Vol 14, No. 4, Winter 2024

University of Tehran Press

Journal of Water and Irrigation Management Online ISSN: 2382-9931

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

Elaboration of the optimal allocation model of underground water resources using social participation water users (Hormozgan Kahoristan Plain)

Hooshang Mollaei[1] | Mojtaba Ardestani[2]✉ | Gholamreza Nabi[3]

1. Department of Environmental Engineering, University of Tehran International Campus, Kish, Iran. E-mail: mollaei_hoshang@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Environmental Engineering, Environment College, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: ardestan@ut.ac.ir
3. Department of Environmental Engineering, Environment College, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: ghhendi@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 22 January 2024
Received in revised form
4 March 2024
Accepted 3 July 2024
Published online 10 February 2025

Keywords:
Water productivity
Water stress
Water production
Social management

ABSTRACT

Groundwater resource management consists of two practical processes of resource allocation and resource planning. The allocation of underground water resources, the area under water consumption, water stress and the quality of water resources affect the management of the catchment area. In this study, according to the methodology, the allocation of water resources and social participation in the area of Kohoristan is done using various criteria and indicators. After determining the importance of each of the indicators used in modeling and applying the weights to the relevant indicators, a water resources allocation map has been prepared using the AHP method. The investigation of the area shows that about 17% of the area, taking into account various factors in this area and the factors affected by the factors and parameters identified in the AHP modeling, is in the upper class, which is at the risk of pollution and quality reduction due to being at the end of the area. are water sources. In this region, 66% of the basin has less or very less water resource allocation, which requires planning to change the pattern of cultivation and proper exploitation of water resources in this watershed in the south of the country. Also, the results show that according to the cultivation pattern of the region, only 12% of this pattern have access to high water allocation resources regardless of the quality of water resources, and the rest of them have low and very low water allocation resources, which requires a fundamental change in the way of harvesting, the use of water resources and social management of this critical resource in the area of Kohoristan.

Cite this article: Mollaei, H., Ardestani, M., & Nabi, Gh. (2025). Elaboration of the optimal allocation model of underground water resources using social participation water users (Hormozgan Kahoristan Plain). *Journal of Water and Irrigation Management*, 14 (4), 789-809. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2024.371132.1137

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2024.371132.1137

دوره چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

شاپا الکترونیکی: ۹۹۳۱-۲۳۸۲

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

تدوین مدل تخصیص بهینه منابع آب با استفاده الگوی مشارکتی بهره‌برداران (دشت کهورستان هرمزگان)

هوشنگ ملائی[۱] | مجتبی اردستانی[۲]✉ | غلامرضا نبی‌هندی[۳]

۱. دانشکده محیط زیست، پردیس بین‌المللی دانشگاه تهران، کیش، ایران. رایانامه: mollaei_hoshang@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: ardestan@ut.ac.ir

۳. دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: ghhendi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۱/۲۲

کلیدواژه‌ها:

بهره‌وری آب

تنش آبی

تولید آب

مدیریت اجتماعی

چکیده

مدیریت منابع آب زیرزمینی از دو فرایند کاربردی تخصیص منابع و برنامه‌ریزی منابع تشکیل شده است. تخصیص منابع آب زیرزمینی، مساحت تحت مصرف آب، تنش آبی و کیفیت منابع آب در مدیریت حوزه آبریز تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه مطابق با روش‌شناسی انجام شده، تخصیص منابع آب و مشارکت اجتماعی در حوزه کهورستان با استفاده از معیارها و شاخص‌های مختلفی صورت می‌گیرد. پس از تعیین اهمیت هرکدام از شاخص‌های مورداستفاده در مدل‌سازی واعمال وزن‌ها در شاخص‌های مربوطه، نسبت به تهیه نقشه تخصیص منابع آب با استفاده از روش AHP اقدام شده است. بررسی منطقه نشان می‌دهد حدود ۱۷ درصد منطقه با درنظرگرفتن عوامل مختلف در این حوزه و عوامل متأثر از فاکتورها و پارامترهای شناسایی‌شده در مدل‌سازی AHP در طبقه بالا قرار داشته که به‌علت قرارگرفتن در انتهای حوزه در معرض خطر آلودگی و کاهش کیفیت منابع آب هستند. در این منطقه ۶۶ درصد از حوزه از تخصیص منابع آب کم‌تر و بسیارکم‌تر برخوردار می‌باشد که نیازمند برنامه‌ریزی جهت تغییر الگوی کشت و بهره‌برداری مناسب منابع آب این حوزه آبریز در جنوب کشور می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد طبق الگوی کشت منطقه تنها ۱۲ درصد از این الگوی به منابع بالای تخصیص آب بدون درنظرگرفتن کیفیت منابع آب دسترسی دارند مابقی آن‌ها در منابع تخصیص آب کم و بسیار کم هستند که این اتفاق نیازمند تغییر اساسی در نحوه برداشت، استفاده از منابع آب ونیز مدیریت اجتماعی این منبع بحرانی در حوزه کهورستان می‌باشد.

استناد: ملائی، هوشنگ؛ اردستانی، مجتبی و نبی‌هندی، غلامرضا (۱۴۰۳). تدوین مدل تخصیص بهینه منابع آب با استفاده الگوی مشارکتی بهره‌برداران (دشت کهورستان هرمزگان). *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۴ (۴)، ۷۸۹-۸۰۹. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2024.371132.1137

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

تخصیص منابع آب زیرزمینی، مساحت تحت مصرف آب، تنش آبی و کیفیت منابع آب در یک حوزه آبریز تأثیر می‌گذارد. تخصیص منابع آب و مشارکت اجتماعی در حوزه آبریز با استفاده از معیارها و شاخص‌های مختلفی صورت می‌گیرد که بعضی از این شاخص‌ها از بیش‌ترین اهمیت برخوردار می‌باشد. یکی از روش‌های تخصیص منابع آب در حوزه آبریز ترکیب لایه‌های مختلف با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد. تصمیم‌گیری چندمعیاره[۱] (MCDM) یکی از رایج‌ترین روش‌های مورداستفاده در محیط تصمیم‌گیری است که به بررسی مسایل تصمیم‌گیری با رعایت تعدادی از معیارهای تصمیم می‌پردازد (Safieh Bahmanpouri *et al*., 2016). روی‌هم‌رفته، علت‌های لزوم استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب را می‌توان دستیابی به اهداف و محورهای گوناگون اسناد بالادستی موجود در مدیریت منابع آب، ارتباط مؤثر و مستقیم مسایل مدیریت منابع آب با دیگر حوضه‌ها مانند اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و غیره، وجود شاخص‌ها و معیارهای متضاد در مسایل مدیریت منابع آب، وجود سازمان‌ها، نهادها و مصرف‌کنندگان گوناگون در مدیریت منابع آب، لزوم درنظرگرفتن پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح‌ها و برنامه‌های پیشنهادی به‌منظور انتخاب گزینه‌های برتر، وجود شاخص‌ها و معیارهای کیفی و غیرقابل اندازه‌گیری در مسایل مدیریت منابع آب نام Miyanabadi and Afshar (2011)، یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است که نخستین بار به‌وسیله توماس ال‌ساتی[۲] (۱۹۸۰) مطرح شد. تحلیل سلسله‌مراتبی، روشی است که امکان تصمیم‌گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی و کمی و ترکیبی را فراهم می‌کند. گزارش‌های بسیار زیادی از کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در حوزه‌های گوناگون علوم و فنون مهندسی، مدیریت، علوم اجتماعی و غیره منتشر شده است که نشان‌دهنده قابلیت بالای کاربرد این روش‌ها در حل مسایلی است که همواره بیش از یک معیار و یا یک تصمیم‌گیرنده در آن دخیل هستند.

Okhravi and Raeiyat (2019) شناسایی عوامل مؤثر بر جلب مشارکت مردم در مصرف بهینه آب با رویکرد بازاریابی اجتماعی و انتخاب بهترین سناریو را بررسی نموده‌اند. در این پژوهش ۲۳ عامل در چهار دسته شناسایی شدند و در مرحله بعدی با استفاده از AHP گروهی- فازی با مشارکت خبرگان اهمیت هر یک از مؤلفه‌ها و زیر مؤلفه‌ها تعیین شد میزان ناسازگاری برای همه جدول‌ها کم‌تر از یک به‌دست آمد و درنهایت با استفاده از تکنیک FGAHPIPA-G برنامه تشویقی برای مصرف‌کنندگان و ایده‌های جدید در اولویت قرار گرفت. هم‌چنین Mollan and Yaghobi (2018) عوامل مؤثر بر مشارکت کشاورزان در مدیریت منابع آب شهرستان میاندوآب را بررسی کردند و این بررسی نشان می‌دهد که متغیرهای دانش و آگاهی کشاورزان نسبت به مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی، میزان آگاهی کشاورزان از مفاهیم و روش‌های مشارکت، شایستگی مسئولین و کارکنان دولت در اجرای طرح‌های آبیاری از دیدگاه کشاورزان، نگرش به مشارکت در طرح‌های حفاظت منابع آب در مدیریت منابع آب بسیار اثرگذار می‌باشد. در گزارش Shahraki *et al*. (2016) که رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی را بررسی و از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی فازی جهت تعیین اولویت منابع آب منطقه سیستان با رویکردهای مدیریتیِ اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ استفاده نموده بودند مشخص شد سه رویکرد اقتصادی، اجتماعی و فنی، بخش کشاورزی با بیش‌ترین وزن، در اولویت اول قرار دارند. وزن بخش کشاورزی در رویکردهای مذکور به‌ترتیب ۰/۸۵۱، ۰/۷۱۰ و ۰/۷۸۹ به‌دست آمد. در رویکرد زیست‌محیطی، بخش محیط زیست (تالاب هامون) به‌عنوان گزینه برتر با وزن ۰/۶۰۳ و بخش کشاورزی و شرب به‌ترتیب با وزن ۰/۳۶۴ و ۰/۰۳۳ در اولویت دوم و سوم قرار گرفتند و پیشنهاد گردیده است با توجه به وضع معیشتی مردم سیستان و در اولویت قرارگرفتن بخش کشاورزی در سه رویکرد مدیریتی (به‌ویژه اقتصادی) مسئولان و دولت‌مردان بخش آب توجه ویژه‌ای به این بخش داشته باشند.

در پژوهش Ahmadi *et al.* (2015) که تحت عنوان انتخاب بهترین سناریوی تخصیص منابع آب حوضه کارون با استفاده از روش تصمیم‌گیری اجتماعی انجام پذیرفت، مدیریت در تخصیص منابع آب حوضه آبریز کارون با دیدگاه حل اختلاف موردبررسی قرار گرفت و با استفاده از مدل برنامه‌ریزی مادیسم و با بررسی هفت سناریو عملکرد مدل، شبیه‌سازی و ارزیابی شد سپس از روش‌های رفع اختلاف مانند رویکرد انتخاب اجتماعی بر پایه رأی‌گیری برای انتخاب بهترین سناریو استفاده گردید. در همین راستا تدوین تخصیص بهینه آب زیرزمینی با لحاظ تعاملات ذی‌نفعان با کاربرد مدل‌های چانه‌زنی بازگشتی در دشت داریان استان فارس نشان داد که سیاست بهینه تخصیص حاصل از مدل چانه‌زنی موجب کاهش برداشت از آبخوان و بهبود سطح آب در آبخوان می‌شود (Alizadeh *et al.*, 2015).

در جدول (۱) برخی از پژوهش‌های مشابه به‌همراه خلاصه اهداف و نتایج آورده شده است. اهداف اصلی که در این پژوهش دنبال می‌شود عبارتند از شناخت عوامل مؤثر بر مسئله آب در فضای واقعی مدیریت منابع آب، شناخت تدوین روش‌های افزایش مشارکت اجتماعی در مسئله آب، تدوین مدل تخصیص بهینه منابع آب با استفاده از مشارکت اجتماعی در دشت کهورستان هرمزگان و نحوه و روش تعمیم آن به سایر دشت‌ها می‌باشد. محدوده موردمطالعه دشت کهورستان در فاصله ۱۰۰ کیلومتری شمال‌غرب بندرعباس می‌باشد. وسعت حوزه آبریز مستقیم دشت ۷۸۳ کیلومترمربع بوده که ۲۷۷ کیلومترمربع آن را دشت مابقی (۵۰۶ کیلومترمربع) را ارتفاعات تشکیل می‌دهد.

Table 1. Some similar researches along with a summary of objectives and results

Goals/Results	Modeling method	Country/Region	Year	Author
The use of multi-criteria decision support system for the allocation of water resources in China/ The results showed that the decision support system is an effective combination of software and main techniques, especially for use in the analysis and development of sustainable water resources management policies.	MCDM	China	2007	He *et al.*
Hierarchical analysis to consider the social aspects of water users and the physics of water resources and the interaction between them/ The results showed that the change in the demand and supply pattern of the river basin creates a challenge among water users.	AHP	Tampo River in Indonesia	2009	Rudi *et al.*
Multi-criteria assessment for integrated water management in lake basin/ The results allowed managers to consider environmental, social and economic criteria in decision-making and to consider the active participation of stakeholders in decision-making.	AHP	Lake Popo in Bolivia	2010	Caliziya *et al.*
Optimal allocation of water resources to industrial, agricultural and urban sectors in the arid central desert region of Iran/ In the agricultural sector, based on production functions and cultivated areas, the yield of the product and the resulting income were determined, and in the industrial sector, the yield was determined regionally. The results showed that with economic growth and profit of 54%, an increase of 13% in employment compared to the basic conditions determined in the model was optimal and more efficient.	AHP	Central desert of Iran	2016	Davijani *et al.*
Water shortage management using multi-criteria evaluation technique with the help of SWOT model and hierarchical analysis method/ The results showed that facilitating the participation of the private sector in industry and tourism can be considered as the first priority and an alternative to reducing the water shortage in the agricultural sector of the province.	SWOT	Yazd city in Yazd province	2017	Chitsaz and Azarnivand
Multi-criteria evaluation of water resource allocation scenarios in water scarce basins Based on TOPSIS method and WEAP model/ Water resources management (Lake Urmia)	TOPSIS	Lake Urmia	2018	Moradian *et al.*
Providing the best solution for protection and integrated management of water resources in Niriz city/ The results showed that the economic and social criteria had the greatest impact in this evaluation and the solution of changing water use and increasing the feeding of underground water tables and watershed management operations were prioritized in their evaluation.	TOPSIS and FAHP	Niriz city in Fars province	2020	Bahmanpour *et al.*

۱. ۱. نوآوری پژوهش

نو و بدیع‌بودن این پژوهش از چند زاویه قابل بررسی است:

– با توجه به موضوع پژوهش طبق بررسی پیشینه پژوهش، تاکنون هیچ پژوهشی در موردبررسی ابعاد کامل حل مسئله آب توسط مشارکت ذی‌نفعان و اعمال شاخص تأثیرگذاری هرکدام در مسئله آب انجام نشده است. لذا این پژوهش توسعه مشارکت عمومی در حل مسائل از جمله آب را به‌دنبال دارد، لذا برای اولین‌بار در کشور پژوهش به‌طور کامل اثرات همه ذی‌نفعان در حل مسئله آب در حال انجام می‌باشد.

– مدل مورداستفاده به‌طور جامع در حل مسئله آب نوآوری می‌باشد، اگر بتوانیم مدل استخراجی را برای مدیریت و حل مسئله آب با مشارکت با شاخص‌ها و میزان اثرگذاری هرکدام داشته باشیم نوآوری در این بخش می‌باشد و مدل مورداستفاده متفاوت از مجموعه مدل‌های ریاضی و اجتماعی و ... در سایر پژوهش‌های انجام‌شده، مورداستفاده قرار گرفته است (شکل ۱).

– امکان بومی‌سازی این مدل و پژوهش در مناطق مختلف وجود دارد، لذا با اندازه‌گیری شاخص مشخص‌شده در مدل می‌توان در مناطق، کشورها، استان‌ها و دشت‌های مختلف مورداستفاده قرار گیرد.

۲. ۱. محدودیت‌های پژوهش

الف– داده و اطلاعات

داده و اطلاعات در بخش‌های مختلف از جمله منابع مصارف آب، تأمین و تولید آب، کیفیت منابع آب، اطلاعات تنش آبی، الگوی کشت و بهره‌وری آب، باید در محدوده زمانی پنج دهه در دسترس باشد.

ب– پیشینه پژوهش

پژوهش‌های صورت گرفته در کشور یک یا دو شاخص را موردبررسی و پژوهش قرار داده است. لذا پژوهش‌ها با معیارهای مختلف اندازه‌گیری (شش عامل) در تخصیص منابع آب در محدوده موردمطالعه برای آنکه بتوان آن‌ها را به یک مقیاس مشترک تبدیل نمود، خود از پیچیدگی این نوع پژوهش‌ها می‌باشد.

ج– اجتماعی، مشارکتی، فرهنگی، آموزشی

از سال ۱۳۹۶ وزارت نیرو به دانش و رویکرد اجتماعی برای مدیریت مصرف و تقاضا، ارزیابی پیامدهای اجتماعی شیوه‌های تأمین و عرضه، بهبودهای رفتاری در زمینه مصرف آب، جلب مشارکت ذی‌نفعان در پایداری منابع، بهبود شیوه‌های حکمرانی و افزایش کارایی استفاده از منابع در بهبود سطح رفاه و عدالت اجتماعی نیازمند است حرکت و تصمیم‌های جدید گرفت، زیرا پایداری منابع آب علاوه بر علوم فنی آب، به گستره وسیعی از علوم اجتماعی از جمله اقتصاد جامعه‌شناسی، علوم سیاسی، علوم حکمرانی محیط زیست، جغرافیا، علوم رفتاری، تاریخ و برخی رشته‌های دیگر نیاز دارد و تا بتوان مسئله آب که در ایران به مشکلاتی نظیر بدمصرفی دچار است، مدیریت کرد.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. محدوده مطالعاتی

دشت کهورستان یکی از دشت‌های مهم استان هرمزگان است که در مختصات جغرافیایی ۲۷ درجه و ۰۷ دقیقه تا ۲۷

درجه و ۱۶ درجه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. اقلیم منطقه کهورستان از نظر جغرافیایی از نوع خشک می‌باشد که متوسط بارندگی سالانه آن براساس آمار ایستگاه‌های در مناطق مرتفع و دشت به‌ترتیب ۴/۲۵۰ و ۵/۱۹۹ میلی‌متر است. متوسط دمای سالانه در مناطق مرتفع ۲/۲۶ و در مناطق دشتی کهورستان ۴/۲۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تبخیر متوسط سالانه منطقه کهورستان به میزان ۵/۲۸۱۱ میلی‌متر در مناطق مرتفع و ۷/۳۶۹۷ میلی‌متر در مناطق دشت می‌باشد. متوسط رطوبت نسبی در مناطق مرتفع ۲/۵۶ درصد و در مناطق دشت ۲/۷۹ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده بالابودن میزان رطوبت نسبی هوا در تمامی طول سال در منطقه کهورستان است که این ویژگی به‌علت نزدیکی این منطقه به دریاست (شکل ۲).

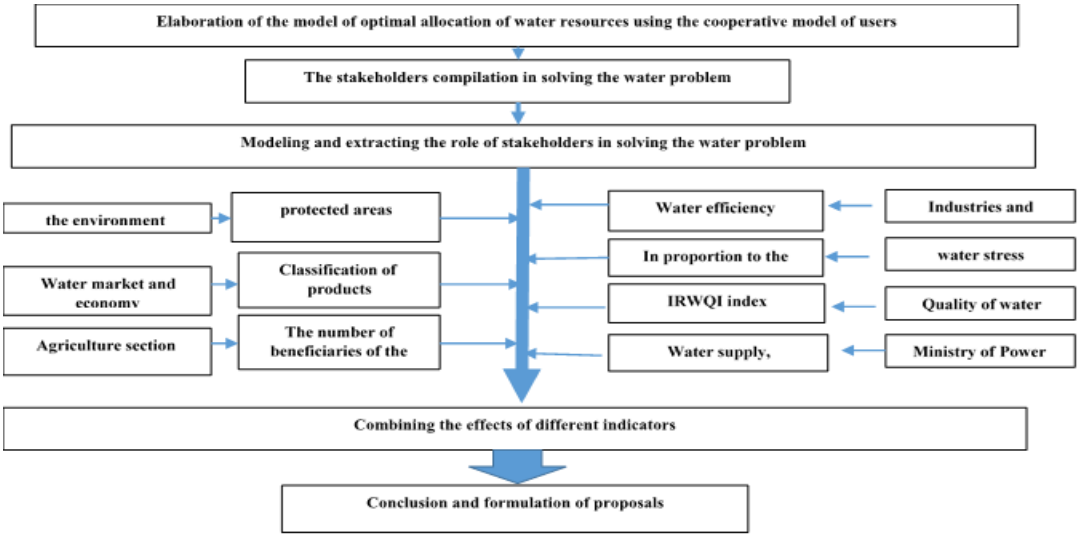

Figure 1. Elaboration of the model of optimal allocation of water resources using the cooperative model of users

Figure 2. Location of the study area

۲. ۲. بهره‌وری منابع آب

براساس آماربرداری سال ۱۴۰۱، از تعداد کل ۶۸۶ حلقه چاه بهره‌برداری با تخلیه ۲۲/۰۶ میلیون مترمکعب در محدوده مطالعاتی کهورستان، تعداد ۵۸۸ حلقه چاه بهره‌برداری با تخلیه ۱۹/۳۱ میلیون مترمکعب در دشت و ۹۸ حلقه چاه با تخلیه ۲/۷۵ میلیون مترمکعب در ارتفاعات این محدوده قرار داد. هم‌چنین ۵۰ چشمه در این محدوده گزارش شده است، که از این تعداد ۴۸ چشمه در ارتفاعات این محدوده با تخلیه ۸,۷۳ میلیون مترمکعب و دو چشمه در دشت با تخلیه سالانه ۰/۱۳ میلیون مترمکعب در سال گزارش شده است.

از مجموع ۳۰/۹۲ میلیون مترمکعب آب استحصالی از منابع آب زیرزمینی، ۳/۳۱ میلیون مترمکعب به مصرف شرب و بهداشت، ۲/۵۹ میلیون مترمکعب به مصرف صنعت و ۲۴/۰۹ میلیون مترمکعب به مصرف کشاورزی (مجموع بهره‌برداری شرب، صنعت و کشاورزی چشمه و چاه) تعلق دارد.

۲. ۳. تنش آبی

شاخص تنش آبی کاربری زمین، براساس دمای تاج پوشش، به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی وضعیت آب گیاه و برنامه‌ریزی بهره‌وری آب و کاربری اراضی و پایداری آن درمنطقه موردمطالعه مورداستفاده قرار گرفته است، در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست۹ و از باندهای حرارتی برای تعیین تنش در کاربری اراضی منطقه موردمطالعه استفاده شده است.

۲. ۴. کیفیت منابع آب

پایش کیفیت منابع آب فعالیت متمرکزی است که برای ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی و بیولوژیکی آب در ارتباط با بهداشت انسانی، شرایط اکولوژیکی و کاربری آب انجام می‌شود. مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در کیفیت آب نیترات، کلیفرم مدفوعی، EC سختی کل، SAR، BODS، فسفات، COD، PH، اکسیژن محلول می‌باشد. با توجه به اندازه‌گیری پارامترهای فوق می‌توان وزن کیفی منابع آب را محاسبه نمود. شاخص اندازه‌گیری‌شده مربوط به تنش آبی با شاخص کیفیت منابع آب میزان درصد سهم هرکدام درج می‌شود.

$IRWQI_{GC} = [\prod_{i=1}^{n} I_i W_i]^{\frac{1}{\gamma}}$ که $\gamma = \sum_{i=1}^{n} Wi$

که در آن، Wi وزن پارامتر iام، n تعداد پارامترها برابر با ۱۰، Ii تعداد شاخص برای پارامتر iام از منحنی رتبه‌بندی می‌باشد. برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه‌شده از راهنمای توصیفی شاخص IRWQI استفاده شده است.

۲. ۵. تأمین آب

تأمین آب به‌عنوان مقدار آبی تعریف می‌شود که بارندگی منهای ذخیره و هدررفت، تبخیر و تعرق در یک منطقه مطالعاتی تعیین می‌گردد. مدل عملکرد آب به‌طور عمده از پارامترهای میانگین بارندگی سالانه، تبخیر و تعرق مرجع سالانه، عمق خاک حاصل از داده‌های خاک، محتوای آب در دسترس گیاه، عمق ریشه گیاه از نقشه پوشش گیاهی و خصوصیات کاربری اراضی برای محاسبه متوسط عملکرد سالانه آب در گرید سل‌های مکانی استفاده می‌کند. عملکرد تأمین آب حوزه مطابق روابط زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۱) $\mathrm{Yxj} = \left(1 - \frac{\frac{\mathrm{AETxj}}{\mathrm{Px}}}{1}\right) * \mathrm{Px}$

رابطه ۲) $\mathrm{AETxj}\frac{1}{\mathrm{Px}} = \frac{1+Wx+Rxj}{1+Wx+\left(\frac{1}{Rx}\right)}$

$$Wx = Z * \frac{AWCx}{Px}$$ رابطه ۳)

$$Rxj = Kxj * \frac{ET0x}{Px}$$ رابطه ۴)

در این روابط، Yxj متوسط عملکرد سالانه آب (میلی‌متر)، Px متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر)، AETxj تبخیر و تعرق واقعی سالانه (میلی‌متر) و AETxj/Px تقریب منحنی Budyko می‌باشد (Zhang *et al.*, 2001)، Rxj شاخص خشکی Budyko، Rx شاخص خشکی Budyko بدون بعد در پیکسل x است، WX یک پارامتر غیرفیزیکی برای توصیف خصوصیات طبیعی آب‌وهوایی- خاک است. AWCx محتوای حجمی آب در دسترسی گیاه (میلی‌متر) و Z فاکتور بارندگی فصلی می‌باشد. Kxj ضریب تبخیر و تعرق است kc، ضریب منتخب برای نوع خاص کاربری اراضی/پوشش زمین j و Etox نیز تبخیر و تعرق مرجع از پیکسل x (میلی‌متر) می‌باشد. تبخیر و تعرق مرجع از پژوهش‌ها و مرور منابع موجود در منطقه مطالعاتی به‌دست آمد.

۲. ۶. الگوی کشت موجود

الگوی کشت نشان‌دهنده مدت زمانی است که یک محصول در حال کشت است و هم‌چنین ترتیب کشت محصولات گوناگون در یک زمین با ابعاد مشخص است که باید رعایت اصول اکوفیزیولوژیک تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ محیط زیست و افزایش بهره‌وری تولید با هم لحاظ شوند. در این پژوهش الگوی کشت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل از منطقه موردمطالعه تهیه شد سپس با توجه به میزان مصرف آب توسط محصول به‌وسیله خبرگان رتبه‌گذاری گردید.

۲. ۷. بهره‌وری آب کشاورزی

بهره‌وری آب کشاورزی یکی از راه‌های اساسی در مدیریت بهینه حوزه آبریز و مدیریت مشارکتی در کهورستان است. در ارزیابی و اثربخشی منابع آب در منطقه موردمطالعه ارزش ماده تولید به میزان مصرف آب در نظر گرفته شود. در این مطالعه جهت سنجش بهره‌وری از شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) استفاده شد. این شاخص از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۹ (NDVI = (Band 5– Band 4) / (Band 5+ Band 4)) منطقه موردمطالعه استخراج می‌شود. این بهره‌وری که بهره‌وری فیزیکی نام دارد، نسبت محصول تولیدشده به نسبت آب مصرف‌شده به هکتار در منطقه موردمطالعه می‌باشد. هرچه این شاخص بیش‌تر باشد نشان‌دهنده مصرف بهینه آب در منطقه موردمطالعه است پس بهره‌وری مناسب‌تر و بیش‌تر می‌باشد. CPD = $\frac{yield(ndvi)}{CWR}$ به‌طورکلی yield عملکرد محصول در هکتار و CWR میزان آب در هر هکتار می‌باشد. بنابراین در پژوهش حاضر اقدام به استفاده از مدل کاربردی و کاملاً مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای تحت عنوان WATPRO جهت محاسبه مستقیم میزان بهره‌وری آب کشاورزی و ارزیابی آن در حوضه آبریز دشت کهورستان گردید. بدین منظور تصاویر ماهواره‌های لندست ۹ در دوره کشت تا برداشت دریافت و پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم سال زراعی تعیین گردید.

۲. ۸. ترکیب شاخص‌ها و تدوین نتایج بهره‌برداری آب زیرزمینی در حوزه کهورستان

مفهوم متغیرهای بهره‌وری از لحاظ شاخص‌های اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی و کشاورزی توضیح داده شده است. این شاخص‌ها به‌تنهایی اطلاعات معنی‌داری را تا زمانی‌که آن‌ها با یکدیگر ترکیب و آنالیز شوند، منتقل نمی‌کنند.

$$GWP = \sum_{i=1}^{n} XiWi$$ رابطه ۵)

$$GWP = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{Wi} = 1 \text{ and } 0 \leq \mathrm{Wi} \leq 1$$ رابطه ۶)

وزن‌دهی متغیرها یکی از الزامات مهم می‌باشد، زیرا هر شاخص به‌طور متفاوت وضعیت تخصیص منابع آب را توصیف می‌کند و در نتیجه اثرات متفاوتی بر ترکیب نهایی دارد. در این مطالعه وزن‌دهی با دیدگاه مشارکتی مانند (خبرگان و ذی‌نفعان و مشارکت‌کنندگان) و نیز با دیدگاهی که وزن‌هایی را که با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌وسیله مدل AHP به هر یک از آن‌ها اختصاص می‌دهد، تعیین و در ارزیابی نهایی وضعیت تجمعی همه شاخص‌ها در منطقه موردمطالعه نشان داده شده است. هم‌چنین در پایان مشخص گردیده که کدام یک از حوزه‌ها بیش‌ترین و کم‌ترین بهره‌وری را دارند.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. مصارف منابع آب (تخلیه و برداشت)

برای مدل‌سازی مصرف آب موجود از منابع آب چاه و چشمه به‌صورت آماربرداری و نمونه‌برداری از چاه‌های سطح منطقه استفاده شده است. در محاسبات مصرف آب، مصرف آب زیست‌محیطی هم در سهم تخلیه از چشمه و مناطق زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است. بیش‌ترین افزایش تخلیه آب‌های زیرزمینی (شکل ۳) محدوده کهورستان مربوط به چاه‌هایی است که در سال‌های قبل از ۱۳۵۵ و در سال ۱۳۶۲حفر شده است. در دشت کهورستان و چاه ماخور نیز ۲۸/۵۴۷ میلیون مترمکعب از تخلیه چاه‌ها برای کشاورزی، ۲/۴۴۷ میلیون مترمکعب از تخلیه چاه‌ها برای شرب و ۱/۴۵۶ میلیون مترمکعب از تخلیه چاه‌ها برای صنعت مصرف می‌شود. در دشت نیز ۱/۸۷۹ میلیون مترمکعب برای کشاورزی و ۰/۰۰۳ میلیون مترمکعب برای صنعت مصرف می‌شود. در آبخوان آبرفتی کهورستان کل مصرف ۳۲/۴۱ میلیون مترمکعب می‌باشد که از این مقدار ۲۸/۴۷۷ میلیون مترمکعب به مصرف کشاورزی، ۳/۹۳۳ میلیون مترمکعب به مصرف شرب می‌رسد.

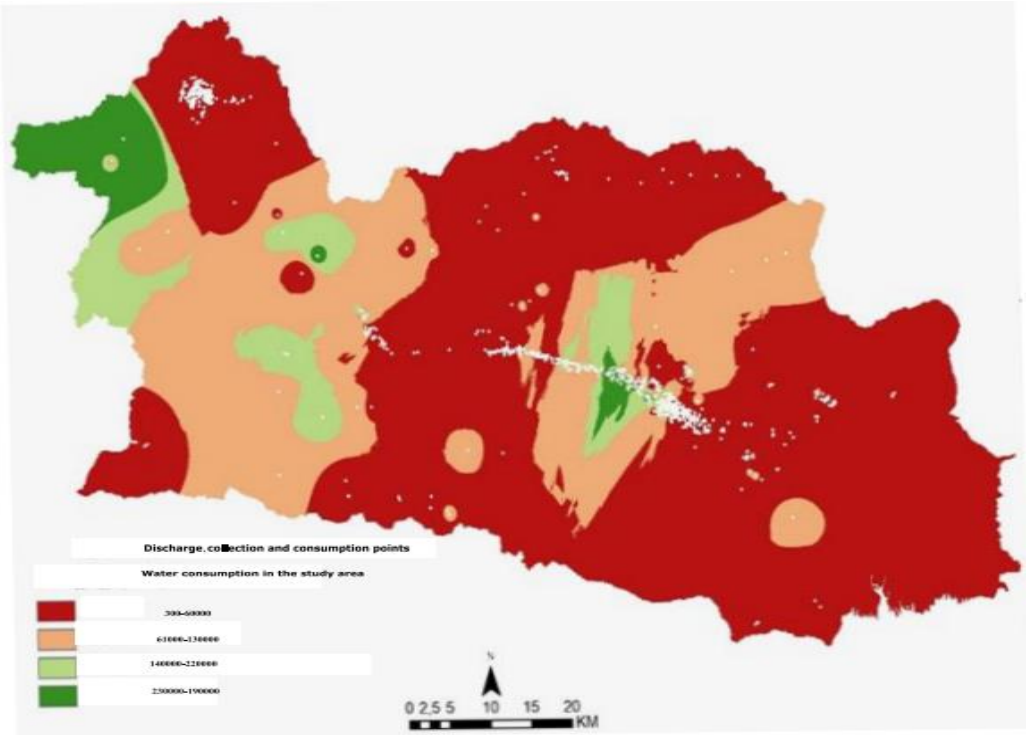

Figure 3. Distribution of water consumption in the study area based on the discharge of cubic meters per second (drinking wells, agricultural wells, springs)

۳. ۲. تنش آبی در حوزه کهورستان

به‌منظور شناسایی تنش‌های کاربری اراضی حوزه کهورستان از نشانه‌های متفاوتی استفاده شده است. به‌منظور شناسایی تنش آبی از نشانه‌های تغییرات تبخیر و تعرق و غذاسازی گیاه یا فتوسنتز استفاده می‌شود. امروزه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و باندهای طیفی به‌خوبی امکان پایش این تغییرات بازتابی و حرارتی در مقیاس‌های گوناگون از لحاظ مکانی و زمانی فراهم است. در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۹ و با استفاده از باندهای حرارتی تصاویر فوق اقدام به استخراج تنش گیاهان دشت کهورستان نموده‌ایم و در نهایت با استفاده از ابزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی، کاربری اراضی منطقه موردمطالعه تخصیص داده شده است. با توجه به نقشه کاربری اراضی و نتایج حاصل از تنش گیاهی به آب در دوره یک ساله نشان می‌دهد که به‌طور کلی مناطق بالاتر دشت کهورستان و منطق ارتفاعی و مناطقی که به منشأ رطوبتی دسترسی نداشته بیش‌ترین تنش را در حوزه داشته‌اند (شکل ۴) در نتیجه مناطق خروجی حوزه تنش آبی کم‌تر نسبت به سایر مناطق داشته است.

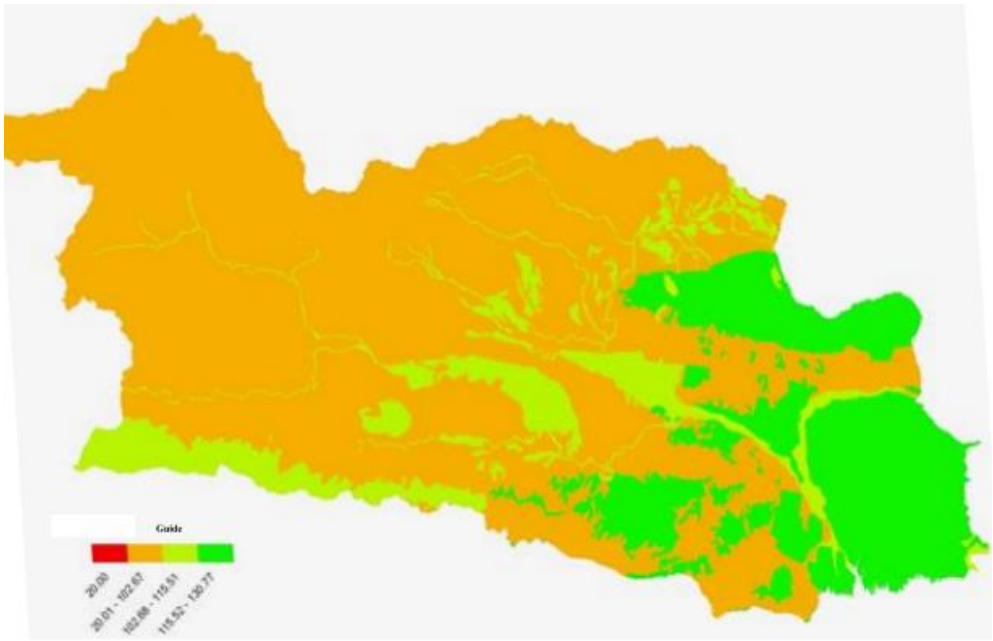

Figure 4. Water stress in Kohoristan basin (extraction from Landsat 9 satellite thermal band images and its allocation to land use in the study area)

۳. ۳. کیفیت منابع آب

برای بهره‌وری و استفاده بهینه و تعیین مقدار آب جهت مصارف کشاورزی، شرب و صنعت لازم است که غلظت املاح آب موردارزیابی قرار گیرد. در بررسی کیفیت آب ایستگاه کهورستان، پارامترها و خصوصیات شیمیایی آب نظیر میزان اسیدیته (PH)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR) کلرورها (CL)، سولفات‌ها (SO_4) و همین‌طور کاتیون‌هایی نظیر پتاسیم (K^+)، منیزیم (Mg^{2+})، کلسیم (Ca^{2+}) و سدیم (Na^+) تعیین شده‌اند. پس از دریافت لایه کیفیت منابع آب براساس موقعیت مکانی و نوع چاه‌ها، لایه موردنظر به نقشه نقاط تبدیل و براساس طیف هر عنصر (شکل ۳) در منطقه موردمطالعه درون‌یابی توزیع فضایی هر عنصر در منطقه نشان داده شد و سپس با استفاده از روی‌هم‌گذاری لایه‌ها کیفیت آب در منطقه موردمطالعه طبقه‌بندی گردید (جدول ۲).

Table 2. Sample specifications of wells and representative elements measured in it

Utm x	Utm y	M Ca	M Mg	Mg/Ca	MSO4	MCl	SO4/Cl
356491	3011073	0.00	0.00	1.04	0.01	0.01	0.47
356136	3011904	0.00	0.00	0.92	0.01	0.01	0.63
345774	3016462	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	1.22
347302	3016587	0.00	0.00	0.86	0.01	0.00	1.28
348951	3015061	0.00	0.00	0.85	0.01	0.01	0.50
347969	3016037	0.00	0.00	0.95	0.01	0.01	0.65
353685	3013703	0.01	0.00	0.87	0.01	0.01	0.45
356806	3011998	0.01	0.01	0.52	0.01	0.02	0.55
356365	3013512	0.01	0.01	1.08	0.02	0.02	0.78
354114	3012164	0.00	0.00	0.79	0.01	0.01	0.68
351642	3015511	0.00	0.00	0.92	0.00	0.01	0.76

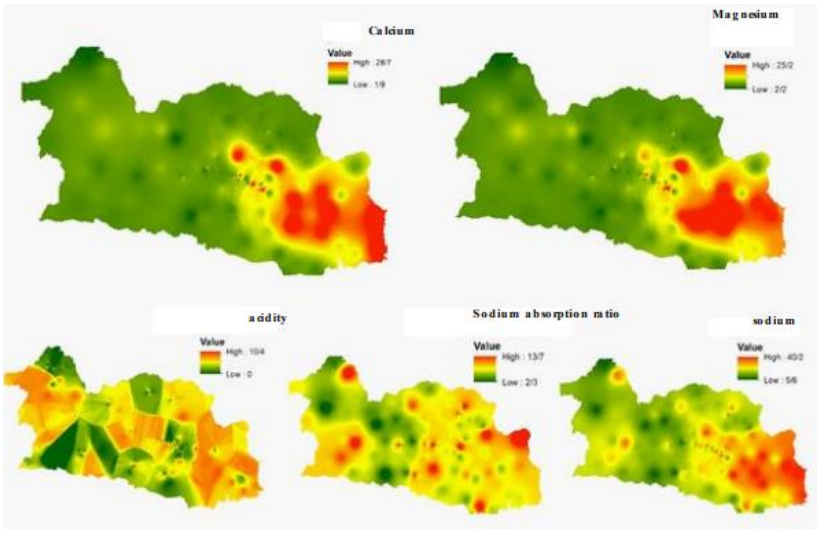

Figure 3. Geographical distribution of some elements related to the quality of water resources in the study area

کیفیت (شکل ۴) در منطقه به‌طور مشخص‌تر آشکار می‌شود. طبق راهنمای توصیفی شاخص IRWQI بیش‌ترین آلودگی آب و کم‌ترین بهره‌وری آن در مناطق مسکونی، اطراف رودخانه‌ها، مناطق کشاورزی و انتهای حوضه و آبخوان وجود دارد.

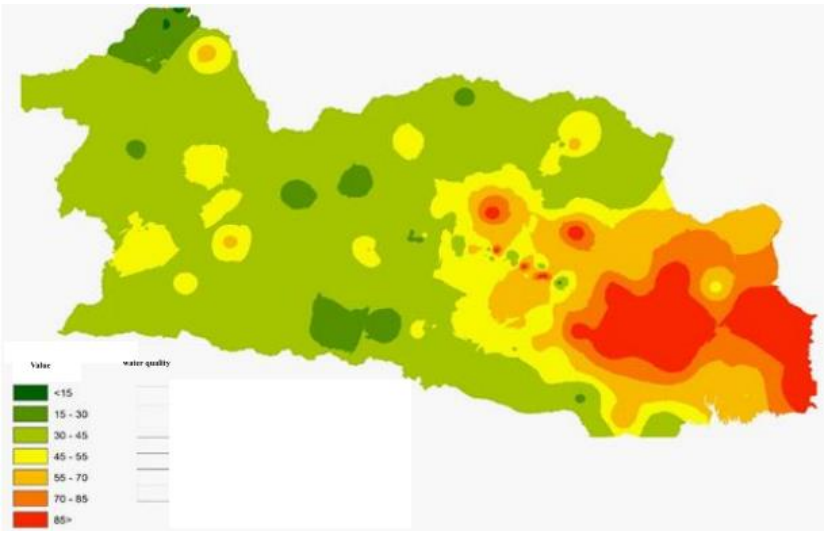

Figure 4. Water quality in the Kohoristan plain for exploitation

۳. ۴. تأمین و تولید آب در بهره‌وری منطقه موردمطالعه

به‌منظور محاسبه عملکرد تولید آب، پس از تهیه و آماده‌سازی لایه‌ها و اجرای مدل InVEST، براساس کاربری زمین، میزان بارش (PA)، پتانسیل تبخیر و تعرق (PET)، تبخیر و تعرق واقعی(AET) و متوسط تولید آب (WY)، به‌دست آمد که نتایج آن در نقشه (شکل۳–۵) نشان داده شده است. مطابق این نقشه، علاوه بر محاسبه میزان عملکرد تولید آب در حوزه که نمایش داده شده است، مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل خروجی نیز برای کل حوزه محاسبه شده است. بر این اساس، میانگین عملکرد تولید آب ۲۶۰ مترمکعب برآورد شده است. هم‌چنین حجم عملکرد تولید آب به تفکیک هر طبقه و کاربری زمین منطقه نمایش داده شده است (شکل ۵). بر این اساس بیش‌ترین تولید آب منطقه موردمطالعه متعلق به زیرحوزه‌های انتهای کهورستان می‌باشد. با توجه به بارش منطقه که بیش‌تر در ارتفاعات رخ می‌دهد، اما با توجه به نقش رودخانه‌ها و کاربری زمین کشاورزی میزان آب در حوزه انتهایی بیش‌ترین می‌باشد.

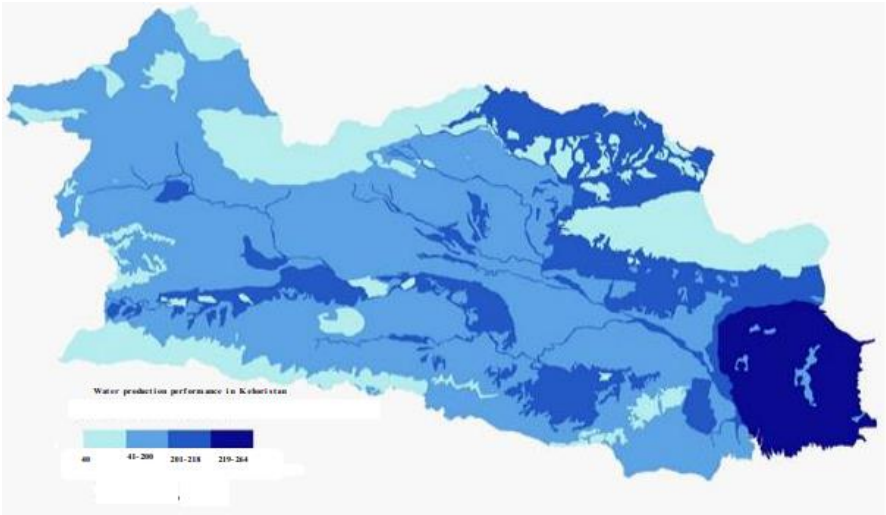

Figure 5. Water production performance in Kohoristan basin

۳. ۵. الگوی کشت موجود دشت کهورستان

سطح زیرکشت و میزان تولید محصولات مختلف دشت کهورستان در سال ۱۴۰۲ به تفکیک کشت آبی و دیم در جدول (۳) درج شده است. براساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده از منطقه، در سال ۱۴۰۲ مجموع سطح کشت آبی محصولات زراعی و باغی در این محدوده به‌خاطر محدودیت منابع آب و کاهش آن به‌شدت کاهش داشته و به کم‌تر از ۱۴۰۰ هکتار رسیده است. برآورد نیاز آبی صیفی و سبزی در دوره هفت ماهه (مهر– فروردین) و نخیلات و مرکبات در دوره ۱۲ ماهه سال انجام شده است.

Table 3. Cultivated area and net and gross irrigation needs of crops in Bilan area

Range name	Cultivation pattern	Cultivated area (hectares)		Net irrigation requirement (cubic meter)	Net requirement including efficiency (40% m^3/ha)	Irrigation water consumption (m^3)
		Aquaculture	Rainfed			
Barke Sultan	Palm tree	0.17	-	17030	42575	7237.75
	vegetable	200	-	4055	10137.5	2027500
Shib Ravaan	Palm tree	0.83	-	17030	42575	35337.25
	Citrus	0.38	-	12140	30350	11533
	vegetable	200	-	4055	10137.5	2027500
Kehoristan	Palm tree	18.37	-	17030	42575	782068.7
	Citrus	0.8	-	12140	30350	24219.3
	vegetable	962.9	-	4055	10137.5	976.602

روش‌های متداول آبیاری در دشت کهورستان عبارت از غرقابی، کرتی، نشتی و شیاری است. براساس اطلاعات به‌دست‌آمده، راندمان آبیاری در منطقه ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است. جهت تهیه الگوی کشت فعلی (شکل‌های ۶ و ۷) از تصاویر ماهواره سنتینل استفاده شده است، اما به‌خاطر غالب‌بودن کشت صیفی جات و نداشتن الگوی متفاوت به‌صورت محدوده کشت در نظر گرفته شده است.

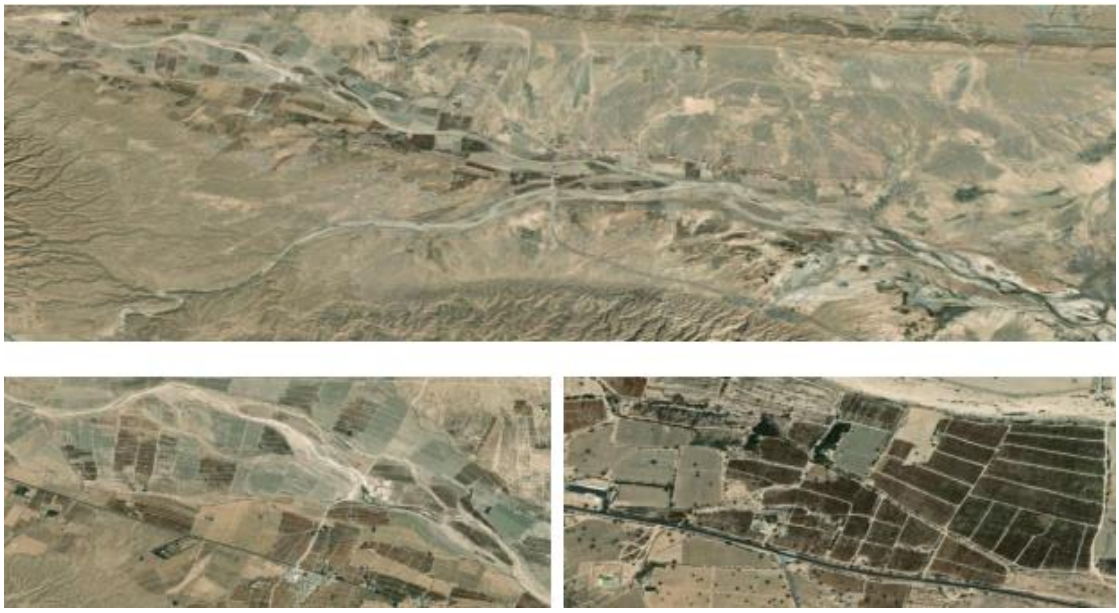

Figure 6. Satellite image of Kohoristan plain and distribution of its cultivation pattern

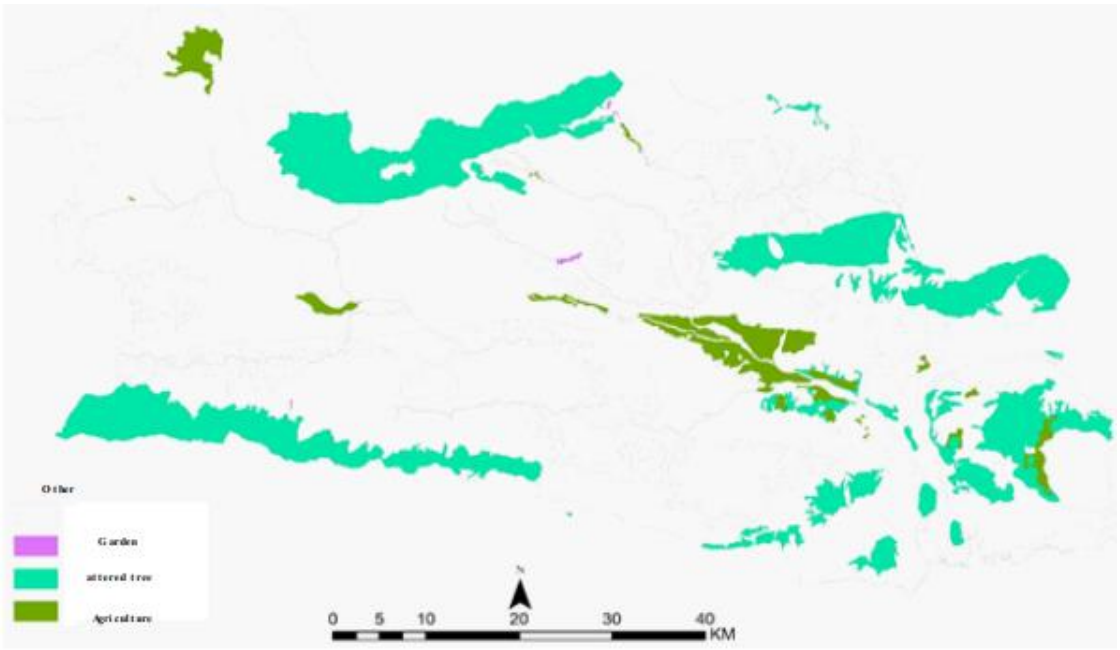

Figure 7. Explanation of the pattern of cultivation area in the study area

۳. ۶. بهره‌وری آب در حوزه کهورستان

پس از آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای و انجام تصحیحات اتمسفری و رادیومتریکی بر روی تصاویر و نرمال‌سازی آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS pro و نرم‌افزار ENVI، شاخص عملکردی سطح برگ (LAI) در سطح حوزه کهورستان استخراج گردید. توزیع مکانی و تغییرات زمانی این شاخص در منطقه مطالعاتی در شکل (۸) نشان داده شده است. بیش‌ترین بهره‌وری آب با توجه به تبخیر و تعرق و سبزینگی گیاه و تراکم شاخ و برگ نسبت سطح زمین در یک سیستم طبقه‌بندی نشان می‌دهد که مناطقی که بیش‌ترین مصرف آب را داشته از سبزینگی بیش‌تر و تراکم بیش‌تری برخوردار می‌باشد.

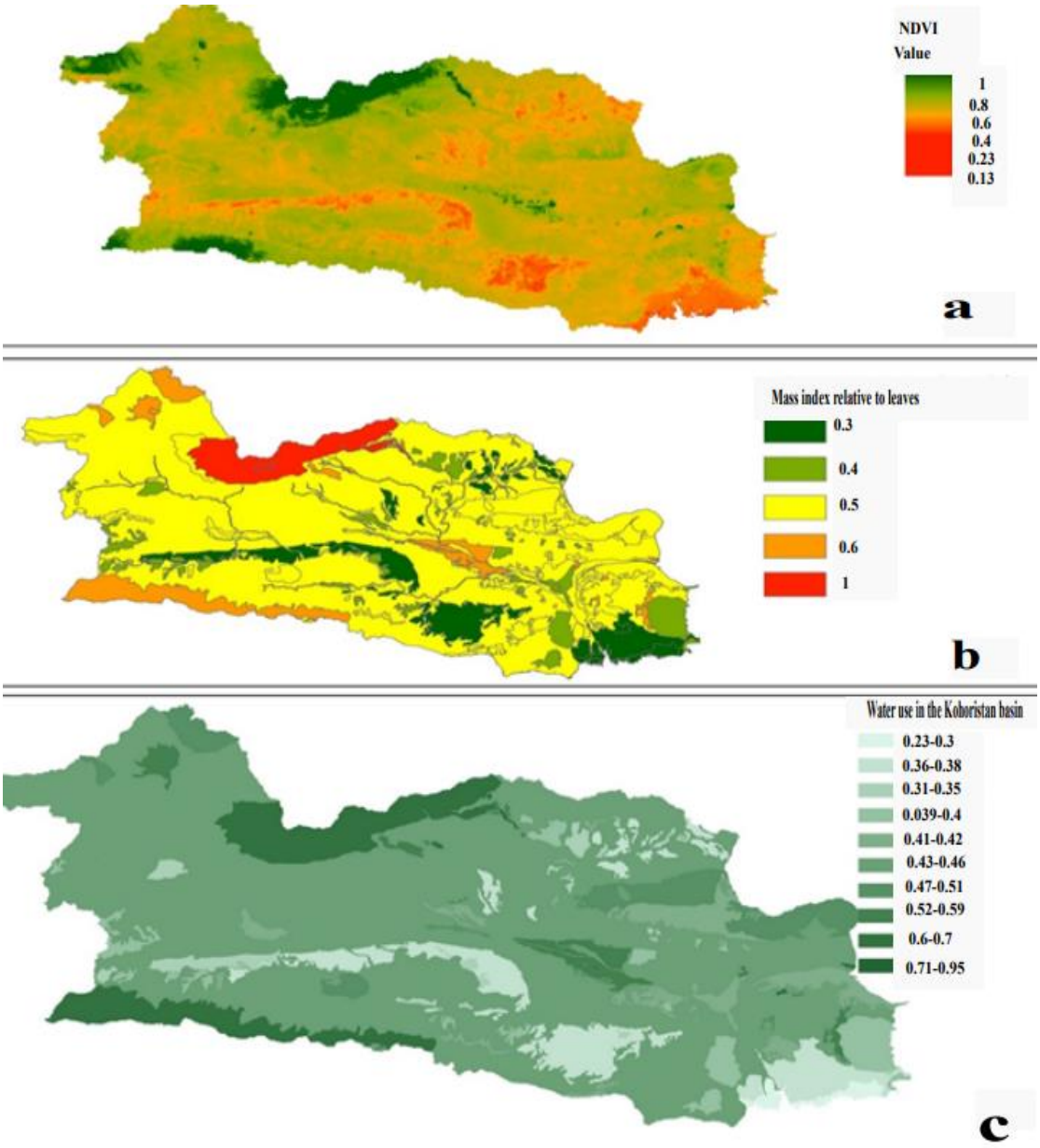

Figure 8. Water productivity in the study area; A) Vegetation density, B) Plant biomass index, C) Water efficiency

۳. ۷. تخصیص بهینه بهره‌وری منابع آب با استفاده از مشارکت اجتماعی

در راستای تخصیص منابع آب در حوزه موردمطالعه از ترکیب لایه‌های مختلف با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP استفاده می‌شود. تخصیص منابع آب و مشارکت اجتماعی در حوزه کهورستان با استفاده از معیارها و شاخص‌های مختلفی صورت می‌گیرد که بعضی از این شاخص‌ها از بیش‌ترین اهمیت برخوردار می‌باشند، با توجه به نقش و اهمیت هر یک از شاخص‌ها و مقایسه زوجی بین آن‌ها با استفاده از یک ماتریس، می‌توان از این روش به‌عنوان روش مناسبی جهت مدل‌سازی و ارزیابی تخصیص منابع آب را در بهره‌برداری و مصارف مختلف در حوزه آبریز استفاده نمود که در ادامه مطالب به نحوه اجرا و فرایند انجام این روش پرداخته می‌شود و پس از تعیین اهمیت هر کدام از شاخص‌های مورداستفاده در مدل‌سازی آسیب‌پذیری و اعمال آن وزن‌ها در شاخص‌های مربوطه، به تهیه نقشه تخصیص منابع با استفاده از این روش پرداخته خواهد شد.

۳. ۸. فرایند انجام تحلیل سلسله‌مراتبی

مراحل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین وزن معیارها و عناصر احتمالی (اصلی و فرعی) و طراحی مشارکت‌های مختلف جهت تعین مدل بهینه تخصیص بهره‌وری منابع آب در دشت کهورستان دنبال شده و نتیجه آن در محیط GIS برای تعیین میزان مشارکت اجتماعی در تعیین میزان بهره‌برداری و تخصیص منابع آب در دشت کهورستان، با درنظرگرفتن لایه‌های مؤثر انجام شده است. نرخ ناسازگاری (Inconsistency Ratio) شاخصی است که نشان می‌دهد چه میزان مقایسه‌های زوجی که توسط خبرگان صورت می‌گیرد قابل‌اعتماد است که در این پژوهش نرخ سازگاری قضاوت خبرگان کم‌تر از ۰/۰۰۱ شده است طبق جدول (۳) مقایسه خبرگان و وزن هر معیار استخراج گردیده است الگوی کشت چون به‌صورت یکسان (کشت گوجه) بوده از مقایسه حذف گردیده است.

Table 3. Importance of variables and their weight in pairwise comparison

Cat		Priority	Rank	(+)	(-)		1	2	3	4	5
1	Water consumption	45.3%	1	12.2%	12.2%	1	1	2.00	4.00	5.00	6.00
2	Water stress	25.4%	2	3.4%	3.4%	2	0.50	1	2.00	3.00	5.00
3	Water quality	15.9%	3	5.0%	5.0%	3	0.25	0.50	1.00	2.00	5.00
4	Water supply and production	8.6%	4	0.7%	0.7%	4	0.20	0.33	0.5	1	2.00
5	Water efficiency	4.9%	5	1.6%	1.6%	5	0.17	0.20	0.20	0.50	1

۳. ۹. استانداردسازی معیارها و هم‌مقیاس نمودن آن‌ها

با توجه به این‌که در اندازه‌گیری معیارها، دامنه متنوعی از مقیاس‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند، بر همین اساس لازم است ارزش‌های موجود در لایه‌های معیارهای مختلف، به واحدهای قابل‌مقایسه و در تناسب با هم تبدیل شوند. به این منظور لازم است که هر یک از نقشه‌های معیار استاندارد گردند. در اینجا عمل استانداردسازی نقشه‌های معیار (شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳)، براساس استانداردسازی فازی صورت پذیرفته است.

رابطه ۷) $$Xi = \frac{(Ri\text{-Rmin})}{(R\text{max-Rmin})} * standardized_{range}$$

که در آن، Xi ارزش پیکسل بعد از استانداردسازی، Ri ارزش پیکسل قبل از استانداردسازی، Rmin مقدارکمینه در فاکتور، Rmax مقدار بیشینه در فاکتور مؤثر می‌باشد.

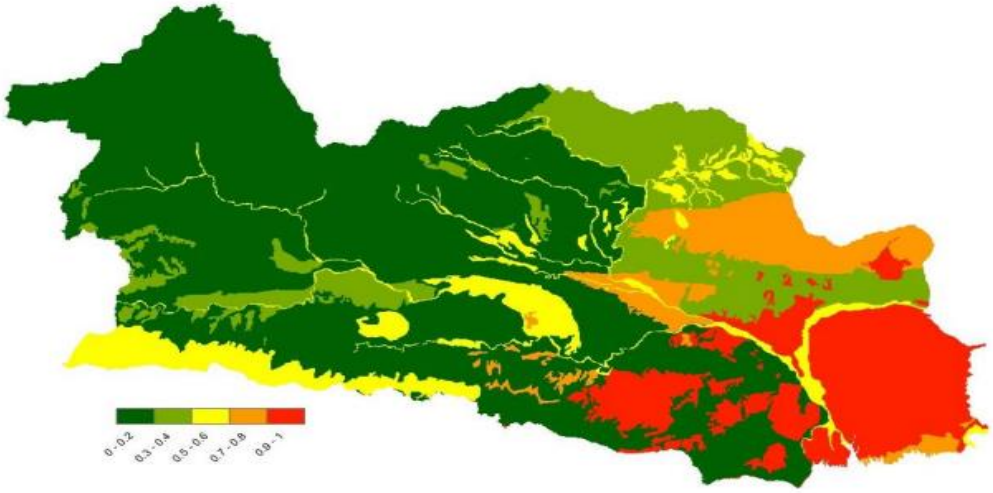

Figure 9. Standardized map of water discharge situation in the study area

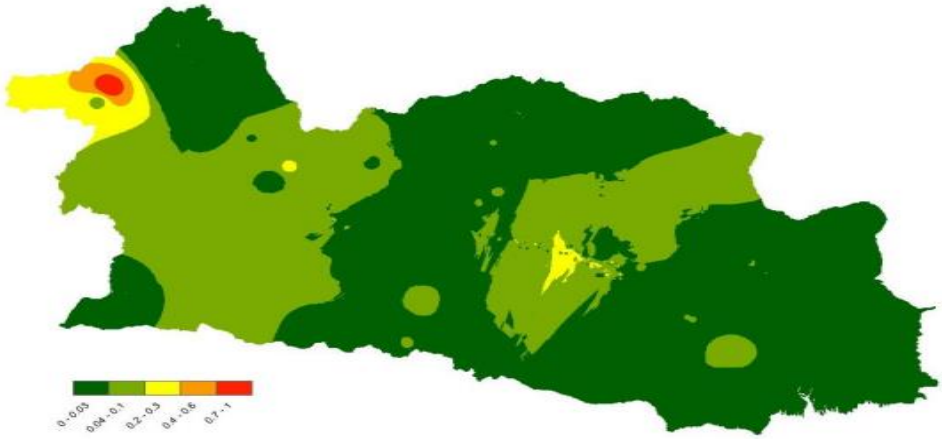

Figure 10. The standardized map of the state of tension in the study area

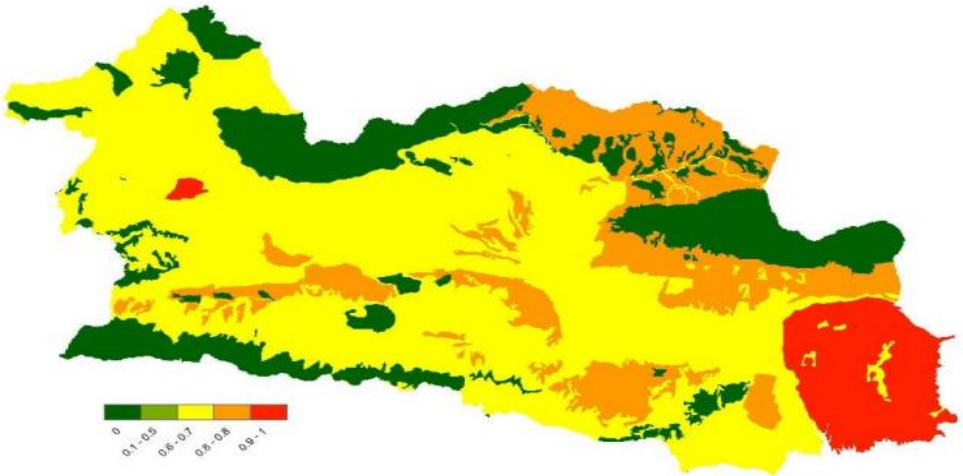

Figure 11. Standardized map of the state of water performance (water production) in the study area

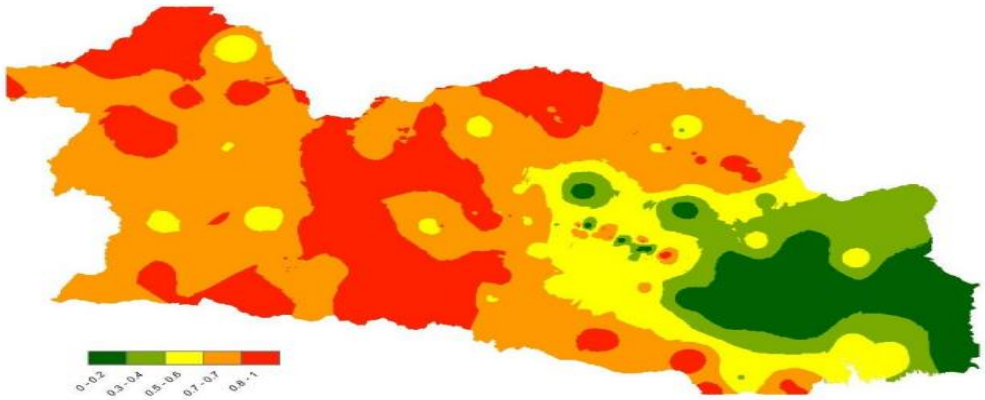

Figure 12. Standardized map of water quality status in the study area

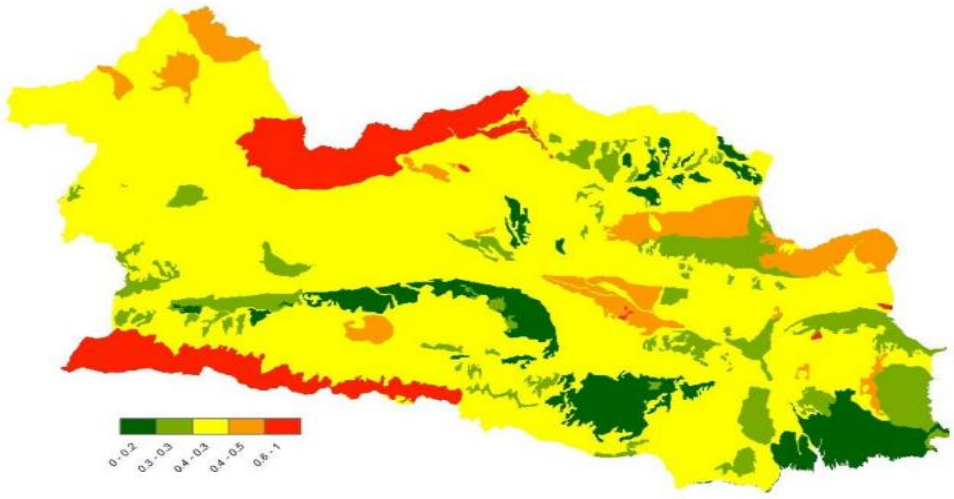

Figure 13. Standardized map of the state of water productivity in the study area

۳. ۱۰. تلفیق معیارها با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره خبرگان و تعیین تخصیص منابع آب

برای تهیه نقشه تخصیص منابع آب ضروری است تمامی لایه‌های استانداردشده با استفاده از روش AHP وزن‌دهی شوند. سپس، تخصیص مقادیر وزن و رتبه برای هر لایه و طبقات آن‌ها براساس نظرات کارشناسان انجام شود. تحلیل فضایی هر پارامتر با توجه به توزیع نظرات کارشناسان و وزن استخراج‌شده و نیز مشاهدات میدانی در نظر گرفته شده است ماتریس مقایسه زوجی برای مقادیر وزن و نتایج آن‌ها در شکل نشان داده شده است. نسبت وزن مشخص شده که بیش‌ترین وزن به کدام لایه اختصاص داده شده است. پس از اعمال تکنیک AHP بر روی لایه‌های رستری، نقشه حاصل به چهار ناحیه حساس بسیار زیاد، زیاد، متوسط و کم (شکل ۱۴)، حساسیت بسیار بالا تقسیم‌بندی گردیده است. یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین شیوه‌ها در تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش ترکیب خطی وزن داده شده (WLC) یا روش وزن‌دهی افزودنی ساده (SAW) می‌باشد به‌منظور انجام فرایند ارزیابی با این روش ابتدا هر یک از فاکتورها (عوامل) در وزن متناظر خود ضرب می‌شوند، سپس با جمع نتایج حاصله، مناطق مناسب در منطقه موردمطالعه تعیین می‌شود.

تخصیص منابع آب = [AHP_بهره‌وری آب] × wi+ [AHP_تنش آب] × wi + [تولید و عملکرد آب_AHP] ×
wi+ [AHP_کیفیت آب] × wi+[AHP_تخلیه و مصرف آب] × wi

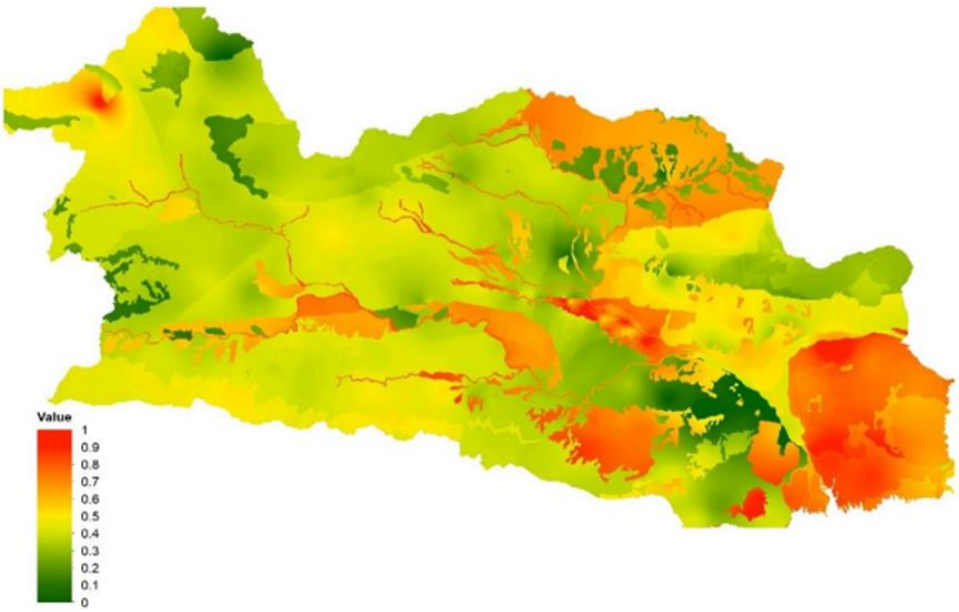

Figure 14. Allocation map of water resources of the studied area

۴. نتیجه‌گیری

۴. ۱. بررسی میزان تخصیص منبع آب در دشت کهورستان

با توجه به معیارهای مختلف اندازه‌گیری در تخصیص منابع آب در محدوده موردمطالعه برای این که بتوان آن‌ها را به یک مقیاس مشترک تبدیل نمود نیاز به استانداردسازی داده‌ها می‌باشد. با توجه به خروجی مدل تخصص منابع آب حوزه کهورستان نقشه نهایی خروجی با لحاظ نقاط عطف داده‌ها به چهار کلاس متفاوت تبدیل شد. نقشه تخصیص منابع با استفاده از روش همپوشانی وزنی و تحلیلی تکنیک فرایند سلسله‌مراتبی (AHP) تولید شد. شش عامل مهم در تخصیص منابع آب در حوزه کهورستان در نظر گرفته شده است. حساسیت و طبقات شاخص‌ها با استفاده از روش همپوشانی وزنی محاسبه شدند در نهایت نقشه تخصیص منابع آب با استفاده از GIS تهیه شد. طبق نقشه تخصیص منابع آب منطقه موردمطالعه را می‌توان به مناطق بسیار زیاد،زیاد، متوسط و کم طبقه‌بندی نمود.

بررسی نقشه (شکل ۱۵) نشان می‌دهد که تنها حدود ۱۷ درصد از منطقه موردمطالعه با درنظرگرفتن عوامل مختلف در حوزه کهورستان و عوامل متأثر از فاکتورها و پارامترهای مختلف شناسایی‌شده در مدل‌سازی تخصیص منابع آب با استفاده از روش AHP در طبقه بالا قرار دارند که در این بین بیش‌ترین قسمت آن هم در انتهای حوزه آبریز قرار داشته است. اما این قسمت از حوزه هم به‌خاطر آلودگی بیش‌تر آب و کاهش کیفیت منابع آب در معرض خطرات گوناگون می‌باشد. در حوزه کهورستان ۶۶ درصد از حوزه از تخصیص منابع آب کم‌تر و بسیار کم‌تر برخوردار می‌باشد که این نیازمند برنامه‌ریزی و تغییر الگوی کشت و بهره‌برداری و بهره‌وری منابع آب در این حوزه آبریز در جنوب کشور می‌باشد. هم‌چنین نتایج حاصله نشان می‌دهد که طبق الگوی کشت منطقه اهم ازکشاورزی و درختان پراکنده و باغات منطقه موردمطالعه فقط ۱۲ درصد از این الگوی کشت به منابع بالای تخصیص آب بدون درنظرگرفتن کیفیت منابع آب در منطقه موردمطالعه (شکل ۱۶) دسترسی دارند، مابقی آن‌ها در منابع تخصیص آب کم و بسیار کم هستند که این نیازمند تغییر اساسی در نحوه برداشت و استفاده از منابع آب و مدیریت اجتماعی این منبع بحرانی در حوزه کهورستان می‌باشد.

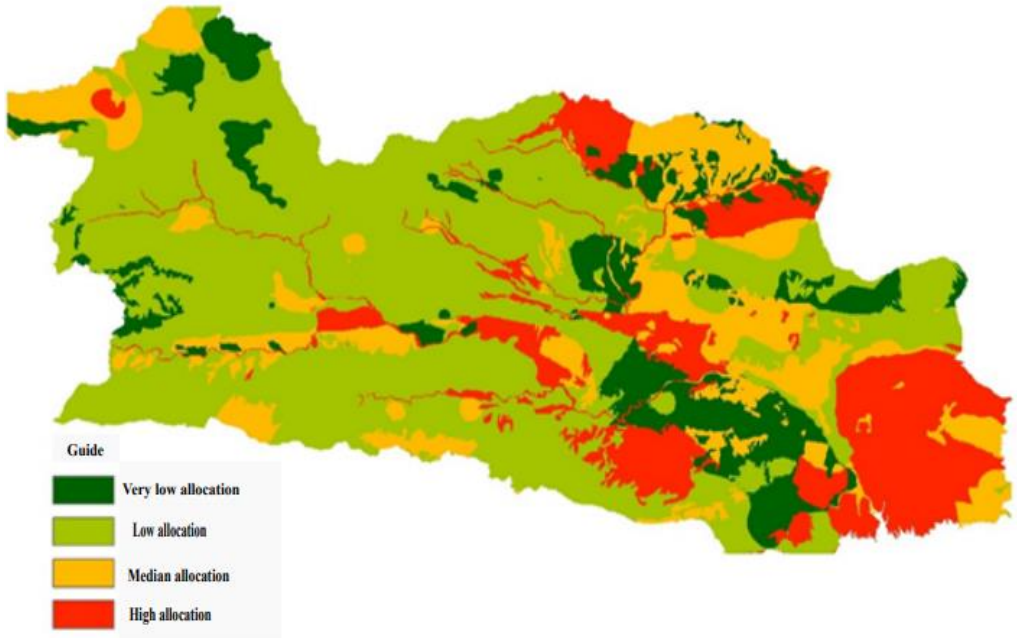

Figure 15. Water allocation map of the studied area based on data threshold

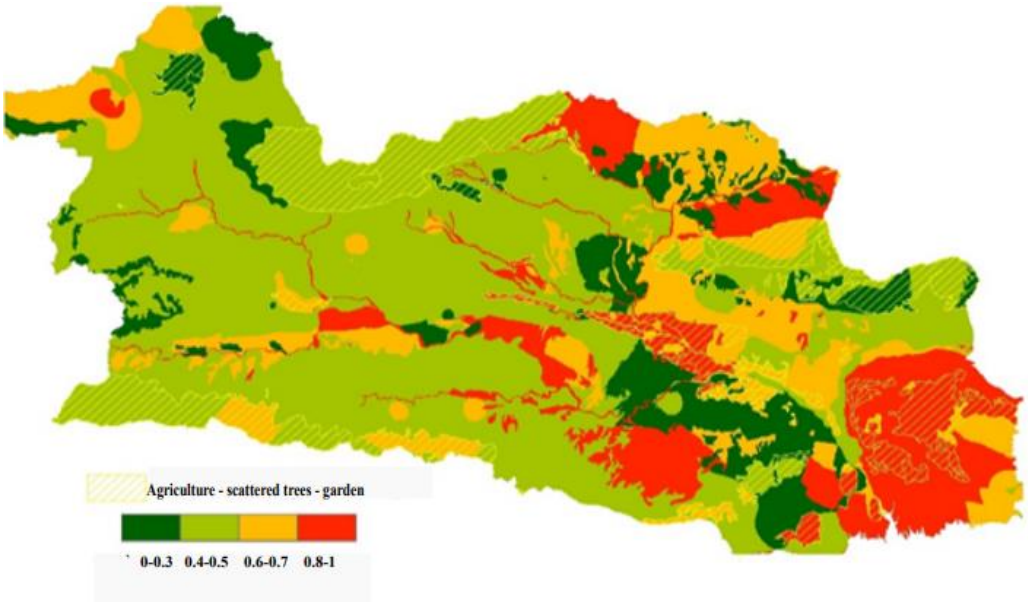

Figure 16. Allocation of water resources in the study area

با توجه به منابع موردمطالعه مشخص‌شده در جدول (۱) پژوهش‌گران مختلف ارزیابی چندمعیاره را ابزاری مفید برای مدیریت منابع آب با افزودن ساختار، قابلیت اطمینان، شفافیت و قاطعیت در تصمیم‌گیری می دانند (Dunning *et al*., 2000; Flug *et al*., 2000; Joubert *et al*., 2003). ارزیابی‌های چندمعیاره‌ای که برای مدیریت و برنامه‌ریزی ۱۱۳ منابع آب در ۴۳ کشور مختلف انجام گرفته است، نشان داد که ارزیابی چندمعیاره در مدیریت منابع آب برای برنامه‌ریزی راهبردی و انتخاب زیرساخت‌های مناسب می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. مدیریت منابع آب یک مسئله چندهدفه است و

ارزیابی چندمعیاره یک ابزار پشتیبانی مناسب برای تصمیم‌گیری است. از ارزیابی چندمعیاره برای حل و فصل مناقشات مشارکت ذی‌نفعان می‌توان بهره برد. هم‌چنین می‌توان افزایش قابلیت اطمینان، شفافیت و مشکلات تحلیل تصمیمات در مدیریت منابع آب را بهبود بخشید. بسیاری از مطالعات داخلی و خارجی موجود و در دسترس مدیریت منابع آب و تخصیص منابع در حوزه‌های مختلف با تکیه بر عوامل اقتصادی، زیست‌محیطی و آلودگی منابع آبی، عوامل متنوع و تأثیرگذار سیاسی منطقه موردمطالعه، کمیت و کیفیت آب، تحلیل شبکه‌های اجتماعی و نظریه‌های بازها، ناامنی استراتژیک آب و نقش حکمرانی، قوانین انتخاب اجتماعی (SCR) در مدیریت و بهره‌وری منابع آب، محدودیت‌های عرضه آب، محدودیت‌های الگوی کشت، بسترسازی فرهنگی آموزش انجام شده است.

در این پژوهش تدوین مدل تخصیص بهینه منابع آب با استفاده الگوی مشارکتی بهره‌برداران با استفاده از معیارهایی چون بهره‌وری منابع آب، تنش آبی، کیفیت منابع آب، تأمین آب، الگوی کشت موجود، بهره‌وری آب کشاورزی در مدل‌سازی تخصیص آب به‌روش AHP انجام شده و نقش مشارکت ذی‌نفعان در تدوین مدل تخصیص منابع آبی با استفاده از معیارهای چندگانه مطرح‌شده به‌عنوان مهم‌ترین عامل اثرگذار در تدوین سیاست‌ها و دستورالعمل‌ها و اجرای کلیه طرح‌های مدیریتی در حوزه آبریز به اثبات رسیده است (شکل ۲).

۴. ۲. پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

۱. ممنوعیت بهره‌برداری از منابع آب‌زیرزمینی دشت‌های کهورستان
۲. توسعه زیرساخت‌های جهت افزایش حجم آب‌های زیر زمینی حوضه
۳. تدوین راه‌کارهایی جهت کاهش بار آلودگی حوضه کهورستان
۴. تدوین راه‌کارهایی در جهت کاهش تراز منفی آبخوان کهورستان
۵. افزایش ذخیره آبخوان کهورستان با درنظرگرفتن میزان تخصیص منابع آب حوضه
۶. افزایش سهم هر یک از عوامل ورودی در حوضه مطالعاتی (عوامل ورودی شامل حجم بارش، حجم جریان‌های سطحی ورودی و انتقالی به حوضه و حجم جریان‌های زیرزمینی ورودی به حوضه و کاهش عوامل خروجی (شامل تبخیر و تعرق، جریان‌های سطحی و زیرزمینی به خارج از حوضه و یا محدوده‌های مجاور).

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Multi Criteria Decision Making
2. Satty

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Ahmadi, A., Mehrparvar, M., & Moridi, A. (2014) Choosing the best scenario for the allocation of water resources in the Karun Basin using decision-making methods. *Journal of Water Research*, 9. (In Persian)

Alizadeh, M., Niko, M., Rakhshandro, G., & Bidokhty, T. (2014). The application of social selection rules (SCR) in the management and optimal efficiency of water resources. Journal of Water Resources Engineering. (In Persian)

Bahman Puri, S., & Soltani, G. (2017). Application of fuzzy hierarchical analysis method in the integrated management of water resources in Niriz city. *Agricultural Economics Research*, 10(4), 105. (In Persian)

Berbel, J., Viaggi, D., & Manos, B. (2009). Estimating demand for irrigation water in European Mediterranean countries through MCDM models. *Water Policy*, 11(3), 348-361.

Bournaski, E. G., Kirilov, L. M., Iliev, R. S., & Diadovski, I. (2006). Decision support for water quality management. In *Proc. of the Int. Conference on Computer Systems and Technologies–CompSysTech* (Vol. 6).

Hadjibiros, K., Katsiri, A., Andreadakis, A., Koutsoyiannis, D., Stamou, A., Christofides, A., ... & Sargentis, F.G. (2005). Multi-criteria reservoir water management. In *Proceedings of the International Conference on Environmental Science and Technology* (Vol. 1, pp. 535-543).

Hyde, K. M., Maier, H. R., & Colby, C. B. (2005). A distance-based uncertainty analysis approach to multi-criteria decision analysis for water resource decision making. *Journal of environmental management*, *77*(4), 278-290.

Karamouz, M., Zahraie, B., & Kerachian, R. (2003). Development of a master plan for water pollution control using MCDM techniques: a case study. *Water international*, *28*(4), 478-490.

Mei, X., Rosso, R., Huang, G. L., & Nie, G. S. (1989). Application of analytical hierarchy process to water resources policy and management in Beijing, China. *Closing the Gap between Theory and Practice*, 73-83.

Miyanabadi, H., & Afshar, A. (2007). The application of fuzzy group decision making in groundwater resource management, the second Iran Water Resources Management Conference, Isfahan University of Technology, Iran Water Resources Engineering Science Association. (In Persian)

Mulan, L., & Yacobi, C. (2017). Investigating factors affecting farmers' participation in water resources management in Miandoab city. *Journal of Water Resources Engineering*, (11th), Azad University, Maroodasht Branch.

Okhravi, A., & Raeiyyat, M. (2018). Identifying effective factors on attracting people's participation in optimal water consumption with social marketing approach and choosing the best scenario, social capital management, University of Tehran. (In Persian).

Purushottam, S.D., & Ravindra, K.L. (2015). Sewage Water Quality Index of Sewage Treatment Plant Using Fuzzy MCDM Approach. *Proceedings of the Fifth International Conference on Fuzzy and Neuro Computing*.

Sardar Shahraki, A., Shahraki, J., & Hashemi Monfared, S. A. (2016). Investigation of Water Resources Management Approaches of Sistan Region Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). *Public Management Researches*, *9*(31), 73-98. (in Persian)

Anagnostopoulos, K., Petalas, C., & Pisinaras, V. (2005). Water resources planning using the AHP and PROMETHEE multicriteria methods: the case of Nestos River-Greece. In *The 7th balkan conference on operational research, Constanta, Romania*, pp. 1-10. 2005.