

## بررسی عوامل مؤثر و اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز با استفاده از روش‌های فازی تاپسیس و الکتراه نوع ۳، مطالعه موردی: حوزه آبخیز سرخون بندرعباس

الیاس پرورش<sup>۱\*</sup>، رسول مهدوی<sup>۲</sup>، آرش ملکیان<sup>۳</sup>، یحیی اسماعیل‌پور<sup>۴</sup> و ارشک حلی‌ساز<sup>۵</sup>  
<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، <sup>۲</sup> دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، <sup>۳</sup> دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران و <sup>۴</sup> <sup>۵</sup> استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۲

### چکیده

برآورد معتبر و دقیق از میزان دبی اوج سیلاب و تعیین اولویت پتانسیل سیل‌خیزی در زیرحوضه‌های یک آبخیز بزرگ ضروری است. زیرا به لحاظ محدودیت منابع مالی احیاء آبخیزها، اقدامات مهندسی و کنترل سیل در کلیه زیرحوضه‌ها عملی نمی‌باشد و از سوی دیگر ممکن است سیلاب در یک زیرحوضه به دلیل شرایط خاص تولید شود. به منظور دستیابی به عوامل مؤثر و روش اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در زیرحوضه‌های آبخیز، این پژوهش در حوزه آبخیز سرخون بندرعباس در جنوب ایران انجام شده است. برای این منظور، از مدل الکتراه<sup>۱</sup> و فازی تاپسیس<sup>۲</sup> که از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مبتنی بر گزینه برتر می‌باشد، در توسعه روش یاد شده به کار گرفته شده است. شاخص‌های مهم برای ورود اطلاعات آن به مدل مذکور بر اساس نظرات کارشناسی (مستخرج از پرسش‌نامه) و مرور منابع علمی موجود از هفت معیار شامل نفوذپذیری، ضریب گراویلوس، شیب متوسط وزنی حوضه، پوشش گیاهی، ضریب شکل، ضریب رواناب و شدت بارندگی با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله بود که جهت اولویت‌بندی پتانسیل سیل-خیزی زیرحوضه‌ها در نظر گرفته شد. وزن هر شاخص از طریق روش AHP<sup>۳</sup> تعیین شد و برای انتخاب بهترین رتبه‌بندی و عملکرد مدل الکتراه ۳ و فازی تاپسیس ۰/۸ به دست آمد. در مرحله نهایی، برای رتبه‌بندی از روش ادغام استفاده شد. نتایج نشان داد که زیرحوضه‌های ۱-۱۸، ۱۴ و ۲-۱۸ به ترتیب به عنوان سیل‌خیز-ترین زیرحوضه‌ها مشخص شدند. نتایج تحقیق نشان داد که متدولوژی معرفی شده با به کارگیری مدل تلفیقی می‌تواند به عنوان روشی مناسب جهت تعیین پتانسیل سیل‌خیزی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها مورد استفاده واقع شود.

**واژه‌های کلیدی:** استان هرمزگان، تحلیل سلسله مراتبی، دبی اوج سیلاب، روش تصمیم‌گیری چند شاخصه، کنترل سیل

\* مسئول مکاتبات: elyasparvaresh@gmail.com

<sup>1</sup> Electre method

<sup>2</sup> Fuzzy topsis

<sup>3</sup> Analytical Hierarchy Process

## مقدمه

صورت می‌گیرد (Najafinejad, ۱۹۹۷).

تا کنون، پژوهش‌هایی با استفاده از روش‌های مختلف در زمینه بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز کشور انجام شده است که از جمله می‌توان به مدیریت سیلاب بر اساس مدل تصمیم‌گیری چند معیاره (Arani و Banihabib, ۲۰۱۴) اشاره کرد. تعیین عوامل موثر در پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز دره‌شهر بر اساس مناطق همگن هیدرولوژیک و تعیین زیرحوضه با ویژگی‌های ژئومورفولوژیک مشابه و دسته‌بندی آن‌ها و مشخص کردن اولویت زیرحوضه با توان سیل‌خیزی، مشخص کرد که در مناطق همگن هیدرولوژیک، دو پارامتر از معیار سیل‌خیزی (درصد کاربری اراضی و نفوذپذیری سازندها) با دبی حداکثر همبستگی بالایی را نشان داده است (Nosrati و همکاران، ۲۰۱۳). در بررسی تاثیر تغییر کاربری - اراضی بر پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز با استفاده از روش شماره منحنی (SCS)، با ثابت نگه‌داشتن عامل بارش، تاثیر تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر حجم رواناب و سیل‌خیزی محاسبه شد (Nohegar و همکاران، ۲۰۱۲). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تلفیق مدل هیدرولوژیکی CN و AHP در محیط GIS در حوزه آبخیز رودخانه بالخلو نشان داد که توده آتشفشانی سبلان که حدود ۳۰ درصد حوضه را با گدازه‌های خود پوشانده است، به دلیل تشکیل شدن از توده‌های غیر قابل نفوذ، پوشش گیاهی ضعیف در ارتفاع بالای سه هزار متر و شیب زیاد و تراکم زهکشی بالا، مستعدترین مناطق برای سیل‌خیزی در حوضه مورد مطالعه می‌باشند (Ghanavati و همکاران، ۲۰۱۴). اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز بهشت‌آباد از نظر پتانسیل سیل‌خیزی، از نظر دبی اوج سیل تاثیر مساحت، موقعیت مکانی و خصوصیات فیزیوگرافی حوضه و کاهش دبی به‌ازای واحد سطح نشان داد که علاوه بر مساحت، موقعیت مکانی هر زیرحوضه در پتانسیل تولید سیل نقش دارند (Badri و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهشی دیگر، بررسی اولویت پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز و تعیین مناطق سیل در حوزه آبخیز مارمه استان فارس نشان داد که پس از روندیابی هیدروگراف سیل زیرحوضه در آبراهه اصلی و

سیل از جمله حوادث طبیعی است که فراوانی وقوع آن در سال‌های اخیر روند افزایشی داشته و خسارات ناشی از آن همه ساله بخش اعظمی از کشور را تحت تاثیر قرار داده است. در ۶۰ سال اخیر، بیش از ۳۷۰۰ واقعه سیل در کشور گزارش شده است. به گونه‌ای که در دهه ۱۳۳۱ الی ۱۳۴۰ تعداد ۲۰۱ مورد سیل به‌وقوع پیوسته اما در دهه ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۰ تعداد ۴۰۲ مورد سیل رخ داده است و طبق آمار به دو برابر افزایش یافته است (Sharifi, ۲۰۰۲). سطح مناطق سیل‌خیز کشور حدود ۹۱ میلیون هکتار بر آورد شده و به‌عبارتی دیگر ۵۵ درصد از سطح آبخیزهای کشور در تولید رواناب مستقیم و سریع نقش دارند که ۴۲ میلیون هکتار آن دارای شدت سیل‌خیزی متوسط تا خیلی زیاد می‌باشد (Forests, Ranges and Watershed Management Organization, ۲۰۰۲). عوامل زیست‌محیطی نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب، از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های حوزه آبخیز، تغییر کاربری غیر اصولی اراضی، فرسایش خاک و توسعه سطوح غیر قابل نفوذ باعث افزایش پتانسیل سیل‌خیزی در مناطق مختلف شده است. در نتیجه، پهنه سیل‌خیزی گسترش یافته است و اراضی بیشتری در هنگام وقوع سیل تحت تاثیر قرار گرفته است. به دلیل وسعت زیاد حوزه‌های آبخیز و محدودیت منابع اقتصادی و اجرایی، احیاء آبخیزها در کلیه زیرحوضه‌های آبخیز نه تنها عملی نیست، بلکه ممکن است اثرات معکوس داشته باشد. در برخی اوقات، ناخواسته زیرحوضه‌های آبخیزی که از نظر زمان تمرکز هم‌زمان نبوده‌اند، هم‌زمان شده و به‌جای کاهش وقوع سیل، باعث تشدید سیل شده و دبی اوج سیل افزایش پیدا می‌کند. از این‌رو، زیر-حوضه‌هایی که دارای شرایط بحرانی بوده و نزدیک‌تر به تاسیسات عمومی باشند (مشرف به مخازن سدهای ذخیره‌ای، سدهای انحرافی و سایر سازه‌ها و اماکن که حفظ آن‌ها ضروری است، باشند)، از نظر سیل‌خیزی اولویت بیشتری دارند. همچنین، در برخی از موارد، تعیین اولویت‌ها بر اساس تقاضای مردم، موقعیت استراتژیک، فقر و یا سایر موارد

۲۰۰۷). در پژوهشی تحت عنوان نقش مدیریت پوشش گیاهی بر میزان رواناب سطحی در حوزه آبخیز کچیک استان گلستان، نتایج نشان داد که در زیرحوضه نمونه که در آن مدیریت پوشش گیاهی اعمال شده، درصد رواناب آن کمتر از ۵۰ درصد حوضه شاهد می‌باشد. بنابراین، نقش و تأثیر پوشش گیاهی در افزایش نفوذپذیری و کاهش میزان رواناب را نشان می‌دهد (Hematzadeh و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به این‌که معیارهای مختلفی برای اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز وجود دارد، می‌توان با استفاده از روش الکتراه<sup>۱</sup> که جزء روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد، معیارها را مورد مقایسه قرار داده و بر اساس مقایسه دو به دو و همچنین، با تمام معیارها، می‌توان اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز را به کمک این روش انجام داد (Kumar و Panara، ۲۰۰۹). تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی می‌تواند در مدیریت بهتر آبخیزها مؤثر باشد. از این نظر، حوزه آبخیز سرخون بندرعباس که در پایین‌دست آن روستای سرخون و اراضی کشاورزی و همچنین، پالایشگاه گاز سرخون قرار دارد، با توجه به وقوع سیلاب‌های مختلف از جایگاه خاصی برخوردار است. این حوزه آبخیز در طول سال‌های مختلف، شاهد سیلاب‌های نسبتاً شدیدی بوده که در بیشتر مواقع باعث ایجاد خسارت به اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی پایین‌دست حوضه حتی پالایشگاه گاز سرخون که سه استان از منابع گازی آن بهره‌مند می‌شوند، نیز تحت تأثیر سیلاب این حوضه قرار گرفته است.

#### مواد و روش‌ها

**مشخصات منطقه مورد پژوهش:** حوزه آبخیز سرخون به فاصله ۱۵ کیلومتری از شمال شرق شهر بندرعباس در استان هرمزگان و در جنوب ایران واقع شده است. مساحت حوزه آبخیز ۲۰۵/۳ کیلومتر مربع و محیط آن برابر ۹۰ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱). این حوضه بین طول‌های جغرافیایی "۵' ۱۰" الی "۲۸

بر اساس میزان مشارکت هر یک از زیرحوضه‌ها در سیل خروجی، زمانی که میزان تأثیر دبی زیرحوضه‌ها پس از روندیابی سیل در دبی اوج-خروجی کل حوضه در نظر گرفته می‌شود، نسبت تأثیر آن‌ها تنها به مساحت و دبی اوج زیر حوضه بستگی ندارد، بلکه اثر متقابل عوامل مؤثر شامل موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. بنابراین، لزوماً زیرحوضه‌ای که مساحت بزرگ‌تر و یا دبی بیشتر داشته باشد، در سیل خروجی کل حوضه تأثیر بیشتری ندارد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های هیدرولوژیک می‌توان اثر متقابل فیزیوگرافیک و اقلیمی را بر پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار داد و با در نظر گرفتن هم‌زمانی دبی اوج زیرحوضه‌ها و نقش روندیابی سیل در آبراهه، اولویت-بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیر حوضه‌ها را انجام داد (Zehtabian و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین، در مطالعه دیگری، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) به پهنه‌بندی سیل‌خیزی حوزه آبخیز باغان پرداخته شد. در این مطالعه، معیارهای توپوگرافی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و هیدرواقليم مورد استفاده قرار گرفتند که بیشترین وزن به معیار هیدرواقليم تعلق گرفت (Nasrinnejad، ۲۰۱۴). در تحقیقی دیگر، توسعه روشی برای شناسایی و اولویت-بندی مناطق مولد سیلاب در حوزه‌های آبخیز با بازنگری روش SSSE در حوزه آبخیز شمس‌آباد، مشخص شد که بالاترین سیل تولید شده ممکن است نه در خروجی حوضه بلکه در داخل حوزه آبخیز روی دهد. از این‌رو، برای شناسایی مناطق سیل‌خیز نباید همیشه از تحلیل هیدروگراف خروجی حوضه استفاده کرد (Khosroshahi، ۲۰۱۶). در پژوهش دیگر در حوزه آبخیز سد گلستان که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل هیدرولوژیک HEC-HMS انجام شد، نتایج نشان داد که لزوماً زیرحوضه‌ای که مساحتی بزرگ‌تر و یا دبی اوج سیل بیشتری دارد، در سیل خروجی کل حوضه تأثیر بیشتری ندارد. بلکه اثر متقابل عوامل مؤثر مانند موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها و روندیابی در رودخانه اصلی نیز نقش مهمی دارند (Farazjoo و Saghafian).

<sup>1</sup> ELECTRE

با دوره برگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله از نتایج Natural resources department of Hormozgan، (۲۰۱۵)، کسب شدند. با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با استفاده از پرسش‌نامه، وزن هر کدام از شاخص‌های نفوذپذیری، پوشش، شیب متوسط وزنی حوضه، ضریب گراویلیوس، ضریب شکل، ضریب رواناب و شدت بارندگی با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله مشخص شد (شکل ۲). در شکل ۳، مراحل انجام پژوهش مشخص شده است.

**تعیین خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها:** در این پژوهش، حوزه آبخیز سرخون بر اساس توپوگرافی و شبکه آبراهه‌ها به ۲۹ زیرحوضه کوچکتر تقسیم شده است (Tamab، ۱۹۹۰). شکل ۴، محدوده و موقعیت این زیرحوضه‌ها را نشان می‌دهد. مدل رقومی ارتفاعی (DEM) حوضه با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر در محیط Arc GIS و با استفاده از روش شبکه نامنظم مثلثی (TIN) تهیه شد. سایر خصوصیات فیزیوگرافی مورد نیاز از DEM استخراج شد.

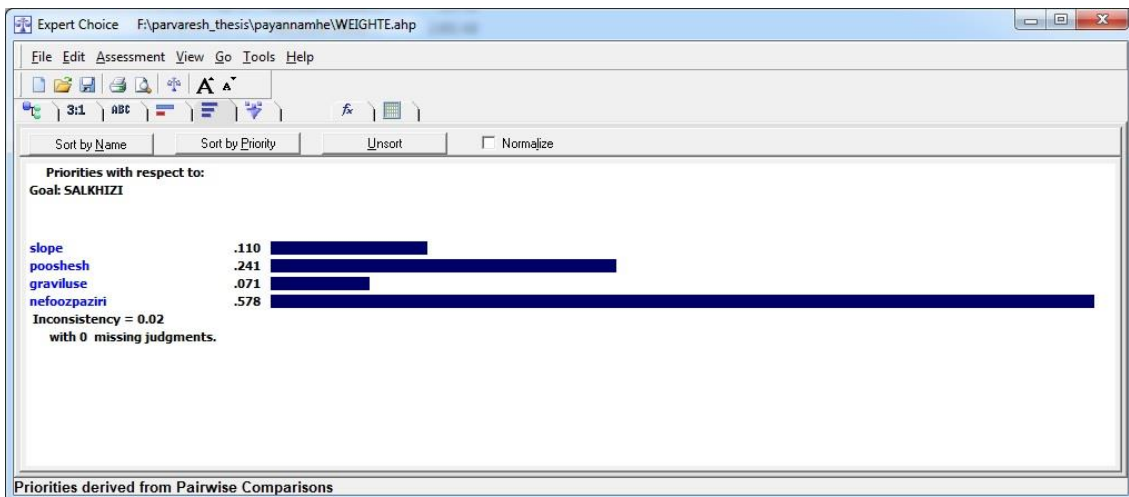
۲۸° ۵۶' ۱۹" شرقی و عرض جغرافیایی بین ۱۹° ۲۷' ۱" الی ۲۷° ۲۷' ۱" شمالی قرار گرفته است. طول رودخانه اصلی حوضه ۳۸ کیلومتر و ارتفاع بیشینه و کمینه آن به ترتیب ۲۳۳۰ و ۱۳ متر از سطح آزاد آب دریا بوده و متوسط بارندگی آن ۲۴۴/۹ میلی‌متر است. این حوضه از ۲۹ زیرحوضه تشکیل شده است. برای محاسبه متغیرهای مختلف هواشناسی از ۱۵ ایستگاه سینوپتیک، تبخیرسنجی و باران‌سنجی مجاور حوضه استفاده شده است. ۶۴/۰۵ درصد اراضی سطح حوضه به مرتع، ۲۶/۴۳ درصد به زراعت و ۹/۵۲ درصد به جنگل اختصاص دارد.

### روش پژوهش

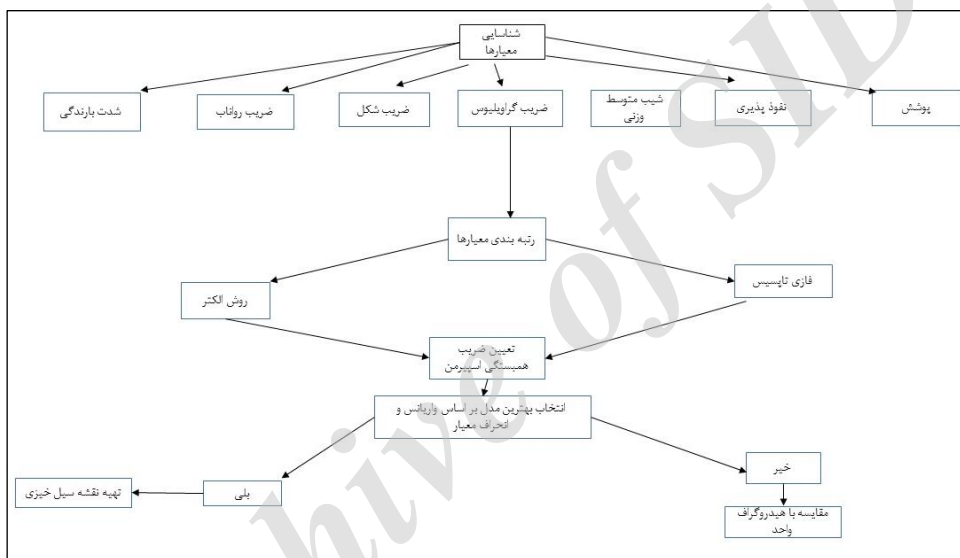
در این پژوهش ابتدا شاخص‌های موثر بر سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها از طریق مطالعات و تجربه کارشناسی تعیین شد (Malekian و همکاران، ۲۰۱۲). نفوذپذیری با استفاده از استوانه مضاعف و اندازه‌گیری به صورت صحرائی به دست آمد. سایر معیارها از جمله ضریب گراویلیوس، شیب متوسط وزنی حوضه، پوشش گیاهی، ضریب شکل، ضریب رواناب و شدت بارندگی



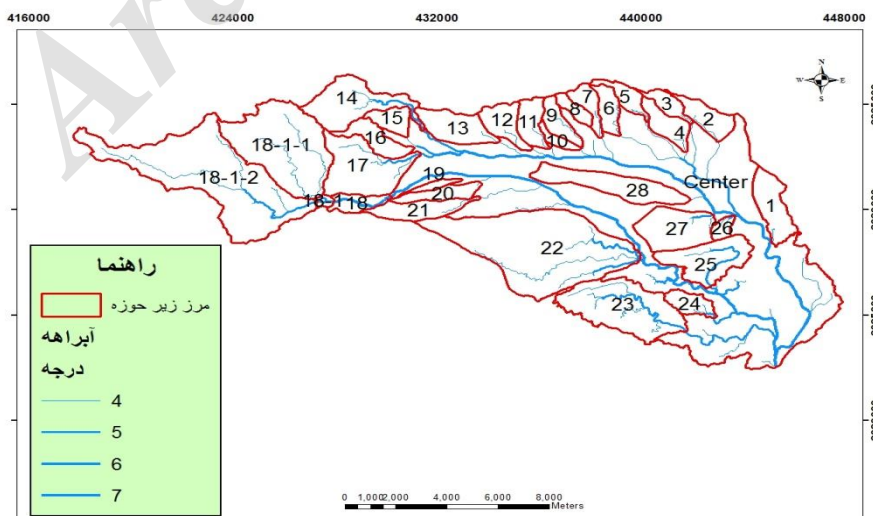
شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز سرخون در بندرعباس، ایران



شکل ۲- نمودار وزن‌دهی معیارها با استفاده از AHP



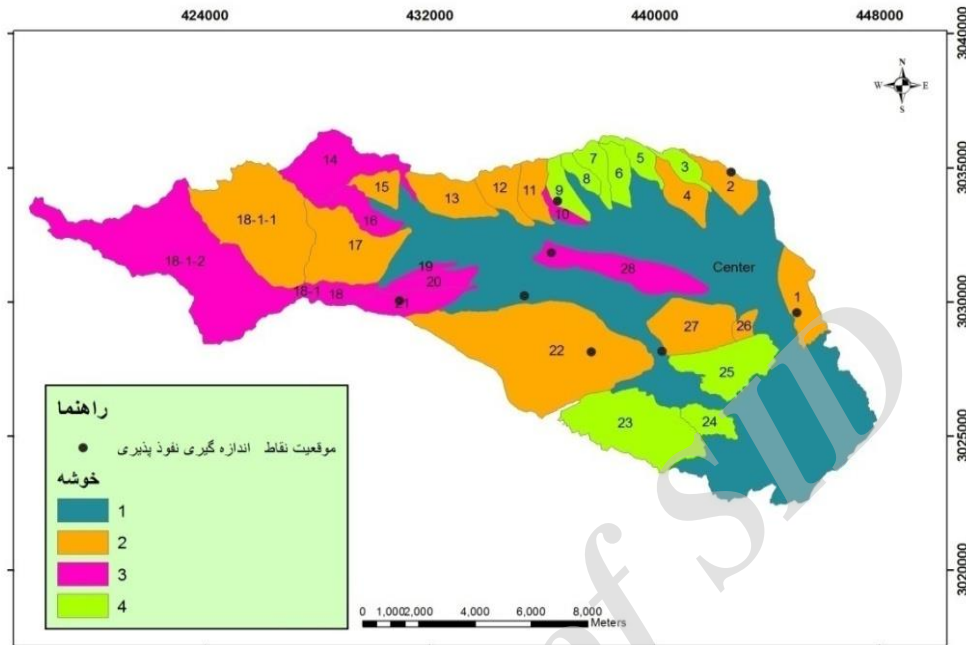
شکل ۳- مراحل انجام پژوهش



شکل ۴- شبکه هیدروگرافی حوزه مورد پژوهش

خوشه، نفوذپذیری اندازه‌گیری شد. شکل ۵، محل اندازه‌گیری نفوذپذیری، شکل ۶، نحوه اندازه‌گیری و جدول ۱، میزان نفوذپذیری را نشان می‌دهند.

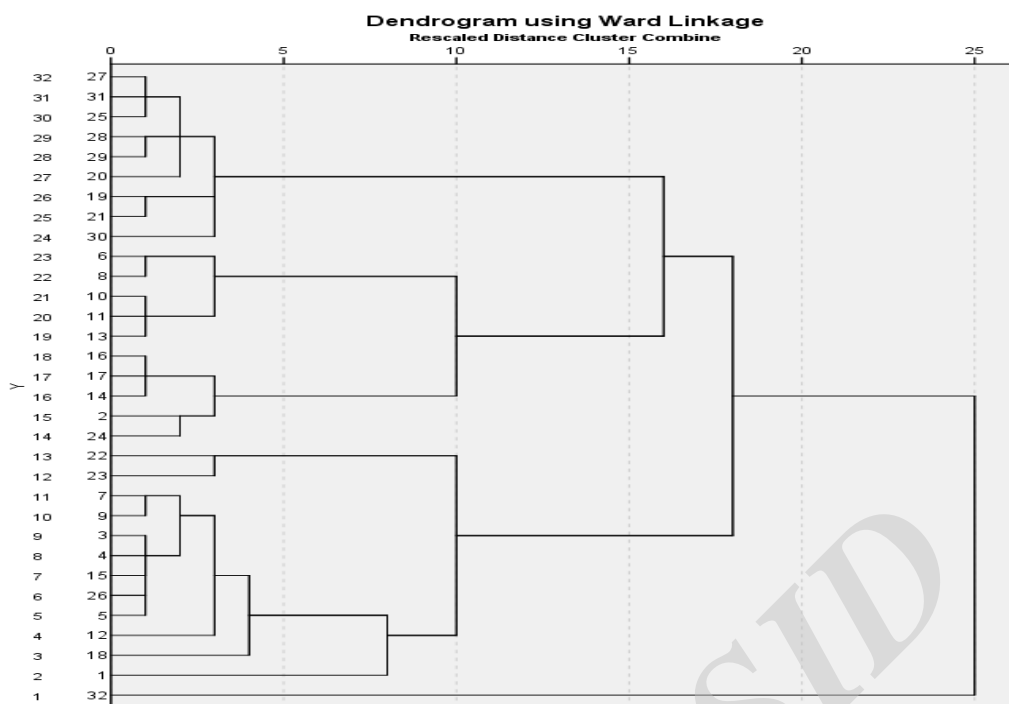
نفوذپذیری: ابتدا با استفاده از روش خوشه‌بندی، ۲۹ زیرحوضه در هشت خوشه قرار گرفت (شکل ۷). سپس با استفاده از روش استوانه مضاعف در هر



شکل ۵- موقعیت نقاط اندازه‌گیری نفوذپذیری



شکل ۶- اندازه‌گیری نفوذپذیری با استفاده از استوانه مضاعف



شکل ۷- خوشه‌بندی زیرحوضه‌ها

جدول ۱- نفوذپذیری در زیرحوزه‌های آبخیز

پارامتر					
نفوذپذیری cmh <sup>-1</sup>	زیرحوضه	نفوذپذیری cmh <sup>-1</sup>	زیرحوضه	نفوذپذیری cmh <sup>-1</sup>	زیرحوضه
۶/۸۵	۱۲	۱۰/۵۶۶	۱۹	۱۰/۲۱۰۱	۱
۱۰/۴۹۶۲	۱۳	۱۰/۵۷	۲۰	۶/۸۵	۲
۸/۵	۱۴	۱۰/۵۷	۲۱	۶/۸۵	۳
۸/۵	۱۵	۱۰/۵۷	۲۲	۶/۸۵	۴
۸/۵	۱۶	۱۰/۵۰۶۵	۲۳	۶/۸۵	۵
۸/۵	۱۷	۹/۸۲۱۴	۲۴	۶/۸۵	۶
۱۰/۰۴۳	۱۸	۱۰/۲۳۱۱	۲۵	۶/۸۵	۷
۱۰/۵۷	۱۸-۱	۱۰/۴۹۳۴	۲۶	۶/۸۵	۸
۱۰/۵۷	۱۸-۱-۱	۸/۵	۲۷	۶/۸۵	۹
۱۰/۵۷	۱۸-۱-۲	۱۰/۵۷	۲۸	۶/۸۵	۱۰
		۱۰/۴۵۰۲	۲۹	۶/۸۵	۱۱

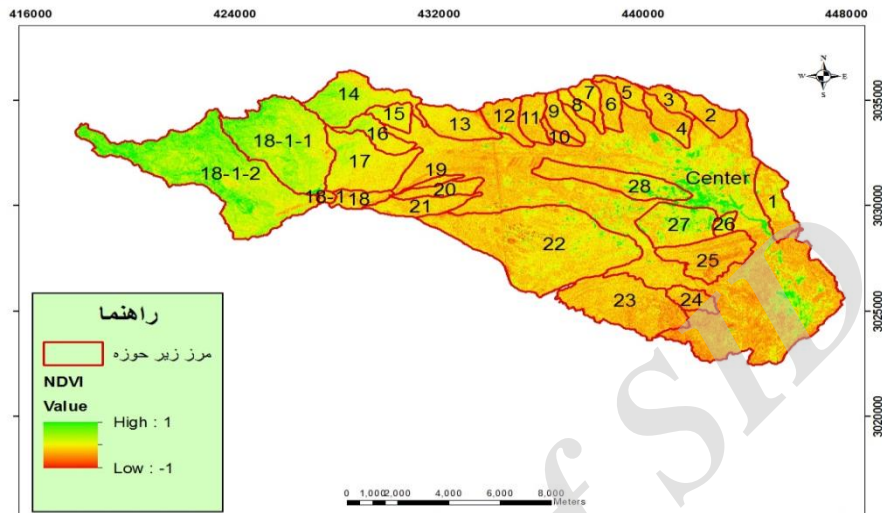
گیاهی زیاد می‌باشد، آب حاصل از بارش فرصت کافی برای نفوذ دارد، اما در مناطقی که درصد تاج پوشش گیاهی کم باشد، آب حاصل از بارش بر روی زمین جاری شده و رواناب ایجاد می‌شود. بنابراین، شاخص پوشش گیاهی یک عامل مهم در پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شود. از این‌رو، با استفاده

شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI): وقوع سیل، رابطه معکوسی با تراکم پوشش گیاهی دارد. بدین معنی که با افزایش درصد تاج پوشش گیاهی، شدت رواناب کاهش پیدا می‌کند و با کاهش درصد تاج پوشش گیاهی، رواناب منطقه افزایش می‌یابد. در مناطقی که درصد تاج پوشش

$$NDVI = \frac{IR-R}{IR+R} \quad (1)$$

که در آن،  $IR$  باند مادون قرمز نزدیک (باند شماره ۵)،  $R$  باند قرمز (باند شماره ۴) و  $NDVI$  شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی می‌باشد. شکل ۸، شاخص  $NDVI$  را نشان می‌دهد.

از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (سنجنده OLI) به تاریخ دسامبر ۲۰۱۳، پس از انجام پیش پردازش، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی ( $NDVI$ ) استخراج شد. برای محاسبه  $NDVI$  از رابطه (۱) استفاده شد.



شکل ۸- شاخص  $NDVI$

در راستای انتخاب بهترین اقدام از میان مجموعه‌ای از اقدام‌ها استفاده می‌شود و بعداً به‌عنوان روش الکترو I نام‌گذاری شد. نسخه‌های مختلفی از روش الکترو ارائه شده است که از بین آن‌ها می‌توان به روش‌های الکترو I، II، III، IV و TRI اشاره کرد. تمام این روش‌ها بر پایه مفاهیم اساسی مشابه استوار هستند. اما به‌لحاظ نحوه عملیاتی و بر اساس نوع مساله تصمیم‌گیری با هم تفاوت‌هایی دارند. بر همین اساس، روش الکترو I به‌منظور حل مساله گزینش، الکترو TRI برای حل مسائل تخصیص و روش‌های الکترو II، III و IV برای حل مسائل رتبه‌بندی استفاده می‌شوند. استفاده درست از روابط برتری، ایده اصلی را در روش الکترو تشکیل می‌دهد. الکترو این امکان را مهیا می‌کند تا مساله تصمیم‌گیری با استفاده از اندیس‌های مختصاتی مدل‌سازی شوند. این اندیس‌ها شامل ماتریس‌های هماهنگی و ناهماهنگی می‌شوند. تصمیم‌گیرنده از اندیس‌های هماهنگی و ناهماهنگی برای تحلیل روابط برتری در بین گزینه‌های مختلف و انتخاب بهترین گزینه با استفاده از داده‌های قطعی استفاده می‌کند (Nemery و Ishizaka، ۲۰۱۳).

**مدل‌های تصمیم‌گیری:** هر مسئله تصمیم‌گیری به دو مرحله اصلی تقسیم می‌شود. مرحله اول یا مرحله ارزیابی که در آن شاخص‌های کلیدی ارزیابی گزینه‌ها تعیین می‌شوند. این مرحله تا حد زیادی وابسته به نظر تصمیم‌گیرندگان جهت ارزیابی کمی و کیفی گزینه‌ها بر مبنای شاخص‌ها می‌باشد. نتیجه این مرحله، تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است. مرحله دوم که اساس رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌وسیله ماتریس تصمیم‌گیری است و از دو مدل مهم تصمیم‌گیری چند معیاره زیر استفاده می‌شود (Fuller و Carlsson، ۱۹۹۶).

**مدل الکترو ۳ (ELECTRE III):** روش الکترو یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱</sup> (MCDM) می‌باشد که نخستین بار به‌وسیله Bernard Roye (۱۹۹۱) در پاسخ به کاستی‌های روش‌های تصمیم‌گیری معرفی شده که اجازه می‌دهد تا بهترین انتخاب بر اساس بیشینه مزیت و کمینه تعارض بر اساس تابعی از معیارهای مختلف انتخاب شود. روش الکترو

<sup>1</sup> Multi Criteria Desition Making



باشند و رابطه ۳ برای مدل‌هایی استفاده می‌شود که رتبه مشابه داشته باشند.

### نتایج و بحث

بر اساس تقسیم‌بندی تماب، ۲۹ زیرحوزه جهت بررسی و مقایسه اولویت عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل-خیزی مشخص شد (شکل ۴). در مرحله نهایی، جهت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از هفت معیار نفوذپذیری، پوشش گیاهی، ضریب گراویلیوس، شیب متوسط وزنی، ضریب شکل، ضریب رواناب و شدت بارندگی با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله و از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره الکترونیک ۳ و مدل فازی تاپسیس استفاده شد. در مدل‌های فازی تاپسیس و الکترونیک ۳ اول ماتریس نرمال (بی‌مقیاس) تهیه شد (جدول ۲) و در ادامه ماتریس موزون (V) از ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن‌ها (Wn×n) تهیه شد (جدول ۳). پس از تعیین فاصله اقلیدوسی مناطق، از ایده‌آل مثبت و منفی در مدل تاپسیس زیرحوزه‌های آبخیز مورد بررسی، اولویت‌بندی شدند که سیل‌خیزترین زیرحوزه‌ها، نزدیک‌ترین فاصله را به ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله را از ایده‌آل منفی دارند. بر اساس نتایج اولویت‌بندی جدول ۴، زیرحوزه ۱-۱-۱۸ در مدل فازی تاپسیس در اولویت اول و در مدل الکترونیک در اولویت سوم قرار گرفت. زیرحوزه ۲-۱-۱۸ در مدل فازی تاپسیس اولویت ۳ و الکترونیک در اولویت ۷ قرار گرفت. زیرحوزه شماره ۱۴ در مدل فازی تاپسیس، اولویت دوم و در مدل الکترونیک در اولویت اول قرار گرفت. برای ارزیابی عملکرد نتایج مدل‌های تصمیم‌گیری از آزمون آماری ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد که نتایج آن نشان دهنده همبستگی بالای بین مدل الکترونیک و مدل فازی تاپسیس با ضریب همبستگی حدود ۰/۸ می‌باشد (جدول ۵) که نشان دهنده عملکرد خوب هر دو مدل الکترونیک ۳ و فازی تاپسیس در رتبه‌بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز سرخون می‌باشد.

**مدل فازی تاپسیس<sup>۱</sup>:** این مدل به‌وسیله Hwang و Yoon در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد و یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است (Lai و همکاران، ۱۹۹۴) که از آن استفاده زیادی می‌شود. در این روش نیز مانند سایر روش‌های MCDM، گزینه به‌وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد (Yoon, ۱۹۸۰؛ Moemeni و Sharifsalim, ۲۰۱۲). فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به‌طور یکنواخت افزایشی یا کاهش‌ی است. اساس این روش تقریباً همان پایه و اساس روش تاپسیس معمولی است و تنها تفاوت موجود در این روش استفاده از روابط محاسبات فازی برای حل مساله می‌باشد.

**آزمون‌های آماری برای ارزیابی مدل‌ها:** در خصوص تعیین راه‌حل مناسب و نزدیک به ایده‌آل که در آن گزینه‌های مختلف با توجه به تمام معیارها ارزیابی شوند، پژوهش قابل توجهی انجام نشده است که روش‌های تصمیم‌گیری را با هم بر اساس روش‌های آماری ارزیابی و بهترین عملکرد مشخص کنند (PourJavad و Shirouyehzad, ۲۰۱۱). در این پژوهش، از آزمون آماری تحت عنوان ضریب همبستگی اسپیرمن تست (SCCT1) (روابط ۲ و ۳) (Kacprzyk و Szmidt, ۲۰۱۱) استفاده شد.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (2)$$

که در آن،  $r_s$  ضریب اسپیرمن،  $n$  تعداد گزینه‌ها و  $d_i$  تفاضل رتبه مدل‌ها برای هر گزینه است.

$$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

که در آن،  $x_i$  و  $y_i$  رتبه گزینه‌ها،  $x$  و  $y$  میانگین رتبه مدل‌ها برای هر گزینه است. رابطه (۲) برای مدل‌هایی استفاده می‌شود که رتبه مشابه نداشته

<sup>1</sup> Fuzzy Technique Order Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)

جدول ۲ - ماتریس نرمال شده در مدل تاپسیس

زیرحوزه (گزینه)	نفوذپذیری	پوشش	شیب متوسط	ضریب گراویلیوس	ضریب شکل	ضریب رواناب	شدت بارندگی ۲۵	شدت بارندگی ۵۰	شدت بارندگی ۱۰۰
گزینه ۱	۰/۲۰	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۸
گزینه ۲	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۳
گزینه ۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴
گزینه ۴	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳
گزینه ۵	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۴
گزینه ۶	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
گزینه ۷	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۸
گزینه ۸	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۲
گزینه ۹	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۷
گزینه ۱۰	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۸
گزینه ۱۱	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۷
گزینه ۱۲	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۷
گزینه ۱۳	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۶
گزینه ۱۴	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۴۳	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۳
گزینه ۱۵	۰/۱۷	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۳۰	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۹
گزینه ۱۶	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵
گزینه ۱۷	۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۰
گزینه ۱۸	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۱
گزینه ۱۹	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۰۳	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۸
گزینه ۲۰	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۵
گزینه ۲۱	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳
گزینه ۲۲	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷
گزینه ۲۳	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
گزینه ۲۴	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۷
گزینه ۲۵	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
گزینه ۲۶	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۱
گزینه ۲۷	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳
گزینه ۲۸	۰/۲۰	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
۱-۱-۱۸	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۳۶
۲-۱-۱۸	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۴۸	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۲۸
۱-۱۸	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۴۶	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۴
center	۰/۲۰	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۴۱	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۰۵

جدول ۳- ماتریس وزن‌دهی شده حاصله از ماتریس نرمال در مدل الکترة ۳

وزن	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۰۶۴	۰/۰۴۸	۰/۰۶۳	۰/۱۹۹	۰/۱۲۴	۰/۱۲۴	۰/۱۲۴
زیرحوضه (گزینه)	نفوذپذیری	پوشش	شیب متوسط	ضریب گراویلیوس	ضریب شکل	ضریب رواناب	شدت بارندگی ۲۵	شدت بارندگی ۵۰	شدت بارندگی ۱۰۰
گزینه ۱	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۷	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۸	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳
گزینه ۹	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۱۰	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۱۱	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۱۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۱۳	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۱۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
گزینه ۱۵	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴
گزینه ۱۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
گزینه ۱۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۱۸	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
گزینه ۱۹	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۲۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۲۱	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۲۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
گزینه ۲۳	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
گزینه ۲۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۲۵	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
گزینه ۲۶	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳
گزینه ۲۷	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲
گزینه ۲۸	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۱-۱۸	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴
۲-۱۸	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
۱-۱۸	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
center	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱

جدول ۴- نتایج اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی به روش الکتراه و فازی تاپسیس

رتبه فازی (هفت معیاری)	رتبه الکتراه (هفت معیاری)	نام زیرحوضه
۲۳	۱۸	۰۱
۱۹	۲۳	۰۲
۱۲	۱۶	۰۳
۲۰	۲۶	۰۴
۱۱	۱۳	۰۵
۱۳	۱۷	۰۶
۱۰	۱۲	۰۷
۶	۱۱	۰۸
۱۴	۱۹	۰۹
۱۷	۲۲	۱۰
۱۵	۲۸	۱۱
۱۶	۲۷	۱۲
۲۷	۳۰	۱۳
۲	۱	۱۴
۵	۶	۱۵
۴	۴	۱۶
۹	۵	۱۷
۸	۱۵	۱۸
۷	۲	۱-۱۸
۱	۳	۱-۱-۱۸
۳	۷	۲-۱-۱۸
۲۶	۲۰	۱۹
۲۴	۲۵	۲۰
۲۵	۲۴	۲۱
۲۹	۲۹	۲۲
۲۱	۸	۲۳
۱۸	۱۰	۲۴
۲۲	۹	۲۵
۲۸	۳۱	۲۶
۳۱	۳۲	۲۷
۳۰	۲۱	۲۸

جدول ۵- ارزیابی عملکرد مدل‌ها بر اساس ضریب همبستگی اسپیرمن

MCDM	ELECTRE	Fuzzy TOPSIS
ELECTRE	۱	۰/۷۷
Fuzzy TOPSIS	۰/۷۸	۱

به‌کارگیری اولویت‌بندی گزینه‌ها در دنیای واقعی، از روش ادغام سه‌گانه شامل روش میانگین حسابی، روش بردا و روش کاپلند جهت رتبه‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها استفاده شد (جدول‌های ۶ و ۷).

رتبه‌بندی به روش ادغام: به‌منظور رتبه‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها از روش‌های ادغام سه‌گانه استفاده شد. همان‌گونه که ملاحظه شد، هر کدام از مدل‌های الکتراه و فازی تاپسیس رتبه‌بندی متفاوتی از زیرحوضه‌ها نشان می‌دهند. جهت رسیدن به یک نسخه واحد و

جدول ۶- رتبه‌بندی به روش میانگین

رتبه نهایی	میانگین رتبه	رتبه فازی (هفت معیاری)	رتبه الکترو (هفت معیاری)	نام زیرحوضه
۲	۲	۱	۳	۱-۱-۱۸
۱	۱/۵	۲	۱	۱۴
۵	۵	۳	۷	۲-۱-۱۸
۶	۵/۵	۵	۶	۱۵
۴	۴/۵	۷	۲	۱-۱۸
۳	۴	۴	۴	۱۶
۷	۷	۹	۵	۱۷
۸	۸/۵	۶	۱۱	۸
۱۴	۱۵	۲۱	۸	۲۳
۱۲	۱۴	۱۸	۱۰	۲۴
۱۰	۱۱/۵	۸	۱۵	۱۸
۹	۱۱	۱۰	۱۲	۷
۱۶	۱۵/۵	۲۲	۹	۲۵
۱۱	۱۲	۱۱	۱۳	۵
۱۳	۱۴	۱۲	۱۶	۳
۱۵	۱۵	۱۳	۱۷	۶
۱۷	۱۶/۵	۱۴	۱۹	۹
۲۱	۲۱/۵	۱۵	۲۸	۱۱
۱۹	۲۰/۵	۲۳	۱۸	۱
۲۲	۲۱/۵	۱۶	۲۷	۱۲
۲۰	۲۱	۱۹	۲۳	۲
۱۸	۱۹/۵	۱۷	۲۲	۱۰
۲۳	۲۳	۲۰	۲۶	۴
۲۵	۲۴/۵	۲۵	۲۴	۲۱
۲۴	۲۳	۲۶	۲۰	۱۹
۲۶	۲۴/۵	۲۴	۲۵	۲۰
۲۸	۲۸/۵	۲۹	۲۹	۲۲
۲۹	۲۸/۵	۲۷	۳۰	۱۳
۲۷	۲۵/۵	۳۰	۲۱	۲۸
۳۰	۲۹/۵	۲۸	۳۱	۲۶
۳۱	۳۱/۵	۳۱	۳۲	۲۷

### نتیجه‌گیری

نتایج شکل ۳، نشان داد که مهمترین معیار در پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها نفوذپذیری می‌باشد که با نتایج پهنه‌بندی سیل باغان (Nasrinnejad و همکاران، ۲۰۱۴)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه دره شهر سراب (Servati و همکاران، ۲۰۱۳)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از شماره منحنی و مدل هیدرولوژیکی CN و AHP در محیط GIS در حوزه آبخیز رودخانه بالخلو (Ghanavati و همکاران، ۲۰۱۴) هم‌خوانی دارد. هر چه میزان نفوذپذیری کمتر باشد، میزان رواناب بیشتر و سیل‌خیزی زیرحوضه شدت بیشتری پیدا می‌کند. معیار پوشش گیاهی و شیب متوسط وزنی حوضه که بعد از نفوذپذیری دارای وزن بیشتری در پتانسیل سیل‌خیزی محسوب می‌شوند که با نتایج پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با تغییر کاربری اراضی در حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز (Nohegar و همکاران، ۲۰۱۲)، تاثیر نوع و مدیریت‌های مختلف بقایای

نتایج شکل ۳، نشان داد که مهمترین معیار در پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها نفوذپذیری می‌باشد که با نتایج پهنه‌بندی سیل باغان (Nasrinnejad و همکاران، ۲۰۱۴)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه دره شهر سراب (Servati و همکاران، ۲۰۱۳)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از شماره منحنی و مدل هیدرولوژیکی CN و AHP در محیط GIS در حوزه آبخیز رودخانه بالخلو (Ghanavati و همکاران، ۲۰۱۴) هم‌خوانی دارد. هر چه میزان نفوذپذیری کمتر باشد، میزان رواناب بیشتر و سیل‌خیزی زیرحوضه شدت بیشتری پیدا می‌کند. معیار پوشش گیاهی و شیب متوسط وزنی حوضه که بعد از نفوذپذیری دارای وزن بیشتری در پتانسیل سیل‌خیزی محسوب می‌شوند که با نتایج پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با تغییر کاربری اراضی در حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز (Nohegar و همکاران، ۲۰۱۲)، تاثیر نوع و مدیریت‌های مختلف بقایای

موضوع مورد پژوهش می‌باشد (Chezgi و همکاران، ۲۰۱۶). در ادامه جهت تعیین بهترین عملکرد مدل‌ها قرار بود که از روابط واریانس و انحراف معیار استفاده شود که به لحاظ این‌که جمع رتبه‌ها در مدل الکترو ۳ و مدل فازی تاپسیس یک عدد به‌دست آمد، امکان استفاده از این روابط میسر نشد.

برای تعیین بهترین رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها از رتبه‌بندی صورت گرفته به‌وسیله مدل الکترو ۳ و مدل فازی تاپسیس از روش ادغام سه‌گانه استفاده شد. همان‌گونه که ملاحظه شد هر کدام از مدل الکترو ۳ و مدل فازی تاپسیس رتبه‌بندی متفاوتی از زیرحوضه‌ها مشخص می‌نمایند. جهت رسیدن به یک نتیجه واحد و به‌کارگیری اولویت‌بندی گزینه‌ها در دنیای واقعی از روش ادغام سه‌گانه (روش میانگین حسابی، روش بردا و روش کاپلند) استفاده و رتبه‌بندی نهایی انجام شد (جدول ۷). در رتبه‌بندی نهایی که با روش ادغام سه‌گانه صورت گرفت (جدول‌های ۶ و ۷). زیرحوضه ۱-۱-۱۸ در رتبه اول، زیرحوضه ۱۴ در رتبه دوم و زیرحوضه ۲-۱-۱۸ در رتبه چهارم قرار گرفت. با در نظر گرفتن نتیجه رتبه‌بندی در روش ادغام سه‌گانه نشان داد که مدل فازی تاپسیس و مدل الکترو به‌ترتیب از توانایی بالایی در رتبه‌بندی حوضه‌ها برخوردار می‌باشند.

گیاهی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و نفوذ آب در خاک (Mirzaei و Mahmoodabadi، ۲۰۱۴)، تغییر-پذیری زمانی تولید رواناب تحت تاثیر شیب در خاک‌های با بافت‌های مختلف (Vaezi و همکاران، ۲۰۱۷)، مشابه می‌باشد. نتایج رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها در جدول ۴، نشان داد که در مدل الکترو ۳ زیرحوضه شماره ۱۴ در رتبه اول و در مدل فازی تاپسیس در رتبه دوم قرار گرفت، اما زیرحوضه ۱-۱-۱۸ در مدل الکترو رتبه سوم و مدل فازی تاپسیس در رتبه اول قرار گرفت.

در زیرحوضه ۲-۱-۱۸ در مدل الکترو رتبه هفتم و مدل فازی تاپسیس در رتبه سوم قرار گرفت. همچنان که نتایج جدول ۴ نشان داد، اولویت‌ها برای زیرحوضه‌ها با معیارها و گزینه‌های ثابت متفاوت می‌باشد. یکی از ایراداتی که به مدل تصمیم‌گیری وارد است، متفاوت بودن رتبه‌بندی با معیارها و گزینه‌های ثابت می‌باشد (PourJavad و Shirouyehzad، ۲۰۱۱). آزمون‌هایی برای تعیین بهترین مدل تصمیم‌گیری وجود دارد که در این تحقیق از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد که بر اساس روابط (۲) و (۳) مدل‌ها بررسی شدند که نتایج در جدول ۵ نشان می‌دهد همبستگی بالای مدل‌های الکترو ۳ و فازی تاپسیس می‌باشد که توانایی بالای هر دو مدل در رتبه‌بندی

#### منابع مورد استفاده

1. Badri, B., R. Zarebidaky, A. Honarbakhsh and F. Atashkhar. 2016. Prioritizing subwatersheds of Beheshtabad watershed based flooding. *Natural Geography Research*, 48(1): 143-158 (in Persian).
2. Banihabib, M.E. and A. Arani. 2014. Multi criteria decision-making for flood management based on sustainable development criteria (IEMSs).
3. Carlsson, C. and R. fuller. 1996. Fuzzy multi criteria decision making: React Development. *Fuzzy Sets and Systems*, 78 pages.
4. Chezgi, J., H. Malekinejad, M. Ekhtesasi and M. Nakhaei. 2016. Prioritizing the suitable area for underground dams using decision making models in arid and semi-arid areas. *Arid Biom*, 6(2): 83-95 (in Persian).
5. Chitsaz, N. and M.E. Banihabib. 2015. Comparison of different multi criteria decision-making model in prioritizing flood management alternatives. *Water Resources Management*, 29: 2503-2525.
6. Department of Environmental Protection. 2012. Erosion and sediment pollution control program manual. Commonwealth of Pennsylv, USA, 583 pages.
7. Forests, Range and Watershed Management Organization of Iran. 2002. Statistics of Flooding Area in Iran Report, 50 pages (in Persian).
8. Ghanavati, E., A. Safari, E. Javid and E. Mansorian. 2014. Zonation of flooding using CN hydrological model and AHP in GIS, case study: Balekhloo river basin. *Natural Geography Research*, 25: 67-80 (in Persian).
9. Hematzadeh, Y., H. Barani and A. Kabir. 2009. The role of plant cover on surface runoff, case study: Gchik Watershed in Golestan Province. *Water and Soil Protection*, 16(2): 19-33 (in Persian).
10. Ishizaka, A. and P. Nemery. 2013. Multi-criteria decision analysis methods and software. Wiley and Sons Ltd, Ltd, 310 pages.

11. Khosroshahi, M. 2016. Developing procedure for identify and prioritizing of flooding area in watershed, case study: Shams abad watershed. *Watershed Science and Engineering of Iran Journal*, 10(33): 59-72 (in Persian).
12. Lai, Y.L., T.Y. Lou and C.L. Hwang. 1994. Topsis for MODM. *European Journal of Operational Research*, 76(3): 486-500.
13. Malekian, A., A. Oftadegi and Gh. Ashoornejad. 2012. Zonation of flood potential in Akhtarabad watershed using fuzzy AHP. *Natural Geography Journal*, 82: 131-152 (in Persian).
14. Mirzaei, M and M. Mahmoodabadi. 2014. Effects of plant management on some physical conditions and water penetrating on soil. *Soil Researches*, 28(4): 659-665 (in Persian).
15. Najafinejad, A. 1997. Poverty and natural resources report. Forests, Range and Watershed Management Organization of Iran (in Persian).
16. Nasrinnejad, N., M. Rangzan, N. Kalantriy and A. Saberi. 2014. Zonation of flooding in Baghan watershed using fuzzy AHP. *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 14: 15-34 (in Persian).
17. Natural Resources Department of Hormozgan. 2015. Report of Sarkhoon watershed Study. 104 pages (in Persian).
18. Nohegar, A., M. Kazemi, M. Ghasredashti, P. Roshan and P. Rezaei. 2012. Studying land use changes in flooding potential, case study: Tangbostanak watershed in Shiraz. *Environmental Erosion Research*, 2: 28-41 (in Persian).
19. Nosrati, K.M., M. Ahmadi, M.R. Servati and M. Mazbani. 2013. Studying the main factors in flooding potential of Dareshahr watershed using homogeneous hydrologic areas. *Geographic Space Planning*, 8: 119-138 (in Persian).
20. Panara, J. and N. Kumar. 2009. Ranking multi criteria river basin planning and development alternatives using electre and ranfuw. Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology KHARAGPUR-721 302 West Bengal INDIA, 80 pages
21. Pourjavad, E. and H. Shirouyehzad. 2011. A MCDM approach for prioritizing production lines: a case study. *International Journal BUS Management*, 6(10): 221-229. Published by Canadian Center of Science and Education. [www.cesenet.org/ijbm](http://www.cesenet.org/ijbm).
22. Saghafian, B. and H. Farazjoo. 2007. Studying the flooding of Golestan watershed using hydrological models HEC-HMS and GIS for determination of the role of subwatersheds in watershed flooding. *Watershed Sciences and Engineering of Iran*, 1: 1-11 (in Persian).
23. Sharifi, F. 2002. Analysis of Past Flood Events in Iran. 2nd National Soil Erosion Seminar, Lorestan, Iran (in Persian).
24. Servati, M.R., M. Ahmadi, K. Nosrati and M. Mazbaei. 2013. Zonation of flooding in Sarab Dareshahr watershed. *Geography*, 36: 55-77 (in Persian).
25. Szmidt, E. and J. Kacprzyk. 2011. The spearman a kendall rank correlation coefficients between intuitionist fuzzy sets. Atlantist Press, Aix- Les- Bains, 720 pages.
26. Vaezi, A., M. Kord and M. Mahdian. 2017. Time changes of runoff distribution under effects of slope in various texture soils. *Water and Soil Research of Iran*, 48(1): 77-85 (in Persian).
27. Yoon, K. 1980. Systems selection by multiple attribute decision making. PhD Thesis, Kansas State University, 184 pages
28. Zehtabian, G.R., J. Ghoddosi, H. Ahmadi and M. Khalilzadeh. 2009. Prioritizing the flooding potential in subwatersheds and selection the flood rising area, case study: Marme Watershed-Fars Province. *Natural Geography*, 2(6): 1-13 (in Persian).