نظریهٔ بی‌نظمی یا نظم غایی و مدیریت

● نوشتهٔ دکتر سیدمهدی الوانی

چکیده

ما در عصری زندگی می‌کنیم که «پیچیدگی» جزو جدایی‌ناپذیر آن است به همین دلیل برای رویارویی با مسائل به رویکردی نیاز است که با شیوه‌های متداول متفاوت باشد.

نظریهٔ «نظم غایی» یا «نظم در بی‌نظمی» به ما ابزار حل مسائل پیچیده را در محیط پرآشوب و آکنده از تغییر و تحول امروز و فردا می‌دهد. نظریهٔ نظم غایی پس از دو نظریه نسبیت و کوانتوم، سومین انقلاب علمی عصر حاضر است. نظریه نسبیت، توهم نیوتونی را درهم ریخت و زمان و فضای مطلق را به سخره گرفت. نظریه کوانتوم، رؤیای سنجشهای دقیق، قابل کنترل و متقن را برهم زد و نظریهٔ نظم غایی پیش‌بینیهای یقینی را که از اندیشه‌های لاپلاس نشأت می‌گرفت به زیر سئوال برد.

سازمان و مدیریت و نظریه‌های آن نیز از تازیانه‌های این نظریه در امان نمانده‌اند و پیکر نظریه‌های اثبات‌گرای مدیریت به سختی با اشکال و ابواب گوناگون این نظریه نو متزلزل گردیده‌اند. از این‌رو، لازم است که اندیشمندان رشته‌های سازمان و مدیریت در مورد این نظریه جدید تأمل و تعمق کنند و آثار آن را بر نظریه‌های خود بسنجند. در این مقاله سعی بر آن بوده که نظریهٔ نظم غایی و ویژگیهای آن به رشتهٔ تحریر درآید و در اختیار علاقه‌مندان و دانش پژوهان قرار گیرد.

مقدمه

بشر در دورانی به سر می برد که «پیچیدگی» جزو جدایی‌ناپذیر آن است. چه در پدیده‌های طبیعی و چه در پدیده‌های ساختهٔ دست بشر پیچیدگی عاملی تعیین‌کننده است. برای رویارویی با جهان امروز باید پیچیدگی را بشناسیم و راههای مواجهه با آن را بدانیم. زمانی بود که با کشفیات کپلر، نیوتن و گالیله نوعی قطعیت و تعیین‌پذیری بر دنیای علم حاکم بود. نظریه‌ها نشان می دادند که دستگاههای فیزیکی تعیین پذیرند، یعنی آیندهٔ آنها را می توان به کمک وضعیت گذشته‌شان پیش‌بینی کرد.

(مندلبرات، ۱۹۹۰) این نظریه‌ها دریچه‌های

جدیدی را در حوزهٔ تفکر (Paradigm) آن زمان گشودند و پیروان بسیاری را گرد خود آوردند. «لاپلاس» گفته است:

موقعیت کنونی جهان معلول آثار گذشته بوده و خود علت وقایع آینده است. هر اندیشه‌مندی اگر بتواند نیروهای مؤثر در پدیده‌های طبیعی را شناسایی و تحلیل کند و اطلاعات لازم در مورد آنها را جمع‌آوری نماید، برای وی همه امور واضح و آشکار خواهند شد و آینده همچون گذشته در برابر دیدگان وی بدون هیچگونه عدم اطمینانی تصویر خواهد شد.

(Kleine, 1953)

این‌گونه عقاید قطعی‌گرانه نه‌تنها برای علما، بلکه برای عامه مردم نیز جذاب و جالب بوده و از آینده‌ای مطمئن و قابل پیش‌بینی خبر می داد. براساس این نظریه‌ها هیچگونه عدم اطمینانی وجود نداشته و همه چیز از الگوی علت و معلولی تبعیت می‌کرد. در قرن بیستم نظریه نسبیّت «انیشتن» که در واقع تعمیمی از مکانیک نیوتنی بود پیش‌بینی پذیری پدیده‌ها را دنبال کرد و در مکانیک کوانتومی مسئله عدم قطعیت مطرح گردید. در مکانیک کوانتومی با پدیده‌هایی روبرو می شویم که هر قدر هم ابزار اندازه‌گیریمان دقیقتر شود، ذاتاً" نخواهیم توانست وضع آیندهٔ آنها را به دقت محاسبه کنیم. در چنین مواردی ناچاریم متوسل به آمار و احتمالات شویم (محی‌الدین غفرانی، ۱۳۷۱). بطور خلاصه اصل عدم قطعیت بیان می‌کند که اندازه‌گیری همزمان دو متغیر به اصطلاح همیوغ، مانند مکان و اندازهٔ حرکت یک ذرهٔ متحرک، الزاماً" با محدودیت در دقت همراه خواهد بود. هرچه اندازه‌گیری مکان دقیقتر باشد، از دقت در اندازه‌گیری میزان حرکت کاسته خواهد شد، و بالعکس. در افراطی‌ترین حالت، دقت مطلق یکی از متغیرها، عدم دقت مطلق دیگری را به دنبال خواهد داشت. این نایقین تقصیر آزمایشگر نیست، بلکه نتیجه ذاتی معادلات کوانتومی و از ویژگیهای هر آزمایش کوانتومی است. «هایزنبرگ» اعلام کرد تا زمانی که مکانیک کوانتومی اعتبار دارد، آدمی هرگز نخواهد توانست بر اصل عدم قطعیت فایق آید. (دیوید کسیدی، ۱۹۹۱).

در دههٔ ۷۰ تنی چند از اندیشه‌مندان نهضتی را علیه تفکرات «نیوتن» و «انیشتین» برپا داشتند و با تعدیل نظریات «هایزنبرگ» به پایه‌گذاری حوزه جدیدی از تفکر که بی‌نظمی، آشوب یا نظم غایی (Chaos) نام دارد، پرداختند. در این حوزهٔ تفکر تحولی در نحوهٔ نگرش به نظام هستی رخ داده است. در این نگرش دیگر دنیا و پدیده‌های آن ساعت‌گونه عمل نمی‌کنند و از نظمی ماشینی برخوردار نیستند. منطق دنیای ما، نظم در بی‌نظمی یا نظم غایی است. و این منطقی است که پیچیدگیهای دنیای ما را تفسیر می‌کند و رویارویی با دنیای فردا را ممکن می سازد.

بی‌نظمی یا آشوب چیست؟

واژهٔ بی‌نظمی یا آشوب قدمتی دیرینه دارد و در ادبیات و متون باستانی هم آمده است.

«در آغاز آشفتگی بود و تلاطم، هیچ چیز نبود به غیر از ماده‌ای بی‌شکل و تهی، فضایی بیکران و لایتناهی.»

(اسطوره یونانی)

«در آغاز چگونه آسمانها و زمین از دامن آشوب و تلاطم برخاستند.»

(بهشت گمشده، میلتون)

«آشفتگی و تلاطمی که نظم آن از درک ما خارج است.»

(بهار سیاه، هنری میلر)

در این متون آشوب و تلاطم به نوعی بد و نامطلوب شمرده شده و در محاورات روزانه ما نیز آشوب و آشفتگی نشانهٔ بی‌نظمی و سازمان نیافتگی است و جنبه‌ای منفی دربر دارد. بی‌نظمی و تلاطم در این مفهوم عام، جنبه‌های مثبت و منفی دارد، ممکن است باعث فرو ریختن یک پل، به مخاطره افتادن جان موجودی زنده، و از کار

افتادن یک کامپیوتر شود. اما بی‌نظمی و آشوب واجد نکات مثبتی نیز هست، بی‌نظمی یک نشانه است، یک اخطاردهنده در مورد احتمال وضعیتی نامطلوب که باید از آن باخبر شد و با آن به مقابله پرداخت.

اما در بحث ما بی‌نظمی و آشوب به مفهوم سازمان نیافتگی، ناکارآیی، و در هم ریختگی نیست. بی‌نظمی وجود جنبه‌های غیرقابل پیش‌بینی و اتفاقی در پدیده‌های پویاست که ویژگیهای خاص خود را دارا می باشد. بی‌نظمی، نوعی نظم غایی و نظم در بی‌نظمی است همانگونه که «هیلز (Hayles, 1990)» توصیف می کند.

«بی‌نظمی و آشوب نوعی بی‌نظمی منظم (Orderly Disorder) یا نظم در بی‌نظمی است. بی‌نظم از آن‌رو که نتایج آن غیرقابل پیش‌بینی است و منظم بدان جهت که از نوعی قطعیت برخوردار است.»

بی‌نظمی در مفهوم علمی یک مفهوم ریاضی محسوب می شود که شاید نتوان خیلی دقیق آن را تعریف کرد، اما می توان آن را نوعی اتفاقی بودن همراه با قطعیت دانست (Deterministic Randomness) قطعیت آن به خاطر آن است که بی‌نظمی دلایلی درونی دارد و به علت نوفه (Noise) یا اختلالات خارجی رخ نمی دهد و اتفاقی بودن به دلیل آنکه رفتار بی‌نظمی، بی‌قاعده و غیرقابل پیش‌بینی دقیق است (R.Pool, 1989).

اصولاً بی‌نظمی و تلاطم یک وضعیت و موقعیت است درحالی که نظریهٔ آشوب یا تئوری نظم غایی مجموعه‌ای از روشها و الگوها برای مورد مداقه قرار دادن مسائل غیرخطی، پراکنده و بی‌نظم - که تصادفی بودن در بطن آنهاست - می باشد. پرایگوگین (Prigogine) برندهٔ جایزه نوبل شیمی در ۱۹۷۷ بر این نکته پای می فشرد که ما می توانیم «نظم را از بی‌نظمی بدست آوریم». جاکوبس (J.Jacobs) معمار و شهرساز نیز شهر منچستر را ناموفق می دانست زیرا نظم یافته و به چند منطقه تقسیم شده بود و کارخانه‌ها و محله‌های مسکونی و بازرگانی هرکدام در بخشی قرار گرفته بودند. این نظم قابلیت انعطاف را از شهر سلب کرده و قدرت تطبیق و رقابت آن راکاهش داده بود. در مقابل شهر بیرمنگام سازمان نایافته، با بسیاری از مؤسسات متفاوت و مختلف که درهم و برهم می نمودند از موفقیت بیشتری برخوردار بود. زیرا همین بی‌نظمی وضعیتی تطبیق‌پذیر و سازگار با شرایط متغیر را ایجاد کرده بود و تا به امروز این شهر توانسته است پیشرفتهای بیشتری نسبت به منچستر داشته باشد. مورخ امریکایی H.Adams آشفتگی را این گونه توصیف می کند:

«از آشفتگی، زندگی زاییده می شود درحالی که از نظم عادت بوجود می آید.» او بر این باور است که آشفتگی سلامت است و قوّت، و نظم رکود و فنا، و این نظریه‌ای است که A.Goldberger نیز عیناً در سلامت قلب بدان معتقد است. وی که متخصص قلب در دانشکدهٔ طب «هاروارد» می باشد، تزی را مطرح ساخته که نظریه‌های قبلی در مورد نظم ضربان قلب را رد می کند. او اعتقاد دارد که یک قلب سالم در ضربانهایش دارای نوسانات آشوبناک (Chaotic) است در حالی که قلب بیمار غالباً ریتم و آهنگ منظمی دارد. براساس این نظریه محققان باید هم به ضربان منظم و هم نامنظم قلب توجه کنند و برای ساختن ضربان سازمان‌های قلب نیز این نکته را مدّ نظر داشته باشند. امروزه توجه به رفتارهای نامنظم در زمینه‌های مختلف پزشکی جلب شده است و در تزریق انسولین، درمان صرع، معالجه بیماری رعشه از نظریه‌های آشوب یا نظم غایی بهره‌برداری می شود (Pool, 1989).

لیزر که این روزها آثار مثبت فراوانی از آن در علوم و تکنولوژی حاصل شده است، زمانی نور درخشنده و نافذ خود را ایجاد می کند که از حالت تعادل خارج می شود و به تعبیری بی‌نظم می گردد.

اما واژه بی‌نظمی یا آشوب (Chaos) و به عبارتی دیگر نظم غایی از سال ۱۹۷۵ وارد متون علمی گردید، یعنی زمانی که Li , York مقاله‌ای تحت عنوان «دورهٔ سوم و

لزوم نظریه آشوب» انتشار دادند و در آن به جریانهایی آشوبناک و نامنظم اشاره کردند. در ۱۹۷۶ ریاضی‌دان و زیست‌شناس شهیر R.May با ارجاع به مقالهٔ فوق‌الذکر معادلات ساده‌ای را مطرح ساخت که نشان دهندهٔ حالات بسیار پیچیده و پویا بودند و با نظریات وی که مورد اقبال گسترده‌ای واقع شد، واژهٔ آشوب یا نظم غایی در حلقه‌های علمی مصطلح گردید.

دیگر واژه بی‌نظمی گویای حالتی نبود که از آن احتراز بشود، بلکه موضوعی بود که بتدریج همهٔ رشته‌های علمی بدان عطف توجه پیدا می‌کردند و می رفت تا پایه‌های حوزهٔ تفکر جدیدی را ایجاد کند. بسیاری از مواردی که قبلاً تصادفی به نظر می آمدند تحت معادلات و دستگاههای آشوبی تبیین علمی پیدا کردند و پیچیدگیهای آنها توجیهات علمی یافتند. فرضاً در زمینه همه‌گیر شدن برخی از بیماریها در سالهای مختلف این طور به نظر می رسید که شدت و ضعف میزان بروز بیماری به علت پارازیتها یا نوفه‌های (Noise) بیرونی مثل تغییرات جوی، مهاجرتهای مردم، تغییر در نرخ تولد و مرگ و میر و امثال آنها می باشد که امکان پیش‌بینی آنها بسیار دشوار است؛ اما متخصصان با شبیه‌سازیهای کامپیوتری و استفاده از معادلات آشوبی نشان دادند که اگر تأثیر نوفه‌های بیرونی را در نظر نگیرند به نمودارهایی می رسند که شباهت بسیار به آمارهای واقعی در همه گیریها دارد. بدین ترتیب محققان نتیجه گرفتند که اگرچه اثر نوفه‌های خارجی را نمی توان نادیده گرفت ولی شاید آنچه به وضعیت سرایت بیماریها ظاهری تصادفی می دهد، اثر نوفه‌ها نیست؛ بلکه به علت آن است که معادلهٔ سرایت بیماریها دستگاهی آشوبی است (محی‌الدین غفرانی، ۱۳۷۱). در مورد تغییرات جمعیتی نیز چنین تجربه‌ای انجام و نتایج مشابهی مبنی بر آشوبی بودن آن حاصل گردید.

خصوصیات سیستمهای پیچیده

آنگونه که اشاره شد، امروز ما با پدیده‌های پیچیده روبرو هستیم و نظریه آشوب یا نظم غایی نیز ابزاری برای مواجهه با این پیچیدگیها و نایقینی‌هاست. حال می خواهیم ویژگیهای سیستمهای پیچیده را مرور کنیم و بیانیه‌هایی را در مورد آن بدست آوریم. شاید بدین طریق بتوانیم توصیفی برای پیچیدگی و سیستمهای پیچیده داشته باشیم.

به طور کلی پیچیدگی می تواند هدف یا عملکرد سیستم، در اندازه و ترکیب آن در ساختار یا نوع دینامیزم سیستم مورد ملاحظه قرار گیرد و به طور مجموع یا جزئی وجود داشته باشد. سیستمی ممکن است از نظر هدف و عملکرد پیچیده باشد و سیستم دیگری از نظر اندازه و ترکیب و یا آنکه سیستم دیگری از کلیهٔ جنبه‌ها پیچیده باشد.

بطور خلاصه:

- پیچیدگی را می توان در سیستمهای طبیعی یا مصنوع دست بشر یافت.
- سیستم‌های پیچیده می توانند سیستمهایی بزرگ یا کوچک باشند.
- شکل ظاهری سیستمهای پیچیده می توانند منظم یا نامنظم باشند.
- هرچه تعداد اجزای یک سیستم زیادتر باشد، احتمال پیچیده بودن آن سیستم افزونتر خواهد بود.
- پیچیدگی هم در سیستمهای خودکفا و هم در سیستمهای مصرف کننده انرژی وجود دارد.
- سیستمهای پیچیده نه کاملاً قطعی و یقینی و نه کاملاً تصادفی و اتفاقی هستند بلکه در طیفی بین دو حد قرار دارند.
- روابط علت و معلولی شخصی در سیستمهای پیچیده وجود ندارد.
- اجزای مختلف سیستمهای پیچیده به صورت هم‌افزا (Synergistic) بایکدیگر در ارتباطند و بر هم اثر

می‌گذارند.

- در سیستمهای پیچیده بازخور مثبت و منفی وجود دارد.
- سطح پیچیدگی سیستم وابسته به ماهیت سیستم، محیط آن، و چگونگی روابط متقابل بین آنهاست.
- سیستمهای پیچیده سیستمهای باز محسوب می شوند.
- سیستمهای پیچیده سیستمهای برگشت ناپذیرند.
- سیستمهای پیچیده و پویا هستند و هدف متغیر و متحرکی را دنبال می‌کنند.
- بسیاری از سیستمهای پیچیده دچار تغییرات ناگهانی می شوند و عملکرد منظمی ندارند.
- در سیستمهای پیچیده پارادوکس یا تناقض (Paradox) وجود دارد، بدین معنی که وقایع سریع و کند، منظم و نامنظم هدفدار و بی‌هدف و... همراه هم، رخ می دهند.

برای سنجش پیچیدگی سیستمها از شیوه‌های هندسی (هندسه برخالی) و الگوریتمی استفاده شده است. در شیوه الگوریتمی به کمک الگوسازی الگوریتمی می توان میزان پیچیدگی سیستمهایی را که بین احتمالی بودن کامل و قطعیت کامل قرار دارند، بررسی و اندازه‌گیری کرد. ریاضیدانان نام‌آور Solomonoff , Kolmogorov و Chaitin با ابداع نظریه SKC که از ابتدای نام آنان حاصل شده الگوریتمی را برای سنجش دامنه و حدود پیچیدگی سیستمها و میزان احتمالی بودن آنها در دسترس محققان قرار داده‌اند (Cambel,1993).

مفهوم آنتروپی نیز در شناخت سیستمهای پیچیده کارساز است. تعاریف مختلفی برای آنتروپی شده است در یک تعریف آنتروپی، «توان رسیدن به تعادل است»، در تعریف دیگری آنتروپی «وسیله‌ای برای سنجش بی‌نظمی و آشوب یک سیستم می باشد» و در توصیفی دیگر آنتروپی، «نشانه‌ای از انتقال اطلاعات است». برای تبیین سیستمهای پیچیده می توان از تعاریف و انواع مختلف آنتروپی در جای خود استفاده کرد.

آنتروپی می تواند وسیله‌ای باشد برای آنکه دریابیم در سیستمهای پیچیده تا چه حد از تعادل دور شده‌ایم. نکته دیگر اینکه سیستمهای پیچیده با عدم اطمینان مواجهند، به عبارت دیگر اطلاعات گمشده‌ای در آنها هست، در اینجا آنتروپی شانون (Shannon) وسیلهٔ قدرتمندی برای اندازه‌گیری اطلاعات است. از سوی دیگر پیچیدگی، حاوی نوعی تصادفی بودن است و آنتروپی آماری بولتزمن (Boltzmann) با قدرت سنجش احتمالات و شرایط آشوبی در این مورد کارساز است (Cambel, 1993).

نظریه آشوب، بی‌نظمی یا نظم غایی

گاهی مفهوم وضعیت آشوبناک و نظریه بی‌نظمی یا آشوب بایکدیگر درهم می آمیزند و درک مسئله را مشکل می سازند. بطورکلی آشوب اشاره به یک حالت یا وضعیتی دارد که در برخی از سیستم‌های پیچیده مشاهده می شود، در حالیکه نظریه آشوب یا بی‌نظمی، مجموعه‌ای از فنون و روشهای ریاضی و هندسی است که به ما امکان می دهد تا مسائل غیرخطی که برای آنها راه‌حلهای مشخصی وجود ندارند، حل کنیم. نظریه آشوب یک قاعده یا قانون قطعی و ثابت نیست بلکه روشی عملی برای مسائلی است که تا چندی قبل کلاً کنار نهاده می شدند و مورد تحلیل و بررسی قرار نمی‌گرفتند.

دستگاههای معادلات، تشکیل دهندهٔ نظریه آشوب یا نظم غایی دارای چند مشخصه هستند که در اینجا به آنها اشاره می‌کنیم:

۱- معادلات آشوبی غیرخطی بوده و تکرار شونده (Iterative) می باشند.

۲- معادلات آشوبی دارای خاصیت خودمانا (Self-Similarity) هستند.

۳- دستگاههای آشوبی دارای جاذبه‌های غریب (Strange Attractors) می باشند.

۴- نتایج نهایی این گونه معادلات شدیداً تحت تاثیر تغییرات جزئی درشرایط اولیه‌آنهاست (Smith,1995).

غیرخطی بودن

سیستمهایی که به کمک نظریه آشوب تحلیل می شوند، دارای روابط غیرخطی بوده و سریهای زمانی آنها بی‌قاعده می باشد. اگر در سیستمی سریهای زمانی وقایع را بدست آوردید و آنها را خطی و بدون نوسان یافتید در اینکه این سیستم آشوبناک و بی‌نظم است تردید کنید. مسئلهٔ مهم در اینجا دورهٔ زمانی است، دوره‌های زمانی بسیار کوتاه، تحلیل سریهای زمانی را گمراه‌کننده می سازند. جدا کردن نوفه یا پارازیت از آنچه به طور طبیعی نامنظم و آشوبناک است، کار دشواری است، ولی باید محقق این کار را انجام دهد. در واقع نوفه، عملکرد منظمی را نامنظم نشان می دهد درحالی که واقعاً" آن سیستم نامنظم نیست. نظریه بی‌نظمی سیستمهایی را تحلیل می کند که بدون وجود نوفه یا اختلال خود به خود و ماهیتاً" بی‌نظم و آشوبناکند. یکی از انواع معادلات غیرخطی مورد استفاده در نظریه آشوب معادله لجستیک ناپیوسته (Discrete Logistic) است که دارای شکل کلی زیر می باشد:

$$X_{n+1} = aX_n (1-X_n)$$

معادلات Verhulst در مورد جمعیت، صید و صیاد Lotka-Volterra در مورد ذخایر آبزیان و نحوهٔ بقای حیوانات از این نوع معادلات به شمار می آیند (Cambel,1993). در این توابع گرایش به دو سو وجود دارد، یکی تغییرات خطی و منظم و دیگری تغییرات غیرخطی و نامنظم. از این‌رو توابع مذکور ممکن است تغییراتشان ناگهان آشفته شود و در این موارد است که پیش‌بینهای سنتی دچار خطا می شوند.

مسئلهٔ اصلی آن است که بدانیم چه توابعی گرایش به بی‌نظمی دارند و چه زمانی این بی‌نظمیها ظاهر می شوند. این توابع از روابطی حکایت می کنند که در روی این کرهٔ خاکی و در کل نظام هستی به صورتهای مختلف فیزیکی، زیستی، اجتماعی و روانی وجود دارد و شناخت آنها یاری‌دهنده در کشف رفتارهای نامنظم است (Smith,1995).

خاصیت خودمانایی

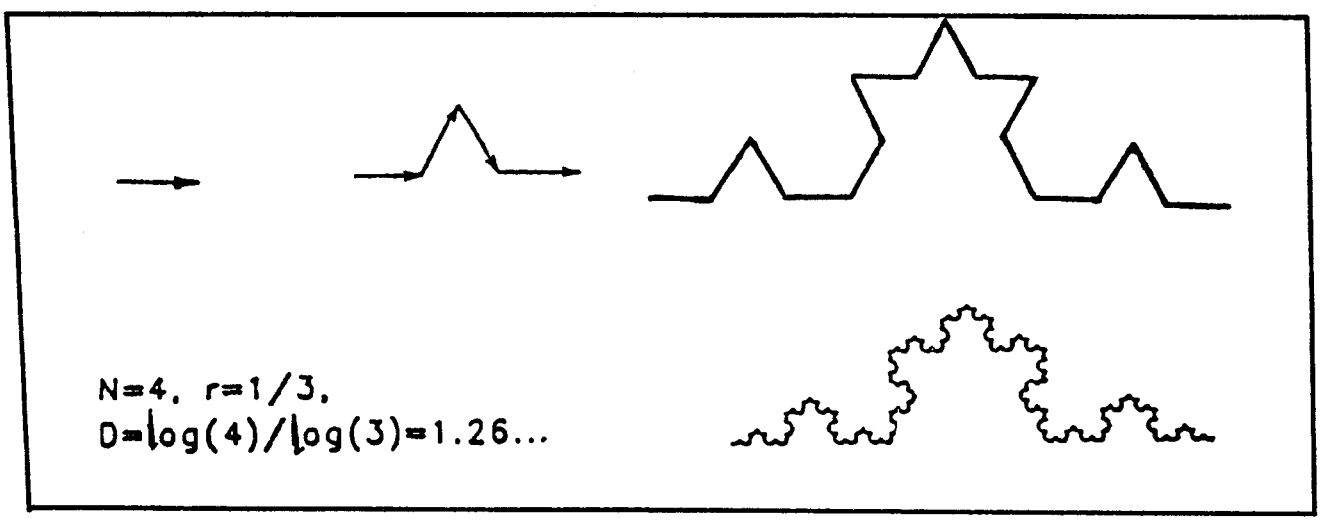
در معادلات آشوبی الگوهای ترسیمی نشانگر نوعی شباهت بین اجزا و کل می باشند، بدین ترتیب که هر جزئی از الگو همانند و مشابه کل می باشد. به این خاصیت خودمانایی گفته می شود. این ویژگی به علت آن است که در دستگاههای نامنظم و آشوبی هندسهٔ جدیدی پا به عرصهٔ وجود می گذارد که آن را هندسهٔ برخالی[1] (Fractal) می نامند. واژهٔ فراکتال در سال ۱۹۷۵ از کلمهٔ لاتین فراکتوس به معنی سنگی که شکل نامنظم و شکسته دارد به وسیلهٔ مندلبرات ریاضیدان و فیزیکدان امریکایی ساخته شد. برخالها شکلهایی هستند که برعکس شکلهای هندسه اقلیدسی به هیچ وجه منظم نیستند. این اشکال سراسر نامنظم‌اند و این بی‌نظمی در همهٔ مقیاسها یکسان است. جسم برخالی به صورت کل و جزء یکسان دیده می شود، به عبارت دیگر اجزای آن نمایانگر کل می باشند. در طبیعت نمونه‌های فراوانی از برخالها دیده می شوند و شاید به همین دلیل است که هندسهٔ برخالی واقعی‌تر از هندسهٔ اقلیدسی است و به نحو درست‌تری واقعیات زندگی را تصویر می کند. برخالها توصیف کننده‌های وضعیت کلی پدیده‌های نامنظم و تصادفی هستند و می توانند دستگاههای آشوبناک و غیرخطی را توصیف کنند. در هندسهٔ برخالی ابعاد مانند هندسهٔ اقلیدسی اعداد صحیح نیستند و کسری می باشند و برای ما که با هندسهٔ ابعاد صحیح خو گرفته‌ایم، درک هندسه برخالی کمی دشوار به نظر می رسد.

هندسهٔ برخالی در توصیف شکلهای طبیعی پیچیده کارآیی زیادی دارد و تعجبی ندارد که همین برخالها در توصیف چگونگی رفتارهای دستگاهای دینامیک پیچیده نیز کارآمد باشند. شاید بدانید که معادلات بیان‌کنندهٔ

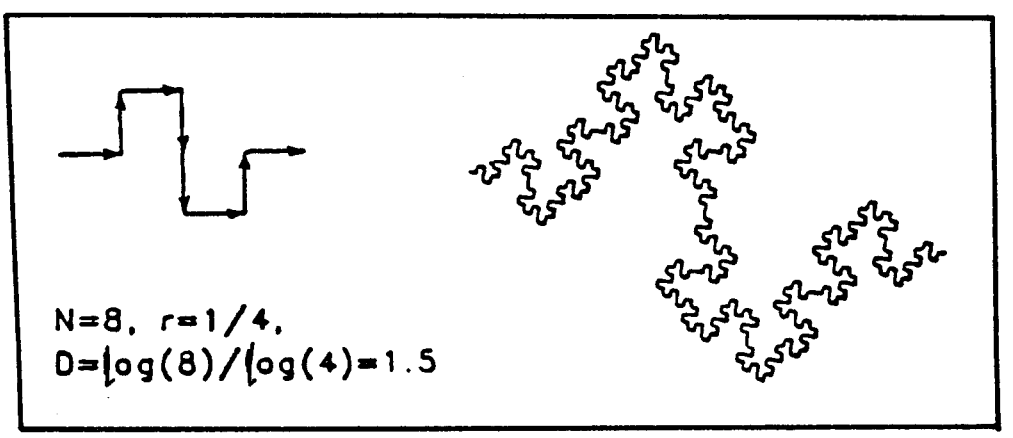
---

۱. در متون معدودی که در این زمینه به فارسی برگردانده شده واژهٔ برخالی که از کلمه برخه به معنی کسر گرفته شده بجای فراکتال بکار رفته است.

اغتشاش در مایعات و هوا و یا نحوهٔ تغییرات جوامع حشرات، غیرخطی هستند و رفتاری آشوبی دارند. با تکرار کردن این معادلات، یعنی بررسی جوابها ضمن تغییرات آنها در طول زمان، مشخص می شود که بسیاری از خاصیتهای ریاضی، وقتی با ترسیم کامپیوتری به نمایش درآیند، به صورت خودمانا پدیدار می شوند (مندلبرات، ترجمه باقری، ۱۳۷۰). شکل شماره ۱ منحنی «فون کوخ» Von Kock را نشان می دهد که در آن D=l0g 4/l0g3=1.261 می باشد. بدین معنی که این بعد بیش از بعد خط و کمتر از بعد سطح می باشد. در شکل مذکور خاصیت خودمانایی بوضوح مشاهده می شود. در شکل شماره ۲ نیز منحنی برخالی دیگری با بعد ۱/۵ را مشاهده می کنید که دارای خاصیت خودمانای روشن و دقیق می باشد.



شکل شماره ۱- منحنی فون کوخ



شکل شماره ۲- منحنی برخالی نشانگر خاصیت خودمانایی

جاذبه‌های غریب

پاندول ساعتی مکانیکی را در نظر آورید که کوک آن تمام شده است، این پاندول پس از چند حرکت به حالت عمودی می ایستد. این نقطه تعادل ثابت را جاذبهٔ نقطه ثابت می نامند (Fixed-point attractor). واژهٔ جاذبه از مشاهداتی برگرفته شده که در آنها یک سیستم در فضا درصورت نزدیکی به یک عامل جاذبه پس از مدتی تحت تاثیر آن واقع می شود و حالت آن را بخود می گیرد. در مثال قبل پاندول ساعت تحت تأثیر قوهٔ جاذبه زمین به حالت عمودی متوقف شد. نحوهٔ جذب سیستمهای دینامیک به وسیلهٔ جاذبه‌ها همانند پروانه‌هایی است که جذب نور می شوند. پروانه‌ها از این سو به آن سو می پرند، مسیرهای گوناگون و درهم و برهمی را طی می کنند؛ اما آخرالامر تمام این حرکات نامنظم در یک نقطه به پایان می رسد و پروانه‌ها جذب عامل نور می شوند. به همین ترتیب سیستمهای دینامیک نیز از هر جهتی به حرکت درمی آیند تا به منطقه جاذبه می رسند.

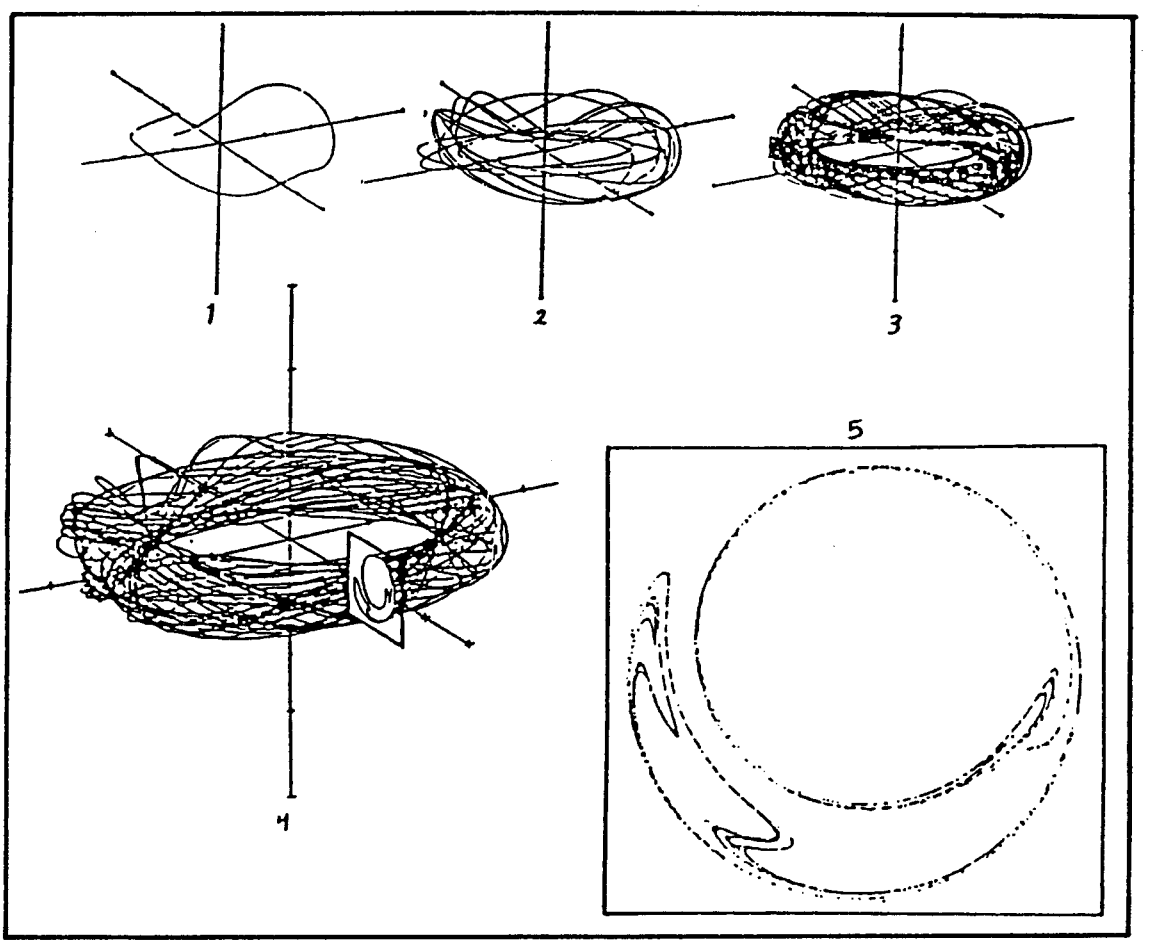
جاذبه‌ها انواع مختلف‌دارند مانند جاذبهٔ نقطه ثابت که به آن اشاره گردید، جاذبهٔ دور محدود (Limit cycles attractor)، جاذبهٔ گوی مانند (Torus attractor) و جاذبهٔ غریب یا بی‌نظم (Strange or chaotic attractor).

در جاذبهٔ نقطهٔ ثابت سیستم پس از مدتی به حالت سکون و ایستایی می رسید و متوقف می شد، اما موقعیت‌های دینامیکی وجود دارند که سیستم به توقف نمی رسد بلکه در یک محدودهٔ خاص به حرکت خود ادامه می دهد. این جاذبه را جاذبهٔ دور محدود می نامند. در این نوع جاذبه‌ها الگوی حرکت در یک دور محدود رخ می دهد و ثبات و سکونی بوجود نمی آید.

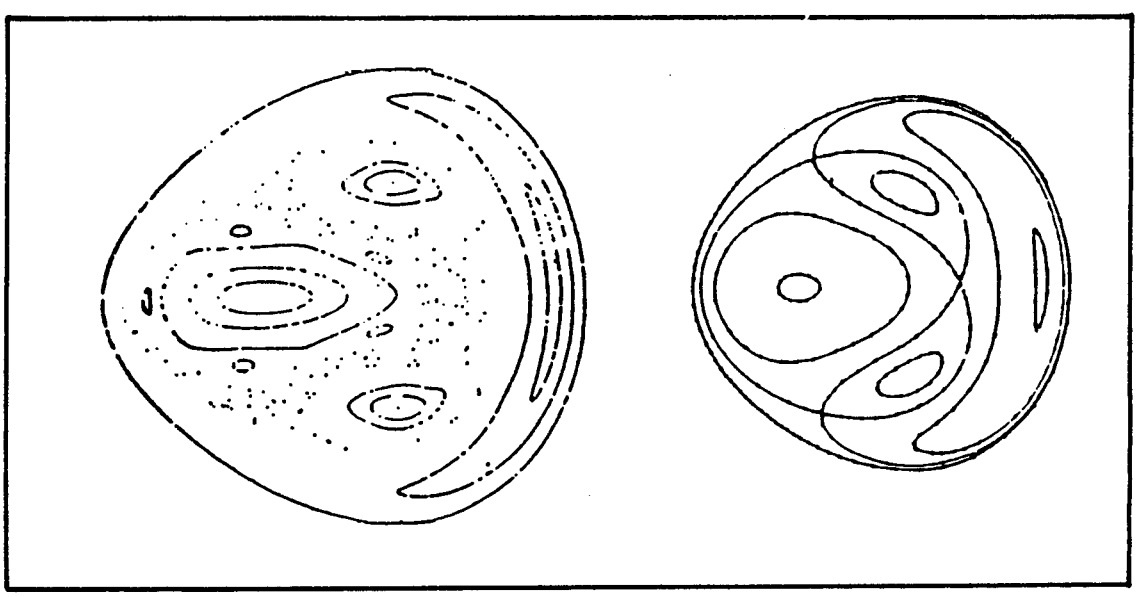
جاذبه‌های گوی مانند از ترکیب چندجاذبه دور محدود بوجود می آیند و الگوی آنها مانند گوی یا کره است. حرکات در این نوع جاذبه‌ها مانند کلاف کاموایی است که بافنده‌ای آن را به صورت یک گوی به هم می پیچد.

جاذبه‌های غریب برخلاف جاذبه‌های قبلی که نوعی نظم و قابلیت پیش‌بینی داشتند، بی‌نظم هستند و برخی آنها را جاذبه‌های بی‌نظم نیز نامیده‌اند. البته باید دانست که صفت غریب (Strange) اشاره به الگوی هندسی جاذبه‌ها دارد، در حالی که بی‌نظمی دینامیک جاذبه‌ها را مد نظر دارد و این دو باهم متفاوتند. ضمناً" جاذبه‌های بی‌نظم جاذبه‌های غریب هستند؛ اما همه جاذبه‌های غریب لزوماً" بی‌نظم نمی باشند. از این‌رو اصطلاح جاذبه‌های غریب صحیح‌تر است و باید از همان استفاده کرد. جاذبه‌های غریب بدون الگو نیستند و از الگویی پیروی می کنند و خاصیت و ارزش آنها هم در این الگو داشتن است. این جاذبه‌ها دارای ویژگیهای هندسی پیچیده‌ای هستند و دارای ابعاد غیرصحیح و برخالی می باشند، مسیر آنها بهم پیچیده، چند جهته و گسترده است. در جاذبه‌های غریب هیچ مسیری تکرار نمی شود و هر مسیر برای خود مسیری جدید است.

شکل شماره ۳ ساختار یک جاذبه غریب را نشان می دهد. جاذبهٔ مذکور از حرکات نامنظم و آشفتهٔ یک میل‌لنگ یا پاندولی که به آن ضرباتی وارد می شود ایجاد گردیده، در مرحله ۱ یک دور حرکت در مرحله دو ده دور و در مرحله ۴ هزار دور ترسیم گردیده که به صورت یک کلاف سر درگم و درهم پیچیده می باشد. برای یافتن جاذبه غریب این رفتار برشی عمودی از این کلاف به وسیلهٔ کامپیوتر گرفته شده که در مرحلهٔ ۵ آن را مشاهده می کنید. هر بار که خط سیری از صفحه گذشته یک نقطه در روی صفحه ثبت شده و پس از چندین هزار بار که این کار انجام گرفته جاذبه غریبی بدست آمده است که دارای الگویی تقریبا" منظم است. مایکل هنون (M.Henon) برای حرکت ستارگان نیز به الگوهای غریبی دست یافت که در شکل ۴ ملاحظه می کنید.



شکل شماره ۳- ساختار یک جاذبه غریب



شکل شماره ۴- ساختار جاذبه غریب در حرکت ستارگان

اثر پروانه‌ای (Butterfly Effect)

ویژگی مهم دیگری که در معادلات آشوبی وجود دارد و نظر بسیاری از علما را در رشته‌های مختلف علمی به خود معطوف داشته اثر پروانه‌ای این گونه معادلات است. «لورنز» (E.N.Lorenz) عالم جوّشناس در تحقیقات خود با شگفتی به این نتیجه رسید که یک تغییر جزیی در شرایط اولیه معادلات پیش‌بینی کننده وضع جوی منجر به تغییرات بسیار شدید در نتایج آنها می‌گردد. در حالی که به طور متعارف یک تغییر جزئی می بایست منجر به تغییری جزئی در نتایج می‌گشت. «لورنز» این اثر را اثر پروانه‌ای نام نهاد، بدین مفهوم که اگر پروانه‌ای در پکن پر بزند از اثر جزئی حرکت بالهای او ممکن است طوفانی در نیویورک برپا شود. حساسیت نسبت به تغییرات اندک اولیه یکی از ویژگیهای مهم سیستمهای آشوبی است و از آن به عنوان یک شاخص برای شناخت این سیستمها می توان بهره برد (Lorenz, 1993).

در تحقیق دیگری برای نشان دادن اثر اندک اولیه و نتایج وسیع بعدی دو شبیه‌سازی با الگویی واحد انجام گرفت. در هر دو مورد سعی شد موقعیت سیارات مختلف منظومهٔ شمسی در ۸۵۰ میلیون سال آینده تعیین شود. منتهی در شبیه‌سازی دوم یک تغییر جزئی در شرایط اولیهٔ آغاز حرکت پدید آمد که انتظار می رفت موجب تغییر جزئی در سال‌های بعد شود؛ اما این تفاوت برای سیارهٔ پلوتون رخ نداد. تفاوت موقعیت سیاره مذکور در شبیه‌سازی دوم چهار بیلیون مایل از موقعیت معین شده در شبیه‌سازی اول فاصله داشت. این تحقیق نیز ثابت کرد که معادلات آشوبی شدیداً نسبت به تغییرات جزئی اولیه حساس می باشند و این خود شاخصی برای شناخت آنهاست.

درگذشته سیستمهایی که اثر پروانه‌ای از خود نشان می‌دادند به عنوان سیستمهای بررسی ناپذیر از حیطهٔ مطالعات علمی کنار نهاده می شدند و به این جهت روش تحلیلی خاصی برای مطالعهٔ آنها به وجود نیامده بود، اما امروزه این سیستمها محل توجه دانشمندان است و کوشش می شود تا مسائلی که قبلاً تصادفی، ناموزون و بی‌نظم تلقی می شدند با تئوری آشوب مطالعه و راه‌حل‌یابی شوند. در سال ۱۹۹۱ دولت کانادا اعلام کرد که برآوردهای وزارت شیلات آن کشور در مورد ذخایر ماهیان به طور قابل ملاحظه‌ای اشتباه بوده است. به احتمال قوی علت این خطا اثر پروانه‌ای بوده است، زیرا براساس نظریه آشوبی ثابت شده که افزایش جمعیت جانوران از دستگاهی آشوبی پیروی می‌کند و در این دستگاهها اگر تغییر یا اشتباهی جزئی در داده‌های اولیه رخ دهد، نتایج پیش‌بینیها به طور وسیعی دچار خطا خواهند شد (Smith, 1995).

نظریه آشوب یا نظم غایی شیوه‌ای برای رویارویی با سیستمهای پیچیدهٔ سازمانی

همانگونه که گفته شد، امروزه در نحوهٔ نگرش ما به مسائل اطرافمان تحولی در حال تکوین است. پیچیدگی، عدم قطعیت و نایقینی، بی‌نظمی و تلاطم از ویژگیهای پدیده‌هایی هستند که تا دیروز مورد علاقهٔ دانشمندان نبودند؛ اما امروزه محل توجه و عنایت بسیار قرار گرفته‌اند. نظریه آشوب یا بی‌نظمی یا به عبارتی نظریه نظم غایی ما را در بررسی و مطالعه سیستمهای پیچیده یاری می دهد و با در نظر داشتن اصول قطعیت و احتمال باهم راه‌حل واقعبینانه‌ای برای مسائل امروز فراهم می آورد.

نظریه آشوب یا نظم غایی با داشتن ویژگیهایی چون غیرخطی بودن، خودمانایی، الگوهای جاذبهٔ غریب داشتن و حساسیت نسبت تغییرات جزئی اولیه، تنها ابزار حل مسائل پیچیده بوده و در رشته‌های مختلف علمی گره‌گشای بسیاری از مشکلات می باشند.

رشتهٔ مدیریت نیز از نظریه آشوب یا بی‌نظمی می تواند بهرهٔ بسیار ببرد؛ زیرا بسیاری از رفتارهای انسانی

در سازمان از ویژگی پیچیدگی و غیرقابل پیش‌بینی بودن برخوردارند و به کمک نظریه‌های قطعیت‌گرا و یقینی نمی توان آنها را تبیین نمود، در حالی که اگر بتوان دستگاههای آشوبی برای این رفتارها تنظیم کرد بسیاری از مسائل سازمانی که ناشی از عدم امکان پیش‌بینی رفتارها در سازمان است از میان خواهد رفت. در فرایند عملکرد سازمانی نیز تئوری آشوب کمک‌کننده است، زیرا بسیار مشاهده کرده‌ایم که یک عمل جزئی و پیش‌افتاده موجب عصیانها و آشوبهای بزرگی در سازمانها گردیده است که این نشانه‌ای از آشوبناک بودن فعالیتها و عملکردها در سازمانهاست (شاخص حساسیت نسبت به تغییرات جزئی اولیه) و لزوم استفاده از نظریه‌های بی‌نظمی را در بررسیهای سازمانی بخوبی آشکار می کند.

از جهت ساختاردهی نظام سازمانی نیز روش قطعیت‌گرای سنتی باعث شده تا با ساختارهایی مکانیکی و غیرقابل انعطاف روبرو باشیم که نمی توانند خود را با دنیای واقعیات -که دنیایی مشحون از بی‌نظمی و تلاطم است - تطبیق دهند. این ناسازگاری موجب کاهش کارآیی و صرف هزینه‌های زیاد برای ایجاد هماهنگی تصنعی بین سازمان و محیط گردیده است. در حالی که به کمک نظریه آشوب یا نظم غایی بسادگی می توان ساختاری را سازماندهی کرد که ضمن ظاهری بی‌نظم و تصادفی از الگوی جاذبه‌های غریب تبعیت کند و به طور طبیعی با محیط خود هماهنگی و سازگاری داشته باشد. کوهها و دره‌ها و درختان از هندسه اقلیدسی تبعیت نمی کنند، بلکه این هندسه برخالی است که توصیفگر واقعیات طبیعی است، به همین ترتیب روابط انسانها نیز نمی توانند از نظریه‌های مکانیکی قطعیت‌گرا پیروی کنند؛ بلکه باید برای سامان دادن به آنها از نظریه آشوب و بی‌نظمی استفاده کرد. ساختارهای سازمانی جدید باید خودمانا باشند و به طور طبیعی بتوانند در غیاب یک جزء از اجزای دیگر برای نیل به اهداف استفاده کنند و این امر عملی نخواهد بود مگر آنکه نظریه آشوب و نظم غایی تبیین‌کننده ساختارهای سازمانی گردند.

نکته آخر آنکه علوم مدیریت و سازمان همواره در معرض یک ایراد و انتقاد ناعادلانه بوده‌اند و آن مسئله نادقیق بودن و غیرقابل پیش‌بینی بودن قطعی نظریه‌های سازمان و مدیریت بوده است. در حالی که اکنون متوجه شده‌ایم قطعیت گرایی سایر علوم نیز رویایی بیش نبوده است و آنچه تا به حال قطعی انگاشته می شده بیشتر در ذهن ما بوده تا در ماهیت آنچه مورد مطالعه ما بوده است. امروزه دریافته‌ایم که فیزیک به همان اندازه غیرقطعی و احتمالی است که روابط انسانی و رفتار آدمیان در سازمان. از این‌رو نظریه آشوب و نظم غایی می تواند در عرصهٔ دانش سازمان و مدیریت نیز بیانگر روابط و حرکات و عملکردها باشد و ضمن توصیف آنها قدرت پیش‌بینیهای صحیح‌تری را نیز برای پژوهشگران این رشته فراهم آورد.

زمینه‌های زیادی در مدیریت و سازمان می توانند از نظریه آشوب و بی‌نظمی بهره‌مند گردند، مثلاً" در تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیرندگان غالباً" با محیطی روبرو هستند که خواص پیچیدگی را دارا بوده و با نظریه‌های تصمیم‌گیری سنتی قابل تفسیر و تحلیل نمی باشند. در چنین وضعیتی به کمک دستگاههای آشوبی می توان عوامل محیطی را تحلیل کرد و به طور واقعبینانه‌ای به راه‌حلی درست دست یافت.

نظریه تغییرات جزئی در تصمیم‌گیری[1] (Incrementalism) باتوجه به نظریه آشوب بی‌فایده و گمراه‌کننده است زیرا برخلاف توصیه‌های آن ممکن است یک تغییر جزئی و اندک موجب نتایج عظیم و گسترده شود و سازمان را مواجه با مشکلات عمده بسازد.

کلام آخر آنکه نظریه آشوب و بی‌نظمی یا نظریهٔ نظم غایی، که به زعم گروهی از علمای معرفت شناسی

---

۱. برای مطالعه بیشتر در این زمینه به کتاب زیر مراجعه شود:
سیّدمهدی الوانی. **تصمیم‌گیری و تعیین خط مشی دولتی**، (تهران، سازمان سمت، ۱۳۷۳).

پایه‌های حوزهٔ تفکر جدیدی را بنیان می نهد، در جامعه علمی ما آن‌گونه که باید و شاید شناخته نشده و رشتهٔ مدیریت ارتباط خود با آن را دریافت ننموده است. از این‌رو در این مقاله کوشش شد تا شناختی اجمالی با موضوع برای خوانندگان فراهم آید و ارتباط این نظریه با موضوعات مدیریت به طور مثال بیان گردد، شاید این مدخلی برای پژوهشهای گسترده‌تر در این زمینه باشد.

منابع و مآخذ:

۱. بنوا مندلبرات، «هندسه برخالها، توصیفگر طبیعت» ترجمه محمدباقری، **دانشمند**، آذر ۱۳۷۰.

2. Kleine, M. **Mathematics in Western Culture,** N.Y.: Oxford Univ. Press, 1953.

۳. محی‌الدین غفرانی، «سیری در دنیای آشوب و برخالها»، **دانشمند**، تیر ۱۳۷۱.

۴. دیوید کسیدی «هایزنبرگ، عدم قطعیت و انقلاب کوانتومی» ترجمهٔ محی‌الدین غفرانی، **دانشمند**، فروردین ۱۳۷۲.

5. Hayles, N.K., **Chaos Bound,** N.Y.: Cornell Univ. Press, 1990.

6. Pool, R. **"Is it Healthy to Be Chaotic?" Science,** Vol. 243, Feb. 1989.

7. May, R. **"Simple Mathematical Models with very complicated Dynamics", Nature,** No. 261, 1976.

8. Cambel, A.B. **Applied Chaos Theory,** N.Y.: Academic Press, 1993.

9. Smith, R.D. **"The Inapplicability Principle", Behavioral Science,** Vol. 40, 1995.

10. Lorenz, E.N. **The Essence of Chaos,** Seattle, University of Washington Press, 1993.