

نظریه آشوب و الزامات «تیین» در فرایند تحلیل امنیت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۵

نوراله نورانی*

میرقاسم بنی‌هاشمی**

چکیده

در این مقاله تلاش می‌شود بر اساس مختصات نظری نظریه آشوب، اصول و الزامات مرحله تبیین در فرایند تحلیل امنیت به دست آید. این هدف از طریق پاسخ گویی به این پرسش‌ها محقق می‌شود: بنیادهای معرفتی و اصول مفهومی و نظری نظریه آشوب چیست؟ و فرایند تبیین در چارچوب نظریه آشوب چه الزامات معرفت‌شناختی و روش‌شناختی دارد؟ براساس اصول نظری و معرفتی نظریه آشوب، مرحله تبیین باید مبتنی بر اصول «شناخت سیستمی»، «اهمیت روابط درونی عناصر در مقیاس زمانی- مکانی مناسب»، «نامتوازن بودن میزان اثر اجزاء»، «حساسیت در خصوص شرایط اولیه» و «ساحت پیش‌بینی کوتاه‌مدت» شکل گرفته و علت وقوع پدیده را شناسایی و تشریح کند.

واژگان کلیدی: نظریه آشوب، تبیین، سیستم‌های خطی و غیرخطی، تحلیل امنیت

nourani313@gmail.com

* دانشجوی دکتری تخصصی بررسی مسائل اجتماعی ایران دانشگاه پیام‌نور (نویسنده مسئول)

** استادیار و عضو هیئت علمی پژوهشکده مطالعات راهبردی

فصلنامه مطالعات راهبردی ● سال بیست و دوم ● شماره اول ● بهار ۱۳۹۸ ● شماره مسلسل ۸۳

مقدمه

«نظریه آشوب»^۱ به عنوان یکی از نحله های فکری تأثیرگذار جهت تبیین و چارچوبی برای تحلیل، در دهه های اخیر در رشته های علمی مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. این نظریه با اتکای بر علاقه عمیق انسان جهت فهم و شناخت و باور به وجود نظم در جهان خارج، تلاش می کند مختصات شناختی خود را عرضه کند. واژه «Chaos» به معنی آشوب، ریشه در زبان یونانی دارد و ناظر بر باوری در یونان باستان است که مدعی بود در پس ظاهر بی نظم امور جهان و آشفتگی درونی آن، نظم و ارتباطات منسجمی وجود دارد (مشیری، ۱۳۸۱: ۱۲).

هنری پوانکاره^۲ در سال ۱۹۰۰ در مقابل ایده لاپلاس^۳ مبنی بر امکان پیش بینی دقیق آینده هر پدیده، اعلام داشت خطاهای کوچک امروز به خطاهای بزرگ در پیش بینی فردا منجر می شود و از آنجایی که شناخت دقیق وضعیت امروز توأم با خطاست، پیش بینی نیز امری غیرممکن است (صفری، ۱۳۹۰ و سلامی، ۱۳۸۱: ۳۶). پس از طرح ایده آشوب از سوی پوانکاره، از سال ۱۹۶۳ تمایل نظری به این نظریه افزایش یافت. این استقبال و کاربرد تجربی تا بدان جا ادامه یافت که برخی از دانشمندان، نظریه آشوب را در موازات دو انقلاب مهم در نظریات فیزیک، یعنی نظریه نسبیت^۴ و فیزیک کوانتومی^۵ در نظر گرفتند. در حالی که نظریه نیوتن زمان و فضای مطلق را محور نقد جدی قرار داد و نظریه کوانتومی دستیابی به سنجش های دقیق و درخور کنترل را زیرسؤال برد، نظریه آشوب پیش بینی های یقینی را با تخصیص های مهمی مواجه ساخت (Devaney, 2003: 20- 25). با پیشرفت در ابزارهای محاسباتی، سیر مطالعه سیستم ها و جریانات بسیار پیچیده و به ظاهر تصادفی و پیش بینی ناپذیر، رشد درخور ملاحظه ای یافت. علوم هم چون هواشناسی، جغرافیا، فلسفه، علوم مهندسی، پزشکی، اقتصاد، مدیریت، برنامه ریزی آموزشی، علوم اجتماعی (Levy, 1994 & Kiel, 1997 & Fichter, Pyle Whitemeyer, 2010) از جمله رشته های تخصصی بودند که باتوجه به مبانی تئوریک و دستاوردهای تجربی این نحله

-
1. Chaos Theory
 2. Jules Henri Poincare 1854-1912
 3. Pierre Simon Laplace 1749-1827
 4. Theory of Relativity
 5. Theory of Quantum

فکری جدید، تلاش کردند، چارچوب آن را در مطالعات خود به کار گیرند. توانایی و امکان شناخت نظم در سیستمی که در نگاه اول غیرمنظم و آشفته به نظر می‌رسد، دال مرکزی نظریه آشوب است. مدعایی که مدت‌ها، رشته‌های علمی مختلف، این‌گونه رفتارها را آشوبناک و دور از فهم ارزیابی کرده است و تلاش جهت فهم و شناخت آنها را بدون نتیجه می‌دانستند. نظریه آشوب با تمرکز بر سیستم‌های آشوبناک نحوه شناخت، تبیین و پیش‌بینی را دچار تحولی جدی کرده و مختصات متفاوتی برای این مراحل پیشنهاد داده است.

تحلیل امنیت به‌عنوان یکی از حوزه تحلیلی و تخصصی، از مراحل تشکیل شده که تبیین در آن، از جایگاه برجسته‌ای برخوردار است. در کنار استفاده از رویکرد اثباتی و تک‌خطی جهت شناسایی علت وقوع پدیده‌های امنیتی، می‌توان از نظریه آشوب نیز جهت تبیین این پدیده‌ها استفاده کرد. چراکه از یک سو، در جهان امروز با تغییراتی مواجه هستیم که در نتیجه آن برخی وقایع، صورتی از خود به نمایش می‌گذارند که دیگر رویکرد اثباتی، توان تبیین آنها را ندارد و از سوی دیگر، هرگونه علت‌یابی غلط یا ناقص منجر به پیش‌بینی و هشداردهی اشتباه و نابجایی می‌شود که در نهایت غافلگیری نظام سیاسی مستقر را به دنبال دارد. در رویکرد اثباتی، پدیده مورد مطالعه در بستر یک نگاه سیستمی که دارای ارتباطات مشخص با محیط بیرونی است، دیده نمی‌شود. در این رویکرد، علاوه بر دیدن پدیده در برشی ناقص از زمان، برای تمامی عناصر تشکیل‌دهنده نیز وزن و اثری متوازن لحاظ می‌شود. با اتکای بر این مقدمات، نگاه اثباتی مدعی شناخت تغییرات و وضعیت آینده پدیده مورد مطالعه در افقی بلند نیز بوده و پیش‌بینی درازمدت را نوید می‌دهد. وقوع برخی رویدادهای اجتماعی و سیاسی در سال‌های اخیر از جمله وقوع انقلاب در کشورهای عربی همچون کشور تونس که جرقه آن از خودسوزی یک فرد زده شد، ذهن‌های تحلیلگران را به خود مشغول کرده است. نظریه آشوب با نقد بنیادهای معرفت‌شناختی رویکرد اثباتی، بر اصول دیگری تأکید می‌کند که بر پایه آنها علاوه بر تأکید بر نگاه سیستمی، بر نامتوازن بودن اثر عناصر تشکیل‌دهنده و حساسیت سیستم به شرایط اولیه اشاره می‌کند. در چارچوب نظریه آشوب، خودسوزی یک فرد ممکن است اثری عظیم به دنبال داشته باشد که نه تنها با وزن همان عنصر برابر نیست؛ بلکه نسبت به سایر عناصر تشکیل‌دهنده نیز نامتوازن است. از این رو، تحلیلگران مسائل امنیتی نیازمند آن هستند،

باتوجه به پیشرفت های علمی، خود را به آخرین یافته های پژوهشی و نظری مجهز کنند تا بتوانند با اتکای بر شناخت و تبیین صحیح، پیش بینی واقع بینانه ای ارائه و هشدارهای مقتضی و درستی را در زمان مناسب منتقل کنند. نظریه آشوب از جمله نظریه های جدید در حوزه تبیین است که رویکرد بدیعی را جهت علت یابی حوادث عرضه می کند.

تحلیل وضعیت، مسائل و پدیده های امنیتی، فرایندی چند مرحله است شامل: توصیف؛ تجزیه؛ طبقه بندی؛ تبیین و تفهیم. تبیین، گام مهمی است که می توان آن را قلب تحلیل امنیت دانست. پس از بیان جزئیات پدیده یا رویداد مشاهده شده (توصیف)، شکستن آن به عناصر متشکله (تجزیه) و دسته بندی مجدد اجزاء در قالب خوشه های جدید (طبقه بندی)، لازم است علت بیرونی و عینی حوادث شناخته شوند. بدون علت یابی دقیق و صحیح، فرایند تحلیل امنیت ناقص بوده و کارکرد اجتماعی- سیاسی ندارد. بر همین اساس، در مقاله پیش رو تلاش می شود، با اتکای بر رویکرد تبیینی نظریه آشوب، فرایند تحلیل امنیت با تأکید بر مرحله «تبیین» مورد کنکاش قرار گرفته و مختصات مفهومی و نظری این گام مهم از منظر این نظریه تشریح گردد. بر این مبنا اهداف مهم این مقاله را در نکات ذیل می توان بیان نمود: ۱. تشریح تفصیلی اصول و بنیادهای معرفت شناختی نظریه آشوب و تعیین مختصات مفهومی و تئوریک این نظریه؛ و ۲. ارائه مدل مفهومی تحلیل امنیت و ۳. تشریح آورده نظری و ضرورت به کارگیری نظریه آشوب در این فرایند با تأکید بر مرحله تبیین.

برای وصول به اهداف مورد اشاره سعی می شود به چند پرسش ذیل پاسخ داده شود: نخست اینکه «نظریه آشوب» بر پایه چه «بنیادهای معرفت شناختی» شکل گرفته و «مختصات مفهومی و تئوریک» این نظریه کدامین هستند؟ دوم، «فرایند تحلیل امنیت» شامل چه مراحل است؟ و «تبیین» در این فرایند چه جایگاه و تعریفی دارد؟ و سوم، الزامات تئوریک نظریه آشوب جهت تبیین چه می باشند و در صورت به کارگیری این الزامات، مرحله تبیین دچار چه تغییراتی می شود؟

الف. بنیادهای معرفت شناختی نظریه آشوب

بسیاری از دانشمندان بر این باورند، دانش قرن بیستم تنها با سه نظریه شناخته خواهد شد: نسبییت؛ مکانیک کوانتوم و نظریه آشوب (نیکوکار، ۱۳۸۴: ۱۴ و Ritchie, 2003: 22).

به نحوی که نظریه آشوب پس از دو نظریه نسبیت و کوانتوم سومین انقلاب علمی عصر حاضر معرفی می شود. ادعای اصلی طرفداران نظریه بی نظمی (آشوب) این است که در پس «رفتار به ظاهر تصادفی» پدیده های مختلف از سیستم های هواشناسی گرفته تا سازمان ها و بازارهای بورس نوعی نظم وجود دارد (نیکوکار و قربانی زاده، ۱۳۸۴: ۱۴). طرفداران این نظریه قائل به نوعی الگوی نظم غایی در صورت نهان رفتارهای به ظاهر نامنظم، غیرخطی، پیچیده و پیش بینی ناپذیر هستند (اکوانی و موسوی نژاد، ۱۳۹۳: ۱۵۰) که در صورت ظاهری آنها دیده نمی شود. نظریه آشوب، دانش بررسی رفتار سیستم هایی است که اگرچه ورودی آنها درخور اندازه گیری است؛ اما خروجی این سیستم ها «در ظاهر» تصادفی به نظر می رسد (moon, 1990: 57).

۱. تمایزات پارادایمی اثبات گرایی و نظریه آشوب

تا پیش از آغاز قرن بیستم، تصور عمومی در فضای علمی آن بود که سیستم هایی که از خود رفتاری آشفته و بی نظم نشان می دهند، کلیتی آشوبناک دارند و قابل درک و شناخت نیستند. بر همین اساس، زمانی که دانشمندان در مطالعات خود با پدیده هایی مواجه می شدند که دارای «نظم مورد انتظار» نبود، آن پدیده ها را به مثابه موارد و مصادیق دارای رفتارهای آشفته و بی نظم که امکان شناخت آنها وجود ندارد، به تاریخ خانه فهم بشری روانه می کردند.

این نوع نگاه به پدیده ها و سیستم ها، ریشه در بنیان فلسفی تفکر نیوتنی داشت که پایه دانش آن دوره را شکل داده بود. این اصول و پایه ها شامل: مفاهیم «نظم»^۱، «تقلیل»^۲، «پیش بینی»^۳ و «جبر»^۴ بودند. مبتنی بر عنصر اول، همه چیز، از پیش تعیین شده اند و نتایج آنها با اتکای بر قوانین حرکت، قطعی و معین است؛ روابط بین علت و معلول در این جهان واضح و ساده و همه چیز کنترل پذیر است. «تقلیل» ناظر بر این معنا است که عملکرد سیستم را می توان با شناخت مجموعه ای از عملکرد قطعات آن سیستم توضیح داد. عنصر «پیش بینی» در این پارادایم، ناظر بر این مفهوم است که می توان با مشاهده رخدادها در سطح جهانی، به

-
1. Order
 2. Reduction
 3. Prediction
 4. Detemination

پیش بینی آینده دست یافت و مفهوم «جبر» نیز بر این باور تأکید داشت که یک روند در امتداد مسیرهای منظم و پیش‌بینی‌پذیر حرکت می‌کند و به شکلی منطقی و روشن پایان می‌پذیرد (اکوانی و موسوی نژاد، ۱۳۹۲: ۱۸۹). تمامی این عناصر، اصول معرفت‌شناختی سنت فکری «پوزیتویسیسم»^۱ را شکل می‌دهند که بر نظم قطعی میان عناصر تشکیل‌دهنده پدیده تأکید داشته و هدف نهایی شناخت علمی را دستیابی به این نظم از طریق شناخت اجزاء با اتکای بر تحقق جبری آنها در طول زمان‌های مختلف و مکان‌های متنوع جهت پیش‌بینی آینده معرفی می‌کند (بتون و کرایب، ۱۳۸۴: ۳۶-۱۰۲ و چالمرز، ۱۳۸۳: ۱۳-۹۳).

نیوتن^۲، با اعتقاد به ریشه‌داشتن قوانین جهان در اراده خداوند و مقدس‌بودن تعادل، مدعی بود که در صورت شناخت قوانین، می‌توان جهان را تحت اختیار درآورد و به صورت برنامه‌ریزی شده، تغییرات پیش‌بینی‌پذیر و محاسبه‌پذیری را ایجاد کرد (اعتباریان، ۱۳۸۶: ۳۶). بدین ترتیب، از منظر پارادایم نیوتنی، در صورت داشتن اطلاعات کافی و دقیق از وضعیت هر پدیده‌ای در زمان حاضر می‌توان آینده آن را به همان دقت، پیش‌بینی کرد. لاپلاس مدعی بود: «مختصات دیروز و امروز سامانه را به من بدهید تا آینده آن را به شما بگویم» (آبرامز و سردار، ۱۳۸۹: ۲۴). در مقابل، نظریه آشوب، بر این باور است که در کنار سیستم‌های ساده و خطی، سیستم و سامانه‌های غیرخطی و پیچیده‌ای وجود دارند که مطالعه و شناخت آنها از طریق فرمول‌های حاضر امکان‌پذیر نیست. به‌طور کلی، دو نوع سیستم و سامانه وجود دارد: ۱. «سیستم‌های دینامیک خطی»^۳ و ۲. «سیستم‌های دینامیک غیرخطی»^۴ (Tufillaro, 1992: 22-29).

۲. منطق تحول و روابط در سیستم‌های دینامیک خطی و غیرخطی

هر سیستم دینامیک براساس سه پارامتر «زمان»^۵، «موقعیت»^۶ و «قاعده تحول»^۱ که بیانگر چگونگی دگرگونی این سیستم‌ها است، شکل می‌گیرد. در سیستم‌های دینامیک خطی، یک

-
1. Positivism
 2. Issac newton
 3. Linear dynamical systems
 4. Nonlinear dynamical systems
 5. time
 6. position

رابطه خطی میان سرعت و موقعیت برقرار است و تکامل تدریجی این گونه سیستم‌ها نیز، فرایندی خطی است. سیستم‌های دینامیک خطی را می‌توان با تجزیه به عناصر و اجزاء کوچکتر محور بررسی قرار داد سپس با جمع‌بندی نتایج به تحلیل کلی آنها اقدام کرد که این امر منجر به آسان‌شدن تحلیل این گونه سیستم‌ها می‌شود. این سامانه‌ها، پیش‌بینی‌پذیر، پایدار و به‌طور کامل قابل شناخت هستند. در این گونه سامانه‌ها، متغیرها به‌سادگی و به‌طور مستقیم به هم مربوط هستند و از نظر ریاضی رابطه خطی به شکل معادله ساده بیان می‌شود که در آن متغیرها فقط دارای توان یک می‌باشند: $X = 2y + z$. در سیستم‌های دینامیک غیرخطی، رابطه بین سرعت و موقعیت غیرخطی است و برعکس سامانه‌های خطی، در این گونه سیستم‌ها، نمی‌توان با تجزیه سامانه به اجزاء کوچکتر، هریک را به صورت جداگانه بررسی و با تجمیع نتایج، به تحلیل نهایی دست یافت. در سامانه‌های غیرخطی بایستی کلیت سیستم را با تمامی اجزاء آن در نظر گرفت و به صورت تجمیعی آن را مورد تحلیل قرار داد. روابط غیر خطی جاری در این گونه سیستم‌ها پیچیده و دارای توان غیر یک هستند: $A = 3B^2 + 4C^3$.

تحلیل چنین روابطی بسیار سخت‌تر از روابط خطی بوده و برای درک آن بایستی از رایانه کمک گرفته شود. در حالی که هر جزء در سیستم‌های خطی و تناوبی، به‌طور مشخص رفتار گذشته خود را بعد از گذشت مدت زمان ثابت، تکرار می‌کند (مانند آونگ)، در یک سیستم غیرخطی، شاهد رفتارهای غیرتناوبی می‌باشیم که در آن هر جزء، به نحوی رفتار می‌کند که هرگز تکرار نمی‌شود. در نتیجه این رفتار غیرتناوبی، پیش‌بینی دقیق غیرممکن شده و منجر به مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌هایی می‌شود که در نگاه اول به‌طور کامل تصادفی به نظر می‌رسند، مانند آبی که از شیر چکه می‌کند، پرچمی که در باد تکان می‌خورد و افت و خیزهایی که در حرکت جمعیت حیوانات به چشم می‌آید (اکوانی و موسوی‌نژاد، ۱۳۹۲: ۱۸۶-۲۲۵). ادراک مفهوم سیستم‌ها و تشخیص وجود یا نبود رابطه خطی یا غیرخطی از این طریق امکان‌پذیر است که رابطه خطی مثل معادلات خطی: ۱. یک راه حل ساده دارند؛ ۲. برای یک علت مشخص، یک معلوم معین وجود دارد و ۳. هر اقدام معین، فقط منجر به یک پیامد مشخص

1. Rule of change

می شود. در حالی که در رابطه غیرخطی، همچون معادلات غیرخطی، الف. بیش از یک راه حل وجود دارد؛ ب. هیچ گونه روش قطعی برای حل اکثر آنها وجود ندارد و ج. هر تغییر ممکن است به نتایج پیش‌بینی‌ناپذیری منجر شود (الوانی و همکاران، ۱۳۸۴).

نظریه آشوب به مطالعه این سیستم‌ها و پدیده‌های غیرخطی می‌پردازد که در پارادایم اثباتی به دلیل رفتارهای غیرتناوبی خود، تصادفی و نامنظم معرفی می‌شدند. از نگاه این نظریه، هیچ چیز در این دنیا تصادفی نیست و بی‌نظمی و پیش‌بینی‌ناپذیر بودن ظاهری امور، نتیجه رویکرد اثباتی و اصول معرفت‌شناختی پارادایم نیوتنی-لاپلاسی است. در این دیدگاه، آشوبناک بودن پدیده‌ها از ماهیت آنها نشئت نمی‌گیرد؛ بلکه از سطح درک و عمق‌شناختی ما ناشی می‌شود. بر همین اساس، نظریه آشوب تلاش می‌کند با تمرکز بر سیستم‌های به ظاهر آشوبناک (سامانه‌های غیرخطی و غیرتناوبی)، شناخت بشر را عمق بیشتری بخشد. از منظر نظریه آشوب، بی‌نظمی به معنای درهم ریختگی و ناکارایی نیست. بی‌نظمی جنبه‌های پیش‌بینی‌ناپذیر پدیده‌های پویاست که ویژگی و مختصات خاص خود را دارند. نظریه آشوب، الگوی فکری-نظری است که تلاش می‌کند، سامانه‌های غیرخطی و به ظاهر بی‌نظم را بشناسد و چارچوب مفهومی سودمندی برای پدیده‌های پیش‌بینی‌ناپذیر^۱ و پیچیده^۲ پیشنهاد دهد^۳ (Cartwright, 1991: 44-56).

ب. مختصات نظری و مفهومی نظریه آشوب

ارائه مدل مفهومی از سیستم‌های آشوبناک، به دلیل غیرخطی و پیچیده بودن، کاری بس دشوار است. به همین دلیل تلاش شده، به کمک مثال‌ها و مدل‌های کامپیوتری، شمایی از سیستم‌های آشوبناک نشان داده شود. مثال مورگان (۱۹۹۷)، برای این نوع سیستم‌ها، حرکت جمعی و

1. Unpredictable

2. Complex

۳. در چارچوب نظریه آشوب، سیستم‌های پیچیده تنها ظاهری آشوبناک داشته و نامنظم و تصادفی به نظر می‌رسند؛ درحالی که در واقعیت تابع یک جریان معین با یک فرمول ریاضی مشخص هستند. از این رو، موضوع آشوب در ریاضیات با عنوان آشوب معین مطرح می‌شود که بر پایه نظریه رشد غیرخطی با بازخورد شکل گرفته است (مشیری: ۱۳۸۱ و آبرامز و سردار، ۱۳۸۹: ۳۸).

توده‌ای «پرندگان»، «ماهی‌ها» و «خفاش‌ها» است که براساس سه قانون: ۱. «حرکت بدون تصادم»؛ ۲. «حفظ حرکت در جوار یکدیگر» و ۳. «دورنشدن خیلی زیاد از یکدیگر» حرکت می‌کنند. این الگو، مدلی کامپیوتری است که نشان‌دهنده توده‌ای دینامیک یا سیستمی آشوبناک است که جزئیات حرکات آنها پیش‌بینی‌ناپذیر ولی در کلیت از یک نظم برخوردار است (اعتباریان، ۱۳۸۶: ۳۷). «یان استوارت»^۱، ریاضیدان مشهور، نظریه آشوب را «توانایی مدل‌سازی ساده، بدون مشخصه‌های تصادفی درون بافتی، برای فهم رفتارهای به‌شدت نامنظم» تعریف می‌کند (آبرامز و سردار، ۱۳۸۹: ۲۱). رفتارهایی که درون سیستم‌هایی که خود را به‌ظاهر آشوبناک نمایش می‌دهند، مشاهده می‌شوند.

جهت شناخت این‌گونه تأثیرات که از اهمیت شایان توجهی برخوردار هستند، بایستی به پیش‌فرض‌هایی توجه داشت که تا پیش از این یا کانون مذاقه جدی قرار نمی‌گرفتند یا به‌طورکلی نادیده انگاشته می‌شدند. در چارچوب نظریه آشوب، ابتدا بایستی تمامی عناصر و اجزاء تشکیل‌دهنده سیستم را به صورت جمعی در نظر گرفت. به‌عبارت دیگر، در این نظریه، نگرستن به جهان براساس نگاه سیستمی مورد تأکید جدی است. بدین معنا که نباید در مطالعات علمی، اجزاء تشکیل‌دهنده سامانه را از یکدیگر جدا و هریک را به‌صورت منفرد مورد مطالعه قرار داد. تفکیک اجزاء از یکدیگر و مطالعه جداگانه هریک باعث بی‌توجهی به تأثیرات متقابل عناصر بر هم می‌شود. در این نظریه، مختصات هر سیستم نتیجه تجمیع عناصر در کنار یکدیگر و شکل‌گیری روابط متقابل میان آنهاست. پس بدین ترتیب، ویژگی یک سیستم را نمی‌توان از حاصل جمع ویژگی‌های منفرد هریک از اجزاء به دست آورد. بر همین اساس، در ابتدا بایستی پدیده مورد مطالعه را چارچوب سامانه‌ای جمعی با در نظر گرفتن تأثیرات متقابل سایر اجزاء در نظر آورد (Devaney, 2003: 42-60).

پس از قراردادن پدیده مورد مطالعه در سامانه (و توجه به ارتباطات متقابل آن با سایر عناصر)، بایستی به شرایط اولیه سامانه دقت کافی مبذول شود و مختصات آن محور محاسبه و سنجش قرار گیرد. چراکه سیستم‌های آشوبناک حساسیت زیادی به شرایط اولیه خود دارند. به گونه‌ای که کوچک‌ترین تغییر در هر عنصری، منجر به تغییرات بزرگ در آینده می‌شود. در این

1. Ian Stewart

سنجش، مقیاس زمانی نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. از جمله عللی که منجر به ناتوانی پارادایم‌های نیوتنی-لاپلاسی به تغییرات یک سیستم غیرتناوبی می‌شود، بازه زمانی انتخاب‌شده، جهت شناخت پدیده مورد مطالعه است. نظریه آشوب، تأکید دارد در کنار ضرورت داشتن نگاه سیستمی و پذیرش قاعده تأثیرات نامتوازن، بایستی مقیاس دید را نیز وسیع‌تر کرد و در گستره‌ای بزرگ‌تر به لحاظ زمانی و مکانی، پدیده را مورد مطالعه قرار داد (گلیک، ۱۳۸۳: ۳۳-۶۸ و روزنا، ۱۳۸۳: ۴۹-۷۳).

۱. ویژگی‌های سیستم‌های آشوبناک

باتوجه به نکات اشاره شده، نظریه آشوب مدعی است برخلاف نظریه‌های مبتنی بر پارادایم نیوتنی که سیستم‌های آشوبناک را پیش‌بینی‌ناپذیر می‌دانستند، می‌توان مسیر این گونه سیستم‌ها را پیش‌بینی کرد. بر طبق نظریه آشوب، اگر ما چنین سیستم‌هایی را برای مدت کافی زیر نظر قرار دهیم و حالات مختلف سامانه را در لحظات گوناگون زمانی ثبت کنیم، نظم ذاتی سیستم خود را نشان داده و شناخت پدیده مورد مطالعه به صورت دقیق و علمی حاصل می‌شود. چراکه حتی پیش‌بینی‌ناپذیرترین سیستم‌ها نیز همواره در محدوده مرزهای معینی حرکت می‌کنند و هرگز از آن خارج نمی‌شوند و همواره درون این بی‌نظمی و آشفتگی‌ها (ی ظاهری) الگویی از نظم وجود دارد (رضائیان، ۱۳۸۵: ۱۸-۲۲) که مقدمه ضروری جهت پیش‌بینی آینده سیستم است. این پیش‌بینی دارای ویژگی‌هایی است که آن را با آینده‌سنجی‌های نظریه‌های نیوتنی متفاوت می‌کند. براساس دو ایده اصلی نظریه آشوب، مبنی بر تأثیر عمیق و گسترده عناصر و اجزاء کوچک در سیستم‌های به‌ظاهر بی‌نظم و همچنین حساسیت سیستم نسبت به شرایط اولیه، امکان پیش‌بینی قطعی و بلندمدت فراهم نیست. چراکه این گونه پیش‌بینی‌ها نتیجه روابط خطی و متناوب است. در چنین سیستم‌ها و روابطی می‌توان روند گذشته را به حال و شرایط حال را به آینده تعمیم و تسری داد. درحالی که در سیستم‌های آشوبناک، پس از شناخت نظم پنهان آنها، تنها می‌توان در قالب بازه زمانی کوتاه‌مدت، آینده را پیش‌بینی کرد (الوانی و دانایی فر، ۱۳۷۸: ۱۳-۱۴).

۱-۱. اثر پروانه‌ای^۱ (حساسیت به شرایط اولیه)

این ویژگی بدین معناست که تغییر جزئی در شرایط اولیه ممکن است به نتایج پیش‌بینی نشده و عظیمی در سیستم منجر شود. این ویژگی دارای چنان ارزش نظری است که از آن به‌عنوان سنگ‌بنای نظریه آشوب یاد می‌کنند. در نظریه آشوب عقیده بر آن است که در تمامی پدیده‌ها، نقاطی وجود دارد که تغییری اندک در آنها، باعث دگرگونی و تحولی عظیم خواهد شد؛ (Lorenz, 1996: 57 و الوانی، ۱۳۸۷: ۴۰).^۲ وابستگی و «حساسیت به شرایط اولیه»^۳ نیز به این معناست که عناصر، اجزاء، درون‌دادها و رویدادها را نمی‌توان برحسب داشتن وزن یکسان طبقه‌بندی کرد. به بیان دیگر، رفتار هر یک از عناصر و اجزاء می‌تواند تأثیرات دور از تصویری داشته باشند که مسیر حرکت سامانه را به جهتی خاص راهبری کنند (Edward, 2002: 32-49 و نیکوکار، ۱۳۸۴: ۱۹ و اکوانی و موسوی‌نژاد، ۱۳۹۳: ۱۵۱ و مشیری، ۱۳۸۱: ۴۱).^۴

1. Butterfly effect

۲. این ویژگی نتیجه تحقیقات و کشف «ادوارد لورنز» (Edvard Lorenz) در زمینه هواشناسی است. او به همراه تعدادی دیگر از دانشمندان هواشناسی، در اواخر قرن بیستم به مدت دو سال، مشغول مطالعه آب و هوای منطقه‌ای خاص با شرایط جوی ثابت و معتدل بودند و در مطالعات خود تمامی تغییرات را از طریق دستگاهی ثبت می‌کردند. در فصل پاییز سال دوم تحقیقات، نمودار ثبتی دستگاه، به طرز غیرمعمولی تغییر یافت و مسیری متفاوت از آنچه تا آن زمان نشان می‌داد را ثبت نمود. این وضعیت غیرمعمول و آشفته نشان‌دهنده شرایط جوی کاملاً متفاوتی بود؛ درحالی که شرایط عینی تفاوتی را نشان نمی‌داد. به‌رغم انجام تحقیقات زیاد، نتایجی به دست نیامد. در پاییز سال آینده باتوجه‌به شرایط موجود و در نظر گرفتن تمامی عناصر و اجزاء موجود در محیط، نتایج قابل تأملی حاصل شد. تحقیقات و شبیه‌سازی دقیق نشان داد علت تغییرات نموداری، بال‌زدن جمعی پرندگانی بوده که در دریاچه نزدیک محل مطالعه حضور داشته‌اند. در ادامه تحقیقات و شبیه‌سازی‌های صورت گرفته (بدون در نظر گرفتن حضور پرندگان و فشارجوی ایجادشده ناشی از بال‌زدن آنها)، مشخص شد، هنگامی که پرندگان به‌عنوان یک جزء از کلیت سیستم منطقه در نظر گرفته می‌شدند، شرایط به همان نحوی که در واقعیت وجود داشت، نشان داده می‌شد؛ خروجی مدل‌ها نشان می‌داد در صورت نبود این عنصر، طوفان بزرگی شکل می‌گرفت که در نتیجه وقوع آن ۱۲ هکتار از اراضی آن منطقه تخریب می‌شد (آبرامز و سردار، ۱۳۸۹: ۳۸-۳۹ و ۵۲-۵۵ و گلیک، ۱۳۸۳: ۳۳-۵۷).

3. Sensitivity to initial conditions

۴. مثال ساده این وابستگی و حساسیت را می‌توان در این خصوص مشاهده کرد: اگر مسافری ۱۰ ثانیه دیر به ایستگاه اتوبوس برسد، نمی‌تواند سوار اتوبوسی شود که هر ۱۰ دقیقه یک‌بار از این ایستگاه می‌گذرد و به سمت مترویی می‌رود که از آن هر ساعت یک‌بار، قطاری به سوی فرودگاه حرکت می‌کند. برای مقصد مد نظر این مسافر، فقط روزی یک پرواز انجام می‌شود و از این‌رو تأخیر ۱۰ ثانیه‌ای این مسافر باعث از دست دادن یک روز کامل می‌شود.

۱-۲. سازگاری پویا^۱

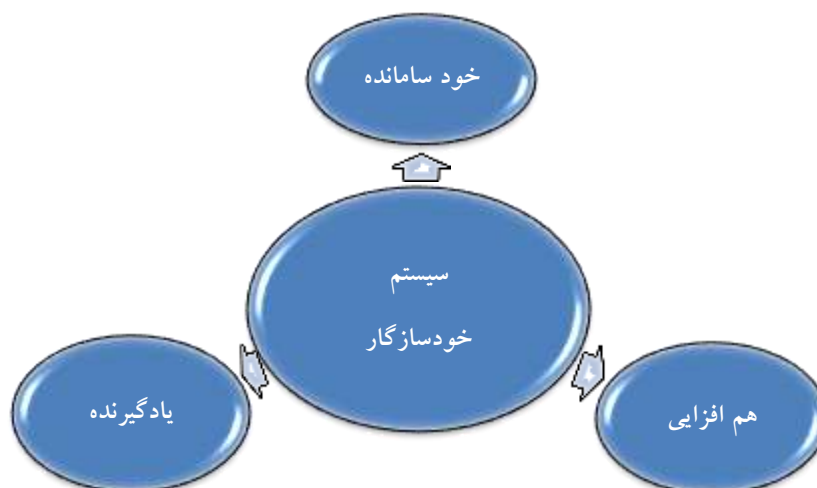
این ویژگی مؤید آن است که سیستم‌های پویا بدون نیاز به عوامل خارجی، به خود سامان می‌دهند. این سازماندهی به واسطه رفتار تک‌تک اعضا به وجود می‌آید و تا مرز بی‌نهایت ادامه خواهد یافت. مفهوم سازگاری پویا به توانایی بازسازی و ترمیم سیستم پس از قرارگرفتن در شرایط نامتعادل یا تنش‌های محیطی اشاره دارد. (Lorenz, 1996: 59) و اکوانی و موسوی‌نژاد، ۱۳۹۳: ۱۵۲ و حسینی، ۱۳۹۶: ۱۸۸). در واقع، سیستم‌های آشوبناک در ارتباط با محیط‌شان، همچون موجودات زنده عمل می‌کنند و نوعی تطابق و سازگاری پویا بین آنها و پیرامون‌شان برقرار است. سیستم‌های سازگار شونده دارای ویژگی‌های زیر هستند:

خودسامانده: هر جزء در چارچوب محدودیت‌های سیستم، خود را با شرایط پیش آمده سازگار و در نظم کلی سیستم سازماندهی می‌کند. تغییر و تحول در سیستم‌های آشوبناک بر اساس همین ویژگی خودسازماندهی انجام می‌گیرد.

هم‌افزایی: در سیستم‌های آشوبناک، کل بزرگ‌تر از جمع اجزاء است. این بدان معناست که تلاش افراد در یک سیستم باز و آزاد در خصوص یک سیستم ساده و بسته، اثربخش‌تر و تأثیرگذارتر است.

یادگیرنده: مورگان (Morgan, 1997) چهار اصل زیر را برای ویژگی یادگیرنده بودن سیستم لازم می‌داند: ۱. input: سیستم‌ها باید توان احساس، نظارت و شناسایی منظرهای بااهمیت محیط خود را داشته باشند؛ ۲. process: آنها باید بتوانند این اطلاعات را با هنجارهای عملیاتی که رفتار آنها را هدایت می‌کنند، مربوط سازند؛ ۳. control and out put: آنها باید بتوانند انحرافات مهم را از هنجارها تشخیص دهند؛ ۴. feed back: آنها باید بتوانند عملیات خود را با تشخیص خطا، اصلاح کنند (اعتباریان، ۱۳۸۶: ۳۷-۳۸).

1. Dynamic adaptation



شکل ۱. ویژگی‌های سیستم‌های خودسازگار

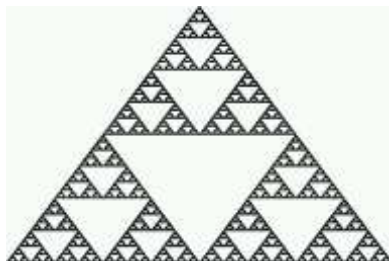
۳-۱. خودشبه‌امتی (خودمانایی)

در سیستم‌های آشوبناک، نوعی شباهت میان جزء و کل مشهود است؛ به گونه‌ای که هر جزئی از الگو، همانند کل است (Lorenz, 1996: 62 و الوانی و دانایی‌فر، ۱۳۷۸: ۱۵). در نتیجه شکل نظریه آشوب و سیستم‌های آشوبناک، هندسه جدیدی صورت‌بندی و معرفی شد: هندسه فرکتالی^۳. در مقابل هندسه و اشکال اقلیدسی - مثلث، مربع، دایره و مستطیل که به صورت منظم هستند، هندسه فرکتالی قرار دارد که به گونه‌ای از شکل‌های نامنظم اشاره دارد. اشکالی که از دور و نزدیک به یک صورت دیده می‌شوند و در واقع خود متشابه هستند. در مثلث فرکتالی، هر مثلث کوچک مشابه مثلث بزرگ است (آبرامز و سردار، ۱۳۸۹: ۴۶-۴۷ و رستگاری و رستگاری و ثقفی، ۱۳۸۴: ۱۴ و ملک عباسی، ۱۳۸۱: ۴۶).^۳

1. Self-similarity

2. Fractal Geometry

۳. نخستین بار اصطلاح فرکتال از سوی «بنویت مندل بروت» (Bnoit Mandelbrot) در سال ۱۹۷۵ به کار گرفته شد. وی این واژه (فراکتال) را از واژه لاتین «فراکتوس» (Fractus) به معنی سنگ شکسته و بی نظم، اقتباس کرده است.



شکل ۲. مثلث فراکتالی

۴-۱. بازخورد^۱

این ویژگی مشخصه هر سامانه است که در آن خروجی (نتیجه) بر ورودی سیستم اثر گذاشته و بنابراین عملکرد سامانه را تغییر می‌دهد. آشوبناک بودن سامانه‌های دارای نوسان به علت برخورداری از این ویژگی است. رفتار آشوبناک زمانی به وجود می‌آید که کلیت سامانه از نیروهای سیستم نیز متأثر می‌شود. بدین معنا که اجزاء علاوه بر آثار بیرونی، بر خود سامانه نیز اثرگذار هستند. به بیان دیگر، سامانه‌های آشوبناک تنها بر پدیده‌های بیرون از خود اثر ندارند؛ بلکه در نتیجه نیروهای عناصر داخلی، خود نیز دچار تغییر می‌شود (آبرامز و سردار، ۱۳۸۹:

۳۲-۳۳).

1. Feedback

۲. برای هر سامانه آشوبناک می‌توان دو نوع بازخورد را متصور شد: بازخورد مثبت و بازخورد منفی؛ این بازخوردها اساس تمامی سیستم‌های پویا را شکل می‌دهند. حلقه‌های بازخورد مثبت، فرایندهایی را ارائه می‌دهند که با یک «مکانیزم خودتقویت‌کننده» (Self-reinforcing Mechanism) رشد نمایی یا کاهش در سیستم‌های پویا ایجاد می‌کنند. حلقه‌های بازخورد منفی فرایندهایی را نشان می‌دهند که در آنها، سیستم به تدریج به مقدار معینی حرکت می‌کند. در این فرایندها، تمایزی میان شرایط ایدئال و شرایط موجود سیستم وجود دارد؛ در صورتی که این دو با یکدیگر یکسان نباشند، حلقه منفی فعال شده و سیستم را در جهت رسیدن به شرایط ایدئال هدایت می‌کند. به این ترتیب می‌توان گفت که فرایندهای با حلقه‌های بازخورد منفی یک «مکانیزم خودتصحیح‌کن» (Self-correcting Mechanism) دارند که سیستم را به سمت ثبات و پایداری به پیش می‌برند (مشیری، ۱۳۸۱: ۳۱-۳۲). به عبارت دیگر، در سیستم‌های پویا و آشوبناک، گاهی بازخورد منفی حاکم است و گاهی بازخورد مثبت. آنگاه که بازخورد منفی برتری دارد، برونداد سیستم تقریباً ثابت است و سیستم با عملکرد خود تأثیرات محیط را محو می‌کند. هراندازه اعمال کنترل بیشتر باشد و تغییرات برونداد با تغییرات محیط همگام نشود و فاصله وضعیت کنونی برونداد از آنچه محیط می‌خواهد بیشتر شود، احتمال اتفاق اثر پروانه‌ای بیشتر خواهد شد. آنگاه که سیستم

۱-۵. جاذبه‌های عجیب^۱

این ویژگی به معنی الگوهایی است که از منظر یا منظرهای گوناگون بی نظم و آشفته به نظر می‌آیند ولی از منظر یا منظرهای دیگر دارای نظم هستند. هرچه افق دید گسترده‌تر باشد، یافتن جاذبه عجیب ممکن‌تر و قدرت پیش‌بینی بیشتر خواهد بود (الوانی، ۱۳۷۸، حسینی، ۱۳۹۶: ۱۸۲). پیش از این و در پارادایم نیوتنی، بر دو نوع جاذبه تأکید می‌شد: نقطه‌ای و دوره‌ای. این دو نوع جاذبه بیانگر دو نوع الگوی منظم و با ثبات در حرکت پدیده‌ها و روابط آنهاست. مانند حرکت دادن یک مداد حول محور خودش با شعاع یکسان که نتیجه آن شکل دایره است که این بیانگر جاذبه نقطه‌ای است. در جاذبه‌های دوره‌ای، حرکت، دارای نوسان‌ها و تغییر جهت‌های پیش‌بینی شده و کنترل‌پذیر است. در اوایل دهه ۶۰ میلادی، ادوارد لورنز، در ادامه تحقیقات خود جاذبه دیگری را کشف کرد که توسط دیوید روئل و فوریس تاکنس «جاذبه عجیب» نامیده شد. برخلاف سایر جاذبه‌ها، این جاذبه‌ها نه نقطه‌ای بود و نه دوره‌ای. رفتاری که سیستم از خود نشان می‌دهد، هرگز خودش را تکرار نمی‌کرد. این جاذبه عجیب محصول غیرخطی بودن روابط پدیده‌ها و تعامل‌پذیری آنهاست (مهری، ۱۳۸۴: ۲۴).^۲

تحت تأثیر بازخورد منفی قرار دارد. خودسازماندهی باعث خواهد شد، هرگونه تلاش، جهت ارتقا بی‌فایده شود؛ چرا که سیستم حفظ وضعیت موجود را پیگیری می‌کند. در نهایت، حفظ وضع موجود به بی‌حرکتی و مرگ سیستم می‌انجامد یا آنکه اثر پروانه‌ای نظم جدیدی را پی می‌افکند. اگر سیستم با تمام وجود شرایط را درک کند و خود را برای دریافت تغییرات سازماندهی کند (که این به مفهوم غلبه بازخورد مثبت در سیستم است)، شرایط تغییر احراز خواهد شد. در این حال، اجزاء سیستم باید در تعالی سیستم مشارکت نمایند و خودسازماندهی از اجزاء آغاز می‌شود. از طرف دیگر افزایش بازخورد مثبت به معنای کاهش اعمال قدرت بر اجزاء و توزیع قدرت مابین آنان است (رستگاری و ثقفی، ۱۳۸۴: ۱۵).

1. Strange Attractors

۲. برای درک بهتر این مفهوم جاذبه‌های عجیب و کشیده‌شدن سیستم به سمت الگوهای گوناگون (جاذبه‌های مختلف)، فرض کنید در یک صبح آفتابی در ایوانی، برای لذت‌بردن از زیبایی‌های صبحگاهی نشسته‌اید و در رویایی شیرین فرو رفته‌اید. برای مثال خود را در کنار دریاچه‌ای با آب‌هایی نیلگون که تصویر آسمان آبی را در خود جای داده، احساس می‌کنید. جنگلی سبز دریاچه را فراگرفته است و پنگوئن‌ها با زیبایی اغواکننده‌ای در آب شیرجه می‌زنند. ناگهان در این بین، بنا به دلیل، توجه شما به پشت سرتان جلب می‌شود. در این حالت تیک‌تیک ساعت، درحالی‌که با صدای موتور یخچال درهم آمیخته شده‌اند، برای لحظه‌ای شما را از آن احساس خارج می‌کند. اگرچه ممکن است هنوز چشم‌هایتان به آن صحنه باشد، ولی ذهن و فکرتان جای دیگری است. در این حالت شما اسیر دو جاذبه شده‌اند که از دو زمینه به‌طور کامل متفاوت برخوردارند. هر اندازه به‌سمت یکی کشیده می‌شوید، از دیگری دور می‌شوید. سیستم‌های پیچیده، آشوبناک و پویا به‌طور ذاتی، اسیر این‌گونه تنش‌ها می‌باشند. آنها به صورت دائمی تحت نفوذ چندین جاذبه قرار دارند که در نهایت زمینه جاذب غالب، رفتار سیستم را آشکار می‌سازد. این عمل طی مکانیسمی روی می‌دهد که در نتیجه تأثیرات بازخوردهای مثبت و منفی ظاهر می‌شود (اعتباریان، ۱۳۸۶: ۳۷).

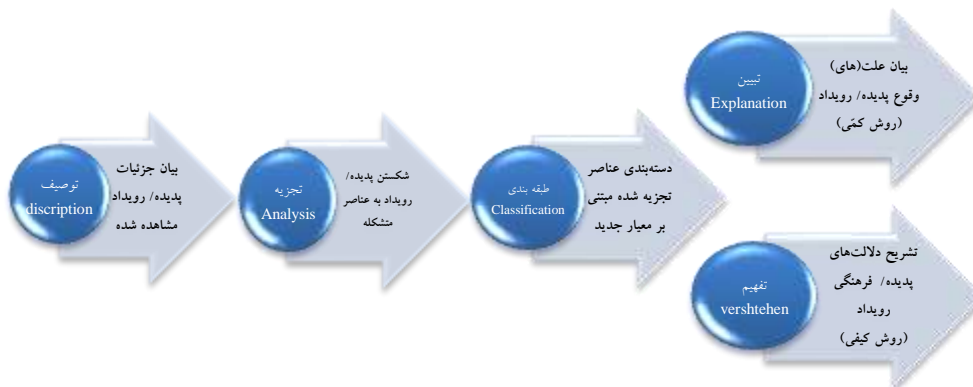


شکل ۳. ویژگی‌های سیستم‌های آشوبناک از دریچه نظریه آشوب

ج. مفهوم تبیین و فرایند تحلیل امنیت

حال که بنیاد های معرفت‌شناختی و مختصات تئوریک نظری آشوب تشریح شد، اصول و الزامات تبیین در فرایند تحلیل امنیت می‌تواند مورد کنکاش قرار گیرد؛ اما پیش از آن ضروری است ضمن اشاره به عناصر تشکیل دهنده «فرایند تحلیل»، هریک از آنها نیز با توجه به اقتضائات این مقاله تشریح شوند. «تحلیل امنیت» مفهوم بسیار پرکاربرد در ادبیات پژوهشی رشته‌های علمی به‌طور عام و مسائل امنیتی به‌طور خاص است. فرایند تحلیل امنیت، «شامل مجموعه‌ای از اقدامات برنامه‌ریزی شده و مجزای علمی است که هدف از آن تبدیل داده‌های ارزیابی شده به اطلاعاتی است که به‌صورت نظامند پردازش شده اند.» در چارچوب فرایند تحلیل امنیت، پدیده و رویداد، مراحل را طی خواهد کرد که هر مرحله در عین مجزای بودن و ارائه آورده ای ویژه، مقدمات لازم جهت انجام مراحل بعدی را نیز فراهم می‌آورد. به همین جهت ضروری است به صورت مختصر هریک از عناصر این فرایند، معرفی و تعریف شوند. هدف از این دقت، تعیین جایگاه تبیین در فرایند تحلیل امنیت و فراهم آوردن مقدمات لازم جهت تشریح

چارچوب این مرحله (تبیین) بر اساس نظریه آشوب است. از نظر نگارنده فرایند تحلیل شامل مراحل زیر است: «توصیف»^۱، «تجزیه»^۲، «طبقه بندی»^۳، «تبیین»^۴ / «تفهّم»^۵.



شکل ۴. فرایند تحلیل امنیت

در «توصیف»، به مثابه اولین مرحله از فرایند تحلیل، تمامی جزئیات پدیده / رویداد با توجه به هدف تعیین شده مرکز توجه قرار گرفته و بیان می شود. پس از انتخاب یک موضوع به عنوان هدف یا مسئله امنیتی، لازم است متناسب با اهداف تعیین شده، جزئیات پدیده / رویداد بدون هیچ گونه پردازشی بیان شود. «تجزیه» ناظر بر فعالیتی است که در چارچوب آن عناصر تشکیل دهنده پدیده / رویداد، شناسایی و از یکدیگر منفک می شوند. دقت در شناسایی عناصر متشکله، باعث می شود پدیده / رویداد مد نظر به صورت حداکثری به اجزای خود شکسته شود؛ به گونه ای که هیچ یک از عناصر به عنصر و جزئی دیگر تفکیک پذیر نباشند. شناسایی عناصر، مقدمات مرحله بعدی، یعنی «طبقه بندی» را فراهم می آورد. در این مرحله تلاش می شود عناصر تفکیک شده بر اساس معیاری که پیش از این با اتکا بر پشتوانه های

1. Description/ Describe
2. Analysis/ Analyze
3. Classification/ Classify
4. Explanation/ Explain
5. vershtehen

نظری یا اهداف گزینشی انتخاب شده‌اند، در قالب دسته‌هایی کنار هم قرار گیرند. هدف از طبقه‌بندی، بازسازی مجدد پدیده/ رویداد در قالب خوشه‌هایی است که براساس اهداف از پیش تعیین شده، مشخص شده‌اند. تفاوت این مرحله با مفهوم «ترکیب» در این است که در طبقه‌بندی تنها به دسته‌بندی مجدد عناصر پرداخته می‌شود ولی در ترکیب، علاوه بر خوشه‌بندی، روابط خوشه‌ها نیز بازتعریف می‌شود. از آنجایی که این اقدام نیازمند به پشتوانه‌های نظری است، در مدل منطقی و نظری پیشنهادی این مقاله، این اقدام در مرحله بعدی، پیش‌بینی شده است. «تبیین» که در این مقاله هدف است، مرحله بسیار مهمی است که روابط میان طبقه و دسته‌های تعیین شده در مرحله پیشین را در قالب «متغیر»^۱‌های پژوهش دیده و تلاش می‌کند روابط منطقی میان آنها را صورت‌بندی و اثبات کند. به بیان دیگر در مرحله تبیین، پژوهشگر علمی یا امنیتی به دنبال به دست آوردن روابط «منطقی»^۲ و «عینی»^۳ میان متغیرهایی است که به جهت داشتن ویژگی (های) خاصی در قالب یک طبقه قرار گرفته‌اند. شناخت ارتباط متغیرها با اتکا بر روش‌های پژوهش کمی، قلب مرحله تبیین است که نتایج و آورده‌های منحصربه‌فرد و در عین حال علمی را در اختیار قرار می‌دهد. «تفهم» در کنار تبیین قرار داشته و در قالب نگاه فرایندی به‌عنوان گامی پس از مرحله تبیین قرار ندارد. در تفهم، پژوهشگر علمی تلاش می‌کند، پدیده/ رویداد را باتوجه به «بستر اجتماعی»^۴ آنها مورد فهم قرار دهد. فهم زمانی صورت می‌گیرد که دلالت‌های فرهنگی پدیده/ رویداد شناخته و موضوع باتوجه به اقتضائات فرهنگی (زمانی و مکانی) مورد فهم قرار گیرد. در حالی که تبیین به دنبال کشف علی روابط متغیرها با اتکا بر چارچوب‌های نظری، از طریق روش‌های کمی و ارائه نتایج به صورت عددی است؛ هدف در تفهم، شناخت موضوع پژوهش از طریق کنکاش محتوایی در بستر زمانی و مکانی خاص، باتوجه به شرایط اجتماعی، جهت شناخت دلالت‌های فرهنگی و ارائه آن در قالب متن‌های تفصیلی است (Cerswell, 2013: 15- 46 & Mantzavinos, 2009: 23- 65).

-
1. Variable
 2. Logical
 3. Objective
 4. Social context

د. الزامات «تبیین» در چارچوب نظریه آشوب

براساس سطور پیشین، جایگاه و تعریف «تبیین» در فرایند تحلیل امنیت، مشخص شد. در ادامه مختصات این مرحله مهم، براساس نظریه آشوب مورد کنکاش قرار می‌گیرد تا به پرسش سوم مقاله پاسخ داده شود. نظریه آشوب نیز همچون پارادایم نیوتنی مبتنی بر اصل علیت، پدیده‌ها را تبیین می‌کند. همان‌گونه که بیان شد، میان آنها تفاوت‌های چشمگیر و ماهوی وجود دارد که همچون دو نحله فکری مجزا باید محور مطالعه قرار گیرد. تحلیل امنیت در چارچوب رویکرد اثباتی، مبتنی بر اصولی است که عبارت‌اند از: «تجزیه کل به اجزاء و مطالعه منفرد هر یک از عناصر سازنده»؛ «بی‌توجهی به اجزاء کوچک و ناچیز»؛ «بی‌توجهی به تأثیرات متقابل میان اجزاء در قالب کلیتی که در بستر آن عمل می‌کند»؛ «تجزیه و تحلیل روابط و تأثیرات در چارچوب روابط خطی»؛ «نادیده‌انگاشتن موارد نقیض به‌عنوان موارد استثناء یا ناهم‌نوا و بی‌نظم»؛ «تصور وجود روابط متناظر و هم‌وزن میان متغیرهای موجود» (روزنا، ۱۳۸۴: ۴۹-۷۳). بر مبنای بنیان‌های تئوریک و مختصات معرفت‌شناختی نظریه آشوب، الزامات تبیین در فرایند تحلیل امنیت در ۴ مؤلفه مفهوم‌بندی می‌شود: «تحلیل سیستمی»؛ «توجه به روابط درونی میان عناصر در مقیاس زمانی و جغرافیایی مناسب»؛ «نامتوازن بودن میزان اثر اجزاء»؛ «حساسیت به شرایط اولیه» و «ساحت پیش‌بینی کوتاه‌مدت». این مؤلفه‌ها، اصول و الزاماتی هستند که نظریه آشوب برای تبیین در فرایند کلی تحلیل امنیت پیشنهاد می‌کند.

۱. ضرورت تحلیل سیستمی

با طرح نظریه آشوب و تشریح مختصات نظری آن، نظریه آشوب همچون آنتی‌تزی مقابل «رویکرد تحلیلی اثباتی» قرار می‌گیرد. در رویکرد اثباتی، هر سیستم ذیل «فلسفه تحلیلی»^۱، به اجزاء سازنده‌اش تقسیم شده و تلاش می‌شود از طریق شناخت هر جزء، کلیت سیستم فهم شود. به بیان دیگر، در این رویکرد، ویژگی کل، حاصل جمع خصوصیت اجزاء آن است. این درحالی است که در نظریه آشوب، مختصات کل فراتر از تجمیع ویژگی‌های اجزاء سازنده

1. analytical philosophy

است. پس، از طریق تقلیل سیستم به عناصر تشکیل دهنده نمی‌توان، به شناخت کل نائل آمد. در این رویکرد لازم است با در نظر گرفتن کلیت سامانه، روابط متقابل اجزاء (فارغ از میزان اثرگذاری آنها) محور مطالعه قرار گیرد. در این رویکرد، عالم مشتمل از سامانه‌های مختلفی تصور می‌شود که ذیل قوانین خاص عمل کرده و روابط خود را تنظیم می‌کند. هر کدام از سیستم‌های مزبور از اجزاء و عناصری تشکیل شده‌اند که دارای روابط و تأثیرات متقابل درون سیستمی هستند. در این چارچوب، تمامی پدیده و رویدادها بایستی به مثابه یک بخشی از یک کلیت که بستر تحقق آن را فراهم می‌آورد، نگریسته شود.

بنابراین، تمامی اقدامات امنیتی که به عنوان «مسئله امنیتی»^۱ تعریف می‌شوند، تنها زمانی به درستی و با عمق مناسب شناخته می‌شوند که این اقدامات در بستر تحقق‌شان مورد مطالعه قرار گیرند. شکستن پدیده یا رویداد(های) امنیتی به اجزاء سازنده بدون در نظر گرفتن کلیت آن، منجر به درک نکردن موضوع می‌شود. در سطح اول، اقدام یک تیم تروریستی زمانی به درستی تبیین می‌شود که ابتدا تمامی عناصر و اجزاء (عاملین) شناسایی سپس نحوه روابط درونی میان آنها تعیین و در نهایت باتوجه به ویژگی‌های تمامی عناصر و روابط فی‌مابین، خصیصه کلیت تیم تروریستی مشخص شود. در سطح دوم، بایستی تیم تروریستی مورد اشاره در بستر محلی، ملی، منطقه‌ای و جهانی دیده شود و باتوجه به مقتضیات آنها، مورد تبیین قرار گیرند.

۲. فهم روابط درونی عناصر در مقیاس زمانی و مکانی مناسب

توجه به سطوح دوگانه مزبور، مسیر تبیین از منظر نظریه آشوب را به سوی دومین ویژگی این دیدگاه رهنمون می‌کند. توجه به دوره زمانی و مکانی گسترده‌تر، آورده مهمی است که نظریه آشوب با اتکا بر آن توصیف و طبقه‌بندی سیستمی خود را محقق می‌کند. در این رویکرد، تنها زمانی می‌توان به شناخت و تبیین خود اطمینان داشت که با گذر از محدودیت‌های زمانی و مکانی تبیین اثباتی که پدیده را در گستره‌ای محدود می‌نگرد، تلاش شود آن رویداد یا پدیده

۱. براساس تعریفی که نگارنده برای این مفهوم ارائه داده است، «مسئله امنیتی» (Security problem) به تمامی اقدامات و فعالیت‌های جمعی و سازماندهی شده‌ای اطلاق می‌شود که تأسیس، استقرار، تثبیت و گسترش نظام سیاسی مستقر را با مخاطره مواجه کرده یا دچار اختلال می‌کند.

در مقیاسی وسیع تر مشاهده شود. براساس نظریه آشوب، علت وقوع یک تجمع امنیتی زمانی تبیین می شود که ابتدا با نگرستن این پدیده به مثابه یک سیستم، عناصر و روابط درونی آن در سطوح مختلف شناخته شود سپس ساختار روابط در قالب مقیاسی وسیع طراحی گردد. در غیر این صورت، تبیین که پس از شناخت صحیح محقق می شود، علمی نبوده و ممکن است نارسا یا ناقص ارائه شود. در برشی ناقص، یک تجمع امنیتی، همچون پدیده ای منفرد دیده می شود که بدون ارتباط با سایر عناصر محیطی مورد تبیین قرار می گیرد. در نتیجه، تجمع مزبور همچون اقدام جمعی دیده می شود که در مقطع خاصی حادث شده و به اتمام رسیده است؛ در حالی که با انتخاب مقیاسی وسیع تر از زمان، سیستمی که این پدیده امنیتی در چارچوب آن عمل کرده، شناسایی و روابط درونی آنها نیز شناخته می شوند.

۳. نامتوازن بودن وزن و اثر اجزاء

سومین ملاحظه تئوریک نظریه آشوب، تأکید بر هم وزن نبودن عناصر درونی سیستم است. این ملاحظه ناظر بر این معناست که سامانه ها از اجزایی تشکیل شده اند که در آن هیچ عنصری بی اهمیت نبوده و تأثیرات آن ناچیز قلمداد نمی شود. چراکه ممکن است هر عنصری دارای تأثیرات بزرگی باشد که نتایج آن، مسیر سیستم را به جهتی خاص سوق دهد. این موضوع در مقابل روش های کمی قرار می گیرد که برای هر متغیر، تأثیری متوازن و هم وزن را قائل می شوند. ضریب پیرسون^۱ و رگرسیون^۲ (چند متغیره و جزئی) از جمله آماره های هستند که به صورت خطی، روابط متغیرها را خلاصه ارائه و نمایش می دهند (دواس، ۱۳۸۳: ۸۰-۱۱۲). درحالی که بنابر نظریه آشوب، میان عناصر هر سامانه، روابط غیرخطی حاکم است که سنجش و شناخت این روابط از طریق آماره های مذکور، اگرچه غیرممکن نیست ولی ضریب خطای تشخیص و تبیین را به صورت حداکثری افزایش می دهد. ناکارآمدی چنین آماره هایی ناشی از نبود رابطه علی میان متغیرها نیست؛ بلکه به علت نبود تناسب و تناظر میان علت و معلول در سامانه های آشوبناک است.

1. Pearson coefficient
2. Regression analysis

۴. حساسیت به شرایط اولیه

متغیرها در این‌گونه سیستم‌ها به علت «حساسیت به شرایط اولیه» ممکن است اثری داشته باشد که بنابر اصل تناسب علت و معلول نیوتنی درخور فهم نیست. اثر یک متغیر به ظاهر کم اهمیت ممکن است از چنان تأثیر و ظرفیتی برخوردار باشد که تغییرات بزرگی را در کلیت مسیر سامانه ایجاد کند. به‌رغم آنکه در جریان تبیین‌های اثباتی، امکان سنجش میزان اثرگذاری جمعی و فردی هر یک از متغیرهای مستقل (با استفاده از آماره‌های همچون رگرسیون‌های چندمتغیره و جزئی) وجود دارد، اما در تحلیل و نتیجه‌گیری نهایی میزان اثرگذاری به صورت خطی و درخور پیش‌بینی توصیف و استنباط می‌شود. این موضوع باعث شده، در تحلیل سیستمی آن‌گونه که مورد تأکید نظریه آشوب است، علاوه بر آنکه هیچ متغیری نادیده انگاشته نمی‌شود؛ بلکه میزان اثرگذاری آنها نیز بدون استثناء مورد سنجش قرار می‌گیرد. مدل تبیینی ارائه‌شده از سوی این رویکرد، مشتمل بر مجموعه‌ای از متغیرها و روابط درونی است که اثر تمامی آنها در چارچوب یک نگاه سیستمی مبتنی بر اثرگذاری نهایی سنجیده شده است. این ویژگی باعث می‌شود در تبیین علت وقوع یک اعتصاب عمومی، تمامی عناصر شناسایی و اثر هر یک به صورت مجزا سنجیده شود. اعتصاب عمومی به‌عنوان یک اقدام جمعی که می‌تواند تثبیت یا گسترش یک نظام سیاسی را به مخاطره بیندازد یا دچار اختلال کند، ممکن است در اثر یک تأخیر در ارسال محموله لاستیک از سوی کشور مبدأ، ترخیص قطعات خودرو از سازمان گمرگ یا تصمیم ساده تصمیم‌گیران سیاسی در خصوص افزایش ۵ درصدی عوارض جاده‌ای صورت گیرد که به واسطه آن اتحادیه کارگری واکنش نشان داده و در نتیجه اعتصاب عمومی آغاز و جریان حمل و نقل جاده‌ای کشور دچار اختلال شود.

۵. پیش‌بینی وقوع در مقیاس کوتاه‌مدت

آخرین ویژگی و ملاحظه تئوریک رویکرد آشوب به‌عنوان نتیجه رعایت الزامات مورد اشاره، ناظر بر ساحت پیش‌بینی است. باتوجه‌به بنیادهای معرفتی و گزاره‌های مفهومی این نظریه، امکان پیش‌بینی‌های قطعی و بلندمدت وجود ندارد. نظریه آشوب با اتکا بر چارچوب‌های مفهومی خود بر شناخت وضعیت فعلی روابط عناصر تأکید داشته و بر این باور است که در

صورت تحقق این شناخت، به صورت احتمالی و کوتاه‌مدت می‌توان شرایط آتی سامانه غیرخطی مورد مطالعه را پیش‌بینی کرد. حساسیت به شرایط اولیه و نبود اثرگذاری متوازن عناصر سازنده سیستم، ممکن است مسیر سامانه را در مقاطع زمانی مختلف به جهات گوناگونی سوق دهد. شناخت لحظه‌ای و مستمر عناصر سامانه و روابط درونی میان آنها، در عین در اختیار قراردادن شناخت و تبیین عمیق، ولی امکان پیش‌بینی با برد کوتاه را فراهم می‌آورد. در مقابل، تبیین‌های اثباتی قرار دارند که پس از شرح توصیفی پدیده‌ها و روابط آنها (در چارچوب روابط خطی)، پیش‌بینی‌های بلندمدت و به‌طور تقریبی قطعی را ارائه می‌دهند. به‌رغم انجام مطالعات گسترده در کشورهای حوزه غرب آسیا و شمال آفریقا، وقوع انقلاب‌ها در این کشورها، بسیاری از پژوهشگران و نظریه پردازان را غافلگیر کرد. تبیین‌های تک خطی و عدم نگرستن به کشورهای این منطقه با نگاه سیستمی (بی‌توجهی به عناصر سازنده و روابط درونی میان آنها)، احتمال وقوع انقلاب در این کشورها را تا حدودی نامحتمل ارزیابی می‌نمود (که این امر ناظر بر پیش‌بینی‌های بلندمدت بود). با اتکای بر رویکرد نظری آشوب این امکان فراهم است که این کشورها به‌مثابه سامانه‌هایی لحاظ شوند که ساختار روابط درونی میان آنها، سیستمی را پیش‌روی قرار می‌دهد که در چارچوب آن خودسوزی یک فرد (باتوجه‌به حساسیت به شرایط اولیه و اثر پروانه‌ای) در کشور تونس ممکن است ضمن ایجاد انقلاب در همان کشور، زمینه‌ساز وقوع انقلاب و تغییرات بنیادی در کشورهای همسایه شود.

نتیجه‌گیری

فرایند تحلیل امنیت به‌عنوان مرکز فعالیت‌های مراکز پژوهشی راهبردی و سازمان‌های امنیتی، شامل مراحل است که تبیین در آن از جایگاه برجسته‌ای برخوردار است. در مرحله تبیین، پژوهشگر مطالعات راهبردی و امنیتی به‌دنبال بیان علت (های) وقوع پدیده/ رویداد بوده و تلاش دارد از طریق این علت‌یابی، مسیر آینده را پیش‌بینی و در صورت لزوم هشدارهای مقتضی را به تصمیم‌گیران سیاسی ارائه دهد. نبود شناخت و تبیین صحیح، منجر به پیش‌بینی نادرست و در نهایت اعلام هشدارهای غلط یا حتی نبود اعلام هشدار در زمان لازم و در نتیجه موجب وقوع غافلگیری و ضربه به نظام سیاسی مستقر می‌شود. به منظور پیشگیری از این

پیامد پرهزینه، لازم است مراکز مطالعاتی راهبردی با حساسیت های زیاد، گام شناخت و تبیین در فرایند تحلیل امنیت را هرچه مستدلتر و متقنتر بردارند.

باتوجه به تغییرات جهان امروز، شاهد وقوع پدیده/ رویدادهایی (اعم از امنیتی و غیرامنیتی) هستیم که دیگر امکان شناخت آنها از طریق رویکرد اثباتی که بر روابط خطی و متناوب تأکید دارد، فراهم نیست. در کنار سامانه‌هایی که در امتداد یک نظم ظاهری و آشکار حرکت می‌کنند، سیستم‌هایی وجود دارند که حرکتی آشوبناک و آشفته از خود به نمایش می‌گذارند. رویکرد اثباتی (نیوتنی- لاپلاسی) توانایی علمی لازم جهت شناخت این سامانه‌ها را ندارد و در صورت به‌کارگیری، این رویکرد یا شناخت و تبیین ناقص و مخدوش عرضه می‌کند یا آنها را به‌عنوان موارد غیرقابل شناخت از دایره کنکاش‌های تبیینی- امنیتی خارج می‌نماید. نظریه آشوب با تأکید بر ۱. لزوم نگرستن به پدیده/ رویداد به‌مثابه یک سیستم و کلیت به هم پیوسته؛ ۲. توجه به تمامی عناصر متشکله و روابط درونی آنها؛ ۳. تمرکز بر اثرگذاری نامتوازن عناصر سامانه در سنجش و اندازه‌گیری‌های نهایی و ۴. انتخاب برش‌های زمانی و مکانی در سطح مقیاسی وسیع‌تر، این‌گونه پدیده/ رویدادها را به درستی شناخته و تبیین‌های علمی لازم را نیز ارائه می‌دهد. باتوجه به حساسیت‌های سیستم به وضعیت اولیه و وزن‌های نامتوازن عناصر، نظریه آشوب در عین حالی که از وضعیت (امنیتی) موضوع مورد مطالعه پیش‌بینی معینی ارائه می‌دهد ولی این پیش‌بینی را برخلاف رویکرد اثباتی (که با برد بلند و به صورت قطعی عرضه می‌کرد) برای آینده نزدیک تدوین می‌کند.

در حال حاضر بسیاری از سیستم‌های اجتماعی و پدیده/ رویداد (های) امنیتی، را می‌توان در چارچوب نظریه آشوب تعریف و محور مطالعه قرار داد. سیستم‌هایی که ذیل روابط غیرخطی و غیرمتناوب عمل کرده و تبیین آنها از توان رویکرد اثباتی خارج بوده یا شناخت ناچیزی را فراهم می‌آورد. لازمه این تحلیل، تغییر نوع نگرش به پدیده‌ها و جهان خارج است. وقوع تجمع، تحصن، اعتصاب عمومی، کودتا، جنبش‌های اجتماعی، اعتراضات جمعی، انقلاب‌ها و... از جمله موضوعات مهم امنیتی و سیاسی هستند که می‌توان در چارچوب نظریه آشوب و با به‌کارگیری مختصات تئوریک آن، مورد شناخت عمیق‌تر قرار داد و علل وقوع آنها را تبیین کرد.

منابع

- آبرامز، ایوونا و سردار، ضیاءالدین (۱۳۸۹)، آشنایی با آشوب، ترجمه: سیدمهدی مازوچی و فرینا ساعتی، تهران: سرای دانش.
- اعتباریان، اکبر (۱۳۸۶)، نظم در آشوب، مجله تدبیر، شماره ۱۹۰، صص ۴۰-۳۵.
- اکوانی، سیدمحمد... و موسوی‌نژاد، سیدولی (۱۳۹۳)، هویت اسلامی- ایرانی از دیدگاه نظریه آشوب و پیچیدگی، جامعه‌شناسی کاربردی، سال ۲۵، شماره پیاپی ۵۶، شماره ۴، زمستان، صص ۱۶۷-۱۴۹.
- _____ (۱۳۹۲)، نظریه آشوب؛ مدلی برای تحلیل پیچیدگی فضای سیاسی ایران، پژوهشنامه علوم سیاسی، سال ۸، شماره ۲، بهار، صص ۲۲۵-۱۸۳.
- الوانی، سیدمهدی و دانایی‌فرد، حسن (۱۳۷۸)، تصمیم‌گیری از نگاه نظریه آشوب، فصلنامه تحول اداری، دوره ۵، شماره ۲۱، صص ۲۵-۱۲.
- الوانی، سیدمهدی (۱۳۷۸)، بازتاب جلوه‌های نظریه بی‌نظمی در مدیریت، مجله مطالعات بهبود و تحول، شماره ۲۲ و ۲۱، صص ۵۳-۳۸.
- الوانی، سیدمهدی و دانایی‌فرد، حسن (۱۳۸۴)، تئوری نظم در بی‌نظمی و مدیریت، تهران: انتشارات صفار.
- بنتون، تد و کرایب، یان (۱۳۸۴)، فلسفه علوم اجتماعی، ترجمه: شهناز مس‌می‌پرست، تهران: نشر آگه.
- چالمرز، آلن‌اف (۱۳۸۳)، چیستی علم، ترجمه: سعید زیباکلام، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی در دانشگاه‌ها (سمت).
- حسینی، سیدمحمدحسین (۱۳۹۶)، درآمدی انتقادی بر نظریه‌های آشوب و پیچیدگی، پژوهش‌نامه انتقادی متون و برنامه‌های علوم انسانی، سال هفدهم، شماره ششم، صص ۱۷۵-۲۰۸.
- دواس، دی‌ای (۱۳۸۳)، پیمایش در تحقیقات اجتماعی، ترجمه: هوشنگ نایی، تهران: نشر نی.
- رستگاری، عباس‌علی و ثقفی، بابک (۱۳۸۴)، عملکرد سیستم‌های مدیریت کیفیت در نظریه آشوب، مجله مدیریت، شماره ۱۱۱، صص ۱۷-۱۳.
- رضائیان، علی (۱۳۸۵)، مبانی سازمان و مدیریت، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی در دانشگاه‌ها (سمت).
- روزنا، جیمز (۱۳۸۳)، آشوب در سیاست جهان، ترجمه: علیرضا طیب، تهران: روزنه.
- سلامی، امیربهادر (۱۳۸۱)، آزمون روند آشوبی در بازده سهام بازار اوراق بهادار تهران، پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۵، صفری، بهروز (۱۳۹۰)، نظریه آشفتگی و آشفتگی در ایران، مجله مطالعات اجتماعی ایران، دوره ۵، شماره ۴، زمستان، صص ۸۵-۶۲.
- گلیک، جیمز (۱۳۸۳)، تئوری نظم در آشفتگی، ترجمه: محسن قدمی و مسعود نیازمند، تهران: سیمای جوان.
- مشیری، سعید (۱۳۸۱)، مروری بر نظریه آشوب و کاربردهای آن در اقتصاد، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۱۲، پاییز، صص ۵۱-۱۱.
- ملک‌عباسی، منصور (۱۳۸۱)، هندسه فراکتال در جغرافیا، رشد آموزش جغرافیا، شماره ۶۲، صص ۴۹-۴۶.

مهرعلیزاده، یدا... و زندوانیان، احمد (۱۳۸۵)، ضرورت بازنگری مدیریت آموزشی در پرتو نظریه آشوب و کارآفرینی سازمانی، فصلنامه مدیریت فردا، سال ۴، شماره ۱۴ و ۱۳، بهار و تابستان، صص ۱۵۲-۱۴۳.

مهری، علی (۱۳۸۱)، کاربرد نظریه بی‌نظمی در سازمان‌ها، مجله تدبیر، شماره ۱۲۹، صص ۲۷-۲۲.

نیکوکار، غلامحسین و قربانزاده، وجه... (۱۳۸۴)، مدیریت سازمان‌های بی‌نظم، مجله دانشکده علوم انسانی، شماره ۶۰، صص ۳۱-۱۳.

- Cartwright, T.J. (1991), Planning and Chaos Theory, Journal of American Planning Association, p 56-44.
- Creswell, John W. (2013), qualitative inquiry and reseach design: choosing among five approaches, SAGE Publication.
- Devaney, Robert L. (2003), Introduction to Chaotic Dynamical Systems, Westview Press.
- Edward, Ott (2002), Chaos in Dynamical Systems, New York: Cambridge University Press.
- Fichter, Lynn and E J Pyle and S J Whitemeyer (2010), Stertegies and Rubrics for Teaching Chaos and Complex Systems Theories as Elaborating and fractionating evolutionary system, Journal of Geosciences Education, p: 85- 65.
- Levy, David (1994), Chaos Theory and Strategy: theory, application, and managerial implication, Strategic Management Journal, Vol. 15.
- Kiel, L.D. Elliott, E.W. (1997), Chaos theory in the social sciences: Foundations and applications, Michigan: University of Michigan Press.
- Lorenz, E.N. (1996), The Essence of Chaos, Washington: University of Washington Press.
- Mantzavinos.c (2009), Philosophy of the Social Sciences, Philosophical Theory and Scientific Practice, Cambridge University Press.
- Moon, Francis (1990), Chaotic and Fractal Dynamics, New York: Springer Verlag LLC.
- Morgan, Garet (1997), Image of organization, SAGE Publication.
- Ritchie, W.Brent (2003), Chaos, Crises and Disaster: Tourism Managment, Vol.23 october.
- Tufillaro, Abbott Reilly (1992), An experimental approach to nonlinear dynamics and chaos, New York: Addison Wesley.
- Gleick, J. (2011), Chaos: Making a new science. Open Road Media.