Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال یازدهم، شماره‌ی ۳۴
تابستان ۱۳۹۰، صفحات ۲۵۸-۲۳۲

سید علی المدرسی[۱]
محمد حسین رامشت[۲]
کالین تورن[۳]
لیلا گرجی[٤]
زهرا ایزدی[٥]

رفتار ارگودیک چشم‌اندازهای ژئومورفیک

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰٤/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۸/۱۱

چکیده

در ژئومورفولوژی مباحث متعددی از دیدگاه نظری مطرح است. از جمله این مباحث می‌توان از توالی شکل‌زایی و مدل‌سازی در این علم نام برد. در این میان، مقولات متعددی وجود دارد که مبحث ارگودیستی[٦] یکی از آنهاست. این مقوله که برگرفته از یک مبحث فیزیکی

۱. عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی یزد و دکتری جغرافیای طبیعی ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان.
Email: almodaresi@iauyazd.ac.ir
۲. استاد جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی) گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان.
۳. استاد جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی) گروه جغرافیای دانشگاه ایلینویز.
٤. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی) دانشگاه اصفهان.
۵. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی) دانشگاه اصفهان.

6. Ergodicity

www.SID.ir

Archive of SID

ترمودینامیکی می‌باشد در ژئومورفولوژی نیز مطرح است. اهمیت این موضوع به مدل‌سازی‌های تاریخی معطوف است، زیرا همواره یکی از مسائل مهم که در زیست‌شناسی و نیز در زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی مطرح است، مقوله‌ی زمان و چگونگی رابطه‌ی آن با توالی پدیده‌ها است. پدیده‌هایی که از یک سو زمان نجومی قادر به بیان بسیاری از مسائل مطرح شده در حوزه تغییر آنها نمی‌باشد و از طرفی، جایگزین مناسبی برای بیان زمان در رابطه با آنها طرح نشده است. ارگودیسیتی اول بار در حوزه علم فیزیک طرح گردید و پس از آن با استفاده از روش‌های ریاضی تدوین شد. فرضیه ارگودیک که متوسط مشاهدات بر روی یک عضو مجموعه در طول زمان را با متوسط مجموعه در زمان مشخص برابر می‌داند از سال ۱۹۶۰ شروع به همسان‌سازی خود در علوم تجربی کرد، ابتدا در علوم بیولوژیک تحت عنوان آلومتری[۷] و سپس در علوم شیمی و زمین‌شناسی مباحث علمی را به سوی خود متوجه ساخت و به تدریج در ژئومورفولوژی با اصطلاحاتی همچون دور جغرافیایی[۸] و یونیفورمیتاریانیسم[۹] گام نهاد. تعدادی از پژوهشگران عرصه ژئومورفولوژی در سطح جهان تلاش نمودند تا این فرضیه را به صورت کمی طرح و تفسیر نمایند، اما در ایران توجه محدودی به این اصل مهم شده و پژوهش حاضر سعی دارد با تبیین ابعاد ارگودیسیتی و نحوه آنالوگ ان در ژئومورفولوژی بستر لازم برای شروع پژوهش‌های کمی در این عرصه در ایران را فراهم نماید. ارتباط بین تحول، تکرار، چندنگارگی، امواج، منشاء پدیده‌ها و هندسه فراکتال با ارگودیسیتی مواردی است که پس از تبیین ابعاد فیزیکی و معادلات ریاضی ارگودیک، در این پژوهش به آنها پرداخته شده و تغییرات ارگودیسیتی پدیده خندق در منطقه خور و بیابانک به صورت موردی تحلیل و بر صحت ادعا تاکید شده است. بدیهی است با توجه به نو بودن موضوع، مجال وسیعی برای نقد متخصصان فراهم است که در نتیجه باعث غنا خواهد بود.

کلید واژه‌ها: آلومتری، ارگودیسیتی، فضا، زمان، خور، هندسه فراکتال، خندق.

7 Allometry
8 Geographical cycle
9 Uniformitarianism

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مشکل اصلی یک ژئوموفورفولوژیست این است که معمولاً زمان کافی برای مشاهده چگونگی پیدایش چشم‌اندازها را ندارد. این بدین معنی است که برای یک ژئومورفولوژیست تفسیر دقیق نحوه ارتباط میان مشاهدات صورت گرفته در طی دوره‌های چند ماهه یا چند ساله و تکامل چشم‌اندازها در طول هزاران سال یا بیشتر امری دشوار است. تلاش‌های زیادی برای رفع این مشکل صورت گرفته است که یکی از آنها ایجاد مدل‌های ریاضی بر پایه دانش کنونی ما از فرایندها و برون یابی به روش تحلیلی یا از طریق شبیه سازی عددی می‌باشد. به عنوان مثال می‌توان از (شیدگر[10]، ۱۹۷۰، ۱۳۵) نام برد. روش دیگر، مدل‌سازی فیزیکی تغییرات چشم انداز با استفاده از نمایش سخت افزاری در مقیاس کوچک‌تر می‌باشد. در این روش فرایندها نسبتاً سریع‌تر رخ می‌دهند و در زمان مناسب برای محقق مورد مشاهده قرار می‌گیرند (ماسلی و زیمپفر[11]، ۱۹۷٦، ۳٦٦۹-۳٦۷٤). در رویکرد سوم فرض بر این است که در چشم‌انداز جدید اشکال زمین را در مراحل گوناگون شکل‌گیری مشاهده می‌کنیم و از این رو می‌توانیم بر پایه تنوع اشکالی که در حال حاضر ملاحظه می‌کنیم، درباره تغییرات صورت گرفته در طول زمان نتیجه گیری کنیم. این روش استدلال که در آن داده‌های نمونه گیری شده به صورت مکانی جایگزین مجموعه‌های زمانی می‌شوند غالباً با استفاده از یک مفهوم به عاریه گرفته شده از مکانیک آماری، «ارگودیک» نام گرفته است. در واقع ارگودیک بیان کننده این اصل است که حال کلیدی برای رسیدن به گذشته است. این نوع استدلال، برخلاف دو روش دیگر دارای این برتری ذاتی است که به طور مستقیم به دنیای واقعی مربوط می‌شود. بنابراین جای تعجب نیست که این روش سال‌های سال هم به طور صریح و هم به طور ضمنی در گستره وسیعی از مطالعات ژئومورفولوژیک مورد استفاده قرار گرفته است.

استدلال مکان به جای زمان در ژئومورفولوژی برای شناخت چگونگی تکامل کل چشم‌اندازها از «دوره جوانی» به «پیری» نیز به کار گرفته می‌شود. (از نظر عقلانی تنها تفاوت میان این

10 Scheidegger
11 Mosley, M.P. and Zimpfer

www.SID.ir

Archive of SID

رویکردها تفاوت در مقیاس است). اشکال زمین تا حدودی بر پایه تئوری یا روابط زمینه‌ای‌شان واقع می‌شوند و شکل گیری آنها در طول زمان از روی شکل گیری فرضی آنها در مجموعه‌های مکانی که در آنها واقع شده‌اند استنباط می‌شود (رامشت، م. ح. ۱۳۸۱، ۸٤). قابلیت اطمینان این تکنیک، مستقیما با رعایت اصول لازم و دقیق برای انجام مشاهدات منظم افزایش می‌یابد و البته در قالب مقیاس‌های اندازه‌گیری، اسمی، ترتیبی، فاصله‌ای و نسبی در نظر گرفته می‌شود (استیونس[۱۲] ۱۹٤٦، ۹۸). زمانی که ژئومورفولوژیست‌ها و فیزیک دانان نحوه استفاده از مفاهیم ارگودیک را با هم مقایسه می‌کردند، نکات زیادی پدیدار شد. ژئوموروفولوژیست‌ها برای بررسی مفهوم ارگودیک به صورت کمی، کوشش چندانی انجام نداده‌اند. آنچه بیشتر مورد توجه قرار گرفته جایگزینی فضا به جای زمان برای مطالعات ژئومورفیک است در حالی که فیزیک دانان دقیقاً هدف متفاوتی را دنبال کرده‌اند، در واقع آنها به دنبال این ایده اصلی بوده‌اند که در ارگودیسیتی متوسط زمان می‌تواند جایگزین متوسط فضا شود (کرایگ[۱۳]، ۱۹۸۲، ۸۲). چنانچه ملاحظه می‌شود موضوعات "متوسط" از سوی ژئومورفولوژیست‌ها دنبال نشده است، اما آنها اخیراً به تعبیر توزیع فضایی به جای توالی زمانی تمایل پیدا کرده‌اند. البته تلفیق توالی در دوره‌های زمانی بخشی از ارگودیسیتی است (برانسدن وتورنز[۱٤]، ۱۹۷۷، ۱۷۷) .

یک مثال ژئومورفولوژیک: ناحیه‌ای را در نظر بگیرید که در آن تنوع گسترده‌ای از انواع مختلف حاشیه رودخانه وجود دارد که ۳ درصد آنها دارای سینوسیته ۱/۲ می‌باشند. اگر شرایط ارگودیک برقرار باشد می‌توان پیش بینی کرد که میانگین رودخانه در آن ناحیه سینوسیته مذکور را برای ۳ درصد طول عمر خود خواهد داشت. چنانکه هاروی[۱۵] (۱۹٦۹، ٤٥) و کاین[۱٦] (۱۹۸۲، ٦٤) نشان دادند، توزیع فراوانی‌ها و میانگین‌های نمونه‌ها در طول زمان یکسانند، چنانکه در یک مجموعه نیز یکسان می‌باشند. با بهره گیری از مثال رودخانه معلوم می‌شود که

12 Stevens
13 Craig
14 Brunsden & Thornes
15 Harvey
16 Caine

www.SID.ir

Archive of SID

در کاربردهای جغرافیایی و ژئومورفولوژیکی اصل ارگودیک، «مجموعه‌ها» به وسیله گروهی از نقاط مکانی یا نواحی جایگزین می‌شوند. شیب تند صخره‌ای را تصور کنید، دیاگرام مذکور می‌تواند بیان کننده تحول شیب تند صخره در گذر زمان باشد. البته مسلم است که کسی نمی‌تواند ادعا کند، توالی را به چشم خود مشاهده کرده، ولی وضعیت فعلی معمول عمل فرایندها در گذر زمان است و فرضیه ارگودیک چیزی نیست جز توزیع متوازن فضایی آنچه که در گذر زمان رخ می‌دهد.

در این مقاله سعی می‌شود بر اساس اصول و روش‌های طرح شده و با بهره‌گیری از سیستم‌های تغییری حاکم بر تحول سیستم خندق‌ها و انجام مطالعات موردی در منطقه خور و بیابانک و بررسی خندق‌ها با منشاهای مختلف و همچنین مکانیسم حاکم بر تحولات موجی، تحت مدل درآوردن اصل ارگودیک بیان گردد و تحلیل و تبیین فرضیات در چارچوب روش تعیین شده صورت پذیرد. در مجموع تلاش این پژوهش بر آن است که ضمن بررسی و تبیین ابعاد مسأله ارگودیک رابطه زمان و مکان و جایگزینی آن در تحلیل‌های ژئومورفیک را مطرح سازد.

پیشینه موضوع

بولتزمن برای اولین بار ایده ارگودیسیتی را تدوین نموده و از لغت ارگودیک[17] استفاده کرد، البته برخی از ابعاد این تئوری به سال ۱۷۱۳ و قانون برنولی اعداد بزرگ باز می‌گردد، (براون[18]، ۱۹۷٦، ٥٦). ساویگر[19] (۱۹۵۲، ٥٤) ارگودیسیتی و جایگزینی مکان به جای زمان را در مطالعات مرتبط با روند تکامل شیب در امتداد بخشی از ساحل جنوب والز[20] مورد بررسی قرار داد. کارتر و چورلی[21]، ۱۹٦۱، ۳۷ نیز توسعه حوضه آبخیز را با استفاده از ارگودیسیتی آزمایش کرده‌اند، اما از تلفیق یک مدل زمان‌لختی[22] استفاده کردند. آن دو از معیاری معین برای ترتیب حوضه های آبخیز بهره گرفتند و معیار مذکور را به اندازه زمانی تبدیل نمودند. بحث

17 Ergodic
18 Brown
19 Savigear
20 Wales
21 Carter & Chorley
22 Relaxation

www.SID.ir

Archive of SID

ایشان بر این فرض استوار بود که تمامی حوضه‌ها دارای فاز آغازین مشترک بوده‌اند، و می‌توان با تعیین فازهای با متوسط تغییرات برابر واحدی برای اندازه گیری عمر هر یک به دست آورد. چورلی و کندی[۲۳] (۱۹۷۱، ۳۰) بیان نمودند که فرضیات در یک زمان و مکان معین ممکن است در قالب‌های مختلفی مورد بحث قرار گیرند. البته آنها بر موضوعاتی که به صورت مبانی این تفکر تا آن زمان طرح گردیده بود، توجهی نداشته‌اند و علاوه بر این مباحث طرح شده در ژئومورفولوژی قبل از پین[۲٤]، ۱۹۸۵، ۹۹ را مستند نمی‌دانستند. برانسدن وکسل[۲۵] (۱۹۷۳، ٤۳) بررسی مشابهی را در رابطه با توالی رخداده در طول دیواره پر شیب یک رودخانه در زمان‌های معلوم و متعدد منقضی شده، تا پایین‌ترین لایه رسوبی انجام دادند.

برانسدن وتورنز[۲٦] (۱۹۷۷) بیان نمودند که تلفیق توالی در دوره‌های زمانی، بخشی از ارگودیسیتی است و البته این انطباق سؤالاتی مطرح می‌کند. پین، (۱۹۸۵، ٤) پیشنهاد کرد واژه مناسبی برای آنچه از ارگودیسیتی در ژئومورفولوژی برداشت می‌شود، در نظر گرفته شود:"جایگزینی مکان به جای زمان بدون دقت آماری[۲۷]". این پیشنهاد پین، آنچه تونز و برانسدن تحت عنوان واژه: "آنالوگ زمانی فضایی[۲۸]" طرح کرده بودند را رد کرد. چرا که او احساس کرده بود، این اصطلاح توان بیان تمایز بین ارگودیسیتی واقعی و کاربرد ژئومورفولوژیک آن را ندارد. پین بحث استفاده از جایگزینی مکان به جای زمان و ارگودیسیتی واقعی را ادامه داد. او اظهار نمود که ژئومورفولوژیست‌ها عموماً به مدل‌سازی اشکال تعادلی علاقه‌مند هستند که به واسطه تأثیرات فرایندها بر لندفرم‌ها در طول زمان بر اساس پاسخ سیستماتیک ایجاد می‌شوند [ریلکسیشن فرم[۲۹] ها]. البته اشکال تعادلی توسط برانسدن وتورنز (۱۹۷۹، ۹۰) به عنوان اشکال متفاوت نام‌گذاری گردیده است. ملتون[۳۰] (۱۹۵۸، ۷٦) کوشش

23 Chorley & Kennedy
24 Pain
25 Brunsden & Kesel
26 Brunsden & Thornes
27 Location for time substitution
28 Space-time analog
29 relaxation form
30 Melton

www.SID.ir

Archive of SID

کرد تا قانون روند تکوین حوضه های آبخیز را با بهره‌گیری از تنها حوضه‌های بالغ به عنوان اولین نمونه از یک مدل تعادلی تلفیقی استخراج نماید. ذکر این نکته مهم است که خود ملتون نیز استفاده از فرضیه ارگودیک را غیر مستدل و غیر دقیق بیان نموده است.

کارسون[۳۱]، (۱۹۷۱، ۱۱۲) و نش[۳۲]، (۱۹۸٤، ۹۷) مدل‌سازی شیب تند صخره را به نحوی نشان دادند که در آن ارگودیسیتی به طور کامل نشان داده شده بود. کارسون اقدام به تهیه یک مدل تخمینی شبه کمی از میزان زمانی که هر یک از نماهای شیب در برش زمانی ثابت الشکل صرف نموده‌اند کرد، وی این مدل را از تقریب نمونه فضایی استخراج نمود. نش مدل تئوری کامل در گذر زمان را ارائه نمود و پس از آن مدل تئوریک زمانی خود را با نمونه فضایی بازسازی شده از شیب‌های تند هم دوره تلفیق نمود تا عمر آنها را تخمین بزند.

یکی از روش‌هایی که به بررسی تغییرات در گذر زمان می‌پردازد و بخصوص در زیست‌شناسی مورد مطالعه قرار گرفته، آلومتری[۳۳] است. آلومتری بررسی تغییرات متناسب و مرتبط با تغییر در اندازه کل موجود زنده یا بخش مورد مطالعه است و متغیرها ممکن است مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی یا شیمیایی باشند (گولد[۳٤]، ۱۹٦٦، ٦۲۹). بول[۳۵]، (۱۹۷۵، ٤٥ و ۱۹۷۷، ٤۹) استفاده از آلومتری در ژئومورفولوژی را ترویج داد در حالی که مقالات کوکس[۳٦]، (۱۹۷۷، ۸۹) و چرچ و مارک[۳۷]، (۱۹۸۰، ۳۹۰-۳٤۲) برخی عناوین اقتصادی را در باب استفاده از آلومتری بیان نمودند. به روایت پین، (۱۹۸۵، ۳) آلومتری می‌تواند به عنوان یک حالت خاص در ارگودیسیتی مورد توجه قرار گیرد. ولمن و گرسون[۳۸]، (۱۹۷۸، ۲۰۸-۱۸۹) در مطالعات خود درباره سودمندی به تصویر کشیدن حوادث ژئومورفولوژیک در اندازه‌ها و فراوانی‌های مختلف، بیان داشتند که فرضیه ارگودیک در مدل‌های های ارائه شده حالت ضمنی دارد، روش

31 Carson
32 Nash
33 Allometry
34 Gould
35 Bull
36 Cox
37 Church & Mark
38 Wolman & Gereson

www.SID.ir

Archive of SID

کارشان برون یابی شاخص زمان و فراوانی پدیدها در حوضه مشخص بود. مارک و چرچ[۳۹]، (۱۹۸۰، ٦٦) مطالعه ارزشمندی را از استفاده‌ها و محدودیت‌های آلومتری در ژئومورفولوژی ارائه نموده‌اند. (کالین تورن[٤٠]، ۱۹۸۲) به تفسیر شاخص‌های فضایی پرداخت. کرایگ[٤١]، (۱۹۸۲، ٥٥) تلفیقی از قوانین ارگودیک را در ژئومورفولوژی به کار گرفت و نشان داد این روش می‌تواند کاربردی باشد، اما چرچ[٤٢]، (۱۹۸۳، ۹۸) محدودیت‌های موجود در مدل کرایگ را بیان نمود. زنک و بازانت[٤٣]، (۱۹۸۳، ۱۳٤) به تبیین یک مدل ارگودیک در سیستم زلزله پرداختند و نشان دادند که مکانسیم حاکم بر زلزله دارای ارگودیسیتی است. اندرسون و براون[٤٤]، (۱۹۹۹، ۲۸-۱۹) نشان دادند موارد نقضی هم در رابطه با ارگودیسیتی در سیستم‌های زلزله وجود دارد. کالین تورن، (۱۹۸۹، ۲٤۲) در کتابی با عنوان مقدمه‌ای بر مفاهیم ژئومورفیک ابعاد و مصادیق ارگودیسیتی را در آنالوگ با ژئومورفولوژی تبیین نمود. کندی[٤٥]، (۲۰۰۱، ۹۱) در مقاله‌ای با عنوان چارلز لایل[٤٦] و تغییرات مدرن زمین به بررسی روند زمانی تغییرات خندق بزرگ میلدجویل[٤٧] پرداخت. پری[٤٨]، (۲۰۰۲، ۳٥۹-۳۳۹) در مقاله‌ای با عنوان چشم انداز، فضا و تعادل، اصول حاکم بر تعادل ژئومورفیک را تأثیرگذار بر چشم اندازه‌ای جغرافیایی طرح می‌کند و بهره مندی از اصل ارگودیک را وابسته به نوع مطالعات کمی و البته پیچیده بیان می‌نماید و با ارائه یک مدل، استفاده از روش ارگودیک را در مطالعات ژئومورفیک سودمند و در بسیاری از مواقع حل کننده پاره‌ای معادلات غامض اعلام می‌کند. مارتین و چرچ[٤٩]، (۲۰۰٤، ۳۳۹- ۳۱۷) به بیان مدل‌های کمی در ژئومورفولوژی با بهره گیری از مدل ارگودیک مبادرت

39 Mark & Church
40 Thorn Colin E.
41 Craig
42 Church
43 ZdenSk&Bazant
44 Anderson, J.G. and J. Brune
45 Kennedy B.
46 Charles Lyell
47 Milledgeville Gully
48 Perry, George L.W.
49 MartinY. and Church M

www.SID.ir

Archive of SID

نمودند. فیلیپس[۵۰] (۲۰۰۵ -۵٤۳) بحث را از منظر ژئومورفولوژی تاریخی پی گرفت. وی تلاش نمود به نحوی تنوع اشکال و تغییرات فرمی زمین در طول زمان را با مدل‌های مختلف مربوط کند و تحلیل ارگودیک را مطرح نماید. کراتبلاترم و دیکاو[۵۱]، (۲۰۰۷، ۲۱۳) تحلیلی جامع در رابطه با فرضیه ارگودیک در مطالعات ژئومورفولوژی پرداخته و از دریچه تعادل بحث مذکور را مو شکافی نمودند.

تبیین ارگودیسیتی در علم فیزیک

اصل ارگودیک از آن زمان طرح شد که رفتار مولکول‌ها توسط فیزیک دانان مورد بررسی قرار گرفت و با مسأله مهمی روبرو شدند، مولکول‌ها اسماً در قیاس با مدت مشاهده، بسیار سریع‌تر حرکت می‌کردند. آنها برای حل این مشکل فرضیه‌ای را که بر پایه مکانیک آماری بنا شده بود، مورد استفاده قرار دادند، تئوری یا فرضیه ارگودیک. - در زبان یونانی ارگون[۵۲] به معنای کار یا انرژی و هودوس[۵۳] به معنای راه می‌باشد (چورلی، ترجمه معتمد، ۱۳۷۵، ۷۷). البته برخی از ابعاد این تئوری به سال ۱۷۱۳ و قانون برنولی اعداد بزرگ باز می‌گردد (براون، ۱۹۷٦، ۲۳۰). به زبان ساده، چکیده فرضیات ارگودیک به معنی برابری متوسط مشاهدات یک فرد در طول زمان با میانگین مشاهداتی است که توسط افراد در لحظه معین در یک منطقه انجام می‌شود (برانسدن وتورنز، ۱۹۷۷، ۲٤). فرضیه ارگودیک معطوف به رفتار مولکول‌ها، در میانگین فاز و زمان است. در شرایطی که این دو میانگین به صورت فرضی منطبق بر سطح انرژی ثابت هستند. در اغلب متون علمی مرتبط با مفاهیم رفتار مولکولی، در یک سطح انرژی ثابت، فاز و زمان منطبق بر یکدیگر تلقی می‌شوند (پری[۵٤]، ۱۹۸۱، ۱٦۷).

اکنون به مفاهیم دوگانه فرضیه «ارگودیک» و «اصل ارگودیک» از نظر کار ال. بولتزمن و جی. سی. ماکسول در نظریه جنبشی گازها اشاره می‌کنیم. یک سیستم ماکروسکوپی (یک اتاق هوا) می‌تواند از نظر فیزیکی به هر دو شیوه شرح داده شود.

50 Jonathan D. Phillips
51 Krautblatterm. and Dikau R
52 Ergon
53 Hodos
54 Parry

www.SID.ir

Archive of SID

روش اول که از لحاظ تئوری ممکن امّا از نظر علمی دشوار است این است که برای هر مولکول یک معادله جداگانه بنویسیم و این کار را در طول زمان تکرار کنیم، این روش، روش مکانیک «دقیق» است. از سوی دیگر، این سیستم به عنوان یک کل می‌تواند به وسیله پارامترهای ترمودینامیکی شرح داده شود، این روش، روش مکانیک آماری است. هرچند شواهد تجربی خوبی در این رابطه که فرضیات مکانیک آماری منطقی هستند وجود دارد امّا فقدان یک ارتباط تئوریک قطعی با مکانیک دقیق در آنها مشهود می‌باشد. تئوری ارگودیک در جهت غلبه بر این مشکل شکل گرفت (فارکوهار[۵۵]، ۱۹٦٤، ٦٥).

یک ذره مجزا (یک مولکول) را در حالی که آزادانه در فضا حرکت می‌کند در نظر بگیرید. این ذره دارای سه بعد مکانی و سه جزء زمانی است و می‌توان با استفاده از ترمینولوژی گیبس موقعیت ذره مذکور را در شرایط شش بعدی فازی-فضایی مشخص نمود. به علاوه یک سیستم کامل شامل N ذره، بر اساس موقعیت زمانی و مکانی تمام ذرات توسط یک نقطه واحد در مدار ٦N بعدی قابل نمایش است. این امر به عنوان فضای فازی T شناخته می‌شود. در طول زمان تمام ذرات در مدار ٦N بعدی خود می‌چرخد. البته می‌توان محدوده‌هایی را برای این حرکت تعیین کرد. برای مثال این حرکت می‌تواند فقط میان نقاطی انجام گیرد که دارای انرژی سیستم یکسان هستند. چنین سطحی، سطح ارگودیک نامیده می‌شود. کستین و دورفمن[۵٦] (۱۹۷۱، ۷٦). فرضیه ارگودیک آنگونه که توسط بولتزمن معرفی شد، بیان می‌کند: در یک دوره زمانی نامحدود مدار حرکتی هر ذره از اجزاء سیستم در فضای T از کلیه نقاط سطح انرژی عبور خواهد کرد (فرضیه به اصطلاح «شبه ارگودیک» که بعدها معرفی شد بیان می‌کند که مدار از نزدیکی کلیه نقاط سطح انرژی عبور می‌کند). این فرضیه در ادامه بیان می‌کند که در صورت وجود چنین شرایطی، مقدار میانگین فضای موقعیت‌های مکانی هر یک از اجزای سیستم که از طریق دنبال کردن جایگاه‌های متوالی آن در طول زمان تعیین می‌شود با مقدار میانگین محاسبه شده موقعیت‌های مکانی کل اجزاء موجود در مجموعه[۵۷] در یک زمان

55 Farquhar
56 Kestin & Dorfman
57 ensemble

www.SID.ir

Archive of SID

لحظه‌ای برابر خواهد بود. تصور واقعی از اصل ارگودیک همان نمونه گیری از یک مجموعه در زمان مشخص است که معادل حالت‌های یک سیستم منفرد (جزئی از مجموعه) در طول زمان می‌باشد. از آنجا که چنین روش اعمال میانگین در مجموعه سیستم‌ها را از لحاظ ترمودینامیک شرح می‌دهد این بحث مطرح می‌شود که مکانیک آماری، زمانی می‌تواند از نظر تئوریک موجه باشد که شرایط ارگودیک اعمال شوند. برانسدن وتورنز، (۱۹۷۷، ۲٤) با بیان اصل استدلال ارگودیک نشان می‌دهند: میانگین مجموعه از نظر کمی جایگزین میانگین زمان می‌شود. از آنجا که جمع سری‌های جزئی زمانی موجود در یک سیستم با دوره زمانی کل برابر در نظر گرفته می‌شود، در واقع نسبت اجزائی از سیستم که نشان‌دهنده یک ویژگی خاص هستند با نسبت زمانی که یک از اجزاء مشخص سیستم آن ویژگی را نشان می‌دهد برابر خواهد بود. این به این معناست که احتمالات نمونه‌گیری آن ویژگی در طول زمان و در یک مجموعه قابل مبادله هستند.

نگاه ریاضی به تئوری ارگودیک:

در یک تبدیل ارگودیک میانگین زمانی با میانگین فضایی برابر است. معنای این جمله آنست که چنانچه تابع اندازه نگهدار T در فضای احتمال در نظر گرفته شود. متوسط تابع روی تناوب T با نقطه آغازین x است لذا:

$$f(x) = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} f(T^K)$$

این رابطه در شرایطی است که متغیر گسسته باشد. اما چنانچه متغیر پیوسته باشد متوسط فازی یا فضایی مطرح خواهد شد که در این تابع μ متوسط فضای احتمال است.

$$f = \int f \, d\mu$$

www.SID.ir

Archive of SID

حال با دقت در رفتار ریاضی تابع ارگودیک، آنالوگ آن در ژئومورفولوژی قابل انجام به نظر می‌رسد.

اگر لندفرم[۵۸] به عنوان فاکتور متغیر در طول زمان در نظر گرفته شود و با گذشت زمان لندفرم دچار تغییر گردد. بر اساس معادله ارگودیک چنانچه میانگین تغییرات یک لندفرم در طول زمان با میانگین تمامی لندفرم‌های موجود در زمان مشخص برابر باشد، ارگودسیته برقرار است و این وضعیت یک وضعیت ارگودیک خواهد بود و در واقع در چنین شرایطی زمان قابل جایگزینی با فضاست و می‌توان وضعیت آینده را نیز از رابطه ارگودیک تخمین زد.

ارگودیستی، توالی و تحول

در بحث ارگودیستی تحول مطرح است، پدیده‌هایی خصوصیت ارگودیک دارند که در بستر زمان دارای تحول منحصر به فرد باشند. به عبارت دیگر فواصل زمانی متوسط تغییرات پدیده ارگودیک باهم برابر است، گرچه ممکن است هر مرحله تغییر دارای کیفیتی متفاوت از تغییر قبلی باشد! سیر تکوینی یک مخروط افکنه در طول زمان را تصور کنید، مرحله اول وضعیت تحدب را نشان می‌دهند، با افزایش تخریب و با میل شیب به سمت صفر، مرحله دوم حاکم می‌شود و در مرحله سوم حاکمیت نمای مقعّر، گویای رخداد وضعیت جدیدی است که در قالب ارگودیستی قابل توجه است.

پدیده‌های مختلفی که در عرصه‌های ژئومورفیک به چشم می‌خورند، به طور کلی از دو حالت خارج نیستند. یا شرایط ارگودیک برای آنها محرز است و یا نیست! تعدادی خندق را تصور کنید که در یک ردیف قرار گرفته‌اند و این پدیده‌ها در گذر زمان دچار تحول هستند. در این شرایط هر فاز تحولی بر بقایای بر جا مانده از فاز قلبی رخ می‌دهد، چنین وضعیتی منطبق بر اصول حاکم بر فرضیه ارگودیک است، ولی پدیده فضایی مانند پیچان رود به دلایلی که در رابطه با آن بحث خواهد شد، انطباق بر اصول ارگودیستی ندارد، از این رو می‌توانیم فضاها را

58 landform

www.SID.ir

Archive of SID

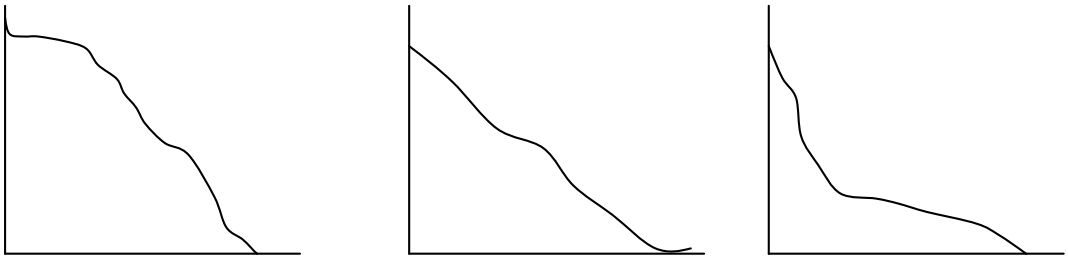
به دو دسته قابل جایگزینی با زمان[۵۹] و غیر قابل جایگزینی با زمان تقسیم بندی کنیم. به عبارت دیگر در دسته اول قابلیت تعمیم مدل ارگودیک وجود دارد و آن را فضاهایی ارگودیک می‌نامیم. از سوی دیگر منشأ پدیده‌ها نیز در ارگودیسیتی آنها نقش دارد. فرض کنید پدیده خندق را که می‌تواند منشأ تکتونیکی یا تغییر اقلیم یا ... داشته باشد. ارگودیستی بر اساس منشأ خندق دارای وضعیت متفاوتی است و در رابطه با آن بحث خواهد شد. مدل توالی یک پدیده همان ارگودیستی آن است. اگر برای پدیده‌ای یک نوع توالی مفروض باشد ارگودیستی آن هم در همان قالب خواهد بود و اگر چند توالی[۶۰] باشد که آن هم مرتبط با موضوع منشأ است (مثل خندق) مدل‌های ارگودیک مختلفی برای آن پدیده متصور است، در واقع مسأله منشا، تأثیر مبنایی در مدل‌سازی ارگودیک دارد، فازهای تکوینی هر پدیده درگذر زمان، تأثیر گرفته از نوع فرایند آغازگر که همان منشاء است ساخته و پرداخته می‌شوند، از این رو بدیهی است که مدل ارگودیک نیز متأثر از منشا است. یکی از مهم‌ترین مباحث در زمینه ارگودیستی تعیین پدیده‌هایی است که قابلیت مدولاسیون ارگودیک دارند، در مدل قرار دادن تغییرات یکی از مهم‌ترین مباحث ژئومورفولوژی است. در بحث تغییرات آنچه در سطوح ارضی رخنمون شده و می‌توان تغییر مذکور را در گذشت زمان مدله کرد، ارگودیسیتی گفته می‌شود. به عبارت بهتر، با طبقه بندی فضایی تغییرات یک پدیده مدل ارگودیک آن تعیین می‌گردد. مخروط افکنه ای را فرض کنید که شیب آن را از ۰ تا ۹۰ به شش دوره تقسیم بندی می‌نماییم. دیگر نمی‌گوییم چه زمانی از سیر تکوین آن گذشته، بلکه خواهیم گفت در کدام دوره به سر می‌برد. این مکانیسم همان تعیین ارگودیسیته یک پدیده است و هر دوره‌ای که ذکر می‌شود به جای میزان گذشت زمان، شاخص‌های فضایی پدیده مذکور را به ذهن متبادر می‌کند، چنانکه عیناً همین روند برای تعیین تغییرات شکلی در بستر زمان در موجودات زنده وجود داشته و آن را با آلومتری بیان می‌کنند. یک پدیده می‌تواند چندین ارگودیسته را بر اساس چندین عامل مختلف ارائه دهد. برای مثال یک مخروطه افکنه را می‌توان بر اساس تغییر در نوع شیب طبقه بندی کرد یا به

59 Substitutionable Space
60 Multi Successions

www.SID.ir

Archive of SID

عبارتی ارگودیک نمود، مثلاً مخروطه افکنه در مرحله اول تکوین دارای تحدب زیاد، در مرحله دوم شیب به یک سطح صاف میل کرده و در مرحله تکامل یا تکوین کامل، شیب به حالت مقعر تبدیل می‌شود. با کمی دقت معلوم می‌شود، ما اکنون بر اساس بررسی وضعیت تحدب و نحوه تغییرات آن در طول زمان توانسته‌ایم نوعی مرحله گذاری برای تکوین آن بیان کنیم. در اینجا مبنای متوسط تغییرات در حوزه شکل شناسی رخ داده است. به این معنا که متوسط تغییرات شیب در حوضه شکل محدب (شکل ۱) به خود گرفته ولی کلیه تغییرات در حوزه شکل در مرحله دوم (شکل ۲) در حوضه یک سطح مستوی یا صاف یا بدون تحدب و تقعر تحقق یافته و بالاخره مرحله سوم (شکل ۳) تغییرات شکلی شیب در حوزه تقعر رخ می‌دهد و نمای مقعر را برای سطح ایجاد می‌کند.



شکل ۱ شکل ۳ شکل ۲

ارگودیستی و تکرار

اطلاق عنوان پالیمپسست[۶۱] به برخی از پدیده‌ها، به واسطه سیر تحول تاریخی پدیده نیست بلکه اساس موضوع آن است که هر پدیده در فضای خاص مراحل تکوین را طی می‌کند، حال اگر آن فضا به کل تغییر یابد، نباید انتظار داشت که پدیده همان مراحل تحول خود را که در فضای خاصی طی کرده است طی کند، چرا که فضای تحول کلاً تغییر یافته است، برای مثال وقتی در یک سیستم یخچالی صحبت از ارگودیسته یک دره یخی می‌شود، همه مراحل

61 palimpsest

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف تکوین این دره باید در فضاهای یخچالی دیده و تجربه شود، چنانچه دره یخچالی مذکور ۵ مرحله تکوین داشته باشد، نمی‌توان از یک دره یخچالی که در مرحله دوم یخ‌ها، ذوب و به جای یخ در آن آب روان شده است انتظار داشت که مراحل بعدی تغییر و تحول آن همان مراحل دره یخی باشد، زیرا دیگر یخی در کار نیست و فضای سیستم فرسایشی عوض شده، بنابراین می‌توان گفت در شرایطی می‌توان انتظار ارگودیک را داشت که تمامی مراحل در طول زمان در یک فضای خاص رخ می‌دهد و تغییر در شرایط عمومی فضا مراحل ارگودیک را دچار نقص می‌کند. نکته مهم اینکه پالیمپسست دارای خصوصیت ارگودیک نیست چرا که با ورود یک فرایند جدید سیر تکوین تاریخی پدیده زیرین تبدیل ماهوی شده است، به صورتی که مبنای فضایی تغییر کرده، اصالتاً پدیده جدید با فرم ناشی از فرایند جدید حاکم بر عرصه شده است، دیگر فضای قدیم نقشی ندارد که تغییر شکل آن در گذر زمان توجیه ارگودیک پیدا کند. نکته قابل ذکر دیگر اینکه اگر با یک پالیمپسست که در واقع مصداق چندنگارگی است، روبرو شویم از آنجا که اختلاط بین پدیده‌ها اتفاق افتاده برای تبیین ارگودیسته آن باید هر یک از پدیده‌ها را جداگانه مورد بررسی قرار داد و رابطه ارگودیک آنها را مجزا بازخوانی کرد. بسیاری از لندفرم‌ها تغییر می‌کنند ولی دارای ارگودیستی نیستند، مانند: پیچان رود، چرا که این پدیده دارای تکرار[۶۲] است و نه توالی[۶۳] لذا زمانی می‌توان مبحث ارگودیسیتی را مطرح کرد که توالی وجود داشته باشد. حال مبحث جدیدی شکل می‌گیرد و آن این ست که کجا تغییر بر اساس زمان است و کجا بر اساس فرایند است. نکته نهایی و نتیجه آنکه، جایی که تغییر بر اساس زمان بوده ارگودیسیته حاکم است و در شرایطی که با عوض شدن فرایند غالب تحول گر، بستر قبلی به بستر جدیدی استحاله شده ارگودیسیته نداریم. با کمی دقت معلوم می‌شود در کاتاستروف[۶۴] هم عامل اصلی اتفاق ناگهانی تغییر فرایند است لذا ممکن است در برخی موارد از این وضعیت ارگودیسیته وجود نداشته باشد.

62 repetition
63 succession
64 catastrophe

www.SID.ir

Archive of SID

چنانچه ذکر آن در فرازهای قبل گذشت، پالمیسست برخاسته از اتفاقات کاتاستروف است و در شرایط مذکور ارگودیک حاکم نخواهد بود.

ارگودیستی و منشا

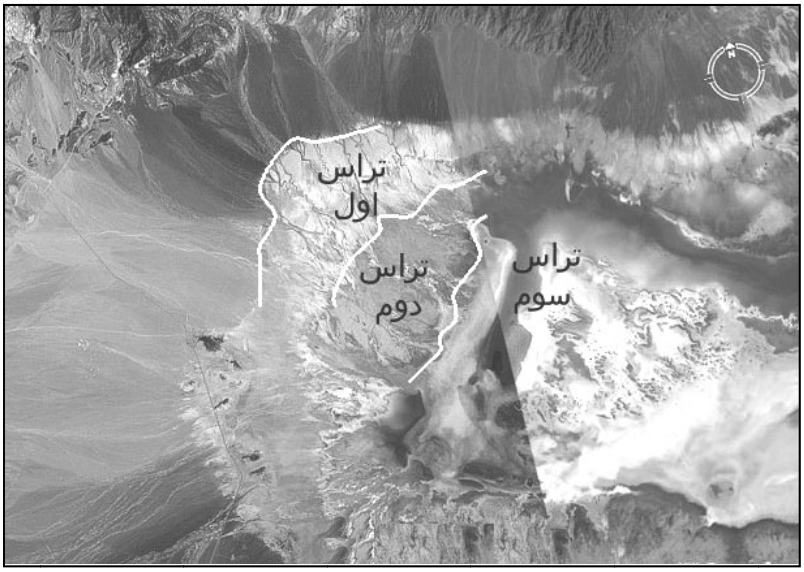
هر پدیده‌ای نمی‌تواند ارگودیک باشد و ارگودیسته پدیده بسته به وضعیت منشأ آن متفاوت است: به عنوان مثال در منطقه "خور[٦٥]" ۳ نوع خندق با منشأهای مختلف قابل تشخیص است. دسته اول که در نزدیکی بیاضه بر اساس بالاآمدگی تکنوتیک ایجاد شده‌اند (شکل ٦). دسته دوم که بر اثر سرریز آب از دریاچه محلی رخ داده‌اند (شکل ۵). دسته سوم خندق‌هایی که به واسطه پایین رفتن سطح اساس دریاچه خور شکل گرفته‌اند (شکل ٤)، در این تصویر داغ آبه‌ها و تراس‌های دریاچه بازسازی شده است و خندق‌های ایجاد شده مشخص هستند. مطالعات میدانی روی این خندق‌ها انجام گرفت و با اندازه گیری ابعاد خندق‌ها تفاوت‌های آنها آشکار شد. (گرجی، ۱۳۸۸).

در خندق‌های با منشأ تکتونیک که در کیلومتر ۱۵ جاده خور بیاضه سمت راست جاده واقع شده بودند و تعداد آنها که در یک ردیف در کنار هم قرار داشتند بیست و یک عدد بود، شاخص‌های: عرض دهانه اصلی (۱۰-۳۰ متر)، عمق دهانه (۲-۵/۲ متر)، طول خندق (۱۷-٦٤ متر) و تعداد انشعاب (۱-۸) اندازه گیری شد. جالب است که هر خندق در مرحله متفاوتی از سیر تحول بود و وضعیت آن با خندق کناری تفاوت داشت. واضح بود چون زمین از نقطه جنوبی شروع به بالاآمدگی نموده ابعاد خندق در نقطه رأس بسیار بزرگ‌تر و هر چه به میانه ردیف‌ها نزدیک می‌شدیم خندق‌ها با طول بیشتر و ارتفاع کمتر رؤیت می‌شدند. این سیر تحول مدل ارگودیک خندق‌ها را با شرایط خاص خود بیان می‌کند و می‌توان مدل مربوط را هم ارائه نمود.

65 Khur

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (٤) - **دریاچه‌ی خور و تراس‌های سه‌گانه‌ی آن**

(شکل ۵) -خندق‌هایی که بر اثر سرریز آب دریاچه به وجود آمده‌اند

www.SID.ir

Archive of SID

در خندق‌های با منشأ سرریز دریاچه‌ای که در کیلومتر ۲۵ جاده خور بیاضه واقع گردیده بودند ۲ خندق شاخص و بسیار طولانی (۱۰۰۰–۱۵۰۰ متر) با انشعابات کمتر، رصد شد و سیر تکوین خندق را کاملاً متفاوت با خندق نمونه اول نشان داد. واضح بود که این تفاوت در وضعیت، شکل یا فضا در مقیاس زمان تعیین کننده نوع توالی است و این مهم مهر تأییدی بر صدق ادعای تفاوت ارگودیک پدیده‌ها با منشأ های مختلف زد. برای توضیح بیشتر باید اشاره کرد، پدیده‌های ژئومورفیک یکسان که دارای منشأ گوناگون هستند، ارگودیستی یکسان ندارند. در واقع لندفرم‌های هم اسم با ژنز متفاوت ارگودیسیتی متفاوتی را دارند. با این تفسیر جدید اگر مفهوم تعادل در ترمودینامیک تحت عنوان فرا پایدار[٦٦] را فرض کنیم در وضعیتی که ذکر آن گذشت مفاهیم یکسانی نخواهد داشت، چرا که همیشه تعادل را در مراحل نهایی داشتیم در صورتی که با تغییر منشأ ممکن است تعادل در مراحل اولیه اتفاق بیفتد.

برای مثال با ایجاد بالاآمدگی و مراحل آغازین تشکیل خندق با تجمیع آب روی سطح شیب دار ایجاد شده، افزایش پوشش گیاهی به صورت نخ‌های به هم پیوسته در درون آبراهه‌ها رخ می‌دهد و باعث تثبیت وضعیت خواهد شد و ایجاد تعادل بیوستازی می‌کند، چنانچه بالاآمدگی باز هم ادامه یافت با از بین رفتن پوشش تخریب افزایش می‌یابد و شرایط از حالت تعادل خارج می‌شود. در نواحی شرقی و جنوب شرقی خور موارد متعددی از این خندق‌ها که با تعادل بیوستازی تثبیت شده بودند رؤیت شد (شکل ٦).

(شکل ٦) – نخ آبه های به هم پیوسته در اثر بالاآمدگی تکتونیک و ایجاد تعادل بیوستازی

66 metastable

www.SID.ir

Archive of SID

این وضعیت، خاص دسته نوع اول خندق‌ها با منشأ تکتونیک است، در حالی که در رابطه با دسته دوم خندق‌ها با منشأ سر ریز آب، چنین شرایطی شکل نمی‌گیرد و تعادل در ابتدا وجود ندارد بلکه اول آبراهه ایجاد می‌شود، سپس توسعه می‌یابد و فرسایش حاکم می‌شود و در مرحله سوم رگزیستازی غلبه می‌یابد و در مرحله چهارم با عقب نشینی دهانه و افزایش عمق و عرض، در کف خندق گیاه سبز شده، عملیات تعادلی آغاز می‌شود، (شکل ۷). شایان توجه است که در حالت اول تعادل در آغاز ایجاد گردید، در حالی که حالت دوم تعادل را در مرحله پایانی دارد، لذا باید اذعان نمود، یک لندفرم با منشأهای متفاوت ارگودیستی متفاوت دارد.

(شکل ۷) – توسعه خندق با منشاء سرریز دریاچه‌ای

ارگودیسیتی وآلومتری

یکی از روش‌هایی که به بررسی تغییرات در گذر زمان می‌پردازد و بخصوص در زیست شناسی مورد مطالعه قرار گرفته، آلومتری است. آلومتری، بررسی تغییرات متناسب و مرتبط با تغییر در اندازه کل موجود زنده یا بخش مورد مطالعه است و متغیرها ممکن

www.SID.ir

Archive of SID

است مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی یا شیمیایی باشند (گولد[۶۷]، ۱۹٦٦، ٦۲۹). به بیان پین، (۱۹۸۵، ۳) آلومتری می‌تواند به عنوان یک حالت خاص در ارگودیسیتی مورد توجه قرار گیرد. کوتاه‌ترین تعریف برای اصطلاح آلومتری عبارت است از: روابط بین بخش‌های یک واحد منفرد در گذر زمان. ممکن است این نتیجه با رابطه ژئومورفیک ایجاد شده مورد قیاس قرار گیرد. تحلیل آلومتریک، تغییرات مربوط به اندازه را در بخش‌هایی از اجزای یک سیستم شرح می‌دهد که معمولاً به صورت یک تابع توانی بیان می‌شود:

$$Y=aX^b$$

متغیرهای مربوطه می‌توانند شامل رابطه طول مسیر رودخانه به مساحت حوضه آبریز باشند. در این وضعیت یک متغیر درونی یا وابسته به یک متغیر خارجی یا مستقل سیستم، مربوط است. دو نوع تحلیل الومتریک وجود دارد. در آلومتری دینامیک (پویا)، یک پدیده منفرد در طول زمان مورد مشاهده قرار می‌گیرد که به عنوان نمونه می‌توان از مشاهدات تجربی ماسلی و پارکر[٦۸]، (۱۹۷۲) که از رشد شبکه زهکشی در تأسیسات فرسایش بارش در دانشگاه ایالت کلرادو به عمل آمد نام برد.

در مقابل در آلومتری استاتیک (ایستا)، داده‌های جمع آوری شده از مجموعه‌ای از سیستم‌های متفاوت در یک نقطه از زمان مورد مقایسه قرار می‌گیرد. هرچند بیان شده که این تحلیل‌های استاتیک فقط باید به تفاوت‌های مربوط به اندازه بین ارگانیسم‌ها و اشکال زمین مربوط باشند، ماسلی و پارکر، (۱۹۷۲، ۳۲). امّا آنها غالباً برای فهم ماهیت تغییر میان آن اندازه‌ها گسترش داده می‌شوند که این نمونه واضحی از استدلال از طریق جایگزینی مکان به جای زمان است. چندین مطالعه موردی به طور مفصل به وسیله چرچ و مارک[٦۹]، (۱۹۸۰، ۸۷) مورد بحث قرار گرفته‌اند.

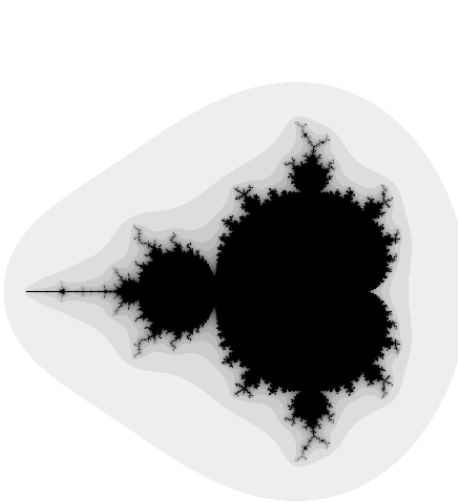
67 Gould
68 MosleyM.P. & Parker R .
69 Church. & Mark, D.M.

www.SID.ir

Archive of SID

ارگودیسیتی و هندسه فراکتال[۷۰]

مبحث مهم دیگری که در ارگودیستی باید به آن توجه داشت تفاوت‌های هندسه اقلیدسی و فضایی است که البته مهم‌ترین آنها تفاوت در ابعاد است، هندسه اقلیدسی دارای ۲ بعد و هندسه فضایی ۳ بعدی است، هندسه فراکتال به عنوان یکی از مصادیق هندسه فضایی بر اساس تکرار پذیری واحد شکل مبنا و تشکیل شکل اصلی با همان مشخصات جزئی‌ترین واحد تشکیل دهنده است (شکل ۸ و ۹).



(شکل ۸) فراکتال هارمونیک

(شکل ۹) فراکتال درختی

این دو شکل نمایانگر اشکال فراکتالی هستند که کوچک‌ترین جزء، نمایی چون شکل کامل دارد.

هر شکل را می‌توان به عناصر تشکیل دهنده آن تقسیم نمود، فرض کنید یک کوه را با ترکیبی از مثلث‌ها نشان دهیم و یک انسان را با دو دایره و چند پاره خط. این پدیده وقتی که در گذشت زمان پیر می‌شود و تحول پیدا می‌کند در الگوهای نمادینش یعنی خط و دایره‌ها تحول

70 Fractal

www.SID.ir

Archive of SID

خواهد داشت، بنابراین می‌توان از روی وضعیت فعلی الگوها به توالی پدیده رسید که همان بحث ارگودیک است. اکنون این سؤال باقیست که با گذشت زمان و به عنوان مثال پیر شدن کوه که متشکل از مثلث‌هاست چه تغییری برای مثلث‌ها اتفاق خواهد افتاد و چه شاخص‌هایی از آنها تغییر خواهد کرد. می‌توان گفت تمامی پدیده‌های طبیعی خصوصیات فراکتال دارند، و تغییرات آنها از بنیان‌های واحد فرضی رخ می‌دهد، حال چنانچه این چیرگی زمان در تغییر را بپذیریم و آغاز تغییر را از کوچک‌ترین جزء پدیده بدانیم نقش فرایند را بایستی جست؛ و در صورتی که تغییر فرایند اتفاق بیفتد، مثلاً یک سیستم فرسایش آبی به فرسایش بادی تبدیل شود، آنچه تغییر کرده شکل است و این تغییر یک حد آستانه یا مرز دارد.

ارگودیستی و امواج

هنگامی که یک موج در دریا ایجاد می‌شود با حرکت به سوی ساحل، ابعاد آن کاهش پیدا می‌کند. فاصله بین موج‌ها نیز بر اساس سرعت باد قابل محاسبه است ضمن اینکه هر چه سرعت باد بیشتر باشد ارتفاع موج نیز بیشتر خواهد بود. حال اگر بتوانیم فاصله زمانی بین دو موج را محاسبه کنیم و میانگین حرکت امواج و موقعیت فیزیک آنها را با میانگین زمانی تطبیق دهیم می‌توان ارگودیسیته امواج را محاسبه نمود. عیناً همین تفسیر در رابطه با یک فرایند کوه زایی که بر اساس ایجاد موج تکتونیکی ایجاد شده قابل ارائه است. زون چین خورده غربی ایران یا زاگرس نمونه‌ای از ایجاد تغییر بر اثر فرایند تکتونیکی است که به آرامی در مقیاس زمان زمین شناسی رخ داده و حالتی موجی شکل به خود گرفته است.

نیروی تکتونیک، ایجاد موج تغییر می‌کند موجی که دارای دامنه، ارتفاع و ... است و با موج بعدی دارای فاصله است. این امواج، چین خوردگی زاگرس را به صورت تاق[۷۱] و پاتاق[۷۲] ساخته‌اند و چنانچه بتوانیم تغییرات فضایی را در قالب تغییرات زمانی تعبیر کنیم، می‌توان ارگودیسته آنها را محاسبه نمود. البته به این نکته مهم باید توجه داشت که امواج اخیر که بحث

71 Anticline
72 Syncline

www.SID.ir

Archive of SID

شد در مقیاس فضایی و تحت روابط هندسه فضایی مطرح هستند، در صورتی که موجی مثل پیچان رود در سطح اتفاق می‌افتد و روابط هندسه اقلیدسی بر آن حاکم است.

نتیجه‌گیری

اگر ارگودیسیتی مورد استفاده دقیق قرار گیرد، توزیع‌های فضایی و زمانی خصوصیات مشابه خواهند داشت. به عنوان مثال، اگر ۱۵٪ از لندفرم‌ها در وضعیت خاصی در هر لحظه از زمان قرار داشته باشند. می‌توانیم فرض کنیم: هر یک از لندفرم‌ها ۱۵٪ از زمان خود را در همان وضعیت خاص سپری می‌کند. این مقدار دقت در ژئومورفولوژی کار سختی است اما با انجام آن جایگزینی فضا – زمان یا زمان – فضا یا به عبارت دیگر ارگودیسیتی طرح می‌شود، باید پیشنهاد کرد واژه مناسبی برای آنچه از ارگودیسیتی در ژئومورفولوژی برداشت می‌شود، در نظر گرفته شود"جایگزینی مکان برای زمان بدون دقت آماری"[۷۳].

با عنایت به آنچه در قبل بیان شد و تحلیلی که در رابطه با خندق‌های خور شاهد بودیم باید گفت ارگودیسیتی بر اساس تغییر منشاء در پدیده‌های هم نام مثل خندق متفاوت است و در مجموع مهم‌ترین خصوصیات بیان کننده ارگودیسیتی را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

۱- ارگودیسیتی بر پایه فرضیه‌ای کاملاً آماری بنا شده است.

۲- هسته اصلی مفهوم ارگودیسیتی بر اساس مقادیر متوسط توزیع فضایی و زمانی است.

۳- زمان به عنوان یک ابزار جایگزین اندازه گیری به جای فضا در این مفهوم استفاده می‌شود.

با این وجود که جزئیات کامل ارگودیسیتی از سوی ریاضیدانان بحث شده است، اما تدوین کردن آن در ژئومورفولوژی مستلزم تلاش بسیاری است. مهم آن است که روش‌هایی که برای مدل‌سازی ارگودیک در ژئومورفولوژی نشان داده شده، بایستی مورد آزمایش قرار گیرد.

73- Location for time substitution

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. چورلی، ر. و... ترجمه معتمد. احمد، (۱۳۷۵)، «***ژئومورفولوژی***»، جلد ۱ و جلد ۳، انتشارات سمت، تهران.

۲. رامشت، م. ح. (۱۳۸۱)، «مفهوم تعادل در دیدگاه‌های ژئومورفولوژی»، ***فصلنامه جغرافیائی***، شماره ٦٥-٦٦، تهران.

۳. گرجی، لیلا (۱۳۸۸)، «ژئومورفولوژی خور و بیابانک»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

4. Anderson, J. G. and Brune, J. (1999), "Probabilistic seismic hazard analysis without the ergodic assumption", ***Seism. Res. Lett***. , 70, 19-28.

5. Brown (1976), "***Ergodic theory and topological dynamics***", New York: Academic Press.

6. Brunsden, D. and Kesel, R. H. (1973), "The evolution of a Mississippi River bluff in historic time", ***Journal of Geology*** 81, 576-97.

7. Brunsden, D. and Thornes, J. B. (1977), "***Geomorphology and time***", London: Methuen.

8. Brunsden, D. and Thornes, J. B. (1979), "Landscape sensitivity and change",***Transactions***, Institute of British Geographers NS 4, 485

9. Bull, W. B. (1975), "Landforms do not tend toward a steady state", In ***Theories of landforms development***", Boston: Alien & Unwin.

10. Bull, W. B. (1977), "Allometric change of landforms", ***Bull. Geol. Am. 86.***

11. Cain (1982), "The spatial variability of surficial soil movement rate in Alpian environments", In Space and time in geomorphology, C. E. Thorne (ed.) 45-57. Binghampton Symp. Geomorph. Int. Ser. No. 12. London: Allen & Unwin.

www.SID.ir

Archive of SID

12. Carson, M. A. (1971), "***The Mechanics of Erosion***", London: Z

13. Carter, C. S. & Chorley, R. J. (1961), "***Early Slope Development in an Expanding Stream System***", ***Geol. Mag. 98.***

14. Chorley, R. J. and Kennedy, B. A. (1971), "***Physical geography: A systems approach***", London: Prentice-Hall.

15. Church M. (1983), "Space and Time in Geomorphology", C. E. Thorn (ed.) Book Review. ***Earth Surf. Processes Landforms*** 8**.**

16. Church. And Mark, D. M. (1980), "On size and scale in geomorphology", ***Progress in Physical Geography*** 4, 342-90.

17. Cox, N. j. (1977), "Allometric change of landforms: Discussion. ***Bull. Geol. Soc. Am***. 88

18. Craig, R. G. (1982), "The Ergodic Principle in Erosion Models", in Space and time in geomorphology, C. E. Thorne (ed.) 81-115. Binghampton Symp. Geomorph. Int. Ser. No. 12. London: Allen & Unwin.

19. Farquhar, I. W. (1964), "***Ergodic theory in statistical mechanics***" New York: John Wiley.

20. Gould,S. j. (1966), "Allometry and size in ontogeny and phylogeny", ***Biol. Rev***. 41,587-640.

21. Harvey, P. (1969), "***Explanation on Geography***", London: Edward Arnold.

22. Jonathan D. Phillips, (2005), "Deterministic chaos and historical geomorphology", Geomorphology.

23. Kennedy, A. Barbara. (2001), "Charles Lyell and 'Modern changes of the Earth: The Milledgeville Gully", ***Geomorphology*** 40 91–98.

24. Krautblatterm & Dikau R. (2007), "Towards A Uniform Concept", ***Journal Compilation***, Swedish Society for Anthropology and Geography.

www.SID.ir

Archive of SID

25. Kestin, J. and Dorfman, J. R. (1971), "A course in statistical thermodynamics", NewYork Academic Press.

26. Martin,Y. and Church, M. (2004), "Numerical modeling of landscape evolution: Geomorphological perspectives", ***Progress in Physical Geography*** 28,3 pp. 317–339.

27. Melton, M. A. (1958), "Geometric properties of mature drainage systems and their representation in an E4 phase space", ***Journal of Geology 66***, 35-54, Professional Paper 252.

28. Mosley, M. P. and Parker, R. S. (1972), "Allometric Growth: A Useful Concept in Geomorphology?" GSA Bulletin; December 1972; V. 83; No. 12; pp. 3669-3674.

29. Mosley, M. P. and Zimpfer, G. L. (1976), "Explanation in geomorphology", ***Zeitschrift Geomorphologie*** NF 20, 381-90.

30. Nash, D. B. (1984), "Morphologic dating of fluvial terrace scarps and fault scarps near West Yellowstone, Montana", ***Bull. Geol. Soc. Am. 95***.

31. Pain, A. D. M. (1985), "Ergodic Reasoning in Geomorphology: time for a Review of Term"? ***Prog. Phys. Geog. 9.***

32. Parry, W. (1981), "***Topics in Ergodic Theory***". Cambridge: Cam. Uni. Press.

33. Perry, George L. W. (2002), "Landscapes, space and equilibrium: Shifting viewpoints", ***Progress in Physical Geography*** 26,3 pp. 339–359.

34. Savigear, R. A. G. (1952), "Some observations on slope development in South Wales", ***Transactions, Institute of British Geographers*** 18, 31-51.

35. Scheidegger, A. E. (1970), "***Theoretical geomorphology***", New York: Springer-Verlag.

www.SID.ir

Archive of SID

36. Stevens, S. S. (1946), "On the theory of scales of measurement", ***Science*** 103, 677- 80.

37. Thorn, Colin E. (1982), "***Space and time in geomorphology***", London: George Allen & Unwin.

38. Thorn, Colin E. (1989), "An Introduction to Theoretical Geomorphology", ***Transactions of the Institute of British Geographers***, New Series, Vol. 14, No. 2. pp. 242-243.

39. Wolman, M. G. and Gerson, R. (1978), "Relative scales of time and effectiveness of climate in watershed geomorphology", ***Earth Surface Processes*** 3, 189-208.

40. ZdenSk, P. Bazant, F. ASCE (1983), "Response of Aging Linear Systems to Ergodic Random Input", ***Journal of Engineering Mechanics***, Vol. 112, No. 3, March.

www.SID.ir