Vol.10, No.4, Winter 2022, pp.113-127 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2021.70440.1062 Open access

Purposefulness of Determining Construction Sites of Lattice-Stone Structures using Network Analysis Process (Case Study: Khorramabad County)

Vahid Beiranvandi [a], BaharBeishami [b*]

[a] *PhD Student in Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran*

[b] *Assistant Professor in Tourism Research Center of RICHT, Tehran, Iran*

Received: 25 May 2021 ***Revised: 9 July 2021*** ***Accepted: 5 August 2021***

Abstract

Today due to the large amount of funds allocated to the reform clauses in the construction of watershed management projects, priorities in locating critical points before the implementation of structures should be explored comprehensively and accurately. Identifying erodible points and effective factors is a necessary measure. Timely watershed management measures, whether structures or non-structures or a combination of them, can minimize the severity of damage caused by erosion and sedimentation of basins. Therefore, careful selection of priorities and policies in the activities of watershed structures has a significant impact. This study, which was carried out with the aim of helping correct managing and planning of lattice-stone structures in Khorramabad city in order to control erosion and sediment, hydrological, topographic, economic and social criteria and other indicators related to erosion and fault, which are 14 sub-indicators were used. Network analysis process was used to weight these parameters and they were entered into the GIS. The results show that among the effective indicators in locating lattice-stone structures, the most weight were erosion, vegetation, and fault criteria with weights of 0.145, 0.141 and 0.126, respectively, which can be used to prevent the risks of erosion and sediment seen in 4.5% of the study area. The main purpose of this research is to provide solutions based on scientific principles. Prioritization in this way can play an effective role in the targeted part of watershed management credits and reduce damage by constructing appropriate structures. Considering the objectives of the present study and the importance of constructing watershed management structures in controlling erosion and sedimentation, in order to improve the performance of such projects, it is proposed to reduce watershed degradation and proper use of surface water.

Keywords: Check Dam, Location, Khorramabad, Network Analysis Process

*. Corresponding author: BaharBeishami E-mail: b.beishami@richt.ir Tel: + 989113690648

How to cite this Article: Beiranvandi,V.,Beishami,B.(2021). Purposefulness of determining the construction sites of lattice-stone structures using network analysis process (Case study: Khorramabad County) . *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(4), 121-136.

doi:10.22067/geoeh.2021.70440.1062

Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant with open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards
Volume 10, Issue 4 - Number 40, Winter 2022
https://geoeh.um.ac.ir
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70440.1062

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دهم، شمارهٔ چهلم، زمستان ۱۴۰۰ صص ۱۲۷-۱۱۳

مقاله پژوهشی

هدفمندی تعیین اماکن احداث سازه‌های توری-سنگی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (موردمطالعه: شهرستان خرم‌آباد)

وحید بیرانوندی- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
بهار بیشمی[1]- استادیار پژوهشی گروه گردشگری، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۴/۱۸ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۵/۱۴

چکیده

امروزه با توجه به اعتبارات زیادی که بندهای اصلاحی در احداث پروژه‌های آبخیزداری به خود اختصاص می‌دهند، بررسی اولویت‌ها در مکان‌یابی نقاط بحرانی پیش از اجرای سازه‌ها می‌بایست به‌صورت جامع و دقیق صورت گیرد. شناخت درست و دقیق نقاط فرسایش پذیر و عوامل مؤثر در آن اقدامی ضروری است، که می‌توان با اقدامات به‌موقع آبخیزداری خواه از سازه‌ای و غیره سازه‌ای یا ترکیبی از آن‌ها، شدت آسیب‌های ناشی از فرسایش و رسوب زیر حوضه‌ها را به حداقل رساند؛ ازاین‌رو دقت در انتخاب اولویت‌ها و سیاست‌گذاری‌های در فعالیت‌های سازه‌ای حوضه‌های آبخیز از تأثیر بسزایی برخوردار است. در این پژوهش که باهدف مدیریت و طرح‌ریزی بنیادین، سازه‌های توری-سنگی در سطح شهرستان خرم‌آباد به‌منظور کنترل فرسایش و رسوب صورت گرفت از چهار معیار هیدرولوژیک، توپوگرافی، اقتصادی و اجتماعی و سایر شاخص‌های مرتبط با فرسایش و گسل که در ۱۴ زیر شاخص قرار می‌گیرند، با بهره‌گیری از فرآیند تحلیل شبکه‌ای به‌منظور وزن دهی این پارامترها و ورود آن به سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. با نگرش در نتایج، شاخص‌های تأثیرگذار به‌منظور مکان‌یابی سازه‌های توری-سنگی بیشترین وزن را زیر معیارهای فرسایش، پوشش گیاهی و گسل با وزن‌های ۰/۱۴۵، ۰/۱۴۱ و

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۳۶۹۰۶۴۸
Email: b.beishami@RICHT.ir

نحوه ارجاع به این مقاله:

بیراوندی، وحید؛ بیشمی، بهار؛ ۱۴۰۰. هدفمندی تعیین اماکن احداث سازه‌های توری-سنگی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (موردمطالعه: شهرستان خرم‌آباد). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۰(۴). صص ۱۲۷-۱۱۳.
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70440.1062

۰/۱۲٦ به خود اختصاص دادند، که می‌توان از این نتایج برای پیشگیری از مخاطره‌های برآمده از فرسایش و رسوب که در ٤/٥ درصد از منطقه مطالعاتی قابل‌مشاهده است، استفاده نمود.
هدف کلی تحقیق ارائه راهکارهایی مبتنی بر اصول علمی، ساده، کاربردی است. اولویت‌بندی از این طریق می‌تواند نقش مؤثری در قسمت هدفمندی اعتبارات آبخیزداری داشته باشد و با احداث سازه‌های مناسب خسارات را کاهش دهد. با توجه به اهداف پژوهش حاضر و اهمیت احداث سازه‌های آبخیزداری در کنترل فرسایش و رسوب‌گذاری، به‌منظور بهبود عملکرد این‌گونه پروژه‌ها، کاهش تخریب حوزه آبخیز و استفاده صحیح از آب‌های سطحی پیشنهاد می‌شود.
کلیدواژه‌ها: سازه‌های اصلاحی، مکان‌یابی، خرم‌آباد، فرآیند تحلیل شبکه‌ای.

۱-مقدمه

منابع طبیعی تجدیدشونده، زیربنای پیشرفت هر کشور محسوب می‌گردد. ولی در عصر حاضر در اغلب نقاط کشور به دلیل توسعه اقتصادی و بهره‌جویی‌های بی‌قاعده و غیر صحیح، منجر به متشنج شدن وضعیت منابع آبی و خاکی و برهم‌خوردگی توازن بوم‌شناسی شده است. در قرن گذشته به‌منظور نظارت و مبارزه با پیامدهای درون و برون منطقه‌ای برگرفته از تخریب این منابع، در عرصه‌های منابع طبیعی کشور روی به اجرای طرح‌های آبخیزداری آورده شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۸۲). روش‌های مکانیکی ازجمله سیاست‌های است که در جهت حفظ خاک حوزه‌های آبخیز با بهره‌گیری از مدیریت آبخیزداری مورداستفاده قرار می‌گیرند. بندهای اصلاحی هم بر بالادست و نیز بر پایین‌دست آبراهه تأثیرگذار هستند؛ ازجمله تأثیرات آن بر بالادست: اصلاح جریان آب و جابه‌جایی رسوب با تله اندازی، که منجر به کاهش سرعت، دبی اوج و تقلیل شیب آبراهه می‌شود و در پایان، افزایش زمان نفوذ رواناب را در پی دارد (میشرا[1] و همکاران، ۲۰۰۷). افزون بر آن، تغییر پراکنش رطوبتی خاک در نقاط رسوبی بالادست رخ‌داده (نیکولس[2] و همکاران، ۲۰۱۲) که محتمل نقطه آغازی در استقرار پوشش گیاهی آبراهه محسوب می‌گردد. سازه‌های اصلاحی به‌عنوان روشی مکانیکی ساده و اقتصادی در بسیاری از کشورهای دنیا به‌منظور تقلیل شیب بستر آبراهه‌ها و آبکندها و همچنین تله اندازی رسوبات به‌حساب می‌آید (ژائو[3] و همکاران ۲۰۱۷، واعظی[4] و همکاران ۲۰۱۷). این سازه‌ها از مصالحی ازجمله: چوب، سنگ، سنگ و ملات و توری و سنگ ساخته می‌شوند. تعیین جنس مواد اولیه، ابعاد، ارتفاع و فاصله این سازه‌ها از یکدیگر به عوامل گوناگونی مرتبط است؛ نظیر منابع قرضه، مصالح بستر، میزان بارش بالادست، ابعاد و شیب آبراهه و ...

1 Mishra
2 Nichols
3 Zhao
4 vaezi

نقش سازه‌های اصلاحی را می‌توان در ذخیره موقت آب و جلوگیری از حرکت آن و ایضاً تقلیل شیب و در پی آن افت دبی اوج، حجم سیلاب، سرعت، تنش برشی و توانایی تخریب جریان را در پی دارد (جوان و همکاران، ۱۳۹۵).

جمالی و همکاران (۱۳۹۵)، با بهره‌گیری از روش چند معیاره مکانی (SMCE[1])، در منطقه حسن رباط اصفهان، باهدف ساخت سازه توری-سنگی به اولویت‌بندی حوزه آبخیز موردنظر پرداختند که نتایج حکایت از تشابه مکان اولویت‌ها انجام‌شده بامطالعه حاضر بود. نورعلی و همکاران (۱۳۸۷)، راندمان سازه‌های اصلاحی در کنترل سیلاب و تقلیل دبی اوج سیل را در استان گلستان موردبررسی قراردادند که نتایج کاهش ٤٠ تا ۸۳ درصدی دبی اوج سیلاب را نشان داد. اسکندری و همکاران (۱۳۹۱)، طرح‌های آبخیزداری حوزه مندرجان را در سه دوره قبل، بعد و حین اجرای برنامه‌های آبخیزداری موردمطالعه قراردادند که نتایج کاهش ٤٢ درصدی در حین اجرا، ۷۰ درصدی پس از اجرا، در دبی جریان را مشخص نمود. سینگ[2] و همکاران (۲۰۰٤)، استفاده از بندهای اصلاحی در آبکندهای دشت بادرفتی چین یکی از کارسازترین طرق حفاظت خاک در این منطقه با آب‌وهوای خشک است.

علی‌رغم تمام فعالیت‌ها انجام‌شده در حیطه احداث بندهای اصلاحی، مشکل اصلی رشد و توسعه کشور درزمینه فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی، گمان می‌رود مکان‌یابی نامناسب بندهای اصلاحی، نوع، تعداد و ابعاد این سازه‌هاست پیرمرادی و همکاران (۱۳۸۹). گستردگی حوزه‌های آبخیز کشور و همچنین محدودیت‌های آن ازجمله کمبود منابع مالی، زمانی و اجرایی موجب عملیاتی شدن اقدامات سازه‌ای در بخش کوچکی از این حوزه‌ها گردیده است دهقانی و همکاران (۱۳۹۲).

به این دلیل به‌منظور رویارویی با دشواری‌های این‌گونه و تدبیر مناسب در موقعیت‌های مشابه بهره‌گیری از رویکردهای بین‌رشته‌ای و نوین امری الزامی است. یکی از روش‌هایی که در دهه‌های اخیر در حل ریاضی سیستم‌های دارای اطلاعات معیوب و فقدان اطمینان و ناقص، جریان روبه رشدی دارد، استفاده از تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است نیکجو و روحانی (۱۳۹٤). همچنین طی سالیان اخیر، تحقیقات فراوانی در ارتباط با مکان‌یابی بندهای اصلاحی و نقش سازه‌های اصلاحی در کاهش آسیب‌های ناشی از فرسایش و رسوب زیر حوضه‌ها صورت گرفته؛ ازجمله رحیمی و همکاران (۱۳۹۸)، مکان‌یابی بندهای اصلاحی گرگان رود، (چزگی و همکاران، ۱۳۸۹؛ خیرخواه و همکاران، ۱۳۸۷؛ پیرمرادی و همکاران، ۱۳۸۹)، نقاط سازگار به‌منظور ایجاد سدهای زیرزمینی، (بوازیز[3] و همکاران، ۲۰۱۱؛ ولویچ[4] و همکاران، ۲۰۱۵)، اولویت‌بندی نقاط صدمه پذیر از فرسایش، سوری و همکاران (۱۳۹۱)؛ مناطق سازگار احداث بند سنگ-سیمان و گابیونی پرداختند.

1 Sri Mittapalli College of Engineering
2 Singh
3 Bouaziz
4 Vulević

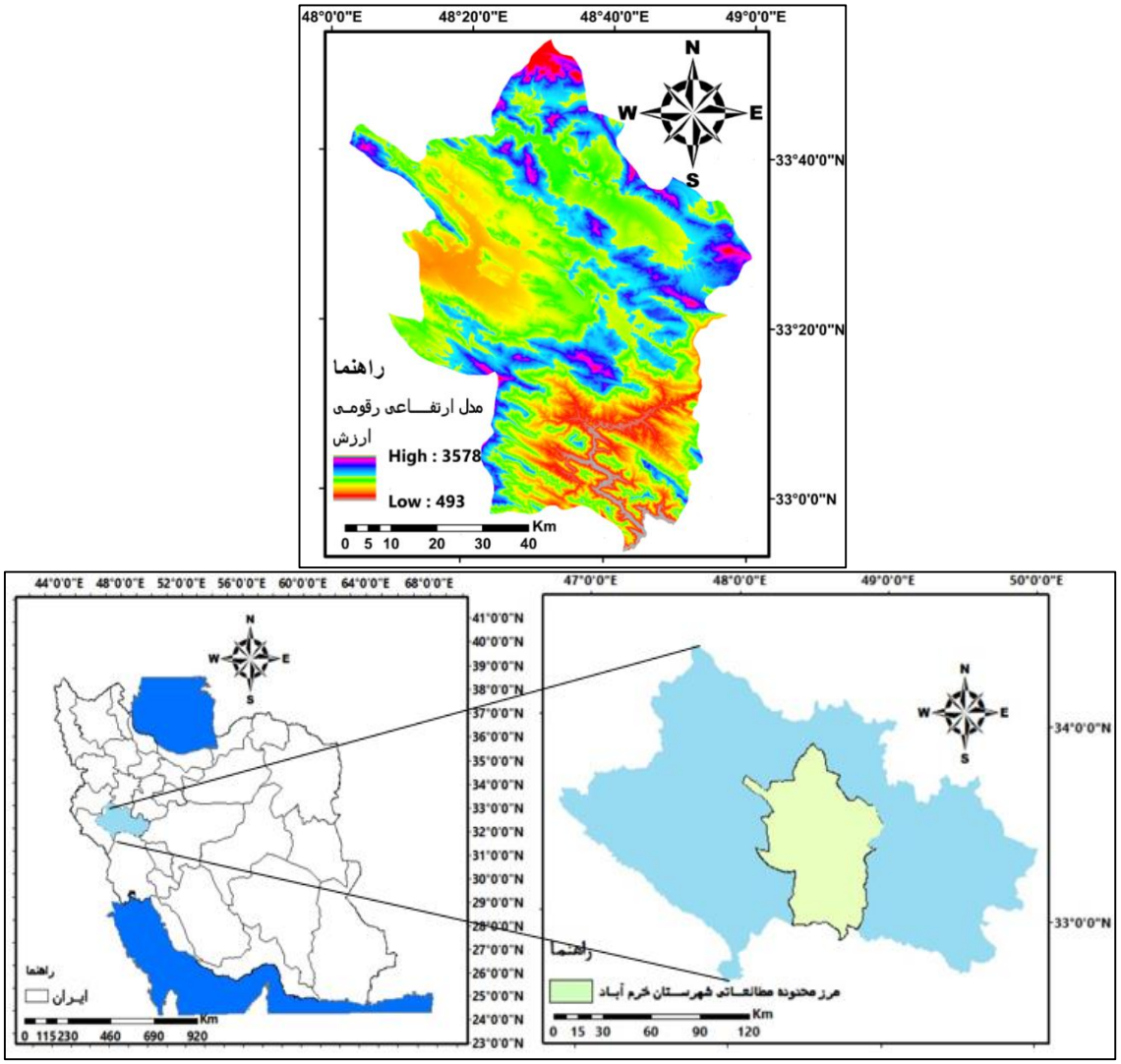
دسته‌بندی کارهای صورت گرفته پیشین نشان از اهمیت بالای مکان‌یابی سازه‌ها در پروژه‌های مهار سیل و رسوب دارد. با توجه به سیل‌های اخیر و پتانسیل سیل‌خیزی بالا و شدت فرسایش ناشی از آن، اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز شهرستان خرم‌آباد از اهمیت و ضرورت بالای برخوردار است. در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره با دست‌یابی به سیستم‌های محاسباتی و تجهیزات تصمیم‌گیری توانمند، فرصت برگزیده شدن انتخاب‌های درست‌تر و تحلیل مؤثرتر شاخص‌ها به‌صورت کمی و کیفی فراهم می‌گردد.

هدف موردبررسی در این تحقیق، مکان‌یابی سازه‌های توری–سنگی در شهرستان خرم‌آباد با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره فازی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه‌ای در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌منظور بهبود فضای تصمیم‌گیری در نظر گرفته‌شده است.

۲–مواد و روش‌ها

۲-۱–موقعیت منطقه موردمطالعه

منطقه تحقیقاتی شهرستان خرم‌آباد، مرکز استان لرستان، با ارتفاع متوسط ۱۱٤۸ متر از سطح آب‌های آزاد واقع در غرب ایران است. این قلمرو ازنظر آب‌وهوایی دارای میانگین بارش ۵۰۹ میلی‌متر و دمای متوسط ۱۷ درجه سانتی‌گراد است، که در طول‌های "۲۷ ′۲ °٤۸ تا "۲۲ ′۵۸ °٤۸ شرقی و عرض‌های "۳۸ ′۵۳ °۳۲ تا "٤٤ ′۵۲ °۳۳ شمالی قرارگرفته است. محدوده مطالعاتی یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز کرخه است که دارای وسعت ٤۹٤۲ کیلومترمربع است. شکل ۱– موقعیت منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه در استان لرستان

۲-۲-روش انجام پژوهش

با در نظر گرفتن این مسئله که مقصود اساسی از ایجاد سازه‌های اصـلاحی در حوضـه‌هـای آسـیب‌پـذیر از منظـر فرسایشی در شهرستان خرم‌آباد علاوه بر ممانعت از انتقال رسوب و تثبیت رسوب، حفـظ نیمـروخ طـولی و عرضـی آبراهه‌ها است، در ایـن تحقیـق نخسـت اقـدام بـه فـراهم نمـودن نقشـه‌هـا و مفروضـات مـرتبط بـا شـاخص‌هـای هیدرولوژیکی، توپوگرافیکی، اقتصادی و اجتماعی و سایر معیارها ازجمله گسل و کاربری اراضی در محـیط نـرم‌افـزار Arc Gis10.5[1] پرداخته شد. سپس با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای هرکدام از معیارها وزنی بـرای تهیـه

1 Geographic Information System

نقشه‌های فازی به‌دست آورده و در انتها با ادغام تمام نقشه‌ها مکان‌های مناسب احداث بندهای اصلاحی انتخاب می‌گردد.

۲-۲-۱-معیارهای هیدرولوژیک تأثیرگذار در مکان‌یابی بندهای اصلاحی

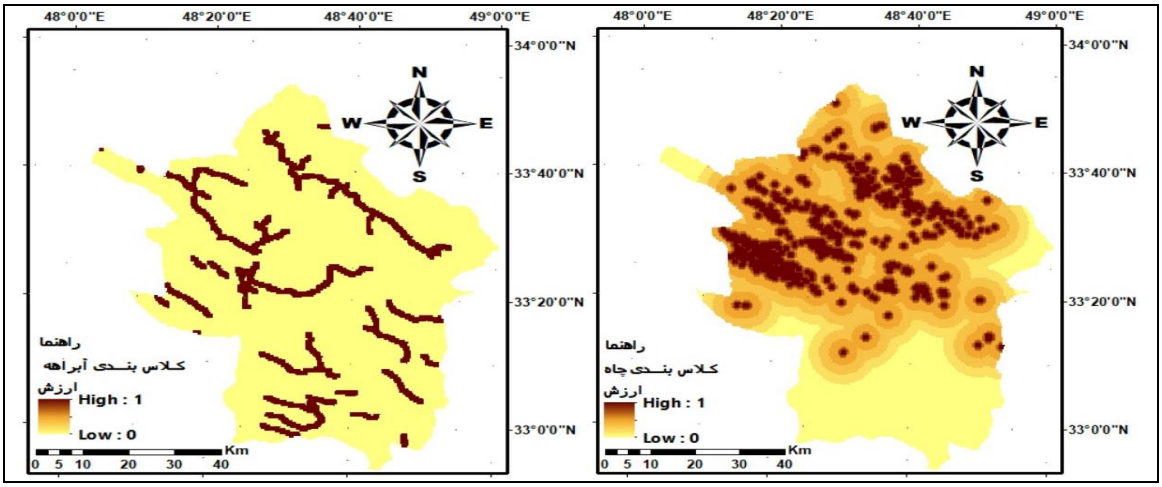
معیارهای هیدرولوژیک به کار گرفته‌شده در این مطالعه حاوی زیر معیارهای آبراهه، چاه، چشمه و قنات است؛ بنابراین به‌منظور ساخت سازه‌های اصلاحی توری-سنگی و به حداقل رساندن هزینه‌ها اقدام به جمع‌آوری اطلاعات لازم نموده، شکل (۲) نقشه‌های کلاس‌بندی شده هیدرولوژیک محدوده مطالعاتی

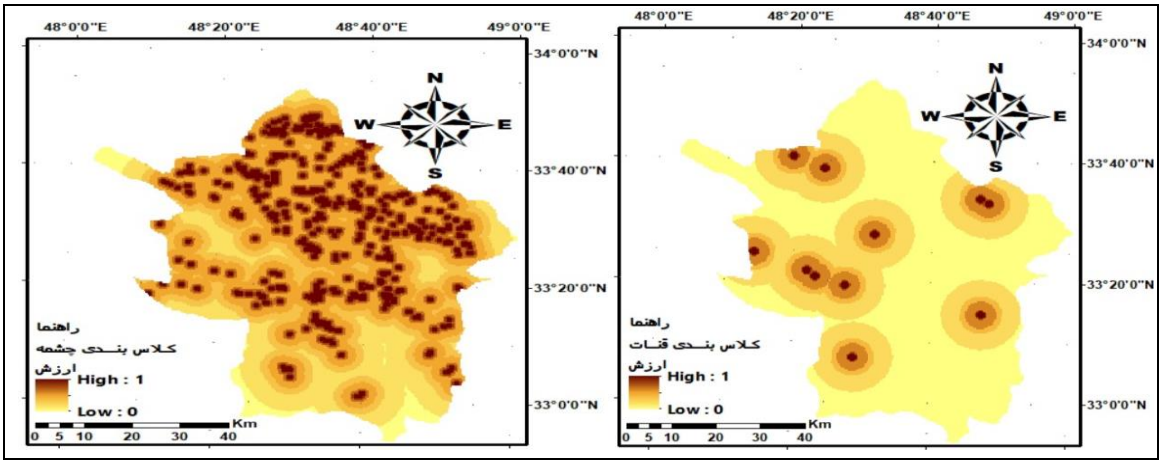
۲-۲-۱-۱-آبراهه

با مدنظر قرار دادن این موضوع که سازه‌های اصلاحی در مسیل‌ها با درجه ۵-۱ ساخته می‌شوند و همچنین توجه به هدف تحقیق پیشرو الگوی شکل‌گرفته توسط جریان آب را با کمک داده‌های اطلاعاتی نیمه تفصیلی آب‌های زیرزمینی گردآوری‌شده در آب منطقه‌ای استان لرستان فراهم گردید.

۲-۲-۱-۲-چاه، چشمه و قنات

این ۳ عامل هیدرولوژیک افزون بر اینکه از دیدگاه اقتصادی موردتوجه قرار دارند، به‌موجب قرار گرفتن در پایین‌دست این سازه‌ها و نقشی که در افزایش آبدهی آن‌ها می‌توانند داشته باشند، در مکان‌یابی از اهمیت بالایی برخوردار هستند.

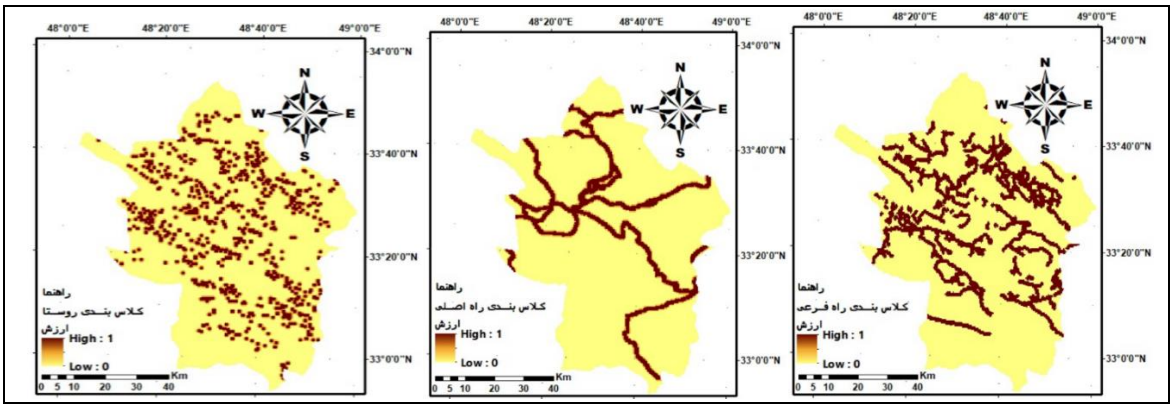




شکل ۲- نقشه‌های کلاس‌بندی شده هیدرولوژیک محدوده مطالعاتی

۲-۲-۲-الگوی اقتصادی و اجتماعی مؤثر در مکان‌یابی بندهای اصلاحی

با توجه به نقش افراد جامعه منطقه تحقیقاتی در کاهش هزینه‌های ساخت با بهره‌گیری از نیروهای بومی و تقلیل هزینه‌های مختلف ازجمله ایاب و ذهاب و همچنین نشان دادن ارزش کار به افراد جامعه مدنظر اقدام به تهیه نقشه کلاس‌بندی شده منطقه مطالعاتی حداقل تا فاصله ۱۰۰۰ متری می‌گردد. شکل (۳) نقشه‌های کلاس‌بندی شده اقتصادی و اجتماعی محدوده مطالعاتی



شکل ۳- نقشه‌های کلاس‌بندی شده اقتصادی و اجتماعی محدوده مطالعاتی

۲-۲-۳-معیارهای توپوگرافیک مؤثر در مکان‌یابی بندهای اصلاحی

شاخص‌های توپوگرافی مورداستفاده در پژوهش حاضر دربرگیرنده زیر شاخص‌های زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و شیب بوده، ازاین‌رو به‌منظور حداقلی نمودن هزینه‌ها در مکان‌یابی احداث سازه‌ها اقدام به جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز منطقه مطالعاتی شده است.

۲-۲-۳-۱-زمین‌شناسی

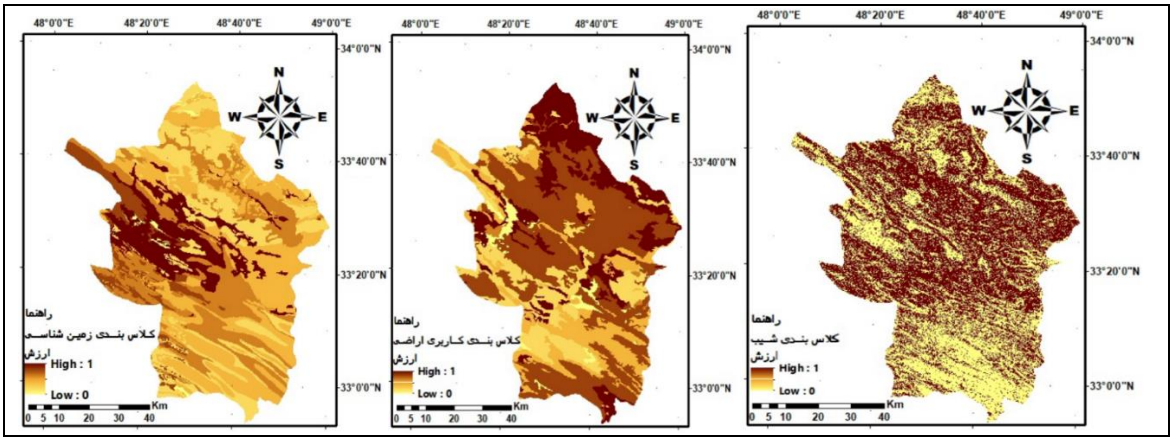
در مرحله حذفی، با توجه به میزان اهمیت لیتولوژی و سنگ‌بستر منطقه مطالعاتی، غالب امتیاز در این کلاس‌بندی به مناطق دارای فرسایش شدید نسبت داده می‌شود.

۲-۲-۳-۲-کاربری (پوشش)

ازآنجایی‌که پوشش گیاهی از برخورد مستقیم قطرات باران به سطح خاک جلوگیری نموده، همچنین فرصت لازم جهت نفوذ آب به زیرزمین را فراهم کرده، بنابراین مناطق نزدیک مناطق مسکونی و کاربری‌های مهم برای سکنه منطقه مطالعاتی در اولویت‌بندی با امتیاز بالاتر در نظر گرفته می‌شود. ازاین‌رو با بهره‌گیری از نقشه‌های کاربری تهیه‌شده در ادارات استان ازجمله: آب منطقه‌ای، آبخیزداری و مرکز تحقیقات اقدام به تهیه نقشه کلاس‌بندی مذکور گردید.

۲-۲-۳-۳-شیب

ازجمله مهم‌ترین شاخص‌ها در اولویت‌بندی نقاط احداث سازه‌های اصلاحی شیب منطقه است، ازآنجایی‌که هدف از پژوهش حاضر جلوگیری از فرسایش و تثبیت رسوب است، منطقه را در اولویت‌های دارای شیب ۷۰-۵ درصد ازنظر امتیازدهی در ارجحیت قرار داده شد.



شکل ٤- نقشه‌های کلاس‌بندی شده توپوگرافیک محدوده مطالعاتی

۲-۲-٤-سایر مقیاس‌های مؤثر در مکان‌یابی بندهای اصلاحی

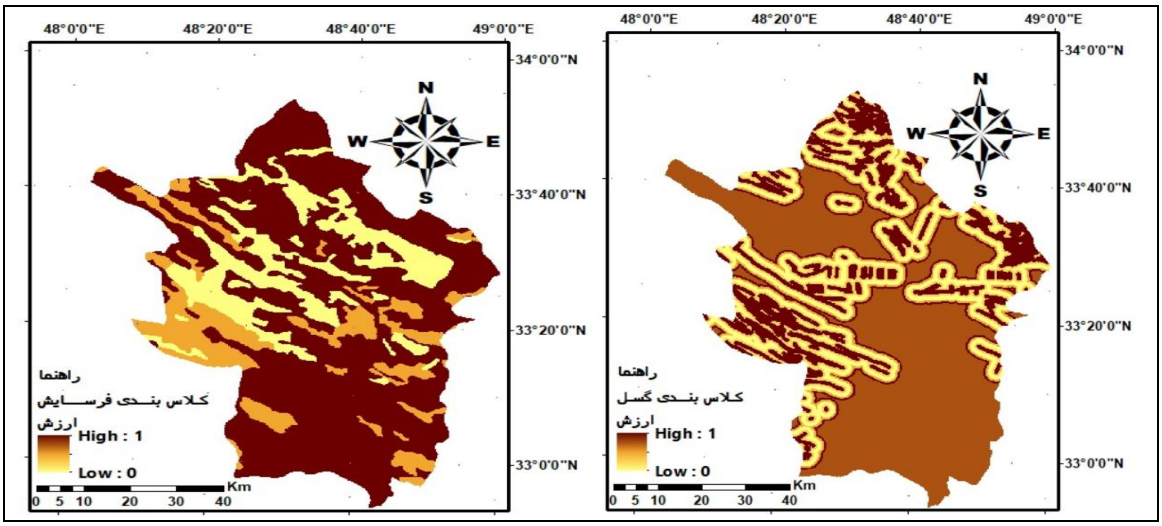
ازجمله سایر موارد مورد مقایسه در این پژوهش فرسایش و رسوب است. در این مطالعه با مدنظر قرار دادن آمار و اطلاعاتی که در احداث سازه‌های اصلاحی نقش دارند، اقدام به تهیه نقشه‌های منطقه مطالعاتی شده است. شکل (۵) نقشه‌های کلاس‌بندی شده سایر مقیاس‌های موردنیاز محدوده پژوهشی

۲-۲-٤-۱-فرسایش

با بهره‌گیری از مدل EPM[1] و با توجه به عواملی که در فرسایش و شناسایی مناطق بااستعداد بالا در فرسایش نقش دارند، منطقه مطالعاتی را در پنج کلاس خیلی شدید، شدید، متوسط، کم و خیلی کم دسته‌بندی‌شده و به مناطقی که دارای شدت فرسایش بیشتری بوده، در این کلاس‌بندی امتیاز بالاتری نسبت داده‌شده است.

۲-۲-٤-۲-گسل

با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ اقدام به تهیه نقشه گسل منطقه تحقیقاتی گردید، همچنین مبادرت به جمع‌آوری اطلاعات موجود در بانک اطلاعاتی آب منطقه‌ای و آبخیزداری و همچنین افرادی که به‌صورت شخصی بر روی حوضه کارکرده‌اند، با استفاده از نقشه بافر ۵۰۰ متری اقدام به تهیه نقشه گسل منطقه مذکور نمود.



شکل ۵- نقشه‌های کلاس‌بندی شده سایر مقیاس‌های موردنیاز محدوده مطالعاتی

۲-۳-ارزیابی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه

روش FANP[2] ازجمله متدهای تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط زبردست در سال ۲۰۱۳ به‌منظور ایجاد شاخص‌های مرکب در انتخاب معیارهای آسیب‌پذیری اجتماعی در برابر زلزله و در امتداد کمینه نمودن نقصان روش‌های رایج در تشکیل شاخص‌های مرکب عرضه شد. ازجمله ویژگی‌های تکنیک FANP می‌توان به:

الف- ارتباط و بازخورد مابین اجزای سیستم

ب- مبتنی بودن بر دانش، نظرات خبرگان و تجارت کارشناسان

1 Enterprise Project Management
2 Flow Attribute Notification Protocol

ج- پوشش ابهام و عدم قطعیت با ادغام نظرات خبرگان

اشاره نمود.

مراحل FANP

در گام نخست با توجه به جدول (۱) به مقایسات زوجی با توجه به نظرات کارشناسان پرداخت می‌شود.

جدول ۱- مقایسات زوجی

ردیف	عبارات توصیفی	اعداد فازی
۱	ترجیح برابر	(۱,۱,۱)
۲	ترجیح کم تا متوسط	(۱,۱/۵,۱/۵)
۳	ترجیح متوسط	(۱,۲,۲)
٤	ترجیح متوسط تا زیاد	(۳,۳/۵,٤)
۵	ترجیح زیاد	(۳,٤,٤/۵)
٦	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد	(۳,٤/۵,۵)
۷	ترجیح خیلی زیاد	(۵,۵/۵,٦)
۸	ترجیح خیلی زیاد تا کاملاً زیاد	(۵,٦,۷)
۹	ترجیح کاملاً زیاد	(۵,۷,۹)

در دومین گام به‌منظور محاسبه بردار ویژه از جدول مقایسات زوجی به روش لگاریتمی، طبق روابطِ (۱ و ۲) استفاده شد.

$$w_k^s = \frac{\left[\left[\prod_{j=1}^{n} a_{kj}^s\right]\right]^{\frac{1}{n}}}{\Sigma\left[\left[\prod_{j=1}^{n} a_{ij}^m\right]\right]^{\frac{1}{n}}} \quad \text{و} \quad s\epsilon\ \{l, m, \qquad (۱)$$

$$\widetilde{w_k} = \left(w_k^l, w_k^m, w_k^a\right) \quad k = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (۲)$$

در مرحله سوم با بهره‌گیری از مقایسات زوجی به تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه پرداخته.

در گام انتهایی نیز به محاسبه اوزان نهایی سطوح به‌منظور برآورد وزن‌های نهایی مؤلفه‌های هر سطح از طریق رابطه (۳) می‌پردازیم.

$$w_i^* = w_{ii} \times w_{i(i-1)} \times w_{i-1}^* \qquad (۳)$$

همچنین در صورت نبود یک سطح ماتریس از رابطه (٤) استفاده می‌شود.

$$w_i^* = I \times w_{i(i-1)} \times w_{i-1}^* \qquad (٤)$$

۳-نتایج

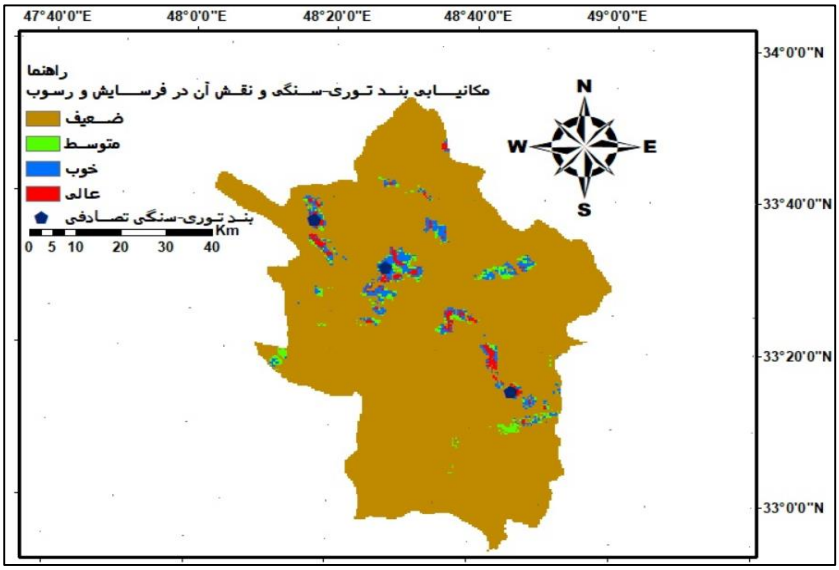
معیارها و زیر معیارهای تأثیرگذار در مکان‌یابی سازه‌های اصلاحی در جدول (۲) نمایش داده‌شده است.

جدول ۲- اوزان معیارها و زیر معیارهای مؤثر در احداث سازه‌های اصلاحی توری-سنگی

ردیف	معیار	زیر شاخص	امتیاز معیار	امتیاز زیر شاخص	امتیاز نهایی	درجه اهمیت
۱	هیدرولوژیک	آبراهه	۰/۲۲۶۸۳	۰/۲۸۸۷۶۲۵	۰/۰۶۵۵	۷
۲		چاه		۰/۱۵۸۷۰۹۱	۰/۰۳۶	۹
۳		چشمه		۰/۰۷۰۵۳۷٤	۰/۰۱٦	۱۲
٤		قنات		۰/۱۱۲٤۱۸۹	۰/۰۲۵۵	۱۱
۵	اقتصادی و اجتماعی	فاصله از روستا	۰/۲۱۷۵٤۵	۰/۱۳۵٦۰٤۱	۰/۰۲۹۵	۱۰
٦		فاصله از جاده اصلی		۰/٦۳۲۰۵۳	۰/۰۱۳۷۵	۱۳
۷		فاصله از جاده فرعی		۰/۰٤۵۹٦۷۵	۰/۰۱	۱٤
۸		منابع قرضه		۰/۳۷٤٦۳۵۱	۰/۰۸۱۵	٦
۹	توپوگرافیک	زمین‌شناسی	۰/۲٦٦۱٤۲	۰/٤٦۹٦۷٤۰	۰/۱۲۵	۵
۱۰		پوشش گیاهی		۰/۵۳۰۷۳۱۷	۰/۱٤۱۲۵	۲
۱۱		شیب		۰/٤٦۹٦۷٤۰	۰/۱۲۵	٤
۱۲	سایر	فرسایش	۰/۲۸۹٤۸۳	۰/۵۰۲٦۲۰۱	۰/۱٤۵۵	۱
۱۳		کاربری		۰/۲۰۳۸۱۱٦	۰/۰۵۹	۸
۱٤		گسل		۰/٤۳٦۹۸۵۹	۰/۱۲٦۵	۳

۳-۱-موقعیت نقاطی از بندهای توری-سنگی در منطقه مطالعاتی

بررسی ۳ نقطه تصادفی ایجاد سازه توری-سنگی در منطقه مطالعاتی و انتقال آن بر نقشه مکان‌یابی اولویت‌های صورت گرفته با بهره‌گیری از مدل FANP در شکل (٦) و جدول (۳) نشان داده‌شده است.



شکل ٦- موقعیت بندهای اصلاحی تصادفی بر روی نقشه اولویت‌بندی شده

جدول ۳- موقعیت جغرافیایی بندهای اصلاحی تصادفی توری-سنگی

موقعیت نقاط	نوع بند	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
چم چقال بالا	توری سنگی	۳۷۲۲۷۳۹	۲٤۸٦٦۳
کمره		۳۷۱۱۰٤۰	۲٦٤٤۸۹
مالک ماری		۳٦۸۰۹۰٦	۲۹۱۸۵۷

٤-بحث و نتیجه‌گیری

ازآنجایی‌که عملیات آبخیزداری به‌صورت طرح‌های مکانیکی یا بیولوژیک به‌منظور کاهش تخریب حوزه‌ها و استفاده بهینه از آب‌های سطحی و تقلیل اثرات خشک‌سالی صورت می‌گیرد، در این پژوهش با توجه به الگوی پایانی اولویت‌بندی محل تأسیس سازه‌های توری-سنگی شکل (٦) که ٤/٥ درصد از منطقه مذکور را مناسب ایجاد این بندها نشان داده و همچنین با دقت در محل بندهای تصادفی انتخاب‌شده می‌توان به برنامه‌ریزی در جهت اهداف مدنظر این پژوهش اقدام و به‌منظور بهبود کارکرد این‌گونه الگوها توصیه می‌گردد:

بهره‌گیری از علوم مهندسین آبخیزداری در نقاط مختلف

استفاده از استعدادهای بومی در احداث و نگهداری سازه‌ها

ایجاد طرح‌های مطالعاتی در حاشیه سازه‌ها

در مرحله بعد با انتخاب شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مؤثر در مکان‌یابی سازه‌های اصلاحی به وزن دهی این شاخص‌ها پرداخته که معیار فرسایش بیشترین وزن را به خود اختصاص داد. ازآنجایی‌که هدف اصلی در این

پژوهش محافظت از اراضی موجود در مقابل آسیب‌های ناشی از سیلاب و به دنبال آن آثار ناشی از فرسایش و رسوب بر منابع طبیعی و محیط‌زیست است، وزن دهی موجود در این تحقیق مناسب و تطابق خود را با تحقیقات امام قلی[1] و همکاران (۲۰۱۵)، مورگان[2] (۲۰۰۵) که در آن‌ها بیشترین امتیاز را به فرسایش و پوشش گیاهی نسبت داده و هم مانندِ تحقیقات آلی[3] و همکاران (۲۰۱۳)، جمالی و همکاران (۱۳۹۵) و سینگ و همکاران (۲۰۱۷) از روش فرآیند تحلیل شبکه به‌منظور اولویت‌بندی استفاده‌شده است. همچنین می‌توان تفاوت این پژوهش باکار سوری و همکاران (۱۳۹۱) و نوری و همکاران (۱۳۹۸) در این دانست که در پژوهش آن‌ها بیشترین امتیاز به عوامل هیدرولوژیکی بخصوص درجه آبراهه نسبت داده‌شده است.

به‌منظور بازبینی دقت الگوی FANP و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی بندهای توری-سنگی مقایسه‌ای با مکان‌های تصادفی انتخاب‌شده با اولویت‌بندی صورت گرفته انجام شد که نتایج انطباق خود را نشان داد.

درمجموع با توجه به اهداف کلی این مطالعه که شناسایی نقاط ایجاد سازه‌های توری-سنگی و نقش‌های آن در کاهش خسارات ناشی از سیل، فرسایش و رسوب بر روستاها، راه‌ها، مزارع، باغات و ... است، در انتها به‌منظور هدفمندی اعتبارات آبخیزداری و ممانعت از آسیب‌های جانی و مالی با توجه به پژوهش حاضر به ارائه راهکار علمی، مناسب و ساده پرداخته شد.

کتابنامه

احمدی، حسن؛ نظری سامانی، علی‌اکبر؛ قدوسی، جمال؛ اختصاصی، محمدرضا؛ ۱۳۸۲. ارائه مدلی برای ارزیابی طرح‌های آبخیزداری. *نشریه منابع طبیعی ایران*. ٤ (٥٦): ۳۵۰-۳۳۷.

اسکندری، منیژه؛ دستورانی، محمدتقی؛ فتاحی، احمد؛ نصری، مسعود؛ ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات اقدامات آبخیزداری انجام‌شده روی رژیم جریان حوزه آبخیز زاینده‌رود؛ مطالعه موردی زیر حوزه مندرجان. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب.

پیرمرادی، رضا؛ نجفی، محمد؛ اسدیان، فریده؛ ۱۳۸۹. تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله مراتبی، مطالعه موردی: دشت ملایر در استان همدان. فصلنامه جغرافیای طبیعی. ۳ (۸): ٦٦-۵۱.

جمالی، علی‌اکبر؛ رحیم‌آبادی، ابوالفضل؛ زرنگ، نسیم؛ رحمتیان، آرش؛ ۱۳۹۵. اولویت‌بندی حوزه آبخیز برای احداث بند توری-سنگی به روش تحلیل چند معیاره مکانی (SMCE)، در حسن رباط اصفهان. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*. ۱۳ (۵۲): ۲۰-۱۱.

1 Emamgholi
2 Morghan
3 Aly

جوان، محسن؛ سیدیان، سید مرتضی؛ کاهه، مهدی؛ حشمت پور، علی؛ ۱۳۹۵. ارزیابی تأثیر ارتفاع سدهای اصلاحی بر حجم و دبی اوج سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگاندوز). *نشریه علوم و مهندسی آبیاری*. ٤ (۳۹): ۷۰-۵۹.

چزگی، جواد؛ مرادی، حمیدرضا؛ خیرخواه، میر مسعود؛ ۱۳۸۹. مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره با تأکید بر منابع آب (مطالعه موردی غرب استان تهران) (گزارش فنی). *مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*. ٤ (۱۳): ٦۸-٦۵.

خیرخواه زرکش میر، مسعود؛ ناصری، حمیدرضا؛ داوودی، محمدهادی؛ سلامی، همت؛ ۱۳۸۷. استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه‌های کرکس – نطنز. *نشریه پژوهش و سازندگی*. ۲۱ (۲): ۱۰۱-۹۳.

دهقانی، مرتضی؛ قاسمی، حسین؛ ملکیان، آرش؛ ۱۳۹۲. اولویت‌بندی مکانی عملیات کاهش سیل و کنترل فرسایش با استفاده از روش منطق فازی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز فورگ). *نشریه مرتع و آبخیزداری (مجله منابع طبیعی ایران)*. ٦٦ (۱): ۸۸-۷۳.

رحیمی، ایرج؛ سیدیان، سید مرتضی؛ روحانی، حامد؛ احمدی، رضا؛ ۱۳۹۸. مکان‌یابی بندهای اصلاحی به‌منظور کنترل فرسایش با کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. *مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی*. ۹ (۳۳): ۲٦-۱.

سوری، مهشید؛ جعفری، محمد؛ آذرنیوند، حسین؛ فرخ زاده، بهنوش؛ ۱۳۹۱. تعیین مناطق مناسب اجرای پروژه پخش سیلاب با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز میخوران کرمانشاه). *نشریه پژوهش‌های آبخیزداری*. ۲۵ (٤): ۱۰۳-۹۲.

قاضی محله مهروز، نورعلی؛ نجفی نژاد، علی؛ نادر، نورا؛ ۱۳۸۷. بررسی عملکرد سازه چندمنظوره نوکنده استان گلستان در کنترل سیلاب با استفاده از مدل. *نشریه علوم کشاورزی و منابع طبیعی*. ۱۵ (۱): ۱۳۰-۱۱۹.

نوری، زهرا؛ سلاجقه، علی؛ عبادی، تقی؛ مقدم نیا، علیرضا؛ ۱۳۹۸. تأثیر اندازه ذرات رسوبات رودخانه‌ای بر ویژگی-های جذب فسفر. *نشریه محیط‌شناسی*. ٤۵ (۳): ٤۸۳-٤۷۱.

نیکجوی، مرضیه؛ روحانی، حامد؛ ۱۳۹٤. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز قورچای رامیان. *مجله ترویج و توسعه آبخیزداری*. ۳ (۱۰): ۳٦-۲۹.

Aly A, A. Saltani, S. Bashari, H. honarbakhsh, A; 2013. The location of rocky and Ghabion check dams in watershed of Dorahean in Chaharmahal and Bakhtiari province, Paper presented at The First National Conference of Water Use Optimization, Iran.

Bouaziz, M. Leidig, M. Gloaguen, R; 2011. Optimal parameter selection for qualitative regional erosion risk monitoring. A remote sensing study of SE Ethiopia, Geoscience Frontiers, 2 (2): 237 - 245.

Emamgholi, M. Khosravi, Kh. Sedaii, N; 2015. Suitable site selections for gabion check dams construction using analytical hierarchy process and decision making methods. Journal ofSoil Environment, 1 (1): 35 - 44.

Mishra, A. Froebrich, J. Gassman, P. W; 2007. Evaluation of the SWAT model for assessing sediment control structures in a small watershed in India, Transactions of the ASABE, 50 (2): 469 - 477.

Morghan, R. P. C; 2005. Soil Erosion and Conservation. USA: Blackwell publication.

Nichols, M. H. McReynolds, K. Reed, C; 2012. Short-term soil moisture response to low-tech erosion control structures in a semiarid rangeland. Catena, 98 (1): 104 - 109.

Singh, K.P. Malik, A. Mohan, D. Sinha, S; 2004. Multivariate Statistical Techniques for the Evaluation of Spatial and Temporal Variations in Water Quality of Gomti River (India)—A Case Study. Water Research, 38: 3980-3992.

Singh, L.K. Jha, M.K. Chowdarx, V.M; 2017. Multi-criteria analysis and GIS modeling for identifying prospective water harvesting and artificial recharge sites for sustainable water supply. Journal of Cleaner Production, 142: 1436 - 1456.

Vaezi, A. R. Abbasi, M. Keesstra, S. Cerdà, A; 2017. Assessment of soil particle erodibility and sediment trapping using check dams in small semi-arid catchments. Catena, 157(1): 227 - 240.

Vulević, T. Dragović, N. Kostadinov, S. Simić, S. B. Milovanović, I; 2015. Prioritization of Soil Erosion Vulnerable Areas Using Multi-Criteria Analysis Methods. Polish Journal of Environmental Studies, 24 (1): 317 - 323.

Zhao, G. Kondolf, G. M. Mu, X. Han, M. He, Z. Rubin, Z. Sun, W; 2017. Sediment yield reduction associated with land use changes and check dams in a catchment of the Loess Plateau, China, Catena, 148: 126 - 137.