

مدلسازی و تخمین ارتفاع رواناب با استفاده از رویکرد SCS در بستر GIS (مطالعه موردی: شهر

شاهدشهر شهریار)

حمیدرضا رنجبر^{۱*} ، سعید قره حسنلو^۲

*۱- دانش آموخته دکتری سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: hamid_rr2000@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۰۲

چکیده

در این مطالعه، الگوریتم پیشنهادی محاسبه پتانسیل سیلاب، با تلفیق اطلاعات مرتبط با گروه هیدرولوژیکی خاک و نوع کاربری اراضی منطقه، شماره منحنی (CN) که یکی از موثرترین پارامترها در رویکرد ارائه شده توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) می‌باشد، را محاسبه می‌نماید. پتانسیل وقوع رواناب در محدوده سپس با در نظر گرفتن پارامتر CN، حداکثر مقدار نگاهداشت سطحی خاک و میزان بیشینه محتمل بارش در بازه زمانی ۲۴ ساعته، تخمین می‌گردد. نقشه CN از شماره منحنی ۶۷ تا ۸۷ (میانگین ۷۷٫۶۷) در شش کلاس و ارتفاع رواناب نیز از ۵۵٫۴۷ تا ۱۰۳٫۴۴ (میانگین ۸۰٫۳۶ برای کل محدوده) در ۶ کلاس آماده سازی گردید. نتایج گویای پتانسیل بالای وقوع سیلاب در منطقه مورد مطالعه می‌باشد، به گونه ای که محدوده بالا دست نسبت به محدوده پایین دست حوضه پتانسیل وقوع رواناب بالاتری دارد.

کلمات کلیدی

"پتانسیل سیل خیزی"، "ارتفاع رواناب"، "روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS)"، "شماره منحنی (CN)"، "سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)"

Modeling and Estimating the Potential of Runoff Using SCS Approach in GIS context (Case Study: Shahed Shahriar City)

Hamid Reza Ranjbar^{1,*}, Saeid Ghareh Hassanloo²

1* .Ph.D. Candidate of Geographic Information System, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

2 . Graduated of Geographic Information System, Civil Engineering Department, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

*Email Address: hamid_rr2000@yahoo.com

Abstract

In this study, the proposed algorithm for calculating the flood potential computes the curve number (CN) which is one of the most effective parameters in the proposed approach by the US Soil Conservation Service (SCS) by combining the information related to the hydrological groups of the soil and the type of land use. The potential for runoff in the study area is then estimated by considering the CN parameter, the maximum soil surface retention value and the maximum probable amount of precipitation over a 24-hour period. CN map were prepared with curve numbers from 67 to 87 (mean 77.67) in six classes and runoff height from 55.47 to 103.44 (mean 80.36 for whole range) in six classes. The results show the high potential of flooding in the study area, so that the upstream has higher runoff potential than the downstream of the region.

Keywords

"Flooding Potential", "Runoff Height", "US Soil Conservation Service Method (SCS)", "Curve Number (CN)", "Geographic Information System (GIS)"

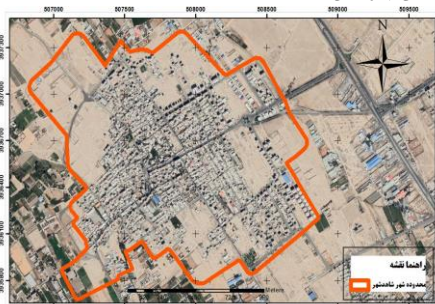
۱- مقدمه

بیشترین توان تولید رواناب می‌باشند. حجازی و مزبانی (۱۳۹۴)، با استفاده از CN به تخمین مقادیر ارتفاع رواناب و دبی ناشی از آن در حوضه سراب دره شهر پرداختند. یافته‌های این تحقیق، گویای نقش پررنگ‌تر دو پارامتر مساحت و تراکم زهکشی در پتانسیل سیل خیزی حوضه مطالعاتی می‌باشد. (Tharapong (2015). به منظور مدل‌سازی رواناب در بالا دست حوضه آبریز Lam Ta Kong تایلند، از مدل هیدرولوژیکی SCS-CN در بستر GIS استفاده نمود. مقایسه مابین نتایج مدل‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در این پژوهش، گویای دقت قابل قبول مدل به کار گرفته شده به منظور شبیه‌سازی رواناب می‌باشد. (Satheeshkumar et al. (2017). با انجام ارزیابی بر روی فرآیند مدل‌سازی رواناب در شمال هند، دقت تخمین پتانسیل تولید رواناب را بر مبنای بکارگیری از مدل SCS-CN مورد قبول ارزیابی نمودند. روش‌های پیشین، عمدتاً رواناب یک حوضه را بر مبنای میانگین وزندار CN سطح کل حوضه محاسبه می‌کردند، که این مسئله منجر به در نظر نگرفتن پارامتر تغییرات مکانی رواناب در حوضه مطالعاتی می‌گردد. لذا در این مطالعه، به مدل‌سازی تغییرات مکانی جریان رواناب و تخمین ارتفاع رواناب در محدوده شهر شاهدشهر از بخش مرکزی شهرستان شهریار که دارای پتانسیل بالای وقوع سیلاب به دلیل کمبود پوشش‌های سبز و نبود سیل بندهای مهندسی ساز می‌باشد، پرداخته می‌شود. در همین راستا، در بخش‌های آتی، ابتدا به معرفی حوضه مورد مطالعه، مواد و روش تحقیق و سپس با آنالیز و تحلیل نتایج به ارائه راهکارهای کاهش ریسک در هنگام جاری شدن رواناب‌های لحظه‌ای پرداخته می‌شود.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

شهر شاهدشهر در عرض ۳۴° ۳۵' شمالی و طول ۵۱° ۰۵' شرقی در قسمت جنوب غربی استان تهران و جنوب شهرستان شهریار واقع شده است (شهرداری شاهدشهر، ۱۳۹۸). ارتفاع متوسط منطقه بین ۱۰۸۶ تا ۱۱۰۱ از سطح دریا می‌باشد و محدوده این شهر توسط عناصر ژئومورفولوژیکی که به مثابه یک مانع طبیعی در جهت گسترش شهر عمل نماید، محصور نشده است. بارش میانگین ماهیانه در این شهر ۲۰۳۱۷ میلی‌متر برآورد شده است، که حداکثر نزولات جوی عمدتاً در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین گزارش و همچنین میانگین دمای ماهیانه این شهر نیز ۱۶٫۳ درجه سانتیگراد به ثبت رسیده است (اداره کل هواشناسی استان البرز، ۱۳۹۸). به دلیل رشد بی‌رویه جمعیت و مهاجرت جمعیت سربار شهرهای کرج و تهران و لزوم در نظر گرفتن تمهیدات مدیریتی در راستای کاهش ریسک ناشی از وقوع حوادث طبیعی، محدوده شهر شاهدشهر مطابق شکل ۱ به عنوان حوضه مطالعاتی این پژوهش انتخاب گردید.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر شاهدشهر، به عنوان حوضه مطالعاتی این پژوهش

جاری شدن رواناب ناشی از وقوع سیلاب‌های لحظه‌ای به دلیل خسارات مالی و جانی ناشی از آن، از جمله مخرب‌ترین رویدادهای طبیعی در کشورهای مستعد وقوع سیلاب می‌باشد (Ward et al., 2014). به دلیل تغییرات اقلیمی، دست‌اندازی بشر در پوشش‌های گیاهی و ساخت و سازهای غیر اصولی در مناطق مستعد، سیلاب‌ها با فراوانی بیشتر و در گستره‌ای پهناتر نسبت به قبل اتفاق می‌افتد (Nkwunonwo et al., 2015). کشور ایران نیز که در یک منطقه مستعد وقوع بلایای طبیعی قرار گرفته است (Ranjbar et al., 2017; Ranjbar et al., 2018a; Ranjbar et al., 2018b; Ranjbar et al., 2018c). به دلیل کاهش پهنه‌های سبز، وقوع باران‌های لحظه‌ای و نبود سیل بندهای مهندسی ساز از جمله مناطق مستعد وقوع سیلاب‌های مخرب لحظه‌ای شناخته می‌شود (غفاری گیلانده و همکاران، ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر، جاری شدن سیل در مناطق شهری، به دلیل نبود برنامه‌های کنترلی و مدیریت بهینه رواناب‌های سطحی، زیان‌های اقتصادی، مالی و گاه جانی جبران‌ناپذیری را به همراه داشته است (Apirumanekul and Mark, 2001). لذا در راستای بهینه نمودن فرآیند کنترل جریان رواناب‌های سطحی و هدایت اصولی و درست جریان‌های سطحی، توسعه مدل‌های پیش‌بینی رواناب بر پایه بکارگیری از روش‌های مبتنی بر علم اطلاعات مکانی ضرورت می‌یابد. این مسئله منجر به تدوین رویکردهای متنوعی در مباحث مرتبط با مدیریت رواناب‌های سطحی توسط محققین گردیده است (قهرودی تالی، ۱۳۸۸). رویکردهای توسعه داده شده در بستر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) اصولاً با استفاده از فرمول‌های تجربی، روش‌های نموداری، تحلیل داده‌های آماری سیلاب و مدل‌های ریاضی بارش به برآورد پتانسیل تولید رواناب و پیش‌بینی سیلاب در یک حوضه می‌پردازند (غفاری گیلانده و همکاران، ۱۳۹۵؛ حجازی و مزبانی، ۱۳۹۴). روش توسعه داده شده توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) که تابعی از گروه هیدرولوژیکی خاک، رطوبت پیشین خاک، میانگین بارش و نوع کاربری اراضی می‌باشد، یکی از روش‌های موثر در مدل‌سازی رواناب‌های سطحی می‌باشد (حجازی و مزبانی، ۱۳۹۴). پارامتر شماره منحنی (CN) که مشخص‌کننده میزان نفوذپذیری حوضه مورد مطالعه بر مبنای تحلیل گروه هیدرولوژیکی خاک و نوع کاربری مورد نظر می‌باشد، اصلی‌ترین پارامتر در رویکرد SCS می‌باشد (آذری و همکاران، ۱۳۸۸). از پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه برآورد ارتفاع رواناب از طریق تعیین CN می‌توان به تکنیک‌های پیشنهادی تخمین رواناب و پیش‌بینی سیلاب توسط (Azizah Ozturk et al. (2011), Viji et al. (2015), Ajmal et Abas et al. (2014), al. (2015) و غفاری گیلانده و همکاران (۲۰۱۷) اشاره نمود. (Sahoo et al. (2010). با انجام مقایسه مابین مدل SCS-CN و سایر متغیرها در تعدادی حوضه کوچک مقیاس کشاورزی، مدل بهبود یافته‌ای را برای برآورد پتانسیل رواناب ارائه نمودند. حسین زاده (۱۳۹۱)، به بررسی وقوع فرسایش و برآورد ارتفاع رواناب در منطقه کجور نوشهر پرداخت، بر اساس نتایج این تحقیق، اراضی با تراکم بالای پوشش گیاهی و اراضی مرتعی به ترتیب دارای کمترین و

1 Geographic Information System (GIS)

2 Soil Conservation Service (SCS)

3 Curve Number (CN)

• مواد و روش‌ها

در مباحث مرتبط با هیدرولوژی و مدل‌سازی جریان‌ات سطحی، پارامتر CN که تابعی از کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک می‌باشد (نوری و همکاران، ۱۳۹۷)، به منظور تعیین میزان نفوذ بارندگی در خاک یا آبخوان^۱ و همچنین تعیین شدت تبدیل شدن بارندگی به جریان‌ات سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان بالای CN گویای رواناب بیشتر و نفوذ کمتر (مناطق شهری) و میزان پایین CN بیانگر رواناب کمتر و نفوذ بیشتر (خاک خشک) می‌باشد (Shadeed et al., 2010). در این مطالعه، مطابق رویکرد ارائه شده توسط SCS، از روش CN، که متداول‌ترین روش محاسبه ضریب و تخمین ارتفاع رواناب می‌باشد، در راستای تعیین میزان نفوذ جریان‌ات سطحی در خاک و ارتفاع رواناب ناشی از بارندگی‌ها در شهر شاهد شهر استفاده می‌گردد.

در این مطالعه، تخمین میزان نفوذ باران به خاک و تبدیل آن به رواناب بر مبنای رویکرد توسعه داده شده توسط SCS صورت می‌گیرد. مطابق این روش، میزان شماره منحنی بالاتر به معنای نفوذ کمتر و رواناب بیشتر است، در حالیکه شماره منحنی پایین‌تر، بیانگر نفوذ بیشتر و رواناب کمتر می‌باشد (Shadeed et al., 2010). رویکرد شماره منحنی SCS بر مبنای این فرض استوار است که نسبت نگاهداشت واقعی خاک^۲ در زمان آغاز بارش به حداکثر پتانسیل نگاهداشت خاک با نسبت رواناب مستقیم به باران برابر می‌باشد (Zhan and Huang, 2004). این فرض اساس رابطه ۱ می‌باشد (Ponce and Hawkins, 1996).

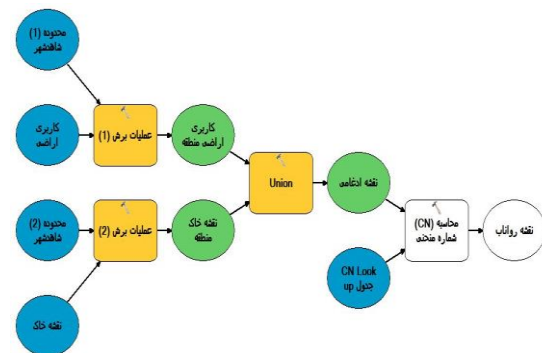
$$run\ off = \frac{(rainfall - 0.2S)^2}{(rainfall + 0.8S)} \quad \text{if } rainfall > 0.2S \quad (1)$$

$$run\ off = 0 \quad \text{if } rainfall \leq 0.2S$$

که در این رابطه، ارتفاع رواناب به میلی‌متر، $rainfall$ ارتفاع بارش ۲۴ ساعته به میلی‌متر، S حداکثر مقدار نگاهداشت سطحی خاک، $S = \left(\frac{1000}{CN}\right) - 10$ و $S = \left(\frac{25400}{CN}\right) - 254$ به ترتیب بر حسب اینچ و میلی‌متر می‌باشند. در صورتیکه به طور میانگین میزان ارتفاع بارندگی از $0.2S$ کمتر باشد، رواناب به وجود نخواهد آمد. مقدار S بستگی به رطوبت پیشین خاک منطقه دارد، که در آن $0 \leq CN \leq 100$ می‌باشد، در $CN = 0$ روانابی از بارش باران حاصل نشده است و در $CN = 100$ ارتفاع بارش با ارتفاع رواناب برابر می‌باشد. در شرایطی که رطوبت خاک تقریباً اشباع باشد، S کمترین میزان را دارد و لذا پتانسیل تولید رواناب آن بالا می‌باشد (حجازی و مزبانی، ۱۳۹۴).

جدول ۱- برآورد گروه هیدرولوژیکی خاک با در نظر گرفتن ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و نوع خاک (Daliri et al., 2011)

گروه‌های هیدرولوژیکی خاک				نوع ژئومورفولوژی
D	C	B	A	
			✓	شیب کمتر از %S با دامنه یکنواخت
		✓		شیب بیشتر از %S با دامنه یکنواخت
	✓			فرسایش از نوع لغزش، شیاری، آبراهه‌ای، بلند و سطحی
		✓		فرسایش از نوع انحلالی، در محیط‌های سرد و مرطوب
✓				محدوده سنگی فاقد شکاف و درز
	✓			محدوده سنگی شکاف و درز دار



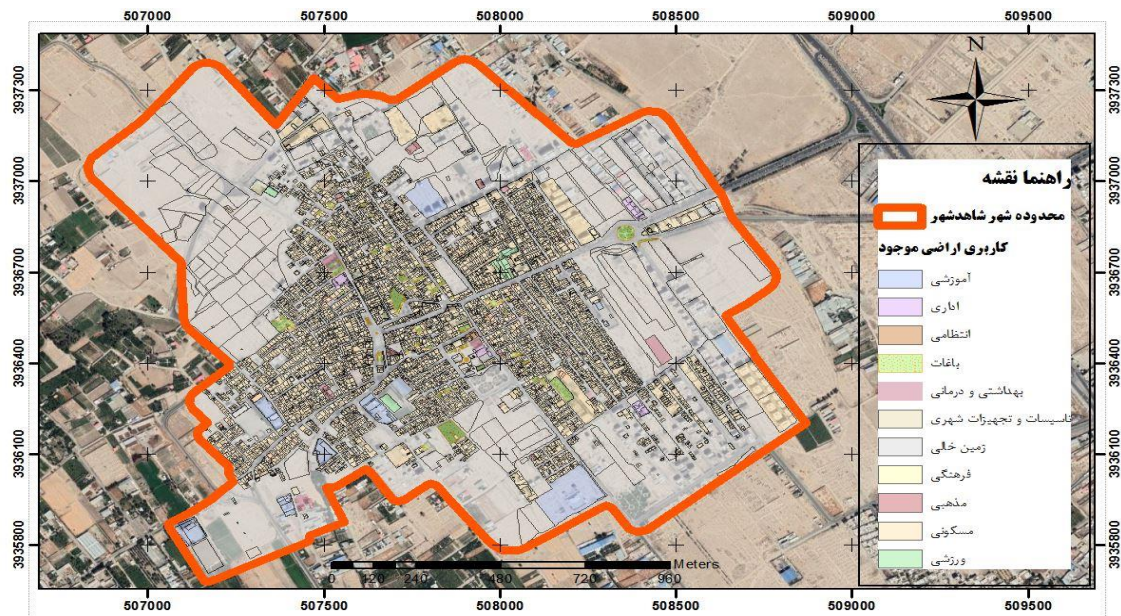
گردش کاری این تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است، که در ادامه به تفصیل به شرح آن می‌پردازیم.

شکل ۲- ابزار توسعه داده شده به منظور محاسبه ارتفاع رواناب

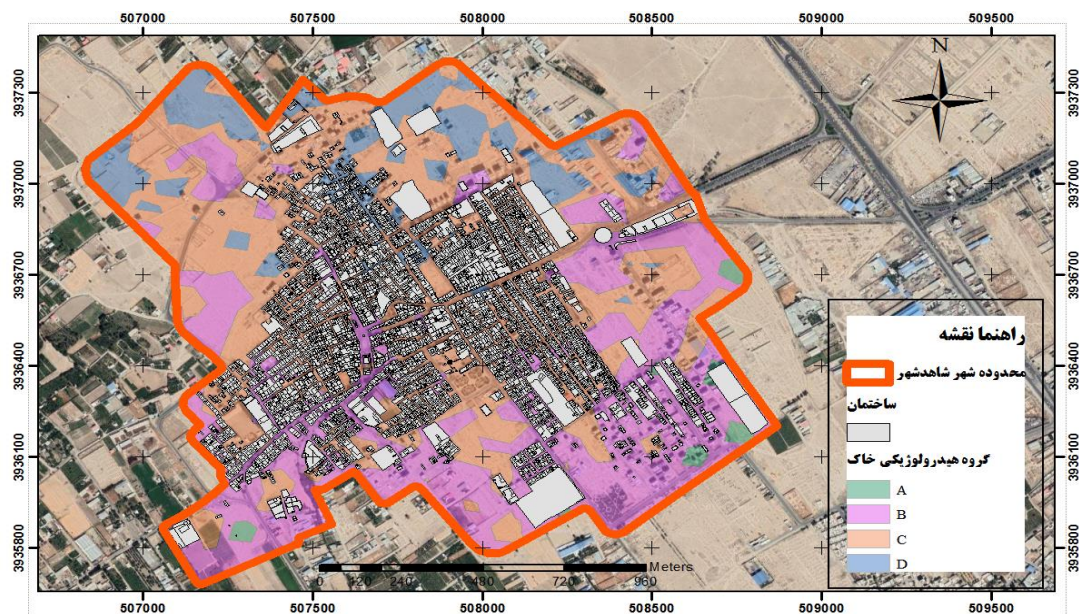
• آماده سازی و پیش پردازش داده‌ها

اطلاعات مورد نیاز مدل پیشنهادی در این تحقیق مشتمل بر نوع کاربری اراضی موجود، گروه هیدرولوژیکی مرتبط با نوع خاک و همچنین میزان بیشینه محتمل بارش در بازه زمانی ۲۴ ساعته می‌باشد. تخمین CN و برآورد بارش اضافی مستلزم شناسایی دقیق نوع کاربری اراضی منطقه می‌باشد. با توجه به اینکه نبود پوشش سبز کافی، توسعه بی موازنه محدوده‌های مسکونی، صنعتی و جاده سازی بدون زهکشی‌های مناسب از عوامل افزایش آب‌های سطحی و کاهش نفوذ آب در خاک می‌باشند. لذا در این مطالعه محدوده‌های مسکونی، زمین‌های خالی، اراضی زراعی و پوشش‌های گیاهی با استفاده از تصویر ماهواره‌ای Geo-Eye 1 که دارای قدرت تفکیک مکانی ۰.۵ متر در باند پانکروماتیک و ۲ متر در باند رنگی می‌باشد (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۳ الف؛ رنجبر و همکاران، ۱۳۹۳ ب؛ رنجبر و همکاران، ۱۳۹۵) توسط اپراتور خبره استخراج گردید و داده‌های حاصل با نقشه کاربری اراضی موجود منطقه تلفیق گردید (شکل ۳). گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه مورد مطالعه در این تحقیق، به وسیله روش ابداعی (Daliri et al., 2011) برآورد گردید (شکل ۴). تعیین محاسبات این روش مطابق جدول ۱ بر مبنای ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و شیب منطقه مورد نظر می‌باشد. لازم به توضیح است که متناسب با نوع خاک، شیب (S) ذکر شده در جدول ۱ نیز متغیر در نظر گرفته می‌شود.

• تخمین پارامتر CN و ارتفاع رواناب



شکل ۳- کاربری اراضی موجود شهر شاهدشهر، به عنوان حوضه مطالعاتی این پژوهش



شکل ۴- گروه هیدرولوژیکی خاک شهر شاهدشهر، به عنوان حوضه مطالعاتی این پژوهش

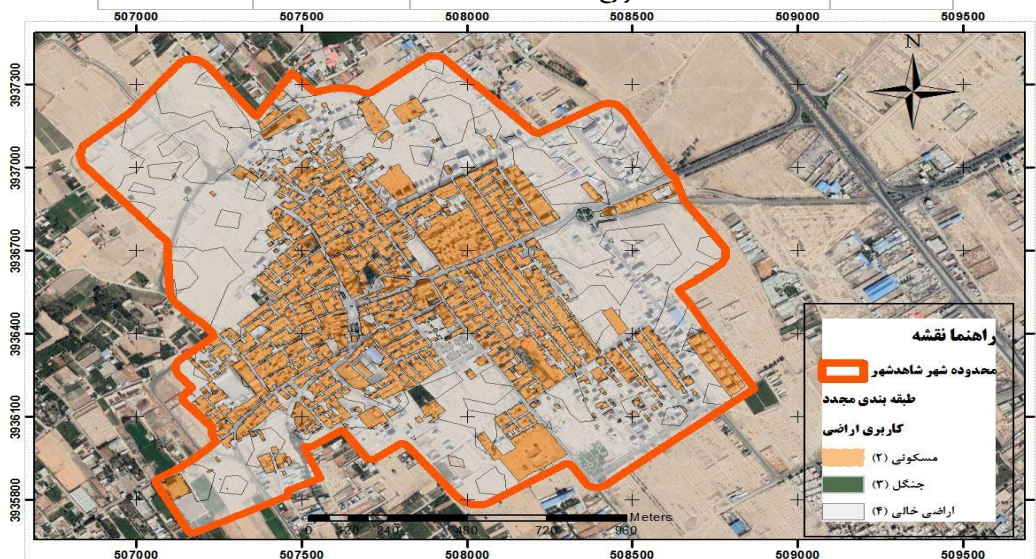
۳- نتایج

شاهدشهر گروه‌های هیدرولوژیکی C، B، D و A با پتانسیل‌های رواناب نسبتاً زیاد، متوسط، زیاد و کم به ترتیب بیشترین مساحت را دارا می‌باشند (جدول ۳). با در نظر گرفتن توان ایجاد رواناب، وضعیت هیدرولوژیکی اراضی در یک منطقه در سه کلاس ضعیف، متوسط و خوب تقسیم بندی می‌گردد (حجازی و مزبانی، ۱۳۹۴)، توان کم نشانگر وضعیت هیدرولوژیکی خوب و توان بالا بیانگر وضعیت هیدرولوژیکی ضعیف می‌باشد. حوضه آبریز مطالعاتی این تحقیق از نظر وضعیت هیدرولوژیکی در دو کلاس ضعیف و متوسط تقسیم بندی شده است. به ترتیب ۳۰ و ۷۰ درصد حوضه آبریز شاهدشهر دارای وضعیت هیدرولوژیکی ضعیف و متوسط می‌باشند (جدول ۴). مطابق جدول ۴ اراضی مسکونی و جنگلی در وضعیت هیدرولوژیکی ضعیف و اراضی خالی در وضعیت هیدرولوژیکی متوسط قرار گرفته‌اند.

در حوضه مطالعاتی این تحقیق، به دلیل فقدان اندازه گیری دبی، از رویکرد توسعه داده شده توسط SCS در راستای محاسبه مقدار CN که به عنوان تابعی از نوع کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک شناخته می‌شود (بهرامی و امینی، ۱۳۹۸) استفاده گردید. در این مطالعه، تغییرات مکانی عوامل تاثیر گذار بر روی پارامتر CN، با استفاده از GIS، مدلسازی گردید. در همین راستا، ابتدا نقشه کاربری وضع موجود منطقه با استفاده از تصویر ماهواره Geo-Eye 1 و در محیط نرم افزار ENVI 5.3 استخراج و کاربری‌های شناسایی شده در این روش سپس با نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی تلفیق گردید. به منظور کاهش حجم محاسبات، کاربری اراضی موجود مطابق جدول ۲ به ۴ کلاس کلی طبقه بندی (شکل ۵) و نقشه رستری حاصل به داده برداری تبدیل شد. با توجه به تاثیر گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در شدت نفوذ آب از چهار گروه A، B، C و D تعیین شده توسط استاندارد SCS استفاده گردید. بر همین اساس، در حوضه آبریز

جدول ۲- طبقه بندی مجدد نقشه کاربری اراضی به منظور کاهش حجم محاسبات

طبقه بندی مجدد		کاربری های اراضی موجود	
توضیح	کد (۲)	توضیح	کد (۱)
آب	۱	آب های آزاد	۱۱
		تالاب های پوشیده از درخت	۹۰
		تالاب های پوشیده از علف	۹۵
مناطق مسکونی	۲	فضای باز	۲۱
		فضای با تراکم پایین	۲۲
		فضای با تراکم متوسط	۲۳
		فضای با تراکم بالا	۲۴
جنگل	۳	جنگل با درختان برگ ریز	۴۱
		جنگل همیشه سبز	۴۲
		جنگل با درختان متنوع	۴۳
اراضی خالی	۴	اراضی لم یزرع	۳۱
		بوته زار	۵۲
		مرتع/علفزار	۷۱
		چراگاه/یونجه زار	۸۱
		مزارع	۸۲



شکل ۵- طبقه بندی مجدد کاربری اراضی موجود شهر شاهدشهر، به منظور کاهش حجم محاسبات

جدول ۳- مساحت گروه های هیدرولوژیکی خاک حوضه آبریز شاهدشهر

گروه های هیدرولوژیکی خاک				ویژگی
D	C	B	A	
خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	نرخ نفوذپذیری
زیاد	نسبتا زیاد	متوسط	کم	پتانسیل تولید هرز آب
۲۰۰۷۲۵,۷۰	۱۴۲۰۰۰۰,۳۱	۶۲۴۱۷۵,۴۴	۲۱۰۵۲,۵۲	مساحت (متر مربع)

جدول ۴- مساحت هر یک از کاربری های حوضه آبریز شاهدشهر و گروه هیدرولوژیکی آن ها

نوع کاربری	مساحت کاربری (متر مربع)	درصد مساحت	وضعیت هیدرولوژیکی اراضی
مناطق مسکونی	۶۵۷۱۰۶,۴۸	۲۸,۹۹۹	ضعیف
جنگل	۲۲۷۶۴,۳۱	۱,۰۰۵	ضعیف
اراضی خالی	۱۵۸۶۰۸۳,۱۸	۶۹,۹۹۶	متوسط
آب	.	.	.

خالی به دلیل نفوذ پذیری خیلی کم، بیشترین مقدار CN را دارا می-باشند، کاربری جنگل با گروه هیدرولوژیکی C به دلیل پوشش درختی با تراکم متوسط دارای مقدار CN پایین تری نسبت به سایر کاربری‌ها می‌باشد و نهایتاً بخش‌های دیگری از اراضی خالی حوضه آبریز نیز به دلیل نوع خاک و نفوذ پذیری بالای آن، کمترین مقدار CN را در میان کاربری‌های موجود دارا می‌باشند. مقدار CN در قسمت‌های بالا دست حوضه مطالعاتی در مقایسه با قسمت‌های پایین دست بیشتر می‌باشد. با توجه به مقدار CN وزنی محاسبه شده برای کل حوضه به میزان ۸۰٫۸۵، می‌توان پتانسیل رواناب در این حوضه را بالا معرفی نمود.

وضعیت رطوبت پیشین خاک، هواشناسی، خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز، کاربری اراضی، وضعیت و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، از عوامل اصلی تعیین کننده میزان و شدت رواناب‌ها در راستای محاسبه CN حوضه آبریز می‌باشند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۵). لذا در این مرحله، بعد از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک و بکارگیری جدول شاخص CN مطابق گزارش SCS TR55 (۱۹۸۶) (جدول ۵) مقدار رواناب با استفاده از الحاقیه Hec-GeoHMS در محیط نرم افزار ArcGIS 10.3 برآورد (جدول ۶) و نقشه CN حوضه آبریز شاهدشهر تهیه گردید (شکل ۶). مطابق جدول ۶ و شکل ۶ حوضه آبریز شاهدشهر دارای شماره‌های منحنی ۶۷ تا ۸۷ می‌باشد، مناطق مسکونی و بخش‌هایی از اراضی

جدول ۵- جدول شاخص استخراج (SCS TR55, ۱۹۸۶)

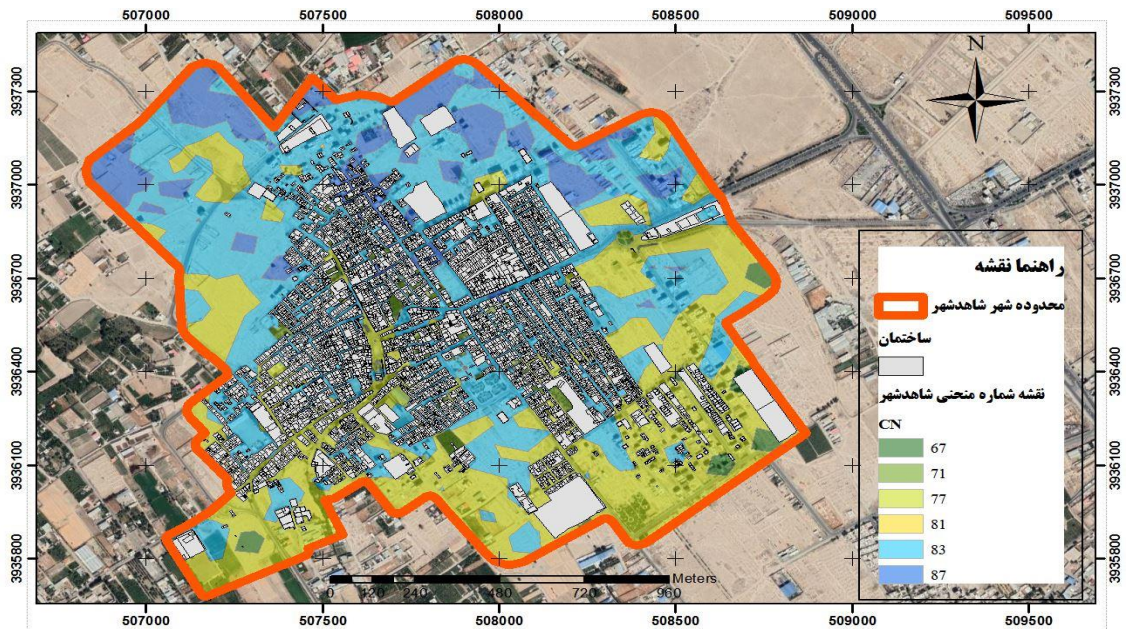
ردیف	نوع کاربری	گروه هیدرولوژیکی خاک			
		D	C	B	A
۱	آب	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۲	مسکونی	۸۶	۸۱	۷۲	۵۷
۳	جنگل	۷۸	۷۱	۵۸	۳۰
۴	کشاورزی	۸۷	۸۳	۷۷	۶۷

جدول ۶- مقادیر CN حوضه آبریز شاهدشهر

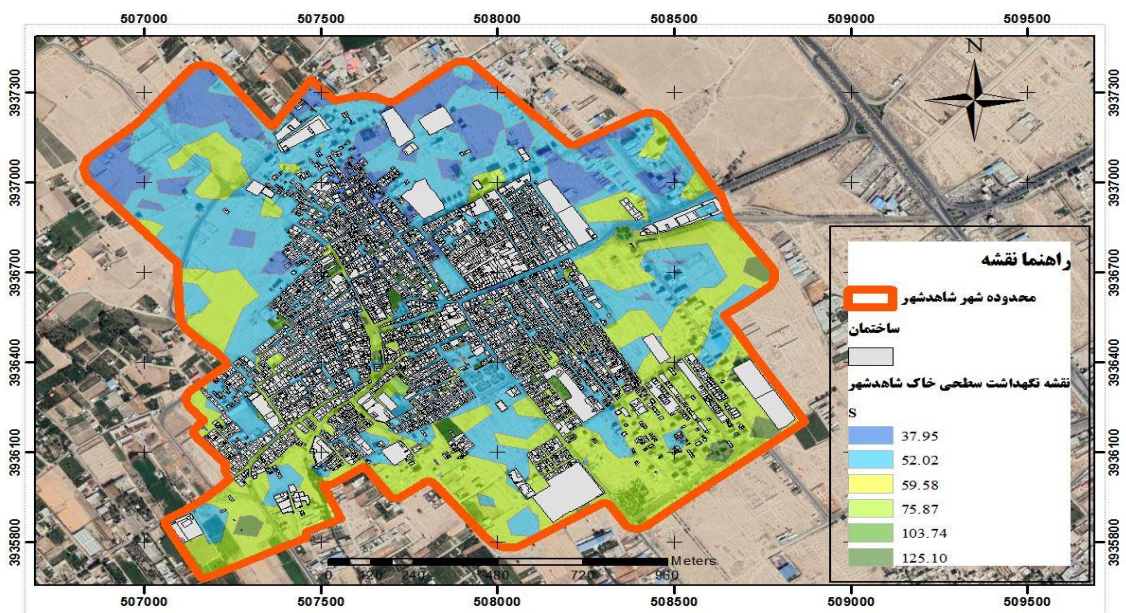
CN	مساحت (متر مربع)	درصد مساحت	گروه هیدرولوژیکی	نوع کاربری
۶۷	۲۱۰۵۲٫۵۲	۰٫۹۲۹	A	ارضی خالی
۷۱	۲۲۷۶۴٫۳۱	۱٫۰۰۵	C	جنگل
۷۷	۶۲۴۱۷۵٫۴۴	۲۷٫۵۴۶	B	ارضی خالی
۸۱	۶۵۷۱۰۶٫۴۸	۲۸٫۹۹۹	C	مناطق مسکونی
۸۳	۷۴۰۱۲۹٫۵۱	۳۲٫۶۶۳	C	ارضی خالی
۸۷	۲۰۰۷۲۵٫۷۰	۸٫۸۵۸	D	ارضی خالی

عباسی و قائمی (۱۳۹۲)، مبنای محاسبات آماری این تحقیق قرار گرفت. با آماده سازی اطلاعات مرتبط با میزان حداکثر بارش ۲۴ ساعته و مقدار نفوذ آب در خاک، ارتفاع رواناب مطابق شکل ۸ و ۹ تخمین گردید. با توجه به پتانسیل تولید آب‌های سطحی در حوضه مطالعاتی، بیشترین پتانسیل یعنی ۱۰۳٫۴۴ میلی‌متر در اراضی خالی بالا دست حوضه و کمترین پتانسیل یعنی ۵۵٫۴۷ میلی‌متر در اراضی خالی پایین دست حوضه مشاهده گردید. به طور کلی، بخش‌های بالایی در مقایسه با بخش‌های پایینی حوضه شاهدشهر، از ارتفاع رواناب بالاتری برخوردار می‌باشند. مطابق جدول ۷، ۷۰٫۵۲ درصد از کل حوضه با مساحت تقریبی ۱۵۹۷۹۶۱٫۶۹ متر مربع، گروه‌های هیدرولوژیکی C و D و CN بیشتر از ۸۰ دارای متوسط ارتفاع رواناب ۹۴٫۷۸ میلی‌متر می‌باشند و ۲۹٫۴۸ درصد از کل حوضه با مساحت تقریبی ۶۶۷۹۹۲٫۲۷ متر مربع، گروه‌های هیدرولوژیکی A، B و C و CN کمتر از ۸۰ دارای متوسط ارتفاع رواناب ۶۵٫۹۳ میلی‌متر می‌باشند، که این مسئله گویای پتانسیل بالای وقوع رواناب‌های سطحی در سطح منطقه و احتمال آسیب رساندن به تاسیسات زیر بنایی و اراضی مسکونی می-باشد.

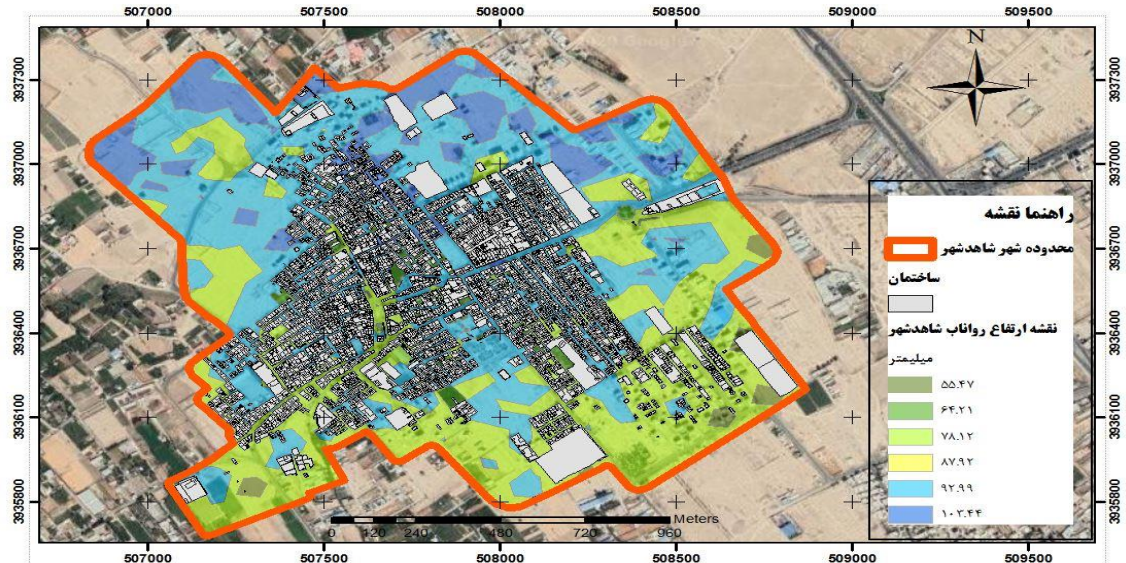
بعد از تخمین پارامتر کلیدی CN، حداکثر مقدار نگاهداشت سطحی و نفوذ در خاک S مطابق شکل ۷ برآورد گردید. مقدار ربایش حوضه آبریز شاهدشهر از ۳۷٫۹۵ تا ۱۲۵٫۱۰ میلی‌متر متغیر است، بالادست حوضه دارای کمترین مقدار نفوذ ۳۷٫۹۵ میلی‌متر با اراضی مسکونی و خالی می‌باشد، در حالیکه پایین دست حوضه دارای بیشترین مقدار نفوذ ۱۲۵٫۱۰ میلی‌متر با اراضی خالی می‌باشد. حداکثر میزان بارش محتمل در بازه زمانی ۲۴ ساعته، عامل تعیین کننده در تخمین ارتفاع و حجم رواناب ایجاد شده در حوضه آبریز در راستای تحلیل خسارات ناشی از سیلاب احتمالی می‌باشد. حداکثر بارش محتمل، مشخص کننده میزان بارندگی در یک حوضه با یک دوام معین می‌باشد، که امکان تجاوز از آن به لحاظ آماری وجود ندارد (عباسی و قائمی، ۱۳۹۲). داده‌های جمع آوری شده از سازمان هواشناسی کشور (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۸)، نشان‌دهنده میانگین بارش سالیانه ۲۴۳٫۸ میلی‌متر در بازه زمانی ۲۵ ساله از سال ۱۹۸۵ تا سال ۲۰۱۰ و میزان بارش ماهیانه به میزان تقریبی $\frac{243.8 \text{ mm}}{12 \text{ months}} = 20.317 \text{ mm}$ در محدوده شاهدشهر می‌باشد. در این مطالعه، میزان حداکثر بارش محتمل برآورد شده توسط



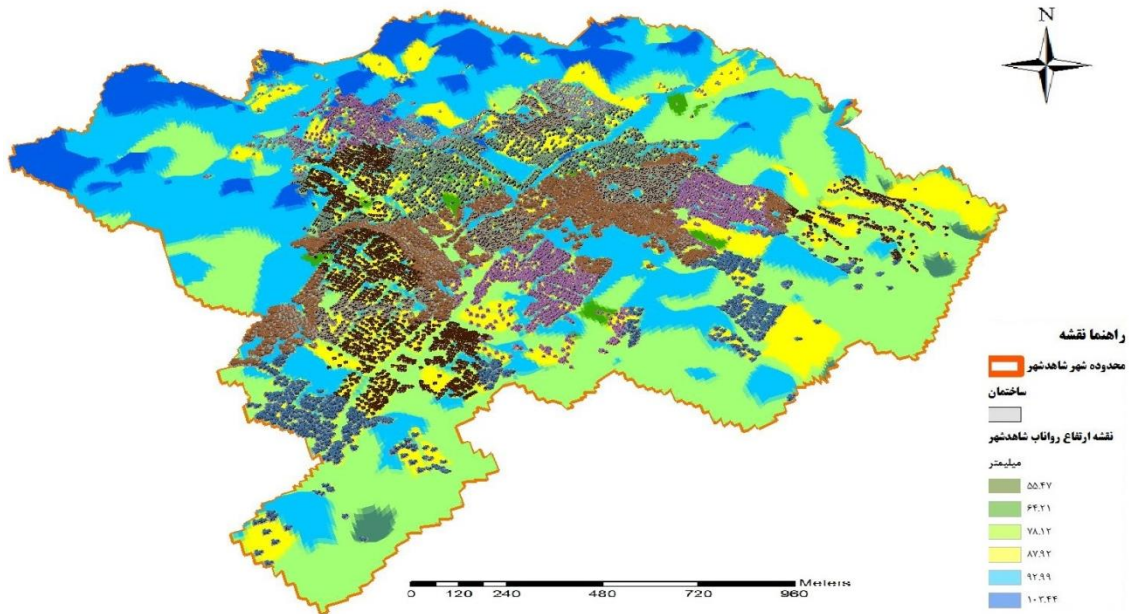
شکل ۶- نقشه شماره منحنی (CN) حوضه آبریز ساهدشهر



شکل ۷- نقشه نگهداشت سطحی خاک (S) حوضه آبریز ساهدشهر



شکل ۸- نقشه دو بعدی ارتفاع رواناب (run off) (میلیمتر) حوضه آبریز ساهدشهر



شکل ۹- نقشه سه بعدی ارتفاع رواناب (run off) (میلیمتر) حوضه آبریز شاهدشهر

جدول ۷- مساحت و ارتفاع رواناب در حوضه آبریز شاهدشهر

CN	گروه هیدرولوژیکی	درصد مساحت	مساحت (متر مربع)	ارتفاع رواناب (mm)
۸۷	D	۸,۸۵۸	۲۰۰۷۲۵,۷۰	۱۰۳,۴۴
۸۳	C	۳۲,۶۶۳	۷۴۰۱۲۹,۵۱	۹۲,۹۹
۸۱	C	۲۸,۹۹۹	۶۵۷۱۰۶,۴۸	۸۷,۹۲
۷۷	B	۲۷,۵۴۶	۶۲۴۱۷۵,۴۴	۷۸,۱۲
۷۱	C	۱,۰۰۵	۲۲۷۶۴,۳۱	۶۴,۲۱
۶۷	A	۰,۹۲۹	۲۱۰۵۲,۵۲	۵۵,۴۷

۴- نتیجه گیری

روش CN ارائه شده توسط SCS با در نظر گرفتن انواعی از پارامترهای فیزیکی و اقلیمی مانند نوع کاربری وضع موجود، جنس خاک، شیب، رطوبت خاک، آبهای زیر زمینی و تغییرات زمانی-مکانی بارش از جمله روش‌های کلیدی در تخمین میزان رواناب ناشی از بارندگی بر روی سطح زمین می‌باشد. در این مطالعه، با ادغام اطلاعات مرتبط با نوع کاربری و گروه هیدرولوژیکی خاک، نقشه CN حوضه شاهدشهر برآورد گردید. نتایج گویای مقادیر بالای CN در کل حوضه مطالعاتی و به ویژه بالا دست حوضه می‌باشد، که این مسئله نشاندهنده

میزان کم نفوذ پذیری خاک در این بخش، به دلیل جنس، رطوبت اشباع شده خاک و گسترش اراضی شهری در مقایسه با پایین دست حوضه می‌باشد. به دلیل گروه هیدرولوژیکی A و B، بیشترین مقادیر نفوذ آب در بخش‌های جنوبی محدوده مطالعاتی با پوشش جنگلی و اراضی خالی مشاهده گردید. برآورد ارتفاع رواناب، با تلفیق پارامترهایی از قبیل میزان بیشینه بارش محتمل سالیانه، حداکثر مقدار نگاهداشت سطحی خاک و پارامتر CN صورت گرفت. نتایج گویای این مسئله می‌باشد که بیش از ۷۰ درصد کل حوضه با گروه‌های هیدرولوژیکی C و D و مقادیر بالای CN، پتانسیل بالای ایجاد رواناب‌های سطحی را دارا می‌باشند، که این پتانسیل در اکثر نقاط حوضه مطالعاتی و بالخصوص در بخش‌های بالایی آن در مقایسه با سایر بخش‌ها قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به تراکم پایین مراتع در بیشتر سطح منطقه و سهم بالای این نوع کاربری در ایجاد رواناب به دلیل نفوذ کمتر، لازم است تمهیدات کنترلی و پیشگیرانه‌ای در سطح منطقه در راستای مواجهه با سیلاب‌های لحظه‌ای صورت بگیرد. راه اندازی سیستم‌های جمع آوری آب‌های سطحی، بذرپاشی و بوته کاری در راستای افزایش تراکم پوشش گیاهی در سطح منطقه، از جمله راه کارهای موثر به منظور کنترل رواناب‌های مخرب در سطح منطقه می‌باشد.

منابع

- اداره کل هواشناسی استان البرز، ۱۳۹۸. <http://www.alborz-met.ir/> (۲۹ دی ۱۳۹۸).
- آذری، ح.، متکان، ع.ا.، شکبیا، ع. و سید حسن پور، ع.، ۱۳۸۸. شبیه سازی و هشدار سیل با تلفیق مدل‌های آبشناس در GIS و برآورد بارش از طریق سنجش از دور، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال ۳، شماره ۹، ص ۳۹-۵۱.
- بهرامی، ش. و ایمنی، س.، ۱۳۹۸. ارزیابی چند مدل تجربی در برآورد رواناب سالیانه مطالعه موردی: حوضه حصارک در شمال غرب تهران، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۳۰، شماره ۲، ص ۷۴-۵۵.
- جعفری، ر.، واحد بردی، ش.، حسینعلی زاده، م. و رضایی مقدم، ح.، ۱۳۹۴. شبیه سازی رواناب‌های سطحی با استفاده از مدل مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی لیسیم (LISEM)، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۶، شماره ۴، ص ۷۷-۹۴.

- جهان تیغ، م. و جهان تیغ، م.، ۱۳۹۸. بررسی تاثیر بهره وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های میدانی و تصاویر لندست (مطالعه موردی: منطقه شندک سیستان)، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۱۰، شماره ۴، ص ۵۲-۷۳.
- حجازی، ا. و مزبانی، م.، ۱۳۹۴. برآورد مقادیر ارتفاع و دبی حداکثر رواناب با استفاده از روش شماره منحنی (CN) (مطالعه موردی: حوضه آبریز سراب دره شهر)، سال ۲، شماره ۵، ص ۶۳-۸۱.
- حسین زاده، م.م.، ۱۳۹۱. برآورد ارتفاع و دبی اوج رواناب در وقوع فرسایش آبراهه‌ای در منطقه کجور نوشهر- البرز شمالی، فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال ۲، شماره ۳، ص ۱-۱۵.
- رضایی مقدم، ح.، حسینعلی زاده، م.، واحد بردی، ش. و جعفری، ر.، ۱۳۹۴. بر آورد رطوبت خاک با استفاده از مدل رقومی پستی و بلندی زمین، مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۶، شماره ۳، ص ۶۱-۷۲.
- رنجبر، ح.، آزموده اردلان، ع.، دهقانی، ح.، سراجیان، م.ر. و علیدوستی، ع.، الف ۱۳۹۳، تسهیل فاز واکنش مدیریت بحران زلزله با استخراج خودکار ساختمان‌ها بر مبنای آنالیز بافت از تصاویر ماهواره‌ای، دو فصلنامه مدیریت بحران، سال ۳، شماره ۱، ص ۵-۱۹.
- رنجبر، ح.، آزموده اردلان، ع.، دهقانی، ح.، سراجیان، م.ر. و علیدوستی، ع.، ب ۱۳۹۳، ارزیابی روش‌های استخراج اطلاعات فیزیکی ساختمان‌های تخریب شده ناشی از زمین لرزه و ارائه الگوریتمی بر پایه لایه‌های GIS و سنجش از دور، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، سال ۲۳، شماره ۹۱، ص ۲۱-۴۲.
- رنجبر، ح.، دهقانی، ح.، آزموده اردلان، ع. و سراجیان، م.ر.، ۱۳۹۵. رویکرد ژنتیک تکمیلی ناحیه مبنا برای آشکار سازی ساختمان‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا، فصلنامه سنجش از دور و GIS ایران، سال ۸، شماره ۴، ص ۴۵-۶۴.
- سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۸. <http://www.irimo.ir/far/index.php>، (۲۹ دی ۱۳۹۸).
- شهرداری شاهدشهر، ۱۳۹۸. <http://shahedshahr.ir/>، (۲۹ دی ۱۳۹۸).
- عباسی، ا. و قائمی، ه.، ۱۳۹۲. برآورد حداکثر بارش محتمل به روش سینوپتیکی در حوضه آبریز رودخانه کرج، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۳، ص ۱۴۵-۱۶۸.
- غفاری گیلانده، ع.، سبحانی، ب. و استادی باباکندی، ا.، ۱۳۹۵. برآورد شماره منحنی و ارتفاع رواناب در محیط ArcGIS (مطالعه موردی: شهرستان مشکین شهر)، هیدرومورفولوژی، سال ۳، شماره ۹، ص ۱۵۹-۱۷۵.
- قهرودی تالی، م.، ۱۳۸۸. کاربرد مدل یکپارچه سیلاب شهری در کلان شهرها (مطالعه موردی: شمال شرق تهران)، دو فصلنامه پژوهش‌های بوم شناسی شهری، پیش شماره پاییز، ص ۱۶۷-۱۷۸.
- محمدی، ح. و پناهی، ع.، ۱۳۸۵. برآورد میزان رواناب با استفاده از روش SCS و GIS در حوضه آبخیز قلعه چای (استان آذربایجان شرقی)، نشریه جغرافیا، سال ۴، شماره ۱۰ و ۱۱، ص ۱۰۹-۱۲۳.
- نوری، ح.، ایلدرومی، ع.، سپهری، م. و آرتیمانی، م.م.، ۱۳۹۷. مقایسه سه روش اصلی هوش مصنوعی در برآورد دبی سیلاب رودخانه یلفان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۹، شماره ۴، ص ۳۵-۵۰.
- Abas, A. A., Hashim, M. 2014. Change detection of runoff-urban growth relationship in urbanized watershed, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol 18(1), P.012040.
- Ajmal, M., Moon, G. W., Ahn, J. H., Kim, T. W. 2015. Investigation of SCS-CN and its inspired modified models for runoff estimation in South Korean watersheds, Journal of hydro-environment research, Vol 9(4), P. 592-603.
- Apirumanekul, C. H., Mark, O. 2001. Modeling of Urban Flooding in Dhaka City, In 4th DHI Software Conference, Thailand.
- Daliri, F., Seraji, H. S., Kholghi, M., Ahmadi, H. 2011. Soil hydrologic group detection based on geomorphologic facieses and slope (Case study: Taleghan Watershed, Iran), Desert, Vol 16(1), P. 69-75.
- 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.
- Ozturk, D., Batuk, F. 2011. Implementation of GIS-based multicriteria decision analysis with VB in ArcGIS, International Journal of Information Technology & Decision Making, Vol 10(6), P. 1023-1042.
- Phetprayoon, T. 2015. Application of GIS-based curve number method for runoff estimation in agricultural-forest watershed, Thailand. Asia-Pacific Journal of Science and Technology, Vol 20(2), P. 155-167.
- Ponce, V. M., Hawkins, R. H. 1996. Runoff curve number: Has it reached maturity?, Journal of hydrologic engineering, Vol 1(1): P. 11-19.
- Ranjbar, H. R., Dehghani, H., Azmoude Ardalan, A. R., Saradjian, M. R. 2017. A GIS-based approach for earthquake loss estimation based on the immediate extraction of damaged buildings, Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol 8(2), P. 772-791.

- Ranjbar, H. R., Azmoude Ardalan, A. R., Dehghani, H., Saradjian, M. R. 2018a. A proposed spatial index to prioritize damaged buildings for allocating USAR operations, *Geocarto international*, Vol 33(8), P. 791-809.
- Ranjbar, H. R., Azmoude Ardalan, A. R., Dehghani, H., Saradjian, M. R. 2018b. Using high-resolution satellite imagery to provide a relief priority map after earthquake, *Natural Hazards*, Vol 90(3), P. 1087-1113.
- Ranjbar, H. R., Nekooie, M. A. 2018c. An improved hierarchical fuzzy TOPSIS approach to identify endangered earthquake-induced buildings, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol 76, P. 21-39.
- Satheshkumar, S., Venkateswaran, S., Kannan, R. 2017. Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India, *Modeling Earth Systems and Environment*, Vol 3, P. 1-8.
- SCS, US. 1986. Urban hydrology for small watersheds, technical release no. 55 (TR-55), US Department of Agriculture, US Government Printing Office, Washington DC.
- Shadeed, S., Almasri, M. 2010. Application of GIS-based SCS-CN method in West Bank catchments, Palestine, *Water Science and Engineering*, Vol 3(1), P. 1-13.
- Viji, R., Prasanna, P. R., Ilangovan, R. 2015. Modified SCS-CN and Green-Ampt methods in surface runoff modelling for the kundahpallam watershed, nilgiris, western ghats, india, *Aquatic Procedia*, Vol 4, P. 677-684.
- Ward, P. J., Eisner, S., Flörke, M., Dettinger, M. D., Kummerow, M. 2014. Annual flood sensitivities to El Niño–Southern Oscillation at the global scale, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol 18(1), P. 47-66.
- Zhan, X., Huang, M. L. 2004. ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps, *Environmental modeling & software*, Vol 19(10), P. 875-879.