University of Tehran Press

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

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

The site selection of Rainwater Harvesting Systems for Sustainable Rural Development in Northern Savadkooh County

Fatemeh Shafiee[1]✉ | **Fatemeh Jafari Sayadi**[2]

1. Corresponding Author, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resource University (SANRU), Sari, Iran. E-mail: f.shafiee@sanru.ac.ir
2. Department of Water Engineering, Faculty of agricultural engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resource University (SANRU), Sari, Iran. E-mail: f.sayadi@stu.sanru.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 16 December 2022
Received in revised form: 24 January 2023
Accepted: 6 June 2023
Published online: 2 July 2023

Keywords:
Optimal water management,
Rainwater harvesting,
Rural people,
Surface water.

ABSTRACT

Rainwater harvesting systems is an effective method for the utilization of surface water resources in rural and agricultural areas especially and can be considered as a factor for the development of these areas. However, since site selection and identifying suitable places to implement this technology in rural areas is one of the most important and basic steps of using these systems, the main purpose of this study was to determine the location of rain water harvesting systems for sustainable rural development in Northern Savadkooh county. This research was carried out using remote sensing technology and using satellite images, meteorological organization data and geographic information system and Analytical Hierarchy Process. For this purpose, data were collected through pair wise comparison questionnaire by 16 samples among water sources and the paired matrix of criteria and the weight of each was estimated. Then the layers of each criterion were combined and the final layer of susceptible areas was determined. Based on the results, this county was classified into four categories: unsuitable, medium talent, good talent and suitable talent. According to the talent of the region, this city is classified into four categories: unfit, medium talent, good and suitable, and the suitable and good areas cover a total of 57.2 percent of the study area. Applying appropriate methods of rainwater extraction can be used to store rainwater and optimal management to prevent wastage of surface water.

Cite this article: Shafiee, F., & Jafari Sayadi, F. (2023). The site selection of Rainwater Harvesting Systems for Sustainable Rural Development in Northern Savadkooh County. *Journal of Water and Irrigation Management*, 13(2), 509-525. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.352542.1037

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.352542.1037

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

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

شاپا الکترونیکی: ۹۹۳۱-۲۳۸۲

مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران برای توسعه پایدار روستایی در شهرستان سوادکوه شمالی

فاطمه شفیعی[1]✉ | فاطمه جعفری صیادی[2]

۱. نویسنده مسئول، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: f.shafiee@sanru.ac.ir

۲. گروه آبیاری، دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری ساری، ایران. رایانامه: f.sayadi@stu.sanru.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۱۱

کلیدواژه‌ها:
آب‌های سطحی،
جمع‌آوری آب باران،
روستاییان،
مدیریت بهینه آب.

چکیده

سامانه‌های جمع‌آوری آب باران روشی کارآمد برای بهبود بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی به‌ویژه در مناطق روستایی و کشاورزی است و می‌تواند عاملی برای توسعهٔ این مناطق محسوب شود. اما ازآنجایی‌که یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراحل استفاده از سامانه‌های مذکور، مکان یابی و شناسایی مکان‌های مناسب برای اجرای این فناوری در مناطق روستایی است؛ هدف این مطالعه مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران برای توسعه پایدار مناطق روستایی شهرستان سوادکوه شمالی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بود. این پژوهش با بهره‌گیری از فن سنجش از دور و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های سازمان هواشناسی و سامانه اطلاعات جغرافیایی و به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی انجام شد. برای این منظور و با درنظرگرفتن نظرات ۱۶ کارشناس منابع آب و با استفاده از پرسشنامه، معیارهای تأثیرگذار دو به دو با هم مقایسه و امتیازدهی شدند و ماتریس زوجی معیارها و وزن هرکدام برآورد شد. سپس لایه‌های هرکدام از معیارها با هم ترکیب و لایه نهایی مناطق مستعد تعیین شد. نتایج نشان داد که با توجه به استعداد منطقه، مناطق این شهرستان در چهار طبقهٔ نامناسب، با استعداد متوسط، استعداد خوب و استعداد مناسب طبقه‌بندی شدند که مناطق مناسب و خوب در مجموع ۵۷/۲ درصد از مساحت شهرستان را در برگرفته است و به‌کارگیری روش‌های مناسب جمع‌آوری آب باران در این مناطق می‌تواند به ذخیره آب باران در مناطق روستایی و کشاورزی و مدیریت بهینه هدررفت آب‌های سطحی کمک کند.

استناد: شفیعی، فاطمه و جعفری صیادی، فاطمه (۱۴۰۲). مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران برای توسعه پایدار روستایی در شهرستان سوادکوه شمالی. *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۳ (۲)، ۵۰۹-۵۲۵. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.352542.1037

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

امروزه تغییرات اقلیمی به‌عنوان چالشی بزرگ، جهانی و اثرگذار شناخته و پذیرفته شده است. تأثیرات تغییر اقلیم در مناطق مختلف کره زمین بسته به شرایط اقلیمی و موقعیت مکانی منطقه متفاوت است و ساکنان مناطق مختلف کره زمین با توجه به میزان آسیب‌پذیری آن‌ها و میزان آمادگی خود برای مقابله و سازگاری با تغییر اقلیم با شدت‌های مختلف تحت تأثیر این پدیده قرار می‌گیرند؛ به گونه‌ای که برخی از مناطق خشک‌تر شده‌اند و با خشکسالی‌های بیش‌تری روبه‌رو می‌شوند و در مقابل در برخی مناطق بارش‌های بیش‌تری رخ می‌دهد و با شرایط مرطوب‌تری مواجه می‌شوند (Ghoodarzi, 2021). در این بین آب به‌عنوان یکی از عناصر مهم زمین و سرچشمهٔ زندگی است که میزان مصرف آن به‌طور مداوم رو به افزایش است (Pala *et al*., 2021). تعداد ۶۶۳ میلیون نفر در جهان به آب سالم دسترسی ندارند و بیش از ۲/۷ میلیارد نفر حداقل برای یک ماه از سال با کمبود آب مواجه هستند. منابع آب شیرین کم‌تر از سه درصد از ذخایر آب جهان را تشکیل می‌دهند و بیش‌تر منابع آب شیرین که کم‌تر از سه درصد از ذخایر آب جهان را تشکیل می‌دهند در یخچال‌های طبیعی قرار دارند که غیرقابل دسترس برای مصرف هستند (PWI, 2022) و بخش کشاورزی ۶۹ درصد از کل برداشت‌های آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهد که در مقایسه با مصارف خانگی (۲۲ درصد) و صنعت (نه درصد) بیش‌ترین مقدار را داراست (UNESCO, 2022). سهم این بخش‌ها در ایران متفاوت بوده و کشاورزی با ۷۵ درصد سهم برداشت از منابع آبی به‌عنوان آب‌برترین بخش تولیدی و اقتصادی در کشور شناخته می‌شود (Tavakoli *et al*., 2022). کمبود آب همراه با کیفیت پایین آب و بهداشت نامناسب، زندگی مردم را تهدید می‌کند و مطابق با آمار سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2022) بیش از دو میلیارد نفر در کشورهای دارای تنش آبی زندگی می‌کنند که انتظار می‌رود در برخی مناطق در نتیجه تغییرات آب‌وهوایی و رشد جمعیت تشدید شود. بهره‌برداری بیش ازحد از آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی و روستایی در سراسر جهان اثرات منفی شدیدی را به‌دنبال داشته است. هم‌چنین یکی از پنج خطر اصلی شناسایی شده برای ایران بحران منابع طبیعی است (The Iran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture, 2022).

حجم آب موجود مخازن کشور ۲۰/۶۹ میلیارد مترمکعب که در مقایسه با سال گذشته ۲۰/۸۹ میلیارد مترمکعب کاهش داشته است. هم‌چنین حجم بارش سالانه کشور بالغ بر ۱۰۰ میلیارد مترمکعب آب است. به‌طور کلی، ذخیره آبی با حجم ۳۰ میلیارد مترمکعب به‌عنوان منابع آبی قابل جمع‌آوری در اختیار کشور قرار می‌گیرد (Iran water resource management company, 2022). قرارگرفتن ایران بر روی کمربند خشکی جهان، افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به منابع آبی جدید، ضرورت بهره‌برداری و استفاده هر چه بهتر از کلیه آب‌های قابل استفاده اعم از منابع زیرزمینی، منابع سطحی و رواناب‌های حاصل از بارندگی را روشن می‌کند (Ashofte and Vojdanifard, 2015). مطابق با نتایج گزارش‌های ارائه‌شده مرکز ملی خشکسالی میانگین بارش سالانه کشور برابر با ۲۳۷ میلی‌متر و کم‌تر از یک‌سوم میانگین ۹۹۰ میلی‌متری بارش جهانی است. هم‌چنین میانگین بارش سالانه استان مازندران ۶۵۲ میلی‌متر و میانگین بارش یک سال زراعی سوادکوه شمالی ۸۱۳ میلی‌متر گزارش شده است (NDWMC, 2022). این استان با مساحت ۲۳۷۵۶ کیلومترمربع از وسعتی معادل ۱/۴۶ درصد ایران برخوردار است. استان مذکور به‌دلیل قابلیت بالای مزیت نسبی در تولید محصولات کشاورزی دارای رتبه ممتازی در کشور است، به‌طوری‌که حدود ۱۶/۳ درصد اشتغال استان را به خود اختصاص داده است و این مقدار در مقایسه با کل کشور (۱۴/۵ درصد) رقم بیش‌تری بوده است (Statistical center of Iran, 2022). از بُعد آب‌بری نیز، بخش کشاورزی مهم‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب در استان است، به‌طوری‌که ۸۸/۴ درصد از منابع آب استان در این بخش مصرف می‌شود. میزان خالص آب مصرفی کشاورزی استان

حدود ۲۴۴۷ میلیون مترمکعب است و نیاز آبیاری ناخالص محصولات زراعی و باغی استان براساس سند ملی آب کشور در سال زراعی ۱۳۹۷، حدود ۲۷۷۷ مترمکعب بوده است. در شهرستان سواد کوه شمالی این نیاز حدود ۱۸/۱ میلیون مترمکعب بوده است (Agriculture Organization of Mazandaran, 2021). هم‌چنین براساس تغییر اقلیم رخ داده در دهه‌های اخیر و طی سال‌های ۲۰۸۱- ۲۰۰۶ نسبت به قبل از آن میزان تبخیر و تعرق مرجع و نیاز آبی برای کشاورزی در منطقه ۱۹ درصد افزایش یافته است (Babolhekami *et al*., 2020). این در حالی است که یکی از اصلی‌ترین قابلیت‌های توسعهٔ شهرستان سوادکوه شمالی وجود منابع آب سطحی و زیرزمینی برای تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعتی است (Management and Planning Organization of Mazandaran, 2021). یکی از عمده‌ترین تنگناها و محدودیت‌های توسعهٔ این شهرستان نیز پایین‌بودن ضریب بهره‌برداری از آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌دلیل کمبود تأسیسات و زیرساخت‌های مهار و ذخیره‌سازی آب بوده است که یکی از مسائل اساسی آن ناکافی‌بودن منابع تأمین آب در روستاهای شهرستان مذکور است. هم‌چنین، یکی از اهداف بلندمدت توسعه تأمین و ذخیره‌سازی آب برای مصارف شرب و بخش‌های کشاورزی و صنعتی بوده است و یکی از راهبردهای بلندمدت توسعه شهرستان مذکور مهار و ذخیره‌سازی آب برای تأمین آب موردنیاز شرب، کشاورزی و صنعت است. یکی از سیاست‌های اجرایی آن نیز آب‌رسانی به روستاها و شهرها است که یکی از اقدامات اولویت‌دار و محرک توسعهٔ شهرستان سوادکوه شمالی بر اساس مطالعات آمایش تأمین آب شرب شهرها و روستاها بوده است (Management and Planning Organization of Mazandaran, 2021). از سوی دیگر استفاده از روش‌های سنتی بهره‌برداری و عدم به‌کارگیری روش‌های مؤثرتر بهره‌برداری از آب‌بندان و بهینه کردن آن در بسیاری از مناطق استان‌های شمالی ایران از جمله شهرستان سوادکوه شمالی، منجر به عدم استفاده از کل توانمندی ظرفیت آب‌های محلی (استحصال رواناب‌ها، سیلاب و بارندگی) و ایجاد سرریزهای کنترل‌شده، نارضایتی کشاورزان به‌دلیل عدم تأمین آب آبیاری موردنیاز، ایجاد مشکلات اکولوژیکی و محیط زیستی برای گیاهان و جانوران ساکن در آب‌بندان و ترک‌خوردگی خاک کف و دیواره‌های آب‌بندان به‌دلیل حفظ حداقل ذخیره آبی در مخزن آب‌بندان شده است (Agriculture Organization of Mazandaran, 2021). در این بین سامانه‌های جمع‌آوری آب باران[1] یکی از قدیمی‌ترین عملیات برای تأمین نیاز آبی است و نقش مهمی در تأمین تقاضای آب در حال افزایش و مقابله با تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند (Amir-Ahmadi *et al*., 2021). این روش به‌طور غیرمستقیم می‌تواند باعث کاهش اتکا به منابع آب معمول مثل چاه، قنات یا آب رودخانه باشد. ازآنجاکه باران، هرچند به مقدار کم، تقریبا در همهٔ نقاط وجود دارد، چنان‌چه بتواند به نحوی با اعمال مدیریت صحیح مورداستفاده قرار گیرد، می‌تواند برای جبران بخشی از کمبودهای موجود، مفید واقع شود. جمع‌آوری آب باران با روش‌های مختلفی انجام می‌شود که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به روش تغییردادن یا اصلاح‌کردن سطح زمین و روش پوشاندن سطح خاک اشاره کرد (Ghoodarzi, 2021). نتایج مطالعه‌ای در خصوص ارزش برداشت آب باران و تحلیل هزینه- فایده نشان داد که جذب آب باران ممکن است رویکردی کارآمد برای افزایش تأمین آب در شرایط خاص باشد. از دیدگاه تأمین‌کنندهٔ آب، جمع‌آوری آب برای استفاده در فضای باز مقرون‌به‌صرفه است، اما شامل استفاده در فضای داخلی به‌دلیل هزینه‌های نصب و نگهداری نیست. از دیدگاه صاحب‌خانه، نصب آب انبار برای آبیاری به مرور زمان منجر به صرفه جویی در هزینه خالص می‌شود و در شرایط خاص، مزایای بیش‌تری از مخازن بزرگ‌تر حاصل می‌شود (Dallman *et al*., 2021). نتایج مطالعهٔ Aghaloo and Chiu (2020) در خصوص شناسایی مکان‌های بهینه برای برداشت آب باران در بخش کشاورزی در استان تهران با استفاده از بهترین و بدترین روش و منطق فازی در یک تصمیم مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی[2] نشان داد که در مقایسه با روش‌های سنتی، سامانه

پشتیبانی تصمیم‌گیری پیشنهادی که به‌وسیلهٔ تحلیل حساسیت تأیید شده بود پایدارتر و قابل اعتمادتر از روش‌های سنتی است. مطابق با نتایج، یک راهبرد فازی که کشاورزی ناپایدار فعلی را به یک پارادایم جدید مبتنی بر کشاورزی جمع‌آوری آب باران تغییر می‌دهد، مورد بحث و توجه قرار گرفت. بنابراین، این سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری ارزش اطلاعاتی را افزایش داده است و می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید برای رفع معضل ناشی از کشاورزی ناپایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک پذیرفته شود. نتایج پژوهش Al-Batsh *et al*. (2019) در خصوص ارزیابی سامانه‌های برداشت آب باران در جوامع روستایی فقیر در منطقهٔ یاتای فلسطین نشان داد که برداشت آب باران (RWH) رایج‌ترین روشی بود که برای کمک به کاهش مشکلات کمبود آب در این منطقه با تأمین آب شیرین برای مصارف شرب و غیرشرب استفاده می‌شد. برداشت آب باران (RWH) برای آبیاری به‌منظور افزایش امنیت مالی و تأمین درآمد تکمیلی برای خانوارهای محلی مهم است. مزیت اصلی RWH هزینه کم عملیات و مدیریت موردنیاز بود. بیش‌تر خانواده‌ها آب انبارهایی برای ذخیرهٔ آب برای فصل خشک داشتند. با این‌حال، با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده و مصاحبه‌ها، مشخص شد که صاحبان خانه‌ها آگاهی کافی در مورد بهترین شیوه‌های جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران نداشتند. بنابراین توصیه شد کارگاه‌ها و پروژه‌هایی با روش‌های مناسب RWH برای جلوگیری از آلودگی مخزن‌ها و حفظ کیفیت آب آن‌ها برای مطابقت با استانداردهای آب آشامیدنی انجام شود. به‌نظر می‌رسد RWH یکی از امیدوارکننده‌ترین جایگزین‌ها برای تأمین آب شیرین برای مقابله با کمبود آب و افزایش تقاضا به‌دلیل رشد بالای جمعیت باشد. یافته‌های پژوهش Owusu and Asante (2020) در خصوص برداشت آب باران و مصرف‌های اولیه در میان جوامع روستایی در غِنا نشان داد که آب باران برای مصارف شرب و غیرشرب توسط مردم محلی به‌ویژه در فصل بارندگی مورداستفاده قرار می‌گرفت. بیش‌ترین استفاده مربوط به استحمام (۵۳ درصد) بود، در حالی‌که مصرف به‌عنوان آشامیدنی فقط هفت درصد بوده است. بیش‌تر کاربران (۷۳ درصد) تأثیر مثبت جمع‌آوری آب باران را بر زندگی خود بیان کردند و قابلیت اطمینان آب باران در رتبه بالایی قرار گرفت. خواص فیزیکوشیمیایی آب باران خوب بود، اما این مطالعه نیاز به مدیریت بهتر این فناوری را برای اطمینان از کیفیت مطلوب مشخص کرد. به‌طور کلی، یافته‌ها شواهد قابل‌توجهی در مورد مزایای برداشت آب باران ارائه کردند و استفاده بیش‌تر از آب باران را، به‌ویژه در مناطقی که دسترسی به منبع آب عمومی ندارند یا این منابع محدود هستند، توصیه کرده‌اند. نتایج مطالعهٔ Tahvili *et al*. (2017) در خصوص مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران در مناطق خشک با استفاده از روش TOPSIS در دشت انارک نشان داد که در میان شاخص‌های رتبه‌بندی‌شده، شاخص‌های نفوذپذیری خاک با وزن ۰/۸۲۰، بافت خاک با وزن ۰/۸۱۰، هدایت الکتریکی خاک با وزن ۰/۸۰۶، عمق خاک با وزن۰/۷۱۰، کیفیت آب با وزن ۰/۶۵۰، درصد پوشش با وزن ۰/۶۱۶، متوسط بارش سالانه با وزن ۰/۶۱۵ و افت سطح آب زیرزمینی با وزن ۰/۶۱۷ به‌عنوان مؤثرترین شاخص‌ها برای استحصال آب باران در اولویت قرار گرفتند. نتایج مطالعه Montazari *et al*. (2021) در خصوص نقش مدیریت منابع آب در معیشت پایدار نواحی روستایی شهرستان آق‌قلا نشان داد که بین مدیریت منابع آب و ارتقای شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی و هم‌چنین افزایش بهره‌وری در معیشت پایدار خانوارهای روستایی رابطهٔ معنی‌داری وجود داشت و این رابطه باعث ماندگاری جمعیت در نواحی روستایی شده بود. بنابراین راه‌کارهایی چون حمایت دولت از کشت‌های با نیاز آبی کم، ترویج و گسترش کشت هیدروپونیک و کشت گلخانه‌ای، آموزش کشاورزان با روش‌های کاهش مصرف آب و نیز آموزش روش‌های نوین آبیاری و اختصاص اعتبارات بلندمدت برای افزایش بهره‌وری در مسیر مدیریت منابع با ارزش آب پیشنهاد شد. یافته‌های پژوهش Ahmadi (2022) در خصوص نقش مدیریت منابع آب کشاورزی در توسعه نواحی روستایی در شهرستان زنجان

نشان داد که بین مدیریت بهینه منابع آب و توسعه پایدار روستایی رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. به‌طوری‌که با گسترش مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی، بر میزان پایداری اجتماعات روستایی افزوده شده است. در این میان نقش و اهمیت نهادهای محلی روستایی (شوراها و دهیاری‌ها) در ایجاد هماهنگی برای تأمین آب کشاورزی اهمیت زیادی داشته است. هم‌چنین نتایج نشان داد که به عواملی مثل آگاهی و دانش کشاورزان و نقش مدیران و رهبران روستایی و نهادهای ذی‌ربط در هدایت روستاییان به سوی مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی باید توجه شود. نتایج مطالعهٔ Mehri babadi *et al*. (2020) در خصوص تهیه نقشه متوسط پتانسیل جمع‌آوری آب باران با استفاده از روش تحلیل شبکه در حوضه آبخیز کوهرنگ نشان داد که با توجه به استعداد منطقه، این حوضه در پنج طبقه شامل ضعیف، به نسبت ضعیف، متوسط، به نسبت خوب و خوب طبقه‌بندی شدند. هم‌چنین نتایج کلی نشان داد که روش‌های تحلیل شبکه با درنظرگرفتن پارامترهای مختلف حوضه می‌تواند روشی مناسب برای برآورد پتانسیل جمع‌آوری آب باران و مدیریت مناسب برای جلوگیری از هدررفت آب باشد. در یک جمع‌بندی می‌توان به این نتیجه رسید اول آن‌که پژوهش‌های گذشته به مکان‌یابی نقاط مستعد جمع‌آوری آب باران در مناطق روستایی و کشاورزی در کشور کم‌تر پرداخته‌اند. این در حالی است که توجه به مناطق مذکور و نقش روستاییان و کشاورزان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کنش‌گران عرصهٔ کشاورزی و مصرف آب در فعالیت‌های کشاورزی و غیر کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است. دوم آن‌که، کشاورزی کنونی با توجه به کاهش بهره‌وری و هدررفت آب ناپایدار است و باید با مستقرکردن سامانه‌های جمع‌آوری آب باران و به‌کارگیری سامانه‌های مذکور به افزایش تأمین منابع آبی و افزایش بهره‌وری و بهبود شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی جوامع روستایی کمک شود. لازم به ذکر است که به‌دلیل ویژگی‌های کیفی آب باران استفاده از این منبع ارزشمند آبی می‌تواند مشکل دستیابی به منابع آبی با کیفیت را در بسیاری از مناطق کوهستانی از جمله منطقه موردمطالعه برطرف کند (شکل ۱). هم‌چنین نوآوری دیگر این مطالعه بهره‌جستن همزمان از دو فناوری سنجش از دور (تصاویر ماهواره‌ای) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌همراه وزن‌دهی معیارهای تأثیرگذار در مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران در مناطق روستایی با استفاده از فن تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بوده است. با توجه به موارد ذکرشده این مقاله به‌دنبال آن است که مکان‌های مناسب را برای مستقرکردن سامانه‌های جمع‌آوری آب باران در منطقه روستایی شهرستان سوادکوه شمالی شناسایی کند.

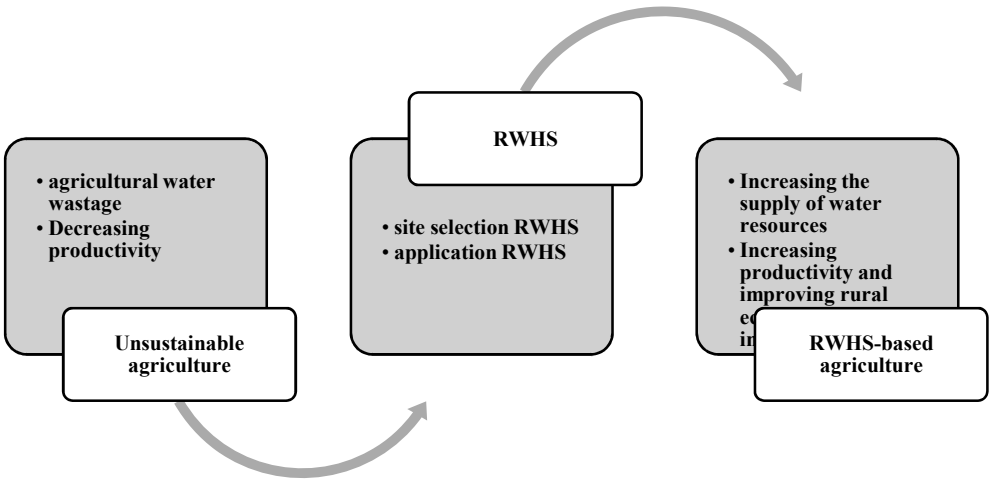


Figure 1. The conceptual framework of research

۲. مواد و روش‌ها

در این قسمت ابتدا منطقه موردمطالعه به دقت شناسایی شد. سپس در گام دوم داده‌های ثانویه[۳] هواشناسی، الگوی پستی و بلندی (شیب) و نقشه بافت خاک از سازمان‌های مربوطه دریافت شد. در گام سوم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نقشه کاربری اراضی تهیه شد. در گام چهارم نقشه پوشش و تراکم گیاهی تدوین شد. در گام پنجم به برآورد حجم رواناب و تهیه نقشه درون‌یابی‌شده از آن پرداخته شد و در گام ششم (پایانی) وزن‌دهی به لایه‌های تهیه‌شده در مراحل پیشین صورت گرفت (مطابق با شکل ۲).

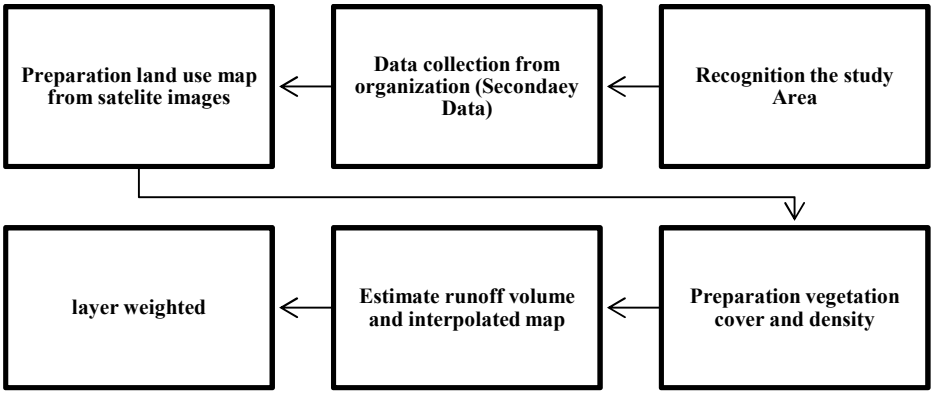


Figure 2. The process of research method

۲-۱. منطقه موردمطالعه

شهرستان سوادکوه به‌عنوان منطقه‌ای نیمه‌کوهستانی و مرتفع در جنوب استان مازندران و در دامنه رشته کوه البرز واقع شده است. کمینه ارتفاع در منطقه ۴۵۰ متر و بیشینه ارتفاع ۲۱۱۷ متر بالاتر از سطح دریای آزاد است. در شکل (۳) نقشه رقومی ارتفاع منطقه موردمطالعه نشان داده شده است. رودخانه کبیر یکی از اصلی‌ترین مسیرهای آبراهه در این منطقه بوده است که رواناب این حوضه به رودخانه بابلرود منتقل می‌شود (Rokhfirooz *et al*., 2011).

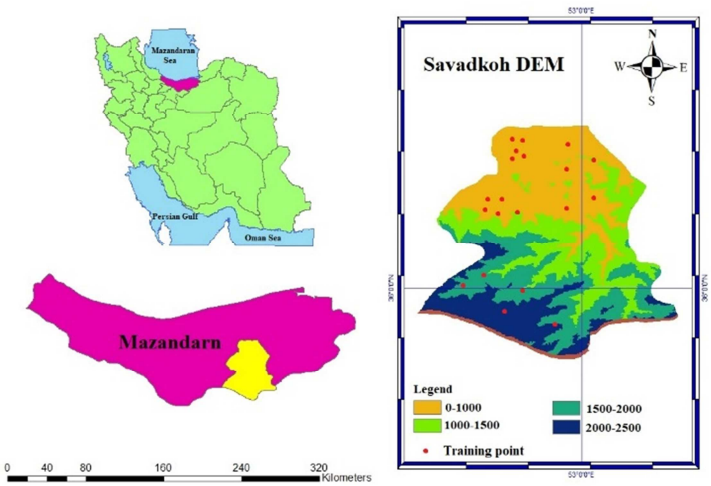


Figure 3. DEM map in study area

۲-۲. اطلاعات هواشناسی

داده‌های هواشناسی از ایستگاه آلاشت/ پل سفید به‌صورت روزانه دریافت شد و اطلاعات مهم هم‌چون میزان بارش، دمای بیشینه و کمینه، سرعت باد و تابش خورشیدی موردبررسی قرار گرفت. تغییرات دما، سرعت باد و میزان تابش خورشیدی از عوامل اصلی تعیین‌کننده شدت تبخیر- تعرق در هر منطقه است (Darabi and Ildoromi, 2021). بنابراین با استفاده از داده‌های دریافتی از ایستگاه هواشناسی و رابطه پنمن- مانتیث (فائو ۵۶) میزان تبخیر- تعرق در منطقه موردمطالعه محاسبه شد (شکل ۴). در نهایت، میزان بارش و شدت تبخیر- تعرق به‌عنوان دو شاخص مهم در موفقیت طرح‌های استحصال آب باران، به‌صورت نقشه‌های مکانی وارد مکان‌یابی شده و محدوده تغییرات این دو شاخص در جدول (۱) نشان داده شده است.

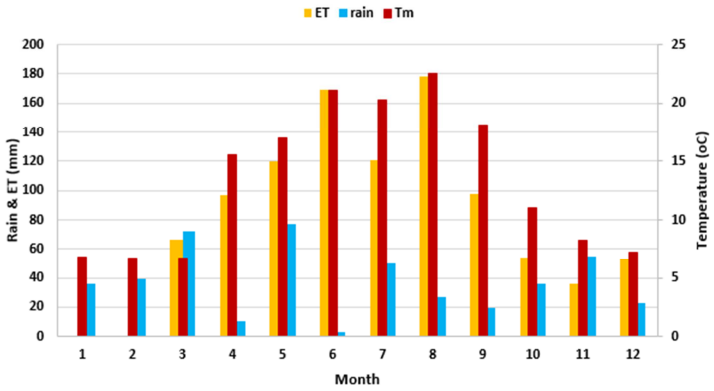


Figure 4. Monthly average of weather data

Table 1. Range of rain & evapotranspiration in study area

Index	Index Range			
	Low	Mean	High	Very high
Rain (mm)	<150	150-250	250-400	>400
Evapotranspiration (mm)	<40	40-80	80-120	120-160

۲-۳. الگوی پستی و بلندی منطقه و نقشه شیب

ازآنجایی‌که هدف این پژوهش مکانی‌یابی نقاط مناسب برای جمع‌آوری آب باران است، الگوی پستی و بلندی منطقه اثر مهمی در تعیین مناطق مناسب دارد، بنابراین از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با ابعاد پیکسل ۱۰۰ متر در منطقه استفاده شد تا تغییرات ارتفاع در منطقه موردبررسی قرار گیرد. در جدول (۲) محدودهٔ تغییرات شیب در منطقه موردمطالعه آورده شده است.

Table 2. Range of slop in study area

Index	Index Range			
	Low	Mean	High	Very high
Slop (%)	<3	3-8	8-15	>15

۲-۴. نقشه خاک‌شناسی

در زمان بارش نزولات جوی، سطح خاک اولین بستری است که این نزولات را دریافت می‌کند در نتیجه خصوصیات

مختلف خاک به‌ویژه بافت خاک به‌دلیل اثرگذاری بر شدت نفوذپذیری از اهمیت بالایی در شناسایی مناطق مناسب به‌منظور جمع‌آوری آب باران برخوردار است (Soltani *et al*., 2018). نقشه بافت خاک در منطقه موردمطالعه از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران دریافت و در جدول (۳) محدودهٔ آن براساس اثرگذاری بر شدت نفوذ آورده شده است.

Table 3. Soil texture & classify by infiltration in study area

Index	Infiltration rate			
	Low	Mean	High	Very high
Soil texture	Clay	Clay-Silt	Sandy-Silt	Sand

۲-۵. کاربری اراضی در منطقه

به‌منظور تعیین کاربری اراضی در منطقه موردمطالعه از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ در تاریخ ۲۹ خردادماه سال ۱۴۰۰ استفاده شد. ابتدا تصویر موردنظر از سایت Earth Explorer دریافت و سپس با استفاده از نرم‌افزار ENVI V 5.3 پیش‌پردازش آن شامل تصحیح اتمسفریک انجام شد تا ارزش هر پیکسل به بازتاب واقعی از سطح زمین تبدیل شود (Hoersch, 2015). در ادامه برای تهیه نقشه کاربری اراضی، روش طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده شد، بنابراین نیاز به تهیه نقاط تعلیمی (آموزشی) برای معرفی کاربری‌های مختلف در منطقه بود. برای انتخاب نمونه‌های تعلیمی از تصاویر با رنگ‌های حقیقی و کاذب، بازدیدهای میدانی، سؤال از کارشناسان و بررسی عکس‌های هوایی از منطقه استفاده شد و کاربری‌های مهم شامل مناطق جنگلی/ مرتعی، مناطق کوهستانی، منطقه شهری/ روستایی و مسیل/ رودخانه بود، بنابراین برای هر کاربری حداقل پنج نمونه تعلیمی به نرم‌افزار معرفی شد تا طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای برای استخراج نقشه کاربری اراضی به درستی انجام پذیرد.

۲-۶. پوشش و تراکم گیاهی

بعد از تعیین کاربری اراضی در منطقه، در کاربری جنگلی/ مرتعی تعیین پوشش و تراکم گیاهی دارای اهمیت است، زیرا به‌طور کل، گیاهان از رواناب جلوگیری می‌کنند و عاملی برای افزایش ذخیره‌سازی آب در منطقه با پوشش متراکم هستند (Nowruzzadeh *et al*., 2019). بنابراین نقشه تراکم پوشش گیاهی با استفاده از شاخص تفاوت نرمال‌شده گیاهی (NDVI) به حاصل شد. بنابراین تصویر انتخابی در تعیین کاربری اراضی در این مرحله برای تعیین کاربری جنگلی/ مرتعی مورداستفاده واقع شد و نقشه تراکم پوشش گیاهی بر اساس شاخص NDVI در این کاربری به‌دست آمد.

۲-۷. حجم رواناب

تعیین حجم (ارتفاع) رواناب در منطقه موردمطالعه، شاخصه‌ای مهم در مکان‌یابی است. به‌منظور برآورد رواناب نقشه شماره منحنی[۴] با استفاده از داده مربوط به نفوذپذیری و پوشش گیاهی تهیه و با تلفیق نقشه کاربری اراضی و روش NRCS-CN، رواناب حوضه با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه شد (Hernàndez and Ruiz, 2013). هم‌چنین با استفاده از نقشه هم‌بارش و مساحت هر منطقه، حجم رواناب تولیدی به‌صورت نقشه‌ای درون‌یابی‌شده به‌دست آمد.

$$Q = \frac{(P - 0.2s)^2}{P + 0.8S} \qquad P > 0.2S$$ رابطه ۱)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$ رابطه ۲)

در رابطه‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب، Q ارتفاع رواناب، P ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته و S بیشینه توان نگهداری مربوط به عدم نفوذ در خاک و ذخیره سطحی است. پس از محاسبه ارتفاع رواناب، محدوده تغییرات آن در جدول (۴) طبقه‌بندی شد و منحنی تغییرات ماهانه آن در شکل (۵) آورده شده است.

Table 4. Run off height in study area

Index	Index Range			
	Low	Mean	High	Very high
Run off height (mm)	<14	14-34	34-64	64-80

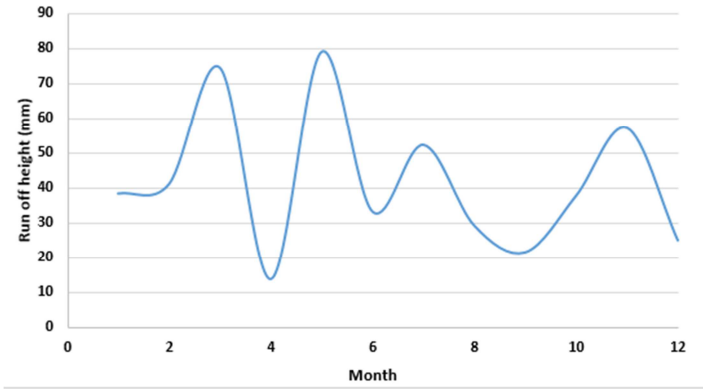


Figure 5. Monthly run off curve

۲-۸. وزن‌دهی به لایه‌ها

پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی، الگوی پستی و بلندی (شیب)، نقشه خاکشناسی، حجم رواناب، کاربری اراضی و پوشش و تراکم گیاهی نقشه‌های مکانی این داده‌ها در محیط نرم‌افزار Arc MAP $_{10.7}$ آماده‌سازی شد و براساس پژوهش‌های (Soltani *et al*., 2018; Najafian *et al*., 2009) لایه‌های مرتبط با یکدیگر هم‌پوشانی شده و در نهایت پنج لایه اصلی بارندگی، اقلیمی، کاربری زمین، محیطی و پوشش زمین برای وزن‌دهی و تعیین مناطق مستعد در جمع‌آوری آب باران مورداستفاده قرار گرفت.

روش مقایسه زوجی از طریق روش Saaty (1994) توسعه داده شده است و در آن از ارزش سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) برای تشکیل آرایه موردنیاز استفاده می‌شود. در این پژوهش برای تعیین اراضی مناسب برای جمع‌آوری آب باران پارامتر شدت بارش، دما، تبخیر، تراکم پوشش گیاهی، متوسط شیب و کاربری اراضی مدنظر قرار گرفت.

به‌منظور تعیین وزن هر لایه و اهمیت آن در مکان‌یابی، پرسشنامه‌ای بر مبنای روش AHP تهیه و در اختیار ۱۶ نفر از کارشناسان و متخصصان در حوزه منابع آب و آبخیزداری قرار گرفت. در این روش، انتخاب افراد پرسش‌شونده به‌صورت عمدی و نمونه‌گیری به‌صورت غیر احتمالی صورت می‌گیرد و از انتخاب تصادفی افراد باید به‌شدت پرهیز کرد. بنابراین، در این روش از نوعی نمونه‌گیری غیراحتمالی با عنوان نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد. نمونه هدفمند را محقق با توجه به هدف پژوهش و شرایط موجود انتخاب می‌کند. در مطالعه حاضر، ازآنجایی‌که افراد متخصص در حوزه موردنظر در استان مازندران و به‌ویژه شهرستان سوادکوه شمالی مدنظر بودند. بنابراین، سه دسته از متخصصان در حوزه مذکور نمونه پژوهش را تشکیل دادند که شامل ۱- متخصصان حوزه آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران (شش نفر)، ۲- اعضای هیئت علمی گروه‌های مهندسی آب و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (پنج نفر) و ۳- کارشناسان و متخصصان شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران (پنج نفر). به این صورت در

این مطالعه، ۱۶ متخصص حوزه آب به مثابهٔ نمونه موردپرسش قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای $SPSS_{v26}$، EC_{v10}، $Arc\ MAP_{v10.7}$ و ENVI $_{V\ 5.3}$ استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای پاسخگویان

میانگین سن پاسخگویان ۴۳/۷ سال با انحراف معیار ۷/۶ سال بود که ۳۷/۵ درصد آن‌ها در گروه سنی ۵۴-۴۷ سال و ۶/۳ درصد آن‌ها در گروه سنی ۲۶-۳۳ سال قرار داشتند. میانگین سابقه اشتغال پاسخگویان در بخش کشاورزی ۱۶/۴ سال با انحراف معیار ۶/۸ بود و بیش از نیمی از آن‌ها بین ۱۴تا ۲۳ سال سابقه کار در این حوزه داشتند که بیانگر تجربه کاری به نسبت بالای آن‌ها بوده است. بیش‌تر پاسخگویان مرد (۶۸/۸ درصد)، میزان تحصیلات بیش‌تر آن‌ها (۵۶/۳ درصد) دکتری و رشته تحصیلی بیش‌تر آن‌ها (۷۵ درصد) مهندسی آب بود (جدول ۵).

Table 5. Personal and professional characteristics of experts participating in hierarchical analysis process technique (AHP)

Variable	Variable levels	Frequency	Percent	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Age (years)	26-33	1	6.3	43.7	7.6	26	54
	33-40	5	31.3				
	40-47	4	25				
	47-54	6	37.5				
Experience in agriculture (years)	5-14	5	31.3	16.4	6.8	5	32
	14-23	9	56.3				
	23-32	2	12.5				
Gender	Male	11	68.8	-	-	-	-
	Female	5	31.3				
Level of education	Ms.c	9	56.3	-	-	-	-
	PhD	7	43.8				
Major	Water engineering	12	75	-	-	-	-
	Watershed engineering	2	18.8				
	Geology	1	6.3				

با توجه به امتیازدهی به مقایسه بین پنج شاخص اصلی، که عددی از یک تا نه اختیار می‌کند و به خروجی نرم‌افزار EC[۴]، ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی به شرح زیر به‌دست آمده است (جدول ۶) (نرخ ناسازگاری ۰/۰۱). اعداد جدول (۶) نشان‌دهندهٔ اولویت شاخص سطر نسبت به شاخص ستون مربوطه است. اعداد به رنگ قرمز وضعیت معکوس، یعنی اولویت ستون نسبت به سطر را نشان داده است.

Table 6. The matrix of pairwise comparisons of the main criteria

	Rainfall	Climatic	Environmental	Land cover	Land use
Rainfall		3.15986	3.05044	2.80485	2.11995
Climatic			1.30775	1.34145	1.13283
Environmental				1.00862	1.04412
Land cover					1.24591
Land use	Incon:0.01				

هم‌چنین شکل (۶)، رتبه‌بندی و ارزش وزنی تعیین‌شده شاخص‌ها را نشان می‌دهد:

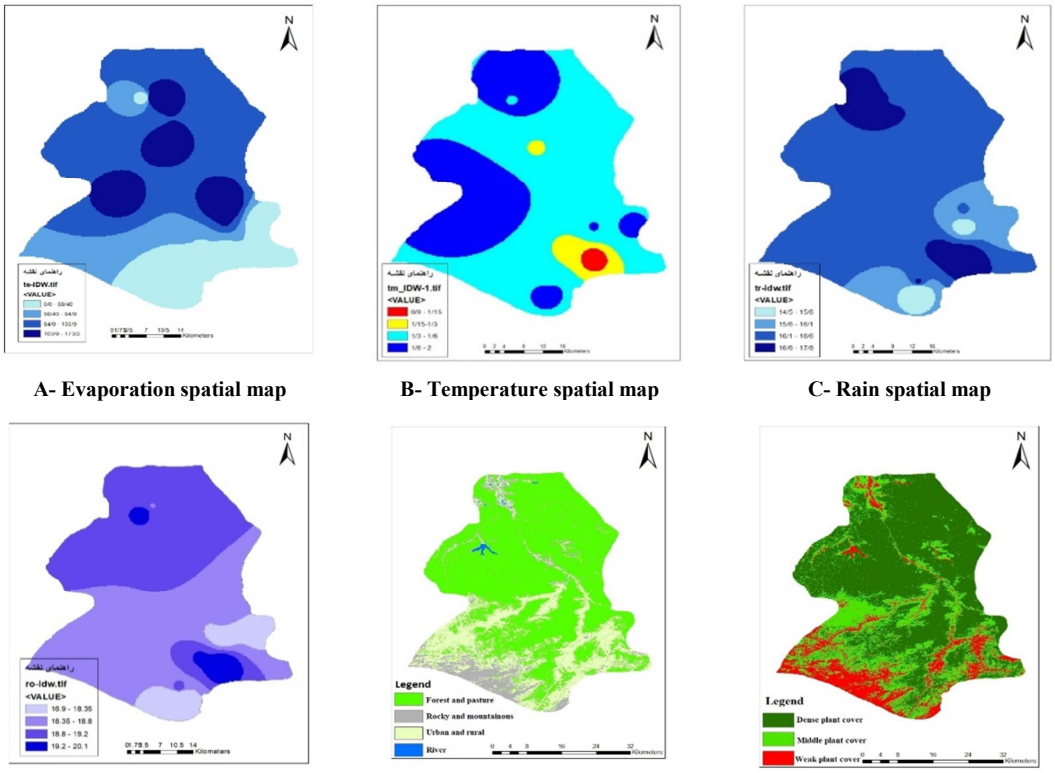
Figure 6. Ranking and weighted value of indicators

مطابق با جدول(۷) شاخص‌های اصلی به‌ترتیب ارجحیت (اهمیت) با توجه به وزن آن‌ها به‌ترتیب شامل شاخص بارندگی، شاخص اقلیمی، شاخص کاربری زمین، شاخص محیطی و شاخص پوشش زمین بودند.

Table 7. Weighting of five indicators by experts

Row	Index Name	Weighted value	Rank
1	Rainfall	0.408	1
2	Climatic	0.165	2
3	Environmental	0.160	3
4	Land cover	0.136	4
5	Land use	0.132	5

نقشه مربوط به پنج شاخص اثرگذار در تعیین مناطق مستعد، در شکل (۵) آورده شده است. به‌دلیل اهمیت اطلاعات اقلیمی، نقشه دما و تبخیر به‌صورت جداگانه در شکل (۷) قرار گرفت. محدوده تعیین‌شده در جدول‌های (۱) تا (۴) در نقشه‌های مربوط به تبخیر، بارش، دما و رواناب قرار گرفت و سپس وزن مربوط به هر لایه اعمال شد.



A- Evaporation spatial map **B- Temperature spatial map** **C- Rain spatial map**

D- Run off spatial map **E- Land use map** **F-Plant cover map**

Figure 7. Map of effective parameters in suitable site selection for harvesting rain water

با توجه به نقشه پراکندگی مکانی تبخیر در منطقه موردمطالعه، مناطق با تبخیر بالا، مساحتی کم‌تر از ۱۵ درصد را در منطقه داشته است و بیش‌تر مناطق دارای تبخیر متوسط و کم بودند. بنابراین می‌توان از سطوح باز برای مخازن جمع‌آوری آب باران استفاده کرد، در حالی‌که در مناطقی با تبخیر بالا فقط استفاده از سطوح بسته و به‌کارگیری روش‌های کاهش تبخیر از سطح می‌تواند اقتصادی باشد (Darabi and Ildoromi, 2021). نقشه دما و بارندگی الگوی پراکندگی مشابهی دارند و مناطق با دما و بارندگی متوسط بیش‌ترین مساحت را در منطقه موردمطالعه در برگرفته‌اند. نقشه پراکندگی رواناب که از هم‌پوشانی نقشه درصد شیب، جهت شیب و میزان رواناب به‌دست آمده است (Akbarpoor *et al*., 2016)، بسیار تابع نقشه جهت شیب بوده است و بر این اساس رواناب از بخش جنوبی (مرتفع) به سمت بخش شمالی (کم‌ارتفاع) جاری است و می‌توان از این الگو برای شناسایی مناطق مناسب برای انحراف رواناب و تجمیع آن در مناطق گودالی استفاده کرد.

برای تحلیل نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی که از تصویر ماهواره سنتینل-۲ به‌دست آمده، ابتدا لازم بود تا ارزیابی انجام شود. ماتریس خطا برای هر نقشه تشکیل و با استفاده از آن صحت کل محاسبه شد. هم‌چنین برای بررسی دقیق‌تر ضریب کاپا نیز محاسبه و در جدول (۸) آورده شده است.

Table 8. Total accuracy & Kappa coefficient for remote sensing map

Assessment Index	Land use map	Plant cover map
Kappa coefficient (%)	87	88
Total accuracy (%)	91	93

با توجه به جدول (۸)، دقت نقشه‌های حاصل از سنجش از دور بالا بوده و می‌توان از آن‌ها برای ادامه کار استفاده کرد (Esmali Ouri *et al*., 2017). نقشه کاربری اراضی به‌خوبی نشان می‌دهد که مساحت بالایی در محدوده موردمطالعه به کاربری جنگلی/ مرتعی اختصاص دارد. به‌علاوه، محدوده سد البرز نیز در نقشه به‌عنوان منطقه‌ای با قابلیت جمع‌آوری رواناب رودخانه‌ها به‌خوبی تعیین شده است. نقشه تراکم پوشش گیاهی نیز نشان داده است که مساحت مربوط به مناطق متراکم و تراکم متوسط بسیار بالا بوده و فقط مناطق کوهستانی دارای فقر پوشش گیاهی بودند. در نهایت لایه‌های موجود با استفاده از وزن‌های مشخص‌شده در جدول (۹) وزن‌دهی شدند تا نقشه نهایی مناطق مناسب برای جمع‌آوری آب باران در شکل (۸) به‌دست آمد.

Table 9. Area of susceptibly zone in rain harvest

Row	Situation	Area (km^2)	Percentage
1	Suitable area	730.84	34.6
2	Susceptible area	478.25	22.6
3	Middle susceptibility area	487.35	23.1
4	Non suitable area	418.11	19.7

مطابق با شکل (۸)، شهرستان سوادکوه شمالی برای جمع‌آوری آب باران در چهار طبقه قرار گرفته است، مناطق نامناسب در قسمت شمالی شهرستان قرار داشتند و بیش‌تر دارای کاربری شهری/ روستایی بودند، در این مناطق به‌دلیل وجود ساختمان‌های متراکم و کم‌بودن فضای خالی، محدوده مناسبی برای جمع‌آوری آب باران نبوده است و می‌توان در این مناطق طرح‌های جمع‌آوری آب باران از پشت‌بام منازل و معابر عمومی را برای استفاده در توسعه فضای سبز شهری توصیه کرد. در جدول (۹)، مناطق نامناسب ۱۹/۷ درصد از مساحت این شهرستان را شامل شده بود که برای اجرای طرح‌های جمع‌آوری آب از پشت‌بام مساحت قابل‌توجهی است. مناطق با استعداد متوسط، مناطقی هستند که به‌صورت طبیعی، حجم بالایی از رواناب حاصل از باران را به خاک نفوذ داده‌اند و باعث تقویت لایه‌های آبدار زیرزمینی می‌شوند.

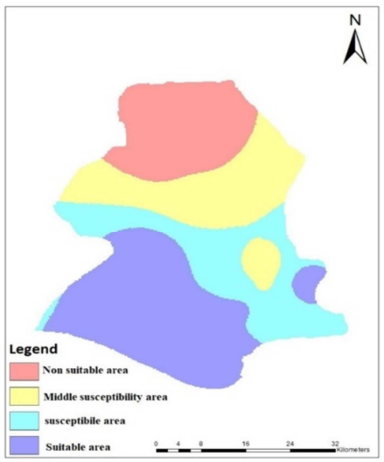


Figure 8. Area's susceptibility for rain harvest

این مناطق ۲۳/۱ درصد از مساحت شهرستان را داشته‌اند و به‌دلیل اهمیتی که در چرخه آب‌شناسی دارند و توازنی بین آب سطحی و آب زیرزمینی برقرار می‌کنند، دارای اهمیت بسیار هستند و نمی‌توان با توسعه طرح‌های جمع‌آوری آب باران، توانایی طبیعی این مناطق را در تعادل‌بخشی محیط زیستی بر هم زد. مناطق با استعداد خوب و مناسب که در مجموع ۵۷/۲ درصد از مساحت شهرستان را به خود اختصاص داده است، مناطقی هستند که می‌توان از آن‌ها در اجرای طرح‌های جمع‌آوری آب باران استفاده کرد. این مناطق با پوشش گیاهی متوسط و کاربری کوهستانی، جنگلی و مرتعی مناطقی هستند که حجم مناسبی از رواناب را تولید می‌کنند و می‌توان آن را در مخازن سطحی و زیرسطحی ذخیره کرد. هم‌چنین در این محدوده، مناطق روستایی فراوانی وجود دارد و آب جمع‌آوری‌شده از باران می‌تواند برای توسعه روستاها و ایجاد اشتغال پایدار مورداستفاده قرار گیرد، به‌طوری‌که مطابق با مطالعه‌های Montazari *et al.* (2021) و Ahmadi (2022) با استفاده از سامانه‌های جمع‌آوری آب باران می‌توان به افزایش شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی و بهره‌وری و معیشت پایدار در روستاها کمک شایان‌توجهی شود و از این طریق به اهداف و سیاست‌های اجرایی سند توسعه شهرستان جامه عمل پوشاند.

۴. نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیم به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم و جهانی مطرح است و تعداد زیادی از مردم کره زمین به آب سالم دسترسی ندارند و ازآنجایی‌که کشاورزی در کل دنیا و هم‌چنین کشور ما بیش‌ترین مصرف آب را دارد، لزوم توجه به مصرف بهینه و هم‌چنین جمع‌آوری آب باران و آب‌های سطحی می‌تواند کمک مؤثری برای صرفه جویی در مصرف این ماده با ارزش و حیاتی داشته باشد. هم‌چنین مطابق با سند توسعه شهرستان سوادکوه شمالی و بخش کشاورزی و روستایی آن یکی از مهم‌ترین تنگناهای توسعهٔ این شهرستان، پایین‌بودن ضریب بهره‌برداری از آب‌های سطحی و زیرزمینی و ذخیره‌سازی آب است و یک مسئلهٔ اساسی ناکافی‌بودن منابع تأمین آب در روستاهای این شهرستان است، به‌طوری‌که یکی از هدف‌های توسعه تأمین و ذخیره‌سازی آب برای مصارف شرب و بخش‌های کشاورزی و صنعتی بوده است و جمع‌آوری و ذخیره آب به‌عنوان راهبردی برای تأمین آب موردنیاز شرب، کشاورزی و صنعت مدنظر است. بنابراین در این پژوهش از فناوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد و امکان بهره‌مندی از منبع ارزشمند آب باران برای توسعه روستایی موردبررسی قرار گرفت. تحلیل نتایج و نقشه‌های به‌دست‌آمده از فناوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌کمک وزن‌دهی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که از میان شاخص‌های رتبه‌بندی‌شده شاخص بارندگی (۰/۴۰۸)، اقلیمی (۰/۱۶۵)، کاربری

زمین (۰/۱۶۰)، محیطی (۰/۱۳۶) و پوشش زمین (۰/۱۳۲) به‌ترتیب به‌عنوان مؤثرترین شاخص‌ها برای جمع‌آوری آب باران در منطقه موردمطالعه بودند. هم‌چنین نتایج نشان داد که شهرستان سواد کوه شمالی در چهار طبقه شامل مناطق نامناسب، مناطق با استعداد متوسط، مناطق با استعداد خوب و مناطق با استعداد مناسب طبقه‌بندی شده است. در خصوص مناطق با استعداد خوب و مناسب برای جمع‌آوری آب باران، نکات زیر پیشنهاد شده است:

– ایجاد سامانه‌های جمع‌آوری آب باران در منطقه موردنظر و مدیریت بهینه منابع آب روستایی و کشاورزی با کمک نهادهای محلی روستایی از جمله شوراها و دهیاری‌ها و به‌ویژه شورای کشاورزی روستاهای منطقه موردمطالعه.

– امکان اجرای روش‌های مختلف جمع‌آوری آب باران با برنامه‌ریزی مشارکتی و تسهیل‌گری از بالا به پایین به‌طوری‌که خود روستاییان به‌عنوان صاحبان اصلی پروژه مدنظر قرار گیرند، در منطقه موردبررسی قرار گیرد.

– مناسب‌ترین روش جمع‌آوری آب باران به‌صورت طرح آزمایشی در منطقه اجرا و اثرات محیط زیستی آن در روستاها و مناطق کشاورزی بررسی شود.

– با فنون ارزیابی‌های سریع روستایی و ارزیابی مشارکتی روستایی، اثرات بهره‌مندی از آب باران به‌عنوان منبعی نوین در توسعه پایدار و معیشت پایدار روستاییان و کشاورزان موردبررسی قرار گیرد.

– هم‌چنین، با توجه به محدودیت‌های مطالعه حاضر مثل عدم در دسترس بودن داده‌های کافی و به‌روز، نبودن داده‌های مکانی، ناقص‌بودن بازه‌های زمانی در داده‌های آماری و جمعیتی و عدم برنامه‌ای عملیاتی تحت اجرا در خصوص مهار و ذخیره‌سازی آب باران برای تأمین آب موردنیاز شرب و کشاورزی در منطقه موردمطالعه در حین انجام پژوهش امکان بررسی پیامدها و اثرات این برنامه‌ها را به پژوهش‌گران نداده است. بنابراین در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود:

– با استفاد از داده‌های مناسب اثرات تغییر اقلیم بر الگوی بارش بررسی شود.

– اثرات افزایش جمعیت و تغییر در کاربری اراضی موردارزیابی قرار گیرد.

– در صورت اجرای چنین برنامه‌هایی، مطالعات بعدی به بررسی اثرات و پیامدهای آن در منطقه به‌ویژه در جوامع روستایی بپردازند.

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Rain Water Harvesting Systems (RWHS)
2. Geographic Information System (GIS)
3. Secondary Data
4. Curve Number (CN)
5. Expert Choice (EC)

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Aghaloo, K., & Chiu, Y. R. (2020). Identifying optimal sites for a rainwater-harvesting agricultural scheme in Iran using the best-worst method and fuzzy logic in a GIS-based decision support system. Water, 12(7), 1913. *Desert ecosystem engineering journal*, 21 (7), 45-58. (In Persian).

Agriculture Organization of Mazandaran. (2021). *Development document of Mazandaran province, second part: assessment of water sources in the province. Ministry of Agriculture Jihad*. (In Persian)

Ahmadi, M. (2021). Role of agriculture water resource management in development of rural regions; a case study Ghani Beiglou County (Zanjan township. *Journal Space Economy & Rural Development*, 10 (35), 137-154. (In Persian).

Akbarpoor, A., Khashei Siuki, A., Keshavarz, A., & Forooghifar, H. (2016). Determination of the Appropriate Sites to Rain Water Harvesting using Analysis Hierarchical Process (AHP), *Journal of water management of research*, 6 (12),:65-74. (In Persian).

Al-Batsh, N., Al-Khatib, I. A., Ghannam, S., Anayah, F., Jodeh, S., Hanbali, G., & van der Valk, M. (2019). Assessment of rainwater harvesting systems in poor rural communities: A case study from Yatta Area, Palestine. *Water*, 11(3), 585.

Amir-Ahmadi A., Ebrahimi M., & Beiramali, F. (2021). Site Selection Potential for Rain Water Harvesting Agent Based Spatial Modeling (Case Study: Pardis Hakim Sabzevari University), *Journal of Geographic Space*, 21 (76), 19-33. (In Persian).

Ashofte, A., & Vojdanifard, M. (2015). The possibility of exploitation and utilization of rain water for irrigation in greenhouses Khorasan Razavi, *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 3 (1),:15-22. (In Persian).

Babolhekami, A., Gholami Sefidkouhi, M.A., & Emadi, A. (2020). The Impact of Climate Change on Reference Evapotranspiration in Mazandaran Province, *Iranian journal of soil and water research*, 51 (2), 387-401. (In Persian).

Dallman, S., Chaudhry, A. M., Muleta, M. K., & Lee, J. (2021). Is rainwater harvesting worthwhile? A benefit–cost analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 147(4), 04021011.

Darabi, F., & Ildoromi, A. (2021). Determination of Effective Factors in Locating Runoff-prone Areas and Rainwater Extraction of Kermanshah Siahkhor Watershed, *Hydrogeomorphology*, 28 (8), 1-18. (In Persian).

Esmali Ouri, A., Golshan, M., & Khorshidi Mianaee, K. (2017). Zoning suitable sites for runoff harvesting with GIS and AHP (case study: Samborchay watershed, Ardabil Province), *Journal of Geography and Planning*, 21 (61), 1-18. (In Persian)

Ghoodarzi, M. (2021). *Familiarity with climate change and its effects on agricultural water consumption*. Ministry of Agriculture Jihad, Agricultural Research Education and Extension Organization. (In Persian).

Hernàndez, G.R., & Ruiz, L.A. (2013). An enhanced curve number-based tool for estimating direct runoff. 14. *Journal of Hydro information*, 15, 881-887.

Hoersch, B. (2015). *SENTINEL-2 user handbook*. European Space Agency (ESA). Europe. 64 P.

Management and Planning Organization of Mazandaran. (2021). *Development document of Northern Savadkooh, plan and budget organization, presidency of Islamic republic of Iran*. (In Persian).

Mehri babadi, H., Eslami, H., & Darabi, F. (2020). Preparation of an Average Mapping of Rainwater Harvesting Potential Using Network Analysis Method in Koohrang watershed. *Quarterly Journal on Water Engineering*, 4 (7), 304-314. (In Persian).

Montazari, A., Sahneh, B., & Ghanghermeh, A. (2021). The Role of Water Resources Management in the Sustainable Livelihood of Rural Households (Case Study: Northern and Southern Mazraeh of Aq Qala Township). *Spatial Planning*, 11 (1), 76-86. (In Persian).

Najafian, L., Kavian, A., Ghorbani, J., & Tamartash, R. (2009). Effect of life form and vegetation cover on runoff and sediment yield in rangelands of savadkooh region, Mazandaran. R*angeland Journal*, 4 (2), 334-347. (In Persian).

National drought warning & monitoring center (NDWMC). (2022). Available at https://ndc.irimo.ir/eng/index.php (In Persian)

Nowruzzadeh, M., Ghanwi-Bafghi, M. J., & Tazeh, M. (2019). Application of multi-criteria decision-making methods in identifying suitable points for rainwater harvesting. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 7(21), 45-58. (In Persian).

Owusu, S., & Asante, R. (2020). Rainwater harvesting and primary uses among rural communities in Ghana. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 10(3), 502-511.

Pala, G. K., Pathivada, A. P., Velugoti, S. J. H., Yerramsetti, C., & Veeranki, S. (2021). Rainwater harvesting-A review on conservation, creation & cost-effectiveness. *Materials Today: Proceedings*, 45, 6567-6571.

PWI. (2022). *Get Educated About Economic Development*. Retrieved from https://projectworldimpact.com/cause/Water-carcity?gclid=EAIaIQobChMIx47FrvvF-QIVwpTVCh2aEQbdEAAYBCAAEgKETvD_BwE

Rokhfirooz, G., Ghorbani, J., Shokri, M., & Jafrian, Z. (2011). Effect of rangeland rehabilitation and restoration on composition and diversity of species seeds in the soil, *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 18 (2), 322-335. (In Persian),

Saaty, T. L. (1994). Highlights and critical points in the theory and application of the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 74(3), 426-447.

Soltani, M. J., Sarreshtehdari, A., & Shadfar, S. (2022). Comparison of different data layers combination models for rain water catchment systems site selection using GIS, case study: Kan Basin. *Watershed engineering and management*, 13 (4), 746-757. (In Persian).

Soltani, M., Solaimani, K., Habibnejad Roshan, M., & Jalili, K. (2018). Comparative site selection of rainwater harvesting (RWH) (Case Study; Meykhoran and Khosroabad Watershed, Iran). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 14 (7), 49-62. (In Persian).

Statistical center of Iran. (2022). Available at https://www.amar.org.ir/(In Persian)

Tahvili, Z., Malekian, A., Khosaravi, H., & Khalighi Sigaroudi, S. (2017). Rain water harvesting potential locating in arid regions using TOPSIS; Case study Nain Plain, *Journal of irrigation and water management*, 7 (3), 60-74. (In Persian).

Tavakoli, A., Hokmabadi, H., Naderi Arefi, A., & Hajji, A. (2022). Assessment of Comparative Advantage of Agricultural Crops in Semnan Province Based on Water Productivity, *Journal of Water and Soil Science*; 25 (4),:63-81. (In Persian).

The Iran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture. (2022). Analytical report on Iran's economic conditions with a view to the global risk results report of 2022. (In Persian)

UNESCO. (2022). Available on: https://www.unesco.org/reports/wwdr/2022/en

World Health Organization (WHO). (2022). *Drinking-water, Key Facts*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

Iran water resource management company. (2022). *Report of situation of water in the country*. (In Persian).