

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۲، پاییز ۱۳۹۶، صص ۱۷۷-۱۵۳

وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۰۲ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۰۱

## پهنه‌بندی شدت سیل‌خیزی در حوضه‌ی آبریز میشخاص به کمک تحلیل

### عاملی - خوشه‌ای

امیرحسین حلبیان<sup>۱</sup>

شمس‌الله عسگری<sup>۲\*</sup>

#### چکیده

سیل یکی از انواع بلایای طبیعی می‌باشد که همه ساله خسارات زیان‌باری را در سراسر جهان و از جمله ایران به وجود می‌آورد. بنابراین، شناسایی این پدیده و پارامترهای موثر در وقوع سیل‌خیزی در حوضه‌های آبریز ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. پژوهش حاضر در صدد ارائه روشی برای پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه‌ی آبریز میشخاص در ایلام می‌باشد. در این تحقیق حوضه‌ی آبریز میشخاص در استان ایلام به ۱۲ زیرحوضه تقسیم و برای هر زیرحوضه ۲۸ پارامتر ژئومتری، اقلیمی، نفوذپذیری و فیزیوگرافی مانند؛ مساحت، محیط، طول و شیب آبراهه‌ی اصلی، طول و شیب حوضه، زمان تمرکز، ضریب شکل و متغیر بارش، تاج پوشش گیاهی، CN و دبی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS محاسبه شد. برای تعیین شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها از روش آماری تحلیل عاملی - خوشه‌ای استفاده و داده‌های ۲۸ متغیر زیرحوضه‌ها توسط نرم‌افزار SPSS پردازش و در قالب ۵ عامل اصلی (شکل، آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب) خلاصه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که عامل شکل با مقدار ویژه ۷/۶۴ مهم‌ترین عامل در سیل‌خیزی حوضه‌ی مورد مطالعه است، عوامل آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب به ترتیب با مقدار ویژه ۴/۶۵، ۱/۲، ۷۵/۵۶ و ۱/۶۱ در

۱- دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، ایران (نویسنده مسئول).

E-mail:shamsasgari@yahoo.com

رتبه‌های بعدی قرار دارند. در ادامه، حوضه‌ی مورد مطالعه بر اساس امتیاز عاملی به ۳ طبقه‌ی سیل‌خیزی زیاد، متوسط و کم تقسیم و نقشه‌ی پهنه‌بندی شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها ترسیم شد. زیرحوضه‌های (۹،۸،۵،۳) در عامل شکل، زیرحوضه‌های (۱،۶،۱۱) در عامل شیب، زیرحوضه‌های (۷، ۲) در عامل زهکشی و در عامل رواناب نیز زیرحوضه‌های (۴،۱۰،۱۲) دارای شدت سیل‌خیزی زیادی هستند. زیرحوضه‌ها از نظر مشابهت پتانسیل سیل‌خیزی، فرسایش، پوشش گیاهی و تأثیرات عملکرد انسانی نیز به ۳ گروه با شدت سیل‌خیزی زیاد، متوسط و کم تفکیک شده‌اند.

**کلمات کلیدی:** سیل، معیار، اقلیم، طبقه‌بندی، چرخش وریماکس، میشخاص.

#### مقدمه

از بین رفتن پوشش گیاهی در اثر عدم درک صحیح از مدیریت منابع موجود، نبود جایگاهی برای آن در سیاست‌گذاری‌های کلان و شرایط اقتصادی حاکم بر عرصه و بهره‌وری بیش از ظرفیت طبیعی منابع موجود شرایطی را فراهم نموده است که هر از گاهی چند شاهد بروز سیلاب و اثرات تخریبی آن و از دست رفتن میلیون‌ها تن خاک ارزشمند باشیم. بر همین اساس کاهش و مهار نسبی خطرات سیلاب یکی از چالش‌های عمده‌ی مدیریت کشور و استان ایلام است. یکی از راهکارهای کاهش خسارت سیلاب، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز است. به عبارت دیگر تفکیک نواحی سیل‌خیز و تعیین سهم عوامل مؤثر در سیل می‌تواند در تدوین راهکار مناسبی برای سیاست‌گذاری‌های میان‌مدت و بلندمدت در بهره‌برداری بهینه از اراضی نقش ویژه‌ای داشته باشد. از مهم‌ترین مطالعاتی که در زمینه‌ی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در سطح جهان و ایران انجام شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: هاوکینز<sup>۱</sup> (۱۹۷۹) در ایالت یوتا سعی کرد ارتباطی بین سطوح اشباع حوضه و

1- Hawkins

شماره‌ی منحنی (CN)<sup>۱</sup> ایجاد کند؛ اما با کاربرد رابطه‌ی  $0.2S$  برای کاهش اولیه‌ی حوضه نتایج خوبی در پیش‌بینی رواناب به دست نیامد. جیمز و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۸۰) اقدام به پهنه‌بندی سیل در بخشی از ایالت یوتای امریکا نموده و نقشه‌ی پهنه‌های خطر سیل با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف را ترسیم نمودند. بلس و همکاران<sup>۳</sup> (۱۹۸۱) با مطالعه‌ی چندین سیلاب از حوضه‌های آبخیز مختلف به این باور رسیدند که کاربری اراضی و خصوصیات فیزیکی خاک مهم‌ترین عوامل در تعیین شماره‌ی منحنی هستند. عنایت رسول و همکاران<sup>۴</sup> (۱۹۹۴) معتقدند به منظور کنترل سیل باید روش‌های مدیریت سیلاب مدنظر قرار گیرند. سووان وراکامترن<sup>۵</sup> (۱۹۹۴) در هند ضمن بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بالادست حوضه‌ی کاداواری، الگوی سیلاب در نواحی پایین‌دست حوضه را مورد ارزیابی قرار داده است. سینگ<sup>۶</sup> (۱۹۹۷) معتقد است تولید رواناب در یک حوضه به عوامل متعددی همچون خصوصیات حوضه‌های آبریز، دینامیک بارش، نفوذ و شرایط پیشین حوضه بستگی دارد. فرانسیسکو و همکاران<sup>۷</sup> (۱۹۹۸) به منظور پیوند سیستم GIS با مدل‌های هیدرولیکی و هیدرولوژی، مناطق تحت تأثیر سیل رودخانه‌ها را بر روی نقشه ترسیم کردند. استفان<sup>۸</sup> (۲۰۰۲) پهنه‌های رخداد‌های سیل سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ را در حوضه‌ی رودخانه‌ی سنگ زرد در ایالت مونتانا‌ی امریکا تعیین نمود. سین ناکندان و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۳) اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی خطر سیل برای رودخانه‌ی

---

1- Curve Number

2- James et al.,

3- Bales et al

4- Enayate Rasul et al.,

5- Suwanwerakamtor

6- Singh

7- Francisco et al.,

8- Stephen

9- Sinnakaudan et al.,

پاری در مالزی با استفاده از GIS کردند. سانیا ل و لو<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) با استفاده از روش‌های های سنجش از دور و GIS، نقشه مناطق مخاطره‌آمیز از لحاظ سیلاب را برای نواحی موسمی آسیا تهیه کردند. لوی<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۳</sup> (MCDM) و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم<sup>۴</sup> (DSS) به این نتیجه رسید که دو روش فوق می‌توانند در شناسایی پهنه‌های مستعد سیلاب موثر واقع شوند. میر و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۹) با استفاده از رویکرد چندمعیاره به تهیه نقشه‌ی ریسک سیل‌خیزی برای رودخانه‌ی مولد در آلمان اقدام کردند. کوک و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۹) با دو مدل HEC-RAS و FESWMS ویژگی‌های توپوگرافی و ژئومتریک رودخانه‌های استرودز<sup>۷</sup> در کارولینای شمالی و بزرس<sup>۸</sup> در تگزاس آمریکا را آمریکا را مقایسه و تأثیر هر یک از این عوامل را در پهنه‌بندی سیلاب تعیین نمودند. کین و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۱) در بزرگراه‌های منطقه‌ی فیولینگ<sup>۱۰</sup> چین به پهنه پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پرداختند. بختیاری‌کیا و همکاران (۲۰۱۱) با روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی (ANN) به شبیه‌سازی شرایط سیلابی در حوضه‌ی رودخانه‌ی جوهور<sup>۱۱</sup> مالزی اقدام کردند. الغمدی و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۲) مکه را با استفاده از آنالیزهای مکانی از نظر خطر سیل‌گرفتگی بر پایه‌ی دو سیل مهم سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ پهنه‌بندی

1- Sanyal &amp; Lu

2- Levy

3- Multi-Criteria Decision Making

4- Decision Support Systems

5- Meyer et al.,

6- Cook et al.,

7- Strouds

8- Brazos

9- Qin et al.,

10- Fuling

11- Johor

12- Al-Ghamdi et al.,

کردند. اسماعیل و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) اقدام به تولید نقشه‌ی آسیب‌پذیری سیل در بخشی از رودخانه یکادانا کردند. آرمناکیس و نیروپاما<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) بر اساس آسیب‌پذیری جمعیت و تنوع مرفولوژیکی اراضی، نقشه‌ی فضایی خطر سیل را در شهر تورنتو کانادا ارائه نمودند. دمیر و کیسی<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و شبیه‌سازی جریان سیل با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف، نقشه‌ی خطر سیل را برای رودخانه‌ی مرت ترکیه تهیه کردند. در ایران، قائمی و مرید (۱۳۷۵) ضمن معرفی عوامل تأثیرگذار بر سیلاب، شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌های رودخانه‌ی کرخه را تعیین نمودند. قنواتی و فرج‌زاده اصل (۱۳۷۹) برای ناحیه‌بندی فیزیوگرافیک حوضه‌های آبریز (حوضه‌ی رودخانه‌های زهره و خیرآباد) از روش تحلیل عاملی استفاده کرده و به کمک این روش ۲۹ متغیر به کار گرفته شده را به ۴ عامل اصلی کاهش دادند. عبدی و رسولی (۱۳۸۰) برای پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه‌ی آبریز زنجان‌رود با تهیه لایه‌های مختلف و همپوشانی آنها پتانسیل تولید رواناب را با استفاده از روش SCS محاسبه نمودند. امیدوار و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که عامل شکل مهم‌ترین عامل در سیل‌خیزی حوضه کنجانچم است. بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ی آبریز اخترآباد توسط ملکبان و همکاران (۱۳۹۱) بیانگر این بود که پهنه‌های با خطر سیل‌خیزی زیاد در شمال و جنوب حوضه و مناطق با خطر کم، در آبراهه‌ها و قسمت‌های مرکزی حوضه واقع شده‌اند. لاجوردی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل وزنی نقشه‌ی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی سالانه‌ی حوضه‌ی مردق چای (آذربایجان شرقی) را با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف ارائه نمودند. نسرین‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) ضمن پهنه‌بندی ریسک سیل‌خیزی در حوضه‌ی آبریز باغان نشان دادند که حدود ۲۲ درصد ( $203 \text{ km}^2$ ) از

1- Isma'il et al.,

2- Armenakis &amp; Nirupama

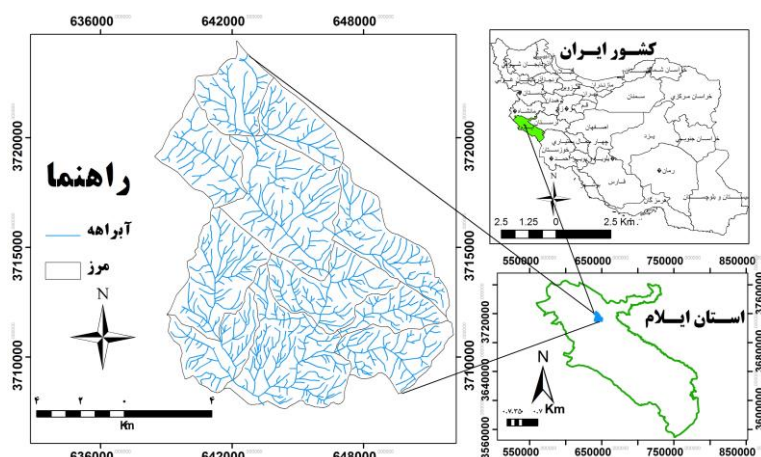
3- Demir &amp; Kisi

محدوده‌ی حوضه‌ی مزبور را پهنه‌های سیل‌خیز خطرپذیر زیاد تا خیلی زیاد در بر گرفته است و به دلیل این که بیشترین نقش را در تولید رواناب دارند. در این تحقیق حوضه‌ی آبریز میشخاص از نظر پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره تحلیل عاملی و خوشه‌ای و با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت نقشه سیل‌خیزی حوضه در سه سطح کم، متوسط، و زیاد ترسیم شده است. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در این حوضه می‌تواند در کاهش زیان‌های ناشی از این مخاطره‌ی طبیعی کمک شایانی نماید. پژوهش‌هایی از این قبیل می‌توانند پایه‌ای برای برنامه‌ریزی‌های آتی توسعه و عمران منطقه‌ای و محلی باشند.

## مواد و روش

### منطقه‌ی مورد مطالعه

از نظر تقسیمات کشوری حوضه‌ی میشخاص در استان ایلام شهرستان ایلام، بخش میشخاص واقع شده است (شکل ۱). مساحت این حوضه نیز با استفاده از GIS و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور ۱۳۶۴۳ هکتار می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه‌ی منطقه در دوره‌ی آماری (۱۳۹۴-۱۳۶۳) ۶۲۱ میلی‌متر و رژیم بارشی آن زمستانه است. بررسی تغییرات ماهانه نشان می‌دهد که سردترین ماه‌های سال دی و بهمن می‌باشند و تیر و مرداد جزء ماه‌های گرم سال می‌باشند. میانگین درجه حرارت سالانه‌ی منطقه نیز ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه نیمه مرطوب معتدل است.



شکل (۱) موقعیت حوضه آبریز میشخاص

یکی از معیارهای مناسب برای شناخت پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز، طبقه‌بندی آنها براساس معیارهای ژئومتری، فیزیوگرافی، نفوذپذیری و اقلیمی است. در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه‌های پوشش گیاهی، کاربری اراضی، خاک استان (۱۳۹۲)، داده‌های بارش و مطالعات انجام شده در سطح حوضه و روش‌های آماری چندمتغیره تحلیل‌های عاملی و خوشه‌ای توسط نرم‌افزار SPSS 19 و بسته نرم‌افزاری ArcGIS 10.1 استفاده شده است. در این پژوهش حوضه‌ی آبریز میشخاص به ۱۲ زیرحوضه تقسیم شد (شکل ۲) و شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها در سه کلاس دسته‌بندی شده است. با توجه به اهداف تحقیق دبی حداکثر لحظه‌ای، بارش روزانه، تاریخ سیل‌های حوضه استخراج شد. برای دیگر شاخص‌های مورد استفاده در تحقیق ابتدا معیارهای مؤثر در سیل‌خیزی حوضه شامل، پارامترهای ژئومتری، فیزیوگرافی، نفوذپذیری و اقلیمی برای زیر حوضه‌های حوضه‌ی آبریز میشخاص از طریق نرم‌افزار Arc GIS محاسبه شدند (جدول ۱). سپس با استفاده از تکنیک

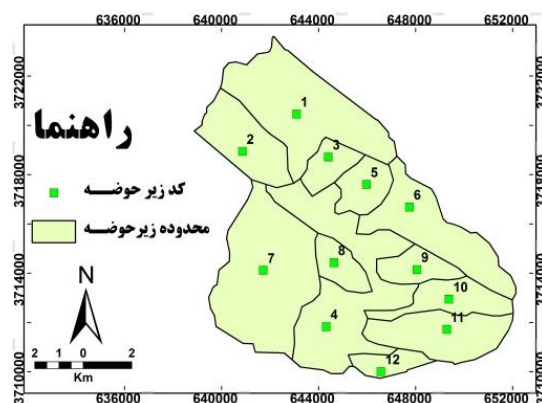
آماري تحليل عاملي توسط نرم‌افزار آماري SPSS مورد تجزيه و تحليل قرار گرفتند. در ادامه، ۲۸ پارامتر مورد بررسی با استفاده از روش تحليل عاملي در قالب ۵ عامل اصلي (شکل، آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب) خلاصه‌سازی شدند. در پایان شدت سيل خيزی زیرحوضه‌ها با توجه به متغیرهای فوق در ۳ دسته‌ی سيل خيزی زياد، متوسط و کم مشخص گردید. در ادامه، نسبت به تفکيک زیرحوضه‌ها در گروه‌های همگن با بهره‌گیری از روش تحليل خوشه‌ای اقدام شد.

جدول (۱) معیارهای مورد استفاده در شدت سيل خيزی حوضه‌ی آبريز ميشخاص

ردیف	شاخص	ردیف	شاخص
۱	طول مستطیل معادل	۱۵	طول آبراهه اصلي
۲	ضریب گراویلیوس	۱۶	آبراهه رتبه ۳
۳	محیط	۱۷	آبراهه رتبه ۴
۴	طول حوضه	۱۸	میانگین شیب
۵	مساحت	۱۹	درصد شیب
۶	ضریب گردی میلر	۲۰	اختلاف ارتفاع
۷	زمان تمرکز	۲۱	شیب آبراهه اصلي
۸	نسبت کشیدگی	۲۲	تاج پوشش گیاهی
۹	ضریب فرم	۲۳	شماره منحنی (CN <sup>۱</sup> )
۱۰	عرض مستطیل معادل	۲۴	نسبت انشعاب
۱۱	مجموع آبراهه‌ها	۲۵	تراکم زهکشی
۱۲	مجموع طول آبراهه‌ها	۲۶	دبی اوج
۱۳	آبراهه رتبه ۱	۲۷	بارش
۱۴	آبراهه رتبه ۲	۲۸	دبی ویژه

<sup>۱</sup> - Curve Number





شکل (۲) زیرحوضه‌های حوضه‌ی آبریز میشخاص

تحلیل عاملی<sup>۱</sup> تکنیکی است که کاهش تعداد زیادی از متغیرهای وابسته به هم را به صورت تعداد کوچک‌تری از ابعاد پنهان یا مکنون (عامل‌ها) امکان‌پذیر می‌سازد؛ به طوری که در آن کمترین میزان گم شدن اطلاعات وجود داشته باشد. هدف اصلی آن، خلاصه کردن داده‌هاست. این روش به بررسی همبستگی درونی تعداد زیادی از متغیرها می‌پردازد و در نهایت آنها را در قالب عامل‌های عمومی محدودی دسته‌بندی و تبیین می‌کند. در این تکنیک که به دو نوع Q و R قابل تقسیم است، هر یک از متغیرها به عنوان یک متغیر وابسته لحاظ می‌شوند. اگر هدف مطالعه، تلخیص متغیرها باشد، در این صورت باید همبستگی بین متغیرها محاسبه شود؛ این روش به تحلیل عاملی نوع R معروف است. اگر تحلیل عاملی برای ماتریس همبستگی بین پاسخگویان به کار برده شود، در این صورت روش فوق را روش تحلیل عاملی نوع Q می‌گویند. یکی از روش‌های انتخاب متغیرهای مناسب در تحلیل عاملی استفاده از ماتریس همبستگی می‌باشد. از آن جایی که اساس تحلیل عاملی بر همبستگی بین متغیرها اما از نوع غیر علی استوار است، بنابراین، در

<sup>۱</sup> - Factor analysis

این روش ماتریس همبستگی بین متغیرها محاسبه می‌شود. این ماتریس با نمایش میزان رابطه بین متغیرها موجب شکل‌گیری خوشه‌هایی می‌شود؛ به طوری که متغیرهای درون هر خوشه با یکدیگر همبستگی دارند ولی بین متغیرهای موجود در خوشه‌های مختلف همبستگی وجود ندارد. از جمله روش‌های دیگری که به وسیله‌ی آن محقق قادر به تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی است، آزمون<sup>۱</sup> KMO می‌باشد. مقدار آماره‌ی این آزمون همواره بین ۰ و ۱ تغییر می‌کند. در صورتی که مقدار این آماره کمتر از ۰/۵ باشد داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهند بود، اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد؛ می‌توان با احتیاط بیشتر به تحلیل عاملی پرداخت و نهایتاً در حالتی که مقدار این آماره بیش از ۰/۷ باشد می‌توان گفت همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب می‌باشند. برای استخراج عامل‌ها دو روش وجود دارد: روش عامل‌های متعامد<sup>۲</sup> و روش عامل‌های متمایل<sup>۳</sup>. در روش متعامد فرض می‌شود که هر عامل مستقل از سایر عوامل است و همبستگی بین عامل‌ها به طور قراردادی صفر در نظر گرفته می‌شود. اما روش عاملی متمایل فرض می‌کند که متغیرهای اصلی دارای همبستگی و بنابراین عامل‌ها نیز باید دارای حدی از همبستگی باشند. انتخاب هر یک از این روش‌ها بستگی به اهداف تحقیق دارد، اگر هدف تلخیص تعداد متغیرها باشد؛ بدون توجه به این که نتایج عامل‌های استخراج شده تا چه حد معنادار خواهد بود و یا اگر هدف تشکیل مجموعه‌ای از متغیرهای ناهمبسته باشد برای انجام روش‌های رگرسیون و پیش‌بینی، روش متعامد انتخاب مناسبی خواهد بود. در حالی که اگر هدف دستیابی به عواملی معنادار باشد؛ روش متمایل پیشنهاد می‌شود. در خصوص

---

1- Kaiser-Meyer-Olkin

2- Orthogonal

3- Oblique

چرخش عامل‌ها<sup>۱</sup> نیز می‌توان از روش‌های کوارتیماکس<sup>۲</sup>، وریماکس<sup>۳</sup>، اکویماکس<sup>۴</sup> و پروماکس<sup>۵</sup> استفاده نمود. در این پژوهش از روش وریماکس استفاده شد. روش وریماکس به دنبال مختصرکردن و ساده‌سازی ستون‌های ماتریس عاملی است. هرچند که محاسبات جبری برای روش کوارتیماکس ساده‌تر از روش وریماکس است؛ اما وریماکس جداسازی عامل‌ها را به طور شفاف‌تر و واضح‌تر نشان می‌دهد. به هر حال روش وریماکس استفاده وسیع‌تری در بین محققان دارد. در مرحله‌ی بعد به محاسبه‌ی بار عاملی (نمره عامل‌ها) برای تعیین عامل‌های مورد نظر پرداخته می‌شود. معمولاً عامل‌هایی انتخاب می‌شوند که بار عاملی آنها بیشتر از ۰/۴ باشد. در ادامه، به منظور انتخاب الگوریتم مناسب برای تجزیه و تحلیل از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. هدف اصلی روش خوشه‌بندی، ایجاد گروه‌ها و طبقاتی است که تنوع و تفرق درون‌گروهی آنها کمتر از تفرق و پراکنش بین‌گروهی باشد (علی‌جانی، ۱۳۸۱). در یک تحلیل خوشه‌ای دوگام اساسی وجود دارد. گام اول محاسبه‌ی درجه‌ی همانندی افراد با یکدیگر است و گام دوم چگونگی ادغام افراد برحسب درجه‌ی همانندی آنها با یکدیگر. الگوریتم‌های زیادی برای تجزیه خوشه‌ای پیشنهاد شده است. بر این اساس، تحلیل خوشه‌ای می‌تواند به دو طریق: ۱- روش‌های سلسله‌مراتبی یا پایگانی<sup>۶</sup> ۲- روش‌های غیرسلسله‌مراتبی یا ناپایگانی<sup>۷</sup> انجام پذیرد. تحلیل خوشه‌ای می‌تواند از نوع فرایند پایگانی انباشتی یا متراکم<sup>۸</sup> (پیوندی) و یا از نوع فرایند پایگانی شکافتی<sup>۹</sup> (تقسیمی) باشد. بسته به روشی که

- 
- 1-Rotation of factor
  - 2-Quartimax
  - 3- Varimax
  - 4- Equimax
  - 5- Promax
  - 6- Hierarchical
  - 7- Non Hierarchical
  - 8- Agglomerative Hierarchical
  - 9- Divisitive Hierarchical

برای محاسبه‌ی درجه همانندی و چگونگی ادغام انتخاب می‌کنیم یک تحلیل خوشه‌ای را می‌توان به شیوه‌های مختلفی اجرا کرد. در این پژوهش یک تحلیل خوشه‌ای پایگانی با روش ادغام وارد<sup>۱</sup> اعمال گردید. به منظور محاسبه‌ی درجه همانندی از میان روش‌های مختلف پیشنهادی از فاصله‌ی اقلیدوسی و برای ادغام اقلامی که بالاترین همانندی را نشان می‌دهند از شیوه‌ی پیوند وارد بهره گرفته شد. زیرا در این صورت میزان پراش درونگروهی به حداقل و همگنی گروه‌های حاصله به حداکثر می‌رسد. فاصله اقلیدوسی و روش وارد به صورت زیر محاسبه می‌شود (مسعودیان، ۱۳۸۴):

$$d_{rs}^2 = (X_r - X_s)(X_r - X_s)' \quad \text{فاصله‌ی اقلیدوسی}$$

$$d(r, s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)} \quad \text{روش وارد}$$

در اینجا  $d_{rs}^2$  فاصله بین گروه  $r$  و گروه  $s$  است که به روش پیوند مرکزی به دست آمده باشد.

### بحث و نتایج

#### تحلیل عاملی معیارهای شدت سیل خیزی حوضه‌ی آبریز میشخاص

در این تحقیق مجموع معیارهای مورد استفاده با تحلیل عاملی نوع R عامل‌سازی شدند. بدین صورت که شاخص‌هایی که دارای ارتباط درونی باشند ترجیح می‌دهند با یکدیگر حول یک محور یا عامل تجمع کنند، لذا شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالای ۰/۵ هستند یک عامل را تشکیل داده و برعکس شاخص‌هایی که دارای همبستگی منفی هستند و امکان تجمع با این شاخص ندارند عامل دیگری را تشکیل می‌دهند. بنابراین

1- Ward

عوامل از طریق ماتریس همبستگی استخراج می‌شوند. نتیجه حاصل از این تحقیق کاهش ۲۸ معیار اولیه به ۵ عامل برتر از طریق چرخش وریماکس در تحلیل عاملی بوده است که به ترتیب عبارتند از: عامل اول (شکل و اندازه)، عامل دوم (آبراهه)، عامل سوم (شیب)، عامل چهارم (زهکشی) و عامل پنجم (رواناب) هستند. جدول (۲) مقادیر ویژه و درصد واریانس هر یک از عوامل را نشان می‌دهد.

جدول (۲) مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی عامل‌ها

ردیف	عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	اول (شکل و اندازه)	۷/۶۴	۲۷/۳۴	۲۷/۳۴
۲	دوم (آبراهه)	۴/۶۵	۱۷/۵۶	۴۴/۹۲
۳	سوم (شیب)	۲/۵۶	۱۳/۷۴	۵۸/۶۴
۴	چهارم (زهکشی)	۱/۷۵	۶/۷۷	۶۵/۴۱
۵	پنجم (رواناب)	۱/۶۱	۶/۴۳	۷۱/۸۴

#### واکاوی شدت سیل‌خیزی حوضه‌ی آبریز میشخاص در عامل‌های اول، دوم و سوم

در عامل اول (شکل و اندازه) معیارهای طول مستطیل معادل، ضریب گراویلیوس، محیط، طول حوضه، مساحت، ضریب گردی میلر، زمان تمرکز، نسبت کشیدگی و ضریب فرم بارگذاری شدند. بر اساس محاسبات انجام شده بر روی معیارها در عامل اول، زیرحوضه‌های (۱،۲)، (۳، ۵، ۹، ۱۱، ۱۲) با سیل‌خیزی زیاد، زیرحوضه‌های (۱۰، ۸، ۶) با سیل‌خیزی متوسط و زیرحوضه‌های (۴ و ۷) با کمترین شدت سیل‌خیزی شناخته شدند (شکل ۳). عامل اول نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی معکوس میان شکل حوضه و شدت سیل‌خیزی است؛ بدین معنی که هر چه عامل شکل و ویژگی‌های مربوط به آن نظیر طول و مساحت حوضه و نظایر این‌ها بیشتر باشد، حوضه از شدت سیل‌خیزی کمتری برخوردار است. در عامل دوم (آبراهه) معیارهای مجموع آبراهه‌ها، مجموع طول آبراهه‌ها، طول آبراهه اصلی، آبراهه رتبه‌های ۱، ۲،

۳ و ۴ بارگذاری شدند. طبق محاسبات صورت گرفته در این عامل مشخص شد که زیرحوضه‌های (۱۰،۳،۱۲)، دارای سیل‌خیزی زیاد، زیرحوضه‌های (۷،۵،۸،۲،۹)، دارای سیل‌خیزی متوسط و زیرحوضه‌های (۱۱،۶،۴) با شدت سیل‌خیزی کم تعیین شده‌اند (شکل ۴). این موضوع نشان از رابطه‌ی معکوس میان تراکم شبکه‌ی آبراهه‌ها با شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها دارد. در عامل سوم (شیب) معیارهای شیب متوسط، شیب درصد، اختلاف ارتفاع، شیب آبراهه اصلی، تاج پوشش گیاهی و CN بارگذاری شده‌اند. نتایج حاصل از محاسبات بیانگر آن است که زیرحوضه‌های (۱۱،۱۰،۹،۶،۵،۱) دارای شدت سیل‌خیزی زیاد و زیرحوضه‌های (۲،۴،۸) دارای شدت سیل‌خیزی متوسط و (۱۲،۷) به عنوان شدت سیل‌خیزی کم شناخته شدند (شکل ۵). زیرحوضه‌هایی که با شدت سیل‌خیزی زیاد شناخته شده، اکثراً در شمال شرقی و شرق حوضه واقع شده که کوهستانی بوده و اختلاف ارتفاع زیاد و در نتیجه شیب زیاد دارند. زیرحوضه‌های دارای شدت سیل‌خیزی کم دارای اختلاف ارتفاع اندک، شیب کم و از پوشش گیاهی نسبتاً خوبی برخوردارند. امتیاز عاملی، شدت سیل‌خیزی و رتبه هر یک از زیرحوضه‌ها در عامل‌های شکل و اندازه، شیب و آبراهه در جدول (۳) آمده است.

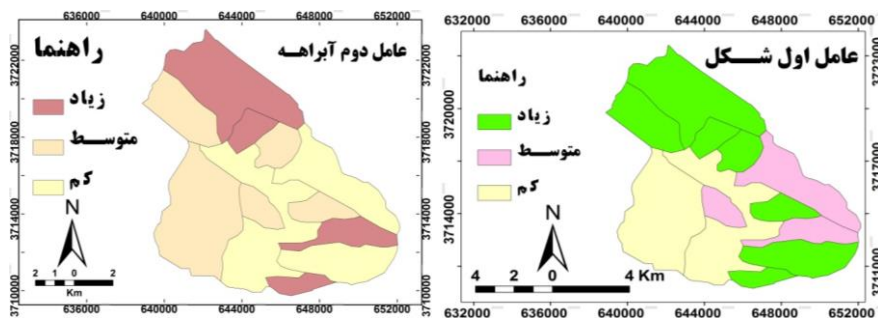
جدول (۳) امتیاز عاملی، میزان سیل خیزی و رتبه‌ی سیل خیزی حوضه میشخاص در عامل‌های

رتبه‌ی سیل خیزی	اول، دوم و سوم			رتبه‌ی سیل خیزی	اول (شکل و اندازه)			رتبه‌ی سیل خیزی	رتبه‌ی سیل خیزی			
	عامل سوم (شیب)				عامل دوم (آبراهه)					عامل اول (شکل و اندازه)		
	رتبه‌ی سیل خیزی	شدت سیل خیزی	امتیاز عاملی		رتبه‌ی سیل خیزی	شدت سیل خیزی	امتیاز عاملی			رتبه‌ی سیل خیزی	شدت سیل خیزی	امتیاز عاملی
۱۱	زیاد	-۰/۸۱۱	۱	زیاد	-۰/۸۷۵	۱۰	زیاد	-۰/۶۰۱	۱			
۱۳	متوسط	-۰/۶۷۴	۹	متوسط	-۰/۶۴۲	۵	زیاد	-۰/۷۵۱	۲			
۸	زیاد	-۰/۹۸۷	۴	زیاد	-۰/۸۰۳	۶	زیاد	-۰/۶۸۹	۳			
۱۴	متوسط	-۰/۶۰۹	۲۹	کم	۳/۵۲۵	۲۹	کم	۴/۲۹۲	۴			
۹	زیاد	-۰/۹۱۴	۵	متوسط	-۰/۷۹۹	۲	زیاد	-۰/۸۸۱	۵			
۳	زیاد	-۱/۲۸۸	۲۲	کم	-۰/۲۰۶	۸	متوسط	-۰/۶۴۲	۶			
۱۶	کم	-۰/۴۶۸	۱۳	متوسط	-۰/۴۶۶	۲۴	کم	۰/۰۳۱	۷			
۱۵	متوسط	-۰/۵۶۵	۱۱	متوسط	-۰/۵۱۶	۱۱	متوسط	-۰/۵۲۶	۸			
۷	زیاد	-۱/۰۰۵	۶	متوسط	-۰/۷۵۶	۹	زیاد	-۰/۶۲۷	۹			
۱	زیاد	-۱/۶۸۶	۱۷	زیاد	-۰/۳۹۰	۴	متوسط	-۰/۷۵۸	۱۰			
۴	زیاد	-۱/۲۴۸	۱۹	کم	-۰/۳۶۶	۲۳	زیاد	-۰/۰۲۵	۱۱			
۱۸	کم	-۰/۲۷۷	۲۸	زیاد	۰/۸۲۲	۲۵	زیاد	۰/۶۹۴	۱۲			

#### واکاوای شدت سیل خیزی حوضه‌ی آبریز میشخاص در عامل‌های چهارم و پنجم

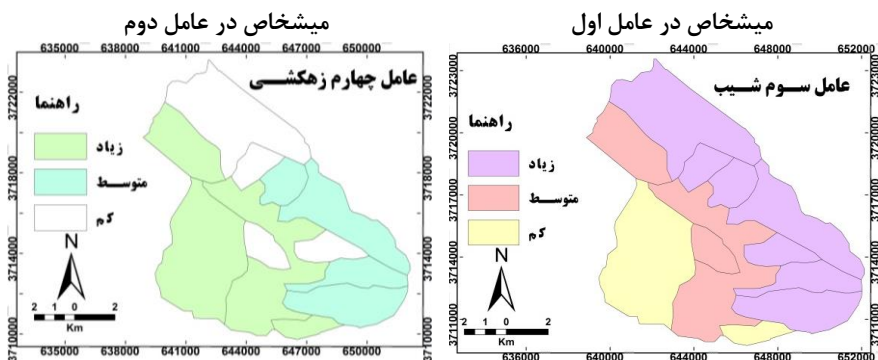
در عامل چهارم (زهکشی) معیارهای نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، عرض مستطیل معادل بارگذاری شدند. محاسبات انجام شده بر روی این عامل نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های (۲،۴،۷،۱۲) دارای شدت سیل خیزی زیاد، زیرحوضه‌های (۵،۶،۱۰،۱۱) دارای استعداد سیل خیزی متوسط و زیرحوضه‌های (۱،۸،۳،۹) دارای استعداد سیل خیزی کم هستند. زیرحوضه‌های با سیل خیزی زیاد به عنوان زهکش اصلی حوضه عمل کرده‌اند. نتایج نشانگر آن است که ۳۳ درصد از زیرحوضه‌ها به لحاظ عامل زهکشی دارای سیل خیزی زیاد می‌باشند (شکل ۶). در عامل پنجم سه

شاخص دبی اوج، حداکثر بارش روزانه و دبی ویژه بارگذاری شده است. طبق محاسبات صورت گرفته بر روی این عامل زیرحوضه‌های (۵،۴،۳،۱۲) دارای شدت سیل خیزی زیاد، زیرحوضه‌های (۱،۲،۸،۶) دارای شدت سیل خیزی متوسط و زیرحوضه‌های (۷، ۹،۱۰،۱۱) دارای شدت سیل خیزی کم شناخته شدند (شکل ۷). امتیاز عاملی، شدت سیل خیزی و رتبه هریک از زیرحوضه‌ها در عامل‌های چهارم و پنجم در جدول (۴) آمده است. بر اساس امتیاز عاملی حوضه‌ی می‌شخص به ۳ دسته سیل خیزی زیاد، متوسط، کم تقسیم و سرانجام نقشه‌ی پهنه‌بندی شدت سیل خیزی زیرحوضه‌ها تهیه شده است.



شکل (۴) شدت سیل خیزی حوضه‌ی آبریز

شکل (۳) شدت سیل خیزی حوضه‌ی آبریز



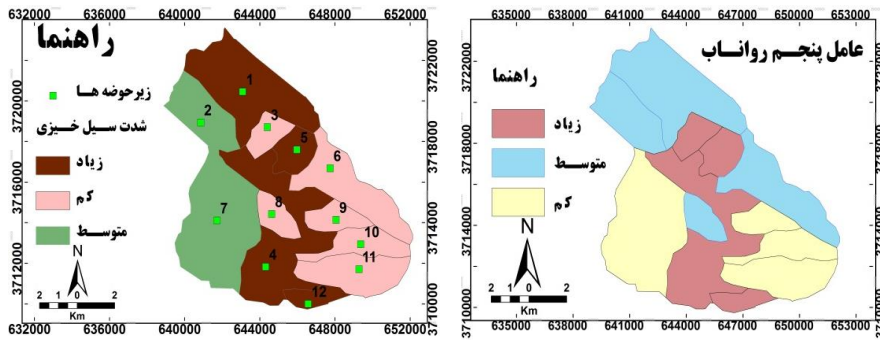
شکل (۶) شدت سیل خیزی حوضه‌ی آبریز

شکل (۵) شدت سیل خیزی حوضه‌ی آبریز

میشخص در عامل چهارم

میشخص در عامل سوم





شکل (۸) پهنه‌بندی شدت سیل‌خیزی

زیرحوضه‌های میشخاص

شکل (۷) شدت سیل‌خیزی حوضه آبریز

میشخاص در عامل پنجم

جدول (۴) امتیاز عاملی، میزان سیل‌خیزی و رتبه سیل‌خیزی حوضه‌ی میشخاص در عامل‌های

چهارم و پنجم

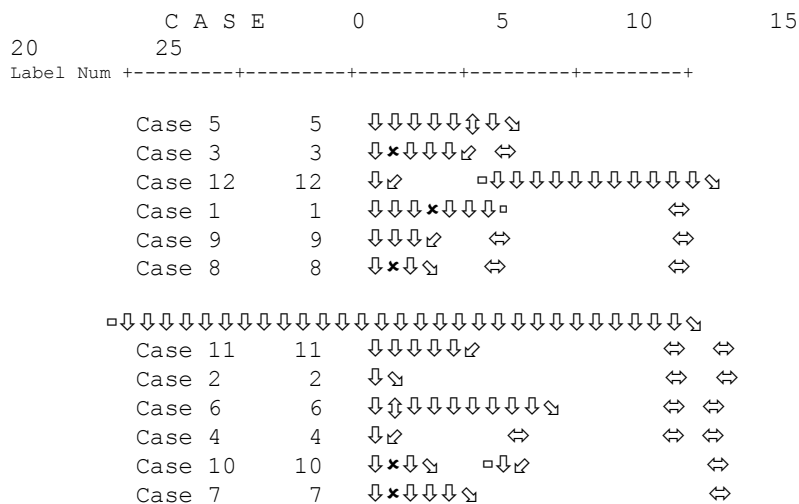
رتبه سیل‌خیزی	عامل پنجم (رواناب)		عامل چهارم (زهکشی)		رتبه سیل‌خیزی	امتیاز عاملی	زیرحوضه‌ها
	شدت سیل‌خیزی	امتیاز عاملی	شدت سیل‌خیزی	امتیاز عاملی			
۲۲	متوسط	۰/۵۵۳	۱۸	کم	-۰/۲۸۱	۱	
۲۳	متوسط	۰/۵۹۷	۴	زیاد	-۰/۹۹۶	۲	
۲۵	زیاد	۰/۸۸۷	۱۷	کم	-۰/۱۸۶	۳	
۱	زیاد	-۲/۷۶۰	۱	زیاد	-۱/۶۲۱	۴	
۲۶	زیاد	۰/۹۸۷	۱۴	متوسط	-۰/۴۴۸	۵	
۲۱	متوسط	۰/۴۵۴	۱۲	متوسط	-۰/۴۹۱	۶	
۱۵	کم	-۰/۳۵۲	۲۳	زیاد	۰/۸۰۴	۷	
۱۳	متوسط	-۰/۴۰۳	۲۱	کم	۰/۳۰۶	۸	
۱۷	کم	-۰/۲۵۸	۱۶	کم	-۰/۳۸۶	۹	
۱۸	کم	-۰/۲۱۶	۱۵	متوسط	-۰/۴۴۷	۱۰	
۲۰	کم	-۰/۱۸۳	۱۳	متوسط	-۰/۴۸۰	۱۱	
۴	زیاد	-۱/۱۲۵	۵	زیاد	-۰/۹۱۲	۱۲	

### شناسایی زیرحوضه‌های همگن

پس از استانداردسازی داده‌ها با مدل استاندارد و اعمال فاصله اقلیدسی و بکارگیری روش‌های مختلف بهترین تفکیک زیرحوضه‌ها بر اساس روش وارد<sup>۱</sup> حاصل شد. دسته‌بندی حوضه در درختواره حاصل از خروجی نرم‌افزار SPSS قابل مشاهده است (شکل ۹). بر اساس این درختواره، ۳ دسته‌ی مجزا برای زیرحوضه‌ها با توجه به اندازه پارامترهای مذکور در این زیرحوضه‌ها مشخص شده است. مقدار متغیرهای کمی مؤثر بر سیلاب زیرحوضه‌ها در داخل این دسته‌ها برای هر گروه زیرحوضه‌ها تفکیک شده و همگن شناخته شده‌اند.

گروه ۱: زیرحوضه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ گروه ۲: زیرحوضه‌های ۷، ۸، ۱۱، ۱۲  
گروه ۳: زیرحوضه‌های ۹، ۱۰

#### Rescaled Distance Cluster Combine



شکل (۹) درختواره تفکیک زیرحوضه‌ها در گروه‌های همگن به روش ادغام وارد

1- ward's method

بیشترین مساحت گروه اول زیرحوضه‌های (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶) مربوط به ارتفاعات آهکی، کوه‌های سنگی با خاک سطحی کم می‌باشد. پوشش گیاهی به دلیل ضخامت کم خاک و شیب زیاد فقیر می‌باشد. شیب زیاد، نفوذپذیری کم، فرسایش بالا و نداشتن پوشش خاکی ضخیم از ویژگی‌های آنها به حساب می‌آید. به دلیل بارندگی مناسب (حدود ۶۰۰ میلی‌متر) پوشش گیاهی آن مرتعی است. بنابراین قابلیت نفوذ بسیار کم در رسوبات شیل و مارن، علت پوشش گیاهی فقیر این زیرحوضه‌ها می‌باشد. فعالیت‌های انسانی از جمله شیوه‌های نادرست کشاورزی و دامداری (کشت در جهت شیب، چرای مفرط دام) در سال‌های اخیر روند گسترش سیل به ویژه در پایین دست این زیرحوضه‌ها را افزایش داده است. در نگاه کلی این زیرحوضه‌ها از شدت سیل‌خیزی زیادی برخوردارند. در گروه دوم اکثر زیرحوضه‌های ۷، ۸، ۱۱، ۱۲ در قسمت شرقی و مرکزی حوضه قرار دارند. بالادست این زیرحوضه‌ها از اراضی کوهستانی و صخره‌ای با نفوذپذیری کم، پوشش گیاهی نسبتاً کم، شیب زیاد و فرسایش‌پذیری بالایی برخوردارند و پایین دست این زیرحوضه‌ها اراضی، پوشش کشاورزی دیم و مرتع دیده می‌شود. کشت بر روی زمین‌های پرشیب و دامداری سنتی در این زیرحوضه‌ها متداول است. نیمرخ آبراهه‌های اصلی در این زیرحوضه‌ها پرشیب با شیب بیشتر از ۱۰٪ بوده و بستر نامنظم دارند. روند کلی آنها به سمت دشت بوده که با ساختمان زمین‌شناسی انطباق دارند. این گروه از زیرحوضه‌ها از شدت سیل‌خیزی نسبتاً زیادی برخوردارند. در گروه سوم مساحت زیادی از زیرحوضه‌های ۹، ۱۰ در روی سازندهای با نفوذپذیری نسبتاً خوب قرار گرفته‌اند که رخنمون سنگی بخش محدودی از بالادست حوضه را شامل می‌شود. این پهنه‌ها محدودیت عمق خاک، سنگریزه زیاد خاک، پوشش گیاهی فقیر و به صورت اراضی مرتعی و زراعت دیم، فرسایش آبی و شیب نسبتاً متوسط دارند. در کل این گروه از زیرحوضه‌ها شدت سیل‌خیزی متوسطی دارند.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور بررسی شدت سیل‌خیزی حوضه‌ی آبریز میشخاص و نقش زیرحوضه‌ها در سیلاب این پهنه جغرافیایی از روش‌های آماری تحلیل‌های عاملی و خوشه‌ای بهره گرفته شد. تحلیل عاملی یکی از بهترین روش‌ها به منظور شناسایی متغیرهایی است که با هم روابط درونی دارند و جهت کاهش دادن متغیرهای فیزیوگرافی و هیدرولوژی مناسب می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل‌های عاملی، ۲۸ معیار اولیه به ۵ عامل برتر شکل، آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب تبدیل شدند. واکاوی عامل‌ها نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های (۹،۸،۵،۳) در عامل شکل، زیرحوضه‌های (۱،۶،۱۱) در عامل شیب، زیرحوضه‌های (۷،۲) در عامل زهکشی و در عامل رواناب زیرحوضه‌های (۴،۱۰،۱۲) دارای شدت سیل‌خیزی زیادی هستند. زیرحوضه‌ها نیز از نظر مشابهت شدت سیل‌خیزی، فرسایش، پوشش گیاهی، و تأثیرات عملکرد انسانی به ۳ گروه با شدت سیل‌خیزی زیاد، متوسط و کم تفکیک شده‌اند. در ادامه، برای تفکیک زیرحوضه‌ها در گروه‌های همگن پس از استانداردسازی داده‌ها با مدل استاندارد و اعمال فاصله اقلیدسی و بر اساس روش وارد سه گروه همگن تشخیص داده شد. گروه اول زیرحوضه‌های (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶) را در برمی‌گیرد. در مجموع زیرحوضه‌های این گروه به سبب ارتفاع و شیب زیاد، نفوذپذیری و پوشش گیاهی کم، توان زیادی در تولید رواناب دارند و از قابلیت سیل‌خیزی زیادی برخوردارند. گروه دوم مشتمل بر زیرحوضه‌های ۷، ۸، ۱۱، ۱۲ نیز به علت داشتن شیب زیاد، پوشش گیاهی کم، ارتفاع زیاد و نفوذپذیری کم، در تولید رواناب نقشی مهم دارند و از توان سیل‌خیزی نسبتاً زیادی بهره‌مند هستند. در گروه سوم شامل زیرحوضه‌های ۹، ۱۰ با کاهش شیب و افزایش نفوذپذیری سرعت جریان آب کاهش یافته و این پهنه‌ها توان تولید رواناب کمتری را از خود نشان می‌دهند. در حقیقت، زیرحوضه‌ها نقش اساسی در سیل‌خیزی این حوضه

داشته که زمین‌های وسیع کشاورزی پایین دست را متأثر می‌کنند. تاکنون روش‌های متعددی برای پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز استفاده شده است. در این پژوهش کوشش شد تا معیارهای مؤثر در سیل‌خیزی حوضه مشتمل بر متغیرهای ژئومتری، فیزیوگرافی، نفوذپذیری و اقلیمی (مجموعاً ۲۸ شاخص) برای زیرحوضه‌های حوضه‌ی آبریز میشخاص ارائه گردد. این در حالی است که در تحقیقات دیگر مانند سینها و همکاران (۲۰۰۸) از عوامل ارتفاع، طول آبراهه، پوشش گیاهی، پوشش زمین و زمین‌شناسی، کین و همکاران (۲۰۱۱) از زمین‌شناسی، شدت بارش، فراوانی سیلاب و پوشش گیاهی استفاده شده است. بدین ترتیب بهره‌گیری از شاخص‌های متعدد در کنار استفاده از روش‌های آماری تحلیل‌های عاملی و خوشه‌ای از امتیازات این پژوهش بشمار می‌رود. با توجه به نتایج این تحقیق، شناسایی زیرحوضه‌هایی که بیشترین تأثیر بر سیل‌خیزی محدوده مورد مطالعه دارند به برنامه‌ریزان امکان می‌دهد تا با اقدامات مناسب آب‌خیزداری، دبی‌های سیلابی حوضه را کاهش داده و کار مدیریت سیلاب را از بالادست حوضه آغاز کنند تا قطب کشاورزی آسیب‌پذیر از بالادست حوضه، قابل کنترل باشد.

## منابع

- امیدوار، کمال؛ کیانفر، آمنه و شمس‌الله عسگری (۱۳۸۹)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ی آبریز کنجانچم، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۷۲، صص ۹۰-۷۲.
- عبدی، پرویز، رسولی، مسعود (۱۳۸۴)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز زنجان رود با استفاده از GIS، مجموعه مقالات همایش شناخت معضلات آبخیزداری و ارائه‌ی راه‌حل‌های مناسب درحوضه‌ی کارون و زاینده رود، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان چهارمحال و بختیاری، ص ۴۲.
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱)، اقلیم‌شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت، تهران، ص ۲۷۵.
- قائمی، هوشنگ و سعید مرید (۱۳۷۵)، مدل سیل‌خیزی زیرحوضه‌های کرخه، نیوار، شماره‌ی ۳۰، صص ۲۷-۱۰.
- قنواتی، عزت‌الله و منوچهر فرج‌زاده (۱۳۷۹)، چگونگی استفاده از روش تحلیل عاملی در ناحیه‌بندی فیزیوگرافیک حوضه‌های آبریز (مطالعه‌ی موردی حوضه رودخانه‌های زهره و خیرآباد)، مجله‌ی دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت معلم، شماره‌ی ۳۰، صص ۶۸-۵۵.
- کلانتری، خلیل (۱۳۸۲)، پردازش و تحلیل داده‌ها در تحقیقات اجتماعی-اقتصادی با استفاده از نرم افزار رایانه‌ای SPSS، انتشارات نشر شریف، تهران، ص ۲۸۱.
- لاجوردی، محمود؛ خالدی، شهریار و شاپور ستاری (۱۳۹۲)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز مردق‌چای (آذربایجان شرقی)، جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره‌ی ۴۴، صص ۲۵۵-۲۳۷.
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۴)، پیش‌بینی و برآورد سیلاب در استان چهارمحال و بختیاری، طرح پژوهشی، استانداری چهار محال و بختیاری.

- ملکیان، آرش؛ افتادگان‌خوزانی، اصغر و غدیر عشورنژاد (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ی آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتب فازی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۴۴، صص ۱۵۲-۱۳۱.
- نسرین‌نژاد، نعمت‌اله؛ رنگزن، کاظم؛ کلانتری، نصرالله و عظیم صابری (۱۳۹۳)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ی آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP)، سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، شماره‌ی ۴، صص ۳۴-۱۵.
- Al-Ghamdi K, Mirza M, El Zahrary R., (2012), **GIS evaluation of urban growth and flood hazards: a case study of Makkah city**, Saudi Arabia, TS07D-GIS Applications, 5479. FIG Working Week, Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy, P. 24.
- Armenakis C, Nirupama N., (2014), **Flood risk mapping for the city of Toronto**, Procedia Economics and Finance, No.18, PP. 320-326.
- Bakhtyari Kia M, Pirasteh S, Pradhan B, Mahmud A, Sulaiman W, Moradi A.,(2012), **An artificial neural network model for flood simulation using GIS: Johor river basin**, Malaysia, Journal of Environ Earth Sciences, 2012, No. 67(1), PP.251-264
- Bales J, Beston RP., (1981), **The Curve Number ASA hydrologic index**, Proceedings of International Symposium on rain fall – Runoff hydrologic Modeling Mississippi, State University, PP.371-386.
- Cook A, Venkatesh M., (2009), **Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping**, Journal of Hydrology, No. 337, PP.131-142.
- Demir, V., Kisi, O., (2016), **Flood hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: Mert river, Samsun, Turkey**, Advanced in Meteorology, ID 4891015, PP.1-9.

- Enayate Rasul AZ, Fazle Rabbi M, Mustafa Kamal M., (1994), **GIS in Flood mapping for important flood management in Bangladesh**, Hydro-informatics, No.94, PP. 629-634.
- Francisco, NC., Rego, FC., Gracasaraiva, MD., Ramos, I. (1998), **Coupling GIS with hydrologic and hydrolic flood modeling management**, Water resources management, No.12, PP.229-249.
- Hawkins, RH. (1979), **Runoff curve number with varying site moisture**, **Journal of Irrigation and Drainage Division**, American Society of Civil Engineers, No. 104(IR4), PP.389-398.
- Isma'il, M., Saanyol, IO. (2013), **Application of remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) in flood vulnerability mapping: case study of river Kaduna**, International Journal of Geomatics and Geosciences, No. 3(3), PP.618-627.
- James, LD., Larson, DT., Hoggan, DH., Glover, TF. (1980), **Flood plain management needs peculiar to arid climates**, Water Resources Bulletin, No.16(6), Elsevier Science Ltd.
- Levy, JK. (2005), **Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management**, Journal of Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, No.19, PP.438-447.
- Meyer, V., Scheuer, S., Haase, D. (2009), **A multi-criteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany**, Natural Hazards, No.48(1), PP.17-39.
- Qin, Q., Tang, H., Chen, H. (2011), **Zoning of highway flood-triggering environment for highway in fuling district, Chongqing**, Journal of the International Society for Optical Engineering, No. 8205, PP. 820530-8.
- Sanyal, J., Lu, X. (2004), **Application of remote sensing in flood management with special reference to Monsoon Asia: A review**, Journal of Natural Hazards, No. 33, PP. 283-301.
- Singh VP., (1997), **Effect of spatial and temporal variability on stream flow hydrograph**, Kinematic wave modeling in water resources, 1<sup>st</sup> ed. JOHN WILEY & SONS, INC, PP.788-820.
- Sinha R, Bapalu G, Singh L, Rath B., (2008), **Flood risk analysis in the Kosi river basin, North Bihar using multi-parametric approach of analytical**



- hierarchy process (AHP)**, Journal of Indian Soc, Remote Sens, No. 36, PP.335-349.
- Sinnakaudan, SK., Ghani, AA., Ahmad, SS., Zakria, N.A. (2003), **Flood risk mapping for Pari River incorporating sediment transport**, Environmental Modeling and Soft ware, No. 18, PP.119-130.
- Stephen, R. (2002), **Hydrologic investigation by the U.S. geological survey following, the 1996 and 1997 floods in the upper Yellowstone River, Montana**, American Water Resources Association. 19<sup>th</sup> Annual Montana section Meeting, section one, PP.1-18.
- Suwanwerakamtorn, R. (1994), **GIS and hydrologic modeling for management of small watersheds**, ITC Journal, No. 4, PP.343.