پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دوازدهم، شماره ۲، پاییز ۱۴۰۲
صص. ۱۲۹-۱۰۹

مدل‌سازی و تحلیل هیدرواقلیم حوضه آبریز قره قوم در سالهای اخیر با تاکید بر رواناب فصلی

طیبه اکبری ازیرانی* – استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
حسین قربانی – کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵ تائید نهایی: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱

چکیده

تغییرات عناصر اقلیمی بر هیدرولوژی حوضه های آبریز اثرگذار است. ارزیابی روند تغییرات فصلی رواناب در راستای مدیریت حوضه های آبی بویژه در زمان رخداد مخاطرات خشکسالی و سیل اهمیت دارد. در این پژوهش وضعیت هیدرولوژیکی حوضه قره قوم با برآورد رواناب در ۱۴ زیرحوضه آن با استفاده از مدل تجربی سازمان حفاظت خاک امریکا SCS-CN بررسی شد. حداکثر دبی رواناب با استفاده از داده های مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، داده های ایستگاهی و شبکه ای دما و بارش برآورد شد. ارزیابی شاخص های فیزیوگرافی حوضه نشان داد که در برخی زیرحوضه ها توانایی تولید رواناب بالا بوده و فصل بهار با ۱۱۷ میلیمتر بارش در زیر حوضه ی کشف رود با بیشترین مساحت نسبت به سایر زیرحوضه‌ها توانایی تولید دبی اوج تا ۲۳۷۹,۳ مترمکعب بر ثانیه را دارد و به طور کلی ۸۸٪ از کل بارش های فصل بهار به رواناب تبدیل می شود . در فصل پاییز به دلیل پوشش گیاهی کمتر و افزایش مقدار بارش ها به ۲۸,۹ میلیمتر، گروه هیدرولوژیکی خاک اثر بیشتری نسبت به سایر فصل ها بر تولید رواناب داشته و درنتیجه ۶۳ درصد از بارش های پاییزه به رواناب تبدیل گردید. در فصل زمستان میانگین بارش به ۷۱ میلیمتر رسیده و ۸۲ درصد بارشه ها به رواناب تبدیل شد. به طور کلی گروه هیدرولوژیکی C با نفوذپذیری پایین خاک و مقدار بالای CN باعث پتانسیل تولید رواناب قابل ملاحظه در فصل بهار در این حوضه آبریز شده و مدیریت منابع آب‌های سطحی ، ضروری است.

واژگان کلیدی: ارتفاع رواناب ، ، حوضه آبریز قره قوم، روش SCS-CN ، گروه هیدرولوژیکی ، HEC-GeoHMS

* نویسنده مسئول: E-mail: maghsoud@ut.ac.ir

مقدمه

در سال های اخیر با کاهش منابع آب و بحران کم آبی، مدیریت صحیح در حو ضه های آبریز ک شور ضروری ا ست. حوضــه آبریز یک واحد ایده‌آل برای مدیریت منابع طبیعی برای برنامه ریزی، مدیریت و دســتیابی به توســعه پایدار منابع اســـت. این واحدهای هیدرولوژیکی می‌توانند محدوده‌ی مطمئنی را برای برنامه‌ریزی به‌عنوان واحدی طبیعی، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی معرفی کنند.

مورفومتری حوضه‌های آبریز توصیف کاملی از ارتباط بین فرآیندهای مختلف بر روی سطح زمین و اجزای متنوع سیستم زمین از قبیل ژئوموروفولوژی، هیدرولوژی و زمین شناسی ارائه می‌دهد. کاربرد روش‌های تحلیل مورفومتریک در مناطقی که با کمبود اطلاعات روبه‌رو هستند بسیار مفید است. خصوصیات مورفومتریک حوضه‌های آبریز می‌تواند برای توصیف رفتار هیدرولوژیکی آن اســتفاده شــود(رضــایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۸). انرژی مورد نیاز حوضــه های آبریز به تغییرات مکانی و زمانی آب در آنها وابســـته اســـت وبحث تغییرات آبدهی رودخانه ها با تغییرات اقلیمی باعث بروز رخداد های هیدرولوژیکی در حوضه های آبریز شده است و فعالیت های بی رویه انسانی نیز باعث گسترده تر شدن این چالش ها در حو ضه های آبریز شده ا ست. پیش بینی و بررسی وضعیت حو ضه ها و بررسی تغییرات فصلی در رواناب ها و آب های ســطحی در امر مدیریت حوضــه و برنامه ریزی بلند مدت امری ضــروری اســت (عابدینی و همکاران[1]، ۲۰۲۱). اثرات تغییرات اقلیمی و در پی آن تغییر در وضعیت پوشش گیاهی و تغییرات کاربری اراضی موجب بروز رخداد های فرین آب و هوایی مانند سیلاب با فراوانی بیشتر و در پهنه ای گسترده تر نسبت به قبل اتفاق شده است (نونووو و همکاران[2]، ۲۰۱۵). از این‌رو بررسی روند فصلی رواناب به عنوان اجزای اصلی مطالعات هیدرولوژیکی در مدیریت حو ضه های آبریز نقش دارد.

حو ضه‌های آبریز ا صلی کشور بر ا ساس تقسیمات تمآب وزارت نیرو، شامل شش حو ضه بزرگ ا ست. تاکنون مطالعات زیادی در حوضه های مختلف ایران با موضوع بررسی رواناب از جنبه های مختلف انجام شده است که حوضه های آبریز خلیج فارس و دریای عمان، دریای خزر ، ارومیه و مرکزی مطالعه شده ا ست (غفاری گیلانده و همکاران، ۱۳۹۵; حسین زاده و نوروزی طیولا، ۱۳۹۶; عالم و همکاران،۱۳۹۷; مرادی وهمکاران ،۱۳۹۷; ســروری وهمکاران، ۱۳۹۸; عادلی و محمدی، ۱۳۹۸; پریســایی و همکاران، ۱۳۹۸; بهرامی و ایمنی، ۱۳۹۸; شــعبانی نیا و همکاران۱۳۹۹; رنجبر و حســن لو،۱۳۹۹; فتحیان و همکاران، ۱۳۹۹; عبادی و همکاران،۱۴۰۰; فولادمند وهمکاران،۱۴۰۰; ایزدی و شامحمدی،۱۴۰۱). این مطالعات نشان داد که برآورد و تخمین رواناب در حو ضه های ایران با استفاده از ویژگی های فیزیوگرافی حو ضه و تغییرات کاربری ارا ضی و و ضعیت ژئومورفولوژیکی و گروه های هیدرولوژیکی که تو سط سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS- CN) پیشــنهاد شــده، دارای نتایج قابل قبول بوده اســت. با بهره گیری از مقدار شــماره منحنی(CN)، برآورد رواناب حو ضه ها بویژه حو ضه های کوهستانی و فاقد آمار با دقت خوبی امکان پذیر ا ست (عالم و همکاران ، ۱۳۹۸) و هرچه این مقدار کمتر باشد رواناب نیز کاهش می یابد و به تبع آن نفوذ افزایش می یابد (زانگ و هوانگ[3]، ۲۰۰۴).

برآورد رواناب و تخمین حداکثر دبی حو ضه های آبریز در مدیریت حو ضه های آبریز ضروری ا ست. رضایی و همکاران (۱۳۸۶) با ا ستفاده از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی و رگرسیون چندمتغیره برای مدل سازی منطقه‌ای دبی‌های اوج در زیرحوضــه‌های ســد ســفیدرود به این نتیجه رســیدند که عامل مســاحت حوضــه و ســپس دبی پایه از بیشــترین ضــریب رگرســـیونی با علامت مثبت برخوردار بودند. حجازی و مزبانی (۱۳۹۴) برای برآورد دبی حداکثر رواناب در حوضـــهٔ آبریز سراب دره شهر از روش شمارهٔ منحنی بهره جستند. نتایج تحلیل عاملی نشان داد دو پارامتر مساحت و تراکم زهکشی

[1]- Abedini et al.
[2]- Nkwunonwo et al.
[3] - Zhan & Huang

تأثیر بیشتری بر دبی رواناب حوضه دارند. نعیمی کلورزی و همکاران (۱۳۹۵) از دو مدل رگرسیون چندمتغیره و درخت تصمیم برای تخمین جریان ماهانه برپایهٔ متغیرهای اقلیمی و فیزیوگرافی حوضه استفاده کردند. نتایج پژوهش نشان داد مؤثرترین پارامترهای دخیل در برآورد دبی ماهانه مساحت، طول آبراههٔ اصلی، شیب آبراههٔ اصلی، ضریب گراویلیوس و شکل حوضه بوده است. شعبانی‌نیا و همکاران (۱۳۹۹) با تلفیق مدل‌های اتومات سلولی و تخمین دبی اوج سیل در حوضهٔ آبخیز لاویج‌رود نشان داد که عوامل کاربری اراضی، خاک، نفوذپذیری و شیب در تجمع رواناب و تولید سیل مؤثرند.

حوضه آبریز قره قوم در شمال شرق ایران یکی از شش حوضه آبریز اصلی ایران است که رود تجن خروجی اصلی این حوضه آبریز است و مرز آبی با افغانستان و ترکمنستان را دارد. این حوضه بدلیل وضعیت توپوگرافی که با رشته کوه های کپه داغ در شمال ، رشته کوه های هزار مسجد در بخش مرکزی حوضه و رشته کوه بینالود در شرق مشخص می شود و دارای پتانسیل تولید رواناب است. روند تغییرات دما و بارش در این حوضه طی سه دهه اخیر نشان داد که در اثر تغییر اقلیم، دمای کمینه بسیار بیشتر تحت تاثیر قرار گرفته و گرمایش زمین موجب روند افزایشی کمینه دماها و نیز بیشینه دماهای اکثر فصول و ماه های سال در نقاط مختلف حوضه آبریز شده است. روندهای عمدتاً کاهشی در رفتار بارش فصلی و ماهانه در ایستگاه های حوضه آبریز در اکثر ماه‌ها و فصل‌ها از نظر آماری معنادار نیست و تقریبا تمام روندهای معنادار بارندگی، کاهشی و مربوط به فصل زمستان است (اکبری و همکاران، ۱۴۰۱). از اینرو در این پژوهش مقدار دبی حداکثر فصلی رواناب در حوضه آبریز قره‌قوم برآورد شد و از نظر تغییرات فصلی رواناب مورد بررسی قرار گرفت. مرور سابقه تحقیق در منطقه مورد مطالعه نشان داد که تاکنون تحلیل تغییرات رواناب فصلی و حداکثر دبی سیلاب در این حوضه انجام نشده است و پژوهشهای اندکی در سطح این حوضه در مورد تغییر اقلیم موجود است (بابائیان و همکاران، ۱۳۹۲; شفیعی و قهرمان، ۱۳۸۸). این پژوهش با هدف مدلسازی، برآورد و تحلیل رواناب فصلی و دبی سیلاب، به عوامل موثر در رخداد مخاطره سیل در این حوضه پرداخت. همچنین چشم انداز نقش تغییرات روند دما و بارش در رخداد ناهنجاری دبی در این حوضه آبی در سالهای اخیر از دیگر اهداف این پژوهش است. این حوضه آبریز دارای چند رودخانه اصلی مانند کشف رود ، درونگر ، جامرود و روس می باشد که با توجه به تغییرات اقلیمی و شرایط فیزیو گرافی پتانسیل سیل خیزی دارد. به طوری که در سال ۱۳۹۴ سیلاب هایی با حجم بالا در ایستگاه های هیدرومتری مانند آق دربند ، چهچهه کلاته منار در فصل بهار با مقادیر بالایی از دبی اوج لحظه ای را به ثبت رسانند و بعضی اوقات هم در فصل تابستان نیز سیلاب های های با حجم بالا نیز رخ داده اند (سالنامه آماری ۱۳۹۳-۹۴). وسعت زیاد این حوضه آبریز باعث شده که مراکز جمعیتی در آن گسترش یابد و در همین راستا استفاده از حاشیه های رودخانه ها نیز بیشتر می شود . با توجه به تغییرات در دما به تبع آن کاهش مقدار نزولات جوی مدیریت در حوضه های آبریز امری لازم و ضروری است که در همین راستا ابتدای امر باید وضعیت فیزیوگرافی بررسی شده و در ادامه بر اساس آمارهای دما و بارش و همچنین ایستگاه های هیدرومتری وضعیت هیدرواقلیمی مورد توجه قرار گیرد چراکه تغییرات کاربری اراضی نیز باعث کاهش نفوذ به زمین و افزایش رواناب ها در سطح زمین می شود که در نهایت خطر سیلاب را به دنبال دارد. حال با توجه به این شرایط از روش SCSبرای این بررسی ها استفاده شد.

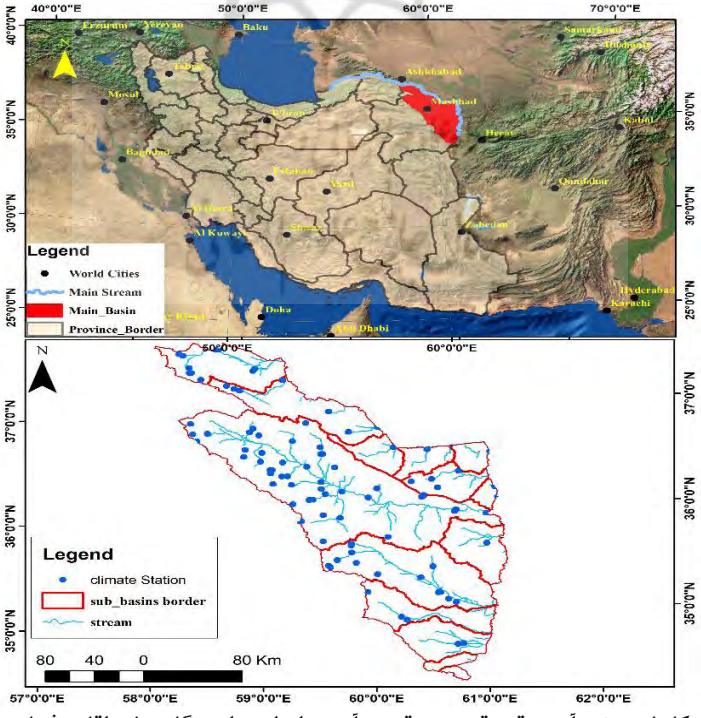
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز قره‌قوم، ششمین حوضه آبریز کشور، با تعداد۱۴ زیرحوضه و دارای دو بخش داخلی و خارجی است که بخش داخلی این حوضه با مساحت ۴۳۹۲۵ کیلومتر مربع در شمالی شرقی ایران که شرقی ترین نقطه در مرز ایران و افغانستان° ۳۶ ′ ۷ شمالی و ′۱۳ °۶۱ شرقی، غربی ترین نقطه در استان خراسان رضوی ′ ۳۹ °۳۷ شمالی و ′ ۱۱

°۵۸ شرقی، جنوبی ترین نقطه در '۲۲ ° ۳۴ شمالی و '۴۵ °۶۰ شرقی ، و شمالی ترین نقطه آن در'۴۱ °۳۷ شمالی و '۴۸ °۵۱ شرقی واقع شده است.

در این حوضه رودخانه‌های هریررود، کشف رود، جام رود، رود روس، رودخانه درون‌گر از کوهستان‌های حوضه سرچشمه گرفته و به سمت مرزهای شمال شرقی ایران جاری هستند. واحد دشت با وسعت‌های متفاوت شامل دره گز، کلات نادری ، گنبدلی، سرخس ، آق دربند، مشهد، نریمانی ، فریمان– تربت جام، تایباد، شهرنو ـ باخرز، صالح آباد، سنگ بست و کرات است. این حوضه ناحیه‌ای کوهستانی است که رشته کوه‌های هزارمسجد در شمال غربی، بینالود در غرب و در جنوب کوه‌جام قرار دارد. همچنین دارای رشته کوه‌های کم ارتفاعی در جهت عمومی شمال غربی– جنوبی شرقی هستند. (شکل ۱). براساس آمار ایستگاه‌ها در حوضه آبریز قره قوم در مراکزی مانند بجنورد ۸۲ روز، در بیرجند ۶۷ روز، در مشهد ۴۰ روز یخبندان به طور متوسط دیده می شود که معمولا به دلیل استقرار سامانه هوای سیبری است(سازمان هواشناسی کشور). براساس طبقه بندی‌های کوپن و دمارتون، این حوضه آبریز در طبقه مناطق خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد و در سال‌های اخیر نیز با افزایش دما رو به رو بوده است که بر جریانات رودخانه ای اثرگذار می باشد. به طور متوسط میزان ارتفاع بارش در سطح حوضه ۱۱۰ میلیمتر اعلام شده است که این رقم در ارتفاعات و دشت ها متفاوت می باشد (سیمای آب استان های خراسان شمالی و رضوی و جنوبی ،۱۴۰۰). وضعیت دماو بارش، توپوگرافی، خصوصیات فیزیوگرافی به طور مستقیم بر رفتار هیدرولوژیکی در حوضه اثر می گذارد. به‌تبع وضعیت اقلیمی، اغلب رودخانه‌های حوضه به صورت فصلی دارای آب هستند و گاهی هم سیلاب‌های مخاطره‌آمیزی ایجاد نموده‌اند. بیشترین آبدهی رودخانه‌های این حوضه آبریز در فصل بهار و کمترین آن در فصل تابستان است که نشانه خشکی و فصلی بودن رژیم هیدرولوژیکی در حوضه می‌باشد و در بعضی زیرحوضه ها که موقعیت کوهستانی دارند این ویژگی باعث تعدیل وضعیت خشکی شده و افزایش بارش را در ارتفاعات به همراه دارد. اغلب بارش‌ها به صورت جامد دیده شده و رواناب‌های حاصل از ذوب برف باعث کاهش فشار کمبود آب در زیرحوضه می شود.



شکل۱: حوضه آبریز قره قوم و موقعیت آن در ایران و ایستگاه های اقلیم شناسی

جدول ۱: میانگین دما و بارش فصلی ۳۰ ساله برای ۶ ایستگاه (۲۰۲۰-۱۹۸۹)

متغیر	بارش (میلیمتر)				دما (درجه سلسیوس)			
ایستگاه ها	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
گلمکان	112/59	9/29	28/34	63/89	۱۳/٦	۲٤/۳	۱۳/۸	۳/۱
مشهد	121/81	7/96	27/26	86/07	۱٥/۸	۲۷/۰	۱٦/۰	٤/٦
نیشابور	114/62	7/75	28/07	92/51	۱٤/۳	۲٤/۸	۱٤/٤	۳/۳
سرخس	85/75	1/41	22/91	85/42	۱۸/۷	۲۹/۸	۱۸/۲	٦/۹
اسد آباد	115/11	5/47	26/82	69/83	۱۱/۸	۲۱/٥	۱۲/٤	۱/۲
بار	152/82	9/14	40/22	32/93	۱۲/۱	۲۲/٤	۱۳/۰	۱/۸

میانگین دما و بارش فصلی برای ۶ ایستگاه سرخس ، بار، اسد آباد، گلمکان، نیشابور، مشهد برای دوره آماری ۳۰ساله ، نشان داده شده است. میانگین بارش‌های فصلی در دوره ی سی ساله (۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰) برای شش ایستگاه نشان داد که بیشترین بارش‌ها برای همه ی ایستگاه ها در فصل بهار است که ایستگاه بار با ۱۵۲٫۸ میلیمتر بیشترین میانگین بارش را برای دوره سی سال نشان می‌دهد. کمترین بارش‌ها هم در فصل تابستان برای ایستگاه سرخس است. با این بررسی‌ها و با توجه به داده‌های ایستگاه‌های اقلیمی فصل زمستان و بهار به عنوان فصول مرطوب در این حوضه آبریز مد نظر است. همانطور که در نمودارهای پیداست فصل بهار بیشترین نوسان‌ها را در طول دوره ی آماری داشته است. میانگین بارش‌های فصلی در جدول نشانگر توزیع بارش در تمامی فصول سال است اما کمترین مقدار بارش مربوط به فصل تابستان می‌باشد و مرطوبترین فصل هم همانطور که گفته شد فصل بهار است.

نوسانات دمایی در فصل‌های پاییز و بهار کم بوده و مقادیر دمایی به هم نزدیک است. بیشترین اختلاف بین سردترین فصل با گرمترین فصل در ایستگاه سرخس بالاتر از سایر ایستگاه بود و مقدار آن ۲۲٫۹ درجه سانتی‌گراد و کمترین اختلاف هم مربوط به ایستگاه اسد آباد با مقدار ۲۰٫۳ درجه سانتی‌گراد بود. گرمترین ماه سال در تمامی ایستگاه ها ماه جولای است و سردترین ماه هم ماه ژانویه است که اختلاف گرمترین و سردترین ماه‌های سال در ایستگاه سرخس بالاترین مقدار است و مقدار آن ۲۵٫۳ درجه سانتی‌گراد و کمترین اختلاف در گلمکان با مقدار۱۸٫۸ درجه سانتی‌گراد دیده می‌شود. اختلاف بالای دما در ایستگاه سرخس نشان دهنده‌ی اقلیم خشک و بیابانی است و بی‌نظمی‌های شدید درجه حرارت در این منطقه نشان دهنده‌ی اختصاصات مناطق بیابانی و خشکی اقلیم است. توزیع بارش‌ها با توجه به موقعیت مکانی ایستگاه‌های اقلیمی نشان می‌دهد که بارش‌ها در سمت غرب حوضه به نسبت بالاتر از شرق حوضه است. ایستگاه سرخس که در نقطه مرزی شرق حوضه آبریز قرار دارد و بر اساس طبقه بندی دمارتن و کوپن به عنوان بخشی با اقلیم خشک بیابانی شناخته شده است و میانگین بارش فصلی آن نیز با مقدار کم نماینده بارزی از اقلیم بیابانی می‌باشد که دلیل این مقدار بارش کم می تواند با عوامل محلی نظیر عرض جغرافیایی، دوری از منابع رطوبتی، وضعیت ناهمواری که بصورت دشت سرخس و فاقد رشته کوه های وسیع می‌باشد.

تحلیل وضعیت اقلیمی حوضه آبریز قره‌قوم

شناخت ویژگی‌های طبیعی در هر منطقه در امر برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین می‌تواند بسیار مهم باشد. پهنه‌بندی‌های اقلیمی دمارتون و کوپن با در نظر گرفتن عناصر و متغیرهای اقلیمی برای شناخت اقلیم حوضه قره‌قوم انجام شد (جدول‌های۲ و ۳).

جدول ۲: وضعیت اقلیمی حوضه قره‌قوم به روش دمارتون به تفکیک زیرحوضه ها

ایستگاه ها	ارتفاع	x	Y	متوسط دما سالانه	مجموع بارش سالانه	شاخص	اقلیم
سرخس	225	36.5333	61.1667	18.37	195.49	۷	خشک
نیشابور	1213	36.2667	58.8	14.19	242.95	۱۰	نیمه خشک
مشهد	1280	36.6	59.65	15.84	243.10	۹	خشک
گلمکان	1300	36.4667	59.1833	13.71	214.10	۹	خشک
بار	1746	36.48	58.7	12.32	235.12	۱۱	نیمه خشک
اسد آباد	1770	35.65	59.35	11.74	217.22	۱۰	نیمه خشک

جدول ۳: وضعیت اقلیمی حوضه قره‌قوم به روش کوپن به تفکیک زیرحوضه ها

ایستگاه ها	بارش ۶ماه گرم	بارش ۶ماه سرد	بارش سالانه	دمای سالانه	درصد بارش ۶ماه گرم	درصدبارش ۶ماه سرد	20(T+7)	10(T+7)	طبقه بندی کوپن
گلمکان	121.87	92.23	214.1	13.71	56.92	43.08	414.2	207.1	BSk
مشهد	129.76	113.32	243.09	15.84	53.38	46.62	456.8	228.4	BSk
نیشابور	122.36	120.59	242.95	14.19	50.36	49.64	423.8	211.9	BSk
سرخس	87.15	108.33	195.5	18.37	44.58	55.41	507.4	253.7	Bwh
اسد آباد	120.57	96.64	217.22	11.74	55.51	44.49	374.8	187.4	BSk
بار	161.96	73.16	235.12	12.32	68.88	31.12	386.4	193.2	BSk

براساس طبقه بندی کوپن ایستگاه‌های گلمکان، مشهد، نیشابور، اسد آباد، بار در طبقه نیمه خشک استپی سرد و ایستگاه سرخس در طبقه گرم و خ شک بیابانی عرض پایین قرار می‌گیرد. طبقه بندی کوپن و دمارتون نقش ارتفاعات و دوری و نزدیکی به دریا را در شکل گیری نواحی آب و هوایی حوضه‌آبریز قره‌قوم نشان می‌دهد. بر اساس طبقه بندی کوپن این منطقه در شرایط اقلیمی نیمه خشک قرار دارد و شاهدی بر کمبود بارش در منطقه است. همچنین با توجه به ورود سامانه پرفشار سیبری می‌توان دلیل سرد بودن اقلیم نیمه خشک را توجیه کرد. به طور کلی در فصل تابستان ایستگاه‌ها دارای کمترین مقدار بارش فصلی هستند و ناهمواری می تواند در ایجاد رواناب نقش آفرینی کند.

تحلیل خصوصیات فیزیوگرافی حوضه

بر اساس برآوردهای انجام شده برای زیرحوضه‌های آبریز قره‌قوم بیشترین میزان گردی در زیرحوضه حسین‌آباد با برابر با ۱ است که بیانگر گردی در حوضه است و بیشترین میزان کشیدگی برای زیر حوضه رودخانه کلات است. نتایج حاصل از عامل کشیدگی حوضه به روش میلر اعداد نزدیک به یک نبوده و به کمتر از ۰,۵ می رسد که می تواند بیانگر پایین بودن وضعیت سیل خیزی در زیر حوضه‌های آبریز قره‌قوم براساس شاخص میلر باشد. همچنین بر اساس ضریب فشردگی گراولیوس، تمام زیر حوضه‌های آبریز قره‌قوم مقادیر فشردگی بالای ۱,۵ دارند و دارای کشیدگی هستند در نتیجه پتانسیل سیل خیزی طبق این ضریب کم است. نتایج حاصل از محاسبات ضریب شکل هورتون در زیرحوضه های آبریز قره‌قوم نشان داد که حوضه‌های کانال شیخ، حسین آباد، زیر حوضه‌ی تجن ۱و 3 دارای مقادیر نزدیک به ۱ هستند و بدین معنی

است که این زیرحوضه‌ها شکلی نزدیک به مربع دارند و زمان تمرکز در آنها بالا است و خطر سیلاب در این زیر حوضه‌ها وجود دارد (جدول ۵).

جدول ۴: شاخص های مورد استفاده ی فیزیوگرافیک حوضه قره‌قوم

ضریب	فرمول	منبع
ضریب شکل هورتون	Rc= A / L^2 A مساحت، L طول حوضه به کیلومتر	هیدرولوژی علیزاده ، ۱۳۹۸
ضریب شیوم	$Re = \frac{2(\sqrt{\frac{A}{\pi}})}{L}$ A مساحت حوضه به کیلومتر مربع و L طول حوضه برحسب کیلومتر	پور علی و همکاران ، ۱۳۹۵
ضریب گراولیوس	$Cc = P / 2A = 0.28P/\sqrt{A}$ P محیط حوضه	کلانتری و سلطانی ،۱۳۹۴
ضریب شکل میلر	$R_c = 12.56 *(A/p^2)$ A مساحت حوضه ، وP محیط حوضه آبریز است و R_c ضریب گردی	پور علی و همکاران ، ۱۳۹۵

جدول ۵: شاخص های فیزیوگرافیک حوضه قره‌قوم

ردیف	زیرحوضه‌های آبریز قره‌قوم	مساحت(km2)	محیط(km)	نسبت دایره‌ای (روش میلر)	ضریب شیوم	ضریب گراولیوس	ضریب شکل هورتون
1	زیرحوضه کانال شیخ	214	95	0.29	0.97	1.81	0.74
2	زیرحوضه کانال دربند	435	141	0.27	0.55	1.89	0.24
3	زیرحوضه کانال مرغاب	2298	274	0.38	0.69	1.60	0.38
4	زیر حوضه رود روس	2733	459	0.16	0.5	2.45	0.19
5	زیرحوضه جام رود	6387	533	0.28	0.57	1.86	0.25
6	زیرحوضه کشف رود	16837	952	0.23	0.51	2.05	0.20
7	زیرحوضه کانال حسین آباد	2473	338	0.27	1	1.90	0.84
8	زیرحوضه تجن۱	434	131	0.31	0.91	1.76	0.66
9	زیرحوضه تجن۲	1729	260	0.32	0.65	1.75	0.33
10	زیرحوضه تجن۳	822	164	0.38	0.95	1.60	0.71
11	زیرحوضه کانال خانگیران	1120	209	0.32	0.87	1.74	0.60
12	زیرحوضه رودخور	1303	215	0.35	0.73	1.66	0.42
13	زیرحوضه رودخانه کلات	3721	501	0.18	0.46	2.29	0.16
14	زیر حوضه رودخانه درونگر	3342	390	0.27	0.61	5.97	0.29

داده ها

در مطالعات حوضه‌ای استفاده از مستندات و مدارک جغرافیایی مانند نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه‌های توپوگرافی و ... ضروری می‌باشد. استفاده از نقشه‌های توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰ از آن جهت که دارای اطلاعات ارتفاعی است برای ترسیم حوضه‌های آبریز مورد استفاده قرار می‌گیرد و این پایه و اساس شروع مطالعات به روش حوضه‌ای است . در ادامه برای به دست آوردن اطلاعات اماری و استخراج لایه های اطلاعاتی از نرم افزارها و سایر نقشه استفاده می‌شود. نرم افزار Arc

GIS 10.2 اکستنشن ARC Hydro 10 ، نقشه‌های توپو گرافی ۱:۵۰۰۰۰ موزاییک شده، مدل رقومی ارتفاعی[1] با قدرت تفکیک ۳۰ متری از سنجنده ASTERاستفاده شد. داده های دما و بارش در سی سال اخیر(۲۰۲۰-۱۹۸۹) نیز جهت تحلیل وضعیت اقلیمی زیرحوضه های حوضه آبریز و نقش آن در تولید رواناب فصلی در حوضه قره‌قوم استفاده شد. مشخصات مدل رقومی ارتفاعی و شیت‌های مورد استفاده در جدول (۶) آمده است. تمامی این شیت‌ها موزاییک شدند و براساس مرز حوضه آبریز برش داده شد.

جدول ۶: مختصات مدل رقومی حوضه

N37E58	N37E59	N37E60	
N36E58	N36E59	N36E60	N36E61
	N35E59	N35E60	N35E61
		N34E60	N34E61

جدول۷. منابع مورد استفاده

داده	منبع
گروه‌های هیدرولوژیکی خاک	Earth data- https://daac.ornl.gov
شماره منحنی (CN)	/https://engineering.purdue.edu/~lthia
داده‌های دما و بارش (دوره‌ی سی ساله)	سازمان‌های هواشناسی استان های خراسان رضوی، خراسان شمالی و خراسان جنوبی
داده‌های دبی رودخانه‌ها (دوره سی ساله)	ایستگاه‌های هیدرومتری(پورتال آمار و اطلاعات پایه)
خصوصیات خاک در منطقه مورد مطالعه	نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین شناسی، خاک و کاربری اراضی سازمان چنگل‌ها و مراتع

روش پژوهش

در این پژوهش ابتدا خصوصیات فیزیکی حوضه جهت شناخت وضعیت حوضه آبریز قره قوم استخراج شد و سپس ارتفاع رواناب در حوضه تخمین زده شد.

استخراج خصوصیات فیزیکی حوضه

حوضه‌ی آبریز قره‌قوم براساس نقشه‌های توپوگرافی بهمراه ۱۴زیرحوضه مشخص شد و رودخانه‌های حوضه با روش استرالر رتبه بندی شدند. شیب، ارتفاع متوسط حوضه، تراکم زهکشی ، ضرایب شکل شامل هورتون، شیوم و گردی (به روش میلر) و ضریب فشردگی گراولیوس برای زیر حوضه های حوضه آبریز قره‌قوم محاسبه شد.

شماره منحنی CN[2]

لایه CN تابعی از کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک است و به منظور تعیین میزان نفوذ بارندگی در خاک و همچنین تعیین شدت تبدیل شدن بارندگی به جریانات سطحی استفاده می شود.

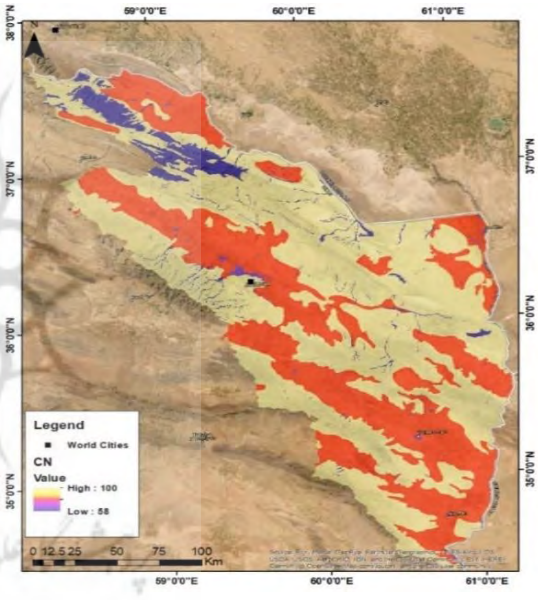
برای تولید این لایه ابتدا باید لایه کاربری اراضی محدوده‌ی مورد مطالعه تهیه شود. مورد مهم در لایه کاربری اراضی برای نشان دادن وضعیت پوشش گیاهی است. همچنین لایه گروه های هیدرولوژیکی خاک باید تهیه که این لایه خصوصیات خاک را در افق های مختلف خاک نشان می دهد. عامل مهمی که در طبقه بندی گروه های هیدرولوژیکی خاک مدنظر است، نفوذپذیری می باشد و بر این اساس گروه های هیدرولوژیکی بر اساس قدرت جذب، بافت خاک، تخلخل، ظرفیت

[1] - DEM
[2] - curve number

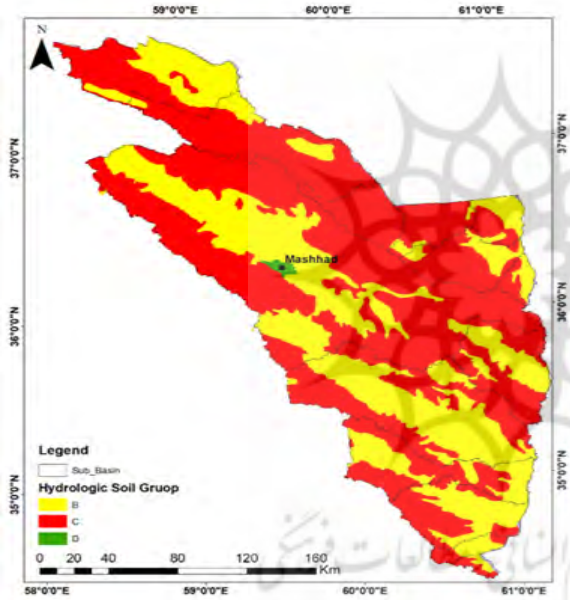
جابه جایی آب و چگالی به چهار گروه A, B, C, D (عالم و همکاران ،۱۳۹۸)تقسیم می شوند (روس[1] و همکاران ۲۰۱۸).

شکل ۳ لایه گروه های هیدرولوژیکی خاک را برای حوضه آبریز قره قوم نشان می دهد.

همانگونه که گفته شد به منظور تعیین میزان نفوذ بارندگی در خاک و همچنین تعیین شدت تبدیل شدن بارندگی به جریانات سطحی استفاده می شود، در لایه CN شماره منحنی هرچه بالاتر باشد یعنی میزان نفوذ کمتر است و مقدار بیشتری از بارندگی به رواناب سطحی تبدیل می شود و برای مقادیر پایین از CN نشان دهنده ی نفوذ بالا و تبدیل رواناب پایین است.(رنجبر و قره حسنلو؛ ۱۳۹۹). متداول‌ترین روش برای تهیه لایه شماره منحنی رواناب استفاده از روش SCS سازمان حفاظت خاک آمریکا است . برای تهیه لایه شماره منحنی از نقشه کاربری اراضی و خاک و گروه‌های هیدرولوژیک خاک استفاده شد(شکل ۲).

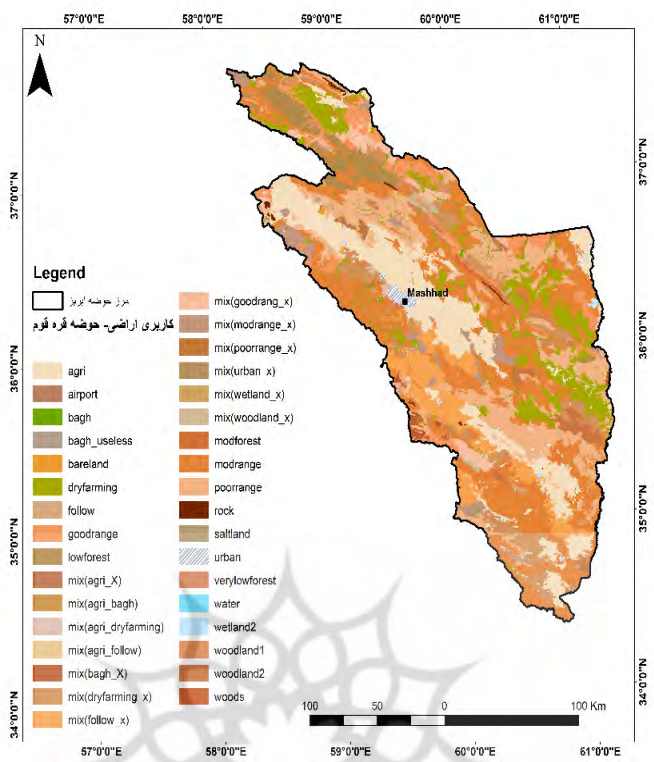


شکل ۲. نقشه CN براساس روش SCS



شکل ۳ . نقشه گروه های هیدرولوژیکی خاک

[1] - Ross



شکل ۴ . وضعیت کاربری اراضی در حوضه آبریز قره قوم

برآورد ارتفاع رواناب حوضه

برای برآورد ارتفاع رواناب ایجاد شده در حوضه آبریز قرقوم از روش استدلالی سازمان حفاظت خاک آمریکا استفاده شد. والگا و سالاتا[1] (۲۰۱۹)، لینگ و همکاران[2] (۲۰۱۹)، ونهای و وانگ[3] (۲۰۲۰)، الغباری[4] وهمکاران (۲۰۲۰)، پسومیادیس[5] و همکاران (۲۰۲۰)، کنستانتینوس و سولیس[6] (۲۰۲۱)، شی و وانگ[7] (۲۰۲۰) و ورما[8] (۲۰۲۰) از جمله افرادی هستند که در سال های اخیر از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا(SCS-CN[9]) برای بررسی وضعیت رواناب در حوضه های آبریز استفاده کرده اند و از نتایج حاصل مشخص است که این روش در حوضه آبریز نتایج درستی در برآورد رواناب داشته است و حتی برای حوضه های فاقد آمار نیز کاربرد دارد . این روش برای مناطق شهری نیز کاربرد داشته و در سطح مناطق شهری نیز برای پیش بینی سیلاب های شهری کارامد است.

در این روش ارتفاع رواناب Q بر حسب میلیمتر و ارتفاع بارندگی P به صورت فصلی می باشد، میانگین فصلی بارش برای ۶ ایستگاه اقلیمی برای دوره ی آماری ۳۰ ساله به دست آمد. ابتدا نقشه خاک حوضه آبریز با نقشه کاربری اراضی ترکیب شدند و در جدول توصیفی فیلدهای گروه هیدرولوژیکی خاک، گروه تقسیمات SCS بر اساس طبقه بندی

---

[1] - Walega & Salata
[2] - Ling et al.
[3] - Wenhai & Wang
[4] - Al-Ghobari
[5]- Psomiadis
[6] - Konstantinos & Soulis
[7]- Shi & Wang
[8]- Verma
[9] - Soil Conservation Service Curve Number

NLCD (جدول طبقه بندی ا ستاندارد کاربری ارا ضی – پو شش زمین) م شخص گردید و از ابزار الحاقی HEC-Geo HMS ورژن ۱۰,۲ برای محاسبه نمودار بی بعد شماره منحنی استفاده شد و در نهایت با کمک رابطه های شماره ۹–۳ و ۳–۱۰ در نهایت نق شه‌های ارتفاع رواناب برای حو ضه آبریز قره قوم ا ستخراج گردید. کاربری ارا ضی و پو شش زمین باعث می شوند که فر سایش و رواناب و به تبع آن تبخیر و تعرق روی پتان سیل آب‌های زیر زمینی تاثیر دا شته باشد و وضعیت هیدرولوژیکی به طور کلی توان منطقه را در تولید رواناب نشان می‌دهد و بر اساس هر کاربری این میزان از تولید م شخص می شود. همچنین خاک‌های مختلف دارای ا ستعدادهای متفاوتی در ایجاد رواناب ه ستند و با گروه‌های هیدرولوژیکی ن شان داده می شوند و حداقل شدت نفوذپذیری را م شخص می کنند. با این تو ضیحات ارتباط بین پو شش حوضه و گروه‌های هیدرولوژیکی با منحنی بی بعد شماره منحنی نشان داده می شود. این منحنی عددی بین ۰ تا ۱۰۰ را نشان می‌دهد و اعداد بزرگتر نشان دهنده ی تولید رواناب بیشتر می با شد و در ا صل مقدار عددی شماره منحنی با مقدار S (ضریب نگهداشت خاک، کلیه بارشی که در یک منطقه رخ می‌دهد به صورت رواناب ظاهر نمی‌شود. بخشی در خاک نفوذ کرده و ممکن ا ست به سفره های آب زیرزمینی بر سد. ن سبت این مقدار به مقدار بارش ضریب نگه‌دا شت گفته می‌شـود.) رابطه‌ی عکس دارد به طوری که اگر مقدار شـماره منحنی برابر۱۰۰ باشـد در این حالت مقدار S برابر صـفر خواهد بود و برعکس (عبادی و همکاران ۱۴۰۰). وضـعیت هیدرولوژیکی اراضـی و گروه های هیدرولوژیکی مهمترین پارامتر تعیین کننده‌ی شماره منحنی هستند.

برای تحلیل وضعیت رواناب در حوضه آبریز قره قوم، داده های بارش از شش ایستگاه اقلیمی در حوضه آبریز برای دوره ی آماری ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ اخذ شد. سپس در زیرحوضه ها به تفکیک، زمان تمرکز با استفاده از روش جیاندوتی محاسبه شد.

رابطه (۱)
$$Tc=\frac{4\sqrt{A+1.8\times L}}{0.8\times\sqrt{H}}$$

Tc =زمان تمرکز ساعت، A =مساحت حوضه کیلومتر مربع، L =طول آبراهه اصلی کیلومتر،H = اختلاف ارتفاع متوسط حوضه (میرزایی و رئوف ،۱۳۹۳).

در نهایت برای به دست آوردن دبی اوج از رابطه زیر استفاده شد :

رابطه (۲)
$$Qp=\frac{0.0208AR}{0.6\,Tc+\sqrt{Tc}}$$

که در آن A مساحت حوضه ، Rارتفاع رواناب (سانتیمتر)، TCزمان تمرکز (ساعت) و Qp دبی اوج رواناب (مترمکعب بر ثانیه) میباشد(حسین زاده ،۱۳۹۱).

HEC-GeoHMS

الحاقی قدرتمند و با دقت بسیار زیاد مدل ساز هیدرولوژیک مکانی(HEC-GeoHMS) به‌عنوان یک ابزار هیدرولوژی مکانی برای محاسبه رواناب با تجربه و استفاده از GIS توسعه یافته است. این مدل با توجه به نسخه معادل بر روی سیستم اطلاعات جغرافیایی نصب شده و با استفاده از لایه‌های تولید شده و بدست آمده از الحاقی Archydro اقدام به تکمیل فرآیند محاسباتی خود می‌نماید. (Users Manual of HEC-GeoHMS, 2020: 3). بدین منظور ابتدا مراحل پیش پردازش مدل شامل تهیه‌ی نقشه‌ی جهت جریان، جهت تجمعی جریان، تعیین مسیر جریان و در نهایت استخراج زیرحوضه‌ها و استخراج لایه‌ی خطی آبراهه انجام شد. برخی از پارامترهای مورد نیاز مدل‌سازی از جمله مساحت، طول و شیب رودخانه، شیب حوضه و مرکز ثقل حوضه، تعیین زمان تمرکز و زمان تأخیر حوضه توسط نرم‌افزار مذکور انجام شد. برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از فرمول استدلالی سازمان حفاظت خاک امریکا انجام شد (علیزاده، ۱۳۹۸) (رابطه ۳). مقدار نگهداشت سطحی در این رابطه با استفاده از محاسبه شماره منحنی در حوضه قرقوم انجام شد (۴). بر اساس رابطه شماره

(۳) Q نشان دهنده‌ی ارتفاع رواناب و P ارتفاع بارندگی بر حسب میلیمتر به صورت فصلی می باشد . S میزان نگهداشت سطحی بر حسب میلی متر است و CN شماره منحنی بی بعد در رابطه شماره (۴) می باشد.

$$Q = \frac{(P-0/2S)^2}{(P+0/8S)}$$ رابطه (۳)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$ رابطه (۴)

شکل ۵ . فلوچارت روش مطالعاتی برآورد ارتفاع رواناب

بحث و یافته‌ها

ارتفاع رواناب حوضه

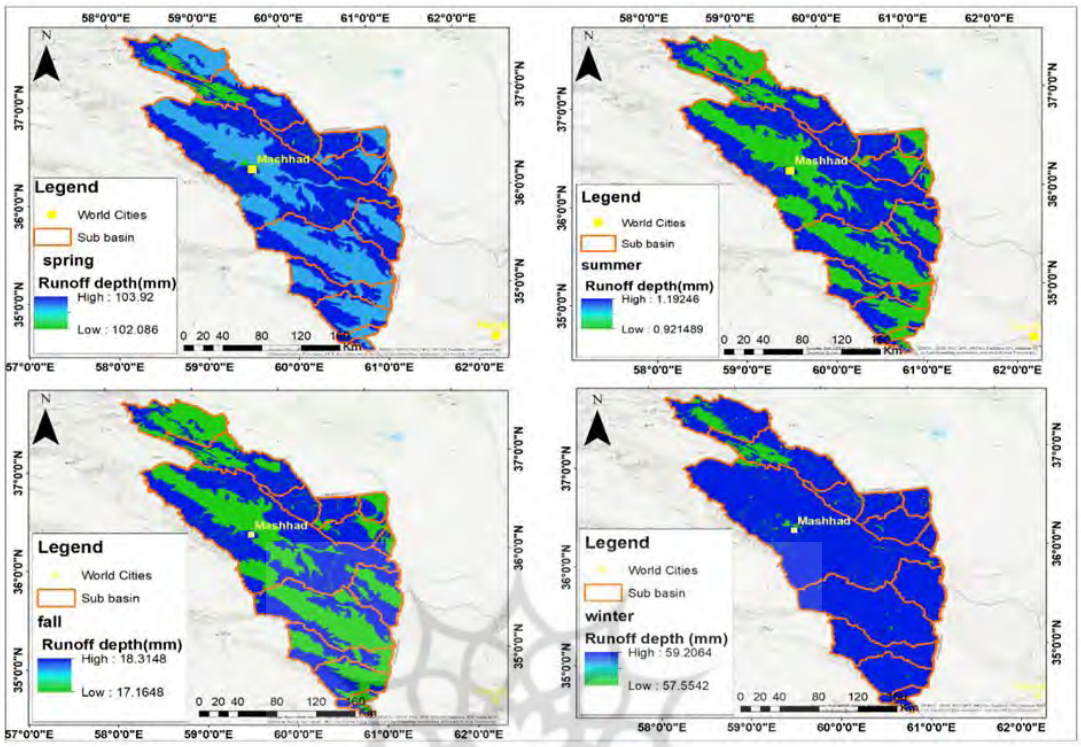
ارتفاع رواناب حوضه در چهار فصل با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی حوضه محاسبه شد(شکل۶). بر اساس توزیع فصلی در فصل بهار که فصل پربارش در حوضه آبریز قره‌قوم است مقدار رواناب تولید شده در حوضه به بیشترین مقدار خود می رسد و در کم‌بارش ترین فصل یعنی فصل تابستان، میزان رواناب به کمترین مقدار خود می رسد و با افزایش نیاز آبی در بخش کشاورزی و باغات، خشک شدن رودخانه در این فصل دیده می شود. در بهار حجم بارش‌ها بالا بوده و مساحت زیادی از زیرحوضه، حجم بالایی از این بارش ها را به رواناب تبدیل می‌کند. خصوصیات فیزیوگرافی زیر حوضه‌های آبریز قره‌قوم می‌تواند تعیین کننده‌ی وضعیت رواناب و سیل خیزی باشد .در این راستا ضرایب شکل حوضه که معرف شکل حوضه هستند هرچه به عدد یک نزدیکتر باشند یعنی حوضه به شکل دایره نزدیک بوده ودبی اوج بالاتر و خطر سیلابی شدن افزایش می‌یابد. در حوضه آبریز قره‌قوم زیرحوضه‌ها غالبا دارای کشیدگی هستند. زیر حوضه‌های کلات، روس و کشف‌رود دارای کمترین مقدار ضریب کشیدگی هستند. مساحت زیادی از زیر حوضه کشف‌رود در فصل بهار، تابستان و پاییز تولید رواناب می‌کند و در فصل زمستان در تمام مساحت حوضه، رواناب تولید می‌کند. بنظر می رسد این اتفاق به دلیل ورود هوای سرد به حوضه قرقوم است که در نهایت باعث می‌شود تا بارش‌ها به برف تبدیل شود. هرچه حوضه‌ها کشیده‌تر شود زمان تمرکز بیشتر شده و تبدیل آن به رواناب در زهکش اصلی زمان بر می‌شود.

جدول ۸: درصد تبدیل بارش به رواناب در حوضه قره‌قوم

فصل	میانگین بارش	درصد تبدیل به رواناب
بهار	117.12	88
تابستان	6.83	17
پاییز	28.94	63
زمستان	71.78	82

در فصل بهار ۸۸ درصد از بارش ها به رواناب تبدیل می شود (جدول ۸)، علت این امر به احتمال زیاد مربوط به وضعیت پوشش گیاهی ضعیف در ابتدای فصل رویشی در منطقه باشد. چراکه هرچه مقدار پوشش گیاهی ضعیف‌تر باشد تولید رواناب بیشتر می شود و افزایش فرسایش نیز امکان پذیر است. نوسانات دمایی در حوضه و به طبع آن نوسانات بارش نیز در فصل گذار از فصل سرد به فصل گرم بیشتر شده و در همین راستا مقادیر تولید رواناب نیز دچار نوسانات زیادی شده است به طوری که افزایش دما با افزایش تبخیر و تعرق در منطقه خود دلیلی بر کاهش رواناب خواهد بود. در فصل تابستان با افزایش پوشش گیاهی و کاهش میانگین بارش به کمترین مقدار خود در طول سال، مقدار رواناب نیز به حداقل می رسد. همچنین به علت تبخیر وتعرق بالاتر در فصل تابستان و درنتیجه خشک شدن رودخانه های فصلی مقدار رواناب حداقل است. در فصل پاییز ۶۳ درصد از بارش‌ها و در فصل زمستان ۸۲ درصد بارش‌ها به رواناب تبدیل می‌شوند، که علت آن را می توان در تغییر عناصر دما و بارش منطقه نیز جستجو کرد. بطوریکه در فصل پاییز دما کاهش می‌یابد ولی گروه‌های هیدرولوژیکی به خاطر پوشش گیاهی و سایر کاربری ها همچنان بر کاهش رواناب اثر می گذارند. اما در زمستان پوشش گیاهی در حالت ضعیف خود قرار دارد و اثرات گروه های هیدرولوژیکی کمتر می شود پس رواناب افزایش می یابد. دمای هوا در اوایل فصل زمستان کاهش و در اواخر فصل افزایش می یابد که باعث ذوب بارش های جامد می شود احتمالا این بالا بودن میزان رواناب در فصل زمستان تحت تاثیر این ذوب شدن بارشهای جامد نیز باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

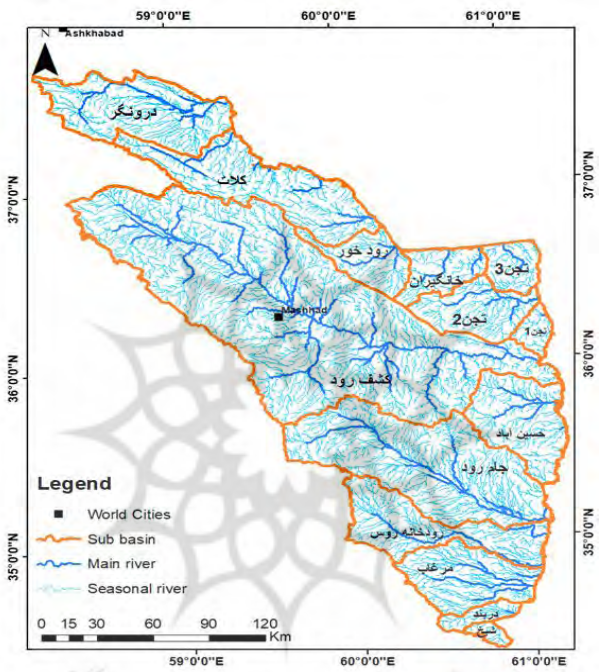


شکل ۶: ارتفاع رواناب در چهار فصل سال (از سمت راست به چپ در بالا تابستان، بهار و در پایین زمستان و پاییز)

بخش های زیادی از حوضه دارای گروه هیدرولوژیکی C است که نفوذپذیری کمی دارند و این بدین معنی است که حجم زیادی از بارش به رواناب تبدیل می شود اما باید در نظر داشت که باتوجه به اینکه کاربری اراضی در ایجاد رواناب دخیل است، بنابراین در بخش هایی که کاربری کشاورزی و گروه هیدرولوژیکی C بر آن منطبق است توانایی تولید رواناب به نسبت کاهش می یابد. همانطور که در نقشه های برآورد فصلی ارتفاع رواناب مشخص است در بخش های پست زیرحوضه‌های آبریز که رتبه آبراهه‌های اصلی مشخص می‌شود، ارتفاع رواناب فصلی نسبت به بخش های شیب دار حوضه کمتر است. در ارتفاعات به دلیل شیب و کم بودن نفوذ آب، توانایی تولید رواناب بالا بوده ولی به سمت دشت ها با توجه به نوع کاربری توانایی تولید رواناب کمتر می‌شود و در اصل ارتفاع رواناب حاصل از بارش زیاد بوده است. احتمالا به دلیل تاثیر کاربری اراضی حتی در گروه هیدرولوژیکی C تغییراتی در نفوذ رخ می دهد. بنابراین به طور کلی سه گروه هیدرولوژیکی C,D,B دیده می شود که از نظر گستردگی بیشترین مساحت حوضه را گروه C تشکیل می دهد که برابر با ۲۷۳۵۴,۴۴ کیلومتر مربع می باشد و با توجه به نفوذپذیری پایین، پتانسیل نسبتا بالایی در تولید رواناب در این گروه هیدرولوژیکی وجود دارد(بهرامی و ایمنی ،۱۳۹۸). گروه D با ۱۱۳کیلومتر مربع کمترین مساحت را دارد و فقط در محدوده ی شهر مشهد این گروه هیدرولوژیکی دیده می شود، در این گروه نفوذ در پایین‌ترین حد ممکن است که در پهنه های شهری مصداق بارزی از تولید رواناب بالا است. در گروه هیدرولوژیکی C با شماره منحنی CN در حوضه از ۵۸ تا ۱۰۰ را نشان می دهد که هرچه مقدار عددی CN بالاتر باشد به معنای تولید رواناب بیشتر در آن پیکسل است.

از دیگر شاخص‌های تاثیر گذار در تولید رواناب، تراکم زهکشی است که در حوضه آبریز کشف‌رود مقدار تراکم ۱,۱۲ بوده و هرچه این تراکم بالاتر باشد تولید رواناب سریع‌تر است(شکل ۷). همچنین مقدار بارش همراه با تراکم زهکشی تاثیر مستقیم در رواناب دارد. شیب و جهت شیب نیز در این مسئله تاثیر گذار بوده به طوری که در شیب‌های آفتاب‌گیر تبخیر بالاتر و تولید رواناب کمتر بوده است. در زیرحوضه‌هایی که شیب‌های آفتاب‌گیر مساحت زیادی را در بردارند دارای تولید رواناب کمتری هستند. همچنین در مناطق پست‌تر نفوذ بیشتری از آب وجود داشته و تولید رواناب کمتر از قسمت‌های

ارتفاعات است. در فصول بهار، تابستان و پاییز تولید رواناب در ارتفاعات حوضه قره قوم بیشتر از مناطق پست است بدین معنی‌که که نفوذ در ارتفاعات به علت نبود خاک، کمتر است و مقدار زیادی از بارش‌ها تبدیل به رواناب شده و به مناطق پست می‌رسد به‌طوری که در زیر حوضه‌های تجن ۱ و ۲ و ۳ به علت توپوگرافی زمین پست، تولید رواناب کمتر در آنها دیده می شود. همچنین در حوضه آبریز قره‌قوم در دهه های اخیر دمای کمینه بسیار بیشتر تحت تاثیر گرمایش زمین قرار گرفته و با روند افزایشی کمینه دماها و نیز بیشینه دماهای اکثر فصول و ماه‌های سال در نقاط مختلف محدوده آبریز بویژه مناطق کوهستانی حوضه آبریز قره قوم،کاهش فراوانی دماهای سرد، شرایط نامناسب برای منابع آبی بالادست حوضه آبریز و ذخایر برف و یخ را فراهم کرده است (اکبری و همکاران، ۱۴۰۱).



شکل۷: وضعیت رودخانه های حوضه آبریز قره قوم و زیرحوضه های آن

تحلیل روند فصلی رواناب

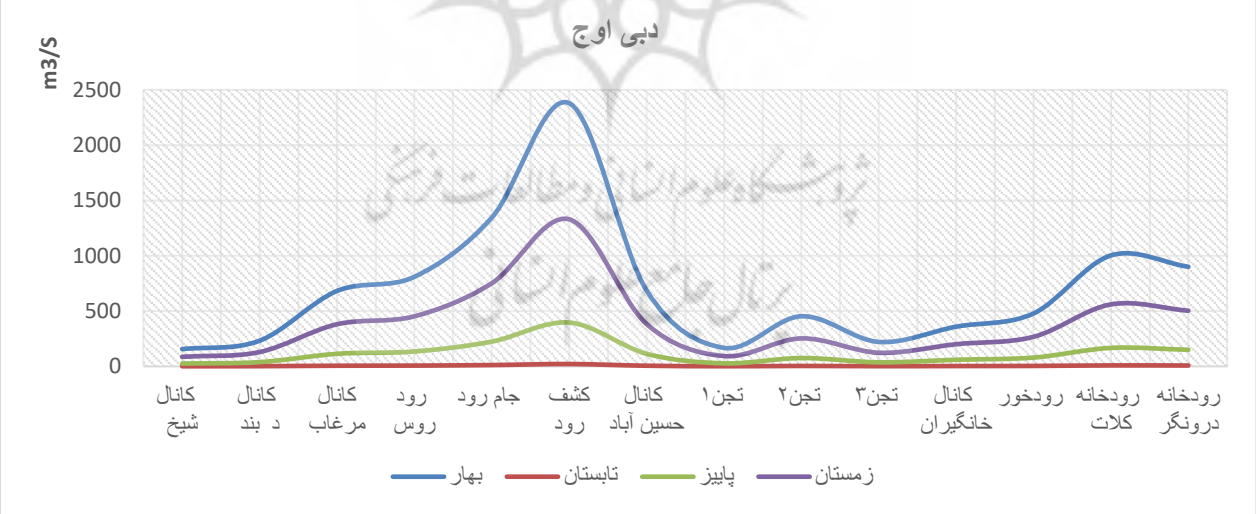
بر اساس مقایسه دبی اوج رواناب در چهار فصل سال، بیشترین مقدار رواناب در حوضه قره قوم در فصل بهار و در زیرحوضه کشف رود مشخص شد (جدول ۹). حوضه آبریز قره قوم دارای واحد های کوهستانی گسترده در بخش‌های شمالی شامل رشته کوه های کپه داغ و در بخش مرکزی شامل رشته کوه های هزار مسجد و بخش های غربی شامل بینالود است. باتوجه به وجود شیب زیاد در این بخش‌ها میزان نفوذپذیری کم بوده و عمق رواناب بیشتر می‌شود. این روند در شماره منحنی حوضه در شکل ۲ نیز دیده می شود. به علت وضعیت ژئومورفولوژیکی در منطقه و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک که شامل سه گروه B,C ,D می باشد بیشترین مساحت حوضه را گروه هیدرولوژیکی C دربرگرفته که می توان بالا بودن دبی اوج را به این وضعیت مربوط دانست چراکه که گروه هیدرولوژیکی C خاک هایی با نفوذپذیری کم هستند که اصولا دارای بافت ریز بوده و ضریب آبگذری پایینی دارند لذا توانایی تولید رواناب در این گروه بالا می باشد (اشنایدر[1] و

[1] - Schneider

همکاران، ۲۰۲۱)، همچنین جدول ۸ درصد تبدیل بارش به رواناب را نشان می دهد که این امر صحت وضعیت هیدرولوژی را بر حسب گروه هیدرولوژیکی خاک نشان می‌دهد.

جدول ۹- دبی اوج (m3/S) فصل ها در زیرحوضه های آبریز قره قوم (براساس روش)SCS-CN

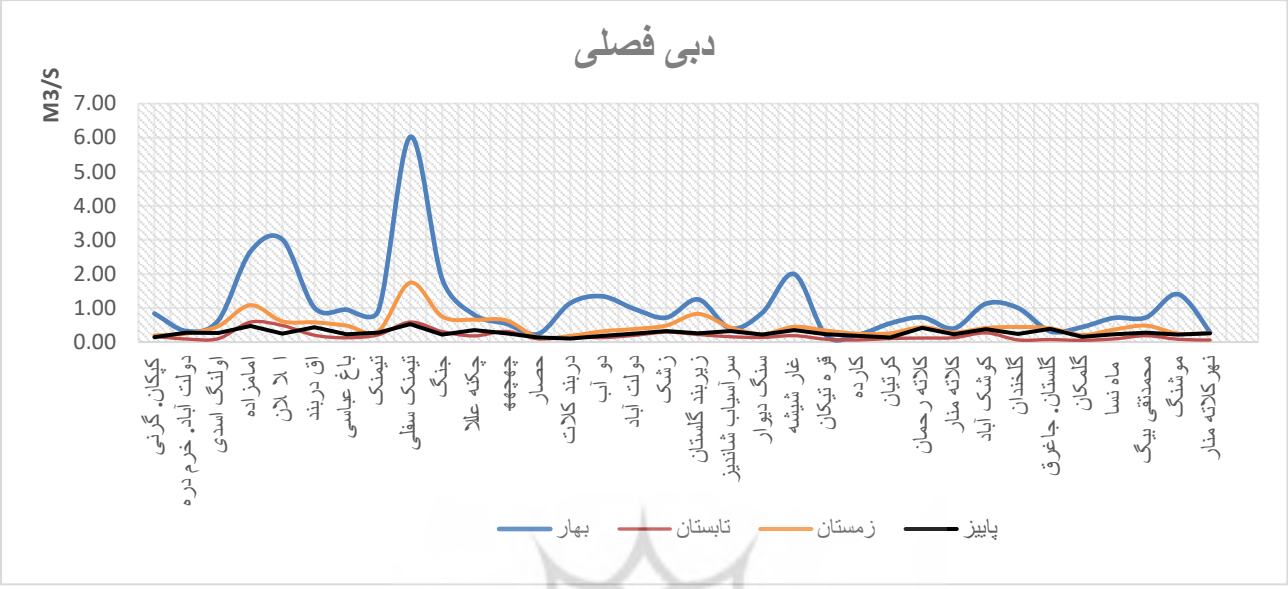
زیرحوضه های آبریز قره قوم	زمان تمرکز	دبی اوج بهار	دبی اوج تابستان	دبی اوج پاییز	دبی اوج زمستان
زیرحوضه کانال شیخ	2.312944992	156.10	1.41	26.02	87.23
زیرحوضه کانال دربند	3.503785197	232.23	2.09	38.70	129.77
زیرحوضه کانال مرغاب	7.383101579	682.16	6.15	113.69	381.21
زیر حوضه رود روس	7.396648573	810.09	7.31	135.01	452.70
زیرحوضه جام رود	11.21098364	1345.00	12.13	224.17	751.62
زیرحوضه کشف رود	17.95500606	2379.79	21.46	396.63	1329.88
زیرحوضه کانال حسین آباد	8.016823741	686.61	6.19	114.43	383.69
زیرحوضه تجن۱	5.319773679	167.46	1.51	27.91	93.58
زیرحوضه تجن۲	8.593861489	453.55	4.09	75.59	253.45
زیرحوضه تجن۳	8.328192773	221.24	2.00	36.87	123.63
زیرحوضه کانال خانگیران	6.710330229	359.12	3.24	59.85	200.69
زیرحوضه رودخور	5.657783618	478.83	4.32	79.81	267.58
زیرحوضه رودخانه کلات	8.306480804	1003.62	9.05	167.27	560.85
زیر حوضه رودخانه درونگر	8.318358709	900.35	8.12	150.06	503.14



نمودار۱ . دبی اوج لحظه ای در زیرحوضه ها به صورت فصلی

واسنجی وضعیت رواناب با روش SCS براساس مشاهدات ایستگاه های اقلیم شناسی نشان داد که فصل بهار دارای بیشترین مقدار ارتفاع رواناب است (نمودار ۱). در ادامه برای اعتبارسنجی این روش وضعیت دبی های ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری پراکنده در سطح حوضه آبریز استفاده شد. هر ایستگاه هیدرومتری به صورت مترمکعب در ثانیه میزان دبی را ثبت می کند که بیشتر مقدار ثبت در فصل بهار بوده است(نمودار۲) .باید در نظر داشت ایستگاه نقطه ای عمل می‌کنند و روش SCS ارتفاع رواناب را در سطح حوضه محاسبه می‌کند. خروجی‌ها نشان دهنده‌ی دقت بالای این

روش در بررسی وضعیت هیدروگرافی حوضه‌ها است .



نمودار۲ . وضعیت دبی فصلی رودخانه در محل ایستگاه های هیدرومتری

نتیجه‌گیری

در حوضه آبریز قره قوم که یکی از حوضه های اصلی در ایران است براساس داده‌های اقلیمی حاصل از ایستگاه‌های اقلیمی وضعیت اقلیمی و سپس وضعیت فیزیوگرافی حوضه و در نهایت هیدرولوژی در حوضه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در این پژوهش با تلفیقی از ابزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، شماره منحنی و همچنین آمار ایستگاه‌های اقلیم شناسی و هیدرومتری به بررسی ارتفاع رواناب در سی سال اخیر پرداخته شد. میانگین ارتفاع سالانه‌ی بارش در حوضه، ۱۱۰ میلیمتر براساس آمار شرکت آب منطقه‌ای اعلام شده است. برابر مطالعات انجام شده در این تحقیق، سه گروه هیدرولوژیکی C,D,B در حوضه آبریز قره‌قوم دیده می‌شود. به طور مشخص بخش زیادی از حوضه دارای گروه هیدرولوژیکی C بوده که میزان نفوذپذیری کمی دارند و از این جهت مقدار بالایی از بارش‌ها به رواناب تبدیل خواهد شد . مقدار CN بدست آمده در حوضه از ۵۸ تا۱۰۰ برای حوضه محاسبه شده است که در حوضه‌های کوهستانی مانند کشف رود مقدار آن در بخش‌های با شیب تند، مقادیر نزدیک به ۱۰۰ را نشان می‌دهد. روش SCS برای برآورد ارتفاع رواناب فصلی، بیشترین ارتفاع رواناب را برای فصل بهار نشان داد که مقادیر آن به مقادیر ثبت شده در ایستگاه های هیدرومتری نزدیک می باشد.

نتایج مشابه برای استفاده از روش SCS در پژوهش عبادی وهمکاران (۱۴۰۰) در حوضه آبریز باغان به‌دست آمده است. از جمله مشابهت‌های بین حوضه آبریز قره‌قوم و حوضه‌ی باغان می‌توان به کوهستانی بودن حوضه و نفوذپذیری پایین به دلیل گسترش گروه هیدرولوژیکی C در سطح حوضه اشاره کرد که با استفاده از روش سازمان حفاظت آمریکا به نتایج مشابهی در برآورد ارتفاع رواناب در حوضه باغان رسیدند. روش SCS همچنین در حوضه‌های بیابانی در غرب عراق استفاده شده است(هاشم و همکاران ۲۰۲۰). نتایج حاصل از برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از این روش دارای دقت مناسب و نزدیک به داده‌های اندازه گیری شده در سطح حوضه بوده است. این در حالی است که حوضه در منطقه بیابانی واقع می‌باشد و نتایج نیز دقت بالایی داشته اند. در حوضه آبریز قره قوم زیرحوضه‌هایی مانند سرخس شرایطی نزدیک به بیابانی دارند و زیر حوضه‌هایی مانند کشف رود و درونگر دارای بخش‌های کوهستانی می‌باشد که نشان می‌دهد حوضه قره‌قوم دارای تنوع اقلیمی و تنوع خاک و پوشش گیاهی است و نتایج استفاده از روش SCS در این حوضه قابل استناد می باشد.

وضعیت دمایی در منطقه نشان داد که بر اساس پیشنگری تغییرات اقلیمی و افزایش دما و کاهش بارش برای دهه‌های آینده، باعث افزایش میزان تبخیر تعرق در حوضه می شود. همچنین باید مد نظر داشت که در سطح حوضه آبریز قره قوم توزیع مکانی بارش متفاوت است و ناهنجاری‌های اقلیمی توازن طبیعی محیط را تغییر داده و شناسایی وضعیت هیدرواقلیمی برای مدیریت در حوضه حائز اهمیت است. در همین راستا سه گروه هیدرولوژیکی C,D,B در حوضه آبریز دیده می شود که از نظر گستردگی بیشترین مساحت حوضه را گروه C تشکیل می دهد با توجه به نفوذپذیری پایین، پتانسیل نسبتا بالایی در تولید رواناب دارد. با توجه به مساحت و شکل زیرحوضه‌ها، زیرحوضه‌های کشف رود ،جام رود و رودروس زمان تمرکز بالایی دارند، این مقدار در زیر حوضه کشف رود ۱۷/۹ ساعت برآورد شده است و کمترین زمان تمرکز هم مربوط به زیرحوضه کوچک کانال شیخ با ۲/۳ ساعت است. دبی اوج فصلی در فصل بهار با بیشینه مقدار بارش با میانگین ۱۱۷ میلیمتر بیشترین مقدار ۲۳۷۹ مترمکعب در ثانیه در زمان تولید سیلاب در زیرحوضه کشف رود برآورد شده است و از آنجایی که فصل بهار پوشش گیاهی برای کاربری های کشاورز هنوز به بیشترین رشد خود نرسیده و در حالت تنک قرار دارند، ۸۸درصد از این بارش به رواناب تبدیل می شود. با توجه به گروه هیدرولوژیکی C که بیشترین مساحت حوضه را پوشش می‌دهد ارتفاع رواناب در بهار به حداکثر معادل ۱۰۳ میلی متر می رسد که در زیرحوضه کشف‌رود با شماره منحنی ۷۲ تا ۸۳ دبی اوج معادل ۲۳۷۹ متر مکعب بر ثانیه بالاتر از سایر زیرحوضه ها است. به طور کلی ارتفاع رواناب بالا، گروه هیدرولوژیکی C با نفوذپذیری پایین، مقدار بالای شماره منحنی نشان دهنده ی پتانسیل بالای تولید رواناب در فصل بهار است. کمترین بارش برای فصل تابستان با ۶ میلی متر است که ۱۷ درصد از آن به رواناب تبدیل می شود. پوشش گیاهی در این فصل در اوج رشد خود رسیده و حتی با وجود اثرات گروه هیدرولوژیکی خاک ، پتانسیل تولید رواناب در پایین ترین حالت ممکن قرار دارد. برآورد دبی اوج در فصل تابستان در زیرحوضه کشف‌رود دارای بالاترین دبی اوج معادل ۲۱/۴ مترمکعب در ثانیه است. در برآورد دبی اوج مساحت حوضه یک عامل مهم است به طوری که به ترتیب هرچه حوضه بزرگتر باشد دبی اوج نیز بیشتر می شود و در همین راستا زیر حوضه جام رود با ۶۳۷۸ کیلومتر مربع بعد از زیر حوضه کشف رود دارای دبی اوج ۱۲/۱۳ مترمکعب در ثانیه در فصل تابستان می باشد. لذا باید در نظر داشت در زمانی که در تابستان بارش ها در پایین حالت قرار دارد، پس در محاسبات دبی اوج مساحت حوضه اثر خود را بیشتر نمایان می‌کند.

در فصل پاییز مقدار بارش به ۲۸/۹ میلی متر فزایش می یابد و همچنین پوشش گیاهی نسبت به تابستان کمتر شده است. نتیجه‌ی این تغییرات افزایش دبی اوج است به طوری که ۶۳ درصد از بارش های این فصل به رواناب تبدیل می شود. با توجه به کاهش پوشش گیاهی در پاییز، اثرات گروه های هیدرولوژیکی نمایان‌تر شده و باعث بالا رفتن پتانسیل تولید رواناب در زیرحوضه ها می شود . بیشترین مقدار دبی اوج در زیرحوضه کشف رود با ۳۹۶/۶ متر مکعب بر ثانیه در فصل پاییز و کمترین دبی اوج در زیرحوضه کانال شیخ با ۲۶ متر مکعب بر ثانیه برآورد شده است. سرمای زمستانه باعث تبدیل بارش ها به برف می شود، پوشش گیاهی بسیار ضعیف شده و اثر گروه های هیدرولوژیکی خاک نمایان‌تر از سایر فصل ها می شود، میانگین بارش فصلی به ۷۱/۷ میلی متر می رسد. این امر باعث بالاتر رفتن دبی اوج شده و عامل محدود کننده تولید رواناب، بارش‌های به شکل جامد می باشد. در حوضه آبریز قره قوم در اواخر فصل زمستان ذوب برف اتفاق می افتد و با توجه به اثر سایر عوامل ذکر شده، ۸۲ درصد از بارش ها به رواناب تبدیل می شود و توانایی تولید رواناب را در فصل زمستان بالا می برد. بنابراین براساس تفاوت فصلی رواناب در حوضه آبریز قره قوم و مقدار قابل توجه دبی اوج برآورده شده نیاز به مدیریت مخاطره سیل در این حوضه ضروری بنظر می رسد. حفاظت مناطقی از زیر حوضه با در نظر گرفتن وضعیت هیدرولوژیکی موجود می تواند از هدر رفت رواناب‌های سطحی جلوگیری نمود و با مدیریت رواناب‌ها به افزایش تغذیه مصنوعی با نفوذ رواناب در زمین بیانجامد.

منابع

- اکبری ازیرانی، ط.، قربانی، ح.، قلی پور، ج.، ۱۴۰۱. تحلیل روند و آشکارسازی تغییرات فصلی متغیرهای اقلیمی دما و بارش در محدوده کوهستانی حوضه آبریز قره قوم. مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، دوره ۳ (شماره ۱) فصل بهار، ص۱۶۰-۱۴۱
- ایزدی، س.، شامحمدی، ش.، ۱۴۰۱. ارزیابی مدل بارش–رواناب–نگهداشت (*RM*۳) در حوزه‌های آبخیز کسیلیان و درجزین. مدیریت آب و آبیاری ۱۲(۲)، ۳۰۹–۳۲۵.
- بابائیان، ای.، ضرغامی، م.، کوهی، م.، و بابائیان، ام.، کریمیان، م.، مدیریان، ر.، ۱۳۹۲. بررسی رفتار منابع آب حوضه قره‌قوم تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: زیر حوضه درگز). آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۷(۵)، ۹۰۷–۹۱۸.
- بهرامی،، ش، ایمنی، پ، ۲۰۱۹. ارزیابی چند مدل تجربی در برآورد رواناب سالیانه مطالعهٔ موردی: حوضهٔ حصارک در شمال غرب تهران .جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ۳۰ (۲)، ۷۴–۵۵.
- پریسایی، ش.، واحدبردی، ب.، چوقی، ب.، کمکی، خ.، ۱۳۹۸. مقایسه روش‌های مختلف برآوردکردن روان‌آب سطحی ماهانه مبتنی بر شماره‌ی منحنی ماهانه .پژوهش های آبخیزداری*(3)32 ،.94-78*
- پور علی مهدی، صالح پورج امین ، زکی زاده حمیدرضا ،(۱۳۹۵) ، بررسی میزان تغییرات ضریب کشیدگی شیوم در حوضه سد لتیان ، اولین کنفرانس بین المللی آب ، محیط زیست و توسعه پایدار ، گروه مهندسی عمران ، دانشکده فنی ، دانشگاه محقق اردبیلی ، ۶تا ۸ مهر ۱۳۹۵.
- حجازی، اسداله، مزبانی، مهدی، ۱۳۹۴. برآورد مقادیر ارتفاع و دبی حداکثر رواناب با استفاده از روش شماره‌ی منحنی (*CN*) (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز سراب دره‌شهر)، هیدروژئومورفولوژی، دوره ۲ (شماره۵)، ص ۸۱–۶۳.
- حسین‌زاده، محمد مهدی، ۱۳۹۱. برآورد ارتفاع و دبی اوج رواناب در وقوع فرسایش آبراهه‌ای در منطقه کجور نوشهر– البرز شمالی .مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی ۲(۳)، ۱۵–۱.
- حسین زاده، محمد مهدی، نوروزی طیولا رعنا، ۱۳۹۶. برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی و ابزار *Arc CN-Runoff* (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کشار، تهران).
- رضائی مقدم، محمد حسین، حجازی، اسدالله، ولیزاده کامران، خلیل، رحیم پور، توحید،۱۳۹۹. بررسی حساسیت سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز با استفاده از شاخص‌های هیدروژئومورفیک (مطالعه موردی: حوضه آبریز الندچای، شمال غرب ایران)، پژوهش های ژئومورفولوژی کمّی، سال نهم ۱۳۹۹ شماره ۲ ص ۱۹۵–۲۱۴، *doi: 10.22034/gmpj.2020.118241*
- رنجبر، قره حسنلو، ۱۳۹۹. مدلسازی و تخمین ارتفاع رواناب با استفاده از رویکرد *SCS* در بستر*GIS* مطالعه موردی: شهر شاهدشهر شهریار، مطالعات علوم محیط زیست.*(4)5 ،.3002-3011*
- سروری، پوررضا، زراعتکار، ۱۳۹۸. برآورد میزان رواناب با کمک مدل های تغییر یافته .*SCS* مجله علمی سامانه های سطوح آبگیر باران ۷(۴)، ۱۱–۲۰.
- شعبانی نیا، حسن، متولی، صدرالدین، جانباز قبادی، غلامرضا، خالدی، شهریار، ۱۳۹۹. برآورد مقادیر ارتفاع رواناب و دبی حداکثر سیلاب با استفاده از تلفیق مدل‌های اتومات سلولی (*SCS*) مطالعه موردی: حوضه آبخیز لاویج‌رود مخاطرات محیط طبیعی،*(24)9 ،79-98. doi: 10.22111/jneh.2020.29704.1515*
- شفیعی، م. و قهرمان ب.، ۱۳۸۸. بررسی تغییرات مکانی حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته در حوضه آبریز قره‌قوم، مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۵۰-۵۹ :۳
- فتحیان، آخوندعلی، شریفی، ۱۳۹۹. تحلیل عدم‌قطعیت پارامترها در برآورد حداکثر سیلاب محتمل در حوضه سد بختیاری با روش مونت کارلو .تحقیقات آب و خاک ایران*(4)51 ،.855-871*
- فولادمند، شاه امیریان، کیانی، ۱۴۰۰. مقایسه چند حالت تخمین رواناب بر مبنای روش شماره منحنی. مجله علمی سامانه های سطوح آبگیر باران ۹(۲)، ۲۵–۳۴.

- عالم، ح.، فلاحی، م.، محمود، فرمانیه، صبا، ۱۳۹۸. تخمین رواناب با استفاده از روش *SCS-CN* بر اساس سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی (شهرستان های شیروان، بجنورد، فاروج، صفی‌آباد و مشکان) .یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی*(26)13،.166-156*
- عبادی، حسینی، زین العابدین، ملکی نژاد، طالبی، رونما، ۱۴۰۰. بررسی کارایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در برآورد ارتفاع رواناب با روش *SCS-CN* مطالعه موردی: حوضه باغان (جم و ریز) .تخریب و احیاء اراضی طبیعی ۲(۳)*.77-67*.
- علیزاده، امین، ۱۳۹۸. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ چهل وچهارم، ۹۳۶ص.
- غفاری گیلانده عطا، سبحانی بهروز، استادی باباکندی الناز،۱۳۹۵. برآورد شماره منحنی و ارتفاع رواناب در محیط-*Arc GIS* (مطالعه موردی: شهرستان مشکین شهر).
- کلانتری محسن، سلطانی زینب ، بررسی پاره ای از روابط تجربی در برآورد زمان تمرکز و تعیین ضریب شکل با استفاده از *GIS* مطالعه موردی: حوزه آبخیز چالشتر، همایش ملی ژئوماتیک ،۱۳۹۴، شماره ۲۲.
- میرزایی، سجاد، رئوف، مجید، ۱۳۹۳. گزارش فنی: مقایسه معادلات تجربی و روش تجزیه هیدروگراف سیلاب در برآورد زمان تمرکز، مطالعه موردی: حوضه آتشگاه–استان اردبیل .مهندسی و مدیریت آبخیز،*(4)6 ، :doi .407-414. 10.22092/ijwmse.2015.100906*
- مرادی، دین پژوه، عزیزی، ۱۳۹۸. مقایسهٔ سه روش مختلف برآورد تلفات بارش در مدل *HEC-HMS* در شبیه‌سازی رواناب (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ قره‌سو در کرمانشاه) .اکوهیدرولوژی*(2)5 ،.447-433*
- نعیمی کلورزی, زهرا, قربانی, خلیل, سالاری جزی, میثم, دهقانی, امیر احمد، ۱۳۹۵. بررسی تأثیر پارامترهای فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه در شبیه سازی جریان فصلی رودخانه. اکوهیدرولوژی, ۳(۴), ۵۴۵-۵۵۵. *doi: 10.22059/ije.2016.60357*
- *Abedini, M., Pour Farrash Zadeh, F., & Gharachorlu, -. M., 2021. Analysis and Modeling of the Relationship between Monthly Discharge and Geomorphometric Characteristics (Case Study: Kashafrood Watershed). Geography and Environmental Planning, 32(4), 29-44. doi: 10.22108/gep.2021.128899.1426*
- *Nkwunonwo, U. C., Whitworth, M., Baily, B., 2015. Analysis of the efforts towards urban flood reduction in the Lagos region of Nigeria, Natural Hazards and Earth System Sciences, P. 3897- 3923*
- *Zhan, X., & Huang, M. L., 2004. ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Environmental Modelling & Software, 19 (10): 875-879.*
- *Shi, W., & Wang, N., 2020. An improved SCS-CN method incorporating slope, soil moisture, and storm duration factors for runoff prediction. Water, 12(5), 1335.*
- *Al-Ghobari, H., Dewidar, A., & Alataway, A., 2020. Estimation of surface water runoff for a semi-arid area using RS and GIS-based SCS-CN method. Water, 12(7), 1924.*
- *Ling, L., Yusop, Z., Yap, W. S., Tan, W. L., Chow, M. F., & Ling, J. L., 2019. A calibrated, watershed-specific SCS-CN method: Application to Wangjiaqiao Watershed in the Three Gorges Area, China. Water, 12(1), 60.*
- *Psomiadis, E., Soulis, K. X., & Efthimiou, N., 2020. Using SCS-CN and earth observation for the comparative assessment of the hydrological effect of gradual and abrupt spatiotemporal land cover changes. Water, 12(5), 1386.*
- *Ross, C.W., L. Prihodko, J. Anchang, S. Kumar, W. Ji, and N.P. Hanan, 2018. HYSOGs250m, global gridded hydrologic soil groups for curve-number-based runoff modeling. Scientific Data 5, 180091. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.91*
- *Schneider, F., Klinge, M., Brodthuhn, J., Peplau, T., & Sauer, D., 2021. Hydrological soil properties control tree regrowth after forest disturbance in the forest steppe of central Mongolia. Soil, 7(2), 563-584.*
- *Soulis, K. X., 2021. Soil conservation service curve number (SCS-CN) Method: Current applications, remaining challenges, and future perspectives. Water, 13(2), 192.*
- *Users Manual of HEC-GeoHMS, 2020*

- *Walega, A., & Salata, T., 2019. Influence of land cover data sources on estimation of direct runoff according to SCS-CN and modified SME methods. Catena, 172, 232-242.*
- *Hashim, H. Q., & Sayl, K. N. (2022). Incorporating GIS Technique and SCS-CN approach for runoff estimation in the ungauged watershed: A case study west desert of Iraq. Iraqi Journal of Civil Engineering, 14(2), 1-6.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی