Archive of SID

علـوم محـیـطی سال چهارم، شماره دوم ، زمستـان ۱۳۸۵
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.4, No.2 , Winter 2007
۸۵-۱۰۰

منظر پیچیده و پیچیدگی منظر
بررسی نقش پیچیدگی در پایداری سیستم‌های اکولوژیک

محمدرضا مثنوی*[۱]، هادی سلطانی فرد
گروه مهندسی طراحی محیط دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

چکیده

شناخت ماهیت پیچیده جهان و درک فرآیندها و روابط میان اجزاء آن همواره یکی از اهداف علوم معاصر بوده است. از سویی پیچیدگی جهان درتضاد با سادگی قوانین فیزیکی قرار دارد. در دهه‌های اخیر بررسی این روابط و مطالعه آنها در شکل جدیدی از علوم ارائه گردیده است که توانسته ماهیت این فرایندها را توجیه نماید. اگرچه درک این رفتارها منجر به وضع قوانین جدیدی نشده است اما ره‌یافت حاصل از آن مفاهیم فیزیک و ریاضیات کلاسیک را به چالش کشیده است. در دهه‌های آخر قرن بیستم مطالعهٔ رفتارهای غیرخطی و پویای سیستم‌ها و نتایج حاصل از آنها در قالب *تئوری آشوب* و نهایتاً پیچیدگی ارائه و منجر به درک عمیق‌تری از قوانین حاکم بر جهان شده است. در این میان پیچیدگی بواسطهٔ ارتباط تنگاتنگ با *تئوری آشوب*، اغلب مفاهیم ارائه شده در این تئوری را بسط داده و مجموعهٔ حاصل از آن را در قالب *تئوری پیچیدگی*[۱] ارائه کرده است. در این رویکرد، برخلاف پندارهای پیشین چنین انگاشته می شود که قوانین یا رفتارهای ساده می‌توانند در بسط و تکرار خود منجر به بروز رفتارهای بسیار پیچیده شوند. درعین حال رفتارهای پیچیده در نتیجه تعاملات میان سیستم پیچیده و محیط پیرامون آن حاصل می شوند. در مجموعه سیستم‌های موجود سیستم‌های اکولوژیک از اهمیت خاصی برخوردارند زیرا عامل مهمی در برقراری و تعادل چرخه حیات محسوب می‌گردند. سیستم‌های اکولوژیک بخش عمده‌ای از طبیعت پیرامون ما را تشکیل می‌دهند که شناخت فرآیندها و مکانیسم‌های حاکم و درک ماهیت روابط میان اجزای آنها می‌تواند رهیافت مناسبی از چگونگی سازوکار سیستم‌های پیچیده فراهم آورد. سیمای سرزمین و به عبارتی دیگر منظر یکی از این سیستم‌های اکولوژیک به شمار می رود که با توجه به ویژگی‌های خود قادر است در مقابله با تغییرات پارامترهای محیطی و اختلالات وارده به آن پاسخ مناسبی ارائه نماید. شناخت این فرآیندها می‌تواند ره یافت مناسبی از مکانیسم‌های موجود در سیستم‌های اکولوژیک فراهم آورد و در نهایت زمینهٔ مناسبی را برای شناخت عملکرد سیستم‌های پیچیده و در سطحی بالاتر، سیستم‌های زنده و رفتارهای اجتماعی و سازمانی آنها فراهم آورد.

کلید واژه‌ها: نظریه پیچیدگی، آشوب، سیستم‌های اکولوژیک، سیمای سرزمین، منظرپایدار، فرایندهای منظر.

Complex Landscape and Landscape Complexity, The Role of Complexity in Sustainability of Ecological Systems

Mohammad Reza Masnavi*, Hadi Soltani Fard
Department of Design Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran

Abstract

Understanding the complex nature of the universe, the relationship between its components and processes has long been considered the major objective of the scientific discourses. Investigation of these relationships has been evolved and presented in the new scientific frameworks during the recent decades. This has led to the new explanation of the characteristics of universe. Although it has not been accompanied by the development of new scientific rules, the resulting approach has challenged the classical concept of physics and mathematics. Study of nonlinear and the dynamic systems led to the development of the chaos theory and eventually to *Complexity* in the last decades of the 20th century. This has helped us in better understanding of the laws of universe. The issue of complexity through its close relation with the Chaos Theory has led to expanding the concepts and formulating them into the Complexity Theory framework. According to complexity theory, sources of complex processes and behaviours of a system might be relying on the simple/repetitious actions of behaviours which might be turned into the complex phenomena in interaction with their environments. Ecological systems create the major components of our natural surrounding environment. They show complex patterns and behaviours in space and time. The knowledge of dominant processes and mechanisms of this environment and its components, therefore, can be viewed as an essential element for better understanding of the complex systems. Landscape is considered as an example of ecological systems and interacts with the larger environmental parameters and structures. This paper is aimed at the development of a framework within which the interaction of environment and complex system can be formulated and explained in accordance with landscape sustainability.

Key words: the complexity theory, landscape, chaos, ecological systems, sustainable landscape. landscape processes.

* Corresponding author. *E-mail Address:* Masnavim@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تئوری پیچیدگی، مفاهیم و تعاریف

پس از ظهور نظریه آشوب و تئوری پیچیدگی در دهه ۶۰ میلادی، مفهوم پیچیدگی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در طبقه بندی سیستم‌های طبیعی و مصنوع به شمار می‌رود. واژه پیچیدگی در لغت به معنی *ابهام، غموض و روشن نبودن* است (دهخدا، ۱۳۶۹) اما در مفهوم خود به معنی عدم امکان ساده کردن مطرح می‌شود. فرهنگ آکسفورد مفهوم پیچیدگی را به "حالت متشکل بودن از تعداد زیادی بخش یا قسمت" و "حالت دشوار بودن برای درک وفهم " تعریف می‌کند. با توجه به پیچیدگی یک سیستم می‌توان سطوح مختلفی از پیچیدگی را که به طور مستقیم در ارتباط با سیستم باز و زنده و میزان توانایی آن‌ها برای بقا در شرایط مختلف است تعریف کرد. حالت‌های نادر و خاص در این زمینه می‌توانند محدود به برخی از سیستم‌های مصنوع با قابلیت آموزش، فراگیری و پاسخگویی محدود از طریق هوش مصنوعی باشد(Mirowski, 1990). با توجه به ویژگی‌های ارائه شده در زمینه سیستم‌های پیچیده، می‌توان پیچیدگی را توانایی خود-سازماندهی سیستم و دستیابی به مرزی بهینه از تعامل و پاسخگویی به شرایط محیط در سیستم‌های پیچیده و مصنوع تعریف نمود. به بیان دیگر می‌توان گفت که مفهوم پیچیدگی به ارئه توصیفی از چگونگی پیدایش نظم از بی نظمی ظاهری در سیستم‌های پیچیده می‌پردازد. در این میان شبکه‌های عصبی مصنوع[۲] نمونه قابل توجهی از این سیستم‌ها می‌باشند که قادرند با قرارگیری در شرایط مختلف تعریف شده از سوی کاربر، تحت آموزش قرار گرفته و در نهایت در برابر محرک‌های محیطی(تغییر برنامه)، پاسخ مناسبی ارائه نمایند(Kauffman, 1993).

آشوب و پیچیدگی گرچه اغلب با یکدیگر مورد بحث قرار می‌گیرند امّا باید توجه داشت که این دو مفهومی کاملاً متمایز از یکدیگر را ارائه می‌کنند. آنچه که در آشوب بدان پرداخته می‌شود، مطالعه چگونگی پیدایش رفتارهای پیچیده از قوانین موجود در سیستم‌های ساده است؛ در حالی‌که پیچیدگی چگونگی ساز و کار سیستم‌های پیچیده و تبدیل عناصر ساده به سیستم‌های پیچیده می‌پردازد(Goldberg and Markozcy, 2001). نکته کلیدی در این نظریه این است که کل بیشتر از جمع جبری اجزا آن است.

در حقیقت موضوع اصلی در پیچیدگی برهم کنش‌های ساده‌ای است که اغلب شکل ساده و تکراری به خود می‌گیرند امّا در تعامل با محیط و با اجزاء دیگر شکلی پیچیده می‌یابند و منجر به ارتقاء سیستم به سطح بالائی از الگوها می‌شوند. .همچنین غیر خطی بودن رفتار مجموعه در همه مقیاس‌ها از شرایط لازم برای وجود پیچیدگی است. نمونه های بسیار رایج، بدن موجودات زنده،جریان‌های آشفته، آثاری از گونه حیات و زنده بودن از خصایص بارز در بیشتر پدیده‌های پیچیده است[۳].

روش تحقیق

در پژوهش حاضر با استفاده از روش مرور منابع و مطالعات کتابخانه ای در زمینه مفاهیم و تعاریف و نظریه‌های جدید و رایج در عرصه منظر یا سیمای سرزمین، رویکردهای نوین در شناسایی، تحلیل و ارزیابی اکولوژیک منظر مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. با توجه به چند وجهی بودن پدیده منظر به عنوان یک موجودیت پویا و متحول شونده در طول زمان ضرورت فراهم کردن بستری برای بررسی مقایسه‌ای رویکردهای نوین و روش های تحلیل منظر که قادر به درک و تبیین وجوه متعدد منظر و به عبارت دیگر پیچیدگی نهفته در آن باشند بیش از پیش آشکار شده است. با وقوع برخی اتفاقات غیر منتظره زیست محیطی نظیر پدیده گرمای زمین و جذر و مد دریاها... و برخی تحولات اجتماعی به‌ویژه در دهه‌های پایانی قرن بیستم از یک سو و قاصر

www.SID.ir

Archive of SID

ماندن رویکردهای مکانیستیک به جهان پیرامون و عناصر سازنده آن از پاسخگویی و تحلیل شرایط از سوی دیگر، زمینه‌های کاستی تفکرات مبتنی قطعیت علمی مطرح شده و در نتیجه رویکردهای مبتنی بر نظریه آشوب و متعاقب آن سیستم‌های غیر خطی و پیچیده بتدریج در حوزه های مختلف علمی و اندیشه‌ای گسترش پیدا می‌کنند. . منظر یا سیمای سرزمین از این مقوله مستثنی نیست. روش تحلیل مقایسه‌ای رویکردهای منظر برای ایجاد بستری مناسب برای شناخت و درک بهتر منظر و ساختار و عناصر متشکله آن به‌کار گرفته شده است.

سیستم پیچیده

با فرض اینکه بتوان تئوری پیچیدگی را مطالعه ساختار و عملکرد سیستم‌های پیچیده و چگونگی پیچیده شدن یک سیستم دانست نیاز به شناخت سیستم وعوامل موثر در پیچیدگی آن ضرورت اساسی است. بنابراین درک پیچیدگی در سیستم‌ها نیازمند درک ماهیت این سیستم‌ها و ساختار و اجزای تشکیل دهنده آن خواهد بود. با توجه به تعریف مفهوم پیچیدگی می‌توان گفت که هر سیستم پیچیده سیستمی کاملاً عملکردی است که شامل اجزاء متغیر و وابسته به هم است. برخلاف یک سیستم کلاسیک که دارای اجزاء ثابت و روابط کاملا تعریف شده‌ای است، اجزای یک سیستم پیچیده رفتارهای ثابت یا مقادیر ثابت ندارند و عملکردهای انفرادی آنها نیز ممکن است با روش‌های کلاسیک قابل تبیین نباشد(Lucas, 2006). ازاین‌رو می‌توان گفت که اندازه و گستره یک سیستم رابطه‌ای با بعد فیزیکی سیستم ندارد، بلکه میزان پیچیدگی یک سیستم است که اندازه یا وسعت سیستم را تعیین می‌کند. پیچیدگی یک سیستم حاصل میزان تنوع[4] آن سیستم است "تنوع بیان سیستمی پیچیدگی است و عبارت از تعداد حالاتی است که یک سیستم می‌تواند از آن برخوردار باشد لکن باید در نظر داشت که تعداد حالات، خود را دراثر افزایش تعداد عناصر یا ویژگی‌ها و خواص عناصر، رو به افزایش می‌گذارد." (رضائیان، ۱۳۷۷). چنین سیستم‌هائی بخش اعظم جهان ما را تشکیل می‌دهند و طیف وسیعی از ارگانیسم‌های زنده و سیستم‌های اجتماعی و حتی بسیاری از سیستم‌های غیرارگانیک طبیعی را در برمی‌گیرند (Lucas, 2006). بنابراین از نگاه تئوری پیچیدگی، مهم‌ترین عامل در شکل گیری یک سیستم پیچیده ماهیت غیرخطی[5] تعاملات میان اجزاء سیستم است که سبب می‌گردد که تعریف یک سیستم پیچیده منحصر به توصیف عناصر یک سیستم نشده و به تعداد اجزای آن کاهش نیابد(Gershenson and Heylighen, 2004). در این نظریه درک این نکته بنیادی که کل بیشتر از جمع جبری اجزا آن است سبب می‌شود تا سیستم‌ها به‌صورت کلیت‌هایی مد نظر قرارگیرند که واجد پتانسیل‌هایی فراتر از کمیت‌های تشکیل دهنده آنها بوده و درنتیجه قابل تجزیه به (صرفا) عناصر متشکله نباشند.

سیستم های اکولوژیک

منظر یا سیمای سرزمین به عنوان یک سیستم اکولوژیک

منظر و مفروضات آن را می‌توان به صورت عناصر متشکله مرتبط بایکدیگر دریک سیستم پیچیده انطباقی، کره زمین،مد نظر قرار داد.(Witting, 2003). آنچه که در تعریف منظر یا سیمای سرزمین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، ماهیت اجزاء و نحوه ارتباطات آنها است. از این‌رو گاه منظر یا سیمای سرزمین در مفهوم کلی خود " مجموعه‌ای از پدیده‌های زنده و غیر زنده و روابط آنها در فضای سه بعدی کره زمین " تعریف می‌شود که می‌تواند به وسیله ساختار افقی، عمودی و تلفیق مشخصه‌های آن نظیر جو، توزیع ارتفاعات، خاک، آب، سنگ بستر، پوشش گیاهی، حیوانات و انسان مشاهده و تشخیص داده شود(Cook and Lier, 1994) و گاه به عنوان کل پدیده های زیستی و غیرزیستی تعریف

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود که از طریق ساختار افقی و عمودی در ابعاد سه بعدی کره زمین با یکدیگر ارتباط یافته و ترکیب پارامترهایی متنوع نظیر اتمسفر، خاک، آب، شکل زمین، جانوران، گیاهان و انسان را به وجود می‌آورند(Zonneveld, 1994). به طور کلی اصطلاح "منظر" در شکل لاتین خود؛ Landscape, به معنای "سیمای سرزمین" در مقابل واژه Land به معنای سرزمین به کار برده می‌شود. در نتیجه شناخت تفاوت "سرزمین" و"سیمای سرزمین" برای درک بهتر نحوه کارکردهای آنها ضروری است.

"سرزمین"را بیانگر تعدادی پارامترهای سطحی و یا نزدیک به سطح کره زمین می‌دانند که برای انسان اهمیت دارند. از آنجا که ماهیت این پارامترها به طور انفرادی و همچنین با یکدیگر با هم متفاوتند، وجود چنین تفاوت‌هایی منجر به بروز تفاوت‌هایی در ویژگی‌های سیمای سرزمین می‌گردد. مجموعه این پارامترها را منابع طبیعی یا منابع اکولوژیک می‌نامند که منابع اولیه در ساختار اصلی سرزمین در بخش‌های مختلف کره زمین را پدید می‌آورد. در مقابل، واژه‌های "سیمای سرزمین" یا "زمین نما" برای بخشی از سرزمین به کار برده می‌شود که از یک نقطه یا چشم انداز دیده می‌شود. تفاوت دیگر "سرزمین" با "سیمای سرزمین" این است که در سیمای سرزمین اگر جلوه هایی از منابع اقتصادی- اجتماعی نیز دیده شوند، می‌توان آنها را نیز در تشریح سیمای سرزمین یک‌جا به حساب آورد (مخدوم، ۱۳۸۰).

اجزای تشکیل دهنده سیمای سرزمین

اکولوژی منظر یا سیمای سرزمین به عنوان یک علم در حال توسعه در صدد تلفیق جامع الگوهای تبادلات و تاثیرات انسان بر محیط به منظور درک و مدیریت مناطق گسترده می‌باشد(SERC, 2006). اکولوژی منظر به مطالعه واستفاده از اطلاعات مربوط به الگوها و فرایندهای اکولوژیکی و چگونگی تداخل آنها باشکل زمین در مقیاس‌های مختلف از خرد تا کلان می‌پردازد (Bell, 1999). در نتیجه شناخت عناصر ساختاری سیمای سرزمین که در مقیاس‌های مختلف مبنای عملی قرار می‌گیرد، حایز اهمیت است.

از دیدگاه اکولوژی منظر یا سیمای سرزمین، مجموعه‌ای از ساختارهای بنیادین که شامل، لکه‌ها، کریدورها و ماتریس به همراه مرز و محدوده یا اکوتون‌ها[۶] هستند را یک واحد منظر[۷] می‌نامند (Godron and Forman, 1986). هر واحد منظر به دلیل ماهیت خود سیستمی زنده محسوب می‌شود که قادر است در طول زمان در تعامل با محیط و واحدهای دیگر رشد و توسعه یابد. توسعه هر واحد منظر به تنهایی و یا ارتباط آن با واحدهای دیگر ممکن است منجر به شکل گیری اکوسیستم‌ها با ساختاری کاملاً پیچیده گردد.

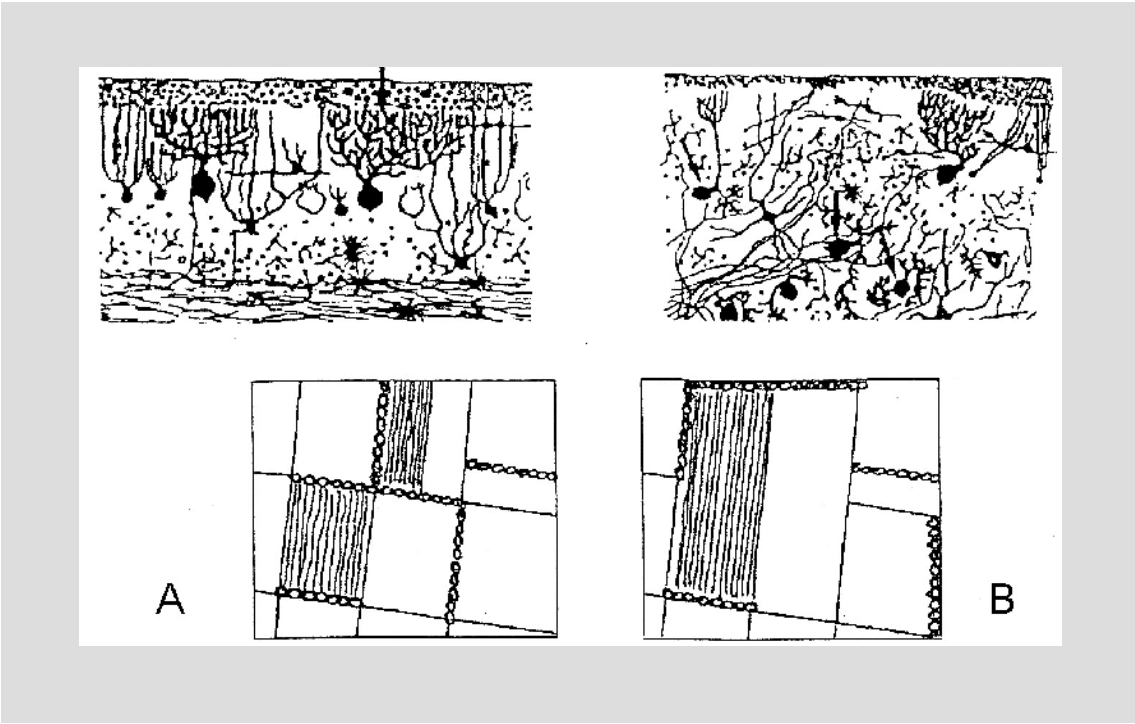
بنابراین می‌توان گفت که هر اکوسیستم از لایه‌های متعددی تشکیل شده است که بخش اعظم این لایه‌ها اختصاص به توده‌های گیاهی و جوامع جانوری دارد که مرزهای دقیق یک اکوتوپ (کوچک‌ترین واحد زمین) را تعریف می‌کنند. این محدوده‌ها در کنار مرزهای انسانی و توپوگرافیک اغلب نقش مشابهی داشته و در این میان کارکردهای انسانی در تعریف بسیاری از حد و مرزها عملکردی تکاملی داشته‌اند و بنابراین واجد نقش متمایزی در شکل گیری واحدهای منظر می‌باشند (Ingegnoli, 2002).

هر واحد منظر همانند سلول ساده‌ای از یک ارگانیسم زنده به شمار می‌رود به گونه‌ای‌که بهبود عملکرد یک سلول در گرو سازگاری با شرایط نامساعد محیط(به عنوان اختلال) بوده و از این طریق و بدین وسیله بقای خود را تضمین می‌کند (شکل۱).

اکولوژی منظر به عنوان یک علم در حال توسعه در صدد تلفیق جامع الگوها وتبادلات وتاثیرات انسانی بر محیط به منظور درک ومدیریت مناطق وسیع طبیعی ومصنوعی میباشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- مقایسه میان واحد منظر و سلول. تغییرات عمده در شرایط محیطی(A) باعث تغییرات عمده در ساختار هر دو سیستم می شود(B). ماخذ:(Ingegnoli, 2002)

ارائه پاسخ مناسب به دگرگونی‌های محیط باعث ورود سیستم به حالت جدید و ارتقاء آن به مرحله‌ای بالاتر می‌شود. چنین روندی در ساختار یک سلول به عنوان فرآیند تقسیم سلولی و در طبیعت شامل توسعه اکوسیستم‌ها در محیط‌های بکر و یا حفاظت شده، قابل مشاهده است.

۵- منظر پیچیده

پیچیدگی در سیستم‌های اکولوژیک

هدف اصلی تحلیل‌های اکولوژیکی درک چگونگی عملکرد اکوسیستم و چگونگی تاثیر تغییرات در طی زمان بر آن می‌باشد (Bell, 1999). در نتیجه نیاز به شناخت دقیق عناصر متشکله این سیستم‌ها آشکار می‌گردد. از سوی دیگر سیستم‌های اکولوژیکی سیستم‌هایی پویا هستند که حالت آنها با زمان و طی یک رفتار پیچیده تغییر می‌کند(Rai and Madhur, 2004).

بنابر این درک و تعیین پیچیدگی و پویایی یک سیستم اکولوژیکی برای طراحان و برنامه‌ریزان با هدف بازیابی، ترمیم و مرمت اکوسیستم‌های زیان دیده حیاتی است (Bell, 1999). بر این اساس در خلال سال‌های قرن بیستم، بسیاری از تحقیقات تئوری و تجربی بر روی درک ساختار و دینامیزم جوامع بیولوژیک، عناصر ساختاری منظر و اکوسیستم‌ها متمرکز شد تا بدین وسیله ترکیبات و مطالعه روابط میان آنها جدا از تأثیرات پیچیدهٔ سیستم‌های بزرگتر مشخص شود (Brown *et a.l*, 2001). این اهداف منجر به شکل‌گیری استراتژی مدوّنی جهت درک فرآیندهای اساسی اکولوژیکی نظیر پاسخ دادن به شرایط غیر زندهٔ محیط، محدودیت منابع غذایی، آب و مواد ارگانیک و تعاملات رقابتی گردید؛ که مهم‌ترین آنها دستیابی به الگوهای سیستمی و کل گرایی و ره‌یافت‌های ترکیبی بود که باعث مطالعهٔ چگونگی تأثیر ترکیبات و سیستم‌های متأثر از سیستم‌های بزرگتر و

www.SID.ir

Archive of SID

پیچیدهٔ دیگر گردید. نتایج حاصل از روش‌های مذکور که در سایهٔ مطالعات پیوسته و طولانی در دهه‌های متوالی در شرایط آزمایشگاهی و یا محیط‌های طبیعی به‌دست آمد، سطوح مختلف موجودات زنده را مشخص و انواع مختلف پیچیدگی را از یکدیگر متمایز نمود. بر این اساس وینبرگ[8] و وینبرگ (۱۹۷۹) براساس اجزاء و تعاملات درونی در سیستم‌های اکولوژیکی سه شکل عمده پیچیدگی را مشخص کردند :

۱- *سادگی سازمان یافته*[9] **:** سیستم‌هایی اکولوژیکی که به وسیلهٔ تعداد کم اجزاء و روابط و تعاملات ساده شکل گرفته‌اند که این روابط بصورت ریاضی قابل فرموله شدن است.

۲- *پیچیدگی سازمان نیافته*[10] **:** سیستم‌هایی که از اجزاء زیادی تشکیل شده‌اند که روابط میان آنها علت و معلولی است. این روابط به‌وسیلهٔ تحلیل‌های آماری و آشفتگی معین فرموله می‌شوند.

۳- *پیچیدگی سازمان یافته*[11] **:** سیستم‌های عمده اکولوژیکی و بیولوژیکی در این بخش قرار می‌گیرند که از تعداد زیادی اجزاء تشکیل نشده‌اند امّا روابط شکلی سازمان یافته، غیر خطی و پیچیده دارند و به‌همین علت نمی‌توانند به‌طورکامل توسط روابط ریاضی فرموله شوند.

اگرچه این هر سه شکل عمده پیچیدگی در سیستم‌های اکولوژیک یافت می‌شود امّا عواملی نظیر ارزیابی آنتروپی در سیستم‌های زنده و ماهیت سیستم‌های اکولوژیک (قابلیت یادگیری و انعطاف)، نیازمند داده‌های تجربی دقیقی می‌باشند تا بتوان به‌وسیلهٔ تئوری‌های ریاضی آنها را فرموله و مشخص کرد. به همین علت سومین شکل پیچیدگی، مهم‌ترین و متداول‌ترین شکل پیچیدگی در سیستم‌های اکولوژیکی به شمار می‌رود(Ingegnoli, 2002).

دینامیزم‌های پیچیدگی اکولوژیک

دینامیزم‌های پیچیدگی شکل کلی از روابط موجود در یک سیستم اکولوژیک را ارائه می‌کند که مطالعه و شناخت آنها می‌تواند راهبردهای اساسی و مناسبی را در بررسی و تحلیل سیمای سرزمین ارائه نماید. این دینامیزم‌ها در قالب فرآیندهای مختلف شکل کاملی از کنش‌ها و و اکنش‌های موجود در سیستم‌های اکولوژیک ارائه می‌کنند. فورمن و گودرون[12] (۱۹۸۶) با بررسی این فرآیندها، مطالعهٔ دینامیزم‌های موجود در سیمای سرزمین(منظر) را به طور عمده در شش گروه مجزا تقسیم بندی کرده‌اند که عبارتند از: ۱ - فرآیندهای طبیعی در شکل گیری منظر، ۲- فرآیندهای انسانی در شکل گیری منظر، ۳- فرآیندهای عملکردی منظر، ۴- فرآیندهای تغییر شکل دهندهٔمنظر، ۵- جریان‌های موجود میان عناصر همجوار در منظر، و نهایتاً ۶-جابجایی و حرکت جوامع گیاهی و جانوری در داخل منظر.

این امر بر حضور لایه‌های مختلف و متغیرهای متعدد و موثر در چگونگی تحولات منظر دلالت دارد. مطالعه فرآیندهای مرتبط با هر یک از بخش‌ها در زمینه‌ای پیچیده و متصل از دینامیزم‌های مختلف نیازمند بررسی متوالی و پیوسته می‌باشد. به منظور بررسی بهتر فرآیندهای پیچیده و دینامیکی منظر، اینگگنولی[13] (۲۰۰۲) در پژوهش جامع‌تری این مباحث را بسط و توسعه داد. وی فرآیندهای پویای منظر را درسه گروه عمده تحت عنوان: فرآیند *عملکردهای منظر*[14]، فرآیند *ثبات منظر*[15] و فرآیند تغییر شکل‌های منظر[16] وبر حسب تعاملات اصلی هریک از آنها دسته بندی نمود که به‌طور خلاصه این بخش‌ها شامل موارد زیر می‌باشد:

فرآیند عملکردهای منظر: عبارتست از فرآیندهای عمومی، فرآیندهای ژئوبیولوژیک، فرآیندهای بیوسیستمی فرآیندهای مربوط به ساختار، فرآیندهای محدویت زدایی، فرآیندهای جابجایی و حرکت جوامع، فرآیندهای اطلاعات، فرآیندهای تولید مثل.

www.SID.ir

Archive of SID

فرآیند پایداری منظر: در برگیرنده فرآیندهای فوق پایداری[17] می‌باشد.

فرآیند تغییر شکل یا دگرگونی‌های منظر، که ناشی از فرآیندهای دگرگونی منظر می‌باشد(Ingegnoli, 2002).

علاوه بر این‌ها برخی از محققین بر **فرآیند خودسازماندهی** به عنوان یک عامل بنیادی در تداوم و بقاء سیستم‌ها تأکید می‌کنند. خودسازماندهی واکنشی است که در مقابل اثرات عوامل و نیروهای بیرونی و محیطی که موجب اختلال در سیستم می‌شوند صورت می‌گیرد. سیستم‌های باز درمقایسه با سیستم‌های بسته، دارای پتانسیل خودسازماندهی بیشتری هستند. به اعتقاد منهاج و جهانیان(۱۳۷۵) در سیستم‌های بسته (که فاقد تبادل ماده انرژی و اطلاعات با محیطاند) افزایش اختلالات منجر به مرگ سیستم می‌شود. اما ارگانیزم‌های زنده توانایی جذب و هضم این اختلال برای ادامه حیات خود را دارند. اختلال اگرچه می‌تواند به سازمان یک ارگانیزم زنده صدمه وارد کند اما در مقابل آن ارگانیزم قادر است خود را ترمیم و سازماندهی کند . زیرا در غیر این‌صورت به‌طور مثال یک بیماری کوچک می‌تواند باعث مرگ انسان (به عنوان یک موجود زنده) گردد(منهاج و جهانیان، ۱۳۷۵).

خودسازماندهی به‌عنوان قابلیت سازگاری با محیط نیز تعبیر شده است. یک سیستم در مواجهه با شرایط به‌هم ریختگی و نامتعادل و تلاطم در محیط دائماً متغیر خود باید بتواند رفتار مناسب نشان دهد. این واکنش، *سازگاری با محیط* یا *تطابق* خوانده می‌شود و سلسله عملیات مواجهه با اختلالات و تغییرات محیطی فرایند خودسازماندهی نامیده می‌شود (افتخارزاده و میرزایی، ۱۳۸۰).

بنابراین روش نامبرده که میزان پیچیدگی یک سیستم، نحوه سازوکار سیستم و چگونگی رفتار آن را در مقابل تغییرات محیط تعیین می کند. از این‌رو می‌توان گفت که قرار گیری در رژیم آشوبی[18] و در نهایت پیچیدگی لازمه هر سیستم زنده و باز از جمله سیستم های اکولوژیک به شمار می رود. تبادل ماده و انرژی در درون یک ساختار طبیعی و پیدایش تعاملات(برهم کنش‌ها) میان عناصر واحدها و عناصر همگن اکولوژیکی سبب می گردد تا سیستم به مانند یک واحد زنده عمل کرده و باعث بهبود عملکرد آن می گردد.

مجموعه ملاحظات فوق بر حضور لایه‌های مختلف و متغیرهای متعدد و موثر در چگونگی تحولات منظر دلالت دارد. تعاملات انفرادی یا جمعی این متغیرها در نهایت منجر به وضعیت یا شرایط جدیدی برای سیستم می‌شود که می‌تواند به ساده یا پیچیده‌تر شدن آن سیستم کمک نماید. یکی از عوامل اساسی در انعطاف‌پذیری، سازگاری و توسعه سیستم‌های زنده مانند منظر در داخل محیط، ظهور و پیدایش راه‌های مناسبی است که از طریق فرآیندهای حاصل از تعاملات غیرخطی درساختارهای زنده پدید می‌آید. در این میان رفتار هوشمند اغلب به‌عنوان نتیجه‌ای از تعاملات رفتارهای ساده بامحیط پیچیده تعبیر می گردد (Harter, Kozma and Grasser, 2004).

ابعاد پیچیدگی اکولوژیک

تاثیرات دینامیزم‌ها و روابط موجود در یک سیستم پیچیده اکولوژیک می‌تواند به صورت کاملاً شکلی (پیچیدگی هندسی)، و یا ماهیتی سازمانی و ساختاری به خود بگیرد که در نهایت ممکن است علاوه بر ساختار سیستم، بر نحوه عملکرد آن و یا رفتار سیستم تأثیر بگذارد. به‌طور کلی می‌توان گفت که منابع مختلف پیچیدگی و ماهیت آنها به طور عمده رابطه مستقیمی با شکل و میزان پیچیدگی یک سیستم دارد. از این‌رو در سیستم‌های با پیچیدگی بیشتر و سازمانی تخصص یافته‌تر، ماهیت پیچیدگی غنی‌تر خواهد بود. براین اساس لاهله[19]

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۰۴) حداقل ۶ بعد مختلف برای پیچیدگی اکولوژیک ارائه کرده است که به اختصار عبارتند از:

- *پیچیدگی فضایی*[۲۰]: که به توزیع گونه‌ها، ارگانیسم‌ها و الگوهای زنده در اکوسیستم دلالت دارد.

-*پیچیدگی زمانی*[۲۱]: که در اثر تغییرات آب و هوایی، پویایی جوامع زنده (نظیر انقراض، تهاجم در جوامع گیاهی) و نهایتاً پیچیدگی فضایی حاصل می‌گردد. تغییرات زمانی و یک انقراض را افزایش و شانس همزیستی بین گونه‌های مختلف را افزایش می‌دهند.

- *پیچیدگی ساختاری*[۲۲]: به روابط درون اکوسیستم نظیر ساختار شبکه غذایی، ترکیب جوامع و شبکه‌های رقابتی باز می‌پردازد. درک مکانیسم این نوع از پیچیدگی نیازمند مشاهدات تدریجی و طولانی است.

- *پیچیدگی عملکردی*[۲۳]: وابسته به عملکردهایی با مراحل و اجزاء متعدد است و شامل شکل گیری خاک، تخریب اندام و فساد جانداران است.

- *پیچیدگی رفتاری*[۲۴]: شامل رفتار جوامع زنده و وابسته به جریان اطلاعات (DNA) است. بر این اساس تغییرات محیطی می‌توانند باعث اخلال در روند جریان اطلاعات و تغییر ساختار کدهای ژنتیک یا ژنوم[۲۵] ها عمل نموده و در نهایت در شکل و ماهیت سیستم تأثیر بگذارد. موتاسیون[۲۶] یا جهش در سیستم‌های زنده نمونه‌ای از این فرآیند می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که اخلال در جریان اطلاعات به نوعی افزایش سازگاری سیستم در مقابل نوسانات محیطی است و افزایش سازگاری نتیجه‌ای از پیچیدگی رفتاری در یک سیستم پیچیده و زنده به شمار می‌رود.

۶- *پیچیدگی هندسی*[۲۷]: به‌طور عمده شامل پیچیدگی‌های هندسه تشکیل دهنده موجودات و سیستم‌های زنده است و به‌طور کلی به هندسه فراکتال مرتبط است. آنچه که بر اساس مفهوم آشوب بسیار قابل توجه است شکل گیری ابعاد مختلف پیچیدگی در ساختار منظر به‌صورت کاملاً پیوسته است که براساس اهداف موردنظر، هر یک از موارد فوق دارای شدت و ضعف خواهد بود (Loehle, 2004).

و-عوامل مؤثر در پیچیدگی سیستم‌های اکولوژیک

• عوامل محیطی

منظر به‌عنوان یک سیستم اکولوژیکی همواره در محدوده‌ای از شرایط قرار دارد که زمینهٔ رشد، گسترش و یا محدودیت را در آن فراهم می‌آورد. این شرایط می‌توانند سطح فوق پایداری را در سیستم مشخص و در "*فضای حالت*"[۱۸] آن بسط و گسترش داده شوند. دینامیزم‌هایی که باعث شکل‌گیری فضای حالت در سیستم می‌شوند یکی از عوامل اصلی و پایدار چرخهٔ محدودیت شناخته می‌شوند. این محدودیت‌ها در دینامیزم‌های یک سیستم اکولوژیکی از سطوح با مقیاس پائین‌تر حاصل شده و برخی دیگر نیز به‌وسیلهٔ سطوح بالاتر تحمیل می‌شوند (اصل سیستم‌های سلسله مراتبی). زمینه پیدایش آشفتگی‌ها به‌طور عمده شامل رژیم‌های اختلالی طبیعی هستند که می‌توانند براساس پارامترهای کمی مساحت(S)، شدت (I) و فراوانی (F) مشخص و اندازه‌گیری شوند. رابطهٔ میان این پارامترها بیانگر شدت، میزان تأثیر و مقیاس عمل آشفتگی یک سیستم اکولوژیک خواهد بود. به عنوان مثال اگر مساحت (S) و شدت (I) با یکدیگر متناسب و کیفیتی بارز و غالب داشته باشند تأثیر خیلی قوی خواهد بود(مانند طوفان) و منجر به تخریب خواهد شد.. اگر I و S و F از نظر مقدار شبیه به هم و با یکدیگر متناسب باشند آشفتگی تأثیر موضعی خواهد داشت (مثل افتادن یک درخت) و اگر F بارز و غالب باشد، مقیاس (عمل آشفتگی) عموماً کوچک و تأثیر آن بخوبی کنترل می‌شود، نظیر افزایش جوامع یک

www.SID.ir

Archive of SID

گونه در اثر فقدان گونهٔ دیگری و با افزایش خرگوش‌ها در زنجیرهٔ غذایی در فقدان گوشتخواران (Ingegnoli, 2002).

• عوامل انسانی

اختلالات انسانی نیز می‌تواند به زمینه‌های آشفتگی اضافه گردد، این اختلالات در سیستم‌هایی حادث می‌شوند که همیشه دستخوش رژیم آشفتگی طبیعی بوده و براساس نوع تأثیر می‌تواند به دو شکل عمده مثبت و منفی وجود داشته باشند:

۱ - اختلال مثبت : شامل آن دسته از فرآیندهایی هستند که می‌توانند در فرآیندهای ساختاری منظر، حرکت، رشد، تولید مثل و جریان اطلاعات دخالت کرده و عملکرد آنها را بهبود بخشند، چنین تأثیری باعث شکل‌گیری ساختارهای پیچیده شده و به پیچیدگی کلیت منظر کمک می‌کند. نظیر فعالیت‌های حفاظتی و تکثیر و پخش گونه‌های بومی(شکل۲).

۲- اختلالات منفی : شامل کلیه فرآیندهایی هستند که باعث اخلال در عملکرد صحیح عناصر منظر شده و بدین ترتیب به تخریب آن کمک می‌کند. نتیجهٔ چنین فرآیندهایی حرکت منظر به سوی سادگی، از بین رفتن زیر سیستم‌های مختلف و در نتیجه تخریب و اضمحلال می‌شود. نظیر ایجاد جاده در لکه‌های جنگلی و تخریب خاک و پوشش گیاهی (شکل۳) .

تلفیق این شکل از آشفتگی‌ها در سیستم‌های با سطح پائین‌تری از پیچیدگی غیرممکن است؛ در این میان سیستم‌های اکولوژیکی قادرند کنترل کل حالات محیطی را در اختیار بگیرند تا بتوانند تأثیر تغییرات محیطی را تا حد امکان محدود و حتی از این اختلالات به‌عنوان نیروهای عمده شکل دهنده در منظر استفاده نمایند(Makhzoumi and Pungetti, 1999).

شکل ۲- جنگلهای دست کاشت و تنوع گونه های بومی - بعنوان نمونه ای از اختلالات مثبت در منظر

شکل ۳- زمینهای کشاورزی نمونه ای از اختلالات منفی درمنظر- بعنوان عامل کنترل و کاهش میزان پیچیدگی

ز- پیچیدگی منظر، و مکانیسم ها و فرآیندهای موجود آن

• پیچیدگی منظر از نظر ساختاری

بل(۱۹۹۹) با توجه به مطالعات انجام شده توسط فارینا(۱۹۹۸) اظهار می‌دارد که تحلیل منظر یا سیمای سرزمین معمولاً با توصیف اجزا یا عناصر متشکله آن که شامل لکه‌های متفاوت از مناطق با یا بدون پوشش گیاهی، دالانها (کریدور) وبستر که در برگیرنده لکه‌ها و دالانها است آغاز می‌گردد(Bell, 1999) . افزون بر این،

www.SID.ir

Archive of SID

برخی دیگراز پژوهشگران بر نحوه چیدمان و توزیع مکانی آنها نیز تأکید نموده و اعتقاد دارند که در فرآیند تحلیل سیمای سرزمین (منظر) تاکید عمده بر اهمیت آرایش فضایی عناصر ساختاری منظر و توزیع مکانی ارگانیسم‌ها و اکوسیستم‌ها است (مخدوم، ۱۳۸۰). با پذیرش منظر به عنوان یک سیستم اکولوژیک، ضرورت قابلیت تبادل و جریان ماده، انرژی و اطلاعات در سیستم و زیر سیستم‌های آن آشکار است. اما وظیفه جریان مواد و انرژی، حرکت و جابجایی جوامع و فرآیندهای ترمودینامک که بخش عمده‌ای از مفاهیم آشوب و پیچیدگی را در خود دارند به‌طور عمده مربوط می‌شود به عناصر ساختاری تشکیل دهندهٔ منظر یا سیمای سرزمین که شامل لکه‌ها[۲۸]، کریدورها[۲۹] و ماتریس[۳۰] می‌باشد. الگوهای ساختاری تشکیل دهنده سیمای سرزمین به اندازه، شکل، تعداد، منشأ و از همه مهم‌تر چیدمان یا آرایش فضایی لکه‌ها بستگی دارد (Farina,1998). لکه به‌طور عمده محل شکل‌گیری فعالیت‌های فیزیکی _شیمیایی و بیولوژیکی منظر می‌باشد که میزان شدت آنها در لبه‌ها و فصول مشترک دو لکه همجوار افزایش می‌یابد(Ingegnoli, 2002). در عین حال یک لکه، هسته بزرگ و مرکزی را در ساختار منظر تشکیل می‌دهند که ویژگی‌های آن بیانگر عملکردهای متفاوت در بستر سرزمین می‌باشد. این عملکردها به‌وسیله فورمن و گودرون در رابطه با تغییر میزان دخالت‌های انسانی ارائه گردیده‌اند. در حومه‌های شهری لکه‌های شکل گرفته به‌طور عمده و به شکل‌های مختلف وجود دارند که هر یک با توجه به نقش کارکردی عناصر و ترکیبات آن الگوی منحصر به فردی را تشکیل می‌دهند. کریدورها اجزای دیگر ساختار سرزمین را تشکیل می‌دهند که به‌عنوان یک معبر و یا مسیر عاملی برای جریان ماه و انرژی، و حرکت موجودات زنده و یا مکانی برای گونه‌های ویژه و مرزی برای دیگر گونه‌ها می‌باشد. ایجاد رابطه فیزیکی میان لکه‌های همگن نقش مهم کریدورها می‌باشد. یکی دیگر از خصوصیات کلیدی دالان‌ها، ارتباط (پرچین‌های گیاهی) و یا انقطاع نظیر (بزرگراه‌ها) در ساختار لکه می‌شود که به ترتیب موجب افزایش پایداری و یا کاهش بقای لکه‌هامی‌شود (Farina, 1998). بستر وسیع‌ترین و متصل‌ترین عنصر منظر را تشکیل می‌دهد و نقش غالب را در کارکرد منظر ایفا می‌نماید. حداقل شش خصوصیت ساختاری منظر در بستر نمایان است که عبارتند از: ارتباط، اتصال، کنترل کنندهٔ پویایی منظر، تخلخل، شکل مرزها، ساختار شبکه و تقاطع‌های موجود در آنGodron (and Forman, 1986).

• پیچیدگی منظر از نظر رفتاری

رفتارهای متقابل میان واحدهای مختلف منظر طیف گسترده‌ای از ارتباطات را در بر می‌گیرد که سبب ایجاد تأثیرات متقابل در عناصر تشکیل دهنده منظر می‌گردد. دانه‌بندی و اندازهٔ لکه‌های شکل دهنده یک موزائیک نشان دهندهٔ این تأثیرات متقابل است. اغلب ویژگی‌های دینامیکی منظر به سطح بالاتری از پیچیدگی سیستم‌های اکولوژیکی بر می‌گرددکه شامل تنوع زیستی و طبیعی بودن لکه‌ها است (Ingegnoli, 2002). این شکل از پیچیدگی از نیاز گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری به سکونت‌گاه‌های چندگانه و گسترده منابع محیطی و شرایط بهینه برای شکل گیری دینامیزم‌های منظر ناشی می‌شود که حالتی بهینه را برای لکه‌های اکولوژیکی بزرگ بوجود می‌آورد. رابطهٔ مکملی میان اکوتوپ‌ها ممکن است دوگانگی قابل توجهی را در موزائیک‌های اکولوژیکی به‌وجود بیاورد که تغییر دهندهٔ کارکردهای فضایی و سلسله مراتبی منظر می‌باشد. برخی از شکل‌های مختلف دوگانگی نظیر شکل گیری اکوتوپ‌های شهری در موزائیک‌های کشاورزی و یا اکوتوپ‌های مرطوب در یک موزائیک طبیعی خشک، به‌وسیلهٔ اهمیت، نفوذ و سلطهٔ برخی از گروه‌های لکه‌ها در تمام کل موزائیک منظر حاصل شده است. این لکه‌ها نقش یک ربایشگر را

www.SID.ir

Archive of SID

در فضای منظر به‌خود می‌گیرند و بسیاری از الگوهای منظر را که در حال «شدن» به حالت‌های «چند عملکردی» متراکم هستند را هدایت می‌کنند.

تحلیل بعضی از اثرات می‌تواند نتایج مفیدی در بر داشته باشد. برای نمونه کنترل و حفاظت یک منطقه، تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در دانه‌بندی منظر و شکل گیری فرآیندهای طبیعی دارد که می‌تواند به شکل‌گیری الگوهای ساختاری بیانجامد. شکل‌گیری منظر انسان ساخت یکی از مثال‌های مهم در این مورد است که می‌تواند در منظر طبیعی نیز به کار گرفته شود.

روابط میان جوامع بیولوژیک وفرآیندهای خلق و اضمحلال در منظر

شکل‌گیری جوامع اولیه گیاهی و جانوری نتیجه‌ای از دینامیزم‌های توالی هستند که به میزان زیادی قابلیت پیش‌بینی دارند. گونه‌های اولیه که واجد ویژگی‌های کنترل شده‌اند دارای تولید بالا، رشد سریع و قابلیت پراکنش وسیع بوده و در فقدان منابع توانایی رشد و رقابت را تحت شرایط فقر مواد غذایی دارند. به‌طور مثال گروهی از گیاهانی که به تازگی در منطقه‌ای ساحلی روییده‌اند دارای شکل‌های تکراری و مشابه با تراکم زیاد را در یک جا و مناطق خالی را در جایی دیگر نشان می‌دهند(Bell, 1999). این ویژگی‌ها سبب پیدایش گیاهان و جانوران تحت توالی ثانویه و قدرت بقای بیشتر و تکامل یافته‌تر می‌شود. در عدم حضور آشفتگی و اختلال در سیستم اکولوژیک، گونه‌های تکامل یافته سرانجام به‌وسیلهٔ رقابت مانع توالی گونه‌های اولیه می‌شوند، به‌دلیل اینکه این گروه از موجودات، منابع مورد نیاز سطوح پائین‌تر را کاهش داده محصول زیاد و گسترش طولانی به آنها اجازه جایگزینی گونه‌های تخریب شده را می‌دهد و به‌طور موقّتی به شکل‌گیری توالی نهایی کمک می‌کنند (Godron and Forman, 1986). از سوی دیگر مهاجرت گونه‌ها و انطباق با شرایط یک اکوسیستم دیگر نیز می‌تواند در مکانیسم رقابت و در نهایت توالی قابل توجه باشد. تنوع زیستی در شکل گیری جوامع پایدار نقش عمده‌ای داشته و مانع شکل‌گیری اکوسیستم‌های با سطح تکاملی پائین‌تر در اثر تخریب می‌شود.

از سوی دیگر شکستن یک بوم، لکه و یا شکل زمینی به قطعات کوچکتر و تجزیهٔ آنها اضمحلال یا فراگمانتاسیون[۳۱] نامیده می‌شود. به‌طور عمومی اضمحلال به عنوان یک فرآیند منفی در اکولوژی منظر مورد توجه قرار می‌گیرد زیرا که باعث:

- کاهش گونه‌هایی می‌شود که به طور عمده به اندازهٔ لکه وابسته‌اند (اکثر حیوانات).
- آسیب رسیدن به گونه‌هایی می‌شود که به سطح بالایی از استاندارد زیست بوم و سکونتگاه‌ها نیاز دارند.
- افزایش گونه‌های خارجی و بیگانه شده که این حالت بیشتر در منظرهای انسان‌ساخت دیده می‌شود.
- تولید مثل درون گروهی افزایش یافته و ترکیب جوامع زنده کاهش می‌یابد(Ingegnoli, 2002).

بر اساس مطالعات فورمن و گودرون (۱۹۸۶) دلایل اثبات کاهش و تخریب گونه‌ها در نتیجه فرآیند اضمحلال، عبارت است از مشاهدهٔ تعداد کمتر گونه‌ها در لکه‌های بزرگ جنگلی در مقایسه با مجموعه‌های مشابه یا کوچکتر . بااین وجود فرآیند اضمحلال،عبارت است از می‌تواند اغلب یک فرآیند مثبت باشد. برای مثال زمانی‌که بستر یک منظر روستایی به‌وسیلهٔ کریدورهای جنگلی چند تکه می‌شود و یا اینکه مراتع در یک منظر جنگلی شکل می‌گیرند.

علاوه بر این قرارگیری سیستم‌های اکولوژیکی در شرایط بسیار منظم و مکانیکی باعث استهلاک، فرسایش و پوسیدگی سیستم و در نتیجه عدم توان رقابت با سیستم‌های دیگر و نهایتاً مرگ سیستم خواهد شد (Rai and Anand, 2004).

www.SID.ir

Archive of SID

با این وجود به‌نظر می‌رسد که اگرچه ماهیت آشوب لازمه تغییر رفتار یک سیستم زنده و باز و ارتقاء آن به سطحی دیگر است. اما این تغییر الزاما به معنای ورود سیستم به سطحی پیچیده‌تر نیست بلکه ممکن است یک سیستم در مقابل رژیم اختلالی وارد شده به مجموعه قادر به پاسخگویی مناسب نبوده و در نتیجه سیستم وارد روند نزولی توسعه و در نهایت اضمحلال گردد (Harter, Kozma and Grasser, 2004).

نتیجه گیری

مفهوم پیچیدگی به ارایه توصیفی از چگونگی پیدایش نظم از بی نظمی ظاهری در سیستم‌های پیچیده می‌پردازد. آشوب وپیچیدگی اگرچه با یکدیگر مورد بحث قرار می‌گیرند اما مفاهیمی کاملاً متمایز از یکدیگر را ارائه می‌کنند. در حالی‌که آشوب به مطالعه چگونگی پیدایش و رفتارهای پیچیده از قوانین موجود در سیستم‌های ساده می‌پردازد، پیچیدگی به چگونگی سازوکارهای سیستم‌های پیچیده و تبدیل عناصر ساده به سیستم‌های پیچیده دلالت دارد. همچنین غیر خطی بودن رفتار مجموعه در همه مقیاس‌ها از شرایط لازم برای وجود پیچیدگی است.

با توجه به ماهیت آشوب و پیچیدگی در سیستم‌های اکولوژیک می‌توان نتیجه گیری کرد که دینامیزم‌های موجود در یک سیستم پیچیدهٔ اکولوژیک با جریان انرژی، ماده و اطلاعات در سیستم مرتبط است. از این‌رو چنین سیستم‌هایی به دلیل اخلال در روند انتقال و جریان انرژی، ماده و اطلاعات – که در نتیجه تغییرات محیطی حاصل می‌شود- با ماهیتی آمیخته از نظم و بی نظمی کار می‌کند و این سبب می‌شود که سیستم نسبت به رفتارهای محیطی واکنش مناسبی ارائه نماید. چنین سیستم‌هایی قادرند بدین وسیله همواره در حال "*انتقال*" و "*باز شدن*" از یک حالت به حالت دیگر و در نتیجه "*پویایی*" در ساختار خود باشند.

شکل گیری حالت‌های پایدار در سیستم‌های اکولوژیکی نتیجه‌ای از رهیافت سیستم از حالت ناپایدار در زمان بی نهایت می‌باشد. از سوی دیگر میزان پیچیدگی یک سیستم اکولوژیکی به میزان تأثیرات آشوبگونه غیرهمگن بر رفتارهای دینامیکی اکوسیستم‌ها وابسته است که به‌طور مستقیم در رابطه با میزان حساسیت پارامترها و شرایط اولیه قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت که یک سیستم پیچیده و سازگار(زنده) هرگز به مرزهای بی‌نظمی، عدم تعادل و آشوب کامل و یا نظم متعالی و کامل نمی‌رسد، بنا بر نظر اودل وجود چنین سیستمی محال است و فقط در صورتی یک سیستم به این حالت می‌رسد که مرده باشد. مطالعه و مدلسازی این حساسیت می‌تواند عاملی کلیدی در برنامه‌های بازسازی و مرمت اکوسیستم‌ها و ارائه مدل‌های اکولوژیکی مناسب باشد. سایر نتایج حاصل از این تحقیق به اختصار شامل موارد زیر می باشد:

– دستیابی به درک صحیح از تعاملات موجود در طبیعت نیازمند نگاه سیستمی به طبیعت و روابط کلی مابین اجزاء، و شناخت آنها به مانند یک کل پیچیده است. بررسی تقلیل گرایانه و تجزیه کلیت سیستم به اجزاء و بررسی ویژگی‌های هر یک به‌طور مجزا نمی‌تواند به درکی صحیح از فرآیندهای موجود در طبیعت بیانجامد.

- سیستم‌های اکولوژیکی سیستم‌هایی پویا هستند که حالت آنها با زمان و طی یک رفتار پیچیده تغییر می‌کند درک و تعیین پیچیدگی پویایی یک سیستم اکولوژیکی برای طراحان و برنامه‌ریزان با هدف بازیابی، ترمیم و مرمت اکوسیستم‌های زیان دیده اساسی است. در عین حال میزان پیچیدگی دینامیکی یک اکوسیستم برای توسعه میزان عملکرد و تنوع آن ضروری به شمار می‌رود که می‌تواند به‌عنوان معیاری جهت مرمت و باز زنده‌سازی اکوسیستم‌های زیان دیده به‌کار برده شود.

www.SID.ir

Archive of SID

- بررسی سیستم اکولوژیک نیازمند شناخت سطوح مختلف سازمان آن براساس تئوری سلسله مراتب و شناخت معیارهای آرایش سطوح است. این نوع نگاه به درک هماهنگی و پیوستگی ساختاری در منظر کمک می‌کند.
- روند توسعه در سیستم‌های اکولوژیک وابسته به توانایی پاسخگویی سیستم به شرایط محیط و محدودیت‌های آن است. این توانایی ناشی از قانونمندی‌های ذاتی و درونی سیستم، طراحی و نحوهٔ شکل‌گیری سیستم می‌باشد و طبعاً طی نسل‌های متوالی این ویژگی نیز منتقل می‌شود. نمونهٔ بارز این ویژگی بقاء جوامع گیاهی و جانوری طی سال‌ها و قرون متوالی است که در مکانیسم سازگاری آنها تأثیر گذاشته و در نسل‌هایی از گونه‌های خاص این حدود کم یا زیاد شده است.
- رفتار سیستمی اکولوژیک نظیر منظر، نتیجه‌ای از تعاملات میان اجزاء است که در طول زمان رخ می‌دهد و پایداری آن شکل ویژه‌ای از رفتارها را در فضای سیستم ارائه می‌دهد. تغییرات عمده در ساختار محیط موجب شکل‌گیری رفتار جدید و شکل جدیدی از کنش‌ها و واکنش‌ها است. تنوع زیستی یکی از نتایج حضور پیچیدگی در سیستم‌های اکولوژیکی و عامل بقاء سیستم در مقابل نوسانات محیطی است. پیدایش تنوع در منظر نتیجه‌ای از اختلال در فرآیند انتقال اطلاعات و توانایی سیستم جهت ایجاد سازمان جدید از این اختلال است.
- شکل‌گیری حالات جدید در ساختار منظر و تغییرات آن نیازمند مکانیسمی متشکل از روابط متقابل و بروز آشفتگی‌ها است که به سیستم اکولوژیکی این امکان را می‌دهد تا ساختارهای جدید را در نقطه انشعاب انتخاب و یکی از موارد را براساس پتانسیل ذاتی خود تحقق بخشد. و نهایتاً اینکه درک مفاهیم تئوری آشوب و پیچیدگی موثر در پایداری منظر، حاصل شناخت صحیح فرآیندهای دینامیکی در ساختار طبیعت می‌باشد. این فرآیندها در رابطه‌ای دو سویه میان محیط و سیستم قرار گرفته و طیف وسیعی از پارامترهای محیطی و ویژگی‌های منحصر به‌فرد سیستم را شامل می‌شوند. در این میان" منظر" به عنوان بخشی از ساختار طبیعت، به مانند یک ارگانیسم زنده شامل کلیتی پیچیده از واحدهای سازنده و روابط متقابل میان آنهاست. ارتقاء یک سیستم اکولوژیک به سطحی بالاتر و پیچیده‌تر با سازماندهی بیشتر مستلزم پیدایش سطوح جدیدی از پیچیدگی در واحدهای سازنده آن است.

Notes

1- Complexity Theory
2- Artificial intelligence, Artificial Neural Network (ANN)
3- http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia
4- Diversity
5- non-linearity
6-Ecotone
7-Landscape Unit
8-Weinberg & Weinberg
9-Organized Simplicity
10-Unorganized Complexity
11-Organized Complexity
12-Forman and Gordon
13-Ingegenoli, Vittorio
14-Landscape Function
15-Landscape Stability
16- Landscape Transformation
17-Met stability processes
18- Chaotic
19- Loehle
20- Spatial Complexity
21- Temporal Complexity
22- Structural Complexity
23- Functional Complexity

www.SID.ir

Archive of SID

24- Behavioral Complexity
25- Genome
26- Mutation
27-Geometric Complexity
28- Patch
29- Corridor
30-Matrix
31- Fragmentation

قدردانی

ایـن پـژوهش بـا اسـتفاده از اعتبـارات معاونـت پژوهـشی دانشگاه تهران در دانشکده محیط زیست صـورت گرفتـه است.

منابع

افتخـارزاده س. و میرزایـی م. (۱۳۸۰) . بـسوی یـک معمـاری *آشـوبگونه*. پایـان نامـه کارشناسـی ارشـد. دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.

دهخـدا، ع. ا. (۱۳۵۹). *لغتنامـه دهخـدا*. تهـران: انتـشارات دانشگاه تهران و موسسه دهخدا.

رضائیان، ع. (۱۳۷۷). *تجزیه و تحلیـل و طراحـی سیـستم*. تهران: انتشارات سمت.

مخدوم، م. (۱۳۸۰). *شـالوده آمـایش سـرزمین*. انتـشارات دانشگاه تهران.

منهـاج و جهانیـان (۱۳۷۵). *خـود سـازماندهی و هـوش*. کنفرانس بین المللی سیستم‌های هوشمند و شـناختی. پژوهشکده سیستم‌های هوشمند. نقل شده در افتخـار زاده و میرزایی ۱۳۸۰ دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی. تهران.

Bell, S. (1999). *Landscape: Pattern, Perception and Process*. E and F SPON, London.

Brown, J., H. Thomas, G. Whitham, S.K. Morgan and A. Gehring (2001). Complex species interactions and the dynamics of ecological systems: *Long term experiments. Science*. Vol,293.

Cook, E. and H. N. Lier (1994). *Landscape and Ecological Network*. Elsevier: Amsterdam.

Farina, A. (1998). *Principles and Methods in Landscape Ecology*. London: Chapman and Hall.

Gershenson, C. and F. Heylighen (2004). *How can we think the complex?* Brussels, Belgium: Verije University.

Godron M. and R. Forman (1986). *Landscape Ecology*. Canada: John Wiley and Sons.

Goldberg, J. and L. Markoczy (2001).*Complex Rhetoric and Simple Games*. California: University of California, Riverside.

Harter, D. and R. Kozma, and A. C. Grasser (2004). *Models of ontogenetic development for autonomous adaptive system*. Memphis: University of Memphis.

Ingegnoli V. (2002). *Landscape Ecology: A Widening Foundation*, New York : Springer.

Kauffman, S. (1993). *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. pp.181-218. New York: Oxford University Press.

Loehle, C. (2004). Challenge of Ecological Complexity. Vol.1. USA: Illinoise.

Lucas C. (2006). Quantifying Complexity Theory (www.carlesco.org/lucas/quantify).

Makhzoumi, J. and G. Pungetti (1999). *Ecological Landscape Design and Planning*,

www.SID.ir

Archive of SID

the Mediterranean context. London and New York: E and FN SPON.

Mirowski, Ph.(1990). From Mandelbrot to chaos in economic theory. Indiana: *Southern Economic Journal*. 27:2 Dame.

Rai, V. and A. Madhur (2004). Is dynamic complexity of ecological systems quantifiable? *International Journal of Ecology and Environmental Science:* 30:123-130.

SERC (2006). Smithsonian Environmental Research Centre, Landscape ecology (http://www.serc.si.edu/labs/ecological_modelling/landscape.jsp)

Weinberg G.M., D. Weinberg (1979). *On the design of stable systems* Cited in Ingegnoli, Vittorio. 2002. *Landscape Ecology: A widening foundation*. New York : Springer.

Wikipedia, E. (http://en. wikipedia.org/ wiki/ Wikipedia).

Witting, G. (2003). Landscape data and complex adaptive system Earth. Holism in complexity and network science.

Zonneveld, I. (1994). *Landscape and Ecological Network*. Amsterdam: Elsevier

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir