مجله آمایش جغرافیایی فضا
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال سوم/ شماره مسلسل هشتم/ تابستان ۱۳۹۲

تعیین عوامل مؤثر در پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز دره‌شهر بر اساس مناطق همگن هیدرولوژیک

کاظم نصرتی[۱*]، محمود احمدی[۱]، محمدرضا ثروتی[۲] و مهدی مزبانی[۳]

[۱] استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲] دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۳] دانش‌آموخته ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۰

چکیده

برآورد معتبر پتانسیل سیل‌خیزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با فقدان یا کمبود داده‌ها برای مدیریت سیل بسیار مهم است. یکی از روش‌ها در برآورد پتانسیل سیل‌خیزی، روش شماره منحنی (CN) مربوط به سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) است که در مقیاس زیرحوضه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش پتانسیل سیل‌خیزی و شناخت عوامل مؤثر در رخداد آن در زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیک حوضه دره‌شهر مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند. به این منظور منطقه مورد مطالعه بر اساس ۲۳ پارامتر مختلف با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به سه منطقه همگن هیدورلوژیک همگن‌بندی شد. سپس برای برآورد رواناب و دبی حداکثر هر کدام از زیرحوضه‌ها و مناطق همگن از روش شماره منحنی استفاده شد. لایه‌ها و اطلاعات مورد نیاز شامل لایه کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک و حداکثر بارش ۲۴ ساعته، مقادیر CN و نفوذ (S)، ارتفاع رواناب (Q) و دبی حداکثر (Q max) برای هرکدام از زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیک محاسبه شد. در نهایت جهت شناخت عوامل موثر بر دبی حداکثر هر کدام از زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیک تحلیل عاملی بر اساس ۲۰ پارامتر انجام گردید. نتایج نشان داد که در زیرحوضه‌ها دو پارامتر فیزیوگرافی (مساحت و تراکم زهکشی) و در مناطق همگن هیدورولوژیک ۶ پارامتر فیزیوگرافی (مساحت، طول آبراهه اصلی، جمع کل آبراهه‌ها، تراکم شبکه زهکشی، نسبت انشعاب و زمان تمرکز) در پتانسیل سیل‌خیزی مؤثر می‌باشند. همچنین در مناطق همگن هیدرولوژیک پارامترهای درصد مساحت جنگل، درصد مساحت مرتع و درصد سازند با نفوذپذیری

[*] مسئول مکاتبه: k_nosrati@sbu.ac.ir

زیاد نیز در پتانسیل سیل‌خیزی به‌عنوان پارامترهای با بار عاملی بالا انتخاب شدند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در برآورد پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از روش شماره منحنی در مناطق همگن هیدرولوژیک از دقت بالاتری نسبت به زیرحوضه‌ها برخوردار می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: CN، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل عاملی، مناطق همگن هیدرولوژیک، حوزه آبخیز دره‌شهر

مقدمه

سطح مناطق سیل‌خیز کشور حدود ۹۱ میلیون هکتار برآورد گردیده است و به عبارتی ۵۵ درصد از سطح کشور در تولید رواناب مستقیم و سریع نقش داشته که حدود ۴۲ میلیون هکتار آن دارای شدت سیل‌خیزی متوسط تا خیلی زیاد است (شعبانلو و همکاران، ۱۳۸۷). تاکنون روش‌هایی که برای تعیین مناطق سیل‌خیز استفاده شده بیشتر بر پایه روش‌های نموداری و فرمول‌های تجربی، تحلیل آماری داده‌های سیلاب، تفکیک حوضه به تعدادی زیرحوضه، داده‌های دورسنجی و GIS، مدل‌های ریاضی و رایانه‌ای بارش و رواناب بوده و بیشتر از دیدگاه تولید سیل در سطح حوضه‌ها مطرح شده است. به دنبال این مطالب سرویس حفاظت خاک آمریکا[1] در سال ۱۹۵۴، روش شماره منحنی[2] را برای محاسبه بارش مازاد ارائه نمود. بر مبنای این روش در یک رگبار، همیشه بارش اضافی یا رواناب مستقیم کوچکتر یا مساوی بارش کل می‌باشد (Chow، ۱۹۶۴). در این روش، تعیین شماره منحنی رواناب که تابعی از ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، پوشش گیاهی است، ضروری می‌باشد. این روش بیشتر برای حوضه‌های آبخیزی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد، بکار می‌رود (Inci tekel و همکاران، ۲۰۰۶).

Zhan و Huang (۲۰۰۴) از Arc CN-Runoff که یکی از ابزاهای GIS می‌باشد، برای تعیین شماره منحنی‌ها و محاسبه نفوذ رواناب برای یک بارندگی در دو حوضه در کانزاس[3] ایالات متحده آمریکا اقدام کردند. Sarangi و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی به پیش‌بینی سطح رواناب حوضه‌های فاقد اندازه‌گیری در زیرحوضه‌های بانهای[4] هند اقدام کردند. برای انجام این تحقق از مدل‌های شماره منحنی و هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی (GIUH) استفاده شد. نتایج نشان داد که روش ED-GIUH برای وقوع بارش‌های کمتر از ۶ ساعت کارامدتر است و برای وقوع بارش‌های بزرگتر از ۶

1- Soil Conservation Service, SCS
2- Curve Number, CN
3- Kansas
4- Banha

ساعت این روش در مقایسه با روش CN برای پیش‌بینی دقیق سطح رواناب موفق نبوده است. در مقابل روش CN برای حوضه بدون اندازه‌گیری شده با داشتن ویژگی‌های ژئومورفولوژی یکسان کارامدتر است. Amutha و Porchelvan (۲۰۰۹) با استفاده از روش شماره منحنی به برآورد رواناب سطحی در زیر حوضه مالاتار[1] پرداختند. آنها با گردآوری بارش روزانه و ماهانه ایستگاه بارانسنج گادیاتام برای سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۷۱ به پیش‌بینی و برآورد رواناب روزانه، ماهانه و سالانه حوضه اقدام کردند. امیدوار و همکاران (۱۳۸۹) با به‌دست آوردن ۲۸ پارامتر ژئومتری، فیزیوگرافی، نفوذپذیری و اقلیمی در ۲۹ زیرحوضه از حوزه آبخیز کنجانچم استان ایلام به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی اقدام کردند. در این پژوهش از روش‌های آماری تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای استفاده شده است. پارامترها در قالب ۵ عامل اصلی (شکل، آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب) خلاصه‌سازی شدند و بر اساس امتیاز عاملی، منطقه مورد مطالعه به ۵ دسته با سیل‌خیزی زیاد، نسبتاً زیاد، متوسط، نسبتاً کم و کم تقسیم گردید. همچنین در این تحقیق با استفاده از تحلیل خوشه‌ای زیر حوضه‌ها به ۴ منطقه همگن از لحاظ سیل‌خیزی گروه‌بندی شدند. عطایی و شیران (۱۳۹۰) به‌منظور شناسایی زیرحوضه‌های همگن دشت کرون از ۱۳ متغیر کمی با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به روش طبقاتی و روش فازی استفاده کردند. در هر دو روش خوشه‌بندی، سه دسته زیرحوضه از هم تفکیک شدند که نشان می‌داد نتایج دو روش فازی و طبقاتی با اندکی جابه‌جایی در گروه‌ها مشابه بوده است. در پایان از روش تحلیل توصیفی برای بررسی ویژگی‌های توصیفی زیرحوضه‌ها استفاده شد و از این نظر نیز دسته‌بندی نظری زیرحوضه‌ها در سه گروه مشابه با توجه به توان سیل خیزی صورت گرفت که با خوشه‌های حاصل از روش تحلیل کمی مشابهت نشان می‌داد.

تحلیل خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری است که در زمینه کاهش داده‌ها و پیدا کردن گروه‌های واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد و هدف از آن تشکیل گروه‌های همگن از افراد مختلف است (Gerstengarbe و همکاران، ۱۹۹۹). تحلیل عاملی نیز، روش آماری چند متغیره‌ای است که هدف آن شناخت سازوکارهای مؤثر، یا ساده کردن مجموعه‌های پیچیده و مختلفی است که بین متغیرهای مشاهده‌ای وجود دارد (Gonzalez Vazquez و همکاران، ۲۰۰۵). در این مطالعه از روش تحلیل عاملی برای شناخت عوامل و میزان تأثیرگذاری آنها بر سیل‌خیزی مناطق همگن و زیرحوزه‌ها استفاده شده است.

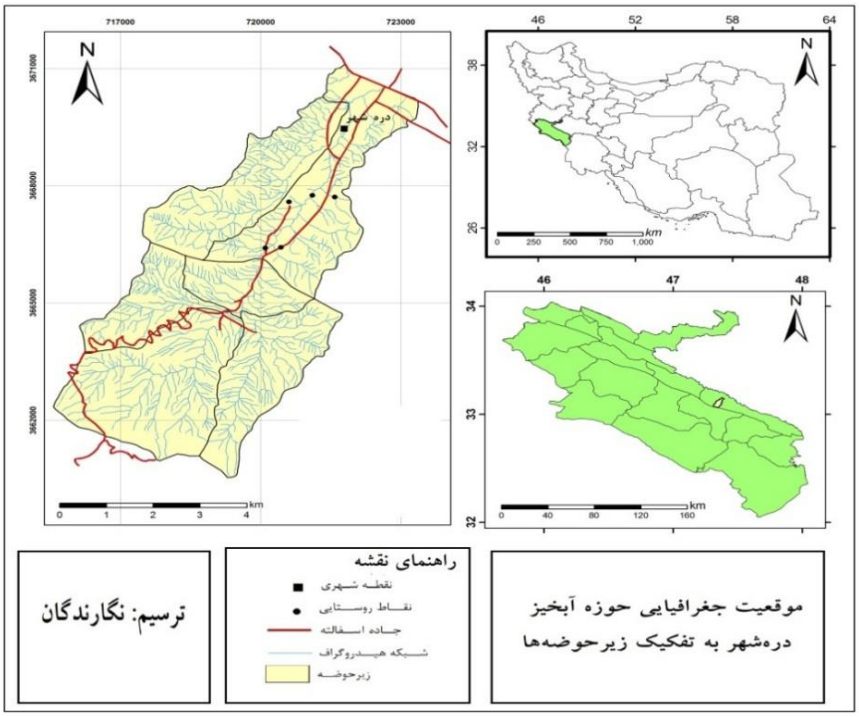
با بررسی منابعی که در زمینه سیل‌خیزی صورت گرفته است، مشخص شد که سیل‌خیری در مناطق همگن هیدرولوژیک کمتر مورد بررسی قرار گرفته است و اکثر مطالعات به بررسی سیل‌خیزی در حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها اقدام کرده‌اند. بنابراین هدف از این پژوهش تعیین عوامل مؤثر در سیل‌خیزی با استفاده از روش شماره منحنی در مناطق همگن هیدرولوژیک و زیرحوزه‌ها و مقایسه نتایج آن‌ها می‌باشد.

1- Malttar

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد پژوهش

حوزه آبخیز دره‌شهر یکی از زیرحوضه‌های حوزه آبخیز سیمره می‌باشد که در مختصات جغرافیایی "۴۱ ‘۱۸ °۴۷ تا "۳۰ ‘۲۳ °۴۷ طول شرقی و "۴۴ ‘۳ °۳۳ تا "۱۸ ‘۹ °۳۳ عرض شمالی قرار گرفته است. این حوضه با مساحت ۳۶۶۸/۲ هکتار و ارتفاع متوسط ۱۰۰۷/۴ متر در شهرستان دره شهر استان ایلام واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۱۹۴۱ متر و حداقل آن نیز ۶۳۷ متر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در ضلع غربی رودخانه سیمره و ۱۳۰ کیلومتری جنوب شرقی ایلام قرار گرفته است که از شمال به دشت دره‌شهر (دشت در جنوب رودخانه سیمره واقع شده است) از جنوب به حوزه آبخیز آبدانان، از شرق به حوزه آبخیز شیخ مکان و از غرب به حوزه آبخیز سیکان محدود می‌شود (مهندسین مشاور آبخیزان، ۱۳۸۸).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز دره‌شهر به تفکیک زیرحوضه‌ها

داده‌ها و اطلاعات پژوهش

حدود حوزه آبخیز دره‌شهر با استفاده از نقشه توپوگرافی برگه دره‌شهر زون ۳۸ در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح) استخراج گردید. از نقشه زمین‌شناسی برگه کبیرکوه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ که حوزه آبخیز سراب دره‌شهر از آن استخراج و رقومی شد. به‌منظور تعیین نفوذپذیری هر یک از سازندهای موجود در حوضه از نقشه زمین‌شناسی و بافت خاک استفاده گردید. گروه‌های هیدرولوژیک خاک‌های با استفاده از نقشه بافت خاک محاسبه شد. همچنین کاربری‌های اراضی (وضعیت اراضی بهره‌برداری) حوضه دره‌شهر با استفاده از عکس هوایی منطقه تعیین شد. نقشه پوشش گیاهی حوضه با استفاده از عکس هوایی منطقه تعیین و وضعیت تراکم مراتع و پوشش جنگلی، شدت چرا و میزان آتش‌سوزی هریک از زیرحوضه‌ها بر اساس پیمایش صحرایی و نمونه‌برداری مشخص شده است. تمامی نقشه‌ها بر اساس پیمایش صحرایی بروزرسانی شدند. برای تعیین حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته نیز از آمار حداکثر بارندگی روزانه ۹ ایستگاه مجاور حوضه در طول دوره آماری (۱۳۸۷-۱۳۵۵) سازمان مدیریت منابع آب ایران استفاده گردیده است.

همگن‌بندی منطقه مطالعاتی به مناطق همگن هیدرولوژیک

انجام مراحل لازم جهت تعیین CN در روش SCS با تعیین میزان نفوذپذیری در واحدهای مطالعاتی مقدور می‌باشد. از اینرو واحدهای مطالعاتی انتخابی بهتر است از شرایط همگنی از نظر عوامل موثر بر نفوذپذیری در سطوح حوزه‌های آبخیز برخوردار باشند. یکی از روش‌های همگن‌سازی روش تحلیل خوشه‌ای است. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای عبارت است از، هنر یافتن گروه‌های مشابه در داده‌ها (Kafman & Rousseeuw, 1990). هدف از تحلیل خوشه‌ای گروه‌بندی متغیرهاست به طوری که متغیرهای داخل یک گروه تا حد امکان همگن باشند، اما خصوصیات آنها بین دیگر گروه‌ها دارای وجه تمایز باشد (Stahl & Demuth, 1999). در پژوهش حاضر واحدهای همگن هیدرولوژیک، در محیط SPSS با استفاده از آماره تحلیل خوشه‌ای بر اساس روش Between-groups linkage و با فاصله همبستگی پیرسون تعیین شده‌اند. به منظور تعیین مناطق همگن هیدرولوژیک، از ۲۳ پارامتر شامل ۱۳ پارامتر فیزیوگرافی، درصد نفوذپذیری سازندهای زمین‌شناسی (۵ پارامتر)، کاربری اراضی (۴ پارامتر) و میانگین بارش سالانه استفاده شده که هر کدام از این پارامترها در محیط Arc GIS برای ۶ زیرحوضه دره‌شهر محاسبه شده است (جدول ۱)، استفاده گردید.

جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده در تعیین مناطق همگن هیدرولوژیک

پارامترها	زیرحوضه۱	زیرحوضه۲	زیرحوضه۳	زیرحوضه۴	زیرحوضه۵	زیرحوضه۶
میانگین بارش سالانه(mm)	۴۴۴/۹	۴۴۵/۲	۴۴۱/۸	۴۳۹/۴	۴۳۹/۲	۴۳۸/۲
مساحت(km^2)	۹/۴	۵/۷	۳/۵	۲/۸	۶/۶	۸/۵
کمینه ارتفاع(متر)	۸۰۰	۷۸۷	۸۰۹	۷۴۲	۶۴۳	۶۲۸
بیشینه ارتفاعی	۱۸۶۵	۱۹۲۳	۱۴۷۰	۱۲۴۵	۱۳۱۲	۱۲۰۹
ارتفاع متوسط	۱۰۶۵	۱۱۳۶	۶۶۱	۵۰۳	۶۶۹	۵۸۱
طول آبراهه اصلی(km)	۵/۵	۴/۹	۳/۸	۱/۹	۶/۶	۵/۹
جمع کل آبراهه‌ها	۵۸/۶	۴۳/۳	۲۶/۳	۲۰	۵۱/۴	۴۵/۶
تراکم زهکشی	۶/۲	۷/۵	۷/۵	۷/۱	۷/۷	۵/۳
نسبت انشعاب	۳/۵	۳/۹	۳/۹	۳/۱	۵/۲	۳/۷
شکل حوضه (هورتون)	۰/۳	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۷	۰/۱۵	۰/۲۴
ضریب گراویلیوس	۱/۱۸	۱/۴۸	۱/۵۲	۱/۲۷	۱/۵۱	۱/۷۷
زمان تمرکز	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۱۹	۰/۶۹	۰/۶۴
طول مستطیل معادل	۴/۲۹	۵/۲۷	۴/۲۹	۲/۸۰	۵/۸۱	۸/۲۱
عرض مستطیل معادل	۲/۲۰	۱/۰۸	۰/۸۱	۱	۱/۱۴	۱/۰۳
درصد مساحت جنگل	۶۲/۶	۲۲/۵	۹۵/۱	۲۱/۷	۲۷/۱	۷/۲
درصد مساحت مراتع	۳۷/۴	۷۷/۵	۴/۹	۷۸/۳	۶۴/۱	۳۳/۴
درصد مساحت اراضی شهری	۰	۰	۰	۰	۵/۸	۲۸/۳
درصد مساحت اراضی کشاورزی	۰	۰	۰	۰	۳	۳۱/۲
درصد سازند با نفوذپذیری خیلی کم	۳/۲	۱۶/۵	۲۴/۳	۱۰/۶	۰	۰
درصد سازند با نفوذپذیری کم	۰	۰	۰	۰	۷۵/۴	۵۵/۱
درصد سازند با نفوذپذیری متوسط	۲/۳	۱۸/۹	۲۷/۸	۶۳/۹	۰	۰
درصد سازند با نفوذپذیری زیاد	۱۸	۲۲/۱	۴۷/۹	۲۵/۵	۱۰/۲	۷/۷
درصد سازند با نفوذپذیری خیلی زیاد	۷۶/۵	۴۲/۷	۰	۰	۱۴/۴	۳۷/۲

برآورد رواناب و دبی حداکثر سیل

یکی از روش‌های تخمین رواناب در حوضه‌های فاقد اندازه‌گیری دبی، روش شماره منحنی رواناب سازمان حفاظت خاک آمریکا است. در روش SCS تعیین شماره منحنی که تابعی از ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، خصوصیات هیدرولوژیکی مانند رطوبت پیشین خاک می‌باشد ضروری است. روش SCS,

CN به سبب سادگی آن خیلی سریع به یکی از رایج‌ترین روش‌ها در میان مهندسین و کارشناسان تبدیل شد و اساساً برای حوضه‌های کوچک شهری و کشاورزی، حوضه‌های طبیعی متوسط و همچنین برای حوضه‌هایی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد بکار می‌رود (Mishra et al., 2006). علاوه بر این مدلی است پیش‌بینی کننده که ورودی‌های محیطی را بخوبی ثبت می‌کند و روش تأیید شده‌ای است که به‌طور گسترده‌ای در آمریکا و دیگر کشورها مورد پذیرش قرار گرفته است (Kumar et al., 2010).

در این روش ارتفاع رواناب ناشی از باران بر اساس رابطه شماره (۱) محاسبه می‌شود:

رابطه (۱) $Q= (P-0.2S) ^2 / P+0.8S \qquad P > 0.2S$

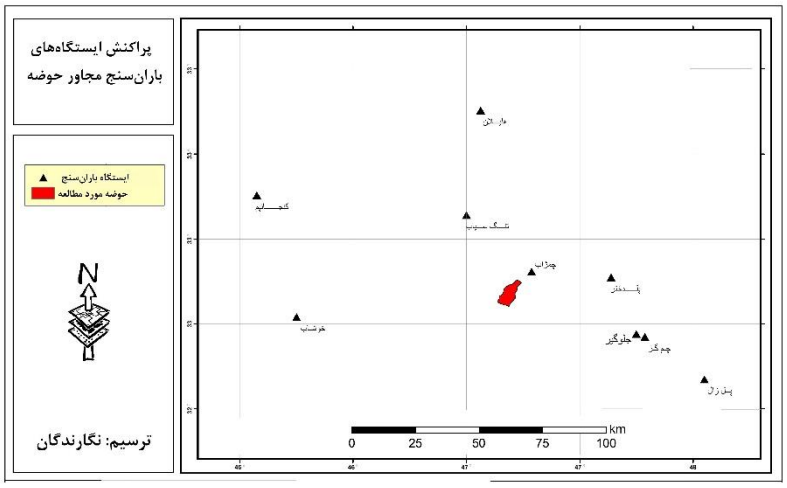
Q = ارتفاع رواناب به میلی‌متر P= ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته و S= مقدار ذخیره سطحی خاک است.

چون حوضه مورد مطالعه فاقد ایستگاه هواشناسی می‌باشد به منظور تعیین بارندگی ۲۴ ساعته از آمار بارش روزانه ۹ ایستگاه مجاور حوضه استفاده شده است که طی یک دوره ۳۲ ساله (۱۳۸۷-۱۳۵۵) حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته برای هر ایستگاه مشخص و سپس مقادیر آنها از طریق روش IDW به زیرحوضه‌ها و مناطق همگن تعمیم داده شد (جدول۲، شکل۲).

جدول ۲- حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته (میلی‌متر) در ایستگاه‌های منتخب اطراف حوضه (دوره آماری ۱۳۸۷– ۱۳۵۵)

ایستگاه	طول ج	عرض ج	ارتفاع	حداکثر بارش ۲۴ ساعته
کنجانچم	۴۶/۴۶	۳۳/۴۵	۱۱۰۰	۷۷
خوشاب	۴۶/۶	۳۳/۰۲	۲۳۰	۸۰
هلیلان	۴۷/۲۵	۳۳/۷۵	۹۷۰	۹۴
چم ژاب (دره شهر)	۴۷/۴۳	۳۳/۱۸	۶۵۰	۸۰
پلدختر	۴۷/۷۱	۳۳/۱۶	۶۵۰	۷۷
جلوگیر	۴۷/۸	۳۲/۹۶	۴۴۰	۱۰۰
چم گز	۴۷/۸۳	۳۲/۹۵	۳۵۰	۱۱۹/۵
تنگ سیاب	۴۷/۲	۳۳/۳۸	۸۸۰	۷۸
پل زال	۴۸/۰۴	۳۲/۸	۳۳۰	۹۱

منبع: سازمان مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۹



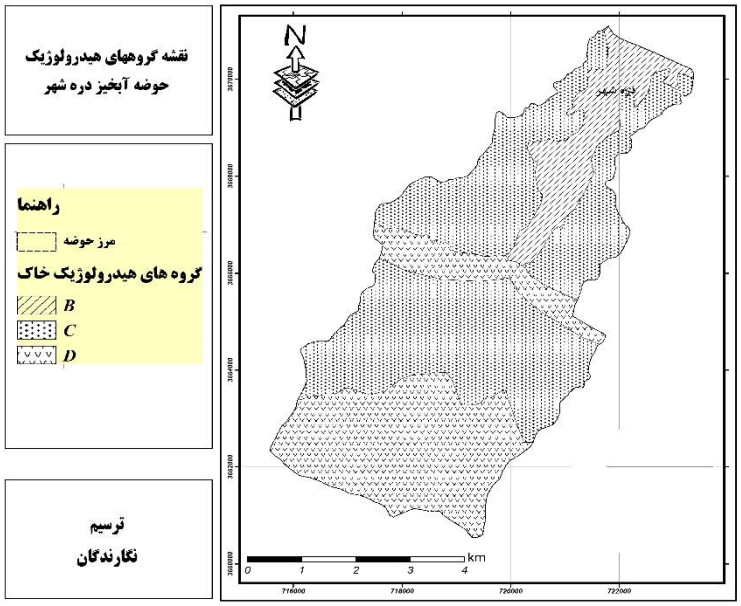
شکل ۲- نقشه پراکنش ایستگاه‌های باران‌سنج مجاور حوزه آبخیز سراب دره‌شهر

S در رابطه با نوع پوشش و نحوه بهره‌برداری از اراضی و وضعیت سطح خاک از نظر نفوذپذیری و داخل خاک از نظر انتقال[1] می‌باشد. برای S یک مقدار حداقل و یک مقدار حداکثر وجود داشته که بستگی به رطوبت قبلی خاک دارد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها در حوضه‌های مختلف نشان داده که از کل تلفات بالقوه حوضه یا S، بطور متوسط ۰/۲ آن قبل از شروع جریان یافتن هرز آب بصورت تلفات اولیه عمل کرده و ۰/۸ بقیه در طول بارش، صرف نفوذ سطحی و عمقی در خاک می‌شود. بنابراین در هر مورد، چنانچه ارتفاع بارندگی کمتر از ۰/۲ S باشد فرض می‌شود که رواناب بوجود نخواهد آمد. مقدار تلفات کل یا S توسط رابطه‌ای، با یک عامل بدون بعد[2] به‌نام CN (Curve Number) ارتباط می‌یابد.

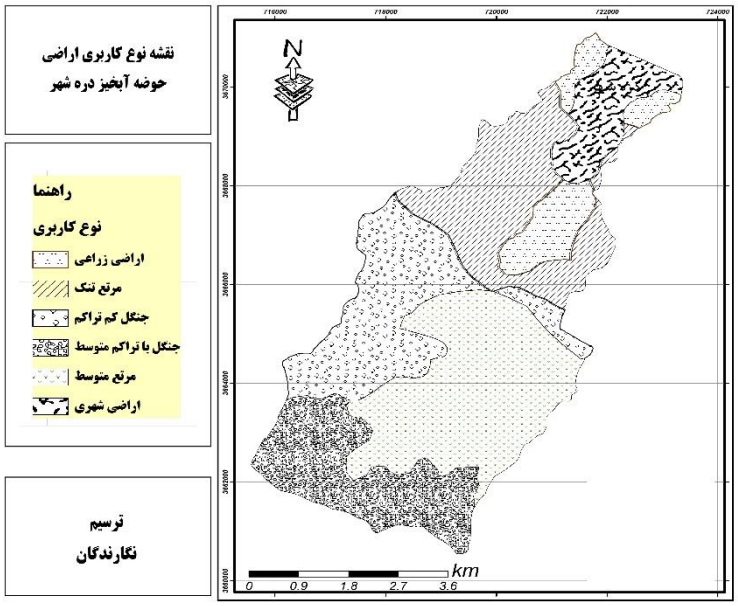
رابطه (۲) بر حسب میلی متر $S = (25400 / CN) - 254$

مقدار CN بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است که CN برابر صفر رواناب از بارندگی حاصل نیامده و در CN برابر ۱۰۰، تمامی بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر با ارتفاع بارندگی خواهد بود. محاسبه CN بر اساس گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (شکل۳)، بهره‌وری از زمین (شکل۴)، وضعیت هیدرولوژیکی اراضی (جدول۳) و وضعیت رطوبت پیشین خاک صورت می‌پذیرد (مهدوی،۱۳۹۰).

1- Transmission
2- Dimensionless



شکل۳- گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوزه آبخیز دره‌شهر



شکل ۴- نقشه کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز دره‌شهر

جدول ۳- مساحت هر یک از کاربری‌های حوزه آبخیز دره‌شهر و وضعیت هیدرولوژیکی هر کدام از آنها

نوع کاربری	مساحت کاربری (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	وضعیت هیدرولوژیکی اراضی
اراضی شهری	۲/۷۹	۷/۶۲	ضعیف
اراضی کشاورزی	۲/۸۷	۷/۸۴	ضعیف
مرتع متوسط	۱۰/۲۴	۲۸	متوسط
مرتع تنک	۷/۱۶	۱۹/۵۸	ضعیف
پوشش جنگل متوسط	۶/۰۷	۱۶/۶۱	متوسط
پوشش جنگل کم تراکم	۷/۴۴	۲۰/۳۴	ضعیف

در این پژوهش با در نظر گرفتن رطوبت پیشین در حالت متوسط (II) مقادیر وزنی CN برای هر یک از زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیک براساس رابطه زیر بدست آمده است:

رابطه (۳)
$$\overline{CN} = \left[\sum \left(\frac{A_i}{100}\right)(CN_i)\right]$$

$\overline{CN}$: میانگین وزنی CN حوضه و A_i: درصد مساحتی از حوضه که شماره منحنی آن CN_i است.
پس از تعیین ارتفاع رواناب سطحی ناشی از رگبار، دبی حداکثر با استفاده رابطه زیر بدست می‌آید:

رابطه (۴)
$$Q_P = \frac{0.0208\,AR}{0.6\,TC + \sqrt{TC}}$$

A مساحت حوضه به (هکتار)، R ارتفاع رواناب (سانتی‌متر)، Tc زمان تمرکز (ساعت) و Q_P دبی اوج رواناب (متر مکعب بر ثانیه) می‌باشد.

شناخت عوامل موثر بر سیل خیزی

تحلیل عاملی از بهترین روش‌ها برای گروه‌بندی و در عین حال خلاصه کردن اطلاعات زیاد است، بطوری که از نظر مفهوم معنی‌دار باشد (Clain، ۲۰۰۱). در این پژوهش به منظور تعیین مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها و مناطق همگن، از ۲۰ پارامتر مختلف شامل میانگین بارش سالانه، ۱۳ پارامتر فیزیوگرافی، درصد مساحت هر یک از کاربری‌های اراضی (۴ پارامتر) و درصد مساحت سازندهای زمین شناسی (۲ پارامتر) استفاده شده است (جدول‌های ۶ و ۸). جهت پرهیز از تأثیر واحدهای اندازه‌گیری و عدم وابستگی به آنها، ابتدا مقادیر پارامترهای استخراج شده استاندارد[1] شدند که در این صورت متغیرها تأثیر غیر

1- Standardize

متجانسی بر اندازه‌گیری فاصله نخواهند داشت. از متداول‌ترین روش‌ها، روش Z-Score می‌باشد در هر مشاهده از یک متغیر تصادفی اگر میانگین داده‌ها از آن کم شود و به انحراف معیار داده‌ها تقسیم شود مقدار به دست آمده را Z-Score گویند، که از رابطه شماره ۵ بدست می‌آید.

رابطه (۵) $Z_i = (X_1 - X_m)/S_d$

Z_i = عدد استاندارد شده

X_1 = میانگین داده‌ها

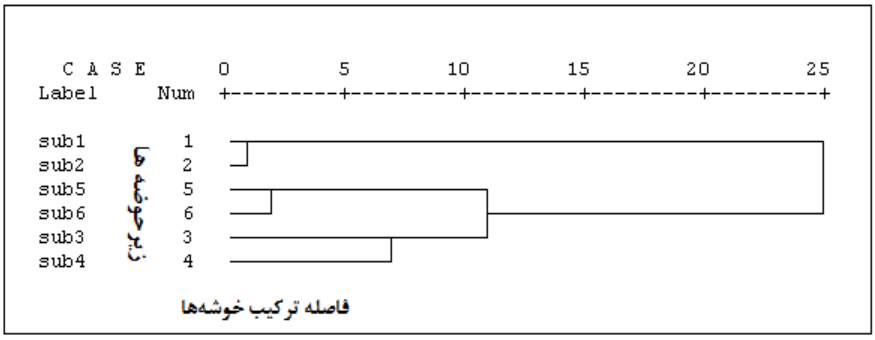
S_d= انحراف معیار داده‌ها

سپس پارامترهای استاندارد شده مورد تجزیه و تحلیل عاملی قرار گرفتند و میزان همبستگی هر کدام از اجزای این پارامترها با دبی حداکثر بدست آمده از روش شماره منحنی در عامل‌های مختلف مشخص و مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در پتانسیل سیل‌خیزی حوضه تعیین شدند.

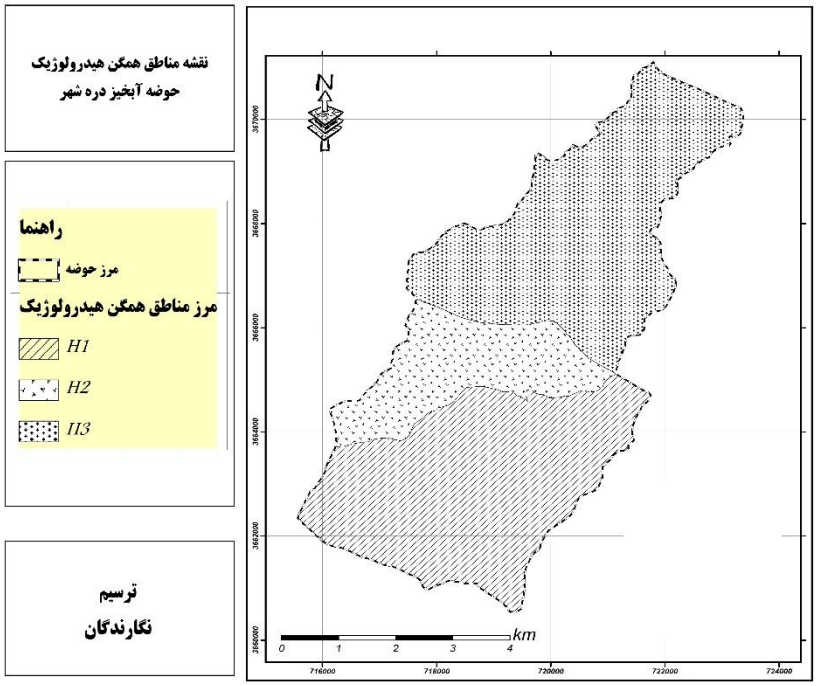
یافته‌های پژوهش

مناطق همگن هیدرولوژیکی حوزه آبخیز دره‌شهر

نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای ۲۳ پارامتر مختلف برای هر کدام از زیرحوضه‌ها در محیط SPSS، حوضه دره‌شهر را به ۳ منطقه همگن هیدرولوژیکی تقسیم کرده است. بدین‌صورت که به‌ترتیب زیرحوضه‌های [۱و۲]،[۳و۴]،[۵ و۶] هر کدام در یک خوشه مجزا قرار گرفته‌اند (شکل ۵). همان‌طوری که مشاهده می‌شود زیرحوضه‌های حوزه آبخیز دره‌شهر در فاصله همبستگی پیرسون کمتر از ۱۰ به سه خوشه تقسیم شده‌اند. هر خوشه، گروهی از زیرحوضه‌هاست که بیشترین همانندی را با یکدیگر دارند. در این پژوهش تعیین مناطق همگن هیدرولوژیک، به‌منظور مقایسه دقت روش شماره منحنی در هر کدام از زیرحوضه‌ها و مناطق همگن صورت گرفته است.



شکل ۵- نمودار درختی حاصل از تحلیل خوشه‌ای زیرحوضه‌های دره‌شهر



شکل۶- مناطق همگن هیدرولوژیگ حوزه آبخیز دره شهر

برآورد دبی حداکثر در زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیک

با توجه به جدول شماره ۴ مقادیر دبی حداکثر در روش شماره منحنی در زیرحوضه‌های ۱ تا ۶ به‌ترتیب ۷۴/۰۲، ۵۱/۱۸، ۲۸/۷۵، ۳۷/۷۲، ۴۸/۱۴ و ۷۱/۹۴ محاسبه گردیده است. مقادیر دبی حداکثر در مناطق همگن ۱ تا ۳ به‌ترتیب ۱۲۱/۳۵، ۵۵/۶۰ و ۱۱۷/۲۹ مترمکعب بر ثانیه محاسبه گردیده است. همچنین مقادیر وزنی CN، مقادیر نفوذ، حداکثر بارش ۲۴ ساعته و ارتفاع رواناب در هر کدام از زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژی در جدول‌های ۴ و ۵ محاسبه گردیده است. همان طوری که مشاهده می‌شود بیشتر مقادیر CN در زیرحوضه‌ها مربوط به زیرحوضه‌های شماره ۵ و ۶ می‌باشد. منطقه همگن شماره ۳ نیز با شماره منحنی ۸۵/۷۳، دارای بالاترین شماره منحنی می‌باشد (جدول ۴ و ۵).

جدول۴- مقادیر محاسبه شده پارامترهای مختلف روش شماره منحنی در زیرحوضه‌های حوزه آبخیز دره‌شهر

زیر حوزه	مقادیر وزنی (CN)	مقادیر نفوذ (S)	حداکثر بارش ۲۴ساعته	ارتفاع رواناب (mm)	دبی حداکثر (sec/m^3)
زیر حوزه۱	۷۹/۹۹	۶۳/۵۴	۸۲/۷	۳۶/۷۰	۷۴/۰۲
زیرحوزه۲	۸۰/۴۱	۶۱/۸۸	۸۲/۷	۳۷/۳۷	۵۱/۱۸
زیرحوزه۳	۷۷/۵۲	۷۳/۶۶	۸۲/۵	۳۲/۴۵	۲۸/۷۵
زیرحوزه۴	۷۹/۸۱	۶۴/۲۶	۸۲/۱	۳۵/۹۰	۳۷/۷۲
زیرحوزه۵	۸۴/۲۹	۴۷/۳۴	۸۱/۷	۴۳/۶۱	۴۸/۱۴
زیرحوزه۶	۸۶/۷۹	۳۸/۶۶	۸۱/۳	۴۸/۱۸	۷۱/۹۴

جدول۵- مقادیر محاسبه شده پارامترهای مختلف شماره منحنی در مناطق همگن حوزه آبخیز دره‌شهر

مناطق همگن هیدولوژیک	مقادیر وزنی (CN)	مقادیر نفوذ (S)	حداکثر بارش ۲۴ ساعته	ارتفاع رواناب (mm)	دبی حداکثر (sec/m^3)
H1	۸۰/۱۱	۶۳/۰۶	۸۲/۵۹	۳۶/۸۱	۱۲۱/۳۵
H2	۷۸/۵۸	۶۹/۲۳	۸۲/۳۱	۳۴/۰۴	۵۵/۶۰
H3	۸۵/۷۳	۴۲/۲۷	۸۱/۴۲	۴۶/۲۰	۱۱۷/۲۹

عامل‌های تأثیرگذار در سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیک

با توجه به تحلیل عاملی که بر روی ۲۰ پارامتر منتخب در زیرحوضه‌های دره‌شهر صورت گرفته است، پارامترهایی را که با دبی حداکثر، همبستگی بالای ۰/۷۵ داشته باشند در پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز تأثیرگذار می‌باشند. تحلیل عاملی نشان داد که در زیرحوضه‌ها، براساس ۵ عامل و ۲۱ متغیر ۱۰۰ درصد واریانس داده‌ها توجیه شده است. در این پژوهش عامل دوم که دبی حداکثر آن، بار عاملی ۰/۹۶۴ را نشان می‌دهد مورد تحلیل قرار گرفته است که ۲۴/۰۶ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کند. این عامل نشان می‌دهد که در بین پارامترهای منتخب دو پارامتر مساحت و تراکم شبکه زهکشی با بار عاملی به‌ترتیب ۰/۸۹۹ و ۰/۸۶۴ که جزء پارامترهای فیزیوگرافی می‌باشند با دبی حداکثر هبستگی مثبت بالایی دارند. در بین معیارهای نفوذپذیری و کاربری اراضی و متوسط بارش سالانه، هیچ کدام از پارامترها بار عاملی بالایی را نشان نداده است. بنابراین می‌توان گفت پارامترهای مساحت و تراکم شبکه زهکشی که جزء معیارهای فیزیوگرافی می‌باشند، بیشترین تأثیر را در بین پارامترهای منتخب مورد بررسی در پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز سراب دره‌شهر دارند (جدول ۶ و ۷).

جدول۶- ماتریس دورانی واریماکس پارامترهای منتخب زیرحوضه‌های دره‌شهر

پارامتر استاندارد شده	عامل				
	۱	۲	۳	۴	۵
دبی حداکثر به‌دست آمده از روش شماره منحنی	۰/۱۲۰	۰/۹۶۴	۰/۱۴۶	۰/۱۶۲	۰/۰۹۷
مساحت	۰/۱۴۱	۰/۸۹۹	۰/۴۱۳	۰/۰۰۸	۰/۰۴۲
شیب متوسط	۰/۹۱۹	-۰/۳۵۷	-۰/۱۳۱	۰/۰۳۱	-۰/۰۹۹
کمینه ارتفاع	۰/۷۰۷	-۰/۲۳۸	-۰/۴۲۱	-۰/۴۱۷	-۰/۳۰۲
بیشینه ارتفاع	۰/۹۶۸	۰/۱۵۴	۰/۰۴۰	-۰/۰۵۴	-۰/۱۸۵
ارتفاع متوسط	۰/۹۴۰	۰/۲۵۶	۰/۱۷۶	۰/۰۶۲	-۰/۱۲۹
طول آبراهه اصلی	۰/۰۷۱	۰/۴۹۴	۰/۸۵۴	۰/۰۳۳	-۰/۱۳۱
جمع کل آبراهه‌ها	۰/۲۷۹	۰/۶۹۸	۰/۶۳۹	۰/۰۹۵	-۰/۱۳۱
تراکم شبکه زهکشی	۰/۲۲۵	۰/۸۶۴	۰/۲۵۵	۰/۱۱۱	-۰/۳۵۳
نسبت انشعاب	-۰/۱۵۱	-۰/۲۵۴	۰/۹۵۲	۰/۰۷۸	-۰/۰۲۱
ضریب شکل هورتون	-۰/۲۶۰	-۰/۱۳۴	-۰/۸۶۱	۰/۲۶۸	-۰/۳۱۷
ضریب گراویلیوس	-۰/۲۹۴	-۰/۰۴۷	۰/۳۷۷	-۰/۰۲۵	۰/۸۷۷
زمان تمرکز (کرپیچ)	-۰/۲۲۴	۰/۴۳۵	۰/۸۴۳	۰/۰۳۴	۰/۲۲۳
درصد مساحت جنگل	۰/۲۴۵	-۰/۲۳۶	-۰/۰۰۵	-۰/۸۹۰	-۰/۳۰۳
درصد مساحت مرتع	۰/۱۱۳	-۰/۱۵۴	-۰/۰۸۴	۰/۹۵۰	-۰/۲۳۱
درصد مساحت اراضی شهری	-۰/۴۹۸	۰/۵۰۴	۰/۱۵۷	۰/۰۸۸	۰/۶۸۲
درصد مساحت اراضی کشاورزی	-۰/۴۵۶	۰/۵۲۳	۰/۰۶۶	۰/۰۵۸	۰/۷۱۵
درصد سازند با نفوذپذیری کم	-۰/۵۹۳	۰/۱۷۴	۰/۷۱۸	۰/۲۵۸	۰/۱۸۹
درصد سازند با نفوذپذیری زیاد	۰/۲۱۹	-۰/۶۳۷	-۰/۳۵۶	-۰/۶۴۶	-۰/۰۴۶
بارش متوسط سالانه	۰/۹۶۱	۰/۰۷۸	-۰/۰۵۶	-۰/۱۳۴	-۰/۲۲۰

جدول۷- مقادیر ویژه و واریانس توجیه شده پارامترهای منتخب زیرحوضه‌های دره‌شهر

عامل	مقادیر ویژه اولیه		درصد واریانس	مقادیر تجمعی واریانس٪
	کل	مقادیر تجمعی		
۱	۸/۷	۴۳/۵۸	۲۷/۰۶	۲۷/۰۶
۲	۵/۱	۶۹/۳۱	۲۴/۰۶	۵۱/۱۲
۳	۲/۸	۸۳/۳۴	۲۴/۰۱	۷۵/۱۴
۴	۲/۳	۹۴/۸۸	۱۲/۵۹	۸۷/۷۴
۵	۱/۰۲	۱۰۰	۱۲/۲۵	۱۰۰

در مناطق همگن هیدرولوژیک، با توجه به (جدول ۸) طبق عامل اول که ۵۲/۰۲۱ درصد از واریانس کل را توجیه کرده است (جدول ۹)، پارامترهای مساحت، طول آبراهه اصلی، جمع کل آبراهه‌ها، تراکم شبکه زهکشی، نسبت انشعاب و زمان تمرکز، به‌ترتیب با بار عاملی ۱/۰۰، ۰/۹۳۴، ۰/۹۹۶، ۰/۹۴۹، ۰/۹۴۹ و ۰/۷۶۲ همبستگی بالایی را با دبی حداکثر نشان داده‌اند که بیشترین همبستگی با دبی حداکثر، مربوط به مساحت با بار عاملی ۱/۰۰ می‌باشد. در مناطق همگن هیدرولوژیک علاوه بر پارامترهای فیزیوگرافی، بین دبی حداکثر و پارامترهای درصد مساحت جنگل، مرتع و درصد سازند با نفوذپذیری زیاد، به‌ترتیب با بار وزنی ۰/۷۵۷-، ۰/۹۲۰ و ۰/۹۳۶-، بار عاملی بالایی حاکم می‌باشد.

جدول۸- ماتریس دورانی واریماکس پارامترهای منتخب مناطق همگن هیدرولوژیک حوضه دره شهر

پارامتر استاندارد شده	عامل	
	۱	۲
دبی حداکثر به دست آمده از روش شماره منحنی	**۰/۹۹۸**	۰/۰۶۸
مساحت	**۱,۰۰**	۰/۰۱۶
شیب متوسط	-۰/۵۰۰	۰/۸۶۶
کمینه ارتفاع	-۰/۲۵۱	۰/۹۶۸
بیشینه ارتفاع	۰/۲۵۶	۰/۹۶۷
ارتفاع متوسط	۰/۴۱۰	۰/۹۱۲
طول آبراهه اصلی	**۰/۹۳۴**	-۰/۳۵۷
جمع کل آبراهه‌ها	**۰/۹۹۶**	۰/۰۹۲
تراکم شبکه زهکشی	**۰/۹۴۹**	۰/۳۱۶
نسبت انشعاب	**۰/۹۴۹**	-۰/۳۱۵
ضریب شکل هورتون	-۰/۱۸۷	۰/۹۸۲
ضریب گراویلیوس	-۰/۶۹۲	-۰/۷۲۲
زمان تمرکز (کرپیچ)	**۰/۷۶۲**	-۰/۶۴۸
درصد مساحت جنگل	**-۰/۷۵۷**	۰/۶۵۴
درصد مساحت مرتع	**۰/۹۲۰**	۰/۳۹۲
درصد مساحت اراضی شهری	۰/۵۱۱	-۰/۸۵۹
درصد مساحت اراضی کشاورزی	۰/۵۱۱	-۰/۸۵۹
درصد سازند با نفوذپذیری کم	۰/۵۱۱	-۰/۸۵۹
درصد سازند با نفوذپذیری زیاد	**-۰/۹۳۶**	۰/۳۵۲
بارش متوسط سالانه	۰/۱۵۶	۰/۹۸۸

جدول۹- مقادیر ویژه و واریانس توجیه شده پارامترهای منتخب مناطق همگن هیدرولوژیک

عامل	مقادیر ویژه اولیه		درصد واریانس	مقادیر تجمعی واریانس
	کل	مقادیر تجمعی		
۱	۱۲/۶۴۹	۶۳/۲۴۳	۵۲/۰۲۱	۵۲/۰۲۱
۲	۷/۳۵۱	۱۰۰	۴۷/۹۷۹	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از روش‌هایی که به‌طور عمده برای بررسی چگونگی شکل‌گیری جریان سطحی (رواناب) در اثر بارندگی حاصله بر روی زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا می‌باشد که به طور عمده شرایط خاک و پوشش گیاهی آن در تبدیل بارندگی به رواناب توجه شده است. در این پژوهش دقت و صحت روش شماره منحنی در سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیک مورد مقایسه قرار گرفت و پارامترهای تأثیرگذار در سیل‌خیزی این دو مقیاس مشخص گردید.

نتایج تحلیل عاملی نشان داد که پیاده‌سازی روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا در مناطق همگن هیدورولوژیک از دقت و صحت بالاتری نسبت به زیرحوضه‌ها برخوردار می‌باشد بطوری مقایسه جدول‌های ماتریس دورانی واریماکس زیرحوزه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیک حوزه آبخیز (جدول ۶ و ۸) نشان داد که در مناطق همگن هیدرولوژیک، ۶ پارامتر فیزیوگرافی بار عاملی بالایی را در ارتباط با دبی حداکثر به‌دست آمده از روش شماره منحنی به خود گرفته‌اند در حالی که در تحلیل عاملی زیرحوضه‌ها، فقط ۲ پارامتر فیزیوگرافی بار عاملی بالایی را نشان داده است. علاوه بر آن هیچ کدام از معیارهای کاربری اراضی، نفوذپذیری و بارش متوسط سالانه در زیرحوضه‌ها بار عاملی بالایی را از خود نشان نداده است در حالی که در مناطق همگن هیدرولوژیک، دو پارامتر از معیار درصد کاربری اراضی و یک پارامتر از معیار نفوذپذیری سازندها نیز با دبی حداکثر همبستگی بالایی را نشان داده است.

چون در تعیین همگنی، پارامترهایی را که بیشترین همسانی را با هم دارند در یک دسته قرار گرفته‌اند و تعیین مناطق همگن بر اساس این همسانی‌ها و ارتباطات درونی صورت گرفته است؛ باعث شده که پارامترهای بیشتری در پتانسیل سیل‌خیزی شرکت داده شود. در حالی که در زیرحوضه‌ها به علت عدم همگنی، پارامترهای کمتری بر پتانسیل سیل‌خیزی دخالت داده شده است. لذا می‌توان استنباط نمود که تفکیک مناطق مطالعاتی به مناطق همگن هیدورولوژیک باعث دقت بیشتر و خطای کمتر در روش شماره منحنی می‌شود. نتایج فوق با نتایج تحقیق Sarangi و همکاران (۲۰۰۸) که به این نتیجه رسیدند

روش CN برای حوضه‌های بدون اندازه‌گیری شده با داشتن ویژگی‌های ژئومورفولوژی یکسان کارامدتر می‌باشد، مطابقت دارد.

امیدوار و همکاران (۱۳۸۹) در پهنه‌بندی سیل‌خیزی حوزه آبخیز کنجانچم در استان ایلام با استفاده از ۲۸ پارامتر مختلف به تعیین عامل‌های مهم در سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها و سپس تعیین زیرحوزه‌های همگن پرداخته‌اند در حالی که تحقیق حاضر علاوه بر همگن‌بندی زیرحوزه‌ها و تعیین عامل‌های مهم در سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها، به تعیین مهمترین عامل‌های سیل‌خیزی در مناطق همگن هیدرولوژیک و مقایسه نتایج آن با زیرحوزه‌ها نیز پرداخته است.

بنابراین می‌توان گفت که تعیین زیرحوضه‌ها با ویژگی‌های ژئومورفولوژیک مشابه و دسته‌بندی آنها برای اجرای هماهنگ عملیات کنترل سیلاب و نیز اولویت دادن به زیرحوضه‌ها با توان سیل‌خیزی بیشتر، به عنوان روشی برای مدیریت سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱-اداره کل منابع‌طبیعی استان ایلام، ۱۳۸۸. گزارش پوشش گیاهی حوزه آبخیز دره‌شهر.

۲-امیدوار، ک.، کیان‌فر، آ.، عسکری، ش.ا. ۱۳۸۹. پهنه بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز کنجانچم، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، ۹۰-۷۳.

۳-سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، برگه دره‌شهر.

۴-سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، شیت کبیرکوه.

۵-سازمان منابع آب کشور(تماب)، آمار حداکثر بارندگی روزانه ۹ ایستگاه مجاور حوضه سراب دره‌شهر در طول دوره آماری (۱۳۸۷-۱۳۵۵).

۶-شعبانلو، س.، صدقی، خ.، ثقفیان، ب.، و موسوی جهرمی، ح. ۱۳۸۷. پهنه‌بندی سیلاب در شبکه رودخانه‌های استان گلستان با استفاده از GIS، پژوهش آب ایران، سال دوم، شماره سوم، صفحات ۲۲-۱۱.

۷-عطایی، ه.، شیران، م. ۱۳۹۰. شناسایی زیرحوضه‌های هیدرولوژیکی همگن از نظر عوامل ژئومورفولوژیک موثر بر سیلاب با استفاده از تحلیل خوشه‌ای (مطالعه موردی: دشت کرون)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره پیاپی ۴۲، شماره ۲، ۹۸-۷۹.

۸-مهدوی، م. ۱۳۹۰. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۹-مهندسین مشاور آبخیزان، ۱۳۸۸. مطالعات تفصیلی-اجرایی آبخیزداری حوزه آبخیز دره شهر.

۱۰-مهندسین مشاور فرایند سامانه فرایندهای محیطی، ۱۳۷۸. مطالعات توجیهی آبخیزداری حوزه آبخیز سیمره گزارش آب زیرزمینی، دفتر مهندسی و ارزیابی طرح‌ها معاونت آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

11. Amutha, R., and Porchelvan, P. 2009. Estimation of surface runoff in Malattar Sub-watershed using SCSCN method, Photonirvachak, *J. Indian Soc., Remote Sense*, 37: 291–304.
12. Chow, V.T. 1964. Handbook of applied hydrology. Mcgraw-Hill, N.Y.
13. Kline, P. 2001. An Easy Guide for Factor Analysis, London: Routledge.
14. Gerstengarbe F.W., Werner, P.C. and Fraedrich, K. 1999. Applying Non-Hierarchical Cluster Analysis Algorithms to Climate classification: Some Problems and their Solution, *Theor., Appl., Climatol.*, 64:143-150.
15. Gonzalez V., J.C., et al., 2005. Nitrate accumulation and other components of the groundwater in relation to cropping system in and aquifer in southwestern Spain, *J. of Water Resources Management*, 19:1-22.
16. Inci Tekel Y. Akguül S. Dengiz O. and Aküzüm T. 2006. Estimation of flood discharge for small watershed using SCS curve number and geographic information system, *River Basin Flood Management Journal*, 527-538.
17. Kafman, L., and Rousseeuw, P.J. 1990. Finding Groups in Data, Wiley Pub.
18. Kumar, S., Ranta, M.J., Praveen, T.V. and Kumar, V. 2010. Analysis of the Run off for Watershed Using SCS-CN Method and Geographic Information Systems. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2: 3947-3654.
19. Mishra, S.K., Tyagi, J.V., Singh, V.P., and Singh, R. 2006. SCS-CN-based modeling of sediment yield, *Journal of Hydrology*, 324:301-322.
20. Srangi, A., Singh, D.K., and Singh, A.K. 2008, Evaluation of curve number and geomorphology-based models for surface runoff prediction from ungauged watersheds. Water Technology Centre, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi 110 012, India, CURRENT SCIENCE. 94:12-25.
21. Stahl, K. and Demuth, S. 1999. Methods for regional classification of stream flow drought series: cluster analysis, University of Freiburg, Germany.
22. Zhan, X. and Huang, M. 2004. Arc CN-runoff: An ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps, Environ, Modell, Softw, 19: 875–879.