Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Application of participatory approach in identifying critical sub-watersheds based on flood generation potential in the Cheshmeh-Kileh Watershed, Mazandaran Province

Ali Nasiri Khiavi[1], Mehdi Vafakhah[2*], Seyed Hamidreza Sadeghi[2]

[1] Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

[2] Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Abstract

Introduction

Choosing an optimal decision-making method for watershed management is a problem that has always attracted the attention of researchers, and various methods have been used to achieve this goal. Participatory management is a collaborative process to participate in gathering information, making decisions, and carrying out projects that lead to solving complex social and environmental problems. As it is known, the integrated watershed management approach is a method to achieve sustainable development. Considering the existence of challenges such as floods, one of the useful approaches to solve the existing challenges is to use the approach of integrated watershed management, which is agreed upon by most of the scientific and executive community. The multidimensionality of the watershed system, its integration with socio-economic systems, and the involvement of stakeholder opinions are one of the most important components in the watershed operation and conservation. Therefore, the present study seeks to investigate the necessity of using inter-sectorial management and benefit from the consensus of the main stakeholders using game theory algorithms in 15 sub-watersheds of the Cheshmeh-Kileh Watershed in Tonekabon City. Sehezar and Dohezar rivers are the most important rivers of the Cheshmeh-Kileh Watershed which originate from the Takht-e-Soliman, Alamut, and Khashchal mountain regions. The high capacity of the riverside lands and the limitation of suitable lands in the watershed have caused many agricultural activities to be concentrated along the river, which is severely affected by floods.

Materials and Methods

In the present study, semi-structured interviews were used to collect information about the flood generation potential. The stakeholders included local stakeholders, policy makers, and the executive organization. Game theory algorithms including the Condorcet algorithm, Borda scoring, and Fallback bargaining were used to prioritize the sub-watersheds. First, the prioritization of each of the three groups was analyzed, and then the results of the consensus of the group and their comparison with the sectional decisions were examined. In this connection, first, the sample size was determined using Cochran and the opinion of the stakeholders was asked regarding the flood generation potential of the sub-watersheds. The number of interviewees in subgroups of local users, policy making institutions, and executive organizations were 75, 13, and 6 respectively. It is worth mentioning that in order to eliminate the effect of the number of interviewees in the final results; the priorities were standardized and dimensionless. In order to prioritize by the stakeholders, first, various maps of sub-watersheds, roads, and even the location of villages were prepared with appropriate quality. Then, they were asked to prioritize the sub-watersheds in terms of flood generation potential based on their personal experiences, local knowledge, technical and policy. In the group of local watershed users and residents, random sampling was done from 21 Cheshmeh-Kileh Watershed villages in Tanekabon city and Mazandaran province.

Results and Discussion

Based on the study findings, by comparing the two priorities of the stakeholders and the differences between the popular, institutional and policy-making sectors, it can be said that in the Condorcet algorithm, the rate of differences in the voting of local users with policy-making institutions, local users with the executive organization and policy-making institutions with executive organization is 33.33, 66.67, and 80 %, respectively.

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

These differences based on Borda scoring algorithms and Fallback bargaining are 53.33, 66.67, and 93.33 %, respectively. According to the local operators, in all three algorithms based on game theory, Takht-e-Soleiman, Garmarood, and Selajanbar sub-watersheds have the highest flood generation potential in the Sehezar River. Meanwhile, Ketehroud, Holian, and Yandasht sub-watersheds have a low flood generation potential in this river. Regarding the Dohezar River, it can be said that the results of all three algorithms based on the theory of games were almost the same, and Niardareh, Khashchal, and Nosha have the highest potential, and Miankooh, Daryasar, and Golestan-Mohalleh sub-watersheds have the lowest flood generation potential. The second group of interviewees was the executive organization that used the opinions of technical and watershed management experts of the General Department of Natural Resources and Watershed Management of West Mazandaran-Nowshahr. The opinions of this department were different from those of local users. Also, in the Dohezar River, the Niardareh, Khashchal, and Nosha sub-watersheds were given the highest priority, and the Miankooh, Daryasar, and Golestan-Mahalleh sub-watersheds were the lowest priority.

Conclusion

Due to the fact that in the watershed system and in optimal decision-making, there is a wide variety of opinions and differences of opinion, on this basis, the conceptual basis of the application of multi-objective decision-making methods such as game theory algorithms appears. Therefore, the game theory provides an optimal compromise mode based on different opinions, at the same time, the opinions of different interest groups are considered to an acceptable extent without mixing. This basis clearly confirms the necessity of using participatory management. Because when the number of votes and interest groups increases, it becomes difficult to make a decision, and in this regard, by using multi-objective decision-making methods, a general consensus can be reached to identify the optimal pattern of prioritizing sub-watersheds. The first point is that the amount of differences in voters was the same based on two algorithms, Borda and Fallback, which, of course, the Condorcet algorithm has provided more balanced and acceptable values in terms of comparison. Another point was that in all three algorithms, the amount of differences between the two local user groups and the policy-making body was less, and somehow their opinions were close to each other, and they had high differences with the executive organization. In all three algorithms, the amount of disagreement between the two local user groups and the policy-making institution was less, and in a way, their views were close to each other and had high differences with the executive organization. Also, a different prioritization was observed between the final consensus and the inter-sectorial and inter-institutional views. In general, it can be said that using the opinions of stakeholders in the watershed is fundamental for optimal and efficient decision-making and integrated watershed management, and this framework can be used in various issues in the watershed.

Keywords: Flood management, Integrated watershed management, Participatory management, Policy making, Sustainable development

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: vafakhah@modares.ac.ir

Citation: Nasiri Khiavi, A., Vafakhah, M., & Sadeghi, S.H.R. (2023). Application of participatory approach in identifying critical sub-watersheds based on flood generation potential in The Cheshmeh-Kileh Watershed, Mazandaran Province. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(3), 90-107.
DOI: 10.22098/mmws.2022.11570.1142
DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.6.8

Received: 22 September 2022, Received in revised form: 08 October 2022, Accepted: 10 October 2022, Published online: 10 October 2022
Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 3, pp. 90-107

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

شاپا الکترونیکی: ۲۵٤٦-۲۷۸۳

کاربست رویکرد مشارکتی در شناسایی زیرآبخیزهای بحرانی از نظر پتانسیل تولید سیلاب در آبخیز چشمه‌کیله، استان مازندران

علی نصیری خیاوی[۱]، مهدی وفاخواه*[۲]، سیّدحمیدرضا صادقی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری،گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

[۲] استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

کاربست رویکرد مشارکتی در سامانهٔ آبخیز و تلفیق آن با مسائل اقتصادی-اجتماعی، از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در بهره‌برداری و حفاظت از آبخیزها است. از این‌رو، پژوهش حاضر به‌دنبال بررسی ضرورت مدیریت بین‌بخشی و بهره‌مندی از اجماع نظر گرودارن اصلی با استفاده از الگوریتم‌های نظریهٔ بازی‌ها به‌منظور اولویت‌بندی زیرآبخیزهای چشمه‌کیله واقع در شهرستان تنکابن است. در پژوهش حاضر، به‌منظور گردآوری داده و اطلاعات در ارتباط با پتانسیل تولید سیلاب از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاری بهره گرفته شد. گروداران شامل بهره‌برداران محلی، نهادهای سیاست‌گذاری و نیز سازمان اجرایی بودند. برای اولویت‌بندی زیرآبخیزها از الگوریتم‌های مبتنی بر نظریهٔ بازی‌ها شامل الگوریتم Condorcet، امتیازدهی Borda و چانه‌زنی Fallback استفاده شد. در ابتدا اولویت‌بندی هر یک از گروه‌های سه‌گانه گرودار مورد تحلیل قرار گرفت و سپس نتایج مربوط به اجماع نظر گرودارن و مقایسهٔ آن با تصمیمات بین‌بخشی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس یافته‌های پژوهش، با مقایسهٔ دو به دوی اولویت‌های گرودارن و اختلاف‌نظرها بین بخش‌های مردمی، نهادی و سیاست‌گذاری می‌توان گفت که در الگوریتم Condorcet، میزان اختلافات در رأی‌دهی بهره‌برداران محلی با نهادهای سیاست‌گذاری، بهره‌برداران محلی با سازمان اجرایی و نهادهای سیاست‌گذاری با سازمان اجرایی به‌ترتیب ۳۳/۳۳، ۶۶/۶۷ و ۸۰ درصد بوده است. این در حالی است که این اختلاف‌نظرها بر اساس الگوریتم‌های امتیازدهی Borda و چانه‌زنی Fallback به‌ترتیب ۵۳/۳۳، ۶۶/۶۷ و ۹۳/۳۳ درصد است. در هر سه الگوریتم میزان اختلاف‌نظرها بین دو گروه بهره‌بردار محلی و نهاد سیاست‌گذاری کم‌تر بوده است و به نوعی نظرات آن‌ها نزدیک به‌هم بوده و با بخش سازمان اجرایی اختلافات بالایی داشتند. هم‌چنین، بین اجماع نظر نهایی و نظرات بین‌بخشی و بین‌نهادی، اولویت‌بندی متفاوت‌تری از نظر پتانسیل تولید سیلاب مشاهده شد. به‌طور کلی می‌توان گفت که بهره‌مندی از نظرات ذی‌نفعان و گروداران درگیر در آبخیز برای تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی بهینه و کارآمد و نیل به اهداف توسعهٔ پایدار و مدیریت جامع آبخیز ضروری است. پیش‌نهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی، برای تصمیم‌گیری بهینه در سامانهٔ آبخیز، مسائل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، زیرساختی و فناوری، محیط‌زیستی و قانونی آبخیز جزئی‌سازی شده و با نظرات گروداران اصلی ترکیب شود.

واژه‌های کلیدی: توسعهٔ پایدار، سیاست‌گذاری، مدیریت جامع آبخیز، مدیریت سیلاب، مدیریت مشارکتی

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vafakhah@modares.ac.ir

استناد: نصیری خیاوی، علی، وفاخواه، مهدی، و صادقی، سیدحمیدرضا (۱۴۰۲). کاربست رویکرد مشارکتی در شناسایی زیرآبخیزهای بحرانی از نظر پتانسیل تولید سیلاب در آبخیز چشمه‌کیله، استان مازندران. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۳)، ۹۰-۱۰۷.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11570.1142

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.6.8

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۳۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۷/۱۸

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۳، صفحه ۹۰ تا ۱۰۷

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

۱- مقدمه

انتخاب یک روش تصمیم‌گیری بهینه برای مدیریت آبخیز، مسأله‌ای است که همواره مورد توجه پژوهش‌گران بوده و روش‌های مختلفی برای رسیدن به این هدف به‌کار گرفته شده است (Yazdi et al., 2013). از طرفی به‌دلیل چند بعدی بودن سامانهٔ آبخیز و برخورداری از تأثیرات بلندمدت (Waskitho et al., 2021)، تلفیق سامانه‌های آبخیز با سامانه‌های اقتصادی-اجتماعی رایج در یک منطقه از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در بهره‌برداری و حفاظت از آبخیزهاست. هم‌چنین مدیریت آبخیزها نیازمند تدوین و اجرای فعالیت‌ها و برنامه‌های مدیریت مشارکتی هستند تا بتوان از نظریات و بازخوردهای گرودارن در مراحل مختلف تصمیم‌سازی استفاده کرد (Vinov et al., 2008). مدیریت جامع آبخیز و رویکرد مشارکتی یک فرآیند همکاری برای مشارکت در گردآوری اطلاعات، تصمیم‌گیری و انجام پروژه‌ها است که منجر به حل معضلات پیچیدهٔ جامعه و محیط‌زیستی می‌شود (Adhami et al., 2018; Narendra et al., 2021). با توجه به وجود چالش‌هایی از قبیل سیلاب، یکی از رویکردهای مفید برای حل چالش‌های موجود، استفاده از رویکرد مدیریت جامع آبخیز است که مورد توافق بیش‌تر جامعه علمی و اجرایی کشور است (Sadeghi et al., 2018). در اغلب کشورهای در حال توسعه به‌علت تمرکز اعتبارات و به‌تبع آن قدرت تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در سازمان‌های دولتی، تعاملی بین سازمان‌های دولتی و جوامع محلی صورت نمی‌گیرد و طرح‌ها و پروژه‌های مرتبط با مدیریت آب و خاک و منابع طبیعی به تشخیص و صلاح‌دید کارکنان دولت تدوین و اجرا می‌شوند که در اکثر موارد انتظارها برآورده نشده و هدف‌های پیش‌بینی شده تحقق نمی‌یابند. برای دست‌یابی به مدیریت مشارکتی موفق، تقویت سرمایهٔ اجتماعی شبکهٔ گرودارن محلی ضروری است (Ucler et al., 2015; Thomas and Berthome, 2017). در این ارتباط شالودهٔ اصلی روش‌های جامع و گرودار محور، علاوه بر در نظر گرفتن رویکردها و روش‌های فنی، استفاده از اجماع نظر ذی‌نفعان و گرودارن در آبخیز است. گرودارن اصلی در آبخیز شامل بهره‌برداران محلی، نهادهای سیاست‌گذاری و سازمان‌های اجرایی هستند (Shisanya, 2018).

در ارتباط با سیلاب، مطالعات مختلفی در خصوص بحث خطر سیلاب و راه‌کارهای مدیریتی و مهار سیلاب با بهره‌گیری از رویکردهای فنی و نیز مدل‌های هیدرولوژیکی صورت گرفته است ولی در بحث مدیریت جامع آبخیز باید مشکل‌محور عمل نموده و هر مسأله را از جنبه‌های مختلف سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فنی، محیط‌زیستی و قانونی مورد بررسی قرار داد (Nasiri Khiavi et al., 2022). اکثر راه‌حل‌هایی که برای مدیریت بلایایی مانند سیلاب ارائه می‌شود، بیش‌تر بر نقش زیرساخت‌ها متمرکز است، در حالی‌که جنبه‌های دیگر مانند سرمایه‌های اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و انسانی، غالباً نادیده و نقش مشارکت بین اعضای جامعه دست‌کم گرفته می‌شود (Nasiri Khiavi et al., 2022). بر همین اساس لحاظ اجزای زیستی، غیرزیستی و محیط پیرامون آن‌ها برای تحلیل ارتباطات و شبیه‌سازی رفتار سامانه‌های مورد مطالعه اهمیت خاصی دارد (Mehri et al., 2020). مدیریت تلفیقی سیلاب[1] یعنی به‌کارگیری روش‌های جامع و گرودار محور[2] در بحث اولویت‌بندی زیرآبخیزها از نظر پتانسیل تولید سیلاب و نیز بهره‌گیری از نظرات گرودارن در به‌کارگیری راه‌کارهای مناسب مدیریت سیلاب است. یکی از روش‌های جامع و گرودار محور، نظریهٔ بازی است که از روش‌های ریاضی برای حل مسائل تخصیص منابع مشترک و تقابل اهداف گرودارن می‌باشد. این روش با شناسایی حالت‌های بهینه بین بازی‌کنان مختلف و گزینه‌های متنوع، مسأله را حل می‌نماید. در واقع با استفاده از این روش با توجه به معیارهای مختلف تصمیم‌گیری، می‌توان بهترین گزینه را انتخاب و سپس اجرایی نمود (Ucler et al., 2015).

پژوهش‌های متعددی در داخل و خارج از کشور در ارتباط با بهره‌مندی از مدیریت مشارکتی و نیز استفاده از الگوریتم‌های نظریهٔ بازی‌ها در بخش‌های مختلف صورت پذیرفته است. در پژوهشی، Motiee-Langarudi et al. (2015) نقش مدیریت مشارکتی را در کاهش آثار سیلاب در حوضهٔ رودخانه زنگمار ماکو مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که از دیدگاه مسئولان، بسترها و زمینه‌های اجتماعی در اولویت اول و بسترها و زمینه‌های اقتصادی و زیرساختی در رتبهٔ دوم و سوم جای گرفته‌اند. اما از دیدگاه مردم روستایی، بسترها و زمینه‌های اجتماعی در اولویت اول قرار دارند ولی جای بسترها و زمینه‌های زیرساختی با اقتصادی عوض شده است. Sadeghi et al. (2018) در پژوهشی به معرفی و نیز کاربرد نظریهٔ بازی در مدیریت مشارکتی آبخیز پرداختند. بر اساس جمع‌بندی این پژوهش، برای رسیدن به مدیریت مشارکتی بایستی به گرودارن اجازه داده شود تا فعالانه در فرآیند تصمیم‌گیری دخالت کنند و نظرات خود در کلیهٔ مراحل تصمیم‌گیری را ارائه نمایند.

ابزارهای مختلف مدیریتی مانند روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (تحلیل سلسله مراتبی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای و روش بهترین-بدترین) برای تسهیل فرآیند تصمیم‌گیری در شرایط چند هدفه تهیه شده‌اند و نظریهٔ بازی نقشی اساسی در تحلیل اختلاف دیدگاه گرودارن داشته و برای انتخاب اقدامات مدیریتی آبخیزها

[1]Conjunct Flood Management
[2]Integrated and Stakeholder-Based Methods

روشی مؤثر است. در ارتباط با بررسی خطر سیلاب با استفاده از نظریهٔ بازی، Arshia et al. (2018) زیرآبخیزهای سزار در استان لرستان را بر اساس خطر بروز سیلاب اولویت‌بندی نمودند. در این مطالعه از دو الگوریتم Borda و چانه‌زنی Fallback، مؤثرترین عامل‌ها را در تمامی زیرآبخیزها و نیز بحرانی‌ترین زیرآبخیزها را مشخص کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نقشه‌های اولویت‌بندی زیرآبخیزهای سزار با هر دو روش، نشان از تفاوت الگوریتم‌ها در ارائهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی خطر سیلاب داشت.Abdoli and Mohajer Shojaie (2020) در آبخیز رودخانهٔ اترک کاربرد نظریهٔ بازی را در تخصیص بهینه منابع آب مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش با طرح یک بازی همکارانه میان بازی‌کنان گرودار و بسط راهبردهای آنان و در نهایت حل بازی به روش برآورد ارزش شپلی[1] برای هر بازیکن، سناریوی بهینه برآورد شده است. بر اساس سناریوی تخصیص بهینهٔ منابع آب در استان‌های شمال شرقی کشور می‌توان شاهد بهبود وضعیت محیط‌زیستی و افزایش درآمد ملی در این منطقه بود. هم‌چنین، Nasiri and Talebi (2020) اولویت‌بندی زیرآبخیزها از نظر سیل‌خیزی را با استفاده از مدل HEC-HMS در بالادست رودخانه خشک شیراز مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که در رویدادهایی که با شماره منحنی‌های واسنجی شده در شرایط متوسط اجرا شدند، زیرآبخیز ۵، اولویت اول از نظر سیل‌خیزی دارد و در رویدادهایی که با شماره منحنی‌های واسنجی شده مرطوب اجرا شدند، زیرآبخیز ۶ اولویت اول از نظر سیل‌خیزی را داشت. در پژوهشی، Janssen (2017) پتانسیل پیاده‌سازی عملیات طبیعت‌محور مدیریت سیلاب در کشور هلند با استفاده از نظریهٔ بازی و با بهره‌گیری از سه مطالعهٔ موردی را مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج، استفاده از نظریهٔ بازی منجر به شناسایی تعامل سازمان‌یافته بازی‌کنان شده و تفاوت بین بازی‌ها در سطح پروژه‌های اجرایی و بازی‌ها در سطح نهادی را برجسته کرده است. نتایج ایشان دلالت بر تفاوت عامل‌های مؤثر بر بروز سیلاب در منطقهٔ مطالعاتی است.

در راستای کاربست نظریهٔ بازی در مباحث مهار سیلاب Machac et al. (2018) پژوهش توصیفی در ارتباط با امکان‌سنجی کاربرد نظریهٔ بازی در مدیریت آب و زمین به‌منظور مدیریت و مهار سیلاب با استفاده از ماتریس‌های پرداخت اقتصادی انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که احتمال وقوع سیلاب و درک خطر می‌تواند تأثیر به‌سزائی در نتایج بازی‌ها داشته باشد. هم‌چنین آن‌ها نشان دادند که با استفاده از نظریهٔ بازی می‌توان هزینه‌ها و مزایای ناشی از پیاده‌سازی اقدامات مهار سیلاب را برآورد نمود. از طرفی با استفاده از این نظریه می‌توان تصمیم‌گیری‌های صحیحی در مورد اقدامات مدیریت سیلاب در مناطق بالادست و پایین‌دست آبخیز اتخاذ نمود. جمع‌بندی پیشینهٔ پژوهش نشان می‌دهد که تبیین رویکرد مشارکتی و گرودار محور در راستای مدیریت تلفیقی اجتناب‌ناپذیر بوده و باعث فزونی توان‌مندی‌ها و نیز بهره‌وری بهینه از سایر امکانات و منابع موجود در آبخیز می‌شود. امروزه در جهان به‌عنوان کارآمدترین نقش مدیریتی در آبخیز شناخته شده که لازمهٔ تحقق بخشیدن به هدف‌های آرمانی حاصل از تبلور مشارکت در مدیریت جامع آبخیز نقش به‌سزائی دارد (Ghorbani et al., 2020). نظریهٔ بازی در نهایت جمع‌بندی و تجزیه و تحلیل تضاد منافع، رویکردی مدیریتی و جامع را ارائه می‌دهد که به‌عنوان یکی از بهترین راه‌کارهای مدیریتی می‌تواند در دست‌یابی به هدف غایی مدیریت جامع آبخیز مورد استفاده قرار گیرد (Sadeghi et al., 2018).

تاکنون اکثر روش‌های مورد استفاده برای اولویت‌بندی زیرآبخیزها بر اساس پتانسیل تولید سیلاب، بیش‌تر بر اساس پارامترهای فیزیکی و مدل‌سازی هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Darabi et al., 2014; Toosi and Samani, 2017; Amiri et al., 2019; Avand et al., 2021; Nasiri Khiavi et al., 2022). هم‌چنین عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف، باعث بروز اهداف متضاد و غیرقابل کنترل در تصمیم‌گیری نهایی و بهینه می‌شود (Ravikumar et al., 2018). اما در بررسی پتانسیل تولید سیلاب در آبخیز، مدیریت مشارکتی و استفاده از نظرات گروداران و نیز مدیریت بین‌بخشی و اجماع نظر گروداران کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در بالادست آبخیز چشمه‌کیله اقدامات فنی برای مهار سیلاب انجام شده است، اما یکی از دلایل مهم شکست این پروژه‌ها در برابر سیلاب، عدم مشارکت گروداران محلی است (Nasiri Khiavi et al., 2022). آبخیز چشمه‌کیله یکی از بحرانی‌ترین آبخیزها در غرب مازندران از نظر مسأله سیلاب است. این آبخیز در سال‌های اخیر تحت تأثیر سیلاب، خسارت‌های فراوانی را متحمل شده است. تخریب اراضی زراعی و باغی، از بین رفتن دام و مسکن و هم‌چنین زیرساخت‌های عمومی مانند شبکه راه‌ها و پل‌های ارتباطی، نمونه‌هایی از تخریب سیلاب در این آبخیز است. مدیریت مشارکتی در آبخیز، بهره‌مندی از نظرات ذی‌نفعان اصلی شامل بهره‌برداران محلی، نهادهای سیاست‌گذاری و کارشناسان فنی و اجرایی است و بررسی تأثیرات فردی و اجماع‌نظر این سه گروه بر رویکردهای مدیریتی را مدیریت بخشی می‌نامند. در این پژوهش با کاربست مدیریت مشارکتی سعی شده است که تأثیرات فردی و متقابل این گروداران در شناسایی زیرآبخیزهای بحرانی از نظر تولید سیلاب مورد بررسی قرار گیرد. از این‌رو پژوهش حاضر به‌دنبال بررسی ضرورت کاربست مدیریت

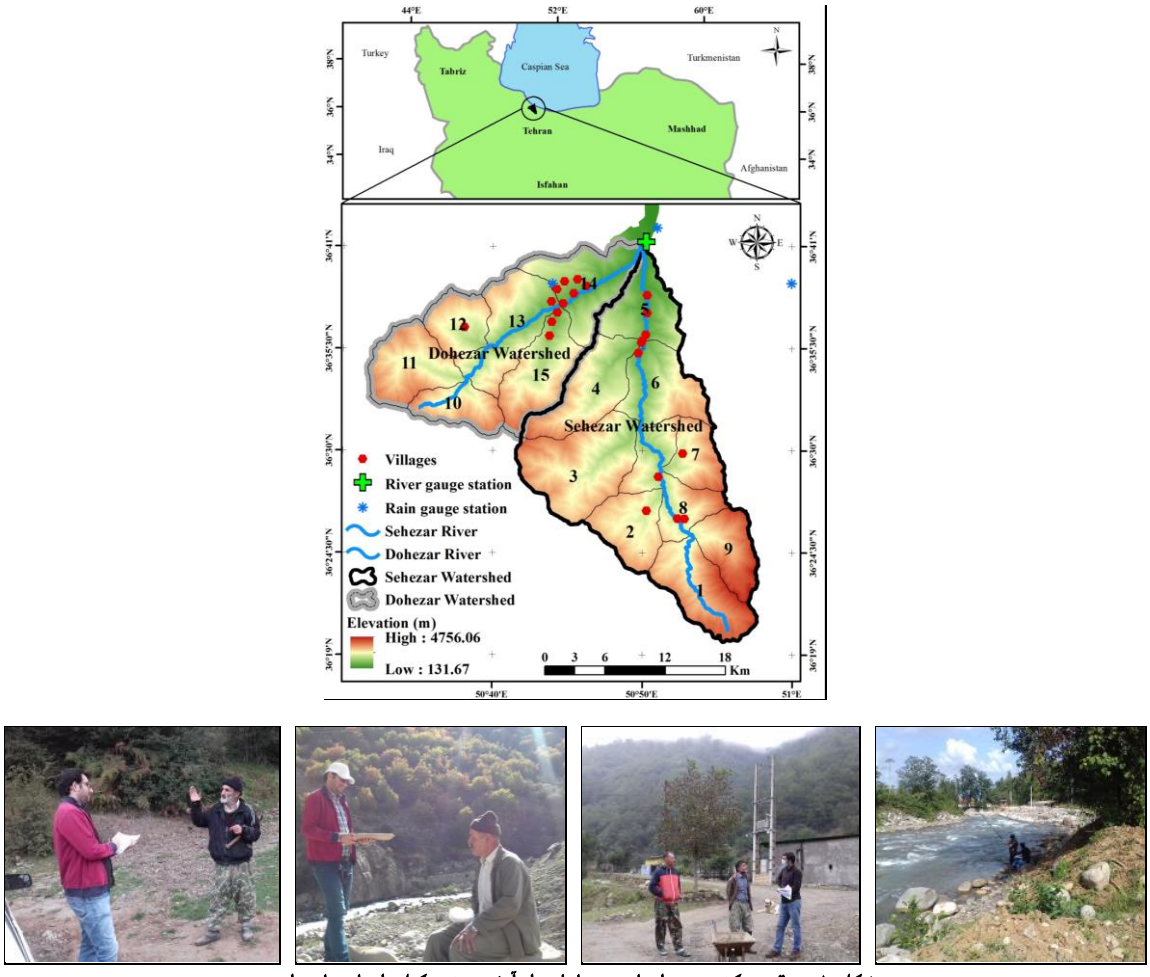
[1] Shapley Value

بین‌بخشی در قالب مدیریت مشارکتی و بهره‌مندی از اجماع نظرات گرودارن اصلی با استفاده از الگوریتم‌های نظریهٔ بازی‌ها در آبخیز چشمه‌کیله در شهرستان تنکابن است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- خصوصیات منطقهٔ مورد مطالعه

آبخیز چشمه‌کیله با وسعتی برابر ۷۷۳ کیلومتر مربع یکی از آبخیزهای سیلابی منطقهٔ غرب استان مازندران است (Nasiri Khiavi et al., 2021; Nasiri Khiavi et al., 2022) که در جنوب شهرستان تنکابن در موقعیت جغرافیایی ۵۰ درجه، ۲۳ دقیقه و ۸ ثانیه تا ۵۰ درجه، ۵۹ دقیقه و ۴۰ ثانیهٔ طول شرقی و ۳۶ درجه، ۱۹ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۳۸ درجه، ۵۲ دقیقه و ۳۶ ثانیهٔ عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع قلهٔ علم‌کوه با ۴۷۵۶ متر و حداقل ارتفاع ۱۳۲ متر از سطح دریاست. ارتفاع متوسط وزنی ۱۹۱۱/۵ متر از سطح دریا و شیب متوسط وزنی ۵۶/۵ درصد است. رودخانهٔ چشمه‌کیله از رودخانه‌های مهم بزرگ‌آبخیز ساحلی دریای خزر بوده و در شهرستان تنکابن قرار دارد. رودخانهٔ چشمه‌کیله دارای آب دائمی است و بستر آن تا نزدیکی دریا دارای شیب تند و سنگلاخی است. طول رودخانه ۸۰ کیلومتر بوده که قسمت اعظم آن کوهستانی، مرتفع و پوشیده از جنگل و دارای ژریم بارانی و برفی است (Abbaspour et al., 2014). ظرفیت‌های بالای اراضی حاشیهٔ رودخانه و محدودیت اراضی مناسب در آبخیز باعث شده است که بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی در کنارهٔ رودخانه تمرکز یابند که به‌شدت تحت تأثیر سیلاب قرار دارند (Ramezanzadeh and Badri, 2014; Nasiri Khiavi et al., 2021). موقعیت کشوری (ایران)، استانی (مازندران) و نماهایی از مصاحبهٔ نیمه‌ساختاری در آبخیز چشمه‌کیله در شهرستان تنکابن در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی و نماهایی از آبخیز چشمه‌کیله، استان مازندران

Figure 1- Country and provincial location and views of the Cheshmeh-Kileh Watershed, Mazandaran Province

۲-۲- روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر به‌منظور گردآوری اطلاعات از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاری بهره گرفته شد. مصاحبه‌های نیمه‌ساختاری به‌صورت غیررسمی انجام می‌شوند. برخی از سؤالات از پیش تعیین شده و سؤالات جدیدی از در حین بحث ایجاد می‌شود. سؤالات عمدتاً باز هستند و فرصتی را برای پاسخ‌دهنده فراهم می‌کند تا نظر خود را ارائه دهد (Patton, 1990). گروه‌های مورد مصاحبه در سه دستهٔ اصلی مورد بررسی قرار گرفتند که شامل بهره‌برداران و آبخیزنشینان محلی، نهادهای سیاست‌گذاری و نیز سازمان اجرایی بودند. ابتدا حجم نمونه با استفاده از Cochran (2007) تعیین شده و نظر ذی‌نفعان در ارتباط با پتانسیل تولید سیل زیرآبخیزها مورد پرسش قرار گرفت. تعداد مصاحبه‌شوندگان در زیرگروه‌های بهره‌برداران محلی، نهادهای سیاست‌گذاری و سازمان اجرایی به‌ترتیب ۷۵، ۱۳ و ۶ نفر بودند. شایان ذکر است که به‌منظور حذف اثر تعداد مصاحبه‌شوندگان در نتیجهٔ نهایی، اولویت‌بندی‌ها استانداردسازی و بی‌بعد شدند. به‌منظور انجام اولویت‌بندی توسط ذی‌نفعان، ابتدا نقشه‌های مختلف زیرآبخیزها، جاده‌ها و حتی موقعیت روستاها با کیفیت مناسب تهیه شد. سپس توضیحات کامل و جامعی در ارتباط با پتانسیل تولید سیلاب و نیز هدف پژوهش برای ذی‌نفعان مختلف ارائه شد. سپس از آن‌ها خواسته شد که بر اساس تجربیات شخصی، دانش بومی، فنی و سیاستی، زیرآبخیزها را از نظر پتانسیل تولید سیلاب اولویت‌بندی کنند. در گروه بهره‌برداران و آبخیزنشینان محلی از ۲۱ روستای آبخیز چشمه‌کیله در شهرستان تنکابن و استان مازندران به‌صورت تصادفی (Adhami et al., 2018) نمونه‌برداری صورت گرفت. در بخش نهادهای سیاست‌گذاری، فرماندار و معاون عمرانی فرماندار شهرستان تنکابن، بخشدار خرم‌آباد تنکابن و دهیاران و شوراهای روستاهای آبخیز چشمه‌کیله و در بخش سازمان اجرایی هم کارشناسان فنی و آبخیزداری ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری غرب مازندران–نوشهر مورد مصاحبه قرار گرفتند. زمان تقریبی هر مصاحبه ۲۰ الی ۳۰ دقیقه طول کشید. در طی مصاحبه از گرودارن اصلی خواسته شد تا ۱۵ زیرآبخیز از چشمه‌کیله را از نظر پتانسیل تولید سیلاب اولویت‌بندی کنند. پس از گردآوری نظرات گرودارن اصلی، برای اولویت‌بندی و درجه‌بندی زیرآبخیزها از نظر پتانسیل تولید سیلاب از الگوریتم‌های مبتنی بر نظریهٔ بازی‌ها شامل الگوریتم Condorcet، امتیازدهی Borda و چانه‌زنی Fallback به‌دلیل کارایی بالا، کاربرد چندمنظوره و شفافیت‌محور بودن (Adhami et al., 2019) آن‌ها استفاده شد. شکل ۲ نشان‌دهندهٔ نمودار جریانی روش پژوهش است.

۲-۲-۱- الگوریتم‌های نظریهٔ بازی‌ها

۲-۲-۱-۱- الگوریتم Condorcet

این الگوریتم از مقایسه‌های جفتی برای انتخاب بهترین گزینه و تصمیم بهینه استفاده می‌کند (Sheikhmohammady et al., 2010). الگوریتم Condorcet ممکن است از رتبه‌بندی‌های ترجیحی و برگه‌های رأی یا آرای صریح بین همهٔ جفت‌های گرودارن استفاده کند که در آن هر رأی‌دهنده، گرودارن (افراد مصاحبه‌شونده) را از بیش‌ترین به کم‌ترین ترجیح می‌دهد (Erdman, 2011). یکی از اهداف اصلی الگوریتم Condorcet ایجاد گروه‌هایی بر اساس همهٔ اولویت‌های فردی (i) است (Rivest and Shen, 2010). یعنی اگر:

$$O_j(A_j, A_k) = 1, if\ and\ only\ if, A_j > i. A_k\ and\ O(A_j) \quad (۱)$$

پس بر اساس رابطهٔ (۲):

$$O(A_j) = \sum_{k=1}^{n} O_j(A_j, A_k) \quad (۲)$$

ردیف‌های ترجیحی رأی‌دهندگان از بالا به پایین عبارتند از:

رای‌دهندهٔ ۱: A B C

رای‌دهندهٔ ۲: B A C

رأی‌دهندهٔ ۳: C B A

طبق این ساختار، چارچوب ماتریس Condorcet به‌صورت زیر است:

$$\begin{bmatrix} A & & B & C \\ A & - & B & A \\ B & B & - & B \\ C & A & B & - \end{bmatrix}$$

بر اساس مقایسه‌های جفتی، برنده با تعداد دفعاتی که در ماتریس وجود دارد، تعیین می‌شود (Avand et al., 2021). در رابطهٔ (۲)، گزینه B بیش‌تر است؛ بنابراین، برنده است.

۲-۲-۱-۲- الگوریتم امتیازدهی Borda

در الگوریتم امتیازدهی Borda، امتیازدهی به‌صورت سلسله مراتبی انجام می‌شود. اولین گزینه از n گزینه *n-1* امتیاز می‌گیرد. گزینهٔ دوم *n-2* امتیاز و گزینهٔ نهایی صفر امتیاز خواهد داشت. در این الگوریتم به‌طور کلی نشان‌گرها (نظرات گرودارن در فرآیند رأی‌دهی) به‌ترتیب نزولی مرتب می‌شوند. در این روش، امتیاز Borda برای هر داوطلب تعیین می‌شود که در واقع مجموع نمرات فردی هر شاخص (معیار مورد مطالعه؛ پتانسیل تولید سیلاب) است. در این الگوریتم امتیاز هر نماینده با *BS(A)* نشان داده می‌شود و به‌صورت رابطهٔ (۳) بیان می‌شود (Arshia et al., 2018):

$$BS(A) = (n-1) * \#\{i/i\ ranks\ A\ first\} + (n+2) * \#\{i/i\ ranks\ A\ second\} + \cdots + 1 * \#\{i/i\ ranks\ A\ second\ to\ last\} + 0 * \#\{i/i\ ranks\ A\ last\} \quad (۳)$$

{...}# نشان‌دهندهٔ تعداد عوامل در مجموعه (رابطهٔ ۳) است. در نهایت، هر گزینهZ با بالاترین امتیاز به‌عنوان اولویت اول شناخته می‌شود (Balinski and Laraki, 2007; Adhami and Sadeghi, 2016).

۲-۲-۱-۳- الگوریتم چانه‌زنی Fallback

الگوریتم چانه‌زنی Fallback آن دسته از گزینه‌هایی را انتخاب می‌کند که حداقل رضایت هر معامله‌کننده را به‌حداکثر می‌رساند. روند این الگوریتم وزن‌های مساوی را به همهٔ گزینه‌ها اختصاص می‌دهد (Avand et al., 2021). در این فرآیند، گروداران نسبت به اولویت‌های خود از موقعیت فعلی خود عقب‌نشینی می‌کنند تا به نتیجهٔ مطلوب برسند. در الگوریتم چانه‌زنی Fallback، بر اساس تعداد ذی‌نفعان مشارکت‌کننده در تصمیم‌گیری، عمق تعریف می‌شود. عمق، سطوح برنده یا بازنده بودن گزینه‌ها را نشان می‌دهد. هر چه‌قدر یک معیار در عمق‌های ابتدایی دارای رأی‌های بیش‌تری باشد، برنده اعلام خواهد شد (Arshia et al., 2018). در این الگوریتم فرض می‌شود که n معامله‌گر وجود دارد و k مجموعه‌ای از گزینه‌ها است که $K = K < \infty$. هر بازیکن انتخاب‌ها را رتبه‌بندی می‌کند. همهٔ رتبه‌بندی‌ها در ماتریس $A(k*n)$ نشان داده می‌شوند و به‌ترتیب نزولی مرتب می‌شوند. اولین و آخرین اولویت i چانه‌زن به‌ترتیب a_{ij} و a_{ik} هستند. برای مثال اگر دو بازیکن وجود داشته باشد و $K=\{a,b,c,d\}$ مجموعه‌ای از انتخاب‌ها باشد. بنابراین، $k = 4$ و

$$A = \begin{bmatrix} a & b & c & d \\ b & d & a & c \end{bmatrix}$$

ترجیحات رتبه‌بندی بازیکن اول a,b,c,d و برای بازیکن دوم b,d,a,c است. ابتدا، هر فردی که درگیر است، همه گزینه‌های موجود را بر اساس ترجیحات خود رتبه‌بندی می‌کند. پس از رتبه‌بندی گزینه‌ها و ایجاد ماتریس اولویت، گروداران، فرآیند چانه‌زنی را با انتخاب اولویت اول خود و سپس عقب‌نشینی به اولویت دوم، سوم و غیره انجام می‌دهند. این روند تا رسیدن به توافق جمعی ادامه دارد. انتخاب نهایی لزوماً بهترین گزینه نیست، بلکه نتیجهٔ اجماع رأی‌دهندگان است و حمایت همهٔ آن‌ها را به‌دست آورده است (Baharad and Nitzan, 2003).

شکل ۲- نمودار جریانی روش‌شناسی پژوهش
Figure 2- Research methodology flowchart

در نهایت بر اساس نظرات گرودارن اصلی و نیز الگوریتم‌های نظریهٔ بازی‌ها، زیرآبخیزها از نظر پتانسیل تولید سیلاب در آبخیز چشمه‌کیله، اولویت‌بندی شدند. شایان ذکر است که تحلیل‌های مربوط به نتایج در دو بخش ارائه شده است. در بخش اول سعی شده است که ابتدا اولویت‌بندی هر یک از گروه‌های سه‌گانه گرودار و درگیر در مصاحبهٔ نیمه‌ساختاری ارائه شده و مورد تحلیل قرار گیرد. سپس نتایج و نقشه‌های مربوط به اجماع نظر گرودارن و مقایسهٔ آن با تصمیمات فردی مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج مربوط به مدیریت بین‌بخشی (اولویت‌بندی‌های فردی گروه‌های سه‌گانه گرودار)

نتایج مربوط به اولویت‌بندی وزنی زیرآبخیزهای چشمه‌کیله از نظر پتانسیل تولید سیلاب از نقطه نظر بهره‌برداران و آبخیزنشینان محلی، نهادهای سیاست‌گذاری و سازمان اجرایی به‌ترتیب در جدول‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- اولویت‌بندی وزنی زیرآبخیزهای سه‌هزار و دوهزار از نظر پتانسیل تولید سیلاب از نقطه نظر بهره‌برداران

Table 1- Weighted prioritization of Sehezar and Dohezar sub-watersheds based on flood generation from the point of user view

رودخانهٔ اصلی	زیرآبخیزها	بهره‌برداران و آبخیزنشینان محلی		
		Condorcet	امتیازدهی Borda	چانه‌زنی Fallback
سه‌هزار	تخت سلیمان	1	1	1
	گرمارود	2	2	2
	سلج‌انبار	3	3	3
	مردورود	5	4	5
	شهرستانک	4	4	4
	سرچشمه رود	6	5	5
	کته‌رود	8	6	6
	هلیان	7	7	6
	یان‌دشت	9	8	7
دوهزار	نیاردره	1	1	1
	خشچال	2	2	2
	نوشا	3	3	3
	میان‌کوه	4	5	4
	دریاسر	5	4	5
	گلستان‌محلّه	6	6	5

جدول ۲- اولویت‌بندی وزنی زیرآبخیزهای سه‌هزار و دوهزار از نظر پتانسیل تولید سیلاب از نقطه نظر نهاد سیاست‌گذاری

Table 2- Weighted prioritization of Sehezar and Dohezar sub-watersheds based on flood generation by policymakers

رودخانهٔ اصلی	زیرآبخیزها	نهادهای سیاست‌گذاری		
		Condorcet	امتیازدهی Borda	چانه‌زنی Fallback
سه‌هزار	تخت سلیمان	1	1	1
	گرمارود	2	2	2
	سلج‌انبار	3	3	5
	مردورود	5	5	4
	شهرستانک	4	4	3
	سرچشمه رود	6	5	5
	کته‌رود	8	7	7
	هلیان	7	6	6
	یان‌دشت	9	7	7
دوهزار	نیاردره	2	2	1
	خشچال	1	1	2
	نوشا	2	3	3
	میان‌کوه	4	6	3
	دریاسر	3	4	2
	گلستان‌محلّه	4	5	3

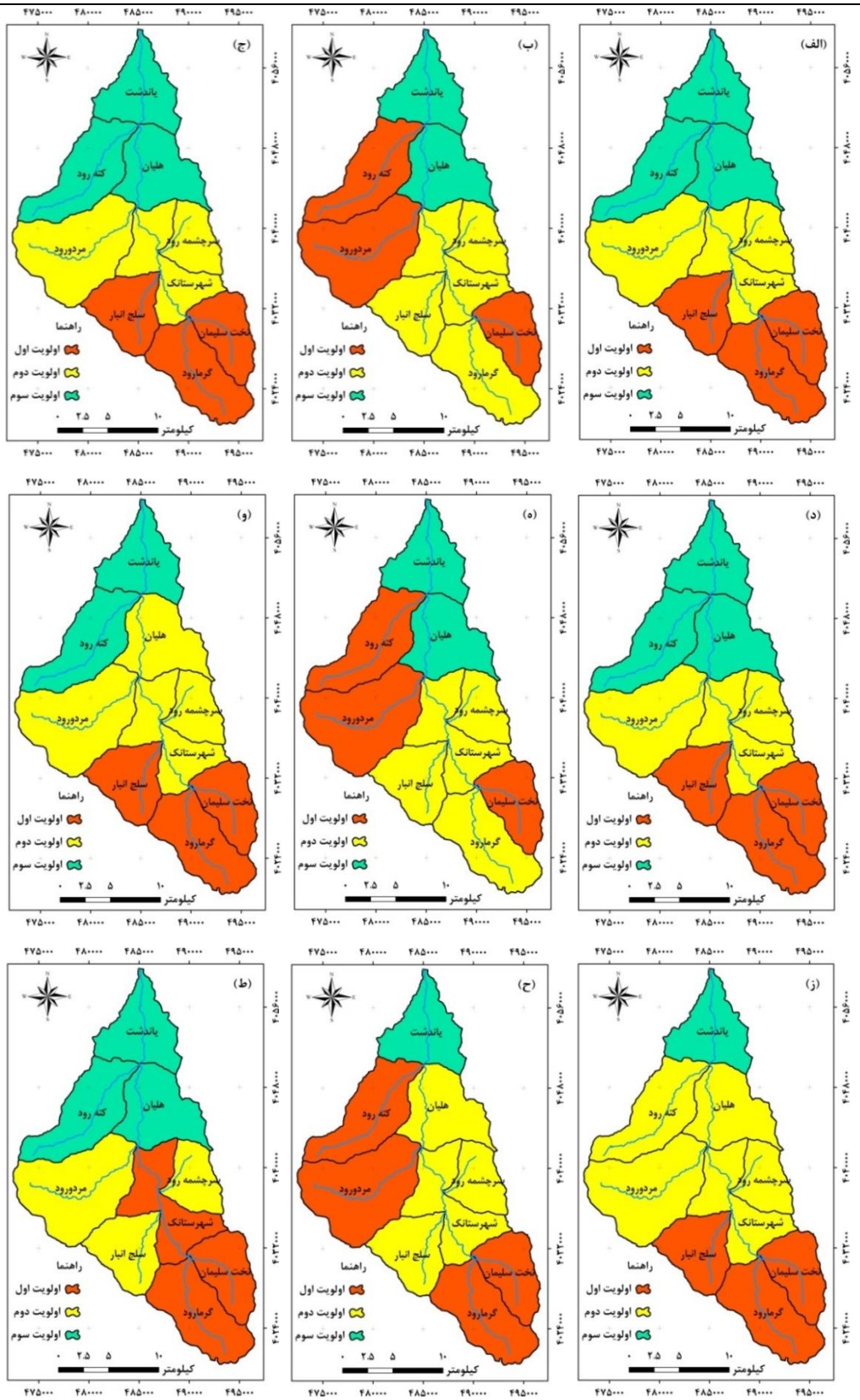
جدول ۳- اولویت‌بندی وزنی زیرآبخیزهای سه‌هزار و دوهزار از نظر پتانسیل تولید سیلاب از نقطه نظر سازمان‌های اجرایی

Table 3- Weighted prioritization of Sehezar and Dohezar sub-watersheds based on flood generation by executive organizations

رودخانه اصلی	زیرآبخیزها	سازمان‌های اجرایی		
		Condorcet	امتیازدهی Borda	چانه‌زنی Fallback
سه‌هزار	تخت سلیمان	1	1	1
	گرمارود	4	4	3
	سلج‌انبار	5	6	5
	مردورود	2	3	3
	شهرستانک	5	5	4
	سرچشمه رود	5	6	4
	کته‌رود	3	2	2
	هلیان	6	7	5
	یان‌دشت	7	8	6
دوهزار	نیاردره	1	1	1
	خشچال	3	3	2
	نوشا	2	2	2
	میان‌کوه	4	4	3
	دریاسر	5	5	4
	گلستان‌محلّه	6	6	5

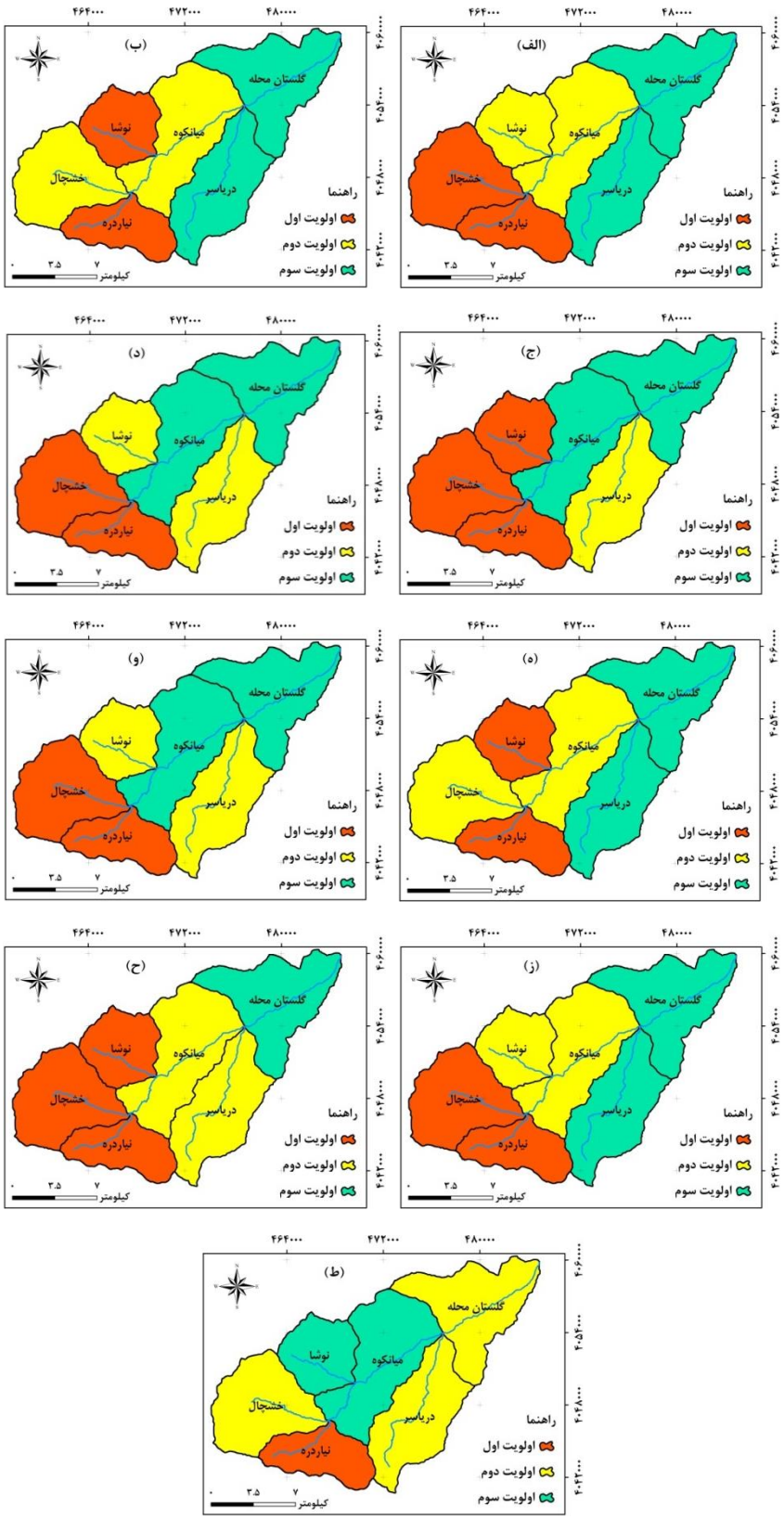
بر اساس نتایج ارائه شده در جدول‌های ۱ تا ۳ و شکل‌های ۳ و ۴، از نظر بهره‌برداران محلی در هر سه الگوریتم مبتنی بر نظریهٔ بازی‌ها، زیرآبخیزهای تخت‌سلیمان، گرمارود و سلج‌انبار دارای بالاترین پتانسیل تولید سیلاب در رودخانهٔ سه‌هزار هستند. این در حالی است که زیرآبخیزهای کته‌رود، هلیان و یان‌دشت دارای پتانسیل پایین تولید سیلاب در این رودخانه هستند.

در ارتباط با رودخانهٔ دوهزار نیز می‌توان گفت که نتایج هر سه الگوریتم مبتنی بر نظریهٔ بازی‌ها تقریباً مشابه بوده و نیاردره، خشچال و نوشا بالاترین و زیرآبخیزهای میان‌کوه، دریاسر و گلستان‌محله، کم‌ترین پتانسیل تولید سیلاب را داشته‌اند. گروه دوم گرودارن مصاحبه‌شونده، سازمان اجرایی بود که از نظرات کارشناسان فنی و آبخیزداری ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری غرب مازندران–نوشهر بهره گرفته شد. نظرات این بخش متفاوت با بهره‌برداران محلی بود. این گروه از گروداران، زیرآبخیزهای تخت‌سلیمان، کته‌رود و مردورود را در اولویت بالا از نظر پتانسیل تولید سیلاب قرار دادند و زیرآبخیزهای هلیان و یان‌دشت نیز در هر سه الگوریتم در اولویت پایین قرار گرفتند. در رودخانهٔ دوهزار نیز زیرآبخیزهای نیاردره، خشچال و نوشا، بالاترین اولویت و زیرآبخیزهای میان‌کوه، دریاسر و گلستان‌محله پایین‌ترین اولویت را به خود اختصاص دادند. نتایج مربوط به نهادهای سیاست‌گذاری، تقریباً مشابه با بهره‌برداران محلی بود. بر این اساس زیرآبخیزهای تخت‌سلیمان، گرمارود، سلج‌انبار و شهرستانک (به‌طور استثناء در الگوریتم چانه‌زنی Fallback)، اولویت اول شناخته شدند. در رودخانهٔ دوهزار نیز زیرآبخیزهای نیاردره، خشچال، نوشا و دریاسر اولویت اول و زیرآبخیز گلستان‌محله، اولویت سوم را کسب کرد. هم‌چنین، شکل‌های ۳ و ۴ نتایج اولویت‌بندی مکانی زیرآبخیزهای رودخانهٔ سه‌هزار و دوهزار در آبخیز چشمه‌کیله را نشان می‌دهد. بر اساس دامنه‌های عددی حاصل از خروجی الگوریتم‌های نظریهٔ بازی‌ها، نقشه‌های مکانی هر الگوریتم در هر فرد در سه اولویت؛ یعنی اولویت اول با پتانسیل بالای تولید سیلاب، اولویت دوم با پتانسیل متوسط تولید سیلاب و اولویت سوم با پتانسیل پایین تولید سیلاب دسته‌بندی شدند.



شکل ۳- اولویت‌بندی زیرآبخیزها بر اساس تولید سیلاب در رودخانهٔ سه‌هزار، آبخیز چشمه‌کیله؛ بهره‌برداران محلی، سازمان اجرایی و سیاست‌گذاران به‌ترتیب در الگوریتم‌های Condorcet (الف تا ج)، Borda (د تا و) و Fallback (ز تا ط)

Figure 3- Prioritization of sub-watersheds based on flood generation in the Sehezar River, the Cheshmeh-Kileh Watershed; local users, executive organization and policy-makers respectively in the algorithms of Condorcet (a-c), Borda (d-f), and Fallback (g-i)



شکل ۴- اولویت‌بندی زیرآبخیزها بر اساس تولید سیلاب در رودخانهٔ دوهزار، آبخیز چشمه‌کیله؛ بهره‌برداران محلی، سازمان اجرایی و سیاست‌گذاران به‌ترتیب در الگوریتم‌های Condorcet (الف تا ج)، Borda (د تا و) و Fallback (ز تا ط)

Figure 4- Prioritization of sub-watersheds based on flood generation in the Dohezar River, the Cheshmeh-Kileh Watershed; local users, executive organization and policy-makers respectively in the algorithms of Condorcet (a-c), Borda (d-f), and Fallback (g-i)

۳-۲- نتایج مربوط به اجماع‌نظر گرودارن اصلی

جدول‌های ۴ و ۵ به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ ماتریس‌های جفتی و مقایسه‌ای حاصل اجماع‌نظر گرواردان اصلی (بهره‌برداران محلی، سازمان اجرایی و نهاد سیاست‌گذاری) با کاربست الگوریتم Condorcet مبتنی بر نظریهٔ بازی‌ها در رودخانه‌های سه‌هزار و دوهزار از نظر پتانسیل تولید سیلاب است. هم‌چنین، جدول‌های ۶ و ۷ نیز امتیازات کلی حاصل از اجماع‌نظر گرودارن اصلی در رودخانه‌های سه‌هزار و دوهزار را از نظر تولید سیلاب با الگوریتم امتیازدهی Borda نشان می‌دهد. امتیازات کلی حاصل از اجماع‌نظر گرودارن اصلی در رودخانه‌های سه‌هزار و دوهزار از نظر تولید سیلاب با الگوریتم چانه‌زنی Fallback به‌ترتیب در جدول‌های ۸ و ۹ ارائه شده است.

هم‌چنین، شکل‌های ۵ و ۶ نشان‌دهندهٔ نتایج درجات اولویت‌بندی مکانی زیرآبخیزهای رودخانه‌های سه‌هزار و دوهزار از اجماع نظر بهره‌برداران محلی، سازمان اجرایی و نهادهای سیاست‌گذاری و بر اساس پتانسیل تولید سیلاب است که در این بخش نیز اولویت‌های پتانسیل تولید سیلاب در سه دسته (اولویت اول با پتانسیل بالای تولید سیلاب، اولویت دوم با پتانسیل متوسط تولید سیلاب و اولویت سوم با پتانسیل پایین تولید سیلاب) طبقه‌بندی شده است.

بر اساس نتایج شکل‌های ۵ و ۶، جمع‌بندی نتایج اجماع‌نظر هر سه گروه گرودار در آبخیز چشمه‌کیله نیز بر این اساس بود که در رودخانهٔ سه‌هزار و در الگوریتم‌های Condorcet و امتیازدهی Borda، زیرآبخیزهای تخت‌سلیمان، گرمارود و سلج‌انبار و بر اساس الگوریتم چانه‌زنی Fallback، زیرآبخیزهای تخت‌سلیمان و گرمارود بالاترین اولویت را از نظر پتانسیل تولید سیلاب داشتند و در هر سه الگوریتم زیرآبخیزهای کته‌رود، هلیان، یان‌دشت و سرچشمه‌رود (به‌طور استثناء در الگوریتم چانه‌زنی Fallback) پایین‌ترین اولویت را داشتند. در رودخانهٔ دوهزار، نتایج هر سه الگوریتم مبتنی بر نظریهٔ بازی‌ها نسبتاً متفاوت بودند ولی نکتهٔ حائز اهمیت، مشترک بودن میزان پتانسیل بالای تولید سیلاب بر اساس نظرات ذی‌نفعان مشارکت‌کننده در تصمیم‌گیری (بهره‌برداران محلی، سیاست‌گذاران و کارشناسان فنی و اجرایی) در زیرآبخیزهای خشچال و نیاردره در هر سه الگوریتم بود و در اولویت سوم، زیرآبخیز گلستان‌محله به‌صورت مشترک قرار داشت.

با مقایسهٔ دو به دوی اولویت‌های گرودارن و اختلافات بین بخش‌های مردمی، سیاست‌گذاری و اجرایی می‌توان گفت که بر اساس الگوریتم Condorcet، میزان اختلافات در رأی‌دهی بهره‌برداران محلی با نهادهای سیاست‌گذاری، بهره‌برداران محلی با سازمان اجرایی و نهادهای سیاست‌گذاری با سازمان اجرایی به‌ترتیب ۳۳/۳۳، ۶۶/۶۷ و ۸۰ درصد بود این در حالی است که این اختلاف‌نظرها بر اساس الگوریتم‌های امتیازدهی Borda و چانه‌زنی Fallback به‌ترتیب ۵۳/۳۳، ۶۶/۶۷ و ۹۳/۳۳ درصد است. نکتهٔ اول، یکسان بودن میزان اختلافات در رأی‌دهندگان بر اساس دو الگوریتم Borda و Fallback است که البته الگوریتم Condorcet به‌خاطر مقایسات جفتی، مقادیر متعادل و قابل قبول‌تری را از نظر مقایسه‌ای ارائه داده است (Avand et al., 2021). نکته دیگر این است که در هر سه الگوریتم میزان اختلافات بین دو گروه بهره‌بردار محلی و نهاد سیاست‌گذاری کم‌تر بوده است و به نوعی نظرات آن‌ها نزدیک به‌هم بوده و با بخش سازمان اجرایی، اختلافات بالایی را داشتند. هم‌چنین بررسی اولویت‌بندی بین بخش‌های مختلف مردمی، اجرایی و سیاست‌گذاری با اجماع نظر نهایی این سه دسته نشان می‌دهد که در زیرآبخیزهای رودخانه دوهزار، بر اساس الگوریتم‌های Condorcet و امتیازدهی Borda، نتایج بررسی اجماع نظر نهایی با نظرات بهره‌برداران محلی و سیاست‌گذاری، تفاهمات بیش‌تری داشت.

جدول ۴- ماتریس مقایسه‌ای اجماع‌نظر گرودارن اصلی در رودخانهٔ سه‌هزار از نظر تولید سیلاب با الگوریتم Condorcet

Table 4- Comparative matrix of the consensus opinion of the main stakeholders in the Sehezar River in terms of flood generation using Condorcet algorithm

زیرآبخیزها	تخت‌سلیمان	گرمارود	سلج‌انبار	مردورود	شهرستانک	سرچشمه‌رود	کته‌رود	هلیان	یان‌دشت
تخت‌سلیمان	–	تخت‌سلیمان	تخت‌سلیمان	تخت‌سلیمان	تخت‌سلیمان	تخت‌سلیمان	تخت‌سلیمان	تخت‌سلیمان	تخت‌سلیمان
گرمارود	تخت‌سلیمان	–	گرمارود	گرمارود	گرمارود	گرمارود	گرمارود	گرمارود	گرمارود
سلج‌انبار	تخت‌سلیمان	گرمارود	–	سلج‌انبار	سلج‌انبار	سلج‌انبار	سلج‌انبار	سلج‌انبار	سلج‌انبار
مردورود	تخت‌سلیمان	گرمارود	سلج‌انبار	–	شهرستانک	مردورود	مردورود	مردورود	مردورود
شهرستانک	تخت‌سلیمان	گرمارود	سلج‌انبار	شهرستانک	–	شهرستانک	شهرستانک	شهرستانک	شهرستانک
سرچشمه‌رود	تخت‌سلیمان	گرمارود	سلج‌انبار	مردورود	شهرستانک	–	سرچشمه‌رود	سرچشمه‌رود	سرچشمه‌رود
کته‌رود	تخت‌سلیمان	گرمارود	سلج‌انبار	مردورود	شهرستانک	سرچشمه‌رود	–	هلیان	کته‌رود
هلیان	تخت‌سلیمان	گرمارود	سلج‌انبار	مردورود	شهرستانک	سرچشمه‌رود	هلیان	–	هلیان
یان‌دشت	تخت‌سلیمان	گرمارود	سلج‌انبار	مردورود	شهرستانک	سرچشمه‌رود	کته‌رود	هلیان	–
امتیاز کل	16	14	12	8	10	6	2	4	0

جدول ۵- ماتریس مقایسه‌ای اجماع‌نظر گرودارن اصلی در رودخانهٔ دوهزار از نظر تولید سیلاب با الگوریتم Condorcet

Table 5- Comparative matrix of the consensus opinion of the main stakeholders in the Dohezar River in terms of flood generation using Condorcet algorithm

زیرآبخیزها	نیاردره	خشچال	نوشا	میان‌کوه	دریاسر	گلستان‌محلّه
نیاردره	–	نیاردره	نیاردره	نیاردره	نیاردره	نیاردره
خشچال	نیاردره	–	خشچال	خشچال	خشچال	خشچال
نوشا	نیاردره	خشچال	–	نوشا	نوشا	نوشا
میان‌کوه	نیاردره	خشچال	نوشا	–	میان‌کوه	میان‌کوه
دریاسر	نیاردره	خشچال	نوشا	میان‌کوه	–	دریاسر
گلستان‌محلّه	نیاردره	خشچال	نوشا	میان‌کوه	دریاسر	–
امتیاز کل	10	8	6	4	2	0

جدول ۶- امتیازات کلی حاصل از اجماع‌نظر گرودارن اصلی در رودخانهٔ سه‌هزار از نظر تولید سیلاب با الگوریتم Borda

Table 6- The general scores obtained from the consensus of the main stakeholders in the Sehezar River in terms of flood generation using Borda algorithm

زیرآبخیزها	تخت‌سلیمان	گرمارود	سلچ‌انبار	مردورود	شهرستانک	سرچشمه‌رود	کته‌رود	هلیان	یان‌دشت
بهره‌برداران محلی	134	122	106	79	92	79	45	41	22
سازمان اجرایی	23	14	10	17	11	10	19	4	0
نهاد سیاست‌گذاری	47	42	35	26	33	26	14	15	14
امتیاز کل	204	178	151	122	136	115	78	60	36

جدول ۷- امتیازات کلی حاصل از اجماع‌نظر گرودارن اصلی در رودخانهٔ دوهزار از نظر تولید سیلاب با الگوریتم Borda

Table 7- The general scores obtained from the consensus of the main stakeholders in the Dohezar River in terms of flood generation using Borda algorithm

ذی‌نفعان	نیاردره	خشچال	نوشا	میان‌کوه	دریاسر	گلستان‌محلّه
بهره‌برداران محلی	69	58	46	23	27	2
بخش اجرایی	15	10	11	6	3	0
بخش سیاست‌گذاری	15	19	17	8	16	15
امتیاز کل	99	87	74	37	46	17

جدول ۸- امتیازات کلی حاصل از اجماع‌نظر گرودارن اصلی در رودخانهٔ سه‌هزار از نظر تولید سیلاب با الگوریتم Fallback

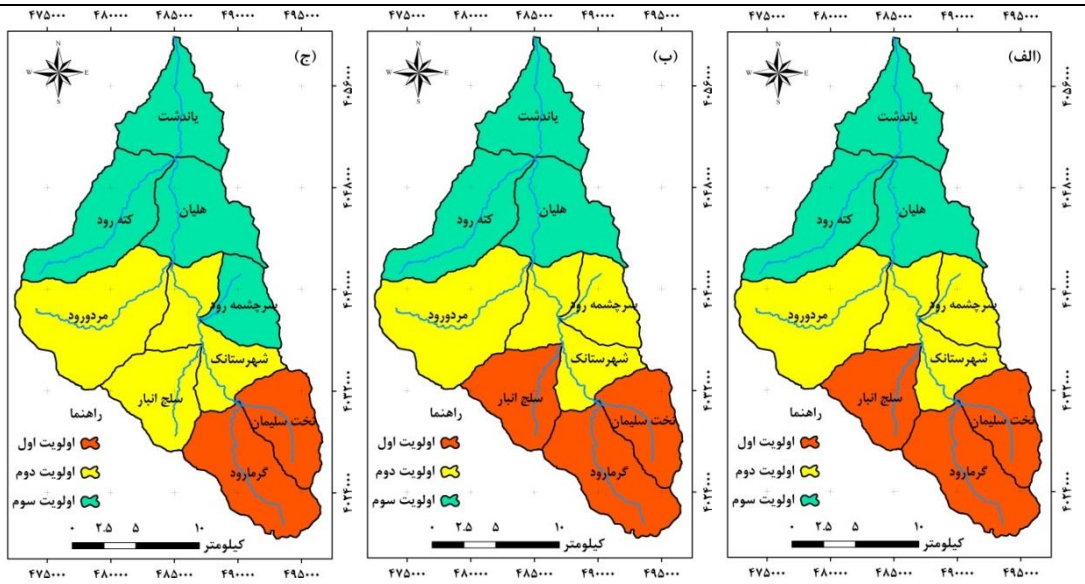
Table 8- The general scores obtained from the consensus of the main stakeholders in the Sehezar River in terms of flood generation using Fallback algorithm

عمق	عمق ۱	عمق ۲	عمق ۳	عمق ۴	عمق ۵	عمق ۶	عمق ۷	عمق ۸	عمق ۹
تخت سلیمان	19	25	25	27	27	27	27	27	30
گرمارود	2	19	23	24	26	27	27	30	30
سلچ‌انبار	1	1	19	22	23	26	29	30	30
مردورود	0	2	3	13	16	29	30	30	30
شهرستانک	3	4	4	11	28	28	29	30	30
سرچشمه‌رود	1	2	3	8	14	27	29	29	30
کته‌رود	1	1	5	6	7	7	19	29	30
هلیان	0	3	3	4	4	4	15	30	30
یان‌دشت	3	3	5	5	5	5	5	5	30

جدول ۹- امتیازات کلی حاصل از اجماع‌نظر گرودارن اصلی در رودخانهٔ دوهزار از نظر تولید سیلاب با الگوریتم Fallback

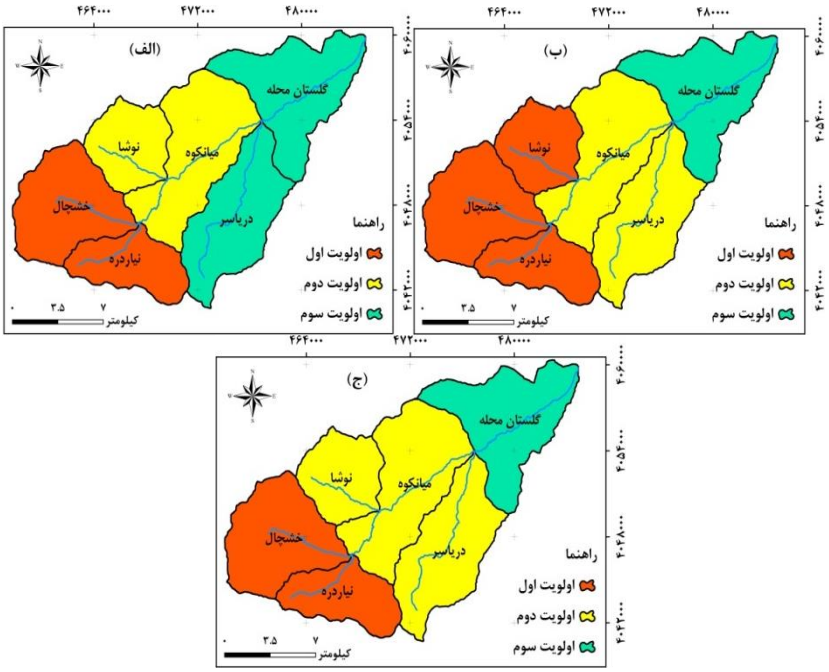
Table 9- The general scores obtained from the consensus of the main stakeholders in the Dohezar River in terms of flood generation using Fallback algorithm

عمق	عمق ۱	عمق ۲	عمق ۳	عمق ۴	عمق ۵	عمق ۶
نیاردره	14	19	22	22	22	24
خشچال	4	15	22	22	24	24
نوشا	2	7	17	24	24	24
میان‌کوه	0	0	0	14	23	24
دریاسر	1	4	8	10	23	24
گلستان‌محلّه	3	3	3	4	4	24



شکل ۵- نتایج اولویت‌بندی مکانی زیرآبخیزهای رودخانهٔ سه‌هزار از اجماع نظر بهره‌برداران محلی، سازمان اجرایی و نهادهای سیاست‌گذاری؛ (الف): الگوریتم Condorcet، (ب): امتیازدهی Borda، (ج): چانه‌زنی Fallback

Figure 5- The results of spatial prioritization of Sehezar River sub-watersheds from the consensus of local users, executive organization and policy-makers; (a): Condorcet algorithm, (b): Borda scoring, (c): Fallback bargaining



شکل ۶- نتایج درجات اولویت‌بندی مکانی زیرآبخیزهای رودخانهٔ دوهزار از اجماع نظر بهره‌برداران و آبخیزنشینان محلی، سازمان اجرایی و نهادهای سیاست‌گذاری؛ (الف): الگوریتم Condorcet، (ب): امتیازدهی Borda، (ج): چانه‌زنی Fallback

Figure 6- The results of spatial prioritization of Dohezar River sub-watersheds from the consensus of local users, executive organization and policy-makers; (a): Condorcet algorithm, (b): Borda scoring, (c): Fallback bargaining

این در حالی است که در الگوریتم چانه‌زنی Fallback بین اجماع نظر نهایی و نظرات بین‌بخشی و بین‌نهادی کاملاً اولویت‌بندی متفاوت‌تری را داشتند و در برخی موارد نزدیک به نظرات سازمان اجرایی و نهاد سیاست‌گذاری بود.

در زیرآبخیزهای رودخانه دوهزار نیز این تفاوت‌ها بسیار مشهود بود به‌طوری‌که در الگوریتم Borda بین اجماع نظر نهایی و نیز تصمیمات بین‌بخشی، اختلاف‌نظر شدیدی مشاهده شد که این یافته‌ها نشان‌دهندهٔ ضرورت و لزوم کاربست مدیریت بین‌بخشی و اجماع نظر گروداران در آبخیز است. از نظر Madani (2010) مدیریت آبخیز نیازمند مدیریت جامع آبخیز، لزوم به‌کارگیری نظریهٔ بازی‌ها و هم‌چنین استفاده از نظرات گروداران در حل مسائل مربوط به تصمیم‌گیری چندبخشی است.

در ارتباط با کاربست الگوریتم‌های نظریهٔ بازی‌ها نیز می‌توان گفت که استفاده از یک ابزار کارآمد برای مقایسهٔ بین نتایج رویکردهای مختلف می‌تواند در تصمیم‌گیری نهایی مؤثّر باشد که یافته‌های Mendoza and Martins (2006) مؤیّد این یافته است. هم‌چنین، Machac et al. (2018) نیز تأیید کردند که با استفاده از نظریهٔ بازی‌ها می‌توان تصمیمات صحیحی را در مورد اقدامات مدیریت سیلاب در آبخیز اتخاذ کرد. هم‌چنین Ishiwatari (2019) بیان کرد که استفاده از یک مدل نمی‌تواند برآورد دقیقی از تصمیم‌گیری در مورد مدیریت سیلاب ارائه دهد و لزوم استفاده از مدیریت مشارکتی و استفاده از دانش بومی را تأکید کرد.

۴- نتیجه‌گیری

هدف اصلی پژوهش حاضر تبیین ضرورت مدیریت سیلاب با استفاده از رویکردهای مختلف تصمیم‌گیری ذی‌نفعان بوده است. با توجه به این‌که در آبخیز و در تصمیم‌گیری بهینه، تشتت آرا و اختلاف‌نظر فاحش وجود دارد، بر همین اساس مبنای مفهومی کاربست روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه از قبیل الگوریتم‌های نظریهٔ بازی نمود پیدا می‌کند. بنابراین نظریهٔ بازی‌ها یک حالت سازشی بهینه بر اساس نظرات مختلف فراهم می‌نماید که در عین حال نظرات گروه‌های مختلف ذی‌نفع تا حد قابل‌قبول و بدون اختلاط در نظر گرفته می‌شود. این مبنا، مشخصاً ضرورت کاربست مدیریت مشارکتی را تأیید می‌کند. چون زمانی‌که تعداد آرا و هم‌چنین گروه‌های ذی‌نفع زیاد می‌شود، امکان تصمیم‌گیری سخت شده و در این راستا با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه می‌توان به اجماع‌نظر کلی برای شناسایی الگوی بهینه اولویت‌بندی زیرآبخیزها رسید. در جمع‌بندی مباحث صورت گرفته می‌توان گفت که بهره‌مندی از نظرات ذی‌نفعان و گروداران درگیر در آبخیز برای تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی بهینه و کارآمد و نیل به اهداف توسعهٔ پایدار و مدیریت جامع آبخیز ضروری است. هم‌چنین، پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی، برای تصمیم‌گیری بهینه در آبخیز، مسائل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، زیرساختی و فن‌آورانه، محیط‌زیستی و قانونی آبخیز جزئی‌سازی شده و با نظرات گروداران اصلی ترکیب شود. در مطالعات آتی بهتر است که با استفاده از داده‌های جامع و کامل، مدل‌سازی هیدرولوژیک و رویکرد مدیریت مشارکتی مورد استفاده قرار گرفته و تصمیم‌گیری نهایی از تلفیق نتایج این دو رویکرد مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان از سازمان هواشناسی کشور و شرکت آب منطقه‌ای مازندران برای ارائه داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی تشکر می‌کنند. این پژوهش با شماره پروژه ۹۹۰۲۳۶۹۷ توسط بنیاد ملی علوم ایران (INSF) حمایت شده است.

منابع

رمضان‌زاده لسبوئی، مهدی، و بدری، سیدعلی (۱۳۹۳). تبیین ساختارهای اجتماعی–اقتصادی تاب‌آوری جوامع محلی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب (مطالعهٔ موردی: حوضه‌های گردشگری چشمه‌کیله تنکابن و سردآبرود کلاردشت). *جغرافیا*، ۱۲(۴)، ۱۰۹–۱۳۱.

صادقی، سیدحمیدرضا، ادهمی، مریم، و شیخ‌محمدی، مجید (۱۳۹۷). معرفی و کاربرد تئوری بازی در مدیریت مشارکتی حوزه‌های آبخیز. *ترویج و توسعه آبخیزداری*، ۶(۲۰)، ۱–۸.

عباسپور، روح‌الله، حسن‌زاده، حسن، علیزاده ثابت، حمیدرضا، هدایتی‌فرد، مسعود، و مسگران کریمی، واد (۱۳۹۲). ارزیابی کیفی آب رودخانه چشمه‌کیله با استفاده از جوامع درشت بی‌مهرگان کف‌زی و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب. *توسعه آبزی‌پروری*، ۷(۴)، ۴۳–۵۶.

عبدلی، قهرمان، و مهاجر شجاعی، تیام (۱۳۹۹). نظریه بازی و کاربرد آن در تخصیص بهینه منابع آب. *پژوهش‌های برنامه و توسعه*، ۱(۳)، ۱۲۲–۱۶۶. doi:10.22034/pbr.2020.109247

قربانی، مهدی، ناصری، سمانه، و حاج علیزاده، احمد (۱۳۹۸). تحلیل پویایی انسجام سازمانی در راستای استقرار حکمرانی حوزه آبخیز، مطالعهٔ موردی: شهرستان سرایان، خراسان جنوبی. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۱(۴)، ۸۷۹–۸۹۰ doi:10.22092/ijwmse.2018.121448.1470

مطیعی لنگرودی، سیدحسن، قدیری معصوم، مجتبی، اسکندری چوبقلو، حافظ، طورانی، علی، و خسروی‌مهر، حمیده (۱۳۹۴). بررسی نقش مدیریت مشارکتی در کاهش آثار سیل (مطالعهٔ موردی: روستاهای حوضه رودخانه زنگمار ماکو). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۹(۵۱)، ۳۱۱–۳۳۹.

مهری، سونیا، مومزایی، اعظم، و صادقی، سیدحمیدرضا (۱۳۹۸). ضرورت کاربست اکولوژی زیست‌مهندسی در مدیریت جامع حوزه آبخیز. چهاردهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه ارومیه.

نصیری خیاوی، علی، وفاخواه، مهدی، و صادقی، سیدحمیدرضا (۱۴۰۰). تأثیرپذیری رژیم سیلاب از تغییرات بارش و کاربری زمین در آبخیز چشمه‌کیله. *اکوهیدرولوژی*، ۸(۱)، ۲۲۱–۲۳۴. doi:10.22059/ije.2021.312459.1402

References

Abbaspour, R., Hasanzadeh, H., Alizadeh Sabet, H.R., Hedayatifard, M., & Mesgharan Karimi, J. (2014). Estimation of biological and water quality indicators of Cheshmeh-Kileh Tonekabon river using large communities of benthic invertebrates and physical and chemical factors of water. *Journal of Aquaculture Development*, 7(4), 43-56. [In Persian]

Abdoli, G., & Mohajer Shojaie, T. (2020). Game Theory and its application on optimal allocation of water resources. *Journal of Program and Development Research*, 1(3), 122-166. doi: 10.22034/pbr.2020.109247 [In Persian]

Adhami, M., Sadeghi, S.H.R., & Sheikhmohammady, M. (2018). Making competent land use policy using a co-management framework. *Land Use Policy*, 72, 171-180. doi:10.1016/j.landusepol.2017.12.035

Adhami, M., Sadeghi, S.H.R., Duttmann, R., & Sheikhmohammady, M. (2019). Changes in watershed hydrological behavior due to land use comanagement scenarios. *Journal of Hydrology*, 577, 1-12. doi:10.1016/j.jhydrol.2019.124001

Adhami, M., & Sadeghi, S.H.R. (2016). Sub-watershed prioritization based on sediment yield using game theory. *Journal of Hydrology*, 541, 977-987. doi:10.1016/j.jhydrol.2016.08.008

Avand, M.T., Nasiri Khiavi, A., Khazaei, M., Tiefenbacher, J.P. (2021). Determination of flood probability and prioritization of sub-watersheds: A comparison of game theory to machine learning. *Journal of Environmental Management*, 295, 1-14. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113040

Baharad, E., & Nitzan, S. (2003). The Borda rule, Condorcet consistency and Condorcet stability. *Economic Theory*, 22, 685–688. doi:10.1007/s00199-002-0318-3

Balinski, M., & Laraki, R. (2007). A theory of measuring, electing, and ranking. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104, 8720–8725. doi:10.1073/pnas.0702634104

Berthomé, G.E.K., & Thomas, A. (2017). A Context-based Procedure for Assessing Participatory Schemes in Environmental Planning. *Ecological Economics* 132, 113–123. doi:10.1016/j.ecolecon.2016.10.014

Ghorbani, M., Naseri, S., & Hajalizadeh, A. (2020). Analysis of the dynamic of organizational cohesion for establishing collaborative governance of watershed, case area: Sarayan District, South Khorasan. *Watershed Engineering and Management*, 11(4), 879-890 doi:10.22092/ijwmse.2018.121448.1470 [In Persian]

Ishiwatari, M. (2019). Flood risk governance: Establishing collaborative mechanism for integrated approach. *Progress in Disaster Science*, 2, 100014. doi:10.1016/j.pdisas.2019.100014

Janssen, S., & Hermans, L. (2017). *Assessment of nature-based flood defences' implementation potential: development and application of a game theory based method.* Delft University of Technology.

Machac, J., Hartmann, T., & Jilkova, J. (2018). Negotiating land for flood risk management: upstream-downstream in the light of economic game theory. *Journal of Flood Risk Management*, 11(1), 66-75. doi:10.1111/jfr3.12317

Madani, K. (2010). Game theory and water resources. *Journal of Hydrology*, 381(3–4), 225–238. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.11.045

Mehri, S., Mumzaei, A., & Sadeghi, S.H.R. (2020). The necessity of using bioengineering ecology in Integrated Watershed Management. 14th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran, Urmia, Iran. [In Persian]

Mendoza, G.A., & Martins, H. (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: a critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*, 230, 1–22. doi:10.1016/j.foreco.2006.03.023

Motiee-Langarudi, S.H., Ghadiri-Masoom, M., Eskandari, H., Toorani, A., & Khosravimehr, H. (2014). Investigating the role of co-management in reducing flood effects (Case study: Villages of Zangmar Mako river basin). *Geography and Planning*, 19(51), 311-339. [In Persian]

Narendra, B.H., Siregar, C.A., Dharmawan, W.S., Sukmana, A., Pratiwi, Pramono, I.B., Basuki, T.M., Nugroho, H.Y.S.H., Supangat, A.B., Purwanto, Setiawan, O., Nandini, R., Ulya, N.A., Arifanti, V.B., & Yuwati, T. (2021). A Review on sustainability of watershed management in Indonesia. *Sustainability*, 13, 1-29. doi:org/10.3390/su131911125

Nasiri Khiavi, A., Vafakhah, M., & Sadeghi, S.H.R. (2021). The Impressibility of Flood Regime from Rainfall and Land Use Changes in the Cheshmeh-Kileh Watershed. *Ecohydrology*, 8(1), 221-234. doi:10.22059/ije.2021.312459.1402 [In Persian]

Patton, M.Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage.

Ramezanzadeh, M., & Badri, A. (2014). Explaining the Socio-Economic Structures of Resilience of Local Communities to Natural Disasters

with Emphasis on Flood (Case Study: CheshmehKileh Tonekabon and Sard Abroud Kelardasht Tourism Basins). *Geographical Association of Iran*, 12(40), 109-131. [In Persian]

Ravikumar, A., Larson, A.M., Myers, R., & Trench, T. (2018). Inter-sectoral and multilevel coordination alone do not reduce deforestation and advance environmental justice: Why bold contestation works when collaboration fails. *Environment and Planning*, 36(8), 1437-1457. doi:10.1177/2399654418794025

Rivest, R.L., & Shen, E. (2010). An optimal single-winner preferential voting system based on game theory. 3rd International Workshop on Computational Social Choice, Germany, Pp. 399–410.

Sadeghi, S.H.R., Adhami, M., & Sheikhmohammady, M. (2018). Introduction and applicability of game theory in watershed co-management. *Extension and Development of Watershed Management*, 6(20), 1-8. [In Persian]

Sheikhmohammady, M., & Madani, K. (2008). Sharing a Multi-national resource through bankruptcy procedures. World Environmental and Water Resources Congress, Honolulu, Hawaii, United States. Pp. 1-9.

Shisanya, C.A. (2018). Natural resource management. *Rural Development Planning in Africa*, 17–51. doi:10.1057/978-1-349-95297-7_2

Ucler, N., Engin, G.O., Köçken, H.G., & Öncel, M.S. (2015). Game theory and fuzzy programming approaches for bi-objective optimization of reservoir watershed management: A case study in Namazgah Reservoir. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(9), 6546-6558. doi:10.1007/s11356-015-4181-8

Vinov, A., Arctur, D., & Zaslavskiy, I. (2008). Community- based software tools to support participatory modeling: A vision. *International Congress on Environmental Modeling and Software*, 766-774.

Waskitho, N.T., Pratama, A.A., & Muttaqin, T. (2021). Sectoral Integration in Watershed Management in Indonesia: Challenges and Recommendation. *Earth and Environmental Science*, 752, 1-7. doi:10.1088/1755-1315/752/1/012035

Yazdi, J., Salehi Neyshabouri, S.A.A., Niksokhan, M.H., Sheshangosht, S., & Elmi, M. (2013). Optimal prioritisation of watershed management measures for flood risk mitigation on a watershed scale. *Journal of Flood Risk Management*, 6, 372-384. doi:10.1111/jfr3.12016