

شماره ۱۱۹، تابستان ۱۳۹۷

پژوهش‌های آبخیزداری

(پژوهش و سازندگی)

برآورد شماره‌ی منحنی و ارتفاع رواناب در محیط Arc GIS با ابزار Arc CN-Runoff در حوزه‌ی آبخیز نازلوچای ارومیه

اله‌ام محرم‌پور

کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

حبیب نظرنژاد *

(نویسنده‌ی مسئول) * استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

سیاوش بابایی

کارشناس ارشد آبخیزداری، اداره‌کل منابع طبیعی استان آذربایجان غربی

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۷

* Corresponding Email: h.nazarnejad@urmia.ac.ir

چکیده

تخمین توان ارتفاع رواناب نقش مهمی در مدیریت و پیش‌بینی سیل‌خیزی هر منطقه دارد. سازمان حفاظت خاک آمریکا روشی ارائه داده است که برای حوزه‌های بی‌آمار بسیار مناسب است. روش‌های مرسوم اندازه‌گیری رواناب بسیار پرهزینه و وقت‌گیر و مشکل است. این پژوهش با هدف محاسبه‌ی توان سیل‌خیزی و ترسیم نقشه‌ی شماره‌ی منحنی حوزه‌ی آبخیز نازلوچای با روش سازمان حفاظت خاک آمریکا انجام شد. نقشه‌ی کاربری زمین‌های منطقه با جدول شاخص مقایسه، و با اطلاعات گروه آب‌شناسی خاک تلفیق شد و شماره‌ی منحنی رواناب که عامل مهمی در روش سازمان حفاظت خاک آمریکا است، به‌دست آمد. در گام بعد، با لحاظ کردن میانگین بارش و شماره‌ی منحنی رواناب، ارتفاع رواناب محاسبه و نتایج به‌صورت دو نقشه‌ی شماره‌ی منحنی رواناب و ارتفاع رواناب، پهنه‌بندی شد. با استفاده از سامانه‌ی پردازش اطلاعات جغرافیایی، متوسط وزنی شماره‌ی منحنی حوزه ۷۷/۹۶ برآورد شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار شماره‌ی منحنی رواناب در شرایط رطوبتی متوسط در منطقه ۱۰۰ و کمترین آن ۵۶ است. زیاد بودن مقدار متوسط وزنی شماره‌ی منحنی حوزه نشانه‌ی نفوذپذیری کم آن، و افزایش احتمال وقوع سیل است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع رواناب، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، شماره‌ی منحنی، گروه آب‌شناسی خاک

Estimation of the Curve Number and Runoff Height Using Arc GIS Software with the Arc CN-Runoff Tool (Case study: Nazluchai Basin of Urmia)

Elham Moharampour

M.Sc. of Watershed management, Department of Natural Resource, Urmia University

Habib Nazarnejad*

(Corresponding Author)* Assistant professor, Range and Watershed Department, Faculty of Natural Resource, Urmia University

Siavash Babaei

M.Sc. of Watershed Management, Natural Resources Administration of West Azarbaijan Province

Abstract

Estimating the runoff height potential is important for managing and predicting the flooding of an area. In this regard, the US Soil Conservation Agency (SCS) has provided a method that is very suitable for areas lacking hydrological data. Conventional runoff measurement methods are very costly, time consuming and difficult. The purpose of this study was to calculate the flooding potential and draw a map of the Nazlouchai Watershed curve number by the SCS method. Land use map of the area was compared with the index table and integrated with the soil hydrologic group data, and the runoff curve number, an important factor in the SCS method, was obtained. In the next step, the average rainfall curve number, and runoff height were calculated, and the results were zoned according to the curve number and runoff height maps. Using the Geographic Information System, the average weight of the area curve number was estimated as 96.77. Results showed that the highest amount of runoff curve number under the average humidity conditions in the study area was 100, and the lowest value was 56.00. The high mean value of the area curve number indicates the low permeability of the area, which indicates the strong likelihood of flood occurrence.

Keywords: runoff height, geographic information system, curve number, soil hydrology group

مقدمه

سیل از مهم‌ترین مخاطره‌های طبیعی در جهان و در ایران، چه از نظر خسارت‌های مالی و چه زیان‌های جانی است. در مقایسه با مخاطره‌های طبیعی دیگر، سیل‌ها با فراوانی زیاد و در فضایی گسترده اتفاق می‌افتند (گرین و همکاران ۲۰۱۳؛ وارد و همکاران ۲۰۱۴). وقوع سیل و اثرهای آن در زمان‌های اخیر بی‌سابقه بوده است؛ به‌ویژه تغییرات آب‌وهوایی و تغییرات پیوسته در سطح آب دریا اهمیت جهانی دارد (انکاوونوو و همکاران ۲۰۱۵). افزایش تقاضای استفاده از منابع آب و تعدد کاربران، ارزیابی و برنامه‌ریزی منابع آب و استفاده‌ی پایدار از آن را ضروری کرده است (مالیکارجونا و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به جهانی بودن

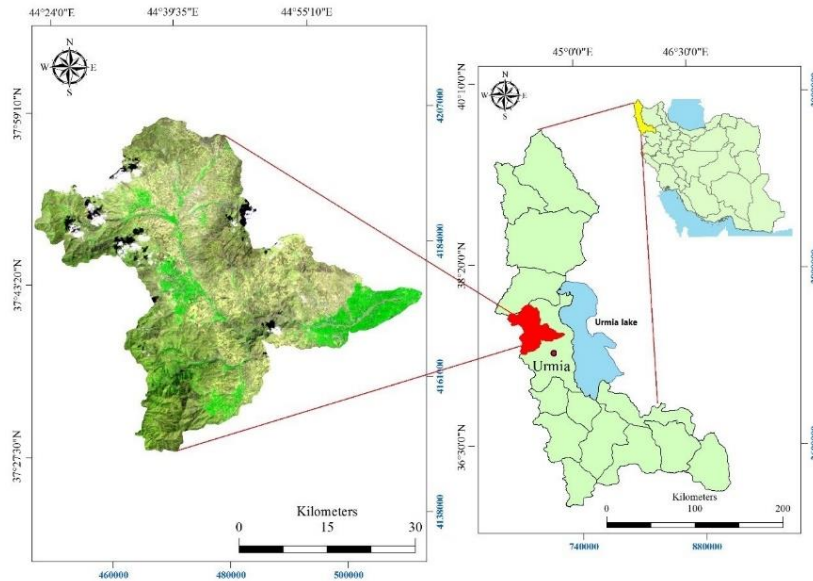
بحران آب، لزوم برنامه‌ریزی در حفظ منابع آب و استفاده‌ی بهینه از آن‌ها از مهم‌ترین برنامه‌های توسعه به شمار می‌رود (حسینی و همکاران ۲۰۱۳). مطالعه‌ی ارتباط بین تغییرات پوشش گیاهی و تغییرات مکانی رواناب، اساس برنامه‌ریزی مهار و تخصیص منابع آب است. مدیریت آبخیز براساس کنترل فرایندهای آب‌شناسی متعددی که در آن اتفاق می‌افتد و به‌طور عمده رواناب، اهمیت ویژه‌ای دارد (بین و هی ۲۰۱۲؛ لگادک و همکاران ۲۰۱۶). فرایند تولید رواناب تحت تأثیر عامل‌های متعددی است که کاربری زمین یکی از مهم‌ترین آن‌هاست (فانگ و همکاران ۲۰۱۲؛ ساجیکومار و ریما ۲۰۱۵). پژوهش‌های زیادی در ارتباط با تأثیر کاربری زمین بر رفتارهای آب‌شناسی در سطح

جهان صورت گرفته و ثابت شده است که تغییرات کاربری زمین تأثیر مستقیمی بر فرایندهای آب‌شناسی حوزه، به واسطه‌ی ارتباط آن با وضعیت تبخیر - تعرق از یک طرف و نوع پوشش زمین از طرف دیگر دارد (فیچره‌را و همکاران ۲۰۱۲؛ ساجیکومار و ریما ۲۰۱۵). با داشتن برنامه‌ریزی اصولی، رواناب حاصل از بارش می‌تواند در رفع مشکل کمبود آب مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی، به‌خصوص در شرایط خشکسالی، بسیار مؤثر باشد (بابیکالپانا و تانوشکودی ۲۰۱۱)؛ از طرف دیگر، اندازه‌گیری رواناب، پرهزینه و وقت‌گیر است و در بیشتر حوزه‌های آبخیز ایران، ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش یا رواناب یا وجود ندارد یا داده‌ها ناقص اند. داده‌های کامل و مطمئن، از مسائل جدی در پژوهش‌های مربوط به آب‌شناسی، منابع آب و طرح‌های آبخیزداری است (احمدی ندوشن و همکاران ۲۰۱۵؛ حجازی و مزبانی ۲۰۱۴). استفاده از روش‌هایی مانند RS و GIS نیز برای تهیه‌ی داده‌های پایه‌ی منابع آب ضرورت دارد (احمدی ثانی و همکاران ۲۰۱۶؛ صالح و حمید، ۲۰۱۷؛ کورس و اشنایدر ۲۰۱۸). کاربرد سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای تخمین رواناب حوزه‌ها در سال‌های اخیر به‌شدت افزایش یافته است (جاین ۲۰۱۰؛ پاچری و همکاران ۲۰۱۳؛ پانهالکار ۲۰۱۴؛ صالح و حمید ۲۰۱۷). یکی از چالش‌های اساسی آب‌شناس‌ها، برآورد کمی رواناب است که در فعالیت‌های عمرانی مختلف نقش کلیدی دارد. رایج‌ترین راه برآورد رواناب سطحی، روش SCS است (حجازی و مزبانی ۲۰۱۴؛ غفاری گیلانده و همکاران ۲۰۱۷) که در صورت استفاده از فن‌آوری‌هایی مانند RS و GIS، دقت و کارایی آن افزایش می‌یابد (کوستاچ و همکاران ۲۰۱۴؛ صالح و حمید ۲۰۱۷). در زمینه‌ی برآورد رواناب با کاربرد ابزار ArcCN-Runoff نیز مطالعات متعددی داخل و خارج کشور صورت گرفته است که بر استفاده و ارزیابی کمی نتایج آن تأکید شده است (ژان و هوانگ ۲۰۰۴؛ غفاری گیلانده و همکاران ۲۰۱۷). در این راستا جواد و همکاران (۲۰۱۲) به برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره‌ی منحنی با ابزار Arc CN-Runoff در حوزه‌ی آزارود پرداختند. شماره‌ی منحنی رواناب براساس عامل‌هایی مانند گروه آب‌شناسی خاک، کاربری زمین، پوشش زمین و شرایط آب‌شناسی تعیین شد. براساس نقشه‌ی ارتفاع رواناب ترسیم‌شده، متوسط رواناب حوزه ۳/۱۸ میلی‌متر است که نسبت به روش سنتی (۳/۹۸ میلی‌متر) دقت بیش‌تری دارد. محمدی و همکاران (۲۰۱۲) برای محاسبه‌ی رواناب

مستقیم از نرم‌افزار ArcGIS و روش NRCS-CN استفاده کردند. از ArcCN-Runoff نیز برای تهیه‌ی نقشه‌ی شماره‌ی منحنی و ارتفاع رواناب استفاده شد؛ سپس با مقایسه‌ی داده‌های مشاهداتی و محاسباتی و با کاربرد روش‌های آماری مختلف، نتیجه گرفتند که GIS و ArcCN-Runoff برای برآورد رواناب با شاخص تطابق ۰/۹۸ دقتی پذیرفتنی دارد. افشاری آزاد و پورکی (۲۰۱۳)، رواناب سطحی شهر رشت را با استفاده از روش SCS اندازه گرفتند و درصد گروه‌های آب‌شناسی خاک و حجم رواناب زیرحوزه‌ها را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که زیرحوزه‌های با درصد مساحت نفوذناپذیری بیشتر، حجم رواناب بیشتری دارند. ژان و هوانگ (۲۰۰۴) ابزار ArcCN-Runoff را برای تهیه‌ی نقشه‌ی شماره‌ی منحنی و رواناب در حوزه‌ی ایالت کانزاس (آمریکا) به‌کار بردند. نتایج آنها نشان داد که ابزار یادشده برای حفاظت از منابع آب در حوزه‌ها بسیار مفید است و در آینده باید با در نظر گرفتن عامل‌های بیشتر در برآورد رواناب بهبود داده شود. دامز و همکاران (۲۰۱۳) در حوزه‌ی آبخیز کلین‌نت در بلژیک، به تهیه‌ی نقشه‌ی سطوح نفوذناپذیر با استفاده از روش سنجش از دور، برای کاربرد در شبیه‌سازی‌های آب‌شناسی پرداختند. بنابر اهمیت برآورد رواناب خروجی و حجم سیلاب آن‌ها برای مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، در این مطالعه سعی شده است تا از روش GIS برای تهیه‌ی اطلاعات لازم و اساسی در به‌دست‌آوردن رواناب مستقیم با استفاده از روش شماره‌ی منحنی استفاده شود. هدف از این مطالعه، ارزیابی روش شماره‌ی منحنی، برای برآورد رواناب با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای حوزه‌های بدون ایستگاه است.

مواد و روش‌ها منطقه‌ی پژوهش

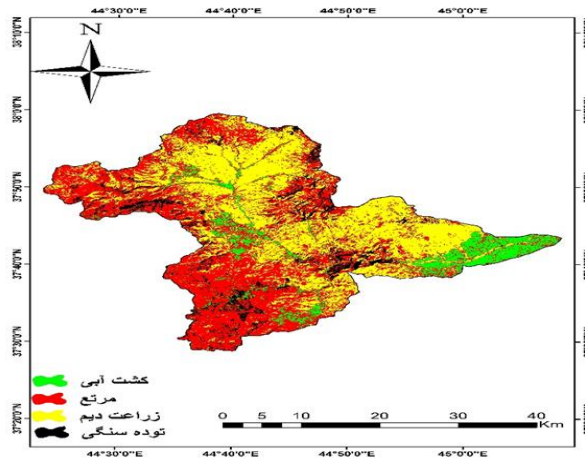
حوزه‌ی آبخیز نازلوچای در استان آذربایجان غربی، غرب دریاچه‌ی ارومیه، در شمال غربی شهرستان ارومیه است. این حوزه یکی از زیرحوزه‌های دریاچه‌ی ارومیه است، با کشور ترکیه مرز مشترک دارد، و مساحت کل آن ۱۵۲۲۶۷ هکتار است. محدوده‌ی مطالعاتی بین ۲۴° ۴۴' تا ۵۳° ۴۵' طول شرقی و ۳۰° ۳۷' تا ۵۸° ۳۷' عرض شمالی است (شکل ۱). ارتفاع متوسط زمین ۱۴۲۰ متر از سطح دریای آزاد است. میانگین بارندگی سالانه‌ی حوزه‌ی نازلوچای حدود ۳۰۰ میلی‌متر برآورد شده است.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز نازلوچای.

کاربرد روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و ترکیب نواری ۷۴۲ با استفاده از نرم‌افزار ۴/۷ ENVI در چهار طبقه‌ی زراعت آبی، زراعت دیم، مرتع و زمین‌های با پوشش کم یا برون‌زدگی سنگی و با دقت ضریب کاپا ۰/۸۵ تهیه شد (شکل ۲).

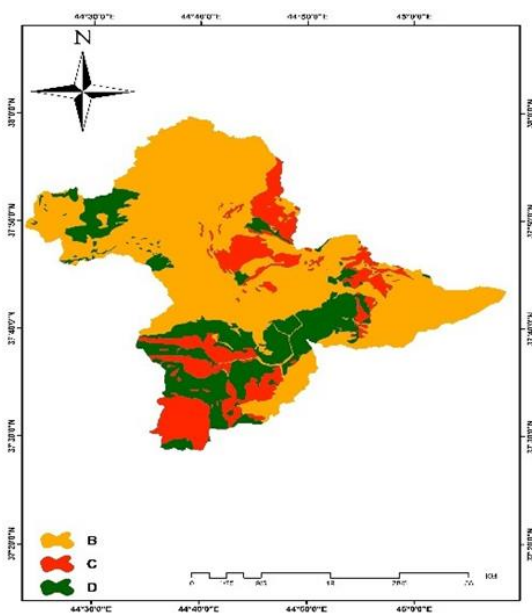
نقشه‌ی کاربری زمین
برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری زمین منطقه، تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ در فصل رویش گیاهان مربوط به ۱۹ جولای سال ۲۰۱۷ انتخاب و از پایگاه USGS دانلود شد. پس از انجام دادن تصحیح هندسی، با



شکل ۲- نقشه‌ی کاربری زمین حوزه آبخیز نازلوچای.

بر بافت، عمق و سرعت نفوذپذیری خاک زیرین، نقشه‌ی گروه‌های آب‌شناسی خاک با توجه به استاندارد گروه‌های خاک انجمن حفاظت خاک آمریکا تهیه می‌شود (غویی ۲۰۱۶). در این مطالعه، نقشه‌ی گروه‌های آب-شناسی براساس نقشه‌ی خاک، شیب و کاربری اراضی حوزه تهیه شد (شکل ۳).

نقشه‌ی گروه‌های آب‌شناسی خاک
این نقشه با استفاده از نقشه‌ی خاک‌شناسی حوزه، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، همچون بافت، ساختمان، سنگریزه، عمق و همچنین نوع سنگ بستر، سرعت نفوذپذیری خاک زیرین و پوشش گیاهی تعیین می‌شود. با استفاده از این خصوصیات، عمدتاً با تکیه



شکل ۳- نقشه‌ی گروه آب‌شناسی خاک حوزه‌ی آبخیز نازلوجای.

آب‌شناسی مبتنی بر سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی توجه نشان داده اند. یکی از این ابزارها ArcCN-Runoff است که هوانگ و ژانگ (۲۰۰۴) برای تعیین ارتفاع و حجم رواناب براساس روش SCS ارائه کرده‌اند. از ویژگی‌های این ابزار، محاسبه‌ی شماره‌ی منحنی و رواناب برای هر چندضلعی به صورت جداگانه است.

ورودی ابزار ArcCN-Runoff

ابتدا لایه‌ی کاربری زمین و گروه آب‌شناسی خاک منطقه تهیه می‌شود؛ سپس دو لایه با دستور Perform Intersect در ابزار Arc CN Runoff با هم تلفیق می‌شود.

جدول شاخص Index

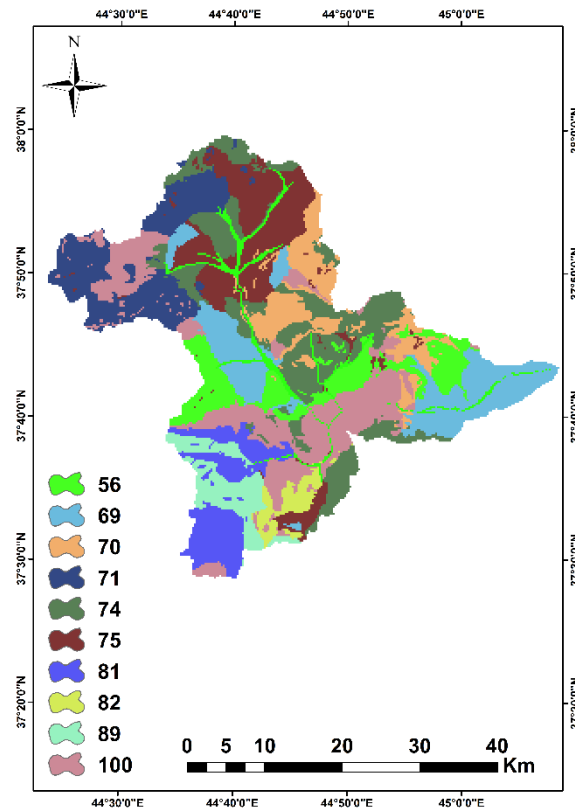
در این جدول، مقدار شماره‌ی منحنی (CN) برای هر یک از گروه‌های آب‌شناسی خاک با توجه به نوع کاربری زمین‌ها، براساس جدول‌های مربوطه از منابع استخراج می‌شود. این جدول را می‌توان در Excel ویرایش کرد.

نقشه‌ی شماره‌ی منحنی رواناب

رواناب از متغیرهای آب‌شناسی بسیار مهم در بیش‌تر کاربردهای منابع آب است. پیش‌بینی اطمینان‌پذیر از کیفیت و نسبت رواناب سطح زمین داخل رودخانه‌ها دشوار است و برای حوزه‌هایی که داده‌های اندازه‌گیری شده ندارند، زمان زیادی باید صرف شود تا این پیش‌بینی به دست آید (نایاک و جیسوال ۲۰۰۳). روش‌های مختلفی برای محاسبه‌ی شدت رواناب وجود دارد. یکی از روش‌های تخمین رواناب، روش شماره‌ی منحنی رواناب SCS است. در روش SCS برای تعیین بارش مازاد یا رواناب نیاز به محاسبه‌ی تلفات بارش (S) است که به وسیله‌ی رابطه‌ای با یک عامل بدون بعد، به نام شماره‌ی منحنی (CN) به روشی که در پی‌می‌آید محاسبه می‌شود (مهدوی ۲۰۱۵).

ابزار ArcCN-Runoff

پژوهشگران و دانشمندان جهان در دهه‌های اخیر به توسعه‌ی مدل‌های



شکل ۴- نقشه‌ی CN به دست آمده با ابزار ArcCN-Runoff.

$$S = \frac{25400 - 254}{CN}$$

معادله‌ی ۲:

CN = شماره‌ی منحنی حوزه

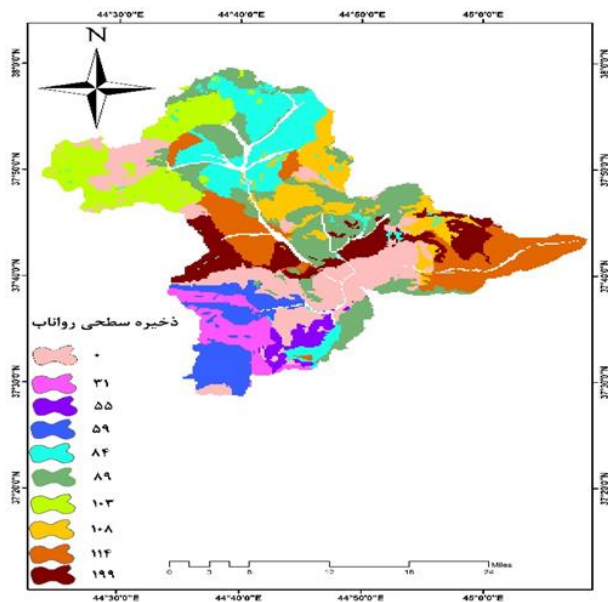
با داشتن نقشه‌ی بارندگی و نقشه‌ی نگاه‌داشت سطحی (شکل ۵) در Arc GIS ۱۰٫۲ با استفاده از دستور Raster Calculator و معادله‌ی ارتفاع رواناب در روش SCS نقشه‌ی ارتفاع رواناب حوزه به دست آمد (شکل ۶). نقشه‌ی ارتفاع رواناب به پنج طبقه‌ی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شده است.

محاسبه‌ی بارش مازاد با استفاده از روش SCS

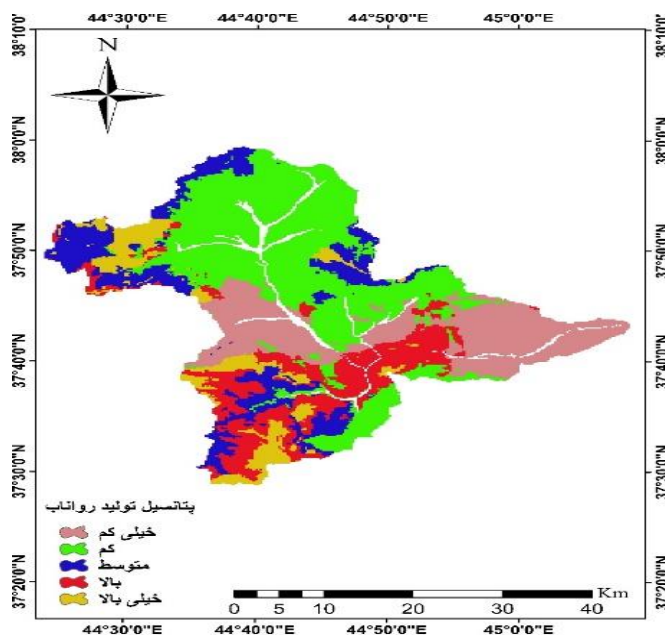
برای برآورد بارش اضافی (مازاد) از روش SCS به دلیل کارایی و دقت مناسب آن استفاده شده است. در این روش ارتفاع رواناب ناشی از باران از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید (مهدوی ۲۰۱۵):

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

که در آن Q = ارتفاع رواناب (mm)؛ S = ارتفاع مربوط به ربایش و نفوذ در خاک و ذخیره‌ی سطحی (mm) است که با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:



شکل ۵- نقشه‌ی نگاه‌داشت سطحی حوزه‌ی آبخیز نازلوچای.



شکل ۶- نقشه‌ی ارتفاع رواناب حوزه‌ی آبخیز نازلوچای.

دقت محاسبات را افزایش دهد. ملایی (۲۰۰۳) نیز برای محاسبه‌ی حجم رواناب حوزه‌ی فیله خاصی زنجان از روش SCS، بر توانایی GIS، در تعیین سریع‌تر و دقیق‌تر نقشه‌ی شماره‌ی منحنی تأکید کرده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، بیشینه‌ی شماره‌ی منحنی، مربوط به توده‌ی سنگی و کمینه‌ی آن مربوط به زمین‌هایی با پوشش خوب است. بالا بودن مقدار متوسط وزنی شماره‌ی منحنی نشانگر نفوذپذیری کم حوزه و افزایش احتمال وقوع سیل به‌دلیل داشتن

بحث و نتیجه‌گیری

از آن‌جاکه بیشترین کاربرد نقشه‌ی شماره‌ی منحنی، در تبدیل بارش به رواناب است؛ می‌توان از نقشه‌ی شماره‌ی منحنی تهیه‌شده برای بسیاری از مطالعات آب‌شناسی حوزه استفاده کرد. در پژوهش حاضر از توانایی نرم‌افزار GIS در تهیه‌ی نقشه‌های کاربری زمین، گروه‌های آب‌شناسی خاک و محاسبه‌ی شماره‌ی منحنی SCS برای گروه‌های خاک استفاده و مشخص شد که این ابزار می‌تواند سرعت عمل و

باشد. شکل ۴ نشان می‌دهد که مقدار شماری منحنی برای بیشتر قسمت‌های حوزه‌ی آبخیز زیاد، و شرایط برای وقوع جریان‌های سیلابی فراهم است؛ در نتیجه، هدرروی آب و فرسایش خاک زیادی در پی خواهد داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

ابزار GIS ترکیبی از سخت‌افزارها، نرم‌افزار و اعمال مدیریتی است که با آن می‌توان با رقومی کردن موقعیت‌های جغرافیایی و اعمال توابع مختلف، مراحل تحلیل و نتیجه‌گیری از داده‌ها و تهیه‌ی نقشه‌ها را با دقتی بیشتر از روش‌های دستی و سنتی انجام داد. این ابزار در تمام مطالعات محیطی به‌طور گسترده استفاده می‌شود، و لازم است در مطالعات منابع آب نیز بیش از پیش به آن توجه شود. در این پژوهش، به یکی از راه‌های استفاده از GIS پرداخته شد که این روش می‌تواند در پژوهش‌ها و اقدامات مطالعاتی و اجرایی سازمان‌ها نیز استفاده شود. افزون بر این، نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی می‌تواند برای مدیران منطقه در شناخت بهتر خصوصیات منطقه و برگزیدن اقدام‌های مدیریتی مناسب، مفید و کاربردی باشد.

خاک‌های لای است که هدرروی آب و فرسایش خاک زیادی را نیز در پی دارد. با توجه به وضعیت مرتع منطقه، به‌دلیل چرای بیش‌ازحد و کاهش پوشش گیاهی منطقه، وضعیت آب‌شناسی مراتع ضعیف شده است و این امر بیانگر توان بالای ایجاد رواناب در آن منطقه است؛ در نتیجه باید اقداماتی اساسی برای جلوگیری از ایجاد رواناب منجر به سیل در مواقع بارش صورت گیرد. این شرایط نیازمند اجرای اقدامات اساسی در جهت افزایش پوشش گیاهی شامل عملیات چاله‌کندن و جویچه‌ی تراز همراه با طرح‌های افزایش پوشش گیاهی، عموماً به‌صورت بوته‌کاری و بذرپاشی گیاهان مرتعی در حوزه است، و بارش ۳۰۰ میلی‌متری منطقه می‌تواند رطوبت کافی را برای موفقیت آنها فراهم کند. البته لازم است که در اجرای هر یک از این اقدامات شرایط محیطی لازم مانند شیب و بافت خاک بررسی شود. اجرای این اقدامات اصلاحی می‌تواند شرایط را برای گسترش پوشش گیاهی و کاهش رواناب منطقه مساعدتر کند. استقرار سامانه‌ی جمع‌آوری آب باران نیز با توجه به نفوذپذیری کم خاک منطقه می‌تواند مؤثر باشد و از آن در افزایش پوشش گیاهی و دیگر مصارف استفاده شود. شماری منحنی هر حوزه می‌تواند بیانگر شرایط خاک و پوشش گیاهی آن

منابع

- Afshari Azad MR, Porky H. 2013. Estimation of surface runoff in Rasht. *Geographical Space*. 12(37): 121–140. (In Persian).
- Ahmadi Nedoshan M, Sofianian A, Khajeddin SJ. 2015. Land cover changes in Arak city using remote sensing and GIS. *Journal of Environmental Science and Technology*. 16(1): 381–393. (In Persian).
- Ahmadi-Sani N, Babaie-Kafaky S, Pukkala T, Mataji A. 2016. Integrated use of GIS, remote sensing and multi-criteria decision analysis to assess ecological land suitability in multi-functional forestry. *Journal of Forestry Research*. 27(5): 1127–1135. (In Persian).
- Babykalpana Y, Thanushkodi K. 2011. Classification of land use/ land cover change detection using remotely sensed data. *International Journal on Computer Science and Engineering*. 3(4): 1638–1644.
- Coștache R, Fontanine I, Corodescu E. 2014. Assessment of surface runoff depth changes in Sărățel River Basin. Romania using GIS techniques. *Central European Journal of Geosciences*. 6(3): 363–372.
- Dams J, Dujardin J, Reggers R, Bashir I, Canters F, Batelaan O. 2013. Mapping impervious surface change from remote sensing for hydrological modeling. *Journal of Hydrology*. 485: 84–95.
- Fang NF, Zhi-Hua Sh, Lu L, Zhong-Lu G, Qian-Jin L, Lei A. 2012. The effects of rainfall regimes and land use changes on runoff and soil loss in a small mountainous watershed. *Catena*. 99: 1–8.
- Fichera CR, Modica G, Pollino M. 2012. Land classification and change detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics. *European Journal of Remote Sensing*. 45(1): 1–18.
- Ghaffari Gilandeh A, Sobhani B, Babakandi E. 2017. Estimate of curve number and runoff height in Arc-GIS (Case study: Meshkinshahr City). *Hydrogeomorphology*. 3(9): 159–175. (In Persian).
- Ghoie S. 2016. Erosion risk assessment using network analysis and geographic information system in Cham Bagh-Khorramabad watershed. M.Sc. thesis. Department of Geomorphology. Shahid Beheshti University. 130 pp. (In Persian).
- Green C, Diepernk G, Hegger D, Pettersson M, Priest S, Tapsell S. 2013. Flood risk management in Europe: The flood problem and Interventions, Star Flood. Volume 1: 101 p. Utrecht University.
- Hasani M, Malekian A, Rahimi M, Samiei M, Khamoshi M.

2013. Effectiveness of some baseline separation methods in rivers of arid and semiarid regions. *Aridboim*. 2(2): 10–22. (In Persian).
- Hejazi AA, Mazbani M. 2015. Estimation of height and maximum discharge of runoff using curve number method. *Hydro geomorphology*. 2(5): 63–81. (In Persian).
- Jain SK, Goswami A, Saraf A. 2010. Assessment of snowmelt runoff using remote sensing and effect of climate change on runoff. *Water Resource Management*. 4(9): 1763–1777.
- Javadi MR, Mirdar Harijani F, Chatr Simab Z. 2012. Estimating runoff height using curve number method in ArcGIS with Arc CN-Runoff tool (Case study: Azadrud Watershed). *Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems in Planning*. 2(3): 55–62. (In Persian).
- Korres W, Schneider K. 2018. GIS for hydrology In: Huang, B. (Ed.), *Comprehensive Geographic Information Systems*. 2: 51–80. Oxford: Elsevier.
- Lagadec LR, Patrice P, Braud I, Chazelle B, Moulin L, Dehotin J, Breil P. 2016. Description and evaluation of a surface runoff susceptibility mapping method. *Journal of Hydrology*. 541: 495–509.
- Mahdavi M. 2015. *Applied hydrology*. Tehran University Press. 360 P. (In Persian).
- Mallikarjuna V, Prasad RK, Udaya B, Sai L. 2012. Watershed modeling of Krishna Delta, using GIS and remote sensing techniques. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 4(11): 4539–4545.
- Mohammadi M, Khazaei S, Sheikh VB. 2012. Using GIS to estimate runoff height using curve number method. *Geomatics Conference*. 15-17 May, Tehran. 1–8. (In Persian).
- Molayi A. 2003. Assessment of curve number for estimation of runoff volume using GIS. *Proceeding of 6th International Conference on River engineering*. Shahid Chamran University. 1139–1144.
- Nayak RT, Jaiswal RK. 2003. Rainfall-Runoff modeling using satellite data and GIS for Bebas River in Madhta Pradesh. *Journal of the Institution of Engineers*. 84: 47–50.
- Nkwunonwo UC, 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*. 16(2): 349–369.
- Pachri H, Mitani Y, Ikemi H, Djameluddin I, Morita A. 2013. Development of water management modeling by using GIS in Chirchik River Basin. *Procedia Earth and Planetary Science*. 6: 169–176.
- Panhalkar S. 2014. Hydrological modeling using SWAT model and geoinformatic techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. 17(2): 197–207.
- Sajikumar N, Remya RS. 2015. Impact of land cover /land use change on runoff characteristics. *Journal of Environmental Management*. 161: 468–460.
- Salih AA, Hamid AA. 2017. Hydrological studies in the Nile State in Sudan. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 20(1): 31–38.
- Ward PJ, Eisner S, Florke M, Dettinger MD, Kummer M. 2014. Annual flood sensitivities to El Nino-southern oscillation at the global scale. *Hydrology and Earth System Sciences*. 18(1): 47–66.
- Yin J, He F. 2012. Researching relationship between the change of vegetation cover and runoff based on RS and GIS. *Procedia Environmental Sciences*. 12: 1077–1081.
- Zhan X, Huang ML. 2004. ArcCN-Runoff: A tool for generating curve number and runoff maps. *Environmental Modeling and Software*. 19(10): 875–879.

