جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سـال ۲۶، پیـاپی ۵۹، شـماره ۳، پـاییز ۱۳۹٤

بررسی اثر سیستم‌های شکل‌زا بر مورفولوژی حوضه‌های آبریز ایران

لـــیلا گلـــی مختـــاری: اســتادیار ژئومورفولــوژی، دانشــگاه حکــیم ســبزواری، ســبزوار، ایــران*

وصــول: ۱۳۹۲/۹/۱٤ پــذیرش: ۱۳۹۳/۳/۱۹، صص ۲۳۸-۲۲۵

چکیده

در این مقاله نتایج مقایسه سیستماتیک بین مورفولوژی حوضه‌های آبریز برای پیش بینی تغییر شکل این حوضه‌ها در طی مراحل رشد ارائه شده است و مهمترین شالوده ای که بر مبنای آن اندازه گیری‌های مربوط به شکل حوضه‌هـا انجـام پذیرفتـه طبقه بندی ایران به چهار سیستم شکل‌زا بوده است تا نقش و تأثیرگذاری این سیستمها در به وجود آمدن روابط هویت زا در حوضه‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. به این منظور، در هر یک از چهار سیستم شکل‌زای موجود در ایران (سیسـتمهای رطـوبتی، برودتی، حرارتی و حرارتی- رطوبتی) ده حوضه آبریز انتخاب شد و در ابتدا از نمایه‌های گراولیوس و ضریب دایره ای برای بررسی مورفولوژی حوضه‌ها استفاده گردید. سپس رابطه بین طول رودخانه اصلی و مساحت حوضـه در چهـارچوب قـانون هک در هر گروه از حوضه‌ها در قالب مدلهای رگرسیونی بررسی شد. نتایج به دست آمده حاکی از وجود روابـط آلومتریـک بین دو مؤلفه طول رود اصلی و مساحت حوضه در سیستمهای شکل‌زا بود. همچنین شکل این توابع به عنوان شاخصی بـرای نوع اثر فرایند غالب در محیط (فرسایش رودخانه ای) در نظر گرفته شد، بنابراین توان معادلـه هـک بـه عنـوان شـاخص اثـر سیستم‌های شکل‌زا بر حوضه‌های آبریز مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهند حوضـه‌هـا در هـر یـک از سیسـتمهای شکل‌زا بطور متفاوتی دچار فرسایش می‌شوند و مقایسه توانهای معادله هک نشان داد که بیشترین میـزان کشـیدگی در شـکل حوضه‌ها در طی زمان در سیستم شکل‌زای حرارتی- رطوبتی روی می‌دهد و بنابر معادلات بدست آمده این میـزان کشـیدگی در طی مراحل رشد افزایش نیز خواهد یافت و بیشترین میزان کروی بودن حوضه‌ها در حوضه‌های آبریـز واقـع در محـدوده رطوبتی مشاهده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: حوضه‌های آبریز، آلومتری، قانون هک، سیستمهای شکل‌زا

مقدمه

حوضه‌های آبریز اساسـی‌تـرین واحـدهای طبیعـی در مقیاس منطقه ای به شـمار مـی رونـد کـه اسـتقلال و هویت تعریف شده ای دارند و یکپـارچگی واسـتقلال در مرزهای تبادل انرژی و مـاده در آنهـا تـا انـدازه ای مـورد تأکیـد اسـت. اهمیـت کـاربردی مطالعـات ژئومورفولوژی در شبکه‌های زهکش بیشتر بـه ارتبـاط طبیعی بین عوامل این سیسـتم سـازمند مربـوط اسـت (رامشـت، ۱۳۸۸) و براسـاس چنـین ویژگـی‌هـایی حوضـه‌هـای آبریـز را سیسـتم‌هـای ژئومرفیـک یـا ژئوسیستم‌های آبی لقب داده اند. این مفهوم می توانـد ژئومورفولوژیست‌ها را بـا مفهـوم سیسـتم در زیسـت شناسـی نزدیـک نمـوده و بـر ایـن اسـاس انـالوگی سـاختاری را در بـه کـارگیری مفهـوم آلـومتری در ژئومورفولـوژی مـورد اسـتفاده قـرار دهنـد. مفهـوم آلومتری در زیست شناسـی کـاربرد وسـیعی داشـته و

*نویسنده مسؤول: E-mail: l.mokhtari@gmail.com

استفاده از روابط آلومتریک در فیزیولوژی نزدیک به دویست سال قدمت دارد (West and West, 2012). این مفهوم به معنای مطالعه تغییرپذیری رشد قسمتی از یک ارگانیزم در مقایسه با رشد کل ارگانیزم یا نسبت به تغییرات سایر بخشهای آن است (Bull, 1975) و به صورت "یک اصطلاح کلی برای تمام ارتباطات دینامیک یا استاتیک در بر گیرنده تغییر شکل وابسته به افزایش اندازه " تعریف می شود (Mosley and Parker, 1972). روابط آلومتریک معمولاً از توابع توانی پیروی کرده و بصورت کلی به شکل $y = ax^b$ بیان می‌شود. با چنین قیاسی شرایط تبیین آلومتری در حوضه‌های آبی فراهم می‌آید و با توجه به حوزه دانشی که این مباحث در آن مطرح میشود یعنی ژئومورفولوژی، اصطلاح ژئوآلومتری توجیه مناسبی پیدا می کند.

برای اولین بار مفهوم رشد آلومتریک توسط اسنل در سال ۱۸۹۱ عنوان شد و در دهه ۱۹۳۰ و اوایل دهه ۱۹۴۰ بعضی از زیست شناسان با این عقیده که برازش یک تابع نمایی با داده‌های رشد بیولوژیک می تواند قانونی را در مورد چگونگی وقوع رشد برقرار سازد، درگیر بودند. طرفدار اصلی این نگرش سرجولیان‌هاکسلی به طور ناگهانی تلاشهای قبلی اش را ترک کرد و روش تجربی مورد استفاده توسط زیست شناسان مدرن را پذیرفت (Mosley and Parker, 1972). بحث‌هاکسلی (۱۹۳۲) در کتابش تحت عنوان "مسائل رشد نسبی" توجه بسیاری را به خود جلب کرد. در اصل، اصطلاح آلومتری را جولیان‌هاکسلی و جرج تیسیر در ۱۹۳۶ ابداع کردند (Huxley and Teissier, 1936). اما پیش از آنها در سالهای ۱۸۹۷ و ۱۸۹۸، فرمول مشابهی توسط دوبوآ و لاپیکو[1] به صورت یک قانون توانی و مختصات لگاریتمی برای تشریح ارتباط بین اندازه مغز و بدن در پستانداران ارائه شده بود (Gayon, 2000). در ۱۹۴۹ نورمن نول[2] دیرینه شناس، مقاله مهمی را در رابطه با اندازه نژادی در بی مهرگان در ژورنال تحول به چاپ رساند. پس از وی، استفان گلد[3] مهمترین مقالات خود را در مورد آلومتری بین سالهای ۱۹۶۵ و ۱۹۷۱ منتشر کرد (White and Gould, 1965). گلد (۱۹۷۱) آلومتری را به عنوان اصطلاح عمومی برای تمام ارتباطات، دینامیک یا استاتیک که توسط تابع نمایی برازش داده می شوند (و شامل تغییر شکلی که با افزایش سایز رابطه دارد می شود) به کار برد.

آلومتری در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای نیز به کار گرفته شده است. مثلاً لئوپولد و مادوک (۱۹۵۳) منحنیهای لگاریتمی عرض رودخانه، عمق و سرعت را در برابر دبی تهیه کرده‌اند. نوردبک این روابط را بین محیط و مساحت حوضه، طول حوضه و مساحت آن و بین طول مآندر و عرض کانال در مورد حوضه‌های زهکشی بالغ مورد استفاده قرار داده است. تلاش‌های ولدنبرگ (۱۹۶۶) نشان داد که قانون اصلی آرایش زهکشی هورتون (۱۹۴۵) و نتایج حاصل از همه تحقیقاتی که پیرامون تعادل لندفرم بدست آمده بود، همگی بیانی از آلومتری در لندفرمها بوده است. وی طی مقایسه قوانین هورتون با رشد آلومتریک و تعادل در سیستم‌های باز با مطالعه رابطه دبی و مساحت و نیز دبی و نسبت انشعاب و همچنین دبی در برابر رتبه رود به این نتیجه رسید که قوانین هندسه رودخانه که

1 Dubois and Lapicque
2 Norman Newell
3 Stephen Jay Gould

توسط هورتن و استرالر مطرح شده است در حقیقت بیان لگاریتمی ارتباط بین عناصر یک حوضه است و می‌توانند بیانگر مفهوم آلومتری در یک سیستم باشند. ویلیام بال (۱۹۷۷و۱۹۷۵) تمام این قبیل ارتباطات را تحت عنوان ارتباطات آلومتریک گروه بندی کرده است. وی همچنین رابطه آلومتریک را برای تشریح ارتباط بین مساحت مخروط افکنه و مساحت حوضه آبریز مربوط به آن معرفی نمود. موزلی و پارکر (۱۹۷۲) با شبیه سازی آزمایشگاهی یک حوضه آبریز در دانشگاه کلرادو به جمع آوری داده‌های خاص از یک سیستم زهکشی پرداختند و در نهایت مجموع طول آبراهه‌ها در زیرحوضه انتخابی را در برابر مجموع طول زهکش‌های کل حوضه به عنوان تابعی از زمان مورد بررسی قرار دادند. اولیفانت (۱۹۸۱) یک تحلیل قیاسی از فرایندهای مسؤول تشکیل سیرک انجام داد که منجر به مدلی شد که توسعه سیرک را در طی زمان تشریح می کند.

هیکسون و هچت[1] (۱۹۹۱) از مدل آلومتری برای تعیین ارتباطات متغیرهای ژئومورفیک برای رودخانه یوزمیت استفاده کرده و نشان دادند که با استفاده از مساحت حوضه آبریز به عنوان متغیر مستقل، پیش بینی نسبتاً دقیقی از طول کلی باتلاق، مساحت آن و متوسط دامنه مآندر در یک حوضه آبریز امکانپذیر است.

اوانز[2] (۲۰۰۹) و میندرسکو[3] و اوانز (۲۰۱٤) در مورد توسعه آلومتریک سیرک‌های یخچالی به این نتیجه رسیدند که سیرکهای بزرگ، شیب گرادیان متفاوتی نسبت به سیرک‌های کوچک دارند و ابعاد عمودی آن‌ها آرامتر از ابعاد افقی افزایش می یابد. مختاری و همکاران (۱۳۸٦) نیز وجود نسبتهای آلومتریک را بین مساحت مخروط افکنه‌ها و مساحت حوضه‌ها برای اشکال مختلف مخروط افکنه ای در اطراف تودهٔ کوهستانی میشوداغ نشان داده اند. ولینسکی و همکاران (۲۰۱۰) برای تحلیل مقیاس گزاری آلومتریک در رشد دلتاها از یک مجموعه داده‌ها استفاده کردند که به تحول دلتاها سندیت می دهد. آن‌ها از شبیه سازی سریهای زمانی دلتاهایی در مقیاس میدانی، عددی و آزمایشی برای استخراج قانونی که رشد دلتاهای رودخانه ای را مدیریت می کند استفاده کردند.

در بررسی‌های ژئومرفولوژیک و تطبیق مفهوم ژئوآلومتری، حوضه آبریز، کلی واحد در نظر گرفته شده و اجزا آن شبکه‌های زهکش، شیب، طول حوضه، عرض حوضه و دیگر متغیرهای متریک آن تلقی میشود. لذا محققان سعی نموده اند بین این عناصر و عناصری که بیان کننده کلیت در حوضه‌های آبی است روابط و نسبت‌های خاصی را بیان دارند که از آن جمله قانون هک را می توان نام برد.

هک (۱۹۵۷) کاربرد یک تابع توانی را در رابطه طول و مساحت برای رودخانه‌های دره شناندو[4] و کوههای مجاور در ایالت ویرجینیا اثبات کرد. وی معادله زیر را برای این ناحیه استخراج نمود:

$$l = 1.4\, a^{0.6} \qquad (1)$$

[1] Hickson and Hecht
[2] Evans
[3] Mîndrescu
[4] Shenandoa

معادله ۱ به صورت $l \propto a^h$ و h>0.5 با نام قانون هک شناخته می شود (Rigon et al., 1996). بدین صورت که بین مساحت حوضه (a) و طول رودخانه اصلی حوضه (l) رابطه ۲ بدست آمده است:

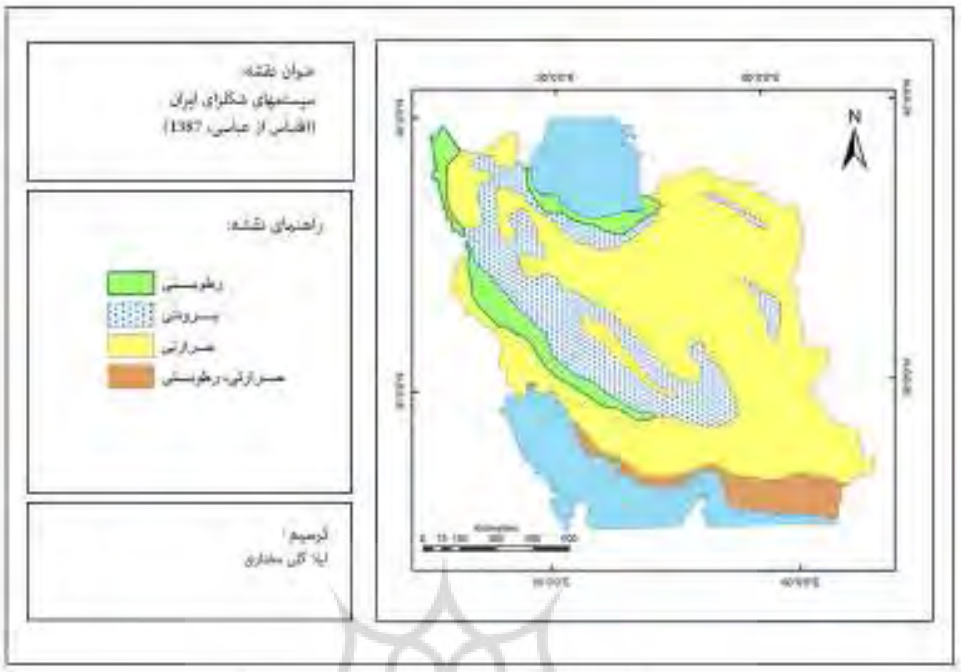
$$l \propto a^h \quad (۲)$$

در این معادله توان h از تحلیل رگرسیون لگاریتم متوسط طول رود اصلی در حوضه‌هایی با مساحت a در برابر لگاریتم مساحت این حوضه‌ها به دست می آید و بطور تجربی مشخص شده است که مقدار h بین ۰/۵ تا ۰/۷ است (Dodds and Rothman, 2000). قانون هک به عنوان تجلی یک مفهوم بنیادی در ژئومورفولوژی مطرح است و مفهوم آلومتری را دربر می‌گیرد.

وجود روابط آلومتریک در حوضه‌های آبریز نشان می‌دهد که روابط موجود بین اجزاء در این سیستمها به صورت خطی نیست و این حوضه‌ها در حین رشد به دلایلی تغییر شکل می‌دهند. در اینجا این سوال مطرح است که چه عاملی سبب تغییر در شکل حوضه‌ها می‌شود؟ اثر توپوگرافی در شکل گیری حوضه‌ها پوشیده نیست اما به نظر می‌رسد عوامل دیگری در این قضیه دخیل باشند. از آنجایی که ماهیت اشکال و فرایندهای بیرونی زمین اساسا تابع شرایط اقلیمی حاکم بر یک ناحیه در طی زمان می باشد (زمردیان، ۱۳۸۷)، یکی از عوامل موثر در شکل‌زایی ژئومورفولوژی، اقلیم است اما بر اساس نظر عباسی (۱۳۸۷) فرایندهای ژئومورفیک تنها معلول عناصر اقلیمی نبوده بلکه در قالب سیستم‌های مؤثرتری که در اصطلاح به آن‌ها سیستم‌های شکل‌زا گفته می شود عمل می کنند. ایران از این دیدگاه به چهار سیستم بزرگ شکل‌زا تقسیم شده که عناصر اقلیمی مانند رطوبت، بارش، دما و ... وقتی در قالب این چهار سیستم قرار می گیرند به نحوی خاص عمل می نمایند و عملکرد این عناصر در این گروه‌های شکل‌زا یکسان نیست.

به عبارت دیگر وزن و ترکیب پارامترهای تعریف کننده هر اقلیم (دما ، بارش ، رطوبت نسبی ، ...) باید به حدی برسد (آستانه‌ها) تا آن اقلیم توانائی لندفرم سازی را پیدا کند (انتظاری، ۱۳۹۰). وقتی یک اقلیم در پهنه ای به آستانه لازم برای فرم زایی رسیده باشد، دیگر یک اقلیم نیست، بلکه به یک سیستم شکل زای اقلیمی تبدیل شده است. در چارچوب مرزی سیستم‌های شکل زا به غیر از وجود تشابه فرمی، تشابه فرایندی هم حاکم است. به بیان ساده تر همانطور که در یک سیستم شکل زا پدیده‌های مشخصی تشکیل شده اند، فرایندهائی که اشکال مشخص سیستم را تعریف کرده اند نیز باید مشخص بوده و پیرو ویژگی‌های زمین ریخت شناختی و اقلیمی آن سیستم باشند.

در اینجا بر اساس طبقه بندی پیشنهاد شده توسط عباسی (۱۳۸۷) که علاوه بر کلاسهای مورد استفاده در طبقه بندیهای قبلی، سیستم حرارتی- رطوبتی را نیز در بر می‌گیرد، سیستمهای شکل‌زای ایران معرفی می شوند (شکل ۱).



شکل ۱: سیستمهای شکل‌زای ایران (اقتباس از عباسی، ۱۳۸۷)

سیستم شکل زای رطوبتی: این سیستم شکل‌زا شامل آن بخش از کشور است که به دلیل میانگین نسبی بالای بارش آب بیشترین نقش فرم زایی را به عهده دارد. سیستم شکل‌زای رطوبتی شامل دو بخش مشخص یکی در شمال کشور در سواحل دریای مازندران و دیگری به‌صورت نوار روی ارتفاعات زاگرس چین خورده مستقر است و در مجموع حدود ۵ درصد مساحت ایران را در برگرفته است. پوشش جنگلی از جمله ویژگی‌های مهم این سیستم است. در بخش شمالی این سیستم آب به دو صورت جاری و ساکن در قالب فرم زایی رودخانه ای و ساحلی سطح زمین را آرایش می دهد، امّا در بخش جنوبی آن آب فقط در قالب روانابها به ایجاد پدیده‌های ژئومورفولوژیک مشغول است.

سیستم شکل زای برودتی: در مرزهای این سیستم شکل زا آب و دمای پایین از عناصر اصلی فرم زایی اقلیمی در آن به شمار می روند. این سیستم که حدود ۲۲ درصد از وسعت کشور را در بر گرفته به چهار ناحیه مستقل تقسیم می شود. بزرگترین ناحیه این سیستم شامل بخش وسیعی از ارتفاعات زاگرس در جنوب، مرکز، غرب و شمال غرب ایران و همچنین ارتفاعات مرز شمالی زون سنندج سیرجان یعنی کوه‌های ایران مرکزی می گردد. بخش شمالی سیستم شکل زای برودتی روی ارتفاعات البرز مرکزی مستقر است. دو ریز پهنه دیگر از این سیستم بخشی از ارتفاعات شمال شرق و شرق کشور را در بر گرفته است.

سیستم شکل زای حرارتی: این سیستم شامل حدود ٦٨ درصد مساحت کشور است. در این اقلیم فاکتور

اقلیمی اصلی که بر روی ژئومورفولوژی اثر می گذارد باد، باران‌های سیل آسا و گرم شدن بیش از حد سنگ‌ها است. این سیستم بزرگ شامل یک بخش بزرگ در شمال غرب، مرکز، شمال شرق، شرق، جنوب شرق، جنوب و جنوب غرب کشور و یک بخش کوچک یعنی چاله‌های زون سنندج – سیرجان می باشد.

سیستم شکل زای حرارتی – رطوبتی: در جنوب شرق کشور، حدفاصل ارتفاعات مکران و سواحل دریای عمان و همچنین باریکه ای از اراضی ساحلی خلیج فارس در شمال تنگه هرمز تا حدود شهر بوشهر جزء پهنه شکل زایی این سیستم به شمار می رود که شامل حدود ٤ درصد وسعت ایران است. وجود بارش‌های بهاره و تابستانه که از ویژگی‌های اقلیمی جریانات موسمی هندوستان به شمار می رود، سبب ایجاد نوع ویژه ای از اشکال رودخانه ای و آبرفتی در اراضی این سیستم شده است (عباسی، ۱۳۸۷).

بر این اساس بررسی روابط آلومتریک در چهارچوب قانون هک در این چهار سیستم شکل‌زا هدف این تحقیق را شکل می‌دهد.

روش شناسی

محققان بسیاری فعالیت‌های خود را بر روی بررسی قانون هک در حوضه‌های آبریز متمرکز نموده اند و نتایج گوناگونی را در محدوده این رابطه تعریف شده به دست آورده اند. اما تفاوت تحقیق حاضر با کارهای قبل در این است که مطالعاتی که تاکنون بر روی قانون هک انجام شده بیشتر معطوف به بررسی این روابط در حوضه‌هایی با اندازه‌های متفاوت بوده است یعنی تغییر توان معادله را در ابعاد متفاوت حوضه مورد مطالعه قرار می دادند در حالی که در بررسی حاضر، این رابطه در حوضه‌هایی با سیستم‌های شکل‌زای متفاوت مورد مقایسه قرار می گیرد. به این ترتیب که ابتدا ٤٠ حوضه در سیستم‌های شکل‌زای متفاوت حاکم بر ایران انتخاب شدند (در هر سیستم ۱۰ حوضه). این کار در راستای بررسی آلومتری بصورت استاتیک انجام پذیرفت زیرا به دلیل این که تغییرات در حوضه‌های آبریز در زمانهای بسیار طولانی صورت می‌گیرد، امکان اندازه گیری مستقیم تغییرات حوضه‌ها در این دوره‌های طولانی وجود ندارد و فقط در اشکالی مانند تپه‌های ماسه ای بادی (Evans, 2012) که به سرعت تغییر می‌کنند قابلیت مشاهده مستقیم رشد وجود دارد. بنابراین از حوضه‌هایی که در مراحل مختلف رشد قرار دارند استفاده گردید.

اولین معیار برای انتخاب حوضه‌های آبریز قرار گرفتن بخش اعظم آنها در سیستم شکل زای مربوطه بوده است. این امر در برخی از سیستمها از جمله سیستم حرارتی– رطوبتی با محدودیت مواجه بود و تقریبا حداکثر تعداد حوضه قابل انتخاب همان ۱۰ حوضه بودند البته این حوضه‌ها همگی بطور کامل در سیستم مربوطه جای دارند. همینطور تلاش شد ابعاد حوضه‌ها با یکدیگر متفاوت باشند تا مراحل رشد یک حوضه را تداعی کنند و مفهوم آلومتری استاتیک را در بر داشته باشند. همچنین پراکنش مناسب در سیستمهای‌های مربوطه (برای سیستمهایی با امکان انتخاب گسترده حوضه‌ها) از موارد مهم در گزینش حوضه‌های مورد نظر بوده است.

سپس رابطه بین جریان اصلی و مساحت حوضه مورد بررسی قرار گرفت. به این صورت که در هر سیستم شکل‌زا توان معادله هک برای رابطه طول رود

اصلی و مساحت حوضه به دست آمد و محدوده اطمینان برای این توانها معین شد. سپس این محدوده برای اطمینان از آلومتریک بودن مورد بررسی قرار گرفت و پس از اثبات وجود رابطه آلومتری در این معادلات، به منظور مقایسه اثر سیستم‌های شکل‌زای چهارگانه ایران بر شکل حوضه‌های آبریز، توان معادله هک به عنوان شاخص اثر سیستمهای شکل‌زا در نظر گرفته شد. در این زمینه سعی شد هر حوضه تا حد ممکن بطور کامل در سیستم شکل‌زایی مربوط به خود قرار داشته باشد تا تحلیلها از دقت بالایی برخوردار باشند. داده‌های مورد استفاده در این قسمت از مدل رقومی ارتفاعی[1] ایران استخراج شدند.

متغیرهای مورد بررسی شامل موارد زیر بودند:

–طول رود اصلی که بنا به تعریف، آبراهه ای است که بلندترین طول را در حوضه داشته باشد (علیزاده، ۱۳۸۳) و زهکش اصلی حوضه را شکل دهد. این متغیر پارامتر مورفولوژیکی مهمی برای تعیین مساحت حوضه و تراکم زهکشی و ناهمواری قلمروهاست. طول رود اصلی توسط افزونه آرک هیدرو در محیط GIS با استفاده از لایه‌های جهت جریان و تجمع جریان با آستانه سلولی ۱۰۰ استخراج شد.

–مساحت حوضه، حوضه‌های مورد نظر پس از بررسی موقعیت آن‌ها در سیستم‌های شکل‌زای مربوطه استخراج شدند و مساحت آن‌ها اندازه گیری گردید.

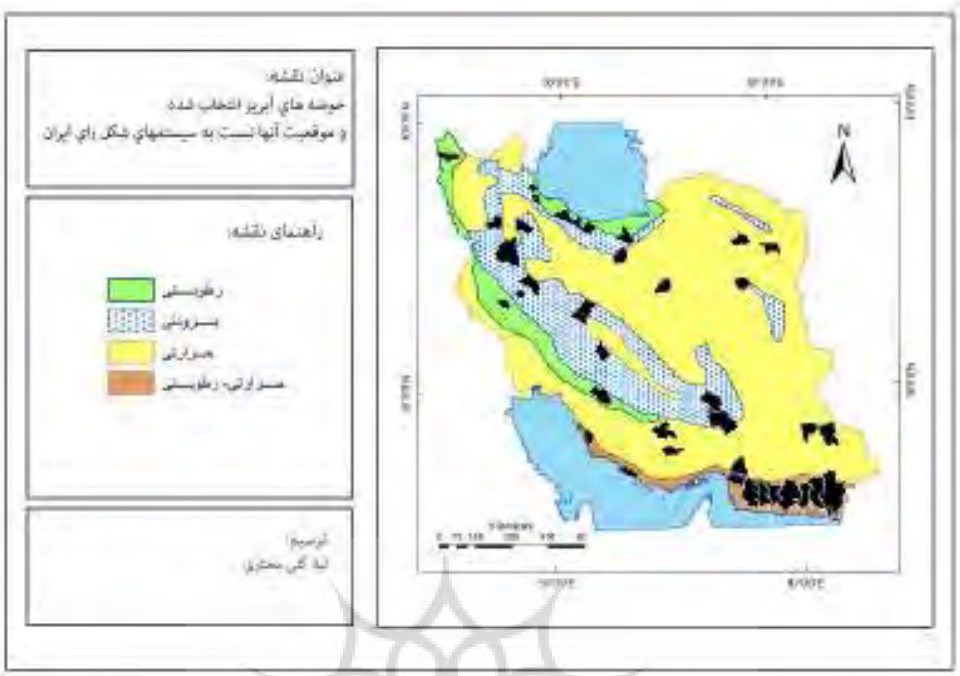
حوضه‌های رطوبتی ایران: این حوضه‌ها در منطقه رطوبتی در شمال ایران و نیز در منطقه جنگلی زاگرس انتخاب شدند و مساحتی بین ۲۳۸/۷ تا ۳۱۸۲/٦ کیلومتر مربع داشتند.

حوضه‌های برودتی ایران: این حوضه‌ها در سیستم شکل‌زایی برودتی به شکلی انتخاب شدند که تا حد ممکن بیشترین وسعت آن‌ها در این سیستم قرار گیرد تا برآورد کاملی از ویژگی‌های این نوع حوضه‌ها به دست آید. مساحت حوضه‌های انتخابی از ۷۹۵/۳ تا ۸۵۵۳/۱ کیلومتر مربع متغیر بود.

حوضه‌های حرارتی ایران: در انتخاب حوضه‌های انتخاب شده در محدوده سیستم شکل‌زایی حرارتی سعی بر این بود که این حوضه‌ها در قسمتهای مختلف این محدوده پراکنده باشند و تا حد ممکن دارای ابعاد متفاوت باشند تا نمونه گیری تقریباً کاملی از انواع حوضه‌ها در این محدوده به دست آید. مساحت این حوضه‌ها از ۲۲۱۲/٤ تا ٤۷۱۵/٦ کیلومتر مربع متغیر بود.

حوضه‌های حرارتی- رطوبتی: حوضه‌های حرارتی- رطوبتی در سواحل جنوب ایران با مساحتهای حداقل ۱۲٤۲/۵ و حداکثر ۱۲٦٦۳/۷ کیلومتر مربع انتخاب شدند (شکل ۲).

[1] Digital Elavation Model (DEM)



شکل ۲ : نقشه حوضه‌های آبریز انتخاب شده و موقعیت آنها نسبت به سیستمهای شکل‌زای ایران

نتایج و بحث

پس از انتخاب حوضه‌ها، برای مشخص شدن شکل آنها از نظر کروی یا کشیده بودن، در ابتدا نمایه‌های ضریب فشردگی یا گراولیوس و نسبت دایره ای برای ٤٠ حوضه تعیین شد. جدول ۱ متوسط ضریب فشردگی و نسبت دایره ای را برای ٤ گروه حوضه نمایش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد حوضه‌های حرارتی–رطوبتی بیشترین ضریب گراولیوس را در بین حوضه‌ها دارند که این امر بیان کننده بیشتر بودن میزان کشیدگی در این حوضه‌هاست و پس از آن به ترتیب حوضه‌های حرارتی، برودتی و رطوبتی رتبه‌های بعدی را دارند. در زمینه نسبت دایره ای، کمترین میزان مربوط به حوضه‌های حرارتی– رطوبتی است که این شاخص نیز هر چه کمتر باشد نشان از بیشتر بودن میزان کشیدگی و کمتر بودن کرویت حوضه‌ها دارد. این نسبت هم به ترتیب با نزدیکتر شدن به حوضه‌های رطوبتی کمتر می‌شود و نتایج مربوط به ضریب گراولیوس را تایید می‌کند.

جدول ۱: میانگین نمایه‌های ضریب فشردگی و نسبت دایره ای برای حوضه‌های واقع در چهار سیستم شکل‌زا

حوضه‌ها	میانگین نسبت دایره ای	میانگین ضریب فشردگی (گراولیوس)
حرارتی- رطوبتی	۰/۱۷۰۶۷۱	۲/۵۰۵۹۹۵
حرارتی	۰/۲۱۲٤٥٤	۲/۱۹۰٦۲۹
برودتی	۰/۲۳٥۹٤۱	۲/۰٤۲۹۱۸
رطوبتی	۰/۳۳۸۲۷۳	۱/۷۸٤۹۸٥

سپس روابط موجود میان طول رود اصلی و مساحت حوضه در هر سیستم شکل‌زا در قالب مدلهای رگرسیونی مورد تحلیل قرار گرفت و نتایج بدست آمده برای هر گروه از حوضه‌ها با یکدیگر مقایسه شد و نتایجی که در ادامه می آید حاصل گردید:

از آن‌جایی که رابطه مورد مطالعه از نوع رابطه بین طول و مساحت است بنابراین ارتباط آن‌ها به صورت ایزومتری[1] به شکل $l = a^{0.5}$ خواهد بود. حال اگر توان این معادله از ۰/۵ فاصله یابد این رابطه شکل آلومتری به خود می‌گیرد و از حالت ایزومتری خارج می شود. بررسی فواصل اطمینان نشان می دهد که تمام توانهای معادله آلومتری در هر یک از ٤ سیستم شکل‌زای ایران کم و بیش با ایزومتری (۰/۵) فاصله دارند (شکل ۳). ثابت شده است که رابطه طول رود اصلی (l) با طول حوضه (L) به صورت زیر است (Dodds, 2000):

$$l \propto L^{d}$$

$$۱/۰ \leq d \leq ۱/۱$$

اگر d/h =۲ حوضه خودهمانند است و ویژگیهای فرکتالی را از خود بروز می‌دهد اما اگر d/h >۲ حوضه در حال طویل شدن است.

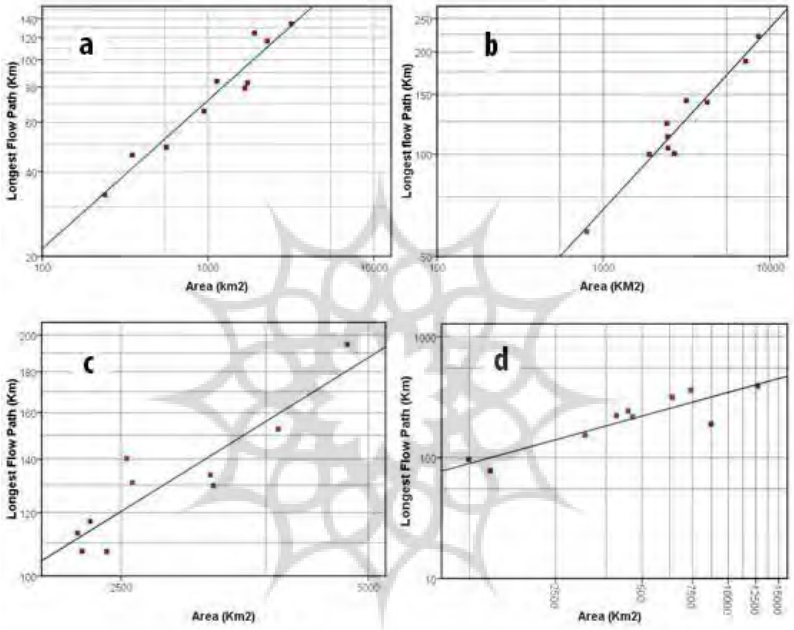
در حوضه‌های واقع در سیستم شکل‌زای رطوبتی، همبستگی بالایی بین دو متغیر دیده می‌شود (۰/۹٦۷). توان معادله آلومتری برای طول رود اصلی و مساحت حوضه کمترین مقدار (۰/۵۲۸) را دارد که نشان می دهد حوضه‌های رطوبتی حین رشد نسبت به سایر حوضه‌ها کمترین افزایش کشیدگی را دارند (شکلهای ۳ و ٤) و با توجه به نسبت d/h آنها که به ۲ نزدیک است به نظر می‌رسد بیشتر به سمت ویژگیهای فرکتالی تمایل دارند (جدول ۲).

در حوضه‌های حاضر در سیستم شکل‌زای برودتی، توان معادله هک کمی بیشتر از حوضه‌های رطوبتی است و افزایش طول رود اصلی در مقایسه با سیستم‌های حرارتی- رطوبتی و حرارتی هماهنگی بیشتری با افزایش مساحت حوضه دارد (جدول ۲). البته این هماهنگی به قدری نیست که وضعیت ایزومتری کامل حاصل شود. توان ۰/۵۳٤ نشان می دهد که این حوضه‌ها نیز با گذشت زمان مقداری طویل می‌شوند (شکل‌های ۳ و ٤) و همانند حوضه‌های رطوبتی با توجه به این که نسبت d/h در آنها به ۲ نزدیک است این حوضه‌ها نیز تا حدی تمایل به بروز ویژگیهای فرکتالی دارند. رابطه به دست آمده برای این حوضه‌ها در سطح ٪۹۵ معنی دار است و همبستگی بالایی (۰/۹۷۵) بین طول رود اصلی و مساحت حوضه آن وجود دارد.

---

[1]- اگر در فرمی تغییری ایجاد شود ولی تغییر اندازه سبب تغییر در شکل نشود به این تغییر ایزومتری گفته می‌شود.

در حوضه‌های حرارتی ایران، نتایج به دست آمده از مدل رگرسیون بین مساحتهای حوضه‌های ده گانه و طول رود اصلی آنها نشان می دهد که رابطه بین دو متغیر با همبستگی بالا (۰/۹۰۵) یک رابطه آلومتریک است که با $P < ۰/۰۵$ معنی دار است (جدول ۲). توان این معادله یعنی ۰/٦۳۸ در محدوده بالایی توانهای معادله هک قرار می گیرد همچنین نسبت d/h =۱/۷۳۰ بیانگر رشد طولی و افزایش کشیدگی در زمان رشد این حوضه‌هاست. در این سیستم حوضه‌ها با گذشت زمان بتدریج به دلیل نرخ بیشتر رشد آبراهه اصلی در مقایسه با میزان افزایش مساحت، حوضه طویل تر می‌شود و شکل ثابت خود را حفظ نمی‌کند. این امر وجود آلومتری را در این سیستم اثبات می کند (شکل‌های ۳ و ٤).

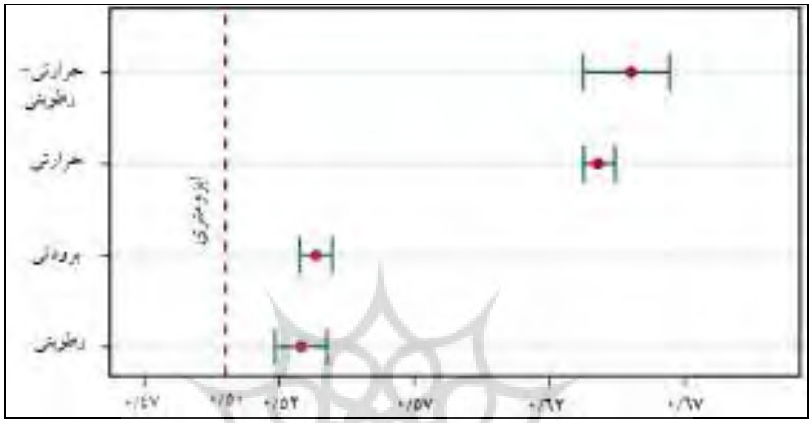


شکل ۳: رابطه بین طول رود اصلی و مساحت حوضه در چهار سیستم شکل‌زا (a- رطوبتی. b- برودتی. c- حرارتی. d- حرارتی- رطوبتی)

حوضه‌های انتخابی در سیستم حرارتی- رطوبتی، بالاترین توان معادله آلومتری یعنی ۰/٦۵۰ را در این تحقیق به خود اختصاص دادند. این توان نیز در محدوده بالایی توانهای معادله هک قرار دارد و نیز نسبت d/h =۱/٦۹۲ نشان می دهد سرعت طویل شدن حوضه‌ها در این سیستم شکل‌زا از حوضه‌هایی که در سایر سیستم‌های شکل‌زا قرار دارند سریع‌تر است (جدول ۲). طول رود اصلی و مساحت حوضه همبستگی مناسبی دارند (۰/۹۰۰) و این معادله در سطح ۹۵٪ معنی دار است (شکل‌های ۳ و ٤).

جدول ۲: مقایسه مدل‌های به دست آمده برای ٤٠ حوضه در سیستمهای شکل‌زای چهارگانه ایران

نوع حوضه	توان (h)	نسبت d/h	R	P- value
رطوبتی	۰/۵۲۸	۱/۹۸۸	۰/۹٦۷	۰/۰۰۰
برودتی	۰/۵۳٤	۱/۹۸۵	۰/۹۷۵	۰/۰۰۰
حرارتی	۰/٦۳۸	۱/۷۳۰	۰/۹۰۵	۰/۰۰۰
حرارتی- رطوبتی	۰/٦۵۰	۱/٦۹۲	۰/۹۰۰	۰/۰۰۰



شکل ٤: محدوده اطمینان ٪۹۵ برای توان‌های معادله آلومتری در ٤ سیستم شکل‌زای ایران

نتیجه گیری

در مجموع نتایج به دست آمده از این بررسی را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

– طول رودخانه اصلی و رابطه آن با مساحت حوضه نکات مهمی را در رابطه با شکل و ابعاد حوضه آبریز مشخص می کند.

– همانطور که قبلا عنوان شد در حوضه‌های آبریز طبیعی توان معادله هک دارای محدوده تقریباً معینی است (بین ۰/۵ تا ۰/۷) و در واقع در حالت تعادل محدوده ویژه ای برای این شاخص وجود دارد و چنانچه توان معادله از این محدوده انحراف زیادی را نشان دهد حوضه از حالت تعادل خارج می شود.

– در تمامی سیستم‌های شکل‌زا حوضه‌های کوچک شکل متفاوتی نسبت به حوضه‌های بزرگتر دارند این امر به ویژه در حوضه‌های حرارتی و حرارتی – رطوبتی محسوس تر است.

– طول رود اصلی در این سیستمهای شکل‌زا سریع تر از مساحت حوضه رشد می کند. این رشد به ترتیب در حوضه‌های حرارتی- رطوبتی سپس در حرارتی بعد از آن در برودتی و در نهایت در حوضه‌های رطوبتی دیده می شود و در نتیجه، نسبت مساحت/طول رود اصلی در سیستم‌های شکل‌زای ٤ گانه ایران متفاوت است (حرارتی- رطوبتی > حرارتی > برودتی > رطوبتی).

بنابراین طبیعت آلومتریک رشد حوضه‌ها (بویژه حوضه‌های واقع در سیستم حرارتی- رطوبتی و حرارتی) بر پایه مطالعه مجموعه ای از حوضه‌های موجود در سیستمهای شکل‌زای متفاوت اثبات می شود. روابط آلومتریک در حوضه‌های آبریز اطلاعات

باارزشی پیرامون وضعیت حوضه و پیش بینی شرایط حوضه در اختیار ما قرار می دهد. زیرا تأثیر شکل حوضه بر وضعیت حوضه از نظر رواناب سطحی و هیدروگراف سیل محرز است. هیدروگراف خروجی از حوضه‌هایی با شکل‌های متفاوت، هم از نظر تداوم سیل و هم از نظر دبی ماکزیمم با یکدیگر متفاوتند (علیزاده، ۱۳۸۳). با افزایش طول رود اصلی و کشیده شدن حوضه تغییرات هیدرولوژیکی در حوضه رخ می دهد از جمله این که زمان تداوم و زمان تمرکز حوضه افزایش می یابد و دبی ماکزیمم کاهش می یابد این بدان معناست که زمان بیشتری برای رسیدن به اوج هیدروگراف لازم است.

همانطور که در بالا اشاره شد در تمام سیستم‌های شکل‌زای ایران رابطه به دست آمده نشان از اثر سیستم شکل‌زا بر رابطه مساحت و طول رود اصلی دارد. بنابراین روابط آلومتریک در حوضه‌های آبریز که یکی از مولفه‌های موثر در شکل حوضه‌ها می‌باشند، از ساختار سیستم شکل‌زایی که در قلمرو آن قرار می گیرد تبعیت می کند و در واقع یکی از عوامل موثر در شکل حوضه‌های آبریز اثرات اقلیمی در قالب سیستمهای شکل‌زاست که سبب می‌شود شکل حوضه‌ها در هر سیستمی تا اندازه ای مشخص باشد و ثانیا در مراحل مختلف رشد به صورتی قابل پیش بینی تغییر نماید. همانطور که اشاره شد سیستمهای شکل زا فقط یکی از عوامل موثر بر شکل حوضه‌ها می‌باشند بنابراین پیشنهاد می‌شود در آینده تحقیقات بیشتری پیرامون سایر عوامل تأثیرگذار صورت گیرد تا در رابطه با سهم سیستمهای شکل زا در شکل حوضه‌های آبریز با قطعیت بیشتری اظهار نظر شود.

منابع

انتظاری، مژگان.، (۱۳۹۰)، تأثیرات چاله‌های حرارتی و برودتی بر زمین لغزش‌های استان اصفهان، رساله دکتری، به راهنمایی رامشت، محمد حسین و عبدالله سیف، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیای طبیعی.

رامشت، محمد حسین، (۱۳۸۸)، نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)، انتشارات سمت، تهران، ۱۹۰ ص.

زمردیان، محمد جعفر.، (۱۳۸۷)، ژئومورفولوژی ایران فرایندهای اقلیمی و دینامیک‌های بیرونی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ چهارم، مشهد، ۲۶۸ ص.

عباسی، علیرضا.، (۱۳۸۷)، ویژگی‌ها و پراکندگی فضائی مخروطه افکنه‌های بزرگ ایران و رابطه آن با سیستم‌های شکل‌زای اقلیمی، رساله دکتری، به راهنمایی رامشت، محمد حسین، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیای‌طبیعی.

علیزاده، امین، (۱۳۸۳)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ هفدهم، مشهد، ۸۱۵ ص.

مختاری، داوود، کرمی، فریبا و بیاتی، مریم، (۱۳۸۶)، اشکال مختلف مخروط افکنه ای در اطراف تودهٔ کوهستانی میشوداغ (شمال غرب ایران) با تأکید بر نقش فعالیتهای تکتونیکی کواترنر در ایجاد آنها، فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۵۳، تهران، صص ۲۹۲-۲۵۷.

Bull، W.B. (1975). Allometric change of landforms. Geological Society of America Bulletin، v. 86: 1489-1498.

Bull، W.B. (1977). The alluvial-fan environment. Progress in Physical Geography، v. 1: 222-270.

Dodds، P.S. (2000). Geometry of River Networks, Massachusetts Massachusetts Institute of Technology.

Dodds، P.S.، , D.H. Rothman. (2000). Geometry of river networks. I. Scaling، fluctuations، and deviations. Physical Review E، v. 63: 0161151-01611513.

Evans، I.S. (2009). Allometric Development of Glacial Cirques: An Application of Specific Geomorphometry in Purves، R.، Gruber، S.، Straumann، R.، and Hengl، T.، eds.، Geomorphometry 2009, Zurich: 248-253.

Evans, I. S. (2012). Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? Geomorphology, v. 137(1):94-106.

Gayon، J.، (2000). History of the Concept of Allometry. American Zoologist، v. 4: 748-758.

Gould، S.J. (1971). Geometric Similarity in Allometric Growth: Contribution to Problem of Scaling in Evolution of Siz. American Naturalist، v. 105: 113-136.

Hack، J.T. (1957). Studies of longitudinal profiles in Virginia and Maryland. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.، v. 294-B.

Hickson، T.، , B. Hecht. (1991). Allometric analysis of natural drainage nets in the formation of design criteria for wetland mitigation swales Yosemite Lake، Merced County، Consulting report prepared for Blue Star Resorts، p. 36.

Horton، R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin، 56: 275-370.

Huxley، J.S. (1932). Problems of Relative Growth New yor. The Dial Press، 274 p.

Huxley، J.S., G. Teissier. (1936). Terminology of Relative Growth. Nature Geoscience، v. 137: 780-781.

Mîndrescu, M., I.S. Evans. (2014). Cirque form and development in Romania: Allometry and the buzzsaw hypothesis. Geomorphology, V. 208: 117-136.

Mosley، M.P.، , R.S. Parker. (1972). Allometric Growth: A Useful Concept in Geomorphology? Geological Society of America Bulletin، v. 83: 3669-3674.

Olyphant، G.A. (1981). Allometry and cirque evolution. Geological Society of America Bulletin، v. 92: 679-685.

Rigon، R, I.Rodriguez-Iturbe، A. Maritan، A. Giacometti، D.G.Tarboton، and A.Rinaldo. (1996). On Hack's law. Water Resources Research، v. 32: 3367-3374.

West, B. J, D. West. (2012). Fractional dynamics of allometry, Fractional

Calculus and Applied Analysis, v, 15 (1): 70- 96.

White، J.F., S.J. Gould. (1965). Interpretation of the Coefficient in the Allometric Equation. The American Naturalist، v. 99: 5-18.

Woldenberg، M.J. (1966). Horton's laws justified in terms of allometric growth and steady state in open systems. Geological Society of America Bulletin، v. 77: 431-434.

Wolinsky، M.A.، D.A. Edmonds، J. Martin، and C. Paola. (2010). Delta allometry: Growth laws for river deltas. Geophysical Research Letters، v. 37: L21403.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی