

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۹، زمستان ۱۳۹۵، صص ۱۷۵-۱۵۹

وصول مقاله: ۹۵/۰۷/۲۴ تأیید نهایی مقاله: ۹۵/۱۱/۲۷

بر آورد شماره‌ی منحنی و ارتفاع رواناب در محیط Arc-GIS (مطالعه‌ی موردی: شهرستان مشکین شهر)

عطا غفاری گیلانده^{۱*}

بهروز سبحانی^۲

الناز استادی باباکندی^۳

چکیده

سیل از جمله مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی در اکثر نقاط دنیاست که سالانه خسارات بسیار زیادی بر جوامع تحمیل می‌کند. برای مدیریت و پیش‌بینی سیل‌خیزی یک منطقه، تخمین پتانسیل ارتفاع رواناب نقش مهمی دارد؛ در این راستا سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) یکی از مؤثرترین روش‌ها را ارائه داده است که برای حوضه‌های فاقد آمار بسیار مناسب می‌باشد. مطالعه‌ی حاضر نیز با هدف محاسبه و تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی در داخل شهر مشکین‌شهر و حوضه‌ی پیرامونی با استفاده از روش (SCS) انجام شد. با توجه به اینکه محدوده‌ی مورد مطالعه شامل داخل شهر و حوضه‌ی پیرامون است و تنوع کاربری بالایی دارد؛ تخمین ضریب رواناب با روش‌های دستی به سختی امکان‌پذیر است. بنابراین به منظور سرعت و دقت در انجام کار، از نرم‌افزار ArcGIS و الحاقیه‌های Arc-Hydro و ArcCN-Runoff استفاده گردید. در گام اول نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه با جدول شاخص مقایسه و با اطلاعات گروه هیدروولوژیکی خاک

۱- دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران (نویسنده مسئول)
 Email: ataghafari@gmail.com

۲- دانشیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران
۳- دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی، دانشگاه تبریز، ایران

تلفیق شد، سپس شماره‌ی منحنی (CN) که یک عامل مهم در روش SCS است به دست آمد. در گام بعد با لحاظ میانگین بارش و CN، پتانسیل رواناب محدوده محاسبه گردید و نتایج به صورت دو نقشه CN و ارتفاع رواناب، پهنه‌بندی شد؛ که CN از شماره‌ی منحنی ۳۲ تا ۹۸ (میانگین ۷۶/۸۸) در ۵ کلاس و ارتفاع رواناب نیز از صفر تا ۰/۹۹ (با میانگین ۰/۲۸) برای کل منطقه و ۰/۳۱ برای محدوده‌ی داخل شهر، در ۵ کلاس طبقه‌بندی گردید.

کلمات کلیدی: الحاقیه ArcCN-Runoff، روش SCS، شماره منحنی، مشکین‌شهر.

مقدمه

از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی در جهان و از جمله در ایران چه از نظر خسارات مالی و چه خسارات جانی، سیل^۱ می‌باشد. در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی، سیلاب‌ها با فراوانی زیاد و در فضایی گسترده اتفاق می‌افتند (گرین^۲ و همکاران، ۲۰۱۳: ۳؛ وارد^۳ و همکاران، ۲۰۱۴: ۱). وقوع سیل و اثرات آن در زمان‌های اخیر بی‌سابقه بوده، به ویژه با تغییرات آب و هوایی و تغییرات پیوسته در سطح آب دریا به وضوح از اهمیت جهانی برخوردار می‌باشد (Nkwunonwo و همکاران، ۲۰۱۵: ۳۸۹۸). کشور ما ایران نیز کشوری بلاخیز در جهان است و از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. علاوه بر ایران جاری شدن سیل در مناطق شهری یک مشکل اجتناب‌ناپذیر برای بسیاری از شهرها در کشورهای آسیایی است (اپیرومانکول و مارک^۴، ۲۰۰۱: ۱۰۱). تغییر کاربری و توسعه‌ی شهری با حذف پوشش گیاهی، پاک‌سازی زمین، ساخت راه‌ها و ساختمان‌ها، جریان زیرسطحی را کاهش و رواناب سطحی را افزایش می‌دهد

1- Flood

2- Green

3- Ward

4- Apirumanekul and Mark

(کریستوفر^۱ و همکاران، ۲۰۰۲: ۵). از این رو، جلوگیری از جاری شدن سیل در مناطق شهری به یک مسئله‌ی مهم تبدیل شده است (آدیمو و همکاران، ۲۰۰۸: ۱). نقشه‌های منتشر شده از طرف سازمان‌های بین‌المللی نیز حاکی از افزایش سیلاب‌های شهری، به ویژه در کلان‌شهرها می‌باشند. افزایش شدت سیلاب‌ها در شهرها سبب شده که استراتژی‌های متعددی در مدیریت سیلاب‌های شهری تدوین گردد (قهرودی تالی، ۱۶۷-۱۳۸۸: ۱۶۸).

از ابزارهایی که برای این منظور استفاده می‌شود سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی است؛ اطلاعات مربوط به ارتفاع و حجم رواناب و شماره‌ی منحنی حوضه‌ی مورد نظر نیز از جمله اطلاعاتی است که از ترکیب لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS به دست می‌آید و در مطالعات مربوط به رواناب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای تخمین روش‌های زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، یکی از مهم‌ترین روش‌ها، روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) است. این روش تابعی از میانگین بارش و نوع کاربری اراضی می‌باشد. استفاده از عامل کاربری اراضی به منظور دستیابی به پارامتر مهمی در این روش است؛ این پارامتر شماره‌ی منحنی^۲ (CN) نامیده می‌شود که نمایه‌ی خصوصیات حوضه از نظر نفوذپذیری است (آذری و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۵ به نقل از علیزاده، ۱۳۸۸).

با توجه به اهمیت موضوع مطالعات فراوانی در این زمینه انجام شده است، از جمله این مطالعات می‌توان به کارهایی که توسط اجمال^۳ و همکاران (۲۰۱۵)، ویجی^۴ و همکاران (۲۰۱۵)، باسکار و سوربابو^۵ (۲۰۱۴)، اوزتورک و باتوک^۶ (۲۰۱۱)،

1- Christopher

2- Curve Number

3- Ajmal

4- Viji

5- Bhaskar & Suribabu

6- Ozturk & Batuk

ژئون^۱ و همکاران (۲۰۱۴)، عزیزاعباس و هاشیم^۲ (۲۰۱۴)، در ایران نیز به پژوهش‌هایی که توسط امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰)، محمدی مطلق و همکاران (۱۳۹۲)، زربازو و همکاران (۱۳۹۲)، ملکی و همکاران (۱۳۹۳) انجام شده اشاره کرد. در این مطالعه نیز با توجه به این که شهر مشکین‌شهر هر از چندگاهی در معرض سیلاب‌های شدید قرار می‌گیرد و خسارات فراوانی بر جای می‌گذارد، سعی شد با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS، شماره‌ی منحنی و ارتفاع رواناب منطقه‌ی مورد مطالعه محاسبه و در قالب نقشه ارائه گردد.

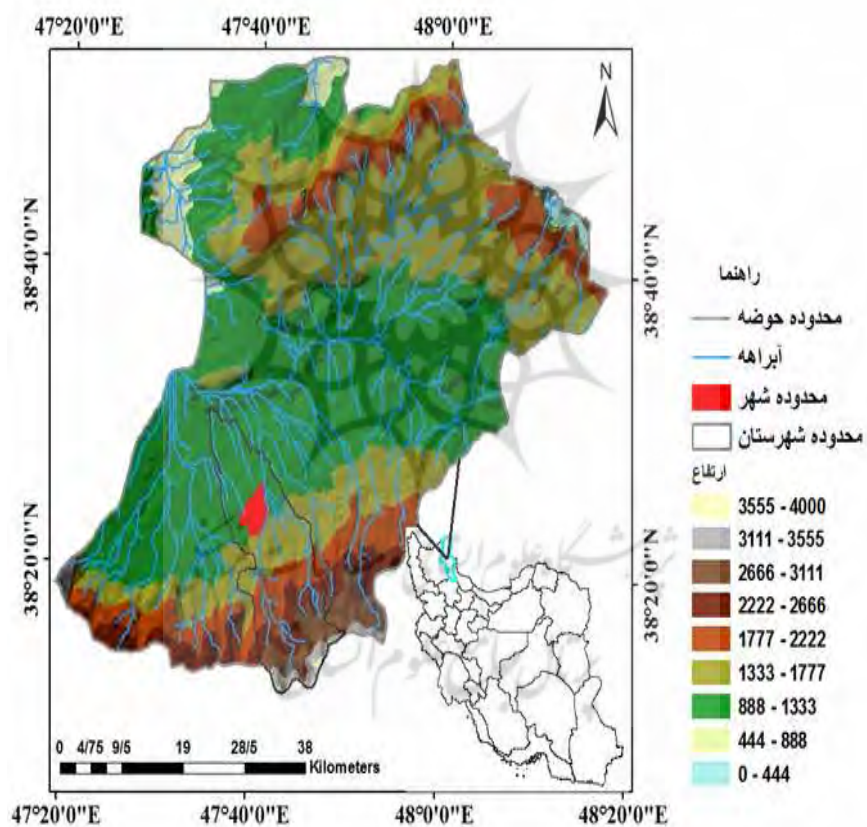
معرفی محدوده‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه قسمتی از شهرستان مشکین‌شهر می‌باشد که با مساحت حدود ۳۹۰۰ کیلومتر مربع در "۴۷°۳۸'۵۲" تا "۴۷°۴۲'۳۱" طول شرقی و "۲۲'۱۶" تا "۳۸°۲۵'۱۰" عرض شمالی در شمال‌غرب ایران و در ۲۰ کیلومتری شمال قله‌ی مشهور سبلان قرار دارد (ولیزاده و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۱). از نظر توپوگرافی ارتفاع شهر بین ۱۳۰۰ تا ۱۶۲۵ متر از سطح دریا قرار دارد. در سمت شرق، دره‌ی عمیق خیاوچای قرار گرفته که رودخانه‌ی خیاوچای در آن جریان دارد. این رود که از عناصر مهم ژئومورفولوژیک به شمار می‌رود، از جنوب به شمال در دره‌ای عمیق جریان دارد که به صورت مانعی طبیعی جهت گسترش و توسعه‌ی کالبدی شهر عمل می‌کند (طرح جامع مشکین‌شهر، ۱۳۷۷: ۹؛ کاظمی و بابایی، ۱۳۹۱: ۳۵). از نظر آب و هوایی میانگین بارندگی سالانه‌ی مشکین‌شهر ۳۷۶/۱۶ میلی‌متر می‌باشد. در طی دوره‌ی آماری ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۲ حداکثر بارش ثبت شده ۵۲۰/۳ میلی‌متر بوده که متعلق به سال ۲۰۰۴ است. در این دوره‌ی آماری میانگین دمای ماهانه مشکین شهر از ۰/۶- درجه سانتی‌گراد در ماه دی تا ۲۱/۴ سانتی‌گراد در ماه مرداد در

1- Jeon

2- Azizah Abas & Hashim

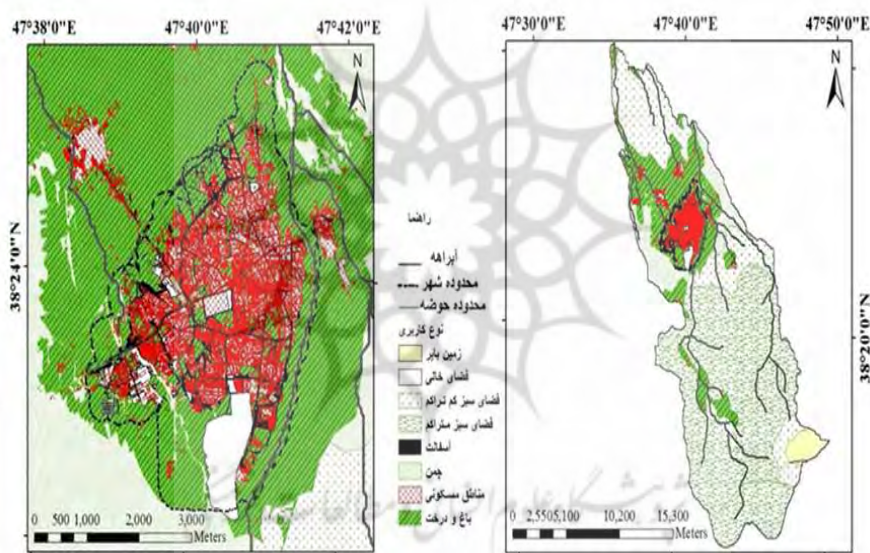
نوسان بوده است. با توجه به اینکه محدوده‌ی مورد نظر در مجاورت با رودخانه‌ی خیابوچای می‌باشد و حوضه‌ی آبخیز این رودخانه شهر را در بر گرفته است؛ در این مطالعه، محدوده‌ی حوضه‌ی مذکور با الحاقیه ArcHYDRO مشخص و در تمام مراحل انجام پژوهش محدوده‌ی شهر در داخل محدوده‌ی حوضه بررسی شد (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه

مواد و روش

در مطالعه‌ی حاضر اطلاعات کاربری اراضی، پوشش گیاهی، گروه هیدرولوژیکی خاک و میانگین سالانه‌ی داده‌های بارش منطقه در دوره‌ی آماری ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۲ استفاده شد. لایه‌های مذکور در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.1 و الحاقیه‌های ArcCN-Runoff و ArcHYDRO 10.1 فراهم و میانگین داده‌های بارش در Excel محاسبه شد.



شکل (۲) نقشه کاربری ارضی منطقه

- کاربری اراضی

تخریب نواحی بالادست حوضه به صورت‌های مختلف از جمله تخریب پوشش گیاهی و جاده‌سازی، همچنین گسترش بی‌رویه اراضی شهری و صنعتی، سبب

کاهش نفوذ و افزایش رواناب می‌گردد (لطفی و جعفری، ۱۳۹۰: ۲۹۰). در برآورد شماره‌ی منحنی و محاسبه‌ی بارش مازاد آگاهی از کاربری اراضی منطقه اهمیت فراوانی دارد؛ لذا در تحقیق حاضر با استفاده از نقشه‌ی کاربری داخل شهر، نقشه‌ی پوشش گیاهی و تیپ اراضی اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری شد (شکل ۲).

– شماره منحنی (CN)

برای محاسبه‌ی اینکه چه مقدار از بارش به داخل خاک و یا زیرزمین نفوذ کرده و چه مقدار به رواناب تبدیل می‌گردد اقدام به برآورد شماره‌ی منحنی می‌شود. در این حالت شماره‌ی منحنی بالا به معنی رواناب بیش‌تر و نفوذپذیری کمتر است (مناطق شهری)، در حالی که شماره‌ی منحنی پایین، نشان‌دهنده‌ی رواناب کمتر و نفوذپذیری بالا می‌باشد (خاک‌های خشک) (ژان و هوانگ^۱، ۲۰۰۴: ۱؛ شادید و المصری^۲، ۲۰۱۰: ۲). برای محاسبه‌ی شماره‌ی منحنی منطقه‌ی مورد مطالعه، الحاقیه ArcCN-Runoff استفاده شد. محاسبه‌ی شماره‌ی منحنی و رواناب برای هر پلی‌گون به صورت جداگانه از ویژگی‌های این ابزار است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴). ورودی اولیه این ابزار بدین صورت می‌باشند:

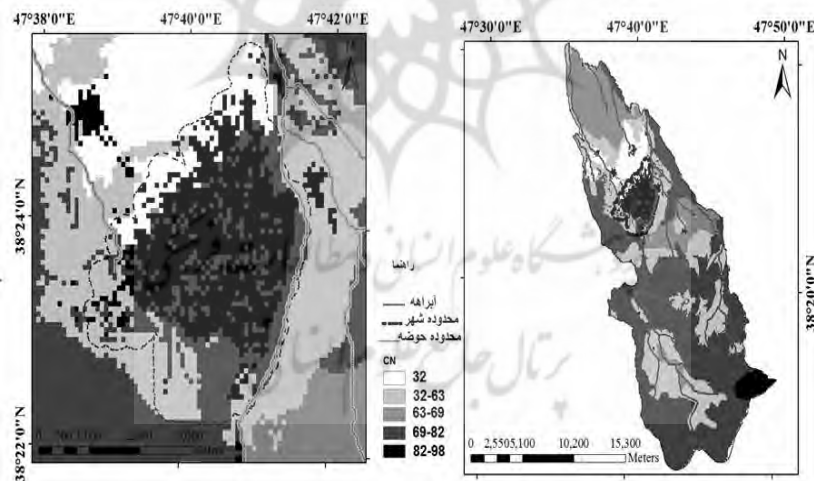
۱- لایه‌ی Landsoil: این لایه با اجرای عملیات تلفیق (Intersect) دو لایه‌ی کاربری ارضی با ستون (SubCLASS) که حاوی نوع کاربری می‌باشد و لایه‌ی خاک با ستون (HYDGRP) که حاوی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک است به دست می‌آید.

1- Zhan & Huang

2- Shaded & Almasri

۲- جدول شاخص (Index): این جدول حاوی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با توجه به نوع کاربری اراضی و شرایط رطوبتی است (ژان و هوانگ، ۲۰۰۴). برگرفته از جداول خاص در این زمینه (USDA^۱، ۱۹۸۶: ۲-۳، ۲-۵ و ۲-۶؛ علیزاده، ۱۳۸۷).

نقشه‌ی CN با تلفیق دو نقشه کاربری و گروه هیدرولوژیکی خاک در محیط نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از الحاقیه Arc-CN به دست آمد (شکل ۳). نقشه‌ی CN به دست آمده متناسب با میزان نفوذپذیری در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد، هر طبقه با یک عدد که شماره‌ی منحنی آن طبقه می‌باشد مشخص می‌شود، شماره‌ی منحنی کمتر (در این محدوده از ۳۲ شروع می‌شود) مربوط به مناطق با نفوذپذیری بالا و رواناب کم و شماره‌ی منحنی بالا (۹۸) مربوط به مناطق با کمترین نفوذپذیری و بالاترین رواناب که بیش‌تر شامل سطوح آسفالتی و مناطق ساختمانی در داخل شهر می‌باشد.



شکل (۳) نقشه CN منطقه

1- United States Department of Agriculture

– ارتفاع رواناب

رواناب یکی از متغیرهای هیدرولوژیکی بسیار مهم و مورد استفاده در تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی می‌باشد. پیش‌بینی قابل اطمینان از کیفیت و نسبت رواناب سطح زمین در داخل جریان‌های رودخانه‌ها سخت می‌باشد و برای حوضه‌های آبریز فاقد داده‌های اندازه‌گیری شده، زمان زیادی باید صرف شود تا این پیش‌بینی به دست آید (نایاک و جیسوال ۲۰۰۳ به نقل از مهدیزاده). ارتفاع رواناب در یک حوضه بستگی زیادی به میزان بارندگی، نفوذپذیری و ویژگی‌های حوضه‌ی آبریز دارد و می‌تواند در مقیاس زمانی روزانه، ماهانه و سالانه اندازه‌گیری شود. با توجه به اهمیت آگاهی داشتن میزان ارتفاع رواناب حوضه‌ی آبریز برای برآورد این فاکتور وجود دارد که روش سازمان حفاظت خاک آمریکا از مهم‌ترین آن‌هاست. این روش با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری آن در تفسیر مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی برای مناطق آبریز استفاده می‌شود. گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، شماره‌ی منحنی خاص هر نوع خاک را تعیین می‌کنند که می‌تواند در روش SCS استفاده شود (ادهم و همکاران، ۲۰۱۴: ۱). این روش در سال ۱۹۷۲ ابداع شد. روش SCS به طور گسترده و با دقت مناسب برای پیش‌بینی رواناب به کار می‌رود. در این روش از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود (الجباری و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۲۱۶؛ زنده و همکاران، ۲۰۱۴: ۵۱۰):

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

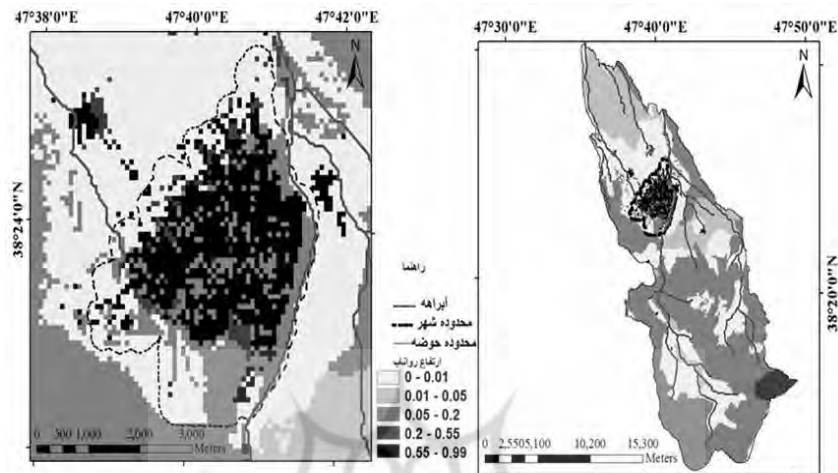
در رابطه‌ی (۱):

Q: ارتفاع رواناب. S: ضریب نگاه‌داشت بر حسب اینچ که خود برابر است با

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

P: بارش ۲۴ ساعته بر حسب اینچ.

ارتفاع رواناب در این مطالعه با نرم‌افزار Arc-CN محاسبه شد؛ روش مورد استفاده در این نرم افزار نیز روش SCS است، به این صورت که با وارد کردن مقدار میانگین بارش سالانه و نقشه‌ی کاربری اراضی که مشخص‌کننده‌ی میزان نگهداشت سطحی نیز است، نقشه‌ی ارتفاع رواناب برای منطقه به دست آمد (شکل ۴). به دلیل این که میانگین دقیق بارش محدوده‌ی قابل محاسبه نبود، میانگین نقشه‌ی همبارش تهیه شده برای منطقه در محیط نرم‌افزار ادریسی محاسبه شد و با عدد حاصل از محاسبات در Excel مقایسه و در نهایت عدد به دست آمده (۱/۲۰۲ اینچ=۳۶۶/۵۸ میلی‌متر) وارد نرم‌افزار شد و نقشه‌ی ارتفاع و حجم رواناب بر حسب مقدار بارش استخراج شد. ارتفاع رواناب (درصدی از بارندگی که در سطح جریان دارد) برای این محدوده، از صفر که برای مناطق با نفوذپذیری خیلی زیاد است شروع می‌شود تا ارتفاع ۰/۹۹ که شامل کاربری‌های با کمترین نفوذپذیری (بیشتر قسمت‌های داخل شهر) است ادامه می‌یابد.



شکل (۴) نقشه‌ی ارتفاع رواناب منطقه (به درصد)

بحث و نتیجه‌گیری

دامنه‌ی خساراتی که وقوع سیل می‌تواند به یک منطقه تحمیل کند به حدی وسیع و مهم می‌باشد که مطالعه‌ی سیل را از دیرباز مورد توجه قرار داده و اکنون نیز از اهمیت آن کاسته نشده است. از سوی دیگر پیش‌بینی و مدیریت سیل می‌تواند در کاهش خسارات مؤثر واقع شود. روش‌های متفاوتی برای برآورد پتانسیل سیل ارائه شده است که بیش‌تر متناسب با شرایط و داده‌های اطلاعاتی هر منطقه می‌باشد. یکی از کارآمدترین روش‌ها از سوی سازمان حفاظت خاک آمریکا پیشنهاد شده است که از جمله برای حوضه‌های فاقد آمار به فراوانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش از اطلاعات رطوبت خاک، نوع کاربری و بارش منطقه استفاده شده و پتانسیل ارتفاع رواناب پیش‌بینی می‌شود. در مطالعه‌ی حاضر نیز سعی شد در چارچوب روش SCS میزان بارش مازاد در محدوده‌ی شهر مشکین‌شهر و حوضه

پیرامونی (شکل ۱) محاسبه و پتانسیل سیل‌خیزی منطقه به صورت نقشه‌ی پهنه‌بندی شده ارائه گردد. با وجود اختلاف شدید نوع کاربری در داخل شهر و مناطق حاشیه‌ای (شکل ۲)، محاسبه دستی ضریب رواناب برای هر کاربری ناممکن بود، بنابراین برای محاسبه و به تصویر کشیدن اطلاعات از قابلیت‌های نرم‌افزار GIS Arc استفاده شد؛ لایه‌های اطلاعاتی گروه هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی با الحاقیه ArcCN-Runoff در محیط GIS تلفیق شدند و فاکتور شماره‌ی منحنی (CN) برای محاسبه‌ی ارتفاع رواناب با روش SCS به دست آمد. در ادامه با جایگذاری میانگین بارش ۱۹ ساله منطقه و داده‌های CN در فرمول SCS (رابطه‌ی ۱) ارتفاع رواناب حاصل شد. با پهنه‌بندی خروجی CN (شکل ۳) و ارتفاع رواناب (شکل ۴) به صورت نقشه‌ی طبقه‌بندی‌شده در چند کلاس، مشاهده و تفسیر پتانسیل سیل‌خیزی محدوده به راحتی امکان‌پذیر شد. مقایسه‌ی دو نقشه‌ی مذکور (شکل ۳ و ۴) با نقشه‌ی کاربری اراضی نشان داد که هر دو در ارتباط مستقیم با نوع کاربری اراضی می‌باشند؛ به طوری که در هر منطقه‌ای با کاربری‌های نفوذناپذیر ارزش عددی CN بالاتر است، بخصوص در مناطق داخلی شهر، شماره‌ی منحنی‌های بالاتر از ۸۰ بیش‌تر دیده می‌شود. برعکس در مناطق حاشیه‌ای شهر که باغ، فضای سبز و به طور کلی مناطق نفوذپذیر را شامل می‌شود، شماره‌ی منحنی‌های کمتری وجود دارد. با وجود ارتباط و همبستگی مثبتی که CN با ارتفاع رواناب دارد، با فرض میانگین بارش مساوی در منطقه، مناطق با CN بالاتر درصد رواناب بیش‌تری نیز تولید می‌کنند، در مناطق داخلی شهر این میزان به بالاترین حد خود رسیده و ضریب رواناب بالاتر از ۰/۷ و حتی ۰/۹۹ به وضوح مشاهده می‌شود (شکل ۵).

در این مطالعه از سویی دیگر با توجه به قابلیت نرم‌افزارهای ArcGIS (آماده‌سازی و تجزیه و تحلیل اطلاعات)، Arc-Hydro (ایجاد مرز حوضه و زیرحوضه‌ها، تعیین مسیر آبراهه‌ها، و...)، و ArcCN-Runoff (تلفیق اطلاعات، تعیین CN، محاسبه‌ی ارتفاع رواناب) عملیات مربوط به محاسبه‌ی ارتفاع رواناب مزاد و تعیین شماره‌ی منحنی در مقایسه با روش‌های دستی با دقت و سرعت بیش‌تری انجام شد که این امر می‌تواند در فرآیندهای مدیریتی و تصمیم‌گیری برای مقابله و پیش‌بینی سیلاب در حوضه‌های آبخیز و در مناطق شهری توسط متولیان امر بیش از پیش مورد استفاده قرار گیرد.



منابع

- آذری، حمید؛ متکان، علی اکبر؛ شکیبا، علیرضا و سیدحسن پورعلی (۱۳۸۸)، شبیه‌سازی و هشدار سیل با تلفیق مدل‌های آبشناس در GIS و برآورد بارش از طریق سنجش از دور، فصلنامه‌ی زمین‌شناسی ایران، شماره ۹، صص ۳۹-۵۱.
- امیراحمدی، ابوالقاسم؛ بهنیافر، ابوالفضل و مجید ابراهیمی (۱۳۹۰)، ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه‌ی پایدار شهری، فصلنامه‌ی آمایش محیط، شماره ۱۶، صص ۱۷-۳۲.
- ثروتی، محمدرضا؛ رستمی، اکبر و فاطمه خدادادی (۱۳۹۰)، امکان سنجی وقوع سیل در حوضه آبخیز لیلان چای (مراغه) به روش CN، فصلنامه‌ی جغرافیایی سرزمین، سال هشتم، شماره ۲۲، صص ۶۷-۸۱.
- زربازو سیاهکلی، مسلم؛ اعلمی، محمدتقی؛ الیاسی، مصلح و فرید میارنعمی (۱۳۹۲)، بررسی تاثیر توسعه شهر سنندج بر هیدروگراف سیل و حجم سیلاب با استفاده از مدل بارش - رواناب SWMM، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب، تهران.
- علیزاده، امین (۱۳۸۷)، اصول هیدروولوژی کاربردی، چاپ بیست و چهارم، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ص ۸۷۰.
- قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۸)، کاربرد مدل یکپارچه سیلاب شهری در کلان‌شهرها (مطالعه‌ی موردی: شمال شرق تهران)، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، پیش‌شماره‌ی پاییز، صص ۱۶۷-۱۷۸.
- کاظمی، مریم و فریدون بابایی اقدام (۱۳۹۱)، نقش ژئومورفولوژی در توسعه‌ی فیزیکی شهری با استفاده از GIS، مطالعه‌ی موردی: شهر مشکین‌شهر، چهارمین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا.

- لطفی، حیدر و مهتاب جعفری (۱۳۹۰)، فرایند ایمن‌سازی شهری جهت مقابله با مخاطرات طبیعی «سیل» (مطالعه‌ی موردی: شهر تهران)، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال یازدهم، شماره‌ی ۳۶، صص ۲۸۳-۲۹۶.
- محمدی مطلق، رضا؛ کمالی، نویدجلال و امیرجلال کمالی (۱۳۹۲)، بررسی نقش مشارکت زیر حوضه‌های آبریز در شدت سیل خیزی: مطالعه‌ی موردی حوضه‌ی آبریز دالکی، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، شماره‌ی ۱۳، صص ۴۴-۳۱.
- ملکی، امجد؛ حسادی، همایون و نوشین پیروزی‌نژاد (۱۳۹۳)، بررسی رفتار هیدرولوژیکی سیلاب حوضه‌ی آبخیز رادآور با استفاده از روش‌های آنالیز آماری، مدل SCS و مقطع برداری از رودخانه، مجله‌ی جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۳۴، صص ۱۰۹-۱۲۰.
- ولیزاده کامران، خلیل؛ جهانبخش، سعید؛ زاهدی، مجید و مجید رضائی‌بنفشه (۱۳۹۱)، برآورد تبخیر- تعرق واقعی و تحلیل ارتباط آن با کاربری زمین در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان مشکین‌شهر)، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره‌ی ۳۷، صص ۵۴-۳۹.
- Abhijit, M., Negarajan, R., Atal, K.R., (2014), **Analysis of Surface Runoff from Yerala River Basin Using SCS-CN and GIS**. Internatinal Journal of Geomatics and Geosciences, Vol. 4, No. 3, PP. 508-516.
- Adeyemo, O.J., Makcimovic, C., Booyan-Aronnet, S., Leitao, J., Butlers, D., Makrupoulos, C., (2008), **Sensivity Analysis of Surface Runoff Generation for Pluvial Urban Flooding**, 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.
- Adham, M.I., Shirazi, S.M., Othman, F., Rahman, S., Yusop, Z., Ismail, Z., (2014), **Runoff Potentiality of a Watershed through SCSand Functional Data Analysis Technique**, The Scientific World Jurnal, PP. 15.

- Ajmal, Muhammad, Moon, Geon-woo., Ahn, Jae-hyun., Kim, Tae-woong., (2015), **Investigation of SCS-CN and Its inspired modified models for runoff estimation in South Korean watersheds**, Journal of Hydro-environment Research, PP. 1-12.
- Al- Jabari, S., Abu sharkh, M., Al-Mimi, Z., (2009), **Estimation of Runoff for Agricultural Watershed Using SCS Curve Number and GIS**, Thirteenth International Water Tecnology Conference, IWTC 13. Hurghada, Egypt.
- Apirumanekul, Ch., Mark, O., (2001), **Modelling of Urban Flooding in Dhaka City**, 4th DHI Software, Thailand.
- Azizah Abas, A., M, Hashim (2014), **Change Detection of Runoff-Urban Growth Relationship in Urbanized Watershed**, 8th Internatinal Symposium of the Digital Earth (ISDE8), Earth and Envirnoment Science, 18.
- Bhskar, J., Suribabu, C.R., (2014), **Estimation of Surface Run-off Urban Area Using Integrated Remote Sensing and GIS Approach**, Jordan Jurnal of Civil Engineering, PP. 1: 70-80.
- Christopher, P.K., Tacoma, WA., Derek, B. (2002), **Hydrologic Trends Associated with Urban Development for Selected Streams in the Puget Sound Basin, Western Washington**, USGS Science for a changing world.
- Green, C., Diepernk, G., EK, K., Hegger, D., Pettersson, M., Priest, S., Tapsell, S. (2013), **Flood Risk Management in Europe: The Flood Problem and Interventions**, Star Flood, PP. 1-25.
- Jeon, Ji-Hong., Lim, Kyoung Jae., Engel, Bernard A. (2014), **Regional Calibration of SCS-CN L-THIA Model: Application for Ungauged Basins**, Water (6), PP. 1339-1359.
- Makropoulos, C., (2008), **Sensivity Analysis of Surface Runoff Generation for Pluvial Urban Flooding**, 11th Internation al Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.
- Nkwunonwo. U.C., Whitworth. M., Baily. B., (2015), **A Review and Critical Analysis of the Efforts towards Urban Flood Reduction**

- in the Lagos Region of Nigeria**, Nat., Hazards Earth Syst., Sci. Discuss, 3, PP. 3897-3923.
- Ozturk, D., Batuk, F., (2011), **Implementation of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis with VB in ArcGIS**, International Journal of Information Tecnology & Decision Making, Vol. 10, No. 6, PP. 1023-1042.
- Shadeed, Sameer, Almasri, Mohammad (2010), **Application of GIS-based SCS-CN Method in West Bank Catchments, Palestine**, Water Science and Engineering, 3(1), PP. 1-13.
- Viji, R., Rajesh Prasanna, P., Ilangovan, R. (2015), **Modified SCS-CN and Green-Ampt Methods in Surface Runoff Modeling for the Kundahpallam Watershed, Nilgiris**, Western Ghats, India, Aquatic Procedia, PP. 677-684.
- Ward, P.J., Eisner, S., Florke, M., Dettinger, M.D., Kumm, M., (2014), **Annual Flood Sensitivities to EL Nino-Southern Oscillation at the Global Scal**, Hydrology and Earth System Sciences, 18, PP. 47-66.
- Zhan, X., Huang, M., (2004), **ArcCN-Runoff: an ArcGIS Tools for Generating Curve Number and Runoff Maps**, Enviromental Modeling & Software.