

بررسی اثرات تغییر کاربری و پوشش اراضی بر روی سیل خیزی و دبی رواناب (مطالعه موردی: حوضه آبریز سد علویان)

محمدحسین رضایی مقدم^۱

صغری اندریانی^۲

فرهاد الماس پور^۳

خلیل ولیزاده کامران^۴

ابوالفضل مختاری اصل^۵

چکیده

تغییرات کاربری و پوشش اراضی تأثیر مستقیمی بر تغییر رژیم هیدرولوژیکی حوضه دارد. به عبارتی می‌تواند با افزایش سطوح زمینهای بایر و کاربریهای مشابه آن باعث سیل خیزی حوضه شده، با افزایش سطوح کاربری باغ و کاربریهای مشابه آن باعث مصرف و نفوذ بیشتر آب شود و بر کاهش دبی، نقش موثری داشته باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر تغییرات به وجود آمده در کاربری و پوشش اراضی حوضه آبریز سد علویان در بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۸۷، بر روی سیل خیزی حوضه و دبی رواناب است و بدین منظور ابتدا با استفاده از نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک که نشان از حساس بودن منطقه دارد و نقشه کاربری و پوشش اراضی مربوط به دوره‌های زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ شماره منحنی (CN) منطقه برای هر دوره زمانی به دست آوردیم و سپس با استفاده از این نقشه‌ها، میزان نگهداشت خاک (S) را محاسبه کردیم و در نهایت میزان رواناب حاصل از شبیه‌سازی بارش ۱۰۰ میلی‌متری از طریق مدل SCS برآورد گردید که نتیجه حاکی از افزایش رواناب یا به عبارتی سیل خیز شدن حوضه بر اثر تغییر کاربری و پوشش اراضی است. با توجه به وجود رابطه بین بارش و دبی در بازه‌های زمانی تعیین شده، تغییر کاربری باغ به عنوان یکی از عوامل موثر در کاهش دبی مورد بررسی قرار گرفت و بعد از جداسازی جریان پایه و جریان حاصل از ذوب برف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس از دبی کل، بقیه دبی به عنوان دبی حاصل از بارش در نظر گرفته شد. نتیجه حاصل از تحلیل کوواریانس نشان داد که افزایش در مساحت کاربری باغ باعث کاهش رابطه بین بارش و دبی حاصل از آن در حوضه آبریز سد علویان شده است.

واژه‌های کلیدی: مدل SCS، شماره منحنی؛ اثر کاربری اراضی؛ تحلیل کوواریانس؛ سیل خیزی

مقدمه

سیلابها در طول تاریخ رایج‌ترین، مرگبارترین و پرهزینه‌ترین خطر در میان مخاطرات طبیعی بوده‌اند. وقوع سیل در طی زمان افزایش یافته است (کوسکی، ۲۰۰۸: ۶۱)، به‌ویژه از زمانی که کشورها اجازه تغییر در کاربریها و پوششهای زمینی را در حوضه‌ها و دشتهای سیلابی صادر کرده‌اند. در ایران نیز مانند سایر مناطق سیل‌خیز دنیا در دهه‌های اخیر، شدت وقوع سیلابها و میزان خسارتهای ناشی از آن در حد چشمگیری افزایش یافته است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۰: ۶-۷).

کاربری و پوشش اراضی به علت تأثیر در نفوذ و فرسایش و تبخیر و تعرق نقش مهمی در تولید رواناب دارند. در مدل‌های هیدرولوژیکی و توزیعی^۱، کاربری و پوشش اراضی یکی از داده‌های اصلی است و استخراج آنها در داخل حوضه نیز نقش بسزایی در اجرای این مدل‌ها دارند (ملسی و شیخ، ۲۰۰۲: ۱۷۴). ویژگی‌های اولیه حوضه‌ها با توجه به خصوصیات خاک و پوشش اراضی و توپوگرافی در شکل فرایندهای بارش-رواناب و فرسایش، باعث تغییرات هیدرولوژیکی حوضه‌ها می‌شوند. ویژگی‌های خاک و توپوگرافی در یک مقیاس کوچک در حوضه اتفاق می‌افتد ولی تغییر در پاسخ هیدرولوژیکی یک حوضه آبریز بستگی به تغییر در نوع و توزیع کاربری و پوشش اراضی دارد (میلر و همکاران، ۲۰۰۲: ۹۱۶) و این امر ممکن است باعث تغییر در فراوانی و شدت سیلاب، جریان پایه و میانگین دبی سالانه شود (لی و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۵). تحقیقاتی که در خصوص با تأثیر تغییر کاربری و پوشش اراضی بر روی ویژگی‌های هیدرولوژیک رودخانه‌ها انجام گرفته است، تأثیر آشکار آنها را در تغییر میزان رواناب و جریان رودخانه‌ها به اثبات رسانده است. از بین تحقیقات انجام گرفته در این مورد می‌توان به پژوهش‌های سوان و راکمتون (۱۹۹۴)، ونگ (۲۰۰۱)، وگنکل (۲۰۰۳)، بیکت و استرک (۲۰۰۵)، برخورداری و خسروشاهی (۱۳۸۶)، گیو و همکاران (۲۰۰۸)، بای و همکاران (۲۰۰۹)؛ نای و همکاران (۲۰۱۱)؛ آیسیک و همکاران (۲۰۱۳)؛ کیو و همکاران (۲۰۱۳)؛ چن و همکاران (۲۰۱۴) و کستیلو و گونرالپ (۲۰۱۴) به عنوان نمونه اشاره کرد که هر کدام به نوعی با استفاده از روشهای هیدرولوژی و آماری تأثیر تغییرات کاربری و پوشش زمین را بر رواناب، الگوی جریان رودخانه و تعادل آب حوضه اثبات کرده است.

برای تعیین میزان تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی در رواناب می‌توان از روش SCS^2 استفاده کرد و همچنین برای توزیع آن در سطح منطقه نیز می‌توان از تکنیک‌های GIS^3 بهره برد. سازمان حفاظت خاک امریکا (۱۹۷۳: ۱۷) روشی را برای تخمین رواناب از اطلاعات بارندگی، نوع کاربری و پوشش زمین و بافت

1- Distributed

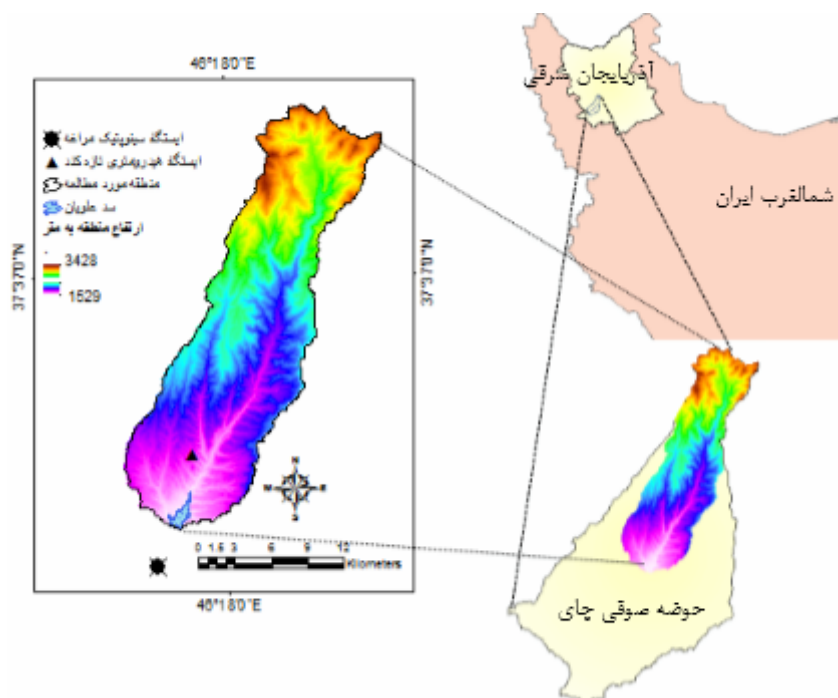
2- Soil Conservation Service

3- Geographic Information Systems

خاک پیشنهاد کرده است. از بین روشهای شبکه عصبی مصنوعی و هیدروگراف واحد، روش SCS پرکاربردترین و همچنین انعطاف پذیرترین روش شناخته شده است و همبستگی خوبی بین مقادیر مشاهده شده و تخمین زده شده در این روش وجود دارد (نایاک و جایساوا، ۲۰۰۳: ۴۷). این روش در حوضه‌های آبریز فاقد آمار دبی رواناب، به کار می‌رود (ملسی و شیخ، ۲۰۰۲: ۱۷۵؛ گنتت و همکاران ۲۰۱۴: ۱۰۸). البته در تحقیق حاضر برای بررسی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر میزان تغییر رواناب از این روش استفاده کرده‌ایم. لذا از بارش سالانه (شبیه‌سازی شده) به عنوان ورودی بارش در مدل استفاده شد (علیزاده، ۱۳۸۸: ۵۲۳). همچنین هدف از مطالعه حاضر علاوه بر بررسی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر میزان رواناب حوضه که ممکن است باعث سیل‌خیزی در منطقه شود، بررسی میزان تأثیر تغییر کاربری باغ که افزایش چشمگیری در بازه‌های زمانی ۱۹۸۷-۲۰۰۰ و ۲۰۰۰-۲۰۱۳ در منطقه داشته است، بر کاهش دبی رودخانه صوفی چای در بالادست حوضه است. از این رو در سالهای مورد بررسی برای تأثیر تغییر کاربری و پوشش اراضی بر دبی رودخانه صوفی چای، میزان آب حاصل از بارش، ذوب برف و جریان پایه مورد بررسی کردیم زیرا مصرف زیاد آب در بالادست حوضه بر تأمین آب مورد نیاز شبکه‌های آبیاری مدرن و نیمه‌مدرن توسعه‌یافته در پایین‌دست حوضه اثر سوء گذاشته و باعث هدر رفت سرمایه‌گذاری‌های انجام یافته می‌شود. از طرف دیگر تغییر کاربری و پوشش اراضی در بالادست حوضه سد و تأثیر این تغییرات بر سیل‌خیز بودن منطقه می‌تواند آسیب جدی بر مخزن سد به علت ورود رسوب اضافی، وارد کند و بدین طریق باعث کم شدن عمر مفید سد شود.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه، واقع در شهرستان مراغه، در قسمت جنوب غربی استان آذربایجان شرقی قرار دارد. این محدوده یکی از زیرحوضه‌های صوفی چای (از زیر حوضه‌های دریاچه ارومیه) در بالادست سد علویان با موقعیت جغرافیایی $37^{\circ} 12' 30''$ تا $37^{\circ} 27' 46''$ شرقی و $37^{\circ} 25' 30''$ تا $37^{\circ} 45' 05''$ شمالی، شامل مساحتی حدود ۳۱۳ کیلومتر مربع و محدوده ارتفاعی بین ۳۴۲۷ - ۱۵۲۵ متر است. شکل شماره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه سد علویان و ایستگاههای مورد استفاده

مواد و ابزارهای مورد استفاده در تحقیق حاضر عبارت است از: تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ (به ترتیب TM^1 و ETM^2) و لندست ۸ ($OLI \& TIRS$)^۳ به ترتیب مربوط به ۱۶ جولای سال ۱۹۸۷، ۱۴ جولای سال ۲۰۰۰، ۱۰ جولای سال ۲۰۱۳ و تصاویر مودیس سنجنده اکوا^۴ مربوط به فصل بهار سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲، همچنین داده‌های زمینی ایستگاه هیدرومتری تازه‌کند (داده‌های دبی) و ایستگاه سینوپتیک مراغه (داده‌های بارش و دما) به صورت روزانه مربوط به فصل بهار، تابستان و ماه آبان در بازه زمانی تصاویر مودیس مورد استفاده، نرم‌افزار ENVI4.8 برای تصحیح تصاویر، همچنین طبقه‌بندی تصاویر لندست و استخراج مساحت برف موجود در منطقه، نرم‌افزار Arc GIS برای مدل‌سازی و تشکیل پایگاه داده و دستگاه GPS برای برداشت مکانی نقاط تعلیمی.

برای انجام تصحیح رادیومتریک تصویر لندست ۸، روش پیشنهادی USGS EROS^۵ در محیط Band Math نرم‌افزار ENVI برنامه نویسی شد ولی برای تصحیح رادیومتریک دو تصویر دیگر از فایل مرجع^۶ تصویر و برنامه آماده نرم‌افزار ذکر شده، استفاده شد. در تصحیح اتمسفری تصاویر به دلیل وجود منابع آبی در حوضه

1- Thematic Mapper

2- Enhanced Thematic Mapper Plus

3- Operational Land Imager&Thermal Infrared Sensor

4- Aqua

5- U.S. Geological Survey Earth Resources Observation and Science

6- Header File

از روش کاهش عددی پیکسل‌ها (لیانگ و ممبر، ۲۰۰۱: ۲۴۹۰) بهره بردیم. برای تصحیح هندسی در تحقیق حاضر از تصاویر اسپات ۲۰۰۵ و روش تثبیت هندسی^۱ تصویر به تصویر را به کار گرفتیم. سپس هر سه تصویر مورد استفاده با مبنا قرار دادن تصویر لندست ۸ نسبت به هم تثبیت هندسی شدند. در این تصحیح تقاطع جاده‌ها به عنوان نقاط آموزشی به تعداد ۱۵ نقطه برای تصحیح انتخاب و برای نمونه‌گیری مجدد از روش نزدیک‌ترین همسایگی^۲ استفاده کردیم و تصاویر را به ترتیب سال تولید با خطای جذر میانگین مربعات^۳ ۰/۴۴، ۰/۴۵ و ۰/۴۰ پیکسل تصحیح کردیم. برای از بین بردن تأثیر عامل توپوگرافی در نتیجه تفاوت در زاویه انرژی رسیده به سطح کوهستان از روش Lambertian Reflectance Mode (کلبای، ۱۹۹۱: ۵۳۷-۵۳۱) استفاده کردیم.

برای طبقه بندی تصاویر از روش نظارت شده ناپارامتریک ماشین بردار پشتیبان^۴ استفاده کردیم. این روش طبقه‌بندی کننده به صورت باینری عمل کرده و دو کلاس را با استفاده از یک فرا صفحه^۵ از هم جدا می‌کند. به طور کلی در این تحقیق از روش نظارت شده ناپارامتریک پیکسل پایه به دلیل دقت زیاد آن در طبقه‌بندی (واپنیک، ۱۹۹۹: ۱۳۹؛ مانتر و همکاران، ۲۰۰۵: ۵۶۰؛ اندریانی، ۱۳۹۳) بهره بردیم.

در تحقیق حاضر برای برآورد ارتفاع رواناب روش SCS و رابطه (۱) را به کار گرفتیم.

$$Q = \begin{cases} \frac{(p - 0.2s)^2}{p + 0.8s}, & p \geq 0.2s \\ 0, & p < 0.2s \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه مذکور Q: رواناب بر حسب میلی‌متر مکعب، P: میزان بارش بر حسب میلی‌متر (در تحقیق حاضر به جای پارامتر بارش از عدد شبیه سازی شده ۱۰۰ میلی متری، استفاده شد) و S: عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین می‌باشد و با احتساب تلفات اولیه (۰/۲)، برای سیستم متریک از رابطه (۲) قابل محاسبه می‌باشد.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه مذکور پارامتر CN^۶ عبارت است از شماره منحنی و عددی بی‌بعد می‌باشد. دامنه عددی این پارامتر بین ۱۰۰ - ۰ متغیر است، طوری که در عدد ۱۰۰ تمام باران تبدیل به رواناب شده مثل مخزن آب و در عدد

1- Register
2- Nearest Neighbor
3- Root Mean Square
4- Support Vector Machine
5- Hyperplane
6- Curve Number

صفر روانابی تشکیل نمی‌شود؛ به عبارت دیگر چنین چیزی با توجه به رابطه مذکور تعریف نشده است. شماره منحنی بر اساس جدول ارائه شده از طرف سازمان حفاظت خاک امریکا که با مدنظر قرار دادن کاربری و پوشش زمین و گروه هیدرولوژی خاک به دست آمده است؛ تعیین می‌شود (سازمان حفاظت خاک امریکا، ۱۹۷۳: ۶). در تحقیق حاضر لایه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (لازم به ذکر است که بالادست حوضه توسط «مهندسان مشاور آب اندیشان آذر (۱۳۸۵)» تولید شده بود) با استفاده از لایه‌های شیب، لیتولوژی و کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه و همچنین با بررسی بصری نقشه گروه هیدرولوژیکی تهیه شده در بالادست حوضه و تجربیات به دست آمده، تهیه گردید.

برای مشخص کردن میانگین وزنی شماره منحنی، از رابطه (۳) استفاده کردیم (هالواتورا و نجیم، ۲۰۱۳: ۱۵۷).

$$\overline{CN} = \frac{\sum CN_i \cdot A_i}{A} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه مذکور :: CN_i شماره منحنی مربوط به هر پلیگون، A_i مساحت مربوط به هر پلیگون و A مساحت کل حوضه است.

در ادامه کار به جداسازی جریان پایه، دبی حاصل از ذوب برف و دبی حاصل از بارش از دبی مشاهداتی پرداختیم. با توجه به گزارش کارشناسان سازمان آب، از نیمه فروردین ماه تا نیمه شهریور ماه همچنین از اواخر مهرماه تا اواخر آبان ماه فصل آبیاری این منطقه است. لذا داده‌های روزانه بارش و دبی سال آبی ۷۸-۷۹ و ۹۰-۹۱ به صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفت (به دلیل عدم تصویر از لحاظ تفکیک زمانی در سال ۶۵-۶۴، از بررسی این دوره زمانی صرف نظر شد) و از میزان دبی حاصل (مشاهداتی)، مقدار آب حاصل از ذوب برف و جریان پایه کم شد. با توجه به این که دبی مشاهداتی به عنوان دبی کل در نظر گرفته می‌شود به عبارت دیگر دبی کل متشکل از جریان پایه، دبی حاصل از ذوب برف و دبی حاصل از بارش می‌باشد، لذا در تحقیق حاضر به جداسازی دبی‌های نامبرده پرداختیم تا بتوانیم کاهش دبی حاصل از بارش را که بر اثر توسعه باغها ایجاد شده بررسی کنیم.

برای جداسازی جریان پایه در بازه‌های زمانی مورد استفاده برای استخراج کاربری و پوشش اراضی، از میانگین دبی روزانه مشاهداتی در فصل تابستان استفاده کردیم. از آنجا که تغییرات کاربری ممکن است بر میزان تغذیه و پایداری منابع زیرزمینی تأثیر داشته باشد، علاقه به برآورد میزان تغذیه آب زیرزمینی در سالهای اخیر افزایش یافته است. تجزیه و تحلیل آنمود جریان در ایستگاه‌های آب‌سنجی می‌تواند برآوردهایی از تغذیه آب زیرزمینی را ارائه کند. اگر چه مقدار جریان پایه را نمی‌توان به‌طور دقیق به همان مقدار تغذیه

نسبت داد هنگامی که جریان پایه معرف دبی آب زیرزمینی فرض شود، دبی آب زیرزمینی تا حدودی برابر با تغذیه است (سمیعی و تلوری، ۱۳۹۰: ۷۱). البته در صورت کم بودن اختلاف بین مقدار تلفات و انتقال آب زیرزمینی، جریان پایه را می‌توان تقریب مناسبی از تغذیه دانست (رایسر و همکاران ۲۰۰۵: ۱۳۳۱).

میزان ذوب برف تابع پیچیده‌ای از خصوصیات فیزیکی برف و مقدار انرژی حرارتی موجود است. در مطالعه حاضر برای محاسبه مقدار ذوب برف بر اثر دما از رابطه زیر استفاده کردیم (علیزاده، ۱۳۸۸: ۱۷۷).

$$M = 45.72 * K * D \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه مذکور M : ارتفاع آب حاصله از ذوب برف از سطح حوضه بر حسب میلی‌متر در روز، K : ضریب ثابتی که مقدار متوسط آن ۰/۰۶ است و D : درجه - روز بالای صفر برای هر روز مشخص است (راهنمای کاربر در مدل ذوب برف، ۲۰۰۷: ۱۲).

عامل دیگر مؤثر بر ذوب برف، ریزش باران روی آن است. گروه مهندسی ارتش امریکا برای محاسبه ذوب برف بر اثر ریزش باران فرمول زیر را ارائه نموده است (علیزاده، ۱۳۸۸: ۱۷۸-۱۷۷).

$$M = (0.3 + 0.012 * R)T + 1.0 \quad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه مذکور، M : ارتفاع روزانه آب حاصله از ذوب برف در اثر ریزش باران روی آن بر حسب میلی‌متر، T : متوسط درجه حرارت روزانه بر حسب سانتی‌گراد، D : مقدار بارندگی روزانه بر حسب میلی‌متر است؛ به عبارت دیگر در روزهایی که بارش وجود داشته و دما نیز بالاتر از صفر بوده، هم عامل دما و هم عامل بارش در معادله مربوط در نظر گرفته شد.

لازم به ذکر است که به دلیل این که پوشش برف به صورت سطح محاسبه می‌شود و در سطح محاسبه شده هیچ‌گونه ایستگاه تبخیرسنجی یا سینوپتیکی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد، لازم بود که افت محیطی^۱ دما (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۵۷۰-۵۷۰) تا ارتفاع وجودی برف، محاسبه شود و سپس در معادله‌های بالا به کار گرفته شود. برای محاسبه افت محیطی دما به ازای ارتفاع، با استفاده از تصاویر مودیس پایین‌ترین و بالاترین سطح وجودی برف و ارتفاع این سطوح را با استفاده از لایه راقومی ارتفاعی (۳۴۲۸-۲۶۰۰ متر) استخراج کردیم و میانگین آن را در نظر گرفتیم و همچنین برای ارتفاع پایه نیز ارتفاع ایستگاه مراغه (۱۴۷۵ متر) مورد استفاده قرار دادیم. سپس با توجه به ویژگی اقلیمی منطقه در روش دمارتن و به ازای ارتفاع و افت محیطی دمای خشک، نیمه‌خشک و مرطوب از مقدار دمای ایستگاه سینوپتیک مراغه کاسته شد.

1- Laps Rate

برای پایش مؤثر مساحت سطح برف، نیاز به تصاویری با قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب است. با توجه به این که این دو مقوله مهم در یک جا جمع نمی‌شود، با توجه به هدف مطالعه، از تصاویر مودیس با تفکیک زمانی عالی (روزانه) ولی با تفکیک مکانی پایین‌تر (در باندهای مورد استفاده ۵۰۰ متر) استفاده کردیم.

بدین منظور از باندهای ۴ و ۶ سنجنده ترا از ماهواره مودیس به ترتیب با طول موجهای (0.545-0.565 و 1.628-1.65 میکرومتر) و شاخص¹ NDSI مورد استفاده قرار گرفته است (هال و همکاران، ۱۹۹۵: ۱۴۰-۱۲۷؛ جاین و همکاران، ۲۰۱۲: ۵؛ پاراجکا و بلسوچی، ۲۰۱۲: ۱۸۸).

شاخص تفاضل برف نرمال شده در تصاویر ماهواره‌ای مودیس از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{NDSI} = \frac{\text{Band 4} - \text{Band 6}}{\text{Band 4} + \text{Band 6}} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در رابطه فوق باند ۴ و ۶ به ترتیب باند مرئی و باند مادون قرمز موج کوتاه می‌باشد که به علت انعکاس بیشتر برف در باند مرئی و جذب بیشتر آن در باند مادون قرمز کوتاه این باندها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست با روش ماشین بردار پشتیبان برای سه بازه زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ در جدول شماره ۱ و درصد مساحت در شکل ۲ نشان داده شده است. جهت تحلیل تغییر کلاس‌ها نسبت به همدیگر، سطح دو کاربری و پوشش اراضی در نظر گرفته شده است.

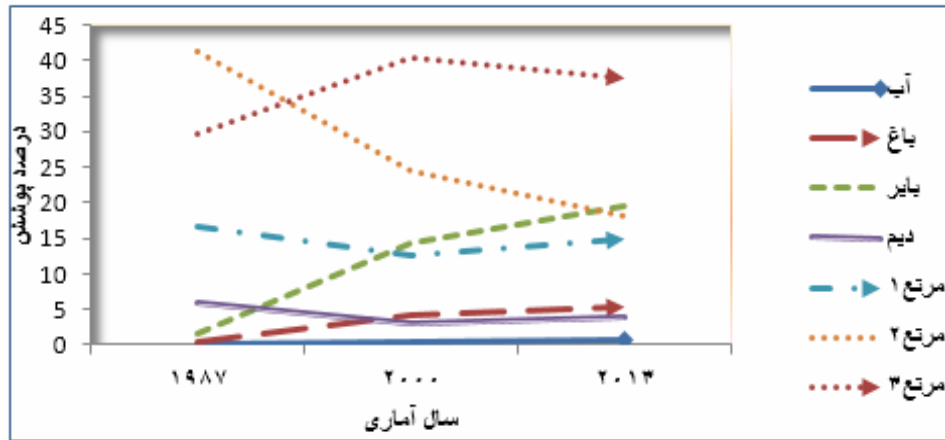
جدول (۱) مساحت کاربری‌ها به ترتیب سال در سطح دو (در واحد هکتار)

آب	باغ	بایر	دیم	مرتج درجه ۱	مرتج درجه ۲	مرتج درجه ۳	جمع
۱۹۸۷	-	۱۳۵۱/۹۵	۵۳۶/۲۲	۱۸۲۶/۳۹	۵۳۳۰/۷۶	۱۲۹۳۰/۹۵	۳۱۲۲۳*
۲۰۰۰	۱۳۵	۱۳۳۴/۱۱	۴۴۸۶/۹۱	۹۵۳/۸	۳۹۸۵/۳۳	۷۶۳۹/۸۷	۳۱۲۲۳
۲۰۱۳	۱۸۸/۸	۱۶۴۵/۱۳	۶۱۲۱/۱۵	۱۱۶۹/۸۲	۴۶۸۳/۹۶	۵۶۷۶/۱۳	۳۱۲۲۳

* به دلیل عدم تغییر کاربری مسکونی در بازه زمانی ذکر شده از ذکر این کلاس خودداری شده و به میزان ۷۷ هکتار از مساحت کل کم شده است (در محاسبه درصد مساحت، مساحت کل منطقه (۳۱۳۰۰ هکتار) در نظر گرفته شده است).

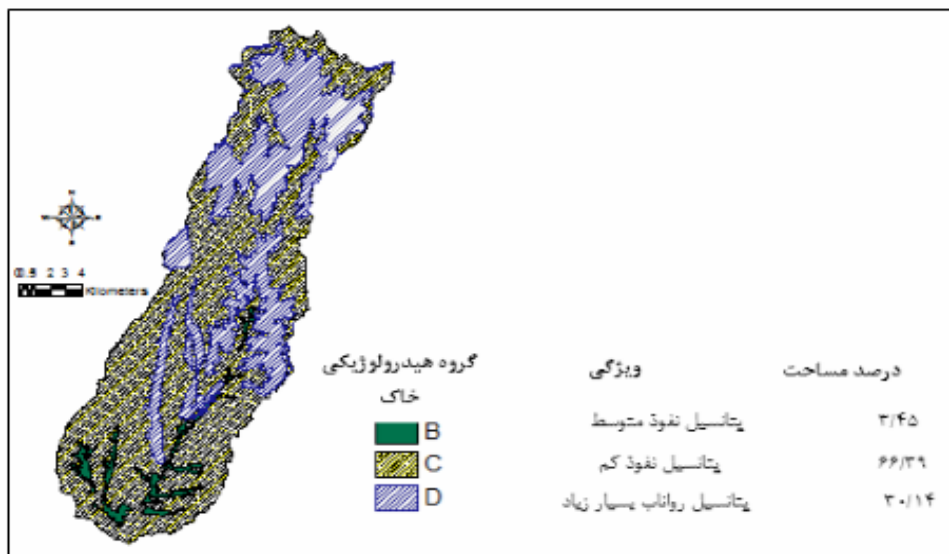
جدول فوق تغییرات قابل توجهی را در هر کدام از کاربری و پوششها نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که علت کاهش کاربری باغ در سال ۲۰۰۰ بیشتر به دلیل آبیگری مخزن سد علویان و از بین رفتن اراضی و باغات واقع در آن است.

1- Normalized Difference Snow Index



شکل (۲) نمودار مقایسه درصد پوشش کاربری و پوشش اراضی در سطح دو

شکل شماره ۳، نقشه گروه‌های هیدروژئولوژیکی خاک، ویژگی هر گروه و درصد مساحت هریک از گروهها را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد



شکل (۳) گروه هیدروژئولوژیکی خاک در منطقه مورد مطالعه

با توجه به شکل شماره ۳ بیشترین درصد مساحت حوضه جزو گروه هیدروژئولوژیک C می‌باشد و همچنین درصد نسبتاً زیادی نیز در گروه هیدروژئولوژیکی D قرار گرفته است که این مسئله در صورت وجود بارش زیاد باعث وقوع سیل در حوضه می‌شود لذا در بهره‌برداری از این حوضه بایست از راهکارهای مدیریتی مطلوب استفاده گردد.

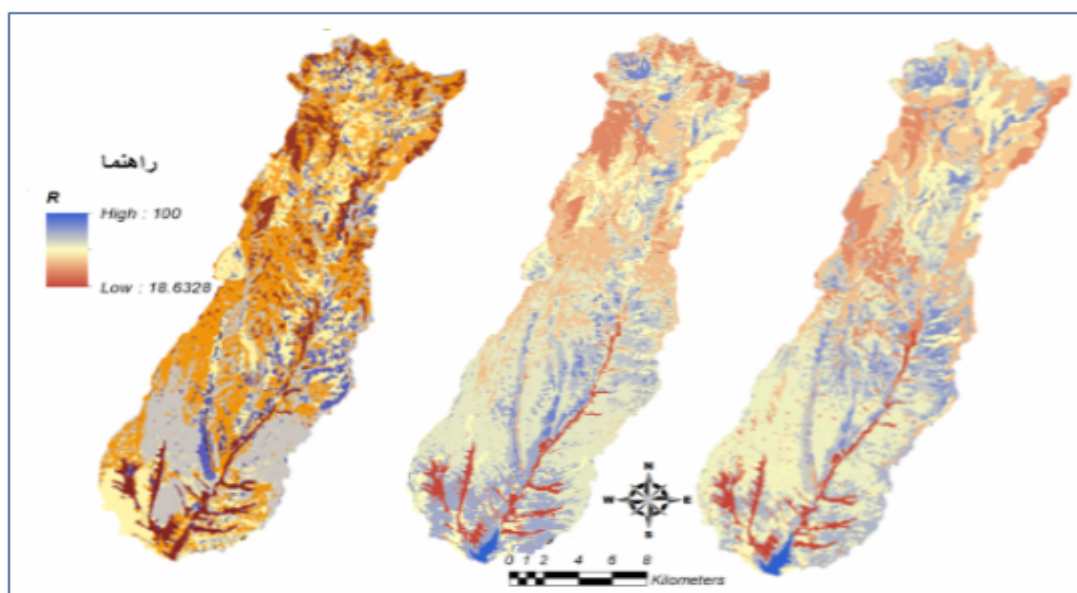
جدول شماره ۲ میانگین وزنی شماره‌های منحنی که با استفاده از لایه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و لایه‌های کاربری و پوشش اراضی، همچنین میانگین وزنی لایه‌های نگهداشت سطحی خاک تهیه شده با استفاده از لایه‌های شماره منحنی در بازه‌های مورد استفاده، را نشان می‌دهد.

جدول (۲) میانگین وزنی شماره منحنی و نگهداشت آب در زمانهای مورد بررسی

سال	میانگین وزنی شماره منحنی	میانگین وزنی نگهداشت سطحی
۱۹۸۷	۸۱/۴۶	۵۹/۲۶
۲۰۰۰	۸۳/۸	۵۰/۸۸
۲۰۱۳	۸۴/۱	۵۰/۰۵

جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۳ رفته رفته بر میانگین وزنی شماره منحنی افزوده شده البته این افزایش در بازه زمانی اول نسبت به بازه زمانی دوم بسیار زیادتر بوده است. این تغییر تفاوت در بازه‌ها می‌تواند ناشی از مساحت کم زمینهای بایر در سال ۱۹۸۷ و افزایش زیاد آن تا سال ۲۰۰۰ باشد، ولی در بازه دوم با وجود افزایش در مساحت زمینهای بایر بر میزان مساحت درختکاری نیز افزوده شده است.

این مسأله کاملاً بدیهی است که افزایش شماره منحنی باعث کاهش نگهداشت آب در خاک شده و بارش ایجاد شده زودتر به رواناب تبدیل می‌شود. در این حوضه نیز در سالهای بررسی شده در تحقیق حاضر رفته رفته بر میزان شماره منحنی افزوده شده و از میزان نگهداشت آب در سطح حوضه کاسته می‌شود. شکل شماره ۴ ارتفاع رواناب حاصل از لایه‌های نگهداشت خاک و بارش شبیه‌سازی شده ۱۰۰ میلی‌متری را نشان می‌دهد.



شکل (۴) ارتفاع رواناب حوضه با استفاده از روش SCS برحسب میلی‌متر در بارش شبیه‌سازی شده ۱۰۰ میلی‌متر (به ترتیب از چپ به راست مربوط به سالهای ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ برحسب میلی‌متر)

جدول (۳) حجم کل رواناب حوضه بر حسب میلیون مترمکعب با بارش شبیه‌سازی شده ۱۰۰ میلی‌متر

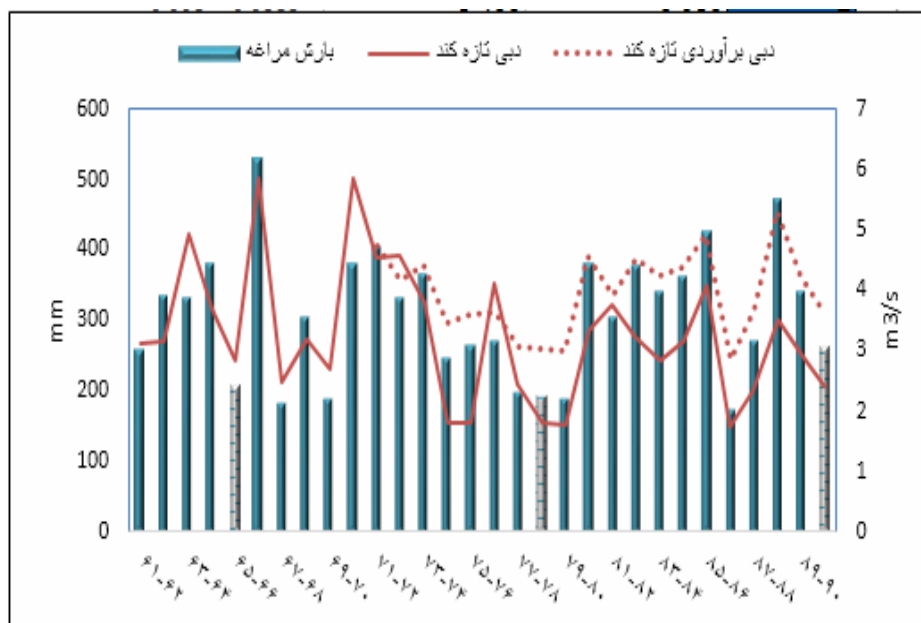
سال	حجم رواناب (میلیون مترمکعب)
۱۹۸۷	۱۷/۰۳
۲۰۰۰	۱۸/۶۳
۲۰۱۳	۱۸/۸۴

در بارش شبیه‌سازی شده ۱۰۰ میلی‌متر حجم رواناب حاصل از آن از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۳ افزوده شده است (جدول شماره ۳). البته ذکر این مطلب ضروری است که مقدار به دست آمده به‌صورت رواناب بالقوه می‌باشد. جدول شماره ۱ نشان‌دهنده افزایش حجم رواناب حوضه در بازه زمانی مورد بررسی می‌باشد، هرچند در فاصله بین ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ حجم رواناب حاصل از بارش ۱۰۰ میلی‌متری تقریباً یکسان است. جدول شماره ۱ نشان می‌دهد در فاصله بین ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ کلاس بایر ۱۵۰۰ هکتار افزایش یافته است در حالی که با بررسی دوباره همین جدول می‌توان نتیجه گرفت هرچند کلاس اراضی بایر افزایش یافته است ولی در مقابل کلاس‌های باغ و مرتع درجه ۱ نیز افزایش یافته است. افزایش این دو کلاس می‌تواند هم باعث مصرف بیشتر و هم باعث تسهیل در نفوذپذیری آب شود. لذا در بارش شبیه‌سازی شده یکسان، چندان تغییری در حجم رواناب مشاهده نمی‌شود. به همین علت نیاز به بررسی تغییر رابطه بین بارش و دبی حاصل از آن نتیجه تغییر کاربری است. لذا برای پی بردن به این مسأله بازه زمانی مورد مطالعه در عنصر بارش و جریان رودخانه (سی سال) به سه قسمت تقسیم کردیم و از بازه اول به عنوان منبعی برای بررسی رابطه بین بارش و دبی برای بازه‌های دیگر استفاده کردیم (جدول شماره ۴). نتیجه حاکی از ایجاد تغییر بین عنصر بارش و دبی بوده است (شکل شماره ۵).

جدول (۴) میزان همبستگی و معادله خطی بین بارش ایستگاه سینوپتیک مراغه و ایستگاه هیدرومتری تازه‌کند

بازه زمانی	درصد همبستگی	ضریب تبیین	معادله خطی
۶۱-۷۱	۸۳	۰/۷۰	$y = 0.0101x + 0.6658$
۷۱-۸۱	۷۸	۰/۶۰	$y = 0.01156x + 0.2606$
۸۱-۹۱	۸۱	۰/۶۷	$y = 0.0067x + 0.7789$

با توجه به جدول شماره ۴ دهه‌های دوم و سوم با دهه اول بازه زمانی ۱۳۶۱-۱۳۹۱ (سال آبی) همخوانی ندارد که این مسأله با اعمال رابطه خطی دهه اول و پیش‌بینی آن در دهه‌های بعدی در شکل شماره ۵ تأیید می‌شود.



شکل (۵) نمودار برآورد دبی بیست ساله در ایستگاه تازه‌کند با استفاده از رفتار دبی و بارش در ده سال اول دوره آماری

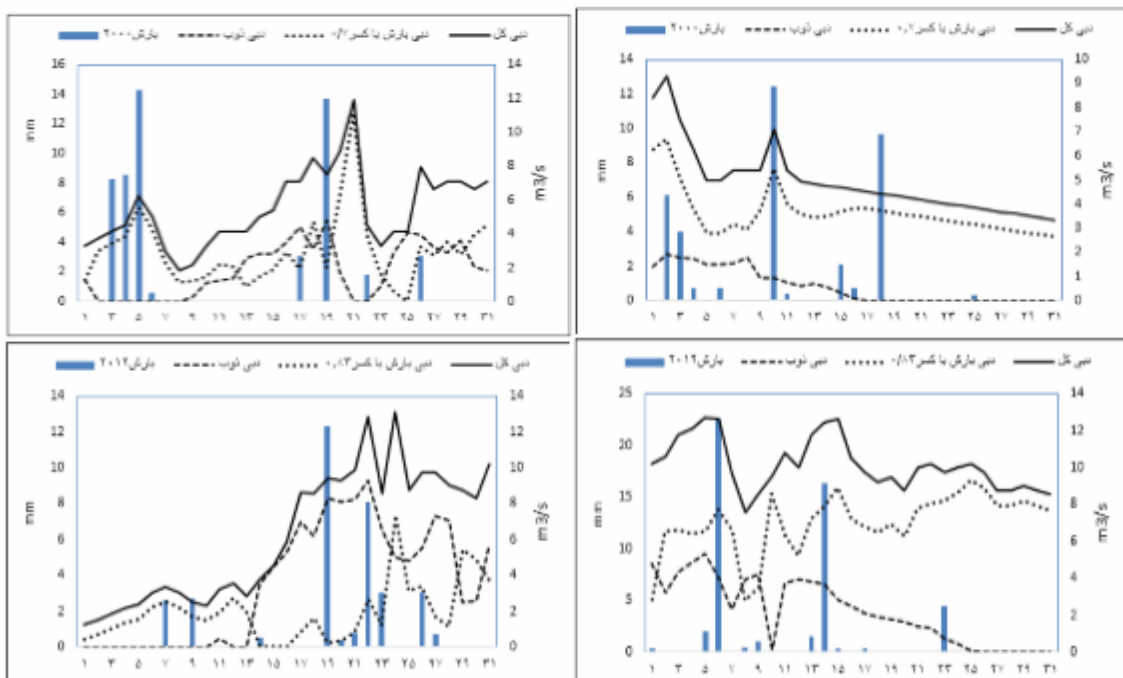
بررسی شکل بالا نشان می‌دهد که رفتار دبی متوسط نسبت به بارش سالانه در دهه‌های اخیر مشابه با دهه اول دوره آماری مورد مطالعه نیست. به عنوان نمونه بارش در سال ۸۹-۸۸ تقریباً به ارتفاع سال آماری ۶۷-۶۶ است ولی دبی حاصل از آن تقریباً کمتر از دو سوم دبی حاصل از بارش سال ۶۷-۶۶ است.

مقدار آب حاصل از ذوب برف به‌وسیله تصاویر مودیس و روابط موجود استخراج کرده، و مشاهده است که در منطقه مورد مطالعه تقریباً تا بیستم اردیبهشت پوشش برف وجود دارد. هر چند به‌احتمال زیاد پوشش نازک و کم وسعتی از برف در بعضی از دامنه‌های منطقه باشد به دلیل تفکیک مکانی تصویر مودیس قابل مشاهده نیست. وسعت برف در سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ در جدول شماره ۵ قابل مشاهده است.

جدول (۵) وسعت برف موجود در منطقه در واحد هکتار

سال	فروردین ۲۰۰۰	اردیبهشت ۲۰۰۰	فروردین ۲۰۱۲	اردیبهشت ۲۰۱۳
وسعت برف	۲۲۰۰	۱۷۵	۴۱۷۵	۱۱۲۵

علاوه بر آب حاصل از ذوب برف در منطقه، جریان پایه نیز از دبی کل کسر شده است. برای محاسبه جریان پایه نیز، از میانگین دبی در فصل تابستان استفاده کردیم. شکل شماره ۶ میزان دبی پایه، دبی حاصل از ذوب برف، دبی حاصل از بارش و دبی کل (دبی مشاهداتی) در سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد.



شکل (۶) نمودارهای حاصل از دبی ذوب، دبی بارش با کسر جریان پایه و دبی کل (نمودار سمت چپ بالا: دبی و بارش فروردین ۲۰۰۰، نمودار سمت راست بالا: دبی و بارش اردیبهشت ۲۰۰۰، نمودار سمت راست پایین: دبی و بارش فروردین ۲۰۱۲، نمودار سمت چپ پایین: دبی و بارش اردیبهشت ۲۰۱۲)

نمودارهای بالا با کسر دبی حاصل از ذوب برف و جریان پایه به دست آمده‌اند که دبی پایه برای سال ۲۰۰۰ به میزان ۰/۷ و برای سال ۲۰۱۳ به میزان ۰/۸۳ به دست آمده است. این تغییر در میزان دبی پایه و نیز نتیجه جدول ۵ (تغییر در مساحت برف در منطقه) دلیلی دیگر بر خشکسالی سال ۲۰۰۰ است. همچنین بعد از اتمام پوشش برف در منطقه فقط دبی پایه از دبی مشاهداتی کسر شده است.

برای بررسی تأثیر درختان تازه کاشته شده بر دبی مشاهداتی ابتدا بین بارش و دبی حاصل از بارش تحلیل کوواریانس در سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲ صورت گرفت. جدول شماره ۶ نتیجه این تحلیل را نشان می‌دهد.

جدول (۶) رابطه بین بارش و دبی حاصل از بارش در فصول آبیاری در منطقه مورد مطالعه

سال	۲۰۰۰	۲۰۱۲
تحلیل کوواریانس	۰/۹۶	۰/۲۸

جدول شماره ۶ نشان می‌دهد که در رابطه بین بارش و دبی حاصل از آن در سالهای مورد بررسی اختلاف بسیار زیادی به وجود آمده است. برای این که تأثیر درختان تازه کاشته شده در ایجاد این اختلاف مشخص شود، میزان مصرف ۳۱۰ هکتار (جدول شماره ۱) زمین باغی به روزهای فصل آبیاری اضافه شده است. طبق اعلام کارشناسان سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی این مقدار وسعت باغ، ۳/۹ میلیون مترمکعب آب در سال مصرف می‌کند (با توجه به این که نوع آبیاری در منطقه مورد مطالعه کاملاً از نوع سنتی است). مصرف

اعلام شده از طرف سازمان آب به دبی تبدیل شد و به دبی مشاهداتی سال ۲۰۱۲ به اندازه ۰/۲۴ اضافه شد. سپس دبی حاصل از ذوب برف و دبی پایه از آن کسر شد و دوباره تحلیل کوواریانس بین بارش و دبی حاصل از آن صورت گرفت. نتیجه حاصل از رابطه تغییرات این دو از مقدار ۰/۲۸ به ۰/۴۲ رسید. این نتیجه نشان می‌دهد کاشت درختان و تغییر کاربری در این منطقه در کاهش میزان دبی بی‌تأثیر نبوده است زیرا با افزودن میزان مصرف درختان تازه کاشته شده، ۰/۱۴ بر رابطه بین بارش و دبی حاصل از آن افزوده شده است. هرچند مانند سال ۲۰۰۰ رابطه بسیار قوی بین این دو پارامتر به وجود نمی‌آید، ولی تأثیر زیادی بر کاهش دبی گذاشته است. از عوامل دیگر مؤثر در کاهش دبی این منطقه وجود روند منفی در عنصر بارش و روند مثبت معنی‌دار در عنصر دما می‌تواند باشد (اندریانی، ۱۳۹۳: ۱۳۲). بنابراین می‌توان گفت عوامل طبیعی و انسانی دست در دست هم داده، باعث کاهش دبی در منطقه مورد مطالعه شده‌اند.

نتیجه‌گیری

با بررسی نتایج حاصل از تحلیل آماری تغییرات می‌توان گفت تغییرات زیادی در همه انواع کاربری و پوشش اراضی در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است. برای بررسی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر رژیم هیدرولوژیکی حوضه مورد مطالعه، از روش SCS استفاده کردیم. با استفاده از تکنیکهای سیستم اطلاعات جغرافیایی این مدل فرمول نویسی شد. نتایج حاصله نشان می‌دهد در صورت وجود بارش ۲۴ ساعته، به علت افزایش در کاربریهای مثل اراضی بایر، منطقه به سمت سیل‌خیزی گام برمی‌دارد. هرچند کاربری باغ در منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است، میزان مساحت آن نسبت به مساحت کل منطقه آن‌قدر نیست که باعث افزایش در نفوذپذیری شده و از سیل‌خیزی منطقه جلوگیری کند. با توجه به این که در مطالعه حاضر در استفاده از این روش بارش شبیه‌سازی شده ۱۰۰ میلی متر استفاده شد، مقدار حجم به دست آمده به‌صورت بالقوه ا کته در صورت وجود بارش به میزان کافی، حجم آب برآورد شده به بالفعل تبدیل می‌شود. همچنین به دلیل وجود روند (حتی در سطح معنی‌داری) در عناصر اقلیمی (اندریانی، ۱۳۹۳: ۱۳۳-۱۲۸)، کاربری باغ به‌عنوان عامل مؤثر در این کاهش و به‌عنوان عامل انسانی به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت تا میزان تأثیر این نوع کاربری بر کاهش رابطه بین میزان بارش و دبی حاصل از آن مشخص شود. به عبارت دیگر چون تغییرات در عوامل طبیعی مشاهده شده بود، جداسازی میزان تأثیر کاربری باغ (عامل انسانی) به‌عنوان نمونه‌ای از کاربری که باعث مصرف بیشتر آب می‌شود، صورت گرفت. نتایج این بررسی نشان می‌دهد توسعه باغها به میزان ۱۴ درصد رابطه بین میزان بارش و دبی حاصل از آن را کاهش داده است. پس با توجه به نتایج به دست آمده از برخی ویژگیهای حوضه مورد مطالعه می‌توان گفت برای تأمین پایدار حقایب اراضی پایین‌دست حوضه (پایین‌تر از سد علویان) و استفاده بهینه از سرمایه‌گذاریهای انجام شده در توسعه تأسیسات مدرن و نیمه‌مدرن در این منطقه اتخاذ روشهای نوین مدیریتی در منطقه اجتناب‌ناپذیر است.

منابع

- اندریانی، صغری (۱۳۹۳)، کاربرد تکنیکهای سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بررسی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر دبی رودخانه (مطالعه موردی: صوفی چای)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد RS & GIS، دانشگاه تبریز.
- برخوردار، جلال؛ خسروشاهی، محمد (۱۳۸۶)، بررسی اثر تغییرات پوشش اراضی و اقلیم بر جریان رودخانه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز میناب)، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، سال بیستم، شماره ۷۷.
- سمیعی، مسعود؛ تلوری، عبدالرسول (۱۳۹۰)، برآورد تغذیه آب زیرزمینی از طریق تحلیل جریان پایه با استفاده از نرم‌افزارهای RORA و PART، علوم مهندسی و آبخیزداری ایران، سال پنجم، شماره ۴.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها (۱۳۸۰)، راهنمای مهار سیلاب رودخانه، (روشهای سازه‌ای)، نشریه شماره ۲۴۲.
- کاویانی، محمدرضا؛ علیجانی، بهلول (۱۳۸۶)، مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، چاپ سیزدهم.
- علیزاده، امین (۱۳۸۸). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیست و شش، دانشگاه امام رضا.
- مهندسین مشاور آب اندیشان آذر (۱۳۸۵)، گزارش مطالعات حوضه معرف و زوجی هریس، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری آذربایجان شرقی.
- Bewket, W. and Sterk, G., 2005, **Dynamics in land Cover and its Effect on Stream Flow in the Chemoga Watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia**, Hydrological Processes, Hydrol. Process. Vol. 19, pp. 445–458.
- Bi, H., Liu, B., Wu, J., Yun, L., Chen, Z and Cui, Z., 2009, **Effects of Precipitation and land Use on Runoff During the Past 50 Years in a Typical Watershed in Loess Plateau, China**, International Journal of Sediment Research, Vol. 24, No. 3, pp. 352–364.
- Colby, J.D., 1991. **Topographic Normalization in Rugged Terrain**, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 57, No. 5, pp. 531-537.
- Chen, J., Wu, X., Finlayson, B.L., Webber, M., Wei, T., Li, M and Chen, Z., 2014, **Variability and Trend in the Hydrology of the Yangtze River, China: Annual Precipitation and Runoff**, Hydrology, Vol. 513, pp. 403–412.
- Castillo, C.R., Guneralp, I., Guneralp, B., 2014, **Influence of Changes in Developed land and Precipitation on Hydrology of a Coastal Texas Watershed**, Applied Geography, Vol. 47, pp. 154-167.
- Cuo, L., Zhang, Y., Gao, Y., Hao, Z., Cairang, L., 2013, **The Impacts of Climate Change and land Cover/Use Transition on the Hydrology in the Upper Yellow River Basin, China**, Hydrology, Vol. 502, pp. 37–52.

- Guo, H., Hu, Q., and Jiang, T., 2008. **Annual and Seasonal Streamflow Responses to Climate and land-Cover Changes in the Poyang Lake Basin, China**, Hydrology, Vol 355, pp. 106-122.
- Getnet, M., Hengsdijk, H., Ittersuma, M.V., 2014, **Disentangling the Impacts of Climate Change, land Use Change and Irrigation on the Central Rift Valley Water System of Ethiopia**, Agricultural Water Management, Vol. 137, pp. 104–115.
 - Halwatura, D., Najim, M., 2013., **Application of the HEC-HMS Model for Runoff Simulation in a Tropical Catchment**, Environmental Modelling & Software, Vol. 46, pp. 155-162.
 - Hall, C.A.S., Tian, H., Qi, Y., Pontius, G. R and Cornell, J., 1995, **Modelling Spatial and Temporal Patterns of Tropical land Use Change**. Biogeography, Vol. 22, pp. 753-757.
 - http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php.
 - Kusky, T., 2008, **Floods: Hazards of Surface and Groundwater Systems**, Facts On File publishing, New York.
 - Isik, S., Kalin, L., Schoonover, J.E., Srivastava, P., Lockaby, B.G., 2013, **Modeling Effects of Changing land Use/Cover on Daily Streamflow: An Artificial Neural Network and Curve Number Based Hybrid Approach**, Hydrology, Vol. 485, pp. 103–112.
 - Jain, S.K., Lohani, A.K., and Singh, R.D., 2012, **Snow Melt Runoff Modeling in a Basin Located in Bhutan Himalaya**, Water, Energy and Food Security: Call for Solutions, pp. 10-14, New Delhi.
- Liang, S., Member, S., 2001, **Atmospheric Correction of Landsat ETM⁺ Land Surface Imagery-Part I: Methods** - IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing.
- Li, Z., Liu, W.Z., Zhang, X.C., Zheng, F.L., 2009, **Impacts of land Use Change and Climate Variability on Hydrology in an Agricultural Catchment on the Loess Plateau of China**, Hydrology, Vol. 377, pp. 35–42.
 - Miller, S.N., Kepner, W.G., Mehaffey, M.H., Hernandez, M., Miller, R.C., Goodrich, D.C., Devonald, K., Heggem, D. T and Miller, W.P., 2002, **Integrating Landscape Assessment and Hydrologic Modeling for Land Cover Change Analysis**, American Water Resources Association, Vol. 38, No. 4, pp. 915-929.
 - Mantero, P., Moser, G., Serpico, S.B., 2005., **Partially Supervised Classification of Remote Sensing Images Through SVM-Based Probability Density Estimation**, IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, No. 3, pp. 559-570.
 - Melesse, A.M. and Shih, S.F., 2002, **Spatially Distributed Storm Runoff Depth Estimation Using Landsat Images and GIS**, Computers and Electronics in Agriculture Vol. 37, pp. 173- 183.
 - Nayak, T.R and Jaiswal, R.K., 2003, **Rainfall-Runoff Modeling Using Satellitedata and GIS for Bebas River in Madhya Pradesh**. IE (I) Journal, Vol. 84, pp. 47-50.

-
-
- Nie, W., Yuan, Y., Kepner, W., Nash, M.S., Jackson, M., Erickson, C., 2011, **Assessing Impacts of Landuse and Land Cover Changes on Hydrology for the Upper San Pedro Watershed**, Hydrology, Vol 407, Issues. 1-4.
 - Parajka, J and Blsochl, G., 2012, **MODIS-Based Snow Cover Products, Validation, and Hydrologic Applications**,. Multiscale Hydrologic Remote Sensing Perspectives and Applications,. © 2012 by Taylor & Francis Group, LLC.
 - Risser, D.W., Conger, R.W., Ulrich, J. E and Asmussen, M. P., 2005, **Estimates of Ground-Water Recharge Based on Stream Flow- Hydrograph Methods: Pennsylvania**, U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, Open-File Report, pp. 1333.
 - Soil Conservation Service,. 1973, **A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds SCS, Tech**, pp. 149, Water Resources Pub., Washington, D. C.
 - Gómez-Landesa, E., 2007, **Snow Melt Runoff Model User's Manual**, Windows Version 1.11.
 - Suwanwerakamtorn, R., 1994, **GIS and Hydrologic Modelling for Management of Small Watersheds**, ITC Journol, No.4, PP. 343-349.
 - Vapnik, V.N., 1999, **The Nature of Statistical Learning Theory**, Second Edition. (New York: Springer-Verlag), PP. 1-339.
 - Weng, Q., 2001, **Modeling Urban Growth Effects on Surface Runoff with the Integration of Remote Sensing and GIS**, Environmental Management, Vol. 28, No. 6, pp. 737-748.
 - Wegehenkel, M., 2003, **Longterm Evaluation of land Use Changes on Catchment Water Balance-A Case Study from North-East Germany**, Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 28, pp. 1281-1290.