Archive of SID

چهارمین همایش ملی
سامانه های سطوح آبگیر باران
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
انجمن علمی سیستم های سطوح آبگیر باران ایران
مشهد مقدس ۲۹–۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۴

تعیین مناطق مستعد استحصال آب باران با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز رود سراب شهرستان خوشاب استان خراسان رضوی)

آرزو خیرخواه[1*]، فاطمه محمدی[2]، هادی معماریان[3]

1و 2- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند

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

چکیده

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا موجب شکننده شدن شرایط زیستی شده است. بنابراین شناسایی محل‌های مناسب جهت احداث سیستم‌های جمع آوری آب باران یک گام مهم در راستای به حداکثر رساندن آب قابل دسترس برای کشاورزی و دیگر مصارف محسوب می‌شود. با این حال انتخاب محل مناسب برای اجرای تکنولوژی‌های مختلف سیستم‌های جمع آوری آب باران در مقیاس بزرگ به دلیل نیاز به داده های زیست محیطی و زیر ساختی، یک چالش بزرگ تلقی می‌شود. در این تحقیق بیشتر عوامل تأثیر گذار بر نفوذ و ذخیره آب باران در پروفیل خاک در حوزه آبخیز رودسراب شهرستان خوشاب مشخص شده و وارد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) گردید که در این راستا وزن معیارهای شش گانه کاربری اراضی، شیب، نفوذپذیری، بافت خاک، عمق خاک و فاصله از آبراهه با استفاده از ext-AHP نرم‌افزار Arc GIS9.3 به ترتیب0/097، 0/2274، 0/۰،۱۰۶۴/2568، 0/۰،۱۹۵۸/1166 بدست آمد. بنابراین نتیجه می‌شود که اثر نفوذپذیری در منطقه از بقیه عوامل بیشتر بوده و بعد از آن به ترتیب شیب، فاصله از آبراهه، عمق خاک، بافت خاک، کاربری اراضی دارای بیشترین اثر هستند. پس از تعیین وزن هر یک از معیارهای مزبور نقشه پتانسیل ذخیره نزولات جوی جهت جمع آوری آب در محیط GIS به روش ترکیب خطی وزنی تهیه شد. در نهایت نقشه مناطق مناسب استحصال آب باران بدست آمد. سپس با استفاده از روش شکست‌های طبیعی هیستوگرام در محیط GIS به پنج طبقه خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف، خیلی ضعیف تقسیم شد، که از کل مساحت حوزه آبخیز مورد نظر (8200 هکتار) در مجموع 4243/68 هکتار دارای پتانسیل خیلی خوب، 1389/84 هکتار پتانسیل خوب، 1268/88 هکتار پتانسیل متوسط، 996/78 هکتار پتانسیل ضعیف و 257/32هکتار دارای پتانسیل خیلی ضعیف برای ذخیره رواناب دارند به طور کلی می توان این‌طور اظهار کرد که حدود 51/75% از کل حوزه دارای پتانسیل خیلی خوب و حدود16/95% دارای پتانسیل خوب برای استحصال رواناب است.

واژه های کلیدی: استحصال آب باران، تحلیل سلسله مراتبی، تصمیم گیری چند معیاره، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌یابی.

نویسنده مسئول آرزو خیرخواه : *www.arezookheyrkhah@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب در کنار مسائلی چون حفظ محیط زیست و ریشه کنی فقر و گرسنگی یک مسئله اساسی در توسعه ی پایدار محسوب شده و امری ضروری برای بقا و سلامتی بشر است (ریلما [1] و همکاران، 2005). همچنین رشد جمعیت و افزایش مصرف سرانه آب لزوم تأمین آب را برای این جمعیت رو به رشد به مسئله‌ای مهم و حیاتی تبدیل می کند. فعالیت های بشر باعث دگرگونی زمین در سطوح وسیع می‌شود، و منابع آب مورد نیاز در زمینه های مختلف را اعم از شهری، کشاورزی و ... تحت تأثیر قرار می دهد (ویتازک[2] و همکاران، 1997؛ ترنر[3] و همکاران، 1994). برآوردها نشان می‌دهد که تا سال 2025 دو نفر از هر سه نفر در دنیا در محیط هایی با تنش آبی زندگی خواهند کرد و این در حالی است که تعداد افرادی که در اروپا به آب پاک دسترسی ندارند از 100 میلیون به 400 میلیون نفر افزایش خواهد یافت. چنین مشکل بزرگی برای حل شدن نیاز به تلاش همگانی دارد (ریلما و همکاران، 2005). فائو (2003) کشاورزی را به عنوان بزرگترین مصرف کننده آب معرفی می‌کند که در حدود 75% آب شیرین جهان را به خود اختصاص می‌دهد. نوسانات گسترده در مقدار آب در دسترس یک محدودیت بزرگ برای تولید و سود بخشی در کشاورزی است که با خود فقر را به همراه می‌آورد (هتیبو[4] و همکاران، 2006).

راهکارهای مقابله با کم آبی در دو استراتژی مدیریت صحیح منابع آب و استحصال از منابع جدید آب خلاصه می‌شود (خیرخواه زرکش و همکاران، 1386). توجه به محدودیت منابع آب‌های زیرزمینی و افت سطح ایستابی و گاهاً شور شدن آب سفره‌ها به ویژه در مناطق نیمه خشک، ما را به سمت بهره‌برداری از آبهای سطحی ترغیب می‌کند. آب سطحی که نتیجه پاسخ بارش – رواناب در یک حوزه آبخیز است منبع آب بالقوه ای است که اگر به طور صحیح مدیریت شود می‌تواند برای تأمین تقاضا مفید واقع گردد. جمع آوری آب باران[5] گزینه ای مناسب است برای انحصار و ذخیره ی رواناب سطحی جهت کاربردهای بعدی به ویژه در طول دوره‌هایی که محدودیت دسترسی به آب وجود دارد (وینار[6] و همکاران، 2007). در این راستا یکی از مهم ترین و ضروری ترین مراحل به کارگیری سیستم‌های جمع آوری آب باران، مکان یابی و شناسایی محل‌های مناسب برای اجرای آن است. با شناسایی محل‌های مناسب، صرفه جویی قابل ملاحظه ای در زمان و هزینه صورت می‌گیرد (آرستی و معدل، 1381). سیستم اطلاعات جغرافیایی [7] با فراهم نمودن چارچوب مشخص برای جمع‌آوری، ذخیره سازی، تجزیه و تحلیل، نمایش تبدیل داده‌های مکانی و غیر مکانی، نگرش مفیدی را برای اهداف خاص فراهم می‌نماید (سلطانی، 1381). یکی ازکارامدترین تکنیک‌های تصمیم گیری فرآیند تحلیل سلسه مراتبی [8] است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی[9] در سال 1980 مطرح شد و براساس مقایسه های زوجی بنا نهاده شد و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چند گانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد (احمدی و همکاران،1384). ترکیب تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک های سیستم اطلاعات جغرافیایی

---

[1]- Relma
[2] -Vitousek
[3] -Turner
[4] -Hatibu
[5] -Rain Water Harvesting
[6] -Winnaar
[7] - Geographical Information System
[8] -Analytical Hierarchy Process
[9] -Saaty

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی تصمیم گیری مکانی را افزایش می دهد (ساعتی،1980) و ساختاری مناسب را جهت مکان‌یابی سامانه های استحصال آب باران با وجود معیارهای متفاوت ارائه می‌دهد.

تکنیک‌های ذخیره نزولات جوی عمدتاً در مناطقی با خاک‌هایی با نفوذپذیری بالا و اراضی قابل دسترس که سایر شرایط هیدرولوژیکی برای نفوذ جریان سطحی به داخل زمین مهیا باشد، کاربرد دارند (محمودی، 1391). با توجه به اینکه در بخش اعظم مناطق خشک ایران، متوسط بارندگی سالانه کمتر از 100 میلیمتر و پراکنش آن نامناسب است؛ توجه به حفظ و ذخیره نزولات آسمانی همراه با کشت گونه های گیاهی در جمع‌آوری آب، احیا و اصلاح مراتع بیشتر نمایان می‌شود (شهریاری، 1381). در زمینه مکان‌یابی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران مطالعات مختلفی انجام شده که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

خاشعی سیوکی و همکاران (1390) به ارزیابی پتانسیل استحصال آب از آبخوان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در دشت نیشابور پرداختند. آنها در مطالعه خود تنها از سه فاکتور ضریب انتقال آبخوان، شوری و افت سطح آب استفاده کردند. گاناپورام[10] و همکاران (2009) در مطالعه ای در ایالت آندرا پرادش در هند، به بررسی و تعیین مناطق دارای پتانسیل مناسب استحصال آب زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته‌اند. جوتیپراکاش[11] و ساتی (2009) به ارزیابی ساختارها و روش‌های جمع‌آوری آب باران با استفاده از سیستم تحلیل سلسله مراتبی برای مناطق صنعتی بزرگ مقیاس هندوستان پرداختند. نتایج تحقیقی در کشور تانزانیا نشان داده است که مناطق نزدیک رودخانه ها باشیب 30-10 درجه بهترین مکان برای استحصال آب باران می‌باشند (مکی رامویني[12] و همکاران، 2007). همچنین گومز و لینز[13] (2002) مفید بودن سیستم تصمیم گیری چند معیاره را در شناسایی مکان‌های مناسب برای پروژه‌های تغذیه آبخوان تایید کرده‌اند. وینار و همکاران (2007)، محل‌های دارای پتانسیل برای جمع آوری رواناب را بر اساس قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، در حوزه 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 18 درصد مساحت حوزه برای جمع‌آوری رواناب دارای تناسب بالایی است و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی این مناطق می‌تواند نقش مهمی را ایفا نماید. امبیلینی[14] و همکاران (2007)، برای شناسایی محل‌های دارای پتانسیل برای جمع آوری 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. اولیایی و همکاران (1391)، از تحلیل سلسله مراتبی بر پایه GIS برای مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران استفاده کرده است. برای این منظور از پارامترهای شیب، کاربری اراضی، نفوذ پذیری و بارندگی به عنوان عوامل تاثیر گذار بر نفوذ وذخیره آب باران در پروفیل خاک استفاده شد. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به این پارامترها و وزن دهی و تلفیق آنها، در نهایت نقشه مناطق مناسب به دست آمد. محمودی(1391) به منظور مکان‌یابی مناطق مناسب برای

[10]- Ganapuram
[11]- Jothiprakash
[12]- Mkiramwinyi
[13] - Gomes & Lins
[14]- Mbilinyi

www.SID.ir

Archive of SID

ذخیره آب باران که در حوزه آبخیز درخت سنجد انجام گرفت نشان می‌دهد که اثر بارندگی در منطقه بیش از سایر عوامل است و بعد از آن به ترتیب نفوذپذیری خاک، پوشش سطحی خاک و شیب دارای بیشترین اثر هستند. همچنین حدود 11 درصد از مساحت حوزه مربوط به مناطق با پتانسیل خوب برای ذخیره نزولات جوی می‌باشد. بنابراین نتایج حاصل از این تحقیقات نشان می‌دهد که سیستم اطلاعات جغرافیایی در تلفیق با روش های تصمیم گیری چند معیاره ابزاری مفید و کارامد در مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران می‌باشد.

یکی از مشکلات اصلی و عمده در حوزه آبخیز رودسرآب شهرستان خوشاب، کاهش شدید دبی منابع آب به دلیل کاهش بارندگی و خشکسالی ممتد می‌باشد. اگرچه منطقه مورد مطالعه یک منطقه کوهستانی می‌باشد و پاره‌ای از خصوصیات کوهستانی در آن وجود دارد، لیکن واقع شدن منطقه در جوار مناطق بیابانی سبزوار سبب شده تا اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک باشد و بنابراین میزان بارش نیز متناسب با آن (276میلیمتر) 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 طوری که تعداد قنوات حوزه مورد مطالعه به حدود 100 قنات می‌رسد. که به دلیل خشکسالی اکثر قنوات دچار کم آبی و یا با دبی و راندمان بسیار کمی روبرو شده اند (مهندسین مشاورآبخیز گستر شرق، 1393) . لذا باتوجه به شرایط موجود، تعیین مناطق مستعد استحصال آب باران توصیه می‌شود. در این مطالعه نیز روش تحلیل سلسله مراتبی در تلفیق با سامانه اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران در حوزه آبخیز رودسرآب شهرستان خوشاب مورد آزمون قرار می‌گیرد.

هدف از انجام این پژوهش شناسایی مناطق مستعد استحصال آب باران جهت جمع‌آوری آب باران به منظور احیاء منابع آب و تقویت پوشش گیاهی در حوزه آبخیز رودسرآب با استفاده از روش تصمیم گیری تحلیل سلسله مراتبی بر پایه تحلیل های مکانی در محیط GIS می‌باشد.

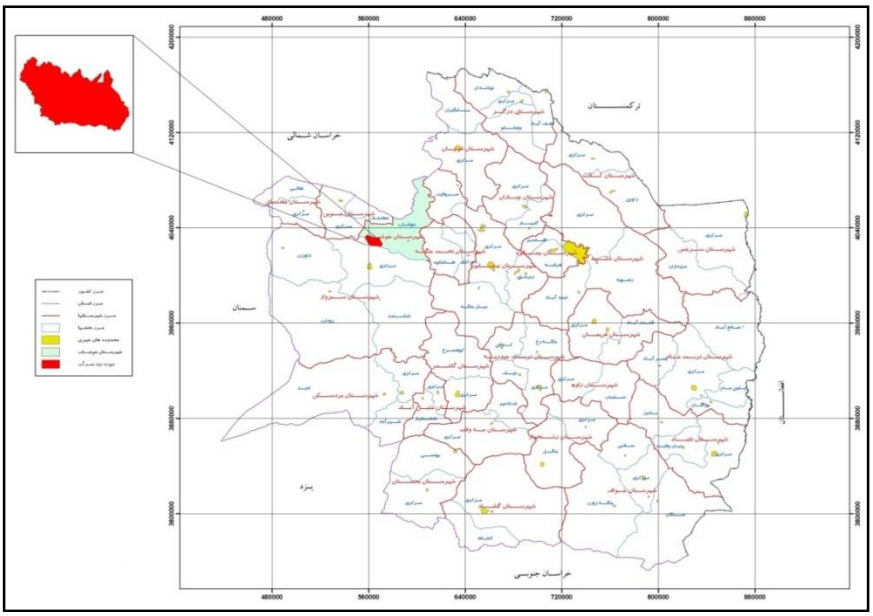
مواد و روش ها

منطقه مطالعاتی

حوزه آبخیز رودسرآب با مساحتی حدود 8200 هکتار در محدوده شهرستان خوشاب قرار دارد. محیط این حوزه 54/83 کیلومتر می‌باشد. مختصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه حوزه آبخیز رودسرآب دارای طول جغرافیایی "10 ′38 °57 تا "45 ′47 °57 و عرض جغرافیایی "35 ′21 °36 تا "55 ′26 °36 می‌باشد. این حوزه دارای 11 خروجی هیدرولوژیک بوده و از نظر تقسیمات حوزه‌های آبریز کشور، این حوزه جزء حوزه‌ی کویر مرکزی می‌باشد. حداکثر ارتفاع حوزه 2057 متر، حداقل ارتفاع آن 1361 متر، شیب متوسط منطقه 31/39 درصد و متوسط بارندگی سالیانه حوزه 276/1 میلیمتر، و اقلیم آن بر اساس اقلیم نمای آمبرژه خشک سرد می‌باشد. کاربری‌های حوزه شامل باغ و زراعت دیم، باغ و زراعت آبی، بستر مسیل، مرتع و چراگاه، اراضی صخره ای و توده سنگی و مناطق مسکونی می باشد (مهندسین مشاور آبخیز گستر شرق، 1393). موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز رودسرآب در تقسیمات سیاسی استان نشان داده شده است (شکل شماره 1).

www.SID.ir

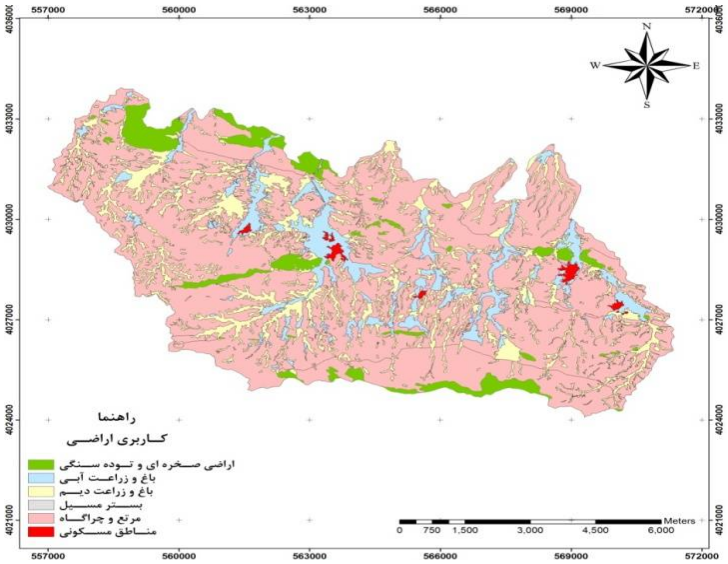
Archive of SID



شکل (1): نقشه موقعیت مکانی منطقه مطالعاتی در استان و شهرستان

وضعیت کاربری اراضی

کاربری اراضی نقش مهمی را در نفوذ و ذخیره نزولات جوی ایفا می‌کند (کشاورز، 1391). نقشه کاربری اراضی حوزه مورد مطالعه تهیه شد که شامل کاربری های باغ و زراعت دیم، باغ و زراعت آبی، بستر مسیل، مرتع و چراگاه، اراضی صخره‌ای و توده سنگی، مناطق مسکونی می باشد. باغ و زراعت دیم و آبی استعداد بالقوه ای در استحصال آب باران دارند ولی مناطق مسکونی به دلیل مالکیت شخصی و بستر مسیل نیز به دلیل عدم توانایی انحصار رواناب، مناطق مستعد استحصال آب باران نمی‌باشند به همین دلیل باغ و زراعت دیم و آبی بیشترین امتیاز و به اراضی صخره‌ای، بستر مسیل و مناطق مسکونی کمترین امتیاز تعلق گرفت (شکل 2).



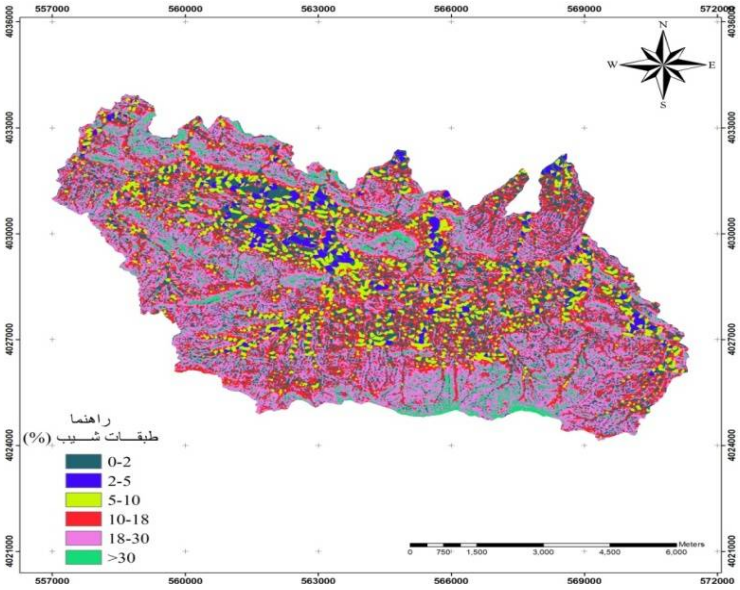
شکل(2): نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز رود سرآب خوشاب

www.SID.ir

Archive of SID

وضعیت شیب و توپوگرافی

یکی از عوامل مؤثر در میزان رواناب و نفوذ آب باران در خاک، شیب می‌باشد. 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 اجرای 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 امکان پذیر نمی‌باشد (کشاورز، 1391). به همین دلیل شیب 18 تا 30 درصد بیشترین امتیاز و به شیب 0 تا 2 و بیش از 30 درصدکمترین امتیاز تعلق گرفت. در این تحقیق با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه و تهیه مدل رقومی ارتفاعی، نقشه شیب حوزه آبخیز رودسرآب تهیه شد (شکل 3).



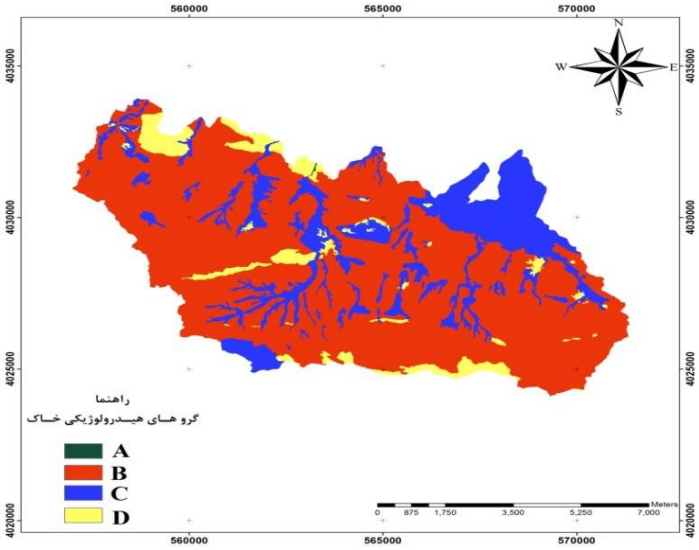
شکل(3): نقشه شیب حوزه آبخیز رودسرآب خوشاب

وضعیت نفوذپذیری خاک

برای اندازه گیری نفوذپذیری خاک از گروه‌های هیدرولوژیکی خاک استفاده شد و به گروه هیدرولوژیکی D بیشترین امتیاز و گروه هیدرولوژیکی A کمترین امتیاز تعلق گرفت. گروه هیدرولوژیکی A بیشترین نفوذپذیری و کمترین پتانسیل را برای تولید رواناب دارد بنابراین کمترین امتیاز را می‌گیرد و گروه هیدرولوژیکیD کمترین نفوذپذیری و بیشترین پتانسیل را برای تولید رواناب دارد بنابراین بیشترین امتیاز را می‌گیرد (صادقی، 1390) (شکل 4).

www.SID.ir

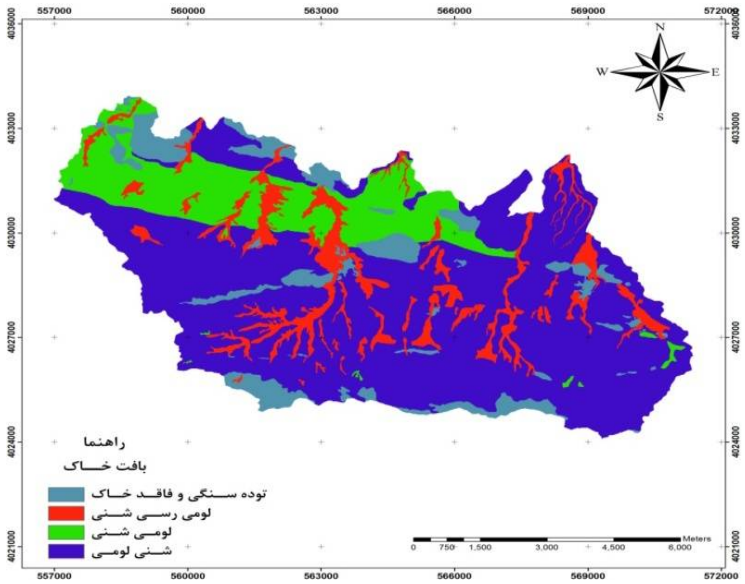
Archive of SID



شکل (4): نقشه گروه های هیدرولوژیک حوزه رودسرآب خوشاب

وضعیت بافت خاک

بافت خاک حوزه یکی ازفاکتورهای مهم است که از دید کارشناسی در تعیین مناطق مستعد جمع‌آوری رواناب دخیل است. زیرا این بافت خاک است که تعیین کننده‌ی قابلیت نفوذ آب به داخل خاک است (کشاورز، 1391). از این رو بافت خاک باید به گونه‌ای باشد که آب به راحتی در خاک نفوذ کند و آن را مرطوب نماید. بافت‌های کم نفوذ و غیرقابل نفوذ اگرچه رواناب بالایی تولید می‌کنند اما انحصار رواناب بر روی، آنها چندان مناسب نیست (صادقی، 1390). به همین دلیل بافت شنی لومی بیشترین و به مناطق توده سنگی و فاقد خاک کمترین امتیاز تعلق گرفت. برای تهیه این نقشه نیاز به حفر پروفیل و مطالعه میدانی خاک است. این نقشه نیز برای ورود به بدنه اصلی سیستم به فرمت رستری تبدیل گردید (شکل5).

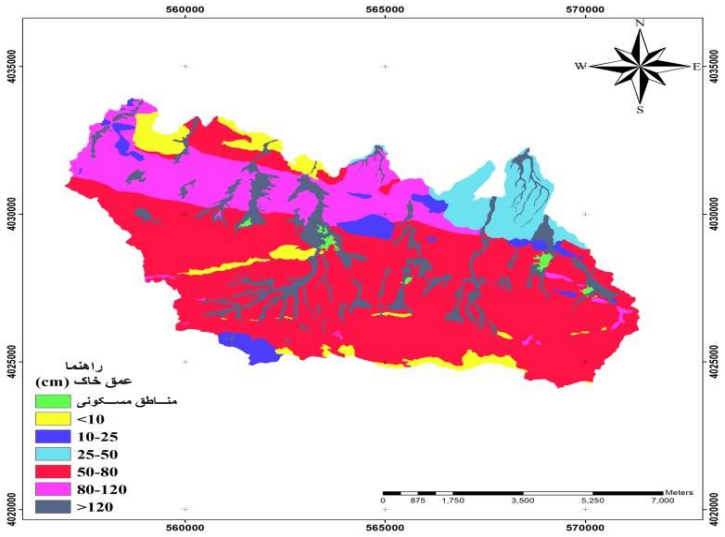


شکل(5): نقشه بافت خاک حوزه آبخیز رودسرآب خوشاب

www.SID.ir

وضعیت عمق خاک

باکنار هم قرار دادن اطلاعات موجود در گزارش‌های خاکشناسی و آزمایشات انجام شده علاوه بر تعیین وضعیت بافت خاک، عمق خاک نیز با حفر پروفیل و تشریح پروفیل ها در هر واحد اراضی بدست آمده است. واضح است که هرچه عمق خاک در محلی بیشتر باشد استعداد آن ناحیه برای انحصار و ذخیره آب بیشتر خواهد بود. شکل (6) طبقات عمق خاک را به تصویر می‌کشد که در این ناحیه شامل کمتر از10، 10-25، 25-50، 50-80، 80-120و بیشتر از120 سانتیمتر می‌باشد. به همین دلیل اعماق بیش از 120 سانتیمتر دارای بیشترین امتیاز و مناطق مسکونی و اعماق کمتر از 10 سانتیمتر دارای کمترین امتیاز هستند.

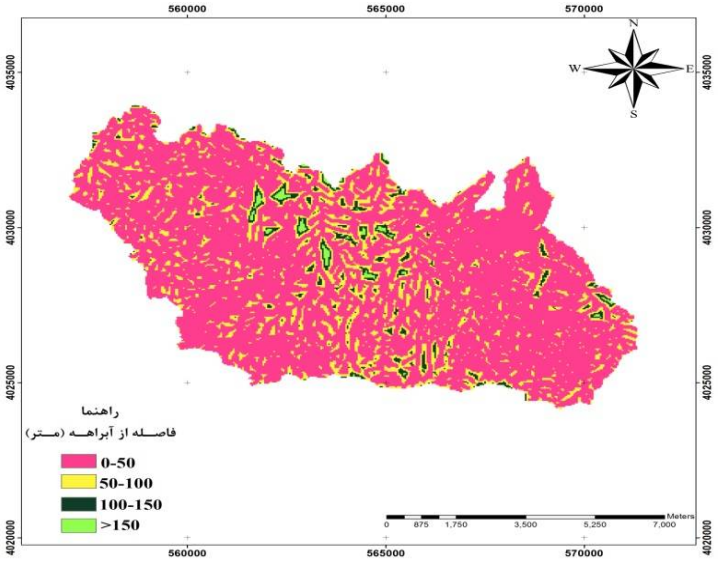


شکل (6): نقشه عمق خاک حوزه آبخیز رودسرآب خوشاب

وضعیت زهکشی و فاصله از آبراهه‌ها

فاصله از آبراهه در حوزه فاکتور مؤثر بعدی در انتخاب مکان‌های مناسب جمع‌آوری باران است. این شبکه بیانگر مسیر حرکت رواناب‌هایی که در اثر رگبارها به وجود آمده و در سطح حوزه جاری می‌شوند می‌باشد (صادقی، 1390). نقشه فاصله از آبراهه بر حسب متر تهیه شد و به طبقات 0-50، 50-100، 100-150 و >150 تقسیم شد. به طبقه 0 تا 50 متر بیشترین امتیاز و به طبقه بیش از 150 متر کمترین امتیاز تعلق گرفت.

www.SID.ir



شکل (7): نقشه فاصله از آبراهه حوزه ابخیز رودسرآب خوشاب

مراحل اجرای روش AHP

1- ایجاد درخت سلسله مراتبی: درخت سلسله مراتبی تصمیم گیری بیانگر استراتژی تصمیم به صورت گرافیکی است. مهم ترین بخش در این مراحل انتخاب معیارها و عوامل مؤثر بر هدف تصمیم گیری است.

2- مقایسه زوجی: دراین مرحله با توجه به عوامل مؤثر، پارامترهای مورد نظر دو به دو با هم مقایسه می شوند (جدول 1).

3- ماتریس وزن ها: وزن پارامترهای مورد نظر توسط اکستنشن ext-AHP در نرم افزار ArcGIS 9.3 محاسبه گردید. (جدول2).

در این مطالعه عوامل اصلی در مکان‌یابی مناطق مناسب برای ذخیره نزولات جوی، لایه‌های کاربری اراضی، شیب، نفوذپذیری، بافت خاک، عمق خاک و فاصله از آبراهه انتخاب شده است.

آنالیز تصمیم گیری چند معیاره[15] یک تکنیک است که اجازه وزن‌دار کردن لایه‌ها به منظور انعکاس تأثیر نسبی پارامترها را می‌دهد (گومز و لینز، 2002). Saaty (1980) فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را برای تعیین وزن فاکتورها ارائه کرد. نمره‌دهی بر اساس مقایسه جفتی بین پارامترها صورت می‌گیرد. بعد از تشکیل ماتریس مقایسه جفتی(جدول1)، ماتریس وزن پارامترها توسط اکستنشن ext-AHP در نرم‌افزار ArcGIS9.3 محاسبه شد (جدول2).

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به این پارامترها و وزن‌دهی آنها و تلفیق آنها در محیط ArcGIS، در نهایت نقشه مناطق مناسب استحصال آب باران بدست آمد. سپس با استفاده از روش شکست‌های طبیعی هیستوگرام در محیط GIS به پنج طبقه خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف، خیلی ضعیف تقسیم شد. این روش بر مبنای تکنیک

[15] Multiple **Criteria Decision Making**

www.SID.ir

Archive of SID

بهینه سازی جنکس[16] قرار دارد. در این روش، شکست‌های طبیعی هیستوگرام به گونه‌ای تعیین می‌شود که مجموع واریانس درون هر طبقه حداقل باشد:

که در این فرمول GVF نکویی برازش واریانس است. i و j به ترتیب نمای کلاس و داده می‌باشند. K تعداد **طبقات**، N تعداد داده، Z_{ij} ارزش استاندارد داده i در کلاس j، $\overline{Z}_j$ میانگین استاندارد داده در کلاس j و Z_i ارزش استاندارد شده داده i و $\overline{Z}$ میانگین استاندارد شده داده‌ها می‌باشد (معماریان و همکاران، 2006).

برای اینکه مقایسه ها قابل تایید باشند، باید نرخ ناسازگاری (CR) کمتر از 0.1 باشد. در واقع CR تعیین کننده صحت وزن دهی انجام شده می‌باشد. به منظور تعیین نرخ سازگاری (CR) برای مقایسه‌ها مراحل زیر دنبال می‌شود:

که در آن CI شاخص سازگاری و RI شاخص تصادفی است که مقدار آن به تعداد فاکتور مورد مقایسه بستگی دارد (محمودی، 1391؛ معماریان و همکاران، 2014).

نتایج و بحث

جداول 1 و 2 به ترتیب نتایج مقایسه زوجی پارامترها و وزن‌های بدست آمده بعد از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی را نشان می‌دهند. . در روش AHP، معیارها ابتدا بصورت کیفی بوده و بعد با بهره‌گیری از جدول ساعتی به صورت کمی ارائه می‌شوند. در این فرایند نسبت ناسازگاری[17] تعیین می‌شود و اگر میزان آن کمتر از 0/1 باشد، دلالت بر سطح قابل قبول سازگاری مقایسه‌های جفتی دارد که در این مطالعه میزان ناسازگاری 0/05 بدست آمد (سیمرن و همکاران[18]،2007).

جدول(1): مقایسه زوجی پارامترهای مورد نظر

شیب	1	2	1/6	1/4	1/3	1/5
فاصله از آبراهه	0/5	1	1/8	1/6	1/5	1/6
نفوذپذیری	0/625	0/5556	1	4	4	3
بافت	0/7143	0/625	0/25	1	1	1/2
کاربری اراضی	0/7692	0/6667	0/25	1	1	1/2
عمق خاک	0/6667	0/625	0/3333	0/8333	0/8333	1
جمع	4/2752	5/4723	5/2333	9/6333	9/6333	9/5

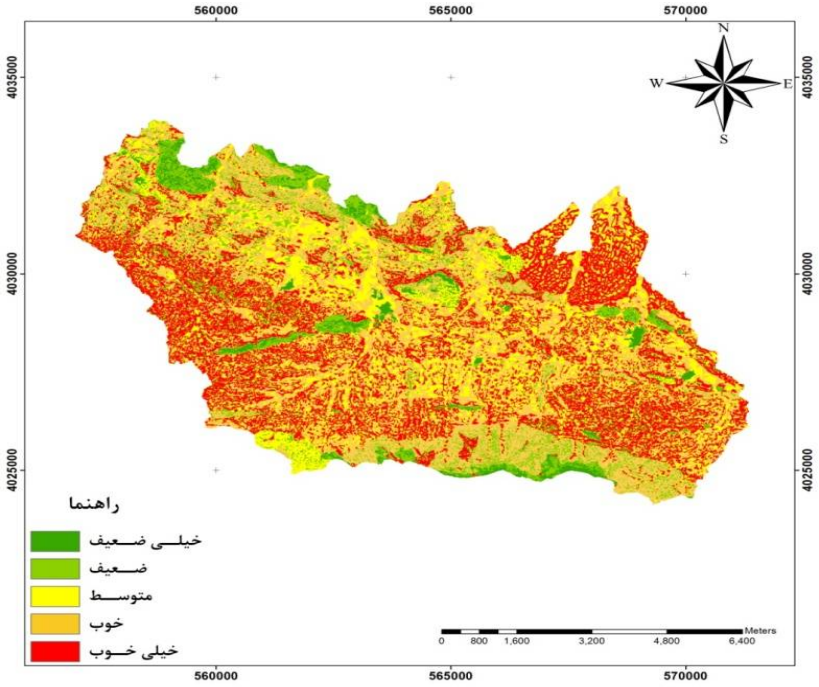
جدول(2): ماتریس وزن پارامترها

	شیب	از	فاصله	نفوذپذیری	بافت	کاربری	عمق خاک	وزن ها
شیب	0/3339		0/3654	0/3057	0/1423	0/1349	0/1578	0/2274
فاصله از آبراهه	0/1169		0/1827	0/3439	0/1627	0/1557	0/1684	0/1958
نفوذپذیری خاک	0/1461		0/1015	0/1910	0/4067	0/4152	0/3157	0/2568
بافت	0/1670		0/1142	0/0477	0/1016	0/1038	0/1263	0/1064

[16] Jenks
[17] Consistency Ratio
[18] Cimren

www.SID.ir

کاربری اراضی	0/1799	0/1218	0/0477	0/1016	0/1038	0/1263	0/097
عمق خاک	0/1559	0/1142	0/0636	0/0847	0/0865	0/1052	0/1166
جمع	0/9997	0/9998	0/9996	0/9996	0/9999	0/8734	1



شکل(8): نقشه مناطق مستعد استحصال آب باران

وزن معیارهای کاربری اراضی، شیب، نفوذپذیری، بافت خاک، عمق خاک و فاصله از آبراهه به ترتیب 0/097، 0/2274، 0/2568، 0/1064، 0/1166، 0/1958بدست آمد (اشل تعریف شده بین 0 تا 1). بنابراین نتیجه می‌شود تأثیر نفوذپذیری بیش از سایر عوامل است. و بعد از آن به ترتیب شیب، فاصله از آبراهه، عمق خاک، بافت و کاربری اراضی دارای بیشترین اثر هستند. در پژوهش‌های انجام شده توسط محمودی (1391) به منظور مکان‌یابی مناطق مناسب برای ذخیره آب باران در حوزه آبخیز درخت سنجد انجام گرفت نشان می‌دهد که اثر بارندگی در منطقه بیش از سایر عوامل است و بعد از آن به ترتیب نفوذپذیری خاک، پوشش سطحی خاک و شیب دارای بیشترین اثر هستند. اولیایی و همکاران (1391) به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران حوزه سیج و آل از روش تحلیل سلسله مراتبی بر پایه GIS استفاده کردند. برای این منظور از پارامترهای شیب، کاربری اراضی، نفوذپذیری و بارندگی به عنوان عوامل تأثیرگذار بر نفوذ و ذخیره آب باران در پروفیل خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که اثر بارندگی در منطقه بیش از سایر عوامل است و بعد از آن به ترتیب نفوذپذیری خاک، پوشش سطحی خاک و شیب دارای بیشترین اثر هستند. عشقی زاده و همکاران (1389)، در تحقیقی محل‌های مناسب جمع آوری رواناب به منظور تغذیه قنوات را در حوزه آبخیز کلات گناباد با در نظر گرفتن پارامترهایی چون خاک، کاربری زمین، بارندگی و شیب مناطق مستعد جمع آوری باران را در استان شناسایی کردند. در مطالعاتی که مورد بررسی قرار گرفت عامل بارندگی بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران داشته و بعد از بارندگی اثر نفوذ پذیری از بقیه عوامل بیشتر بوده است. و از آنجایی که در این مطالعه عامل بارندگی جهت شناخت بیشتر سایر عوامل مؤثر در استحصال رواناب ثابت فرض شده است، نفوذپذیری به عنوان اولین عامل مؤثر شناخته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نقشه بدست آمده (شکل 8) از کل مساحت حوزه آبخیز مورد نظر (8200 هکتار) در مجموع 4243/68 هکتار دارای پتانسیل خیلی خوب، 1389/84 هکتار پتانسیل خوب، 1268/88 هکتار پتانسیل متوسط، 996/78 هکتار پتانسیل ضعیف و 257/32هکتار دارای پتانسیل خیلی ضعیف برای ذخیره رواناب دارند. به طور کلی می توان این طور اظهار کرد که حدود 51/75% از کل حوزه دارای پتانسیل خیلی خوب و حدود16/95% دارای پتانسیل خوب برای استحصال رواناب است. نتایج نشان می‌دهد که شیب های 10 تا 30 درجه که اکثراً کاربری مرتع و چراگاه دارند مکان مناسبی برای استحصال می‌باشند. بنابراین مناطق با استحصال خیلی خوب عرصه هایی را شامل می‌شود که از لحاظ پوشش، شیب و نفوذپذیری دارای بهترین وضعیت برای ذخیره نزولات جوی هستند.

نتایج حاصل از این مطالعه مبین این مطلب است که روش مورد استفاده از اعتبار بالایی در پهنه بندی مناطق مناسب برای اجرای پروژه‌های استحصال آب باران برخوردار بوده و بکارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک سیستم تصمیم یار مکانی مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران می‌باشد. همچنین باتوجه به نقشه پتانسیل ذخیره و جمع آوری نزولات جوی، مناطق با پتانسیل مختلف جهت ذخیره نزولات جوی مشخص شده‌اند که در این صورت می‌توان پروژه‌های ذخیره نزولات را در این مناطق متمرکز نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی بدلیل در اختیار قرار دادن آرشیو مطالعات حوزه آبخیز رودسرآب تشکر و قدردانی می‌گردد.

فهرست منابع

1- آراستی، م.، ر، ه. معدل.، (1381)، "بررسی جذابیت پیل سوختی درمقایسه با سایر فناوری‌های قابل استفاده در صنعت خودرو کشور". شریف، (24):49-57.

2- احمدی، ح.، ش، محمدخانی.، س، فیض نیا و ج، قدوسی.، (1384)، "ساخت مدل منطقه ای خطر حرکتهای توده ای با استفاده از ویژگی های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم (AHP)، مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان". مجله منابع طبیعی ایران، 58(1).

3- اولیایی، ع.، ا، فاتحی.، ج، غلامی، و م، همدم‌جو (1391)، "مکانیابی مناطق مناسب برای استحصال آب باران، مطالعه موردی: حوزه سیج و آل". اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران- وزارت کشور.

4- خاشعی سیوکی، ع.، ب، قهرمان، و م، کوچک زاده (1390)، "ارزیابی پتانسیل استحصال آب از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، مطالعه موردی: دشت نیشابور ". مجله پژوهش آب ایران، 5(9):180-171.

5- خیرخواه زرکش، م.، م، ناصری، و ح، ر، خلیل پور.، (1386)، "پهنه بندی مناطق مناسب برای تغذیه ی مصنوعی در دشت ورامین به کمک GIS و سامانه پشتیبانی تصمیم گیری(DSS)". فصلنامه ی محیط شناسی، (42): 8-1.

6- سلطانی، م.، (1381)، "کاربرد GIS در مکان یابی پخش سیلاب". فصلنامه تحقیقات جغرافیایی.

7- شهریاری، ا.، (1381)، "بررسی اثرات شوری در دو گونه Atriplex ". دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

8- صادقی، ش.، (1390)، "تعیین مکان های مستعد جمع آوری آب باران (RWH) با استفاده از سیستم پشتیبانی تصمیم DSS مبتنی بر GIS". پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشکده بیرجند،91 صفحه.

www.SID.ir

9- عشقی زاده، م.، ن، نورا. و ح. حیدری.، (1389)، "انتخاب محل های مناسب جمع آوری رواناب به منظور تغذیه قنوات، مطالعه موردی: حوزه آبخیز کلات گناباد". پژوهش های آبخیزداری،(89).

10- کشاورز، ا.، ع. خاشعی سیوکی. و م. نجفی.، (1391)، "مکان‌یابی مناسب استحصال آب شرب با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی(FAHP)، مطالعه موردی: دشت بیرجند". پایان نامه کارشناسی ارشد ،گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشکده بیرجند، 91 صفحه.

11- محمودی، ن.، (1391)، "مکان یابی مناطق مناسب برای ذخیره آب باران، مطالعه موردی: حوزه آبخیز درخت سنجد". اولین همایش ملی سامانه سطوح آبگیر باران.

12- مصداقی، م.، (1382)، "مرتعداری در ایران". بنیاد فرهنگی رضوی، 215صفحه.

13- مهندسین مشاور آبخیز گستر شرق.، (1393)، "مطالعات تفضیلی اجرایی آبخیزداری حوزه آبخیز رودسرآب شهرستان خوشاب".

14- Cimren AHP, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (35): 363–376.

15- F.A.O., Water harvesting. (www.fao.org)

16- E. Catay B. and Budak E. (2007). Development ofa Machine Tool Selection System Using

17- Gomes E. G. and Lins M. P. E. (2002). Integrating geographical information systems and multi-criteria methods (A case study), Annals of Operations Research, 116(1-4): 243-269.

18- Ganapuram S. Kumar G. V. Krishna I. M. Kahya, E. and Demirel M. C. (2009). Mapping of groundwater potential zones in the Musi basin using remote sensing data and GIS, Advances in Engineering Software, 40(7): 506-518.

19- Hatibu N. Mutabazi K. Senkondo E. M. and Msangi A. S. K. (2006). Economics of rainwater harvesting for crop enterprises in semi-arid areas of East Africa, Agricultural Water Management, 80(1): 74-86.

20- Jothiprakash V. and Mandar V. S. A. T. H. E. (2009). Evaluation of rainwater harvesting methods and structures using analytical hierarchy process for a large scale industrial area, Journal of Water Resource and Protection, 1: 427-438.

21- Memarian H. Tajbakhsh M. Safdari A. and Akhondi E. (2006). Statistical Landslide Risk Zonation on the Shourijeh Formation in GIS Framework (Case study: Estarkhy Watershed in the Northeast of Iran). Geomatics Conference, Tehran. (P.11)

22- 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 Journal of Engineering and Environmental Sciences, *38*: 139-158. .

23- Mkiramwinyi F. O. Mbilinyi B. P. Tumbo S. D. Munishi P. T. K. and Mahoo H. F. (2007). Development of a methodology for identifying potential sites for rainwater harvesting: a case of Makanya catchment in Tanzania, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 32: 1074-1081.

24- 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.

25- RELMA in ICRAF and UNEP. (2005). Potential for rainwater harvesting in ten African cities, A GIS overview.

26- Saaty T. L. (1980). The analytic hierarchy process, planning, priority setting, resources allocation. New York: McGraw.

www.SID.ir

27- Turner B. L. Meyer W. B. and Skole D. L. (1994). Global land-use/land-cover change: towards an integrated study. Ambio (Sweden).

28- Vitousek P. M. Mooney H. A. Lubchenco J. and Melillo J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems, Science, 277(5325): 494-499.

29- 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, Parts A/B/C, 32(15): 1058-1067.

www.SID.ir

Archive of SID

چهارمین همایش ملی
سامانه های سطوح آبگیر باران
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
انجمن علمی سیستم های سطوح آبگیر باران ایران
مشهد مقدس ۲۹–۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۴

Determination of suitable locations for rainwater harvesting using analytic hierarchical process in GIS framework (Case study: Roodsarab watershed, Khooshab, Iran)

Arezoo Kheyrkhah[1] [*], Fateme Mohamadi[2], Hadi Memarian[3]

[1,2] Msc of Watershed Management, University of Birjand, Birjand, Iran

[3] Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran (hadi_memarian@birjand.ac.ir)

Abstract

Water shortage in arid and semi-arid world is causing fragile environmental conditions. Therefore, the construction of rainwater harvesting system is an important step in order to maximize water availability for agriculture and other uses. However, choosing the appropriate location for implementation of various systems to collect rainwater on a large scale is being a great challenge due to the need for environmental data and infrastructure. In this study, the most influential factors affecting the rainwater storage in the soil profile in the Rudsarab watershed were fed into the analytic hierarchy process (AHP). The weights for six criteria, i.e. land use, slope, permeability, soil texture, soil depth and distance from the river using ext-AHP application within the Arc GIS9.3 environment were determined as 0/097, 0/2274, 0/2568, 0/1064 ,0/1166, 0/1958, respectively. Thus, the effect of permeability in the study area was more than the others for site selection. Then rain water harvesting potential map was extracted using a weighted linear combination in the GIS environment. The extracted map was classified into five suitability groups, i.e. very good, good, average, poor and very poor using the natural breaks approach. In general, it can be revealed that about 51/75% and 16/95% of the watershed area had very good and good potential for rainwater harvesting, respectively.

Keywords: Rain water harvesting, analytic hierarchy process, multi-criteria decision making, GIS, site selection.

* www.arezookheyrkhah@yahoo.com

www.SID.ir