

پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۶۰، تابستان ۱۳۸۶

صص ۳۱-۴۸

## معرفت‌شناسی و مدل‌سازی در ژئومورفولوژی

محمد حسین رامشت\* - دانشیار دانشگاه اصفهان

سید عبدالعلی کمانه - همکاران طرح پژوهشی، گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان

صمد فتوحی - همکاران طرح پژوهشی، گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان

دریافت مقاله: ۸۴/۶/۱۴ تایید نهایی: ۸۴/۹/۲۸

### چکیده

مطالعات ژئومورفولوژیست‌ها در زمینه سیستم‌های محیطی به شناخت چارچوب‌های نظری در زمینه الگوهای ساختاری و رفتاری سیستم‌ها منتهی می‌شود و البته تدوین و تبیین آن برای محققان همواره شوق‌انگیز بوده است. تشریح چنین الگوهای رفتاری و ساختاری (مدل‌ها) که گاهی اوقات ما را قادر به پیش‌بینی‌های مشروط می‌کند، مستلزم نوعی بی‌پیرایگی و ساده‌انگاری است تا به توان چنین مفاهیمی را به دیگران نیز انتقال داد. نکته قابل تأمل در طراحی یک مدل، چارچوب‌های نظری فهم و ادراک ما است که در قلمرو آن پدیده مورد نظر ارزیابی می‌شود. اگرچه همواره سعی شده است صحت و کارایی یک مدل به هم‌پوشانی آن با واقعیات تجربه‌پذیر تطبیق داده شود ولی نباید از نظر دور داشت که بسیاری از مدل‌ها تنها جنبه مفهومی داشته و هرگز در عالم واقع تجلی پیدا کردنی نیستند. بسیاری از محققان مدل‌های پیشنهادی خود را به صورت آنالوگ از واقعیات دیگری وام می‌گیرند؛ برای مثال وقتی آب شناسان سعی بر آن دارند که جریان آب رودخانه‌ای را با جریان الکتریسیته همسان و مشابه تلقی کنند در واقع از یک واقعیت تعریف شده بهره برده و رفتار آب که پدیده مورد نظر آن‌هاست، به مدل جریان الکتریسیته خورانیده‌اند. این روش یک شیوه معمول و رایج است و خرده‌ای نیز بر آن نمی‌توان گرفت. آن چه در این مقاله به آن پرداخته شده است بیشتر معطوف به چارچوب‌های معرفت‌شناسی است و جوابی به این پرسش است که اگر چارچوب‌های شناخت‌شناسی تغییر پیدا کنند چه تاثیری بر طراحی مدل‌های ما خواهد گذاشت و یا چه رابطه‌ای بین مدل‌ها و چارچوب‌های دیدگاهی در ژئومورفولوژی می‌توان استنتاج کرد.

**کلید واژه‌ها:** سیستم، مدل، معرفت‌شناسی، تعادل، پسخوراند، ژئونرون.

### مقدمه

در طبقه‌بندی مدل‌ها شاهد اسامی و عبارات متعددی مشاهده می‌شود که هر یک در قلمرو خود دارای استدالی خاص است. گروهی، مدل‌ها را در مجموعه‌های تجربی و مفهومی و افرادی نیز آن‌ها را در طیف‌های ریاضی، توصیفی، تجویزی، جبری، دستوری و مانند آن طبقه‌بندی کرده‌اند. اگرچه همه این طبقه‌بندی‌ها وجوه خاصی از ویژگی‌ها و اهداف محقق را بیان می‌کنند، ولی از این نکته هم نمی‌توان غافل شد که بسیاری از این واژه‌ها خود بیانگر نوع بینش محقق درباره طرح یک مسئله است و حتی چنین حقیقتی را می‌توان در تعاریف ارائه شده از مدل نیز دنبال کرد.

وقتی گفته می شود مدل مجموعه ای از قضایا یا معادلاتی است که به توصیف نقطه نظرها و تجربیات ما از یک پدیده می پردازد و این توصیف ها یا بیان ریاضی آن، قضاوتی ناشی از استنباط و تشخیص ذهنی متخصصان هر یک از رشته های علمی است<sup>۱</sup>، به خوبی روشن می سازد که مدل بیشتر ساخته و پرداخته استنتاج های ذهنی ما است اگر چه واقعیات بیرونی در شکل گیری آن مؤثر بوده است.

در تعریف دیگری مدل، نمای ساده شده ای از فهم ما از یک واقعیت عینی یا ذهنی تلقی می شود و سپس بر این نکته فعالیت ها می شود که هر مدلی بر اساس یک تئوری بنا نهاده شده است (Kirkby1987). در واقع یک مدل، طرحی کرداری یا روشی تلقی می شود که به طور مشخص در سیستم های استقرایی برای پیش بینی نتایج یک رشته از فعالیت ها کار گرفته می شود. در این عبارت ها چند نکته اساسی قابل تأمل است اول آن که یک مدل بیشتر تابع فهم ما از یک پدیده است تا حقیقت و جوهره آن پدیده. دوم آن که این کار بر اساس روشی استقرایی صورت می گیرد و سوم آن که مدل ها ساده شده و انتظار ما از آن ها بیشتر بیان رفتاری یک پدیده و پیش بینی نحوه عملکرد آن است و بالاخره آن که فهم ما در چارچوبی نظری دست به چنین استنتاجی می زنند. بدیهی است که هیچ نظریه پردازی فارغ از بینش های معرفتی صورت نمی گیرد و ارتباط بین چارچوب های معرفتی و مدل ها ارتباطی انکار نشدنی می شود.

شاید بتوان مثل افلاطونی<sup>۲</sup> را قدیمی ترین مدل تدوین شده از جهان هستی تلقی کرد ولی طرح مدل در ژئومورفولوژی را باید بیشتر مدیون تلاش محققان در بیان غیر توصیفی واقعیات محیطی دانست.

ابوریحان بیرونی از جمله دانشمندان ایرانی است که مدل های کمی در ژئومورفولوژی را به کار گرفته است و برای اولین بار بر اساس ارزیابی کمی، مدلی از تکوین جلگه هند ارائه می دهد (آرام، ۱۳۶۶، ۶۱). در زمان شیخ بهایی طراحی پل خواجه بر اساس بر آورد سیلاب هایی با دوره باز گشت چهار هزار سال و بر اساس تراس های بر جای مانده در حاشیه زاینده رود صورت گرفته است (رامشت، ۱۳۷۷، ۷۵).

کرکبای (1986) نخستین مدل تحول چشم انداز دو بعدی را مطرح کرد. فرایندهای به کار گرفته شده در این مدل شامل فرسایش، لغزش، خزش و شستشو بود. هوارد (1994) با همین روش مدل تکامل چشم انداز را معرفی کرد و در سال ۱۹۹۷ مدل مشابهی را در تحول توپوگرافی اراضی بدلندی به کار برد.

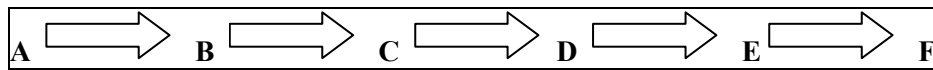
#### مدلهای ژئومورفولوژیک و چارچوبهای معرفتی

هر چند تعیین تاریخ پیدایش برای چارچوب های معرفتی با واقعیات زمانی سازگار نیست ولی طرح همگانی شدن و یا حاکم شدن یک چارچوبه معرفتی را می توان مربوط به دوره ای خاص دانست. در ژئومورفولوژی مدل های گوناگونی در زمینه تغییر چهره پوسته زمین ارائه شده است و طیف نسبتاً وسیعی از مباحث ژئومورفولوژی از آب و جریان های آبی تا فرسایش و حرکات پوسته ای را در بر می گیرد. در این میان دیدگاه دیویس در ژئومورفولوژی که به دیدگاه اکولوژیک<sup>۳</sup> یا ژئومورفولوژی دیویسی شهرت می شود و با پرداخت تئوری دور جغرافیایی<sup>۴</sup> وارد جغرافیا شد، از جمله چارچوب های ماندگار در ژئومورفولوژی است که مدلی زمانی را درباره تغییر پوسته زمین ارائه می دهد.

1. Web dictionary of cybernetics and systems  
2-The Forms  
3- Evolutionary Geomorphology  
4- Erosion cycle or Geographical cycle

### دیدگاه تکاملی و مدل دیویس

مدل دیویس را مدل زمانی<sup>۱</sup> می نامند. وی در این مدل نه تنها برای نشان دادن نحوه، میزان و مراحل تغییر سطوح زمین به زمان متوسل شد بلکه زمان را عامل تغییر قلمداد کرد و به عنوان یک متغیر اصلی، بستر تحول چهره پوسته زمین را به آن نسبت داد و بسیاری از مفاهیم تکنیکی تئوری خود چون مفهوم تعادل<sup>۲</sup>، تدریج گرایی<sup>۳</sup> و رسیدگی<sup>۴</sup> را در قالب همین مدل توضیح داد. وی تلاش کرد مفهوم تغییر را با زمان بیان کند و به همین خاطر مدل وی به مدل تحلیل زمانی<sup>۵</sup> و یا تغییرات پیش رونده<sup>۶</sup> و یا مدل زمان آرامش<sup>۷</sup> نیز شهرت می شود. این شیوه تحلیل از وقایع که به روش تاریخی<sup>۸</sup> نزد روش شناسان موسوم است، به تحلیل تاریخی پدیده ها و مراحل تغییر و تحول یک پدیده می پردازد. البته این واژه نه به آن خاطر به این متد اطلاق می شود که تاریخ تحول چهره زمین یا هر پدیده دیگر را بیان می کند بلکه، مفهوم خاصی از تغییر با جهتی جبری در آن مستتر است به نحوی که اگر پدیده B تکوین پیدا کرده A باشد بالاخره در بستر زمان به مرحله C و آن گاه به D خواهد رسید و هر کدام از پدیده ها مقدم بر مرحله قبلی و موخر به پدیده بعدی خواهند بود.



این چنین برداشتی از متغیر زمان با آن چه از الگوریتم تغییر بیان می شود تفاوت فاحش دارد. در الگوریتم زمانی هرگز اجباری در وقوع پدیده B بعد از A وجود ندارد و این احتمال همیشه خواهد بود که به جای رخ دادن یا نیل A به B اتفاق دیگری رخ دهد و برای مثال C یا F رخ دهد. بنابراین نباید از این نکته غافل بود که وقتی صحبت از روش تاریخی می شود منظور تنها بیان مراحل الگوریتمی یک رخداد نیست بلکه تحول تاریخی و تغییر دنباله دار یک پدیده منظور نظر است و به عبارتی در این روش زمان عامل مهم در تغییر شناخته می شود و به این خاطر توالی<sup>۹</sup> و تحول<sup>۱۰</sup> یک مفهوم مهم و کلیدی در این تحلیل به شمار می آید و نمی توان یک پدیده را منفصل از تاریخ آن تلقی کرد.

$$EG = (S + T)t$$

$$\text{Evolutionary Geomorphology (Davisian)} = \text{Succession} + \text{Transformation}$$

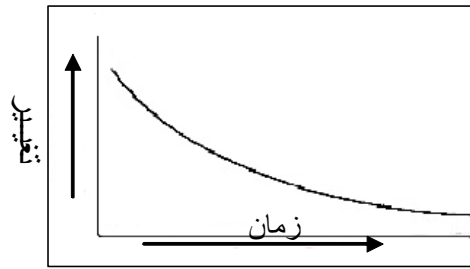
$$\text{ژئومورفولوژی دیویسی} = \{\text{تحول (تغییر جهت دار)} + \text{توالی}\} \text{ در بستر زمان}$$

در مدل دیویس تغییر چشم اندازها به زبان ریاضی تابعی توانی از زمان است که در فرمت کلی زیر تجلی می کند.

$$c = aT \wedge b$$

در این تابع C تغییرات یک چشم انداز و a، b ضرایبی هستند که از برابند عوامل طبیعی تأثیرگذار بر چشم انداز یک حوضه برآورد شده اند و از یک حوضه به حوضه دیگر تغییر پیدا می کند. ویژگی تابع فوق آن است که می توان به کمترین مقدار تغییر چشم انداز در واحدهای زمانی زمین شناسی نیز دست پیدا کرد. در تابع فوق که C میزان تغییرات و T زمان است، می توان برای درصد تغییر چشم انداز یا همان dC یک مقدار کمینه متصور شد، به عبارت جبری هرگاه  $dC/dT = 0$  شود در این صورت چشم انداز در دستگاه دیویسی به مرحله پیری<sup>۱۱</sup> رسیده است و اگر dC دارای مقدار بیشینه باشد جبرا متغیر زمان T به صفر میل میکند. (  $t \rightarrow 0$  ) که این حالت همان مرحله جوانی<sup>۱۲</sup> در چرخه دیویسی است. اگر dC دارای مقدار ثابت باشد و تغییر نکند حتی اگر متغیر زمان T تغییر یابد در این صورت ما در چرخه دیویسی مرحله بلوغ چشم انداز مشاهده می کنیم. تصویر زیر بیان نموداری از تئوری دیویس است شکل ۱ (رامشت، ۱۳۸۰، ۸۴).

<sup>۱</sup>. Time bound model. 2. Equilibrium. 3. Gradualism. 4. Maturity. 5. Time decay Model. 6. Progress changes. 7. Relaxation Time Model. 8. Historical Method. 9. Succession. 10. Transformation 11. Youth age 12. Maturity

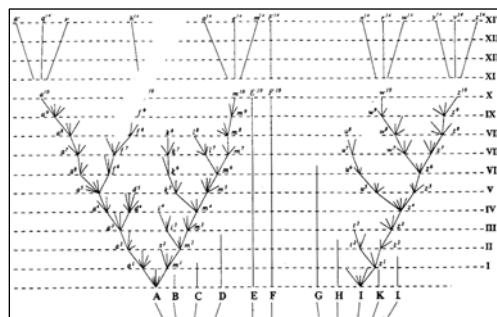


شکل ۱ تغییر در مدل دیویس و رابطه آن با زمان

همین تعابیر درباره منحنی بی بعد (در شکل ۱) نیز صادق است. منحنی بی بعد از دیدگاه دیویس تحلیل زمانی می شود به این نحو که اگر منحنی رود خانه‌ای به صورت محدب و بالاتر از قطر و تر تظاهر کند، تعبیر دیویس از وضعیت ناهمواری‌ها، جوانی منطقه از نظر فرسایشی است و چنانچه منحنی به صورت مقعر و در زیر قطر و تر قرار گیرد، منطقه از نظر فرسایشی در مرحله پیری قرار داده می شود. در واقع چنین تعابیری بیانگر زمان و نقش آن در تغییر چشم اندازها است.

اگر چه چنین مفهومی از گذشت زمان و تغییر از داروین اقتباس شده ولی نظرات دیویس علی رغم هارمونی ژنتیک با مفاهیم داروینی تاحدودی با تفسیر تغییر هوتن<sup>۱</sup> هورتن<sup>۲</sup>، دانا<sup>۳</sup> و حتی داروین<sup>۴</sup> تفاوت دارد و بخوبی از مدل‌های ارائه شده زمانی به وسیله آن‌ها این تفاوت قابل فهم و درک است.

استودارت (۱۹۹۶) با تأکید بر تأثیرپذیری عقاید دیویس از عقاید داروین چنین مطرح می کند که اندیشه تغییر سیستم‌های ژئومورفیک طی زمان در واقع همان مفهوم تکامل داروینی است، با این تفاوت که داروین به جای تأکید بر تحول جنبه تصادفی بودن را به عنوان یک عامل مفسر پیشنهاد کرد. دیویس با پذیرفتن نظریات داروین تمرکز را روی مفهوم تکامل قرار داد اما در تعبیر دیویس از تکامل چشم اندازهای زمین موضوع تغییر نه تنها تدریجی بلکه اجتناب‌ناپذیر و تعینی است در حالی که داروین معتقد به تکامل از دریچه تصادف بود (شکل ۲).



شکل ۲ مدل داروین، تغییر انواع در بستر زمان، (Darwin, C.R 1859)

براساس نظرات داروین، مدل وی در این دیاگرام به چنین واقعیتی اذعان می شود. در این دیاگرام محور عمودی واحدهای زمانی و محور افقی نحوه تغییر گونه‌ها را نشان می دهد<sup>۱</sup>. در این دیاگرام چهار تیپ تغییر در بستر زمان قابل شناسایی است: الف: گونه‌هایی که بدون تغییر بعد از یک واحد زمانی کوتاه منقرض شده و ادامه حیات از آن‌ها متوقف شده است (مانند B, K, C). ب: گونه‌هایی که بدون تغییر در طول زمان، حیاتشان استمرار یافته است، (مانند E, F, ...). ج: گونه‌هایی که در طول زمان تغییر کرده و تنها یک شاخه آن توانسته در بستر زمان ادامه حیات پیدا کنند (مانند I). ه: گونه‌هایی که ادامه

1. Huttan 2. Horton 3. Dana 4. Darwin

حیات آن‌ها میسر شده ولی گونه ابتدایی به چند شاخه تقسیم و هر یک از شاخه‌ها قادر به ادامه و تغییر در طول زمان بوده‌اند، مانند A.

به طور کلی تفاوت عمده تفکر دیویس و داروین را می‌توان در موارد ذیل خلاصه کرد.

۱- داروین را بیشتر باید یک تکاملی خاص دانست، زیرا مبانی و اصول او بیشتر درباره موجودات ذی حیات قابل تعمیم است، حال آن‌که افکار دیویس این اصول را به همه صور حیات از جمله تغییر در سطوح ارضی نسبت می‌داد و لذا وی یک تکاملی عام به شمار می‌آید؛

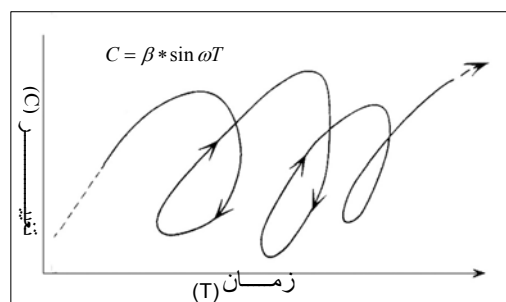
۲- تغییر در مدل داروین تعینی نیست؛ به این معنا که نوع و میزان تغییر قابل پیش‌بینی نبوده و از الگویی تصادفی پیروی می‌کند؛

۳- براساس دیاگرام تنظیمی داروین چهار الگوی تغییر در بستر زمان قابل درک است به طوری که نمی‌توان زمان را مسبب و عامل تغییر در همه موارد معرفی کرد؛

۴- آنچه از مفهوم تغییر در نظرات داروین منعکس شده، دلالتی بر سیکلی بودن تغییر و الگوی آن نمی‌شود حال آن‌که در دیدگاه دیویس رکن تحلیل‌های وی در قالب یک سیکل تکرارپذیر مطرح است؛

#### مدل هوتن

نظرات هوتن درباره الگوی تغییر و نحوه تکوین ناهمواری‌ها در زمره تفکرات تکاملی محسوب می‌شود. هوتن نیز به تغییر چشم انداز طی زمان معتقد بود و زمان را عاملی در تغییر تلقی می‌کرد ولی تعبیر او از تغییر علی رغم اذعان به تدریجی بودن با آنچه دیویس در چرخه فرسایش بیان می‌داشت متفاوت است کوهن (۱۹۸۵). به عبارت دیگر چرخه او با چرخه دیویس همسان نیست. زیرا فرایندهایی که او به آن‌ها معتقد است، چرخه‌هایی را نشان می‌دهند که در طول زمان زمین‌شناسی به طور دقیق تکرار شونده نیستند به این معنا که فرمی در یک مکان فرسوده می‌شود، باید با یک فرم جدید با ویژگی‌های کاملاً متفاوت جغرافیایی جایگزین شود. به عبارت دیگر چرخه هوتونی دارای تشنج‌های فضایی است اگر چه سیر تحول در چرخه او نیز غایتی را دنبال می‌کند شکل (۳).



شکل ۳ تغییرات نوسانی در سیکل هوتنی

نکته مهم افکار هوتن مربوط به تحلیل وی از نحوه رخدادها است. وی معتقد بود که تغییراتی که در طول زمان رخ می‌دهد از یک دوره بسته پیروی نمی‌کند. هوتن معتقد است که اگر چه در ظاهر تکرارهای نامحدود وجود دارد، ولی این تکرارها دارای جهت دقیقی که به نقطه‌ای ختم شود، نیست، بلکه به سوی پایانی امتداد پیدا می‌کند. فرایند هوتنی درباره تغییرات به وضوح مفهوم نوسانی و احتمالی بودن را در یک مقطع غیر برابر زمانی تداعی می‌کند. او تأکید دارد که چنین فرایندی در تناوب زمانی

رخ می‌دهد و امکان پیش بینی رخدادها در چنین تناوب‌هایی وجود دارد. به طور کلی نظرات هوتن را می‌توان در مدار متناوبی از تغییرات منظم تکرار پذیری خلاصه کرد که پایانی بر آن مترتب نیست (کندی ۱۹۹۲) در واقع بیان ریاضی مدل هوتن از تغییر به عنوان تابعی از زمان را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

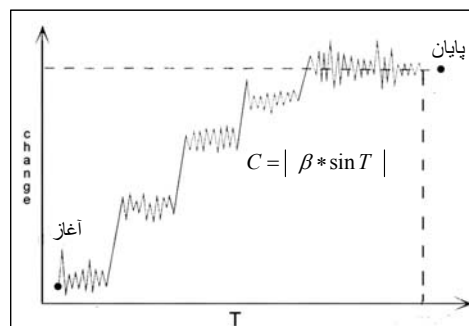
$$C = \beta * \sin \omega T$$

که در آن  $\beta$  ضریبی است که از شرایط خاص حاکم بر چشم انداز ناشی می‌شود و  $\omega T$  سرعت زاویه‌ای هریک از نوسان‌ها می‌باشد. همان‌گونه که دیده می‌شود، اگرچه مدل وی نیز تغییر را تابعی از زمان تلقی می‌کند ولی این بار تغییر، را تابعی از زمان نیست بلکه فرمی مثلثاتی<sup>۱</sup> می‌شود.

#### مدل دانا

دانا نیز از پیشکسوتان تفکر تکاملی به شمار می‌آید. او نیز مدل خود را به گونه‌ای بیان می‌کند که تغییرات پوسته زمین تابعی از زمان معرفی می‌شود. تفاوت مهمی که در مدل او دیده می‌شود، بیشتر معطوف به الگوی تغییر است.

دانا نیز به تغییر چشم انداز در زمان معتقد است. وی تغییرات پیشرونده در زمین را عامل اصلی در دستیابی زمین به مراحل پایانی تکوین می‌داند و تغییرات نوسانی و ناگهانی که اکنون مشاهده می‌شود، را چیزی جز پس لرزه‌های ناشی از دست پیدا کردن به مرحله پایانی نمی‌داند. دانا معتقد است اگرچه تغییرات فعلی بسیار محدودتر از تحولاتی است که زمین در دوره حاکم بودن تغییرات پیش‌رونده تجربه کرده است، با این وصف از همان نوع و ماهیت است. او با تبیین تغییرات گذشته به صورت تابعی از زمان روند خاصی را برای این گونه تغییرات ترسیم می‌کند شکل ۴.



شکل (۴) مدل دانا درباره تغییر و زمان (Dana 1869)

دیدگاه دانا در شکل ۴ بر این نکته تاکید دارد که دوره‌های محدودی وجود داشته که هر کدام از آن‌ها با یک واقعه شروع و بعد از مدتی پایان پیدا کرده است و تغییرات پیش‌رونده در طول زمان ترکیبی از این رخدادهاست که اگرچه ممکن است با یکدیگر متفاوت باشند ولی دارای روند خاصی است و این روند غایت خاصی را دنبال می‌کند که همانا پدیدار شدن آرامش و ایجاد شرایط مطلوب برای سکنا گزیدن بشر در زمین است. این تغییرات سبب توسعه و گسترش هم از نظر زیبایی و هم از نظر سودمندی گشته به نحوی که هدف و مقصود به وجود آمدن این تغییرات به وجود آوردن جهانی با مطلوبیت‌های لازم برای سکونت بشر بوده است و پس از دست‌یابی به این هدف روند و آهنگ تغییر کلی بر اساس مشیت الهی کند می‌شود و شاید غرض از ایجاد چنین وضعیتی آن باشد که از آسیب رسیدن زیاد به بشر جلوگیری شود. تعبیر دانا از نوسان تغییر به عنوان تابعی از زمان را می‌توان به بیان ریاضی به صورت تابع جبری بیان کرد که در این تابع  $\beta$  ضریبی است که از ویژگی‌های محیط طبیعی

چشم‌انداز محاسبه و  $t$  متغیر زمان است. بیان دانا از نظر ریاضی تنها در قدر مطلق ارقام به دست آمده است و این به آن معنا است که تحول و تغییر دارای روندی صعودی است و لوب یا نوسان فضایی نمی‌شود.

$$C = |\beta * \sin t|$$

#### دیدگاه کاتاکلیسم و مدل فرایندی

با اینکه در زمان دیویس و حاکم شدن مدل زمانی وی افرادی چون جیلبرت، الفرد پنگ و دیگران نقاد وی بودند ولی آرام آرام به‌ویژه پس از مرگ دیویس دیدگاه معرفتی و اکولوژیک یا ژئومورفولوژی دیویسی جای خود را به دیدگاه کاتاکلیسم داد و ژئومورفولوژی خاصی بنیان نهاده شد که اصطلاحاً به آن ژئومورفولوژی فرایندی<sup>۱</sup> گفته می‌شود.

تئوری تغییر سطح اساس<sup>۲</sup>، تئوری یخچالی<sup>۳</sup>، الگوریتم تحول کوه‌های هنری<sup>۴</sup>، تئوری ائوستازی<sup>۵</sup>، سیکل بروخنر<sup>۶</sup> و ... پشتوانه‌های اصلی تدارک منطق نظری این دیدگاه قرار گرفت و چارچوبه‌ای از تحلیل‌ها بنیان شد که تغییر در چهره پوسته زمین را مستقل از زمان تلقی می‌کرد و به همین خاطر اصطلاح Time Less Model را برای این دیدگاه در برابر Time Bound Model دیویس به کار می‌برند (Hart 1986).

مدل کاتاکلیسم را که مدل فرایندی نیز می‌نامند، تغییرات پوسته زمین را نتیجه وقوع فرایندهای ژئومورفیک می‌دانند و هر تحولی در شکل زمین را در چارچوب تغییرات اقلیمی، تغییر سطوح اساس، گروهی رخدادهای تکنونیک و تأثیر عملکردهای بشری در محیط تحلیل می‌کند. در این جا زمان نقشی در تغییر بازی نمی‌کند و عامل تحول محسوب نمی‌شود بلکه وقوع فرایندها و شدت و تواتر آن‌ها عامل تغییر معرفی می‌شود به عبارت دیگر برخلاف مدل دیویس که بسیاری از پدیده‌های ژئومورفیک را شاخص پیری یا رسیدگی یا جوانی تلقی می‌کرد، در این جا هرگونه تغییر نتیجه حدوث و حاکم شدن فرایندی خاص تلقی می‌شود و رخ دادن چنین فرایندی می‌تواند در هر مقطع زمانی باشد و به مراحل سه‌گانه‌ای که دیویس مدل خود را بر اساس آن طراحی کرده بود بستگی نخواهد داشت و مستقل از زمان عمل می‌کند. لذا مدل‌هایی که در این دیدگاه طرح و بر اساس آن عمل می‌شود فاقد محور زمانی است. بر همین اساس بسیاری از اصول و مفاهیم تکنیکی در این دیدگاه مانند اصل ناگهانی<sup>۷</sup>، تعادل<sup>۸</sup>، و آستانه‌ها<sup>۹</sup> در قالب همین مدل توضیح داده می‌شوند.

این شیوه تحلیل از وقایع که به روش آماری<sup>۱۰</sup> نزد روش‌شناسان موسوم است، به تحلیل وقوع پدیده‌ها و الگوریتم حدوث و تکرار آن‌ها پرداخته تغییر و تحول سطوح ارضی را ارزیابی می‌کند. در الگوریتم تغییر هرگز اجباری در وقوع پدیده و وجود سیری تعینی دیده نمی‌شود و برای تحلیل یک حادثه، شدت و تواتر آن تحلیل می‌شود. بنابراین نباید از این نکته غافل بود که وقتی صحبت از روش آماری می‌شود منظور تنها بیان مراحل الگوریتمی یک رخداد است و تحول تاریخی و تغییر دنباله‌دار یک پدیده منظور نظر نیست. به عبارتی در این روش زمان در تغییر و تحول حذف و به این خاطر به جای توالی<sup>۱۱</sup> و تحول<sup>۱۲</sup> در مدل زمانی دیویس تغییر<sup>۱۳</sup> و تکرار<sup>۱۴</sup> دو مفهوم مهم و کلیدی در این تحلیل‌ها به‌شمار می‌آید و یک پدیده، مستقل از زمان و تاریخ آن تلقی کرد.

$$PG = C + R$$

Process Geomorphology = Change + Repeat

ژئومورفولوژی فرایندی = تغییر (تغییر بدون جهت) + تکرار

1. Process Geomorphology 2. Aostasy theory 3. glacier 4. Henry Algorhythm 5. Aostasy theory 6. Bruckner model  
7. Catastroph 8. Equibirum 9. Thresholds 10. Staisyical method 11. Succession 12. evolution 13. change  
14. Repeat

در مدل فرایندی به زبان ریاضی تغییر چشم اندازها تابعی از تواتر و شدت فرایندهاست. به عبارت دیگر، از نظر ریاضی کاتاستروفیست‌ها معتقدند که فرکانس رخدادهای طبیعی با بزرگی آن‌ها نسبت عکس می‌شود و می‌توان این عقیده را به صورت جبری و به صورت رابطه زیر بیان کرد.

$$T = \lambda = P = vT = M = v \div f \quad (1)$$

T: در این رابطه پرئود تکرار رخداد ژئومورفیک

$\lambda$ : پرئود بین دو اوج وقوع رخداد

P: احتمال بروز رخداد

v: سرعت بروز رخداد

M: بزرگی

f: فرکانس یا بسامد بروز پدیده است. (هالیدی ۱۹۸۷)

رابطه فوق بیان گر این حالت است که رخدادهایی با بزرگی بسیار زیاد دارای تواتر کمتر می‌باشند و اگر بزرگی رخدادی کم باشد فرکانس وقوعش زیاد است. (Miller و Wolman (1960) این رابطه را در وقوع پدیده‌های ژئومورفیک تشخیص دادند. برای مثال بیان کردند که رخدادهای ملایم‌تر، شایع‌تر و رخدادهای بزرگ، کمیاب‌تر هستند. آن‌ها این سیوال مهم را مطرح کردند که آیا رخدادهای کوچک و بزرگ در ژئومورفولوژی دارای اهمیت یکسان هستند و در ایجاد تغییرات لندفرم‌ها کدام یک از آن‌ها نقش برتر را به عهده دارند. برای پاسخ به این سؤال نامبردگان از جریان آب‌های سطحی به عنوان محرک اولیه تحقیقات خود استفاده کردند و رابطه زیر را ارایه کردند:

درصد مجموع رسوب حمل شده به وسیله جریان‌های مختلف با بزرگی‌های گوناگون

$$\frac{100 \times (\text{رسوب حمل شده به وسیله جریانی معین}) \times (\text{فرکانس آن جریان})}{\text{مجموع کل رسوب حمل شده}} =$$

$$\% \sum s = \{f \times Sx \div \sum S\} * 100$$

در واقع این دو دانشمند ثابت کردند که حداقل ۵۰ درصد رسوب سالیانه در یک جریان آبی به وسیله جریان‌هایی حمل می‌شوند که یک بار در سال به وقوع پیوسته باشند و یا به عبارت دیگر، بزرگی دبی آن معادل دبی حد سالیانه باشد. از سوی دیگر با یک بر آورد مشابه، آن‌ها نشان دادند که پدیده‌هایی با بزرگی متوسط دارای فرکانسی متوسط هستند. برای مثال اگر در منطقه‌ای سیل خیز دبی‌های سیلابی ثبت شده در طول یک سال به قرار ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۴، ۸، ۲، ۱۵، ۱۲ و ۱۸ متر مکعب در ثانیه باشد و بدانیم که طی هر سال به طور متوسط ۱۲۰۰ تن رسوب به وسیله جریانات سیلابی حمل شده‌اند، در این صورت می‌توان گفت حداقل ۵۰ درصد رسوب حمل شده به وسیله دبی ۲۵ متر مکعب در ثانیه حمل شده است؛ زیرا این دبی بالاترین دبی رخ داده با تواتر یک در طول سال است. در همین مثال دبی ۸ متر مکعب در ثانیه دارای فرکانس ۷ است و مجموع رسوبی که به وسیله این سیلاب حمل شده بر اساس رابطه فوق برابر ۴/۶۷ درصد کل رسوبات حمل شده به وسیله جریان‌های سیلابی دیگر خواهد بود.

$$(8 \times 7) / 1200 \times 100 = 4 / 67$$



در این دیدگاه معمولاً تواتر یک پدیده به صورت مجرد و تنها ارزیابی نمی‌شود بلکه همراه با آن میزان و شدت یک رخداد نیز اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. برای مثال اگر جریان‌های سیلابی عامل تحول و تغییر در یک محیط به حساب آید، تنها تعداد وقوع سیلاب‌ها بررسی نمی‌شوند، بلکه دبی سیلاب‌ها نیز اندازه‌گیری و تحلیل می‌شوند. با اندازه‌گیری فرکانس و شدت یک رخداد (مثلاً یک سیلاب) این امکان فراهم می‌شود که محقق به‌تواند نسبت به ترسیم منحنی تجمعی فرکانس - شدت اقدام کند (شکل ۵).

با توجه به برداشت Miller و Wolman می‌توان چنین استنتاج کرد که رابطه بین وقوع و فرکانس رخدادهای ژئومورفیک به صورت رابطه ۲ است.

$$vT = v / f \quad (۲) \text{ رابطه}$$

در این تابع T یا f بیان‌کننده یکی از ویژگی‌های منبع بسامد رخداد مانند یک جوان‌شدگی تکنونیک و v بیانگر یک ویژگی از چشم‌انداز محیطی است. بنابراین می‌توان رابطه فوق را به صورت زیر نوشت.

$$f = v / vT \quad (۳) \text{ رابطه}$$

$$f = 1/T \quad (۴) \text{ یا رابطه}$$

بنابراین کاتاستروفیسم‌ها در مدل‌سازی ژئومورفولوژیک به بزرگی یا شدت<sup>۱</sup> و فرکانس<sup>۲</sup> (رخ‌دادها فعالیت‌ها دارند. به عبارت دیگر کاتاستروفیست‌ها معتقد به مدلی هستند که در آن چشم‌انداز ژئومورفیک و تغییر آن تابع بزرگی و فرکانس رخدادهای طبیعی هستند و نه تابعی از زمان. اگرچه از نظر کاتاستروفیست‌ها نمی‌توان تواتر وقوع یک رخ‌داد طبیعی را کاملاً کنترل کرد ولی اگر این تواتر را با شدت آن رخداد نسبت بندی کنیم می‌توان آن را ارزیابی کرد گاردنر (۱۹۸۰). در نتیجه می‌توان نظرات کلی کاتاستروفیسم را به صورت مدل زیر نیز بیان داشت.

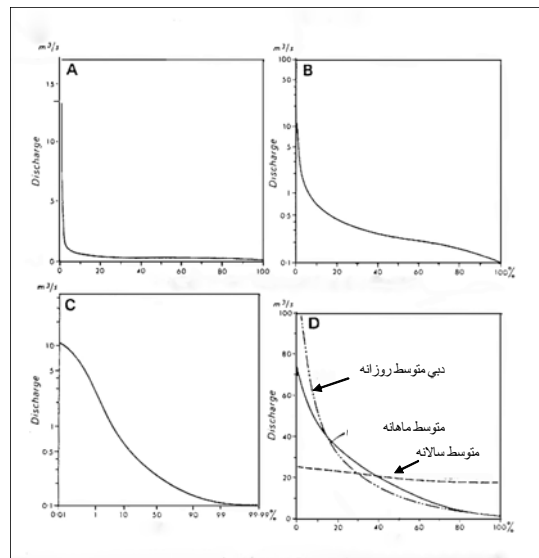
$$f = 1/M \quad (۵) \text{ رابطه}$$

با این بیان Wolman & Miller به ادغام توابع پنج‌گانه فوق به روش گامبل در محاسبه بالاترین و پایین‌ترین مقادیر یک متغیر ژئومورفیک می‌پردازند و چنین معتقدند که روش گامبل در حقیقت همان روش تجزیه و تحلیل مقادیر اقل و اکثر<sup>۳</sup> است و لذا پیدا کرده‌های فوق را در یک مثال فرضی به صورت نموداریکی نشان می‌دهند (Gregory & Walling 1973). شیوه‌های متعددی برای نمایش رابطه بین فرکانس و شدت مرسوم است. در شکل ۵ محورهای دستگاه مختصات (x و y) هر دو دارای مقیاس خطی می‌باشند.

1. Magnitud

2. Frequency

3. Extreme



شکل ۵ تحلیل رخداد پدیده ها در از شدت و فرکانس وقوع

محور X ها به صورت درصد، و محور Y ها، به متر مکعب به ترتیب نشان دهنده فرکانس و شدت دبی های وقوع پیدا کرده است. مزیت این دستگاه آن است که سطح زیر منحنی مستقیماً به کسری از کل نشان داده می شود. در این دستگاه ما قادر خواهیم بود شدت رخدادها را بر حسب درصد به فرکانس بیان کنیم برای مثال با یک نگاه در می یابیم که دبی پنج متر مکعب چند درصد از رخدادهای مضبوط را تشکیل می دهد ولی مهمترین محدودیت این الگو آنست که شدت های کم را نمی توان در این دستگاه به روشنی بر حسب فرکانس بیان داشت. همان طور که دیده می شود، فرکانس شدت های کمتر از یک، تقریباً برابر دیده می شود. آن چه از ترسیم این الگوی ترسیمی به خوبی قابل درک است آن است که دبی های بالا، دارای فرکانس کم و دبی های پایین دارای فرکانس زیادند.

در نمودار B محور Y ها با مقیاس لگاریتمی نمایش داده شده و چنین تاکتیکی سبب می شود که بتوان رخدادهای با شدت زیاد را با دقت بیشتری به فرکانس با درصد نشان داد. به این وسیله حتی مقادیر خیلی کم دبی نیز از نظر دور نمی ماند. همان گونه که روی نمودار بالا معین شده است، وقتی که بزرگی به لگاریتم محاسبه نمی شود، تا مقادیر بسیار جزیی دبی را نسبت به وقوع فرکانس تشخیص داد و اشکال نمودار A به این وسیله مرتفع می شود.

در منحنی C محور عمودی (بزرگی یا دبی) بر حسب لگاریتم بیان شده و محور X ها به جای بیان فرکانس به درصد به بیان احتمال وقوع هر رخداد می پردازد. لذا قادر خواهیم بود که احتمال وقوع پدیده ها (فرکانس های از صفر تا ۱۰۰٪) را حتی برای مقادیر خیلی کم یا خیلی زیاد شدت محاسبه نماییم.

در نمودار D مقادیر شدت به متر مکعب و با مقیاس خطی در محور Y ها و ولی محور X ها به فرکانس وقوع و به درصد با مقیاس خطی بیان شده است. ولی به جای ترسیم یک منحنی به ترسیم سه منحنی با شیب های مختلف مبادرت شده است. در اینجا هر یک از منحنی ها بیان گر مقاطع زمانی در قالب روز، ماه و سال است. به عبارت دیگر مقادیر شدت دبی جریان در طول روز، ماه و سال در برابر فرکانس آن ها قرار داده شده و به این ترتیب ما قادر به تحلیل نحوه رخداد دبی ها بر حسب فرکانس در مقاطع زمانی روز، ماه و سال خواهیم بود.

حال اگر بخواهیم درصد تغییرات فرکانس را با میزان تغییرات دبی در مقیاس زمانی روزانه و ماهانه و سالیانه با هم مقایسه کنیم می توانیم هر دو محور فرکانس و بزرگی را به صورت خطی ترسیم نماییم.

از بررسی و مطالعه رخدادهای طبیعی اصول و نکات متعددی استخراج شده است که می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱- رقوم صفر در این ارزیابی ها، یک پدیده غیرمعمول و غیر متداول است؛

۲- با افزایش فرکانس وقوع یک پدیده، شدت آن به میانه میل می کند؛

۳- وقتی رخدادهایی با شدت زیاد تجربه شوند فرکانس آن ها کاهش پیدا می کند؛

۴- توزیع بسیاری از رخداد های طبیعی با توزیع لوگ نرمال همخوانی می شود والمن (۱۹۶۱)

یکی از مفاهیم وابسته به چنین تحلیل هایی مفهوم دوره بازگشت<sup>۱</sup> است. با ترسیم رخدادهای اکثر (بزرگترین رخداد در طول یکسال) روی نمودار مخصوص که به کاغذ گمبل موسوم است این امکان فراهم می شود که فرکانس وقوع پدیده ها را بتوان بر اساس شدت آن ها محاسبه و به برآورد احتمال وقوع پدیده ای با شدت خاص مبادرت کرد. در این برآوردها باید به این نکته توجه داشت که رابطه بین فرکانس و احتمال یک رابطه معکوس است.

یکی از مسائل مهم دیگر که درباره مفاهیم فرکانس و شدت مطرح است مفهوم Stationary است. این واژه به آن مفهوم است که میانگین و واریانس داده های ما در طول زمان نباید تغییری نشان دهد. مفهوم Stationary به زبان ژئومورفولوژی معادل با اصل یونی فرمی تارانیسم است<sup>۲</sup>. در نتیجه توزیع فرکانس رخدادهای بیان کننده و توصیف کننده کافی ویژگی ها و خصایص دوره های تناوبی نخواهد بود.

بنابراین کاتاستروفیسم ها معتقدند، تناوب و تکرار در شدت وقوع حوادث است که تغییر و تحول در چشم اندازها را سبب می شوند و تغییر را نباید به زمان نسبت داد.

### دیدگاه سیستمی و مدل های تعادلی یا تراز انرژی

سومین دیدگاه و چارچوب معرفتی در ژئومورفولوژی دیدگاه سیستمی است. این دیدگاه که گاهی اوقات ژئومورفولوژی کارکردی<sup>۳</sup> نیز خوانده شده است سامرفیلد (۱۹۹۶). از زمان جیلبرت مفهوم آن مطرح شده است. جیلبرت در سال ۱۸۷۷ میلادی مفهومی را تحت عنوان plexus در ژئومورفولوژی مطرح کرد و سعی کرد تا ژئومورفولوژی را در چارچوب چنین مفهومی توضیح دهد. این مفهوم تقریباً معادل با مفهوم سیستم است که به وسیله برتالنفی به کار گرفته شده است. Smalley و vitafenzy نشان دادند که مفهوم سیستم در ادبیات ژئومورفولوژی معاصر، در مفهوم ترمودینامیک متاخرین مطرح بوده است. مدل سازی سیستمی نیز واقعیتی بوده است که در دهه سال های ۱۹۶۰ م. با تلاش در توسعه ژئومورفولوژی کمی طرح گردید. چورلی مقدمات به کارگیری مدل های سیستمی در ژئومورفولوژی را فراهم کرد و سهولت در بیان مفاهیم این مدل در چارچوب مقادیر کمی سبب کاربردی شدن این مدل ها در ژئومورفولوژی شد. اصطلاح سیستم را در ژئومورفولوژی به عنوان یک روش در تحلیل ترمودینامیکی به کار گرفت، اگرچه در آن زمان از مباحث برتالنفی بحثی به میان نیاورد.

1- (RI) Recurrence interval

2. Uniformitarianism

3. Functional Geomorphology

در سال ۱۹۶۰ هک<sup>۱</sup> به شرح و تشریح مقاله استرالر پرداخت. اوتعییرات وی را در روش سیستمی و در مفهوم جدیدی که به نظریه تعادل دینامیک<sup>۲</sup> شهرت پیدا کرد بسط داد هک (۱۹۵۷). تا این زمان هیچ کدام از این دو تن به مبانی فلسفی دستگاه معرفتی سیستمی که به وسیله برتالنفی تدوین و تشریح شده بود، نپرداختند ولی در سال ۱۹۶۲ چورلی با انتشار مقاله‌ای در سازمان زمین شناسی آمریکا به نکات ارزشمندی از مفهوم سیستم در ژئومورفولوژی پرداخت. چورلی در این مقاله به تشریح نظرات استرالر و هک پرداخت و در واقع مبانی مفهوم سیستم در ژئومورفولوژی را بیان داشت چورلی (۱۹۶۲).

یکی از تعاریف مصطلح درباره سیستم عبارتی است که فاگن و هال (Hall&Fagen 1956,p.18) بیان کردند. بنا به گفته نامبردگان، سیستم مجموعه‌ای از عناصر است که دارای صفات و خصوصیات خاصی<sup>۳</sup> بوده و بین آن‌ها رابطه برقرار است. مدل‌های سیستمی بر اساس ساختار و پیچیدگی سیستم‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. چنین طبقه‌بندی‌هایی به وسیله چورلی، کندی، ترجونگ (۱۹۷۶)، استرالر (۱۹۸۰)، تورنه و فرگوسن ۱۹۸۱ انجام شده. استرالر ۱۹۸۰ و ترجونگ در سال ۱۹۸۶ مدل‌های سیستمی را به پنج رده و چورلی و کندی مدل‌های سیستمی را در یازده نوع طبقه‌بندی کرده‌اند.

برحسب آن که سیستم‌های مطالعه شده جز، کدام دسته از سیستم‌ها (سیستم‌های ایزوله، باز و بسته)<sup>۴</sup> باشند نیز می‌توان پنج مدل برای آن‌ها طراحی کرد که تحت عنوان مدل در سطوح یک، دو، سه، چهار و پنج شهرت دارند.

الگوی مدل سطح یک: مدلی است که بسیار ساده بوده و شامل داده‌های توصیفی و گرافیکی است. و این مدل می‌تواند در فرموله کردن عملکرد یک سیستم به کار گرفته شود. اگرچه داده‌های جمع‌آوری شده در این سطح به ما اجازه طرح یک مدل ساده را می‌دهد ولی نمی‌تواند توصیف کننده واقعیات یک سیستم باشد.

الگوی سطح دو: این الگو پایین‌ترین سطحی است که امکان خلق مدل واقعی در آن فراهم می‌شود. در این سطح عناصر مورفیک تعریف شده و با اسلوبی معنادار با یکدیگر مرتبط می‌شوند. متغیرهایی که در اینجا به کار گرفته می‌شوند، ممکن است از مکانی به مکان دیگر تفاوت کند و یا در طول زمان دستخوش تغییر شوند. تنها خصوصیت لاینفک در این الگو تعریف روابط بین عناصر در این سطح است ولی ممکن است مسایل دیگری مانند جریان انرژی و مواد در نظر گرفته نشود.

الگوی سطح سه: در این الگو، سیستمی که طراحی می‌شود، تحلیل کننده و تعریف کننده جریان انرژی و ماده در سیستم بوده و در یک ساختار جریانی یا کاسکید شکل می‌گیرد.<sup>۵</sup>

الگوی سطح چهار: در این سطح، یک مدل تعریف کننده و تحلیل کننده فرایندهای فرم‌زا در سیستم است. این مدل‌ها بیانگر تجمیع دو مدل در سطح یک و دو است. مهمترین تفاوت مدل سه و چهار در آن است که در این سطح مفهوم پسخوراند<sup>۶</sup> وارد می‌شود. پسخوراند در مفهوم کلی عبارتست از بخشی از خروجی یک سیستم که به عنوان ورودی<sup>۷</sup> به درون بخش دیگری از سیستم وارد می‌شود. البته مفهوم پسخوراند می‌تواند مثبت و یا منفی باشد.

<sup>۱</sup> Hack

<sup>۲</sup> Dynamic Equilibrium

<sup>۳</sup> Attributes

۴- الف- سیستم‌های ایزوله سیستم‌هایی می‌باشند که قادر به تبادل انرژی و ماده نبوده و مرزهای آنها غیر قابل نفوذ است.

ب- سیستم‌های بسته سیستم‌هایی می‌باشند که ورود و خروج انرژی به درون مرزهای آن امکان پذیر است، اما ماده نمی‌تواند به درون سیستم تزریق یا ورود و خروج یابد. غالب سیستم‌های ژئومرفیک می‌توانند چنین باشند.

ج- سیستم‌های باز سیستم‌هایی می‌باشند که انرژی و ماده می‌توانند از مرزهای آن عبور کنند. اغلب سیستم‌های طبیعی چنین می‌باشند.

د- سیستم‌ها می‌توانند در سه تیپ جریانی، کاسکید و فرایندی طراحی شوند.

الگوی سطح پنج: در این مدل روابط مدل چهار غالب است، اما کل سیستم در کنترل مدیریت و تصمیمها و نظارت انسانی است (استرالر ۱۹۸۰). استرالر تأکید دارد که در این مرحله پسخوراند سیرتیک است، در حالی که چورلی و کندی (۱۹۶۱) چنین سیستم‌هایی را سیستم کنترل نام گذاری کرده‌اند. نکته غایی آن است که در این گونه مدل‌ها نقش انسان و مدیریت وی برجسته است. و او می‌تواند نسبت به اصلاح روابط و عملکرد در سطح چهار دخالت کند. این خاصیت برای ژئومورفولوژیست‌ها حایز اهمیت فراوان است. زیرا در حالی که از عملکرد و نحوه تغییرات ژئومورفیک در سیستم اطمینان دارند، ناگهان عملکرد انسان سبب بروز تغییرات عمده در محیط می‌شود. از طرفی به واسطه طرح مسئله مهندسی محیط و برنامه ریزی فضایی، نقش ژئومورفولوژیست‌ها در مدل سطح پنج افزایش پیدا می‌کند.

نکته قابل تأمل در تشریح مدل‌های سیستمی در حوزه ژئومورفولوژی آن است که هیچ کدام از محققان زمین ریخت‌شناس، در باره تبادل و نقش اطلاعات صحبتی به میان نیاورده‌اند. همان گونه که در تعریف تفکر سیستمی به آن تأکید شده است، سیستم، دستگاهی است که قادر به تبادل اطلاعات ماده و انرژی باشد. در تمامی نوشته‌های ژئومورفولوژی که پیرامون مدل‌ها و نظریات سیستمی بحث شده است، جای اطلاعات خالی است. مفهوم اطلاعات همواره در ردیف انرژی و ماده در مباحث سیستمی طرح شده است، لذا به عنوان عاملی که باید جزء ورودی‌ها تلقی شود، به آن نگاه شده است؛ حال آنکه عنصر اطلاعات می‌تواند به عنوان یک ورودی مطرح نباشد بلکه در حوضه‌های آبی در بعد میانداد<sup>۱</sup> عمل کند، به این مفهوم که انرژی و یا ماده تزریق شده در سیستم بعد از ورود به سیستم بر حسب آن که چه اطلاعات و ویژگی‌هایی از سوی عناصر سیستم مانند سطوح ارضی و یا میزان نفوذپذیری و مانند آن داده شود نوع رفتار و توزیع ماده و انرژی در سیستم تنظیم می‌شود. این مفاهیم در ژئومورفولوژی در تحلیل رفتار آبی حوضه‌های آبریز با به کارگیری ژئونرونها (چاله‌های آبگیر مجازی و حقیقی)، اکسون‌های برداری (آبراهه‌ها) و سینابسه‌های ارضی مصداق پیدا می‌کند.

نوع سیستم‌ها نیز در نحوه توزیع، جریان انرژی در سیستم و تعاملات بین عناصر نقش اصلی را ایفا می‌کند. برای مثال اگر سیستمی ایزوله باشد، تنها قادر به استفاده انرژی‌هایی خواهد بود که در درون سیستم تعبیه شده است و نمی‌تواند از انرژی‌های موجود در خارج از مرزهای خود بهره‌ای ببرد.

یک حالت مهم دیگر می‌تواند برای سیستم‌ها حادث شود و آن پایداری در سیستم است. اگر شرایطی سبب شود که سیستم قادر به تبادل انرژی و ماده با محیط اطراف شود و بین ورودی و خروجی سیستم تعادل برقرار شود، به چنین وضعیتی خود تنظیمی<sup>۲</sup> در سیستم گفته می‌شود و نتیجه چنین حالتی را اصطلاحاً پایداری<sup>۳</sup> در سیستم می‌گویند (چورلی کندی ۱۹۷۱) این حالت یکی از حالات هشتگانه تعادل در دیدگاه سیستمی است.

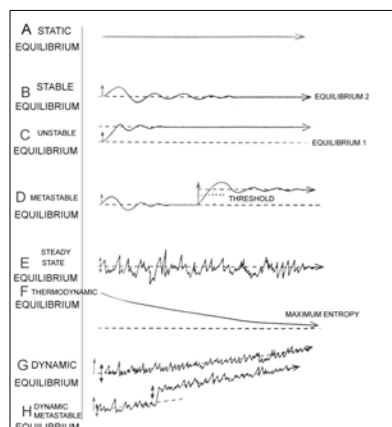
مفهوم تعادل در دیدگاه سیستمی دارای پیچیدگی‌های خاصی است و اگر چه در یک عبارت ساده تعادل در این دیدگاه رابطه خاصی بین فرم و فرایند، ترجمه می‌شود ولی برای تبیین چنین مفهومی مجبور به تدوین ادبیات گسترده‌ای از مفاهیم مشاهده می‌شود به طوری که قبل از آنکه بتوان به ژرفای مفهوم تعادل دست پیدا کرد، می‌بایست با مفاهیمی چون تغییر، عدم تعادل<sup>۴</sup> بی تعادلی<sup>۵</sup> تغییرات پیش‌رونده<sup>۶</sup> و کیاس<sup>۷</sup> آشنایی داشت. با این همه در بسیاری از موارد، تعریف ریاضی تعادل در این دیدگاه بسیار دشوار و بدون تمسک به توابع غیر خطی امکان پذیر نیست. وقتی گفته می‌شود بین فرایند و فرم تعادل برقرار است این به این

1. Throughput 2. self-regulation 3. Steady Time

4. Non-equilibrium 5. Disequilibrium 6. Progress Changes 7. Chaos

معنا نیست که هیچ گونه تغییری وجود ندارد بلکه نوعی گرایش در پایداری لندفرمها و جهت آنها دیده می شود و اگرچه نوساناتی پیدا می شود ولی این نوسانات حول و حوش یک محور خاص است.

چورلی و کندی معتقدند هرگاه در یک سیستم شکلزا بین فرایند و فرم پسخوراند منفی وجود داشته باشد تعادل ژئومورفیک حاصل شده است. اساس تحلیل های ژئومورفولوژی سیستمی بر اندازه گیری فرایندها و رابطه بین فرایند و فرم استوار شده و با مشاهدات صحرائی سعی در ارایه مدل هایی می شود که بتواند حالت پایداری را تبیین نماید. به این نحو که عواملی که منجر به تغییر بین ورودی و خروجی و ناپایداری در یک سیستم می شود را تحت عناوین **پسخوراند مثبت، آستانه ها و بی نظمی های جبری** بیان می دارند. این تلاش ها موفقیت های چشمگیری در تعریف بسیاری از اشکال و چشم اندازها داشته و نتیجه این تلاش ها نشان می دهد که می توان رابطه بین ورودی و خروجی یا فرم در یک سیستم را نشان داد. در این رهگذر فرایندها، میزان و مکانیسم و نحوه چرخش انرژی و ماده و اطلاعات در سیستم را توضیح می دهد و فرمها برون داد چنین مکانیسمی تلقی و تعادل حالت خاصی از ارتباط بین آن دو بشمار می آیند. با توجه به این که درون داد و میان داد و برون داد در یک سیستم حالت های گوناگون و پیچیده ای را به وجود می آورد لذا مفهوم تعادل در دیدگاه سیستمی با تعابیر گوناگون تبیین شده است (شکل ۷).



شکل ۷ مفهوم هشتمگانه تعادل در دیدگاه و مدل های سیستمی

در دیدگاه سیستمی ایجاد تعادل با مفاهیم متعدد آن بستگی به نحوه ورودی، خروجی و میان داد در سیستم شکلزا دارد و نه تنها میزان تغییر در ورودی به سیستم دارای اهمیت خاصی است که طول مدت و استمرار تغییر در ورودی و همچنین استمرار و طول زمانی که سیستم در واکنش به این تغییرات متحمل می شود نیز حائز اهمیت فراوان است.

از جمله مفاهیم دیگری که در دیدگاه سیستمی مطرح است مفهوم زمان است. زمان در معرفت شناسی تکاملی مدل های تحلیل برنده های زمانی و زمان آرامش و در دیدگاه کاتاکلیسم مدل کاراکتر- فرم را مطرح می کند. در دیدگاه سیستمی پدیده ها گاه تابعی از زمان و گاه مستقل از زمان در نظر گرفته می شوند و در مواردی نیز مفهوم زمان رخدادی به کار گرفته می شود. به عبارت دیگر در بسیاری از مواقع رخدادها را تابعی از زمان و در مقیاس دیگری فارغ از زمان تلقی شده است از همین رو مقیاس زمانی در سه طیف سیکلی، رتبه ای، پایدار، تعریف و در قالب این سه مقیاس بسیاری از تغییرات توجیه می شود و یا عواملی فارغ از زمان تلقی می شوند. به غیر از مقیاس های فوق در موارد بسیاری رفتارهای یک سیستم در قالب شدت و فرکانس یا زمان رخدادی تحلیل می شود.

هرگاه در میزان ورودی یک سیستم تغییری جدی حاصل شود بدون تردید سیستم بلادرنگ به تغییر حادث شده واکنش نشان نمی دهد. و برای نشان دادن واکنش، مدت زمان خاصی طول می کشد. مدتی که طول می کشد تا سیستم در برابر تغییر ورودی از خود واکنش نشان دهد، اصطلاحاً **زمان پاسخ**<sup>۱</sup> می نامند. با سپری شدن زمان واکنش، سیستم تغییراتی را به صورت عکس العمل در برابر آن از خود نشان می دهد. این تغییرات تا مدت خاصی ادامه می یابد. مدتی را که سیستم در پاسخ به این تغییر مجبور به عکس العمل بوده است را اصطلاحاً **زمان آرامش**<sup>۲</sup> می گویند. در اینجا مجموع زمان پاسخ و زمان لختی را تحت عنوان **زمان ارجاع**<sup>۳</sup> می شناسند. به عبارت دیگر، از زمانی که به سیستم شوک وارد می شود و سپس سیستم نسبت به آن پاسخ می دهد و زمانی که طول می کشد تا پاسخ سیستم پایان یابد، تحت عنوان **زمان ارجاع** بیان می دارند.

$$\text{زمان لختی} + \text{زمان پاسخ} = \text{زمان ارجاع}$$

رابطه طول این مقاطع زمانی با مدت استمرار آشفتگی یا تغییر در ورودی در نحوه امکان ایجاد تعادل سیستم بسیار مهم است. به این ترتیب پایداری تنها برای سیستم وقتی دست پیدا کردنی است که طول مدت زمان ارجاع کوچکتر از مدت استمرار آشفتگی باشد.

$$\text{مدت استمرار آشفتگی} < (\text{زمان لختی} + \text{زمان پاسخ}) \text{ زمان ارجاع}$$

لذا زمان لختی برای لندفرم های یک چشم انداز که در معرض تغییرات گذشته محیطی قرار گرفته اند به عنوان یک شاخص اولیه در توانایی دست یابی مجدد آن ها به تعادل، به شمار می آید. همان گونه که مشاهده می شود واحدهای مفهومی زمان در مدل های سیستمی تابع نحوه عملکرد سیستم در برابر ورودی به سیستم است و از واحدهای نجومی تبعیت نمی کند اگر چه گاهی اوقات ما این واحدها را با واحدهای نجومی معادل سازی می کنیم ولی نباید از یاد برد که طول این واحدها هرگز در شرایط گوناگون برابر با واحدهای معادل سازی شده نخواهد بود.

بنابراین آن چنان که دیده شد مدل های سیستمی در پی آنند که روابط بین عناصر را در قالب یک ساختار خاص تبیین نمایند. در نتیجه تکنیکی که در این مدل ها دنبال می شود بیشتر معطوف به تکنیک های رابطه سنجی است. یکی از تکنیک های ساده رقومی که به ما اجازه می دهد تا به کشف روابط بین عناصر در یک مدل سیستمی مبادرت کنیم تکنیک همبستگی<sup>۴</sup> است. همبستگی به خودی خود ممکن است تقسیمات متعددی داشته باشد و به پارامتریک و پارامتریک تقسیم شود. تکنیک اخیر تنها به داده های اسمی و رتبه ای نیاز دارد، در حالی که پارامتریک به داده های نسبی و اسکالر بر اساس یافته های استالر در همبستگی های دو یا چند متغیره تمیز و تشخیص بین متغیر وابسته و غیر وابسته امکان پذیر نیست، زیرا واریانس به هر دو متغیر اختصاص می شود. این به آن مفهوم است که همبستگی را می توان برای اندازه گیری میزان همبستگی رابطه بین هر دو متغیر به کار گرفت و نمی توان چنین روابطی را در قالب روابط علی تفسیر کرد.

**سمبل ها** یکی از ویژگی های مدل ها در دستگاه سیستمی استفاده از نمادهای خاص برای بیان نوع مفاهیم و روابط موجود و گروهی از فرایندهای حاکم در سیستم است. از اینرو محققان متعددی سعی در خلق نمادهای ویژه برای بیان چنین مفاهیمی کرده اند. به کارگیری سمبل و نماد در این مدل ها به غیر از به کارگیری علائم ریاضی یا دستورات مربوط به مجموعه ها است.

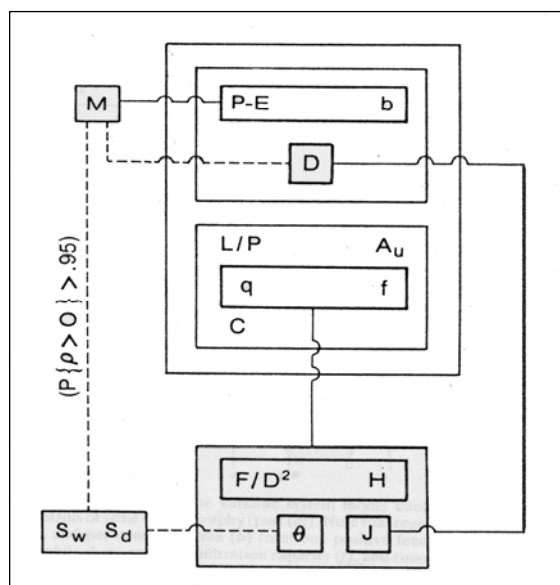
1-Reaction Time

2. Relaxation Time

3. Respons Time

4. Correlation

ملتون برای نمایش ساختار کنونیکال مبتنی بر تکنیک همبستگی، به بیان روابط بین عناصر به طرح چارچوب ساختار سیستم پرداخت شکل ۸.



شکل ۸ طرح چارچوب ساختاری جریان انرژی و ماده در یک سیستم بر اساس تکنیک همبستگیها (ملتون ۱۹۸۵)

چورلی و کندلی نیز برای تشریح و بیان عملکردها در ساختار کنونیکال یک سیستم، مانند ورودی خروجی و.. سمبل‌هایی را پیشنهاد کردند شکل (۹).

سمبل	اجزاء ترکیبی یک سیستم
	ورودی به سیستم
	خروجی از سیستم
	تنظیم کننده
	ذخیره کننده
	زیر سیستم
	ساختار معابر جریان انرژی و ماده در سیستم

شکل ۹ نمادها و سمبل‌های چورلی و کندلی در بیان نحوه چرخش انرژی و ماده در سیستم



## نتیجه‌گیری

همان‌گونه که دیده شد، مدل‌ها قبل از آنکه بیان‌کننده واقعیات بیرونی باشند متأثر از استنتاج و برداشت‌های یک محقق هستند. فرایند شناخت در محققان بیشتر تابع چارچوب‌های معرفتی آن‌ها است و لذا هر محققى که به بررسی و برانداز پدیده‌ای می‌پردازد، از دریچه شناخت‌شناسی معینی چنین فرایندی را در ذهن خود پردازش می‌کند. بدیهی است که این چارچوب‌ها یکسان نبوده و گاه تفاوت‌های فاحش خواهند داشت در این صورت مفاهیمی را که درک و ابراز می‌کنند، یکسان و هم مفهوم نخواهند بود. در ژئومورفولوژی سه دیدگاه معرفتی وجود داشت که در ابتدا به تشریح دیدگاه تکاملی مبادرت شد. در دیدگاه تکاملی به وسیله آن که زمان در تحول، شاخص‌ترین وظیفه را عهده‌دار است لذا مدل‌هایی که در قالب این بینش تهیه می‌شوند در قالب و چارچوب زمان طراحی و فرایندها در بستر آن شکل می‌گیرند. در دیدگاه دوم که به حذف زمان در تحلیل‌ها مبادرت می‌شود فرایندها رکن تحلیل قرار گرفته و لذا مدل‌های پیشنهادی تابعی از رخدادها تلقی می‌شوند تا زمان. بدیهی است تکنیک‌ها و چارچوب‌های تدوین مدل در این دیدگاه با مدل‌های دیویسی تفاوت‌های عمده‌ای دارند.

در دیدگاه سیستمی اگرچه زمان هم به مفهوم نجومی و هم به مفهوم رخدادی مد نظر است، ولی گاهی اوقات متغیرهای چندی را در مقیاس‌های خاص فارغ از زمان تلقی کرده و در همه این حالات شبکه‌ای از روابط که الزاماً روابط علی نیز می‌تواند تلقی نشود، بر آن‌ها استقرار پیدا می‌کند و رکن تحلیل‌ها نه بر مدار زمان و نه بر مدار فرایند که بر مدار روابط اندرکنشی و سیبرنتیک استوار می‌شود و در این صورت تکنیک‌های ارزیابی روابط، جایگزین تکنیک‌های تعیینی و جبری در دو روش قبلی می‌شود، ضمن آنکه مجموعه‌ای از سمبل‌ها و نمادها برای بیان ماهیت رفتار یک سیستم طراحی و حقیقت پدیده‌ها به جای فرموله شدن در یک رابطه ساده ریاضی در یک چارچوب مجازی و سمبلیک به صورت نمادین شکل‌سازی می‌شود. استفاده از علائم مجازی و سمبل‌های شکل‌سازی شده به‌خوبی از این واقعیت پرده بر می‌دارد که سیستم‌های کلامی و یا نوشتارهای رقومی و جبری نتوانسته‌اند جواب‌گوی همه واقعیاتی باشند که محقق از ابراز کردن یک پدیده درک و فهم کرده است و لذا تمسک محقق به شیوه‌های مجازی برای بیان واقعیات درک شده حکایت از عمق ژرف‌نگری و یا پیچیده‌انگاری از شناخت یک پدیده است.

## منابع

- ۱- آرام، احمد؛ ۱۳۶۶؛ علم در اسلام؛ انتشارات سروش تهران.
- ۲- فرشاد، مهدی؛ ۱۳۶۲؛ نگرش سیستمی؛ چاپ اول؛ انتشارات سپهر؛ تهران.
- ۳- رامشت، م. ح؛ ۱۳۷۷؛ تاریخ طبیعی شهر اصفهان؛ مجله دانشکده ادبیات دانشگاه اصفهان، شماره ۱۷، ص ۶۷-۸۰.
- ۴- رامشت، م. ح؛ ۱۳۸۱؛ مفهوم تعادل در دیدگاه‌های ژئومورفولوژی؛ فصلنامه جغرافیایی؛ شماره ۶۵-۶۶، ص ۹۴-۷۹.

5. Bertalanffy, Ludwig von. 1973 General System Theory George Braziller. New York, Section 10.
6. Chorley, R.J., 1962 Geomorphology and general systems theory, U.S. Geol. Surv. Prof. Pap, 500-B: B1-B10.
7. Cohen, I.B. 1985, Revolution in Science. Belknap Press. Cambridge. MA, 711 pp.,
8. Dana, J.D. 1869, Manual of Geology, Theodore Bliss & Co., Philadelphia. PA, 2<sup>nd</sup>., 800pp.,
9. Darwin, C.R, 1859 On the Origin of Species by Means of Natural Selection. John Murray, London, p117.

10. Hack, J.T., 1975 Dynamic equilibrium and landscape evolution. in: W.N.Melhorn and R.c.Flemal (Edition), Theories of Landform Development. State Univer.New York. Binghamton, pp. 87-102.
11. Halliday, D. & Resnik. R., 1978 Physics, John Wiley & Sons,.
12. Hart, M.G, 1982 Geomorphology Pure and Applied, George Allen & Unwin, p200,.
13. Howard. A.D. 1986 Equilibrium and time scales in geomorphology: application to and-bed alluvial streams. Earth Surf. Proc. Landforms., 7:303-325,.
14. Howard. A.D. 1988 Equilibrium models in geomorphology. In: MG. Anderson/ Editor. Modeling Geomorphological Systems, Wiley. New York, PP. 49-72,.
15. Kennedy, Barbara A., Hutton to Horton 1992: views of sequence, progression and equilibrium in geomorphology, Geomorphology 5, p234,.
16. King, L.C., 1953 Canons of Landscape Evolution. Geol.Soc.Am.Bull, 64:721-752,.
17. Kirkby, M.J., Naden & ..., 1987 Computer Simulation in physical Geography, John Wiley & Sons, Toronto, p1-13,.
18. Langbein. W.B. and Leopold, L.B., 1964 Quasi-equilibrium states in channel morphology. AM, I. Sci. 262: 782-794,.
19. Renwick. H. William, 1992 "Equilibrium, Nonequilibrium Landform in The Landscape "Geomorphology, 5 Elsevier Science, Amsterdam, 265-276,.
20. Stoddart.D.R., 1966 Darwins Impact on Geomorphology. Ann.Assoc.Am.Geoger. 56:683-698,.
21. Summerfield. Michael A., 1998 Global Geomorphology, an introduction to the study of landforms, p11,.
22. Throne, Johan.B, 1977 Geomorphology and time, wiley & sons, p 52-71,.