بررسی خصوصیات ژئومورفولوژی مهندسی رودخانهٔ گاماسیاب پایین واقع در شرق استان کرمانشاه

غلامرضا خانلری*، مجتبی حیدری، یزدان محبی، یاسین عبدی‌لر، رضا بابازاده؛ دانشگاه بوعلی سینا، همدان

تاریخ: دریافت ۹۰/۱۰/٤ **پذیرش** ۹۱/۹/۲۵

چکیده

آگاهی از ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه‌ها از پیش نیازهای شناخت رفتار و استفاده بهینه از هر رودخانه است. به‌طورکلی فیزیوگرافی حوزهٔ آبریز نقش اساسی در تعیین عواملی نظیر حجم سیلاب‌ها، تعیین فرسایش‌پذیری و رسوب‌زایی حوزه‌های آبریز دارد. در این پژوهش به‌منظور شناخت رفتار رودخانه گاماسیاب پایین واقع در شرق استان کرمانشاه، به ویژگی‌های ژئومورفولوژی مهندسی این رودخانه توجه شده است. بررسی خصوصیات ژئومورفولوژی مهندسی این رودخانه با استفاده از داده‌های حاصل از پژوهش‌های پیشین و براساس بازدید از محل و برداشت‌های صحرایی، بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقهٔ مذکور انجام شده است. خواص فیزیوگرافیکی حوزهٔ آبریز، ویژگی‌های مورفولوژیکی کانال و شرایط زمین‌شناسی در این ناحیه، بررسی شده‌اند. در این پژوهش، پارامترهای ژئومورفولوژیکی متعددی از قبیل عرض متوسط، محیط، مساحت، ضریب شکل هیدرولوژیکی، شکل حوزهٔ آبریز، ارتفاع بیشینه، کمینه، ارتفاع متوسط و شیب طولی رودخانه محاسبه شده است. هم‌چنین وضعیت تراکم شبکه آبراهه رودخانهٔ گاماسیاب بررسی شده و زمان تمرکز آن محاسبه گردیده است. در نهایت رودخانه گاماسیاب بر اساس تقسیم‌بندی‌های مختلف رودخانه‌ها بررسی و طبقه‌بندی شده است.

واژه‌های کلیدی: ژمورفولوژی مهندسی، حوزهٔ آبریز، مورفولوژی، رودخانهٔ گاماسیاب، کرمانشاه.

*نویسنده مسئول Khanlari_reza@yahoo.com

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

مقدمه

ژئومورفولوژی رودخانه ارتباط نزدیکی با نقش رودخانه‌ها، در شکل‌دهی مورفولوژی زمین دارد [۲۳]. به‌کمک مورفولوژی رودخانه می‌توان اطلاعاتی از شکل کلی، ابعاد و وضعیت هیدرولیکی، راستا و نیم‌رخ طولی بستر و نیز روند و مکانیزم تغییرات رودخانه، به‌دست آورد [۱٦]. شکل رودخانه و نیم‌رخ عرضی آن، بر افت انرژی ناشی از غیریک‌نواختی جریان رودخانه‌های طبیعی موثر است. فرآیند جریان، شکل بستر و مقاومت در برابر جریان با نوسان در عرض رودخانه تغییر می‌کند [۱٤]. به‌طورکلی، در مقیاس زمانی نسبتاً کوتاه (کم‌تر از یک‌سال) بیش‌تر روند فرسایش و رسوب‌گذاری در هر رودخانه تابع تعادل بین متغیرهای وابسته(بار رسوب و دبی) و متغیرهای مستقل (نظیر شیب و مورفولوژی کانال) است، به‌طوری‌که هر گونه تغییر در متغیرهای مستقل، با تغییر در متغیرهای وابسته جبران می‌شود [۱٦]، [۱۷]. وجود شکل‌های ژئومورفولوژیکی متفاوت در بخش‌های مختلف رودخانه، متأثر از نوع سنگ مادر و فرآیندهایی است که موجب ورود عناصر درشت‌دانه به آبراهه می‌شوند. [۱۹]، [۲۱]. حرکات تکتونیکی، وضعیت فرسایش رودخانه‌ها و دره‌های رودخانه‌ای، هم‌چنین تغییر شیب طولی رودخانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۳]. فعالیت‌های انسانی نیز مانند برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه، و سازه‌های بنا شده در محدودهٔ بستر رودخانه، همگی رژیم جریان، بار رسوب، شیب مقطعی و ابعاد رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به‌نحوی‌که در کوتاه مدت، مقدمات تغییر الگوی رودخانه را فراهم می‌آورند [۱٦].

آب و هوا، فعالیت‌های تکتونیکی، فیزیوگرافی و زمین‌شناسی منطقه، همگی از عوامل مؤثر بر تشکیل نوع رودخانه و بار رسوبی حاصل از آن هستند [۱]، [٦]، [۱۱]، [۲۷] . فیزیوگرافی حوزهٔ آبریز نقش اساسی در تعیین عواملی نظیر حجم سیلاب‌ها، تعیین فرسایش‌پذیری و رسوب‌زایی حوزه‌های آبریز دارد. میزان فرسایش و متوسط بار معلق رودخانه‌ها متأثر از عواملی مانند سن و مورفولوژی سطوح، ترکیب سنگ بستر، بالا آمدگی تکتونیکی، آب و هوا و پوشش گیاهی است [٦]، [۱۱].

خصوصیات فیزیوگرافی حوزهٔ آبریز شامل بررسی خصوصیات فیزیکی و وضعیت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

مورفولوژیکی یک حوزهٔ آبریز است که اثر تعیین‌کننده‌ای بر خصوصیات هیدرولوژی، رسوب‌زایی و رژیم آبی آن دارد. آگاهی از خصوصیات فیزیوگرافی یک حوزهٔ و شرایط آب و هوایی منطقه می‌تواند تصویری نسبتاً دقیق از کارکرد کمی و کیفی سیستم هیدرولوژی آن حوزهٔ را ارائه کنند. خصوصیات فیزیوگرافی رودخانه و حوزهٔ آبریز آن نه فقط به‌طور مستقیم بر رژیم آبی یک حوزهٔ و از جمله میزان تولید آبی سالیانه، حجم سیلاب‌ها، شدت فرسایش خاک و میزان تولید رسوب اثر می‌گذارد، بلکه به‌طور غیرمستقیم و با تأثیر بر آب و هوا، وضعیت اکولوژی و پوشش گیاهی هم به‌میزان زیادی رژیم آبی رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۱].

رودخانه گاماسیاب با طول ۲۳۰ کیلومتر و میانگین دبی سالیانه ۵/۲ مترمکعب در ثانیه یکی از بزرگ‌ترین رودخانه‌های غرب کشور است که در مسیر خود از سنگ‌های با تنوع لیتولوژیکی و ساختارهای زمین‌شناسی عبور می‌کند. این رودخانه شاخه اصلی و اولیهٔ رودخانه کرخه است که از دامنه‌های شمالی کوه گرین در نهاوند سرچشمه می‌گیرد و در محدودهٔ بین استان‌های همدان و کرمانشاه واقع شده است که پس از پیوستن به قره‌سو، رودخانه بزرگ سیمره را تشکیل می‌دهد. با توجه به اهمیت آن در منطقه، این پژوهش به‌منظور بررسی ژئومورفولوژی مهندسی، تعیین هندسه، شناسایی شکل پلان و نیم‌رخ طولی رودخانه گاماسیاب پایین در محدودهٔ شرق استان کرمانشاه انجام شده است.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز برای تحلیل ژئومورفولوژی رودخانه و حوزهٔ آبریز گاماسیاب ضمن انجام بازدیدهای میدانی و برداشت‌های صحرایی و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منطقهٔ بررسی شده (ترسیم شده در سازمان جغرافیایی ارتش) [۱] و نقشهٔ زمین‌شناسی کرمانشاه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (تهیه شده در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) [٤] و هم‌چنین داده‌های موجود در رابطه با این رودخانه و حوزهٔ آبریز به‌دست آمده است. بدین منظور نقشهٔ توپوگرافی منطقهٔ مذکور اسکن گردید تا بتوان آن‌را در محیط

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

نرم‌افزار اتوکد ۲۰۱۰ استفاده کرد. سپس محدودهٔ حوزهٔ آبریز در منطقهٔ گاماسیاب پایین مشخص گردیده و مساحت، محیط، ضریب شکل، ضریب فشردگی، عرض متوسط و ضریب شکل هیدرولوژیکی این حوزهٔ محاسبه شدند. سایر پارامترها از ضریب سینوسی، طول موج، دامنه، شعاع قوس و پهنای کمربند مئاندر نیز تعیین شده‌اند.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین در محدودهٔ جغرافیایی ´۲۱ °٤۷ تا ´٥٤ °٤۷ طول شرقی و '۱٦ °۳٤ تا '٥۳ °۳٤ عرض شمالی در شرق استان کرمانشاه جریان دارد (شکل۱). مساحت حوزه ۳۲٦٤ کیلومترمربع و طول آن۸۱ کیلومتر است. این حوزه در محدودهٔ بین شهرستان‌های کنگاور، صحنه، بیستون، هرسین، سنقر و کرمانشاه قرار گرفته، به‌طوری‌که از شمال به سنقر و استان کردستان، از جنوب به هرسین و استان لرستان، از شرق به کنگاور و استان همدان و از غرب به کرمانشاه محدود می‌شود. دسترسی به منطقهٔ بررسی شده از طریق جادهٔ آسفالته صحنه- بیستون، صحنه- سنقر و کنگاور به صحنه، امکان‌پذیر است. با توجه به واقع شدن حوزهٔ مذکور در بین محدوده‌های شهری، اکثر راه‌های درون حوزه‌ای آسفالته هستند (شکل۲). راستای حرکت بستر اصلی رودخانه از شرق به غرب و شمال غرب به جنوب غرب است که ضمن طی مسیر به مقصد خروجی، شاخه‌ها و آبراهه‌هایی را از شمال و جنوب در فواصل مختلف دریافت می‌کند (شکل ۳).

زمین‌شناسی و تکتونیک منطقهٔ بررسی شده

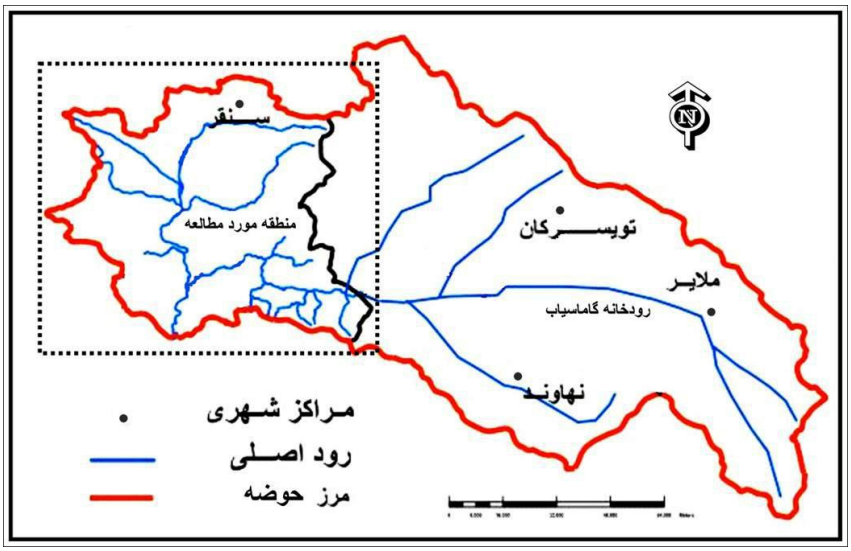
با توجه به خصوصیات زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و ساختمانی، گسترهٔ مورد نظر در دو زون زاگرس مرتفع و سنندج- سیرجان قرار می‌گیرد. در این ناحیه، واحدهای چینه‌شناسی مربوط به مزوزوئیک و سنوزوئیک رخنمون دارند (شکل٤).

قدیمی‌ترین واحدهای سنگی موجود در منطقهٔ پژوهش، متعلق به زون سنندج-سیرجان هستند که شامل واحدهای آهکی- شیستی قبل از ژوراسیک و ژوراسیک هستند [۲٤]. قدیمی‌ترین واحدهای شناخته شده زون زاگرس مرتفع نیز شامل آهک‌های بیستون و

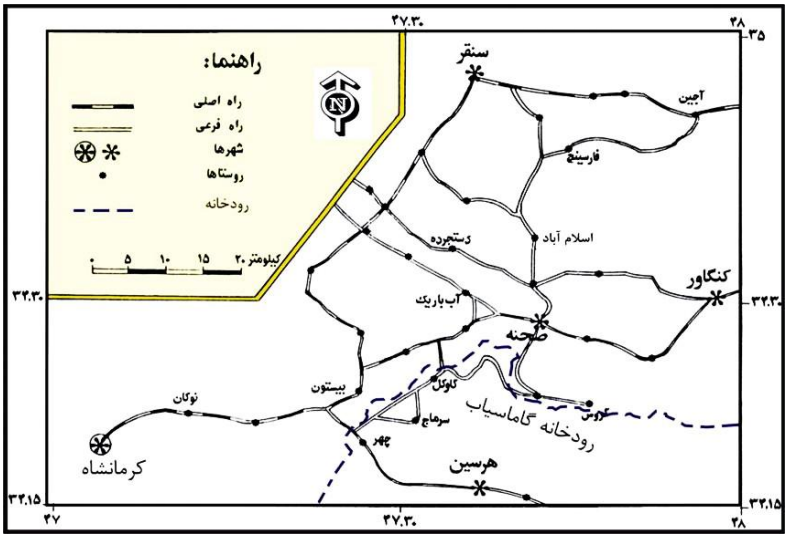
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

رادیولاریت‌های کرمانشاه است که محدودهٔ سنی آن‌ها از تریاس پایانی تا کرتاسه پایانی است. این رادیولاریت‌ها همراه با آهک‌های بیستون و افیولیت‌های صحنه- هرسین سفره‌های رورانده کرتاسه پایانی را تشکیل می‌دهند [۲٤].



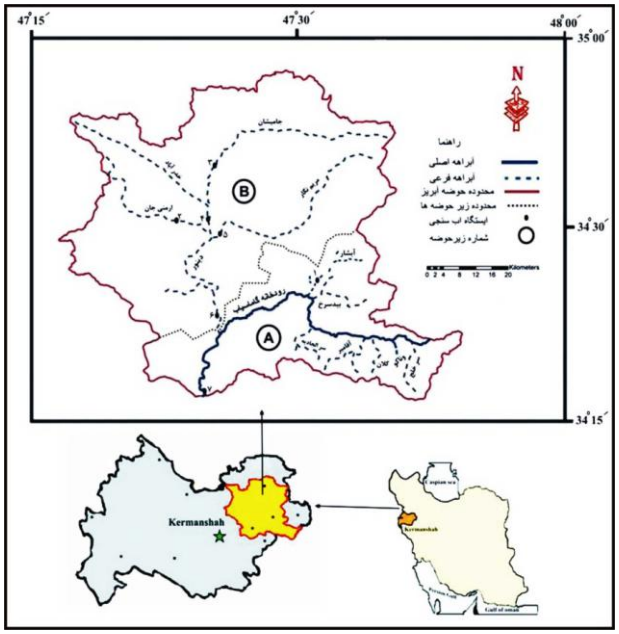
شکل ۱. نقشهٔ حوزهٔ آبریز گاماسیاب [۲]



شکل ۲. نقشهٔ راه‌های ارتباطی و موقعیت جغرافیایی حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین [۱۱]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]



شکل ۳. موقعیت زیرحوزه‌ها و ایستگاه‌های آب‌سنجی در حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین (ایستگاه‌های آب سنجی ۱. صحنه، ۲. خدرآباد، ۳. پیرسلمان، ٤. میانراهان، ٥. کله جوب، ٦. حیدر آباد، ۷. پل چهر) [۱۱]

۱. واحدهای سنگی زون سنندج-سیرجان

این بخش در قسمت شمال و شمال شرق منطقهٔ پژوهش واقع شده است که دارای ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی است. واحدهای سنگی این زون در ادامه تشریح می‌شوند. واحد سنگی (Sch)، (واحد شیستی-آهکی) این واحد شامل شیست و نوارهایی از سنگ آهک متبلور است. واحد سنگی (Met) این واحد شامل مجموعه سنگ‌های دگرگونی تفکیک نشده است. واحد سنگی (mb) که از آهک کریستالین تشکیل شده است. سن این واحدهای سنگی تریاس – ژوراسیک است (برود، ۱۹۷۸).

واحد سنگی (MV) این واحد شامل سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده با طبقه‌بندی منظم و میان‌لایه‌هایی از سنگ‌های آهکی آرژیلیتی و افق‌هایی از توف‌های آندزیتی است. این سنگ‌ها مربوط به دورهٔ ژوراسیک هستند. واحد سنگی K2m که به‌طور عمده از مارن، آهک

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

مارنی و شیل تشکیل شده است. سن این واحد کرتاسه پایانی است. واحد سنگی K از سنگ‌های آهکی ضخیم لایه تا توده‌ای اربیتولین‌دار با میان لایه‌های نازک اسلیتی و آهک‌های مارنی و سنگ آهک ماسه‌ای سیاه رنگ تشکیل شده است. به‌دلیل استحکام بیش‌تر سنگ‌های آن در مقابل عوامل هوازدگی و فرسایش، صخره‌ها و پرتگاه‌هایی را در محدودهٔ گسترش خود به‌وجود آورده است. این سنگ‌ها مربوط به دوره کرتاسه‌اند.

۲. واحدهای سنگی زون زاگرس رورانده یا زاگرس مرتفع

زون زاگرس رورانده به‌صورت نوار طویل و باریکی بین زون‌های سنندج-سیرجان و زاگرس چین‌خورده واقع شده است. این زون به‌دلیل وجود ارتفاعات بلند به زاگرس مرتفع نیز معروف است (خسروتهرانی، ۱۳۸۲). این زون که به سفره‌های رورانده کرتاسه نیز معروف است خود شامل سه گروه اصلی رادیولاریت‌های کرمانشاه، آهک‌های بیستون و افیولیت‌های صحنه-هرسین است که همگی در کرتاسه پایانی تحت اثر حرکات تکتونیکی قرار گرفته و بر روی رسوبات زاگرس بر جا رانده شده‌اند [۲٤]. واحدهای سنگی این زون عبارتند از:

واحد (JKr1)؛ رادیولاریت‌های کرمانشاه یک واحد نابرجا است که بر روی رسوبات برجای زاگرس رانده شده است. این واحد سنگی شامل آهک‌های برشی و زیستی با گره‌های سیلیسی همراه با افق‌های رادیولاریتی است. سن این واحد ژوراسیک پایانی-کرتاسه آغازین است [۷]. واحد (Kb1)؛ این واحد سنگی از آهک دانه‌ریز تشکیل شده است. (TRkb2)؛ این واحد از آهک‌های ضخیم لایه تا توده‌ای نسبتاً یک‌نواخت تشکیل شده است. سن این دو واحد آهکی کرتاسه پایانی است. افیولیت‌های صحنه-هرسین(ub) همراه با رادیولاریت‌های کرمانشاه و آهک‌های بیستون سفره‌های رورانده و تکتونیزه کرتاسه پایانی را تشکیل می‌دهند [۲٤].

واحد (E 1V)؛ این واحد شامل مجموعه آتشفشانی از گدازه‌های بازالتی و اسپلیتی با ساخت بالشی است. واحد (E1)؛ که از آهک تشکیل شده است. سن واحدهای مذکور پالئوسن- ائوسن است. واحد (E21)؛ این واحد شامل سنگ‌های آهکی آب‌های ژرف با رنگ هوازده گوشتی کم رنگ و رنگ تازه ارغوانی است. رگچه‌های کلسیتی به مقدار چشم‌گیری در آن وجود دارد. سن این سنگ‌ها ائوسن میانی است. واحد (Mq1)؛ شامل سنگ‌های آهکی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

تخریبی با رنگ هوازده قهوه‌ای و رنگ تازه خاکستری روشن است که رگچه‌های کلسیتی در آن زیاد و لایه‌بندی کم و بیش منظم دارند و سن آن‌ها اولیگومیوسن است.

واحد فلیشی(Mm) این واحد بر روی آهک‌های واحد (Mq1) قرار گرفته و رسوبات آن حالت فلیش گونه دارند که بیان‌گر رسوب‌گذاری در حین فرآیند کوه‌زایی است و از شیل و سیلتستون تشکیل شده است. سن واحد مذکور میوسن است (شهیدی، ۱۳۷٤). واحد (QP1)؛ در جنوب شرقی منطقهٔ بررسی شده، واحدی از رسوب‌های قاره‌ای افقی برونزد دارد که شامل تناوبی از آرژیل‌های کم و بیش ماسه‌ای و افق‌های سنگریزه‌ای است. در این مجموعه، میان لایه‌هایی از سنگ‌های آهکی دریاچه‌ای سفید رنگ وجود دارد.

رسوبات کواترنر، شامل نهشته‌های مخروط افکنه‌ای، نهشته‌های آبرفتی جوان و رسوبات رودخانه‌ای هستند. این نهشته‌ها، سطوح مسطح و تا اندازه‌ای بر آمده را به‌وجود می‌آورند. جوان‌ترین نهشته‌هایی که در سطح منطقه، موجود هستند و رسوب‌گذاری آن‌ها در حال حاضر نیز ادامه دارد، رسوبات رودخانه‌ای است. این نهشته‌ها سیمانی نشده‌اند و قطر دانه‌های آن‌ها معمولاً در محدوده سیلت و رس تا قلوه‌های سنگی است.

۳. ساختارهای تکتونیکی منطقه

یکی از ویژگی‌های ساختاری منطقهٔ پژوهش، دگرگونی و تکتونیک شدید است که با شکستگی‌های بزرگ و راندگی‌های متعدد مشخص شده و موجب پیچیدگی وضعیت ساختاری آن شده است. حضور توده‌های نفوذی و گستردگی سنگ‌های آتشفشانی نیز بر این آشفتگی‌ها افزوده است. اکثر گسل‌های منطقهٔ پژوهش، از نوع گسل‌های رانده هستند. عمل‌کرد این گسل‌ها، سبب به‌هم ریختگی کلی در منطقه شده است. از مهم‌ترین گسل‌های منطقه می‌توان به گسل اصلی جوان زاگرس، گسل‌های رانده شمال صحنه، سرتخت، دینور، هجر و چرخاب اشاره کرد.

انطباق رودخانه با شرایط زمین‌شناسی

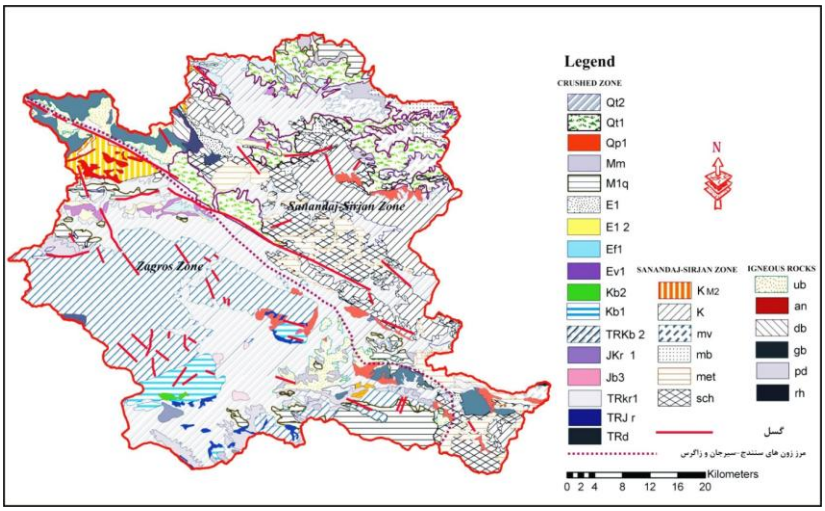
در صورتی که حوزهٔ آبریز متشکل از سنگ‌هایی باشد که دارای استحکام و سختی یک‌سانی نباشند، رودخانه بر روی سنگ‌هایی جریان می‌یابد که در مقابل فرسایش، مقاومت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

چندانی ندارند. در این صورت گفته می‌شود که رودخانه با وضعیت سنگ‌شناسی حوزه دارای انطباق است. در صورتی که اگر رودخانه تحت تأثیر ساختمان‌های زمین‌شناسی نظیر چین‌خوردگی و گسل قرار گیرد، رودخانه با ساختمان‌های زمین‌شناسی دارای انطباق است [۲].

رودخانهٔ گاماسیاب در طول مسیر خود از لایه‌های سنگی و ساختمان‌های زمین‌شناسی مختلفی عبور می‌کند. بخش جنوبی حوزه، شامل تاقدیس‌ها و ناودیس‌های منظمی است که دارای روند شمال غرب- جنوب شرق هستند و گاهی به‌وسیلهٔ گسل‌های اصلی منطقه قطع شده‌اند. با توجه به مشاهدات صحرایی انجام شده، در مناطق کوهستانی مسیر رودخانهٔ گاماسیاب عمدتاً از پدیده‌های تکتونیکی تبعیت نمی‌کند و ساختارهای زمین‌شناسی را قطع می‌کند. ولی این رودخانه در دشت در امتداد گسل اصلی و معکوس زاگرس جریان می‌یابد [۸] (شکل۵). بنا بر این در محدودهٔ مناطق کوهستانی رودخانه با ساختمان زمین‌شناسی انطباق نداشته و در ردهٔ پیشینه رود قرار می‌گیرد. ترکیب سنگ‌شناسی و شرایط تکتونیکی حاکم بر این منطقه منجر به شکل‌گیری شبکه‌های هیدروگرافی دندریتی(نامتقارن و متقارن) و شعاعی در این حوزه شده است.



شکل ٤. نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ پژوهش [۱۱]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

بارندگی سالیانه

بارش مهم‌ترین منبع تأمین جریان آب رودخانه‌ها است. پس از بارندگی، قسمتی از آب بارش، تبخیر شده و قسمت دیگری توسط گیاهان جذب می‌شود و قسمتی هم قبل از جریان یافتن از مناطق بالا دست به پایین دست، در زمین فرو می رود. باقی‌مانده آب روی سطح زمین جاری می‌شود و رودخانه را ایجاد می‌کند [٦].

برای محاسبهٔ میزان بارندگی در سطح حوزهٔ آبریز بررسی شده، از آمار ماهیانه بارندگی مربوط به ایستگاه‌های باران‌سنجی صحنه و بیستون طی یک دورهٔ آماری ٤٥ ساله از سال ١٣٤٠ تا سال ١٣٨٥ استفاده گردیده است [١١]، بیشینه میزان بارندگی در منطقه ٨٨٤/٧٥ میلی‌متر، کمینه میزان بارندگی ٢٧٥/٧ میلی‌متر و متوسط بلند مدت بارندگی سالیانه در حوزهٔ آبریز بررسی شده حدود ٥٢٤/٣١ میلی‌متر برآورد گردیده است. از نظر فصلی، بیش‌ترین بارندگی در اسفند به مقدار ٨٥/٩٣ میلی‌متر و کم‌ترین آن در شهریور با ٠/١٧ میلی‌متر گزارش شده است. شکل ٦ نقشه مناطق هم‌باران را در سطح حوزهٔ آبریز بررسی شده نشان می‌دهد.

الف ب

شکل ٥. الف) قطع شدن ساختارهای زمین‌شناسی به‌وسیلهٔ رودخانه ب) قرار گرفتن رودخانه در امتداد گسل زاگرس در داخل دشت

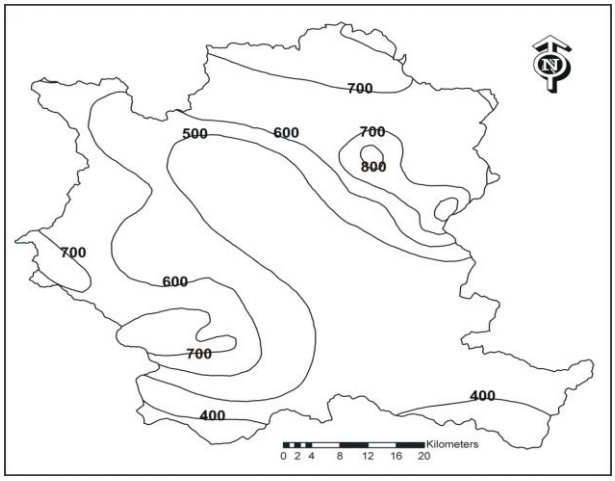
پارامترهای فیزیوگرافی حوزهٔ آبریز

خصوصیات هندسی حوزهٔ آبریز به مجموعه پارامترهای فیزیکی گفته می‌شود که مقادیر آن‌ها برای هر حوزهٔ آبریز نسبتاً ثابت است که نشان‌دهندهٔ شکل ظاهری حوزه است [١٥].

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

خصوصیات فیزیوگرافی حوزه‌ها نه تنها به‌طور مستقیم بر رژیم هیدرولیکی آن‌ها از جمله میزان تولید آب سالانه، حجم سیلاب‌ها، شدت فرسایش خاک و میزان رسوب تولیدی اثر می‌گذارد، بلکه به‌طور غیرمستقیم و نیز با اثر بر آب و هوا، وضعیت اکولوژیکی و پوشش گیاهی به‌میزان زیادی رژیم آبی حوزهٔ آبخیز را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد [۱۲]. با بررسی نقشهٔ توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ (ترسیم شده در سازمان جغرافیایی ارتش) [۱] ، پارامترهای مختلف هندسی حوزهٔ آبریز گاماسیاب، محاسبه شده است (جدول۱).



شکل ٦. نقشهٔ مناطق هم‌باران حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین [٥]

۱. مساحت حوزهٔ آبریز

بارزترین مشخصه هر حوزه، مساحت آن است. دبی سیلاب‌ها و حجم روان آب حوزه به‌طور مستقیم به مساحت حوزه بستگی دارد [٦]، به گونه‌ای که در شرایط عادی، حوزه‌ای که دارای مساحت بیش‌تری است، مقدار روان‌آب آن نیز بیش‌تر است. مساحت حوزه با A نشان داده شده و بر حسب کیلومترمربع یا هکتار بیان می‌شود. مساحت حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین ۳۲٦٤/۲٤ کیلومترمربع تعیین شده است [۱۱].

۲. محیط حوزهٔ آبریز

محیط حوزه به طول خط فرضی تقسیم آب گفته می‌شود که حوزه را از حوزه‌های مجاور جدا می‌سازد که بر حسب کیلومتر سنجیده می‌شود [٦] و نشان‌دهندهٔ محدودهٔ توپوگرافی و یا

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

آب‌گیر سطحی حوزه است. محیط حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین ۳٦۵ کیلومتر برآورد شده است [۱۱].

۳. طول حوزهٔ آبریز

طول حوزهٔ آبریز برابر فاصله افقی خروجی حوزهٔ (در پایین دست) تا ورودی آن (بالا دست) است که بیش‌ترین فاصله را دارد. طول حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین ۸۱ کیلومتر برآورد شده است.

٤. شکل حوزهٔ آبریز

حوزه‌های آبریز بر حسب وضعیت توپوگرافی دارای اشکال گوناگونی هستند. تأثیر شکل حوزه بر روان‌آب سطحی و هیدروگراف سیلاب خروجی و بالطبع حجم رسوب حوزه قابل توجه است [۲۹]. در حوزه‌های گرد، تأثیر روان‌آب و رسوب به‌دلیل تخلیه سریع روان‌آب، بیش از حوزه‌های کشیده است. به‌منظور بررسی و ارزیابی عامل فیزیکی شکل حوزهٔ آبریز، در این پژوهش از روش گراویلیوس و مستطیل معادل استفاده شده است.

روش گراویلیوس: در این روش به‌منظور توصیف شکل از ضریب فشردگی استفاده می‌شود که عبارت است از نسبت محیط حوزه به محیط دایرهٔ فرضی که مساحت آن برابر با مساحت حوزه است [٦].

$$C = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}}$$

که در این رابطه:

C: ضریب گردی یا گراویلیوس، P: محیط حوزهٔ آبریز بر حسب کیلومتر، A: مساحت حوزه بر حسب کیلومترمربع

چنان‌چه حوزه دایره باشد، ضریب C برابر یک است. هرچه این ضریب از یک بیش‌تر باشد، شکل حوزهٔ آبریز کشیده‌تر خواهد بود. ضریب گراویلیوس برای حوزهٔ بررسی شده ۱/۷۸ به‌دست آمده است.

مستطیل معادل: برای این‌که بتوان حوزه‌های مختلف را از نظر سطح و توزیع سطح در ارتفاعات مختلف مقایسه کرد، شکل آن‌ها را به‌صورت مستطیل‌هایی در می‌آورند که سطح و

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

پیرامون آن برابر سطح و پیرامون حوزهٔ اصلی است. مقدار طول و عرض مستطیل معادل از این روابط به‌دست می‌آید:

که در آن:

$$L = \frac{C\sqrt{A} + \sqrt{C^2A - 1.2544A}}{1.12} \qquad B = \frac{C\sqrt{A} - \sqrt{C^2A - 1.2544A}}{1.12}$$

A. سطح حوزهٔ آبریز برحسب کیلومترمربع، C. ضریب گراویلیوس(بدون بعد)، L. طول مستطیل معادل بر حسب کیلومتر، B. عرض مستطیل معادل برحسب کیلومتر. شرط لازم برای آن‌که چنین روابطی برقرار باشد آن است که مقدار ضریب گراویلیوس برابر یا بزرگ‌تر از ۱/۱۲ باشد. برای حوزهٔ آبریز بررسی شده مقدار طول و عرض مستطیل معادل به‌ترتیب ۱۶۱/۳۷ و ۲۰/۲۲ تعیین گردیده‌اند.

۵. تراکم شبکه آبراهه

اگر مجموع طول تمام رودخانه‌ها و آبراهه‌های حوزهٔ اندازه‌گیری و بر مساحت حوزه تقسیم گردد، عدد به‌دست آمده بر حسب کیلومتر در کیلومترمربع، تراکم شبکهٔ آبراهه را بیان می‌کند [٦].

$$D = \frac{\sum L}{A}$$

که در این رابطه:

D: تراکم شبکه آبراهه بر حسب کیلومتر بر کیلومترمربع

A: مساحت حوزهٔ آبریز بر حسب کیلومترمربع

مقدار D از ۰/۵ برای حوزه‌هایی که از مسیل بسیار فقیر تا بزرگ‌تر از ۳ برای حوزه‌هایی که با مسیل زیاد مشاهده می‌شود، تغییر می‌کند. مقدار D برای حوزهٔ بررسی شده ۱/۷ به‌دست آمده است.

٦. زمان تمرکز

زمان تمرکز عبارت است از مدت زمانی که آب از دورترین نقطهٔ حوزه، مسیر هیدرولوژیکی خود را طی کرده و به نقطهٔ خروجی برسد [٦] زمان تمرکز از یک‌سو به خصوصیات فیزیوگرافی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

حوزه نظیر سطح، شکل، طول و شیب آبراهه‌ها، ناهمواری سطح، نوع و تراکم پوشش گیاهی، نوع و عمق خاک بستگی داشته و از سوی دیگر شدت بارندگی و توزیع زمانی و مکانی آن نیز می‌تواند، طول زمان تمرکز را تغییر دهد [۹]. برای محاسبه و برآورد زمان تمرکز، در این پژوهش از روش کرپیچ استفاده شده است.

معادله کرپیچ

کرپیچ معادله‌ای را برای تخمین و محاسبهٔ زمان تمرکز پیشنهاد داده است که این معادله نیز برای حوزه‌های کوچک قابل استفاده است [٦] که در آن:

Tc: زمان تمرکز برحسب ساعت

L: طول آبراهه اصلی بر حسب کیلومتر

$$Tc=0/949\ (L3/H)^{0/385}$$

H: اختلاف ارتفاع دو طرف آبراهه اصلی بر حسب متر

مقدار زمان تمرکز برای حوزهٔ رودخانه گاماسیاب پایین ۱۸ ساعت تعیین شده است.

پارامترهای مورفولوژیکی رودخانه

شناختن شکل و ساختمان رودخانه، مورفولوژی رودخانه نامیده می‌شود. به‌عبارتی به‌کمک مورفولوژی رودخانه می‌توان اطلاعاتی از شکل هندسی آبراهه، شکل بستر و پروفیل طولی رودخانه را به‌دست آورد. مورفولوژی یک رودخانه تحت تأثیر عوامل متفاوتی مثل سرعت جریان فرسایش و نحوه رسوب‌گذاری قرار دارد.

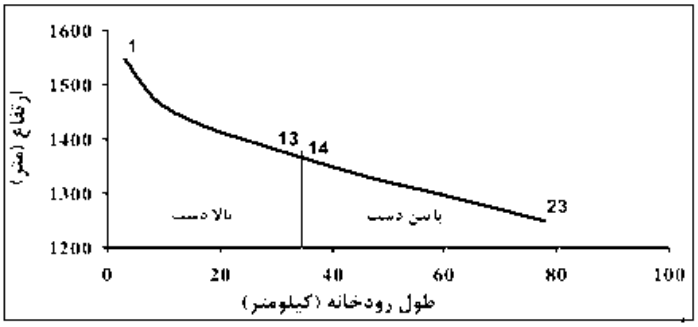
۱. شیب طولی رودخانه

شیب طولی رودخانه از با ارزش‌ترین پارامترها در بررسی رفتار رودخانه است. هم‌چنین، شیب رودخانه از مهم‌ترین شاخص‌ها برای نشان دادن توانایی رودخانه در انجام کار است [۲۱]. نیم‌رخ طولی رودخانه در واقع نمایش طولی یک رودخانه با ارتفاع است. با رسم نیم‌رخ طولی رودخانه‌ها می‌توان ارتفاع و به همراه آن شیب رودخانه‌ها را در هر نقطه از مسیر آن مشخص کرد [۳]. نیم‌رخ طولی رودخانه گاماسیاب پایین در شکل ۷ ارائه شده است.

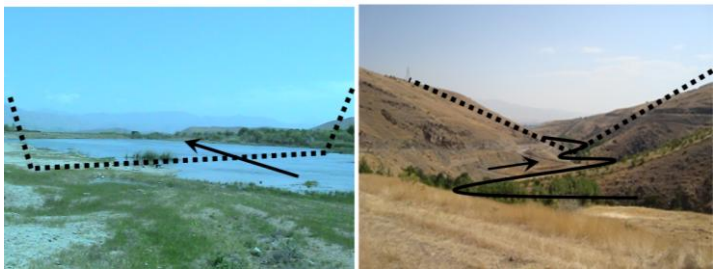
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

با توجه به این شکل، رودخانه در بخش بالادست از شیب بیش‌تری نسبت به بخش‌های پایین‌دست برخوردار است. شیب زیاد در بخش کوهستانی به‌دلیل وجود تکتونیک فعال و لیتولوژی نسبتاً سخت‌تر نسبت به دشت است. این موضوع موجب افزایش فرسایش قایم نسبت به فرسایش کناری در بخش‌های بالادست شده، به‌طوری‌که شکل دره در این محدوده V شکل است. با کاهش شیب در دشت‌های آبرفتی، مورفولوژی رودخانه نیز تغییر می‌کند. به‌طوری‌که دامنه، طول موج و پهنای کمربند مئاندر افزایش یافته و شکل دره به U نزدیک می‌شود (شکل ۸).



شکل ۷. پروفیل طولی رودخانهٔ گاماسیاب پایین



ب الف

شکل۸. الف) درهٔ V شکل و الگوی کانال در بخش کوهستان، ب) نمایی از درهٔ U شکل و الگوی کانال در دشت آبرفتی

۲. ارتفاع حوزهٔ آبریز

ارتفاع حوزهٔ از سطح دریا، نشان‌دهنده موقعیت اقلیمی آن حوزهٔ است [٦]. ارتفاع در این پژوهش به‌صورت ارتفاع متوسط وزنی، ارتفاع بیشینه و ارتفاع کمینه بیان شده است. در دو

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

حالت اخیر، ارتفاع براساس نقشه‌های توپوگرافی ۲۵۰۰۰۰ :۱ به‌دست آمده است (شکل۹). در حالی که ارتفاع متوسط وزنی با استفاده از منحنی‌های هیپسومتری به‌دست آمده است. بیشینه ارتفاع حوزه حدود ۳۳۵۹ متر از سطح دریا و کمینه ارتفاع حوزه حدود ۱۲۸۰ متر از سطح دریا در خروجی حوزهٔ آبریز است.

۳. توزیع ارتفاع- سطح در حوزهٔ آبریز

غالباً توزیع سطح حوزه با ارتفاع، در حوزه‌های مختلف یک‌نواخت و متوازن نیست، ممکن است حوزه‌هایی با یک یا چند نقطه مرتفع وجود داشته باشند، اما این مناطق تنها درصد کمی از کل سطح حوزه را شامل شوند و درصد زیادی از حوزه در ارتفاع پایین واقع باشد. به‌همین دلیل، در مقایسهٔ حوزه‌ها با یک‌دیگر و هم‌چنین به‌منظور بررسی میزان اثر ارتفاع در رژیم آب و هوایی و هیدرولوژی حوزهٔ بررسی شده، لازم است که درصدی از سطح حوزه که بالاتر یا پایین‌تر از ارتفاع معین قرار گرفته‌اند، مشخص گردد.

توزیع ارتفاع-سطح در یک حوزهٔ آبریز را با منحنی تغییرات سطح یا درصد سطح حوزه، بر حسب ارتفاع بالاتر یا پایین‌تر از یک ارتفاع مبنا، نمایش می‌دهند. برای انجام محاسبات لازم در تعیین منحنی ارتفاع- سطح، از نقشه‌های توپوگرافی منطقه [٤] به مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ استفاده شده است (شکل۹). بر اساس منحنی شکل ۱۰ ملاحظه می‌شود که ارتفاع میانه و متوسط حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین به‌ترتیب برابر ۱۷۸۰ و ۱۷۹٦ متر از سطح دریا است.

٤. شیب حوزهٔ آبریز

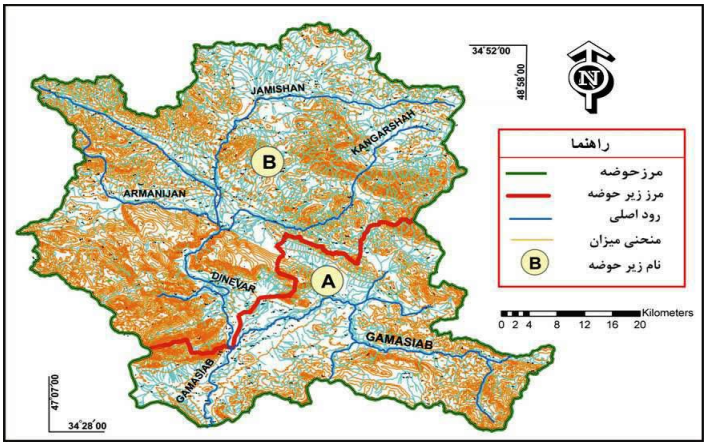
شیب از مهم‌ترین عواملی است که زمان جریان سطحی و زمان تمرکز را در رودخانه کنترل می‌کند که به مقدار و شدت طغیان رودخانه بستگی مستقیم دارد. ظرفیت نفوذی خاک نیز به شیب بستگی دارد، هرچه شیب بیش‌تر باشد در صورت کم بودن پوشش گیاهی و کاهش نفوذ، خاک به سادگی مورد فرسایش قرار می‌گیرد. تهیه نقشه شیب با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS و بر اساس پنج رده ترسیم شده که ردهٔ I شیب کم‌تر از ۱۰ درصد، ردهٔ II شامل شیب ۲۰-۱۰ درصد، ردهٔ III شامل شیب ۳۰-۲۰ درصد، ردهٔ IV شامل شیب ٤۰-۳۰

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

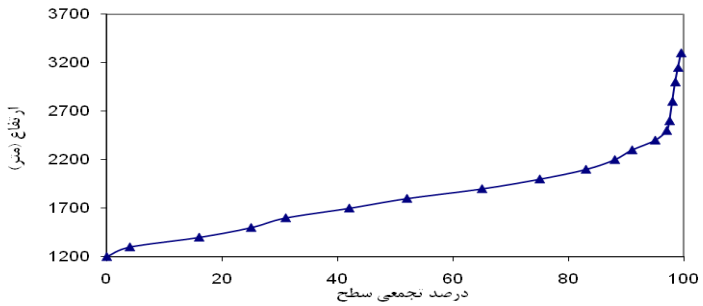
[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

درصد و ردهٔ V شامل شیب بیش‌تر از ٤٠ درصد است. شکل ۱۰ نقشهٔ شیب منطقهٔ بررسی شده را نشان می‌دهد.

تغییرات شیب طولی رودخانه گاماسیاب منجر به تشکیل دره‌های با مورفولوژی مختلف شده است، به‌گونه‌ای که در بخش‌های کوهستانی که شیب زیاد و فرسایش قایم نسبت به فرسایش کناری بیش‌تر است و عمل فرسایش بیش‌تر از رسوب‌گذاری انجام می‌شود. در این بخش‌ها، دره رود بیش‌تر V شکل است. با کاهش شیب در قسمت دشت، شکل دره رودخانه به U تبدیل می‌شود. در این بخش‌ها فرسایش قائم بسیار کم شده و بیش‌تر فرسایش کناری صورت می‌پذیرد.



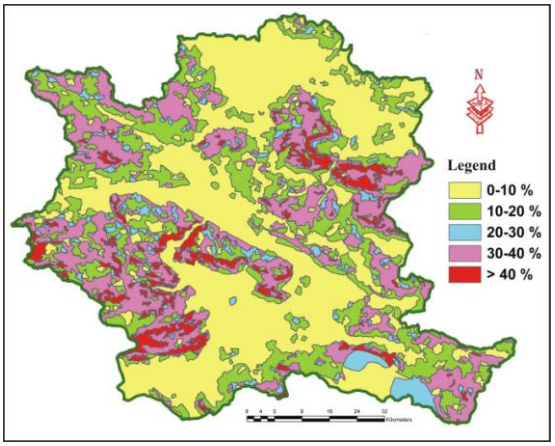
شکل ۹. نقشهٔ توپوگرافی منطقه بررسی شده [۱۱]



شکل ۱۰. منحنی ارتفاع- سطح حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]



شکل ۱۱. نقشهٔ شیب منطقهٔ پژوهش

جدول ۱. مشخصات فیزیوگرافی حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین

ردیف	فاکتور فیزیوگرافی	کل حوزهٔ
۱	مساحت (Km^2)	۳۲٦٤/۲٤
۲	محیط (Km)	۳٦٥
۳	طول (Km)	۸۱
٤	ضریب گراویلیوس	۱/۷۸
٥	ضریب شکل (هورتون)	۰/٥۳
٦	نسبت طولی (روش شیوم)	۰/۸۲
۷	نسبت گردی (روش میلر)	۰/۳۰
۸	طول مستطیل معادل (Km)	۱٦۱/۳۷
۹	عرض مستطیل معادل (Km)	۲۰/۲۲
۱۰	تراکم آبرهه (Km/Km^2)	۱/۷
۱۱	ارتفاع کمینه حوزه (m)	۱۲۷۰
۱۲	ارتفاع متوسط حوزه (m)	۱۷۹٦
۱۳	ارتفاع بیشینه حوزه (m)	۳۳٥۹
۱٤	ارتفاع میانه حوزه (m)	۱۷۸۰
۱٥	شیب متوسط حوزه (۰/۰)	۱۹
۱۷	زمان تمرکز(h)	۱۸

طبقه‌بندی رودخانه

از نظر مورفولوژی، رودخانه‌ها به دو طریق سنی یا زمین‌شناسی و نوع مسیر تقسیم می‌شوند [۱۸]، رودخانهٔ گاماسیاب پایین از نظر زمین‌شناسی(سن) در بخش‌های کوهستانی جوان و در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

قسمت‌های دشت و زمین‌های با شیب کم بالغ است. رودخانه در بخش دشت به‌دلیل شیب کم دارای فرسایش‌پذیری کم، پهنای وسیع و شدت جریان کم است.

بر اساس تقسیم‌بندی از نظر نوع مسیر با توجه به نقشهٔ توپوگرافی و بازدیدهای میدانی از منطقه، رودخانه گاماسیاب پایین در یک مسیر مئاندری جریان دارد. مئاندرها در این رودخانه، از نوع قوس‌های آزاد (کم عمق) و عمیق هستند. قوس‌های آزاد در دشت قرار دارند و به‌دلیل وجود رسوبات آبرفتی سست و منفصل در بستر و سواحل در طول زمان تغییر می‌کنند. در حالیکه قوس‌های عمیق، بیش‌تر در مناطق کوهستانی مسیر رودخانه در بستر مقاوم حفر شده و معمولاً پایداری خود را حفظ کرده‌اند [۱۵].

هم‌چنین، مطابق طبقه‌بندی شوام [۲۳] این رودخانه در قسمت‌های کوهستانی مسیر رود از نوع فرسایشی و در جاهایی که رودخانه در دشت‌ها جاری است، از نوع رودخانه رسوب‌گذار است. از سوی دیگر، با توجه به شیب، سطح مقطع و الگوی کانال، بر اساس طبقه‌بندی راسگن [۲۲] این رودخانه در ردهٔ A (بخش کوهستان) و F (بخش دشت) قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

با گذشت زمان، همهٔ رودخانه‌ها در معرض تغییر و تحول قرار دارند و کارهای مهندسی رودخانه برای تغییر دبی، بررسی حجم رسوب، مسیر رودخانه، عمق آبراهه، پهنهٔ سیل‌گیر و کیفیت آب مورد نیاز است. در این زمینه، شناسایی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی رودخانه و حوزهٔ آبریز آن و نیز ارتباط آن‌ها با پارامترهای هیدرولیکی جریان، از اهمیت زیادی برخوردار است. در این مقاله، ارزیابی ژئومورفولوژی مهندسی رودخانهٔ گاماسیاب پایین با توجه به نقش آن در توسعهٔ شهری، صنعتی و کشاورزی شرق استان کرمانشاه مورد توجه قرا گرفته است. براساس محاسبات صورت گرفته محیط، عرض متوسط و مساحت حوزهٔ آبریز رودخانه گاماسیاب پایین به‌ترتیب ۳٦٥، ۲۰ کیلومتر و ۳۲٦٤/۲٤ کیلومترمربع است. حوزهٔ آبریز این رودخانه از نظر مساحت در ردهٔ حوزه‌های بزرگ قرار می‌گیرد. شکل حوزه تقریباً کشیده است، به‌نحوی‌که مقدار ضریب گراولیوس ۱/۷۸ مؤید این موضوع است. از نظر تراکم شبکه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

آبراهه، مقدار D برای حوزهٔ بررسی شده ۱/۷ به‌دست آمده که نشان‌دهندهٔ حوزه با تراکم آبراهه متوسط است. مقدار زمان تمرکز برای حوزه رودخانهٔ گاماسیاب پایین ۱۸ ساعت تعیین شده است. بیشینه ارتفاع حوزهٔ حدود ۳۳۵۹ متر از سطح دریا در ارتفاعات کوه پرآو و کمینه ارتفاع حوزه حدود ۱۲۸۰ متر از سطح دریا در خروجی حوزهٔ آبریز است. ارتفاع میانه و متوسط حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین به‌ترتیب برابر ۱۷۸۰ و ۱۷۹٦ متر از سطح دریا است.

تغییرات شیب طولی رودخانه گاماسیاب پایین منجر به تشکیل دره‌های با مورفولوژی مختلف شده است، به‌گونه‌ای که در بخش‌های کوهستانی که شیب زیاد و فرسایش قایم نسبت به فرسایش کناری بیش‌تر است، درهٔ V شکل و با کاهش شیب در قسمت دشت، شکل دره رودخانه به U تبدیل می‌شود. هم‌چنین، براساس بررسی‌های انجام شده، این رودخانه به لحاظ پایداری در ردهٔ رودخانه‌های فرسایشی و رسوب‌گذار، از نظر تقسیم‌بندی راسگن در ردهٔ A و F و به‌لحاظ زمین‌شناسی (سنی) در گروه‌های جوان و بالغ طبقه‌بندی می‌گردد.

منابع

۱. احمدی ح. *ژئومورفولوژی کاربردی (جلد اول) فرسایش آبی*. دانشگاه تهران (۱۳۷۸) ٦۸۸.

۲. جاماب (شرکت مهندسین مشاور)، *طرح جامع آب کشور*، گزارش حوزهٔ آبخیز کرخه، وزارت نیرو، (۱۳٦۸).

۳. رفاهی ح. *فرسایش آبی وکنترل آن*، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۸۲) ٦۷۱ .

٤. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، *نقشه توپوگرافی کرمانشاه*، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ (۱۳۷۹).

۵. سازمان هواشناسی استان کرمانشاه، *آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی حوزهٔ آب‌خیزگاماسیاب*، (۱۳۸۷).

٦. علیزاده ا.، *اصول هیدرولوژی کاربردی*، انتشارات استان قدس رضوی (۱۳۸۱) ۷۳۵.

۷. کریمی باوندپور ع.، *نقشه زمین‌شناسی ورقه کرمانشاه*، مقیاس ۱۰۰۰۰۰ : ۱، سازمان زمین شناسی کشور (۱۹۹۹).

۸. معاونت آبخیزداری و منابع طبیعی استان کرمانشاه، مجموعه گزارش‌های مطالعات جامع آبخیزداری حوزهٔ آبریز گاماسیاب (۱۳۸۷).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

۹. مهندسین مشاور آبان‌پژوه، *مطالعات هیدرولوژی و رسوب مرحله اول سد مخزنی قشلاق علیا* (۱۳۸۱) ۳۰۰.

۱۰. ملکی‌رضایی ا. *رسوب‌شناسی حوزهٔ آبریز گاماسیاب در چهارگوش همدان*، دانشگاه شهید بهشتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد (۱۳۸۲) ۱۸۳.

۱۱. صحرارو ن.، *بررسی رسوب‌شناسی و میزان رسوب‌زایی حوزهٔ آبریز گاماسیاب پایین*، شرق استان کرمانشاه ، دانشگاه بوعلی سینا، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد (۱۳۸۸).

۱۲. سازمان برنامه و بودجه- وزارت نیرو، *دستورالعمل مطالعات فیزیوگرافی در حوزه‌های آبخیز*، نشریه ۱٦۰، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، تهران (۱۳۷۵).

۱۳. سلیمانی شهریار، *رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی*، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (۱۳۷۸).

۱٤. نوحه‌گر احمد، حسین زاده محمدمهدی، افشار طاهره، *تغییرات ژئومورفولوژی نیم‌رخ طولی و عرضی علیای رودخانه میناب(از سد تا پل میناب)*، فصلنامه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، شماره ۲٤ (۱۳۸۹) ۱۵۷-۱۳۷.

۱۵. وزارت نیرو، *پیش‌نویس راهنمای روش‌های مهار رسوب در رودخانه‌ها*، نشریه ۳۵۰-الف، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا (۱۳۸۸).

۱٦. یمانی مجتبی، حسین‌زاده محمدمهدی، نوحه‌گر احمد، *هیدرودینامیک رودخانه‌های لار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییر مشخصات هندسی آن‌ها*، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۵، (۱۳۸۵) ۲۳-۱۵.

17. Coates D. R., "Geomorphology and Engineering", Allen & Unwin Publication, p. 360 (1980).

18. Davis W. M. "The geographical cycle", Geographic Journal, Vol.14 (1899) 481-504.

19. Grant G. E., Swanson F. j., Wolman M. G., "Pattern and origin of stepped-bed morphology in high- gradient stream", Western Cascades, Oregen, Geological Society of America Bulletin,Vol.102 (1990) 330-352.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]

20. Leopold L. B., Wolman M. G., "River channel patterns: braided", meandering, and straight. U.S. Geological Survey Prof. Paper 282-B. 2 (1957).
21. Montgomery D. R., Buffington J. M,, "Channel classification of channel response, and assessment of channel condition:", Olympia, Washington State Departement of Natutral Resources Report TFW-SH10-93-002 (1993) 84.
22. Rasgen d. L., "A classification of natural rivers", Catena,Vol.22 (1994) 169-199.
23. Schumm S. A., "A tentative classification of alluvial river channels", U.S. Geological Survey Circular 477. Washington, DC. (1963).
24. Broud J., "Geology General-Les formation du Zagros la region du Kermanshah (Iran)", et leurs report stractursux (S. G. I) (1975).
25. Braud J., "Kermanshah quadrangle map", 1: 250000, Geol. Surv, Iran (1978).
26. Bryan B. R., Campbell I. A., "Run off and sediment discharge in a semi-arid ephemeral drainage basin", Z. 58 (1986) 121-143.
27. Leopold L. B., Wolman M. G., Miller J. P., "Fluvial processes in geomorphology", Freeman, San Francisco, California, USA. (1964).
28. Probst J. L., "Dissolved and suspended matter transported by the Grion river (France): Mechanical and chemical erosion rates in a calcareous molasses basin", Hydro. Scince Journal 31 (1) (1986) 61-79.
29. Walling E. D., Webb B. W., "Patterns of sediment yield", In: Gregory, K. J. (ed): Background to Palaeohydrology (1983) 69-100. Johno Wiley and Sons, Chichester.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2024-09-20]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1392.7.2.4.5]