

## بررسی شاخص‌های هیدروژئومورفولوژی و هیدروولوژی حوضه آبریز تروال

هادی نیری<sup>۱\*</sup>

خبات امانی<sup>۲</sup>

حمید گنجائیان<sup>۳</sup>

### چکیده

مطالعات و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مورفولوژیکی رودخانه‌ها از جمله‌ی اولین و مهم‌ترین اقدامات در طراحی و اجرای طرح‌های هیدروولوژیکی به شمار می‌آید. از اهداف پژوهش حاضر بررسی مشخصه‌های فیزیکی حوضه آبریز تروال و ویژگی‌های هیدروولوژی، هیدروگرافی و هیدروژئومورفولوژی آن با استفاده از روش‌های آماری و نرم‌افزاری جهت نیل به اطلاعات مناسب برای برنامه‌ریزی‌ها و اجرای طرح‌های عمرانی و آب‌خیزداری می‌باشد. رودخانه‌ی تروال از زیرحوضه‌های دریای خزر بوده که مساحت حوضه آبریز آن تا محل تلاقی آن با رودخانه‌ی قزل‌اوزن ۶۹۵۵ کیلومترمربع می‌باشد. با توجه به آمارهای موجود بین سال‌های ۹۰-۱۳۵۰ میانگین دمای سالانه ایستگاه‌های هواشناسی و سینوپتیک حوضه‌ی ۱۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و بارش سالانه ۳۵۲ میلی‌متر است که نشان‌دهنده‌ی نیمه خشک بودن شرایط اقلیمی حوضه می‌باشد. محاسبات صورت گرفته نشان می‌دهد که تراکم شبکه زهکشی در این حوضه کم بوده و تعداد آبراهه‌ها در واحد سطح اندک می‌باشد. با توجه به اینکه سطح حوضه‌ی مورد مطالعه دارای پوشش گیاهی تنک و در مواردی نسبتاً متراکم است، ضریب رواناب ۰/۳۵ درصد، زمان تأخیر حوضه ۱/۶۵ ساعت، و زمان تمرکز آن ۲/۷۵ ساعت است. نتایج به دست آمده مؤید آن است که تحت تأثیر عواملی مانند میزان بارندگی، شیب کم حوضه، رسوبات دانه ریز منفصل و نفوذ زیاد، میزان رواناب حوضه بسیار ناچیز بوده و بارندگی در این منطقه به سرعت فروکش می‌کند به همین دلیل میزان فرسایش‌پذیری خاک در این حوضه بسیار اندک و قابل کنترل می‌باشد. به علاوه منحنی تغییرات دبی سیل با گذشت زمان انحنا می‌ماید که حاکی از مصونیت نسبی حوضه در مقابل خطر سیل است.

**کلمات کلیدی:** هیدروژئومورفولوژی، هیدروگراف، سیستم اطلاعات جغرافیایی، رواناب، رودخانه تروال.

## مقدمه

رودخانه‌ی تروال از شاخه‌های رودخانه قزل‌اوزن بوده که از کوه‌های جنوبی شهرستان‌های قروه و دهگلان سرچشمه می‌گیرد و در نهایت به سفیدرود می‌ریزد. این رودخانه جزو زیرحوضه‌های دریای خزر می‌باشد. حوضه‌ی تروال از نظر منابع آب زیرزمینی بسیار غنی است و چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق زیادی در دشت‌های موجود در آن حفر شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. همچنین طرح‌هایی مانند تغذیه آبخوان‌ها و پخش سیلاب و همچنین عملیات ساماندهی و مهندسی رودخانه در این مناطق قابل اجرا هستند. این طرح‌ها می‌توانند موجب افزایش ظرفیت بهره‌برداری از آب‌های سطحی و زیرزمینی و افزایش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی گردند. در حال حاضر عملیات اجرایی سدهای گلباغ، سیاه زاغ، سنگ‌سیاه و چراغ ویس و همچنین مطالعات سدهای آله دره و سورال در دست انجام است که می‌تواند در گسترش فعالیت‌های اقتصادی مرتبط با بخش آب و کشاورزی در این نواحی مؤثر باشد.

در زمینه‌ی شرایط و ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌های آبریز مطالعات و بررسی‌های فراوانی اعم از خارجی و داخلی صورت گرفته است. پوژول و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) به مطالعه‌ی هیدرودینامیک و مورفولوژی رودخانه‌ی ابرو<sup>۲</sup> در شمال شرق اسپانیا پرداختند و دریافتند که رودخانه در بازه‌ی مورد مطالعه از سه منطقه‌ی متفاوت از نظر هیدرودینامیکی تشکیل شده که این شرایط تا حدود زیادی از مورفولوژی رودخانه تأثیر می‌پذیرد. تورن<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) به لزوم مطالعه‌ی رفتار مورفولوژیکی رودخانه‌های بزرگ پرداخته و یک چارچوب مطالعاتی در این زمینه ارائه نموده که بر پایش منظم مشخصات مورفولوژیک رودخانه با استفاده از روش‌های نوین تأکید دارد.

در ایران نیز قهرودی در سال ۱۳۹۰ در بررسی تحولات کواترنر و ضرورت مطالعات به هم پیوسته آب و خاک در رودخانه‌ی قزل‌اوزن نشان داد که برای مدیریت به هم پیوسته آب و خاک در حوضه‌ی قزل‌اوزن شناخت دلایل فرسایش و رسوب‌زایی و به بیان دیگر تحولات کواترنر ضروری است. عزتیان و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی خصوصیات هیدروژئومورفولوژی حوضه‌ی آبخیز خیرآباد به این نتیجه رسیدند که واکنش هیدرولوژیک حوضه‌های آبخیز از جمله دبی و حداکثر سیلاب، مقدار رواناب سالانه، پتانسیل فرسایش‌پذیری، رسوب‌دهی و غیره ناشی از اثر متقابل عوامل اقلیمی، ژئومورفولوژی، فیزیوگرافی و آنتروپوژنیک است در این میان برخی از خصوصیات فیزیکی حوضه همچون مساحت و شیب متوسط، شیب رودخانه، تراکم زهکشی و ضرایب شکل از اهمیت خاصی برخوردارند. زمردیان و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی لندفرم‌های هیدروژئومورفولوژیک

1- Pujol et al.,

2- Ebro

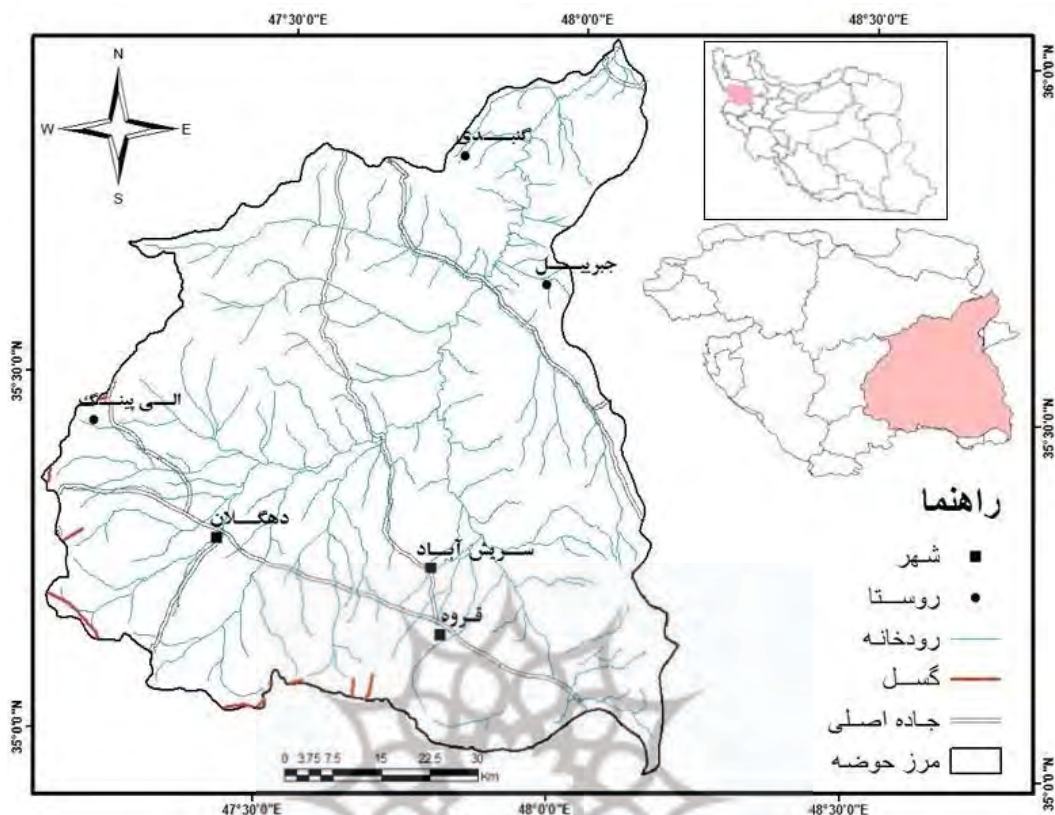
3-Thome

حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی مهارلو بر مبنای روابط تعاملی فرایندهای مورفوتکتونیک، مورفوکلیماتیک و هیدرومورفیک و واحدهای ژئومورفیک به این نتیجه رسیدند که فرایندهای پالئوهیدرومورفوتکتونیک، لندفرم‌ها و ناهمواری‌های معکوس نظیر، کلوزها و دره‌های عرضی، ناودیس‌های معلق و غیره را ایجاد نموده‌اند. عابدینی (۱۳۸۷) با بررسی کمی مسائل هیدروژئومورفولوژی حوضه‌ی آبریز ليقوان نتیجه گرفت که مورفومتری سیستم زهکشی، شکل هندسی حوضه و شاخص‌هایی مانند پوشش گیاهی میزان استعداد حوضه به فرسایش خطی به ویژه خندقی را افزایش داده است که نتیجه آن تخریب و برداشت حجم زیادی از سازندهای خاکی منطقه است. در مورد تغییر شکل مجرای رودخانه‌ی تروال نیز نیری و همکاران (۱۳۹۴) به این نتیجه رسیدند که عواملی نظیر شیب، زمین‌شناسی، گسل‌ها، ورود شاخه‌ی جدید به رود اصلی و همچنین عوامل انسانی در تغییر شکل رودخانه از یک مجرا به مجرای دیگر مؤثرند.

پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های هیدرولوژی، هیدروگرافی و هیدروژئومورفولوژی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی تروال، جهت شناخت بیشتر منطقه برای مدیریت و برنامه‌ریزی کارآمدتر صورت می‌گیرد که می‌تواند برای برنامه‌ریزان، طراحان و مهندسان آبخیزداری و عمران و توسعه‌ی روستایی و کشاورزی و غیره حائز اهمیت است.

### موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی رودخانه‌ی تروال

حوضه‌ی آبریز رودخانه تروال با مساحت ۶۹۵۵ کیلومتر مربع از نظر موقعیت جغرافیایی بین طول  $۵۳^{\circ} ۰۶' ۴۷''$  تا  $۴۸^{\circ} ۱۲' ۴۸''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $۳۴^{\circ} ۵۴' ۲۰''$  تا  $۳۶^{\circ} ۰۰' ۱۰''$  شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). از نظر عناصر اقلیمی میانگین دمای سالانه‌ی ایستگاه‌های هواشناسی و سینوپتیک این حوضه در یک دوره‌ی ۵۰ ساله  $۱۲/۵$  درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین بارش نیز ۳۵۲ میلی‌متر بوده است که نشان‌دهنده‌ی خشک بودن شرایط اقلیمی حوضه می‌باشد. بارندگی حوضه بیشتر به صورت باران بوده و به دلیل دمای بالا و اقلیم نیمه خشک منطقه، درصد کمی از بارش آن در ارتفاعات به صورت برف بوده و در ماه‌های اولیه سال ذوب می‌شود.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز تروال

## مواد و روش‌ها

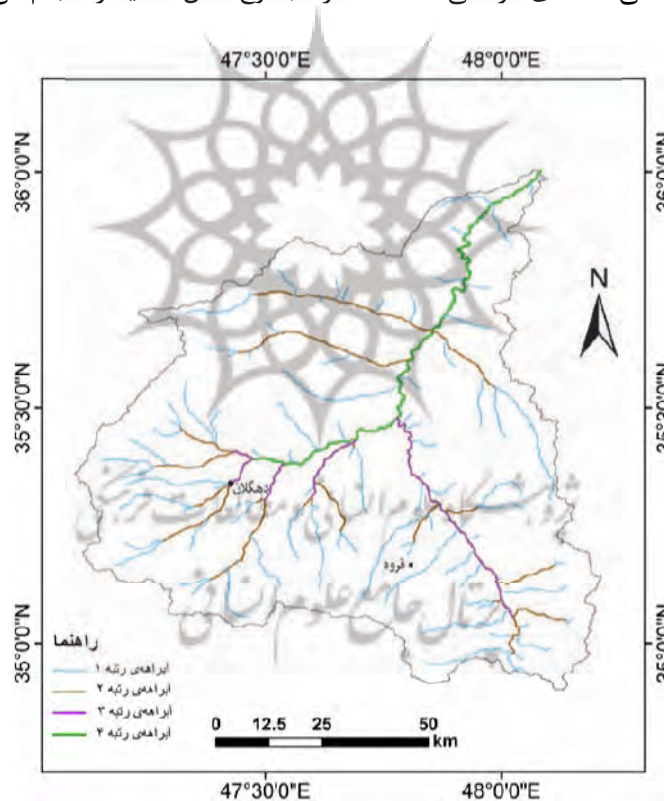
در این پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای، تجربی و توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. جهت دستیابی به اهداف تحقیق از ابزارهایی مانند نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، دستگاه موقعیت‌یاب جهانی و همچنین لایه‌های اطلاعاتی منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده شده است. همچنین آمارهای هیدرومتری، هیدرولوژی و هواشناسی حوضه از سازمان‌های آب منطقه‌ای و هواشناسی استان کردستان گردآوری گردیده و سپس در محیط نرم‌افزار Excel وارد شده و تفسیر و تشریح شده‌اند. جهت نیل به اهداف تحقیق ابتدا نقشه‌ها و داده‌های مورد نظر با استفاده از برنامه‌ی سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج و تجزیه و تحلیل شدند. سپس اطلاعات مربوط به مشخصه‌های اصلی حوضه مانند خصوصیات فیزیکی، عامل فرم، ارتفاع، نیم‌رخ طولی رودخانه‌ی اصلی، خطوط هم‌پیمایش، دبی رواناب، منحنی برآورد سیل، هیدروگراف دبی، منحنی فروکش دبی سالانه، منحنی تداوم جریان و غیره با استفاده از روش‌ها و فرمول‌های مرسوم و موجود در منابع معتبر علمی استخراج شد. بعلاوه با انجام چندین نوبت کارهای میدانی، عوارض و اشکال موجود در نقشه‌ها با شرایط محیط تطبیق داده شده است. سرانجام با مطالعه‌ی منابع کتابخانه‌ای و تحلیل

آمارهای اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه، تفسیر و تبیین هیدروژئومورفولوژی حوضه صورت گرفته است. در نهایت نتایج به دست آمده در قالب نقشه‌ها، نمودارها و جداولی ارائه شده و بر مبنای آنها تحلیل‌ها صورت گرفته است.

## بحث و نتایج

### ۱- شبکه‌ی زهکشی

از روش‌های رتبه‌بندی به عنوان یک پارامتر اساسی در تحلیل‌های مورفومتریک شبکه آب‌ها استفاده می‌شود و جهت انجام محاسبات و تحلیل‌های کمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از بین روش‌های رتبه‌بندی شیوه‌ی معمول استرالر در درجه‌بندی آبراهه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شده است (شکل ۲). منطقه‌ی مورد مطالعه دارای الگوی زهکشی شاخه‌ی درختی است که در مجموع عمل تخلیه را انجام می‌دهند.



شکل (۲) نقشه‌ی هیدروگرافی منطقه‌ی پژوهش و رتبه‌بندی آبراهه‌ها به روش استرالر

– نسبت انشعاب: نسبت بین تعداد شاخه‌های هر رتبه رود به تعداد شاخه‌های رتبه بالاتر را نسبت انشعاب گویند (علیزاده، ۱۳۸۹: ۴۷۲). تعداد انشعابات هر کدام از شاخه‌ها در جدول نشان داده شده است (جدول ۱)،

که با توجه به تعداد انشعابات نسبت انشعاب در حوضه آبریز تروال ۳/۴۸ می‌باشد که بیانگر مخروطی بودن شکل حوضه و احتمال زیاد وقوع سیل می‌باشد.

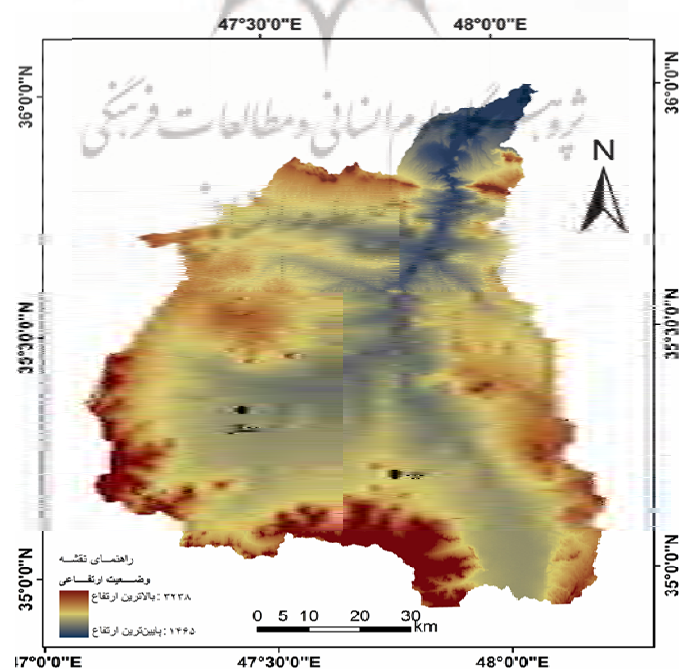
جدول (۱) رده‌بندی آبراهه‌ها، مقادیر طول آبراهه‌ها، تراکم زهکشی و نسبت انشعاب واحدهای هیدرومورفولوژیک

تراکم آبراهه	نسبت انشعاب	مجموع طول آبراهه (km)	تعداد انشعاب رتبه ۴	تعداد انشعاب رتبه ۳	تعداد انشعاب رتبه ۲	تعداد انشعاب رتبه ۱	مساحت (km <sup>2</sup> )
۰/۱۸۹	۳/۴۸	۱۳۱۸	۱	۲۵	۱۹	۹۸	۶۹۵۵

– تراکم آبراهه: تراکم آبراهه‌ای بیانگر نسبت طول آبراهه به مساحت حوضه است که در واقع نشان‌دهنده میزان آبراهه در واحد سطح می‌باشد. تراکم آبراهه در حوضه مورد مطالعه ۰/۱۸۹ کیلومتر بر کیلومتر مربع می‌باشد که بیانگر پایین بودن ضریب زهکشی در حوضه است.

## ۲- خصوصیات فیزیکی حوضه

– ارتفاع حوضه: ارتفاع حوضه که نسبت به سطح دریا نشان داده می‌شود پارامترهای اقلیمی را به دست می‌دهد. مقدار ارتفاع میانه‌ی حوضه ارتفاعی است که ۵۰ درصد مساحت بالاتر از آن و ۵۰ درصد از مساحت پایین‌تر از آن قرار دارد. در حوضه آبریز تروال ارتفاع میانه‌ی حوضه ۱۹۴۲ متر از سطح دریا به دست آمده که نسبت به ارتفاع میانه بسیاری از نقاط ایران ارتفاع بالایی را نشان می‌دهد و با استفاده از ارتفاع و منحنی هیپسومتری و ارتفاع متوسط حوضه آبریز رسم شد (شکل ۳).



شکل (۳) نقشه‌ی وضعیت ارتفاعی حوضه آبریز تروال

$$H = \frac{\sum(a.n)}{A} = 1942 \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

در رابطه‌ی (۱) H: میانه حوضه؛ a: مساحت بین خطوط تراز؛ h: ارتفاع متوسط بین خطوط تراز؛ A: مساحت حوضه؛ (علیزاده، ۱۳۸۹: ۴۸۷)

– **منحنی هیپسومتری:** داشتن منحنی هیپسومتری در هیدرولوژی کاربرد فراوان دارد از جمله این که می‌توان از طریق آن مساحت سطوح پوشیده از برف را اندازه‌گیری کرده و یا با داشتن ارتفاع متوسط حوضه مقادیر دما، بارندگی و تبخیر در سطح حوضه را تخمین زد (علیزاده، ۱۳۸۹: ۴۸۷). برای رسم منحنی هیپسومتری به مساحت بین خطوط تراز، مساحتی از حوضه که بالاتر از تراز قبل از آن قرار دارد و درصدی از مساحت حوضه که بالاتر از تراز قبل از آن قرار دارد نیاز می‌باشد که در جدول (۲) این ارقام محاسبه شده و همچنین در شکل (۴) نمودار هیپسومتری حوضه نشان داده شده است.

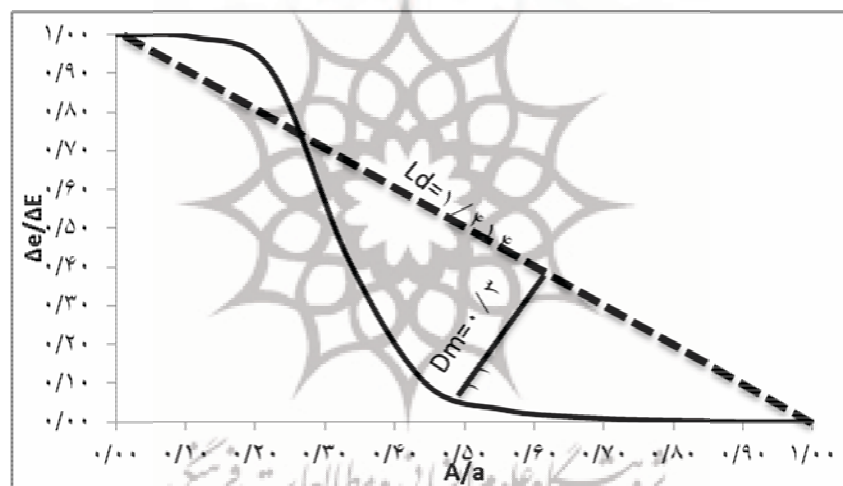
جدول (۲) جدول هیپسومتری حوضه‌ی آبریز تروال

ارتفاع	مساحت بین ۲ خط تراز	مساحتی از حوضه که بالاتر از تراز قبل از آن قرار دارد	درصدی از مساحت حوضه که بالاتر از تراز قبل از آن قرار دارد
۱۵۶۸	۴۸	۶۹۵۵	۱۰۰
۱۷۴۰	۵۹۰	۶۹۰۷	۹۹/۳
۱۹۱۲	۳۳۹۵	۶۳۱۷	۹۰/۸
۲۰۸۴	۲۲۳۴	۲۹۲۲	۴۲
۲۲۵۶	۴۷۴	۶۸۸	۹/۹
۲۴۲۸	۱۳۷	۲۱۴	۳/۱
۲۶۰۰	۵۴	۷۸	۱/۱
۲۷۷۲	۲۰	۲۴	۰/۳۵
۲۹۴۴	۴	۴	۰/۰۶
۳۱۸۹	۰	۰	۰

– **منحنی هیپسومتری بی‌بعد:** غالباً منحنی‌های هیپسومتری به صورت بی بعد نیز رسم می‌شوند تا بتوانند برای حوضه‌هایی که اطلاعات فیزیکی از آنها در دست نیست مورد استفاده قرار گیرند (علیزاده، ۱۳۸۹: ۴۹۰). برای این منظور کافی است در منحنی هیپسومتری اعداد محور افقی را بر مساحت حوضه و ارقام محور عمودی را بر بلندترین ارتفاع حوضه تقسیم کرد تا هر دو محور اعدادشان از صفر تا ۱ باشد. از روی این منحنی می‌توان نمایه‌های نسبت مساحت هیپسومتریک و عامل نیم‌رخ حوضه را به دست آورد. برای رسم هیپسومتری بی بعد در محور عمودی  $\Delta e/\Delta E$  و در محور افقی  $A/a$  استفاده می‌شود که در جدول (۳) مقادیر مربوطه نشان داده شده و همچنین در شکل (۵) منحنی بی بعد آن ترسیم شده است.

جدول (۳) مقادیر هیپسومتری بی بعد حوضه‌ی آبریز تروال

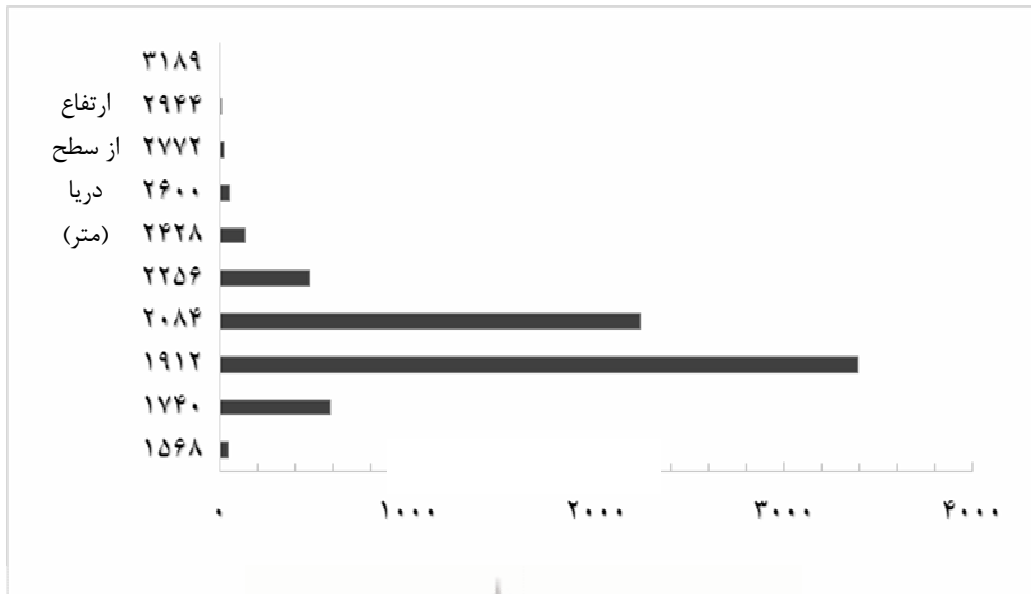
ارتفاع	مساحت	A/a	$\Delta e/\Delta E$
۱۵۶۸	۴۸	۱	۰
۱۷۴۰	۵۹۰	۰٫۹۹۳	۰٫۱۱۱
۱۹۱۲	۳۳۹۵	۰٫۹۰۸	۰٫۲۲۲
۲۰۸۴	۲۲۳۴	۰٫۴۲۰	۰٫۳۳۳
۲۲۵۶	۴۷۴	۰٫۰۹۹	۰٫۴۴۴
۲۴۲۸	۱۳۶	۰٫۰۳۰	۰٫۵۵۵
۲۶۰۰	۵۴	۰٫۰۱۱	۰٫۶۶۶
۲۷۷۲	۲۰	۰٫۰۰۳	۰٫۷۷۷
۲۹۴۴	۴	۰٫۰۰۱	۰٫۸۸۸
۳۱۸۹	۰	۰	۱



شکل (۵) نمودار هیپسومتری بی بعد حوضه‌ی آبریز تروال

– عامل نیم‌رخ حوضه: اگر دو نقطه ابتدا و انتهای منحنی بی بعد هیپسومتری را به هم وصل کنیم و طول این خط و حداکثر فاصله‌ی آن تا منحنی هیپسومتری را بر هم تقسیم کنیم عامل نیم‌رخ حوضه به دست می‌آید که همان‌گونه در شکل (۵) نشان داده شده است این شاخص برای حوضه‌ی تروال ۰/۰۸ می‌باشد. همان‌طور که در نمودار آلتی متری حوضه دیده می‌شود (شکل ۶)، بیشترین مساحت حوضه در ارتفاع ۱۹۱۲ تا ۲۰۸۴ قرار دارد. در نمودار هیپسومتری نیز مشاهده می‌شد که متوسط ارتفاع حوضه نیز در این منحنی میزان قرار دارد.

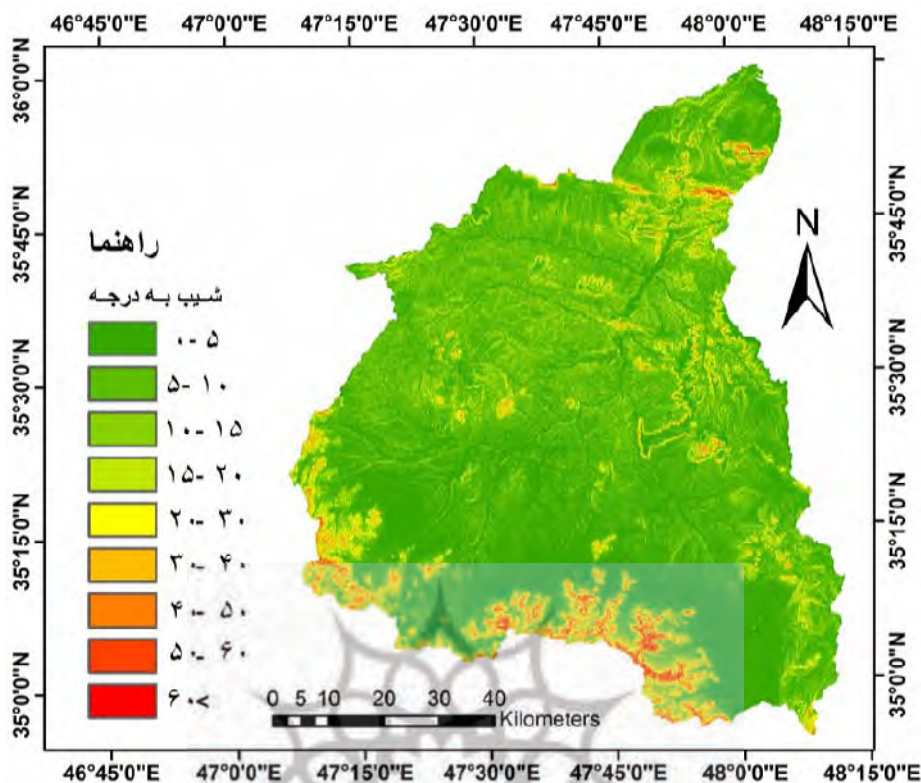




شکل (۶) نمودار آلتی متری حوضه‌ی آبریز تروال

### ۳. ارزیابی وضعیت شیب و جهت شیب حوضه

– شیب حوضه: درجه، طول، شکل و جهت شیب از جمله خصوصیات است که در فرسایش خاک دخالت دارند (رفاهی، ۱۳۸۸: ۱۱۲). با افزایش شیب عمومی سطح حوضه، فرصت لازم برای نفوذ کاهش یافته و با افزایش شیب حوضه، زمان تمرکز کاهش می‌یابد (نجمائی، ۱۳۶۹: ۱۵۵؛ خیری‌زاده آروق، ۱۳۹۱: ۴۳). شیب زیاد باعث تسریع جریان آب می‌شود و به همان نسبت، میزان فرسایش و هدر رفتن آب، افزایش پیدا می‌کند. طول دامنه نیز اهمیت دارد؛ چون هر قدر دامنه‌ی شیب، طول بیشتری داشته باشد، بر مقدار سیلاب و فرسایش افزوده خواهد شد. شکل دامنه و جهت شیب نیز مهم هستند، شیب اراضی حوضه، که با به دست آوردن تفاضل حداکثر ارتفاع و حداقل ارتفاع حوضه و تقسیم آن بر رادیکال مساحت به دست می‌آید این مقدار برای منطقه مورد نظر ۱۹٪ به دست آمد. در نقشه‌ی زیر که شیب حوضه را نشان می‌دهد (شکل ۷) ملاحظه می‌شود که شیب حوضه به جز در قسمت‌های جنوبی و خط‌الرأس‌ها غالباً یکنواخت بوده و این شیب کم باعث افزایش نفوذ بارندگی‌های ناچیز منطقه نیز هست که رواناب حوضه را به شدت کاهش می‌دهد.

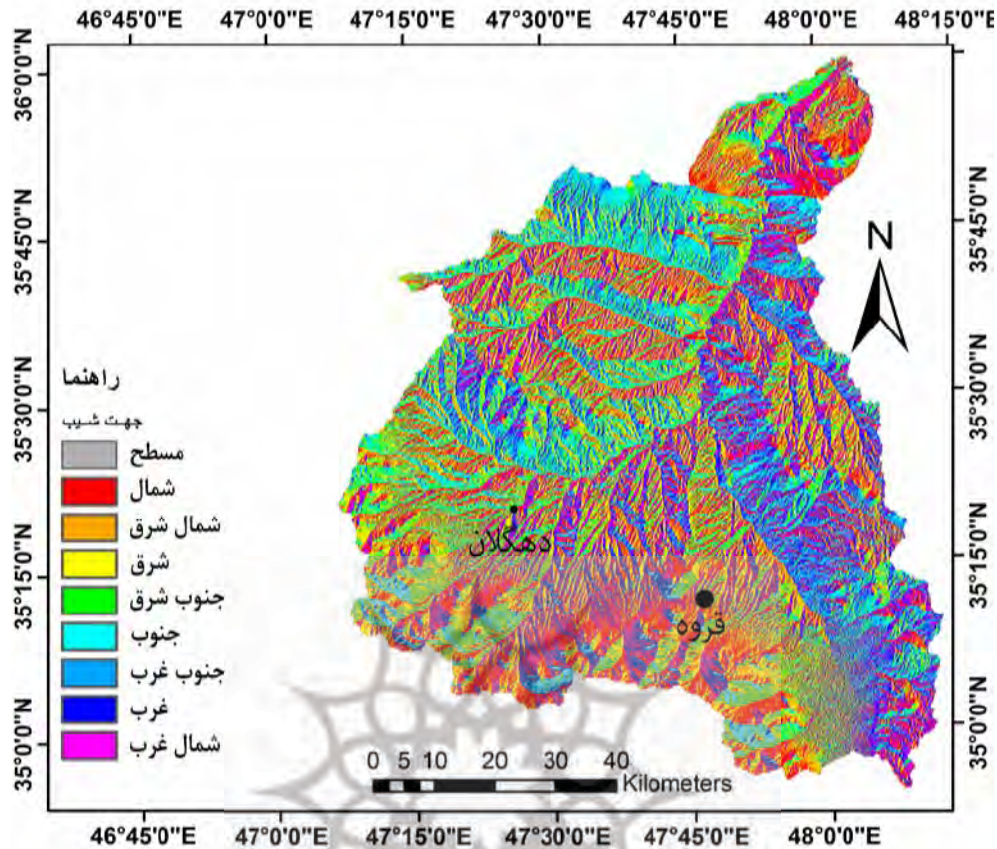


شکل (۷) نقشه‌ی شیب حوضه‌ی آبریز تروال

– جهت شیب حوضه: عامل جهت شیب بر بعضی از فرایندهای هیدرولوژیک مانند ذوب برف و تنوع پوشش گیاهی تأثیرگذار است. در حوضه‌ی تروال غالب شیب‌های حوضه در جهت شمال و شمال شرقی قرار دارند (شکل ۸؛ جدول ۴) که به دلیل قرار داشتن حوضه در نیمکره شمالی انرژی کمتری را از خورشید دریافت می‌کند اما به دلیل اینکه بارش‌های منطقه اکثراً از نوع باران است در نتیجه جهت شیب تأثیر چندانی روی فرایند هیدرولوژیک و ژئومورفولوژیک ندارد و به نظر می‌رسد که جهت شیب اثر مستقیمی در آب‌دهی و فرسایش دارد شیب‌های هم‌درجه ولی با جهات متفاوت یک منطقه معمولاً به طور یکسان دارای خطر فرسایش نیستند، اثر عمده جهت شیب در میزان آب‌دهی در فرسایش به علت اختلاف میکروکلیمای موجود در شیب‌های مختلف است.

جدول (۴) محاسبه‌ی درصد مساحت هرکدام از جهتها

شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	مسطح	طبقه‌بندی جهت مساحت (درصد)
۲۱/۳	۱۴/۵	۱۰/۶	۸/۵	۷/۶	۹/۲	۱۰/۵	۱۰/۲	۷/۶	

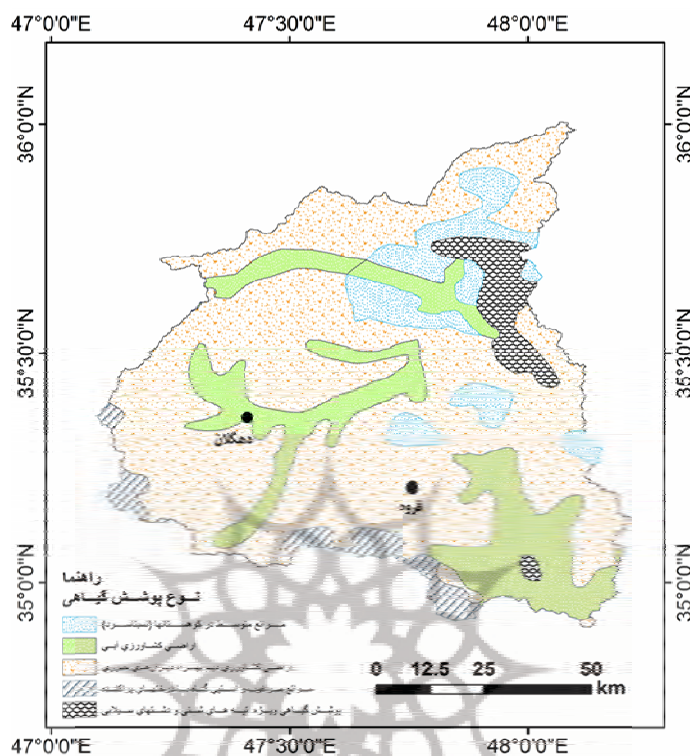


شکل (۸) نقشه‌ی جهت شیب حوضه‌ی آبریز تروال

#### ۴. وضعیت پوشش حوضه

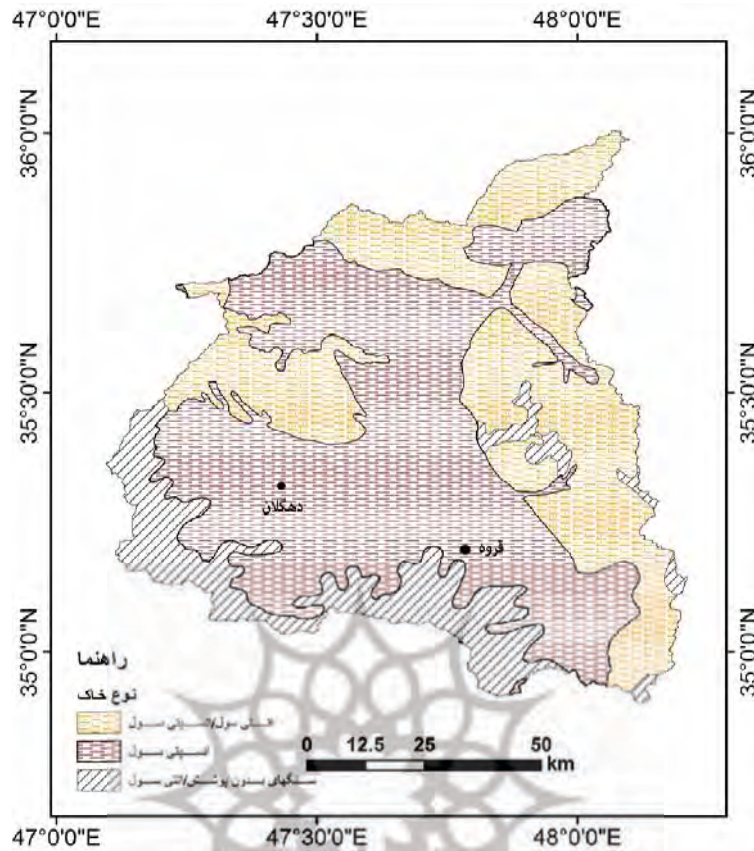
– پوشش گیاهی: وجود پوشش گیاهی در هر منطقه سرعت جریان‌های سطحی را کاهش داده و سبب نفوذ بیشتر آب به داخل خاک می‌گردد. در نتیجه تأثیر فراوانی بر کاهش سیلاب‌های مخرب خواهد داشت (همت‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۹). یک خاک پوشیده از گیاهان متراکم حداکثر مقاومت را در برابر جریان آب دارد، بنابراین در محدوده‌ای که گیاهان متراکم داشته باشد حتی با وجود بارندگی شدید و شیب‌های تند، فرسایش وجود نخواهد داشت و در صورت وجود هم بسیار کم خواهد بود. پوشش گیاهی قسمتی از باران را دریافت کرده و در خود نگه می‌دارد که بعداً تبخیر می‌شود و به این ترتیب از جمله آب‌دهی و در نتیجه از میزان فرسایش کاسته می‌شود (رفاهی، ۱۳۸۸: ۱۷۸). شکل (۹) پراکندگی انواع پوشش گیاهی حوضه تروال را نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌شود اکثر حوضه‌ی تحت بررسی را اراضی کشاورزی دیم و دیم زارهای خزری پوشش می‌دهد. در ارتفاعات جنوبی حوضه که بارندگی نسبتاً بیشتری دریافت می‌کنند و همچنین در مسیر آبراهه‌های اصلی قسمت‌های پایین‌دست زمین‌های کشاورزی آبی نیز به صورت پراکنده

دیده می‌شوند. سایر قسمت‌های حوضه مراتع مرغوب و متوسط و ضعیف می‌باشند، در نتیجه این حوضه قسمت زیادی از آب حاصل از بارندگی را نفوذ می‌دهد و مانع از فرسایش خاک می‌شود.



شکل (۹) نقشه‌ی وضعیت پوشش گیاهی حوضه آبریز تروال

– نوع خاک: همان‌گونه که در نقشه پوشش خاک حوضه نیز مشاهده می‌شود (شکل ۱۰)، اینسپتی سول‌ها پوشش عمده خاک منطقه را تشکیل می‌دهند، اینسپیتی سول‌ها خاک‌هایی هستند که نسبت به آنتی سول‌ها متکامل‌تر هستند، ممکن است این خاک‌ها برای استفاده‌های کشاورزی و غیرکشاورزی به طور گسترده مد نظر قرار گیرد. آنتی سول‌ها نیز در قسمت‌های وسیعی از حوضه به صورت پراکنده دیده می‌شوند. این خاک‌ها تکامل نیافته و جوان هستند و عوامل مختلفی از جمله سنگ مادری مقاوم به هوازدگی، شیب تند، رسوبات جدید و اخیر آبرفتی و رسوبات بادی، حاصلخیز نبودن و فرسایش زیاد که مانع از توسعه‌ی پروفیلی خاک می‌گردد، باعث عدم توسعه آن‌ها شده است. این خاک‌ها در زمین‌های سراشیب و صخره‌ای به وجود می‌آیند. این خاک‌ها معمولاً در نواحی کوهستان تشکیل می‌شود. وجود این‌گونه خاک‌ها حاکی از این نکته است که سطح زمین همواره از خاک‌های عمیق پوشیده نبوده و عملیات کشاورزی منجر به تشکیل خاک‌های عمیق گردیده‌اند. به عبارت دیگر خاک‌های عمیق و حاصلخیز زمانی آنتی سول بودند و در حقیقت آنتی سول‌ها خاک‌های حد فاصل می‌باشند که به مرور زمان پروفیل‌های کامل افق‌های مشخص از آن‌ها تشکیل یافته است.



شکل (۱۰) نقشه نوع خاک حوضه‌ی آبریز تروال

##### ۵. محاسبه‌ی زمان تأخیر، زمان تمرکز و میزان رواناب

زمان تأخیر: برای به دست آوردن زمان تأخیر از روش پیشنهادی سازمان حفاظت منابع طبیعی آمریکا برای حوضه‌های تروال استفاده شده است. زمان تأخیر بر حسب تعریف فاصله‌ی زمانی بین مرکز بارندگی تا اوج هیدروگراف است که زمان تأخیر حوضه ۱/۶۵ ساعت و زمان تمرکز آن ۲/۷۵ ساعت می‌باشد که نسبت به اعداد به دست آمده در روش‌های فوق بسیار به واقعیت نزدیک‌ترند.

$$T_{\log} = \frac{L^{0/8}(S+1)^{0/7}}{1900Y^{0/5}} \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

در رابطه‌ی (۲):  $L$ : طول آبراهه‌ی اصلی بر حسب فوت؛  $Y$ : متوسط شیب حوضه به درصد

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 - \frac{1000}{69} - 10 = 4/49$$

$CN$ : نمایه خصوصیات حوضه از نظر نفوذپذیری (علیزاده، ۱۳۸۹: ۴۹۸)

$$T_{\log} = \frac{59330/7^{0/8}(4/49+1)^{0/7}}{1900(19)^{0/5}} = 1/65$$

– زمان تمرکز: حداکثر زمانی که طول می‌کشد تا آب از دورترین نقطه حوضه‌ی مسیر هیدرولوژیکی خود را طی می‌کند تا به نقطه‌ی خروجی برسد (علیزاده، ۱۳۸۹: ۵۰۱). زمان تمرکز حوضه‌ی مورد مطالعه با استفاده از فرمول شواب به دست آمده است.

$$Tc = \frac{L^{0/8} \left[ \left( \frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0/7}}{4470(S)^{0/5}} \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

$$TC = \frac{180840^{0/8} \left[ \left( \frac{1000}{69} \right) - 9 \right]^{0/7}}{4470(2/4)^{0/5}} = 2/75$$

– مقدار رواناب: با توجه به روش شماره منحنی و نگهداشت رطوبت از طریق رابطه زیر به دست می‌آید. رواناب سطحی به مقدار بارندگی، نگهداشت آب در گودال‌ها و نیز نگهداشت رطوبت توسط خاک بستگی دارد (علیزاده، ۱۳۸۹: ۵۲۰). به دلیل میزان بارندگی ناچیز حوضه، شیب کم آن، رسوبات منفصل و نفوذ زیاد میزان رواناب حوضه‌ی تروال بسیار ناچیز است.

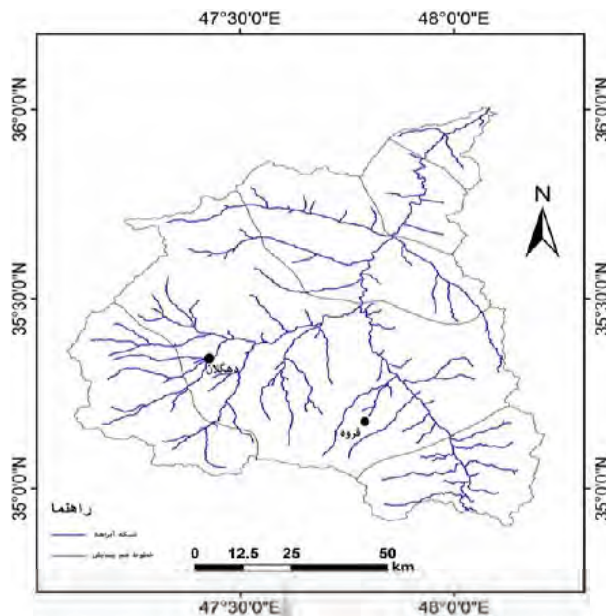
$$R = \frac{(P - 0/25)^2}{(P + 0/85)} \quad \text{رابطه‌ی (۴)}$$

در رابطه‌ی (۴): R: ارتفاع رواناب (اینچ); P: ارتفاع بارندگی (اینچ)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 114/1 \quad R = \frac{(44/9 - 0/2)114/11^2}{(44/9 + 0/8)114/11} = 3/5$$

#### ۶. خطوط هم پیمایش

شکل (۱۱) نقشه‌ی خطوط ایزوکرونال یا هم پیمایش حوضه را نمایش می‌دهد که از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج شده است. خطوط ایزوکرونال، خطوطی هستند که زمان تمرکز یکسانی دارند. فواصل این خطوط بر مبنای اعداد فرمول زمان تمرکز تعیین شده و بر روی خطوط زهکشی فواصل به صورت یکسان اندازه‌گیری شده و خطوط علامت‌گذاری شده‌اند.



شکل (۱۱) نقشه ایزوکرونال حوضه‌ی آبریز تروال

#### ۷. تحلیل و بررسی رواناب سطحی حوضه‌ی آبریز تروال

از روش‌های قابل اطمینان برای تخمین رواناب حوضه روش (مدت × مساحت) است که در آن شدت بارش را در یک بارندگی چند ساعته اندازه می‌گیرند (جدول ۵). با استفاده از مساحتی که بین خطوط ایزوکرونال وجود دارد میزان رواناب حوضه به دست می‌آید. رواناب به تدریج افزایش یافته و سپس کم می‌شود. البته با توجه به میزان کم بارندگی اعداد به دست آمده برای رواناب بسیار زیاد هستند که حاکی از مساحت زیاد حوضه می‌باشند. ضریب رواناب حوضه نیز از جدول ۱-۱۳ (علیزاده، ۱۳۸۹: ۵۳۴) به دست آمده و با توجه به شیب متوسط حوضه و پوشش حداکثری اراضی مرتعی آن و خاک‌های رسی لومی عدد ۰/۳۶ در نظر گرفته شده است.

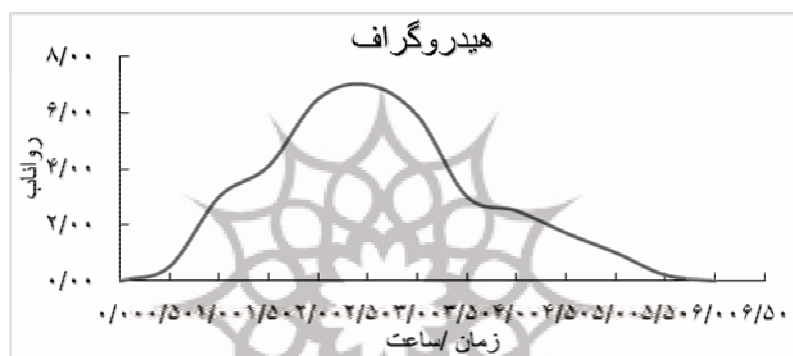
جدول (۵) شدت بارندگی حوضه

ساعت	شدت بارندگی
۱	۳
۲	۴
۳	۳/۵
۴	۲
۵	۱/۵
۶	۱

$$Q_1 = 0/278C(A_1 \times I_1) \quad Q_2 = 0/278C(A_2 I_2 + A_2 I_2) \quad A_1 I_1 + Q_2 = 0/278C(A_1 I_2 + A_2 I_2) \quad (5) \text{ رابطه‌ی}$$

$$Q_1 = 104/33 \quad Q_2 = 377/04 \quad Q_3 = 890/65 \quad Q_4 = 19397/4 \quad Q_5 = 2174/5 \quad Q_6 = 2124/1$$

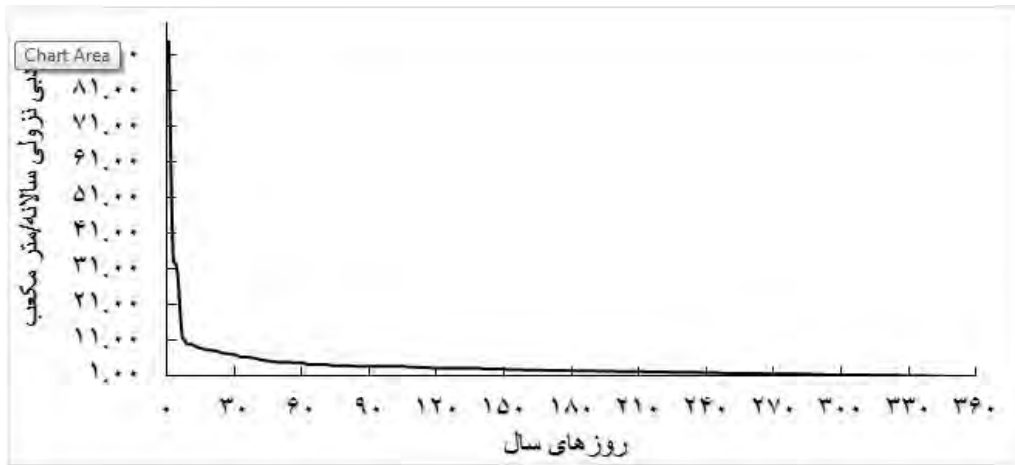
۸. هیدروگراف: نموداری است که تغییرات دبی را نسبت به بارش نشان می‌دهد (علیزاده، ۱۳۸۹). شکل ۱۲ وضعیت دبی حوضه را در یک بارندگی با تداوم ۶/۵ ساعت نشان می‌دهد. چون در حالت عادی در رودخانه‌ی حوضه، هیچ آبی جریان نداشته است، منحنی از صفر شروع می‌شود و کم‌کم اوج می‌گیرد. در بیشترین شدت بارندگی به هفت مترمکعب می‌رسد و کم‌کم نزول کرده تا دوباره به صفر برسد.



شکل (۱۲) هیدروگراف بارندگی حوضه‌ی آبریز تروال

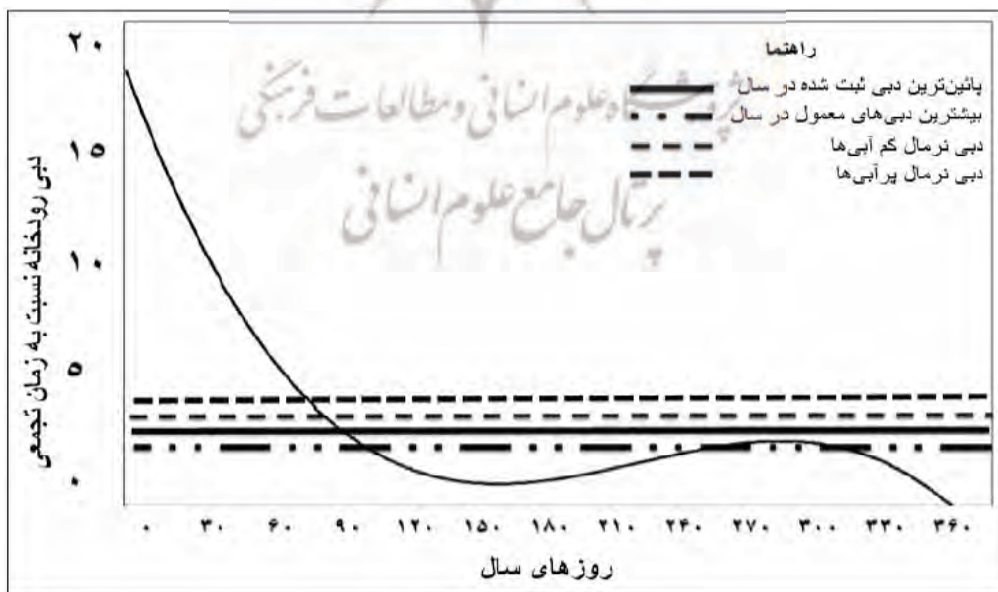
۹. وضعیت دبی سالانه: برای رسم منحنی دبی سالانه، دبی سالانه در محدوده‌ی خروجی در محیط اکسل به ترتیب نزولی برای تمام روزهای سال مرتب شده است. با قرار دادن اعداد به دست آمده در ستون عمودی و روزهای سال در محور افقی نمودار دبی سالانه به دست آمده است (شکل ۱۳) که نشان می‌دهد دبی خروجی از حدود صد مترمکعب در روز به سرعت کم شده تا به حدود ده مترمکعب می‌رسد و سپس از روند سریع نزولی آن کاسته می‌شود تا در بعضی از روزهای سال به صفر می‌رسد.





شکل (۱۳) منحنی فروکش دبی سالانه حوضه‌ی آبریز تروال

۱۰. **دبی کلاسه:** شکل (۱۴) دبی کلاسه حوضه را نشان می‌دهد که از رسم دبی رودخانه نسبت به زمان تجمعی به دست می‌آید و چهار منحنی آن پارامترهای زیر را نشان می‌دهند. منحنی خط‌چین اول دبی نرمال در حالت پرآبی را نشان می‌دهد و معادل مقدار جریانی است که در ۹۱ روز از سال دبی مساوی یا بیشتر از آن باشد. دبی نرمال در حالت کم آبی، یعنی جریانی را نشان می‌دهد که در ۲۷۴ روز از سال دبی مساوی یا بالاتر از آن است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در بین تمام دبی‌های به دست آمده اختلاف بالایی دیده نمی‌شود و نشان از توزیع یکنواخت بارش در فصل سرد سال بوده و این امر خود از اقلیم منطقه پیروی می‌کند.



شکل (۱۴) منحنی تداوم جریان (دبی کلاسه) حوضه‌ی آبریز تروال

### نتیجه‌گیری

شیب منطقه‌ی مورد مطالعه حدود ۱۹ درصد می‌باشد این شیب به جز در قسمت‌های جنوبی و خط‌الرأس‌ها غالباً یکنواخت بوده و باعث افزایش نفوذ بارندگی‌های ناچیز منطقه نیز می‌شود که تأثیر بسزایی در کاهش میزان رواناب حوضه دارد. غالب شیب‌های حوضه در جهت شمال و شمال شرقی قرار دارند که به دلیل قرار داشتن حوضه در نیمکره‌ی شمالی انرژی کمتری را از خورشید دریافت می‌کند اما به دلیل اینکه بارش‌های منطقه اکثراً به صورت مایع است در نتیجه جهت شیب تأثیر چندانی روی فرایند هیدرولوژیک و ژئومورفولوژیک ندارد اکثر محدوده‌های حوضه‌ی تحت بررسی را اراضی کشاورزی دیم و دیم‌زارهای خزری پوشش می‌دهد و همچنین در مسیر آبراهه‌های اصلی قسمت‌های پایین‌دست زمین‌های کشاورزی آبی نیز به صورت پراکنده دیده می‌شوند. سایر قسمت‌های حوضه، مراتع مرغوب و متوسط و ضعیف می‌باشند، به نظر می‌رسد که این حوضه قسمت زیادی از آب حاصل از بارندگی را نفوذ می‌دهد و مانع از فرسایش خاک می‌شود با وجود باران رواناب حاصل از آن همچنان اندک است. بنابراین با توجه به اینکه اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه دارای پوشش گیاهی تنک و در مواردی نسبتاً متراکم هستند، زمان تأخیر حوضه ۱/۶۵ ساعت و زمان تمرکز آن ۲/۷۵ ساعت می‌باشد که به نسبت اعداد به دست آمده در روش‌های فوق بسیار به واقعیت نزدیک‌ترند. در نهایت چنین نتیجه‌گیری می‌شود که به دلیل میزان بارندگی ناچیز حوضه، شیب کم آن، رسوبات منفصل و نفوذ زیاد میزان رواناب حوضه‌ی تروال بسیار ناچیز است و فرسایش‌پذیری این حوضه کم می‌باشد و منحنی تغییرات دبی سیل نسبت به زمان نقطه‌ی اوج ملایم‌تری دارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع

- خیریززاده آروق، منصور؛ ملکی، جبرائیل و حمید عمونیا (۱۳۹۱)، «پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب حوضه‌ی آبریز مردق چای با استفاده از مدل ANP»، نشریه‌ی پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۱۳۹۱، شماره‌ی ۳، صص ۳۹-۵۶.
- رضایی مقدم، محمدحسین؛ ثروتی، محمدرضا و صیاد اصغری سراسکانرود (۱۳۹۰)، «تحلیل وضعیت پایداری مجرای رودخانه‌ی قزل‌اوزن با استفاده از روش‌های تنش برشی، شاخص مقاومت نسبی بستر و مطالعات صحرایی»، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره‌ی ۱، صص ۳۳-۴۷.
- رفاهی، حسینقلی (۱۳۸۸)، «فرسایش آبی و کنترل آن»، چاپ ششم، انتشارات تهران.
- زمردیان، محمدجعفر؛ خاکپور، معصومه و سعدالله ولایتی (۱۳۹۱)، «تحلیل لندفرم‌های هیدروژئومورفولوژیک حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی مهارلو بر مبنای روابط تعاملی فرایندهای مورفوتکتونیک، مورفوکلیماتیک و هیدرومورفیک»، مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی ۱۹، صص ۴۷-۷۰.
- شیرزادی، عطالله؛ چپی، کامران و پرویز فتحی (۱۳۹۱)، «برآورد هیدروگراف واحد مصنوعی با استفاده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب و پارامترهای ژئومورفولوژیکی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌های آبخیز مارنج و کانی سواران، کردستان)»، مجله‌ی علم و فنون کشاورزی، زمستان ۱۳۹۰، شماره‌ی ۵۸، صص ۶۱-۷۴.
- عابدینی، موسی (۱۳۸۸)، «بررسی کمی مسائل هیدروژئومورفولوژی حوضه‌ی آبریز لیقوان با تأکید بر فرسایش خاک و رسوبدهی (جنوب شرق استان اردبیل)»، نشریه‌ی جغرافیا و توسعه، شماره پانزده، صص ۷۱-۸۸.
- عزتیان، ویکتوریا و ذبیح‌الله دانش‌آموز (۱۳۹۱)، «بررسی خصوصیات هیدرو ژئومورفولوژی حوضه‌ی آبخیز خیرآباد»، مجله‌ی علمی- پژوهشی آمایش سرزمین، دوره چهارم، شماره‌ی دوم، صص ۱۱۳-۱۳۹.
- علیزاده، امین (۱۳۹۱)، «اصول هیدروولوژی کاربردی»، چاپ سی و چهارم، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.
- قهروردی تالی، منیژه (۱۳۹۰)، «تحولات کواترنری، ضرورت مدیریت به هم پیوسته آب‌و‌خاک در حوضه‌ی قزل‌اوزن»، نشریه‌ی کاربردی منابع آب زمین، صص ۲۸-۳۴.
- موحد دانش، علی‌اصغر (۱۳۸۹)، «هیدروولوژی آب‌های سطحی»، چاپ ششم، تهران، انتشارات سمت.
- نیری، هادی؛ زندی، سحر و عثمانی پریسا (۱۳۹۴)، «بررسی عوامل مؤثر در تغییر شکل مجرای رودخانه‌ی تروال استان کردستان»، کنفرانس بین‌المللی توسعه، با محوریت کشاورزی، محیط زیست و گردشگری، تبریز.
- همت‌زاده، یلدا؛ بارانی، حسین و آتنا کبیر (۱۳۸۸)، «نقش مدیریت پوشش گیاهی بر میزان رواناب سطحی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز کچیک، استان گلستان)»، مجله‌ی پژوهش‌های حفاظت آب‌و‌خاک، جلد شانزدهم، شماره‌ی ۲، صص ۲۱۵-۲۲۸.
- Alamilla, S.K., Novotny, V., & Bartosova, A., (2001), "GIS Based Approach to Floodplain Delineation and Flood Risk Estimation Applied to the Oak Creek Watershed" (Master's Thesis, Marquette University).

- Lundekvam, H.E., Romstad, E. & Ø y garden, L., (2003), “**Agricultural Policies in Norway and Effects on Soil erosion**”, Environmental Science & Policy, 6(1), PP. 57-67.
- Mertes, L.A., Dunne, T., & Martinelli, L.A., (1996), “**Channel-floodplain Geomorphology along the Solimões-Amazon River**”, Brazil. Geological Society of America Bulletin, 108(9), PP. 1089-1107.
- Pujol, L., & Sanchez-Cabeza, J.A., (2000), “**Natural and Atifical Rdioactivity in Srface Waters of the Ebro River Basin (Northeast Spain)**”, Journal of Environmental Radioactivity, 51(2), PP. 181-210.
- Scott, M.L., Auble, G.T., & Friedman, J.M., (1997), “**Flood dependency of Cttonwood Establishment along the Missouri River**”, Montana, USA. Ecological Applications, 7(2), PP. 677-690.
- Thorne, C.R., (2002), “**Geomorphic Analysis of Large Alluvial Rivers**”, Geomorphology, 44(3), PP. 203-219.
- Geng, W.A.N.G., & Wei, W.U., (2007), “**Design of an Early Warning System of Water Security for Liaohe River Based on GIS**”, Journal of Dalian University of Technology, 42(7), PP. 175-179.

