

## اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز مهارلو در استان فارس با استفاده از پارامترهای مورفومتریک و مدل تصمیم‌گیری VIKOR

مه‌دیس امیری<sup>۱</sup>، حمیدرضا پورقاسمی<sup>۲\*</sup>، علی‌رضا عرب‌عامری<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲. استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۸/۰۲؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۱۱/۱۵)

### چکیده

هدف از تحقیق حاضر، اولویت‌بندی مکانی سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز مهارلو با استفاده از پارامترهای مورفومتریک و مدل تصمیم‌گیری VIKOR است. به این منظور، ۱۳ پارامتر مورفومتری شامل درجه شیب، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، بافت زهکشی، عدد ناهمواری، ضریب گردی، ضریب فشردگی، نسبت ناهمواری، طول جریان، ضریب فرم، ضریب کشیدگی و ضریب شکل و یک پارامتر اقلیم شامل بارندگی انتخاب شد. برای تعیین وزن پارامترها از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. نتایج وزن‌دهی پارامترها با استفاده از مدل AHP نشان داد پارامترهای مورفومتری درجه شیب و تراکم زهکشی و پارامتر اقلیمی بارندگی به ترتیب با مقدار (۰/۲۰۶، ۰/۱۶۵ و ۰/۱۳۴) بیشترین وزن و تأثیر را در رخ‌داد سیل منطقه مطالعه شده داشتند، در حالی که کمترین وزن و در پی آن حداقل تأثیر مربوط به ضریب شکل (۰/۰۱۲) بود. همچنین، به منظور اولویت‌بندی ۵۳ زیرحوضه آبخیز مهارلو از مدل تصمیم‌گیری VIKOR استفاده شد. نتایج نشان داد زیرحوضه ۳۴ براساس اولویت‌بندی سیل‌خیزی رتبه اول (۰/۰۸۲)، زیرحوضه ۳۱ رتبه دوم (۰/۱۱۰) و زیرحوضه ۱۲ رتبه سوم (۰/۱۲۹) را به خود اختصاص داده‌اند که باید برای انجام عملیات مدیریتی در اولویت قرار گیرند، در حالی که زیرحوضه ۴۲ آخرین رتبه [۱] را در اولویت‌بندی سیل‌خیزی داشت که بیان‌کننده حساسیت بسیار کم آن به وقوع سیل است.

**کلیدواژگان:** اولویت‌بندی سیل‌خیزی، پارامترهای مورفومتری، حوزه آبخیز مهارلو، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، مدل VIKOR.

## مقدمه

سیلاب از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که خسارت‌های فراوانی به مناطق تحت تأثیر خود وارد می‌کند. برای مدیریت سیلاب باید عوامل تولید و ایجاد سیل شناسایی شده و سپس مناطق دارای پتانسیل زیاد در تولید سیل تعیین شود [۱]. تعیین پتانسیل سیل خیزی زیرحوضه‌های آبخیز از جمله مطالعات پایه و اساسی است که می‌تواند گامی مهم در زمینه بسترسازی برای کاهش بلایای طبیعی باشد. مشخصات فیزیکی یک حوزه آبخیز از عوامل تعیین‌کننده رخداد این حادثه بوده و اغلب مسائل هواشناسی، هیدرولوژی و حفاظت آب و خاک با آن در ارتباط مستقیم و غیرمستقیم است [۲]. شرط اول کنترل عوامل فرسایشی و بهبود وضعیت بحرانی یک حوضه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوضه‌های با وضعیت بحرانی‌تر و اولویت‌بندی آنها است تا در صورت اجرای عملیات کنترلی، مناطق دارای اولویت‌های بیشتر را بهتر مد نظر قرار داده و برنامه‌های حفاظتی در این نوع مناطق متمرکز شوند [۳]. به‌طور کلی، در سطح حوضه آبخیز مسائل و مشکلات متعددی وجود دارد که با وقوع سیلاب مرتبط هستند و برای مهار این خطر مدل‌ها و روش‌های مختلفی طراحی شده است. همچنین، محدودیت بودجه‌های مربوط به مدیریت منابع طبیعی سبب اجرانشدن پروژه‌های اجرایی در همه زیرحوضه‌ها می‌شود؛ بنابراین اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به‌منظور بهبود مدیریت حوضه‌های آبخیز امری ضروری است [۴]. به‌دلیل وسعت زیاد حوضه آبخیز مهارلو در استان فارس و محدودیت‌های اقتصادی و اجرایی، احیای آن از دیدگاه کنترل سیل در یک پروژه واحد نه‌تنها عملی نیست، بلکه ممکن است آثار معکوس داشته باشد. با توجه به اینکه برنامه‌های توسعه‌ای منابع آب و خاک بیشتر در حوضه‌های آبخیز اجرایی می‌شود، اولویت‌بندی حوضه‌ها به‌منظور برنامه‌ریزی مناسب و مدیریت منابع طبیعی و نیز توسعه پایدار ضروری است [۵ و ۱۵]. آنالیز مورفومتری حوزه آبخیز، کارکرد مهمی در جمع‌آوری داده ناقص دارد و به آنالیز رفتار هیدرولیکی حوضه آبخیز کمک می‌کند، بنابراین مطالعات مورفومتری شامل ارزیابی پارامترهای آبراهه به‌واسطه اندازه‌گیری مشخصات انواع مختلف آبراهه است [۶]. سیل نه‌تنها در کشورهای در حال توسعه، بلکه در کل جهان از شایع‌ترین مخاطرات طبیعی محسوب می‌شود [۷]. برخی علل وقوع انواع سیل را می‌توان ریزش باران شدید یا طولانی، ذوب

برف، شکستن سد و لغزش زمین، امواج مرتفع، بستن کانال، شدت بارندگی، نوع بارندگی، زمان و حجم بارندگی، شرایط قبلی رودخانه، زهکشی حوضه، کاربری‌های نامناسب و قطع درختان جنگلی در سرچشمه رودها عنوان کرد [۸ و ۹]. بنابراین، انتخاب اولویت مناطق برای انجام پروژه‌های کنترل سیلاب، یک تصمیم اساسی است که باید با مطالعه شرایط فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی منطقه و تخمین تأثیرهای حاصل از انجام برنامه‌ها، تأیید شود [۱۰]. روش‌های مختلفی برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز وجود دارد که از آن جمله می‌توان به فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی [۱۱] و به‌کارگیری جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی [۱۲ و ۱۳] اشاره کرد. یکی از روش‌های اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، آنالیز مورفومتری حوزه آبخیز در قالب سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. به‌کارگیری روش آنالیز مورفومتری در مناطق مواجه با کمبود داده و اطلاعات، بسیار مفید است [۱۴]. تقسیم حوضه‌های بزرگ به زیرحوضه‌های متعدد و مطالعه اولویت‌بندی این زیرحوضه‌ها سبب کاهش زمان و هزینه‌های اجرایی عملیات آبخیزداری و نیز کارایی بیشتر طرح‌های آبخیزداری می‌شود [۳]. در روش آنالیز مورفومتری خصوصیات فیزیوگرافی و مورفولوژیکی حوضه آبخیز براساس مدل رقومی ارتفاع (DEM)<sup>۱</sup> تجزیه و تحلیل شده و در نهایت اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها مشخص می‌شود [۱۶].

در مدیریت جامع حوزه آبخیز و اجرای برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی، اولویت‌بندی مناطق اهمیت بسزایی دارد. چندین مطالعه به‌منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر مبنای آنالیز مورفومتری انجام شده است [۶ و ۱۷]. بیسواس و همکارانش [۱۸] آنالیز مورفومتری یک را با استفاده از پارامترهایی مانند نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه‌ها، نسبت بافت، ضریب شکل حوضه، ضریب گردی و ضریب کشیدگی برای حوضه آبخیز میدناپور در منطقه غرب بندجال در هند انجام دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد با استفاده از عوامل مؤثر در تحقیق یادشده می‌توان زیرحوضه‌های بحرانی را با استفاده از GIS اولویت‌بندی کرد. همچنین، انجام این کار در ارائه راهکارهای مناسب برای بهبود زیرحوضه‌ها و حفاظت از منابع طبیعی مفید است. تاکار و دهیمن [۱۹] با استفاده از GIS و RS و بر اساس

1. Digital Elevation Model (DEM)

فرسایش خاک و رواناب سطحی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دقت زیاد ضروری است. جی امر [۲۴] به‌منظور تعیین خصوصیات زهکشی رودخانه کشیپرا در هند از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصاویر STRM استفاده کرد. ایشان به‌منظور شناسایی زیرحوضه‌های بحرانی و تخصیص برنامه‌های مدیریتی حفاظت آب و خاک با استفاده از پارامترهای مورفومتری، ۴۳ زیرحوضه را اولویت‌بندی کرد. نتایج پژوهش ایشان نشان داد سیستم اطلاعات جغرافیایی کارکرد مهمی در برنامه‌های حفاظت آب و خاک و مدیریت منابع طبیعی ایفا می‌کند. فلاح و همکارانش [۲۵] به‌منظور شناسایی زیرحوضه‌های مستعد به فرسایش خاک در زیرحوضه آبخیز هزاره به ارزیابی و آنالیز پارامترهای مورفومتری با استفاده از نرم‌افزار GIS پرداختند. در نهایت، زیرحوضه‌ها از نظر حساسیت به فرسایش خاک به چهار طبقه خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم طبقه‌بندی شدند. زیرحوضه‌هایی که در اولویت خیلی زیاد قرار گرفته بودند را به عنوان مناطق بحرانی بیان کردند که نیازمند اقدامات فوری برای اجرای برنامه‌های کنترل فرسایش خاک هستند. رحمتی و همکارانش [۲۶] در تحقیقی با عنوان «اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز استان گلستان براساس آنالیز مورفومتریک و همبستگی آماری» نشان دادند روش نوین اولویت‌بندی قادر به تعیین اولویت ترتیبی تمام زیرحوضه‌های آبخیز گلستان نیست. درضمن، آنها زیرحوضه‌های با بیشترین اولویت، یعنی زیرحوضه ۳ (مادرسو)، ۱۶ و ۹ را اولویت‌دارترین زیرحوضه‌ها برای اجرای اقدامات آبخیزداری شناسایی کردند. همچنین رضوی‌زاده و شاهدی [۲۷] با اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز طالقان با استفاده از تلفیق AHP و TOPSIS نشان دادند سه معیار درصد اراضی نفوذناپذیر، شماره منحنی و شیب آبراهه اصلی به‌ترتیب با وزن نسبی ۰/۲۸۳، ۰/۲۳۱ و ۰/۱۶۳ از بیشترین اهمیت در پتانسیل سیل‌خیزی منطقه مطالعه شده برخوردارند و نیز اولویت‌بندی تلفیق دو روش یادشده بیان می‌کند که سه زیرحوضه حسنجون، ناریان و شهرک به‌ترتیب بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی را داشته‌اند. ادهمی و صادقی [۲۸] به اولویت‌بندی زیرحوضه براساس عملکرد رسوب در حوضه‌های آبخیز گران‌رود و قره‌سو در استان گلستان پرداختند و براساس الگوریتم‌های Fallback bargaining و Borda Scoring زیرحوضه‌های منطقه مطالعه‌شده را اولویت‌بندی

خصوصیات مورفومتری هشت زیرحوضه را در حوضه آبخیز گوجارات هند اولویت‌بندی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد خصوصیات مربوط به ضریب شکل رابطه منفی با رواناب و فرسایش خاک دارد در حالی که سایر پارامترها نظیر ضریب انشعاب، بافت خاک، تراکم زهکشی و فراوانی آبراهه رابطه مثبت با آن دارند. شارما و همکارانش [۲۰] از پارامترهای مورفومتری به‌منظور اولویت‌بندی پنج زیرحوضه آبخیز رودخانه یسارهای شاهدل با استفاده از تکنیک GIS استفاده کرده و زیرحوضه‌ها را از نظر حساسیت به سیل‌خیزی تقسیم‌بندی کردند. ثقفیان و همکارانش [۲۱] نیز پس از ارزیابی وضعیت تغییر کاربری اراضی و شرایط هیدرولوژیک حوضه آبخیز گلستان به این نتیجه رسیدند که این حوضه حساسیت زیادی از لحاظ سیل‌خیزی دارد و بیان کردند که از این نظر اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز گلستان می‌تواند در مدیریت بهتر آبخیزها و برنامه‌ریزی اجرای اقدامات آبخیزداری مؤثر باشد. آویناش و همکارانش [۲۲] با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، پارامترهای مورفومتری و سیستم اطلاعات جغرافیایی زیرحوضه‌های آبخیز گورپور هند را از نظر پتانسیل ذخیره آب‌های زیرزمینی اولویت‌بندی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد در حوضه یادشده شاخص تراکم زهکشی نفوذپذیری نسبت به آب‌های زیرزمینی متوسط است و در برخی قسمت‌های حوضه کمبود سطح آب زیرزمینی بیشتر است. آمانی و نجفی‌نژاد [۳] زیرحوضه‌های آبخیز لهندر واقع در شرق استان گلستان را با استفاده از آنالیز مورفومتری و نرم‌افزار GIS و RS و با توجه به مقادیر شاخص رسوب سالانه (SYI) اولویت‌بندی کردند. آهر و همکارانش [۵] به کمی‌سازی خصوصیات مورفومتریک و اولویت‌بندی به‌منظور برنامه‌ریزی مدیریتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک هند با استفاده از رویکرد ترکیبی سنجش از دور و GIS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ۵۱/۶۶ درصد از زیرحوضه‌ها در مناطق با حساسیت متوسط تا زیاد قرار گرفته‌اند که بیان‌کننده نیاز این مناطق به برنامه‌ریزی‌های حفاظتی است. چاندراشکارا و همکارانش [۲۳] در حوضه آبخیز رودخانه آرکاواتی با استفاده از ۲۴ پارامتر مورفومتری و سیستم اطلاعات جغرافیایی میزان فرسایش و اوج رواناب سطحی را در دو زیرحوضه مقایسه کردند و در تحقیق خود بیان کردند که به‌منظور مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر منابع آب و نیز فهم بهتر تبدیل و تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن در

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعه شده

حوضه آبخیز مهارلو با وسعت ۴۲۷۴ کیلومترمربع، با متوسط ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا در ناحیه جنوب غربی ایران و در میان رشته کوه‌های زاگرس واقع شده است. از نظر جغرافیایی، منطقه مطالعه شده در عرض‌های ۲۹ درجه و ۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول‌های ۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی قرار گرفته است. خسارت‌های مربوط به سیل‌هایی با دوره بازگشت ۵۰ سال به بالا بسیار زیاد در این حوضه دیده شده است [۳۰]. شکل ۱ نقشه منطقه مطالعه شده و ۵۳ زیرحوضه مرتبط با آن را نشان می‌دهد.

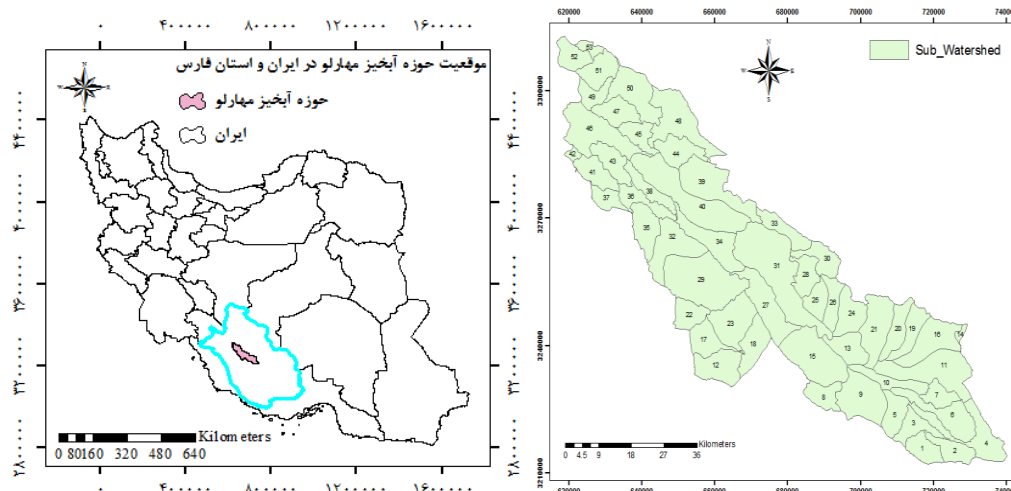
## روش تحقیق

### خصوصیات مورفومتری

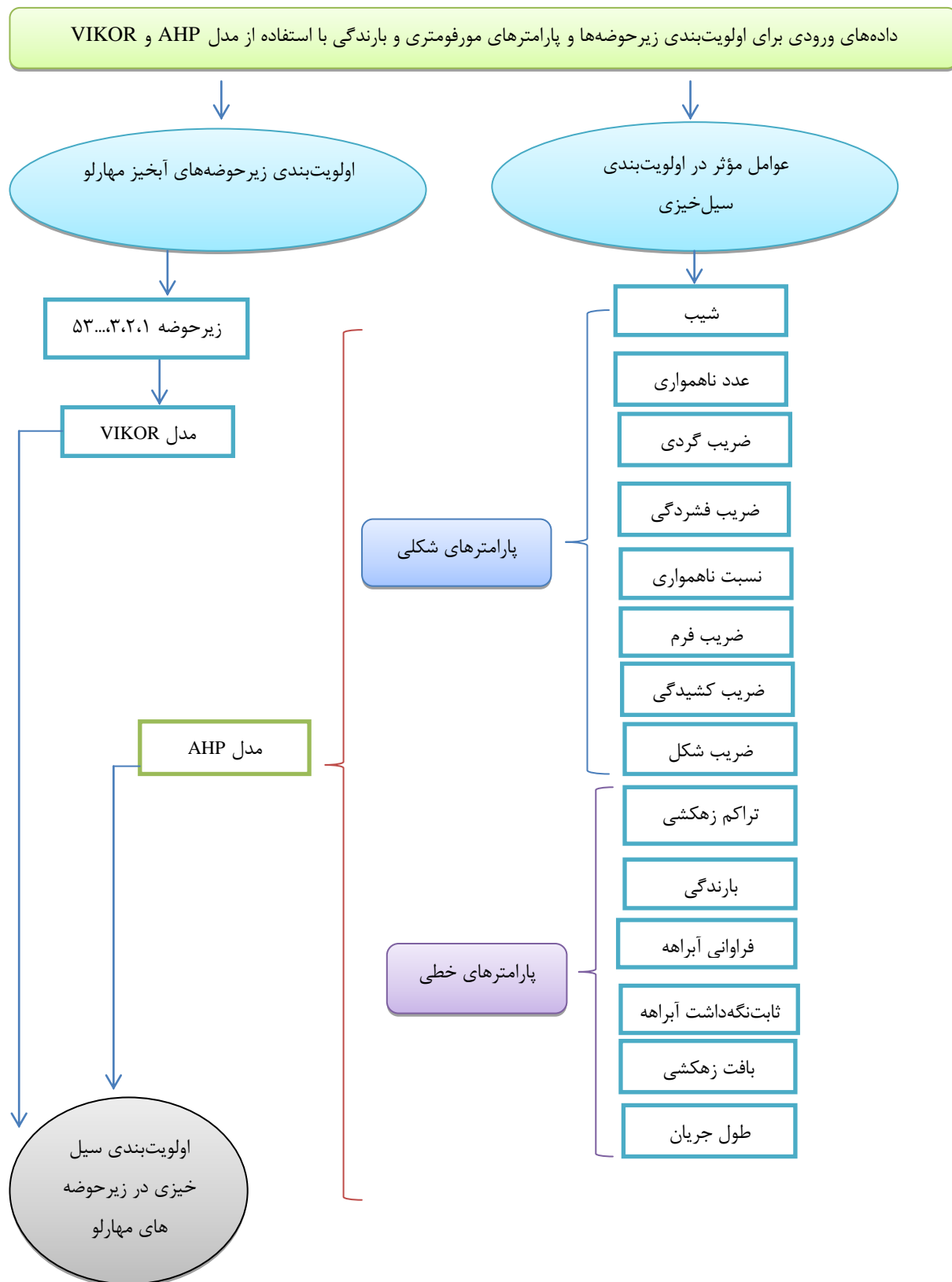
آنالیز مورفومتری یکی از روش‌های مؤثر برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها است که می‌تواند بیان‌کننده وضعیت شبکه زهکشی حوضه باشد [۳۱]. همچنین، این فاکتور یکی از ابزارهای مهم در اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بدون نیاز به بررسی نقشه خاک در منطقه است [۳۲]. شکل حوضه بیان‌کننده سیل‌خیزی و زمان تمرکز و الگوی زهکشی نشان‌دهنده وضعیت زمین‌شناسی و نوع خاک منطقه است [۳۱]. در پژوهش حاضر پارامترهایی که تأثیر بیشتری در اولویت‌بندی و وضعیت سیل‌خیزی منطقه مطالعه شده داشته‌اند، انتخاب شده و سپس مقادیر آنها محاسبه شد. ویژگی‌های مورفومتری به دو دسته پارامترهای خطی و شکلی تقسیم می‌شوند [۳۱].

کرده و براساس وزن‌دهی یک رتبه کلی برای هر متغیر انتخاب کردند. در تحقیقی دیگر عرب‌عامری و همکارانش [۲۹] فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌های آبخیز قائم‌شهر را با استفاده از تحلیل پارامترهای مورفومتری و مقایسه نقشه‌های مدل‌های تصمیم‌گیری اولویت‌بندی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد مدل CF (Compound Factor) یک طبقه‌بندی از لحاظ حساسیت به فرسایش دارد، در حالی که در مدل‌های Topsis و VIKOR چهار کلاس کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد را نشان می‌دهد. در مقابل، برای مدل SAW (Simple Additive Weighing) سه طبقه از لحاظ حساسیت متوسط، زیاد و بسیار زیاد وجود دارد، به طوری که پارامترهای مورفومتری در شناسایی مناطق مستعد فرسایش کارایی بیشتری دارند و روش VIKOR دقت پیش‌بینی بیشتری نسبت به مدل‌های Topsis، SAW و CF دارد.

هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین زیرحوضه‌های دارای شرایط بحرانی به منظور کنترل سیل‌های موجود در منطقه و نیز تسریع و کاهش هزینه‌ها در انجام پروژه‌های آبخیزداری و کنترلی است. در پژوهش حاضر از روش آنالیز مورفومتری که به دلیل بی‌نیازی به داده‌های گسترده و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP به منظور اولویت‌بندی پارامترهای مورفومتری و مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره VIKOR برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌های بحرانی حوضه آبخیز مهارلو استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز مهارلو و زیرحوضه‌های آن



شکل ۲. اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه با استفاده از مدل‌های VIKOR و AHP در منطقه مطالعه‌شده

$$Re = \frac{\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L} \quad (۵)$$

$$C_c = 0.28 \times \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (۶)$$

$$R_C = 12 / 56 \times \left( \frac{A}{P^2} \right) \quad (۷)$$

$$F_f = \frac{A}{(L_b)^2} \quad (۸)$$

$$F_f = \frac{A}{L_b} \quad (۹)$$

$$Rh = \Delta H / L_b \quad (۱۰)$$

$$Rn = \Delta H * Dd \quad (۱۱)$$

که در آن: A مساحت حوضه آبخیز (Km<sup>2</sup>), L طول حوضه آبخیز (Km), P محیط حوضه آبخیز (Km), و Lb طول حوضه آبخیز (Km) است.

#### مدل VIKOR

ویکور به عنوان روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)<sup>۱۲</sup> مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی مسائل است [۳۷]. اگر در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از این روش، مراحل الگوریتم پیاده‌سازی ویکور به شرح زیر است [۳۸]:

مرحله اول: اولین قدم در ارزیابی چندمعیاره، تعریف معیارها و ایجاد ماتریس به صورت رابطه ۱۲ است:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (۱۲)$$

مرحله دوم: پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، نرمال‌سازی این ماتریس انجام شد (رابطه ۱۳). یک نکته مهم در شاخص‌های تصمیم‌گیری، وجود شاخص‌های مثبت و منفی با هم در یک ماتریس است. به منظور تطبیق مقیاس‌های گوناگون اندازه‌گیری از بی‌مقیاس‌سازی استفاده شد.

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^M X_{ij}} \quad (۱۳)$$

#### پارامترهای خطی

این پارامترها نسبت مستقیم با فرسایش دارند و به بیشترین مقدار این دسته پارامترها، کمترین رتبه تعلق می‌گیرد و بیشترین رتبه مربوط به کمترین مقدار است [۳۱]. این دسته شامل تراکم زهکشی<sup>۱</sup> (Dd)، طول جریان<sup>۲</sup> (LS)، بافت زهکشی<sup>۳</sup> (Rt)، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه<sup>۴</sup> (C)، فراوانی آبراهه<sup>۵</sup> (Fs) و پارامتر اقلیم، بارندگی می‌شود، که با استفاده از روابط ۱ تا ۴ محاسبه می‌شوند [۳۳] و [۳۴]:

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} L_i}{A} \quad (۱)$$

$$Rt = Nu / P \quad (۲)$$

$$C = \frac{A}{\sum_{i=1}^{i=n} L_i} \quad (۳)$$

$$F_s = N / A \quad (۴)$$

که در آن L<sub>i</sub> مجموع طول آبراهه‌ها (Km)، A مساحت حوضه (Km<sup>2</sup>), Nu تعداد آبراهه‌های رده‌های مختلف، P محیط حوضه (Km)، ΔH اختلاف ارتفاع حوضه (Km)، Lb طول حوضه (Km)، Dd تراکم زهکشی (Km<sup>-1</sup>), Rt بافت زهکشی، C ثابت‌نگه‌داشت آبراهه و N تعداد آبراهه‌های موجود و A مساحت حوضه (Km<sup>2</sup>) هستند.

#### پارامترهای شکلی

پارامترهای شکلی با فرسایش نسبت عکس دارد، اما پارامترهای خطی به بیشترین مقدار، بیشترین رتبه و به کمترین مقدار، کمترین رتبه تعلق می‌گیرد [۳۱]. این دسته نیز شامل ضریب کشیدگی<sup>۶</sup> (Er)، ضریب فشردگی<sup>۷</sup> (Cc)، ضریب گردی<sup>۸</sup> (Cr)، ضریب فرم<sup>۹</sup> (Ff)، ضریب شکل، نسبت ناهمواری<sup>۱۰</sup> (Rh)، عدد ناهمواری<sup>۱۱</sup> (Rn)، (روابط ۵-۱۱) و شیب متوسط (Sm) حوضه است [۳۴-۳۶]:

1. Drainage density
2. Stream length
3. Drainage texture rate
4. Constant of channel maintenance
5. Stream frequency
6. Elongation ratio
7. Compactness coefficient
8. Circularity ratio
9. Form factor
10. Relief ratio
11. Ruggedness number

$$R_i = \text{Max} \left\{ \sum_j W_j \frac{f_{ij}^* - f_{ij}}{f_{ij}^* - f_{j-}} \right\} \quad (19)$$

که  $W_i$  مقدار وزن برای معیار  $j$  و  $f_{ij}$  هر معیار است. مرحله هفتم: محاسبه شاخص VIKOR (مقدار  $Q$ ) است. مقدار  $Q$  با توجه به رابطه ۲۰ محاسبه می‌شود:

$$Q_i = V * [S_i^- / S^* - S^-] + (1 - V) * (R_i - R^-) / (R^* - R^-) \quad (20)$$

که در آن:

$$R^* = \text{Max} R_i \text{ و } R^- = \text{Min} R_i, S^* = \text{Max} S_i, S^- = \text{Min} S_i$$

است.

مرحله هشتم: مرتب‌کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر  $R$  و  $S$  است. در این مرحله با توجه به مقادیر  $R$ ،  $S$  و  $Q$  گزینه‌ها در سه گروه از کوچک‌تر به بزرگ‌تر مرتب می‌شوند و در نهایت گزینه‌ای به‌عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود که در هر سه گروه، گزینه برتر شناخته شود.

### نتایج

در پژوهش حاضر به‌منظور اولویت‌بندی ۵۳ زیرحوضه آبخیز مهارلو، ابتدا پارامترهای مربوط به هر یک از زیرحوضه‌ها از قبیل درجه شیب، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، بافت زهکشی، عدد ناهمواری، ضریب گردی، ضریب فشردگی، نسبت ناهمواری، طول جریان، ضریب فرم، ضریب کشیدگی و ضریب شکل و پارامتر اقلیمی بارندگی محاسبه و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

پارامترهای خطی شامل: تراکم زهکشی، طول جریان، بافت زهکشی، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، فراوانی آبراهه و بارندگی رابطه مستقیم با سیل‌خیزی و فرسایش و نیز پارامترهای شکلی از جمله: ضریب کشیدگی، ضریب فشردگی، ضریب گردی، ضریب فرم، ضریب شکل، نسبت ناهمواری، عدد ناهمواری و شیب متوسط نسبت معکوس با فرسایش و سیل‌خیزی دارد. به بیانی دیگر، هرچه مقادیر پارامترهای خطی بیشتر باشد، سیل‌خیزی و فرسایش در حوضه آبخیز بیشتر است و به‌عکس هر چه مقادیر پارامترهای شکلی کمتر باشد، شدت سیل‌خیزی و فرسایش هم بیشتر است. طبق جدول ۱ پارامترهای شکلی از جمله شیب، عدد ناهمواری، ضریب گردی، ضریب فشردگی، نسبت ناهمواری، ضریب فرم، ضریب کشیدگی و ضریب شکل به

مرحله سوم: تعیین بردار وزن معیار است. در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، برداری به صورت رابطه ۱۴ تعریف می‌شود:

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad (14)$$

به این منظور از فرایند تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده می‌شود. در این روش معمولاً از مقایسه‌ای زوجی یا دو به دو استفاده می‌شود [۳۹]. در واقع، این روش مقایسه‌ای زمینه‌ای برای محاسبه اهمیت و وزن معیارها فراهم می‌کند [۴۰] و نشان می‌دهد چگونه می‌توان اهمیت نسبی مجموعه‌ای از فعالیت‌ها را در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره تعیین کرد. یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده برای تعیین اهمیت معیارها و زیرمعیارها است، زیرا وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شوند، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. چنانچه مقدار ضریب سازگاری مساوی یا کوچک‌تر از ۰/۱ باشد، نشان می‌دهد سازگاری لازم در قضاوت‌ها رعایت شده است [۴۱]. که ضریب یادشده در مطالعه حاضر کمتر از ۰/۱ (۰/۰۵) و در حد قابل قبول است.

مرحله چهارم: در این مرحله پس از اینکه ماتریس موجود بر اساس رابطه ۱۳ نرمال شد، در وزن هر یک از شاخص‌های به‌دست‌آمده از مدل AHP ضرب و سپس ماتریس نرمال‌شده از رابطه ۱۵ حاصل شد:

$$V_{ij} = R_{ij} \times w_j \quad (15)$$

که در آن  $R_{ij}$  ماتریس نرمالیزه و  $w_j$  وزن معیارهاست که با AHP محاسبه شده است.

مرحله پنجم: تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر معیار است. بهترین مقدار ( $f_j^*$ ) و بدترین مقدار ( $f_j^-$ ) برای معیارها به ترتیب از روابط ۱۶ و ۱۷ محاسبه می‌شوند.

$$f_j^* = \max_i f_{ij} \quad (16)$$

$$f_j^- = \min_i f_{ij} \quad (17)$$

مرحله ششم: محاسبه مقدار سودمندی یا بیشترین مطلوبیت ( $S$ ) و مقدار عدم مطلوبیت ( $R$ ) است. در این مرحله مقدار  $S_i$  با توجه به رابطه ۱۸ و  $R_i$  با توجه به رابطه ۱۹ محاسبه می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j \frac{f_{ij}^* - f_{ij}}{f_{ij}^* - f_{j-}} \quad (18)$$

جدول ۱. مقادیر پارامترهای مورفومتریکی و بارندگی برای هر یک از زیرحوضه‌های آبخیز مهارلو

N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A*	زیرحوضه
۰/۵۴	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۹۲	۰/۰۱	۱/۲۶	۰/۶۱	۱/۶۹	۲/۴۷	۰/۵۴	۱/۵۹	۲۴۴/۹۱	۱/۸۴	۱۰/۷۰	۱
۰/۵۵	۰/۰۸	۰/۰۰۶	۰/۹۰	۰/۰۱	۱/۵۵	۰/۴۰	۱/۷۱	۲/۳۶	۰/۵۵	۱/۸۶	۲۴۴/۰۰	۱/۸۰	۷/۱۱	۲
۰/۵۳	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۹۳	۰/۰۱	۱/۸۶	۰/۲۸	۱/۹۴	۱/۷۱	۰/۵۳	۱/۶۲	۲۳۸/۶۱	۱/۸۶	۷/۵۰	۳
۰/۶۴	۰/۰۷	۰/۰۰۳	۰/۷۸	۰/۰۰	۲/۵۰	۰/۱۵	۲/۰۷	۱/۷۷	۰/۶۴	۱/۵۴	۲۳۹/۷۵	۱/۵۶	۱۱/۶۱	۴
۰/۵۲	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۹۴	۰/۰۱	۱/۲۷	۰/۶۰	۲/۰۵	۲/۷۵	۰/۵۲	۱/۶۹	۲۳۷/۴۱	۱/۸۸	۷/۲۰	۵
۰/۵۷	۰/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۸۷	۰/۰۰	۱/۸۹	۰/۳۷	۲/۳۷	۲/۱۴	۰/۵۷	۱/۴۸	۲۳۳/۴۰	۱/۷۴	۹/۵۸	۶
۰/۵۶	۰/۱۰	۰/۰۰۸	۰/۸۷	۰/۰۱	۱/۴۲۳	۰/۴۸۵	۲/۳۰	۲/۳۸	۰/۵۶	۱/۹۰	۲۲۶/۵۱	۱/۷۵۸	۱۰/۲۰	۷
۰/۸۴	۰/۱۳	۰/۰۱۴	۰/۵۹	۰/۰۱	۱/۴۲۲	۰/۴۸۶	۱/۱۲	۱/۷۵۵	۰/۸۴	۱/۲۸	۲۶۴/۶۲	۱/۱۸	۱۱/۴۱	۸
۰/۵۷	۰/۰۵	۰/۰۰۲	۰/۸۷۶	۰/۰۰۶	۱/۲۴	۰/۶۳	۲/۴۵	۴/۰۷	۰/۵۷	۱/۶۴	۲۴۶/۲	۱/۷۵۳	۸/۷۰	۹
۰/۵۰	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۹۸	۰/۰۰۱	۲/۰۳	۰/۳۳	۰/۱۹	۲/۱۶	۰/۵۰	۲/۲۰	۲۳۰/۲۳	۱/۹۶	۲/۸۱	۱۰
۰/۵۹	۰/۰۵	۰/۰۰۲	۰/۸۴	۰/۰۰۵	۱/۶۶	۰/۳۵	۲/۳۰	۳/۱۰	۰/۵۹	۱/۴۷	۲۲۱/۶۷	۱/۶۸	۸/۱۴	۱۱
۰/۸۹	۰/۱۱	۰/۰۰۹	۰/۵۵	۰/۰۰۸	۱/۳۶	۰/۵۲	۰/۸۷	۲/۰۰	۰/۸۹	۱/۰۶	۳۰۴/۳۵	۱/۱۱	۶/۷۰	۱۲
۰/۶۳	۰/۰۹	۰/۰۰۶	۰/۷۸	۰/۰۰۴	۱/۳۱	۰/۵۷	۰/۶۷	۳/۹۰	۰/۶۳	۲/۳۵	۲۴۸/۱۴	۱/۵۷	۳/۷۹	۱۳
۰/۹۹	۰/۴۳	۰/۱۴	۰/۵۰	۰/۰۴	۱/۶۱	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۹۴	۰/۹۹	۲/۱۰	۲۱۴/۷۷	۱/۰۰۳	۹/۰۷	۱۴
۰/۷۷	۰/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۶۴	۰/۰۰۶	۱/۲۱	۰/۶۷	۱/۶۶	۴/۳۰	۰/۷۷	۱/۴۸	۲۶۵/۹۷	۱/۲۹	۸/۹۶	۱۵
۰/۶۰	۰/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۸۳	۰/۰۰۵	۱/۵۱	۰/۴۲	۱/۶۲	۳/۰۱	۰/۶۰	۱/۶۲	۲۱۶/۱۲	۱/۶۶	۹/۸۵	۱۶
۰/۷۹	۰/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۶۲	۰/۰۱۱	۱/۴۹	۰/۴۳	۱/۱۰	۱/۰۹	۰/۷۹	۰/۷۶	۳۰۹/۸۹	۱/۲۵	۹/۷۷	۱۷
۰/۸۲	۰/۱۱	۰/۰۰۹	۰/۶۰	۰/۰۱۴	۱/۳۸	۰/۵۱	۱/۴۵	۱/۴۶	۰/۸۲	۰/۸۶	۲۸۹/۴۵	۱/۲۱	۱۱/۱۰	۱۸
۰/۵۷	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۸۷	۰/۰۱۱	۱/۶۰	۰/۳۸	۱/۹۲	۲/۴۳	۰/۵۷	۱/۸۹	۲۱۷/۲	۱/۷۵	۹/۶۹	۱۹
۰/۵۲	۰/۰۷	۰/۰۰۴	۰/۹۵	۰/۰۱۱	۱/۵۰	۰/۴۳	۲/۴۱	۲/۳۱	۰/۵۲	۱/۶۶	۲۲۱/۲۵	۱/۹۱	۸/۸۹	۲۰
۰/۵۹	۰/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۸۳	۰/۰۰۷	۱/۳۹	۰/۵۰	۲/۱۶	۳/۳۲	۰/۵۹	۱/۶۱	۲۳۳/۲۱	۱/۶۷	۱۰/۰۰	۲۱
۰/۸۵	۰/۱۳	۰/۰۱۴	۰/۵۸	۰/۰۰۲	۱/۲۴	۰/۶۳	۱/۵۱	۱/۷۰	۰/۸۵	۱/۰۶	۳۱۸/۵۸	۱/۱۶	۱۶/۳۵	۲۲
۰/۹۱	۰/۱	۰/۰۰۷	۰/۵۴	۰/۰۰۹	۱/۳۳	۰/۵۵	۱/۲۱	۲/۰۸	۰/۹۱	۰/۹۶	۲۹۶/۸۴	۱/۰۹	۱۰/۵۵	۲۳
۰/۶۵	۰/۰۸	۰/۰۰۶	۰/۷۶	۰/۰۰۹	۱/۲۸	۰/۶۰	۱/۴۹	۲/۹۳	۰/۶۵	۱/۶۳	۲۵۱/۳۷	۱/۵۳	۱۲/۹۱۵	۲۴
۰/۸۵	۰/۱۴	۰/۰۰۱	۰/۵۸	۰/۰۱۶	۱/۲۳	۰/۶۴	۰/۹۹	۱/۹۵	۰/۸۵	۱/۳۱	۲۶۱/۵۴	۱/۱۷	۱۲/۵۶	۲۵
۰/۸۲	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۰/۶۰	۰/۰۱۸	۱/۵۰	۰/۴۳	۱/۲۴	۱/۹۰	۰/۸۲	۱/۵۰	۲۵۸/۹۵	۱/۲۱	۱۲/۷۶	۲۶
۰/۸۰	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۶۱	۰/۰۰۸	۱/۷۲	۰/۳۳	۱/۵۳	۱/۹۰۵	۰/۸۰	۱/۱۱	۲۷۸/۰۹	۱/۲۳	۱۲/۹۱۳	۲۷
۱/۱۰	۰/۱۷	۰/۰۰۲	۰/۴۵	۰/۰۱۵	۱/۵۵	۰/۴۰	۰/۶۷	۱/۲۹	۱/۱۰	۰/۹۹	۲۵۳/۸۱	۰/۹۰	۱۲/۱۶	۲۸
۰/۱۰۲	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۴۸	۰/۰۰۶	۱/۲۸	۰/۵۹	۱/۳۸	۳/۳۶	۱/۰۲	۱/۰۶۳	۳۱۵/۸۱	۰/۹۷	۸/۷۵	۲۹
۰/۸۵	۰/۱۲	۰/۰۱۳	۰/۸۸	۰/۰۱۵	۱/۶۶	۰/۳۵	۱/۲۰	۱/۷۸	۰/۸۵	۱/۴۲	۲۵۲/۳۸	۱/۱۷	۱۰/۸۲	۳۰
۰/۸۰	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۶۲	۰/۰۰	۱/۷۲	۰/۳۳	۰/۰۸	۴/۳۵	۰/۸۰	۱/۶۶	۲۶۶/۴۷	۱/۲۴	۱/۹۱	۳۱
۰/۹۸	۰/۱۰	۰/۰۰۸	۰/۵۰	۰/۰۰	۱/۵۵	۰/۴۰	۱/۰۹	۲/۲۸	۰/۹۸	۱/۲۱	۳۳۶/۹۰	۱/۰۱	۶/۴۳	۳۲
۰/۹۶	۰/۱۴	۰/۰۱۷	۰/۵۲	۰/۰۰۱	۱/۶۴	۰/۳۶	۰/۶۲	۱/۴۸	۰/۹۶	۱/۱۹	۲۵۳/۶۲	۱/۰۴	۱۲/۱۰	۳۳
۱/۳۲	۰/۱۵	۰/۰۱۸	۰/۳۷	۰/۰۰	۱/۸۰	۰/۳۰	۰/۲۰	۱/۵۵	۱/۳۲	۱/۰۲	۳۱۸/۰۲	۰/۷۵	۲/۹۰	۳۴
۰/۸۷	۰/۱۱	۰/۰۱۱	۰/۵۶	۰/۰۰۱	۱/۳۳	۰/۵۵	۱/۱۲	۱/۷۲	۰/۸۷	۰/۹۸	۳۴۵/۵۱	۱/۱۳	۱۳/۴۱	۳۵
۰/۸۵	۰/۱۳	۰/۰۱۴	۰/۵۸	۰/۰۰۱	۲/۱۲	۰/۲۱	۱/۰۵	۱/۰۹	۰/۸۵	۱/۱۷	۳۴۹/۰۳	۱/۱۶	۷/۷۰	۳۶
۰/۸۰	۰/۱۵	۰/۰۱۷	۰/۶۲	۰/۰۰۱	۱/۶۱	۰/۳۷	۰/۸۳	۱/۳۵	۰/۸۰	۱/۳۰	۳۵۵/۸۶	۱/۲۴	۹/۵۱	۳۷
۰/۸۶	۰/۱۴	۰/۰۱۵	۰/۵۷	۰/۰۰۲	۲/۰۰	۰/۲۴	۱/۳۴	۱/۳۴	۰/۸۶	۱/۴۰	۳۴۹/۳۳	۱/۱۵	۶/۶۲	۳۸
۰/۹۱	۰/۰۸	۰/۰۰۶	۰/۵۴	۰/۰۰	۱/۶۵	۰/۳۵	۱/۳۲	۲/۳۳	۰/۹۱	۱/۱۸	۳۳۳/۰۲	۱/۰۹	۱۳/۰۲	۳۹
۰/۹۸	۰/۰۷	۰/۰۰۴	۰/۵۰	۰/۰۰	۱/۷۰	۰/۳۴	۱/۱۶	۲/۸۵	۰/۹۸	۱/۲۱	۳۳۷/۰۹	۱/۰۱۳	۴/۲۹	۴۰
۰/۸۹	۰/۱۳	۰/۰۱۳	۰/۵۵	۰/۰۰۱	۱/۳۷	۰/۵۲	۱/۱۳	۱/۸۷	۰/۸۹	۱/۲۰۷	۳۶۶/۱۱	۱/۱۱	۱۱/۹۰	۴۱
۰/۸۸	۰/۳۲	۰/۰۸۳	۰/۵۶	۰/۰۰۹	۱/۷۲	۰/۳۳	۱/۱۹	۰/۴۷	۰/۸۸	۰/۹۴	۳۸۰/۷۷	۱/۱۲	۱۹/۰۴	۴۲
۰/۷۸	۰/۱۱	۰/۰۱۰	۰/۶۳	۰/۰۰۱	۱/۴۸	۰/۴۴	۱/۵۷	۱/۹۲	۰/۷۸	۱/۳۴	۳۶۲/۳۰	۱/۲۷	۱۵/۷۵	۴۳



ادامه جدول ۱. مقادیر پارامترهای مورفومتریکی و بارندگی برای هر یک از زیرحوضه‌های آبخیز مهارلو

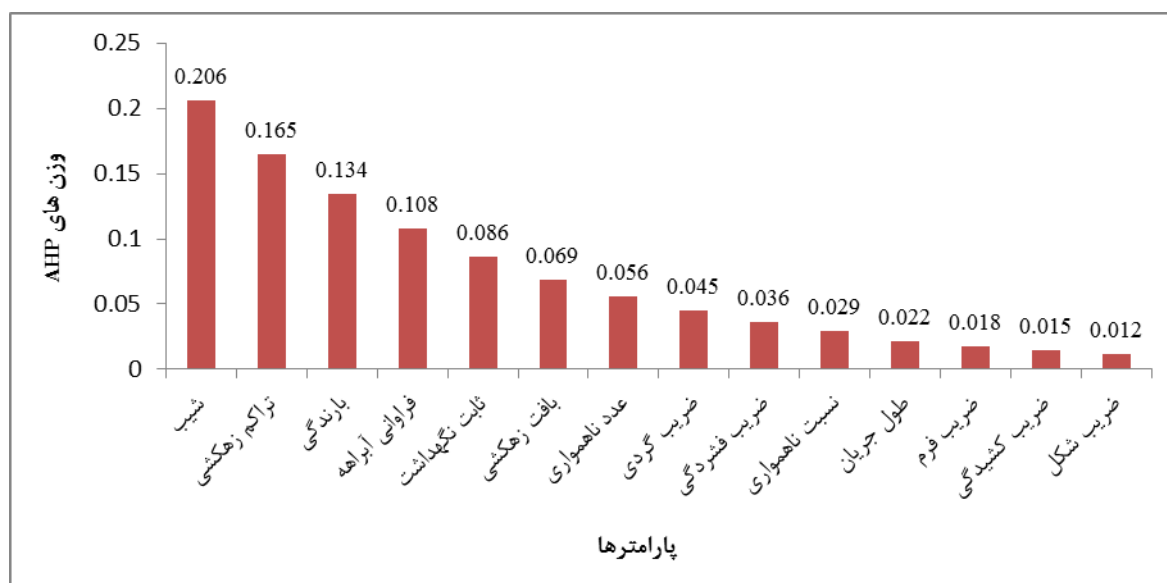
زیرحوضه	A*	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
۴۴	۱۱/۷۷	۱/۰۴	۳۷۴/۷۳	۱/۱۳	۰/۹۵	۱/۶۵	۱/۰۲	۰/۴۰	۱/۵۵	۰/۰۱	۰/۵۲	۰/۰۱۳	۰/۱۳	۰/۹۵
۴۵	۵/۶۲	۱/۲۰	۳۶۰/۱	۱/۳۱	۰/۸۳	۱/۵۴	۱/۱۸	۰/۳۷	۱/۶۲	۰/۰۱۷	۰/۶۰	۰/۰۱۴	۰/۱۳	۰/۸۳
۴۶	۱۵/۱۴	۱/۱۶	۳۷۹/۱۳	۱/۱۴	۰/۸۵	۲/۱۲	۱/۵۹	۰/۳۰	۱/۷۹	۰/۰۰	۰/۵۸	۰/۰۰۵	۰/۰۸	۰/۸۵
۴۷	۱۰/۳۱	۱/۵۴	۳۸۰/۷۷	۱/۱۷	۰/۶۴	۱/۸۹	۲/۲۶	۰/۵۴	۱/۳۳	۰/۰۱۶	۰/۷۷	۰/۰۰۷	۰/۰۹	۰/۶۴
۴۸	۹/۳۵	۱/۲۱	۳۵۲/۲۲	۱/۱۳	۰/۸۱۹	۱/۸۲	۱/۰۰	۰/۲۳	۲/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۶۰	۰/۰۰۴	۰/۰۷	۰/۸۱
۴۹	۱۳/۸۵	۱/۲۲	۳۹۵/۵۱	۱/۳۸	۰/۸۱۵	۱/۵۸	۱/۳۲	۰/۴۲	۱/۵۲	۰/۰۲	۰/۶۱	۰/۰۱۶	۰/۱۴	۰/۸۱
۵۰	۶/۰۹	۱/۱۵	۳۸۱/۹۸	۱/۱۲	۰/۸۶۴	۱/۹۳	۰/۶۹	۰/۳۴	۱/۶۸	۰/۰۰۴	۰/۵۷	۰/۰۰۶	۰/۰۹	۰/۸۶
۵۱	۹/۹۸	۱/۱۲	۴۰۲/۵۴	۰/۹۶	۰/۸۸	۱/۶۹	۰/۷۵	۰/۶۲	۱/۳۵	۰/۰۰۹	۰/۵۶	۰/۰۱۲	۰/۱۲	۰/۸۸
۵۲	۱۱/۴۳	۱/۱۱	۴۰۷/۷۲	۱/۲۵	۰/۸۹	۱/۹۶	۰/۸۶	۰/۶۳	۱/۳۴	۰/۰۱۴	۰/۵۵	۰/۰۱۶	۰/۱۴	۰/۸۹
۵۳	۱۵/۶۹	۰/۹۴	۴۰۷/۷۵	۰/۸۳	۱/۰۶	۰/۶۰	۰/۵۱	۰/۳۸	۱/۵۹	۰/۰۳	۰/۴۷	۰/۰۶۷	۰/۳۹	۱/۰۶

A\*: شیب، B: تراکم زهکشی، C: بارندگی، D: فراوانی آبراهه، E: ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، F: بافت زهکشی، G: عدد ناهمواری، H: ضریب گردی، I: ضریب فشردگی، J: نسبت ناهمواری، K: طول جریان، L: ضریب فرم، M: ضریب کشیدگی، N: ضریب شکل

ارائه شده است. نتایج اهمیت پارامترها (شکل ۳) نشان داد درجه شیب، تراکم زهکشی و پارامتر اقلیمی بارندگی به ترتیب با مقادیر AHP ۰/۲۰۶، ۰/۱۶۵ و ۰/۱۳۴ و بیشترین وزن را به خود اختصاص داده که با نتایج [۲۱] و [۴۳] مطابقت دارد، در حالی که پارامتر ضریب شکل، ضریب کشیدگی و ضریب فرم به ترتیب با وزن ۰/۰۱۲، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۱۸ کمترین اثر را بر رخداد سیل داشته است که با نتایج [۲۱] مطابقت دارد. همچنین فراوانی آبراهه، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، بافت زهکشی، عدد ناهمواری، ضریب گردی، ضریب فشردگی، نسبت ناهمواری و طول جریان به ترتیب رتبه‌های چهارم تا هشتم را کسب کرده‌اند.

۱۰ ترتیب در زیرحوضه‌های (۳۱، ۳۱، ۳۱، ۱۵، ۴، ۱۴، ۳۱، ۹) و کمترین مقادیر را دارند و بیشترین شدت سیل و فرسایش در این زیرحوضه‌ها رخ می‌دهد. از طرف دیگر، مقادیر پارامترهای خطی از جمله تراکم زهکشی، بارندگی، فراوانی آبراهه، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، بافت زهکشی و طول جریان به ترتیب زیرحوضه‌های (۱۰، ۵۳، ۱۳، ۳۴، ۳۱ و ۱۰) بیشترین مقدار بنابراین از لحاظ سیل‌خیزی و فرسایش هم بیشترین شدت را دارند که با نتایج [۴۲، ۲۶ و ۳] مطابقت دارد.

همچنین، نتایج مربوط به وزن‌دهی پارامترها توسط کارشناسان و متخصصان تهیه و اهمیت هر یک از پارامترها پس از محاسبه وزن آنها در نرم‌افزار Excel در شکل ۳



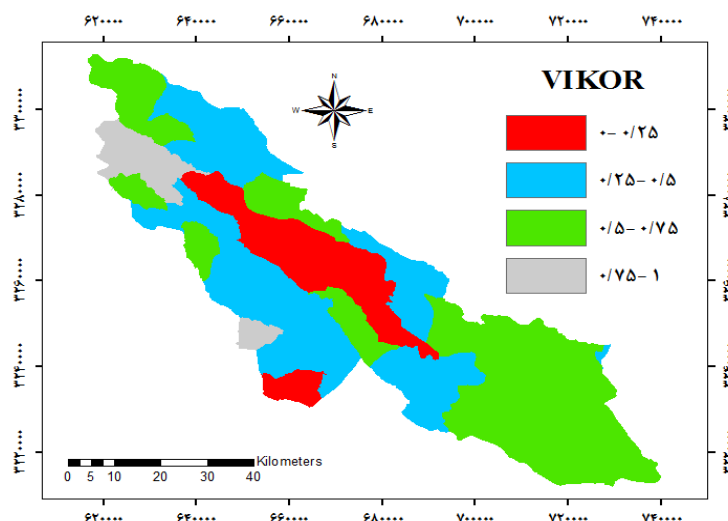
شکل ۳. وزن به‌دست‌آمده از مقایسه‌های زوجی پارامترهای مورفومتری و بارندگی

پس از تعیین اهمیت هر یک از پارامترها، به منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز مهارلو از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور استفاده شد؛ نتایج اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها در جدول ۲ و نیز نتایج پهنه‌بندی اولویت‌بندی سیل‌خیزی به روش ویکور در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد زیرحوضه ۳۴ براساس مدل ویکور، رتبه اول (۰/۰۸۲)، زیرحوضه ۳۱ رتبه دوم (۰/۱۱۰) و زیرحوضه ۱۲ رتبه سوم (۰/۱۲۹) را به خود اختصاص داده که به دلیل داشتن مقادیر زیاد پارامترهای مورفومتریکی خطی (تراکم زهکشی، طول جریان، بافت زهکشی، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، فراوانی آبراهه و بارندگی) و مقادیر کم پارامترهای مورفومتریکی شکلی (ضریب کشیدگی، ضریب فشردگی، ضریب گردی، ضریب فرم، ضریب شکل، نسبت ناهمواری، عدد ناهمواری و شیب متوسط) حساسیت بیشتری نسبت به فرسایش و سیل‌خیزی دارند و برای اقدامات آبخیزداری در اولویت نخست نسبت به سایر زیرحوضه‌ها قرار دارند و در مقابل زیرحوضه‌های ۴۲ (۱)، ۴۳ (۰/۸۳۰) و ۲۲ (۰/۷۸۰) به ترتیب رتبه‌های (۵۲، ۵۳ و ۵۱) را در اولویت‌بندی سیل‌خیزی دارند. به دلیل داشتن مقادیر کم پارامترهای مورفومتریکی خطی (تراکم زهکشی، طول جریان، بافت زهکشی، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، فراوانی آبراهه و بارندگی) و مقادیر زیاد پارامترهای مورفومتریکی شکلی (ضریب کشیدگی، ضریب فشردگی، ضریب گردی، ضریب فرم، ضریب شکل، نسبت ناهمواری، عدد ناهمواری و شیب متوسط) حساسیت کمتری نسبت به فرسایش و سیل‌خیزی دارند و برای اقدامات آبخیزداری در اولویت پایانی قرار دارند (جدول ۲). بر این اساس، زیرحوضه‌هایی که رتبه یک تا سه دارند، بسیار بحرانی و حساس به وقوع سیل بوده که باید بیش از سایر زیرحوضه‌ها مورد توجه قرار گیرند که با نتایج مطالعات [۴۲ و ۲۶] مطابقت دارد. زیرحوضه‌هایی که بیشترین مقدار ضریب شکل را دارند، گردتر و زیرحوضه‌های با کمترین مقدار، کشیده‌تر هستند که با نتایج [۴۴ و ۲۳] مطابقت دارد. ضریب گردی بیشتر

نیز به شکل دایره حوضه آبخیز و پستی و بلندی متوسط تا زیاد و نفوذپذیری سطحی آن اشاره دارد که با نتایج [۴۵] مطابقت دارد. ضریب کشیدگی به نوع اقلیم و شرایط زمین‌شناسی بستگی دارد [۴۶]. بافت زهکشی ارتباط نزدیکی با نفوذپذیری و فرایندهای هیدرولوژیکی حوضه دارد [۵] و در نتیجه در سیل‌خیزی مؤثر است. مقادیر زیاد تراکم زهکشی بیان‌کننده نفوذپذیری کم، تراکم پوشش گیاهی ضعیف و توپوگرافی تپه‌ماهوری و کوهستانی منطقه است [۴۷]. فراوانی آبراهه رابطه معناداری با فرایندهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز دارد [۳۶]. عدد ناهمواری منعکس‌کننده خصوصیات توپوگرافی و هیدرولوژیکی منطقه است و رابطه مستقیمی با سیل‌خیزی دارد [۵]. نسبت ناهمواری که ارتباط مستقیمی با شیب آبراهه‌ها و سطح زمین دارد، بر فرایندهای هیدرولوژیکی و فرسایش حوضه اثر می‌گذارد [۱۹]. شاخص ثابت‌نگه‌داشت آبراهه منعکس‌کننده نفوذپذیری و کنترل انتقال جریان به خروجی حوضه آبخیز است [۱۹]. ضریب فرم، که شکل حوضه را توصیف می‌کند، تأثیر مستقیمی بر زمان تمرکز و سرعت انتقال جریان به خروجی حوضه آبخیز دارد [۵، ۳۶ و ۴۶]. همچنین در حوضه‌هایی که میزان پارامتر اقلیمی (بارندگی) و متوسط شیب بیشتر باشد، قابلیت سیل‌خیزی نسبتاً زیادی دارد [۴۸]. در حوضه‌هایی که طول جریان زیاد است، سیل‌خیزی هم بیشتر است که با نتایج تحقیقات آمانی و نجفی‌نژاد مطابقت دارد. همچنین، ضریب فشردگی حوضه رابطه معکوس با سیل‌خیزی در حوضه آبخیز دارد که با نتایج تحقیقات [۳] مطابق است. به منظور ارزیابی مدل یادشده و نتایج اولویت‌بندی از آمار هفت ایستگاه هیدرومتری موجود در منطقه (چنارسوخته، علی‌آباد حفر، اقبال‌آباد، پل‌گچی، پل فسا، نجم‌آباد و مارون) و اقدامات آبخیزداری انجام‌شده در زیرحوضه‌های حساس به وقوع سیل استفاده شد؛ به گونه‌ای که نتایج اولویت‌بندی هم‌راستا با نتایج دبی‌های سیلابی ثبت‌شده در ایستگاه‌های هیدرومتری بود.

جدول ۲. رتبه‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز مهارلو براساس مدل ویکور

رتبه زیرحوضه‌ها بر اساس مدل تصمیم‌گیری ویکور	مقدار (R <sub>i</sub> )	مقدار (S)	مقدار ویکور (Q)	زیرحوضه
۴۷	-/۴۷۵	-/۱۴۹	-/۶۸۶	۱
۳۸	-/۴۳۳	-/۱۴۳	-/۵۹۲	۲
۳۹	-/۴۱۷	-/۱۵۱	-/۵۹۴	۳
۲۷	-/۴۳۷	-/۱۱۶	-/۵۰۵	۴
۴۴	-/۴۵۳	-/۱۵۴	-/۶۶۶	۵
۳۳	-/۴۳۱	-/۱۳۵	-/۵۶۳	۶
۴۳	-/۴۷۶	-/۱۳۷	-/۶۴۶	۷
۲۱	-/۳۸۲	-/۱۱۴	-/۴۰۱	۸
۴۵	-/۴۹۰	-/۱۳۶	-/۶۶۷	۹
۳۲	-/۳۷۰	-/۱۶۵	-/۵۵۶	۱۰
۲۵	-/۴۱۳	-/۱۲۷	-/۵۰۰	۱۱
۳	-/۳۳۰	-/۰۶۲	-/۱۲۹	۱۲
۲۲	-/۴۱۳	-/۱۱۲	-/۴۴۸	۱۳
۷	-/۳۶۵	-/۰۹۰	-/۲۹۰	۱۴
۲۰	-/۴۲۸	-/۰۸۴	-/۳۹۵	۱۵
۲۸	-/۴۲۲	-/۱۲۴	-/۵۰۶	۱۶
۶	-/۳۴۷	-/۰۹۴	-/۲۷۰	۱۷
۱۷	-/۳۷۱	-/۱۱۰	-/۳۶۹	۱۸
۳۷	-/۴۴۷	-/۱۳۶	-/۵۹۱	۱۹
۴۶	-/۴۵۵	-/۱۵۸	-/۶۸۴	۲۰
۳۵	-/۴۵۹	-/۱۲۶	-/۵۷۶	۲۱
۵۱	-/۴۸۱	-/۱۷۳	-/۷۸۰	۲۲
۱۳	-/۳۷۴	-/۱۰۳	-/۳۵۱	۲۳
۴۱	-/۴۷۶	-/۱۳۲	-/۶۲۸	۲۴
۲۴	-/۴۰۵	-/۱۲۸	-/۴۸۸	۲۵
۲۹	-/۴۱۵	-/۱۳۰	-/۵۱۵	۲۶
۲۶	-/۴۰۳	-/۱۳۲	-/۵۰۱	۲۷
۱۲	-/۳۳۲	-/۱۲۳	-/۳۴۵	۲۸
۹	-/۳۹۴	-/۰۸۲	-/۳۱۰	۲۹
۱۴	-/۳۷۲	-/۱۰۷	-/۳۵۸	۳۰
۲	-/۳۰۶	-/۰۶۹	-/۱۱۰	۳۱
۵	-/۳۶۰	-/۰۸۴	-/۲۶۰	۳۲
۱۶	-/۳۴۷	-/۱۲۲	-/۳۶۷	۳۳
۱	-/۲۵۷	-/۰۸۶	-/۰۸۲	۳۴
۳۶	-/۴۳۹	-/۱۳۸	-/۵۸۵	۳۵
۸	-/۳۷۰	-/۰۹۳	-/۳۰۶	۳۶
۱۹	-/۴۱۰	-/۰۹۷	-/۳۹۴	۳۷
۱۰	-/۳۸۴	-/۰۹۳۴	-/۳۳۲	۳۸
۳۴	-/۴۴۲	-/۱۳۳	-/۵۷۲	۳۹
۴	-/۳۴۱	-/۰۸۴	-/۲۲۷	۴۰
۳۱	-/۴۵۲	-/۱۲۰	-/۵۴۴	۴۱
۵۳	-/۵۴۲	-/۲۰۶	۱	۴۲
۵۲	-/۵۲۳	-/۱۶۶	-/۸۳۰	۴۳
۲۳	-/۴۱۷	-/۱۱۸	-/۴۷۸	۴۴
۱۱	-/۳۷۶	-/۱۰۰	-/۳۴۳	۴۵
۵۰	-/۵۰۲	-/۱۵۹	-/۷۶۸	۴۶
۴۰	-/۵۰۴	-/۱۱۵	-/۶۱۸	۴۷
۱۵	-/۳۹۷	-/۰۹۵	-/۳۶۱	۴۸
۴۸	-/۵۱۳	-/۱۴۳	-/۷۳۳	۴۹
۱۸	-/۳۶۹	-/۱۱۶	-/۳۸۴	۵۰
۳۰	-/۴۳۰	-/۱۳۰	-/۵۴۱	۵۱
۴۲	-/۴۸۱	-/۱۳۳	-/۶۴۲	۵۲
۴۹	-/۴۷۰	-/۱۶۵	-/۷۳۴	۵۳



شکل ۴. پهنه‌بندی اولویت‌بندی سیل‌خیزی با استفاده از مدل VIKOR در حوضه آبخیز مهارلو

در پژوهش حاضر با استفاده از پارامترهای مورفومتری و پارامتر اقلیمی بارندگی به اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز مهارلو پرداخته شد. در تحقیق حاضر به منظور اولویت‌بندی سیل‌خیزی پارامترهای یادشده از مدل AHP و نیز برای اولویت‌بندی ۵۳ زیرحوضه آبخیز مهارلو از مدل VIKOR استفاده شد. نتایج اولویت‌بندی پارامترها با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) این تحقیق نشان داد پارامترهای مورفومتری درجه شیب (پارامتر شکلی) (۰/۲۰۶) و تراکم زهکشی (پارامتر خطی) (۰/۱۶۵) و پارامتر اقلیمی بارندگی (پارامتر خطی) (۰/۱۳۴) به ترتیب بیشترین رتبه را دارند و از نظر اولویت‌بندی سیل‌خیزی این عوامل مورفومتری در اولویت‌های نخست قرار می‌گیرند و به عکس پارامترهای مورفومتری یک شکلی از جمله ضریب شکل (۰/۱۲)، کشیدگی (۰/۱۵) و فرم (۰/۱۸) برای اولویت‌بندی سیل‌خیزی در طبقات پایانی یا اهمیت کمتر قرار می‌گیرند که با نتایج تاکار و دهیمن [۱۹] مبنی بر تأثیرگذاری پارامترهای مورفومتری در سیل‌خیزی و فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌های آبخیز موهار کاملاً مطابقت دارد. همچنین، نتایج نشان داد در زیرحوضه ۳۴ که رتبه اول را از نظر اولویت‌بندی سیل‌خیزی دارد، از مقادیر نسبتاً زیاد پارامترهای خطی از جمله تراکم زهکشی، بارندگی، فراوانی آبراهه، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، بافت زهکشی و طول جریان به ترتیب (۰/۷۵)، (۳۱۸/۰۲)، (۱/۰۲)، (۱/۳۲)، (۱/۵۵) و (۰/۳۷) و مقادیر نسبتاً کم پارامترهای شکلی از جمله ضریب

### بحث و نتیجه‌گیری

هر ساله سطح وسیعی از کشور تحت تأثیر طغیان آب رودخانه‌ها و جاری‌شدن سیلاب قرار گرفته و بر اثر آن تأسیسات عمرانی، امکانات ارتباطی، زمین‌های کشاورزی، شهرها و روستاها تخریب می‌شود [۴۹]. این موضوع انسان را بر آن داشته تا تلاش کند با به‌کارگیری روش‌های مختلف از جمله تمرکز عملیات آبخیزداری در مناطق خطرزا و بحرانی، از شدت سیل و خسارت‌های ناشی از آن بکاهد [۵۰]. بنابراین، به‌منظور مدیریت بهینه و صرفه‌جویی در هزینه و زمان، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به لحاظ سیل‌خیزی به‌منظور در اولویت‌برداردن زیرحوضه‌های پرخطر در طرح‌ها و اقدامات آبخیزداری ضروری به‌نظر می‌رسد [۲۷]. در تحقیقات پیش از این به‌طور معمول، اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها با استفاده از تکنیک‌هایی مانند مدل هیدرولوژیک HEC-HMS و با استفاده از روش حذف نوبتی زیرحوضه‌ها انجام شده‌است، ضعف این روش در نظر گرفتن تعداد پارامترهای محدود و از پیش تعیین‌شده، است [۲۷]. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به عنوان ابزارهای قوی و انعطاف‌پذیر در تصمیم‌گیری در امور پیچیده که معیارهای متعددی در تصمیم‌گیری دخیل اند [۵۱]. تحلیل‌های مبتنی بر پارامترهای مورفومتری یک زیرحوضه‌های آبخیز به‌دلیل ثابت‌بودن شرایط فیزیوگرافی و مورفومتری یک همواره قابل دسترس و قابل اعتماد است که می‌توان بر اساس آن به اولویت‌بندی زیرحوضه‌های یک حوضه آبخیز پرداخت [۵].

- [6]. Kumar R, Kumar S, Lohani A, Nema R, Singh R. Evaluation of geomorphological characteristics of a catchment using GIS. *GIS India*. 2000; 9(3): 13-17.
- [7]. Leskens JG, Brugnach M, Hoekstra AY, Schuurmans W. Why are decision flood disaster management so poorly supported by information from flood models. *Environmental Modeling & Software*. 2014; 53: 53-61.
- [8]. Kolawole OM, Olayami A.B, Ajayi KT. Managing Flood in Nigerian Cities: Risk Analysis and Adaptation Options-Ilorin City as a Case Study. *Scholars Research Library*. 2011; 3(1): 17-24.
- [9]. Tingsanchali T. Urban flood disaster management. *Procedia Engineering*. 2012; 32: 25-37.
- [10]. Djrodjetive B, Bruck, S. System Approach to the Selection of Priority Areas of Erosion Control with Emphasis on the Implication of the Water Resources Subsystem. *River Sedimentation Conference, Beijing, CHINA*. 1989; 1547-1554.
- [11]. Chowdary VM, Chakraborty D, Jeyaram A, Krishna Murthy YVN, Sharma JR, Dadhwal VK. Multi-Criteria Decision Making Approach for Watershed Prioritization Using Analytic Hierarchy Process Technique and GIS. *Water Resource Management*. 2013; 27; 3555-3571.
- [12]. Jang T, Vellidis G, Hyman JB, Brook E, Kurkalova LA. Impact of socioeconomic factors on synoptic assessment for prioritizing BMP implementation to reduce sediment load. In: *ASABE Annual International Meeting Louisville, Kentucky*. 2011; 7-10.
- [13]. Badar B, Romshoo SA, Khan MA. Integrating biophysical and socioeconomic information for prioritizing watersheds in a Kashmir Himalayan lake: a remote sensing and GIS approach. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2013; 185: 6419-6445.
- [14]. Melton MA. Correlations structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents. *Journal of Geology*. 1958; 66: 442-460.
- [15]. Zehtabian GH, Ghodosi J, Ahmadi H, Khalilzade M. Investigate the priority of the flood potential of the watershed and determine the flood generating (Case study: Marme watershed, Fars province). *Physical Geography Research Quarterly*. 2009; 6: 27-38. [Persian]
- [16]. Grohmann CH. Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R Star. *Computer and Geoscience*. 2004; 30 (10): 1055-1067.
- کشیدگی، ضریب فشردگی، ضریب گردی، ضریب فرم، ضریب شکل، نسبت ناهمواری، عدد ناهمواری و شیب متوسط به‌ترتیب (۰/۱۵، ۱/۸۰، ۰/۳۰، ۰/۱۸، ۰/۳۲، ۱/۳۲، ۰/۸۰، ۱/۲۰ و ۲/۹۰) دارد. از طرف دیگر، زیرحوضه ۴۲ که رتبه آخر را در اولویت‌بندی سیل‌خیزی از خود نشان داد و در پی آن حساسیت کمتری از نظر وقوع سیل دارد و دارای مقدار نسبتاً کم پارامترهای خطی از جمله تراکم زهکشی، بارندگی، فراوانی آبراهه، ثابت‌نگه‌داشت آبراهه، بافت زهکشی و طول جریان به‌ترتیب (۱/۱۲، ۳۸۰/۷۷، ۰/۹۴، ۰/۸۸، ۰/۴۷ و ۰/۵۶) و همچنین مقادیر نسبتاً زیاد پارامترهای شکلی از جمله ضریب کشیدگی، ضریب فشردگی، ضریب گردی، ضریب فرم، ضریب شکل، نسبت ناهمواری، عدد ناهمواری و شیب متوسط به‌ترتیب (۰/۳۲، ۱/۷۲، ۰/۳۳، ۰/۸۳، ۰/۸۸، ۰/۰۹، ۱/۱۹ و ۱۹/۰۴). اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها با استفاده از پارامترهای مورفومتری به‌منظور شناسایی حوضه‌های حساس به فرسایش روشی مناسب و کاربردی است و استفاده از پارامترهای مورفومتری در حوضه‌های بدون آمار روشی بسیار دقیق و مناسب است که با نتایج [۲۵ و ۵۲] مطابقت دارد.

#### منابع

- [1]. Badri B, Zare R, Honarbakhsh A, Atashkhar, F. Prioritization of flood potential Beheshtabad Sub-watershed. *Journal of Geographical Studies*. 2016; 48(1): 143-158 [Persian].
- [2]. Dovonce E. A physically based distributed hydrologic model. Master of Science Thesis, the Pennsylvania State University; 2000.
- [3]. Amani M, Najafi nejad A. Prioritization of Sub-Watersheds based on Morphometric Analysis, GIS and RS Techniques: Lohandar Watershed, Golestan Province. *Journal of Watershed Management Research*. 2014; 9(5): 1-15 [Persian].
- [4]. Mohammadi A, Ahmadi H. Prioritizing Sub-watershed to aim present management Watershed Reduction Programs (case study: Marof watershed). *Journal of Geography of the land*. 2011; 29: 69-77. [Persian]
- [5]. Aher P, Adinarayana J, Gorantiwar SD. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. *Journal of Hydrology*. 2014; 511: 850-860.

- [17]. Khan M, Gupta V, Moharana P. Watershed prioritization using remote sensing and geographical information system: a case study from Guhiya, India. *Journal of Arid Environments*. 2001; 49; 465-475.
- [18]. Biswas S, Sudhakar S, Desai VR. Remote sensing and geographic information system based approach for watershed conservation. *Survey Engineering*. 2002; 128: 108 - 124.
- [19]. Thakkar A, Dhiman S. Morphometric analysis and prioritization of miniwatersheds in a Mohr watershed, Gujarat using remote sensing and GIS techniques. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*. 2007; 35 (4). 313-321.
- [20]. Sharma S, Tignath S, Mishra S. Morphometric analysis of drainage basin using GIS approach. *JNKVV Res J*. 2008; 42(1). 88-92.
- [21]. Saghafian B, Farazjoo H, Bozorgy B, Yazdandoost F. Flood intensification due to changes in land use. *Water Resources Management*, 2008; 22. 1051-1067. [Persian]
- [22]. Avinash K, Jayappa K, Deepika B. (2011). Prioritization of sub-basins based on geomorphology and morphometric analysis using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques. *Geocarto International*. 2011; 26(7): 569-592.
- [23]. Chandrashekhara H, Lokeshb K, Sameenac M, roopad J, rangannae G. GIS -Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *Aquatic Procedia, INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RESOURCES, COASTAL AND OCEAN ENGINEERING (ICWRCOE 2015)*. 2015; 4: 1345 - 1353.
- [24]. Jee Omar P. Geomatics Techniques Based Significance of Morphometric Analysis in Prioritization of Watershed. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology and Engineering*. 2015; 4(1): 24-13.
- [25]. Fallah M, Mohammadi M, Kavian K. Prioritization of Sub-watersheds using Morphometric and LandUse change Analysis. *Ecohydrology*. 2015; 3(2): 261-274. [Persian]
- [26]. Rahmati O, Tahmasebipour N, Pourghasemi HR. Sub-watershed flooding prioritization using morphometric and correlation analysis (Case study: Golestan Watershed). *Ecohydrology*. 2015; 2. 151-161. [Persian]
- [27]. Razavi zade S, Shahedi K. Tleghan Sub-watershed flooding prioritization using From the combination AHP and TOPSIS. *Quarterly journal of natural resources ecosystems of Iran*. 2017; 7(4): 33-46. [Persian]
- [28]. Adhami M, Sadeghi HM. Sub-watershed prioritization based on sediment yield using game theory. *Journal of hydrology*. 2016; 541: 977-987.
- [29]. Arab Ameri AR, Pourghasemi HM, Cerda A. Erodibility prioritization of sub-watersheds using morphometric parameters analysis and its mapping: A comparison among TOPSIS, VIKOR, SAW, and CF multi-criteria decision making models. *Science of the Total Environment*. 2017; 613-614: 1385-1400.
- [30]. Mesbah H, Shafei F, Fakhari zade E. Prediction of the Effect of Watershed Implementation on Flood in Maharlou Watershed, Case Study: Sadra sub-watershed. *Second conference management watershed and water resources, Kerman, Iran*. 2004; 1-4. [Persian]
- [31]. Javed A, Khanday MY, Ahmed R. Prioritization of watersheds based on morphometric and landuse analysis using RS and GIS techniques. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*. 2009; 37: 261-274.
- [32]. Pandey A, Chawdary VM, Mal BC. Identification of critical erosion prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS and RS. *Water Resource Manage*. 2007; 21: 729-746.
- [33]. Horton RE. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrological approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*. 1945; 56: 275-370.
- [34]. Srivastava VK. Role of GIS in natural resources management. In: Thakur, B. (Ed.), *Perspectives in Resource Management in Developing Countries*. Concept Publishing Company. New Delhi. 2003; 479-484.
- [35]. Schumn SA. Evolution of drainage systems and slopes in badland, at Perth Amboy, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America*. 1956; 67. 597-646.
- [36]. Horton RE. Drainage basin characteristics. *Trans. Am. Geophys. Union*. 1932; 13. 350-361.
- [37]. Chen LY, Wang TC. Optimizing partners choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal of. Production Economics*. 2009; 120(1): 1-12.

- [38]. Opricovic S, Tzeng G. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, *European Journal of Operational Research*. 2006; pp 514-529.
- [39]. Saaty TL. *The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw Hill Company, New York. 1988; 350 pp.
- [40]. Görener A, Toker K, Uluçay K. Application of combined SWOT and AHP: a case study for a manufacturing firm. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012; 58: 525-534.
- [41]. Malczewski J. spatial multi criteria decision analysis In: J. ctill(Ed), *Multicriteria decision making and analysis: a geographic information sciences approach*. Brook field, VT: Ashgate publishing; 1999.
- [42]. Esmaili R, Jokar E, Roshan neko P. Determination of Flooding potential using TOPSIS method. *Physical Geography Research Quarterly*. 2016; 31(9): 77-87. [Persian]
- [43]. Khayri Zadeh M, Maleki J, Hamid A. Flood hazard zonation using ANP model in mardagh chay basin. *Quantitative Geomorphology*. 2012;1 (3): 39-56. [Persian]
- [44]. Ahmed F, Srinivasa Rao K. Prioritization of Sub-watersheds based on Morphometric Analysis using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, 2015; 4(2): 51-65.
- [45]. Altaf S, Meraj G, Romshoo S. Morphometry and land cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2014; 86(12): 8391-8412.
- [46]. Dar R, Chandra R, Romshoo S. Morphotectonic and Lithostratigraphic analysis of Intermontane Karewa basin of Kashmir Himalayas, India. *Journal of Mountain Science*, 2013; 10(1): 1–15.
- [47]. Strahler AN. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow, V.T. (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill Book Company, New York. 1964; Section 4-11.
- [48]. Abedini M, Fathi jokendan R. The zoning of flood Suseptibility in the Gorganrod watershed based on GIS. *Hydrogeomorphology*. 2016; 7:1-17. [Persian]
- [49]. Soleimani Sardoo, F. Priority of effective regions on flood peak by using of RS & GIS Techniques and HEC-HMS model at Halilrud, Isfahan University of Technology. Faculty of Natural Resources; 2009.[ In Persian].
- [50]. Inanlou H. Time and Place priority of flooding in in Kooshak Abad sub watersheds using HEC-HMS model. Master Thesis, Tarbiat Modares University, pp 76. 2006.[ In Persian]
- [51]. Nasiri Ghidari A, Montazeri AA Momeni M. Ensemble AHP and TOPSIS in determination of relative weights of criteria and assessment of drainage and irrigation networks. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 2010; 4(2): 284-296.[ In Persian]
- [52]. Hlaing k, Haruyama S, Maung A. Using GIS-based distributed soil loss modeling and morphometric analysis to prioritize watershed for soil conservation in Bago river basin of Lower Myanmar. *Front. Earth Science*. 2008; 2 (4): 465–478.