



Prioritization of Flood Risk in Ganjvan Watershed of Ilam Province using ELECTRE Model

Fathollah Naderi^a, Behroz Naseri^{b*}, Yasem KhanMohamadian^c, Emad Salamat^d,
MohamadTaqhi Kosha^e

^a PhD Candidate in Geomorphology, Environmental Management, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

^b Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Ilam Branch, Ilam, Iran

^c PhD Candidate in Biological Sciences, Ilam University, Ilam, Iran

^d MSc in Agricultural Extension and Education, University of Agriculture and Natural Resources, Khuzestan, Iran

^e MSc in Natural Resources (Forestry), Ilam University, Ilam, Iran

Received: 9 November 2021

Revised: 6 February 2022

Accepted: 13 February 2022

Abstract

Environmental hazards and dealing with them are among the most important concerns of researchers in the field of environmental planning and crisis management. Among these hazards, flood is one of the most dangerous natural disasters that should be given special attention in crisis management. Therefore, prioritizing sub-basins for watershed management operations considering flood control seems necessary. The study tried to prioritize the Ganjvan watershed basins in Ilam province to implement flood control management plans against floods using the multi-criteria ELECTRE decision-making method. For this purpose, the studied watershed was divided into five sub-basins of Rizevand, Sarcham Deh Haroon, Sarpetak, Sartang Bijar and Ganjvan. The criteria for prioritization were lithology, slope, height, precipitation, land use and drainage density. The weights of the criteria were obtained based on their entropy model and using the ELECTRE model of watershed sub-basins in the prioritization area. The prioritization map of these sub-basins was then prepared. Flood risk prioritization map in the studied area shows that Ganjvan sub-basin with the highest flood potential has the first priority and Sartang Bijar sub-basin is the second priority to implement flood control watershed management plans.

Keywords: Watershed Management, Entropy, ELECTRE, Flood, Ganjvan

*. Corresponding author: Behroz Naseri E-mail: naseribehroz@yahoo.com Tel: +989181402383

How to cite this Article: Naderi, F., Naseri, B., Khanmohamadian, Y., Salamat, E., & Kosha, M. (2022). Prioritization of flood risk in Ganjvan Watershed of Ilam province using ELECTRE Model. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 11(3), 1-21.

DOI: 10.22067/geoeh.2022.73531.1131



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant
With open access mandates, by publishing its articles under Creative
Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 11, Issue 3 - Number 43, Fall 2022

<https://geoeh.um.ac.ir>


 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73531.1131> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شماره چهارم و سوم، پاییز ۱۴۰۱، صص ۲۱-۱

مقاله پژوهشی

اولویت‌بندی خطر سیل در حوضه آبخیز گنجوان استان ایلام با استفاده از مدل الکترون

فتح‌الله نادری - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی گرایش مدیریت محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

 بهروز ناصری^۱ - استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

یاسم خان‌محمدیان - دانشجوی دکتری علوم زیستی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

عماد سلامت - کارشناس ارشد ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

محمدتقی کوشا - کارشناسی ارشد منابع طبیعی، گرایش جنگلداری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۱۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴

چکیده

امروزه مخاطرات محیطی و مقابله با آنها از جمله مهم‌ترین دغدغه‌های پژوهشگران در زمینه برنامه‌ریزی محیطی و مدیریت بحران است. از میان این مخاطرات، پدیده سیل به‌عنوان یکی از پرخطرترین بلایای طبیعی است که در مدیریت بحران باید نگاه ویژه‌ای را به آن معطوف داشت؛ بنابراین اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها جهت اجرای عملیات آبخیزداری با نگاه مقابله با سیل و کنترل آن، امری ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق سعی شده تا حوضه‌های حوضه آبخیز گنجوان در استان ایلام جهت اجرای طرح‌های آبخیزداری مقابله با سیل‌خیزی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره الکترون اولویت‌بندی شود. برای این منظور حوضه آبخیز مورد مطالعه به پنج زیرحوضه ریزه وند، سرچم ده‌هارون، سرپتک، سرتنگ بیجار و گنجوان تقسیم گردید. معیارهای مورد نظر جهت اولویت‌بندی شامل سنگ‌شناسی، شیب، ارتفاع، بارش، کاربری اراضی و تراکم زهکشی می‌باشد. وزن معیارها بر اساس مدل آنتروپی آنها به‌دست آمده و با استفاده از مدل الکترون زیرحوضه‌های آبخیز در منطقه اولویت‌بندی، بررسی و سپس

Email: naseribehroz@yahoo.com

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۱۴۰۲۳۸۳

نحوه ارجاع به این مقاله:

نادری، فتح‌الله؛ ناصری، بهروز؛ خان‌محمدیان، یاسم؛ سلامت، عماد؛ کوشا، محمدتقی. (۱۴۰۱). اولویت‌بندی خطر سیل در

حوضه آبخیز گنجوان استان ایلام با استفاده از مدل الکترون. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۱(۳). صص ۲۱-۱

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73531.1131>

نقشه‌ی اولویت‌بندی این زیرحوضه‌ها تهیه شد. نقشه‌ی اولویت‌بندی خطر سیل در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که زیرحوضه‌ی گنجوان با بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی در اولویت اول و زیرحوضه‌ی سرتنگ بیچار در اولویت دوم جهت اجرای طرح‌های آبخیزداری مقابله با سیل قرار دارند. دلیل بالا بودن خطر سیل‌خیزی این زیرحوضه، ساختار زمین‌شناسی منطقه است که در قسمت بالادست از سازند گچساران با نفوذپذیری کم و در قسمت پایین دست از سازندهای بسیار حساس به فرسایش رسوبات آبرفتی دوران چهارم زمین‌شناسی پوشیده شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: آبخیزداری، آنتروپی، الکترو، سیل‌خیزی، گنجوان.

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین نتایج بهره‌برداری غیراصولی انسان از محیط طبیعی را می‌توان افزایش پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز برشمرد که هر ساله خسارات هنگفتی به سرمایه‌های ملی کشور وارد می‌نماید (روغنی و همکاران، ۱۳۸۷). به‌عنوان یکی از بلایای طبیعی ناشی از بارش‌های مداوم و شدید باران به علت افزایش سریع و ناگهانی مقدار دبی رودخانه‌ها و سرریز به دشت‌ها و مناطق اطراف ایجاد می‌شود. با بررسی دشت‌های سیلابی قدیمی و آبرفت‌ها مشخص می‌شود این پدیده طبیعی تابع شدت بارندگی، نفوذپذیری زمین و وضع توپوگرافی مناطق است. البته امروزه به دلیل دخالت‌های بی‌رویه در بسیاری نقاط کشور، طغیان‌های بزرگی مشاهده می‌شود و دخالت‌های بشر از جمله ساختمان‌سازی در حاشیه رودخانه‌ها احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد. در کنار عملیات بازگشایی حریم رودخانه‌ها، آبخیزداری یکی از فعالیت‌های پایه‌ای در زمینه حفظ خاک و پیشگیری از سیلاب‌های ناگهانی است. از مهم‌ترین مسائلی که در مدیریت حوضه‌های آبخیز می‌بایست در نظر گرفت، مشخص نمودن اولویت، نوع و میزان مشکلات در هر یک از زیرحوضه‌ها در سطح حوضه آبخیز می‌باشد؛ بنابراین اولویت‌بندی هر یک از زیرحوضه‌ها به منظور شناسایی و آگاهی از میزان سیلاب تولیدی و اثرات آن در خروجی حوضه می‌تواند نقش بسیار عمده‌ای در مدیریت و برنامه‌ریزی حوضه‌های آبخیز داشته باشد. از مهم‌ترین مطالعات در زمینه اولویت‌بندی حوضه‌ها از نظر سیلاب و کنترل آن به‌منظور کاهش خطرات ناشی از آن می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

خیاط خلقی (۱۳۸۱) در تحقیقی با استفاده از روش MCDM زیرحوضه‌های حوضه آبخیز کن در شمال تهران به‌منظور کنترل سازه‌های سیلاب را اولویت‌بندی نمود. نتایج نشان داد که روش تصمیم‌گیری چند معیاره با توجه به در نظر گرفتن معیارهای مختلف و چندین تابع هدف در برنامه‌ریزی خطی، می‌تواند در مدیریت آبخیزها مؤثر باشد. **ثقفیان و فرازجو (۱۳۸۶)**، در تحقیقی مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد گلستان را تعیین کردند. در این مقاله با تلفیق GIS و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS، شدت سیل‌خیزی یا به عبارتی میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی کل حوضه در محل سد گلستان تعیین می‌شود. بدین منظور

با استفاده از روش واکنش سیل واحد در محیط مدل HEC-HMS، زیر حوضه‌های آبخیز سد گلستان از نظر سیل‌خیزی اولویت‌بندی شده‌اند. **روغنی و همکاران (۱۳۸۷)** عملیات کنترل سیلاب از طریق به‌کارگیری شاخص مکانی سیل حوضه آبخیز باغملک را اولویت‌بندی کردند. نتایج تحقیق بیانگر این است که با تمرکز عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب در زیر حوضه‌های واقع در سطوح حوضه، مطابق با اولویت‌های تعیین شده ضمن دسترسی مطلوب به اهداف طرح، کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های اجرائی پروژه‌ها قابل حصول است. **محمدی و احمدی (۱۳۹۰)** اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها در حوضه آبخیز معروف جهت ارائه برنامه‌های احیائی آبخیزداری را مورد بررسی قرار دادند. سپس بر اساس ماتریس به دست آمده میزان اهمیت هر یک از معیارها، به‌صورت کمی، در سطح زیرحوضه‌ها تعیین شد. در نهایت با جمع دامنه کلی تغییرات در سطح هر یک از زیرحوضه‌ها میزان کمی اهمیت هر یک از عوامل در ایجاد مشکلات در هشت اولویت‌کاری تعیین گردید. **بهرامی و همکاران (۱۳۹۰)** نقش روندیابی رودخانه در شناسایی و اولویت‌بندی واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد بوستان از نظر سیل‌خیزی و ارائه راهکارهای مدیریتی را مورد مطالعه قرار دادند. **رحمتی و همکاران (۱۳۹۴)** در تحقیقی اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز استان گلستان براساس آنالیز مورفومتریک و همبستگی آماری را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. نتایج اعتبارسنجی نشان داد که روش نوین اولویت‌بندی قادر به تعیین زیرحوضه‌های با بیشترین اولویت، جهت اجرای اقدامات آبخیزداری شناسایی کند. **شعبانی بازنشین و همکاران (۱۳۹۵)** پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز و تعیین مناطق مولد سیل در حوضه آبخیز نکا را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سهم زیر حوضه‌ها در پتانسیل سیل‌خیزی کل حوضه تنها تحت تأثیر مساحت آن‌ها نیست و عواملی چون موقعیت مکانی زیر حوضه‌ها و روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوضه تأثیر قابل توجهی دارند. **بدری و همکاران (۱۳۹۵)** اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز بهشت‌آباد از نظر پتانسیل سیل‌خیزی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج اولویت‌بندی براساس کاهش دبی به ازای واحد سطح نشان‌دهنده این است که زیرحوضه بهشت‌آباد با داشتن کمترین مساحت نسبت به بقیه زیرحوضه‌ها بیشترین و زیرحوضه تنگ دهنو کمترین تأثیر را داشته است. **جورب اسویل و وارگاس (۲۰۱۴)** در تحقیقی از مدل هیدرولوژیکی MIKE SHE با مقایسه داده‌های مشاهداتی جهت ارزیابی خطر سیل در مکزیکوسیتی را شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که از این مدل در مناطقی که از داده‌های مشاهداتی کمتری جهت ارزیابی خطر سیل برخوردارند، می‌توان مورد استفاده قرار داد. **فرانک و همکاران (۲۰۱۶)** در تحقیقی خطر سیل و اولویت‌بندی اقدامات دو ابزار کلیدی در توسعه برنامه ملی اقدامات مدیریت خطر سیل در مولداوی را مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق با استفاده از ۱۲ شاخص خطر سیل که نشان‌دهنده تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی سیل است، ارزیابی شدند. اولویت‌بندی اقدامات شامل فراوانی اندازه‌گیری،

1 Gourbesville et al

2 Frank et al

میزان ریسک قابل کاهش با اندازه‌گیری، نسبت منافع و هزینه اندازه‌گیری بود. اسکورزینی و لئوپاردی^۱ (۲۰۱۷) در تحقیقی با عنوان برنامه‌ریزی حوضه رودخانه ارزیابی خطر سیل با تلفیق مدل‌های کیفی و کمی در منطقه ابروزو (مرکز ایتالیا) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که اگر از نقشه‌برداری کیفی در مقیاس حوضه برای شناسایی اولیه مناطق پرخطر استفاده کرد، بایستی با ارزیابی تحلیلی خسارات ناشی از سیل از طریق مدل‌های کمی ادغام شود، تا نتایج مورد قبول و عینی باشد.

از مهم‌ترین تحقیقات صورت گرفته توسط محققین راجع به مدل الکترو می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: عطایی (۱۳۸۷) در تحقیقی انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا سیمان با استفاده از روش الکترو در استان آذربایجان شرقی را انجام دادند. در این مقاله به منظور محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا سیمان در استان آذربایجان شرقی از روش الکترو استفاده شده است. خدابخشی و جعفری (۱۳۸۹) در یک کار مطالعاتی کاربرد مدل دسته‌بندی چند معیاره Electre-TRI در تعیین اهمیت آثار محیط زیستی در سد و شبکه آبیاری زهکشی اردبیل را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از کاربرد این مدل برای تعیین اهمیت آثار محیط زیستی فعالیت‌های طرح سد و شبکه آبیاری زهکشی اردبیل و مقایسه آن با روش رایج استفاده شده در این طرح گامی به منظور معرفی روش‌های جدید ارزیابی آثار محیط زیستی در سطح جهانی و امکان‌سنجی کاربرد آن در فرایند EIA در ایران است. فرجی سبکبار و همکاران (۱۳۹۳) تبیین نابرابری فضایی سطح سلامت در شهرستان‌های استان خراسان رضوی را با استفاده از مدل تصمیم‌گیری الکترو مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر وجود نابرابری فضایی سلامت بین شهرستان‌های استان است. شمعی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی به منظور رتبه‌بندی مناطق شهر اهواز از روش تحلیل تصمیم‌گیری چند متغیره (الکترو) استفاده کردند که در این تحقیق از ۱۲ شاخص در جهت توسعه شهری بکار گرفتند. همچنین به منظور وزن دهی معیارها نیز از مدل AHP استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که توزیع منابع و امکانات شهر اهواز متناسب با توزیع جمعیت مناطق نیست. ملامسی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی روش ELECTRE را در ارزیابی ریسک زیست‌محیطی پروژه‌های سدسازی مورد استفاده قرار دادند. در این تحقیق استفاده از روش ELECTRE در ارزیابی ریسک زیست‌محیطی سد، باعث انجام فرآیند تصمیم‌گیری صحیح برای ارزیابی ریسک و انتخاب گزینه برتر از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها در تقابل با معیارهای تعیین شده، گردید. سدیدی و همکاران (۱۳۹۶) در یک کار تحقیق از روش ترکیبی ELECTRE-FAHP برای ارزیابی تناسب اراضی با رویکرد مکان‌یابی دفن پسماند در شهر اهواز استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که رویکرد ترکیبی به دلیل لحاظ کردن ماهیت نادقیق پدیده‌ها در وزن‌دهی و رتبه‌بندی گزینه‌ها، کارایی بهتری نسبت به روش‌های پیشین انتخاب مراکز دفن جدید (صفیره) و قدیم (برومی) دارد. پرورش و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیق اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر پتانسیل

سیل‌خیزی به کمک روش الکره نوع ۳ و ضریب جریان سیلابی در زیرحوضه‌های آبخیز سرخون بندرعباس را انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که روش الکره می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب برای تعیین پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌های دارای اولویت معرفی شود. **سیدمحمدی و همکاران (۱۳۹۷)** کاربرد روش‌های ELECTRE TRI و پارامتریک در ارزیابی تناسب بخشی از اراضی دشت مغان برای کشت ذرت تحت آبیاری بارانی را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این تحقیق با مقایسه میانگین مقادیر ویژگی‌های خاک و اراضی بین کلاس‌های تناسب تفکیک شده در روش الکره ترای با آزمون LSD اختلاف معنی‌دار را نشان داد که حاکی از دقت بالای این روش به دلیل تعیین حدود مناسب انتقالی (مرز بین کلاس‌ها)، مقادیر مناسب آستانه‌ها و وزن‌های ویژگی‌ها و استفاده از روابط و اصول منطق فازی در اجرای فرآیندهای محاسبات می‌باشد. **مددی و همکاران (۱۳۹۷)** در تحقیقی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبخیز آق لاقان چای، با استفاده از مدل ELECTRE را مورد پهنه‌بندی قرار دادند که در این تحقیق جهت تحلیل و مدل‌سازی نهایی از روش ELECTRE به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده نمودند. **حلبیان و همکاران (۱۳۹۷)** در تحقیقی با استفاده از روش ELECTRE بهترین مکان برای احداث سد خاکی در حوضه آبخیز شاهرود- بسطام را انتخاب کردند. یافته‌ها و نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در روش ELECTRE بین هفت پهنه حاصله، پهنه‌های (۳، ۴، ۵) با ۴ بار تسلط و با ۲ بار مغلوب شدن با (۲) امتیاز در رتبه اول قرار گرفتند و لذا مناسب‌ترین پهنه جهت احداث سدهای خاکی هستند. **انتظاری و جلیلیان (۱۳۹۸)** در تحقیقی حوضه‌های آبخیز از نظر ریسک خطر وقوع زمین‌لغزش در استان کرمانشاه براساس مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ELECTRE-1 را اولویت‌بندی کردند. در این تحقیق از روش الکره به دلیل نداشتن مقایسات زوجی زیاد و طاقت‌فرسای روش‌هایی مانند AHP و همچنین کاربردهای موفقیت‌آمیز آن در رتبه‌بندی مناطق از نظر وقوع مخاطرات نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد، انتخاب گردیده است. **یو و همکاران^۱ (۲۰۱۸)** در تحقیقی ارزیابی مخاطرات هواشناسی چین بر اساس الگوریتم تکامل افتراقی و VIKOR را مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق وزن نسبی شاخص‌ها از طریق الگوریتم تکامل افتراقی به دست آمد. **وانگ و همکاران^۲ (۲۰۲۱)** در تحقیقی بهینه‌سازی چندهدفه سیستم آب یکپارچه با استفاده از روش FUCOM-VIKOR را مورد بررسی قرار دادند. است. FUCOM شامل محاسبه ریاضی ساده است و نتایج ثابتی را به همراه دارد. از سوی دیگر، VIKOR یک تکنیک تصمیم‌گیری ثابت برای یکپارچه‌سازی فرایند است. در این تحقیق از رویکرد FUCOM-VIKOR برای ادغام اندازه مفید (ویژگی مثبت) و معیار پشیمانی (ویژگی منفی) استفاده شده است. **ونچائو و همکاران^۳ (۲۰۲۱)** در یک کار تحقیقاتی مهم‌ترین کاربردهای مدل‌های سیل شهری در به‌منظور کاهش سیل را در نواحی مختلف جهان

1 Yu et al

2 Ong et al

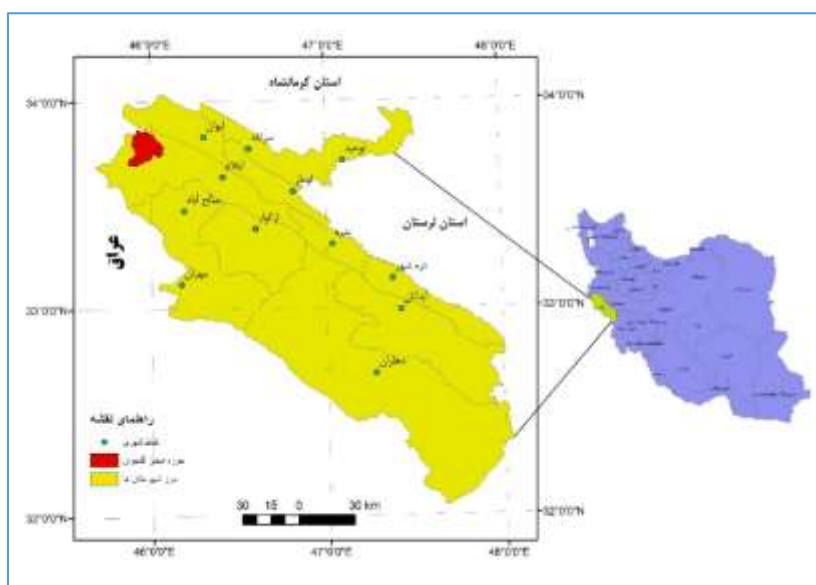
3 Wenchao et al

موردبررسی قرار دادند. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از این تحقیقات و همچنین خصوصیات تأثیرگذار بر وقوع سیل خیزی در منطقه مورد مطالعه، از تکنیک الکره به منظور اولویت بندی زیرحوضه های آبخیز گنجوان استان ایلام نسبت به خطر وقوع سیل استفاده شده است. لذا با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره، امکان در نظر گرفتن معیارهای متنوع کمی و کیفی و استفاده از برآیند نظرات کارشناسی در وزن دهی معیارها میسر می شود که در این حالت تصمیم گیری نهایی با شرایط واقعی موجود در طبیعت همخوانی بیشتری دارد که این می تواند مهم ترین مزیت این روش نسبت به دیگر روش های مطالعاتی باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز گنجوان به عنوان یکی از حوضه های آبخیز مرزی استان ایلام در ۳۵ کیلومتری شمال غرب شهر ایلام و در محدوده دهستان بولی از توابع شهرستان ایلام واقع شده است. این حوضه آبخیز در مختصات جغرافیایی ۰۵۰° ۵۲' تا ۰۴۰° ۲۶' طول شرقی و ۳۱° ۳۱' تا ۳۳° ۰۴' عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت کل حوضه آبخیز ۲۱۱۷۸ هکتار و حداکثر ارتفاع آن ۱۶۸۵ و حداقل ۳۶۲ متر می باشد. از نظر اقلیمی این حوضه آبخیز تحت تأثیر جریان های غربی است. متوسط بارش سالانه آن ۵۶۰ میلی متر و نوع اقلیم بر اساس طبقه بندی دمارتن نیمه خشک و مدیترانه ای می باشد. موقعیت حوضه آبخیز گنجوان در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز گنجوان در کشور و استان

۲-۲- تعیین معیارها

شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی در حوضه‌ها وجود دارد. با توجه به مطالعات صورت گرفته بر وقوع سیل در منطقه‌ی مورد بحث، مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار که عبارتند از سنگ‌شناسی، ارتفاع، شیب، تراکم شبکه زهکشی، بارش و کاربری اراضی انتخاب شدند.

عامل سنگ‌شناسی: ویژگی‌های سنگ‌شناسی در میزان نفوذپذیری آب در درون زمین و یا آبدوی مستقیم و در نتیجه تعادل جریان رودخانه و یا سیل‌خیزی حوضه تأثیر بسزایی دارند. چگونگی تخلیه آب زیر قشری و آب‌های زیرزمینی کم‌عمق به رودخانه که متأثر از ویژگی‌های زمین‌شناسی است بر روی جریان پایه و در نتیجه دبی سیلابی اثر می‌گذارد.

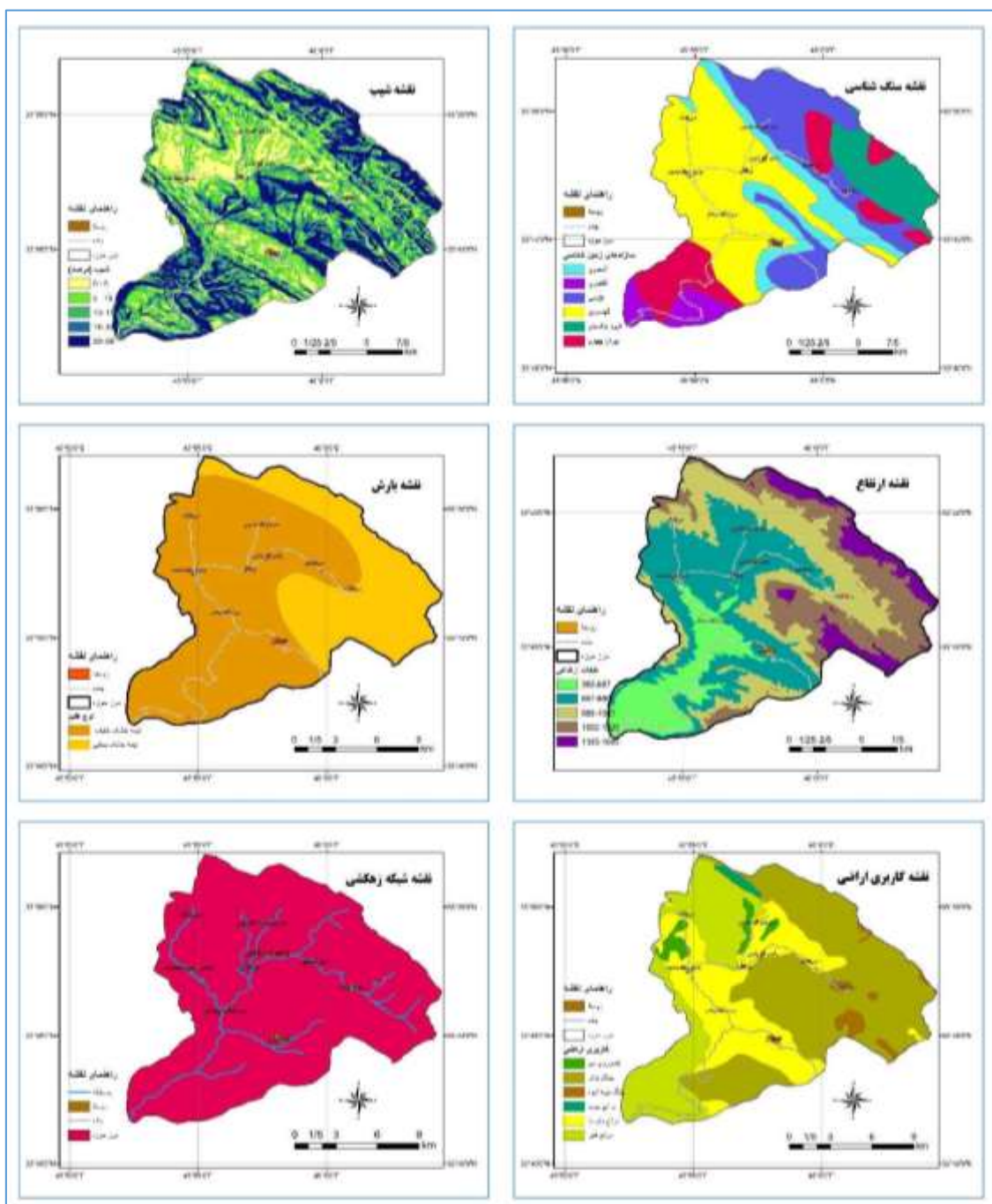
شیب دامنه‌ها: تأثیر شیب روی مقدار رواناب، ناشی از اثر آن بر عمق و ظرفیت نگهداری آب و خاک و همچنین فرصت نفوذ آب در آن و میزان نفوذ آب در خاک است. چنانچه مقدار شیب افزایش یابد، نقش عوامل افزایشنده نفوذ کاهش یافته و میزان رواناب زیاد می‌شود، زیرا تجمع آب در ناهمواری‌های سطحی رابطه نزدیک با شیب آبخیز داشته و با افزایش آن تقلیل می‌یابد. در شرایط مساوی سرعت جریان در حوضه‌های با شیب تند نسبت به حوضه‌های با شیب ملایم سریع‌تر است. زیرا هر چه شیب بیشتر باشد، سرعت آب بیشتر شده و سریع‌تر به انتهای حوضه رسیده و زودتر تجمع می‌یابد و در نتیجه دبی اوج هیدروگراف تیزتر می‌گردد.

طبقات ارتفاعی: عامل ارتفاع هم نقش عمده‌ای در سیل‌خیزی حوضه‌ها دارد. دامنه‌های ارتفاعی بالاتر به جهت دریافت بارش‌های بیشتر زمینه‌ساز سرازیر شدن رواناب‌ها به سمت مناطق پایین هستند.

بارش: بارش نقش بسیار مهمی در ایجاد سیلاب و شکل هیدروگراف دارد. به‌طور مثال اگر در زمان بارش، حوضه از نظر رطوبت خاک اشباع و یا در حد اشباع باشد، میزان بارش مازاد به شدت افزایش می‌یابد و سیلاب به وجود می‌آید؛ و یا اگر بارش در نزدیکی خروجی حوضه اتفاق افتد، امکان تشکیل سیلاب خیلی بیشتر از مواقعی است که در نقطه‌ای دورتر از آن اتفاق افتد.

کاربری اراضی: کاربری اراضی روی جریان رودخانه و وقوع سیلاب به روش‌های مختلفی تأثیر می‌گذارد. مثلاً از بین بردن پوشش گیاهی و یا تغییر در نوع و نحوه کشت سبب افزایش حجم جریان و فزونی بده سیلاب می‌گردد. هرگونه عملیاتی در حوضه که سبب کاهش ذخیره رطوبت خاک و یا کاهش نفوذپذیری گردد، موجب افزایش بده سیلابی می‌گردد. چرای مفرط دام سبب فشردگی خاک و از بین رفتن پوشش گیاهی می‌شود و از سوی دیگر احداث مخازن تأخیری و تعدیلی موجب کاهش بده سیلابی می‌شود.

تراکم شبکه‌ی زهکشی: نسبت طول کل آبراهه‌ها به مساحت حوضه‌ی آبخیز، تراکم زهکشی است. هرچه تراکم بیشتر باشد، نفوذپذیری کاهش و سرعت جریان‌های سطحی افزایش می‌یابد.



شکل ۲- نقشه عوامل شش گانه مؤثر بر سیل خیزی حوضه آبخیز گنجوان

۳-۲- روش انجام پژوهش

۳-۲-۱- معرفی روش الکتراه

روش الکتراه^۱ یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه براساس تعدادی معیار است. در این روش کلیه گزینه‌ها با استفاده از مقایسه‌های غیر رتبه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته و به این ترتیب گزینه‌های غیر مؤثر حذف می‌شوند. کلیه مراحل تکنیک الکتراه بر مبنای یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه ناهماهنگ پایه‌ریزی می‌شود که به همین خاطر به «آنالیز هماهنگی» معروف است. الکتراه در لغت به معنی «حذف و انتخاب مطابق با واقعیت» است (روی^۲، ۱۹۹۱). در این روش به جای رتبه‌بندی گزینه‌ها از مفهوم جدیدی معروف به مفهوم غیررتبه‌ای استفاده می‌شود. به طور مثال ممکن است از نظر ریاضی گزینه‌ای هیچ ارجحیتی به دیگر گزینه نداشته باشد اما تصمیم‌گیرنده و تحلیل‌گر بهتر بودن آن گزینه را بپذیرد.

تکنیک الکتراه (ELECTRE) اولین بار توسط بنایون^۳ در سال ۱۹۶۶ معرفی شد و سپس در سال‌های بعد توسط افراد دیگری توسعه داده شد و نسخه‌های مختلفی از این روش شامل الکتراه ۱ و ۲ و ۳ و ۴ ارائه شدند. کلیه مراحل این تکنیک بر اساس یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه ناهماهنگ ایجاد می‌شود. به‌طور کلی وظیفه این روش رتبه‌بندی گزینه‌ها (آلترناتیوهای) پژوهش است (روی، ۱۹۹۰). این روش قادر به محاسبه وزن معیارها نیست؛ بنابراین باید با استفاده از روش‌های دیگر از جمله AHP و یا آنتروپی و یا روش‌های جدید وزن معیارها را محاسبه نمود و به‌عنوان ورودی به این روش داد.

۳-۲-۲- مراحل اجرای روش الکتراه

مراحل اجرایی این مدل در نرم‌افزار اکسل EXCEL پیاده‌سازی و تحلیل شده است و گام‌به‌گام این تکنیک به زبان ساده بیان شده است. در ادامه به گام‌های اجرایی آن پرداخته می‌شود.

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و تعیین وزن معیارها و نوع معیارها: ماتریس تصمیم‌گیری روش الکتراه از نوع معیار-گزینه می‌باشد؛ یعنی یک ماتریسی که معیارها در ستون و سطرها گزینه‌های پژوهش را تشکیل می‌دهند.

گام دوم: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری یا بی‌مقیاس‌سازی ماتریس: شاخص‌های کمی، مقیاس اندازه‌گیری مخصوص به خود را دارند که این کار مقایسه‌ی آن‌ها با یکدیگر را غیرممکن می‌سازد. بنابراین باید به روشی آن‌ها را مستقل از واحد اندازه‌گیری کرد تا بتوان عمل مقایسه را انجام داد. با استفاده از نرم‌افزار اقلیدسی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس می‌شوند (رابطه ۱).

1 ELECTERE (Elimination et Choice in Translating to Reality)

2 Roy

3 benayoun

$$N_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه: n_{ij} مقادیر نرمالیز شده و x_{ij} عملکرد گزینه i ام تحت معیار j ام و m تعداد گزینه‌ها می‌باشد.
گام سوم: تشکیل ماتریس نرمال وزین: با استفاده از ماتریس اوزان شاخص‌ها (W) ماتریس بی‌مقیاس وزین به دست می‌آید. در این گام ماتریس نرمال را در وزن معیارها ضرب می‌کنیم (رابطه ۲).

$$V = N * W \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه: V ماتریس بی‌مقیاس وزین و N ماتریس نرمالیز شده و W وزن معیارها می‌باشد.
گام چهارم: تشکیل مجموعه معیارهای هماهنگ و ناهماهنگ: در این گام با توجه به ماهیت معیارها (مثبت یا منفی بودن) در مقایسه دوه‌دوی گزینه‌ها معیارهای هماهنگ و ناهماهنگ را تعیین می‌کنیم. با استفاده از عناصر ماتریس V مجموعه هماهنگی $C(k,l)$ که شامل معیارهایی می‌باشد که در آن‌ها گزینه k بر گزینه l ترجیح داده می‌شود و مجموعه ناهماهنگی $D(k,l)$ که شامل معیارهایی می‌باشد که در آن‌ها گزینه l بر گزینه k ترجیح داده می‌شود؛ با استفاده از روابط (۳ و ۴) به دست آورده می‌شود.

$$C(k,l) = \begin{cases} j | v_{kj} \geq v_{lj} & | j \in J^+ \\ j | v_{kj} < v_{lj} & | j \in J^- \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$D(k,l) = \begin{cases} j | v_{kj} < v_{lj} & | j \in J^+ \\ j | v_{kj} \geq v_{lj} & | j \in J^- \end{cases} \quad \text{رابطه (۴)}$$

جایی که J^+ شاخص‌های مثبت و J^- شاخص‌های منفی می‌باشد.
 با استفاده از اطلاعات فوق ماتریس مربع $m*m$ هماهنگی (I) که عناصر آن از جمع اوزان شاخص‌هایی که به مجموعه هماهنگی تعلق دارند و ماتریس $m*m$ ناهماهنگی (NI) که عناصر آن از رابطه (۴) به دست می‌آید به صورت زیر تشکیل می‌شود (رابطه ۵ تا ۸).

$$I_{m*m} = \begin{bmatrix} - & I_{12} & \dots & I_{1m} \\ I_{21} & - & & I_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{m1} & I_{m2} & \dots & - \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$I_{kl} = \sum_{j \in C(k,l)} w_j \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$NI_{m*m} = \begin{bmatrix} - & NI_{12} & \dots & NI_{1m} \\ NI_{21} & - & & NI_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ NI_{m1} & NI_{m2} & \dots & - \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$NI_{kl} = \frac{\max_{j \in D(k,l)} |v_{kj} - v_{lj}|}{\max_{j \in J} |v_{kj} - v_{lj}|} \quad \text{رابطه (۸)}$$

گام پنجم: تشکیل ماتریس هماهنگ مؤثر (F): برای ایجاد این ماتریس ابتدا یک مقدار آستانه تعیین کرده، سپس هر عنصر ماتریس I را که بزرگ‌تر یا مساوی این مقدار آستانه بود در ماتریس F مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. یک روش عمومی برای تعیین این مقدار آستانه (\bar{I}) عبارت است از میانگین مقادیر ماتریس I. (روابط ۹ و ۱۰).

$$\bar{I} = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \frac{I_{kl}}{m(m-1)} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$F_{kl} = \begin{cases} 0 & I_{kl} < \bar{I} \\ 1 & I_{kl} \geq \bar{I} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

گام ششم: تشکیل ماتریس ناهماهنگ مؤثر (G): برای این ماتریس نیز مقدار آستانه (\bar{NI}) مانند ماتریس F به دست می‌آید. تنها تفاوت در اینجا است که هر عنصر ماتریس NI که کوچک‌تر یا مساوی این مقدار آستانه بود در ماتریس G مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد (روابط ۱۱ و ۱۲)

$$\bar{NI} = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \frac{NI_{kl}}{m(m-1)} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$G_{kl} = \begin{cases} 0 & NI_{kl} > \bar{NI} \\ 1 & NI_{kl} \leq \bar{NI} \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

گام هفتم: تشکیل ماتریس جامع مؤثر (H): با ترکیب دو ماتریس هماهنگ مؤثر و ناهماهنگ مؤثر، ماتریس جامع مؤثر (H) که یک ماتریس بولی (صفر و یک) می‌باشد به دست می‌آید. عناصر این ماتریس به صورت **رابطه (۱۳)** محاسبه می‌شود:

$$H_{kl} = F_{kl} * G_{kl} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

ماتریس H نشان دهنده ترتیب ارجحیت‌های نسبی از گزینه‌هاست و ملاک رتبه‌بندی و گروه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد. به منظور حذف گزینه‌های کم جاذبه می‌توان گزینه‌های مؤثر را از ماتریس H تشخیص داد. بدین طریق که هر ستونی از ماتریس H را که حداقل دارای یک عنصر برابر با یک باشد، حذف نمود؛ زیرا آن ستون تحت تسلط ردیف یا ردیف‌هایی می‌باشد؛ به عبارت دیگر سطری که بسامد عدد یک در آن بیشتر باشد، بیانگر رتبه بالاتر آن گزینه می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

تشخیص نواحی حساس به سیل می‌تواند برنامه‌ریزان را به پیش‌بینی نتایج فعالیت‌های انسانی و هدایت درست این فعالیت‌ها براساس آسیب‌رسانی کمتر به منابع طبیعی، سرمایه‌های ملی و حتی خصوصی یاری رساند. لذا به منظور

مدیریت بهینه و صرفه‌جویی در هزینه و زمان، تعیین زیرحوضه‌های پرخطر از لحاظ وقوع سیل در طرح‌ها و اقدامات آبخیزداری ضروری به نظر می‌رسد. روش الکترون توانایی به‌کارگیری معیارهای کیفی با مقیاس‌های وصفی یا ترتیبی در همان ماهیت اولیه و بدون تبدیل مقیاس را دارد. انتخاب روش الکترون به دلیل نداشتن مقایسات زوجی زیاد و طاقت‌فرسای روش‌هایی مانند AHP و همچنین کاربردهای موفقیت‌آمیز آن در رتبه‌بندی مناطق از نظر وقوع مخاطرات نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد (سیدمحمدی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به موقعیت منطقه، به‌منظور شناسایی نواحی سیل‌خیز، از بین عوامل مؤثر در وقوع سیل، پارامترهای سنگ‌شناسی، شیب، ارتفاع، بارش، کاربری اراضی و تراکم شبکه زهکشی انتخاب شدند. در ادامه برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌های مورد نظر، این معیارها ارزیابی شده و به دلیل پیچیدگی و حجم بالای محاسبات مورد نیاز، الگوریتم تکنیک مدل الکترون در نرم‌افزار اکسل برنامه‌نویسی شده و مقادیر هر مرحله به دست آمده است.

۳-۱- ایجاد ماتریس کارایی (تصمیم‌گیری)

برای اجرای مدل الکترون تهیه ماتریس کارایی یکی از مهم‌ترین مراحل ورودی اصلی این مدل است. در ماتریس کارایی معیارها در مقابل گزینه‌ها به‌صورت ماتریسی مقایسه می‌شوند. در ستون ماتریس نام گزینه‌ها (زیرحوضه‌ها) و در سطرها آن نام معیار نوشته شده است، از آنجاکه لازم است ارزش کلیه معیارها به‌صورت کمی وارد مدل پیشنهادی در این تحقیق شود (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱- ماتریس اولیه تصمیم‌گیری

زیرحوضه	سنگ‌شناسی	شیب	ارتفاع	بارش	کاربری اراضی	تراکم زهکشی
ریزه‌وند	۵	۷	۶	۹	۳	۸
سرچم ده‌هارون	۷	۶	۷	۷	۲	۷
سرپتک	۸	۸	۸	۸	۴	۶
سرتنگ بیجار	۷	۹	۶	۶	۳	۹
گنجوان	۸	۵	۳	۷	۲	۸
وزن	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۲۸	۰/۰۵

۳-۲- تعیین مقادیر وزن معیارها

تاکنون امتیاز ارزیابی هر حوضه براساس هر شاخص به دست آمد. با توجه به سایر ورودی‌ها روش الکترون نیاز است میزان اهمیت یا وزن هر یک از شاخص‌ها مشخص گردد. برای این کار از روش وزن‌دهی به روش آنتروپی شانون استفاده شده است. این روش بر این پایه استوار است که هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است (جدول ۱). با اجرای مراحل قبل، اولویت‌بندی مسئله تصمیم از طریق

تکنیک ELECTRE فراهم می‌شود. در این روش پس از تشکیل ماتریس کارایی محاسبه ماتریس بی‌مقیاس وزین و محاسبه پارامترهای هماهنگی و ناهماهنگی لازم است به دلیل پیچیدگی و حجم بالای محاسبات مورد نیاز، الگوریتم تکنیک مدل الکتره در نرم‌افزار EXCEL برنامه‌نویسی شده و مقادیر هر مرحله به‌دست آمده‌اند.

۳-۳- نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس‌سازی ماتریس

شاخص‌های کمی، مقیاس اندازه‌گیری مخصوص به خود را دارند که این کار مقایسه آن‌ها با یکدیگر را غیرممکن می‌سازد. بنابراین باید به روشی آن‌ها را، مستقل از واحد، اندازه‌گیری کرد تا بتوان عمل مقایسه را انجام داد. ماتریس بی‌مقیاس وزین در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- ماتریس وزین

حوضه	سنگ‌شناسی	شیب	ارتفاع	بارش	کاربری اراضی	تراکم زهکشی
ریزه‌وند	۰/۰۱	۰/۷۲	۰/۸۴	۰/۵۶	۱/۶۹	۱/۶۹
سرچم ده‌هارون	۰/۷۲	۰/۸۴	۰/۷۲	۰/۷۲	۲/۵۳	۰/۷۲
سرپتک	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۳	۱/۲۷	۰/۸۴
سرتنگ بیچار	۰/۷۲	۰/۵۶	۰/۸۴	۰/۸۴	۱/۶۹	۰/۵۶
گنجوان	۰/۶۳	۰/۰۱	۱/۶۹	۰/۷۲	۲/۵۳	۰/۶۳

۳-۴- ماتریس هماهنگی و ناهماهنگی

در گام بعد شاخص هماهنگی و ناهماهنگی محاسبه می‌گردد. این شاخص به‌صورت زوجی به ازای هر شاخص محاسبه می‌شود. به این صورت که اگر حوضه یک از نظر شاخص اول به حوضه دو از نظر شاخص اول ارجحیت دارد یک در غیر این صورت صفر، عدد ۱ نشان دهنده ارجحیت و عدد صفر نشان‌دهنده عدم ارجحیت است (جدول ۳ و ۴).

جدول ۳- ماتریس هماهنگی

وزن	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۲۳
معیار	سنگ‌شناسی	شیب	ارتفاع	بارش	کاربری اراضی	تراکم زهکشی
C12	۰/۱۸		۰/۱۵		۰/۱۰	
C13	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۵			
C14	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۵			۰/۲۳
C15	۰/۱۸				۰/۱۰	۰/۲۳
C21		۰/۰۶		۰/۲۸		۰/۲۳
C23	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۲۸		

۰/۴۷	۰/۲۳				۰/۰۶	۰/۱۸	C24
۰/۶۹	۰/۲۳		۰/۲۸			۰/۱۸	C25
۰/۵۱	۰/۲۳		۰/۲۸				C31
۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۱۰					C32
۰/۳۹	۰/۲۳	۰/۱۰			۰/۰۶		C34
۰/۵۱	۰/۲۳	۰/۱۰				۰/۱۸	C35
۰/۵۳		۰/۱۰	۰/۲۸	۰/۱۵			C41
۰/۷۱		۰/۱۰	۰/۲۸	۰/۱۵		۰/۱۸	C42
۰/۶۱			۰/۲۸	۰/۱۵		۰/۱۸	C43
۰/۵۶		۰/۱۰	۰/۲۸			۰/۱۸	C45
۰/۷۲	۰/۲۳		۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۰۶		C51
۰/۵۹		۰/۱۰	۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۰۶		C52
۰/۷۷		۰/۱۰	۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۱۸	C53
۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۱۰		۰/۱۵	۰/۰۶		C54

جدول ۴- ماتریس ناهماهنگی

وزن معیار	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۲۳	
سنگ شناسی	شیب	ارتفاع	بارش	کاربری اراضی	تراکم زهکشی	مجموع	
۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۴۸	۰/۰۵	۱/۰۰	D12
۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۱۲	۱/۰۰	D13
۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۹۷	D14
۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۴۸	۰/۰۹	۰/۴۸	۰/۰۰	۱/۰۰	D15
۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۴۸	۰/۰۵	۱/۰۰	D21
۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۷۱	۰/۰۷	۱/۰۰	D23
۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۴۸	۰/۰۹	۱/۰۰	D24
۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۵۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۱/۰۰	D25
۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۱۲	۱/۰۰	D31
۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۷۱	۰/۰۷	۰/۱۷	D32
۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۵۰	D34
۰/۰۰	۰/۲۱	۰/۵۹	۰/۰۵	۰/۷۱	۰/۱۲	۰/۸۳	D35
۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۰۴	۱/۰۰	D41
۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۴۸	۰/۰۹	۰/۳۳	D42
۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۱۶	۱/۰۰	D43
۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۴۸	۰/۰۷	۰/۴۸	۰/۰۴	۱/۰۰	D45
۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۴۸	۰/۰۹	۰/۴۸	۰/۰۰	۱/۰۰	D51

۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۴	۰/۱۰	۰/۰۵	D52
۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۷۱	۰/۰۵	۰/۵۹	۰/۲۱	۰/۰۰	D53
۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۴۸	۰/۰۷	۰/۴۸	۰/۲۵	۰/۰۵	D54

۳-۵- ماتریس هماهنگ مؤثر و ناهماهنگ مؤثر

در این مرحله باید درجه اعتبار رابطه غیررتبه ای برای مقایسات زوجی گزینه‌ها از طریق ترکیب شاخص‌های مقادیر هماهنگی و ناهماهنگی محاسبه گردد. محاسبات مورد نظر از طریق رابطه گفته شده صورت گرفته و در نتیجه ماتریس F و G که بیان گر درجه اعتبار و برتری یک گزینه بر گزینه دیگر براساس جمیع شاخص‌هاست مطابق جداول (۵ و ۶) به دست می‌آید.

جدول ۵- ماتریس هماهنگ مؤثر

گنجوان	جمال الدین	ورهال	سرچم ده‌هارون	ریزه وند	حوضه
۰	۱	۰	۰		ریزه‌وند
۱	۰	۱		۱	سرچم ده‌هارون
۰	۰		۰	۰	سرپتک
۱		۱	۱	۰	سرتنگ بیجار
	۰	۱	۱	۱	گنجوان

جدول ۶- ماتریس ناهماهنگ مؤثر

گنجوان	جمال الدین	ورهال	سرچم ده‌هارون	ریزه وند	حوضه
۰	۰	۰	۱		ریزه‌وند
۰	۰	۰		۰	سرچم ده‌هارون
۰	۱		۱	۰	سرپتک
۰		۰	۱	۰	سرتنگ بیجار
	۰	۱	۱	۰	گنجوان

۳-۶- ماتریس نهایی

در گام بعدی باید نسبت به رتبه‌بندی گزینه‌ها و رتبه‌بندی نهایی آنها اقدام کرد. بدین منظور ابتدا ماتریس ماتریس هماهنگ مؤثر را در ماتریس ناهماهنگ نامؤثر ضرب کرد و ماتریس کلی را تشکیل داد، ماتریس کلی، نتیجه کلیه

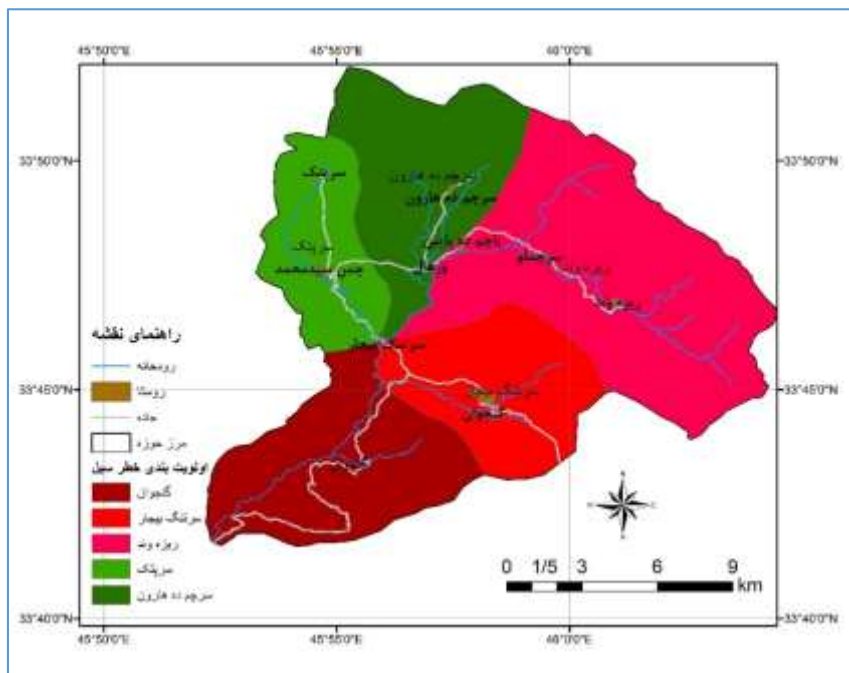
مراحل ذکر شده است. در این ماتریس، با توجه به جمع هر سطر جایگاه هر حوضه را نسبت به حوضه‌های دیگر از نظر اولویت سیل‌خیزی رتبه‌بندی می‌کند (جدول ۷).

جدول ۷- ماتریس نهایی

حوضه	ریزه‌وند	سرچم ده‌هارون	سرپتک	سرتنگ بیجار	گنجوان	برد	باخت	جواب نهایی
ریزه‌وند		۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سرچم ده‌هارون	۰		۰	۰	۰	۰	۲	-۲
سرپتک	۰	۰		۰	۰	۰	۱	-۱
سرتنگ بیجار	۰	۱	۰		۰	۱	۰	۱
گنجوان	۰	۱	۱	۰		۲	۰	۲

۳-۷- اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر خطر سیل بر اساس مدل الکترو

باتوجه به اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی که از تکنیک الکترو استخراج گردید، گنجوان با بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی، اولویت اول را در اجرای طرح‌های آبخیزداری به خود اختصاص داده است. دلیل بالا بودن خطر سیل‌خیزی این زیرحوضه ساختار زمین‌شناسی منطقه که در قسمت بالادست از سازند گچساران با نفوذپذیری کم و در قسمت پایین دست از سازندهای بسیار حساس به فرسایش از جمله رسوبات آبرفتی دوران چهارم پوشیده شده‌اند. همچنین زیرحوضه سرتنگ بیجار در رتبه دوم جای گرفته است؛ که دلیل اصلی آن وجود تنوع در سازندهای زمین‌شناسی از جمله سازندهای آسماری، کژدمی و گچساران است. زیرحوضه‌های ریزه‌وند، سرپتک و سرچم ده‌هارون به ترتیب دارای کمترین پتانسیل سیل‌خیزی برخوردارند، در اولویت‌های بعدی اجرای طرح‌های آبخیزداری قرار دارند (شکل ۳).



شکل ۳- اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر خطر سیل بر اساس مدل الکترون

۴- جمع‌بندی

سیل از جمله خطرهای طبیعی است که فراوانی وقوع آن در سال‌های اخیر روند افزایشی داشته و خسارت‌های ناشی از آن همه ساله بخشی از کشور را تحت تأثیر قرار داده است. اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی تأثیر مهمی در مدیریت حوضه‌های آبخیز دارد. در این تحقیق زیرحوضه‌های آبخیز گنجوان در استان ایلام جهت اجرای طرح‌های آبخیزداری مقابله با سیل‌خیزی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره الکترون اولویت‌بندی شود. برای این منظور حوضه آبخیز مورد مطالعه به ۵ زیرحوضه ریزه‌وند، سرچم ده‌هارون، سرپتک، چمن سیدمحمد و سرتنگ بیجار تقسیم گردید.

بر اساس نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارهای مؤثر در سیل‌خیزی منطقه بر اساس مدل آنتروپی به ترتیب عامل سنگ‌شناسی، بارش و شیب بیشترین تأثیر در سیل‌خیزی منطقه دارند. هر چه میزان نفوذپذیری کمتر باشد، میزان رواناب بیشتر و سیل‌خیزی زیرحوضه شدت بیشتری پیدا می‌کند.

با توجه به اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی که از تکنیک الکترون استخراج گردید، زیرحوضه گنجوان با بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی، اولویت اول را در اجرای طرح‌های آبخیزداری به خود اختصاص داده است. دلیل بالا بودن خطر سیل‌خیزی این زیرحوضه، ساختار زمین‌شناسی منطقه است که در قسمت بالادست از سازند گچساران با نفوذپذیری کم و در قسمت پایین دست از سازندهای بسیار حساس به فرسایش رسوبات آبرفتی دوران

چهارم زمین‌شناسی پوشیده شده‌اند. مورفولوژی این رسوبات از دشت سرهای کم ارتفاع و رسوبات تراس رودخانه‌ای تشکیل شده است. با شروع بارش‌ها و جاری شدن سیل، پتانسیل سیل‌خیزی این منطقه به شدت بالا می‌رود. همچنین زیرحوضه سرتنگ بیجار در رتبه دوم جای گرفته است؛ که دلیل اصلی آن وجود تنوع در سازندهای زمین‌شناسی از جمله سازندهای کژدمی و گچساران است که استعداد بالایی نسبت به سیل‌خیزی دارند. روش مورد استفاده در این تحقیق می‌تواند روشی کاربردی در جهت مطالعه و اجرای عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب در آبخیز مورد مطالعه و مشابه این حوضه مورد استفاده قرار گیرد. با انجام عملیات آبخیزداری و مهار سیل در زیرحوضه‌های واقع در سطوح مذکور، مطابق با اولویت‌های تعیین شده توسط این روش، ضمن دسترسی به اهداف مطلوب می‌تواند تأثیر مستقیمی در جهت کاهش هزینه‌های اجرائی پروژه‌ها توسط ادارات و سازمان‌های مرتبط از جمله اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان ایلام و شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام داشته باشد.

کتابنامه

انتظاری، مژگان؛ جلیلیان، طاهره؛ ۱۳۹۸. اولویت‌بندی حوضه‌های آبخیز از نظر ریسک خطر وقوع زمین‌لغزش در استان کرمانشاه براساس مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ELECTRE-1. نشریه هیدروژئومورفولوژی. دوره ۶. شماره ۱۸. صص ۱۹-۳۸.

<https://20.1001.1.23833254.1398.6.18.2.1>

بدری، بهرام؛ زارع بیدکی، رفعت؛ هنربخش، افشین؛ آتشخوار، فاطمه؛ ۱۳۹۵. اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز بهشت‌آباد از نظر پتانسیل سیل‌خیزی. نشریه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی). دوره ۴۸. شماره ۱. صص ۱۴۳-۱۵۸.

https://jphgr.ut.ac.ir/article_57032.html

بهرامی، سیدعلیرضا؛ اوتق، مجید؛ فرازجو، حسن؛ ۱۳۹۰. نقش روندیابی رودخانه در شناسایی و اولویت‌بندی واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد بوستان از نظر سیل‌خیزی و ارائه راهکارهای مدیریتی. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. دوره ۱. شماره ۱. صص ۱۱-۲۷.

https://wsrj.srbiau.ac.ir/article_1930.html

پرورش، الیاس؛ مهدوی، رسول؛ ملکیان، آرش؛ اسماعیل‌پور، یحیی؛ حلی‌ساز، ارشک؛ ۱۳۹۷. اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی به کمک روش الکترون نوع ۳ و ضریب جریان سیلابی (مطالعه موردی زیر حوضه‌های آبخیز سرخون، بندرعباس). نشریه خشک بوم. دوره ۸. شماره ۱. صص ۷۵-۸۷.

<https://www.sid.ir/paper/398961/fa>

تقفیان، بهرام؛ فرازجو، حسن؛ ۱۳۸۶. تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد گلستان. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دوره ۱. شماره ۱. صص ۱-۱۱.

<https://www.sid.ir/paper/134831/fa>

خلیبان، امیرحسین؛ عرب عامری، علیرضا؛ سلطانیان، محمود؛ ۱۳۹۱. انتخاب بهترین مکان برای احداث سد خاکی با استفاده از روش ELECTRE (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شاهرود- بسطام). نشریه جغرافیایی سرزمین. دوره ۹. شماره ۳۴. صص ۱۳۷-۱۲۵.

https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_5531.html

خدابخشی، بهناز؛ جعفری، حمیدرضا؛ ۱۳۸۹. بررسی کاربرد مدل دسته‌بندی چندمعیاره Electre-TRI در تعیین اهمیت آثار محیط زیستی (مطالعه موردی: ارزیابی آثار محیط زیستی طرح سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل). نشریه پژوهش‌های محیط‌زیست. دوره ۱. شماره ۲. صص ۳۱-۴۲.

http://www.iraneiap.ir/article_13064.html

خیاط خلقی، مجید؛ ۱۳۸۱. کاربرد روش MCDM در اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به منظور کنترل سازه‌ای سیلاب. نشریه منابع طبیعی ایران. دوره ۵۵. شماره ۴. صص ۴۷۹-۴۹۰.

https://ijnr.ut.ac.ir/article_13063.html

رحمتی، امید؛ طهماسبی پور، ناصر؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ ۱۳۹۴. اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز استان گلستان براساس آنالیز مورفومتریک و همبستگی آماری. نشریه اکوهیدرولوژی. دوره ۲. شماره ۲. صص ۱۵۱-۱۶۱.

<https://10.22059/IJE.2015.56241>

روغنی، محمد؛ طباطبایی، سیدمحمودرضا؛ غفوری، عبدالمحمد؛ نمکی، سیدمحمد؛ ۱۳۸۷. اولویت‌بندی عملیات کنترل سیلاب از طریق به‌کارگیری شاخص مکانی سیل حوضه. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دوره ۲. شماره ۳. صص ۴۳-۵۲.

<https://www.sid.ir/paper/134820/fa>

سدیدی، جواد؛ حیدریان، پیمان؛ عزیزی قلاتی، سارا؛ باعقیده، محمد؛ عبدالمملکی، سپیده؛ ۱۳۹۶. روش ترکیبی ELECTRE-FAHP برای ارزیابی تناسب اراضی با رویکرد مکان‌یابی دفن پسماند در شهر اهواز. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. دوره ۲۸. شماره ۱ (پیاپی ۶۵). صص ۹۹-۱۱۲.

<https://10.22108/GEP.2017.97757.0>

سیدمحمدی، جواد؛ جعفرزاده، علی‌اصغر، سرمدیان، فریدون؛ شهبازی، فرزین؛ قربانی، محمدعلی؛ ۱۳۹۷. کاربرد روش‌های ELECTRE TRI و پارامتریک در ارزیابی تناسب بخشی از اراضی دشت مغان برای کشت ذرت تحت آبیاری بارانی. نشریه دانش آب‌وخاک (دانش کشاورزی). دوره ۲۸. شماره ۲. صص ۱۲۱-۱۳۷.

https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_7839.html

شعبانی بازنشین، آرمان؛ عمادی، علیرضا؛ فضل اولی، رامین؛ ۱۳۹۵. بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز و تعیین مناطق مولد سیل (حوضه آبخیز نکا). پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز. دوره ۷. شماره ۱۴. صص ۲۰-۲۸.

<https://10.29252/jwmr.7.14.28>

شماعی، علی؛ تابعی، نادر؛ حمیدی، محمدسعید؛ ۱۳۹۳. به‌کارگیری روش تحلیل تصمیم‌گیری چندمتغیره (الکتر) در رتبه‌بندی مناطق شهر اهواز. نشریه برنامه‌ریزی و آمایش فضا. دوره ۱۸. شماره ۱ (پیاپی ۸۳). صص ۲۵-۵۲.

<https://hsm.sp.modares.ac.ir/article-21-9596-fa.html>

عطایی، محمد؛ ۱۳۸۷. انتخاب محل مناسب برای احداث کارخانه آلومینا- سیمان با استفاده از روش الکترو. نشریه بین‌المللی علوم مهندسی. دوره ۱۹. شماره ۹. صص ۵۵-۶۳.

https://ajsr.aut.ac.ir/article_2236.html

فرجی سبکبار، حسنعلی؛ وزین، نرگس؛ سجاسی قیداری، حمداله؛ ۱۳۹۳. تبیین نابرابری فضایی سطح سلامت با استفاده از مدل تصمیم‌گیری الکترو (مطالعه موردی: شهرستان‌های استان خراسان رضوی). نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. دوره ۱۲. شماره ۲۲. صص ۸۳-۱۰۳.

<https://10.22067/GEOGRAPHY.V12I22.13709>

محمدی، علی‌اصغر؛ احمدی، حسن؛ ۱۳۹۰. اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها جهت ارائه برنامه‌های احیائی آبخیزداری (مطالعه موردی: حوضه آبخیز معروف). نشریه جغرافیایی سرزمین. دوره ۸. شماره ۲۹. صص ۶۹-۷۷.

https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_5364.html

مددی، عقیل؛ پیروزی، الناز؛ شکرزاده فرد، الهام؛ ۱۳۹۷. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبخیز آق لاقان چای، با استفاده از مدل ELECTRE. نشریه فضای جغرافیایی. دوره ۱۸. شماره ۶۴. صص ۱۹۹-۱۷۷.

<http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-2048-fa.html>

ملماسی، سعید؛ ارجمندی، رضا؛ نزاکی، رؤیا؛ اله داد، زهرا؛ ۱۳۹۵. استفاده از روش ELECTRE در ارزیابی ریسک زیست‌محیطی پروژه‌های سدسازی. نشریه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره ۱۸. شماره ۴ (مسلسل ۷۱). صص ۵۷-۷۲.

https://jest.srbiau.ac.ir/article_9956.html

Frank, E., Ramsbottom, D., Avanzi, A., 2016. Flood risk assessment and prioritisation of measures: Two key tools in the development of a national programme of flood risk management measures in Moldova, *International Journal of Safety and Security Engineering* ,6(3):475-484. <https://10.2495/SAFE-V6-N3-475-484/003>

Gourbesville, Ph., Vargas, R., 2014. Deterministic Hydrological Model for Flood Risk Assessment of Mexico City, *11th International Conference on Hydroinformatics HIC*, At: New York City, USA.

Ong, M.CH., Leong, Y. T., Wan, Y. K., Leng Chew, I. M., 2021. Multi-objective Optimization of Integrated Water System by FUCOM-VIKOR Approach, *Process Integration and Optimization for Sustainability*, volume 5, pages43-62. <https://10.1007/s41660-020-00146-3>

Roy, B., 1990. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods, in: Bana, C., Costa, A, Reading in multiple criteria decision aid, *Springer-Verlag*: Beling, pp 155-166. https://10.1007/978-3-642-75935-2_8

Roy, B., 1991. The outranking approach and the foundation of ELECTRE Methods, *Theory and Decision*, 31 (1): 49-73. <https://10.1007/BF00134132>

Scorzini, A. R., Leopardi, M., 2017. River basin planning: from qualitative to quantitative flood risk assessment: the case of Abruzzo Region (central Italy), *Natural Hazards*, 88(1):1-23. <https://10.1007/s11069-017-2857-8>

Wenchao, Qi., Chao, Ma., Hongshi, Xu., Zifan, Ch., Kai, Z., Hao, Han., 2021. A review on applications of urban flood models in flood mitigation strategies, *Natural Hazards*, volume 108, pages31-62. <https://10.1007/s11069-021-04715-8>

Yu, X., Lu, Y., Cai, M., 2018. Evaluating agro-meteorological disaster of China based on differential evolution algorithm and VIKOR, *Natural Hazards*, volume 94, pages671–687. <https://10.1007/s11069-018-3412-y>