

Comparison of TOPSIS and VIKOR multi-criteria decision-making techniques in prioritizing sub-basins for watershed management operations (Case study: Ilam Dam Basin)

Zainab Rahimy ^a, Mohsen Tavakoli ^{b,*}, Haidar Ebrahimi ^c

*a*Master's degree graduate, Department of Range and Watershed Management, Agriculture Faculty, Ilam University, Ilam, Iran

*b*Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Agriculture Faculty, Ilam University, Ilam, Iran

*c*Ph.D. graduate, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

Research Full Paper

Article History (Received: 2025/01/30

Accepted: 2025/04/29)

Extended abstract

1- Introduction

Nowadays, watersheds have been raised as the focus of planning for sustainable development in many management issues. Evaluating the ecological capacity of watersheds and ranking them according to various ecological criteria for watershed management operations is one of the important issues in planning and comprehensive management of watersheds. Watershed managers and planners often face problems in complex decision-making. These complexities are largely due to the fact that there are a large number of influential factors and variables that must be considered in decision-making, and since the effects and internal dependencies of these factors are different, managers face difficulty in understanding the issue. Since the cost of watershed management projects is high and the budget for development projects is limited, it is necessary that projects be carried out based on prioritization of watersheds. In this regard, multi-criteria decision-making techniques are an appropriate approach to solving such problems. In recent years, with the growth and development of management software and programs, these decisions are made using models, including TOPSIS and VIKOR. So far, various studies have been conducted using multi-criteria decision-making methods in relation to watershed issues. A review of the sources and research records shows that the use of the above methods for prioritizing soil erosion has been widely used, but there are no records of the use of the above methods in prioritizing watershed management operations with respect to the design and calculation of the volumes of check dams for each sub-basin and their financial burden separately for each sub-basin, which are two determining factors in the implementation of watershed management plans, along with other factors. Therefore, this study aims to compare the two VIKOR and TOPSIS models in prioritizing the sub-basins of the Ilam Dam basin for watershed management operations by considering 18 factors, including the volumes of check dams and their financial burden, and determining the importance of the main factors of soil erosion in the basin.

2. Methodology

The Ilam dam basin, located in western Iran, was selected as the case study area. The basin was divided into 12 sub-basins, and 18 decision-making criteria were identified. These included factors such as area, slope, drainage density, sediment load, operation cost, and vegetation cover, number of residential zones, and soil /geological erodibility. The weights of these criteria were determined using the Shannon Entropy method, which quantifies the uncertainty or variability associated with each factor. TOPSIS and VIKOR methods were then applied independently to prioritize the sub-basins. TOPSIS involves calculating the geometric distances of each option from the ideal and anti-ideal solutions based on weighted normalized decision matrices. The alternatives are then ranked based on their closeness to the ideal solution. VIKOR, on the other hand, focuses on ranking and selecting from a set of alternatives with conflicting criteria, providing a compromise solution that is closest to the ideal based on satisfaction and regret measures. Both models used the same input data and weights to ensure a fair comparison.

* Corresponding Author: m.tavakoli@ilam.ac.ir

3- Results

Based on the results of the entropy method, the highest weight belongs to the criterion of the number of residential points (0.188) and the lowest weight belongs to the erodibility of geological formations (0.002). Two important criteria, including "sub-basin sediment load" and "operation cost of proposed structures (operation volume)", also have weights of 0.039 and 0.104, respectively. Also, the sediment load criterion and many other criteria are very closely and directly related to each other, and if their total weight is calculated, we will find that the sedimentation status of the sub-basin is given a large weight in total. Based on the results of prioritization using the TOPSIS method, the obtained similarity index, which theoretically can be between zero and one, varies between 0.274 and 0.571 for the options in this study, which generally indicates the closeness of the options to each other. Accordingly, sub-basin "number 2" has obtained the highest priority for the construction of watershed structures. Also, sub-basins numbers 1 and 6 have the lowest rank or priority for structural construction operations. Based on the results of prioritization using the VIKOR method, both options IDBint_02 and IDB_09 are recognized as superior options. In other words, sub-basins IDBint_02 and IDB_09 have the highest priority for watershed operation.

4- Discussion & Conclusions

Although, according to the results obtained from the TOPSIS and VIKOR models, both models introduced the IDBint_02 sub-basin as the first sub-basin for watershed management operations; however, the results of these models were different in the subsequent priorities and did not provide similar results. So that these two models have selected the first four priorities from among the 12 options with a slight displacement of the options, and both models have selected the same option as their first priority, namely sub-basin number 2. Comparing the results of the two models in selecting priorities 5 to 12 shows that except for the twelfth priority (sub-basin number 12), which is common in both models, the other priorities in the two models have significant differences. Accordingly, considering the field visits and considering the general condition of the studied sub-basins, according to the expert opinion of the experts of the Ilam Dam Sedimentation Study Plan, the VIKOR model can be used as a more appropriate method in similar cases.

Key Words: Watershed management operations, Multi-criteria decision making, VIKOR and TOPSIS, Ilam Dam Basin.

Cite this article: Rahimy, Z., Tavakoli, M., & Ebrahimi, H. (2025). Comparison of TOPSIS and VIKOR multi-criteria decision-making techniques in prioritizing sub-basins for watershed management operations (Case study: Ilam Dam Basin). *Journal of Environmental Erosion Research*. 2025; 15 (2):127-143. <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.127>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.127>

Published by Hormozgan University Press.

URL: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>

مقایسه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس و ویکور در اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها برای انجام اقدامات آبخیزداری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد ایلام)

زینب رحیمی: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

محسن توکلی*: دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

حیدر ابراهیمی: دانش‌آموخته دکتری تخصصی، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹)

DOI: <http://doi.org/10.61186/jeer.15.2.127>

چکیده

مدیران و برنامه‌ریزان حوزه‌های آبخیز اغلب با مشکلاتی در تصمیم‌گیری‌های پیچیده مواجه هستند. این پیچیدگی‌ها عمدتاً به دلیل این واقعیت است که تعداد زیادی از فاکتورها مؤثر و متغیرها وجود دارند که باید در تصمیم‌گیری لحاظ شوند و از آنجا که اثرات و وابستگی‌های داخلی این عوامل متفاوت است، مدیران برای درک مسئله با مشکل مواجه می‌شوند. در این رابطه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره راهکار مناسبی برای حل این گونه مسائل است. درواقع با استفاده از این تکنیک‌ها با توجه به معیارهای مختلف تصمیم‌گیری، می‌توان بهترین گزینه یا گزینه‌ها را از بین گزینه‌های موجود تصمیم‌گیری انتخاب و اجرایی نمود. در این تحقیق کارایی دو مدل VIKOR و TOPSIS برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوزه سد ایلام برای انجام عملیات آبخیزداری مورد مقایسه قرار گرفت. برای این منظور، ابتدا ۱۸ معیار تأثیرگذار توسط روش آنتروپی شانون وزن‌دهی شدند سپس ماتریس تصمیم بر اساس ۱۲ زیرحوضه سد ایلام تشکیل شد و با استفاده از مدل‌های فوق، اولویت‌بندی این ۱۲ زیرحوضه انجام شد. بر اساس نتایج حاصل از روش تاپسیس، زیرحوضه IDBint_02 و بر اساس نتایج روش ویکور، دو زیرحوضه IDBint_02 و IDB_09 به عنوان گزینه‌های دارای بالاترین اولویت شناخته شدند. مقایسه نتایج مدل‌های فوق، نشان می‌دهد که هر دو مدل زیر حوضه IDBint_02 را به عنوان زیرحوضه اول جهت انجام عملیات آبخیزداری معرفی کردند؛ اما نتایج این مدل‌ها در اولویت‌های بعدی متفاوت بود و نتایج مشابه را ارائه ندادند. به طور کلی با توجه به بازدهی‌های میدانی انجام شده و در نظر گرفتن وضعیت کلی زیرحوضه‌های مورد مطالعه مطابق با نظر کارشناسی مدل ویکور می‌تواند به عنوان گزینه مناسب‌تر در موارد مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: عملیات آبخیزداری، تصمیم‌گیری چندمعیاره، VIKOR و TOPSIS، حوزه سد ایلام

۱- مقدمه

امروزه حوزه‌های آبخیز به‌عنوان محور برنامه‌ریزی جهت توسعه پایدار در بسیاری از مباحث مدیریتی مطرح شده است. ارزیابی توان اکولوژیکی حوزه‌های آبخیز و رتبه‌بندی آن‌ها با توجه به معیارهای مختلف اکولوژیکی جهت اقدامات آبخیزداری، یکی از موارد مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز می‌باشد (Asadi Nalivan et al., 2016). مدیران و برنامه‌ریزان حوزه‌های آبخیز اغلب با مشکلاتی در تصمیم‌گیری‌های پیچیده مواجه هستند. این پیچیدگی‌ها عمدتاً به دلیل این واقعیت است که تعداد زیادی از فاکتورهای مؤثر و متغیرها وجود دارند که باید در تصمیم‌گیری لحاظ شوند و از آنجا که اثرات و وابستگی‌های داخلی این عوامل متفاوت است، مدیران برای درک مسئله با مشکل مواجه می‌شوند. مقدار اطلاعات و تقابل فاکتورها باعث می‌شود که بشر قادر به مشاهده کامل مسائل تصمیم‌گیری در مورد برنامه‌ریزی استفاده از زمین (آمایش سرزمین) نباشد (Witlox, 2005). به‌عنوان مثال، از آنجایی که هزینه طرح‌های آبخیزداری سنگین و بودجه پروژه‌های عمرانی نیز محدود می‌باشد، لذا ضرورت دارد که اقدامات بر اساس اولویت و وضعیت حوزه‌های آبخیز صورت بگیرد. در این رابطه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره راهکار مناسبی برای حل این گونه مسائل است. درواقع با استفاده از این تکنیک‌ها با توجه به معیارهای مختلف تصمیم‌گیری، می‌توان بهترین گزینه یا گزینه‌ها را از بین گزینه‌های موجود تصمیم‌گیری انتخاب و اجرایی نمود (Yang et al, 2007).

تصمیم‌گیر مسئول است که هم مسئله مطرح در تصمیم‌گیری و هم اهداف کلان آن مسئله را شناسایی کند و به‌طور مستقیم ارزش نهایی ارزیابی را سر و سامان دهد تا در طبقه‌بندی گزینه‌ها، راه‌حل مشخصی برای آن معین شود (Chung et al, 2009). در سال‌های اخیر و با رشد و توسعه نرم‌افزارها و برنامه‌های مدیریتی، این تصمیم‌گیری‌ها با استفاده از مدل‌ها انجام می‌شود که TOPSIS و VIKOR از جمله آن‌ها هستند. تاکنون مطالعات مختلفی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در ارتباط با مسائل حوزه‌های آبخیز صورت گرفته است. به‌عنوان مثال، (Kaya & Kahraman, 2011) اولویت‌بندی برای جنگل‌کاری در منطقه استانبول، (Rahiminasab et al., 2012) پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در آبخیز زیارت در ایران، (Chowdary et al., 2013) شناسایی زیرحوضه‌های با تخریب بیشتر و تولید رسوب بالاتر در آبخیز میوراکشی^۱ در هند، (Asadi Nalivan et al., 2013) ارزیابی توان اکولوژیکی در حوزه آبخیز زیدشت در ایران، (Karimi & Najafi, 2013) ارزیابی خطرات زمین لغزش در تهران، (Altaf et al., 2014) اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز کشمیر هیمالیا به فرسایش خاک، (Foroozanfar et al., 2014) پهنه‌بندی حساسیت به وقوع زمین لغزش در حوزه آبخیز تالار در مازندران، (Raju et al., 2017) اولویت‌بندی ۲۲۴ زیرحوضه حوزه آبخیز ماهانادی^۲ در هند بر اساس هفت فاکتور برای انجام اقدامات حفاظت آب و خاک، (Mohamadi, 2018) اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز آسیاب جفته به منظور اجرای پروژه‌های آبخیزداری، (Makhdumi and Dwarakish, 2019) اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز Netravati در هندوستان را از نظر خطر فرسایش، (Khourshidi et al., 2021) اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوزه آبخیز حاجی‌بخیار ایلام، (Chezgi and Soheili, 2021) مکان‌یابی پخش سیلاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک در شهرستان تایباد در ایران، (Alvandi & Teimouri, 2022) بررسی اولویت

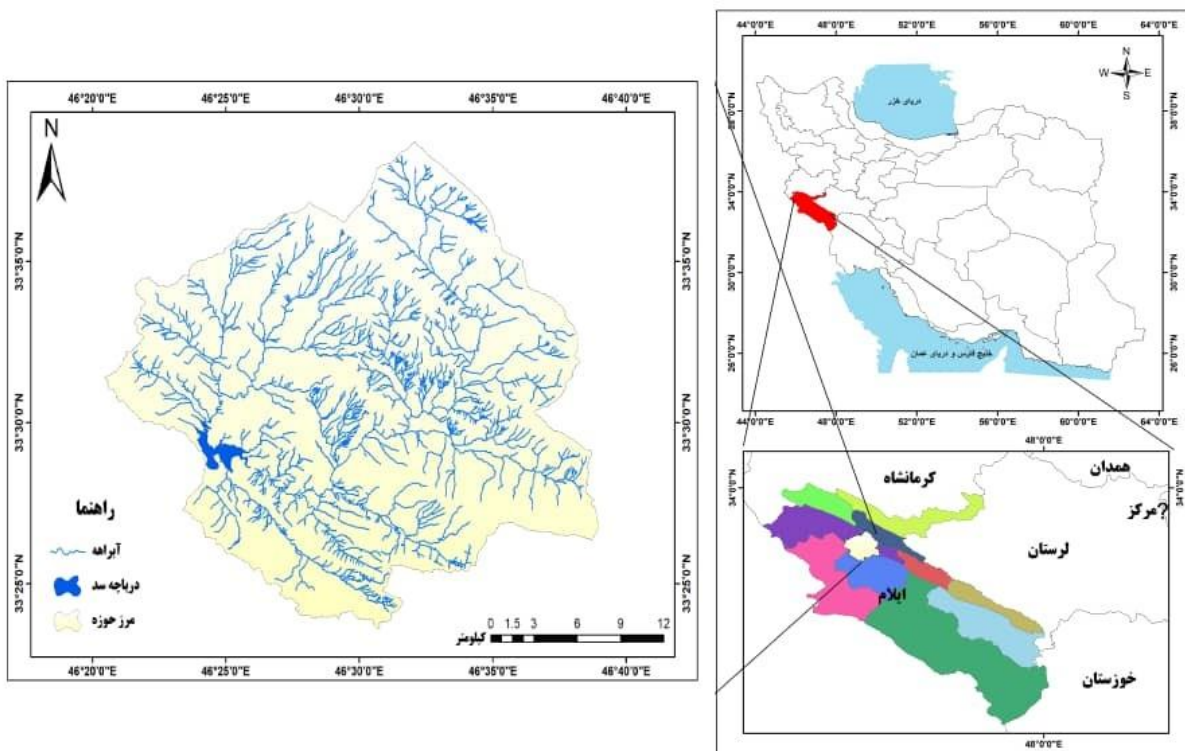
1 - Mayurakshi

2 - Mahanadi

فرسایش‌پذیری و سیل‌خیزی زیر حوزه‌های آبخیز بنکوه، (Mohammadi Issaabad et al., 2024) ارزیابی آسیب‌پذیری سیلاب در رودخانه چشمه کیله تنکابن، (Iqbal Shah & Das Pan, 2024) بررسی حساسیت به سیلاب حوزه آبریز رودخانه Jhelum در هند را با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ازجمله TOPSIS و VIKOR انجام دادند. مرور منابع و سوابق تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های فوق برای اولویت‌بندی فرسایش خاک به‌صورت بسیار زیادی مورد استفاده قرار گرفته است اما سوابقی از استفاده از این روش‌ها در اولویت‌بندی اقدامات اجرایی با توجه به طراحی و محاسبه احجام بندهای اصلاحی برای هر زیرحوضه و همچنین بار مالی آن‌ها به تفکیک زیرحوضه که دو عامل تعیین‌کننده در اجرای طرح‌های آبخیزداری هستند وجود ندارد بنابراین این تحقیق با هدف مقایسه دو مدل VIKOR و TOPSIS در اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوزه سد ایلام جهت اقدامات اجرایی با در نظر گرفتن ۱۸ عامل ازجمله احجام بندهای اصلاح و بار مالی آن و تعیین اهمیت عوامل اصلی فرسایش خاک در حوزه صورت گرفته است.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز مورد مطالعه تحت عنوان «حوزه آبخیز سد ایلام» با مساحت ۴۷۵۳۹ هکتار در نیمه شمالی استان ایلام واقع شده و دارای مختصات جغرافیایی $28^{\circ} 20' 46''$ تا $29^{\circ} 38' 56''$ طول شرقی و $33^{\circ} 36' 33''$ تا $33^{\circ} 44' 44''$ عرض شمالی می‌باشد. شهر و روستاهای اصلی واقع در محدوده شامل جعفرآباد، گل‌گل، مهر، چشمه کبود و قجر می‌باشد. کمترین ارتفاع منطقه ۹۶۸ و بیشترین ارتفاع آن ۲۶۰۵ متر از سطح دریا می‌باشد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز سد ایلام

۳- مواد و روش

۳-۱- داده‌ها و مراحل اجرای پژوهش

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد هدف از این پژوهش ارزیابی کارایی مدل‌های تاپسیس و ویکور به‌عنوان روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در اولویت‌بندی زیرحوضه‌های سد ایلام برای انجام اقدامات آبخیزداری است که در آن ۱۲ زیرحوضه سد ایلام با استفاده از ۱۸ معیار مورد بررسی قرار گرفت. ۱۸ معیار مورد اشاره در جدول ۱ و مقادیر آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به تأثیری که این معیارها در اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها دارند به‌عنوان ایده آل مثبت و ایده آل منفی در مدل‌ها به کار رفته‌اند. این معیارها، پس از وزن‌دهی، به‌عنوان ورودی مدل‌ها به کار گرفته شد و درنهایت خروجی مدل‌ها با عنوان نتایج نهایی اولویت‌ها به دست آمد. در ادامه مراحل کامل هرکدام از مدل‌ها به‌طور کامل شرح داده شده است:

معرفی روش TOPSIS^۱

روش تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) است که در سال ۱۹۸۱ ارائه شد (Ataei, 2010). در این روش از دو مفهوم "حل ایده آل" و "شباهت به حل ایده آل" استفاده شده است. حل ایده آل چنانچه از اسم آن پیداست، آن حلی است که از هر جهت بهترین باشد که عموماً در عمل وجود نداشته و سعی بر آن است که به آن نزدیک شویم. به‌منظور اندازه‌گیری شباهت یک طرح (یا گزینه) به حل ایده آل و ضد ایده آل، فاصله آن طرح (یا گزینه) از حل ایده آل و ضد ایده آل اندازه‌گیری می‌شود. سپس گزینه‌ها بر اساس نسبت فاصله از حل ضد ایده آل به مجموع فاصله از حل ایده آل و ضد ایده آل ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند. روش تاپسیس به‌تنهایی قادر به محاسبه وزن معیارها نیست بنابراین می‌توان از روشی مشهور به نام آنتروپی شانون وزن معیارها را محاسبه کرد و سپس به‌عنوان ورودی به روش تاپسیس داد.

روش آنتروپی

روش آنتروپی در سال ۱۹۷۴ توسط شانون و ویور ارائه شده است. آنتروپی بیان‌کننده مقدار عدم اطمینان در یک توزیع احتمال پیوسته است. ایده اصلی این روش آن است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است.

در یک ماتریس تصمیم‌گیری با m گزینه و n معیار، مراحل تعیین وزن معیارها با این روش به شرح زیر است (Ataei, 2010):

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم (تشکیل جدول تصمیم‌گیری)

اولین مرحله از مراحل روش آنتروپی تشکیل جدول تصمیم‌گیری است. بنابراین برای محاسبه وزن شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی ابتدا باید جدول تصمیم‌گیری مسئله را تشکیل داد، زیرا همان‌طور که بیان شد جدول تصمیم‌گیری به‌عنوان ورودی روش آنتروپی در نظر گرفته می‌شود.

گام دوم: تعیین P_{ij} (نرمال‌سازی جدول تصمیم‌گیری)

1- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

این مرحله بی مقیاس کردن جدول تصمیم‌گیری می‌باشد. برای نرمال‌سازی از روش نرمال‌سازی ساده یعنی همان روش میانگین حسابی استفاده می‌شود (جدول ۳). رابطه نرمال‌سازی ساده به صورت زیر می‌باشد.

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

گام سوم: تعیین آنتروپی هر شاخص

در رابطه ۲، در این مرحله باید آنتروپی هر یک از شاخص‌ها را با استفاده از روش زیر به دست آورد. مقدار m در واقع تعداد گزینه‌های پژوهش می‌باشد.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad K = \frac{1}{\ln m} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$i=1, 2, \dots, m$

نکته: مقدار K باعث می‌شود که مقدار آنتروپی هر شاخص بین صفر و یک باقی بماند.

گام چهارم: محاسبه هر شاخص از آنتروپی آن (d_j)

در این مرحله باید فاصله هر یک از شاخص‌ها را از مقدار آنتروپی آن، که در مرحله قبل محاسبه شد، محاسبه شود. برای این کار از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$d_j = 1 - E_j \quad \text{رابطه (۳)}$$

گام پنجم: تعیین وزن هر شاخص (W_j): در این مرحله وزن هر شاخص را با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^n d_j} \quad \text{رابطه (۴)}$$

مراحل روش تاپسیس برای اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری

مراحل روش تاپسیس در ادامه آورده شده است (Ghodsipour, 2002).

گام ۱- تشکیل ماتریس تصمیم

در تکنیک تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود. بنابراین به هر گزینه بر اساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می‌تواند بر اساس مقادیر کمی و واقعی باشد یا اینکه کیفی و نظری باشد. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم $m \times n$ تشکیل شود.

گام ۲- نرمال کردن ماتریس تصمیم

در این گام مقیاس‌های موجود در ماتریس تصمیم بدون مقیاس شده و به این ترتیب که هر کدام از مقادیر بر اندازه بردار مربوط به همان شاخص تقسیم می‌شود و در نتیجه درایه r_{ij} از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

گام ۳- وزن دهی به ماتریس تصمیم نرمال شده

ماتریس تصمیم درواقع پارامتری است و لازم است کمی شود، به این منظور تصمیم‌گیرنده، برای هر شاخص، وزنی را معین می‌کند. بنابراین باید از پیش، اوزان معیارها با استفاده از تکنیکی مانند AHP یا آنتروپی شانون محاسبه شده باشد. موزون کردن بسیار ساده است و وزن هر معیار در درایه‌های مربوط به آن معیار ضرب می‌شود.

گام ۴- محاسبه ایده آل‌های مثبت و منفی

محاسبه SIP و SIN گام بعدی است. در این گام برای هر شاخص یک ایده آل مثبت (+A) و یک ایده آل (-A) منفی محاسبه می‌شود. در اینجا باید نوع معیارها یا جنبه مثبت دارند یا منفی. معیارهای مثبت معیارهایی هستند که افزایش آن‌ها باعث بهبود در سیستم شود مثل کیفیت یک محصول این معیار از نوع مثبت است و حل ایده آل آن برابر با کوچک‌ترین درایه سلول. برای معیارهای منفی بلعکس.

- برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده آل مثبت بزرگ‌ترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده آل منفی کوچک‌ترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده آل مثبت کوچک‌ترین مقدار آن معیار است.
- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده آل منفی بزرگ‌ترین مقدار آن معیار است.

گام ۵- فاصله از ایده آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه حل ایده آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل حساب می‌شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده آل مثبت و منفی با فرمول زیر محاسبه خواهد شد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad \text{رابطه (۶)}$$

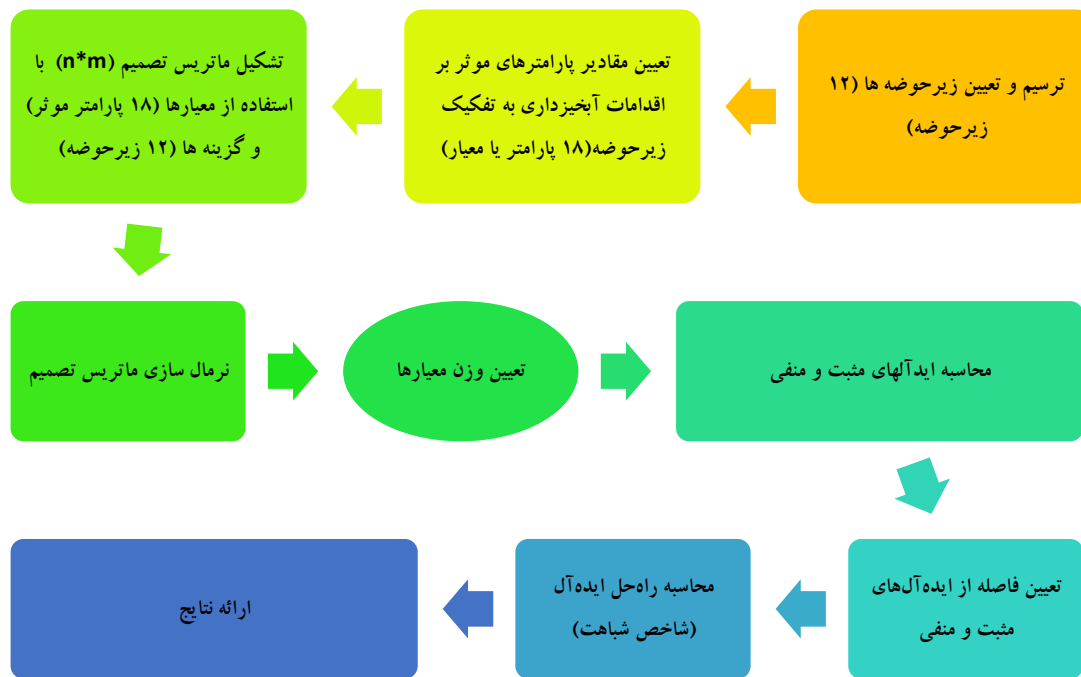
$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad \text{رابطه (۷)}$$

گام ۶- محاسبه راه حل ایده آل (شاخص شباهت)

شاخص شباهت نشان‌دهنده امتیاز هر گزینه است و در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل حساب می‌شود. برای این کار از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$cl_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad \text{رابطه (۸)}$$

مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد راه کار به جواب ایده آل نزدیک‌تر است و راه کار بهتری می‌باشد.



شکل ۲: فلوچارت روش تاپسیس در این تحقیق

معرفی روش VIKOR^۱ و مراحل آن برای اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری

گام ۱- تشکیل ماتریس تصمیم

در تکنیک ویکور با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود. بنابراین به هر گزینه بر اساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می‌تواند بر اساس مقادیر کمی و واقعی باشد یا اینکه کیفی و نظری باشد. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم $m \times n$ در تشکیل شود.

گام ۲- نرمال کردن ماتریس تصمیم

مانند سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، ماتریس تصمیم باید نرمال شود. از آنجایی که در اندازه‌گیری معیارها دامنه متنوعی از مقیاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا لازم است که معیارها قبل از ترکیب با یکدیگر استاندارد گردد. استاندارد نمودن داده‌ها به معنای همسان کردن دامنه تغییرات داده‌ها بین صفر و یک و یا یک دامنه مشخص دیگر می‌باشد.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۹)}$$

گام ۳- تعیین بردار وزن معیارها

در این مرحله باید وزن‌های معیارها را محاسبه کرد.

$$W=[w_1, w_2, \dots, w_n]$$

گام ۴- تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر معیار

بهترین مقدار برای معیارهای مثبت و منفی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$f^+ = \max_j n_j \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$f^- = \min_j n_j \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

بدترین مقدار برای معیارهای مثبت و منفی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$f^- = \min_j n_j \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

$$f^+ = \max_j n_j$$

گام ۵- محاسبه مقدار رضایت (S) و مقدار عدم رضایت (R)

مقدار رضایت (S) بیانگر فاصله نسبی گزینه i ام از نقطه ایده‌آل و مقدار عدم رضایت (R) بیانگر حداکثر دوری گزینه i ام از نقطه ایده‌آل می‌باشد.

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j \cdot \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$R_i = \max_j [W_j \cdot \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}] \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

گام ۶- محاسبه شاخص ویکور (مقدار Q)

گام بعدی محاسبه شاخص ویکور (Q) برای هر گزینه است:

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right] + (1 - v) \left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right] \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

$$S^* = \min S_i ; S^- = \max S_i$$

$$R^* = \min R_i ; R^- = \max R_i$$

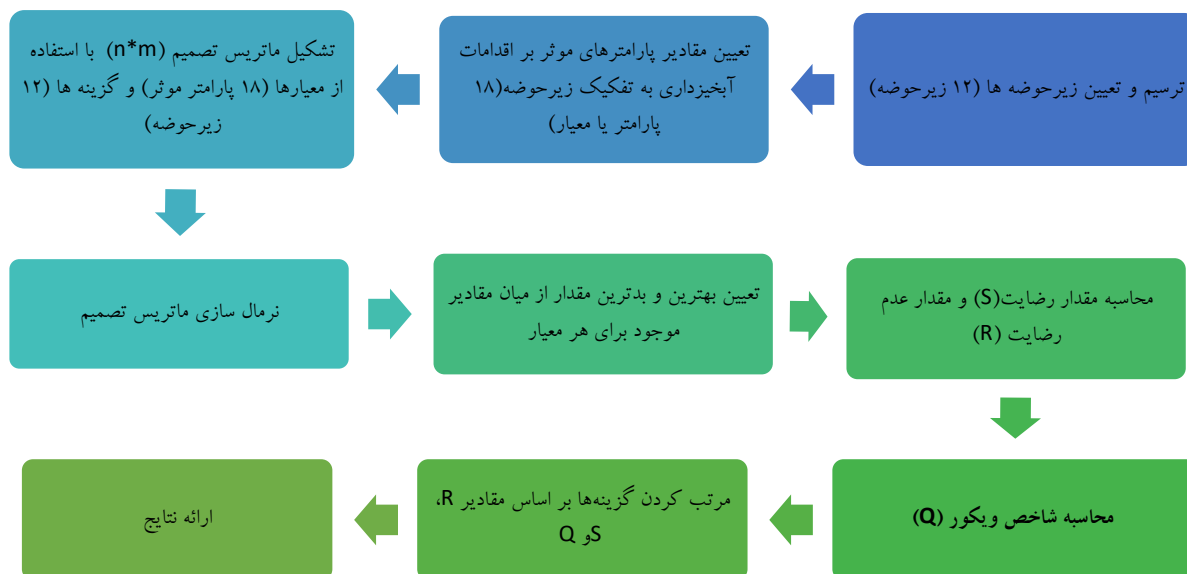
گام ۷- مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر S، R و Q

در گام پایانی از تکنیک ویکور، گزینه‌ها بر اساس مقادیر S، R، Q در سه گروه از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند. بهترین گزینه آن است که در هر سه مقدار رتبه برتر باشد در غیر این صورت گزینه برتر گزینه‌ای است که کوچک‌ترین Q را داشته باشد به شرط آنکه دو شرط زیر برقرار باشد:

شرط یک: اگر گزینه A1 و A2 در میان m گزینه رتبه اول و دوم را داشته باشند، باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

شرط دو: گزینه A1 باید حداقل در یکی از گروه‌های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته شود. اگر شرط نخست برقرار نباشد هر دو گزینه بهترین گزینه خواهند بود. اگر شرط دوم برقرار نباشد گزینه A1 و A2 هر دو به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شوند.



شکل ۳: فلوچارت روش ویکور در این تحقیق

جدول ۱: معیارهای مورد استفاده در تحقیق

ردیف	معیار	کد معیار	نوع معیار
۱	مساحت (کیلومتر مربع)	C1	مثبت
۲	شیب (درصد)	C2	مثبت
۳	ضریب شکل	C3	مثبت
۴	تراکم زهکشی	C4	مثبت
۵	دبی حداکثر ۵۰ ساله (مترمکعب بر ثانیه)	C5	مثبت
۶	فرسایش ویژه (تن در هکتار در سال)	C6	مثبت
۷	رسوب ویژه (تن در هکتار در سال)	C7	مثبت
۸	میزان بار رسوب (تن در سال)	C8	مثبت
۹	فرسایش پذیری خاک	C9	مثبت
۱۰	پوشش گیاهی (۱-۰)	C10	منفی
۱۱	عملیات عمرانی (طول راه‌ها برحسب کیلومتر)	C11	مثبت
۱۲	شمار حرکات توده‌ای فعال	C12	مثبت
۱۳	حجم مخزن خالی سازه‌های موجود (مترمکعب)	C13	منفی
۱۴	حجم مخزن سازه‌های پیشنهادی (مترمکعب)	C14	مثبت
۱۵	حجم عملیات سازه‌های پیشنهادی (مترمکعب)	C15	منفی
۱۶	تعداد مناطق مسکونی	C16	مثبت
۱۷	مساحت اراضی کشاورزی (هکتار)	C17	مثبت
۱۸	فرسایش پذیری سازندها (EPM: 0-2)	C18	مثبت

جدول ۲: ماتریس تصمیم آنتروپی شانون

معیارها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
گزینه‌ها																		
IDB_01	۴۷	۴۱	۰/۴۹	۱/۵۷	۴۱/۳	۵۷/۷	۲۰/۵	۹۶۷۴۴	۰/۲۵	۰/۴۰	۳۶/۱۰	۰	۱۶۹۳۸	۶۱۹۵	۸۸۷	۰	۶۶۲	۰/۹۲
IDBint_02	۶۴	۴۴	۰/۵۳	۱/۸۹	۵۶/۱	۷۱/۰	۲۶/۳	۱۶۸۸۱۸	۰/۳۲	۰/۶۰	۷۹/۶۰	۱	۵۴۶۴	۶۶۱۳۶	۱۷۱۲۵	۸	۸۶۹	۱/۰۸
IDB_03	۲۴	۳۸	۰/۳۲	۲/۶۶	۲۰/۶	۴۵/۹	۱۸/۲	۴۲۹۰۹	۰/۲۴	۰/۷۰	۲۴/۵۰	۴	۶۰۱۰	۶۳۵۵۴	۷۹۴۲	۲	۵۶۷	۱/۲۵
IDB_04	۵۷	۵۵	۰/۳۷	۱/۴۵	۴۹/۴	۷۸/۸	۳۲/۹	۱۸۶۰۶۷	۰/۱۸	۰/۴۵	۴۹/۹۰	۳	۰	۲۳۱۵۷۷	۳۲۶۹۳	۰	۳۹۰	۰/۹۹
IDBint_05	۳۱	۴۱	۰/۴۲	۲/۳۲	۲۷/۰	۵۷/۱	۲۸/۱	۸۶۹۶۰	۰/۳۸	۰/۳۲	۲۴/۱۰	۱۷	۱۶۳۹	۸۹۳۲۱	۸۹۲۴	۱	۱۰۴۴	۱/۰۷
IDB_06	۳۱	۵۴	۰/۳۱	۱/۸۸	۲۶/۶	۶۸/۰	۲۹/۰	۸۸۴۳۴	۰/۴۱	۰/۵۰	۲۳/۱۰	۳	۱۳۶۶۰	۲۷۰۷۳	۵۷۸۸	۱	۶۴۲	۰/۸۷
IDBint_07	۲۹	۵۸	۰/۲۴	۲/۴۸	۲۵/۲	۶۰/۴	۲۴/۸	۷۱۴۹۹	۰/۲۸	۰/۴۰	۴/۲۰	۰	۰	۴۹۷۹	۱۱۳۵	۱	۵۰	۱/۱۵
IDB_08	۷	۵۱	۰/۲۷	۱/۶۸	۶/۴	۴۶/۸	۱۸/۲	۱۳۲۵۹	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۰۹
IDB_09	۴۵	۳۸	۰/۲۴	۱/۴۹	۳۸/۹	۴۰/۱	۱۵/۷	۷۰۰۹۹	۰/۲۲	۰/۳۵	۳۲/۲۰	۸	۶۰۱۰	۱۲۸۲۷	۴۰۸۵	۳	۸۵۳	۰/۹۸
IDB_10	۷۰	۳۴	۰/۴۱	۱/۵۸	۶۱/۴	۴۳/۰	۱۶/۰	۱۱۲۵۰۸	۰/۱۷	۰/۳۱	۵۷/۱۰	۱۰	۲۱۳۰۹	۱۲۱۱۵۴	۲۴۴۲۰	۵	۲۵۳۸	۱/۲۹
IDB_11	۴۴	۳۱	۰/۳۱	۱/۶۵	۳۸/۲	۳۳/۵	۱۱/۳	۴۹۴۸۶	۰/۲۶	۰/۴۸	۴۳/۲۰	۴	۱۵۲۹۹	۴۲۴۷۱	۸۳۵۵	۱	۱۱۵۴	۱/۲۷
IDBint_12	۲۴	۴۷	۰/۲۵	۱/۳۸	۲۱/۳	۵۹/۳	۲۳/۸	۵۷۲۷۲	۰/۳۹	۰/۳۶	۲۰/۴۰	۲	۵۴۶	۱۹۵۷۳	۴۲۰۳	۰	۲۲۳	۰/۹۶

جدول ۳: ماتریس نرمال آنتروپی شانون

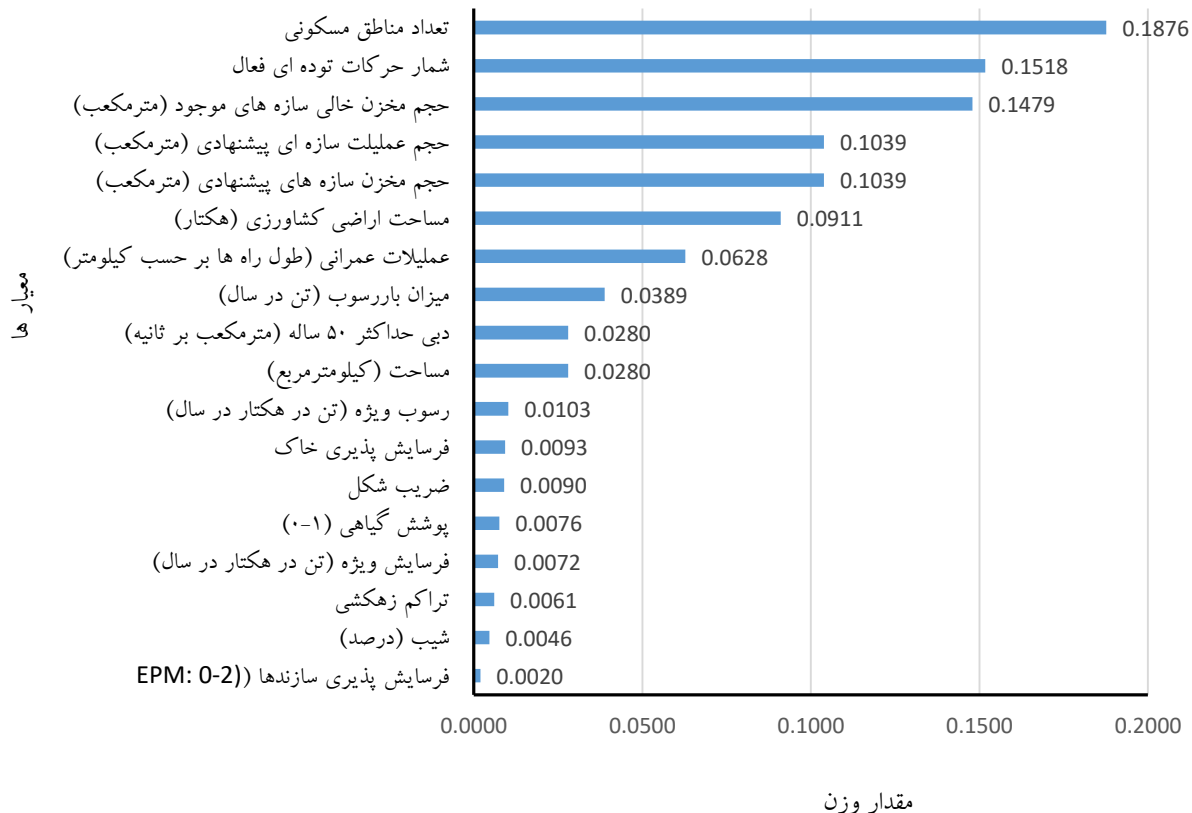
معیارها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
گزینه‌ها																		
IDB_01	۰/۱۰۰	۰/۰۷۶	۰/۱۱۸	۰/۰۷۱	۰/۱۰۰	۰/۰۸۷	۰/۰۷۷	۰/۰۹۳	۰/۰۷۳	۰/۰۷۵	۰/۰۹۲	۰/۰۰۰	۰/۱۹۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۷۴	۰/۰۷۱
IDBint_02	۰/۱۳۶	۰/۰۸۲	۰/۱۲۶	۰/۰۸۶	۰/۱۳۶	۰/۱۰۷	۰/۰۹۹	۰/۱۶۲	۰/۰۹۴	۰/۱۱۳	۰/۲۰۲	۰/۰۱۹	۰/۰۶۳	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۳۶۴	۰/۰۹۷	۰/۰۸۴
IDB_03	۰/۰۵۰	۰/۰۷۲	۰/۰۷۷	۰/۱۲۱	۰/۰۵۰	۰/۰۶۹	۰/۰۶۹	۰/۰۴۱	۰/۰۷۰	۰/۱۳۲	۰/۰۶۲	۰/۰۷۷	۰/۰۶۹	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۹۱	۰/۰۶۳	۰/۰۹۷
IDB_04	۰/۱۲۰	۰/۱۰۴	۰/۰۸۹	۰/۰۶۶	۰/۱۲۰	۰/۱۱۹	۰/۱۲۴	۰/۱۷۸	۰/۰۵۳	۰/۰۸۵	۰/۱۲۷	۰/۰۵۸	۰/۰۰۰	۰/۳۰۶	۰/۳۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۴۳	۰/۰۷۷
IDBint_05	۰/۰۶۶	۰/۰۷۷	۰/۱۰۱	۰/۱۰۵	۰/۰۶۶	۰/۰۸۶	۰/۱۰۶	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱	۰/۰۶۰	۰/۰۶۱	۰/۳۲۷	۰/۰۱۹	۰/۰۸۶	۰/۰۸۶	۰/۰۴۵	۰/۱۱۶	۰/۰۸۳
IDB_06	۰/۰۶۵	۰/۱۰۱	۰/۰۷۳	۰/۰۸۵	۰/۰۶۵	۰/۱۰۳	۰/۱۱۰	۰/۰۸۵	۰/۱۲۰	۰/۰۹۴	۰/۰۵۹	۰/۰۵۸	۰/۱۵۷	۰/۰۸۶	۰/۰۸۶	۰/۰۴۵	۰/۰۷۱	۰/۰۶۷
IDBint_07	۰/۰۶۱	۰/۱۰۹	۰/۰۵۹	۰/۱۱۳	۰/۰۶۱	۰/۰۹۱	۰/۰۹۴	۰/۰۶۸	۰/۰۸۲	۰/۰۷۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۴۵	۰/۰۰۶	۰/۰۸۹
IDB_08	۰/۰۱۵	۰/۰۹۶	۰/۰۶۶	۰/۰۷۶	۰/۰۱۵	۰/۰۷۱	۰/۰۶۹	۰/۰۱۳	۰/۰۹۱	۰/۰۸۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۸۴
IDB_09	۰/۰۹۴	۰/۰۷۱	۰/۰۵۷	۰/۰۶۸	۰/۰۹۴	۰/۰۶۱	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۸۲	۰/۱۵۴	۰/۰۶۹	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۱۳۶	۰/۰۹۵	۰/۰۷۶
IDB_10	۰/۱۴۹	۰/۰۶۴	۰/۰۹۹	۰/۰۷۲	۰/۱۴۹	۰/۰۶۵	۰/۰۶۰	۰/۱۰۸	۰/۰۵۰	۰/۰۵۹	۰/۱۴۵	۰/۱۹۲	۰/۲۴۵	۰/۱۷۲	۰/۱۷۲	۰/۲۲۷	۰/۲۸۲	۰/۱۰۰
IDB_11	۰/۰۹۳	۰/۰۵۸	۰/۰۷۴	۰/۰۷۵	۰/۰۹۳	۰/۰۵۱	۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	۰/۰۷۶	۰/۰۹۰	۰/۱۱۰	۰/۰۷۷	۰/۱۷۶	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۴۵	۰/۱۲۸	۰/۰۹۸
IDBint_12	۰/۰۵۲	۰/۰۸۹	۰/۰۶۱	۰/۰۶۳	۰/۰۵۲	۰/۰۹۰	۰/۰۹۰	۰/۰۵۵	۰/۱۱۴	۰/۰۶۸	۰/۰۵۲	۰/۰۳۸	۰/۰۰۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۷۴

۴- یافته‌ها

نتایج روش آنتروپی

بر اساس نتایج این روش، بیشترین وزن متعلق به معیار تعداد نقاط مسکونی (۰/۱۸۸) و کمترین وزن متعلق به فرسایش‌پذیری سازندها (۰/۰۰۲) می‌باشد. دو معیار مهم بار رسوب زیرحوضه و هزینه عملیات سازه‌های پیشنهادی (حجم عملیات) نیز به ترتیب دارای وزن ۰/۰۳۹ و ۰/۱۰۴ می‌باشند. همچنین معیار بار رسوب و بسیاری از معیارهای

دیگر در ارتباط خیلی نزدیک و مستقیم با همدیگر می‌باشند که اگر مجموع وزن آن‌ها محاسبه شود مشاهده خواهد شد که به وضعیت رسوبخیزی زیرحوضه در مجموع وزن زیادی تعلق گرفته است.



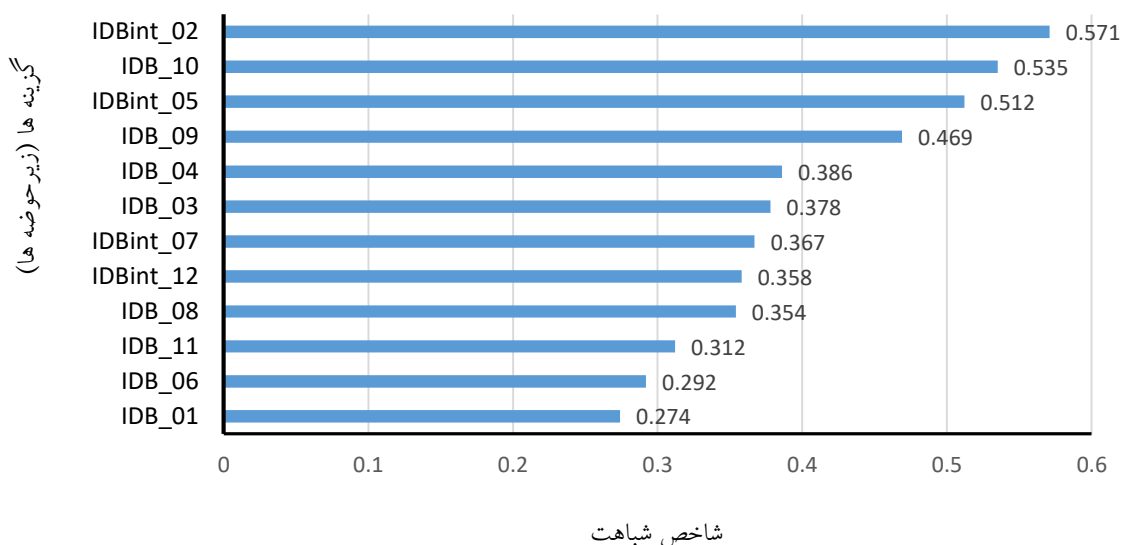
شکل ۴: وزن معیارها

نتایج روش تاپسیس

بر اساس نتایج اولویت‌بندی به روش تاپسیس، شاخص شباهت به‌دست‌آمده که از نظر تئوری می‌تواند بین صفر و یک قرار گیرد برای گزینه‌های این مطالعه بین ۰/۲۷۴ تا ۰/۵۷۱ متغیر است که به‌طور کلی نشان‌دهنده نزدیکی گزینه‌ها به یکدیگر می‌باشد. بر این اساس، زیرحوضه شماره ۲ بیشترین اولویت برای عملیات احداث سازه‌های آبخیزداری کسب کرده است. همچنین زیرحوضه‌های شماره ۱ و ۶ دارای کمترین رتبه یا اولویت برای عملیات احداث سازه‌ای می‌باشند.

جدول ۴: ایده‌آل‌های مثبت و منفی در روش تاپسیس

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
ایده آل مثبت	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۲۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۳۷	۰/۱۱۴	۰	۰	۰	۰/۱۴۶	۰	۰
ایده آل منفی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰	۰	۰/۰۸۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰	۰/۰۶۸	۰



شکل ۵: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش تاپسیس

جدول ۵: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش تاپسیس

رتبه	کد زیر حوزه	ردیف
۱	IDBint_02	۱
۲	IDB_10	۲
۳	IDBint_05	۳
۴	IDB_09	۴
۵	IDB_04	۵
۶	IDB_03	۶
۷	IDBint_07	۷
۸	IDBint_12	۸
۹	IDB_08	۹
۱۰	IDB_11	۱۰
۱۱	IDB_06	۱۱
۱۲	IDB_01	۱۲

نتایج روش ویکور

بر اساس نتایج اولویت‌بندی به روش ویکور، هر دو گزینه IDBint_02 و IDB_09 به عنوان گزینه برتر شناخته می‌شوند. به عبارت دیگر زیرحوضه‌های IDBint_02 و IDB_09 برای اقدامات آبخیزداری بالاترین اولویت را به خود اختصاص دادند.

جدول ۶: ایده‌آل‌های مثبت و منفی در روش ویکور

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
ایده‌آل مثبت	۰/۴۷	۰/۳۷۲	۰/۴۲۲	۰/۴۰۸	۰/۴۷	۰/۴۰۱	۰/۴۱۴	۰/۵۴۱	۰/۴۰۲	۰/۱۹۸	۰/۵۸۶	۰/۷۵۴	۰	۰/۷۶۴	0	۰/۷۷۷	۰/۷۴۱	۰/۳۴۳
ایده‌آل منفی	۰/۰۴۹	۰/۱۹۸	۰/۱۹۱	۰/۲۱۲	۰/۰۴۹	۰/۱۷۱	۰/۱۴۳	۰/۰۳۹	۰/۱۶۷	۰/۴۴۲	۰	۰	۰/۵۹۹	۰	۰/۷۶۴	۰	۰	۰/۲۳۱

جدول ۷: سودمندی و تأسف گزینیه‌ها با استفاده از روش ویکور			جدول ۸: شاخص ویکور (Q) محاسبه شده		جدول ۹: رتبه‌بندی نهایی گزینیه‌ها با استفاده از روش ویکور		
R	S	زیرحوضه	Q	زیرحوضه	رتبه	زیرحوضه	ردیف
۰/۱۸۸	۰/۷۳۱	IDB_01	۱	IDB_01	۱	IDBint_02	۱
۰/۱۴۳	۰/۳۷۴	IDBint_02	۰/۱۸۲	IDBint_02	۲	IDB_09	۲
۰/۱۴۱	۰/۶۲۷	IDB_03	۰/۵۲	IDB_03	۳	IDB_10	۳
۰/۱۸۸	۰/۵۵۳	IDB_04	۰/۷۵۱	IDB_04	۴	IDBint_05	۴
۰/۱۶۴	۰/۴۵	IDBint_05	۰/۴۳۹	IDBint_05	۵	IDB_03	۵
۰/۱۶۴	۰/۶۷۸	IDB_06	۰/۷۵۹	IDB_06	۶	IDBint_07	۶
۰/۱۶۴	۰/۶۵۵	IDBint_07	۰/۷۲۷	IDBint_07	۷	IDB_11	۷
۰/۱۸۸	۰/۷۲۵	IDB_08	۰/۹۹۲	IDB_08	۸	IDB_04	۸
۰/۱۱۷	۰/۵۳۲	IDB_09	۰/۲۲۱	IDB_09	۹	IDB_06	۹
۰/۱۴۸	۰/۴۵۵	IDB_10	۰/۳۳	IDB_10	۱۰	IDBint_12	۱۰
۰/۱۶۴	۰/۶۶۶	IDB_11	۰/۷۴۲	IDB_11	۱۱	IDB_08	۱۱
۰/۱۸۸	۰/۶۵۶	IDBint_12	۰/۸۹۴	IDBint_12	۱۲	IDB_01	۱۲

S: میزان رضایت یا سودمندی (رابطه ۱۳)

R: میزان عدم رضایت یا تاسف (رابطه ۱۴)

۵- بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج حاصل از هر دو روش TOPSIS و VIKOR جهت اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز سد ایلام نشان می‌دهد که هر دو روش زیرحوضه IDBint_02 را جهت انجام اقدامات آبخیزداری در اولویت اول معرفی کردند که این نتیجه با یافته‌های تحقیقات انجام گرفته توسط سایر محققان مطابقت دارد به عنوان مثال محمدی (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای جهت اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها در حوزه آبخیز آسیاب جفته، به این نتیجه رسید که هر دو روش TOPSIS و VIKOR با شرط یکسان گرفتن معیارها، نتایج مشابهی را ارائه می‌دهند. امیری و همکاران (۱۳۹۶)، به اولویت‌بندی مکانی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز مهارلو با استفاده از پارامترهای مورفومتریک و مدل تصمیم‌گیری VIKOR پرداختند. نتایج کار ایشان نشان داد که زیر حوضه‌ی ۳۴ 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 گیرد، درحالی که زیرحوضه ۴۲ آخرین رتبه را در اولویت‌بندی داشته است.

هرچند با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های TOPSIS و VIKOR هر دو مدل زیر حوضه IDBint_02 را به‌عنوان زیرحوضه اول جهت انجام عملیات آبخیزداری معرفی کردند؛ اما نتایج این مدل‌ها در اولویت‌های بعدی متفاوت بود و نتایج مشابه را ارائه ندادند. به‌طوری که این دو مدل از بین ۱۲ گزینه، چهار اولویت اول را با اندکی جابجایی گزینه‌ها مشابه هم انتخاب نموده‌اند و هر دو مدل اولویت نخست خود را یک گزینه مشابه یعنی زیرحوضه شماره ۲ انتخاب نموده‌اند. مقایسه نتایج دو مدل در انتخاب اولویت‌های ۵ تا ۱۲ نشان می‌دهد که به‌جز اولویت دوازدهم (زیرحوضه شماره ۱۲) که در هر دو مدل مشترک است سایر اولویت‌ها در دو مدل دارای اختلاف قابل‌توجهی می‌باشند. بنابراین این سؤال پیش می‌آید که با توجه به اختلاف نتایج دو مدل در اولویت پنجم تا یازدهم نتایج کدام مدل برای این حوضه مناسب‌تر و برای حوضه‌های مشابه کاراتر است؟ برای پاسخ به این سؤال می‌توان تئوری مدل‌ها را مورد توجه

قرار داد یا با استفاده از پیمایش‌های میدانی منطقه مورد مطالعه نتایج به‌دست آمده را صحت‌سنجی نمود. بر اساس تئوری مدل‌های مورد مطالعه، مدل ویکور به دلیل اینکه از آن به‌منظور رتبه‌بندی و یافتن بهترین گزینه انتخاب می‌شود، برخلاف مدل تاپسیس نیازی به وزن دهی معیارها ندارد و نتایج بهتری ارائه می‌دهد. همچنین در این مدل مقایسات زوجی بین معیارها صورت نمی‌گیرد و هر گزینه مستقلاً توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌شود. اگرچه یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از مدل‌های این‌چنینی جلوگیری از خطای کارشناسی و اعمال نظر سلیقه‌ای کارشناس در اولویت‌بندی گزینه می‌باشد اما در این مورد که دو مدل نتایج نزدیک به هم در انتخاب اولویت‌های بالاتر و تفاوت قابل توجهی در انتخاب اولویت‌های پایین‌تر نشان می‌دهند می‌توان با استفاده از نظرات کارشناسی مدل مناسب‌تر را معرفی نمود. براین اساس با توجه به بازدهی‌های میدانی انجام‌شده و در نظر گرفتن وضعیت کلی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز مورد مطالعه مطابق با نظر کارشناسی کارشناسان طرح مطالعات رسوب خیزی سد ایلام (تهیه‌شده توسط شرکت آب منطقه‌ای ایلام) مدل ویکور می‌تواند به‌عنوان گزینه مناسب‌تر در موارد مشابه مورد استفاده قرار گیرد. با وجود انتخاب روش ویکور به عنوان روش مناسب‌تر در این مطالعه باید گفت که به طور کلی انتخاب بین روش تاپسیس و ویکور و یا هر روش تصمیم‌گیری چند معیاره دیگر به ماهیت مسئله، نوع داده‌ها، اهمیت معیارها و ترجیحات تصمیم‌گیرنده بستگی دارد و شناخت محدودیت‌ها و چالش‌های هر روش قبل از استفاده بسیار مهم است. محدودیت‌های مهم مدل تاپسیس شامل وابستگی نتایج به روش نرمال‌سازی داده‌ها، عدم در نظر گرفتن وزن نسبی معیارها، دشوار بودن رتبه‌بندی دقیق در شرایط فواصل کم گزینه‌ها از ایده‌آلهای مثبت و منفی و عدم توجه به تعارض بین معیارها می‌باشد در حالیکه محدودیت‌های مدل ویکور شامل عدم توجه به عدم قطعیت و ابهام داده‌ها و کاهش دقت نتایج هنگام نرمال‌سازی معیارهای ناموزون می‌باشند. میزان دقت و صحت داده‌های ورودی نیز چالش مشترک و عمده استفاده از این روش‌ها می‌باشد.

منابع

1. Altaf, S., Meraj, G., & Romshoo, S. A. (2014). Morphometry and land cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*. 186, 8391–8412. DOI:10.1007/s10661-014-4012-2
2. Asadi Nalivan, O., Rostami Khalaj, M., Mohseni Saravi, M., & Sour, A. (2016). Prioritizing of watershed management planning using TOPSIS method in the watershed (Case study: Zydasht-Taleghan). *Journal of Watershed Management Research*, 6(12), 98–107. <https://sid.ir/paper/230341/en>
3. Asadi-Nalivan, O., Rezayi, F., & Saghzade, N. (2013). Assessment of watershed catchment ecological power with taxonomy method for watershed comprehensive management (Case study: Watershed Zydasht, Taleghan). *Environmental Erosion Research Journal (E.E.R.)*, 3(3), 15–26. <http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-150-fa.html>
4. Ataei, M. (2010). *Multi-Criteria Decision Making*. Shahrood University of Technology Publications. (In Persian)
5. Chezgi, J., & Soheili, E. (2021). Application of TOPSIS and VIKOR decision making models in site selection of flood spreading projects in arid and semi-arid region. *Desert Management*, 16, 169–182. (In Persian). DOI:10.22034/jdml.2021.243145
6. Chowdary, V. M., Chakraborty, D., Jeyaram, A., Murthy, Y. K., Sharma, J. R., & Dadhwal, V. K. (2013). Multi-criteria decision making approach for watershed prioritization using analytic hierarchy process technique and GIS. *Water Resources Management*, 9(2), 3355–3571. DOI:10.1007/s11269-013-0364-6

7. Chung, E. S., & Lee, K. S. (2009). Prioritization of water management for sustainability using hydrologic simulation model and multicriteria decision making techniques. *Journal of Environmental Management*, 90, 1502–1511. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.10.008>
8. Foroozanfar, M., Vahabzadeh, G., & Porghasemi, H. (2014). Landslide susceptibility mapping using fusion models of frequency ratio (FR) and analytical hierarchy process (AHP). *Environmental Erosion Research Journal (E.E.R.)*, 3(4), 17–29. <http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-199-fa.html>
9. Ghodsipour, S. H. (2002). *Discussions in Multi-Criteria Decision Making*. Amir Kabir University of Technology Publications. (In Persian)
10. Iqbal Shah, A., & Das Pan, N. (2024). Flood susceptibility assessment of Jhelum River Basin: A comparative study of TOPSIS, VIKOR and EDAS methods. *Geosystems and Geoenvironment*, 3(4). <https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2024.100304>
11. Karimi, M., & Najafi, E. (2013). Landslide risk assessment using AHP-FUZZY combined model in order to determine urban development and safety (Case study: Region 1 of Metropolitan Tehran). *Environmental Erosion Research Journal (E.E.R.)*, 2(4), 77–95. <http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-122-fa.html>
12. Kaya, T., & Kahraman, C. (2011). Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 38, 7326–7333. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.003>
13. Khoureshidi, S., Rostami, N., & Salehpourjam, A. (2021). Prioritizing flood producing potential in ungauged watersheds using the AHP-VIKOR method (Case study: Haji-Bakhtiar Watershed, Ilam). *Environmental Erosion Research Journal (E.E.R.)*, 11(2), 66–92. <http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-606-fa.html>
14. Makhdumi, W., & Dwarakish, G. S. (2024). Prioritisation of watersheds using TOPSIS and VIKOR method. In *Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019)*, Proc. SPIE 11174, 111740T. <https://doi.org/10.1117/12.2532024>
15. Mohammadi Issaabad, S., Safari, A., Ahmadabadi, A., & Darabi Shahmari, S. (2024). Flood vulnerability assessment (Case study: Cheshmekile Tankabon River). *Environmental Erosion Research Journal (E.E.R.)*, 14(1), 121–138. <http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-812-fa.html>
16. Mohamadi, S. (2018). Prioritization of sub-catchments for operation of watershed management projects via multi-criteria decision making techniques (Case study: Asyabjofeth Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, 10(18). (In Persian). DOI:10.29252/jwmr.9.18.36
17. Rahiminasab, A. A., Abghary, H., Erfanian, M., & Nadiry, A. A. (2012). Analysis and investigation of landslide hazard zoning using hybrid model of hierarchical analysis and surface density. *Environmental Erosion Research Journal (E.E.R.)*, 2(1), 1–12. <http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-83-fa.html>
18. Srinivasa Raju, K., Komar, N., & Jalali, A. (2017). Prioritization of sub-catchments of a river basin using DEM and fuzzy VIKOR. *H2Open Journal*. <https://doi.org/10.2166/h2oj.2017.001>
19. Teimouri, M., & Alvandi, E. (2022). Comparison of models TOPSIS, SAW, ELECTRE and VIKOR in order to the prioritization of sedimentation and flood hazard of watersheds. *Journal of Environmental Science and Technology*, 24(2), 79-99. (In Persian). DOI: 10.30495/jest.2022.45404.4731
20. Witlox, F. (2005). Expert system in land-use planning: An overview. *Expert Systems with Applications*, 29, 437-445. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.04.041>
21. Yang, T., & Hung, C. C. (2007). Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2005.12.002>