مکان‌یابی پروژه‌های استحصال آب در حوضه‌های آبخیز مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره سلسله مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رود سراب شهرستان خوشاب استان خراسان رضوی)

محمد یوسفی[۱] سمیرا نورمحمدی[۲*] هادی معماریان[۳]

۱- کارشناس اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان جنوبی و دانشجوی ارشد آبخیزداری دانشگاه بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه بیرجند

۳- استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند (hadi_memarian@birjand.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶

چکیده

کمبود آب مشکلی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا موجب شکننده شدن شرایط زیستی شده است. با توجه به وقوع بارش در زمان‌های محدود در این مناطق، ارائه راه‌کارهایی برای بهره‌برداری از آب باران دغدغه بسیاری از سکنه و مدیران این مناطق می‌باشد. در این تحقیق به منظور تصمیم‌گیری در خصوص مکان‌یابی مناسب اجرای پروژه-های پیتینگ، فاروئینگ، بانکت‌بندی از داده‌های مکانی متعدد نظیر داده‌های پوشش گیاهی، خاک‌شناسی، توپوگرافی، بارندگی و ... به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی در سه مرحله مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که پردازش داده‌های مکانی در محیط نرم افزار Arc GIS انجام شده است. مرحله اول شامل تعیین سطوح سلسله مراتبی متشکل از هدف، معیارها و زیر معیارها است. طی مرحله دوم، استانداردسازی عوامل و وزن‌دهی معیارها و زیر معیارها بر اساس تحلیل سلسله مراتبی و مقایسات زوجی معیارها و زیر معیارها با ارزش‌های ارجحیتی ۱ تا ۹ ، و میزان ناسازگاری مقایسات زوجی معیارهای پروژه فاروئینگ، پیتینگ و بانکت‌بندی به ترتیب ۰/۰۷، ۰/۰۳ و ۰/۰۴ برآورد شد. این ارقام با توجه این که کمتر از ۰/۱ در محیط نرم افزاری Expert Choice محاسبه شد، نشان‌دهنده صحت وزن‌دهی انجام شده می‌باشند. با توجه به نتایج تحقیق از بین معیارهای مورد نظر معیار توپوگرافی با وزن نرمال ۰/۶۲۹ بیشترین تاثیر و معیار بارندگی با وزن نرمال ۰/۰۵۴کمترین تاثیر را بر مکان‌یابی اجرای پروژه پیتینگ دارا هستند. از بین معیارهای تاثیرگذار بر مکان‌یابی اجرای پروژه فاروئینگ، معیار توپوگرافی با وزن نرمال ۰/۵۶۳ بیشترین تاثیر و معیار بارندگی با وزن نرمال ۰/۰۵۵ کمترین تاثیر را دارند. همچنین از بین معیارهای تاثیرگذار بر مکان‌یابی اجرای پروژه بانکت‌بندی، معیار توپوگرافی با وزن نرمال ۰/۵۵۶ بیشترین تاثیر و معیار بارندگی با وزن نرمال ۰/۰۸۱ کمترین تاثیر را دارد. در مرحله آخر، پس از تلفیق این لایه‌ها، نقشه نهایی مکان‌های بهینه اجرای پروژه‌های فاروئینگ، پیتینگ و بانکت‌بندی تهیه گردید. نتایج اعتبارسنجی نشان می‌دهد که در بین نقشه‌های شایستگی تولید شده، نقشه شایستگی پروژه پیتینگ با میزان صحت ۷۹٪ بالاترین اعتبار را داراست.

واژه‌های کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، بانکت‌بندی، پیتینگ، تحلیل سلسله مراتب، شایستگی، فاروئینگ

مقدمه

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته که میانگین بارندگی سالیانه آن در حدود ۲۵۵ میلی‌متر است. این مقدار بارش کمتر از یک سوم متوسط بارندگی سالیانه جهان می‌باشد (Graymore et al., به نقل از جعفری و همکاران، ۱۳۹۳). از طرفی توزیع بارندگی در کشور از نظر زمانی و مکانی یکنواخت نبوده و از این رو بیشتر

*نویسنده مسئول: سمیرا نورمحمدی samiranoormohamadi70@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

نقاط کشور همواره با مشکل فرسایش و کم آبی مواجه می‌باشد. از طرف دیگر، رشد جمعیت و افزایش نیاز به مواد غذایی، تخریب منابع آب و خاک و نابسامانی محیط زیست را سبب شده است. حفاظت خاک، تامین آب و بهره‌وری بهینه از این عنصر حیاتی، ضرورتی اجتناب ناپذیر می‌باشد. چنین شرایطی یعنی مهار و بهره‌برداری بهینه از آب کلید حل مسئله کم آبی محسوب می‌شود. بنابراین باید عرصه‌ای مناسب اجرای پروژه‌هایی از قبیل پیتینگ و فاروئینگ و بانکت و ... شناسایی شوند. چون آب از یک طرف مهمترین عامل محدود کننده توسعه پایدار بوده و از طرف دیگر در صورت عدم مدیریت مناسب به عامل مهم تخریب و ایجاد خسارت تبدیل می‌گردد. از سوی دیگر، به دلیل متعدد بودن معیارها و شاخص‌ها (نظیر معیارهای ژئومورفولوژی، اقلیمی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و ...) در انتخاب نوع عملیات کارآمد و مناسب‌ترین مناطق برای طراحی و اجرای آن‌ها، عملاً از نظر علمی این انتخاب با دقت مورد انتظار که بتواند نیازها را برطرف نماید با مشکل روبرو می‌شود (Maia & Schumann, 2007). به طور کلی مجموعه عملیات مربوط به جمع‌آوری و ذخیره و ترکیب داده‌ها و اطلاعات و همچنین تجزیه و تحلیل آن‌ها به منظور مکان‌یابی محل‌های اجرای پروژه‌های منابع طبیعی با تکیه بر مطالعات صحرایی با توجه به حجم لایه‌های اطلاعاتی و لزوم تلفیق آن‌ها، مبتنی بر روش‌های سنتی دشوار بوده و ممکن است موجب بروز خطا گردد، ضمن آن که به زمان زیادی نیاز است. در این راستا، استفاده از تکنیک‌هایی مانند تحلیل سلسله مراتبی[۱] به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی[۲] از یک سو موجب امکان پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌های پرحجم و در ارتباط با یکدیگر می‌شود و از سوی دیگر با این روش، بررسی معیارها و شاخص‌ها به طور جامع و در تقابل با یک‌دیگر جهت دستیابی به اهداف موضوع تحقیق، با دقت زیاد امکان‌پذیر بوده و علاوه بر افزایش سرعت انجام کار و افزایش دقت نتایج، امکان تهیه نقشه پهنه‌بندی مناطق مناسب پروژه‌هایی از قبیل پیتینگ، فاروئینگ، بانکت‌بندی و کنترل آب در مسیر آبراهه‌ها را فراهم می‌کند. چنین روش‌هایی با ترکیب عواملی از قبیل هوش انسان، اطلاعات و تکنولوژی، به تصمیم‌گیران در به کارگیری داده‌ها و مدل‌ها برای حل مسائل پیچیده کمک می‌کند و مدیران را در انتخاب بهترین تصمیم از بین چندین راه‌کار یاری می‌رساند (جعفری و همکاران، ۱۳۹۳). روش تحلیل سلسله مراتبی بسیار انعطاف‌پذیر است، به طوری که می‌تواند با پیشرفت تکنولوژی تکامل یابد (Maia & Schumann, 2007). نکته شایان ذکر این است که روی هم انداختن اطلاعات در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی بدون تحلیل و انجام عملیات ارزیابی چند معیاره نمی‌تواند برنامه‌ریزی و تصمیم درستی را ارائه دهد، چون اطلاعات گوناگون از جنس متفاوت، با واحدهای گوناگون وجود دارد. همچنین وقتی عوامل و معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری دخالت می‌کنند باید اولویت و وزن آن‌ها نسبت به هم‌دیگر معین شود، یعنی الویت همه در وزن‌دهی عوامل یکسان نیست (جمالی، ۱۳۸۶). زمانی که چندین معیار برای مکان‌یابی در نظر گرفته می‌شود، مکان‌یابی پیچیده می‌شود و پیچیدگی زمانی بالا می‌گیرد که معیارها با یک‌دیگر در تضاد و یا از جنس‌های مختلف باشند. در این هنگام کار ارزیابی از حالت ساده تحلیل که ذهن قادر به انجام است خارج شده و ابزار قوی‌تری نیاز خواهد بود. AHP، یکی از کارآمدترین ابزارهای تعاملی سیستم‌های تصمیم یار مکانی است (Marinoni, 2004). زیرا این فرایند روشی است منعطف، قوی و ساده است که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم متضاد و انتخاب بین گزینه‌ها مشکل باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Assimacopolus, 2008). این روش در سال ۱۹۸۰، توسط توماس. ال. ساعتی برای بیان تصمیم‌گیری‌های چند معیاره پیشنهاد شد و تا کنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (Marinoni, 2004). این فرایند مبتنی بر نظریه ساده‌ای است که بر سه اصل تجزیه، قضاوت مقایسه‌ای و سنتز سلسله مراتبی اولویت‌ها استوار است. در این زمینه مطالعات گوناگونی در داخل و خارج کشور انجام شده است. به عنوان مثال حکمت پور و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری و قابلیت‌های GIS به مکان‌یابی مناطق مناسب جهت اجرای طرح تغذیه مصنوعی در دشت ورامین پرداختند. Winnaar et al (2007)، محل‌های دارای پتانسیل برای

[۱] Analytical Hierarchy Process (AHP)
[۲] Geographical Information System

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

جمع‌آوری رواناب را بر اساس قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، در حوضه پوتشینی رودخانه توکلا در آفریقای جنوبی شناسایی نمودند. آنان برای این منظور تغییرات مکانی خاک، کاربری اراضی، بارش و شیب را در نظر گرفته و با خروجی که شامل نقشه محل‌های مناسب برای جمع‌آوری رواناب بود، نشان دادند حدود ۱۸ درصد مساحت حوضه برای جمع‌آوری رواناب دارای تناسب بالایی است و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی این مناطق می‌تواند نقش مهمی را ایفا نماید. Mbilinyi et al., (2007)، برای شناسایی محل‌های دارای پتانسیل برای جمع‌آوری آب باران، از سیستم تصمیم‌گیری بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. برای این منظور لایه‌های اطلاعاتی بارش، شیب بافت خاک، عمق خاک، شبکه زهکشی و کاربری وارد سیستم تصمیم‌گیری بر پایه GIS شد. خروجی حاصل نقشه محل‌های دارای پتانسیل برای جمع‌آوری و ذخیره آب را نشان داد. آنان در این مطالعه قابلیت کاربرد سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در شناسایی مکان‌های مستعد برای جمع‌آوری آب باران را نشان دادند. خیرخواه زرکش (۱۳۸۷)، در تحقیقی از روش تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی مناطق احداث سد زیرزمینی در منطقه نطنز استفاده نمود. ناصری و همکاران (۱۳۸۸)، با تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی مکان‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی را تشخیص دادند. عشقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)، در تحقیقی محل‌های مناسب جمع‌آوری رواناب به منظور تغذیه قنوات را در حوضه آبخیز کلات گناباد با در نظر گرفتن پارامترهایی چون خاک، کاربری زمین، بارندگی و شیب مناطق مستعد جمع‌آوری باران در استان شناسایی کردند. حبیب آبادی و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از GIS مناطق مستعد جمع‌آوری باران را در استان تهران مکان-یابی کردند. گهرنژاد و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از GIS مناطق مستعد سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب را بررسی نمودند. جهت تعیین پتانسیل حوضه برای استحصال آب، ۶ عامل بارش، شیب، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، زهکشی و عمق خاک مورد استفاده واقع شدند. برای متغیرهای کمی، از منطق فازی و برای متغیرهای کیفی از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. اولیایی (۱۳۹۱)، از تحلیل سلسله مراتبی بر پایه GIS برای مکان‌یابی مناطق مستعد طرح‌های تغذیه مصنوعی استفاده کرده است. برای این منظور از پارامترهای شیب، کاربری اراضی، نفوذپذیری و بارندگی به عنوان عوامل تاثیرگذار بر نفوذ و ذخیره آب باران در پروفیل خاک استفاده شد. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به این پارامترها و وزن‌دهی و تلفیق آن‌ها، در نهایت نقشه مناطق مناسب به دست آمد. محمودی (۱۳۹۱)، با بررسی مکان‌یابی مناطق مناسب برای ذخیره آب باران نشان داد که با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی اثر بارندگی در حوضه آبخیز از بقیه عوامل بیشتر بوده و بعد از آن به ترتیب نفوذپذیری خاک، پوشش سطحی خاک و شیب دارای بیشترین اثر هستند. جعفری و همکاران (۱۳۹۳)، با بررسی سامانه تصمیم یار مکانی در قابلیت تعیین مناطق مناسب اجرای پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ در حوضه آبخیز میخوران نشان دادند این سامانه قابلیت مناسبی را در این خصوص دارا می‌باشد. در مطالعه دیگری در حوضه آبخیز پیسانگان در منطقه راجستان هند Prasad et al., (2014) در آنالیز تناسب سایت برای احداث سازه‌های استحصال آب از روش‌های تصمیم-گیری چند معیاره در محیط GIS بهره بردند. آن‌ها مدل شاخص وزنی را جهت اولویت‌بندی سایت‌ها به کار بستند و جهت تعیین امتیاز هر سایت از وزن‌دهی به معیارهای بارندگی، شیب، بافت خاک، زهکشی و کاربری اراضی به کمک تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. Albalawneh et al., (2015) با استفاده از سنجه‌های چشم‌انداز و تحلیل سلسله مراتبی به ارزیابی مکان‌های مناسب جهت استحصال آب باران در کشور اردن پرداختند. آن‌ها از تحلیل سلسله مراتبی جهت رتبه‌بندی سایت‌ها با توجه به سنجه‌های تحلیل چشم‌انداز استفاده کردند. عملکرد و کارایی تحلیل سلسله مراتبی در وزن‌دهی به عوامل مختلف طبیعی و زیست محیطی جهت برنامه‌ریزی در حوضه آبخیز توسط Memarian et al., 2014 & 2012) نیز مورد تایید و تاکید قرار گرفته است.

یکی از مشکلات اصلی و عمده در حوضه آبخیز رود سراب شهرستان خوشاب، کاهش شدید دبی منابع آب به دلیل کاهش بارندگی و خشکسالی ممتد می‌باشد. اگر چه منطقه مورد مطالعه یک منطقه کوهستانی می‌باشد و پاره‌ای از

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

خصوصیات کوهستانی در آن وجود دارد، لیکن واقع شدن منطقه در جوار مناطق بیابانی سبزوار سبب شده تا اقلیم منطقه از نوع نیمه‌خشک باشد و بنابراین میزان بارش نیز متناسب با آن (۲۷۶ میلی‌متر) برای رشد گیاهان کافی به نظر نیاید. بنابراین مردم منطقه از دیرباز متوسل به فنون و روش‌هایی برای استفاده از منابع آب زیرزمینی و استفاده از آن در امور باغداری و کشاورزی شدند به طوری‌که تعداد قنات‌های حوضه مورد مطالعه به حدود ۱۰۰ قنات می‌رسد. که به دلیل خشک‌سالی اکثر قنوات دچار کم آبی و یا با دبی و راندمان بسیار کمی روبرو شده‌اند (مهندسین مشاور آبخیز گستر شرق، ۱۳۹۳) لذا با توجه به شرایط موجود، برای جمع‌آوری و شناسایی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری آب باران، پروژه‌های مرتبط با مکان‌یابی و ذخیره آب‌های سطحی در این حوضه توصیه می‌شود. در این مطالعه نیز روش تحلیل سلسله مراتبی در تلفیق با سامانه اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ و بانکت‌بندی در حوضه آبخیز رود سراب شهرستان خوشاب مورد آزمون قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

حوضه آبخیز رود سراب با مساحتی در حدود ۸۲۰۰ هکتار در محدوده بخش مرکزی شهرستان خوشاب استان خراسان رضوی واقع گردیده است (شکل ۱). محدوده مورد مطالعه بر اساس طول و عرض جغرافیایی در مختصات جغرافیایی (طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۳۸ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۵۷ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه و ۳۵ ثانیه و ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه و ۵۵ ثانیه شمالی) قرار دارد. این حوضه دارای ۱۱ خروجی هیدرولوژیک می‌باشد. از نظر تقسیمات حوضه‌های آبریز کشور، این حوضه جزء حوضه‌ی کویر مرکزی می‌باشد. حداکثر ارتفاع حوضه ۲۰۵۷ متر، حداقل ارتفاع حوضه برابر ۱۳۶۱ متر از سطح دریا و شیب متوسط حوضه ۳۱/۴ درصد می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه این منطقه در حدود ۲۷۶ میلی‌متر و اقلیم آن بر اساس اقلیم نمای آمبرژه خشک سرد می‌باشد. در این حوضه ۶ روستا با جمعیتی در حدود ۱۰۴۰ خانوار زندگی می‌کنند. کاربری‌ها در حوضه به صورت کشاورزی دیم و آبی، مرتع، مسکونی و رخنمون سنگی می‌باشد (مهندسین مشاور آبخیز گستر شرق، ۱۳۹۳).

روش‌های کنترل رواناب و استحصال آب

برای انتخاب روش مناسب جهت استحصال آب و محل مناسب برای هر روش تعاریفی ارایه شده است که با توجه به شرایط محیطی انتخاب می‌گردد. در این تحقیق به منظور تصمیم‌گیری در خصوص مکان‌یابی مناسب اجرای پروژه‌های پیتینگ، فاروئینگ، بانکت‌بندی از داده‌های مکانی متعدد نظیر داده‌های پوشش گیاهی، خاک‌شناسی، توپوگرافی، بارندگی و ... به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی در سه مرحله مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که پردازش داده‌های مکانی در محیط نرم افزار Arc GIS انجام شده است. جزئیات تعاریف مورد استفاده در ادامه تشریح شده است.

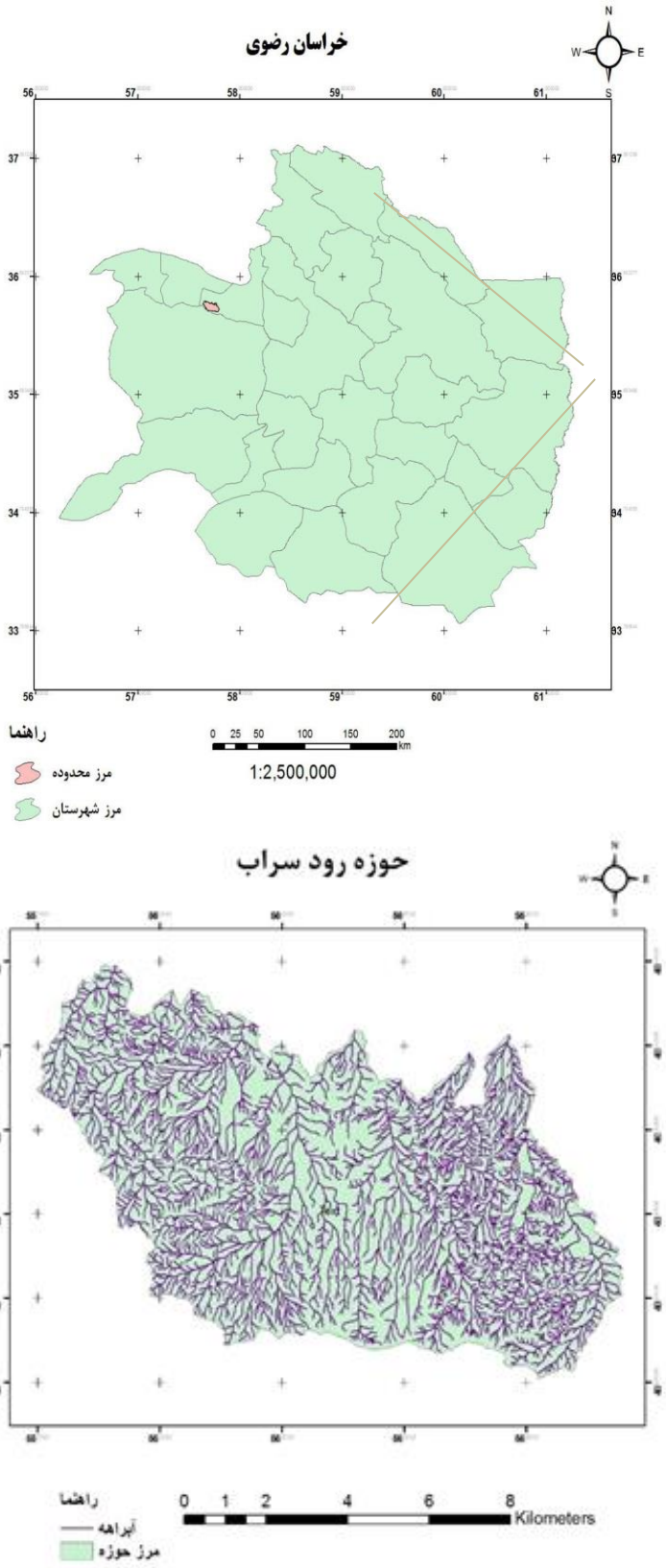
رواناب هنگامی اتفاق می‌افتد که سرعت آب‌های جاری از سرعت نفوذ بیشتر باشد. لذا روش‌های مختلف عملیات مکانیکی و بیولوژیکی که به نوعی سعی در کاهش سرعت آب داشته باشند، یک روش حفاظت آب و خاک محسوب می‌گردند. روش‌های مختلف کنترل رواناب که در این مطالعه مورد بررسی قرار می‌گیرد به شرح زیر است:

پیتینگ

پیتینگ عبارتست از ایجاد چاله‌های کوچک قایقی شکل در مراتع جهت نگه‌داری باران و هرزآب‌های حاصل از باران و نفوذ آن در خاک به منظور افزایش رطوبت قابل استفاده و در نتیجه افزایش تولید علوفه (مصداقی، ۱۳۷۲). این روش معمولا برای مراتع با وضعیت متوسط تا ضعیف که در آن تخریب به چشم می‌خورد، مناسب می‌باشد. در منابع مختلف به وضوح شرایط مورفومتریک و زمین‌شناسی خاک برای اجرای این تکنیک آورده شده است. ولی به طور کلی

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

شرایط مهم ذکر شده عبارتند از بارندگی ۱۰۰- ۳۰۰ میلی‌متر، خاک‌های با بافت متوسط و نسبتا سنگین و شیب کمتر از ۱۰ درصد (اسکندری، ۱۳۸۷).



شکل (۱): موقعیت حوضه آبخیز رود سراب در استان خراسان رضوی

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

کنتور فارو

این عملیات در مناطقی با وسعت کم صورت می‌گیرد به طوری که در دامنه‌های منظم که دارای خاک با عمق کم تا متوسط بوده و ماشین‌آلات کشاورزی بتوانند در آن تردد نمایند، قابل اجرا می‌باشد. در منابع مختلف برای این عملیات دامنه‌های منظم، شیب‌های تا حدود ۲۰ درصد، بارندگی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر مناسب دانسته شده است. این عملیات شرایطی مانند پیتینگ دارد که فقط در آن محدودیت شیب ۱۰ تا ۲۰ درصد تعریف شده است (مصداقی، ۱۳۷۲).

بانکت‌بندی

عمل بانکت‌ها جمع کردن آب‌های برف و باران و کاهش سرعت آن‌ها و همچنین نفوذ دادن این آب‌ها به زمین است. بنابراین بانکت‌ها هم باعث حفظ آب و هم مانع فرسایش خاک می‌شوند. در بانکت‌های شیب‌دار جریان آب کاملا متوقف نمی‌شود، بلکه سرعت آب کاهش یافته و فرصت کافی برای نفوذ پیدا می‌نماید. همچنین بانکت‌های شیب‌دار در مناطقی ساخته می‌شوند که شدت بارندگی نسبت به نفوذ خاک بیشتر است. بانکت‌های افقی بیشتر در مناطقی ساخته می‌شوند که میزان بارندگی نسبت به نفوذپذیری خاک کمتر است و ساختن آن‌ها در مناطق خشک و کم باران به منظور تولید محصول از اهمیت بیشتری برخوردار است (ضیایی، ۱۳۸۰). مساله مهمی که باید به آن اشاره شود این است که بانکت‌بندی در مناطقی که متوسط بارندگی سالیانه آن‌ها کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر است بیشتر کاربرد داشته و با توجه به نوع بانکت پیشنهاد شده در مناطقی که دارای شیب بین ۶ تا۶۰ درصد باشد احداث می‌شود (معاونت برنامه-ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۹۰).

روش تجزیه و تحلیل

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز حوضه مطالعاتی اولین مرحله تحقیق بود، در این مرحله برخی از مشخصات و ویژگی‌های منطقه از جمله خصوصیات فیزیوگرافی، اقلیم، خاک‌شناسی و کاربری‌های اراضی از گزارش‌های موجود در اداره منابع طبیعی استخراج شد.

در فرایند AHP، در بالاترین سطح، هدف قرار دارد و در سطوح بعدی، به ترتیب معیارها، زیرمعیارها و عوامل قرار گرفته‌اند. این فرایند مبتنی بر معیارهایی است که با یک مقیاس نسبی قابل اندازه‌گیری هستند و تصمیم گیرندگان باید مقایسه‌ای به صورت ۲ به ۲ برای معیارها داشته باشند. در روش AHP، معیارها ابتدا به صورت کیفی بوده و بعد با بهره‌گیری از جدول ساعتی به صورت کمی ارایه می‌شوند. در این فرایند نسبت ناسازگاری (Consistency RatiO) تعیین می‌شود و اگر میزان آن کمتر از ۰/۱ باشد، دلالت بر سطح قابل قبول سازگاری مقایسه‌های ۲ به ۲ دارد (Cimren et al., 2007). به منظور تهیه برخی از لایه‌های اطلاعاتی به عنوان داده‌های اطلاعاتی اولیه مورد نیاز فرایند تحلیل سلسله مراتبی به منظور مکان‌یابی پروژه‌های پیتینگ، فاروئینگ و بانکت‌بندی در حوضه آبخیز رود سراب، از تحلیل زمین آماری در محیط نرم افزاری GIS استفاده گردید. در ادامه، مدل شاخه درختی طراحی شد. در طراحی این مدل ارتباط هر عنصر با سایر عناصر در ساختار رده‌ای و در سطوح مختلف « هدف اصلی، معیارها و زیر معیارها» مشخص گردید و ارتباط هدف اصلی موجود از مسئله با پایین‌ترین رده موجود از سلسله مراتب تشکیل شده مشخص شد. در گام بعدی به دلیل این که عوامل در نظر گرفته شده دارای واحدهای مختلف هستند مثلاً هکتار و کیلوگرم، استانداردسازی هر یک از عوامل از طریق وزن‌دهی مستقیم و با استفاده از روش رتبه‌بندی از صفر تا یک صورت گرفت و تحلیل سلسله مراتبی انجام شد. در این روش، رتبه‌بندی هر معیار بر حسب اولویت تصمیم‌گیران انجام شد. به منظور استاندارد سازی عوامل، در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر یک از عوامل پروژه‌های مختلف را در محیط Arc GIS وارد کرده و سپس ارزش‌های جدید بر اساس رتبه‌بندی اعمال شدند پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز، با به کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، شامل طراحی مدل شاخه درختی،

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

استانداردسازی داده‌ها، وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها و تعیین میزان ناسازگاری، اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی مکان‌های مناسب اجرای پروژه‌های پیتینگ، فاروئینگ، بانکت‌بندی در حوضه آبخیز رودسراب گردید.

وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها و تعیین میزان ناسازگاری قضاوت‌ها

وزن‌دهی زیرمعیارها به کمک نرم افزار Expert Choice انجام شد. بدین منظور، وزن‌دهی به کمک روش مقایسه زوجی انجام شد. در این روش دو زیرمعیار در یک زمان با یکدیگر مقایسه شدند، که البته ارزش‌های نسبی در مقیاس پیوسته‌ای از ۱ تا ۹ درجه‌بندی می‌شود. لازم به ذکر است که پس از وزن‌دهی، میزان ناسازگاری وزن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. باید توجه داشت که میزان ناسازگاری در وزن‌دهی تا حد امکان از صفر تا یک دهم (۰/۱) تغییرات داشته باشد. به منظور وزن‌دهی زیرمعیارها، در برنامه Expert Choice لایه‌های استاندارد شده مربوط به هر کدام از زیرمعیارها انتخاب شدند و به بخش توصیف‌گر اضافه گردیدند. در این مرحله ماتریس ارجحیت زیر معیارها تکمیل شده و محاسبات انجام شد.

پس از وزن‌دهی زیرمعیارها و تعیین میزان ناسازگاری قضاوت‌های زوجی، در گام بعد، نقشه‌های تحلیل سلسله مراتبی زیرمعیارها که در مرحله قبل آماده شده بود کلاسه‌بندی شدند. در این مرحله نیز وزن‌های نرمال معیارها و همچنین میزان ناسازگاری قضاوت‌ها توسط نرم‌افزار محاسبه و ارائه گردیدند. پس از تعیین وزن‌های نرمال معیارها و اطمینان از مناسب بودن میزان سازگاری قضاوت‌ها، با اعمال وزن‌های نرمال معیارهای مربوط به هر یک از پروژه‌های فاروئینگ، پیتینگ و بانکت‌بندی، نقشه نهایی پهنه‌بندی مکان‌های مناسب هر یک از پروژه‌ها ایجاد شدند. در نهایت، از طریق انتخاب کاملاً تصادفی ده نقطه برای هر یک از عملیات در منطقه مورد مطالعه، با انجام بازدیدهای میدانی و کنترل عوامل مشارکت کننده در تعیین مناسب بودن هر محل برای نوع خاصی از عملیات، اعتبار نقشه پهنه‌بندی تعیین شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق معیارها و زیرمعیارهای تاثیرگذار بر مکان‌یابی انجام پروژه‌های پیتینگ، فاروئینگ، بانکت‌بندی در قالب چهار معیار و هفت زیر معیار شناسایی و تحلیل شدند که این فرایند بیان کننده تعداد معیارها و زیرمعیارهای دخیل در انتخاب مکان‌های مناسب برای اجرای پروژه‌های پیتینگ، فاروئینگ و بانکت‌بندی می‌باشد. وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با خاک (گروه هیدرولوژیکی خاک، عمق خاک و کاربری اراضی)، پوشش گیاهی (تیپ گیاهی)، توپوگرافی (جهت و درصد شیب) و اقلیم (میزان بارندگی) پروژه‌های بانکت‌بندی، پیتینگ و فاروئینگ در جداول زیر ارائه گردیده است. نرخ سازگاری پروژه‌های بانکت‌بندی، پیتینگ و فاروئینگ به ترتیب در جداول شماره (۱، ۳ و ۵) ارائه گردیده است.

جدول (۱): وزن‌دهی معیارها و تعیین میزان ناسازگاری قضاوت‌ها برای پروژه بانکت‌بندی

پارامترها	توپوگرافی	بارندگی	پوشش سطح زمین	خاک
توپوگرافی	۱/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۳/۰۰
بارندگی	۰/۲۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۰/۳۳
پوشش سطح زمین	۰/۲۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۳
خاک	۰/۳۳	۳/۰۰	۳/۰۰	۱/۰۰
مجموع	۱/۷۳	۱۱/۰۰	۹/۵۰	۴/۶۷
نرخ ناسازگاری				۰/۰۴

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

جدول (۲): ماتریس وزن‌دهی معیارهای موثر در پروژه بانکت‌بندی

وزن ها	خاک	پوشش سطح زمین	بارندگی	توپوگرافی	پارامترها
۰/۵۵۰	۰/۶۴	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۵۸	توپوگرافی
۰/۰۸۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۲	بارندگی
۰/۱۱۸	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۱۲	پوشش سطح زمین
۰/۲۴۹	۰/۲۱	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۱۹	خاک
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	مجموع

جدول (۳): وزن‌دهی معیارها و تعیین میزان ناسازگاری قضاوت‌ها برای پروژه پیتینگ

خاک	پوشش سطح زمین	بارندگی	توپوگرافی	پارامترها
۶/۰۰	۴/۰۰	۸/۰۰	۱/۰۰	توپوگرافی
۰/۳۳	۰/۲۵	۱/۰۰	۰/۱۳	بارندگی
۲/۰۰	۱/۰۰	۴/۰۰	۰/۲۵	پوشش سطح زمین
۱/۰۰	۰/۵۰	۳/۰۰	۰/۱۷	خاک
۹/۳۳	۵/۷۵	۱۶/۰۰	۱/۵۴	مجموع
۰/۰۳	نرخ ناسازگاری			

جدول (۴): ماتریس وزن‌دهی معیارهای موثر در پروژه پیتینگ

وزن ها	خاک	پوشش سطح زمین	بارندگی	توپوگرافی	پارامترها
۰/۶۲۲	۰/۶۴	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۶۵	توپوگرافی
۰/۰۵۶	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	بارندگی
۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۱۶	پوشش سطح زمین
۰/۱۲۲	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۱۱	خاک
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	مجموع

جدول (۵): وزن‌دهی معیارها و تعیین میزان ناسازگاری قضاوت‌ها برای پروژه فاروئینگ

خاک	پوشش سطح زمین	بارندگی	توپوگرافی	پارامترها
۳/۰۰	۴/۰۰	۷/۰۰	۱/۰۰	توپوگرافی
۰/۱۷	۰/۵۰	۱/۰۰	۰/۱۴	بارندگی
۰/۲۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۰/۲۵	پوشش سطح زمین
۱/۰۰	۵/۰۰	۶/۰۰	۰/۳۳	خاک
۴/۳۷	۱۰/۵۰	۱۶/۰۰	۱/۷۳	مجموع
۰/۰۷		نرخ ناسازگاری		

جدول (۶): ماتریس وزن‌دهی معیارهای موثر در پروژه فاروئینگ

وزن ها	خاک	پوشش سطح زمین	بارندگی	توپوگرافی	پارامترها
۰/۵۲۱	۰/۶۹	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۵۸	توپوگرافی
۰/۰۵۸	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	بارندگی
۰/۱۰۳	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۱۴	پوشش سطح زمین
۰/۳۱۸	۰/۲۳	۰/۴۸	۰/۳۸	۰/۱۹	خاک
۱/۰۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	مجموع

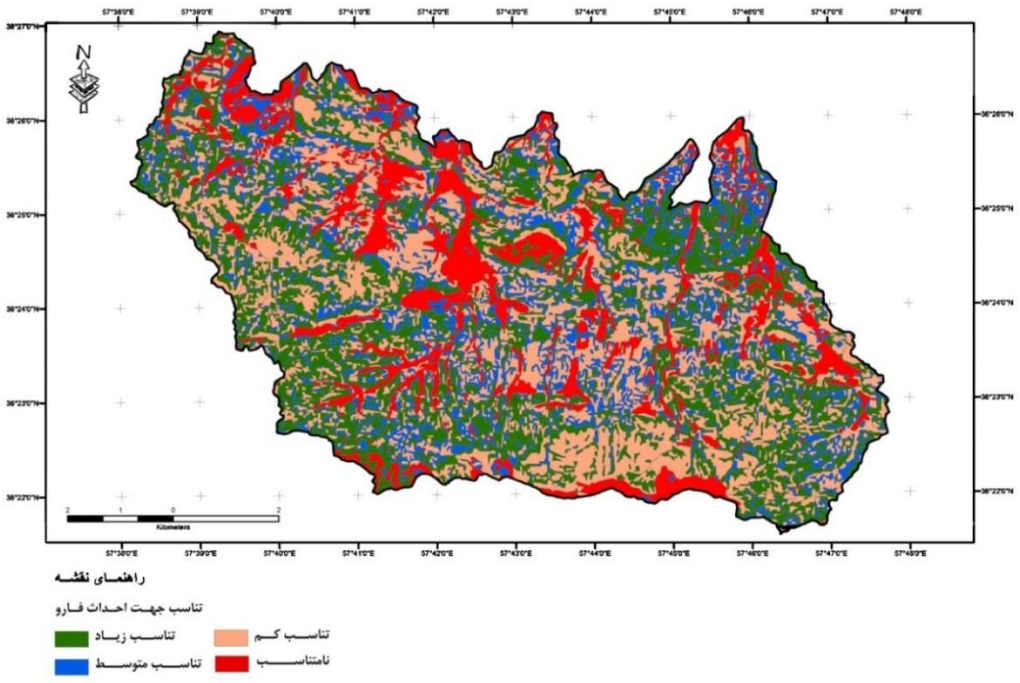
[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

به طور کلی نرخ ناسازگاری قضاوت‌ها بر اساس روش AHP برای پروژه بانکت‌بندی ۰/۰۴، پروژه پیتینگ ۰/۰۳ و نرخ ناسازگاری برای پروژه فاروئینگ ۰/۰۷ به دست آمده است. در نهایت با کمک نرم افزار Arc GIS با اعمال وزن‌های نرمال معیارها، نقشه پهنه‌بندی مکان‌های مناسب پروژه‌های فاروئینگ، پیتینگ و بانکت‌بندی تهیه شد (شکل‌های ۲ تا ۴).

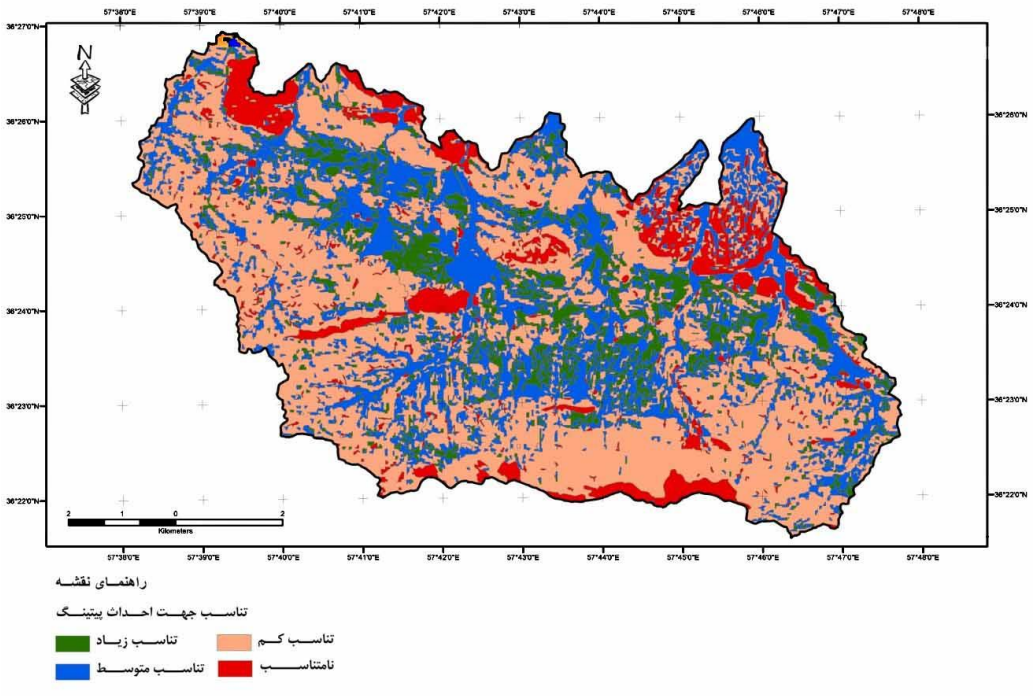
همان طوری که در جدول شماره (۲) دیده می‌شود در پروژه بانکت‌بندی معیار توپوگرافی با ضریب وزن ۰/۵۵ بالاترین سهم را در تعیین نقشه تناسب و معیار بارندگی با ضریب وزن ۰/۰۸۳ کمترین سهم را در نقشه تناسب دارند. در جدول شماره (۴) دیده می‌شود که در پروژه پیتینگ معیار توپوگرافی با ضریب وزن ۰/۶۲۲ بالاترین سهم در تعیین نقشه تناسب و معیار بارندگی با ضریب وزن ۰/۰۵۸ کمترین سهم را در نقشه تناسب دارند. در نهایت همانطور که در جدول شماره (۶) دیده می‌شود برای پروژه فاروئینگ معیار توپوگرافی با ضریب وزن ۰/۵۲۱ بالاترین سهم و معیار بارندگی با ضریب وزن ۰/۰۵۸ کمترین سهم را در تهیه نقشه تناسب دارند.

عمدتا مناطقی که در واحد کوهستان با تیپ‌های زمین شناسی آبرفتی و آذرین حد واسط و واحد تپه ماهور با همان تیپ‌های زمین‌شناسی قرار گرفته‌اند به لحاظ اینکه معمولا دارای شیب‌هایی حداکثر تا ۲۰ درصد بوده و در دامنه‌های منظم و خاک با عمق متوسط هستند از تناسب بیشتری جهت احداث فاروئینگ برخوردارند (شکل ۲). مناطقی که در نواحی شمالی و مرکز حوضه قرار دارند و اکثرا در مناطق تپه ماهوری با واحدهای زمین‌شناسی آبرفتی و آذرین حد واسط توف قرار گرفته‌اند به لحاظ اینکه دارای شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد و خاک‌های با بافت متوسط و سنگین می‌باشند، تناسب بیشتری جهت احداث پیتینگ داشته حال آنکه مناطق دیگر که شیب زیاد و فاقد بافت متناسب هستند تناسب چندانی جهت احداث پیتینگ ندارند (شکل ۳). همچنین در شکل (۴) مناطقی که در ارتفاعات و بخش‌های جنوبی حوضه قرار دارند و اکثرا بر روی واحدهای کوهستانی با واحدهای زمین‌شناسی آهکی – آرژلیتی و آذرین حد واسط توف قرار گرفته‌اند که فاقد بیرون‌زدگی سنگی و شیب‌های بالای ۲۰ درصد می‌باشند دارای تناسب بیشتری جهت احداث بانکت بوده و حال آن‌که مناطقی که در واحد تپه ماهور با همان واحدهای زمین‌شناسی قرار دارند تناسب چندانی جهت احداث بانکت ندارند.

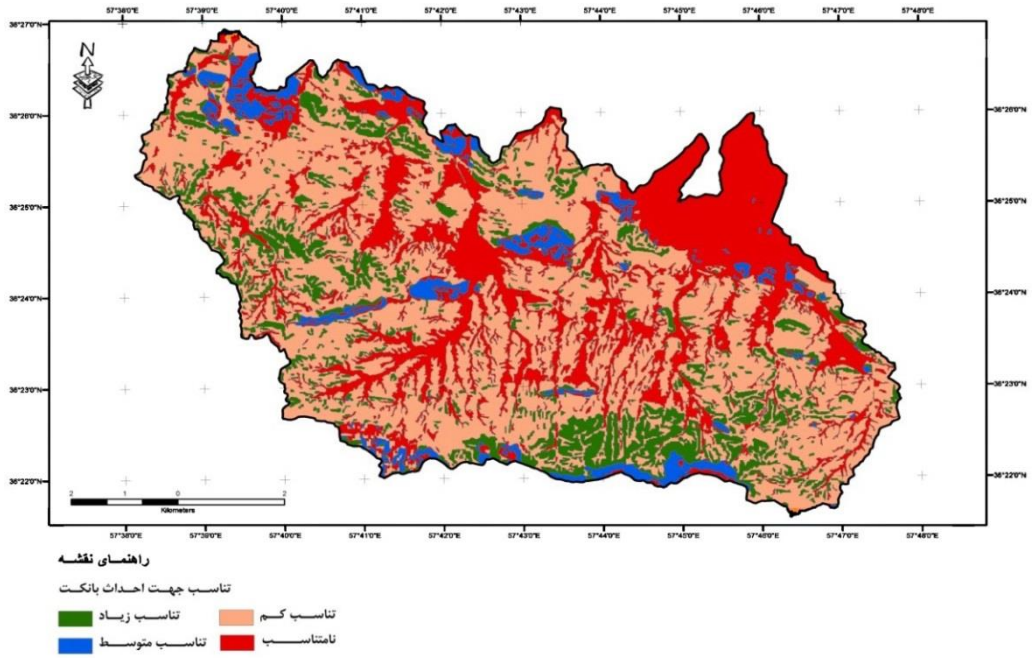


شکل (۲): نقشه مناطق مناسب جهت اجرای پروژه فاروئینگ در حوضه آبخیز رود سراب

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]



شکل (۳): نقشه مناطق مناسب جهت اجرای پروژه پیتینگ در حوضه آبخیز رود سراب



شکل (۴): نقشه مناطق مناسب جهت اجرای پروژه بانکت بندی در حوضه آبخیز رود سراب

با توجه به نقشه‌های بدست آمده از کل مساحت حوضه آبخیز مورد نظر (۸۱۹۸ هکتار) در مجموع ۹۲۷ هکتار دارای تناسب زیاد برای پروژه پیتینگ، ۲۵۹۴ هکتار دارای تناسب زیاد برای پروژه فاروئینگ و ۱۰۸۷ هکتار دارای تناسب زیاد برای پروژه بانکت‌بندی می‌باشد.

در نتایج بدست آمده در مرحله وزن‌دهی معیارها، میزان ناسازگاری مقایسات زوجی معیارهای پروژه فاروئینگ، پیتینگ و بانکت بندی به ترتیب ۰/۰۷، ۰/۰۳ و ۰/۰۴ برآورد شد. این ارقام با توجه به اینکه کمتر از ۰/۱ برآورد شده‌اند

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

نشان دهنده صحت وزن‌دهی انجام شده می‌باشند (Memarian et al., 2014). در این تحقیق معیارها و زیرمعیارهای تاثیر گذار بر مکان‌یابی انجام پروژه‌های پیتینگ، فاروئینگ، بانکت‌بندی در قالب چهار معیار و هفت زیر معیار شناسایی و تحلیل شدند که این فرایند بیان کننده تعدد معیارها و زیر معیارهای دخیل در انتخاب مکان‌های مناسب برای اجرای پروژه‌های پیتینگ، فاروئینگ و بانکت بندی می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیق از بین معیارهای مورد نظر معیار توپوگرافی با وزن نرمال ۰/۶۲۹ بیشترین تاثیر و معیار بارندگی با وزن نرمال ۰/۰۵۴کمترین تاثیر را بر مکان یابی اجرای پروژه پیتینگ دارا هستند. از بین معیارهای تاثیر گذار بر مکانیابی اجرای پروژه فاروئینگ، معیار توپوگرافی با وزن نرمال ۰/۵۶۳ بیشترین تاثیر و معیار بارندگی با وزن نرمال ۰/۰۵۵ کمترین تاثیر را دارند. همچنین از بین معیارهای تاثیر گذار بر مکانیابی اجرای پروژه بانکت‌بندی، معیار توپوگرافی با وزن نرمال ۰/۵۵۶ بیشترین تاثیر و معیار بارندگی با وزن نرمال ۰/۰۸۱ کمترین تاثیر را دارد. مهمترین دلیل در کم بودن تاثیر معیار بارش در مکان یابی سایت‌ها را می‌توان به وسعت کم حوضه، یکسان بودن شرایط اقلیمی و اختلاف کم بارش در طبقات مختلف ارتفاعی حوضه دانست. پس از معیار توپوگرافی، معیارهای خاک و پوشش گیاهی بیشترین وزن و اهمیت را در تعیین شایستگی دارا می‌باشند. به طوری که در پروژه بانکت بندی، معیارهای خاک و پوشش دارای وزن ۰/۲۴۹ و ۰/۱۱۸ و در پروژه فاروئینگ دارای وزن ۰/۳۱۸ و ۰/۱۰۳ می‌باشند. اما در پروژه پیتینگ معیار پوشش سطح زمین دارای وزن بالاتری از معیار خاک با ارزش ۰/۱۲۲ است. این تفاوت موید این مطلب است که معیارهای موثر در مکان یابی پروژه‌ها ممکن است دارای اهمیت یکسانی نباشند (جعفری و همکاران، ۱۳۹۳). در میان پروژه‌های مورد مطالعه، معیار توپوگرافی بیشترین ارزش و نقش را در مکان یابی پروژه پیتینگ دارا می‌باشد.

نتایج اعتبار سنجی نشان می‌دهد که در بین نقشه‌های شایستگی تولید شده، نقشه شایستگی پروژه پیتینگ با میزان صحت ۷۹٪ بالاترین اعتبار را داراست و پس از آن نقشه‌های شایستگی پروژه‌های فاروئینگ و بانکت بندی با میزان صحت ۷۴٪ و ۶۹٪ قرار می‌گیرند. همان طور که در مطالعات مشابه (سوری و همکاران، ۱۳۹۱؛ جعفری و همکاران، ۱۳۹۳) تاکید شده است، عامل مقیاس و رزولوشن نقشه‌های پایه می‌تواند مهمترین دلیل در کاهش صحت نقشه‌های تولید شده باشد.

در پایان تاکید می‌شود که سیستم اطلاعات جغرافیایی در تلفیق با روش‌های تصمیم گیری چند معیاره ابزاری مفید و کارآمد در مکان یابی پروژه‌های جمع آوری آب باران و رواناب های سطحی می‌باشد (Albalawneh et al., 2015 ؛ Mbilinyi et al., 2007 ؛ خیرخواه زرکش و همکاران، ۱۳۸۷؛ عشقی زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

نتیجه‌گیری

نتایج کاربرد AHP در محیط GIS جهت مکان یابی پروژه‌های استحصال آب موید این نکته است که از بین معیارهای مورد نظر معیار توپوگرافی بیشترین تاثیر و معیار بارندگی کمترین تاثیر را بر مکان یابی اجرای پروژه‌ها دارا هستند. نتایج تلفیق لایه‌ها بروش ترکیب خطی وزنی در محیط GIS نشان داد عمدتا مناطقی که در واحد کوهستان با تیپ‌های زمین شناسی آبرفتی و آذرین حد واسط و واحد تپه ماهور با همان تیپ‌های زمین‌شناسی قرار گرفته‌اند به لحاظ اینکه معمولا دارای شیب‌هایی حداکثر تا ۲۰ درصد بوده و در دامنه‌های منظم و خاک با عمق متوسط بوده از تناسب بیشتری جهت احداث فاروئینگ برخوردارند. مناطقی که در نواحی شمالی و مرکز حوضه قرار دارند و اکثرا در مناطق تپه ماهوری با واحدهای زمین‌شناسی آبرفتی و آذرین حد واسط توف قرار گرفته‌اند به لحاظ اینکه دارای شیب-های کمتر از ۱۰ درصد و خاک‌های با بافت متوسط و سنگین می‌باشند، تناسب بیشتری جهت احداث پیتینگ داشته و مناطقی که در ارتفاعات و بخش‌های جنوبی حوضه قرار دارند و اکثرا بر روی واحدهای کوهستانی با واحدهای زمین-شناسی آهکی– آرژلیتی و آذرین حد واسط توف قرار گرفته‌اند که فاقد بیرون‌زدگی سنگی و شیب‌های بالای ۲۰ درصد

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

می‌باشند دارای تناسب بیشتری جهت احداث بانکت می‌باشند. نتایج اعتبار سنجی نیز نشان می‌دهد که در بین نقشه-های شایستگی تولید شده، نقشه شایستگی پروژه پیتینگ با میزان صحت ۷۹٪ بالاترین اعتبار را دارا است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی به دلیل در اختیار قرار دادن آرشیو مطالعات حوضه آبخیز رود سراب تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. شرکت آبخیز گستر شرق (۱۳۹۳). مطالعات فیزیوگرافی، خاک‌شناسی، هوا و اقلیم‌شناسی و ژئومورفولوژی حوضه آبریز رود سراب شهرستان خوشاب استان خراسان رضوی.
۲. اسکندری، ن.، ع. علیزاده و ف. مهدوی (۱۳۸۷). سیاست‌های مرتع‌داری در ایران. سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. نشر پونه.
۳. اولیایی، ع.، ا. فاتحی، ج. غلامی و م. همدم‌جو (۱۳۹۱). مکان‌یابی مناطق مناسب برای استحصال آب باران (مطالعه موردی حوضه سیج و آل). اولین کنفرانس ملی راه‌کارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران- وزارت کشور.
۴. جعفری، م.، ح. آذرنیوند، م. سوری و س.خ. مهدوی (۱۳۹۳). مکان‌یابی اجرای پروژه‌های پیتینگ و فاروئینگ به کمک سیستم تصمیم یا مکانی (مطالعه موردی : استان کرمانشاه)، فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۲۱. شماره ۱ .
۵. جمالی، ع. ا.، ج. قدوسی و م. فرح‌پور (۱۳۸۶). سامانه تصمیم یار مکانی در تعیین مناطق مناسب عملیات بیولوژیک و مکانیکی حفاظت خاک، رساله دکتری. واحد علوم و تحقیقات. دانشگاه آزاد اسلامی.
۶. حبیب آبادی، ع. ع.، م. کوچک‌زاده و ر. طهماسبی (۱۳۸۹). مکان‌یابی مناطق مستعد برای جمع‌آوری آب باران در استان تهران با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس- دانشکده کشاورزی.
۷. حکمت پور، م.، س. فیض نیا، ح. احمدی و ا. خلیل پور (۱۳۸۶). پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی به کمک GIS و سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری (مطالعه موردی: دشت ورامین). مجله‌ی محیط شناسی، شماره ۴۲، ش ا تا ۸.
۸. خیرخواه زرکش، م. (۱۳۸۷). استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی، پژوهش وسازندگی، شماره ۷۹.
۹. سوری، م.، م. جعفری، ح. آذرنیوند و ب. فرخ زاده (۱۳۹۱). تعیین مناطق مناسب اجرای پروژه پخش سیلاب با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز میخوران کرمانشاه). پژوهش‌های آبخیزداری- شماره ۹۷.
۱۰. قاسمیه، ه. (۱۳۸۹) مدیریت جامع منابع آب با استفاده از روش DSS، مطالعه موردی (حوضه کاشان). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
۱۱. عشقی زاده، م.، ن. نورا و ح. حیدری (۱۳۸۹). انتخاب محل‌های مناسب جمع‌آوری رواناب به منظور تغذیه قنوات، (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کلات گناباد). پژوهش‌های آبخیزداری- شماره ۸۹.
۱۲. گهرنژاد، ع.، ک. سلیمانی، ب. حصاری و ح. گهرنژاد (۱۳۸۹). بررسی مناطق مستعد سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نازلوچای آذربایجان غربی).

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا – مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته علوم محیطی- دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۱۳. دفتر نظام فنی معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهوری و دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور (۱۳۹۰). مبانی طراحی و راهنمای اجرای سازه‌های کنترل فرسایش (جلد اول). نشریه شماره ۴۵۰-۱.

۱۴. مصداقی، م. (۱۳۷۲). مرتع‌داری در ایران، بنیاد فرهنگی رضوی، ص ۲۱۵.

۱۵. محمودی، ن. (۱۳۹۱). مکان‌یابی مناطق مناسب برای ذخیره آب باران (مطالعه موردی: حوضه آبخیز درخت سنجد). اولین همایش ملی سامانه سطوح آبگیر باران، مرکز آموزش جهاد کشاورزی خراسان رضوی - مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی - پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری - انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران.

۱۶. ناصری، ح. ر.، م.ج. عزیزخانی و س. مکنونی (۱۳۸۸). تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاری و اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی: دشت چاه دراز- سیرجان. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال سوم، شماره دهم، صفحات ۹۷- ۱۰۵.

17. Albalawneh A., Chang T.K., Huang C.W. and Mazahreh S. *(2015). Using Landscape Metrics Analysis and Analytic Hierarchy Process to Assess Water Harvesting Potential Sites in Jordan.* Environments, 2(3), 415-434.
18. Assimacopolous D. *(2005). An integrated Decision Support System for Evaluation of Water Management Strategies.* Journal of Water Practice & Technology, *11(1). 15-32.*
19. Çimren E., Çatay B. and Budak E. *(2007). Development of a machine tool selection system using AHP*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, *35(3-4), 363-376.*
20. Graymore M., Wallis A. and Richards A. *(2012). Regional sustainability: a GIS based multiple criteria analysis decision support tool for progressing sustainability*. In Eco Summit 2007: Ecological complexity and sustainability: challenges and opportunities for 21st century ecology . Ecological Society of China.
21. Mbilinyi B.P., Tumbo S.D. Mahoo H.F. Senkondo E.M. and Hatibu N. *(2007) Indigenous knowledge as decision support tool inrainwater harvesting.* Physics and Chemistry of the Earth *30:792–798.*
22. 31-Maia R. and Schumann A.H. *(2007). DSS application to the development of water management strategies in Ribeiras do Algarve River Basin*. Water resources management, *21(5), 897-907.*
23. Marinoni O. *(2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS*. Computers & Geosciences, *30(6), 637-646.*
24. Memarian H., Balasundram S.K., Talib J. B., Sung C.T.B., Sood A.M. and Abbaspour K. *(2012). Validation of CA-Markov for simulation of land use and cover change in the Langat Basin, Malaysia*.
25. Memarian H., Balasundram S. K., Abbaspour K. C., Talib J. B., Sung C. T. B. and Sood A. M. *(2014). Integration of analytic hierarchy process and weighted goal programming for land use optimization at the watershed scale*. Turkish J Eng Env Sci, 1, 20.
26. Prasad H. C., Bhalla P. and Palria S. *(2014). Site Suitability Analysis of Water Harvesting Structures Using Remote Sensing and GIS–A Case Study of Pisangan Watershed*. Ajmer District, Rajasthan. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, *1, 1471-1482*.
27. Winnaar G., Jewitt G.P.W. and Horan. M. *(2007). A GIS based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa*. Physics and Chemistry of the Earth, *32:1058–1067.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]

Site selection of water harvesting projects in arid and semi-arid watersheds using multi-criteria hierarchy decision making in GIS environment (Case study: Roodsarab watershed, Khooshab, Iran)

Yousefi M., Noormohamadi S., MemarianH
Email: Samiranoormohamadi70@gmail.com

Received: 2015/05
Accepted: 2015/09

Abstract

Water shortage has led to a fragile living condition in arid and semi-arid regions of the globe. Due to the limited time and amount of rainfall in these areas, presenting solutions for the utilization of rain water is the main concern of many residents and managers of these areas. There are some criteria to select the appropriate method of water harvesting and also site selection according to environmental conditions. In this study, to site selection of the projects Pitting, Furrowing, and Terracing, several types of spatial data, i.e. plant cover, soil, topography and climate were overlaid within a GIS framework through the Analytic Hierarchy Process (AHP) in a three step approach. In the first step, the hierarchical level was formed using the objectives, criteria and sub-criteria. During the second step, pair wise comparisons were implemented and consistency ratio was computed. Inconsistency ratio of the judgments for the projects Furrowing, Pitting and Terracing were determined to be 0.07, 0.03, and 0.04, respectively. These ratios were lower than the standard level of 0.1. Therefore the calculated weights were desired to be validated. Results showed that the criteria topography and climate with a normal weight of 0.563 and 0.055 respectively had the highest and the lowest impact on the site selection of Pitting. The same situation was happened for the projects Furrowing and Terracing with the normal weights 0.563, 0.055 and 0.566, 0.081, respectively. In the third step, all layers were overlaid to extract the suitability maps of the defined projects. Validation analysis of the suitability maps revealed that the suitability map of the Pitting project with the accuracy level of 79% was in the highest level of accuracy among the extracted suitability maps.

Keywords: Analytic hierarchy process, GIS, Pitting, Furrowing, Terracing, Site selection, Suitability map

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1394.3.3.1.5]