

عوامل مؤثر در سیلاب حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان به روش تحلیل عاملی

علی نجفی، کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس
مسعود نصری، استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزد اسلامی واحد اردستان^۱

چکیده

کنترل و کاهش تأثیرات مخرب سیل، با تکیه بر شناسایی عوامل دخیل در بروز و تشدید آن، با هدف تخفیف شدت و بزرگی دبی‌های سیلابی از اصول مهم مدیریت منابع آب و خاک است. بر این اساس، شناسایی و تعیین مهمترین عوامل و پارامترهای تأثیرگذار در ایجاد و تشدید دبی‌های سیلابی در حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان واقع در بخش مرکزی ایران (با مساحت ۹۹۳۰۰ کیلومتر مربع) و با استفاده از آمار بازسازی شده دبی‌های مربوط به ۱۴ ایستگاه هیدرومتری موجود در این حوضه، با بهره‌گیری از تکنیک آماری تجزیه و تحلیل عاملی مد نظر قرار گرفت. در این مطالعه، عوامل مؤثر در سیلاب شامل ویژگی‌های مربوط به توپوگرافی، آب و هوا، هیدرولوژی، خاک، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی زیرحوضه‌های منتهی به ایستگاه‌های هیدرومتری تعیین و محاسبه گردید. نتایج حاصل از انجام تحلیل عاملی نشان داد که عوامل زمان تمرکز با وزن ۳۷/۹ درصد، شیب سطح حوضه با ۲۹ درصد و تراکم زهکشی آبراهه‌های درجه ۱ با وزن ۲۴/۶ درصد، دارای بیشترین تأثیر در ایجاد و یا تشدید دبی‌های سیلابی در منطقه مورد مطالعه است. بنابراین، در راستای مدیریت و حفاظت منابع آب و خاک حوضه‌های آبخیز، لزوم بررسی و ارایه راهکارهای علمی و اجرایی به منظور کاهش تأثیرات منفی این عوامل در پدیده سیلاب در هر یک از زیرحوضه‌های مورد مطالعه ضروری است.

واژه‌های کلیدی: سیلاب، تحلیل عاملی، حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان، زمان تمرکز

مقدمه

حوادث طبیعی از جمله زلزله، سیل، صاعقه، طوفان و غیره، همواره در طول تاریخ حیات بشری یکی از علل اصلی تحلیل منابع مادی و انسانی بوده‌اند. در این میان، سیلاب را می‌توان یکی از پیچیده‌ترین رخدادهای امروزی به حساب آورد که بیش از هر بلای طبیعی دیگر، جان و مال انسان را به مخاطره می‌اندازد. سیل به‌عنوان یک واقعیت طبیعی و آسیب‌رسان، همواره جزئی از خطرات و وقایع جوامع بشری در دنیا و بویژه کشور ایران بوده است. خسارات فرآینده و مخرب سیل نشان می‌دهد که این پدیده طبیعی، اکنون به یک عامل خطرآفرین مداوم تبدیل گشته، پیوسته سرمایه‌ها و امکانات ملی کشورها را به نابودی می‌کشاند. اندازه و تکرار سیل در هر نقطه‌ای، بستگی به عوامل متعددی دارد که مهمترین عوامل مؤثر در بروز سیل را می‌توان به سه گروه اقلیمی، ادافیکی و مدیریتی تقسیم نمود (۱۲). رخداد سیل در هر منطقه‌ای بستگی به عوامل متعدد داشته، که برجسته‌ترین آنها بدین شرح است: عوامل حوضه‌ای، شامل: عوامل فیزیکی، نظیر: سطح، شیب، تراکم سطحی و ... عوامل زمین‌شناسی و خاک‌شناسی، ویژگی‌های پوشش گیاهی، عوامل اقلیمی و عدم اعمال مدیریت صحیح حوضه است و عوامل مربوطه به ویژگی‌های رودخانه و مصالح رودخانه‌ای، رسوب‌گذاری بستر رودها و بالا آمدن کف آنها، کاربری اراضی حاشیه رودخانه، تخریب سواحل رودخانه‌ها و خاکریزها، عدم رعایت حریم رودخانه و سیل راه و توسعه مناطق شهری

و روستایی (تلوری، ۱۳۷۵). مطالعات مختلفی بر روی سیل و عوامل مرتبط با آن توسط محققان در مناطق گوناگون انجام شده است، از آن جمله، عرب خدري (۱۳۷۴) پس از استفاده از روش رگرسیون چندگانه در تحلیل منطقه‌ای سیلاب‌ها، روابط همبستگی بین سیلاب‌های طرح و برخی ویژگی‌های آبخیز مشتمل بر مساحت، قطر، عامل شکل، طول و شیب آبراهه اصلی، درصد مساحت جنگلی و باران متوسط سالیانه را تجزیه و تحلیل نمود. Gresse و Schmitter (۱۹۹۵) عوامل محیطی و ژئومورفیک در پلات‌های آزمایشی، روی رسوبات کواترنری و پلیوسن را در محیط‌های نسبتاً طبیعی اندازه‌گیری نمودند و با ایجاد بارندگی با شدت ۲۵ تا ۱۰۰ میلی‌متر در ساعت در تداوم‌های ۱ تا ۶ ساعت در این پلات‌ها رواناب سطحی ایجاد شده را اندازه‌گیری نمودند و با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و آزمون مرحله‌ای (Step wise) به این نتیجه رسیدند که رواناب سطحی همبستگی بیشتری با شیب و انرژی جنبشی باران دارد و با استفاده از پوشش گیاهی، به عنوان یک متغیر دیگر جدای از محیط طبیعی و تحت نفوذ انسان، همبستگی مدل را افزایش داد. باباخانی (۱۳۷۱) عوامل و فاکتورهای سرنوشت ساز در شکل‌دهی و وقوع سیلاب‌های مخرب و ویرانگر را، حداکثر شدت لحظه‌ای رگبارهای کوتاه مدت معرفی نمود. این عامل، نقش اول را در شکل گرفتن و جاری شدن سیلاب‌ها به عهده دارد. Kleeberg (۱۹۹۶) در بررسی سیلاب‌های شدید به این نتیجه رسید که غیر از حالت‌های محدود،

سیلاب‌های شدیدی که در حوضه‌های بزرگ به وجود می‌آید، در نتیجه بارندگی بوده و تأثیر انسان در منطقه (پوشش گیاهی، خاک توپوگرافی و بستر رودخانه) از اهمیت کمتری برخوردار بوده است.

Hirschboeck (۱۹۹۲) در بررسی تأثیر اقلیم بر سیلاب‌های دره می‌سی‌سی‌پی علیا، پس از تجزیه و تحلیل آماری به این نتیجه رسید که اندازه حداکثر سیلاب‌ها بهترین همبستگی را با میزان عمق برف زمستانه و بارندگی اوایل تابستان دارد و ارتباط آماری معنی‌داری بین حداکثر سیلاب‌های سالانه و میزان بارندگی در طول تابستان و پاییز وجود ندارد. Cadier (۱۹۹۶) اطلاعات مربوط به هیدرولوژی و عوامل مختلف مؤثر بر تولید هرزآب را در ۴۳ حوضه جمع‌آوری نمود. این حوضه‌ها، در مناطق مختلف از نظر میزان بارندگی واقع بودند. با ارایه یک رابطه منطقی بین میزان بارندگی و هرز آب متوسط سالیانه حوضه‌های مورد بررسی را در دو گروه طبقه‌بندی نمود. (Meunier: ۱۹۹۶) با هدف پاسخ به این سؤال که آیا یک آستانه ماکزیمم برای ذخیره بارش روی اراضی جنگلی وجود دارد، کاهش سیلاب را در حوضه‌های کوچک کوهستانی با پوشش جنگلی و بدون پوشش جنگلی بررسی نمود و نتایج آن به صورت مدلی که حاوی مفاهیم مهمی است، ارایه گردیده که مؤید آن است که اثر عمده انبوهی پوشش گیاهی بر روی سیلاب‌ها ناشی از تأثیری است که در روی سطح خاک صورت می‌گیرد.

در بررسی دیگری که غلامی (۱۳۷۳) انجام داد، مشخص گردید که یکی از علل عمده ایجاد خسارات توسط سیلاب‌ها، عدم پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی و شیبدار است که در نتیجه باعث افزایش رواناب، سرعت و قدرت سیل می‌گردد. تأثیر اجرای روش‌های بیولوژیکی و مکانیکی به طور متوسط بر روی کاهش دبی اوج سیلاب و یا کوتاه نمودن کشیدگی شکل هیدروگراف سیل است. نصری (۱۳۷۷) در مطالعه بر روی وضعیت ظهور سیلاب در تعدادی از حوضه‌های آبخیز استان گلستان از میان عوامل مختلف تأثیرگذار بر ظهور سیلاب تعداد پانزده عامل از عوامل فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی، خاک‌شناسی و هوا و اقلیم‌شناسی را به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب و با بررسی وضعیت آماری ایستگاه‌های هیدرومتری و برآورد سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف مقادیر دبی سیلابی و ویژه در سطوح احتمالات مختلف را مشخص و به عنوان متغیرهای تابع در تحلیل از آنان استفاده کرده است. از جمله عوامل مؤثر بر سیل خیزی تغییر کاربری اراضی است. این موضوع، در مطالعات خلیقی و همکاران (۱۳۸۴)، بررسی گردیده است. نتایج تحقیق مذکور که در حوضه رودخانه باراندوز چای در شمال غربی ایران به مساحت ۱۱۴۶ کیلومتر مربع و با بهره‌گیری از محیط نرم افزار HEC-HMS انجام شده، نشان داد که سیلاب در دوره جدید سال‌های مورد بررسی، در بعضی از زیرحوضه‌ها تا ۷۰ درصد نسبت به دوره قدیم افزایش داشته که ناشی از تغییر کاربری اراضی است.

واقع شده است. نقشه شماره ۱ موقعیت حوضه مورد مطالعه در کشور و ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مساحت این حوضه ۹۹۳۰۰ کیلومتر مربع ذکر شده است. از آنجایی که حوضه اصفهان - سیرجان خود به دو زیر حوضه اصلی؛ یعنی حوضه آبخیز زاینده رود و حوضه آبخیز ابرقو - سیرجان (۱۶) تقسیم می‌شود، لذا در ادامه برای سهولت در کار، هر یک از این دو زیر حوضه جداگانه معرفی می‌شود.

حوضه آبخیز زاینده رود یا باتلاق گاوخونی

حوضه آبخیز باتلاق گاوخونی در تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران جزو حوضه آبخیز فلات مرکزی بوده، از شمال به حوضه آبخیز دریاچه نمک، از شرق به حوضه های دق سرخ و کویر سیاهکوه، از جنوب به حوضه کویر ابرقو و از غرب و جنوب غرب به حوضه آبخیز رودخانه کارون محدود می‌شود (۳ و ۱۵).

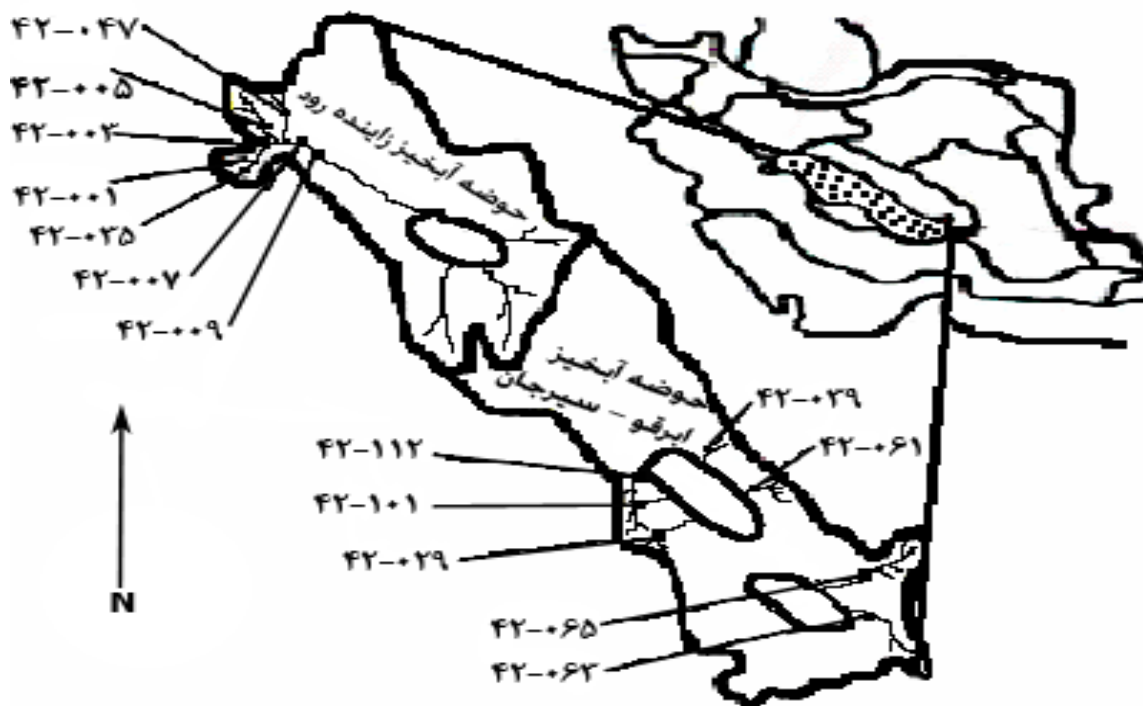
وسعت حوضه آبخیز زاینده رود ۴۱۵۰۳ کیلومتر مربع است و از این مقدار ۱۶۶۴۹ کیلومتر مربع آن را مناطق کوهستانی و ۲۴۸۵۴ کیلومتر مربع را کوهپایه و دشت تشکیل می‌دهد (۱۷).

حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان واقع در غرب مرکز ایران، از جمله حوضه‌های آبخیزی است که علاوه بر این که بخش درخور توجهی از جمعیت انسانی کشور (حدود ۱۰ درصد) را در خود جای داده است، محل قرارگیری صنایع و کارخانجات بزرگ، بزرگراه‌های مواصلاتی مهم، منابع طبیعی کشاورزی و معدنی و سایر پتانسیل‌های ناشناخته است. وقوع گاه و بیگاه سیلاب در قسمت‌های مختلفی از این حوضه و خسارت‌های پی‌آیند آن، اهمیت مطالعه و شناسایی علل و عوامل ایجاد و تشدید سیل به منظور کاهش خسارات وارده به منابع طبیعی و انسانی را ملموس‌تر می‌سازد. در این مطالعه، با مد نظر قرار دادن این موضوع سعی شده است مهمترین عوامل تأثیر گذار در وقایع سیلابی در این حوضه یافت گردید. در ادامه، به ذکر مراحل کاری انجام شده خواهیم پرداخت.

- مواد و روشها

- موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان که در بعضی منابع، حوضه آبخیز باتلاق گاوخونی و کویر سیرجان (۱۵) نیز نامیده شده، از جمله زیرحوضه‌های بزرگ آبخیز مرکزی ایران است که در مختصات جغرافیایی ۲۰° تا ۵۰° طول شرقی و ۱۵° تا ۳۱° عرض شمالی



نقشه شماره ۱ موقعیت حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان در کشور و ایستگاه‌های مورد مطالعه

(نقشه شماتیک بوده و فاقد مقیاس است) (۱۳)

حوضه آبخیز ابرقو - سیرجان

از نظر تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران، این حوضه بخشی از حوضه آبخیز فلات مرکزی ایران بوده، محدود به حوضه‌های باتلاق گاوخونی، حوضه کویرسیاهکوه،

حوضه کویر درانجیر، حوضه جازموریان، حوضه رودخانه کل و حوضه دریاچه‌های طشک و بختگان است.

روش تحقیق

ابتدا، از بین ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه مطالعاتی تعداد ۱۴ ایستگاه (با دوره آماری مشترک ۱۱ ساله از ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰)، که دارای آمار کافی مربوط به اندازه گیری دبی آب هستند در حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان انتخاب گردید و در ادامه، نسبت به تعیین

این حوضه، در جنوب و مرکز کشور و در حد فاصل بخش انتهایی ارتفاعات زاگرس و رشته کوه‌های مرکزی ایران قرار گرفته است. در این حوضه کلیه رودخانه‌ها و مسیل‌ها به سمت کویرهای سیرجان، قطرویه، مروست و ابرقو جریان می‌یابند. این حوضه، دارای مساحت ۵۷۷۷۹ کیلومتر مربع بوده که حدود ۲۶۸۵۱ کیلومتر مربع آن را مناطق کوهستانی، ۲۸۰۲۸ کیلومتر آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها و ۲۹۰۰ کیلومتر مربع آن را کویرها و شوره زارها تشکیل می‌دهند.

زیرحوضه‌های منتهی به هر یک از ایستگاه‌ها برای شماره ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه را در به‌دست آوردن پارامترهای مورد نیاز اقدام شد. جدول حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان نشان می‌دهد (۱۳).

جدول شماره ۱ کد و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	کد ایستگاه	نام ایستگاه	نام رودخانه	مساحت (km ²)	طول جغرافیایی (دقیقه - درجه)	عرض جغرافیایی (دقیقه - درجه)
۱	۴۲-۰۰۱	چهلگرد	زاینده رود	۳۳۰	۵۰ - ۰۸	۳۲ - ۲۷
۲	۴۲-۰۰۳	قلعه شاهرخ	زاینده رود	۱۹۱۸	۵۰ - ۲۸	۳۲ - ۳۹
۳	۴۲-۰۰۵	اسکندری	اسکندری	۱۶۰۰	۵۰ - ۲۶	۳۲ - ۴۹
۴	۴۲-۰۰۷	سد زاینده رود (تنظیمی)	زاینده رود	۵۰۵۰	۵۰ - ۴۷	۳۲ - ۴۳
۵	۴۲-۰۰۹	پل زمان‌خان	زاینده رود	۵۷۶۶	۵۰ - ۵۴	۳۲ - ۳۰
۶	۴۲-۰۲۹	بند پایین	نهر اعظم	۱۰۱۲	۵۴ - ۰۵	۲۹ - ۵۵
۷	۴۲-۰۳۵	تونل دوم (دره در)	زاینده رود	۳۲	۵۰ - ۱۰	۳۲ - ۲۷
۸	۴۲-۰۳۹	مدوار	مدوار	۳۸	۵۵ - ۱۱	۳۰ - ۲۰
۹	۴۲-۰۴۷	مندرجان	سمندگان	۱۱۲	۵۰ - ۳۶	۳۲ - ۴۸
۱۰	۴۲-۰۶۱	آبدرمیان	آبدر	۳۶	۵۵ - ۱۷	۳۰ - ۱۵
۱۱	۴۲-۰۶۳	رمزج	اسطور	۱۲۰	۵۸ - ۰۸	۲۹ - ۲۲
۱۲	۴۲-۰۶۵	سوچ	سوچ	۲۱۰	۵۶ - ۱۵	۲۹ - ۱۸
۱۳	۴۲-۱۰۱	کرخنگان	کرخنگان	۹	۵۳ - ۵۸	۳۰ - ۰۹
۱۴	۴۲-۱۱۲	نیر پشتکوه	نیر	۲۳	۵۴ - ۰۶	۳۱ - ۳۰

جدول شماره ۲، کلیه عوامل استخراجی و محاسبات نهایی مربوط به زیرحوضه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

پس از این مرحله، در هر واحد هیدرولوژیکی عوامل مؤثر در بروز سیلاب (اقليمی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و کاربری اراضی) تعیین گردید.

جدول شماره ۲ عوامل مؤثر در سیلاب مستخرج از زیرحوضه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام عامل	علامت اختصاری	ردیف	نام عامل	علامت اختصاری
۱	بارندگی متوسط سالیانه	X۱	۲۱	زمان تمرکز (روش کریپچ)	X۲۱
۲	ضریب خشکی دومارتن	X۲	۲۲	نسبت انشعاب	X۲۲
۳	درجه حرارت متوسط سالانه	X۳	۲۳	تراکم زهکشی کل زیرحوضه	X۲۳
۴	حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته	X۴	۲۴	تراکم زهکشی آبراه‌های درجه ۱	X۲۴
۵	مجذور درصد کاربری اراضی کشاورزی	X۵	۲۵	تراکم زهکشی آبراه‌های درجه ۲	X۲۵
۶	درصد کاربری اراضی مرتعی	X۶	۲۶	لگاریتم تراکم زهکشی آبراه‌های درجه ۳	X۲۶
۷	درصد کاربری اراضی جنگلی	X۷	۲۷	درصد اراضی با برای شمالی	X۲۷
۸	سایر کاربری‌ها	X۸	۲۸	درصد اراضی با برای جنوبی	X۲۸
۹	ارتفاع متوسط زیرحوضه	X۹	۲۹	درصد اراضی با برای شرقی	X۲۹
۱۰	ارتفاع حداقل زیرحوضه	X۱۰	۳۰	درصد اراضی با برای غربی	X۳۰
۱۱	ارتفاع حداکثر زیرحوضه	X۱۱	۳۱	درصد اراضی دشتی	X۳۱
۱۲	اختلاف ارتفاع زیرحوضه	X۱۲	۳۲	نمره مقاومت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی	X۳۲
۱۳	مساحت	X۱۳	۳۳	فاصله مرکز ثقل تا خروجی به طول آبراه اصلی	X۳۳
۱۴	محیط	X۱۴	۳۴	ضریب پیچان رودی	X۳۴
۱۵	درصد شیب متوسط زیرحوضه با روش وزنی	X۱۵	۳۵	نسبت ناهمواری	X۳۵
۱۶	طول آبراه اصلی	X۱۶	۳۶	نمره ناهمواری	X۳۶
۱۷	درصد شیب آبراه اصلی با روش وزنی	X۱۷	۳۷	طول آبراه اصلی به طول حوضه	X۳۷
۱۸	ضریب گراولوس	X۱۸	۳۸	فاصله مرکز ثقل تا خروجی	X۳۸
۱۹	طول زیرحوضه	X۱۹	۳۹	فراوانی آبراه‌ها	X۳۹
۲۰	زمان تمرکز (روش کالیفرنیا)	X۲۰			

مدل آماری مورد استفاده

مدل آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع مدل تجزیه و تحلیل عاملی (Factor Analysis) است. تجزیه و تحلیل عاملی از جمله روش‌های آماری چند

متغیره (Multivariate) است که به وسیله آن تعداد زیادی از متغیرها را می‌توان به چند عامل کاهش داد و به این طریق خلاصه‌ای از داده‌های اصلی تهیه نمود (۱۸، ۲۲ و ۲۷). از این روش در مطالعات متعددی استفاده شده‌است؛ چنان‌که رضیعی و عزیززی (۱۳۸۶) روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی را به منظور منطقه‌بندی رژیم بارشی غرب کشور به کار بردند. هر چه مقدار همبستگی داخلی بین متغیرها بیشتر باشد، تعداد عامل‌های پدید آمده کمتر خواهد بود. یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل عاملی، ماتریس بارهای عاملی (Factor loading) است. از جمله دلایلی که می‌توان برای اهمیت تجزیه عاملی ارایه داد، این‌که اولاً تجزیه عاملی اهمیت و وزن هر عامل را نشان می‌دهد؛ ثانیاً در روش رگرسیون گام به گام با افزایش تعداد متغیرها معادله رگرسیون غیر قابل کنترل می‌شود که با استفاده از تجزیه عاملی می‌توان داده‌ها را کاهش داد (۵). برای انجام تجزیه عاملی مراحل زیر انجام می‌گیرد:

الف - نرمال کردن داده‌ها

نظر به وجود پاره‌ای از عوامل، نظیر: دقت پایین افراد برآورد کننده و اندازه گیر پارامترها (نظیر دما و بارش) در کنار نواقص مربوط به دستگاه‌های اندازه‌گیری و نیز

دخالت سایر عوامل ناشناخته، بعضی از داده‌های موجود قابل اطمینان نیستند و دارای انحرافات جزئی و کلی نسبت به مابقی داده‌ها هستند که باید با استفاده از روش‌های مختلف نرمال سازی داده‌ها نسبت به آماده سازی آنها برای ورود به روند تجزیه و تحلیل اقدام کرد. علت اصلی نرمال سازی حذف تأثیر داده‌های آلوده است. برای انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگراف - اسمیرنف^۱ استفاده گردید (۸ و ۱۱). برای اطمینان از صحت بیشتر کار انجام شده اقدام به تبدیل لگاریتمی و نیز ریشه دوم اعداد گردید (۲۷) تا از این طریق نیز نرمال بودن داده‌ها در مقایسه با داده‌های عادی بررسی شود. در این مطالعه دو ویژگی درصد کاربری اراضی کشاورزی و تراکم زهکشی آبراهه درجه ۳ برای نرمال شدن به ترتیب به مجذور و لگاریتم تبدیل شده اند^۲.

ب - استاندارد کردن داده‌ها

استاندارد کردن داده‌ها که در بعضی از تحلیل‌های چند متغیره از آن استفاده می‌شود، بدین صورت است که اعداد هر متغیر چنان تغییر می‌کند که دارای میانگین صفر و واریانس یک باشد. در این صورت، وزن اعداد با هر واحدی ثابت می‌شود و تأثیر اصلی خود را در محاسبات خواهد داشت (۷). استاندارد کردن داده‌ها، به معنای پخش داده‌ها حول میانگین خودشان است. بنابراین، هر داده‌ای با میانگین خودش مقایسه می‌شود. برای این منظور، ابتدا میانگین (\bar{X}) و انحراف معیار (S) هر سری

1. Kolmogorov-Smirnov
2. Transformation

ه - دوران عامل‌ها^۴

پس از انتخاب اولیه بارهای عاملی قدم بعدی دوران عامل‌ها برای به دست آوردن عامل‌هایی است که به آسانی تعبیر شوند. روش‌های مختلفی برای دوران عامل‌ها وجود دارد که بحث آن در این مقوله نمی‌گنجد، توضیح کامل آن در منابع مطالعاتی (۷) آمده است. دوران عامل‌ها، یکی از روش‌های دستیابی به نتایج بهتر در تحلیل عاملی است که در این بین روش دورانی Varimax که به توصیه اکثر منابع (۸، ۱۱ و ۱۳) دارای کارایی بهتری است، در این مطالعه استفاده گردیده و نتایج ارایه شده مربوط به این مورد است.

در مطالعه حاضر، با توجه به مراحل انجام تجزیه و تحلیل عاملی، ابتدا اقدام به تعیین مؤلفه‌های اصلی از بین ۳۹ متغیر مؤثر در سیلاب مربوط به هر یک از زیرحوضه‌ها گردید. در ادامه، با توجه به اینکه تعداد زیادی از متغیرها لازم بود تا واریانس مطلوبی را توضیح دهند، برای بار دوم، اقدام به انجام تحلیل عاملی از روی ویژگی‌های مستخرج در سه محور اصلی (شامل ۲۰ ویژگی) مربوط به تحلیل عاملی اولیه گردید. هدف از این کار، برجسته‌نمایی و شناسایی بهتر متغیرهای مؤثر در سیلاب برای دستیابی به اهداف مورد نظر، از جمله مدیریت حوضه‌های آبخیز و استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری مناسب بوده است. از سوی دیگر، با این کار تعداد عواملی که واریانس بالایی را توضیح می‌دهند،

از داده‌ها (X) تعیین و سپس از رابطه زیر مقادیر استاندارد شده داده‌ها (Z) تعیین می‌گردند:

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$$

ج - تعیین ماتریس بارهای عاملی^۱

روش‌های مختلفی برای برآورد ماتریس وزنی عاملی و واریانس‌های عاملی وجود دارد که دو روش عمده آن برآورد درست‌نمایی ماکزیمم^۲ و تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۳ است. روش درست‌نمایی ماکزیمم، اولین بار توسط لاولی (۱۹۴۰) و لاولی و ماکسول (۱۹۷۰) ارایه داده شد (۷).

د - انتخاب تعداد عامل‌ها

برای انتخاب تعداد عامل‌ها از آزمونی که به وسیله بارتلت (۱۹۵۱) پیشنهاد شده، استفاده می‌شود (۷). یک قاعده سرانگشتی دیگر اغلب در بسته‌های نرم‌فزاری آماری به کار می‌رود که در آن تعداد عامل‌ها برابر تعداد مقادیر ویژه ماتریس همبستگی که از یک بزرگ‌ترند، اختیار می‌شود. این انتخاب را می‌توان، به عنوان اولین پیش‌بینی عامل‌ها به کار برد. سپس الگو با استفاده از میزان درصد واریانس آزموده می‌شود (۷).

1. Factor loading matrix
2. Maximum likelihood estimate
3. Principle Component Analysis

4. Factor rotation

کاهش معنی داری یافته است و دسته‌بندی آنها و انجام تفسیرهای کارشناسی سهل‌تر می‌شود.

نتایج

بعد از انجام کلیه مراحل مطالعاتی ذکر شده در قبل، نتایج حاصل از انجام تحلیل عاملی بر روی داده‌های موجود در ادامه آورده می‌شود:

جدول شماره ۳ نتایج انجام تحلیل عاملی به روش چرخشی در مرحله توضیح واریانس بین ایستگاه‌ها با استفاده از ۳۹ ویژگی زیرحوضه‌ها

مقدار واریانس توضیحی			محورهای عاملی
واریانس تجمعی	واریانس مربوط به هر ویژگی	ریشه پنهان ماتریس همبستگی	
26.00	26.00	10.14	1
48.01	22.01	8.58	2
63.93	15.92	6.21	3
74.48	10.55	4.12	4
81.33	6.85	2.67	5
87.02	5.69	2.22	6
92.07	5.05	1.97	7
-	-	-	ادامه محورها تا ۳۹

بین ایستگاه‌ها قابل توضیح است که رقم کاملاً مطلوبی است.

جدول شماره ۴، ماتریس وزنی عاملی مربوط به ویژگی‌های منتخب مربوط به زیرحوضه‌های مورد مطالعه را که در روش چرخشی وارد شده است، نشان می‌دهد. ملاک انتخاب این پارامترها در هر محور عاملی از بین ۳۹ پارامتر وارد شده در تحلیلها، جدول شماره ۵ است. که با توجه به موارد ذکر شده در منابع مطالعاتی موجود

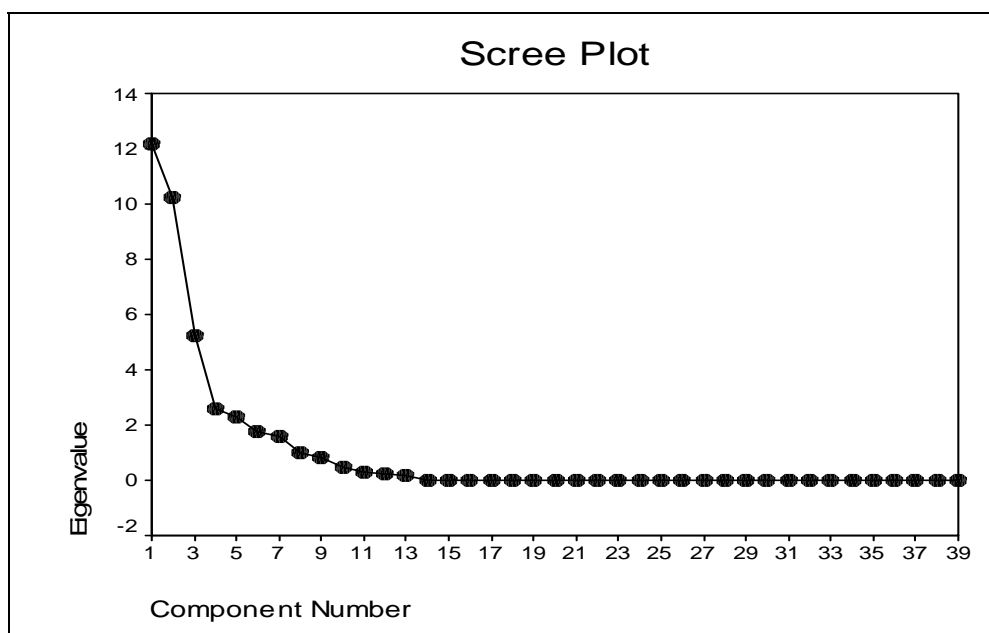
با توجه به جدول مذکور و مراجعه به *scree plot* مربوط به آن (نمودار شماره ۱)، می‌توان دریافت که بعد از محور عاملی ۷، سایر محورها وزن کمی در توضیح واریانس دارند، پس در ادامه تحلیل‌ها وارد نمی‌شوند.

همان‌طور که در جدول شماره ۳، دیده می‌شود، در عامل ۷، با چرخش عوامل بیش از ۹۲ درصد واریانس

مرحله دوم انجام تحلیل عاملی این بیست ویژگی ورودی اولیه فرآیند تحلیل را تشکیل می‌دهند. با توجه به اعداد مربوط به محورهای عاملی موجود در جدول مذکور می‌توان دریافت که از محور ۳ به بعد، مقدار وزن عوامل به طور فاحشی کم شده و در بیشتر موارد از آستانه پذیرش (۰/۷) پایین‌تر است. لذا، با منظور نمودن نظرهای کارشناسی، تنها در سه محور اقدام به استخراج ویژگی‌های مورد نظر گردیده است.

رقم ۰/۷ ملاک مناسبی برای این امر است و هر عددی که مساوی یا بیش از ۰/۷ باشد، می‌توان پارامتر یا ویژگی مربوطه را برای مراحل بعدی تحلیل استخراج نمود (۱۹ و ۲۱).

همان‌طور که از جدول شماره ۴ استنتاج می‌گردد، تعداد پارامترهای استخراجی از بین ۳۹ ویژگی زیرحوضه‌ها با توجه به تعداد محورهای عاملی موجود و در نظر گرفتن ملاک‌های انتخاب ذکر شده بیست ویژگی است که در



نمودار شماره ۱ نمودار scree plot توضیح واریانس محورهای عاملی با وارد کردن ۳۹ ویژگی زیرحوضه‌ها

داد. در اینجا نیز مانند مرحله اول از روش چرخشی Varimax که روش مناسبتری است استفاده گردید (۲۱).

در مرحله دوم تحلیل عاملی، بیست ویژگی استخراجی از مرحله اول برای برجسته‌نمایی موارد مهم‌تر وارد روند کار گردید. جدول شماره ۶ نشان می‌دهد که با حضور سه عامل بیش از ۹۱ درصد واریانس را می‌توان توضیح

جدول شماره ۴ ماتریس بارهای عاملی ویژگی‌های منتخب استخراجی مربوط به روش چرخشی با به کارگیری ۳۹ ویژگی زیرحوضه‌ها

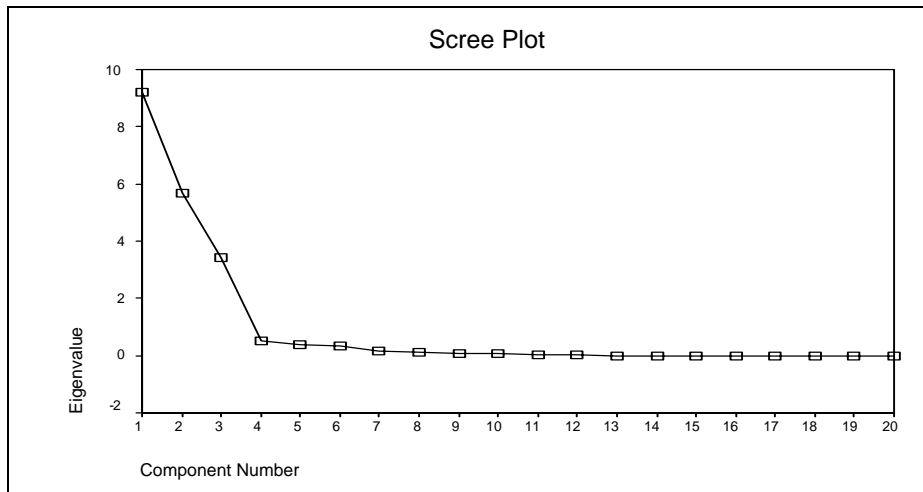
ردیف	ویژگی زیرحوضه‌ها	محورهای عاملی استخراجی						
		1	2	3	4	5	6	7
1	بارندگی متوسط سالانه (mm)	-0.163	0.915	-0.206	0.148	-0.130	0.098	-0.046
2	ضریب خشکی دومارتن	-0.158	0.916	-0.226	0.157	-0.116	0.096	-0.035
3	درجه حرارت متوسط سالانه (C ⁰)	-0.171	-0.870	0.056	-0.231	-0.278	0.176	-0.060
4	حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله (mm)	-0.018	0.939	-0.056	0.055	-0.218	0.129	-0.030
5	مساحت (km ^۲)	0.970	-0.019	-0.112	0.044	-0.036	-0.121	-0.076
6	محیط (km)	0.969	-0.025	-0.174	-0.005	0.076	-0.072	-0.060
7	درصد شیب متوسط حوضه	0.131	0.895	-0.257	0.292	0.008	-0.045	0.132
8	طول آبراهه اصلی (km)	0.982	0.025	-0.174	0.036	0.014	-0.004	-0.038
9	طول حوضه (km)	0.944	-0.002	-0.138	0.261	0.094	0.041	-0.034
10	زمان تمرکز (روش کالیفرنیا) (h)	0.970	0.047	-0.121	0.197	0.006	0.023	-0.012
12	تراکم زهکشی کل	-0.271	-0.076	0.938	0.057	-0.062	0.139	0.024
13	تراکم زهکشی آبراهه درجه ۱	-0.284	-0.086	0.924	0.018	-0.062	0.147	-0.038
14	تراکم زهکشی آبراهه درجه ۲	-0.324	-0.112	0.859	0.169	-0.072	0.055	0.212
15	تراکم زهکشی آبراهه درجه ۳	0.776	0.390	-0.313	0.047	0.192	-0.018	0.140
16	درصد اراضی با برای شمالی	0.143	0.756	0.279	0.146	0.162	0.109	-0.414
17	درصد اراضی با برای دشتی	-0.086	-0.847	-0.261	-0.018	0.133	0.189	-0.277
18	نمره ناهمواری	-0.109	-0.034	0.954	0.175	0.093	0.052	0.040
19	فاصله مرکز ثقل تا خروجی (km)	0.973	-0.035	-0.178	0.054	0.094	-0.005	-0.042
20	فراوانی آبراهه (۱/km ^۲)	-0.292	0.070	0.858	-0.024	-0.300	-0.049	-0.067

جدول شماره ۵ آستانه و معیار پذیرفته شده وزن عوامل استخراجی در تحلیل عاملی (۱۹ و ۲۱)

کیفیت پذیرش	مقدار عددی قدر مطلق ماتریس وزنی عاملی
عالی	≥ ۰/۹
بسیار خوب	≥ ۰/۸
نسبتاً خوب	≥ ۰/۷
تا حدی خوب	≥ ۰/۶
تا حدی قابل قبول	≥ ۰/۵
غیر قابل قبول	< ۰/۵

جدول شماره ۶ نتایج انجام تحلیل عاملی به روش چرخشی در مرحله توضیح واریانس بین ایستگاه‌ها با استفاده از ۲۰

محورهای عاملی	مقدار واریانس توضیحی		
	ریشه پنهان ماتریس همبستگی	واریانس مربوط به هر ویژگی	واریانس جمعی
1	7.58	37.90	37.90
2	5.80	28.99	66.89
3	4.92	24.61	91.51
ادامه محورها تا ۲۰	-	-	-



نمودار شماره ۲ نمودار scree plot توضیح واریانس محورهای عاملی با وارد کردن ۲۰ ویژگی زیرحوضه‌ها

توضیح واریانس موجود دارند. بنابراین، ادامه کار تنها بر روی سه محور مذکور صورت خواهد گرفت.

با توجه جدول ۶ و در نظر داشتن نمودار scree plot مربوط به آن (نمودار شماره ۲)، می‌توان گفت که بعد از محور عاملی سوم، سایر محورها نقش ضعیف و کمی در

جدول شماره ۷ ماتریس بارهای عاملی استخراجی مربوط به روش چرخشی با به کارگیری ۲۰ ویژگی زیرحوضه‌ها

محورهای عاملی استخراجی			ویژگی زیرحوضه‌ها	ردیف
3	2	1		
-0.132	-0.009	0.972	مساحت (km ^۲)	1
-0.202	-0.023	0.973	محیط (km)	2
-0.192	0.036	0.973	طول آبراهه اصلی (km)	3
-0.134	0.046	0.965	طول حوضه (km)	4
-0.117	0.085	0.975	زمان تمرکز (روش کالیفرنیا) (h)	5
-0.319	-0.119	0.903	زمان تمرکز (روش کریپچ) (h)	6
-0.319	0.393	0.778	تراکم زهکشی آبراهه درجه ۳	7
-0.203	-0.022	0.972	فاصله مرکز نقل تا خروجی (km)	8
-0.189	0.940	-0.184	بارندگی متوسط سالانه (mm)	9
-0.208	0.941	-0.176	ضریب خشکی دومارتن	10
0.069	-0.882	-0.209	درجه حرارت متوسط سالانه (C°)	11
-0.047	0.951	-0.063	حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله (mm)	12
-0.236	0.936	0.136	درصد شیب متوسط حوضه	13
0.294	0.747	0.184	درصد اراضی با برای شمالی	14
-0.268	-0.842	-0.068	درصد اراضی با برای دشتی	15
0.957	-0.077	-0.253	تراکم زهکشی کل	16
0.941	-0.098	-0.266	تراکم زهکشی آبراهه درجه ۱	17
0.880	-0.077	-0.315	تراکم زهکشی آبراهه درجه ۲	18
0.951	-0.022	-0.075	نمره ناهمواری	19
0.878	0.064	-0.294	فراوانی آبراهه (۱/km ^۲)	20

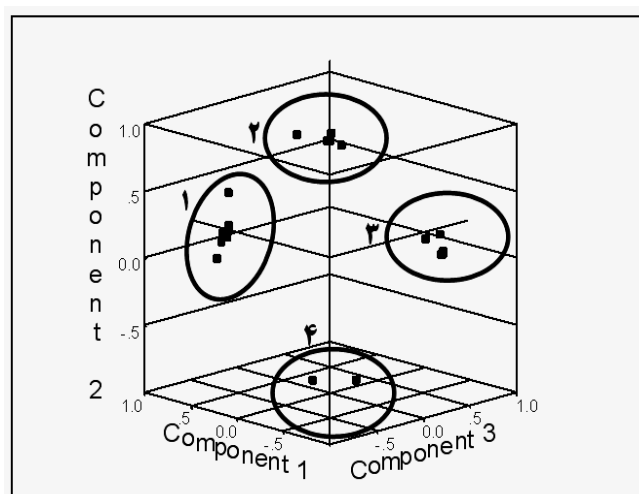
ترسیم نمودار مربوط به وضعیت پراکنش ویژگی‌ها و خصوصیات مربوط به زیرحوضه‌ها در فضای چرخشی و در حضور سه محور عاملی (نمودار شماره ۳) بیانگر نوعی گروه‌بندی ویژگی‌های زیرحوضه هاست. معیار نظرهای کارشناسی که در تصمیم‌گیری و انتخاب انواع روش‌های مدیریتی در حوضه‌های آبخیز دخیل است، می‌تواند با تحلیل چنین گروه‌بندی تعیین گردد. معرفی خصوصیات حوضه‌ای موجود در هر گروه در نمودار شماره ۳ در جدول شماره ۸ آمده است.

در جدول شماره ۷، ماتریس وزنی عاملی دوران یافته (چرخشی) مربوط به بیست ویژگی وارد شده در تحلیل در سه محور عاملی منتخب آورده شده است. با توجه به بالا بودن وزن تعداد بیشتری از پارامترها در اینجا، معیار انتخاب نمی‌تواند تنها آستانه عددی $0/7$ باشد، بلکه در این مورد احتیاج به بحث کارشناسی است که در ادامه ذکر خواهد شد.

به نظر می‌رسد گروه‌بندی عوامل مؤثر در سیلاب که به شناسایی و تعیین برخی ویژگی‌های کلیدی در این امر منجر می‌گردد، می‌تواند چشم انداز مدیریتی را در حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه روشنتر نماید.

جدول شماره ۸ خصوصیات حوضه‌ای مربوط به هر گروه در نمودار شماره ۳

نام گروه	خصوصیات حوضه‌ای
۱	۱-مساحت؛ ۲-محیط؛ ۳-طول آبراهه اصلی؛ ۴-طول حوضه؛ ۵-زمان تمرکز (روش کالیفرنیا)؛ ۶-نسبت فاصله مرکز ثقل تا خروجی حوضه به طول آبراهه اصلی
۲	۱-بارندگی متوسط سالانه؛ ۲-ضریب خشکی دومارتنغ؛ ۳-حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته؛ ۴-درصد اراضی با برای شمالی
۳	۱-تراکم زهکشی کل؛ ۲-تراکم زهکشی آبراهه درجه ۱؛ ۳-تراکم زهکشی آبراهه درجه ۲
۴	۱-درصد اراضی با برای دشتی؛ ۲-درجه حرارت متوسط سالانه



نمودار شماره ۳ نمودار پراکنش ویژگی‌های زیرحوضه‌ها در کنار سه محور عاملی در فضای چرخشی

بحث

چنان‌که ذکر شد، هدف از انجام تحلیل عاملی در این مطالعه شناسایی و دستیابی به مهمترین عوامل تأثیرگذار در بروز و تشدید دبی‌های سیلابی در حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان است. با طی گام‌های مطالعاتی مورد نظر در نهایت ماتریس وزنی عاملی برای بیست ویژگی مربوط به زیرحوضه‌های انتخابی آماده گردید (جدول شماره ۷).

با توجه به جدول مذکور باید پارامتر یا پارامترهایی در هر محور عاملی به گونه‌ای انتخاب گردد که اولاً بتواند توضیح دهنده سایر پارامترهای موجود در آن محور بوده، ثانیاً به عنوان یک ویژگی مدیریت پذیر باشد؛ یعنی بتوان با اعمال روش‌های مدیریت آب و خاک با ملحوظ داشتن نظرهای کارشناسان تصمیم گیرنده و اداره کننده حوضه به هدف نهایی؛ یعنی کاهش و تخفیف^۱ دبی‌های سیلابی دست یافت. آنچه مسلم است، نمی‌توان به طور کامل سیلاب را محو کرد، ولی می‌توان با به کارگیری اقداماتی در سطح حوضه‌های آبخیز تکرار و شدت دبی‌های سیلابی را کاهش داده و از خسارت وارده تا حد زیادی کم کرد.

با استفاده از جدول شماره ۷ و با در نظر داشتن اظهارات سایر محققان نظیر Domroes و همکاران (۲۱) در انتخاب ویژگی‌هایی که دارای وزن بیش از ۰/۷ بوده‌اند، می‌توان گفت در محور عاملی اول زمان تمرکز

به عنوان پارامتری که مابقی را می‌تواند توضیح دهد، انتخاب می‌گردد. این عامل که غالباً با چند ویژگی حوضه نظیر شیب، طول آبراهه، ضریب زبری و مقدار پوشش گیاهی در ارتباط است می‌تواند به نحو مقتضی تحت مدیریت و اعمال نظر مدیران حوضه قرار گیرد. در این ارتباط می‌توان به افزایش پوشش گیاهی سطح حوضه اشاره کرد (۵)، این یافته شبیه نتایج مطالعه غلامی (۱۳۷۳) است که یکی از علل عمده ایجاد خسارات توسط سیلاب را عدم پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی و شیب‌دار می‌داند.

در محور دوم، درصد شیب متوسط حوضه و درصد اراضی دشتی می‌تواند زمینه دخالت و اعمال نظر روش‌های انسانی را فراهم آورد. پس پارامتر شیب زمین به عنوان معرف و نماینده محور دوم انتخاب می‌گردد. احداث سکوها، فاروئینگ، بانکت‌بندی و سایر عملیات اصلاحی - سازه‌ای آبخیزداری که به نحوی باعث شکست و تخفیف شیب طبیعی دامنه‌ها می‌شود، در این راستا منظور می‌گردد. با بررسی‌های صحرائی در زیرحوضه‌های مورد مطالعه اثر کاهش شیب در تخفیف شدت سیلاب و خسارات وارده بر منابع آب و خاک و ... حوضه مشهود است (۱۳). این یافته در مورد حوضه مورد مطالعه تا حدی بر خلاف نتایج مطالعه Kleberg (۱۹۹۶) است که عامل اصلی حدوث سیلاب‌های شدید را نه تغییرات کاربری و دخالت‌های انسانی، بلکه در درجه اول بارندگی می‌داند. در محور سوم تراکم زهکشی به عنوان یک عامل مدیریتی منظور می‌شود؛ بویژه کنترل

اعمال روش‌های مختلف مدیریتی می‌توان نسبت به کاهش و تخفیف شدت و بزرگی دبی‌های سیلابی در منطقه مورد مطالعه اقدام نمود.

منابع:

۱- باباخانی، ع. (۱۳۷۱). «ریزش‌های جوی کوتاه مدت و شدید در دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی مشرف بر شمال تهران و تأثیرات وقوع سیلاب در تهران و بر منابع آب آن»، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، بخش دوم، ص ۳۱۸-۳۲۱.

۲- تلوری، ع. (۱۳۷۵). عوامل مؤثر بر وقوع یا تشدید سیل و خسارات آن. کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران.

۳- جعفری، ع (۱۳۷۶)، گیتاشناسی ایران، ج ۲ (رودها و رودنامه ایران)، طرح و تهیه از گیتاشناسی.

۴- خلیقی، ش، مهدوی، م و ثقفیان، ب. (۱۳۸۴). «بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیلخیزی با استفاده از مدل NRCS، مطالعه موردی در حوضه رودخانه باراندوز چای در آذربایجان شرقی» مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۴.

۵- دورنکامپ و همکاران. (۱۳۷۰). "تحلیل‌های کمی در ژئومرفولوژی"، ترجمه جمشید فریفته، انتشارات دانشگاه تهران،

تراکم زهکشی مربوط به آبراهه‌های درجه ۱ که اولین قدم آشکار در کانالیزه شدن و تشکیل دبی‌های سیلابی است، می‌تواند تا حد زیادی در تخفیف دبی‌های سیلابی موفق باشد. اقداماتی نظیر انجام شخم عمیق و حساب شده برای از بین بردن و محو شیارهای فرسایشی و نیز سرشاخه‌های اولیه جریان کانالی در روی دامنه‌های کم شیب، کاشت پوشش گیاهی در داخل و کناره آبراهه، ایجاد بندهای خشکه چین و سدهای بیولوژیکی و سایر موارد مشابه، می‌تواند تا حد زیادی از تراکم آبراهه‌های درجه یک بکاهد و روند افزایش آن را نیز متوقف کند.

یافته‌های محققانی نظیر Hirschboeck (۱۹۹۲) در مورد سیلاب‌های دره می‌سی‌سی‌پی علیا، بیانگر تأثیر زیاد عمق برف زمستانه و بارندگی اوایل تابستان در بروز سیلاب‌هاست و از آنجایی که با حاکمیت اقلیم مدیترانه‌ای از یک طرف و غالبیت آب و هوای خشک و نیمه خشک در سرتا سر حوضه آبخیز اصفهان-سیرجان از طرف دیگر و فقدان یا وجود ناچیز بارشهای تابستانی، ماهیت سیلاب‌های این حوضه بیشتر با بارش‌های زمستانه (و آن هم بیشتر به صورت باران) ارتباط دارد، نه عمق برف زمستانه و بارندگی اوایل تابستان.

پس در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت از بین عوامل مؤثر در سیلاب در حوضه آبخیز اصفهان - سیرجان، عامل زمان تمرکز با وزن ۳۷/۹ درصد عامل شیب سطح حوضه با ۲۹ درصد و عامل تراکم زهکشی آبراهه‌های درجه ۱ با وزن ۲۴/۶ دارای بیشترین تأثیر هستند، که با

تجزیه و تحلیل منطقه‌ای، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ۷۵ صفحه.

۱۴- نصری، م. (۱۳۷۷). بررسی عوامل مؤثر در بروز سیلاب به منظور ارزیابی روش‌های مدیریتی در چند حوضه آبخیز استان گلستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۱۵- وزارت نیرو. (۱۳۶۹). اطلس منابع آب ایران، جلد اول، گزارش هیدرولوژی، انتشارات معاونت بهره برداری و مدیریت منابع آب.

۱۶- وزارت نیرو. (۱۳۶۸ الف). طرح جامع آب کشور، حوضه آبریز ابرقو- سیرجان، مهندسین مشاور جاماب.

۱۷- وزارت نیرو. (۱۳۶۸ ب). طرح جامع آب کشور، حوضه آبریز زاینده رود، مهندسین مشاور جاماب.

18- Abrams, D.A, (1972), "Factor Analysis of Drainage Basin Properties: Evidence for Stream Abstraction Accompanying the Degradation of Relief", Water Resources Research, Vol. 8, No2, pp.405-409.

19- Backhaus, K., et al. , (1994), Multivariate analyse methoden, Berlin: Springer, 594 pp.

20-Cadier. E. , (1996), Small Watershed Hydrology in Semi-Arid North Eastern Brazil Basin Topography and Transposition of Annual Runoff Data, Journal of Hydrology, 182:117-141.

21- Domroes, M. , Kaviani , M. and schaefer, D. (1998), An analysis of regional and Intra - annual precipitation variability Over Iran using multivariate statistical methods , Theoretical and applied climatology , Vol. 61, 151-159 pp.

۶- رضیئی، ط و عزیزی، ع. (۱۳۸۶). «منطقه‌بندی رژیم بارشی غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی»، مجله تحقیقات منابع آب ایران، جلد ۸، شماره ۲.

۷- سریواستاوا - کارتر. (۱۳۷۰). "آمار چند متغیره کاربردی"، ترجمه ناصررضا ارقامی و ابوالقاسم بزرگ‌نیا، انتشارات استان قدس رضوی.

۸- شرکت آمارپردازان. (۱۳۷۷). راهنمای کاربران SPSS، جلد ۱ و ۲، مرکز فرهنگی انتشاراتی حامی، ۴۲۴ و ۵۳۳ صفحه.

۹- عرب خدری، م. (۱۳۷۴). «برآورد سیلاب‌های سطح با استفاده از ویژگی‌های حوضه آبخیز». مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب، اصفهان،

دانشگاه صنعتی اصفهان، ۶ تا ۸ شهریور، ۲۱۳-۲۲۷

۱۰- غلامی، ش. (۱۳۷۳). «نقش مدیریت پوشش گیاهی

در شکل هیدروگراف»، جنگل و مرتع، ۲۴.

۱۱- فتوحی اردکانی، ا. (۱۳۸۱). کتاب آموزشی ۱۰ SPSS (ترجمه)، انتشارات شایگان، ۴۴۸ صفحه.

۱۲- مهدوی، م. و هاشمی، ع. (۱۳۷۶). «تعیین بده متوسط از روی عوامل فیزیکی حوضه‌ها در استان سمنان» مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۳۶، صص ۲۰-۱۸

۱۳- نجفی، ع. (۱۳۸۲). اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز اصفهان - سیرجان در تولید رسوب با استفاده از

22-Hann, C. T., (1986), "Statistical Methods in Hydrology, IOWA State University Press/Ames. .

23-Hirschboeck,K., (1988), Flood Hydroclimatology,In:Baker, V. R., C. Kochel, and P. C. Patton (Eds) Flood Geomorphology, John Wiley and Sons, 99. 27-51.

24-Kleeberg, H. b., (1996), Extreme Floods-Causes and Influences. Zeitschrift Tur Kulturtechnik und Iantentqic, 87: 103-107.

25-Meunier,M., (1996), Forest Cover and Flood Water in Small Mountain Watersheds, Unasyvia, 187(47): 29-37.

26-Schmitter, K. E and p. Gresse, (1995), Modeling and Application of the Geomorphic and Environ mental Controls on Flash Flood Flow. Geomorphology, 16: 337-347.

27- White, E. L., (1975), "Factor Analysis of Drainage Basin Properties: Classification of Flood Behavior in Terms of Basin Geomorphology", Water Resources Bulletin, Vol. 11, No.4,P.676-687.