌دهد که «سیستم» در زبان‌های طبیعی کاربردهای وسیعی دارد. اهمیت این کاربرد در این است که «سیستم» بیش از آن‌که نامی برای دستگاهی نظیر «کامپیوتر» باشد، حامل یک «مفهوم» است.

همچنین «تفکر سیستمی»^۳ روشی برای فکرکردن بر مبنای مفهوم سیستم و سایر مفاهیم مرتبط است که در همه حوزه‌های عمومی و عام یا علمی و خاص

1. system

2. Oxford Dictionaries, <http://oxforddictionaries.com/>

3. systems thinking

کاربرد دارد. نظیر «سیستم»، «تفکر سیستمی» نیز در اکثر حوزه‌های دانش بشری کاربرد دارد. این فصل شامل خلاصه مفاهیم اساسی سیستم و تفکر سیستمی در شکل یک «چارچوب نظری و عملی بنیادی»^۱ است. همان‌طور که خواهیم دید، این مفاهیم نظیر قطعات یک پازل همدیگر را به صورت یک «کل» تکمیل کرده‌اند. این چارچوب بنیادی در حوزه سیستم و تفکر سیستمی در برخورد با دنیای پیرامون می‌تواند مفید واقع شود.

اشیاء و رویدادها

شواهد مختلف نشان می‌دهند که جهان ما به صورت عینی یا ذهنی شامل «اشیاء»^۲ و «رویدادها»^۳ است. اشیاء شامل چیزهایی هستند که به نوعی در «فضا»^۴ موجودیت دارند. رویدادها اعمالی در ارتباط با اشیاء هستند که به طریقی در «زمان»^۵ رخ می‌دهند. بر این اساس، اشیاء جنبه‌های «ثابت»^۶ جهان پیش روی ما را در ابعاد فضا و رویدادها جنبه‌های «متغیر»^۷ جهان پیش روی ما را در جریان زمان تشکیل می‌دهند.

به این دلیل است که «اخبار» به عنوان تازه‌های جهان و جملات در زبان‌های طبیعی به عنوان ابزاری برای توصیف جهان، همه درباره اشیاء و رویدادها هستند! مثلاً جملات زیر را در اخبار یا مکالمات روزمره در نظر بگیرید:

«هوایما فرود آمد»، «من در حال خواندن این کتاب هستم» و بسیاری جملات

-
1. Fundamental Theory and Practice Framework = FTPF
 2. objects
 3. events
 4. space
 5. time
 6. constant
 7. variable

دیگر نظیر این‌ها. «هوایما» و «کتاب» به‌منزله شیئی هستند که فضایی را اشغال می‌کنند و «فروآمدن» و «خواندن» رویدادی هستند که در زمان رخ می‌دهند. اشیاء و رویدادها متقابلاً با هم مرتبط‌اند. به بیان دیگر، غالباً بدون اشیاء، وقوع رویدادها نیز نامفهوم است. همین‌طور اگر در نظر بگیریم که وجود اشیاء در جهان پیش روی ما ثمره وقوع رویدادهایی مرتبط با آنهاست که زمانی در گذشته رخ داده‌اند، در این صورت بدون رویدادها اشیاء نیز نمی‌توانند وجود داشته باشند.

از نظر ما در یک مطالعه، اشیاء غالباً شامل مجموعه‌ای از «اجزاء مرتبط به هم»^۱ با «نظم»^۲ خاص خود به‌عنوان یک «کل»^۳ در «فضا» هستند. همچنین رویدادها غالباً شامل مجموعه‌ای از «اعمال مرحله به مرحله»^۴ با «قاعده»^۵ مخصوص خود به‌عنوان رخدادی در جریان «زمان» محسوب می‌شوند. بر این اساس، اجزاء تشکیل‌دهنده اشیاء نظم‌های مبتنی بر فضا دارند و مراحل تشکیل‌دهنده رویدادها نیز دارای قاعده‌های مبتنی بر زمان خاص خود هستند. این درواقع ترتیب کلی اشیاء و رویدادهای مرتبط با آنها در فضا و زمان را شامل می‌شود. مراد از «نظم» و «قاعده» در این‌جا، همان «ترتیبی» است که «در هر صورت» در مورد اشیاء و رویدادها دیده می‌شود.

در اکثر مطالعات، اشیاء از نظر جنبه‌های «ثابت» خود چالش‌برانگیز نیستند، ولی وقتی در معرض رویدادهای داخلی یا خارجی مرتبط با خود قرار می‌گیرند، ممکن است از نظر جنبه‌های «متغیر» خود چالش‌برانگیز شوند. به این خاطر، در اکثر مطالعات، اشیاء بدون رویداد مرتبط با خود توجه خاصی را جلب نمی‌کنند،

-
1. related parts
 2. order
 3. whole
 4. stepwise actions
 5. rule

ولی غالباً ممکن است به واسطه رویدادهای مرتبط با خود مورد توجه قرار گیرند. برای این گفته‌ها دلایل و شواهد مختلفی را می‌توان مطرح کرد. برای مثال، می‌توانیم از ریشه و از خود جهان شروع کنیم. بر اساس دانش امروز و نظریه انفجار بزرگ (بیگ بنگ)، حتی خود جهان نیز از «ماده متراکم اولیه» به عنوان «شیء» در فضای اولیه و «انفجار بزرگ اولیه» به عنوان «رویداد» در زمان اولیه به وجود آمده است. نظریه انفجار بزرگ می‌کوشد خصوصیات یا «نظم»های این شیء و روش‌ها یا «قاعده»های این انفجار اولیه را توضیح بدهد. بر اساس این نظریه و شواهد علمی موجود، حتی امروز نیز جهان — در قالب «ماده»^۱ی موجود در آن به عنوان یک شیء عظیم در ابعاد فضا — به واسطه «انرژی»^۲ ناشی از انفجار بزرگ اولیه به مثابه رویدادی بزرگ در جریان زمان همچنان در حال انبساط است. به نقش «ماده» و «انرژی» در این مورد توجه کنید. ما بعداً نیز به این موضوع خواهیم پرداخت.

همچنین در زبان‌های طبیعی، به منزله یکی از اولین و عمومی‌ترین ابزارهای در دسترس برای توصیف جهان، «اسم»^۳ در جایگاه یکی از مهم‌ترین عناصر زبانی در مورد «شیء» و «فعل»^۴ به عنوان یکی دیگر از عناصر مهم زبانی به «رویداد» اشاره دارد. بدون اسم و فعل، زبان در کلیت خود کارایی‌اش را از دست می‌دهد. نظیر اشیاء و رویدادها در جهان معمولی، در زبان نیز اسامی شامل چیزها هستند و افعال که در ارتباط با اسامی رخ می‌دهند، شامل اعمال‌اند. نظیر اشیاء غالباً با اسامی مشکلی پیش نمی‌آید، اما وقتی اسامی موضوع افعال داخلی یا خارجی مرتبط با خود قرار می‌گیرند، ممکن است از نظر جنبه‌های فعلی خود چالش‌برانگیز شوند. همچنین نظیر اشیاء و رویدادهای

1. matter
2. energy
3. noun
4. verb

مرتبط، اسامی بدون افعال مرتبط، بیشتر اوقات در موضوعات مسئله‌دار یا چالش‌برانگیز نقشی ندارند. در واقع جملات در زبان اکثراً به سبب افعال حائز اهمیت می‌شوند. به بیان دیگر، جملات بدون فعل غالباً فاقد مفهوم‌اند و مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

در جملات زبان‌های طبیعی، اسامی می‌توانند با «صفت»^۱، که خصوصیت یا «نظم» معینی از شیء مرتبط با اسم را بیان می‌کند، همراه باشند. همچنین افعال می‌توانند همراه با «قید»^۲ ظاهر شوند که روش یا «قاعده»ی معینی از رویداد مرتبط با فعل — که خود با اسم مرتبط است — بیان می‌کند. صفت همراه اسم به نوعی منعکس‌کننده نظم حاکم بر شیء اشاره‌شده با اسم و قید همراه فعل به نوعی منعکس‌کننده قاعده حاکم بر رویداد اشاره‌شده با فعل است.

خلاصه مطالب اخیر این است که در زبان‌های طبیعی، اسم مبین شیء، فعل مبین رویداد، صفت مبین نظم حاکم بر شیء و قید مبین قاعده حاکم بر رویداد است. اگر در جهان معمولی، اشیاء با رویدادها مرتبط هستند، در زبان‌های طبیعی نیز اسامی با افعال ارتباط دارند. اگر یک شیء بدون رویداد مرتبط چالشی را به وجود نمی‌آورد، اسم بدون فعل مرتبط نیز چالشی را ایجاد نمی‌کند. در واقع، اسم، فعل، صفت و قید غالباً اصلی‌ترین کلماتی هستند که اکثر موارد بسیاری از زبان‌های طبیعی را می‌توان با آن‌ها بیان کرد. بقیه زبان شامل موارد جزئی از قبیل ضمیر (باز هم برای اشاره به اشیاء و رویدادها!) و حرف اضافه و ربط و غیره است.

به این دلیل است که نخستین کلماتی که در مدرسه یاد می‌گیریم اسم‌های اشاره‌کننده به اشیاء، فعل‌های اشاره‌کننده به رویدادها و صفت‌ها یا قیدهای معین‌کننده «چگونگی شیء یا رویداد» هستند. اسم‌های اشاره‌کننده به شیء‌ها

1. adjective

2. adverb

به نوعی متضمن فضا (و نه زمان) هستند. فعل‌های اشاره‌کننده به رویدادها به نوعی متضمن زمان (و نه فضا) هستند. همچنین صفت‌ها و قیده‌های بیان‌کننده اسم‌ها و فعل‌ها به نوعی متضمن فضا و زمان‌اند.

ساختار، رفتار و انتظام

دیدیم که از نظر ما، اشیاء غالباً از «اجزاء مرتبط به هم» تشکیل می‌شوند. بر این اساس می‌توان گفت اشیاء «ساختار»^۱ خاص خود را در ابعاد فضا دارند. ساختار، که اغلب بر «ماده» مبتنی است، مبنای وجودی اشیاء را تشکیل می‌دهد و متضمن جنبه‌ای از «ثابت ماندن»^۲ یا «سکون»^۳ در ابعاد فضا است، مثلاً ساختار یک «هوایما» یا «کتاب» را در نظر بگیرید.

اشیاء همچنین به واسطه رویدادهای مرحله‌ای مرتبطی که در مورد آن‌ها رخ می‌دهد، «رفتار»^۴ مخصوص خود را در جریان زمان دارند. رفتار به مفهوم عام، که اکثراً بر «انرژی» مبتنی است، عبارت است از انجام چیزی یا داشتن «کاربرد»^۵ یا «عملکرد»^۶ می‌معین. این کار به کمک یک منبع داخلی یا خارجی «انرژی» صورت می‌گیرد. در واقع رفتار یک چیز شامل جریانی عمومی از گرفتن «ورودی»^۷، به منظور انجام «عملکرد» روی آن برای ایجاد «خروجی»^۸ به منزله نتیجه عملکرد روی ورودی است. رفتار متضمن جنبه‌ای از «تغییرکردن»^۹

-
1. structure
 2. constancy
 3. .silence
 4. .behavior
 5. application
 6. function
 7. input
 8. output
 9. variation

یا «حرکت»^۱ در جریان زمان است، مثلاً «خواندن» نوعی «کاربرد کتاب» و «نشستن بر زمین» بخشی از «عملکرد هواپیما» است.

بر اساس مطالب بالا، بر ساختار اشیاء «نظم ساختاری»^۲ و بر رفتار آنها «قاعده رفتاری»^۳ معینی حاکم است. حال می‌توان گفت که اشیاء به سبب نظم حاکم بر ساختار و قاعده حاکم بر رفتار خود، «انتظام»^۴ مخصوص به خود را در فضا و زمان دارند. به بیان دیگر، انتظام شامل نظم حاکم بر ساختار و قاعده حاکم بر رفتار اشیاء و متضمن جنبه‌هایی از «ثابت ماندن یا سکون» و «تغییر کردن یا حرکت» در «فضا و زمان» است.

اشیاء که غالباً بر «ماده» مبتنی‌اند، به کمک عوامل درونی یا بیرونی که غالباً بر «انرژی» مبتنی است، جنبه‌هایی از «ثابت ماندن یا سکون» و «تغییر کردن یا حرکت» در «فضا و زمان» را تجربه می‌کنند. همان‌طور که خواهیم دید، «انتظام» که مبتنی است بر «ماده»، «انرژی» و «اطلاعات»^۵، باعث می‌شود اشیاء در عین روبه‌روبودن با رویدادها، همواره به نوعی نظم ساختاری خود را «حفظ»^۶ و قاعده رفتاری خود را «کنترل»^۷ کنند. به بیان دیگر، انتظام باعث می‌شود اشیاء به صورتی که ما آن‌ها را می‌شناسیم، وجود داشته باشند و به این وجود ادامه دهند. رفتار با ساختار ممکن می‌گردد. بدون ساختار، رفتاری ممکن نیست. همچنین ساختار و رفتار نیز تحت یک انتظام معین ممکن می‌شوند.

حال به طور خلاصه می‌توان گفت که از نظر ما، «اشیاء ساختار، رفتار و

-
1. motion
 2. structural order
 3. behavioral rule
 4. discipline
 5. information
 6. protect
 7. control

انتظام خاص خود را دارند» و بر مبنای این سه از «کلیت»^۱ معینی برخوردارند. از این دیدگاه، ساختار مبتنی بر فضا، رفتار مبتنی بر زمان و انتظام مبتنی بر فضا و زمان است. در زبان‌های طبیعی، با شنیدن یک «اسم» معمولاً تصویر، شکل یا «ساختار» شیء مربوطه به ذهن ما می‌آید. با «فعل»، کاربرد، عملکرد یا «رفتار» شیء به ذهن می‌رسد. «صفت» یا «قید» نیز «نظم» یا «قاعده» در شیء یا رویداد مربوطه را به ذهن ما می‌آورد. به بیان دیگر، ما «انتظام» در ساختار و رفتار یک شیء را از کلمات متضمن صفت و قید مربوط به آن درک می‌کنیم.

برای مثال، بر اساس نظریه انفجار بزرگ، «ساختار» جهان شامل «ماده»ی موجود در آن است. «نظم ساختاری» جهان شامل ترتیب حاکم بر ماده در ابعاد فضا در قالب کهکشان‌ها و ستارگان است. همچنین «رفتار» جهان شامل انبساط ناشی از «انرژی» حاصل از انفجار بزرگ اولیه است. «قاعده رفتاری» جهان نیز شامل روش حاکم بر انبساط جهان در همه ابعاد در جریان زمان است.

در این صورت، «انتظام» حاکم بر جهان در قالب «انتظام حاکم بر فضا و زمان»، در واقع شامل «نظم‌ها و قاعده‌های حاکم بر ساختار و رفتار جهان و هر چیز موجود در آن» است. در دیدی وسیع‌تر، انتظام جهان می‌تواند تحت عنوان «قوانین طبیعی حاکم بر ساختار و رفتار جهان» قرار گیرد که علم همواره در پی یافتن آن‌ها بوده است. به بیان دیگر، در جهانی که ما آن را می‌شناسیم، انتظام شامل نظم‌ها و قاعده‌های حاکم بر اشیاء و رویدادهای مرتبط با آن‌هاست. از این دیدگاه، هدف هر شاخه از علوم یافتن نظم‌ها و قاعده‌های حاکم بر اشیاء و رویدادهای مرتبط با آن‌ها در حوزه‌های مختلف دانش بشری است.

در طول تاریخ، انسان ابتدا به شناختن اشیاء و نظم حاکم بر آن‌ها و سپس به شناختن رویدادهای مرتبط با اشیاء و قاعده حاکم بر آن‌ها پرداخته است.

1. wholeness

قدیمی بودن علم «هندسه» نسبت به علم «جبر» شاید بتواند تأییدی بر این ادعا باشد. در واقع نیز در جهان پیرامون ما، هندسه به جنبه‌های ثابت یا ساختار و جبر به جنبه‌های متغیر یا رفتار اشیاء می‌پرداخته است.

بشر با استفاده از علم «حساب»، از «کمیت»^۱ خصوصیات ثابت ساختاری اشیاء هندسی در فضا به «کیفیت»^۲ روش‌های رفتاری رویدادهای جبری مرتبط با اشیاء در زمان رسیده است. همان‌طور که دیدیم، برای انسان در اکثر موارد خود اشیاء متضمن جنبه‌های ثابت نبوده‌اند، بلکه رویدادهای مرتبط متضمن جنبه‌های متغیر یا «اشیاء در معرض رویداد»، از موارد چالش‌برانگیز جهان پیرامونی بوده‌اند.

تاریخ همچنین نشان می‌دهد که بشر در بررسی اشیاء در مقایسه با رویدادها موفق‌تر بوده است. شاید یکی از دلایل تداوم طولانی اعتبار علم اولیه‌ای نظیر هندسه اقلیدسی، که به جنبه‌های ثابت یا ساختار اشیاء مربوط می‌شده است، چالش کمتر ثابت ماندن بوده باشد؛ برعکس، ممکن است بی‌اعتباری تصورات در مورد حرکت ستارگان در آسمان و نقش آن‌ها در زندگی افراد روی زمین که به جنبه‌های متغیر یا رفتار اشیاء مربوط می‌شده‌اند، از چالش‌برانگیزی تغییرکردن نتیجه شده باشد.

ماده، انرژی و اطلاعات

همان‌طور که دیدیم، ساختارها با استفاده از «ماده» و رفتارها با استفاده از «انرژی» ممکن می‌شوند. به بیان دیگر، ماده سازنده ساختارها و انرژی برانگیزاننده رفتارهاست. در اشیاء جامد در طبیعت، انتظام جبری (در مقابل اختیاری) است و غالباً از نظم ساختاری حاکم بر شیء به واسطه ماده یا قاعده

1. quantity

2. quality

رفتاری حاکم بر رویداد مرتبط با آن به واسطه انرژی ممکن می‌شود. در برخی موارد، این نظم و قاعده از «استحکام طبیعی» (از دید ساختار یا ماده) یا بودن در یک «میدان»^۱ یا «محیط»^۲ خاص (از دید رفتار یا انرژی) ممکن می‌گردد. در واقع، در این مورد «انتظام» بر «ماده و/یا انرژی» مبتنی است.

ولی در موجودات زنده که در کنار ماده و انرژی، «اطلاعات» نیز می‌تواند به کار گرفته شود، بخشی از انتظام غیرجبری (اختیاری) است و با استفاده از اطلاعات میسر می‌شود. از این دیدگاه، اطلاعات به‌عنوان مایه انتظام، با ماده و انرژی هم‌تراز است. اشیاء بسته به نوع خود، برای وجود و ادامه وجود خود به این سه منبع اساسی و اولیه یعنی ماده، انرژی و اطلاعات متکی یا نیازمندند. به بیان دیگر، ماده، انرژی و اطلاعات به‌عنوان سه منبع اساسی و اولیه به وجود آورنده ساختارها، به عمل درآورنده رفتارها و برقرارکننده انتظام‌ها در اشیاء دنیای پیرامونی ما تلقی می‌شوند.

ماده با «جرم»^۳ مرتبط است و انرژی با «نیرو»^۴. در فیزیک نیز میدان گرانشی از ماده یا جرم و انرژی یا نیروی گرانشی ناشی از آن به وجود می‌آید. همچنین بر اساس قوانین فیزیک، جرم عامل ساختار در فضا و نیرو عامل رفتار در زمان است. میدان گرانشی ناشی از جرم یا نیرو که فضا و زمان را تحت تأثیر خود دارد، عامل انتظام در فضا و زمان است. در نتیجه، انتظام باعث «حفظ ساختار» و «کنترل رفتار» اجرام آسمانی نظیر ماه و گردش آن به دور زمین یا زمین و گردش آن به دور خورشید می‌شود.

اطلاعات به‌عنوان عامل انتظام منعکس‌کننده ثابت‌ماندن و تغییرکردن در

1. field
2. environment
3. mass
4. force

اشیاء و رویدادهای مرتبط با آنهاست و معنی خود را از این دیدگاه پیدا می‌کند. در واقع اطلاعات، برگرفته از تغییرات در ساختار ناشی از ماده و به‌خصوص تغییرات در رفتار ناشی از انرژی است؛ بنابراین، موضوع مرتبط را به‌نوعی توصیف می‌کند. اطلاعات در واقع توصیفگر ساختار ناشی از ماده و رفتار ناشی از انرژی است. از نظر ما، اطلاعات با مشخصات غالباً ثابت ساختاری و روش‌های غالباً متغیر رفتاری نمود می‌یابد. با استفاده از اطلاعات علاوه بر چیزهای عینی، چیزهای ذهنی نیز می‌توانند به نوعی «موجودیت» یابند و «وجود» داشته باشند.

در این کتاب، «اطلاعات» با «سازمان ماده» در «ساختارها» در فضا و «مدیریت انرژی» در «رفتارها» در جریان زمان مرتبط است. با افزودن اطلاعات به ماده و انرژی، شکل‌های پیچیده‌تری از انتظام در چیزهایی که می‌توانند آن را به کار گیرند، ممکن می‌شود. بر این اساس، ساختار و نظم آن و رفتار و قاعده آن، به‌نوعی با مفهوم «سازمان»^۱ مرتبط است. همچنین حفظ نظم ساختاری و کنترل قاعده رفتاری به‌نوعی با مفهوم «مدیریت»^۲ ارتباط دارد. به این دلیل است که این دو (سازمان و مدیریت به‌عنوان انتظام)، از موضوعات مهم در عصر ما به‌عنوان «عصر اطلاعات»^۳ هستند.

تاریخ نشان می‌دهد که بشر ابتدا به شناختن ماده به‌عنوان سازنده اشیا یا ساختارها و سپس به شناختن انرژی به‌عنوان برانگیزاننده رویدادهای مرتبط با اشیا یا رفتار پرداخته است. در این جا قدیمی بودن علم «شیمی» نسبت به علم «فیزیک» شاید بتواند تأییدی بر این ادعا باشد؛ زیرا موضوع علم شیمی به‌نوعی با ماده به‌عنوان جنبه‌های ثابت یا ساختار اشیا مرتبط است. همچنین

1. organization
2. management
3. information age

موضوع علم فیزیک به نوعی با انرژی به عنوان جنبه‌های متغیر یا رفتار ناشی از رویدادهای مرتبط با اشیاء در جهان پیرامونی در ارتباط بوده است.

تاریخ فلسفه قدیم، مشحون است از بحث بین ثابت ماندن (ساختار) و تغییرکردن (رفتار) و اولویت یکی بر دیگری؛ برای مثال، اثر این بحث را می‌توانیم در هسته نظریه مارکس ببینیم، ولی برای ما امروزه، نظیر «اشیاء» و «رویدادها»، «ثابت ماندن» و «تغییرکردن» نیز به صورت متقابل به همدیگر وابسته‌اند و بدون یکی، دیگری بی‌معنی است. همچنین بر اساس دانش مدرن امروز، «شیمی» و «فیزیک» یا «ماده» و «انرژی» دو روی یک چیز هستند.

بحث بالا در مورد علوم به ما کمک می‌کند دریابیم چرا ریاضیات (به خصوص هندسه و جبر)، شیمی و فیزیک «علوم پایه» محسوب می‌شوند. این بحث همچنین کمک می‌کند تا بتوانیم بگوییم چرا در کنار علم شیمی (برای ماده) و فیزیک (برای انرژی)، به علم پایه جدیدی نیاز داریم. این علم جدید می‌تواند سیبرنتیک، انفورماتیک یا علم سازمان و مدیریت (برای اطلاعات) باشد تا به کمک آن بتوانیم به جنبه‌های انتظامی اشیاء و رویدادهای مرتبط با آن‌ها در جهان پیرامونی خود پردازیم.

بر اساس مطالب بالا، همچنین می‌توان گفت که بشر از ابتدای پیدایش خود بر روی کره زمین، دوران‌های مختلفی را سپری کرده یا در حال سپری کردن است. این دوران‌ها را می‌توان بر اساس همان سه منبع یا مایه اصلی ماده، انرژی و اطلاعات طبقه‌بندی کرد. به بیان دیگر، تقلاهای انسان برای زندگی در روی کره زمین با اهمیت داشتن هر کدام از این منابع، ادامه داشته است. این دوران‌ها را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

- دوران استیلا بر ماده: عصر پیشاصنعتی، دوران ماده‌محور نظیر «عصر سنگ»
- دوران استیلا بر انرژی: عصر صنعتی، دوران انرژی‌محور نظیر «عصر بخار»

مرور کلی مطالب کتاب ۳۷

• دوران استیلا بر اطلاعات: عصر پسا صنعتی، دوران اطلاعات محور نظیر «عصر ارتباطات»

سیستم چیست؟

در فرهنگ‌های لغات انگلیسی، در مورد واژه system ریشه‌های مختلفی را می‌توان یافت، مثلاً نسخه‌های اینترنتی «فرهنگ‌های لغات آکسفورد» و «فرهنگ لغات آمریکن هریتیج»^۱ ریشه‌های systema از لاتین و sustema از یونانی به معانی «کنار هم بودن» و «کنار هم قراردادن» و نیز ریشه synhistanai را ذکر کرده‌اند. در synhistanai، syn نظیر co در اول واژه‌ها به معنی «با هم» و histanai به معنی «برپا داشتن» است که در ترکیب، معنی «با هم برپا داشتن» را می‌دهد. براساس تعبیر متعدد در همین فرهنگ‌های لغات، سیستم مجموعه‌ای از چیزهای مرتبط با هم به ترتیب خاص و عمل‌کننده به روش خاص است. سیستم را در فارسی «نظام»، «دستگاه»، «منظومه»، «سامانه»، «نظم»، «ترتیب»، «قاعده»، «روش» و برخی واژه‌های مترادف دیگر نیز ترجمه کرده‌اند.

بر اساس آنچه گفتیم و نیز دانش امروز، می‌توان گفت «سیستم» در کلی‌ترین مفهوم خود شامل هر چیز «عینی» یا «ذهنی» متشکل از «اجزاء مرتبط به هم» به‌عنوان یک «کل» دارای «ساختار»، «رفتار» و «انتظام» خاص خود است. انتظام سیستم شامل «نظم ساختاری» و «قاعده رفتاری» حاکم بر آن است. کلیت یک سیستم، بیش از مجموع صرف تشکیل‌دهنده‌های آن است.

سیستم‌ها غالباً «کاربرد»، «کارکرد» یا «هدف» معینی دارند. «کاربرد» غالباً با ساختار دارای نظم جبری با عاملیت ماده همراه است. «کارکرد» غالباً از ساختار و رفتار دارای نظم و قاعده جبری با عاملیت ماده و انرژی ناشی می‌شود.

1. American Heritage Dictionary of the English Language, <http://ahdictionary.com/>