Journal of Range & Watershed Management
https://jrwm.ut.ac.ir/

Volume 77 (3)
Online ISSN: 2423-7795

Precipitation Management with the Help of Rain Catchment Surfaces in Semi-arid Areas (Case Study of the Quyjeq Catchment Basin)

Ali Heshmatpour[1*] | Seyed Javad Sajjadi[2]| Yousef Mohammadian[1]

1. Department of Range and Watershed management, Faculty of Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
2. Department Plant Production, Gonbad kavos college of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavos, Iran.
Email: heshmatpoura@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 26 Feb. 2024
Revised: 29 Jul. 2024
Accepted: 14 Aug. 2024
Published online: 22 Oct. 2024

Keywords:
Fuzzy logic,
Geographic information system,
Livestock distribution,
Rain harvesting,
Water crisis.

Abstract

Low rainfall with improper temporal and spatial distribution is a significant problem in arid and semi-arid areas. Due to the lack of water resources and the increasing water demand, access to new water resources is necessary. Rainwater collection is one of the most prominent methods of rainwater exploitation management to deal with water shortage which is developing rapidly in many areas. Considering the diversity and breadth of rainwater collection methods, serious attention should be paid in choosing the influencing factors and the type of criteria combination method. In this article, in order to determine the places prone to the construction of rain catchment surfaces for livestock drinking, first the effective factors were determined with the studies conducted and the characteristics of the area. Seven factors were considered, including slope, land use, soil depth, distance from fault and waterway, proximity to livestock farming, and prevailing wind direction. The factors were ranked using the fuzzy logic technique. This involved dividing them into nine separate parts. A geographic information system was then used to overlap these layers. The results of this overlap were classified into five classes: poor, average, relatively good, good, and very good. The rainwater collection areas for each class were 44.01 km², 53.94 km², 30.31 km², 30.48 km², and 12.51 km², respectively. The result of using the fuzzy logic method along with the geographic information system in this study facilitated and increased accuracy in determining the areas prone to rainwater collection. Also, based on the results of this method, the south and southeast part of the region had the first priority for the construction of rain catchment surfaces. Therefore, it can be used to collect rainwater and store it for future use. The findings of this research work will help policy makers and decision makers to implement different rainwater collection structures in the study area to overcome water shortage problems.

Cite this article: Heshmatpour, A., Sajjadi, S.J., Mohammadian, Y. (2024). Precipitation Management with the help of rain catchment surfaces in semi-arid areas (Case study of the Quyjeq catchment basin). *Journal of Range & Watershed Management*, 77 (3), 571-387. DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2024.373203.1750

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

نشریه مرتع و آبخیزداری

دوره ۷۷ (۳)
شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۵-۲۴۲۳

مدیریت نزولات جوی به کمک سطوح آبگیر باران در مناطق نیمه خشک (مطالعه موردی حوزه آبخیز قویجق)

علی حشمت پور[۱] | سید جواد سجادی[۲] | یوسف محمدیان[۱]

۱. گروه مرتع و آبخیز داری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنبدکاووس،گنبدکاووس،ایران
۲. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنبدکاووس،گنبدکاووس،ایران
رایانامه: heshmatpoura@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱

کلیدواژه‌ها:
بحران آب،
پراکنش دام،
سیستم اطلاعات جغرافیایی،
جمع‌آوری آب باران،
منطق فازی.

چکیده

بارندگی کم همراه با توزیع نامناسب زمانی و مکانی، از مشکلات مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. کمبود منابع آبی همراه با رشد روزافزون تقاضا آب در این مناطق، دستیابی به منابع آبی جدید را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. جمع‌آوری آب باران یکی از شناخته‌ترین شیوه‌های مدیریت استحصال آب برای مقابله با کم‌آبی می‌باشد که در بسیاری از مناطق به سرعت درحال‌توسعه است. با توجه به تنوع و گستردگی روش‌های جمع‌آوری آب باران، باید در انتخاب عوامل تاثیرگذار و نوع روش ترکیب معیارها توجه جدی نمود. در این مقاله، جهت تعیین مکان‌های مستعد احداث سطوح آبگیر باران برای شرب دام، ابتدا عوامل مؤثر با مطالعات انجام‌شده و خصوصیات منطقه تعیین شدند. هفت عامل شیب، کاربری اراضی، عمق خاک، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از دامداری و جهت باد غالب در نظر گرفته شد. در ادامه با استفاده از تکنیک منطق فازی عوامل به نه قسمت مجزا برای رتبه‌بندی تقسیم گردید. سپس به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی همپوشانی لایه‌ها انجام شد، نتیجه همپوشانی لایه‌ها به پنج کلاس ضعیف، متوسط، نسبتاً خوب، خوب و بسیار خوب طبقه‌بندی گردید. مساحت هر کلاس به‌ترتیب ۴۴/۰۱، ۵۳/۹۴، ۳۰/۳۱، ۳۰/۴۸ و ۱۲/۵۱ کیلومترمربع برای جمع‌آوری آب باران به‌دست آمد. نتیجه استفاده از روش منطق فازی در کنار سامانه اطلاعات جغرافیایی در این مطالعه، موجب تسهیل و افزایش دقت در امر تعیین مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران شد. همچنین براساس نتایج این روش، قسمت جنوب و جنوب شرقی منطقه اولویت اول را برای احداث سطوح آبگیر باران دارا بود. لذا می‌توان برای جمع‌آوری آب باران و ذخیره سازی آن برای مصارف آینده مورد استفاده قرارگیرد. یافته‌های این کار تحقیقاتی به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند در منطقه مورد مطالعه برای غلبه بر مشکلات کمبود آب سازه‌های مختلف جمع‌آوری آب باران را اجراء کنند.

استناد: حشمت‌پور؛ علی، سجادی؛ سید جواد، محمدیان، یوسف (۱۴۰۳). مدیریت نزولات جوی به کمک سطوح آبگیر باران در مناطق نیمه خشک (مطالعه موردی حوزه آبخیز قویجق). *نشریه مرتع و آبخیزداری*، ۷۷(۳)، ۳۸۷-۳۷۱.

DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2024.373203.1750

ناشر : انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

کمبود منابع آب شیرین یک مشکل جهانی است. این یک تهدید بزرگ برای معیشت در سطح جهان و یکی از محدودیت‌های اصلی در توسعه اجتماعی- اقتصادی است که توسط مجمع جهانی اقتصاد در سال ۲۰۱۹ به‌عنوان یکی از بزرگترین خطرات جهانی از نظر تأثیر بالقوه در دهه آینده طبقه‌بندی شد (فائو[1]، ۲۰۱۲). عدم تطابق جغرافیایی و زمانی بین تقاضا و دستیابی به آب شیرین، دلیل عمده کم‌آبی جهانی است (پستال[2] و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین عواملی مانند تغییر اقلیم، خشکسالی، سیل، جنگل‌زدایی، افزایش آلودگی، گازهای گلخانه‌ای و استفاده بیهوده از آب می‌توانند باعث کمبود منابع شوند. سالانه، آب شیرین کافی برای تأمین این تقاضا در سطح جهان وجود دارد، اما تغییرات مکانی و زمانی این تقاضا و تفاوت در دسترسی به آب، بسیار زیاد است و سبب بروز کم‌آبی (فیزیکی) در بخش‌هایی از جهان در زمان‌های خاصی از سال می‌شود(مکونن و هوکسترا[3]، ۲۰۱۶). انتظار می‌رود که این کمبود، با توسعه اقتصادی شدت یابد، اما اگر به درستی شناسایی شود، بسیاری از عواقب آن قابل پیش‌بینی، جلوگیری یا کاهش است. هیئت منابع بین‌المللی سازمان ملل متحد اظهار داشت‌که دولت‌ها به سرمایه‌گذاری‌های کلان در راه حل‌های بسیار ناکارآمد که عموماً نه از نظر زیست‌محیطی ماندگار هستند و نه از نظر اقتصادی مناسبند، تمایل دارند؛ پروژه‌های عظیمی مثل سدها، کانال‌ها، خطوط انتقال آب و مخازن آب، جزو این موارد محسوب می‌شوند (هیئت منابع بین‌المللی سازمان ملل متحد[4]، ۲۰۲۰). براساس نظر ایشان، مقرون به صرفه‌ترین راه جداسازی مصرف آب از رشد اقتصادی، این است که دولت‌ها برنامه‌های مدیریتی جامع آب را ایجاد کنند که کل چرخه آب، از منبع تا توزیع، مصرف اقتصادی، تصفیه، بازیابی، استفاده مجدد و بازگشت به محیط را در نظر بگیرد. در سراسر دنیا روش‌های مختلفی جهت مقابله با کمبود آب و حذف شبکه اجراء و بررسی‌شده است. ازاین میان به برنامه‌ریزی بازار آب و امکان خریدوفروش آب، بازیافت آب، استحصال آب باران، شیرین سازی آب دریا، استفاده از شبنم، مه اشاره کرد (محمدیان و همکاران، ۲۰۲۳). سامانه‌های جمع آوری آب باران راه‌حل‌های انعطاف پذیری را ارائه می‌دهند که می‌تولند به طور موثر نیازهای جدید و موجود را پاسخگو باشند و همچنین در مکان‌های کوچک و بزرگ قابل استفاده است. علاوه براین جمع‌آوری آب باران در مکان‌هایی که بارندگی فراوان است اما آب سالم کمیاب است می‌تواند گزینه‌ای مناسب باشد. در حال حاضر سامانه‌های جمع آوری آب باران در بسیار از کشورهای در حال توسعه که با بحران آب مواجه هستند، در مناطق روستایی و شهری اجرا می‌شود و در سال‌های اخیر به گزینه‌ای تعیین کننده برای تامین بخشی از آب‌های مورد نیاز تبدیل شده است (شادمهری طوسی و همکاران، ۲۰۱۷). در این مورد به مطالعه رشیدی مهرآبادی و ثقفیان (۲۰۱۴) اشاره کرد که به مطالعه جمع آوری آب باران از سطح پشت بام خانه‌ها در مناطق شهری پرداختند و به این نتیجه رسیدن که با جمع‌آوری آب باران در مخازن بزرگ و کوچک به ترتیب در ۵۰ و ۸۰ درصد کل روزهای سال، نیازهای غیرشرب روزانه را تامین کند. ازسویی دیگر وانگ[5] و همکاران، (۲۰۲۴) اعلام کردند که جمع آوری آب باران به کاهش سیل و کاهش تقاضا در سیستم‌های تامین آب کمک کند. همچنین این سیستم یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های جمع‌آوری آب شیرین و افزایش سطح سفره آب‌های زیرزمینی، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. برای افزایش عرضه در حال حاضر و آینده نزدیک، جمع‌آوری آب باران استراتژی کم هزینه و یکی از بهترین گزینه‌ها محسوب می‌شود (بیلی[6] و همکاران، ۲۰۱۸؛ جمالی و همکاران، ۲۰۱۹). لذا شناسایی مکان‌هایی که بتوان سامانه جمع‌آوری آب باران را در آن اجرا کرد، از اولین چالش‌های مدیران اجرایی، طراحان و پژوهشگران است. فرآیند رو به رشد صنعتی شدن، شهرنشینی و کشاورزی باعث کاهش پتانسیل نفوذ آب باران و تغذیه آب‌های زیرزمینی شده است. از این رو با توجه به نتایج سایر محققان در سراسر جهان مبنی بر اینکه افزایش راندمان و بهره‌وری آب در گرو شناسایی مکان‌های جمع آوری آب باران است، مکانیابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران برای مقابله با کمبود آب و مدیریت هرچه بهتر منابع آب کشور امری ضروری به نظر می‌رسد (سلطانی و

[1] FAO
[2] Postel
[3] Mekonnen and Hoekstra
[4] United Nations General Assembly
[5] Wang
[6] Bailey

همکاران، ۲۰۱۷). در این رابطه اویس[1] و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند، سامانه اطلاعات جغرافیایی را می‌توان به‌عنوان یک ابزار قدرتمند و کارآمد برای حل چالش مکانیابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران در سطح وسیع معرفی و پیشنهاد کرد. این سامانه معمولاً رایانه‌ای است که به تولید، پردازش، تحلیل و مدیریت اطلاعات جغرافیایی می‌پردازد. به عبارت دیگر برای مدیریت و واکاوی اطلاعات جغرافیایی بوده که توانایی گردآوری، ذخیره، واکاوی و نمایش اطلاعات جغرافیایی را دارد (محمدپور و همکاران، ۲۰۱۶). در ادامه به چند نمونه از مطالعات انجام شده در این زمینه اشاره شده است؛ برای مثال سلطانی و همکاران (۲۰۲۲) درمقایسه مدل‌های مختلف تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مکانیابی مناطق مستعد احداث سطوح آبگیر باران از سامانه اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌های زمین‌شناسی، شیب، بارش، واحد اراضی، پوشش گیاهی مرتعی، پوشش گیاهی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، هوا و اقلیم و کاربری استفاده کردند. در پایان به این نتیجه رسیدن که عملگر فازی به دلیل حساسیت بالا نسبت به سایر روش‌ها در مکانیابی عرصه‌های مناسب احداث سطوح آبگیرباران از اولویت بالایی برخوردار است. در مطالعه دیگر محمدیان و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از رویکرد منطق بولین و بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی نسبت به مکانیابی مناطق مستعد احداث سطوح آبگیر باران به منظور شرب دام اقدام کردند. در این مطالعه شش معیار کاربری اراضی، عمق خاک، فاصله از گسل، شیب، فاصله از آبراهه و فاصله از دامداری را تعیین کردند. نتایج نشان داد که بیشترین محدودیت در تعیین مناطق مستعد عامل شیب بود که باعث شد ۹۴/۷ درصد منطقه برای احداث سطوح آبگیر باران نامناسب باشد و ۵/۳ درصد از سطح مراتع پتانسیل لازم برای اجرای سامانه را دارا بود. ژنگ[2] و همکاران (۲۰۲۲۳) در تعیین مکان‌های مناسب جمع‌آوری آب باران از تکنیک ضریب نفوذچندگانه و تکنیک فازی استفاده کردند. هفت عامل نوع کاربری زمین، شیب، زمین‌شناسی، خاک، بارندگی، فاصله از گسل و تراکم زهکشی را در نظرگرفتند. نتایج تکنیک ضریب نفوذچندگانه نشان می‌دهد که ۱۶۷/۹۶ دارای پتانسیل بسیار بالا، ۸۷۴/۱۷ دارای پتانسیل بالا، ۱۱۸۲/۹۲ دارای پتانسیل متوسط و ۳۵۴/۵۰ کیلومتر مربع دارای پتانسیل ضعیف برای جمع‌آوری آب باران است. همچنین تجزیه و تحلیل تکنیک فازی نشان داد که ۲۵۷/۵۳ دارای پتانسیل بسیار بالا، ۸۹۶/۵۶ بالا، ۱۰۱۸/۳۰ متوسط و ۴۰۷/۷ کیلومتر مربع دارای پتانسیل ضعیف برای جمع آوری آب باران است. اخیراء آقایی و همکاران (۲۰۲۴) در تعیین اهمیت عوامل موثر در مکانیابی محل‌های جمع‌آوری آب باران از مدل رگرسیون چند متغیره و همچنین سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. بدین منظور لایه‌های تاج پوشش، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه، خاک لخت، شماره منحنی، بارش، شیب و عمق خاک به عنوان متغیر مستقل و عامل نفوذ نیز به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مدل رگرسیون چند متغیره خطی با ضریب تعیین ۰/۹۹۳ به خوبی توانسته است مقادیر عامل نفوذ را برآورد نماید. از لحاظ درجه اهمیت نیز متغیرهای شماره منحنی با ضریب ۲/۴۳۳–، عمق خاک با ضریب ۰/۳۴۸ و درصد سنگ و سنگریزه با ضریب ۰/۰۵۷ به ترتیب دارای بیشترین اهمیت بوده و سایر عوامل دارای اهمیت معنی داری نبودند. دو[3] و همکاران، (۲۰۲۴) در شناسایی مکان‌های مناسب جمع آوری آب باران از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. در این تحقیق هفت عامل بارندگی، نوع کاربری، تراکم زهکشی، شیب، نوع خاک، سنگ شناسی و تراکم گسل را در نظر گرفتند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، براساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ۴۴درصد منطقه بسیارمناسب، ۴۰درصد متوسط و ۱۶درصد نامناسب و براساس رویکرد وزن شواهد، ۳۲درصد منطقه با تناسب بالا، ۴۳درصد متوسط و ۲۵درصد با تناسب پایین برای جمع‌آوری آب باران است. استان گلستان با متوسط بارندگی سالیانه ۴۷۰ میلی‌متر می‌باشد که ۷۰درصد آن در فصول غیر زراعی (مهر تا فروردین ماه) اتفاق می‌افتد. میزان بارندگی در مناطق جنوب و جنوب غربی استان حدود ۷۰۰ میلی‌متر و در نواحی شمال و نواری مرزی حدود ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد (عیوضی و همکاران، ۲۰۱۰). حوزه‌ی آبخیز قویجق جزء مناطق نیمه‌خشک استان گلستان محسوب می‌شود، این منطقه با متوسط بارندگی سالانه بین ۳۹۸ تا ۴۷۰ میلی‌متر درشمال شرق استان گلستان واقع شده است. اکثر بارندگی‌ها در این منطقه به صورت رگباری و پراکنده است و این مقدار از بارندگی تبدیل به رواناب شده و از دسترس خارج می‌گردد در نتیجه منطقه را با کمبود آب مواجه کرده است. لذا تامین آب جهت مصارف گوناگون از اهمیت بالا برخوردار می‌باشد،

[1] Oweis
[2] Zheng
[3] Du

بنابراین در این منطقه جمع‌آوری آب باران امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. از طرفی به دلیل دارا بودن مراتع وسیع، تنوع وخوش خوراک بودن پوشش گیاهی توجه دامداران و عشایر به این منطقه بیشتر باشد. اما حضور بیش از ظرفیت دام و پراکنش نامناسب آن موجب تخریب پوشش گیاهی، سفت و نفوذ ناپذیر کردن خاک و فرسایش خاک در سطح مراتع گردد. همچنین دامداران برای تامین آب مورد نیاز دام خود به وسیله‌ی تانکر روی آورده‌اند، از سوی دیگر تردد تانکرهای حمل آب باعث افزایش راه‌های فرعی شده و دامداران ترغیب به اسکان در مناطق مطلوب گردد. با بکارگیری سامانه‌های سطوح آبگیر باران در این مناطق به عنوان یک روش مدیریت منابع آب و تامین منابع آب جدید، می‌توان بسیاری از مشکلات را حل و در بعضی از مناطق، تحول واقعی در زمینه مدیریت پراکنش دام و افزایش توانایی مقابله با خشکسالی ایجاد کرد. علاوه بر این بررسی سوابق پژوهشی در مناطق نیمه‌خشک شمال گلستان نشان می‌دهد با وجود اهمیت مسئله تاکنون مکانیابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران برای شرب دام به صورت دقیق و مستدل بررسی نشده است. بنابراین در این مطالعه سعی بر این شد، با استفاده از معیارهای مؤثر و بکارگیری تکنیک منطق فازی به تعیین مکان‌های مستعد احداث سطوح آبگیرباران انجام شود، تا حدودی از مشکلات منطقه برطرف گردد. هدف این مقاله جنبه کمک به تصمیم گیرندگان برای تعیین محل‌های مستعد اجرای سامانه‌های سطوح آبگیر باران به‌منظور استفاده بهینه از نزولات جوی در راستای بهبود وضعیت منابع آبی و مدیریت پراکنش دام در منطقه مورد مطالعه است.

۲. مواد و روش تحقیق

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز قویجق در محدوده‌ی مابین ۳۷ درجه و ۳۵ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۳۷ درجه و۴۷ دقیقه و ۲۵ ثانیه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۲۵ دقیقه و ۵۷ ثانیه و ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه و ۱۷ ثانیه طول شرقی واقع شده است و دارای مساحت ۱۷۱/۲۵کیلومترمربع می‌باشد (شکل ۱). اقلیم منطقه بر طبق روش دومارتن نیمه‌خشک و بر اساس روش آمبرژه نیمه مرطوب است. بیشترین بارش متوسط ماهانه کل حوزه مربوط به ماه اسفند ۶۱/۹ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به ماه تیر با ۱۱/۸ میلی‌متر می‌باشد. بارندگی سالانه زیرحوزه‌ها در دوره مرطوب و با دوره بازگشت ۱۰۰ سال ۱۳۶۰ میلی‌متر و در دوره خشک ۳۶/۳ میلی‌متر در سال می‌باشد. دمای متوسط سالانه در آنها نیز با کاهش ارتفاع از ۱۵ تا ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر و تعرق پتانسل سالانه در آن از ۱۱۴۸ تا ۱۱۹۷ میلی‌متر در سال افزایش می‌یابد. بطور خلاصه در زیرحوزه مورد مطالعه با افزایش ارتفاع از میزان بارندگی، دما و تبخیرکاسته می‌شود و کل زیرحوزه دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. طبق آمار شبکه بهداشت استان، در سال ۸۳ جمعیت محدوده‌ی مورد مطالعه بالغ بر ۲۰۵۰ نفر بوده است که از این میزان ۷۰ درصد آن در روستای قره آغاج و بقیه در ۳ روستای قویجق، چالجه و سوتجه بوده است.

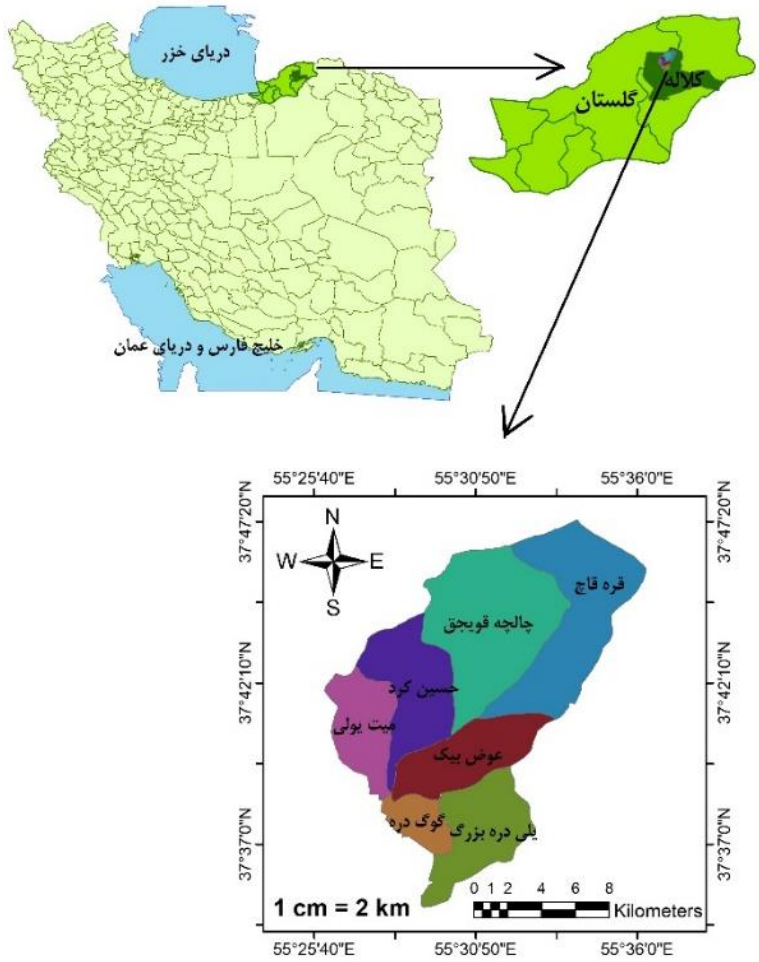
۲-۲. روش کار

مراحل کلی تحقیق شامل، گردآوری اطلاعات، تعیین معیارها، استانداردسازی، وزن‌دهی به فازی، همپوشانی و اولویت بندی گزینه‌ها است (شکل ۲).

۲-۲-۱. گردآوری داده‌ها و اطلاعات منطقه

در این مطالعه موقعیت جغرافیایی دامداران با فرمت یو تی ام از سازمان امور عشایری گنبد کاووس دریافت شد. همچنین نقشه خصوصیات منطقه شامل هیدرولوژی (ضریب رواناب، شماره منحنی رواناب، بارندگی)، بیولوژیکی (نقشه بوته کاری و جنگلکاری درختان)، زمین شناسی، پوشش گیاهی، هیپسومتریک با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری گرگان با فرمت ویکتوری تهیه گردید. نقشه شیب منطقه در این مطالعه از مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۱۲/۵متر از تاسیسات ماهواره‌ای آلاسکا ASF[1] دریافت و استخراج شد.

[1] https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی آبخیز قویجق نسبت به ایران و استان گلستان

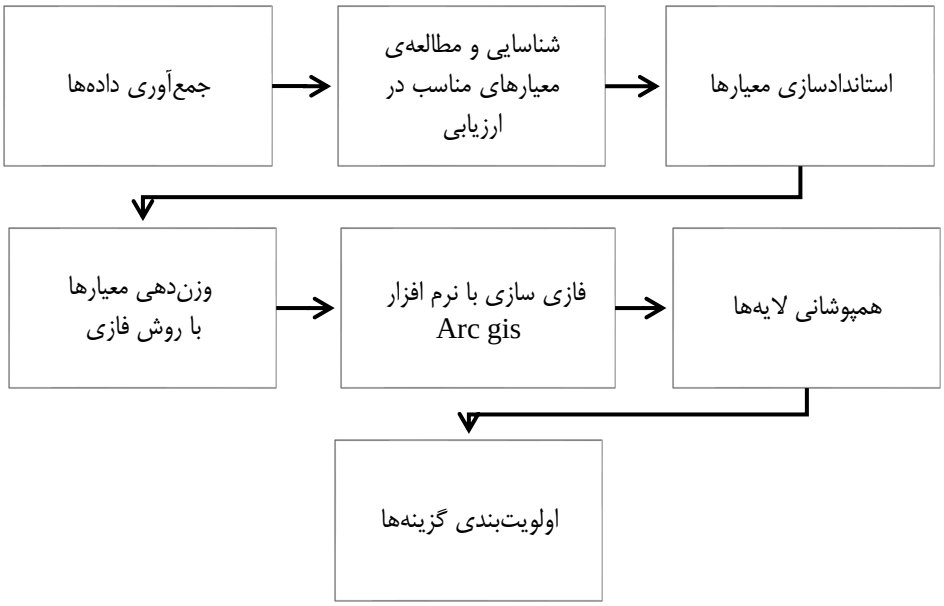
۲-۲-۲. تعیین معیارها

در این پژوهش با استفاده از مطالعات انجام شده (ژنگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ محمدیان و همکاران، ۲۰۲۳؛ دو و همکاران، ۲۰۲۴؛ آقایی و همکاران، ۲۰۲۴) و شرایط منطقه‌ای هفت عامل موثر شیب، نوع کاربری، عمق خاک، فاصله از گسل، فاصله از دامداری، فاصله از آبراهه و جهت باد غالب انتخاب شدند.

تحلیل سلسله مراتبی فازی (روش چانگ): تحلیل سلسله مراتبی فازی دو روش شناخته شده دارد که عبارتند از روش چانگ[1] و روش یاگر[2]. روش چانگ معروف‌ترین و متداول‌ترین روش در ایران است (رحمتی و همکاران، ۲۰۲۲). در این روش برای مقایسه زوجی گزینه‌ها، از اعداد فازی و برای به دست آوردن وزن‌ها و برتری‌ها از روش میانگین هندسی استفاده می‌شود. چرا که این روش به سادگی به حلت فازی قابل تعمیم است و همچنین جواب یگان‌های برای ماتریس مقایسات زوجی تعیین می‌کند. در این روش شخص تصمیم‌گیرنده می‌تواند مقایسات زوجی المان‌های هر سطح را در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان کند (عیسوی و همکاران، ۲۰۱۱). در روش فازی، خبرگان و تصمیم گیرندگان در قضاوت هایشان به جای یک عدد ثابت به ارائه یک بازه تمایل دارند. متغیرهای زبانی و

[1]Chang
[2]Yager

طیف‌های فازی به صــورت‌های مختلفی می‌توانند باشــند، اما یکی از کامل‌ترین طیف ها به صــورت ۹ تایی می‌باشــد که اعداد فازی و عبارات کلامی (متغیرهای زبانی) آن به شرح جدول۱ است.



شکل ۲. مراحل تحقیق جهت مکانیابی سطوح آبگیر باران

جدول۱. اعداد فازی به روش چانگ

کد	عبارت کلامی	عدد فازی
۱	ترجیح برابر	(۱،۱،۱)
۲	ترجیح کم تا متوسط	(۱،۱،۵،۱،۵)
۳	ترجیح متوسط	(۱،۲،۲)
۴	ترجیح متوسط تا زیاد	(۳،۳،۵،۴)
۵	ترجیح زیاد	(۳،۴،۴،۵)
۶	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد	(۳،۴،۵،۵)
۷	ترجیح خیلی زیاد	(۵،۵،۵،۶)
۸	ترجیح خیلی زیاد تا کاملا زیاد	(۵،۶،۷)
۹	ترجیح کاملا زیاد	(۵،۷،۹)

۲-۲-۳. ورودی داده‌ها به نرم افزار Arc GIS10.8 و ایجاد بانک اطلاعاتی مورد نیاز و تعیین محدوده‌ها با استفاده از منطق فازی

منطق فازی یک فرامجموعه از منطق بولین است که بر مفهوم درستی نسبی، دلالت می‌کند. منطق کلاسیک هر چیزی را بر اساس یک سیستم دوتایی نشان می‌دهد (درست یا غلط، ۰یا۱، سیاه یا سفید) ولی منطق فازی درستی هر چیزی را با یک عدد که مقدار آن بین صفر

و یک است نشان می‌دهد. بالتبع دقت روش فازی بیشتر از روش بولین خواهد بود و دلیل استفاده از روش سلسله مراتبی فازی دقت بالای آن نسبت به روش معمولی است (رحمتی و همکاران، ۲۰۲۲). در راستای مشخص ساختن وزن هر یک از معیارها، محدوده‌ی معیارها که از نظر احداث سامانه‌های سطوح آبگیرباران دارای اهمیت بود ارزشگذاری انجام شد (جدول۲). بدین صورت با استفاده از اعداد ۱ تا ۹ (۱به منزله اهمیت یکسان و ۹ به منزله کاملا مهمتر) این اهمیت نشان داده می‌شود.

جدول ۲. امتیازدهی معیارها بر اساس منطق فازی

معیارها	امتیاز								
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
شیب (درصد)	۲-۶	۶-۱۰	۱۰-۱۴	۱۴-۱۸	۱۸-۲۲	۲۲-۲۶	۲۶-۳۰	۰-۲	بیشتر از ۳۰
عمق خاک (سانتی‌متر)	بیشتر از ۱۰۰	بیشتراز ۱۰۰			بیشتر از ۷۰			۰-۲۰	۰-۲۰
فاصله از دامداری (متر)	۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۲۵۰۰-۳۰۰۰	۳۰۰۰-۳۵۰۰	۳۵۰۰-۴۰۰۰	بیشتراز ۴۰۰۰
نوع کاربری	مرتع				زراعت	باغات		مستحدثات	خاک‌های مارنی
فاصله از گسل (متر)	بیشتر از ۸۰۰	۷۰۰-۸۰۰	۶۰۰-۷۰۰	۵۰۰-۶۰۰	۴۰۰-۵۰۰	۳۰۰-۴۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۰-۱۰۰
فاصله از آبراهه (متر)	۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۵۰	۱۵۰-۲۰۰	۲۰۰-۲۵۰	۲۵۰-۳۰۰	۳۰۰-۳۵۰	۳۵۰-۴۰۰	بیشتر از ۴۰۰
جهت باد غالب	شمال غربی		جنوب غربی		مسطح		جنوب شرقی		شمال شرقی

تحلیل امتیازدهی معیارها به روش فازی

شیب: شیب‌های کم و متمایل به صفر مکانیسم تولید و حرکت رواناب را مختل کرده و باعث افزایش میزان چالاب‌ها و نگهداشت سطحی آب می‌شوند که این امر از جمع‌آوری رواناب‌ها در یک جا به میزانی که توجیه عقلی- اقتصادی اجرایی طرح‌های جمع‌آوری آب باران را حفظ نماید جلوگیری کرده و دچار مشکل می‌سازد. از طرفی بالا بودن میزان شیب نیز پدیده‌ای نامطلوب در تعیین هدف تحقیق به حساب می‌آید. بالا بودن شیب هم باعث فرسایش زمین و از بین رفتن خاک مرغوب در سطح حوزه آبریز شده و هم اینکه ایجاد سازه‌های مکانیکی در نقاط با شیب زیاد امکان‌پذیر نمی‌باشد (کشاورز و همکاران، ۲۰۱۳). خیرخواه و همکاران (۲۰۱۵) با هدف تعیین مناطق مستعد استحصال آب باران، به معیار شیب ۰ تا ۲ درصد و بیشتر از ۳۰ درصد را کمترین امتیاز و به شیب‌های بین ۱۸ تا ۳۰ درصد بیشترین امتیاز را دادند. درهمین رابطه در مطالعه سروی و همکاران (۲۰۱۴) نیز به شیب های ۲ تا ۵ درصد بیشترین امتیاز و شیب های ۱۵ تا ۳۰ درصد امتیاز متوسط و بیشتر از ۳۰ درصد کمترین امتیاز دریافت شده است.

عمق خاک: خاک‌های عمیق‌تر توانایی ذخیره آب بالاتری دارند و برای سیستم‌های سطوح آبگیرباران پیشنهاد می‌شود (کاهیندا[1] و همکاران، ۲۰۰۸). درمطالعه انجام شده خیرخواه و همکاران (۲۰۱۵) به معیار عمق خاک بیش از ۱۲۰سانتی‌متر بیشترین امتیاز و عمق خاک کمتر از ۱۰ سانتی‌متر کمترین امتیاز را لحاظ کردند. همچنین نورمحمدی و همکاران (۲۰۱۵) در پایان نامه خود به شناسایی مکان‌های دارای پتانسیل استحصال آب باران پرداختند، و به معیار عمق خاک بین ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر به نسبت ارزش بیشتری اختصاص دادند و بالعکس به عمق خاک ۸۰ تا ۱۰ سانتی‌متر به نسبت از ارزش کمتر برخوردار بود. براساس مطالعات انجام شده امتیاز عمق خاک منطقه مورد مطالعه، از طبقات بیشتر از ۷۰ سانتی‌متر به نسبت از اهمیت بالاتر برخوردار گردید.

[1] Kahinda

فاصله از دامداری: دام برای پیمایش تا منطقه هدف حداقل انرژی را صرف نماید. بنابراین هرچه فاصله منبع ذخیره آب با موقعیت دامداران کمتر باشد از ارزش بالاتری برخوردار می‌گردد. در این رابطه پوری و همکاران (۲۰۱۷) فاصله دام تا منطقه شرب را با توجه شرایط منطقه‌ای (پستی و بلندی) ۷۵۰ تا ۶۰۰۰ متر در نظر گرفتند. همچنین نیک نژاد و طباطبایی (۲۰۱۴) در بررسی قابلیت سطوح سنگی در تولید رواناب به منظور تأمین نیاز آبی حیات وحش فاصله ایده آل دو آبشخور نسبت به یک دیگر را ۳۰۰۰ متر در نظر گرفتند.

نوع کاربری: در مکانیابی عرصه‌های سطوح آبگیر باران، حذف اراضی کشاورزی روستائیان بسیار حائز اهمیت است زیرا از بین بردن آن‌ها نه تنها مقرون به صرفه نمی‌باشد بلکه سبب به‌وجود آمدن تنش‌های اجتماعی در منطقه خواهد شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷). در این مطالعه مراتع به دلیل برخورداری از پوشش گیاهی مناسب و حضور دامدار در اکثر ماه‌های سال نسبت به بقیه کاربری‌ها از ارزش بالاتر برخوردار شد.

فاصله از گسل: فاصله از گسل، به‌این‌علت که امکان وجود پتانسیل لرزه‌ای و صدمه زدن به سازه را داشته باشد بیشتر است درنتیجه هر چه فاصله از این مناطق بیشتر شود احتمال صدمه دیدن سازه کمتر خواهدشد و در مکانیابی از ارزش بالاتری برخوردار می‌گردد. در پژوهش‌های انجام شده (خرمی و همکاران، ۲۰۱۳؛ روهینا و همکاران، ۲۰۲۰) به تعیین مناطق مستعد احداث سدهای زیرزمینی پرداختند و حریم حفاظتی فاصله از گسل را بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر مد نظر قرار دادند. در این پژوهش نیز حداقل حریم حفاظتی ۱۰۰متر در نظر گرفته شد.

فاصله از آبراهه: نقش آبراهه‌ها جمع آوری آب باران و تولید و انتقال رواناب به شبکه اصلی می‌باشد ودر مکانیابی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران از ارزش بالاتری برخوردار است (صادقی و همکاران، ۲۰۱۸). خیر خواه و همکاران (۲۰۱۵) معیار فاصله از آبراهه را در طبقات ۰ تا ۱۵۰ متر و بیشتر از ۱۵۰ متر رتبه‌بندی کردند. در ادامه به طبقات ۱۵۰ تا ۰ متر را نسبت به طبقات بیشتراز ۱۵۰ متر امتیاز بالاتری لحاظ کردند. همچنین نورمحمدی و همکاران (۲۰۱۵) عامل رولناب را به پنج کلاس ۲۵۰ تا ۴۵۰ متر طبقه بندی گردند و به ترتیب از ۲۵۰ تا ۴۵۰ متر امتیاز بیشتری را لحاظ کردند. در این مطالعه نیز به طبقات ۰تا۴۰۰ از امتیاز بالاتری برخوردار گردید.

جهت باد غالب: همانطور که بیان شد اکثر بارندگی‌ها در این منطقه به صورت رگباری است. که این بارندگی‌ها همراه با وزش باد می‌باشد. شیب‌های خلاف جهت حرکت باران رواناب بیشتری دریافت می‌کنند. بنابراین اطلاع داشتن از جهت وزش باد و جهت شیب زمین در احداث سطح آبگیر باران امری ضروری به نظر می‌رسد. در محدوده مورد مطالعه با توجه به شواهد محلی (جهت ایزوگام دیوارخانه‌ها) و استفاده از تجربیات محلی، اکثر بارندگی‌ها از جهت غرب و شمال غربی و به ندرت از شرق است. در این مطالعه به دلیل عدم نقشه جهت وزش باد از نقشه جهت شیب زمین استفاده به عمل آمد. در نتیجه به عامل شیب زمین درجهت شمال غربی و جنوب غربی به ترتیب امتیاز بالاتر لحاظ شد.

۲-۲-۴. استانداردسازی و وزن‌دهی معیارها با استفاده از منطق فازی

فازی سازی، فرآیند تبدیل مقادیر عددی شواهد و معیارهای فضایی به مجموعه‌های صفر و یک است. یک مجموعه فازی به صورت گروه‌هایی از عضوها است که میزان عضویت و تعلق آن‌ها به مجموعه، با توجه به تخصیص عددی بین (۰ و ۱) تعیین می‌شود (زاده[1]، ۱۹۶۵). در این منطق برخالف منطق بولین، داده‌ها به جای قرارگیری در دو حالت، در یک دامنه پیوسته قرار می‌گیرند و این پیوستگی از مقادیر کم برای مناطق نامناسب و مقادیر زیاد برای مناطق مناسب تشکیل شده است (قوش[2] و همکاران، ۲۰۱۲). عملیات فازی سازی، ورودی‌ها را گرفته و توسط توابع و عضویت مربوط از جمله Sigmoidal، J-shape، Linear یک درجه مناسب به هر یک نسبت می‌دهد (حیدریان و همکاران، ۲۰۱۴). بعد از امتیازدهی معیارها به مقادیری بین ۱ تا ۹ با استفاده از ابزار Fuzzy Membership و بکارگیری

[1] Zedeh
[2] Ghosh

روش خطی Linear در محیط سـامانه اطلاعات جغرافیایی وزن‌دهی معیارها به روش فازی اعمال گردید. در روش Linear مقادیری که کمتر از ارزش کمینه باشـند فاقد درجه عضـویت خواهند بود و مقادیری که بالای ارزش بیشـینه باشـند کاملاً درجه عضـویت می‌گیرند و ارزش یک دریافت می‌کنند.

۲-۲-۵. همپوشانی لایه‌ها و الویت‌بندی گزینه‌ها

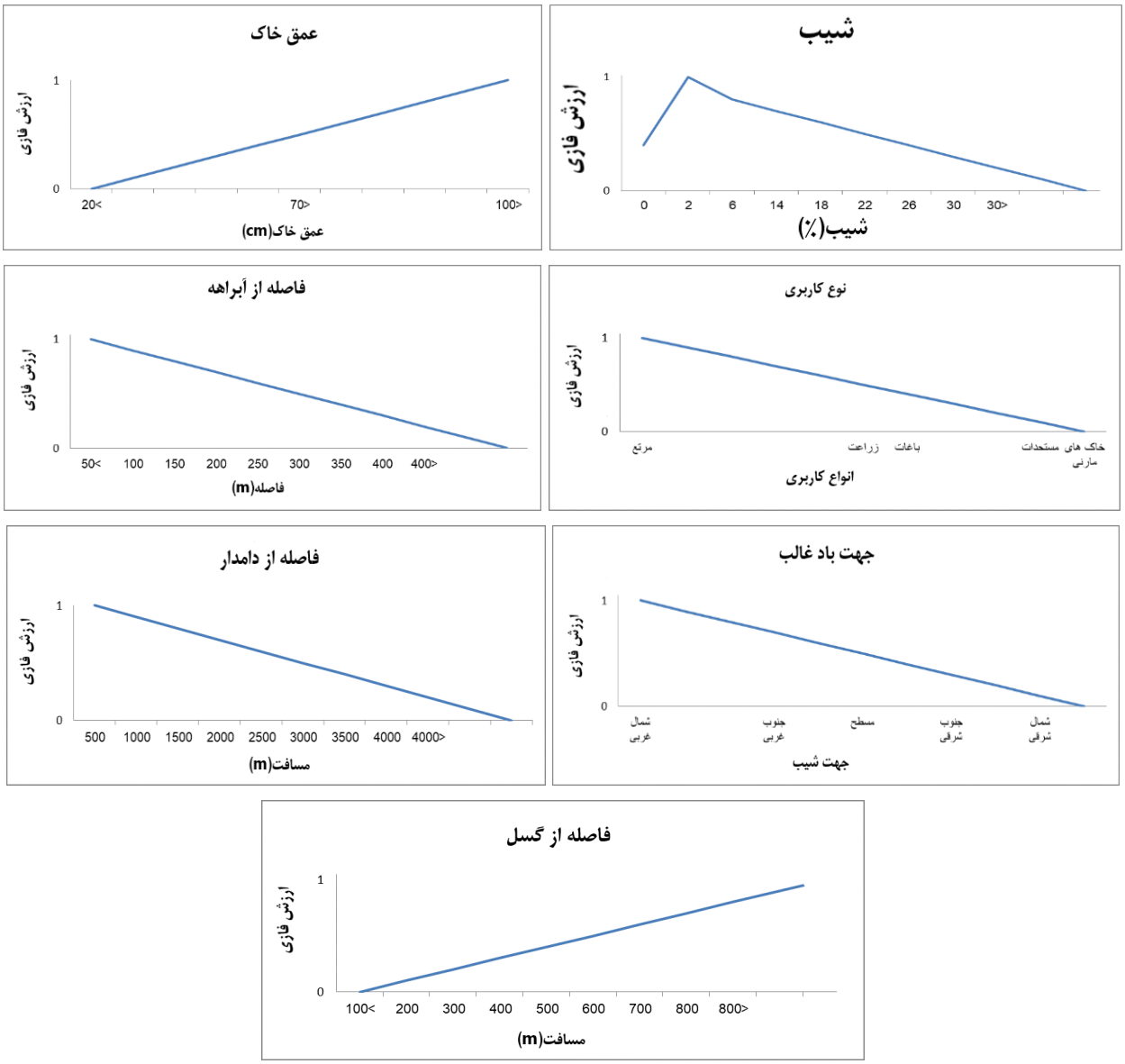
مکانیابی فازی به عنوان یک روش مبتنی بر منطق فازی، برای حل مسائلی که به تصمیم‌گیری در محیط‌های پویا و پیچیده مربوط است، استفاده می‌شود. پس از آنکه تمامی معیارها به روش عضویت دهی فازی وزن‌دهی شد، مقادیر به اعداد بین صفر تا یک تبدیل شدند تا این معیارها با یکدیگر همپوشانی شوند. برای همپوشانی لایه‌ها از ابزار Fuzzy Overlay و عملگر اشتراک فازیAND (حداقل سازی ریسک) استفاده شد. این عملگر معادل با عملگر AND بولین (اشتراک منطقی) در مقادیر مجموعه کلاسیک (۱و۰) است (احمدزاده و همکاران، ۲۰۱۱). و در برآوردی محافظه کارانه از مجموعه عضـویت، به مقادیر کوچکتر گرایش پیدا میکند (بونهام[1]، ۱۹۹۴). بعد از اینکه عملیات همپوشانی لایه‌ها انجام شد، نقشه منطقه مورد مطالعه با استفاده از ابزار ریکلاسیفای به پنج کلاس ضعیف، متوسط، نسبتاً خوب، خوب و بسیار خوب طبقه بندی گردید.

۳. یافته‌های پژوهش

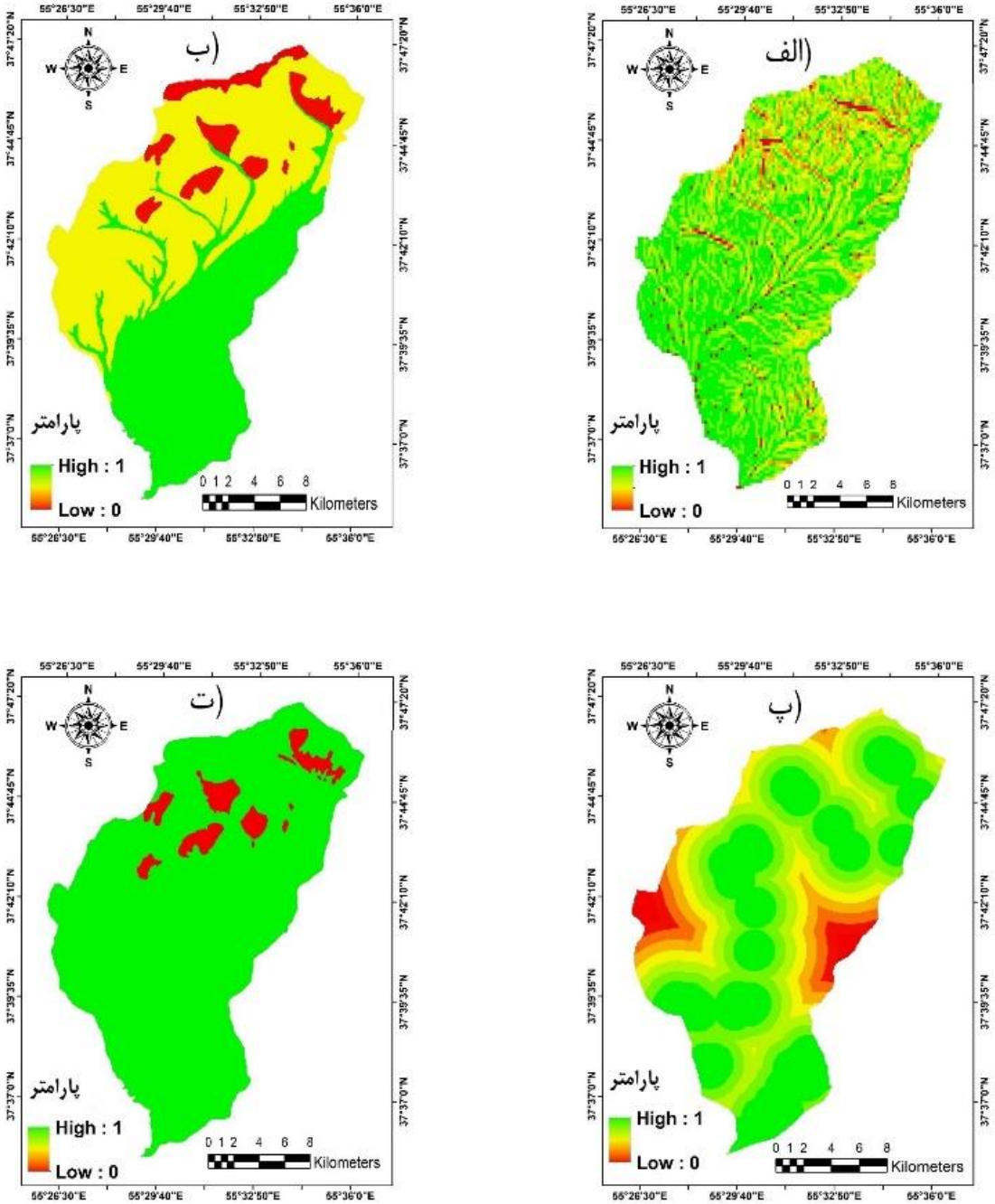
در این تحقیق، مکانیابی مناطق مسـتعد جمع آوری آب باران به کمک منطق فازی و در محیط سـامانه اطلاعات جغرافیایی انجام گرفت. هفت معیار تاثیرگذار شـیب، نوع کاربری، عمق خاک، فاصـله از گسـل، فاصـله از دامداری، فاصـله از آبراهه و جهت باد غالب با مطالعات انجام شـده و خصـوصـیات منطقه در امر مکانیابی مناطق مسـتعد احداث سـطوح آبگیر باران بهره گرفته شـد، در ادامه محدوده‌ی معیارها براسـاس میزان تاثیر در امر مکانیابی جمع‌آوری آب باران به روش منطق فازی رتبه‌بندی گردید، درشـکل (۳) نمودارهای مربوط به معیارهای تاثیرگذار در مدل فازی رسـم شـده اسـت. در ادامه معیارها برای تولید لایه‌های فازی سـازی شـده در محیط سـامانه اطلاعات جغرافیایی وزن‌دهی شدند، شکل (۴ الف الی۴ ت) و شکل (۴ث الی ۴ چ) نقشه وزن‌دهی معیارها به روش فازی را نشان می‌دهد. همچنین نتیجه همپوشـانی لایه‌ها به روش فازی در شـکل (۴ح) قابل مشـاهده می‌باشـد. نتیجه همپوشـانی لایه‌ها به پنج کلاس ضـعیف، متوسـط، نسـبتاً خوب، خوب و بسـیارخوب طبقه‌بندی گردید. مساحت هر کلاس طبق جدول (۳) به ترتیب ۴۴/۰۱کیلومترمربع، ۵۳/۹۴کیلومترمربع، ۳۰/۳۱کیلومترمربع، ۳۰/۴۸کیلومترمربع و ۱۲/۵۱کیلومترمربع برای اجرای سامانه بدسـت آمد. با توجه به شـکل (۴ح) در قسـمت جنوب و جنوب شـرقی منطقه جزء مناطق بسـیارخوب برای جمع‌آوری آب باران مشـخص گردیده است. با بازدیدهای میدانی از منطقه مورد مطالعه دریافت شد، مناطق مشخص شده با کلاس بسیارخوب ازنظر پوشش گیاهی، حضور دام و زمین‌شناسی نسبت به بقیه مناطق مساعدتر است. لذا برای احداث سطوح آبگیر باران در اولویت قرار دارد. شکل (۵) تصاویری از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

منطقه مورد مطالعه به دلیل کمبود آب و پراکنش نامنظم دام موجب تخریب پوشـش گیاهی، سـفت و نفوذ ناپذیر کردن خاک و فرسـایش خاک در سـطح مراتع شـده اسـت. همچنین به دلیل شـرایط خاص زمین‌شـناسـی(تپه‌ای) در مواقع بارندگی‌های رگباری موجب تشدید رواناب‌ها شده و نتیجه آن تقویت سیلاب است. شناسایی مکان‌های مناسب و احداث سامانه‌های جمع‌آوری آب باران می‌تواند در مدیریت پراکنش مناسـب دام، احیای مراتع، کاهش خطرات سـیل و در حل مشـکل کمبود آب منطقه موثر واقع گردد. شـکل (۶) موقعیت سه مکان پیشنهادی از مناطق بسیارخوب را به ترتیت اولویت نشان می‌دهد. اما تصمیم نهایی می‌تواند براساس نظرات دامداران باشد.

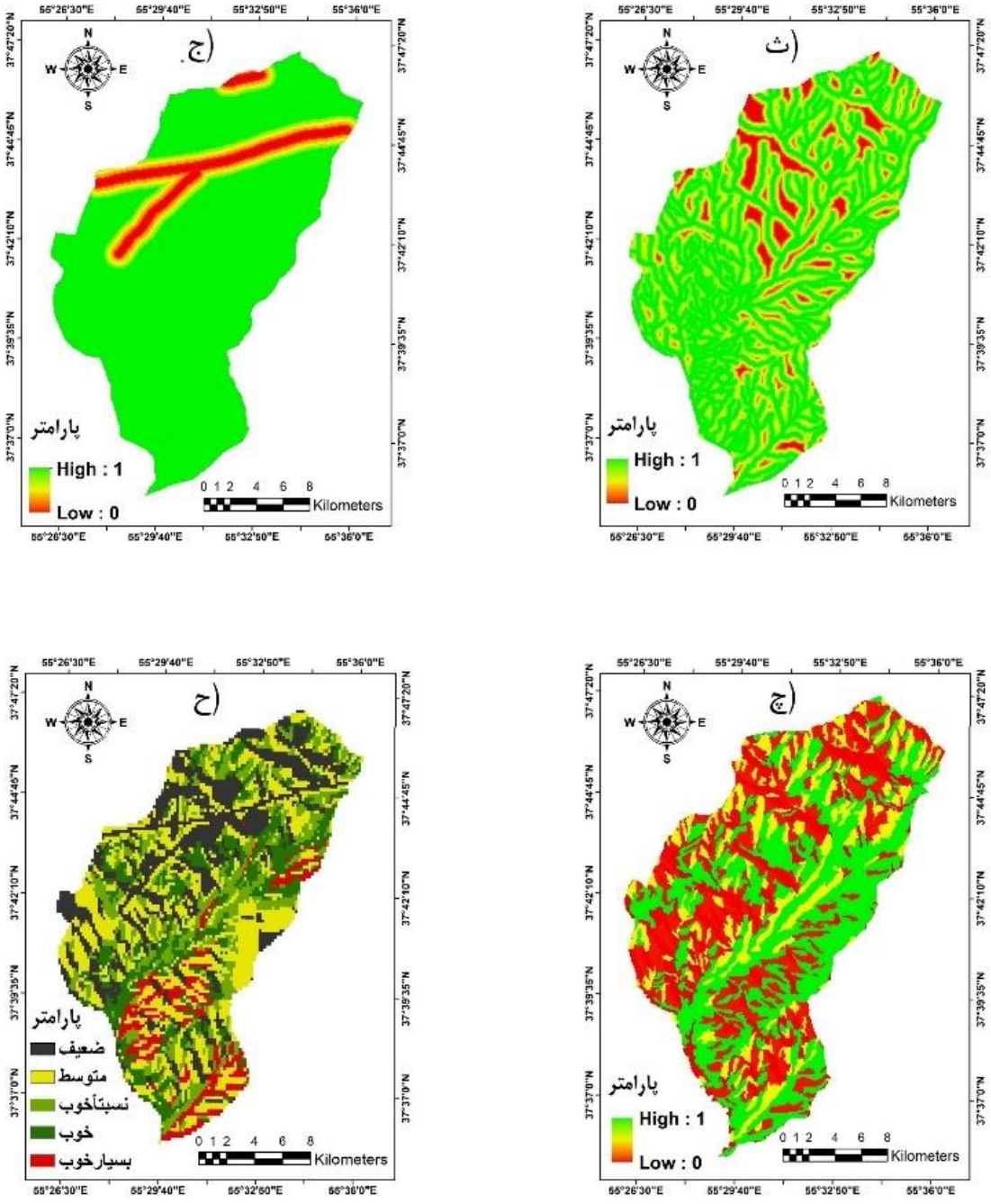
[1] Bonham



شکل۳. توابع فازی سازی معیارها



شکل ۴. الف) نقشه فازی شده شیب، ب) نقشه فازی شده عمق خاک، پ) نقشه فازی شده فاصله از دامدار، ت) نقشه فازی شده نوع کاربری



ادامه شکل ۴. ث) نقشه فازی شده فاصله از آبراهه، ج) نقشه فازی شده فاصله از گسل، چ) نقشه فازی شده جهت باد غالب، ح) نقشه طبقه‌بندی مناطق احداث سطوح آبگیر باران

جدول۳. مساحت مناطق طبقه‌بندی شده احداث سطوح آبگیر باران براساس منطق فازی

شاخص تناسب	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
ضعیف	۴۴/۰۱	۲۵/۷
متوسط	۵۳/۹۴	۳۱/۵
نسبتاً خوب	۳۰/۳۱	۱۷/۷
خوب	۳۰/۴۸	۱۷/۸
بسیارخوب	۱۲/۵۱	۷/۳

شکل۵. نمایی از منطقه مورد مطالعه

شکل۶. موقعیت مکان‌های پیشنهادی در حوزه‌ی آبخیز قویجق

۴. بحث و نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های تأمین آب شرب دام که سال‌هاست در مراتع کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد استفاده از سطوح عایق آبگیر باران است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک که منابع آبی به طور محدود در دسترس است، آب باران به وسیله سطح غیر قابل نفوذ که ایجاد می‌شود جمع‌آوری می‌گردد. با توجه به سطح وسیع مراتع و عدم وجود منابع دائمی تأمین آب شرب دام، تأمین آب از طریق جمع‌آوری آب باران یکی از مباحث مهم در مدیریت چرا می‌باشد. از سوی دیگر روش‌های جمع‌آوری آب باران ضمن سادگی و سهولت اجراء، هزینه‌های اجرایی کمتری نسبت به دیگر روش‌ها تامین آب دارند. بنابراین می‌توان گفت که جمع‌آوری آب باران راه‌حلی قابل قبول و کم هزینه در راستای مدیریت بهینه آب باشد. که در تایید این مطلب، می‌توان به مطالعه (رشیدی مهرآبادی و ثقفیان، ۲۰۱۴؛ بیلی و همکاران، ۲۰۱۸) در مورد جمع‌آوری آب باران از مناطق شهری، سطوح آبگیر کوچک و بزرگ در مناطق خشک و نیمه‌خشک اشاره نمود. همچنین تعیین مکان‌های مناسب سطوح آبگیر باران می‌تواند تاثیر مهمی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی داشته باشد. از طرفی تعیین مکان‌های مناسب سطوح آبگیر باران با استفاده از شیوه‌های قدیمی کاری پیچیده، پرهزینه، زمان‌بر و همراه با خطا و اشتباه می‌باشد. در این راستا گمان می‌رود، استفاده از تکنیک منطق فازی در کنار سامانه اطلاعات جغرافیایی موجب تسهیل، کاهش هزینه و زمان و افزایش دقت نتایج گردد. که در تایید این مطلب، می‌توان به مطالعه (عیسوی و همکاران، ۲۰۱۱؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۲۲) در مورد کاربرد تکنیک منطق فازی در مکانیابی سدهای زیرزمینی و جمع‌آوری آب باران اشاره کرد. از آنجا که هنوز روش علمی دقیقی برای تعیین مکان‌های مناسب جمع‌آوری آب باران بر اساس اطلاعات کمی و کیفی در سطح حوزه وجود ندارد، در این پژوهش با استفاده از تکنیک فازی و عملگر گاما اقدام به تهیه نقشه مکان‌های مستعد جمع‌آوری آب باران در منطقه مورد مطالعه گردید. در این مورد به مطالعات انجام شده (عیسوی و همکاران، ۲۰۱۱؛ فرخ زاده و همکاران، ۲۰۱۷؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۲۲) اشاره کرد، که جهت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به منظور مکانیابی مناطق مستعد سدهای زیرزمینی و استحصال آب باران استفاده از تکنیک فازی با عمگر گاما را مناسب دانسته‌اند. با بررسی‌های میدانی از مناطق بسیارخوب مشخص شده بر اساس تجزیه و تحلیل منطق فازی، نتیجه گرفته شد، تکنیک منطق فازی در پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها انعطاف پذیری بیشتر و قابلیت بالایی در تعیین مکان مناسب طرح‌های آبخوان‌داری را دارد. لذا برای مکانیابی مناطق مستعد احداث سطوح آبگیر باران پیشنهاد می‌گردد.

مقدار آبی که می‌توان با احداث سطوح آبگیرباران در مناطق مستعد مشخص شده جمع آوری و برای استفاده‌های آینده ذخیره کرد به میزان بارندگی، مساحت سطح آبگیرباران، نوع عایق سطح، ظرفیت مخزن نگه دارنده آب، نوع پوشش عایق مخزن نگه دارنده بستگی دارد، البته مساحت سطح آبگیرباران به نوع و تعداد دام و میزان مصرف آب دام وابسته است. روش‌های مختلفی مثل تراکم زمین، افزودن مواد شیمیایی مانند امولسیون، پارافین، قیر و یا پوشش‌های سخت همچون اسفالت و بتن برای نفوذناپذیرکردن سطح آبگیر باران وجود دارد. باتوجه به بافت خاک منطقه (لسی) استفاده از بتن یا ایجاد سقف با پوشش گالوانیزه یا فایبرگلاس برای سطح آبگیر، و استفاده از مخزن پلی اتیلن در داخل زمین برای ذخیره آب پیشنهاد می‌گردد. اجرای سقف با پوشش گالوانیزه مزایای بسیاری دارد اما مهمترین دلیل، ایجاد سایبان برای دام می‌باشد.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه گنبدکاووس و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری گلستان و سازمان امور عشایری گنبدکاووس تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Aghaie, M., dokhani, S., & omidvar, E. (2024) Determine the Importance of Effective Factors in site selection Rainwater harvesting in the Tajerre Kashan Basin. Jgs, *Journal of Geographical Sciences*,24 (74), 234-251. (In Persian)

Ahmadizadeh, S., Hajizadeh, F., & Ziyaei, M. (2011). Presenting a new integrated location model based on fuzzy logic and hierarchical analysis in GIS environment case example of Birjand industrial town. *Environmental Researches*, 2(4), 61-74. (In Persian)

Ayouzi, M., Mosaedi, A., Miftah, H., Mehdi, M., & Hossam, M. (2010, November). *Examining the frequency and continuity of different rainfall and drought conditions in Golestan province*. Paper presented at the 5th Iran National Watershed Science and Engineering Conference, Gorgan, Iran. (In Persian)

Bailey, R. T., Beikmann, A., Kottermair, M., Taboroši, D., & Jenson, J. W. (2018). Sustainability of rainwater catchment systems for small island communities. *Journal of Hydrology*, 557, 137-146 .

Bonham-Carter, G. F. (1994). Geographic information systems for geoscientists-modeling with GIS. *Computer methods in the geoscientists*, 13, 398.

Du, X., Tariq, A., Islam, F., Aziz, S., Waseem, L. A., Ahmad, M & Soufan, W. (2024). Integrated study of GIS and Remote Sensing to identify potential sites for rainwater harvesting structures. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 103574.

Eceve, V., Kerami, J., Alimohammadi, A., & Niknejad, S. A. (2011). Comparison of two decision-making methods, AHP and Fuzzy-AHP, in the initial location of underground dams in Taleghan region. *Geosciences*, 22(85), 27-34. doi: 10.22071/gsj.2012.54018. (In Persian)

Farrokhzadeh, B., Fuladi, M., & Yousefi, M. (2017). Development of the improved fuzzy method in finding suitable places for artificial groundwater recharge, *Journal of Watershed Sciences and Watershed Management*, 13(44), 17-27. doi: 20.1001.1.20089554.1398.13.44.3.5. (In Persian)

FAO. (2012). *Coping with water scarcity an action framework for agriculture and food security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Ghosh, J. K., Bhattacharya, D., & Sharma, S. K. (2012). Fuzzy knowledge-based GIS for zonation of landslide susceptibility. *Applications of Chaos and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering*-Vol. 2, 21-37.

Heydarian, P., Rangzang, Maleki, S., Taghizadeh, A., & Azizi Qalati, S. (2013). Locating urban waste landfill using Fuzzy-AHP and Fuzzy-TOPSIS models in GIS environment: a case study of Pakdasht city, Tehran province. *Journal of Health and Developmen*, 2 (1): 1-15. (In Persian)

International Resource Panel. (2020). *Half the World to Face Severe Water Stress by 2030 unless Water Use is Decoupled from Economic Growth*, Says. UNEP - UN Environment Programme. Retrieved, 10-20.

Jamali, V., Rajabpour, A., Mousavizadeh, M. A., & Talebi, A. (2019, November). *Management and harvesting of rainwater in urban areas*, Paper presented at the 8 th National Conference on Surface Watershed Systems, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Kahinda, J. M., Lillie, E., Taigbenu, A., Taute, M., & Boroto, R. (2008). Developing suitability maps for rainwater harvesting in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 788-799.

Keshavarz, A., Khashai Seyuki, A., & Najafi, M. (2013). Appropriate location of drinking water extraction using fuzzy hierarchical analysis (case study: Birjand aquifer). *Journal Of Water and Wastewater*, 25(3), 135-142. (In Persian)

Kheyrkhah, A., Mohammadi, F., & Memarian, H. (2015). Determination of suitable locations for rainwater harvesting using analytic hierarchy process in GIS framework Case study: Roodsarab watershed, Khooshab, Khorasan Razavi, Iran, *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 3(3), 1-14. (In Persian)

Khorrami, K., Vahabzadeh, G., Soleimani, K., & Talai, R. (2013). Determining the suitable areas of underground dam in Gharasou watershed. *Watershed Engineering and Management*, 6(2), 139-154. doi: 10.22092/ijwmse.2014.101722. (In Persian)

Mekonnen, M., Hoekstra, A., & Arjen, Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, (e1500323). doi:10.1126/sciadv.1500323.

Mohammadpour, M., Rahimi Manjezi, P., & Nizam Mahalle, M.A. (2016). Application of geographic information system (GIS) in scientific studies, Iran, Tehran, *satellite*. (In Persian)

Mohammadian, Y., Heshmatpour, A., Fathabadi, A., & Seydian, S. M. (2023). Determining the appropriate location for the construction of rain catchment systems to provide the drinking water needed for livestock Case study: Rangelands of Kalaleh city. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 11(4), 86-101. (In Persian)

Niknejad, D., & Tabatabai Yazdi, S. (2014, February). *Investigating the ability of stone surfaces to produce runoff in order to meet the water needs of wildlife on Lake Urmia*. Paper presented at the 4th National Conference on Rain Catchment Surface Systems, Khorasan Razavi, Mashhad, Iran. (In Persian).

Noormohammadi, P., Haqizadeh, A., Tahmasabipour, N., & Zainiwand, H. (2015). *Identification of places with the potential of rainwater extraction in the watershed of Sarab Said Ali al-Shatter using two methods CN-NRCS and decision support system (DSS) based on GIS*. (Master's thesis, Lorestan Faculty of Agriculture and Natural Resources), Lorestan, Iran. (In Persian).

Oweis, T. Y., Prinz, D., & Hachum, A. Y. (2012). Rainwater harvesting for agriculture in the dry areas, London, England, *CRC press*.

Postel, S. L., Daily, G. C., & Ehrlich, P. R. (1996). Human Appropriation of Renewable Fresh Water. *Science*: 785–788. doi:10.1126/science.271.5250.785.

Puri, H., Sheikh, V., & Yeganeh, H. (2017). *Investigating the potential of rainwater harvesting to improve the management and exploitation of Agh ghala plain pastures*. (Master's thesis, Gorgan Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources), Gorgan, Iran. (In Persian).

Rahmati, J., Jani, R., Zandi, Y., & Fard Moradi Nia, S. (2022). Spatial zoning of temporary housing with fuzzy hierarchical analysis and weight overlap (Case Study: Tabriz City). *Journal of Structural and Construction Engineering*, 9(1), 39-53. doi: 10.22065/jsce.2021.253849.2273p44.

Rashidi Mehrabadi, M, H., & Thaqfian, B. (2014). Use of a rainwater harvesting for urban water management (Case study: Rasht). *Journal of Rainwater Catchment Systems*; 2 (1): 9-16. (In Persian).

Rohina, A., Ahmadi, H., Moeini, A., & Shahrivar, A. (2020). Site Selection for Constructing Underground Dams Using Boolean Logic and the AHP method in the Imamzadeh Jafar Gachsaran Watershed. *Watershed Management Research Journal*, 33(4), 2-16.

Sadeghi, Sh., Akbarpour, A., & Foroghifar, H. (2018). *Determining potential locations for rainwater harvesting (RWH) using GIS-based Decision Support System (DSS) Case Study: South Khorasan Province*, (Master's Thesis, Birjand University), Birjand, Iran. (In Persian)

Sarvi, V., Shahbazi, M., & Khanmohammadi, M. (2014, March). *Locating potential rainwater harvesting areas for wildlife using GIS. Case study: Bemo National Park*. Paper presented at the 5th conference on watershed surface systems, Gilan, Rasht, Iran. (in Persian)

Shadmehri Toosi, A. H., Danesh, S., & Hosseini, S. M. (2017, May*). Investigating the potential of collecting rainwater from the surface of buildings (case study: one of the multiple districts of Mashhad),* Paper presented at the 4th International Conference on Environmental Planning and Management, Tehran, Iran. (In Persian)

Soltani, M. J., Shadfar, S., & Shadmani, A. (2017, March*). Location of rain catchment surfaces using overlap index*. Paper presented at the 7th National Conference on Rain Catchment Surface Systems, Water and Soil Protection Research Institute, Tehran, Iran. (In Persian)

Soltani, M., 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, doi: 10.22092/ijwmse.2020.121421.1473. (In Persian)

Wang, J., Jia, J., Cao, S., Diao, Y., Wang, J., & Guo, Y. (2024). StRaWHAT: A stochastic rainwater harvesting assessment tool for direct quantification of rainwater harvesting system performance. *Journal of Cleaner Production*, 436, 140582.

World Economic Forum. (2019). The global risks report 2019 14th edition. Geneva, Switzerland: *World Economic Forum*.

Zedeh, L.A. (1965). Fuzzy sets, *IEEE Information and Control* 8(3): 338-353.

Zheng, X., Sarwar, A., Islam, F., Majid, A., Tariq, A., Ali, M & Soufan, W. (2023). Rainwater harvesting for agriculture development using multi-influence factor and fuzzy overlay techniques. *Environmental Research*, 238, 117189.