

تاریخ : ۹۱/۱۲/۲۰
شماره : ۶۲۲۶

به نام خدا

گواهی حضور در کنفرانس



بدینوسیله گواهی می شود

جناب آقای عادل پسر

در اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست در روز ۲۰ اسفندماه ۱۳۹۱ در تالار وزارت کشور شرکت نموده اند. بیات رنیم و کمیته های تخصصی و اجرایی کنفرانس توفیق روز افزون شما را در راه دستیابی به اهداف مهمی ایران اسلامی و نیل به توسعه پایدار در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست کشور از اینرود متنان خواستارند.



پایت جمهوری
دفتر امور رسانه



وزارت کوزر
سازمان پیشه و حرفه های



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان امور تولیدات دامی



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مرکز آشنایی با محیط زیست



سازمان مردم نهاد جوانان
موسسه محیط زیست ایران



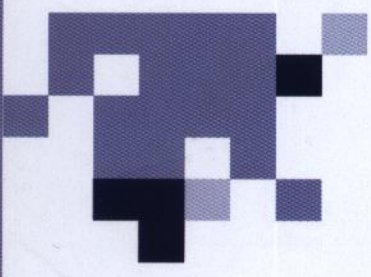
مهندس مسلم مومنی اصل

دبیر کنفرانس ملی و دبیر کمیته اجرایی
www.sadonf.ir



دکتر نفیست اله حضرتزاده

دبیر علمی کنفرانس ملی و دبیر کمیته واداران
www.sadonf.ir



تاریخ : ۹۱/۱۲/۲۰
شماره : ۱۲۲۲

پایگاه علمی



پژوهشگاه سوانح طبیعی ایران

اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست

نیزگار

بدینوسیله گواهی می گردد، اصل مقاله با عنوان :

هبوط و خروج اکوسیستمی: پارادایم ارجح اکوسیستمی و پارادوکسی بنام توسعه پایدار

کد مقاله: HN10112260891

ارائه شده توسط محقق گرامی:

عادل سپهر

مورد پذیرش کمیته علمی و تأیید هیات داوران جهت ارائه در اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار قرار گرفته و بصورت **پوستریکا** ارائه گردیده است. امید است این گواهی در بهبود هر چه بیشتر عملکرد ایشان در راستای افزایش بهره وری و تحقق توسعه پایدار در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست موثر واقع شده و در ارتقاء علمی ایشان مد نظر قرار گیرد.

دکتر نعمت اله جعفرزاده

دبیر علمی کنفرانس و رئیس کمیته داوران

سید عباس جزایری
دبیر کل کنفرانس و رئیس پژوهشگاه سوانح طبیعی ایران





هبوط و عروج اکوسیستمی:

پارادایم ارتجاعی اکوسیستمی و پارادوکسی بنام توسعه پایدار

عادل سپهر

استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
تلفن: ۰۵۱۱۸۸۰۵۴۶۷ - همراه: ۰۹۱۵۵۰۸۵۷۳۲ - Email: adelsepehr@um.ac.ir

چکیده

شنیدن اصطلاحاتی چون، بیابانی شدن (بیابان‌زایی)، نابودی جنگل‌ها و تالاب‌ها، توسعه شهری و آلودگی طبیعت، در نگاه ابتدایی تغییر در سیمای طبیعت را در ذهن متصور می‌سازد. اما نگاهی سیستمی به چنین مقوله‌هایی به وجود ساختارهای سیستمی در طبیعت و عناصر اکوسیستمی بر می‌گردد که پاسخگوی تغییر شرایط اکوسیستم است. در این نگرش مرز فروپاشی اکوسیستم کجاست؟ فعالیت‌های انسانی تا کجا باید در اکوسیستم پیش رود؟ آیا اکوسیستم مرده را می‌توان زنده کرد؟ پاسخ این سؤالات و دهها سؤال مشابه دیگر، چیزی است که در این مقاله بحث شده است. مرز بین هبوط (مرگ) و عروج (بازسازی) اکوسیستم، محدوده توسعه فعالیت‌های انسانی و استفاده از بیوم‌ها را آشکار می‌سازد، که معرف محدوده ارتجاعی اکوسیستم است. در این مقاله با نگرشی سیستمی به شرایط تغییر پذیری اکوسیستم و پاسخ‌های اکوسیستمی، پایداری و توسعه ارتجاعی (انعطافی) در مقابل توسعه پایدار پرداخته شده است. این پژوهش مفاهیم جدیدی در بحث پایداری اکوسیستم را مطرح کرده است. توسعه ارتجاعی بجای توسعه پایدار برای معادل Sustainable Development در این مقاله پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: هبوط اکوسیستم، عروج اکوسیستم، توسعه ارتجاعی (انعطافی)، فروپاشی، بازسازی

۱. مقدمه

ما در جهانی زندگی می‌کنیم که تغییرات محیطی و انسانی در مقیاس محلی و جهانی، جزء لاینفک سیستم جهان ما محسوب می‌شود. دستیابی به توسعه‌ای که در راستای حفظ تعادل اکوسیستم حرکت کند، نیازمند استفاده و بکارگیری تفکر و نگرش سیستمی در تحلیل اکوسیستم‌ها به عنوان سیستم‌های اکولوژیکی با عناصر و اطلاعاتی است که این اطلاعات را به طور اکتسابی از طبیعت وام گرفته است یا به طور انتسابی از عنصر درونی خود، بشر به ارث برده است. انعطاف پذیری اکوسیستم‌ها در برابر تغییرات بیرونی حاصل از دگرگونی شرایط محیطی و یا تغییر شرایط درونی حاصل از هم‌گسیختگی پایداری سیستم، ویژگی ذاتی یک اکوسیستم است که تنوع، کارایی، سازگاری و انسجام اکوسیستمی به دنبال این ویژگی ذاتی سیستم شکل می‌گیرد.

سؤالی که ذهن را به چالش وا می‌دارد این است که برآستی مرز بین پایداری (Stability)، تعادل (Equilibrium)، تحمل پذیری (Sustainability) و ایستایی یا ثبات (Stable) کجاست؟ آیا همه این اصطلاحات به یک مفهوم هستند؟ متأسفانه سال‌هاست که در ادبیات علمی و اجرایی در کشور ما، این مفاهیم در یک راستا و مترادف هم بکار رفته است و اصطلاح نادرستی که از برگردان مفهوم Sustainable Development در قالب توسعه پایدار رواج یافته است، نتایج همین برداشت‌های همسو از مفاهیم بالاست.

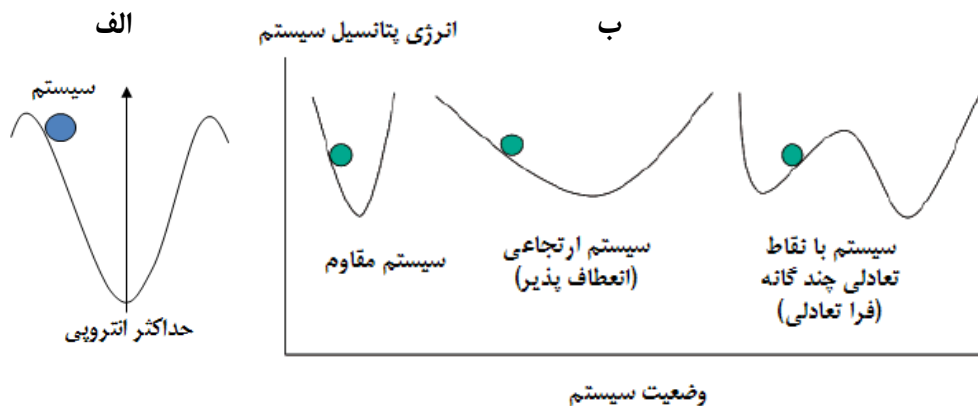


آیا اکوسیستم می‌تواند ضمن داشتن تعادل در ناپایداری باشد؟ آیا یک اکوسیستم در طول زمان و تحت تغییرات محیطی همواره تعادل خود را حفظ می‌کند؟ آیا توسعه باید به سمت پایداری باشد؟ آیا پایداری در توسعه، هدف غایی است؟ تا کجا می‌توان به بهره برداری و استفاده از محیط ادامه داد؟ مرز استفاده از محیط کجاست؟ توسعه پایدار یا بالا بردن تحمل پذیری؟ پاسخ به این سؤالات و پرسش‌های مشابه را می‌توان در مفاهیم ترمودینامیک سیستم‌ها و ویژگی یا تئوری ارتجاع سیستمی کاوش نمود. ویژگی از سیستم که بازگوکننده توانایی و استعداد سیستم برای مقاومت در برابر اختلال و آشوب‌های بیرونی و درونی است (Resilience).

در این مقاله به پاسخ این پرسش‌ها در قالب پارادیم ارتجاع در سیستم‌های اکولوژیکی (اکوسیستم‌ها) و سیستم‌های باز پرداخته شده است. هدف اصلی طرح این تفکر این است که آیا وضعیت کنونی اکوسیستم‌هایی چون دریاچه ارومیه نگران کننده است؟ فروپاشی اکوسیستم به چه معنی است و چه زمانی مفهوم می‌یابد؟ برای رسیدن به پاسخ این پرسش‌ها و اینکه فعالیت بشری تحت نام توسعه در اکوسیستم‌ها چگونه و در چه چهارچوبی باید صورت پذیرد، ناگزیر به شناخت و تحلیل ساختار ترمودینامیکی سیستم‌ها، مفاهیم تعادل و پایداری در اکوسیستم‌ها هستیم. لذا در این مقاله، ابتدا شناختی از ویژگی‌های ترمودینامیکی سیستم‌های اکولوژیکی و مفهوم پایداری به میان آمده است و در انتها به واکاوی پارادیم ارتجاع سیستمی و مفهوم تحمل پذیری پرداخته شده است.

۲. اکوسیستم و پایداری

بر اساس قوانین ترمودینامیک، سیستم‌های بسته به طور تدریجی از حالت نظم به سمت آشوب و کياس در حال فروپاشی هستند، به عبارتی گرایش به سمت حداکثر انتروپی (شکل ۱، الف). با این حال، سیستم‌های اکولوژیکی (اکوسیستم‌ها)، سیستم‌هایی باز محسوب می‌شوند که همواره انرژی از منابع بیرونی به درون این سیستم‌ها وارد می‌شود، حفظ حالت ایستایی و ثبات در انتروپی پایین تحقق می‌یابد، جایکه دورتر از تعادل ترمودینامیکی مفهوم یافته است. رفتارها و وضعیت سیستم‌ها در شکل ۱ (ب)، که نمایانگر وضعیت تعادلی سه حالت متفاوت سیستم است، تشریح شده است.



شکل ۱: الف: ویژگی سیستم‌های بسته در رسیدن به حداکثر انتروپی، ب: سه وضعیت متفاوت سیستم و شرایط تعادل اکوسیستمی

سیستم حالت الف، معرف نوعی سیستم‌های مهندسی یا سیستم‌های تحت کنترل است. این سیستم محدوده باریکی از وضعیت و حالات سیستم را نشان می‌دهد که برای حفظ تعادل در برابر شرایط اغتشاشی کوچک طراحی شده است. این تعادل و حالت سیستمی فقط در برابر اغتشاشات کوچک بقا دارد و در مقابل اغتشاش بزرگ فناپذیر است. این سیستم‌ها را که عموماً در سیستم‌های مهندسی و بشر ساخت دیده می‌شود، سیستم مقاوم گویند.



سیستم حالت ب، معرف سیستم‌های اجتماعی و محیط زیستی است. این سیستم‌ها و یا به زبان بهتر اکوسیستم‌ها در طیف وسیعی از حالات سیستمی و شرایط محیطی برقرارند و می‌توانند به شرایط پایدار اولیه برگردند. سازگاری و تکامل، دو عامل در بقای این سیستم‌ها در برابر اغتشاشات و آشوب‌های بزرگ محیطی است. به همین جهت به سیستم‌های ارتجاعی شناخته می‌شوند. شاید جوهره پایداری را بتوان در همین ویژگی انعطاف پذیری یا خاصیت ارتجاعی سیستم‌ها خلاصه نمود که در ادامه بحث شده است.

سیستم حالت ج، معرف سیستم فرا ارتجاعی است و انعطاف پذیری بسیار بالاتری از سیستم نوع ب دارد. به عبارتی این سیستم تحمل آشفتگی‌های بسیار بزرگ را دارند. این سیستم معمولاً در شرایط تغییرات کاتاستروفی و ناگهانی در یک سیستم اکولوژیکی دیده می‌شود و در این حالت سیستم می‌تواند به حالت تعادلی متفاوت از حالت اولیه اما پایدار تغییر کند. این وضعیت معرف یک تغییر اساسی و بنیادی در عملکرد و ساختار سیستم است.

یک مثال ساده از تفاوت سیستم‌های نوع الف (مقاوم) و نوع ب و ج (سیستم‌های ارتجاعی) را می‌توان در ارتباط با سیستم‌های اجتماعی مثال زد. برای مثال کشور چین و هند که در مسیر توسعه اقتصادی پیش می‌روند، با دو سبک متفاوت این هدف را دنبال می‌کنند. توسعه چین همراه با مقاومت در برابر نفوذ بیگانه و حفظ حالت همگنی در زبان و فرهنگ است، در حالیکه هند این توسعه را جهت پذیرش فرهنگ و بالابردن گونگونی زبان و مذهب و تنوع قومی ادامه می‌دهد. در ادامه خواهیم گفت که هم‌وزن بودن در نهایت موجب تضعیف ساختار سیستم خواهد شد.

مطرح کردن این مثال برای بررسی چهار مفهوم، قبل از پرداختن به بحث اصطلاح نادرست توسعه پایدار است:

مقاومت (Resistance): ایستادگی اکوسیستم در برابر تغییرات و اغتشاشات بیرونی و محیطی

ارتجاعیت (Resilience): سرعت بازگشت اکوسیستم به شرایط تعادلی پس از تغییر شرایط و آشفتگی

دوام (persistence): ظرفیت و پایداری اکوسیستم به ماندن در حالت اولیه علیرغم وجود آشفتگی‌های محیطی

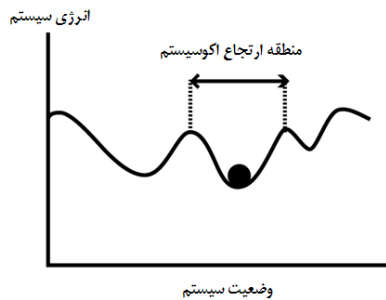
یکنواختی (constancy): درجه تنوع پذیری ویژگی‌های سیستم در طول زمان

برای درک مفاهیم بالا و پایداری و تعادل در اکوسیستم‌ها، به شرح پارادایم ارتجاع سیستمی پرداخته شده است.

۳. ارتجاع (Resilience)

مفهوم انعطاف پذیری در اکوسیستم‌ها (سیستم‌های اکولوژیک)، سیستم‌های اجتماعی و مدیریتی توسط یک گروه بین‌المللی به رهبری دو اکولوژیست معروف گاندرسون و هولینگ در آغاز قرن ۲۱، در سطح وسیعی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهشگران ارائه تئوری چرخه یا سیکل سازگار (Adaptive Cycle) و تطابق بوده است. بر پایه این تئوری، این استدلال مطرح است که همه سیستم‌ها در شرایط و دوره‌های بحران، تبدیل، تحول و تجدید پذیری، الگوهای مشابهی از تجمع اندک منابع، افزایش ارتباط و کاهش ارتجاع یا انعطاف پذیری را نشان می‌دهند. بر اساس درک و فهم این الگوهای سیستمی، قادر به اتخاذ تصمیم‌های مناسب یا دخالت روش‌های بهره‌بردار از سیستم‌ها (منظور اکوسیستم) در جهت مقاومت سیستم در برابر تغییرات خواهیم بود. این همان هدف توسعه به منظور بالابردن ظرفیت تحمل پذیری اکوسیستم خواهد بود که در ادامه بحث شده است.

شکل ۲، ویژگی ارتجاعی اکوسیستم‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۲، می‌توان ارتجاع را مشخصه طبیعی از تمام سیستم‌های اکولوژیکی و زیستی دانست که در پاسخ به آشوب‌ها و آشفتگی‌های بیرونی و درونی یک سیستم، موجب بقاء و ادامه حیات سیستم شده، به عبارتی پایداری آن را تضمین می‌کند.

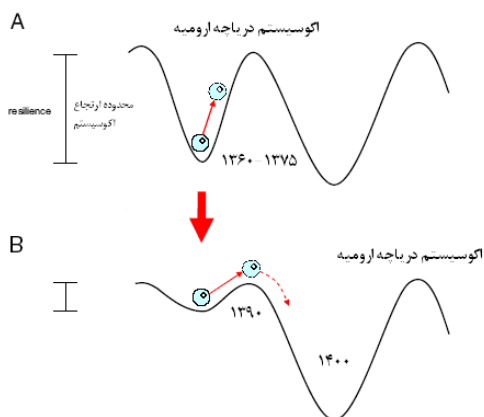


شکل ۲: ویژگی ارتجاع سیستم که حیات و پایداری اکوسیستم را در طول زمان رقم می‌زند (توپ سیاه رنگ، معرف سیستم است)

به دیگر سخن بر پایه این ویژگی، تمامی سیستم‌های باز و در اینجا اکوسیستم‌ها در شرایطی از تعادل به سر می‌برند، این شرایط تعادلی بسته به ساختار اکوسیستم و شرایط محیطی ادامه دارد تا اینکه اکوسیستم در طول زمان در اثر تغییرات تدریجی یا ناگهانی و اغتشاشات وارده از محیط دستخوش تغییر شود. در این حالت حسب درجه اغتشاش، پاسخ‌های متفاوتی از اکوسیستم جهت حفظ تعادل از اکوسیستم به این تغییرات داده می‌شود. واکنش اکوسیستم و پاسخ آن به تغییرات و سرعت بازگشت اکوسیستم به شرایط تعادل مشابه حالت اولیه به ویژگی ارتجاع یا انعطاف سیستم مربوط می‌شود.

برای درک این مساله، این موضوع را در ارتباط با تغییراتی که در چند سال اخیر در اکوسیستم دریاچه ارومیه شاهد هستیم دنبال می‌کنیم. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، اکوسیستم دریاچه در طول دوره‌ای ۱۵ ساله در شرایط تعادل دینامیکی بوده است. به عبارتی تغییرات محیطی (شامل تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری و مدیریت انسانی) در منطقه هیچ گاه از حد آستانه اکوسیستم و نقطه تحمل اکوسیستم فراتر نرفته است. به دیگر سخن پاسخ‌های اکوسیستم دریاچه در برابر این آشفتگی‌های محیطی نیز به نوعی خطی و در راستای حفظ شرایط تعادلی بوده است. با توجه به شکل ۳ (A) ارتجاع اکوسیستم نیز بالا و دوره بازسازی اکوسیستم و حفظ شرایط تعادلی کوتاه بوده است. اما از اواخر دهه ۷۰، توسعه غیر اصولی و کاهش تحمل پذیری اکوسیستم در نتیجه کاهش بیلان آبی و مدیریت نادرست، حساسیت اکوسیستم را نسبت به اغتشاشات محیطی بالا برده، ارتجاع اکوسیستم را کاهش داده است. در این شرایط اکوسیستم در شرایط تعادل متافیزیکی و لحظه‌ای قرار گرفته است و برای رسیدن به پایداری ناگزیر است تا به منطقه یا شرایطی با حداقل انترپوی برسد. این نقطه جایی است که اکوسیستم چشم‌اندازی متفاوت از وضعیت اولیه ارائه می‌دهد، اما این تغییر چشم‌انداز به نوعی معرف پایداری اکوسیستم است (شکل ۳-B).

این تغییر چشم‌انداز می‌تواند هموزن شدن (کاهش تنوع) و خشک شدن دریاچه باشد. مثال ساده این امر مرگ در سیستم‌های زنده مانند بدن انسان است. مرگ مرحله پایداری سیستم برای فرار از اغتشاشات و رسیدن به شرایط تعادل و پایداری است، اگرچه این نقطه تعادلی یعنی مرگ از لحاظ مورفولوژیک با شرایط قبل یعنی زندگی متفاوت باشد.



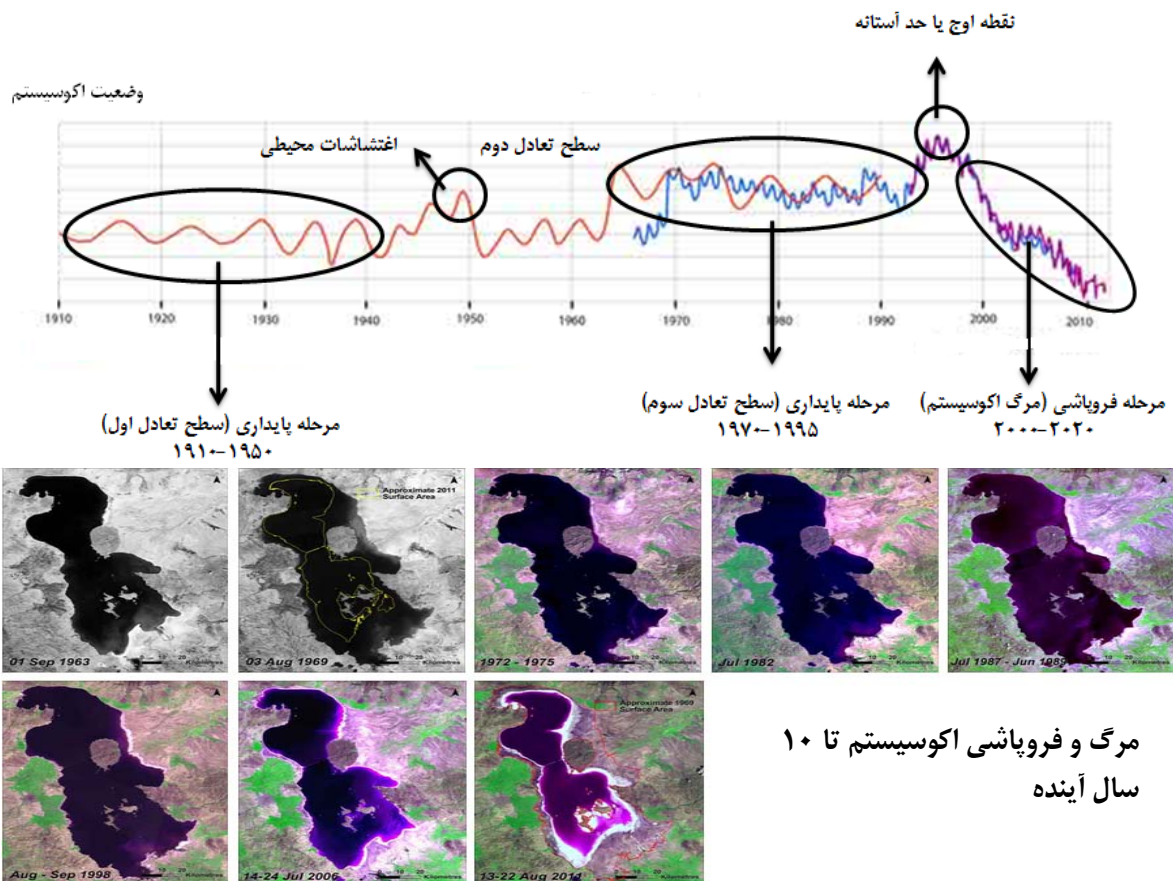
شکل ۳: تغییرات دینامیکی اکوسیستم دریاچه ارومیه در بخش A، تعادل دینامیکی وجود دارد و ویژگی ارتجاعی اکوسیستم، سیستم را شرایط تعادلی حفظ کرده است. در بخش B، فرا تعادل و عبور از آستانه‌ها، سیستم را به سمت انتخاب نقطه تعادلی جدیدی پیش می‌برد. خشک شدن دریاچه نمودی از انتخاب نقطه تعادلی جدید از اکوسیستم است.



بنابراین هرگز نباید نگران این مساله باشیم که دریاچه در حال خشک شدن است و هرگز هم نباید در این تصور باشیم که می‌توان دریاچه را به شرایط اولیه و چشم‌انداز دهه ۱۳۶۰ بازگرداند. زیرا خشک شدن و مرگ اکوسیستم دریاچه، پاسخی از اکوسیستم به توسعه به اصطلاح پایدار ما است تا اکوسیستم را به شرایط تعادل ترمودینامیکی برساند. هرچند که در این مرحله تعادلی شاهد چشم‌اندازی مرده از دریاچه باشیم.

این چشم‌انداز جدید برای انسان ناخوشایند است، اما از دید سیستمی برای اکوسیستم خوشایندترین و ناگزیرترین انتخاب برای کم کردن انرژی و رسیدن به تعادل است و این تعادل در نقطه‌ای متفاوت با تغییر محسوس در ساختار و شکل سیستم رقم خورده است. بنابراین انتظار می‌رود در ۱۰ سال آینده، چهره و سیمای اکوسیستم دریاچه کاملاً خشک و اکوسیستم به مرحله فروپاشی (مرگ) و پایداری برسد. اما یک واقعه کاتاستروف شاید بتواند قبل از رسیدن به مرحله مرگ، دوره بازسازی اکوسیستم را کوتاه و ارتجاع را افزایش دهد. این رخداد کاتاستروفی، می‌تواند یک بارش سیل آسا بلند مدت و با شدت زیاد به نحوی باشد که اکوسیستم دوباره نقطه تعادلی جدیدی را برای رسیدن به پایداری جستجو کند. به نظر می‌رسد که وقوع چنین رخداد کاتاستروفی اقلیمی، از آنجا که این عوامل اقلیمی جنبه تدریجی دارند، دور از انتظار است.

این تغییرات تعادلی در شکل ۴ ترسیم شده است. همانطور که مشخص است تعادل‌های دینامیکی، فرا تعادل و تعادل لحظه-ای که از اواخر دهه ۹۰ میلادی شاهد آن هستیم، اکوسیستم را به سمت انتخاب نقطه تعادلی جدیدی با چشم‌اندازی متفاوت (خشک شدن) پیش می‌برد.



مرگ و فروپاشی اکوسیستم تا ۱۰ سال آینده

شکل ۴: تغییرات دینامیکی اکوسیستم ارومیه در دوره ۱۰۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۱۰) (تصاویر ماهواره ای MODIS از سایت NASA و USGS گرفته شده است).



۴. جمع بندی

با توجه به مباحث مطرح شده، شناخت پدیده و ویژگی ارتجاع اکوسیستم یا خاصیت انعطاف پذیری اکوسیستم تا حدی مهم است که به جرات می‌توان مدعی شد که هر فعالیت یا اقدامی که بدون شناخت اثر فعالیت در ارتجاعیت اکوسیستم صورت پذیرد، عملاً نوعی ناپایداری اکوسیستمی را به همراه دارد. سؤال اینجاست که براستی درک و پیش‌بینی دقیق تاثیر آشوب و اغتشاش در اکوسیستم‌ها مشکل است. اما ویژگی اورژانسی سیستم‌های باز که به آن‌ها تحمل آشفتگی‌ها و اغتشاشات سیستمی را می‌دهد و موجب تبدیل به شرایط و فرم‌های یکنواخت‌تر در اکوسیستم می‌شود، این امکان را می‌دهد تا بتوان بر اساس شناخت این ویژگی‌ها، اکوسیستم بیشتر یا کم‌تر انعطاف پذیر را شناسایی و مدیریت پایدار را در اکوسیستم لحاظ کرد. چند ویژگی کلیدی در سیستم‌های طبیعی و اکوسیستم وجود دارد که می‌توانند در همه سیستم‌ها لحاظ شوند و حکم علائمی برای بررسی شرایط اکوسیستم را دارند. این ویژگی‌ها در جدول ۱ بررسی و تحلیل شده است. برای مثال کاهش تنوع زیستی در اکوسیستم، کاهش پایداری در اکوسیستم را به همراه دارد. یا کاهش تنوع و هموژن بودن سیستم، کاهش پایداری را در برابر تحولات به دنبال دارد.

پایداری (Stability)، هدفی است که در فن‌آوری و بخش صنعت دنبال می‌شود. به عبارتی هدف از ساخت سیستم‌های صنعتی، سیستم‌هایی با حداکثر پایداری در طول زمان است و یا همان طراحی سیستم مقاوم. اما در اکوسیستم، هدف حفظ وضعیت تعادلی و حرکت در راستای ارتجاع اکوسیستم است. به دیگر بیان در اینجا Sustainability مطرح است که همان Resiliency است، یعنی فعالیت در محدوده ارتجاع سیستمی. بنابراین توسعه ارتجاعی (انعطافی) یعنی توسعه به گونه‌ای که از حد تحمل پذیری اکوسیستم خارج نشود و اکوسیستم مجبور به انتخاب نقاط تعادلی متفاوت نشود.

نقطه آغازین در فهم سیستم‌های پایدار و توسعه ارتجاعی و نه پایدار، شناخت چهار ویژگی اصلی در بحث پایداری و انعطاف پذیری یا ارتجاع سیستم است که در فهم ساختار پیچیده اکوسیستم کمک خواهد کرد. این ویژگی‌ها شامل: الف) تنوع و گوناگونی (وجود اشکال و رفتارها یا فرم‌ها و فرایندهای مختلف)، ب) کارایی مطلوب سیستم (مصرف منابع نسبتاً کم)، ج) سازگاری (انعطاف پذیری در پاسخ به تغییرات)، انسجام (وجود عناصر متحد درون سیستم یا ارتباط عناصر) می‌باشند. درک انعطاف پذیری اکوسیستم زمانی اهمیت پر رنگ تری خواهد داشت که بدانیم اختلالات و ناپیوستگی‌های معنی دار که عموماً در قالب تغییرات ناگهانی و کاتاستروفیک روی می‌دهد، باعث پاسخی غیر خطی از اکوسیستم و تغییر به شرایطی با حالت متفاوت از حالت تعادل اولیه خواهد شد. برای مثال تغییرات در منابع آب یا خاک، می‌تواند شرایط و حالات خاصی را در اکوسیستم به همراه داشته باشد که گاه با خلق یک چشم‌انداز جدید اکوسیستمی همراه است. بنابراین یک آشفتگی یا تغییر کوچک در اکوسیستم، پاسخ‌ها و نتایج کاتاستروفیکی شدیدی را در اکوسیستم ممکن است به دنبال داشته باشد. مع الوصف، آنچه که مهم است بالا بردن توان ظرفیتی اکوسیستم جهت حفظ پایداری یا مقاومت در برابر تغییرات است. به دیگر بیان درجه انعطاف پذیری و ارتجاعیت اکوسیستم را افزایش داد و یا به دیگر سخن حساسیت اکوسیستم را در برابر تغییرات به حداقل رساند. این همان توسعه پویا در اکوسیستمی پایدار است که برگردانی نادرست در فارسی از معادل انگلیسی آن Sustainable Development تحت عنوان توسعه پایدار شده است. بنابراین پایداری اکوسیستم یا اکوسیستم تحمل پذیر یا غیر حساس یعنی مدیریت ریسک اکوسیستمی یا شناخت ویژگی‌های از سیستم که ریسک آسیب پذیری اکوسیستم را پیش‌بینی و پیش می‌کند و مهمترین آن انعطاف پذیری است.



جدول ۱: علائم مشخص کننده ارتجاع و تعادل اکوسیستم (تغییرات شاخص‌ها، معرف تغییر تحمل پذیری سیستم است).

ویژگی سیستم	مثال اکوسیستم (سیستم‌های اکولوژیک)
تنوع (diversity)	تنوع زیستی و گوناگونی گونه‌های گیاهی و جانوری
کارایی (efficiency)	چرخه کارآمد مواد و انرژی در اکوسیستم
سازگاری (adaptability)	تحمل و جذب شرایط و تغییرات بیرونی (انعطاف و ارتجاع)
انسجام و پیوستگی (cohesion)	مرز زیستگاه‌های طبیعی و خوشه‌های مستحکم شبکه غذایی

در حقیقت پایداری که به عنوان یک هدف غایی، آرزوی رسیدن به آن را در توسعه دنبال می‌کنیم، نه تنها اشتباهی بزرگ در مفهوم توسعه پایدار است، بلکه پایداری ویژگی تمام سیستم‌های پویا و در حال تحول است که معرف پاسخ‌ها و واکنش‌های اکوسیستم در برابر محدودیت‌های محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی است که ریشه در ویژگی خود تنظیمی و ارتجاع سیستم دارد و در جهت حفظ شرایط پایداری سیستم صورت می‌گیرد.

بر اساس همین پارادایم فکری و تفکر ارتجاع در اکوسیستم‌ها، تغییرات و پاسخ‌های غیر خطی اکوسیستم به آشفتگی‌های محیطی و نیز پاسخ‌های خطی اکوسیستم در برابر شرایط تغییر تدریجی در محیط مفهوم می‌یابد. اینجاست که به واقع واکنش اکوسیستم ارومیه یا همان دریاچه ارومیه در برابر تغییرات محیطی یا اغتشاشاتی که از بیرون به اکوسیستم وارد شده است و تعادل سیستم را با اختلال روبرو ساخته است، رفتن به سمت پایداری و خروج از عدم تعادلی است که با آن روبرو شده است. اما این تعادل در نقطه‌ای متفاوت از حالت اولیه نمود خواهد یافت، قطعاً از آنجا که انرژی و انرژی در نقطه تعادلی دوم متفاوت است، چشم انداز اکوسیستمی نیز متفاوت خواهد بود.

منابع

- Bakshi, B.; Fiksel, J (2003). The Quest for Sustainability: Challenges for Process Systems Engineering. *AIChE J.* 49 (6), p 1350.
- Fiksel, J., Ed (1996). *Design for Environment: Creating Eco-Efficient Products and Processes*; McGraw-Hill: New York.
- Gunderson, L.; Protchard, L., Jr (2002). *Resilience and the Behavior of Large-Scale Systems*; Island Press: Washington, DC.
- Hassanzadeh, E., Zarghami, M., Hassanzadeh, Y. (2011). Determining the Main Factors in Declining the Urmia Lake Level by Using System Dynamics Modeling. *Water Resources Management*, 26(1), 129-145. doi: 10.1007/s11269-011-9909-8.
- Holling, C. S (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems* 2001, 4, 390-405.
- Lankey, R. L., Anastas, P. T., Eds (2002). *Advancing Sustainability through Green Chemistry and Engineering*; American Chemical Society: Washington, DC.
- MODIS. MODIS Satellite Data acquired from NASA Lance MODIS website at: <http://lancemodis.eosdis.nasa.gov/cgi-bin/imagery/realtime.cgi>
- Verfaillie, H. A.; Bidwell, R (2000). *Measuring Eco-Efficiency: A Guide to Reporting Company Performance*; WBCSD: Geneva.
- Zarghami, M. (2011). Effective watershed management; Case study of Urmia Lake, Iran. *Lake and Reservoir Management*, 27(1), 87-94. doi: 10.1080/07438141.2010.541327.