دکتر علی اصغر موحّد دانش
معصومه رجبی
دانشگاه تبریز
شماره مقاله: ۳۱۹

نگرشی برمسائل ژئومورفولوژی کمّی در حوضهٔ آبریز آجی چای

Dr. A.A. Movahed Danesh

M. Rajabi

University of Tabriz

Adji - Chay river basin: a quantitative geomorphological analysis

The purpose of this paper is to present a quantitative geomorphological analysis in Adji - Chay river basin, located in the northwest of Iran (Azarbaidjan).canal networks of the basin have been analysed using horton's laws and extended to 25 sub - basin of this great river basin area. Data has been gathered from topographical maps of 1:50000 scale. In this study bifurcation ratio (R_b) and length ratio (R_L) have been computed. According to quantitative geomorphological analysis, bifurcation ratio compared with length ratio shows better adaptation.

مقدّمه

مطالعات مورفومتریک در دهه چهارم قرن حاضر در واحدهای خاصی به نام حوضه‌های زهکشی شروع شد. فرد پیشگام در این زمینه هورتون بوده که با مقالهٔ اصلی خود (۱۹۴۵) اساس

بررسیهای مورفومتریک را در ژئومورفولوژی کمّی بنا نهاد(۵)، آنگاه محققان دیگری از قبیل استرالر شرو، زاویانو و غیره کار وی را دنبال کردند.

با توجه به این که مطالعات مورفومتریک حوضه‌های زهکشی به عنوان یکی از موارد تحقیق ژئومورفولوژیک (۴) شناخته شده، لذا در این بررسی سعی شده تا تحلیلهای کمّی مسائل ژئومورفولوژی برای اولین بار با نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱ : ۵۰۰۰۰ در یکی از حوضه‌های ایران انجام شود.

گرچه متغیرهای متعددی برای ارزیابی کمّی حوضه‌های زهکشی ارائه شده(۳) ولی در این مطالعه تنها تعدادی از متغیرهای اساسی با ویژگیهای خطی و غیر خطی (۱۰) مورد اندازه‌گیری قرار گرفته‌اند. این مقاله شامل دو بخش اصلی است که در بخش نخست به بررسی مسائلی چون مانندسازی و همگونی تحول حوضه‌ها پرداخته شده است. بخش دوم اختصاص به روشهای مطالعه خطوط شبکهٔ آبراهه درحوضه‌آجی‌چای دارد. خطوط شبکه‌آبراهه تنهابخش‌کوچکی‌ازیک حوضه‌زهکشی رااشغال می‌کند واین عامل موضوع جالبی‌ازنظرژئومورفیک وهیدرولوژی‌است(۷).

حوضه آجی چای یکی از حوضه‌های آبریز رودخانه‌ای واقع در حوضهٔ منطقه‌ای دریاچهٔ ارومیه و از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض ۴۲ َ: ۳۷ ْ تا ۳۰ َ: ۳۸ ْ شمالی و طول ۴۰ َ: ۴۵ ْ تا ۵۳ َ: ۴۷ ْ شرقی واقع است (شکل ۱). رودخانه آجی چای به عنوان یکی از طویلترین رودخانه‌های حوضهٔ منطقه‌ای دریاچه ارومیه با مسیر شرقی - غربی مسافتی حدود ۲۳۰ کیلومتر را طی کرده و به دریاچهٔ مذکور می‌ریزد. مساحت این حوضه معادل ۱۲۷۹۰ کیلومتر مربع برآورد شده است. رودخانهٔ آجی چای دارای شاخه‌های متعددی است و در نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، حدود ۲۵ شاخه فرعی برای این رودخانه شناسایی شده است (جدول ۱).

از نظر زمین شناسی، انواع سنگهای آذرین درونی (نفلین سینیت، داسیت)، آذرین بیرونی (تراکی آندزیت و سنگهای پیروکلاستیک)، سنگهای ولکانو سدیمانتر (کنگلومراهای ولکانوسدیمانتر، توف، جریانات گدازه، ایگنیمیریت و جریانات خاکستر)، آبرفتهای جدید و نهشته‌های لاکسترین در سطح حوضه برونزد دارد (۱). لازم به ذکر است در ارتفاعات این حوضه غلبه با سنگهای آذرین بوده ولی در مناطق دشتی و پست، بیشتر سنگهای رسوبی مشاهده می‌شود.

جمع آوری اطلاعات

برای جمع‌آوری داده‌های‌اطلاعاتی حوضه‌آجی چای،نقشه‌های‌توپوگرافی‌به‌مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته که شامل ۲۸ برگ است. بعد از تعیین حدود و مرزهای توپوگرافیک حوضهٔ

اصلی و زیرحوضه‌ها، خطوط شبکهٔ آبراهه‌ها بر روی کاغذ کالک ترسیم و با استفاده از سیستم رتبه‌بندی استرالر (۱۰ ، ۱۱) مورد طبقه بندی قرار گرفت و سپس اندازه‌گیریهای خطی و سطحی به عمل آمد. محیط، مساحت و طول آبراههٔ اصلی در حوضهٔ آجی چای و ۲۵ زیر حوضه آن اندازه‌گیری شد و همچنین در زیر حوضه‌ها اندازه‌گیریهای رتبه و طول قطعات آبراهه‌ها انجام شد. برای اندازه‌گیری طول از کورویمتر و برای اندازه‌گیری مساحت از روش کاغذ میلی متری شفاف و پلانیمتر دیجیتال استفاده شد. لازم به یادآوری است که برای تعیین حدود خطوط شبکهٔ آبراهه از روش خطوط آنی بوئر[1] استفاده شد. گستردگی مساحت مانع به کارگیری متد تضاریس کنتور، که در بررسیهای ژئومورفولوژیک به کار می‌رود، شد (۴).

بعد از انجام اندازه‌گیری، ارقام حاصله براساس روشهای ارزیابی ویژگیهای ژئومورفومتریک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که بخش اعظم کار اختصاص به شبکه آبراهه‌ای مطابق قوانین هورتون دارد. نتایج بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی منتقل و ترسیم شد. خطوط حاصله از انتقال تعدادی از پارامترها بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی مستقیم نبوده ودارای شکستگیهایی‌است که‌علت آن تا حدی در بخش بعدی توجیه شده‌است.

مواد و روشها

بررسی شکل و همگونی تحول حوضه‌ها:

تشابه و نظیر سازی هندسی یکی از اندیشه‌های مهم در تحلیل ابعادی و قابل کاربرد در حوضه‌های آبریز و مقایسه آنها با یکدیگر است. سیستمهای لندفورم که دارای زیربنای زمین‌شناسی، مواد و فرایندهای مشابهی می‌باشند از نظر هندسی نیز دارای تشابه قابل توجهی هستند که امکان مقایسه بین حوضه‌ها و طبقه‌بندی دقیق اطلاعات را فراهم می‌آورد. کارهای اولیه هورتون و محققان بعدی که ادامه دهندهٔ تحقیقات وی بوده‌اند نشان داد که، تشابه کامل بین فرم طبیعی حوضه‌ها بندرت قابل شناسایی است و در واقع در طبیعت حوضه‌های کاملاً مشابه وجود ندارد؛ لذا در این گونه مطالعات از اشکال هندسی استفاده می‌شود. در این مقاله برای این که مطالعات مقایسه‌ای در بین زیر حوضه‌های آجی چای با دقت بیشتر انجام شود، نظیر سازی هندسی شکل حوضه انجام خواهد شد.

سابقهٔ مطالعات نظیر سازی به کار گری[2] برمی‌گردد که شکل هندسی به کار رفته مربع نظیر

1- Bauer 2- Grey

بود. بعد از وی تنها کاری که در این زمینه عمومیت یافت مستطیل معادل بود و طبق این نظیرسازی محیط و مساحت با محیط و مساحت حوضه یکنواخت محاسبه می‌شود.

$$L = 0.25p \pm \sqrt{0.0625\ p^2 - A}$$

از جمله اشکال دیگر که به نظر می‌رسد شکلهای طبیعی مطابقت بهتری با آن دارند بیضی، لوزی و مثلث است که روابط [۳] کلی آنها به ترتیب زیر می‌باشد:

$$b = 0.106\ p + 0.188\ \sqrt{A} \pm (0.011p^2 - 0.283p + 0.04p\ \sqrt{A})^{0.5}$$

$$b = [0.03125p^2 \pm (0.00098p^4 - 0.25\ A^2)^{0.5}]^{0.5}$$

$$C = 0.5p - [A^2(0.25p^3 - 0.25p^2\ (a+b) + 0.5\ Pab]^{-1}$$

با توجه به مطلب فوق در این جا سعی می‌شود شکلهای نامعین زیر حوضه‌های آجی چای با سری اشکال مذکور، نظیر سازی شود. برای این کار از یک برنامهٔ کامپیوتری استفاده شده که نتایج آن در جدول شماره ۲ آمده است.

از جمله موارد مطالعه و تحلیل حوضه‌های زهکشی، بررسی همگونی تحول حوضه‌هاست که تابعی از مجموعه عوامل اقلیمی، زمین شناسی و ژئومورفولوژی است. طبق این نوع تحلیل اگر $\sum_{i=1}^{n} Ai$ در مجموعه‌ای از حوضه‌ها به عنوان مجموع آبراهه و مجموع مساحت در نظر گرفته شود

پارامتر جدیدی $\sum A$ و $\sum l$ باید محاسبه شود. در مجموعهٔ حوضه‌های همگون خود پارامترها یا لگاریتمهای آنها یک خط ایجاد می‌کنند. در صورتی که در خط شکستگی ایجاد شود نشانگر تحول شبکه آبراهه، تحت تأثیر عوامل یا محیط متفاوت خواهد بود. این مطالعه در زیر حوضه‌های آجی چای نیز انجام شده است. خط حاصله به شکل مستقیم نبوده و دارای شکستگی است که این امر نشانگر تحول شبکه آبراهه‌ای حوضه‌های مختلف تحت تأثیر شرایط متفاوت می‌باشد. قابل ذکر است که همبستگی میان دو پارامتر $\sum A$ و $\sum l$ معادل ۸۸۲٪ است که البته بعد از تصحیح این میزان به ۹۳٪ افزایش یافته است.

روش بررسی خطوط شبکه آبراهه‌ای

در مطالعات مورفولوژی کمّی حوضه‌های زهکشی، بررسی یک سری از ویژگیها به عنوان

۳- روابط مذکور توسط دکتر موحد دانش تدوین ولی تاکنون چاپ نشده است.

اساس مطالعات مطرح است که هورتون از آنها به عنوان «ترکیب شبکه زهکشی»[۴] نام می‌برد. ترکیب سیستم آبراهه یک حوضه زهکشی را بیان کمّی رتبهٔ آبراهه، نسبت انشعاب، نسبت طول و غیره تشکیل می‌دهد (۵).

مطالعات کمّی اولیهٔ خطوط شبکه آبراهه به روش طبقه بندی آبراهه وسیلهٔ هورتون در سال ۱۹۴۵ شروع شد (۵) و بعد از هورتون، استرالر یک طرح تغییر یافته جزئی از روش طبقه‌بندی هورتون را به سال ۱۹۵۲ ارائه داد (۱۰). به دلیل سادگی سیستم طبقه بندی استرالر و آزادی عمل بیشتر آن، این روش در حال حاضر بر سایر سیستمها ارجحیت دارد (۹). در این مقاله نیز از این سیستم طبقه بندی استفاده شده است. بعد از تهیه نقشهٔ خطوط شبکه آبراهه، کوچکترین شاخهٔ اوّلیّهٔ و بدون انشعاب، آبراهه درجه یک به شمار می‌رود و جایی که دو آبراهه درجهٔ یک به هم می‌پیوندند، یک قطعه آبراهه درجه ۲ شکل می‌گیرد. با اتصال دو آبراههٔ درجه ۲، آبراههٔ درجه ۳ به وجود می‌آید و این روند به همین صورت ادامه می‌یابد. آبراههٔ اصلی که تخلیه تمّامی آب را به عهده دارد قطعه‌ای است که بالاترین رتبه را به خود اختصاص می‌دهد.

بعد از رتبه بندی خطوط شبکه آبراهه، اولین قدم در تجزیه و تحلیل خطوط شبکه آبراهه، محاسبات طول قطعات آبراهه کلیه درجات می‌باشد (۱۰). بدیهی است که تعداد قطعات آبراهه هر درجهٔ مشخص، از رتبه پایینترِ قبلی کمتر و از رتبه بالاترِ بعدی بیشتر خواهد بود (۱۱). البته ذکر این نکته ضروری است که طبقه‌بندی استرالر، که در این بررسی از آن استفاده شده است، منجر به مجموعه‌ای از تعداد و طول آبراهه می‌شود که با نتایج طبقه بندی هورتونی متفاوت است. تعداد و طول آبراهه نیز در روش استرالر افزایش هندسی دارد (۹). تعداد آبراهه به دست آمده از روش استرالر نسبت به تعداد آبراهه سیستم هورتون در حالت کلی انطباق بهتر و بیشتری را با سریهای هندسی نشان می‌دهد؛ در حالی که در مورد طول آبراهه‌ها عکس آن صادق است (۲).

در جدول شماره ۳ تعداد آبراهه‌ها برای درجات مختلف در زیر حوضه‌های رودخانه آجی‌چای و در جدول شماره ۵ طول قطعات آبراهه‌ها با درجات مختلف آمده است. طبق داده‌های جدول شماره ۳ شش زیر حوضه از بیست و پنج زیر حوضه در رتبه ۵ قرار دارند. (ذکر این نکته لازم است حوضه‌هایی که آبراهه اصلی آن دارای درجه بالاتری است، بطور کلی از یک درجه مشخص، تعدادشاخه‌های زیادی را خواهندداشت(۴)). درجدول‌مذکور، دوازده زیرحوضه دارای رتبه درجه ۴،

4- Composition of drainage net (6,p.285)

پنج زیر حوضه دارای رتبه درجه ۳ و بالاخره دو زیر حوضه دارای رتبه درجه ۲ می‌باشند.

تعداد آبراهه‌ها، با درجات مختلف، در زیر حوضه‌های آجی چای با تشکیلات زمین شناسی و مواد سطحی آنها ارتباط نزدیکی دارند. زمانی که تشکیلات دارای نفوذ پذیری بیشتری است، مانند حوضهٔ شماره ۲۳، تعداد آبراههٔ درجه ۱ محدود و به ۷ آبراهه می‌رسد و زمانی که تشکیلات زمین‌شناسی و مواد سطحی تا حدودی غیر قابل نفوذ می‌شود، مانند حوضه شماره ۴، تعداد آبراهه‌های درجه ۱ افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. البته عوامل دیگری در این نتایج مؤثرند که می‌توان شکل حوضه (کشیدگی) و بزرگی آن را نام برد. آبراهه‌های درجه ۱ زمانی تشکیل می‌شوند که نیروی آبهای روان برای جابجایی دانه‌های تشکیل دهنده خاک سطحی کافی باشد. مقدار جریان برای حرکت دادن مواد سطحی تابعی از ویژگیهای زمین شناسی و آب و هوایی است، تعداد آبراهه‌های درجه یک با ظرفیت نفوذ خاک نسبت عکس دارد (۶).

در بررسی شبکهٔ آبراهه‌ای که یکی از وسیعترین مباحث تحلیلهای کمّی در ژئومورفولوژی است پارامتری مورد استفاده قرار می‌گیرد که ضریب انشعاب است (۱۰). این ضریب که با علامت R_b نشان داده می‌شود عبارت است از نسبت تعداد قطعات یک رتبه مشخص (Nu) به تعداد قطعات درجه بالاتر (Nu+1).

$$R_b = \frac{Nu}{Nu+1}$$

این ضریب در قانون تعداد آبراهه‌ای هورتون از روابط اساسی به شمار می‌رود. طبق این قانون، تعداد آبراهه‌ها با درجات مختلف در یک حوضه زهکشی مشخص تقریباً یک سری معکوس هندسی به وجود می‌آورند (۵).نسبت انشعاب طبق کار هورتون‌از ۲ در حوضه‌های مسطح و موجدار تا ۳ و ۴ در حوضه‌های کوهستانی متفاوت است (۵).

R_b استرالر در اصل رقم مثبت بوده و معادل یا بیشتر از ۲ می‌باشد و برابر بررسیهای انجام شده در خطوط شبکه آبراههٔ طبیعی،بین ۳ و۵ متغیراست (۹).رقم تئوریک حداقل ۲ بندرت تحت شرایط طبیعی حاصل می‌شود و به دلیل تشابه ژئومتریکی سیستمهای زهکشی درمواد همگن[5] وبی‌بعد بودن آن (۱۱)،نسبت انشعاب در عمل رقم بسیار ثابتی بوده و حدود تغییرات ناچیزی را از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر؛ به استثنای مواردی که زمین شناسی قویترین عامل کنترل کننده‌است، نشان می‌دهد (۱۰). قانون تعداد آبراهه هورتون نسبت به قانون طول آبراهه معمولاً انطباق بهتری را

5- Homogeneous material.

نشان می‌دهد (۵).

مقادیر نسبت انشعاب در زیر حوضه‌های رودخانه آجی چای از ۲/۲ تا ۷ متغیر است. نسبتهای خیلی بالای انشعاب که غیر عادی جلوه می‌کند می‌تواند در حوضه‌هایی که شیب جدار دره‌ها تند و کشیده است حاصل شود. در حوضه‌هایی با شکل متراکمتر این نسبت به رقم حداقل تئوریک ۲ نزدیک می‌شود (۱۱). رقم ۷ مربوط به حوضهٔ شمارهٔ ۲۳ است که از جمله حوضه‌هایی است که کشیدگی زیادداشته وطبق داده‌های جدول شمارهٔ (۲)، طولهای مستطیل معادل آن $L = ۴۷/۳$ و $L = ۲/۴$ کیلومتر می‌باشد.

داده‌های جدول شماره ۳ در سیستم نیمه لگاریتمی پیاده شده و ارتباط درجه آبراهه و تعداد آبراهه تا حدودی خطی است. البته در تعداد محدودی از زیر حوضه‌ها مانند زیر حوضه‌های شمارهٔ ۳، ۴، ۸ و ۱۲ این ارتباط خطی بهتر نمایان است و در بقیه زیر حوضه‌ها، خطوط دچار شکستگیهایی شده است؛ ولی در حالت کلی نتایج در محدوده ضرایب انشعاب طبیعی، متغیر است.

پارامتر دیگری که در تحلیلهای کمّی شبکه آبراهه به کار می‌رود «نسبت طول» است. طول آبراهه یک ویژگی ابعادی است و روش آنالیز آن، اندازه‌گیری طول هر قطعه آبراهه با درجهٔ مشخص می‌باشد (۱۰). این نوع اندازه‌گیری در زیر حوضه‌های آجی چای انجام شده و نتایج آن در جدول شمارهٔ ۶ آمده است.

طبق قانون طول آبراهه هورتون، طول متوسط آبراهه از هر درجه در یک حوضه زهکشی، طول متوسط آبراهه و نسبت طول آبراهه را بیان می‌کند و تقریباً یک سری ژئومتریک مستقیم را به وجود می‌آورد (۵). توضیح آن که گر چه هورتون معتقد است که افزایش هندسی تقریبی است، ولی برآوردی از بزرگی و توزیع انحرافات ارائه نمی‌دهد (۹).

نسبت طول با R_l مشخص می‌شود که عبارت از نسبت طول قطعات یک رتبه مشخص (lJ) به طول قطعات درجهٔ بالاتر (l J+1) است:

$$R_l = \frac{l\,J}{l\,J+1}$$

نسبت طول استرالر معمولاً بین ۱/۵ و ۳/۵ متغیر است (۹ و۲). براساس داده‌های جدول شماره ۶، ارقام نسبت طول زیر حوضه‌های آجی چای بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی انتقال داده شده تا نحوهٔ ارتباط طول آبراهه با درجه آبراهه بهتر نمایان شود. در صورتی که حوضهٔ رودخانه از نظر عوامل اقلیمی، لیتولوژی و تحول، یکنواخت باشد در این شرایط مقدار R_l از درجه‌ای به درجه دیگر ثابت خواهد بود و در صورتی که عامل کنترل کننده‌ای دخالت کند سیستم حاصله خطی نخواهد بود

و نسبت طول از درجه‌ای به درجهٔ دیگر رقم متفاوتی خواهد بود. در زیر حوضه‌های آجی چای نسبت طول کمتر ثابت بوده و اغلب شکستگیهایی را به وجود می‌آورد و گاه نوع شکستگی، برگشتی است.

نتیجه

با به کارگیری قوانین خطوط شبکه آبراهه هورتون در زیر حوضه‌های آجی چای این نتیجه به‌دست می‌آید که در حالت کلّی قوانین مذکور انطباق نسبةً خوبی نشان می‌دهد و فقط نتایج نسبت طول در زیر حوضه‌های آجی چای قابل بحث است.

در زیر حوضه‌های ۲۵ گانه رودخانه آجی چای نسبت طول از درجه‌ای به درجهٔ دیگر کمتر ثابت است.

با توجه به شرایط یکسان عوامل آب و هوایی و تحول، عامل کنترل کننده ضریب طول، عامل زمین شناسی و لیتولوژی تشخیص داده شده و براساس نقشه‌های زمین شناسی برگهای ارومیه، میانه، اهر و تبریز تشکیلات لیتولوژی و مواد تشکیل دهنده در این منطقه به تفکیک حوضه‌ها بررسی و علت شکستگیها براساس عوامل لیتولوژی ، توپوگرافی و ژئومتریک توجیه شده‌است. برای خودداری از طولانی شدن مطلب، علت شکستگیها را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

عامل لیتولوژی: در اغلب زیر حوضه‌ها نوع لیتولوژی در بخش بالا دست غیر قابل نفوذ بوده و باعث تراکم بیشتر شبکه آبراهه شده و در نتیجه با طی مسیری کوتاه آبراهه‌ها، در جه بالاتری را به وجود می‌آورند. در این زیر حوضه‌ها در بخش میانی و پایین دست لیتولوژی تغییر یافته و بیشتر نفوذ پذیر می‌شود. این ویژگی مانع توسعه شبکه آبراهه‌های درجه پایین شده و در کل در روی مجموع طول این آبراهه‌ها اثر چشمگیری بر جای می‌گذارد.

عامل ژئومتریک: کشیدگی اغلب زیر حوضه‌های رودخانه آجی چای از جمله عواملی است که در روی نتایج غیر عادی اثر گذاشته است.

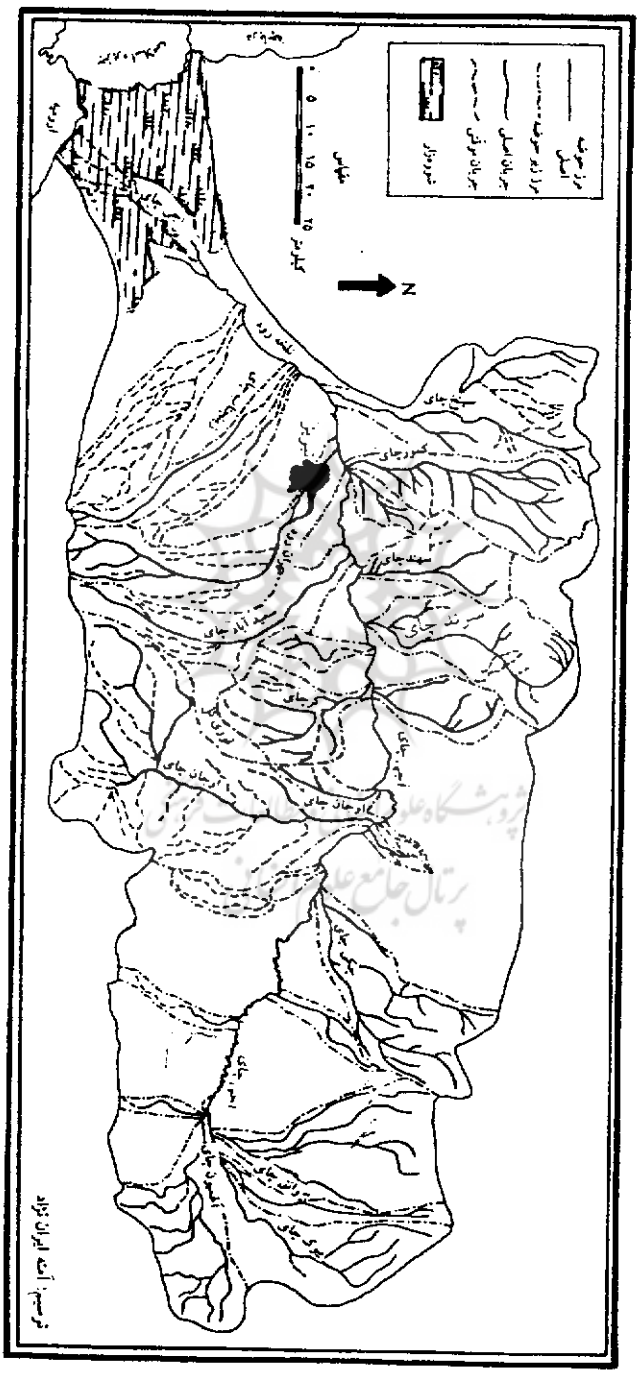
عامل توپوگرافی: با توجّه به این که حوضه بزرگ آجی چای و به تبع آن زیر حوضه‌های ۲۵گانه در ناحیه کوهستانی قرار دارند، بخش فوقانی و بالا دست زیر حوضه‌ها متأثر از توپوگرافی کوهستانی است، ولی در بخش پایین دست از نظر توپوگرافی وارد واحد دشتی می‌شوند.

نکتهٔ قابل توجه این است که در مناطقی که از نظر زمین ساخت، قدیمی هستند این امر در روی پایداری حوضه‌های زهکشی و بستر رودخانه‌ها مؤثر است و این شرایط در روی نتایج

پارامترها، منعکس می‌شود (۸). ولی در ایران بویژه در فلات آذربایجان فعالیتهای کوهزایی و تکتونیکی آلپی بسیار فعال بوده، تا جایی که ساختار اصلی این فلات ناشی از این رویداد تکتونیکی و همچنین فعالیتهای آتشفشانی پلیو - پلیوستسن می‌باشد. نتیجه آن که مورفولوژی کنونی آذربایجان معلول رویدادهای تکتونیکی دوران سوم و تأثیر تحولات اقلیمی کواترنر آغازین بوده‌است.

جدول شماره ۱: مقادیر محیط و مساحت زیر حوضه‌های آجی چای

نام حوضه	محیط (کیلومتر)	مساحت (کیلومترمربع)
بیوک چای	۱۱۰/۵	۳۱۳
اغمیون چای	۹۰	۱۶۰
وانق چای	۸۱/۵	۲۱۱/۵
پیسلر چای	۱۰۵	۶۳۱/۵
–	۳۱	۳۷
–	۲۹	۲۹/۵
–	۴۹	۸۹
چکی چای	۱۱۶/۵	۴۵۷
–	۲۲	۲۳/۵
–	۲۳/۵	۲۷
–	۱۹/۵	۱۶/۵
اوجان چای	۱۶۸	۸۵۷
–	۴۸	۶۰
کرچای	۷۸/۵	۲۷۸
–	۵۳	۱۳۴
سرند چای	۱۰۳/۵	۴۴۳
نهند چای	۱۱۶	۳۲۲
سعیدآباد چای	۱۲۵	۳۳۸
–	۳۳	۵۲/۵
کمور چای	۱۰۵	۳۸۴
مهران رود	۱۲۳	۴۰۴
–	۸۳/۵	۱۶۵
زینجناب چای	۹۹/۵	۱۱۵
اسکو چای	۹۱/۵	۳۰۹
سینخ چای	۱۳۹/۵	۶۸۳



شکل شماره ۱: نقشهٔ خطوط شبکهٔ آبراهه حوضهٔ رودخانهٔ آجی چای

جدول شماره ۲: نتایج برنامهٔ کامپیوتری نظیرسازیِ زیرحوضه‌های رودخانه آجی چای
(ستون اوّل، اضلاع مستطیل معادل؛ ستون دوم،اضلاع لوزی؛ ستون سوم، اقطار بیضی معادل)

N.SUBBASIN 1 48.84152	6.408482	A=313 26.17151	P=110.5 3.906604	27.02416	5.730204
N.SUBBASIN 2 41.1078	3.892206	A=160 21.37091	P=90 2.46516	22.22036	3.5363
N.SUBBASIN 3 34.64527	6.10473	A=211.5 19.15901	P=81.5 3.587171	19.66232	5.341717
N.SUBBASIN 4 33.837	18.663	A=631.5 22.79016	P=105 8.918593	21.99756	14.32375
N.SUBBASIN 5 12.55234	2.947657	A=37 7.194089	P=31 1.66503	7.331958	2.511539
N.SUBBASIN 6 12.05234	2.447657	A=29.5 6.778926	P=29 1.411277	6.934614	2.115093
N.SUBBASIN 7 20.06425	4.43575	A=89 11.4077	P=49 2.527475	11.64498	3.802222
N.SUBBASIN 8 48.90544	9.344564	A=457 27.30339	P=116.5 5.432575	27.97027	8.119705
N.SUBBASIN 9 8.098076	2 .901924	A=23.5 4.957849	P=22 1.528879	4.969003	2.357753
N.SUBBASIN 10 8.616464	3.133536	A=27 5.289451	P=23.5 1.646302	5.296921	2.54131
N.SUBBASIN 11 7.570483	2.179518	A=16.5 4.468226	P=19.5 1.193093	4.523709	1.817054
N.SUBBASIN 12 72.11644	11.88356	A=857 39.57993	P=168 7.043305	40.67787	10.45513
N.SUBBASIN 13 21.16515	2.834849	A=60 11.36464	P=48 1.723842	11.72994	2.531505
N.SUBBASIN 14 29.97588	9.274124	A=278 17.89492	P=78.5 5.016254	18..06473	7.668515
N.SUBBASIN 15 19.6969	6.803102	A=134 11.97968	P=53 3.608833	12.03057	5.552298
N.SUBBASIN 16 40.92544	10.82456	A=443 23.84997	P=103.5 6.00591	24.21861	9.109014
N.SUBBASIN 17 51.78157	6.218428	A=322 27.50811	P=116 3.830966	28.45624	5.589479
N.SUBBASIN 18 56.5198	5.980206	A=338 29.67341	P=125 3.739268	30.77821	5.409656
N.SUBBASIN 19 12.19493	4.305067	A=52.5 7.445882	P=33 2.274496	7.468803	3.504207
N.SUBBASIN 20 43.71604	8.783962	A=384 24.556	P=105 5.07207	25.12634	7.597956
N.SUBBASIN 21 54.0215	7.478504	A=404 29.10406	P=123 4.529452	30.01925	6.66383
N.SUBBASIN 22 37.32996	4.420042	A=165 19.80422	P=83.5 2.72759	20.49284	3.97607
N.SUBBASIN 23 47.31973	2.430277	A=115 23.47355	P=99.5 1.652601	24.77759	2.19925
N.SUBBASIN 24 37.51281	8.237186	A=309 21.30944	P=91.5 4.698037	21.75651	7.065397
N.SUBBASIN 25 57.96755	11.78246	A=683 32.60772	P=139.5 6.792765	33.35592	10.18076

جدول شماره ۳: تعداد آبراهه‌ها برای درجات مختلف آبراهه در زیر حوضه‌های آجی چای

ردیف	نام حوضه	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۴	درجه ۵
۱	بیوک چای	۲۷	۸	۲	۱	–
۲	آغمیون چای	۴۷	۹	۲	۱	–
۳	وانق چای	۴۸	۱۲	۴	۱	–
۴	پیسلرچای	۲۲۸	۵۵	۱۲	۳	۱
۵	–	۸	۲	۱	–	–
۶	–	۳	۱	–	–	–
۷	–	۳۴	۷	۲	۱	–
۸	چکی چای	۲۰۸	۴۶	۹	۲	۱
۹	–	۱۴	۵	۲	۱	–
۱۰	–	۱۲	۳	۱	–	–
۱۱	–	۷	۳	۱	–	–
۱۲	اوجان چای	۷۶	۱۷	۵	۱	–
۱۳	–	۱۹	۶	۲	۱	–
۱۴	کرچای	۵۴	۱۳	۳	۱	–
۱۵	–	۱۳	۶	۲	۱	–
۱۶	سرند چای	۸۹	۲۶	۷	۲	۱
۱۷	نهند چای	۸۳	۱۶	۶	۲	۱
۱۸	سعید آباد چای	۲۴	۷	۳	۱	–
۱۹	–	۱۹	۵	۲	۱	–
۲۰	کمورچای	۶۹	۲۰	۵	۲	۱
۲۱	مهران رود	۱۸	۳	۱	–	–
۲۲	–	۱۴	۴	۱	–	–
۲۳	زینجناب چای	۷	۱	–	–	–
۲۴	اسکوچای	۳۳	۸	۳	۱	–
۲۵	سینخ چای	۶۶	۱۹	۸	۲	۱

جدول شماره ۴: نتایج نسبت انشعاب در زیر حوضه‌های رودخانه آجی چای

ردیف	نام حوضه	نسبت انشعاب				
۱	بیوک چای	۳/۴	۴	۲	–	۳
۲	آغمیون چای	۵/۲	۴/۵	۲	–	۳/۶
۳	وانق چای	۳/۴	۳/۵	۴	–	۳/۶
۴	پیسلر چای	۴/۱	۲/۶	۴	۳	۳/۹
۵	–	۴	۲	–	–	۴/۸
۶	–	۳				۳
۷	–	۴/۸	۳/۵	۲	–	۳/۲
۸	چکی چای	۴/۵	۵/۱	۴/۵	۲	۳/۸
۹	–	۲/۸	۴/۵	۲	–	۴/۴
۱۰	–	۴	۳	–	–	۳/۵
۱۱	–	۴/۳	۳	–	–	۴/۶
۱۲	اوجان چای	۴/۵	۳/۴	۵	–	۴/۲
۱۳	–	۳/۲	۳	۲	–	۴/۷
۱۴	کرچای	۴/۱	۴/۳	۳	–	۳/۷
۱۵	–	۳/۲	۳	۲	–	۴/۵
۱۶	سرند چای	۳/۴	۳/۷	۳/۵	۲	۳/۱
۱۷	نهند چای	۵/۲	۴/۷	۳	۲	۳/۱
۱۸	سعید آباد چای	۳/۴	۴/۳	۳	–	۴/۸
۱۹	–	۳/۸	۴/۵	۲	–	۴/۶
۲۰	کمورچای	۳/۴	۴	۴/۵	۲	۴/۹
۲۱	مهران رود	۶	۳	–	–	۴/۲
۲۲	–	۳/۵	۴	–	–	۳/۷
۲۳	زینجناب چای	۷	–	–	–	۷
۲۴	اسکوچای	۴/۱	۴/۷	۳	–	۳/۲
۲۵	سینخ چای	۳/۵	۴/۴	۴	۲	۴/۹

جدول ۵ : طول قطعات آبراهه‌ها با درجات مختلف به واحد کیلومتر در زیر حوضه‌های آجی چای

ردیف	نام حوضه	درجه۱	درجه۲	درجه۳	درجه۴	درجه۵	آبراهه اصلی
۱	بیوک چای	۴۳/۵	۲۰	۲۱	۲۱	-	۴۳/۵
۲	آغمیون چای	۳۴	۲۱	۵	۳۴/۵	-	۴۱
۳	وانق چای	۳۱/۵	۳۵	۳۲/۵	۱۶	-	۳۳/۵
۴	پسار چای	۱۵۲	۹۲	۵۷/۵	۸۸	۸	۵۰/۵
۵	-	۱۲	۲/۵	۱۱/۵	-	-	۱۳/۵
۶	-	۶	۹		-	-	۷/۵
۷	-	۳۲	۱۵	۲۰	۵	-	۲۴/۵
۸	چکی چای	۱۳۹	۷۲/۵	۴۷	۵۸/۵	۱۳	۵۰/۵
۹	-	۹	۵/۵	۲	۲/۵	-	۹
۱۰	-	۱۴/۵	۱۱	۶	-	-	۱۰/۵
۱۱	-	۱۰	۶	۱/۵	-	-	۶/۵
۱۲	اوجان چای	۸۶	۷۱	۳۹	۵۰	-	۷۱/۵
۱۳	-	۲۰/۵	۹	۶/۵	۱۰	-	۲۱
۱۴	کرچای	۶۳	۲۶/۵	۲۵/۵	۱۶	-	۳۳
۱۵	-	۲۲	۱۱	۱۹	۲/۵	-	۲۴
۱۶	سرند چای	۱۴۰/۵	۷۹	۱۶/۵	۱۷	۲۲/۵	۴۱
۱۷	نهند چای	۶۴	۳۵/۵	۲۲/۵	۳۶/۵	۳	۴۶/۵
۱۸	سعیدآبادچای	۶۲	۲۱/۵	۳۶	۲۲	-	۵۳
۱۹	-	۱۴/۵	۵/۵	۳	۹	-	۱۴/۵
۲۰	کمورچای	۶۵	۵۵/۵	۳۳/۵	۲۱	-	۴۳
۲۱	مهران چای	۶۸	۲۲/۵	۲۲/۵	-	-	۵۹
۲۲	-	۳۷/۵	۱۸/۵	۳۰	-	-	۳۸
۲۳	زینجناب چای	۱۳/۵	۲۲	-	-	-	۴۷
۲۴	اسکوچای	۴۹	۵۲	۳۱/۵	۱۶	-	۴۲
۲۵	سینخ چای	۱۱۰	۶۸/۵	۴۰/۵	۱۵/۵	۲۹	۶۱/۵

جدول ۶: نتایج نسبت طول در زیر حوضه‌های رودخانه آجی چای

ردیف	نام حوضه	نسبت طول				
۱	بیوک چای	۲/۱۷	۰/۹۵	۱	-	۱/۴۹
۲	آغمیون چای	۱/۶۲	۴/۲	۰/۱۵	-	۱/۶۹
۳	وانق چای	۰/۹	۱/۰۷	۲	-	۱/۲۵
۴	پسارچای	۱/۶۵	۱/۶۱	۰/۶۵	۱۱	۲/۸
۵		۵/۶	۰/۲۲	-	-	۳
۶	-	۰/۶۶	-	-	-	۰/۶۶
۷	-	۲/۱۳	۰/۷۵	۴	-	۲/۱
۸	چکی چای	۱/۹۲	۱/۵۲	۰/۸۰	۲/۵	۱/۹۶
۹	-	۱/۶	۲/۷	۰/۴۴	-	۱/۶
۱۰	-	۱/۳۲	۱/۸۳		-	۱/۵
۱۱	-	۱/۷	۴	-	-	۲/۴
۱۲	اوجان چای	۱/۲	۱/۸	۰/۷۸	-	۱/۳
۱۳	-	۲/۳	۳/۶	۰/۶۵	-	۲/۱
۱۴	کرچای	۲/۴	۱/۰۳	۱/۵۹	-	۱/۸
۱۵	-	۲/۲	۰/۵۸	۷/۶	-	۲/۹
۱۶	سرندچای	۱/۷۷	۴/۷۸	۰/۹۷	۰/۶۹	۲/۷
۱۷	نهند چای	۱/۸	۱/۵۷	۰/۶	۱۲/۱	۲/۲
۱۸	سعیدآبادچای	۱/۵	۱/۱	۱/۵	-	۱/۴
۱۹	-	۲/۶	۱/۸	۰/۳۳	-	۱/۷
۲۰	کمورچای	۱/۲	۱/۶۶	۱/۰۶	-	۱/۴
۲۱	مهران رود	۳	۰/۵	-	-	۱/۹
۲۲	-	۲	۰/۶	-	-	۱/۳
۲۳	زینجناب چای	۰/۳	-	-	-	-
۲۴	اسکوچای	۰/۹۴	۱/۶۵	۱/۹	-	۱/۴
۲۵	سینخ چای	۱/۶	۱/۷	۲/۶	۰/۵	۱/۶

منابع و مآخذ:

۱ـ نقشه‌های چهارگوش زمین شناسی میانه، اهر، تبریز، پلدشت و ارومیه. مقیاس ۲۵۰۰۰۰ : ۱، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین شناسی کشور.

2- Abrahams, Athol.D., "Channel networks : A geomorphological perspective", *Water Resources Research*, 20(2), 1984,p.161.

3- De villiers, A.B. , *A multivariate evalution of a group of drainage basin variables - A south african case study, in international geomorphology*, ed by V. Gardiner, part, John Wiley, 1987,p.21.

4- Goudie, A. and etal. *Geomorphological techniques*, Unwin Hyman, 1990 p.12.

5- Horton, R.E. *Erosional development of streams and their drainage basins- hydrophysical approach to quantitative morphology, in drainage basin morphology*, ed by S.A. Schumm. 1957, p. 290-291, 303.

6- Rogers, W.F.and V.P. Singh., Some geomorphic relationships and hydrograph analysis, *Water Resources Bulletin*, 22(5), p.777.

7- Schumm, S.A. and etal. *Experimental fluvial geomorphology*, Johnwiley, 1978, p.11.

8- Shimano, Y. , Characteristics of the stream network composition of drainage basins in the Japanese Islands, *Environmental Geology and water Sciences*, 20(1), 1992, p. 13.

9- Smart, J,S., *Channel networks, in Advances in hydrosciences*, ed by V.T.Chaw, 1972, p.305,307 and 309.

10- Strahler, Arthur.N. , *Quantitative analysis of watershed geomorphology. in drainage basin morphology*, ed by S.A.Schumm. 1957, p. 169- 170.

11- Strahler, Arthur.N., *Quantitative geomorphology of drainage basin and channel network. in Applied hydrology*, ed by V.T.Chawsection 4-11. McGrawhill, 1964, pp.4 - 43, 4 - 45.