

سیستم های پیچیده

شاهین روحانی

۱۹/۰۵/۲۰۱۴

سیستم های پیچیده یک رویکرد جدید به علم است که به بررسی چگونگی ارتباط بین اجزای سیستم و ظهور رفتارهای جمعی در آن و چگونگی تعامل سیستم با محیط اطراف خود می پردازد [1]. اتفاق نظر در مورد تعریفی واحد از سیستم پیچیده هنوز موجود نیست. تعریف تظاهرات فیزیکی این سیستم ها دشوار است: بنابراین یک انتخاب معمول برای شناسایی "سیستم پیچیده" با مدل اطلاعات ریاضی به جای موضوع فیزیکی مدل سیستم می باشد. علم سیستم های پیچیده برای بررسی سوالات علمی که به آسانی به مفاهیم کلاسیک و مکانیکی ارائه شده توسط علم سنتی تن در ندهد استفاده می شود [2].

سیستم های پیچیده به فرآیندهای در علوم کامپیوتر، زیست شناسی، اقتصاد، فیزیک، شیمی، انسان شناسی، هوش مصنوعی، حیات مصنوعی، اقتصاد، تکامل، پیش بینی زلزله، هواشناسی، زیست شناسی مولکولی، علوم اعصاب، روانشناسی، جامعه شناسی و بسیاری زمینه های دیگر می پردازند. انواع سیستم های پیچیده نظری انتزاعی به عنوان زمینه ای در ریاضیات نیز مورد مطالعه قرار میگیرد. همچنین این علم: نظریه سیستم پیچیده، مطالعه سیستم های پیچیده، علوم پیچیدگی، فیزیک عدم تعادل نیز نامیده می شود.

مشکل اصلی سیستم های پیچیده در مدل سازی رسمی و شبیه سازی آنها می باشد. از چنین منظری، در زمینه های مختلف تحقیقاتی: سیستم های پیچیده بر اساس ویژگی های مختلف آنها تعریف میشوند. به همین دلیل سیستم های پیچیده مشکلات اساسی در مدل سازی ریاضی و مبانی فلسفی مطرح میکند [3].

ویژگیهای سیستم های پیچیده شامل:

۱. سیستم های پیچیده از بسیاری از اجزای به هم پیوسته تشکیل شده است. لذا، علم شبکه و نظریه شبکه در مطالعه سیستم های پیچیده نقش بسیار مهمی بازی میکند.
۲. ظهور و رفتار جمعی در سیستم های پیچیده، نقش اصلی را بازی می کند. این پارادایم مرکزی است که محققان این زمینه سعی بر استنتاج و یا نشان دادن آن دارند.

۳. معادلات سیستم های پیچیده به طور کلی برگرفته از فیزیک آماری، نظریه اطلاعات و دینامیک غیر خطی، و نشان دهنده رفتار سامان یافته، اما غیر قابل پیش بینی سیستم های طبیعی است که اساسا پیچیده در نظر گرفته می شوند.

در این تلاش ها، دانشمندان اغلب به دنبال قواعد جفت شدگی غیر خطی ساده که منجر به پدیده های پیچیده می شود، هستند. اما اجبارا چنین نیست. جوامع انسانی (و احتمالا مغز انسان) سیستم ی پیچیده است که در آن نه اجزاء و نه اتصالات ساده هستند. اکثر سیستم های غیر خطی را می توان با سیستم های خطی تقریبی، به طور قابل توجهی ساده و تجزیه و تحلیل کرد. در حال حاضر کلاس اصلی از سیستم ها که برایشان روش کلی برای کنترل، پایداری و تجزیه و تحلیل وجود دارد سیستم های خطی هستند. با این حال، بسیاری از سیستم های فیزیکی ذاتا "سیستم های پیچیده" از نظر تعریف بالا می باشند، و در عمل مهندسی و فیزیکی باید عناصری از روش تحقیقات سیستم های پیچیده را شامل شوند.

۴. نظریه اطلاعات نیز به سیستم های پیچیده تطبیقی (Complex Adaptive Systems) به خوبی اعمال می شود.

این کار از طریق مفاهیم طراحی شی گرا، و همچنین از طریق مفاهیم رسمی از سامان و اختلال انجام میشود که می تواند با روند تکاملی سیستم همراه شود.

۵. عوامل فعال

فیزیک ماده فعال یک موضوع جدید در برخورد با سیستم های است [4] که در آن انرژی به صورت محلی صرف تولید مداوم، حرکت هدایت شده می شود. مثلا حرکت دسته جمعی رشته های پلیمری که توسط موتورهای مولکولی نقل مکان می شود. مثال دیگر اقتصاد محاسباتی مبتنی بر عامل (Agent Based Computational Economy) است.

۶. حضور مقیاس های بسیار

تعامل بین اجزای یک سیستم پیچیده و محیط خود نیز به این معنی است که به روش های مختلف این تعاملات به حوزه های دیگر منتشر شوند، اثرات این تغییرات ممکن است از سیستم خارج شده یا به حوزه های دیگر، القا شوند لذا تغییرات در تمام مقیاس ها وجود داشته باشند. در نتیجه ساخت یک نظریه موثر و تخمین سیستم در مقیاس داده شده غیرممکن میشود. روشی که عموما در علوم استفاده شده است [5].

مفاهیم و نتایج فلسفی نظریه سیستم‌های پیچیده

در میان نظریه پردازان کار در این زمینه، این گرایش رو به رشد به نظریه سیستم‌های پیچیده به عنوان ارائه تایید علمی برای فلسفه نئولیبرالی وجود دارد. در مرکز این نظریه ایده "ظهور خود به خود سطوح بالاتر سازمان و یا کنترل" از طریق تغییرات کور و انتخاب طبیعی قرار دارد. این تفسیر از نظریه سیستم‌های پیچیده ریشه در نظریه اطلاعات و تفسیر سازمان برای اولین بار توسط فون نویمان (Von Neuman، شانون (Shanon) و ویور (Weaver)، می یابد و تشابه در تفسیر پوزیتیویستی از فیزیک جدیدی که از سوی تیپلر (Tipler) ارائه میشود، دارد. که منجر به بحث تقلیل گرایی و کل گرایی می شود.

تقلیل گرایی، اشاره به این فرض نیوتنی کلاسیک است که دینامیک هر سیستم پیچیده را میتوان از مطالعه خواص بخش های آن درک کرد. سیستم‌های پیچیده بنابراین به قطعات آنها شکسته شده و هر قطعه به صورت جداگانه مورد مطالعه قرار میگیرد. هنگامیکه ما تمام قطعات را شناختیم دینامیک کل میتواند به دست آید. تمرکز تحقیقات در کلگرایی در روابط بین اجزا است. فرض زیر بنا این روش این است که خواص قطعات کمک به درک ما از کل میکند اما خواص کل تنها میتواند به طور کامل از طریق دینامیک کل درک شود. در کل گرایی، کل بیش از و یا متفاوت از مجموع اجزاء است [6,7].

تاریخچه

اولین پیش زمینه نظریه سیستم های پیچیده مدرن را می توان در اقتصاد سیاسی کلاسیک از روشنگری اسکاتلندی، (بعدها مکتب اتریشی از اقتصاد)، که می گوید "نظم در سیستم های بازار خود به خود (و یا در حال ظهور) است" یافت که این نظم نتیجه عمل کرد انسان است، نه اجرای طرحی انسانی [2]. فردریک هایک (1899-1992) (FA HAYEK)، اتریشی، بعداً بریتانیایی، اقتصاددان و فیلسوف بود و بهترین مدافع لیبرالیسم کلاسیک شناخته شده است. هایک سیستم قیمت آزاد مشاهده شده را نه به عنوان یک آگاهانه بلکه به عنوان نظم خود به خودی و یا آنچه که او به عنوان "آنچه که در نتیجه عمل انسان اما نه طراحی انسان است" میداند. بنابراین، هایک مکانیسم قیمت هارا در همان سطح قرار داده، به عنوان مثال، کسب جرم توسط

ذرات گیج در مدل استاندارد است. او کار خود را محدود به اقتصاد نکرد، بلکه به زمینه های دیگر مانند روانشناسی، زیست شناسی و فیزیولوژی نیز پرداخت [8].

گرگوری بیتسون (Gregory Bateson-1904 - 1980) او به گسترش سیستم های تئوری / سیبرنتیکی برای توسعه علوم اجتماعی / رفتاری کمک کرد، و آخرین دهه از عمر خود را صرف توسعه یک "متا علم" از معرفت شناسی برای نزدیک کردن اشکال اولیه نظریه سیستم در زمینه های مختلف علم کرد.

References:

1. Dyson, Freeman J. "Statistical theory of the energy levels of complex systems. I." *Journal of Mathematical Physics* 3.1 (2004): 140-156.
2. Wolfram, Stephen. "Complex systems theory." *Emerging Syntheses in Science* (1985).
3. Grimm, Volker, et al. "Pattern-oriented modeling of agent-based complex systems: lessons from ecology." *science* 310.5750 (2005): 987-991.
4. Eigen, Manfred. "Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules." *Naturwissenschaften* 58.10 (1971): 465-523.
5. Barabási, Albert-László, and Réka Albert. "Emergence of scaling in random networks." *science* 286.5439 (1999): 509-512.
6. Cilliers, Paul. *Complexity and postmodernism: Understanding complex systems*. Routledge, 2002.
7. Willy Ostreng, Reductionism versus Holism –Contrasting Approaches, Centre for Advanced Study at the Norwegian Academy of Science and Letters; willy.ostreng@cas.uio.no
8. Ferguson, Adam (1767). *An Essay on the History of Civil Society*. London: T. Cadell. art Third, Section II, p. 205.