جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی‌ام، تابستان ۱۳۹۸

صص ٤٥- ۲۷
DOI: https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.76607

ادغام مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تکنیک تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای سیلاب جهت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها برای کنترل سیل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دهبار خراسان)

علیرضا نفرزادگان[1]- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
علی‌اکبر محمدی‌فر- دانشجوی دکتری آبخیزداری-آب، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
حسن وقارفرد- دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
معصومه فروزان فرد-کارشناس ارشد مرتعداری، مجتمع آموزش عالی سراوان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۲۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/٤/۱

چکیده

امروزه یکی از مسائل مهم در پروژه‌های مهار سیلاب کشور، اولویت‌بندی حوزه‌ها برای تخصیص بودجه و عملیات سازه‌ای و غیرسازه‌ای است. با توجه به فقدان ایستگاه‌های هیدرومتری در بسیاری از زیرحوزه‌ها، تعیین میزان مشارکت زیرحوزه‌های مختلف یک حوزه آبخیز در ایجاد سیلاب را با مشکل مواجه می‌کند. بررسی پارامترهای مؤثر در بروز سیل از طریق رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) می‌تواند در تعیین نقش هر یک از زیرحوزه‌ها در بروز سیلاب راهگشا باشد. منطقه مورد مطالعه پژوهش حاضر (حوزه آبخیز دهبار در استان خراسان رضوی) به ۱۰ زیرحوزه تقسیم شد. سپس ۱۳ شاخص و معیار شامل مساحت، ضریب گراولیوس، تراکم زهکشی، ضریب گردی، ضریب فرم، شماره منحنی، نسبت انشعاب، طول آبراهه اصلی، شیب متوسط، ارتفاع متوسط، زمان تمرکز، بارندگی و ضریب رواناب انتخاب شدند و مقدار هرکدام برای هر زیرحوزه محاسبه گردید. وزن‌دهی این پارامترها با تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام گردید. پس از وزن‌دهی به معیارهای ارزیابی و تهیه ماتریس تصمیم‌گیری، جهت اولویت‌بندی از مدل‌های VIKOR و Permutation استفاده گردید. بعد از اولویت‌بندی، جهت ارزیابی و صحت‌سنجی این مدل‌ها از روش تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای سیلاب (براساس ایستگاه‌های موجود در حوزه) استفاده شد و دبی حداکثر سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. درنهایت برون‌داد این سه روش با استفاده از روش میانگین رتبه‌ها ادغام گردید. نتایج نشان داد که زیرحوزه‌های

۱ نویسنده مسئول ۰۹۱۷۱۱٦۳۹۳٤ Email: a.r.nafarzadegan@gmail.com

شماره ۱، شماره ۳ و شماره ۲ در رتبه‌های نخست قرار دارند و درنتیجه ازلحاظ ضرورت انجام اقدامات مدیریتی در اولویت هستند.

کلیدواژه‌ها: اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها، تحلیل منطقه‌ای سیلاب، Permutation، قابلیت سیل‌خیزی، VIKOR

۱- 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 شناسایی شوند (بدری و همکاران، ۱۳۹۵). منظور از سیل‌خیزی، فراوانی وقوع سیل نیست، بلکه منظور استعداد و پتانسیل تولید سیل در سطح زیرحوزه ازنظر تأثیر و مشارکت در هیدروگراف سیل خروجی است (ایزانلو، ۱۳۸۵). بررسی 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 گردیده است. ازاین‌رو پهنه سیل‌خیزی گسترش یافته است و اراضی بیشتری در هنگام رخداد سیل تحت تأثیر قرار گرفته است. به دلیل وسعت زیاد حوزه‌های آبخیز و محدودیت منابع اقتصادی و اجرایی، احیاء آبخیزها در همه زیرحوزه‌های آبخیز نه‌تنها عملی نیست بلکه ممکن است اثر عکس داشته باشد. احیاء همزمان زیرحوزه‌ها امکان دارد زیرحوزه‌های آبخیزی که ازنظر زمان تمرکز همزمان نبوده‌اند همزمان شده و به‌جای کاهش رخداد سیل، باعث تشدید سیل و افزایش اوج سیل شود. ازاین‌رو زیرحوزه‌هایی که ازنظر سیل‌خیزی اولویت بیشتری داشته و دارای شرایط بحرانی و یا نزدیک تأسیسات عمومی (مخازن سدهای ذخیره‌ای، سدهای انحرافی و سایر سازه‌ها) هستند، حفظ آن‌ها ضروری است. همچنین در برخی موارد تعیین اولویت‌ها بر اساس تقاضای مردم، موقعیت استراتژیک، شرایط اقتصادی و یا سایر موارد صورت می‌گیرد (تاجیکی، ۱۳۸٦). لذا یکی از اقدامات مهم در راستای مدیریت پایدار حوزه‌های آبخیز با هدف کنترل سیلاب، اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها به لحاظ سیل‌خیزی است. حافظی‌نسب (۱۳۸۳)، سلیمانی و همکاران (۱۳۸۷)، محمدی‌مطلق و همکاران (۱۳۹۲)، یوسفوند و همکاران (۱۳۹۱)، عباسی‌کجانی (۱۳۹۵) و بدری و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقات جداگانه‌ای با استفاده از مدل HEC-HMS یا WMS و با کاربرد روش تکرار حذف انفرادی زیرحوزه‌ها، به اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها پرداخته‌اند.

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM[1]) یکی از روش‌های تعیین پهنه‌های خطر سیلاب می‌باشد .در روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان از روش‌هایی همچون ANP[2] (لوی[3]، ۲۰۰۵) و AHP[4] استفاده نمود که این روش‌ها توسط سینها[5] و همکاران (۲۰۰۸)، قنواتی و همکاران (۱۳۹۰)، ملکیان و همکاران (۱۳۹۱) به کار گرفته شده است. همچنین روش‌های تاپسیس و تاپسیس فازی که توسط لی[6] و همکاران (۲۰۱۳)، جون[7] و همکاران (۲۰۱۳) لی و همکاران (۲۰۱۵) و والسزیکیویچ[8] (۲۰۱۵) مورد استفاده قرار گرفته‌اند نیز از دیگر روش‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشند.

همچنین سلاجقه و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از مدل اسکالوگرام[9] و با در نظر گرفتن ۹ پارامتر مهم و تأثیرگذار بر سیل‌خیزی، به اولویت بندی زیرحوزه‌های آبخیز تنگاب استان فارس پرداختند (سلاجقه و همکاران، ۱۳۸۹). به‌کارگیری همزمان روش آنالیز مورفومتری و مدل‌های تصمیم‌گیری که یکی دیگر از روش‌های اولویت‌بندی خطر سیلاب می‌باشد، در مناطق مواجه با کمبود داده و اطلاعات، بسیار مفید است (ملتون[10]، ۱۹۵۸). در روش آنالیز مورفومتری خصوصیات فیزیوگرافی و مورفولوژیکی حوزه آبخیز بر اساس مدل رقومی ارتفاع[11] تجزیه‌وتحلیل شده و درنهایت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها مشخص می‌شود (شارما[12] و همکاران، ۲۰۰۸). تقسیم حوزه‌های بزرگ به زیرحوزه‌های متعدد و مطالعه و اولویت‌بندی این زیرحوزه‌ها سبب کاهش زمان و هزینه‌های اجرایی عملیات آبخیزداری و نیز کارایی بیشتر طرح‌های آبخیزداری می‌شود (آمانی و نجفی‌نژاد، ۱۳۹۳). ویژگی‌های خاک و ژئومورفولوژی حوزه‌ها، تولید رواناب را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به‌طوری‌که ویژگی‌های خاک مقدار نفوذ و ویژگی‌های ژئومورفولوژی کمی، مقدار بارش مازاد باقیمانده را تعیین می‌کنند (محمودی، ۱۳۸٦).

بیسواس[13] و همکاران (۲۰۰۲) آنالیز مورفومتریک را با استفاده از پارامترهایی مانند نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه‌ها، نسبت بافت، ضریب شکل حوزه، ضریب گردی و ضریب کشیدگی برای حوزه آبخیز میدناپور در منطقه غرب بندجال در هند انجام دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد با استفاده از پارامترهای مورفومتری

پرتال جامع علوم انسانی

1 multi criteria decision making
2 analytical network process
3 Levy
4 analytical hierarchy process
5 Sinha
6 Lee
7 Jun
8 Walczykiewicz
9 scalogram
10 Melton
11 digital elevation model (DEM)
12 Sharma
13 Biswas

می‌توان زیرحوزه‌های بحرانی را با اســتفاده از قابلیت‌های GIS اولویت‌بندی نمود. چنین نتیجه‌ای در پژوهش هلاینگ[1] و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شــده اســت. عامری[2] و همکاران (۲۰۱۸) به‌منظور مقایســه چهار روش تصــمیم‌گیری چند معیاره VIKOR[3]، TOPSIS[4]، SAW[5] و CF[6] برای اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز قائم‌شــهر در اســتان مازندران ازنظر فرســایش‌پذیری از ۲۳ پارامتر مورفومتری اســتفاده نمودند. نتایج نشان داد مدل VIKOR از دقت پیش‌بینی بهتری نســب به ســه مدل دیگر برخوردار اســت. همچنین شــایان اشاره است که رحمتی[7] و همکاران (۲۰۱۹) یک ابزار GIS محور کاربر دوســت برای اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها براســاس فاکتورهای مورفومتری، توپوگرافی و هیدولوژیکی توسعه دادند. نتایج اســتفاده از این ابزار در یکی از حوزه‌های آبخیز اســتان گلســتان حاکی از موفقیت آن در شــناســایی زیرحوزه‌هــای بحرانی با توجه به داده‌های تاریخی ســیل و زمین‌لغزش بوده اســت. امیری[8] و همکاران (۲۰۱۹) برای اولویت‌بندی ســیل‌گیری زیرحوزه‌های آبخیز مهارلو در اســتان فارس با اســتفاده از مدل تصــمیم‌گیری چند معیاره TOPSIS از ۱۳ پــارامتر مورفومتری و یــک پارامتر اقلیمی (بارش ســالانه) اســتفاده نمودند. نامبردگان برای وزن‌دهی پارامترها از تکنیک فرآیند تحلیل ســلســله‌مراتبی (AHP) بهره بردند و درنهایت زیرحوزه‌های حســاس به ســیل را شناسایی نمودند.

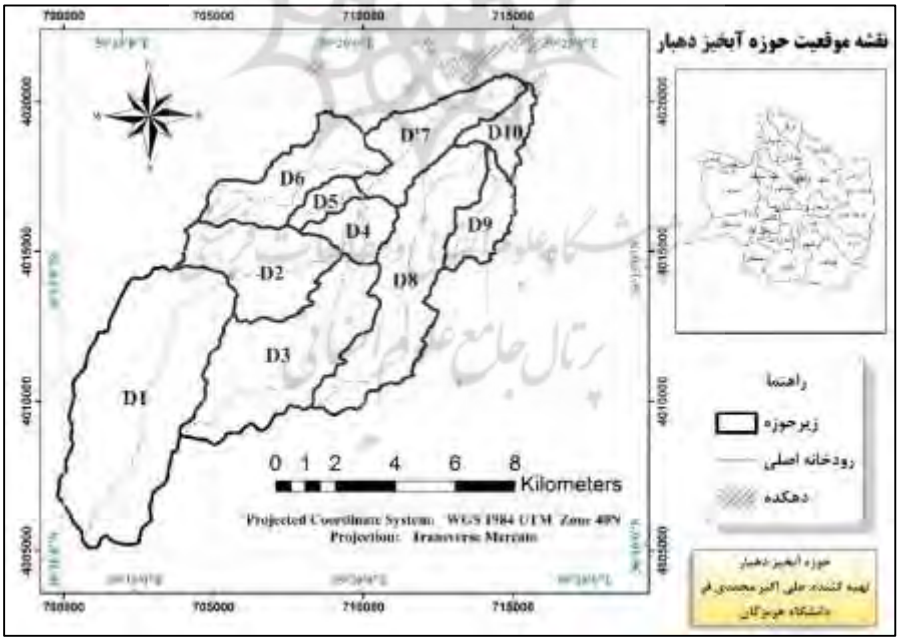
هدف از انجام پژوهش حاضــر، تعیین زیرحوزه‌های دارای شــرایط بحرانی به‌منظور کنترل ســیل‌های موجود در حوزه آبخیز دهبار و نیز تســریع و کاهش هزینه‌ها در انجام پروژهای آبخیزداری و کنترلی اســت. لذا در این پژوهش از روش آنالیز مورفومتریک و هیدرولوژیک به دلیل بی‌نیازی به داده‌های گســترده و روش‌های تصــمیم‌گیری چند معیاره مهم AHP، VIKOR و جایگشــت[9] برای اولویت‌بندی زیرحوزه‌های حوزه آبخیز دهبار که در شــهرســتان طرقبه-شــاندیز قرار دارد اســتفاده گردید و درنهایت نتایج این مدل‌ها با روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب مقایسه و صحت سنجی گردید. با بررســی منابع مشــخص گردید که اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها ازنظر سیل‌خیزی به وسیله مدل جایگشت تاکنون صــورت نگرفته اســت، همچنین تاکنون جهت صــحت‌ســنجی اولویت‌بندی از تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای استفاده نگردیده است، رویکردی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

1 Hlaing
2 Ameri
3 vlsekriterijumska optimizacija i kompromisno resenje
4 technique for order of preference by similarity to the ideal solution
5 simple additive weighing
6 compound factor
7 Rahmati
8 Amiri
9 permutation

۲- مواد و روش‌ها

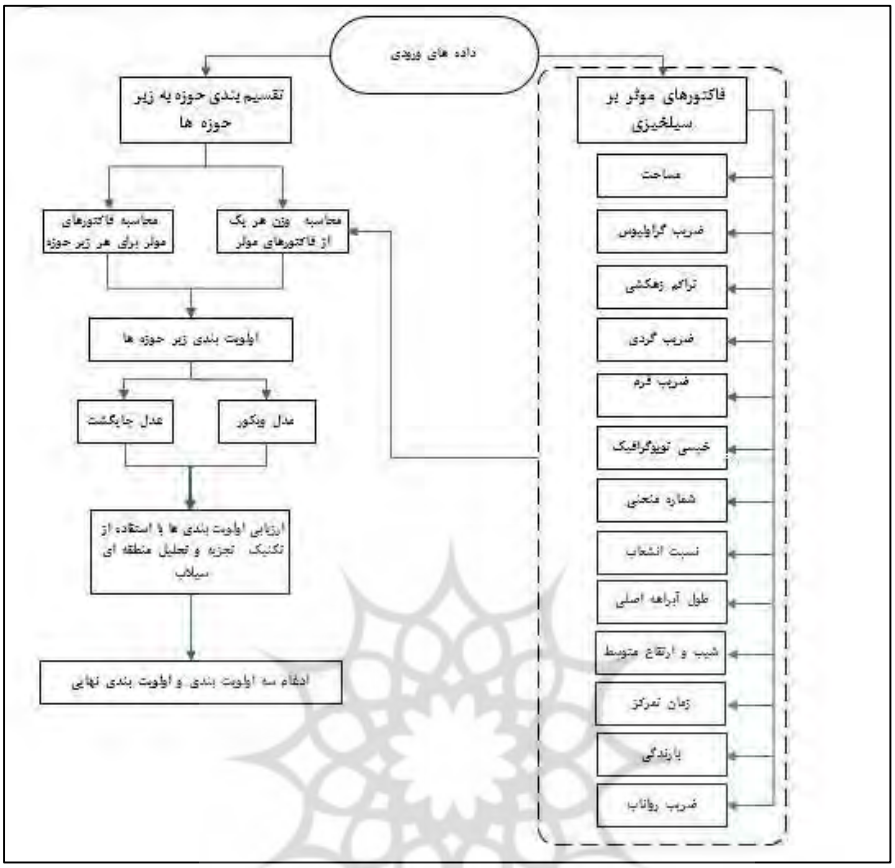
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز دهبار در شهرستان طرقبه – شاندیز قرار دارد که در بخش طرقبه و در دهستان طرقبه- شاندیز و در ۱۰ کیلومتری غرب مشهد و در جنوب شهر طرقبه واقع شده است. روستاهای کلاته آهن و دهبار در داخل این حوزه می‌باشند که روستای کلاته آهن به خروجی حوزه نزدیک‌تر است. در خروجی حوزه روستای حصار واقع شده است و روستاهای اطراف حوزه عبارتند از: گلستان، جاغرق، طرقدر، مایان بالا، مایان پایین، مایان درباغ و ازغد. وسعت حوزه دهبار ۱۱۵/۷۳ کیلومترمربع برآورد گردید. **به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر و شناسایی هر چه بیشتر استعدادهای موجود، حوزه** آبخیز مورد مطالعه به واحدهای هیدرولوژیکی کوچک‌تر تقسیم شده که به‌طور مجزا مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌اند. این تقسیم‌بندی با توجه به موقعیت منابع آبی، موقعیت روستاها شبکه هیدروگرافی، خطوط توپوگرافی، بازدیدهای صحرایی، تصاویر ماهواره‌ای و درنهایت نظر تلفیق‌گر در سیستم GIS و با الحاقیه ArcHydro انجام گرفت که در نتیجه آن، حوزه آبخیز دهبار که خود یک حوزه هیدرولوژیک است به ٦ زیرحوزه هیدرولوژیک و ٤ زیرحوزه غیرهیدرولوژیک تقسیم گردید. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و زیرحوزه‌های آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و زیرحوزه‌های آن

همچنین نمودار جریانی تحقیق در شکل (۲) ارائه گردیده است.



شکل ۲- نمودار جریانی تحقیق

۲-۲- پارامترهای تأثیرگذار بر سیل‌خیزی

همان‌طور که در شکل (۲) مشخص است، بعد از تقسیم‌بندی حوزه به زیرحوزه‌ها ابتدا با توجه به منابع موجود معیارهای مهم و تأثیرگذار بر سیل‌خیزی تعیین شدند که شامل ۱۳ معیار زیر می‌باشند:

مساحت: مهم‌ترین عامل فیزیکی بوده که دبی حداکثر، حداقل، متوسط سالانه و هم‌چنین شکل هیدروگراف به آن بستگی دارد (مهدوی، ۱۳۹۰).

ضریب گراولیوس: شکل حوزه نیز تأثیر فراوانی بر هیدروگراف حوزه دارد (قائمی، ۱۳۷۳)، به‌طوری‌که با ثابت بودن سایر شرایط فیزیکی، دبی حداکثر سیلاب در حوزه‌های گرد بیش‌تر از حوزه‌های کشیده است. ضریب گراولیوس یا ضریب فشردگی[1] با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (مهدوی، ۱۳۹۰).

1 compactness coefficient

رابطه (۱) $$C = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

که در آن P: محیط حوزه به کیلومتر و A: مساحت حوزه به کیلومترمربع که توسط نرم‌افزار ArcGIS محاسبه شد.

تراکم زهکشی[1]: تراکم زهکشی میزان طول آبراهه‌ها را در واحد سطح نشان می‌دهد. بالابودن تراکم زهکشی در یک حوزه بدین معنی است که رواناب حاصل از بارندگی با سرعت بیشتری تخلیه می‌شود. با استفاده از این عامل می‌توان در مورد فرسایش در حوزه نیز اظهار نظر نمود (مهدوی، ۱۳۹۰).

ضریب گردی[2]: میلر[3] در سال ۱۹۵۳ اصطلاح مذکور را برای شکل آبخیز از طریق رابطه زیر تشریح نموده است (مهدوی، ۱۳۹۰)، که در آن A مساحت حوزه (Km^2) و p محیط حوزه (Km) است.

رابطه (۲) $$CR = 12.56 * (\frac{A}{P^2})$$

ضریب فرم[4]: ضریب شکل حوزه عبارتست از نسبت مساحت حوزه به مجذور طول حوزه و به عبارت دیگر عرض متوسط حوزه به طول متوسط آن می‌باشد (مهدوی، ۱۳۹۰).

شماره منحنی[5]: CN از ترکیب ۲ عامل گروه هیدرولوژیکی و کاربری اراضی در هر نقطه از حوزه برآورد می‌شود و CN کل حوزه از میانگین‌گیری وزنی محاسبه می‌شود (مهدوی،۱۳۹۰). برای این کار نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در چهار گروه A،B،C وD از طریق ترکیب نقشه شیب، نقشه واحدهای هیدرولوژیکی و سایر اطلاعات و با استفاده از توانایی‌های ArcGIS تهیه گردید.

نسبت انشعاب[6]: برای مشخص شدن تأثیر انشعاب شبکه رودخانه‌ها به هیدروگراف سیل از نسبت انشعاب استفاده می‌شود. نسبت انشعاب عبارتست از میانگین نسبت تعداد آبراهه‌های یک رده به تعداد رده بالاتر بوده و در یک حوزه به صورت زیر محاسبه می‌گردد: (مهدوی، ۱۳۹۰).

رابطه (۳) $$Br \quad (\frac{N1}{N2} \quad \frac{N2}{N3} \quad \ldots \frac{Ni \quad 1}{Ni}) \frac{1}{i \quad 1}$$

n: تعداد آبراهه در هر رده.

i: شماره آخرین رده آبراهه است.

طول آبراهه اصلی: یکی از عوامل مهم در تاثیرگذاری روی زمان تمرکز می‌باشد که توسط GIS محاسبه گردید.

1 drainage density
2 circularity factor
3 Miller
4 form factor
5 curve number
6 bifurcation ratio

شیب متوسط: شیب در هر نقطه یعنی تانژانت زاویه‌ای که آن نقطه با سطح افق می‌سازد (مهدوی،۱۳۹۰). بمنظور تهیه نقشه شیب از امکانات نرم افزارهای ArcGIS و ILWIS استفاده شد.

ارتفاع متوسط: یکی از خصوصیات مهم حوزه‌های آبخیز که نقش بسیار زیادی نیز در وضعیت اقلیمی و جریانات سطحی حوزه دارد ارتفاع متوسط حوزه می‌باشد. ارتفاع متوسط حوزه رقمی است که ۵۰ درصد از اراضی حوزه دارای ارتفاعی بالاتر از آن و۵۰ درصد پایین‌تر از آن می‌باشد و به همین منظور برای محاسبه ارتفاع متوسط حوزه از منحنی هیپسومتری استفاده می‌شود (مهدوی، ۱۳۹۰). در این مطالعه از خطوط توپوگرافی برای تهیه نقشه هیپسومتری استفاده گردید، سپس مساحت بین این خطوط در هر زیرحوزه محاسبه گردید.

زمان تمرکز: حداکثر زمانی که طول می‌کشد تا آب از دورترین نقطه حوزه مسیر هیدرولوژیکی خود را طی کرده و به نقطه خروجی برسد، زمان تمرکز نام دارد. این پارامتر عمده‌ترین عامل در محاسبات هیدرولوژیک محسوب می‌گردد وعوامل بسیاری همچون هیدروگراف سیل ودبی پیک رابطه مستقیمی با آن دارند. برای محاسبه زمان تمرکز از روش کالیفرنیا برای هر زیرحوزه استفاده گردید (مهدوی، ۱۳۹۰).

بارندگی: برای به دست آوردن این معیار از ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک موجود در حوزه استفاده گردید.

ضریب رواناب: برای به دست آوردن این شاخص از روش جاستین[1] کالیبره شده نقطه‌ای استفاده گردید. جاستین، برای برآورد رواناب سطحی سالیانه، بااستفاده از سه پارامتر بارندگی، درجه حرارت وشیب حوزه، فرمولی به شکل زیر ارائه نموده است:

رابطه (٤)
$$R = K * S^{0.155} \frac{P^2}{1.8 * T + 32}$$

رابطه (۵)
$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{A}}$$

که در آن:

R : ارتفاع رواناب سالیانه (سانتی‌متر) **K: ضریب جاستین**

P: ارتفاع بارندگی سالیانه (سانتی‌متر) T: میانگین درجه حرارت سالیانه (درجه سانتیگراد)

A: مساحت حوزه (کیلومتر مربع) **S: شیب حوزه *(متر بر متر)***

H_{max}: ارتفاع حداکثر حوزه (کیلومتر) **H_{min}: ارتفاع حداقل حوزه (کیلومتر)**

1 Justin

از آمار ایستگاه هیدرومتری حصار دهبار که در خروجی حوزه قراردارد و معرف منطقه می‌باشد، برای تعیین ضریب K استفاده شده است. مقدار ضریب K برای آورد کل حوزه برابر ۰/۷۲۵ برآورد گردید.

۲-۳- روش VIKOR

روش VIKOR جهت رتبه بندی گزینه‌های مختلف به کار می‌رود و بیشتر برای حل مسائل گسسته کاربرد دارد. این روش بر مبنای راه حل‌های توافقی بر مبنای معیارهای متضاد می‌باشد. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اساس چند معیار به صورت مستقل ارزیابی می‌شوند و درنهایت گزینه‌ها بر اساس ارزش، رتبه بندی می‌گردند (چن و وانگ[1]، ۲۰۰۹). تفاوت اصلی این مدل با مدل‌های تصمیم‌گیری سلسله مراتبی یا شبکه‌ای این است که بر خلاف سایر مدل‌ها، در مدل VIKOR مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه‌ها صورت نمی‌گیرد و هر گزینه مستقلاً توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌گردد (اوپریکوویچ[2]، ۲۰۰۷). مراحل الگوریتم پیاده‌سازی VIKOR به شرح زیر است:

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری اولین مرحله روش VIKOR می‌باشد. مزیت مدل VIKOR این است که ارزیابی همه معیارها به بررسی کارشناسی نیاز ندارد بلکه می‌توان از داده‌های خام استفاده می‌کرد. این ماتریس نتایج تصمیم را برای مجموعه‌ای از گزینه‌ها و معیارهای ارزیابی بیان می‌کند (اوپریکوویچ، ۲۰۰۷). ماتریس ارزیابی اطلاعات لازم برای بررسی و تصمیم‌گیری چند شاخصه را دارا می‌باشد. دیگر اطلاعات لازم برای تحلیل تصمیم‌گیری، اطلاعات در خصوص تقدم و تأخر معیارها است. این مدل به صورت ماتریس تصمیم‌گیری فرموله می‌گردد.

در این مطالعه بعد از محاسبه شاخص‌های مورفومتری و هیدرولوژیکی برای هر زیرحوزه ماتریس تصمیم‌گیری آماده گردید.

مرحله دوم: مرحله بعدی نرمال کردن ماتریس تصمیم‌گیری است که از طریق رابطه (٦) محاسبه می‌گردد.

رابطه (٦)
$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2}}$$

مرحله سوم: وزن‌دار کردن ماتریس نرمال قدم بعدی می‌باشد. جهت وزن دار کردن، مقادیر ماتریس نرمال هر یک از گزینه‌ها بر وزن معیارها (که از روش AHP **محاسبه گردید**) ضرب می‌گردد.

مرحله چهارم: تعیین مقادیر بالاترین و پایین‌ترین ارزش ماتریس نرمال وزنی گام بعدی می‌باشد. بزرگ‌ترین و کوچکترین عدد هر ستون تعیین می‌گردد. در اینجا منظور از بزرگترین عدد، عددی که بیشترین ارزش مثبت را داراست و کوچکترین یعنی بیشترین ارزش منفی. پس اگر معیار ما از نوع منفی باشد، بزرگ‌ترین عدد برعکس

1 Chen and Wang
2 Opricovic

می‌شـود یعنی می‌شـود کمترین مقدار و کوچکترین می‌شـود بیشـترین مقدار و بالعکس. برای این هدف از روابط (۷) استفاده می‌گردد.

$$f_j^* = max_i f_{ij} \ , \ f_j^- = min_i f_{ij}$$ رابطه (۷)

مرحله پنجم: تعیین شـاخص مطلوبیت (S) و شـاخص نارضـایتی (R) مرحله بعدی روش VIKOR می‌باشد که با استفاده از روابط زیر تعیین گردید:

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \ ; \quad R_J = \max\left[w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-}\right]$$ رابطه (۸)

مرحله شـشـم: محاسـبه مقدار Q و رتبه بندی نهایی گزینه‌ها گام نهایی این روش می‌باشـد که از طریق رابطه (۹) تعیین گردید.

$$Q_J = v.\frac{S_J - S^-}{S^* - S^-} + (1 - v).\frac{R_J - R^-}{R^* - R^-}$$ رابطه (۹)

درنهایت بر اساس مقادیر S، R و Q رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها انجام می‌گیرد (اوپریکوویچ، ۲۰۰۷).

۲-٤- جایگشت

از این‌رو این روش را پرماتسـیون گذاشـته‌اند که با جایگشـت‌های گزینه‌ها سـر و کار دارد. بدین ترتیب که اگر m گزینه داشـته باشـیم، هر رتبه‌بندی از m گزینه مورد تست واقع می‌شوند و به تعداد !m پرماتسیون از رتبه‌بندی گزینه‌ها مورد ارزیـابی قرار می‌گیرند و نهیاتاً مناسـب‌ترین آن‌ها برای اولویت‌بندی نهایی انتخاب خواهد شـد. به دلیل طولانی بودن مراحل این روش و زیاد بودن معادلات از توضـیح مراحل صـرف‌نظر می‌شـود. برای آشـنایی بیشـتر با این روش می‌توان به منابع (اصغرپور، ۱۳۸۰ و الرام[1]، ۱۹۹۰) مراجعه نمود.

۲-۵- روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب

آنالیز منطقه‌ای تکنیکی جهت گسـترش مکانی اطلاعات می‌باشـد، که به کمک آن به دو هدف می‌توان دست یافت، اول: ایجـاد آمـار برای هرنقطـه بـدون آمـار در داخل منطقه موردنظر، دوم: کنترل آمار موجود در یک ایسـتگاه. آنالیز منطقه‌ای می‌تواند معادلاتی را برای سـیلاب منطقه‌ای ارائه دهد و این امکان را فراهم سـازد تا در هر نقطه‌ای از منطقه مورد نظر به راحتی بتوان تخمینی از سـیلاب را بدسـت آورد (مهدوی، ۱۳۹۰). عوامل مؤثر در مقدار سـیلاب عبارتند از مسـاحت حوزه، شـیب حوزه، طول آبراهه اصـلی، شـیب آبراهه اصـلی، ارتفاع متوسط حوزه، پوشش گیاهی و عوامل اقلیمی. بـدین منظور اسـتفـاده از فرمول‌هـای منطقه‌ای برای حوزه‌های آبخیز با شـرایط آب و هوائی و ویژگی‌های

1 Ellram

فیزیکی ثابت می‌تواند در تخمین دبی پیک سیلاب مفید باشد. در گزینش و یا ایجاد فرمول تجربی در هر حوزه آبخیز باید کلیه عوامل مؤثر در روابط بین بارش و سیلاب به گونه‌ای صحیح ارزیابی و مورد استفاده قرار گیرد (مهدوی، ۱۳۹۰).

نحوه انجام کار در این روش بدین صورت می‌باشد که ابتدا یک منطقه همگن براساس شرایط جغرافیایی و اقلیمی در محدوده حوزه مورد مطالعاتی که دارای ایستگاههای هیدرومتری است، شناسایی می‌شود. سپس داده‌های پرت با استفاده از آزمون گروبز- بک شناسائی و حذف شده و آنالیز فراوانی نقطه‌ای برای ایستگاه‌های منطقه انجام و بهترین توزیع آماری براساس نکوئی برازش انتخاب می‌شوند. درنهایت به‌منظور تحلیل منطقه‌ای سیلاب رگرسیون چند متغیره بین سیلاب پیک حوزه‌های مجاور منطقه با مساحت ایستگاه‌ها برقرار می‌گردد.

۳- نتایج

۳-۱- نتایج محاسبه معیارها برای هر زیرحوزه

حوزه آبخیز دهبار به ۱۰ زیرحوزه تقسیم‌بندی گردید و برای هر ده زیرحوزه مقادیر مربوط به ۱۳ معیار محاسبه گردید که نتایج در جدول (۱) مشاهده می‌باشد. این جدول در حقیقت ماتریس تصمیم‌گیری می‌باشد.

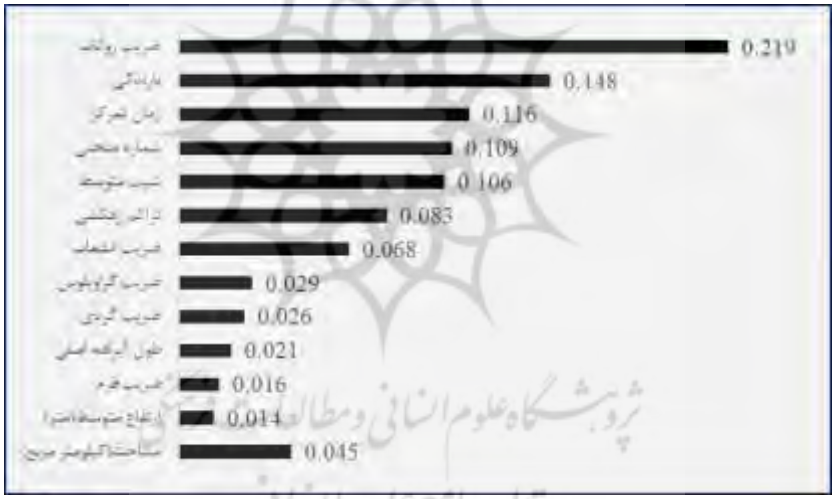
جدول ۱- مقادیر پارامترهای مورفومتری و هیدرولوژیکی برای هر یک از زیرحوزه‌های حوزه دهبار

زیرحوزه	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
D1	۳۲/۷۹	۱/۳۰	٤	۰/٦	۰/۳۱	۸٤/۹	٤/۲	۱۱/۱	۱/۵۳	۲۲۰۱	۱	٤۰۸	٤۹/۱
D2	۱۱/٤۲	۱/٤۰	۵	۰/۵	۰/۳۵	۸٤/۳	۳/۸	٦/۷	٤۱/۱	۱۷۲۰	۰/۷	۳۳۱	۳۵/۸
D3	۱۹/۱۷	۱/۵۰	۵	۰/٤	۰/۲۵	۸۵	٦/۱	۱۱	۳۹/۷	۱۸۷۷	۱	۳۵٦	٤۰/۸
D4	٤/۱۷	۱/۳۰	٦/۷	۰/٦	۰/۳٦	۸۲	٤/۱	۳/۸	۳۸/۳	۱۵۳۱	۰/۵	۳۰۱	۳۰/٤
D5	۲/۱۹	۱/٤۰	٦/۱	۰/۵	۰/۳۲	۸۲/٦	۳	۳/۵	۳۲/٤	۱۵۷۷	۰/٤	۳۰۸	۳۳/۳
D6	۱۰/۱۱	۱/٦۰	٦/۲	۰/٤	۰/۲۳	۸۲/٦	۳/۵	۹/٦	۳٤/۹	۱٦۲۷	۱/۱	۳۱٦	۳۲/۹
D7	۹/۲۹	۱/٦۰	۷/۸	۰/٤	۰/۲۲	۷۸/٤	٤	۷/۷	۲۸/٦	۱۳۷۰	۱/۱	۲۷۵	۲۵/۸
D8	۱۸/۵۵	۱/۷۰	٦/۹	۰/۳	۰/۱۷	۸۳/۸	٤/٤	۱۳/۱	۳۱/٦	۱۵۸۸	۱/۵	۳۱۰	۳۱/۳
D9	٤/۷۳	۱/۵۰	۸/٤	۰/٤	۰/۳۲	۸۲/٤	۵	۵	۳۵/٦	۱٤۵۷	۰/٦	۲۸۹	۲۸/۹
D10	۳/۳۱	۱/٦۰	۹/۳	۰/٤	۰/۳۲	۸۲/۵	٤/٦	٤/۲	۲٦/۹	۱۳۱٦	۰/٦	۲٦۷	۲٤/۸

A: مساحت (کیلومترمربع)، B: ضریب گراولیوس، C: تراکم زهکشی، D: ضریب گردی، E: ضریب فرم، F: شماره منحنی، G: ضریب انشعاب، H: طول آبراهه اصلی (کیلومتر)، I: شیب متوسط (درصد)، J: ارتفاع متوسط (متر)، K: زمان تمرکز (ساعت)، L: بارندگی (میلی‌متر)، M: ضریب رواناب (درصد)

۳-۲- وزن نسبی معیارها

بر اساس مقایسه‌های زوجی بین معیارها، روش AHP بر روی معیارها اعمال گردید و وزن هر معیار به دست آمد، که نتایج در شکل (٤) قابل مشاهده است. همان‌طور که از شکل پیداست معیار ضریب رواناب با وزن ۰/۲۱۹ بالاترین وزن و اهمیت را در بین معیارها دارد. پس از این معیار، شاخص‌های بارندگی، زمان تمرکز و شماره منحنی به ترتیب با وزن نسبی ۰/۱٤۸، ۰/۱۱٦ و ۰/۱۰۹ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین شاخص‌های ارتفاع متوسط و ضریب فرم کمترین وزن را دارا می‌باشند. همچنین نرخ ناسازگاری در روش AHP، ۰/۰٤ به دست آمد که بیانگر سازگار بودن فرآیند تصمیم‌گیری دارد.



شکل ٤- اولویت و وزن نسبی ۱۳ معیار مورد بررسی

۳-۳- نتایج روش VIKOR

پس از تعین وزن و اهمیت معیارها اطلاعات ورودی‌های روش VIKOR تهیه و اجرا گردید نتایج حاصل ازاین‌روش در جدول (۲) درج گردیده است. بر اساس این روش، زیرحوزه شماره ۱ با عدد ۰/۹۷۱۵ رتبه اول، زیرحوزه شماره ۳ با عدد ۰/۸۷۳۹ رتبه دوم و زیرحوزه شماره ۲ با عدد ۰/٦۰۳۰ رتبه سوم را به خود اختصاص داده‌اند. لذا این زیر حوزه‌ها در اقدامات آبخیزداری می‌بایست در اولویت قرار گیرند. همچنین زیر حوزه شماره ۷ با

عدد ۰/۰۳۱۲، زیرحوزه شـــماره ۱۰ با عدد ۰/۰۹۵۰ و زیر حوزه شـــماره ۹ با عدد ۰/۳۱۳۲ به ترتیب در اولویت دهم، نهم و هشتم قرار دارند؛ بنابراین این زیرحوزه‌ها در اولویت پایانی برای اقدامات آبخیزداری می‌باشند.

جدول ۲- رتبه‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز دهبار بر اساس روش VIKOR

زیر حوزه	مقدار VIKOR (Q)	مقدار (S)	مقدار (R)	رتبه زیرحوزه‌ها
D1	۰/۹۷	۰/۲۳	۰/۰۸	۱
D2	۰/٦۰	۰/۵۰	۰/۱۱	۳
D3	۰/۸۷	۰/۳۷	۰/۰۷	۲
D4	۰/۳٤	۰/٦	۰/۱٦	۷
D5	۰/٤۳	۰/٦	۰/۱٤	٤
D6	۰/٤	۰/٦۲	۰/۱٤	۵
D7	۰/۰۳	۰/۷۹	۰/۲	۱۰
D8	۰/۳۵	۰/٦۲	۰/۱٦	٦
D9	۰/۳۱	۰/۵۸	۰/۱۸	۸
D10	۰/۰۹	۰/٦۸	۰/۲۱	۹

۳-٤- نتایج روش Permutation

نتیجه نهایی روش Permutation در جدول (۳) آورده شـده اسـت. بر اسـاس نتایج این مدل، زیرحوزه شـماره ۱، شـماره ۳ و شـماره ۲ به ترتیب در رتبه‌های اول تا سـوم قرار گرفته‌اند که به علت ضـریب رواناب، بارندگی و شماره منحنی بالا در این زیرحوزه‌ها می‌باشـد. همچنین زیرحوزه‌های شـماره ۵، شماره ۸ و شماره ۱۰ در رتبه‌های پایانی قرار گرفته‌اند.

جدول ۳- اولویت‌بندی نهایی زیرحوزه‌های آبخیز دهبار براساس مدل Permutation

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
اولویت	۱	۳	۲	٦	۸	۵	٤	۹	۷	۱۰

۳-۵- نتایج روش‌تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای سیلاب

نتیجه بررسی انجام شده نشان داد رابطه (۱۰) بین ایستگاه‌های منطقه وجود دارد.

رابطه (۱۰) $Q_T \quad a \quad A^b$

که در آن Q_T: دبی حداکثر لحظه‌ای سیل با دوره برگشت مورد نظر A: سطح حوزه (کیلومترمربع)
a و b: ضـرایب ثابت که در جدول (٤) ارائه شـده اسـت. در جدول N، تعداد ایسـتگاه شـرکت کننده در رابطه همبستگی وR: ضریب همبستگی

جدول ٤- ضرایب ثابت روابط مدل ریاضی منطقه‌ای

دوره بازگشت / ضریب	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
a	۰/۰۹۵	۰/۳۱۰	۰/۳۲٦	۰/٤٦۲	۰/۰۰۲	۱/۰٦۷
b	۱/۰۵۸	۰/۹٦۰	۰/۹۷۲	۰/۹۷۱	۲/۲٦۱	۰/۸٤۱
R	۰/۹٤۸	۰/۹۰۳	۰/۹٦٤	۰/۹۰۷	۰/۹۱۱	۰/۹٦۵
N	۱۱	۱۱	۹	۱۰	۱۰	۱۰

مقادیر سیلاب با استفاده ازاین‌روش محاسبه گردید که در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵- تعیین مقادیر سیلاب پیک (مترمکعب برثانیه) زیرحوزه‌ها به روش منطقه‌ای

زیرحوزه	مساحت (کیلومترمربع)	دوره بازگشت (سال)						اولویت
		۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	
D1	۳۲/۷۹	۳/۸۰	۸/۸٤	۹/٦۹	۱۳/٦٦	٦/۱٦	۲۰/۰٦	۱
D2	۱۱/٤۲	۱/۲۵	۳/۲۱	۳/٤۸	٤/۹۱	۰/۵۷	۸/۲٦	٤
D3	۱۹/۱۷	۲/۱٦	۵/۲۸	۵/۷۵	۸/۱۱	۱/۸۳	۱۲/۷۷	۲
D4	٤/۱۷	۰/٤۳	۱/۲۲	۱/۳۱	۱/۸۵	۰/۰٦	۳/۵٤	۸
D5	۲/۱۹	۰/۲۲	۰/٦٦	۰/۷۰	۰/۹۹	۰/۰۱	۲/۰٦	۱۰
D6	۱۰/۱۱	۱/۰۹	۲/۸٦	۳/۰۹	٤/۳٦	۰/٤۳	۷/٤٦	۵
D7	۹/۲۹	۱	۲/٦۳	۲/۸٤	٤/۰۱	۰/۳٦	٦/۹۵	٦
D8	۱۸/۵۵	۲/۰۸	۵/۱۲	۵/۵۷	۷/۸٦	۱/۷	۱۲/٤۲	۳
D9	٤/۷۳	۰/٤۹	۱/۳۸	۱/٤۸	۲/۰۹	۰/۰۸	۳/۹٤	۷
D10	۳/۳۱	۰/۳٤	۰/۹۸	۱/۰٤	۱/٤۸	۰/۰۳	۲/۹۲	۹

همان‌طور که از جدول مشـخص می‌باشـد زیرحوزه‌های شـماره ۱، شماره ۳، شماره ۸ و شماره ۲ به ترتیب دارای دبی اوج سـیلاب بالاتری هسـتند و زیرحوزه‌های شـماره ۵، شـماره ۱۰، شـماره ٤ و شـماره ۹ دارای دبی اوج سیلاب کمتری هستند و ازنظر سیل‌خیزی در اولویت‌های انتهایی قرار دارند.

٣-٦- اولویت‌بندی نهایی زیرحوزه‌ها ازنظر سیل‌خیزی

معمولاً در تحقیقات برای ادغام نتایج روش‌های مختلف با استفاده از روش‌هایی مانند کپ‌لند، بردا و میانگین‌گیری رتبه‌ها یک رتبه‌بندی نهایی ارائه می‌کنند. در تحقیق حاضر به‌منظور ارائه یک رتبه‌بندی نهایی برای زیرحوزه‌ها ازنظر پتانسیل سیل‌خیزی، از روش میانگین رتبه‌ها به‌منظور ادغام اولویت‌های به دست آمده استفاده شد که نتایج در جدول (٦) ارائه شده است.

جدول ٦- نتایج اولویت‌بندی نهایی زیرحوزه‌ها ازنظر سیل‌خیزی

زیرحوزه	اولویت‌بندی VIKOR	اولویت‌بندی Permutation	اولویت‌بندی تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای سیلاب	میانگین رتبه‌ها	اولویت‌بندی نهایی
D1	١	١	١	١	١
D2	٣	٣	٤	٣/٣٣	٣
D3	٢	٢	٢	٢	٢
D4	٧	٦	٨	٧	٧
D5	٤	٨	١٠	٧/٣٣	٨
D6	٥	٥	٥	٥	٤
D7	١٠	٤	٦	٦/٦٦	٦
D8	٦	٩	٣	٦	٥
D9	٨	٧	٧	٧/٣٣	٨
D10	٩	١٠	٩	٩/٣٣	٩

٤- بحث و نتیجه‌گیری

هر ساله سطح وسیعی از کشور تحت تأثیر طغیان آب رودخانه‌ها و جاری شدن سیلاب قرار گرفته و بر اثر آن تأسیسات عمرانی، امکانات ارتباطی، زمین‌های کشاورزی، شهرها و روستاها تخریب می‌شود (سلیمانی‌ساردو و همکاران، ١٣٩٢). 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 (ایزانلو، ١٣٨٥)؛ بنابراین، به‌منظور مدیریت بهینه و صرفه‌جویی در هزینه و زمان، اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها به لحاظ سیل‌خیزی به‌منظور در اولویت قراردادن زیرحوزه‌های پرخطر در طرح‌ها و اقدامات آبخیزداری ضروری به‌نظر می‌رسد (رضوی‌زاده و شاهدی، ١٣٩٥). تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند AHP، VIKOR و Permutation به عنوان ابزارهایی قوی و انعطاف‌پذیر در تصمیم‌گیری در امور پیچیده که معیارهای متعددی در تصمیم‌گیری دخیل می‌باشند، مطرح شده‌اند، که در تحقیق حاضر به‌منظور اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج اولویت‌بندی معیارها با استفاده

از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی نشان داد که از میان ۱۳ معیار مؤثر بر سیل‌خیزی که در تحقیق حاضر به‌منظور اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز دهبار در نظر گرفته شده بود، معیار ضریب رواناب با وزن ۰/۲۱۹ بالاترین وزن و اهمیت را در بین معیارها دارد. پس از این معیار، شاخص‌های بارندگی، زمان تمرکز و شماره منحنی به ترتیب با وزن نسبی ۰/۱۴۸، ۰/۱۱۶ و ۰/۱۰۹ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین شاخص‌های ارتفاع متوسط و ضریب فرم کمترین وزن را دارا می‌باشند که با نتایج به‌دست آمده با تحقیق رضوی‌زاده و شاهدی (۱۳۹۵) مطابقت و هم‌خوانی دارد. همچنین می‌توان به مطابقت این مسئله با نتایج کریمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) نیز اشاره کرد که پارامتر شماره منحنی را به عنوان پارامتری تأثیرگذار بر دبی‌های سیلابی معرفی کردند. نتایج حاصل در اولویت‌بندی به روش VIKOR نشان داد زیرحوزه شماره ۱ رتبه اول (۰/۹۷۱۵)، زیرحوزه شماره ۳ رتبه دوم (۰/۸۷۳۹)، زیرحوزه شماره ۲ رتبه سوم (۰/۶۰۳۰) را به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین شایان ذکر است سه زیرحوزه مذکور دارای بالاترین رتبه ازنظر ضریب رواناب، بارندگی و شماره منحنی می‌باشند که به علت وزن بالای این شاخص‌ها در فرآیند مدلسازی باعث قرارگیری این سه زیرحوزه به عنوان اولویت بالای سیل‌خیزی می‌باشد.

نتایج حاصل در اولویت‌بندی به روش Permutation نشان داد زیرحوزه شماره ۱، شماره ۳ و شماره ۲ به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفته‌اند که به علت ضریب رواناب، بارندگی و شماره منحنی بالاست. همچنین زیرحوزه‌های شماره ۵، شماره ۸ و شماره ۱۰ در رتبه‌های پایانی قرار گرفته‌اند. نتایج ثقفیان و فرازجو (۱۳۸۶) نیز نشان داد که یک یا دو عامل به تنهایی نمی‌تواند تعیین کننده اولویت پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها باشد و لزوماً زیرحوزه‌ای که مساحت بزرگ‌تری دارد دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی نیست، بلکه اثر متقابل عوامل مختلف درنهایت تعیین کننده اولویت سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها می‌باشد، که با نتایج حاصل از این پژوهش هم‌خوانی دارد. به‌منظور ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج مدل‌های تصمیم‌گیری، در این پژوهش از روش تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای سیلاب کمک گرفته شد، که نتایج این روش نشان داد زیرحوزه‌های شماره ۱، شماره ۳، شماره ۸ و شماره ۲ به ترتیب دارای دبی اوج سیلاب بالاتری هستند و زیرحوزه‌های شماره ۵، شماره ۱۰، شماره ۴ و شماره ۹ دارای دبی اوج سیلاب کمتری هستند و ازنظر سیل‌خیزی در اولویت‌های انتهایی قرار دارند. درنهایت این سه روش توسط تکنیک میانگین رتبه‌ها با یکدیگر ادغام گردیدند تا اولویت‌بندی نهایی به‌دست آید. نتایج ادغام تکنیک‌ها نشان داد، زیرحوزه‌های شماره ۱، شماره ۳ و شماره ۲ در رتبه‌های ابتدایی قرار دارند. نتایج این پژوهش نشان داد که اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها با استفاده از پارامترهای مورفومتری و هیدرولوژیکی به‌منظور شناسایی حوزه‌های حساس به سیلاب روشی مناسب و کاربردی است و استفاده از پارامترهای مورفومتری در حوزه‌های فاقد آمار روشی بسیار دقیق و مناسب است که با نتایج فلاح (۱۳۹۴) و هلاینگ و همکاران (۲۰۰۸) تطبیق دارد. لذا توصیه می‌شود در اقدامات آبخیزداری با هدف مبارزه و کنترل سیل در حوزه‌های آبخیز به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها و کسب نتیجه بهینه از

اقدامات آبخیزداری انجام شـــده، با توجه به اولویت‌بندی انجام شـــده زیرحوزه‌های پرخطر که دارای بالاترین اولویت سـیل‌خیزی می‌باشـند در اولویت قرار گرفته و تحت عملیات آبخیزداری کنترل سیلاب مانند احداث سازه‌های کوچک، تقویت پوشش گیاهی و مدیریت کاربری اراضی قرار گیرند.

کتابنامه

اصغرپور، محمد جواد؛ ۱۳۸۰. *تصمیم‌گیری چند معیاره*. انتشارات دانشگاه تهران.

آمانی، محمد؛ نجفی‌نژاد، علی؛ ۱۳۹۳. اولویت بندی زیرحوزه ها با استفاده از آنالیز مورفومتری، فنون سنجش از دور و GIS، حوزه آبخیز لهندر، استان گلستان. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*. شماره ۹. ۱-۱۵.

ایزانلو، حسن؛ ۱۳۸۵. *اولویت‌بندی زمانی و مکانی سیل خیزی زیر حوزه‌های آبخیز کوشک آباد خراسان رضوی با استفاده از مدل HEC-HMS*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری. استاد راهنما: حمیدرضا مرادی. دانشگاه تربیت مدرس.

بدری، بهرام؛ زارع بیدکی، رفعت؛ هنربخش، افشین؛ آتشخوار، فاطمه؛ ۱۳۹۵. اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز بهشت آباد ازنظر پتانسیل سیل‌خیزی. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. شماره ۴۸(۱). ۱۴۳- ۱۵۸.

تاجیکی، مریم؛ ۱۳۸۶. *ارزیابی اثر اقدامات آبخیزداری بر روی سیلخیزی و رسوبدهی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز رامیان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: علی نجفی‌نژاد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

ثقفیان، بهرام؛ فرازجو، حسن؛ ۱۳۸۶. تعیین مناطق مولد سیل و اولویت بندی سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک حوزه سد گلستان. *علوم و مهندسی آبخیزداری*. شماره ۱. ۱-۱۱.

حافظی‌نسب، جواد؛ ۱۳۸۳. *بررسی علل وقوع سیلاب گلستان و روش‌های جلوگیری از آن*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران. استاد راهنما: یوسف حسن‌زاده. دانشگاه تبریز.

رضوی زاده، سمانه؛ شاهدی، کاکا؛ ۱۳۹۵. اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌های حوزه آبخیز طالقان با استفاده از تلفیق AHP و TOPSIS. *فصل‌نامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران*. دوره ۷. شماره ٤. زمستان ۱۳۹۵. ۳۳-٤٦.

سلاجقه، علی؛ رضوی‌زاده، سمانه؛ سلاجقه، سوسن؛ ۱۳۸۹. اولویت بندی سیل‌خیزی در زیر حوزه‌های آبخیز تنکاب استان فارس، با استفاده از مدل اسکالوگرام. اولین کنفرانس بین المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا. *مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی*. کرمان.

سلیمانی، کریم؛ گنبد، محمد بشیر؛ موسوی، سید رمضان؛ خلیفی، شهرام؛ ۱۳۸۷. پتانسیل تولید سیل در حوضه‌های آبخیز با استفاده از مدل HMS-HEC در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه معرف کسیلیان). *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. شماره ٦٥. ۵۱-٦۰.

سلیمانی‌ساردو، فرشاد؛ سلطانی کوپایی، سعید؛ سلاجقه، علی؛ ۱۳۹۲. انتخاب شاخص سیل‌خیزی مناسب با استفاده از مدل بارش- رواناب HEC-HMS و تکنیک‌های GIS و RS (مطالعه موردی: حوزه سد جیرفت). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*. شماره ۸. ۹۰-۱۰۸.

عباسی‌کجانی، عبدالحسین؛ ۱۳۹۵. *بررسی امکان اولویت بندی زیرحوضه‌ها ازنظر سیل‌خیزی با استفاده از مدل HEC-HMS(مطالعه موردی: حوزه آبخیز اسکندری- زاینده رود)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: علی طالبی. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه یزد.

فلاح، مقدسه؛ محمدی، مازیار؛ کاویان، عطاالله؛ ۱۳۹٤. اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها با استفاده از آنالیز مورفومتری و تغییرات کاربری اراضی. *اکوهیدرولوژی*. شماره ۳. ۲٦۱-۲۷٤.

قائمی، محمود؛ ۱۳۷۳. *مطالعات شناسایی تکمیلی پروژه آبخیزداری در حوضه آبخیز کرخه*. مدیریت آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی.

قنواتی، عزت‌ا...؛ کرم، امیر؛ آقا علیخانی، مرضیه؛ ۱۳۹۰. کارآیی روش تحلیل سلسله مراتبی در مطالعات سیل‌خیزی. *فصل‌نامه جغرافیا (انجمن جغرافیایی ایران)*. سال ۹. شماره ۳۱. ۲۵۵-۲۷۵.

کاظمی، محمد؛ نوحه‌گر، احمد؛ قصر دشتی روشن، محمد؛ رضائی، پیمان؛ ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پتانسیل سیل‌خیزی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز). *پژوهش‌های فرسایش محیطی*. شماره۵. ۲۸-٤۱.

کریمی زاده، کیوان؛ سلاجقه، علی؛ محسنی ساروی، محسن؛ خلیقی، شهرام؛ ۱۳۸۸. بررسی نقش عملیات آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز سیرا – کلوان بر زمان تمرکز و زمان تأخیر حوضه. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی. شهرری.

محمدی‌مطلق، رضا؛ جلال کمالی، نوید؛ جلال کمالی، امیر؛ ۱۳۹۲. بررسی نقش مشارکت زیر حوضه‌های آبریز در شدت سیل‌خیزی (مطالعه موردی حوضه آبریز دالکی). *مهندسی آبیاری و آب ایران*. شماره ۱۳. ۳۱-٤٤.

محمودی، فرج‌ا...؛ یمانی، مجتبی؛ بهرامی، شهرام؛ ۱۳۸٦. ارزیابی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی (GIUH) در حوزه آبخیز کنگیر (ایوان غرب). *پژوهش‌های جغرافیایی*. شماره ٦۰. ۱-۱٤.

ملکیان، آرش؛ افتادگان خوزانی، اصغر؛ عشورنژاد، غدیر؛ ۱۳۹۱. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. دوره ٤٤. شماره ٤. ۱۳۱-۱۵۲.

مهدوی، محمد؛ ۱۳۹۰. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران.

یوسفوند، مهدی؛ شعبانلو، سعید؛ هدایت، نجف؛ ۱۳۹۱. تعیین پهنه‌بندی سیل‌گیر با استفاده از نرم افزار WMS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبریز گاماسیاب استان کرمانشاه). همایش ملی بهره برداری بهینه از منابع آب. دزفول.

Ameri AA, Pourghasemi HR, Cerda A., 2018. 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, 613: 1385-1400.

Amiri M, Pourghasemi HR, Arabameri A, Vazirzadeh A, Yousefi H, Kafaei S., 2019. Prioritization of Flood Inundation of Maharloo Watershed in Iran Using Morphometric

Parameters Analysis and TOPSIS MCDM Model. In Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences (pp. 371-390). Elsevier.

Biswas S, Sudhakar S, Desai VR., 2002. Remote sensing and geographic information system based approach for watershed conservation. Journal of Surveying Engineering. 128(3): 108-24.

Chen LY, Wang TC., 2009. Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. International Journal of Production Economics. 120(1): 233-42.

Ellram LM., 1990. The supplier selection decision in strategic partnerships. Journal of Purchasing and materials Management. 26(4): 8-14.

Hlaing KT, Haruyama S, Aye MM., 2008. Using GIS-based distributed soil loss modeling and morphometric analysis to prioritize watershed for soil conservation in Bago river basin of Lower Myanmar. Frontiers of Earth Science in China. 2(4): 465-78.

Jun KS, Chung ES, Kim YG, Kim Y., 2013. A fuzzy multi-criteria approach to flood risk vulnerability in South Korea by considering climate change impacts. Expert Systems with Applications. 40(4):1003-13.

Lee G, Jun KS, Chung ES., 2013. Integrated multi-criteria flood vulnerability approach using fuzzy TOPSIS and Delphi technique. Natural Hazards and Earth System Sciences. 13(5): 1293-312.

Lee G, Jun KS, Chung ES., 2015. Group decision-making approach for flood vulnerability identification using the fuzzy VIKOR method. Natural Hazards and Earth System Sciences. 15(4): 863-74.

Levy JK., 2005. Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. 19(6): 438-47.

Melton MA., 1958. Correlation structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents. The Journal of Geology. 66(4): 442-60.

Opricovic S, Tzeng GH., 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. European journal of operational research. 178(2): 514-29.

Rahmati O, Samadi M, Shahabi H, Azareh A, Rafiei-Sardooi E, Alilou H, Shirzadi A., 2019. SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. Geoscience Frontiers.

Sharma SK, Tignath S, Mishra SK., 2008. Morphometric analysis of drainage basin using GIS approach. JNKVV Res Jour. 42(1):91-5.

Sinha R, Bapalu GV, Singh LK, Rath B., 2008. Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 36(4):335-49.

Walczykiewicz T., 2015. Multi-criteria analysis for selection of activity options limiting flood risk. Water resources. 42(1):124-32.