

## نظریه کیاس<sup>۱</sup> در ژئومورفولوژی

دکتر محمدحسین رامشت

دانشیار جغرافیا دانشگاه اصفهان

### چکیده

سه دهه اخیر را باید دهه‌های تجدید نظر در مبانی معرفت‌شناسی علمی تلقی کرد. انتشار نظریه عمومی سیستم‌ها در سال ۱۹۷۲ یعنی یکسال بعد از مرگ لودویگ فون برتالنفی، طرح منطق فازی توسط لطفی‌زاده<sup>۲</sup> و تبیین نظریه *Chaos* در سال ۱۹۸۶ توسط هریسون و بیسواس، پایه‌های خدشه‌ناپذیر بودن تفکر علمی را فروریخت. بدون تردید غایت‌گرایی و عدم الزام علیت در نظریه سیستم‌ها، مردود دانستن منطق علمی<sup>۳</sup> در تبیین بسیاری از پدیده‌های چند ارزشی در منطق فازی<sup>۴</sup> و پیروی نکردن بسیاری از رفتارها و رخدادها از نظر علمی در نظریه *Chaos* واقعیتی را برملا کرد و آن عدم کارائی معرفت‌شناسی علمی در تحلیل رفتار و مکانیسم همه پدیده‌هاست (رامشت، ۱۳۷۶: ۶۶-۵۰؛ رامشت، ۱۳۷۸: ۵۳-۵۲).

مروری گذرا بر سیر تاریخی نظریه‌های فوق نشان می‌دهد که مخالفت‌ها و تمسخرهای عالم‌مآبانه نسبت به این‌گونه عقاید، مانع از گسترش آن‌ها و نظریه‌پردازی در این مقولات نگردیده، زیرا پیچیدگی سیستم‌های محیطی و انسانی امروز و نیاز انسان به حل مشکلات و معضلات، تمسک به چنین نظریه‌پردازی‌هایی را ایجاب کرده است.

تلاش محققان در معرفت‌شناسی علمی برای نظم بخشیدن به رخدادها بیشتر بدان خاطر صورت گرفته که تب پیش‌بینی بشر در حدوث وقایع و رفتارها را فرو نشانند و تئوری *Chaos* دقیقاً به این نکته اشاره می‌نماید که این تلاش اگر چه در بسیاری از موارد نتیجه‌بخش بوده است ولی وقوع همه رخدادها و رفتارها تابع نظم علمی نیست و اگرچه می‌توان آن‌ها را پیش‌بینی کرد ولی پیش‌بینی‌های خطی نمی‌تواند راه‌حل مناسبی در این موارد به‌شمار آید. مفهوم کیاس در ژئومورفولوژی بیشتر در دیدگاه سیستمی و مقوله *Disequilibrium* مطرح است و در تحلیل بسیاری از رخدادها و پدیده‌های

1 chaos

۲- پرفسور لطفی‌زاده استاد ایرانی‌الاصل دانشکده برق دانشگاه برکلی آمریکا می‌باشند.

3 Scientific logic

4 Fuzzy Logic

ژئومورفولوژی بدون به کار بردن تکنیک‌های غیرخطی<sup>۱</sup> بویژه در مقیاس زمانی بلندمدت، قادر به درک و تبیین مکانیسم آن‌ها نخواهیم بود.

این مقاله که نتیجه بررسی‌های نظری طرح پژوهشی آثار یخچالی در دامنه‌های غربی زفره و مقایسه آن با دامنه‌های نساشرقی این منطقه است، به تبیین مبانی تئوری *Chaos* و تطبیق آن در ژئومورفولوژی می‌پردازد و حوزه کاربردی آن، در این بخش از علوم جغرافیائی را دنبال کرده است و از این رو برای دست‌یابی به چنین منظوری ضمن تشریح پاره‌ای از مفاهیم، با ارائه مدل ساده‌ای از عملکرد سیستم‌های آبی منطقه در پاراکلیشیاال نمونه‌های ژئومورفیک موجود در منطقه هنجن و نطنز را که شواهد بارز *Chaos* در چشم‌انداز عمومی منطقه به‌شمار می‌آیند، را معرفی و با مواردی که این پدیده در آن‌ها قابل مشاهده نیست مقایسه نموده است.

واژگان کلیدی: پاراکلیشیاال، فازی، تعادل، فرم، فرآیند، زمان پاسخ، زمان لختی

#### مقدمه

*Chaos* مفهومی است که به بیان نوعی نظم در چارچوب روندی بی‌نظم می‌پردازد. اگر چه از دیدگاه فلسفی چنین مفهومی بیشتر به یک مغالطه شبیه است ولی از بیان این تئوری اندکی نگذشت که رشد و گسترش یافت و بنا به گفته تسونیس (Tsonis, 1989: 258-263) بعد از تئوری کوانتم و نسبیت مهمترین کشف علمی در قرن بیستم تلقی شد.

محققان علوم زمین همواره سعی کرده‌اند با تجربه و آزمون مدل‌های جبری ساده<sup>۲</sup>، نحوه تحول و تکوین دامنه‌ها و یا حوضه‌های آبریز را تبیین و میزان تحول و تغییر یک نقطه ارتفاعی را در زمان  $1+t$  نسبت به زمان  $t$  محاسبه نمایند؛ اما در بسیاری از موارد نوعی بی‌نظمی در تبیین چنین روندهایی دیده می‌شود. این بی‌نظمی‌ها که خود بر وجود ناعادلی<sup>۳</sup> در یک سیستم و به‌صورت آشفتگی‌هایی در روند معادلات جبری رخ می‌نماید را اصطلاحاً *Chaos* می‌نامند. نکته قابل تامل آنست که همواره سعی شده بدون پشتوانه منطقی چنین مدل‌های ساده جبری را به مکان‌های دیگر تعمیم‌دهند و بی‌نظمی‌های مشاهده شده در روند معادلات جبری به دیده اغماض گرفته شود، حال آن‌که مقاطعی از روند که دارای چنین بی‌نظمی‌هایی است، خود حکایت از رفتارهای *Chaotic* دارد و شناخت مکانیسم آن‌ها با تکنیک‌های جبری ساده امکان‌پذیر نیست و آشنایی با چنین رفتاری مستلزم به‌کارگیری تکنیک‌های غیرخطی است.

1 Non-linear

2 Deterministic model

3 Disequilibrium

علت اصلی شکل‌گیری چنین مفهومی مشاهده پدیده‌های به‌ظاهر تصادفی و غیرقابل پیش‌بینی در سیستم‌های جبری ساده بود. تفحص و دقت بیشتر در این موارد محققان را به این نتیجه هدایت کرد که حالات آشفته و بی‌نظمی که در روند معادلات جبری دیده می‌شوند، خود واقعیت‌هایی هستند که اگر چه با تکنیک‌های ساده جبری و تعینی قابل فهم نیستند ولی نحوه تغییر و وقوع آن‌ها با تکنیک‌های غیرخطی قابل فهم و نظم درونی آن‌ها کشف شدنی است.

در ژئومورفولوژی ما شاهد سیستم‌هایی هستیم که پاره‌ای از اجزای آن‌ها با محیط خود در تعادل نیستند این نمونه‌ها، گاهی می‌تواند شواهد بارز کیاس تلقی شوند. اگرچه توسعه نظریه کیاس در فیزیک توسط هاریسون و بیسواس (Biswas, & Harison) (1986: 394 - 401) و در مکانیک مایعات توسط استوارت و تورکوت (Stewart & Turcotte, 1989: 317) صورت گرفته ولی ابتدا چنین مفهومی در اقلیم‌شناسی و متئورولوژی توسط نیولیس (Niolis, 1984) مطرح گردیده بود. از آن پس در موارد گوناگونی این تئوری مطرح گردید. برای مثال گریک و پرسپول (Gleick, 1987: 356) و (Percival, 1989: 42 - 43) سیر تاریخی آن‌را تبیین نمودند.

استوارت و جنسین (Jensen, 1987: 168-181) و (Stewart, 1989: 317) به توضیح و تشریح مبانی اساسی این تئوری پرداختند. البته افراد دیگری چون دیوینی و کونراد (Devaney, 1986: 320) و (Conrad) و همچنین شوستر و کنلی (Schuster & Canly, 1988: 270) و رساد (Rasbad, 1990: 230) در بسط مفهوم فوق تلاش ارزشمندی نموده‌اند و چندین سمپوزیوم ریاضی و فیزیک به این موضوع اختصاص داشته است. در نهمین کنفرانس ریاضیدانان ایران که در سال ۱۳۵۷ در دانشگاه اصفهان برگزار گردید، نیز دو مقاله در مورد معادلات غیرخطی و مفهوم کاتاستروف و انواع تیپ معادلاتی که می‌تواند چنین بی‌نظمی‌هایی را تبیین نماید، ارائه شده است (Dodson, M. M., 1978).

تورنيس (Thornes, 1987) اهمیت بالقوه نظریه کیاس را در پالئوهیدرومتری بیان داشت و کالینگ (Culling, 1985: 83) به تشریح تفصیلی این تئوری در جغرافیای طبیعی پرداخته است. هاگیت (Huggett, 1988: 45 - 49) ارتباط و کاربرد این تئوری در ژئومورفولوژی را بیان و بکار گرفتن دینامیک‌های غیرخطی را برای توضیح هدر رفتن انرژی و ماده در درون یک سیستم، توصیه نموده است.

در جغرافیای انسانی نیز دای و لورنز (Day, 1981) و (H-W.Lorenz, 1989) رفتارهای Chaotic را در سیستم‌های اقتصادی مورد بحث قرار داده‌اند.

### کیاس و اصول و مبانی آن

تئوری *Chaos* دارای سه اصل (« زیربنایی ») است. این سه اصل عبارتند از :

۱- پاره‌ای از رفتارهای سیستم‌های دینامیک ساده جبری (مانند رفتار جریان سیالات یا عملکرد ماشینی که دارای پس‌خوراند است) که ظاهراً ماهیت و نحوه تغییر در آن‌ها تعریف شده و معادله آن قابل تدوین است، غیرقابل پیش‌بینی هستند.

۲- پاره‌ای از سیستم‌ها در برابر تغییرات اندک بعضی از متغیرهای وابسته خود حساسیت فراوان نشان می‌دهند، بطوریکه ایجاد تغییری ناچیز در شرایط اولیه آن‌ها منجر به تحولات و تغییرات بزرگی در کل سیستم می‌شود.

۳- رفتارهای بظاهر تصادفی که نتیجه تعامل دو اصل فوق است، خود دارای نوعی نظم است و مطالعه الگوها و تیپ‌های چنین بی‌نظمی‌هایی حقایق فیزیکی خاصی را روشن می‌کند.

کولینگ (*Culling, 1985*) این سه ویژگی مهم در کیاس را تحت عنوان میل به صفر داشتن میانگین توابع همبستگی، حساسیت در برابر تغییر شرایط اولیه و غیر ادواری بودن مدار یا روند این‌گونه تغییرات بیان می‌دارد. البته این نکته را نیز باید یادآوری کرد که تبیین الگوهای بی‌نظمی در رفتار سیستم‌ها بدین معنی نیست که ما قادر به تحلیل علی، از رفتار آن‌ها شده‌ایم زیرا معادلات غیرخطی که بدین شیوه برای رفتار سیستم‌ها تدوین می‌شود قابل حل نیست و بنابراین پیش‌بینی در آن‌ها نیز میسر نخواهد بود (*Loranz, 1963:130-141*).

با ورود رایانه‌ها به عرصه کارهای پژوهشی، مسایل ناشی از حل رقومی این گونه معادلات ساده‌تر شده است و بسیاری از محققان بر این باورند که با دخالت دادن عوامل *Stochastic* در مدل‌های جبری می‌توان به پیش‌بینی مبادرت نمود، حتی پاره‌ای از محققان بکارگیری مدل‌های *Stochastic* را در تحلیل‌های علی توصیه کرده‌اند؛ حال آنکه این مدل‌ها از نظر فلسفی الزام علیت را در بسیاری از رخدادها نفی می‌کنند.

تورنيس (*Thornes, 1980*) به کارگیری نظریه کیاس را در مدل‌سازی نحوه شکل‌گیری مسیل‌ها در حوادث کاتاستروف امکان‌پذیر می‌داند.

اصل دوم کیاس، یعنی وقوع حوادث و تغییرات بزرگ به‌واسطه تغییر اندک در پاره‌ای از متغیرهای وابسته، دارای اهمیت زیادی است و توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده است. این اصل بویژه در مدل‌های جوی و اقلیمی صادق است و به

تأثیر پروانه<sup>۱</sup> شهرت دارد. این اصطلاح به این نکته اشاره دارد که حرکت بال‌های یک پروانه در یک نقطه (یعنی کمترین تأثیر ممکن) می‌تواند منجر به تغییرات آب و هوایی در کره زمین شود.

لورنز (Loranz, 1964) الگوی چنین مدل‌هایی را به صورت ساده برای تغییرات جوی ارائه داد. وی دریافته بود که می‌توان برای تغییر اندکی در هریک از متغیرهای یک سیستم  $n$  معادله‌ای با  $n$  متغیر، نتایج بسیار متنوع و متفاوتی تصور کرد که امکان تحقق هریک از آن حالات در عالم واقع وجود دارد.

### کیاس در ژئومورفولوژی

غالب ژئومورفولوژیست‌ها تلاش نموده اند شکل تغییر و تحول ناهمواریها را در یک روند قابل پیش‌بینی تبیین کنند. این منش، تلاشی برای تحقق یکی از ویژگی‌های معرفت‌شناسی علمی تلقی می‌شود. با این وصف ما همواره با مواردی در طبیعت مواجه بوده‌ایم که چنین نظمی را در چارچوبه‌های تعریف شده، نقض می‌نموده است.

یکی از روش‌های معمول در مطالعات ژئومورفولوژی روش تعادلی<sup>۲</sup> است. اگرچه این روش دارای مزیت‌های نسبی خاصی از جمله تحلیل‌های مقداری و کمی، قابلیت پیش‌بینی و اصل تعمیم است ولی به واسطه وجود ابهام‌هایی در استمرار شرایط تعادلی، چندان مورد اقبال ژئومورفولوژیست‌ها قرار نگرفت (Renwick, 1985). با این وصف در این روش مفاهیمی وجود دارد که تبیین‌کننده تئوری کیاس در ژئومورفولوژیست. از جمله نقاط قوت مدل‌های جریان ماده و انرژی توانایی آن‌ها در تعریف و تبیین حالاتی از سیستم است که علل برهم خوردن رابطه بین ورودی و خروجی (تعادل) را بر اساس مفهوم پسخوراند مثبت<sup>۳</sup>، آستانه‌ها<sup>۴</sup> و بی‌نظمی‌های جبری<sup>۵</sup> مشخص می‌دارد.

در این رهگذر فرآیندها، میزان و مکانیسم و نحوه چرخش انرژی و ماده و اطلاعات در سیستم را توضیح می‌دهد و فرمها، برون‌داد چنین مکانیسمی تلقی و تعادل حالت خاصی از ارتباط بین آندو به‌شمار می‌آیند. البته باید توجه داشت که درون‌داد<sup>۶</sup> و میان‌داد<sup>۷</sup> و برون‌داد<sup>۸</sup> در یک سیستم، حالت‌های گوناگون و پیچیده‌ای را به وجود می‌آورد.

1 Butterfly Effect  
2 Equilibrium Approach  
3 Positive Feedback  
4 Thresholds  
5 Deterministic Chaos  
6 Input  
7 Throughput  
8 Output

*Thornes* معتقد است که مصادیق کیاس را باید در کاتاستروف جستجو نمود ولی به نظر می‌رسد که آنچه در کاتاستروف مطرح است، با کیاس تفاوت دارد و چنین تبیینی را می‌توان در مدل‌های ارائه شده این دو مقوله شاهد بود. کیاس در ژئومورفولوژی بیشتر مربوط به مقوله ناعادلی<sup>۱</sup> است و این مفهوم، مفهومی است که در ژئومورفولوژی ترمودینامیک یا سیستمی تبیین‌پذیر است. لذا آشنایی با مفهوم تعادل<sup>۲</sup>، ناعادلی<sup>۳</sup> و عدم تعادل<sup>۴</sup> که رکن تحلیل‌ها در این روش به‌شمار می‌آیند، ما را در درک بهتر مفهوم کیاس یاری خواهند داد.

#### الف: تعادل<sup>۵</sup>

واژه تعادل و به‌کارگیری آن در ژئومورفولوژی سابقه‌ای تقریباً طولانی دارد. این واژه هم در ژئومورفولوژی دیویسی و هم در دیدگاه ژئومورفولوژی تصادفی و هم در ژئومورفولوژی سیستمی به‌کار گرفته شده است، اگرچه از نظر مفهومی در هر یک از دیدگاه‌ها دارای تفاوت‌های ماهوی است.

به‌طور کلی می‌توان گفت در تفکر دیویسی، تحلیل‌های ژئومورفیک بر اساس فرم و در چارچوبه زمان صورت می‌گیرد و چون اساس تحلیل‌ها فرمیک است بنابراین تعادل در قالب شکل لندفرمها، دامنه‌ها و چشم‌اندازها به‌عنوان مرحله‌ای از تکوین تاریخی با جهت و سیری جبری در نظر گرفته می‌شود. در دیدگاه کاتاستروفیسم تحلیل‌های ژئومورفیک بر اساس فرآیندهای شکل‌زا در قالب تکرار تناوبی تغییرات اقلیمی و سطوح اساس و پاره‌ای رخدادهای تکتونیکی و انسانی در دوران چهارم صورت می‌گیرد و از این‌رو تعادل در این دیدگاه به‌مفهوم تثبیت و حاکمیت یک فرآیند غالب و یا تعادل بین نیروهای عمل‌کننده توصیف می‌گردد. پس برای درک مفهوم تعادل در این دیدگاه با تشریح و توضیح آستانه‌ها که در واقع عبور و عدول از مرز تعادل قلمداد می‌شود، سعی در فهم مفهوم واقعی آن دارد.

در دیدگاه سیستمی یا مدل جریان ماده و انرژی<sup>۶</sup>، تحلیل‌های ژئومورفیک بر اساس رابطه بین فرم<sup>۷</sup> و فرآیند<sup>۸</sup> صورت می‌گیرد و لذا تعادل حالت یا رابطه معینی از نحوه ارتباط فرم و فرآیند در یک دستگاه شکل‌زا تلقی می‌شود.

1 Disequilibrium

2 Equilibrium

3 Disequilibrium

4 Nonequilibrium

5 Equilibrium

6 Cascading System

7 Landform

8 Process

سیستم‌های حامل و هادی

چورلی و کندی<sup>۱</sup> (1971) تعادل در ژئومورفولوژی را بیان حالتی از یک سیستم می‌دانند که بین فرآیند و فرم<sup>۲</sup>، پسخوراند منفی وجود دارد.

اساس تحلیل‌های ژئومورفولوژی سیستمی بر اندازه‌گیری فرآیندها و رابطه بین فرم و فرآیند استوار شده و با مشاهدات صحرایی سعی در ارائه مدل‌هایی است که بتواند حالت پایداری را تبیین نماید. بدین‌صورت که عواملی که منجر به تغییر در ورودی و خروجی و ناپایداری در یک سیستم می‌شود، تحت عناوین پسخوراند مثبت و آستانه‌ها معرفی می‌کند. این تلاش موفقیت‌های چشم‌گیری در تعریف بسیاری از اشکال و چشم‌اندازها داشته است و نتیجه این تلاش‌ها نشان می‌دهد که می‌توان رابطه بین ورودی و خروجی یا فرم در یک سیستم را نشان داد و این رابطه در گویایی و بیان مفهوم تعادل ما را یاری می‌دهد (Longbein & Leopold, 1964: 782-794).

بر اساس چنین مفهومی تغییرات لندفرمها در طول زمان اگرچه دارای نوسان‌هایی است، ولی این نوسان‌ها در محدوده میانگینی قرار می‌گیرد؛ به‌طوری که هرگز نمی‌توان تعادل را به مفهوم پایداری مطلق دانست. به عبارت دیگر وقتی گفته می‌شود بین فرآیند و فرم تعادل برقرار است این بدان معنی نیست که هیچ‌گونه تغییری وجود ندارد بلکه نوعی گرایش در پایداری لندفرمها و جهت آن‌ها دیده می‌شود و اگرچه نوسان‌هایی وجود دارد ولی این نوسان‌ها در حول و حوش یک محور خاص است (Howard, 1982: 303-325).

با وجود این تعادل مفهومی است که گاهی با مفهوم پایداری<sup>۳</sup> در چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیک همراه و قرین بوده، به‌طوری‌که پایداری در چشم‌انداز خود انعکاسی از وجود نوعی تعادل بین فرم و فرآیند تلقی شده است.

با توجه به‌اینکه چشم‌اندازهای ژئومورفیک ترکیبی از لندفرمهای گوناگون است که می‌تواند در حالت تعادل، نامتعادلی یا عدم‌تعادلی باشد، لذا حالات متعددی برای رابطه بین فرم و فرآیند متصور است و به همان نسبت، حالات متعدد تعادلی در آن موارد نیز قابل تعریف خواهد بود. چنین تعددی در حالات و مفهوم تعادل را تنها در دیدگاه سیستمی می‌توان شاهد بود و دیدگاه‌های دیگر ژئومورفولوژی مانند دیدگاه دیویسی و کاتاستروفیسم از چنین انبساطی در مفهومی برخوردار نیستند.

در چشم‌اندازهای متعادل، متغیرهای وابسته به فرم با نیروهای طبیعی به وجود آورنده سیستم‌های شکل‌زا در تعادل و توازنند. اگرچه تعادل بین فرم و فرآیند

1 Chorly, Kennedy

2 Form

3 Steady State

به گونه‌ای ناگهانی به وجود نمی‌آید ولی گاه مقیاس زمانی که این پدیده‌ها در آن رخ می‌دهند آنقدر سریع است که می‌توان شاهد تحول در چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیک یک منطقه بود.

مفهوم تعادل دینامیک<sup>۱</sup> برای اولین بار توسط هاگ (Hack, 1975) در ژئومورفولوژی مطرح گردید. اگرچه نظریه او هرگز به زبان ریاضی تبیین نشد ولی خلاصه مفهوم تعادل دینامیک او چنین است: «اگر منطقه‌ای بانرخ ثابت، تحت حاکمیت مستمر بالآمدگی<sup>۲</sup> قرارگیرد و فرآیندهای ژئومورفیک مانند عوامل اقلیمی هم به صورت پیوسته و ثابت عمل نمایند، ژئومتری فرم اراضی، حالت پایداری از خود بروز می‌دهد و ما قادر به درک تغییر یا تحول فرمیک در آن منطقه نیستیم». وی چنین حالتی را تعادل دینامیک نامید. بدیهی است در بسیاری از موارد، تغییرات محیطی در زمان حال و یا مقاطع زمانی طولانی‌تر چنین وضعیتی دارند.

### تعادل فرا پایدار<sup>۳</sup>

در تعادل فرا پایدار نیز همانند تعادل دینامیک ما شاهد تعادل در لندفرمها هستیم، ولی در اینجا سیستم ژئومورفیک دستخوش تغییر ناگهانی شده است. به عبارت دیگر در اینجا اولاً سیستم ژئومورفیک دچار تغییر می‌شود نه چشم‌انداز و ثانیاً تغییر همچون تعادل دینامیک آرام، مستمر و پیشرونده نیست بلکه ناگهانی است. لازم به ذکر است که برای درک بهتر تعادل فراپایدار باید بین تعادل در فرآیند و تعادل در فرم تفاوت قایل شد؛ به عبارت دیگر تعادل در فرم را با تعادل در فرآیند نباید یکی پنداشت چه بسا در سیستمی تعادل در فرآیند وجود نداشته باشد ولی در فرمها وجود داشته باشد. به خوبی آشکار است که مفهوم تعادل در دیدگاه سیستمی، دارای پیچیدگی‌های خاصی است و برای توصیف دقیق‌تر مفهوم تعادل در این دیدگاه، طرح مسایل دیگری چون مقیاس و واحدهای آن ضرورت می‌یابد.

### ب ناتعادلی<sup>۴</sup>

در موارد دیگری لندفرمهای موجود با فرآیندهای امروزی در تعادل نیستند. به چنین وضعیتی ناتعادلی گفته می‌شود و این مورد یکی از مصادیق کپاس در ژئومورفولوژی است. به عبارت دیگر لندفرمهای نامتعادل فرمهایی هستند که به سوی

1 DynamicEquilibrium  
2 Uplifting  
3 Metastable Equilibrium  
4 Disequilibrium



دستیابی به تعادل پیش می‌روند، اما زمان کافی برای رسیدن به چنین شرایطی در اختیار ندارند. ناتعادلی وقتی رخ می‌دهد که بین پاسخ متغیرهای وابسته (در ژئو یعنی متغیرهای فرمیک) به میزان تغییراتی که در متغیرهای غیروابسته (یعنی میزان عناصر و عوامل فرآیندی) رخ داده است، تأخیر زمانی وجود داشته باشد.

ناتعادلی در ژئومورفولوژی بیان حالات ویژه‌ای از یک سیستم ژئومورفیک است که تنها در مقاطع زمانی خاص رخ می‌دهد، و آن زمانی است که در رابطه ورودی‌های سیستم با خروجی‌های آن (فرم و فرآیند) نوعی عدم هماهنگی زمانی دیده شود و یا به عبارتی فرمها در برابر تغییرات فرآیند با زمان تأخیر پاسخ دهند، به طوری که این دیرکرد در پاسخ، نوعی اغتشاش و بی‌نظمی در مقایسه با روند عمومی سیستم تلقی شود. اگر چه این حالات اندک و غیرمعمول تلقی می‌شوند، با این وصف پدیده‌های ژئومورفولوژی ناشی از ناتعادلی را بسیار شاهد هستیم.

بنابراین می‌توان گفت آنچه تحت عنوان کیاس مطرح می‌شود، حالتی از سیستم است که بیانگر نوعی بی‌نظمی در رابطه بین پاسخ فرم و فرآیند است، ولی این به مفهوم ایجاد عدم تعادل در کل سیستم نیست؛ بلکه به واسطه تغییرات سریع و دیرکرد در پاسخ سیستم به آن تغییرات، بی‌نظمی خاصی در روند عام ایجاد می‌شود که پس از سپری شدن زمان تأخیر مجدداً روند عام قبلی حاکمیت می‌یابد. لازم به یادآوری است که زمان تأخیر در کیاس با زمان واکنش در حالت‌های تعادلی تفاوت دارد.

برای بهتر روشن شدن مفهوم فوق باید گفت هرگاه در میزان ورودی یک سیستم تغییری جدی حاصل شود بدون تردید سیستم بیدرنگ به تغییر حادث شده، واکنش نشان نمی‌دهد و برای نشان دادن واکنش، مدت زمانی خاصی طول می‌کشد. این مدت را اصطلاحاً، زمان واکنش می‌نامند.

با پایان گرفتن زمان واکنش، سیستم تغییراتی را به صورت واکنش از خود نشان می‌دهد. این واکنش‌ها تا مدت خاصی ادامه می‌یابد و سپس سیستم مجدداً به حالت قبلی باز می‌گردد. مدتی را که سیستم در پاسخ به این تغییر مجبور به واکنش بوده است را اصطلاحاً *Relaxation Time* می‌گویند.

در اینجا مجموع زمان *Reaction Time* و *Relaxation Time* را با عنوان *Response Time* می‌شناسند. به عبارت دیگر از زمانی که شوکی به سیستم وارد می‌شود و سپس سیستم نسبت به آن پاسخ می‌دهد و زمانی که طول می‌کشد تا پاسخ سیستم پایان یابد و به حالت اولیه بازگردد، را تحت عنوان *Response Time* بیان می‌دارند.

$$Response\ Time = Reaction\ Time + Relaxation\ Time$$

رابطه طول مقاطع زمانی فوق با مدت استمرار آشفتگی (مدتی که تغییر در ورودی سیستم ادامه داشته) در امکان بازگشت تعادل به سیستم بسیار مهم است. بدین نحو که پایداری تنها برای سیستم وقتی دست یافتنی است که طول مدت *Response Time* کوچکتر از مدت استمرار آشفتگی باشد، کیاس نمونه‌ای از حالت فوق در ژئومورفولوژی است.

مدت استمرار آشفتگی < ( $Response\ Time = Reaction\ Time + Relaxation\ Time$ )

لذا *Relaxation Time* برای لندفرمهایی که در معرض تغییرات گذشته محیطی قرار گرفته‌اند، به‌عنوان یک شاخص اولیه در توانایی دستیابی مجدد آن‌ها به تعادل، در یک چشم‌انداز به‌شمار می‌آید.

از طرفی مفهوم ناتعادلی مستلزم طرح مقیاس زمانی - فضایی است. در تبیین ناتعادلی سیستم‌های ژئومورفیک در دوران چهارم (Church & Ryder 1972:83) به تعریف واژه خاصی مبادرت نموده‌اند و آن واژه پاراگلیشیال<sup>۱</sup> است. پاراگلیشیال به فرآیندهای غیر یخچالی اطلاق می‌شود که مستقیماً تحت تاثیر یخچال‌های گذشته شکل می‌گیرد و با یک تأخیر زمانی در دوره بعد یخچالی رخ می‌دهد. این فرآیندها را سیستم برای تعدیل وضعیت خود در شرایط غیر یخچالی متحمل می‌شود. البته مفهوم پاراگلیشیال تنها به این‌گونه فرآیندها محدود نمی‌شود و به دوره یا مقطع زمانی که معمولاً در مقیاس هزاره مطرح است، نیز اطلاق می‌گردد. به عبارت دیگر پاراگلیشیال به دوره‌ای که آن فرآیندهای خاص به‌وقوع می‌پیوندند، نیز اطلاق می‌شود.

در واقع محیط پاراگلیشیال در ژئومورفولوژی حکایت از شرایط ناتعادلی در مقیاس زمانی هزاره برای شبکه‌های آبراه‌های یک حوضه آبریز دارد. در این شرایط حجم زیادی از رسوبات تولید و ذخیره شده در دوره یخچالی جابجا و حمل می‌شود در حالی که نرخ هوازدگی و تولید رسوب با نرخ فرسایش هماهنگی ندارد و در نتیجه تشکیل فرمهای جدیدی چون تراس‌ها، مرهون حاکمیت این دوره تلقی می‌شود. این ناتعادلی‌ها بر روی دامنه دره‌ها و بسیاری از حرکات دامنه‌ای چون *Soliflaction* به‌خوبی آشکار است. نمونه بارز ناتعادلی دره ای در ایران مرکزی را می‌توان دره هنجن، دره نسران و دره ایزد خواست در استان اصفهان دانست؛ همچنان که حرکات دامنه‌ای در دامنه غربی دشت بلداجی نیز نمونه بارز ناتعادلی در دوره پاراگلیشیال محسوب می‌شود. زیرا

1 Paraglacial

شرایط اقلیمی امروزی در منطقه بلداجی و حوضه‌های آبریز ایبانه و رودخانه رحیمی<sup>۱</sup> هرگز قادر به ایجاد سیستم شکل‌زای فرمهای فوق نیست و از طرفی در دوره‌های یخچالی با توجه به ارتفاع خط برف دائمی و میزان بارش‌ها در منطقه امکان به‌وجود آمدن روان آب‌های شدید و مستمر فراهم نبوده است و لذا شرایط در دوره‌های پاراکلیشیال چنین امکانی را به‌وجود می‌آورده‌اند (رامشت، ۱۳۸۰: ۹۴-۷۹).

جانسون (Johnson, 1984) دقیقاً به‌چنین موضوعی توجه داشته است. هنگامی که فرم و فرآیند در یک مقطع زمانی تعادل و هماهنگی ندارند، ناتعادلی حاکمیت می‌یابد و لذا هر مدلی که برای توجیه چنین وضعیتی طرح گردد، باید با در نظر گرفتن زمان تأخیر باشد.

### ج: عدم تعادل<sup>۲</sup>:

با وجود پایداری محیطی آن هم در طول یک مدت طولانی، پاره‌ای از لندفرمها عدم تعادل از خود نشان می‌دهند. این عدم تعادل معمولاً به‌صورت تغییرات ناگهانی در خروجی یا فرم یک سیستم ژئومورفیک نمود پیدا می‌کند به‌صورتی که مشکل بتوان برای وضعیت آن، حد میانه و متوسطی تعریف کرد. عواملی که به‌طور بالقوه می‌تواند سبب چنین ناپایداری‌هایی شود، وقوع آستانه‌های حد با احتمال وقوع اندک، پسخوراند مثبت و حوادث Chaotic است.

پسخوراند مثبت در بسیاری از سیستم‌ها سبب بروز تغییر در یک یا چند فرآیند می‌شود و به دنبال آن، تغییر در عملکرد سیستم به‌گونه‌ای رخ می‌دهد که فرآیندهای جدید نسبت به فرآیندهای قبلی غیرعادی تلقی می‌شود. برای مثال اگر تغییرات دمایی در حدود چند درجه در سطح آبی رخ دهد که سبب یخزدگی گردد، کافی است که دمای محیطی بدون دخالت عوامل بیرونی تا ۲۸- درجه سانتی‌گراد کاهش یابد. این امر بدان خاطر است که تغییر در پوشش سطحی می‌تواند البیدو را از ۹ درصد (در سطح آب) به ۹۰ درصد (در سطوح برفی و یخی) افزایش دهد. و این بدین مفهوم است که زنجیره معکوسی از پسخوراند مثبت برودت محیطی را تقویت می‌کند. همین عملکرد برای محیط‌های یخچالی صادق است. در بسیاری از موارد گرم شدن یخ آن هم به اندازه یک تا دو درجه می‌تواند حیات یخچال‌ها را با مخاطره جدی روبرو سازد زیرا با

۱- رودخانه رحیمی، هنجن، طامه، نسران و منطقه بلداجی در حد فاصل پیشکوه‌های زاگرس و کوه‌های زاگرس در ایران مرکزی واقع است.

2 Nonequilibrium

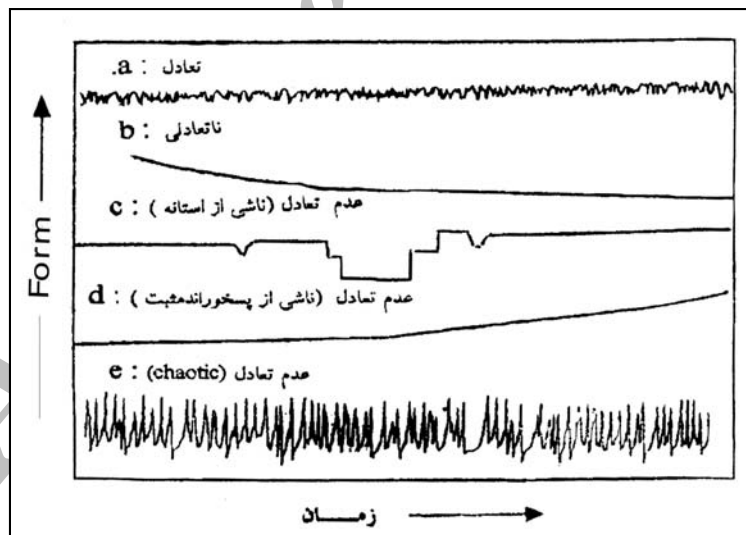
بالا رفتن یکی دو درجه دمای یخ (مثلاً تبدیل شدن یخ ۱۳- به یخ ۱۱) میزان جذب انرژی تابشی در سطح، بالا می‌رود و همین عامل موجبات افزایش مجدد محیط یخ را فراهم می‌آورد و چنین دور تسلسلی تکرار تا به‌طور کلی سیستم یخ و یخچالی مضمحل شود. چنین تغییرات اندکی در محیط گاه سبب می‌شود که سیستم‌های حاکم شکل‌زا به‌طور کلی مضمحل و سیستم‌های دیگری جایگزین گردد. بنابراین اگرچه ممکن است تغییر چند درجه‌ای هوا هرگز قادر به ایجاد چنین تحولی نباشد، اما افزایش یک تا دو درجه دمای یخ توانسته قابلیت جذب انرژی تابشی را چندین برابر افزایش دهد. این بدان مفهوم است که وقتی انرژی اندکی وارد محیط می‌شود، پس‌خوراند مثبت آن منجر به بالا رفتن حساسیت جذب انرژی تابشی در یخ می‌شده و بجای آن که مثلاً هشتاد درصد آن را بازتاب دهد، رقم کمتری را بازتاب می‌دهد و این امر به صورت تسلسلی موجب افزایش جذب و کاهش بازتاب را فراهم می‌آورد. بدیهی است نتیجه چنین پس‌خوراند مثبتی ایجاد عدم تعادل و استمرار آن، مضمحل شدن سیستم فرسایش یخچالی و حاکمیت فرآیند دیگری در محیط است. در پاره‌ای از موارد تغییر در ورودی‌ها سبب وقوع آستانه یک یا چند متغیر محیطی و در نتیجه تغییر در لندفرم می‌شود. برای مثال کاهش رطوبت محیطی در جنگل‌های بلوط منطقه لردگان چهار محال و بختیاری سبب شده که جریان‌های سطحی به‌واسطه کاهش پوشش گیاهی قدرت فرسایشی پیدا نمایند و جویبارهای زیرجنگلی دچار تغییر فرم شوند. اگرچه این تغییرات فرمی اندک می‌نماید و تغییری در چشم‌انداز جنگلی منطقه محسوب نمی‌شود ولی به هر حال حکایت از وقوع یک آستانه محیطی دارد. این نکته را باید بخاطر سپرد که برای وقوع آستانه‌ها گاه میزان تغییر چندان اهمیت ندارد بلکه دامنه تغییر نقش مهمتری ایفا می‌کند. برای مثال ممکن است تغییرات رطوبتی در محیطی یکصد میلیمتر باشد ولی این تغییر در ورودی موجبات تغییر فرم را فراهم نیاورد ولی در محیط مشابه دیگری تغییر بیست میلیمتری رطوبت سبب بروز یک آستانه و تحول قلمداد شود. این بدان خاطر است که عبور از یک دامنه مقداری، برای محیط دوم آستانه بوده است. وقوع آستانه‌های شدید با احتمال وقوع اندک نیز می‌توانند منجر به چنین عدم تعادلی در محیط بشوند ولی مدت استمرار این‌گونه آستانه‌ها در ایجاد عدم تعادل نقش اساسی دارد.

نوع دیگر عدم تعادل مربوط به حوادث و رفتارهای *Chaotic* یک سیستم است. رفتارهای *Chaotic* اگرچه می‌تواند منشأ گوناگون داشته باشد ولی غالب حوادث تکتونیکی از زمره چنین رفتاری محسوب می‌شود. برای مثال دشتهای واقع در

حواشی شهر بم همگی دارای فرم‌های تعادلی هستند. به عبارت دیگر همه شواهد حکایت از دشت سرهای بیکرانه با نیمرخ مقعر دارد که خود دال بر تعادل حاکم بر منطقه است.

در فاصله ۵ تا ۱۰ کیلومتری شهر بم (در جاده کرمان- بم) به منطقه نسبتاً وسیعی در دو طرف جاده برمی‌خوریم که عدم تعادل در فرم اراضی آن به خوبی آشکار است، به نحوی که فرم این اراضی چشم‌انداز بریده بریده را به وجود آورده و کاملاً از چشم‌انداز عمومی اطراف آن یعنی دشت‌های مسطح با شیب اندک ممیز است. در اینجا با وجود آن که ورودی به این سیستم تغییری نکرده اما گسل جدید بم سبب شده که سطح اساس خط‌القعر منطقه در ناحیه محدودی تغییر یابد و همین امر سیستم شکل‌زایی منطقه را که به نوعی با متغیرهای شکل‌زا در تعادل بوده است و با وجود آن که هیچ تغییری در ورودی سیستم حادث نشده به واکنش غیرتعادلی واداشته است. رینویک (Renwick, 1992: 265-276) سعی کرده رفتارهای تعادلی، عدم تعادلی ناشی از آستانه و پسخوراند مثبت و عدم تعادلی *Chaotic* را در شکل (۱) به نمایش بگذارد. در این نمودار تغییرات فرم یا خروجی را در بستر زمان ترسیم نموده و همچنان که دیده می‌شود منحنی تعادل (a) سیر مستقیمی دارد، اگر چه تغییرات خاصی حول

شکل (۱)



محور مسیر دیده می‌شود. این بدان مفهوم است که تغییرات حول و حوش میانگینی صورت می‌گیرد و نوسان خاصی که بیانگر اُفت و خیز روند کلی تغییر باشد

دیده نمی‌شود. منحنی ناتعادلی ( $b$ ) در ابتدا تغییرات فرمی زیادی نشان می‌دهد، ولی این تغییر در جهت دستیابی به پایداریست اگرچه هنوز این اتفاق رخ نداده است. منحنی ( $c$ ) به واسطه وقوع آستانه‌های شاخص و برجسته دچار افت و خیزهای ناگهانی است؛ ولی منحنی ( $d$ ) که عدم تعادل ناشی از پسخوراند مثبت را نشان می‌دهد، به صورت تغییری پیشرونده<sup>۱</sup> نمایش داده شده است. بالاخره گراف ( $e$ ) عدم تعادل ناشی از رفتارهای *Chaotic* را با دایره نوسانات نامنظم نمایش می‌دهد.

### مدل‌های تبیین‌کننده نحوه تغییرات رویدادهای غیر منتظره و کیاس

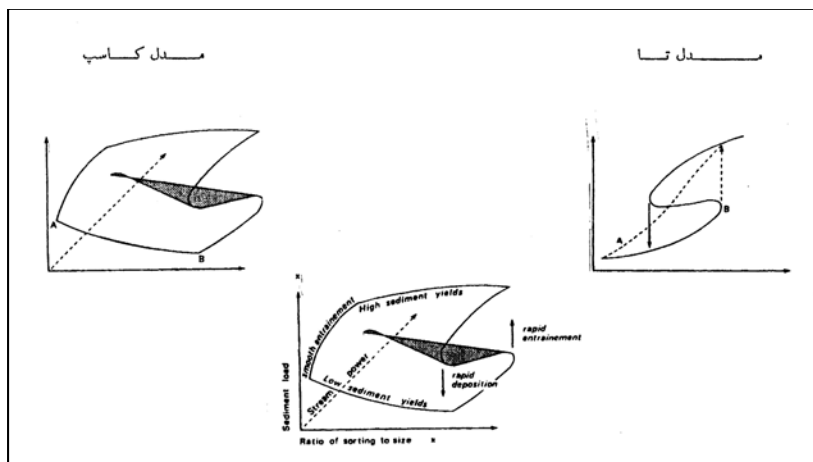
محققان و پژوهندگان برای تبیین رویدادها و وقایع، به ساختن مدل‌های متناسب و آنالوگ با آن‌ها مبادرت نموده‌اند. این تلاش پس از بررسی‌های لازم به تدوین معادله‌ای ساده و قابل درک می‌انجامد و به تعبیر دیگری قانون خاصی شکل می‌گیرد. برای مثال در مورد محاسبه مقدار حرارت تولید شده ( $\Omega$ ) در ازا شدت جریان ( $I$ ) در سیمی به مقاومت ( $R$ ) در مدت‌زمان ( $T$ ) به شکل زیر تألیف می‌شود:  $\Omega = R.T.I.K$ . طی دو سه قرن اخیر گفته می‌شد که تنها روش علمی برای ساختن و تبدیل چنین مدل‌هایی به واقعیت عینی، حساب دیفرانسیل است. در صورتی که معادلات دیفرانسیل دارای محدودیت ذاتی خاصی هستند بدین معنی که چنین معادلاتی تنها قادر به تشریح پدیده‌هایی هستند که تغییرات و نوسانات آن‌ها به صورت پیوسته و یکسان عمل نماید. به تعبیر دیگر راه‌حل معادلات دیفرانسیل و جبری<sup>۲</sup> فقط می‌توانند توابعی باشند که دارای مشتق هستند. حال آن‌که به‌طور نسبی پدیده‌های بسیار اندکی را در طبیعت می‌توان یافت که چنین منظم و یکسان و پیوسته باشند و برعکس جهان ما مملو از تغییرات ناگهانی و وقایع غیرمنتظره‌ایست که برای پیش‌بینی آن‌ها از ریاضیات نیوتونی نمی‌توان به صورت مطمئن بهره گرفت. برای شناخت چنین وقایعی به توابعی نیاز داریم که در آن‌ها پیوستگی و ناپیوستگی به صورت توأمان امکان‌پذیر باشد. توابعی که در فواصل پیوسته و ناپیوسته دارای مشتق یا حد نباشند.

تلاش رنه‌تام<sup>۳</sup> ریاضیدان فرانسوی در شبیه‌سازی و مدل‌کردن رویدادهای کاتاستروف بالاخره در سال ۱۹۷۲ به نتیجه رسید. وی که از مباحث توپولوژی (ریاضیات سطوح مختلف در فضاها) چند بُعدی بهره گرفته، سعی کرده رویدادهای کاتاستروف را نقاط عطف در سطوح تعادل قلمداد و به تشریح توابع آن‌ها بپردازد. وی

1 Progressive  
2 Deterministic  
3 ReneThome

نشان داد که برای کلیه رویدادهایی که در آن‌ها بیش از چهار عامل وجود ندارد، فقط هفت نوع رویداد غیرمنتظره امکان وقوع دارد و برای هر یک معادله مربوطه را تدوین نمود. این کار رنه به قضیه طبقه‌بندی تام (*Theorem of Thome Classification*) در ریاضی شهرت دارد. در بیان وضعیت مدل‌های کاتاستروف حالت‌های گوناگونی متصور است. در صورتی که در مدل ما تنها دو عامل وجود داشته باشد، نمایش گرافیکی آن تصویر دو بعدی از یک منحنی است که اصطلاحاً به آن مدل تا<sup>۱</sup> گفته می‌شود شکل (۲).

شکل ۲: مدل‌های ترسیمی تا و کاسپ



در این مدل فقط یک پارامتر کنترل وجود دارد و فضای کنترل به صورت یک خط مستقیم است و مجموعه جداساز، یک نقطه منفرد روی آن خط است. فضای رفتاری در این مدل به جای یک خط، یک سهمی است که نیمی از آن نشان‌دهنده وضعیت پایدار و نیم دیگر نمایشگر وضعیت ناپایدار خواهد بود و دو منطقه فوق به وسیله یک نقطه تا از یکدیگر جدا می‌شود.

در صورتی که مدل شامل سه بعد شود (دو بعد کنترل و یک بعد رفتار) در این حالت مدل ما یک مدل سه بعدی خواهد بود که به مدل کاسپ<sup>۱</sup> شهرت دارد. با اضافه شدن یک بعد دیگر به فضای کنترل (سه بعدی شدن آن) و یک بعدی باقی ماندن فضای کنترل (سه بعدی شدن آن) و یک بعدی باقی ماندن فضای رفتاری با مدل چهار بعدی

1 Fold Catastrophe

روبرو خواهیم بود که گرچه از نظر تصویری نمایش آن میسر نمی‌نماید ولی از نظر توپولوژی مکانیسم آن کاملاً قابل درک و فهم است. در این مدل فضای رفتاری یک منحنی با شکل سه بعدی خواهد بود و به جای آن که در طول خم تا گردد در تمام طول منحنی تاخوردگی وجود خواهد داشت. مدل جدید به مدل دم پرستویی<sup>۱</sup> شهرت دارد.

با افزایش یک پارامتر دیگر، به عوامل کنترل و تبدیل مدل به یک مدل پنج بعدی (چهار بُعد فضای کنترل و یک بُعد فضای رفتاری) دست می‌یابیم که به مدل پروانه<sup>۲</sup> شهرت دارد. علاوه بر مدل پنج بعدی پروانه، دو مدل پنج بعدی دیگر هم وجود دارد و آن‌ها در صورتی به وجود می‌آیند که فضای کنترل دارای سه بعد و فضای رفتاری دارای دوبعد باشد به طوری که روی هم تشکیل پنج بعد را خواهد داد، این دومدل هایپربولیک امبولیک<sup>۳</sup> و الپتیک امبولیک<sup>۴</sup> نامیده می‌شود. نظیر مدل دم پرستویی مجموعه جداسازی این مدل‌ها شامل فضاهایی است که گوشه‌های آن‌ها از کاسپ تشکیل گردیده و از آنجا که این مقاطع سه بعدی هستند می‌توان این کاسپ‌ها را رسم نمود.

یک مدل شش بعدی از اجماع یک فضای کنترل چهار بعدی و یک فضای رفتاری دو بعدی نیز می‌توان متصور شد که به پارابولیک امبولیک<sup>۵</sup> شهرت دارد. هندسه این مدل بسیار پیچیده است لورنز (Lorenz, 1963:130-141). فاز دیاگرام<sup>۵</sup> را برای اولین بار برای مدله کردن کیاس به کار گرفت و اگرچه از روش وی چهار دهه می‌گذرد ولی هنوز بهترین و مطلوب‌ترین تمثیلی است که وی در این زمینه به کار گرفته است. فاز دیاگرام یک روش ترسیمی است که برای به نمایش گذاردن حالت یک سیستم که در بعد زمان توسعه و تکوین یافته است. با این وصف روش‌های ترسیمی با گذشت چند دهه هنوز قادر به نمایش سیستم‌های پیچیده طبیعی نیستند و ما برای داشتن تصویری سه بعدی از نحوه حالات یک سیستم مجبور به خلاصه کردن و یا ساده انگاشتن سازمان تعاملی آن‌ها هستیم. این کار با کاهش متغیرهای اندازه‌پذیر یک سیستم در قالب سه بعد (به استثنای زمان) صورت می‌گیرد و چنانچه قادر به ادغام و یا انتخاب حداکثر سه متغیر تعیین‌کننده باشیم می‌توانیم با تمسک به چنین روش

1 Butterfly  
2 Hyperbolic Umbulic  
3 Alpetic Umbulic  
4 Parabolic Umbulic  
5 Phase Diagram



ترسیمی رفتار دینامیک یک سیستم را در فضای سه بعدی فاز<sup>۱</sup> نمایش دهیم. الگوهای رفتاری سیستم‌های منظم<sup>۲</sup> را می‌توان در دو تیپ ممیز طبقه‌بندی نمود:

**الف:** سیستم‌هایی که در نهایت در نقطه خاصی پویایی خود را از دست می‌دهد و به نوعی پایداری دست می‌یابد، که حرکت یک پاندول بهترین مثال در این مورد است. رفتار یک پاندول ضمن داشتن نظم، تابعی از زاویه و سرعت آن است و با کاهش همزمان و وابسته زاویه و سرعت، رفته‌رفته در یک نقطه مرکزی آرام می‌گیرد. گفته می‌شود تکوین یک دشت سر یا پدپلین از نمونه‌های بارز چنین الگویی تلقی می‌شود.

### مدل‌های رنه تام در رخداد های کاتاستروف

1	$x^3$	$x^3 + ux$	<i>fold</i>	} <i>cuspid</i>
2	$x^4$	$x^4 + ux^2 + vx$	<i>cuspid</i>	
3	$x^5$	$x^5 + ux^3 + vx^2 + wx$	<i>swallow - tail</i>	
4	$x^6$	$x^6 + ux^4 + vx^2 + wx^2 + sx$	<i>butterfly</i>	
5	$x^7$	$x^7 + ux^2 + vx^4 + wx^3 + sx^3 + tx$	<i>wigwam</i>	
3	$x^2y - y^3$	$x^2y - y^3 + u(x^2 + y^2) + vy + wx$	<i>elliptic</i>	} <i>umbilic</i>
3	$x^2y + y^3$	$x^2y + y^3 + u(x^2 + y^2) + vy + wx$	<i>hyperbolic</i>	
4	$x^2y + y^4$	$x^2y + y^4 + uy^2 + vx^2 + wy + sx$	<i>parabolic</i>	
5	$x^2y - y^5$	$x^2y - y^5 + uy^3 + vy^2 + wx^2 + sy + tx$	<i>sec ondellipti c</i>	
5	$x^2y + y^5$	$x^2y + y^5 + uy^3 + vy^2 + wx^2 + sy + tx$	<i>sec ondhyperbo lic</i>	
5	$x^3 + y^4$	$x^3 + y^4 + uxy^2 + vxy + wy^2 + sy + tx$	<i>symbolic</i>	

**ب:** الگوی دوم رفتار سیستم‌های منظم به جای عطف به یک نقطه مرکزی، مداری‌هایی هستند که به شکل دوایری با محدوده و حد مشخص در فضای فاز می‌توان نمایش داد.<sup>۳</sup> البته وقوع چنین الگویی از رفتارها به عنوان یک رفتار مقطعی و پریودیک در نظر گرفته می‌شود. کانون‌های مسبب ایجاد چنین همگرایی‌ها در الگوهای رفتاری را اصطلاحاً کانون‌های جاذب<sup>۴</sup> می‌نامند. شناسایی این کانون‌ها و حد دوایر حول و حوش

1 Phase Space  
2 Non Chaotic

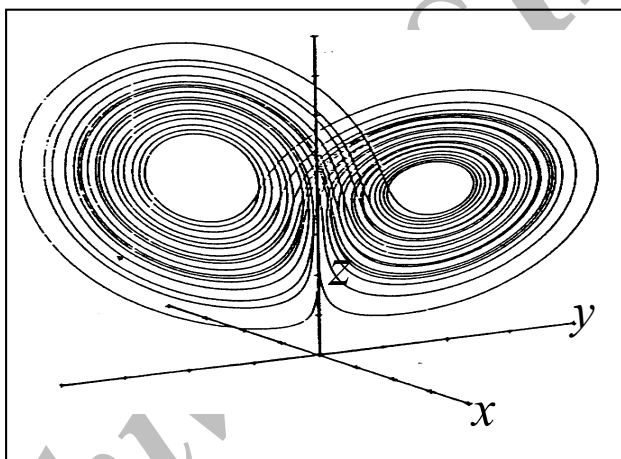
۴- برای تجسم محدوده چنین دوایری بهترین مثالی که می‌توان زد شکل شیرینی هانی است که به صورت یک نوار باریک و مدور، حلقه‌های متعددی را روی یکدیگر تشکیل می‌دهند بدون آن‌که همدیگر را قطع نمایند و چنانچه سر حلقه را به طرف بالا بکشیم مانند فنر از یکدیگر باز می‌شوند. این فرم فضایی را اصطلاحاً "سری" Tours یا a donut می‌گویند.

4 Attractors

آن‌ها ما را قادر می‌سازد که رفتار یک سیستم را برای دوره‌های بلند مدت پیش‌بینی کنیم.

کیاس تئوری به ما می‌گوید که تیپ دیگری از کانون‌های جاذب وجود دارد که تحت عنوان جاذب‌های غریب<sup>۱</sup> نام‌گذاری شده‌اند و لورنز (Lorenz, 1983) مطلوب‌ترین مثال آن‌را در زمینه اقلیم سیاره‌ای مدله نموده است. وی رفتار یک سیستم را با معادلات زیر توضیح می‌دهد. وقتی رابطه بین  $x, y, z$  در فضای سه بعدی ترسیم می‌شود شمایی به‌وجود می‌آید که به چشمان جغد شبیه است و به همین خاطر آن‌را مدل چشم جغدی<sup>۲</sup> می‌گویند (شکل ۳).

شکل (۳)



همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، ما دارای سه محور متعامد هستیم که صفحه‌ای از دو محور آن می‌گذرد. با وارد نمودن متغیرهای کنترل‌کننده، نتیجه تعامل آن‌ها در فضایی سه بعدی به نمایش گذارده می‌شود. فضایی که از تعامل متغیرها شکل می‌گیرد به‌صورت دوایری با کانون‌های خاص است. اگرچه این خطوط همدیگر را قطع نمی‌کنند ولی حوزه و قلمرو خطوط دارای محدوده مشخصی است بدین نحو که کانون‌های جاذب غریب محدوده آن را کنترل می‌کند.

اگر چه بعضی از جغرافیدانان مبحث کیاس را در کاتاستروف طرح نموده‌اند، ولی به نظر می‌آید چنین تعبیری در مورد کیاس صحت نداشته باشد؛ زیرا کیاس

1 Strange Attractors  
2 Owls Mask

ماهیتاً با کاتاستروف تفاوت دارد. این تفاوت را لورنز در مدل سه بعدی چشم جعدی خود نشان داده است. از آن گذشته کیاس اگرچه نوعی بی‌نظمی در روند کلی فرآیند یا فرم در مقیاس لندفرم در برابر چشم‌انداز محسوب می‌شود ولی در مقولهٔ ناتعادلی مطرح است و هرگز کیاس منجر به عدم تعادل نمی‌شود حال آن که در بسیاری از موارد کاتاستروف موتور اصلی عدم تعادل در فرم و فرآیند است. از جمله تفاوت‌های دیگر بین این دو پدیده منشأ ایجاد کیاس و کاتاستروف است. کاتاستروفیسم‌ها به صراحت معتقدند که آنچه رخداد کاتاستروف نامیده می‌شود حوادثی است که در چارچوب سه محور تغییرات اقلیمی و سطح اساس و تغییرات ناشی از دخالت انسان و پاره‌ای حوادث تکنیکی شکل می‌گیرد حال آن که کیاس می‌تواند ناشی از هیچ‌کدام از این پدیده‌ها نباشد و در واقع پاره‌ای از روابط میان‌داد در سیستم چنین پدیده‌ای را شکل دهد.

### کیاس در پیشکوه‌های زاگرس

منطقهٔ حدفاصل کاشان و نایین یک رشته ناهمواری با جهت شمال غربی جنوب شرقی به موازات محور زاگرس کشیده شده است که بخشی از پیشکوه‌های زاگرس به‌شمار می‌آید و مجموعاً در دو سوی دامنه‌های شرقی و غربی آن تعداد ۱۱۳ سیستم حوضه آبی وجود دارد.

اگرچه بر اساس مطالعات موجود، بین ورودی و خروجی سیستم‌های دامنه‌های نثار و بر آفتاب در این منطقه تفاوت‌های چشم‌گیری وجود دارد ولی خروجی این سیستم‌ها (فرم) در هر دو دامنه، دشت‌های مقعر با شیبی کم است که به خط‌القعر منطقه ختم می‌شود. به عبارت دیگر چشم‌انداز غالب در منطقه، دشت‌های دامنه‌ای مقعری است که روان‌آب‌ها بر روی سینهٔ آن به صورت موازی حرکت می‌کنند. در میان این تعداد حوضهٔ آبی، دو حوضه یعنی حوضه رودخانه هنجن و طامه (نسران) به‌صورت استثنایی دیده می‌شود به‌صورتی که از آن‌ها به‌عنوان کیاس باید نام برد. این دو رود که فرمی غیرعادی از خود به‌نمایش گذارده‌اند، نشان از نوعی بی‌نظمی در قانون فرآیندهای حاکم در منطقه به‌شمار می‌آیند. بدین‌نحو که در درون چشم‌اندازی به‌وسعت کاشان تا نایین در دو طرف این رشته‌کوه تنها و تنها این دو دره به‌صورتی خاص با عمقی بیش از یکصد متر و دیواره‌های عمودی سینهٔ دشت را شکافته‌اند. به عبارت دیگر این دو دره، دو پدیدهٔ غریب و غیرمتعارف در چشم‌انداز دشت سری (گلاسی) دامنه‌های این رشته کوه به‌شمار می‌آیند.

آنچه مسلم است ایجاد چشم‌انداز فوق و همچنین به وجود آمدن دو جزء غیر متعارف در درون چنین چشم‌اندازی که مربوط به عملکرد سیستم‌های آبی در دوره پاراگلیشیال است را نمی‌توان به پسخوراند مثبت و یا وقوع آستانه‌ها در متغیرهای شکل‌زا نسبت داد و با توجه به آن که میزان ورودی به این سیستم‌ها در دوره‌های پاراگلیشیال و میان یخچالی با کاهش روبرو بوده است لذا آنچه سبب بروز عملکرد خاص شده را باید به پدیده دیگری که بیشتر مربوط به روابط میان‌داد در این دوسیستم آبی است، نسبت داد.

### سیستم‌های آبی و روابط متغیرهای دخیل در فرم‌سازی

اگر ورودی یک سیستم آبی را شامل دو متغیر عمده ماده و انرژی یعنی بارش و دما تلقی کنیم، خواهیم دید که در دوره انانگلیشیال با کاهش نسبی انرژی تابشی، و افزایش ورودی ماده یعنی بارش روبرو بوده‌ایم. اگرچه نسبت افزایش ورودی ماده و کاهش دما در دامنه‌های نثار و بر آفتاب منطقه مطالعاتی یکسان نبوده ولی حاصل تعامل متغیرهای شکل‌ساز در منطقه، حاکمیت پدیده فرم‌سازی یخچالی در ارتفاعات و عملیات تسطیح در دشت‌های دامنه‌ای بوده است به طوری که دامنه‌های کم شیب منتهی به خط‌القعرها در تمام منطقه به‌عنوان چشم‌انداز غالب و نتیجه برآیند نیروهای شکل‌زا تلقی می‌شوند. با وجود همسان بودن خروجی سیستم‌های آبی، میزان ذخیره ماده در سیستم‌ها تفاوت داشته است و این تفاوت در دو سیستم آبی هنجن و طامه نسبت به بقیه سیستم‌ها بیشتر بوده است. میزان ذخیره ماده در این دو سیستم در دوره انانگلیشیال به واسطه داشتن سطح بیشتری از برودت زیر صفر (خط برف دائمی) نقش دوگانه‌ای در روابط تعاملی میان‌داد سیستم بازی نموده است.

از یک سو ذخیره‌سازی ماده در سطح این دوسیستم به‌عنوان یک عمل تشدیدکننده در برودت محلی مطرح بوده و از سوی دیگر این ذخیره‌سازی سبب شده که با شروع دوره پاراگلیشیال میزان آزاد شدن انرژی حاصل از ذوب، روان آب بیشتری نسبت به حوضه‌های دیگر ایجاد کند ضمن آن که مقدار آب روان شده بحدی میل کرده که از قانون تسطیح در منطقه عدول نموده و دست به تخریب زده است و قانون فرم‌سازی منطقه را با وجود تحکیم بیشتر عملیات تسطیح بر هم زده و به‌عنوان یک کیاس یا بی‌نظمی در حالت عام حاکم، نمود یافته است.

### روابط میان‌داد حوضه‌های آبی در عهد چهارم

در دورهٔ اناگلیشیال بخش عمده‌ای از مادهٔ ورودی به سیستم به صورت جامد (یخ) ذخیره‌سازی می‌شده است، این ذخیره‌سازی از یک سو به‌خاطر افزایش سطح پوشیدگی برف (ذخیره‌سازی ماده) و از سوی دیگر به‌واسطهٔ پایین آمدن دمای یخ بوده است؛ این مکانیسم به‌صورت پس‌خوراند مثبت عمل می‌کرده، بدین صورت که افزایش سطح پوشیدگی برف ویخ، بازتاب بیشتر انرژی تابشی را به‌دنبال داشته و خود این عمل نیز سبب پایین آمدن دمای مجدد یخ می‌شده است به‌عبارت دیگر افزایش سطح پوشیدگی برف و پایین آمدن دمای یخ هر دو به بازتاب بیشتر انرژی تابشی کمک می‌کرده است و در نتیجه بخش عمدهٔ ورودی ماده به سیستم ذخیره‌سازی می‌شده است.

از سوی دیگر بخش خاصی از ورودی ماده که به صورت باران نزول می‌کرده، روان آب خروجی سیستم را تشکیل می‌داده و در مناطق دامنه‌ای جاری و فرآیند شکل‌زایی ناشی از آن‌ها به واسطه محدود بودن آن، چیزی جز عملیات تسطیح نبوده است. با آغاز دوره پاراگلیشیال افزایش ورودی انرژی حرارتی در محیط سبب کاهش میزان ورودی ماده (بارش) از یکسو و افزایش شدید تبخیر از سوی دیگر بوده است. نتیجهٔ این دو رخداد کاهش بیش از پیش رطوبت محیطی است.

در واقع چنین مکانیسمی فرآیندهای شکل‌زای ناشی از آب در محیط را کنترل کرده و فعالیت آب را در سطح تسطیح نگه داشته و یا تثبیت کرده است. حال باید دید چه عاملی، با وجود کاهش شدید رطوبت محیطی و برخلاف قانون عمومی حاکم بر منطقه سبب شده که تنها این دو سیستم آبی یعنی هنجن و طامه به‌جای عملیات تسطیح یا تقلیل و تثبیت و یا توقف آن، دست به تخریب و کاوش بزنند.

بدیهی است که تغییر عمده در خروجی این دو سیستم به‌واسطه افزایش در ورودی آن‌ها نبوده و حتی ورودی ماده آن‌ها با کاهش نیز مواجه بوده است. اما نباید از نظر دور داشت که بخش عمدهٔ ماده ذخیره شده در این دو سیستم به‌واسطه افزایش قابل توجه دما در پاراگلیشیال دیگر قادر به ماندگاری در محیط نبوده و به‌صورت روان آب جاری شده‌اند. میزان آزادسازی این ذخایر پتانسیل، به انرژی جنبشی درج‌دی است که فرآیند شکل‌زایی در این دو سیستم علی‌رغم حاکمیت فرآیند تسطیح در مقیاس چشم‌انداز شکسته می‌شود و دره‌های این دو جریان آبی بعنوان دو لندفرم از آن چشم‌انداز، تعادل خود را از دست می‌دهند به‌صورتی که به عنوان ناتعادلی مطرح می‌شوند و لذا ما شاهد چشم‌انداز خاصی هستیم که از نظر شکل‌زایی دارای قانون تسطیح است اما همین چشم‌انداز، دارای اجزا و لندفرمهایی است که با کلیت فرم و

فرآیند در آن در تضاد است. چنین رخدادی یک واکنش غیرعرف تلقی می‌شود زیرا در کل چشم‌انداز منطقه تسطیح‌سازی بعنوان یک قانون عام هم در دوره اناگلیشیال و هم در دوره پاراگلیشیال و کاتاگلیشیال حاکمیت داشته است و تنها این دو دره با داشتن فرآیند کاوشی بجای فرآیند تسطیح از قانون عام حاکم بر منطقه تبعیت نکرده و بعنوان نوعی بی‌نظمی و اغتشاش یا کیاس عمل کرده‌اند.

به عبارت دیگر فرآیند تسطیح‌سازی که در کل منطقه به عنوان یک مکانیسم کلی و عام هم در دوره اناگلیشیال و هم در کاتاگلیشیال حاکمیت داشته، تحکیم و یا به تعبیری به سوی تثبیت پیشرونده سوق می‌یافته است و آنچه در این دو سیستم رخ داده در جهت عکس آن بوده است.

دیگر نکته قابل ذکر آنست که آنچه در این دو سیستم آبی رخ داده در مقیاس لندفرم است و لذا ما در حال حاضر با چشم‌اندازی مواجه هستیم که تنها در بخشی از لندفرمهای آن نوعی عدم تعادل دیده می‌شود و این فرمها با فرآیندهای حاکم امروزی سازگار نیستند. این بدین معنی است که آن کیاس به وقوع پیوسته، هرگز تعادل در مقیاس چشم‌انداز را دچار تغییر و تحول پیشرونده ننموده بلکه در مقیاس لندفرم ناتعادلی ایجاد کرده و مجدداً فرآیند کاوشی در این دو سیستم به حالت عمومی آن در مقیاس چشم‌انداز رجعت نموده ولی زمان کافی برای سازگاری فرمهای به وجود آمده در کیاس به حالت‌های قبلی وجود نداشته است و لذا تغییراتی که فرآیندهای امروزی در فرمهای ناشی از کیاس به وجود می‌آورند در جهت تعادل با لندفرمهای به وجود آمده در مقیاس چشم‌انداز است.

### نتیجه گیری

با ورود دیدگاه سیستمی به ژئومورفولوژی بسیاری از پدیده‌های ژئومورفولوژی که با دیدگاه‌های دیگر تبیین‌پذیر نبودند، تحلیل‌پذیر گشته و آنچه تحت عنوان کیاس در ژئومورفولوژی مطرح است قادر به بازشناسی پیچیدگی‌های خاص حاصل از تعامل متغیرهای شکل زاست. آنچه در پیشکوه‌های زاگرس حد فاصل منطقه مورد بررسی به عنوان کیاس مطرح است را نمی‌توان به یک حادثه کاتاستروف نسبت داد، زیرا بر اساس اصول کاتاستروفیسم پدیده‌های کاوشی هنجن و طامه در چارچوب تغییر سطح اساس یا اقلیم، و یا تغییر ناشی از دخالت انسان تبیین‌پذیر نیست بلکه به نوع تعامل متغیرهای فرم و فرآیند بستگی دارد.

## منابع و ماخذ :

- ۱- برتالنفی، فون لودویگ: نظریه عمومی سیستم‌ها، ترجمه منوچهر پریانی، نشر تندر، تهران، ۱۳۶۶.
- ۲- تاجداری، پرویز: نظریه رویدادهای غیر مترقبه، چاپ سعیدنو، ۱۳۶۳.
- ۳- چورلی، ریچارد: ژئومورفولوژی، ترجمه احمد معتمد، (جلد یک)، انتشارات سمت، تهران، ۱۳۷۵.
- ۵- رامشت، محمدحسین: نوشرآبی در قرابه‌ای کهنه، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی، جلد ۱۰-۱۱، اصفهان، ۱۳۷۶.
- ۶- رامشت، محمدحسین: فازی در جغرافیا و سیستم‌های محیطی، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، شماره ۵۳-۵۲، مشهد، ۱۳۷۸.
- ۷- رامشت، محمدحسین: تعادل در دیدگاه‌های ژئومورفولوژی فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، شماره ۶۵-۶۶، مشهد، ۱۳۸۰.
- ۸- کک. رژه: ژئومورفولوژی اقلیمی، ترجمه فرج‌ا... محمودی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۰.
- 9- Chorley, R. J. and Kennedy. B. A.. *Physical Geography: A Systems Approach*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. NJ, 1971.
- 10- Church, M. and Ryder, J. M., *Paraglacial sedimentation: a consideration of fluvial processes conditioned by glaciation*. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83, 1972.
- 11- Culling, W. E. D. *Equifinality: chaos, dimension and pattern. The concepts of non - linear dynamical systems theory and their potential for physical geography*. London School of Economics, Geography Discussion Paper, New Series No. 19, 1985.
- 12- Day, R. H. *Emergence of chaos from neoclassical growth*. *Geographical Analysis*, Vol. 13, 1981.
- 13- Devaney, R. L. *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*. Menlo Park, CA: Cummings Co. 1986.
- 14- Dodson, M. M , Thom, *sCatastrophe Theorem*, *Proceedings of the Ninth National Mathematics Conference*, Iran, 1978.
- 15- Gleick, J. *Chaos*. New York: Viking Penguin, 1987.
- 16- Hack. J. T., *Stream profile analysis and stream gradient index*. I. *Res. U.S. Geol. Surv.*, 1, 1973.
- 17- Harrison, R. G. and Biswas, D. J. *Chaos in light*. *Nature*, Vol. 321, 1986.
- 18- Holden, A. V. and Muhamad, M. A. *A graphical zoo of strange and peculiar attractors*. In A. V. Holden, ed. *Chaos*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986.
- 19- Howard. A. D... *Equilibrium and time scales in geomorphology: application to sand - bed alluvial streams*. *Earth Surf. Proc. Landforms*. 7, 1982.
- 20- Huggett, R. J. *Dissipative systems: implications for geomorphology*. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 13, 1988.
- 21- Jensen, R. V. *Classical chaos*. *American Scientist*, Vol. 75, 1987.
- 22- Julian, B. R., *Are earthquakes chaotic?* *Nature*, Vol. 345, 1990.
- 23- Kellogg, L. H. and Turcotte, D. L. *Mixing and the distribution of hetero - geneities in a chaotically convecting mantle*. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 95B, 1990.

- 24- Langbein, W. B. and Leopold, L, B. *Quasi - equilibrium states in channel morphology. Am. J. Sci.*. 262, 1964.
- 25- Lorenz, E.N. *Deterministic non-periodic flows. journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 20, 1963.*
- 26- Lorenz, *The problem of deducing the climate from the governing equations. Tellus, Vol. 16, 1964.*
- 27- Lorenz, H-W. *Nonlinear Dynamical Economics and Chaotic Motion. New York: Springer-Verlag, 1989.*
- 28- Lorenz, *Can chaos and intransitivity lead to interannual variability? Tellus, 1990.*
- 29- Malanson, G.P, *Chaos Theory in Physical Geography, Physical Geography, 11, 1990.*
- 30- Nicolis, C. *Long-term climatic variability and chaotic dynamics. Tellus, Vol. 39A, 1987.*
- 31- Percival, I, *Chaos: a science for the real world. New Scientist, Vol. 124, 1989.*
- 32- Rasband, S. N. *Chaotic Dynamics of Nonlinear Systems. New York: Wiley, 1990.*
- 33- Renwick, h. William, "Equilibrium, Disequilibrium, Nonequilibrium Landform in The Landscape" *Geomorphology, 5 Elsevier Science, Amsterdam, 1992.*
- 34- Schuster, H.G. *Deterministic Chaos An Introduction. Weinheim VCh, 1988.*
- 35- Thornes, J. B. *Models for palaeohydrology in practice. In K. j. Gregory, j. Lewin, and j. B. Thornes, eds. Palaeohydrology in Practice. Chiccester: Wiley, 1987.*
- 36- Thornes, J. B. *Structural instability and ephemeral stream channel behavior. Zeitschrift fur Geomorphologie, Supplement Band 36, 1980.*
- 37- Stewart, C.A. and Turcotte, D. L. *Does God Play Dice? Oxford: Blackwell, 1989.*
- 38- Tsonis, A. A. *Chaos and unpredictability of weather. Weather Vol. 44, 1989.*

#### منابع غیر مستقیم

- ۱- جعفری، احمد: کتاب سبز جمهوری مقدونیه، دفتر مطالعات سیاسی و بین‌المللی وزارت امور خارجه، تهران، ۱۳۷۷.
- ۲- ریچارد مویز: درآمدی نو بر جغرافیای سیاسی، ترجمه دره میرحیدر، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران، ۱۳۷۹.
- ۳- عزتی، عزت‌اله: ژئواستراتژی، انتشارات سمت، تهران، ۱۳۷۷.
- ۴- عزتی، عزت‌اله: ژئوپلتیک و قرن بیست و یکم، انتشارات سمت، تهران، ۱۳۸۰.
- ۵- مجله Economist، ۲۵ آگوست ۱۹۸۰.