نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره سوم، ۱۳۹۳
http://jwsc.gau.ac.ir

شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌های مناسب تغذیه آب زیرزمینی در سیستم حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گلبهار، خراسان رضوی)

***سمانه افتخاری‌اهندانی[۱]، واحدبردی شیخ[۲]، نادر نورا[۳]، سیدجواد طباطبایی‌یزدی[۴] و داود اخضری[۵]**

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، [۵]استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ملایر

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۱۶

چکیده

کمبود آب در مناطق خشک، مسأله‌ای جدی و مداوم است. بنابراین لازم است ساکنین این مناطق اطلاعاتی در خصوص جمع‌آوری، ذخیره و مصرف بهینه آب داشته باشند. بنابراین استحصال آب به‌عنوان هدفی اقتصادی و مؤثر مطرح می‌شود. کسب اطلاعات دقیق درباره سیستم‌های گوناگون جمع‌آوری آب از نیازهای عمده است. مهم‌ترین مرحله در به‌کارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، مکان‌یابی عرصه‌های مناسب است. با شناسایی محل‌های مناسب برای این منظور صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه‌ای در زمان و هزینه صورت می‌گیرد. هدف از انجام این پژوهش، تدوین چارچوبی برای مکان‌یابی عرصه‌های دارای توان استحصال آب است. به‌منظور ارزیابی مکانی پتانسیل تولید رواناب و تغذیه آب زیرزمینی، در ابتدا از یک مدل مفهومی بارندگی- رواناب استفاده شده است. با استفاده از این مدل، مقادیر پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی محاسبه شده (هدف کلی مربوط به اولویت‌بندی مکان‌های مناسب برای تغذیه آب زیرزمینی می‌باشد که این برای رسیدن به این هدف باید مقادیر مربوط به پتانسیل رواناب نیز اندازه‌گیری شود)، سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل رستری در محیط نرم‌افزار Arc GIS نقشه‌های پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی به‌دست آمد. در مرحله بعد اولویت‌بندی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری آب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی و سپس براساس شاخص اقتصادی زیرحوزه‌های مختلف از نظر پتانسیل جمع‌آوری آب سطحی و

* مسئول مکاتبه: sama_eftekhari@yahoo.com

تغذیه آب زیرزمینی اولویت‌بندی شدند. برای ارزیابی اقتصادی از روش سود به هزینه استفاده شده است. نتایج نشان داد زیرحوزه‌هایی از نظر اقتصادی دارای شرایط مناسب‌تری برای استحصال آب هستند، که از نظر مجموع آب قابل جمع‌آوری دارای مقادیر بیش‌تری بوده و هزینه استقرار کم‌تری دارند. برآورد اقتصادی و شرایط فیزیکی نشانگر اولویت زیرحوزه‌ها از نظر جمع‌آوری آب است. می‌توان گفت ارزیابی مکانی انجام شده در این پژوهش با استفاده از بانک اطلاعاتی وسیعی انجام شده است. این روش توانایی بهبود مدیریت منابع آبی در حوزه آبخیز گلبهار و حوزه‌های مشابه را دارد. روش ارایه شده در این مطالعه، سیستم اطلاعات جغرافیایی را به‌عنوان یک ابزار قدرتمند و مفید برای تهیه، پردازش، تلفیق لایه‌ها و استخراج داده‌ها از لایه‌های تهیه شده و آنالیز و مدیریت داده‌های مکانی معرفی می‌نماید. به این ترتیب با هدایت سیستم‌های جمع‌آوری آب به محل‌های مناسب، علاوه‌بر افزایش کارآیی این سیستم‌ها در وقت و هزینه نیز صرفه‌جویی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های جمع‌آوری آب، تغذیه آب‌های زیرزمینی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، ارزیابی مکانی رواناب، حوزه آبخیز گلبهار شهرستان مشهد

مقدمه

استان خراسان رضوی طی سال‌های اخیر دچار محدودیت شدید دسترسی به منابع آب سطحی و در نتیجه اعمال فشار بهره‌برداری بر منابع آب زیرزمینی شده است. به همین لحاظ تقویت منابع آب زیرزمینی به کمک منابع سطحی، یکی از راه‌های جبران این فشار محسوب می‌شود، لزوم شناخت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی از آن‌جا ناشی می‌گردد که این منابع ۹۹ درصد از کل آب‌های شیرین قابل استفاده را تشکیل می‌دهند. اوضاع جوی و زمین‌ساختی مناطق خشک، ساکنان این مناطق را مجبور به بهره‌برداری بیش‌تر از آب‌های زیرزمینی نموده است. قسمت عمده‌ای از کشور ما نیز با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی خود دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک می‌باشد. به‌طوری‌که ۷٤ درصد از سطح کشور دارای بارندگی سالانه کم‌تر از ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. به‌دلیل کمبود نزولات جوی، نبود پراکنش متعادل آن از نظر زمانی و مکانی و همچنین نبود رودخانه‌های دایمی که بتواند نیاز آبی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تامین نماید، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی که در واقع مطمئن‌ترین منبع تامین آب در این مناطق می‌باشد، در سطح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد (کوثر، ۱۹۸۵). یکی از راه‌های مفید در تامین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و مقابله با بحران خشکسالی، کمک به افزایش ذخایر آب زیرزمینی است (شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۲۰۰٤). مشکلات ناشی از بروز خشکسالی‌ها از یک‌سو و سیلاب‌های مخرب از سوی دیگر،

لزوم مدیریت صحیح منابع آب را نمایان می‌سازد. در این رابطه، جمع‌آوری آب‌های سطحی، تغذیه آب‌های زیرزمینی و تنظیم بهره‌برداری صحیح آب، مهم‌ترین راه‌کارهای مدیریت منابع آب به‌شمار می‌روند (قهاری و پاکرو، ۲۰۰۷). تغذیه آب زیرزمینی به‌عنوان قسمت مهمی از چرخه هیدرولوژی محسوب می‌شود. تغذیه می‌تواند به‌صورت مستقیم یا پخش آب در گودال‌های وسیع و هدایت آب در چاه‌های تزریق یا به‌صورت غیرمستقیم از طریق فعالیت‌های انسان مانند آبیاری اراضی صورت گیرد (نف و همکاران، ۲۰۰٦).

در مورد مطالعات انجام گرفته در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

هیسن و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از سنجش از دور و GIS نقاط مناسب برای تغذیه آب زیرزمینی در حوزه چی‌پن تایوان را ارزیابی کردند.

موسوی و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از GIS به مطالعه مناطق مناسب برای تغذیه آب زیرزمینی در جنوب دشت ایذه واقع در جنوب غرب ایران پرداختند و نتایج آن نشان داد که مناطق دارای شکستگی در آهک‌ها دارای بیش‌ترین پتانسیل و سازندهای متشکل از مواد ریزدانه و دارای نفوذپذیری کم و نیز مناطق بدون شکستگی دارای کم‌ترین پتانسیل تغذیه هستند.

غیومیان و همکاران (۲۰۰۷) برای مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه آب زیرزمینی در حوزه آبخیز گاوبندی از فاکتورهای شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت و کیفیت آبرفت بهره گرفتند. پارامترهای بالا در محیط GIS و با اعمال روش‌های مختلف امتیازدهی و تلفیق شدند.

مهدوی و همکاران (۲۰۰٤) مطالعه‌ای را در مورد مکان‌یابی محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی از طریق سنجش از دور (RS)[1] و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در یکی از مناطق جنوبی اصفهان انجام دادند. در این بررسی پس از تهیه نقشه‌های شیب، خاک، جهت شیب، شبکه آبراهه، اطلاعات اقلیمی و نقشه کاربری اراضی، لایه‌های اطلاعاتی با هم تلفیق و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، محل‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی استخراج گردید. نتایج به‌دست آمده از پژوهش آن‌ها نشان داد که استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند ابزار کارآمدی برای مکان‌یابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی باشد.

سکار و راندیر (۲۰۰۷) در پژوهشی با عنوان ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب باران در سیستم حوزه آبخیز روش مشخصی از ارزیابی پتانسیل جمع‌آوری آب و ارزیابی هزینه‌ها را ارایه

1- Remote Sensing

دادند. در این روش ساده ارزیابی هزینه‌ها و همچنین سود به‌دست آمـده از جمـع‌آوری آب در حـوزه رودخانه تانتون واقع در شرق ماساچوسف توسعه داده شد. نتایج نشان داد که برای به حداقل رسـاندن تلفات رواناب و ذخیره آن باید متغیرهای استراتژی جمع‌آوری آب باران مورد استفاده قرار گیرد. ایـن متغیرها شامل اطلاعات مربوط به تهیه نقشه‌های اولویت‌بندی مناطق مستعد تغذیه آب‌هـای زیرزمینـی می‌باشد. اطلاعاتی مانند نقشه کاربری اراضـی، شـیب، خـاک و... مـی‌باشـد. منـاطق جمـع‌آوری کـه به‌صورت خوشه‌ای در یک محل جمع شده‌اند از نظر مکانی و اقتصادی مورد تأیید بوده ولی در بعضی از زیرحوزه‌ها که موقعیـت مکـانی جمـع‌آوری آب متفـرق بـوده بایـد توسـعه اقتـصادی بـا ارزیـابی هیدرولوژیکی به‌منظور تسهیل در مدیریت ذخیره و بالا بردن راندمان جمع‌آوری آب مورد استفاده قرار گیرد. منظور از ارزیابی هیدرولوژیکی این است که برای تهیه نقشه اولویت‌بندی مناطق مـستعد تغذیـه آب زیرزمینی از مقادیر کمی آن استفاده شده است. این ارزیابی نشان مـی‌دهـد کـه مـدل ارایـه شـده توانایی توسعه بیش‌تر در موقعیت‌هایی با شرایط اقتصادی و بیـوفیزیکی پیچیـده‌تـر در مقیـاس حـوزه آبخیز را دارا می‌باشد.

هدف از انجام این پژوهش، ایجاد چارچوبی برای مکان‌یابی عرصه‌های دارای توان استحصال آب است. به‌منظور ارزیابی مکانی پتانسیل تولید رواناب و تغذیه آب زیرزمینی، در ابتدا از یک مدل مفهومی ارتباط بین بارندگی و پتانسیل رواناب استفاده شده است. با استفاده از این مدل، مقادیر پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی به‌دست آمد سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل رستری در محیط نرم‌افزار Arc GIS نقشه‌های پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی به‌دست آمد. در مرحله بعد اولویت‌بندی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری آب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی و سپس اولویت‌بندی براساس شاخص اقتصادی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری آب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی در هر زیرحوزه انجام شد. برای ارزیابی اقتصادی از روش سود به هزینه استفاده شده است. نتایج نشان داد زیرحوزه‌هایی از نظر اقتصادی دارای شرایط مناسب‌تری برای استحصال آب هستند، که از نظر مجموع آب قابل جمع‌آوری دارای مقادیر بیش‌تری بوده و هزینه استقرار کم‌تر دارند. برآورد اقتصادی وشرایط فیزیکی نشانگر اولویت زیرحوزه‌ها از نظر جمع‌آوری آب است. می‌توان گفت ارزیابی مکانی انجام شده در این پژوهش با استفاده از بانک اطلاعاتی وسیعی انجام شده است. این روش توانایی بهبود مدیریت منابع آبی در حوزه آبخیز گلبهار و حوزه‌های مشابه را دارد. روش ارایه شده در این مطالعه، سیستم اطلاعات جغرافیایی را به‌عنوان یک ابزار قدرتمند و مفید برای تهیه، پردازش، تلفیق لایه‌ها و استخراج داده‌ها از لایه‌های تهیه

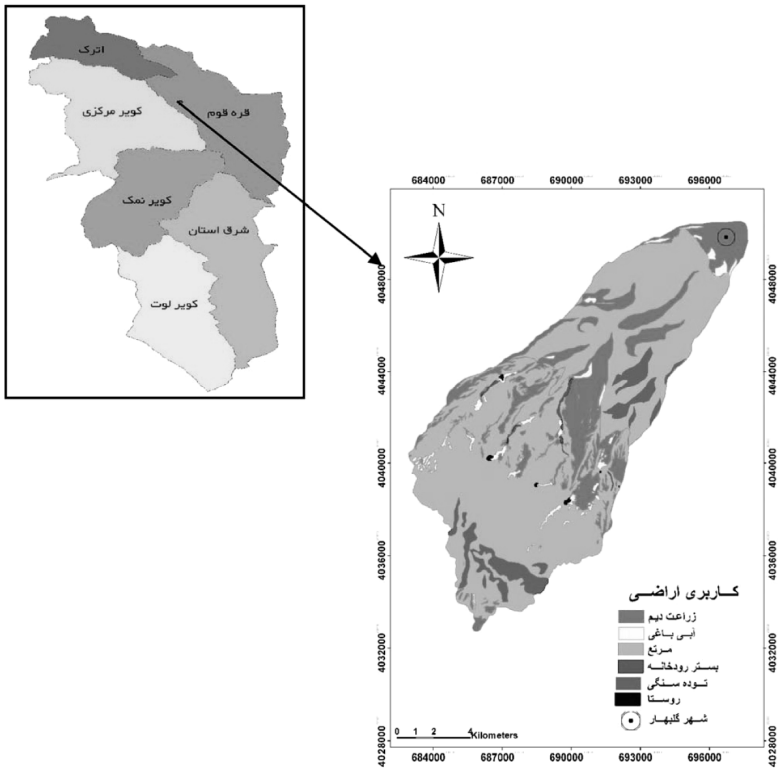
شده و آنالیز و مدیریت داده‌های مکانی معرفی می‌نماید. به این ترتیب با هدایت سیستم‌های جمع‌آوری آب به محل‌های مناسب، علاوه‌بر افزایش کارآیی این سیستم‌ها در وقت و هزینه نیز صرفه‌جویی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

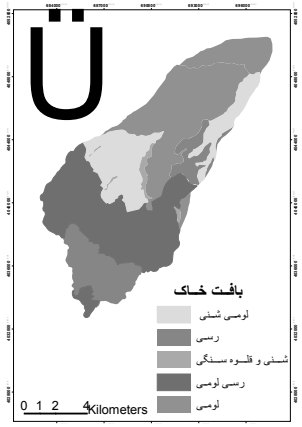
معرفی منطقه: محدوده حوزه آبخیز گلبهار در ۱۲ کیلومتری جنوب شهر گلبهار و در ٤١ کیلومتری غرب شهر مشهد در دامنه شمال‌شرقی کوه‌های بینالود قرار گرفته و مساحت کل آن ۱۱۷۹۱/۹ هکتار می‌باشد. شکل ۱، موقعیت حوزه آبخیز گلبهار را نسبت به استان خراسان رضوی نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه از نظر ساختار زمین‌شناسی جزیی از زون بینالود است که از مجموعه واحدهای سنگ چینه‌ای با سن‌مزوزوئیک و نئوژن تشکیل شده است. اقلیم این حوزه، به روش دومارتن نیمه‌خشک و به روش آمبرژه نیمه‌خشک سرد تا خشک سرد می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه حوزه آبخیز گلبهار ٢١٦ میلی‌متر برآورد شده است. حداکثر شیب در زیرحوزه‌های بالادست در حدود ۷۰ درصد و حداقل آن در زیرحوزه‌های پایین‌دست به مقدار ٦-٥ درصد می‌رسد. بافت‌های خاک شامل بافت لومی شنی، رسی، شنی و قلوه‌سنگی، رسی لومی و لومی می‌باشد. بافت خاک در اراضی بستر رودخانه که جزو اراضی متفرقه محسوب می‌شود، شنی و قلوه‌سنگی می‌باشد. بافت خاک رسی لومی و لومی، بیش‌ترین مقدار را در حوزه نسبت به سایر بافت‌ها دارند که مربوط به اراضی مرتعی می‌باشد. بیش‌تر قسمت‌های حوزه دارای خاک‌های نیمه‌عمیق می‌باشند. در منطقه مورد مطالعه با توجه به محدودیت‌های موجود تنها ٤ نوع کاربری اراضی قابل تشخیص می‌باشد، که شامل زراعت آبی و باغ‌ها، زراعت دیم، مرتع و بستر رودخانه می‌باشد کاربری مرتع، سطح وسیعی از حوزه را به خود اختصاص داده است و اراضی بایر که همان اراضی بستر رودخانه می‌باشد، کم‌ترین مقدار را دارد. متوسط درجه حرارت سالیانه حوزه ۱۲ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع آن بین ۲۰٤۰-۱۳٤۰ متر از سطح دریا گزارش شده است (هجرتی، ۲۰۰۰).

جمع‌آوری داده: در این مطالعه داده‌های ورودی مورد نیاز که شامل خصوصیات بیوفیزیکی و پارامترهای اقتصادی- اجتماعی حوزه می‌باشد از نقشه‌های موجود و پیمایش‌های میدانی و مطالعات آزمایشگاهی جمع‌آوری گردید. منظور از پارامترهای اجتماعی شرایط پذیرش افراد بومی ساکن در منطقه می‌باشد. برای تهیه نقشه پتانسیل رواناب و نقشه تغذیه آب زیرزمینی از مدل نفوذپذیری

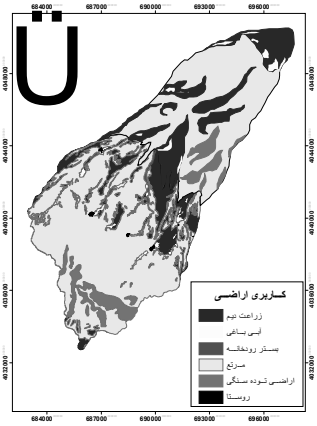
دیسکن و نازیموف استفاده شده است. یکی از وروردی‌های این مدل مقادیر بارندگی لحظه‌ای می‌باشد. به‌منظور تهیه آمار و اطلاعات بارندگی از داده‌های موجود در ایستگاه ثبات گلمکان استفاده شده است. از میان داده‌های موجود ۳۰ رگبار استخراج گردید. همچنین برای تهیه نقشه پتانسیل رواناب و پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی از نقشه‌های کاربری اراضی، شیب و بافت خاک استفاده شده است. برای تهیه نقشه عملیات مدیریتی پیشنهادی حوزه از نقشه عمق خاک و نقشه زیرحوزه‌ها نیز استفاده شده است. این نقشه‌ها که توسط سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی تهیه شده است، پس از انجام اصلاحات لازم، رقومی گردید و محدوده حوزه آبخیز گلبهار بر روی آن‌ها جداسازی شد (شکل‌های ۲ تا ٦).



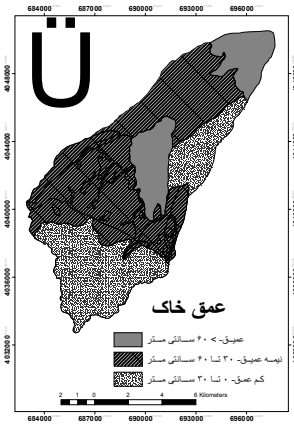
شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز گلبهار نسبت به استان خراسان رضوی.



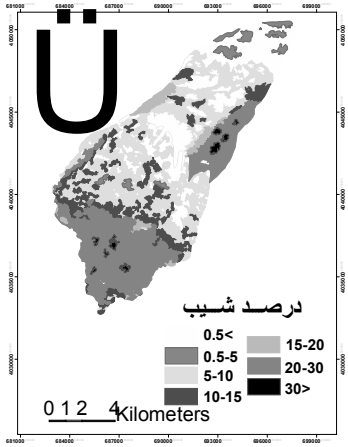
شکل ۲- نقشه بافت خاک.



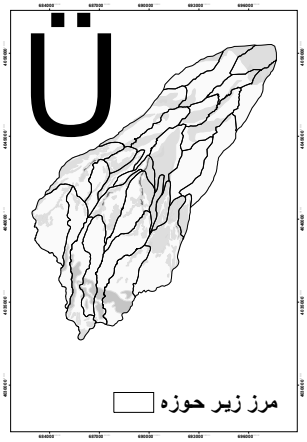
شکل ۳- نقشه کاربری اراضی.



شکل ٤- نقشه عمق خاک.



شکل ۵- نقشه شیب.



شکل ٦- نقشه زیرحوزه‌ها.

روش انجام پژوهش: به‌منظور ارزیابی مکانی پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی، در ابتدا با استفاده از مدل بارش- رواناب دیسکن و نازیموف، مقادیر رواناب پتانسیل و تغذیه آب زیرزمینی محاسبه شد و سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل رستری در محیط نرم‌افزار Arc GIS نقشه‌های پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی به‌دست آمد. برای این منظور اگر مناطق توسعه‌نیافته را به یک سری شبکه‌های سلولی و یا به پارسل‌ها (i) تقسیم‌بندی کنیم و Sp_i را به‌عنوان پتانسیل رواناب قابل

جمع‌آوری و Gp_i را به‌عنوان پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در سلول یا پارسل i در نظر بگیریم، آن‌گاه می‌توان با استفاده از رویکرد بیشینه نمایی تابع هدف، پتانسیل جمع‌آوری آب در هر زیرحوزه یا واحد کاری را به‌دست آورد:

مدل ۱:

$$MAX \sum i Sp_i + Gp_i$$

$$S.T \sum i\ a_i \leq A$$ در صورتی‌که

که در آن، a_i: مساحت سلول یا پارسل i قابل استفاده برای جمع‌آوری آب، A: مساحت زیرحوزه یا واحد کاری، S.T و MAX، علایم نشان‌دهنده زیر مجموع[1] و ماکزیمم می‌باشند.

موضوع بعدی که باید مورد بررسی قرار گیرد، ارزیابی اقتصادی هزینه‌های جمع‌آوری آب در هر کدام از مواردی که در بالا ذکر گردید (جمع‌آوری آب سطحی و یا حداکثر تولید آب سطحی و همچنین پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی می‌باشد). یعنی این‌که ضمن در نظر گرفتن پتانسیل فیزیکی جمع‌آوری آب باید جنبه اقتصادی نیز مدنظر قرار گیرد.

مدل ۲:

$$MAX \sum i Sp_i + Gp_i$$

$$S.T \sum i\ c_i\ a_i \leq C$$ در صورتی که

که در آن، C: مجموع هزینه در زیرحوزه یا واحد کاری و c_i: هزینه ایجاد سیستم استحصال آب، در سلول یا پارسل i می‌باشد.

در کل مدل‌های مفهومی یک و دو شامل ۳ مرحله برای ارزیابی پتانسیل کلی استحصال آب در حوزه آبخیز می‌باشند:

۱) تحلیل داده‌ها به‌منظور ایجاد لایه‌های مکانی (پایه)، برای مکان‌یابی مناطق مناسب استحصال آب.

۲) برآورد حداکثر آب قابل جمع‌آوری به‌صورت سطحی و تغذیه آب زیرزمینی در قالب نقشه‌های پتانسیل آب سطحی و پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی

۳) تهیه نقشه تلفیقی از قابلیت فنی و اقتصادی، برای مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای استحصال آب.

1- Sub-Total

به‌منظور دست‌یابی به موارد بالا به‌طورکلی مراحل انجام پژوهش به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

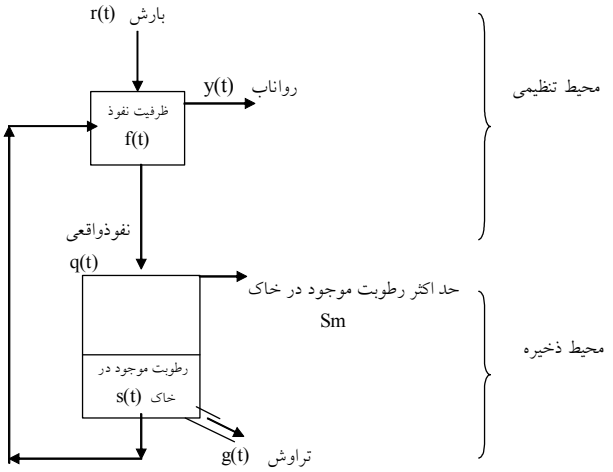
۱- تهیه نقشه پتانسیل رواناب و نقشه پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی به‌منظور شناسایی عرصه‌های دارای پتانسیل رواناب قابل جمع‌آوری و پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی با ابعاد سلولی ۱۰۰×۱۰۰ مترمربع.

۲- اولویت‌بندی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری آب سطحی و زیرزمینی در هر زیرحوزه.

۳- اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها برای جمع‌آوری آب سطحی و زیرزمینی براساس شاخص اقتصادی.

تعیین شاخص پتانسیل رواناب و پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی: برای تعیین شاخص پتانسیل رواناب و پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی از یک مدل نفوذپذیری دیسکن و نازیموف به شرح زیر استفاده شده است.

مدل شامل ۲ محیط است که محیط اول، محیط تنظیمی است که دارای یک ورودی و دو خروجی می باشد و محیط دوم، محیط ذخیره نام دارد که یک ورودی دریافت کرده و یک خروجی دارد. دو محیط با این واقعیت که یکی از خروجی‌های محیط تنظیمی، ورودی محیط ذخیره است، به هم مرتبط می‌شوند. محیط تنظیمی نماینده سطح خاک است که تعیین‌کننده ظرفیت نفوذ خاک می‌باشد. این محیط همچنین میزان تبدیل بارش $r(t)$ به نفود واقعی $q(t)$ و رواناب $y(t)$ را تعیین می نماید. شکل ۷، نمودار شماتیک مدل نفوذپذیری دیسکن و نازیموف را نشان می دهد.



شکل ۷- نمودار شماتیک مدل نفوذپذیری دیسکن و نازیموف.

روش محاسبه پتانسیل رواناب و پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی: کاربرد مهم مدل شرح داده شده در بالا، محاسبه تغییرات ظرفیت نفوذ و تولید رواناب مؤثر در طول یک رگبار می‌باشد. در ابتدا با مشخص نمودن پارامترهای مدل (fo، fc و sm) و مقدار ورودی مدل (باران)، مقدار اولیه f(t) و g(t) با استفاده از معادله‌های مربوطه به‌دست می‌آید. سپس محاسبه‌ها برای گام‌های زمانی متوالی انجام می‌شود. در ابتدا با مشخص بودن پارامترهای مدل (fo، fc و sm) و مقادیر اولیه متغیرها، مقدار اولیه f(t) و g(t) با استفاده از معادله‌های مربوطه به‌دست می‌آید. سپس محاسبه‌ها برای گام‌های زمانی متوالی انجام می‌شود.

رابطه بین میزان ذخیره آب در مخزن s(t) و ظرفیت نفوذ f(t)، به‌صورت رابطه خطی کاهنده به‌صورت زیر محاسبه شده است:

$$f(t)=fo-(fo-fc)\ s(t)/sm$$

با انتخاب یک پریود زمانی ($\Delta t=ti+1-ti$) تغییرات رطوبت خاک سطحی را نسبت به تغییرات نفوذپذیری واقعی و نفوذ عمقی یا تراوش که تعیین‌کننده میزان تغذیه آب زیرزمینی است، می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$se-sb=(qb+qe)\Delta t/۲-(gb+ge)\Delta t/۲$$

که در آن، b و e به‌ترتیب نماینده ابتدا و انتهای گام‌های زمانی است و طول مدت گام زمانی توسط Δt نشان داده می‌شود.

روش محاسبه پارامترهای مورد نیاز برای اجرای مدل، شامل (fo، fc و sm): برای اجرای مدل به یک سری پارامترهای ورودی که شامل حداکثر میزان ظرفیت نفوذپذیری (fo) و حداقل میزان ظرفیت نفوذپذیری (fc) و حداکثر ظرفیت رطوبتی خاک (sm) نیاز است. به‌منظور استخراج اطلاعات بالا، آزمایش‌های صحرایی نفوذپذیری در کاربری‌های متفاوت (۳ نمونه در هر کاربری) انجام شد و برای تعیین مقدار sm با استفاده از نمونه‌های دست‌نخورده در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

تهیه نقشه پتانسیل رواناب: به‌منظور تهیه نقشه پتانسیل رواناب، ابتدا مقدار رواناب پتانسیل با استفاده از مدل دیسکن و نازیموف برای ۱۲ نقطه مشاهداتی محاسبه گردید و سپس با مقدار به‌دست آمده از جدول راهنمای مورد استفاده برای تعیین ضریب رواناب در مدل هیدرولوژیکی توزیعی Wetspa مقایسه گردید (جدول ۱). تا میزان تطابق بین نتایج اجرای مدل دیسکن و نازیموف و جدول راهنما که

براساس نوع کاربری، درصد شیب و ترکیبات فیزیکی خاک میزان ضریب رواناب پتانسیل را محاسبه می‌کند مشخص می‌گردد و در صورت انطباق نتایج این دو روش، برای سایر سلول‌های حوزه آبخیز نیز با استفاده از رابطه همبستگی به‌دست آمده و جدول راهنما میزان رواناب پتانسیل برآورد گردد.

تهیه نقشه پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی: در این قسمت از یک روش آماری برای تعمیم مقدار فاکتور تغذیه آب زیرزمینی به‌دست آمده از مدل در ۱۲ نقطه مشاهداتی به تمامی نقاط حوزه استفاده شده است. هدف از ارایه یک روش آماری، دست‌یابی به یک معادله کلی به‌منظور به‌دست آوردن ارتباط بین مقدار تغذیه آب زیرزمینی با عوامل مؤثر بر آن و سپس تهیه نقشه تغذیه آب زیرزمینی در تمامی نقاط حوزه آبخیز گلبهار می‌باشد. برای این منظور ابتدا عوامل مؤثر بر تغذیه آب زیرزمینی در حوزه آبخیز گلبهار مشخص شدند که این عوامل عبارت هستند از شیب حوزه، درصد سیلت، درصد شن، درصد رس و شدت نفوذپذیری (ضریب تراوایی). به‌منظور به‌دست آوردن مقادیر کمی هر یک از عوامل مؤثر در تغذیه آب زیرزمینی از نقشه شیب و نقشه بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس) استفاده شده است. برای تعیین مقادیر مربوط به‌شدت نفوذپذیری از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط استوانه‌های مضاعف استفاده شده است. پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها برای آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شده است. ابتدا نرمال بودن داده‌های مشاهداتی با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف[1] مورد بررسی قرار گرفت. (ایدو، ۲۰۰۳؛ گیسن و همکاران، ۲۰۰۹). سپس به‌منظور شناخت ارتباط بین متغیر مستقل با متغیرهای وابسته ماتریس همبستگی شکل گرفت. در مرحله بعد از روش همبستگی پیرسون، میزان تأثیر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای موردنظر با میزان تغذیه آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت. در انتها با بهره‌گیری از متغیرهای مؤثر در میزان تغذیه آب زیرزمینی، اقدام به توسعه مدل خطی برای برآورد میزان تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از رگرسیون چندمتغیره گردید. در این پژوهش با توجه به مقادیر ضریب تبیین و خطای تخمین، از روش گام به گام استفاده شده است.

روش اولویت‌بندی مناطق دارای پتانسیل آب قابل جمع‌آوری در هر زیرحوزه: برای این منظور ابتدا نقشه مجموع پتانسیل آب قابل جمع‌آوری تهیه گردید. شیوه کار به این شکل است که، نقشه پتانسیل رواناب و نقشه پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در محیط GIS با هم تلفیق شده و از این طریق نقشه مجموع پتانسیل آب قابل جمع‌آوری تهیه گردیده است. در ادامه برای اولویت‌بندی هر یک از زیرحوزه‌ها، ابتدا نقشه زیرحوزه با نقشه مجموع پتانسیل آب قابل جمع‌آوری، در محیط GIS روی‌هم‌اندازی شد و از این طریق زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل ویژه آب قابل جمع‌آوری اولویت‌بندی

1- Kolmogrov-Smirnov

شدند. برای به‌دست آوردن مقدار پتانسیل ویژه آب قابل جمع‌آوری در هر زیرحوزه، مجموع آب قابل جمع‌آوری در هر زیرحوزه بر مساحت زیرحوزه تقسیم شد.

اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها براساس شاخص اقتصادی: جمع‌آوری رواناب و تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های بزرگ مقیاس اقتصادی نیست و توجیه تکنیکی چندانی ندارد. بر این اساس در این پژوهش، برای جمع‌آوری رواناب و تغذیه آب زیرزمینی به ارزیابی روش‌های کوچک مقیاس پرداخته شده است. روش‌های متعددی برای جمع‌آوری آب در مقیاس کوچک وجود دارند که هر کدام از آن‌ها برای اجرا نیازمند فراهم بودن شرایط مناسب از جنبه‌های فیزیکی و تکنیکی می‌باشند. بنابراین با استفاده از قواعد سناریوسازی عرصه‌های مناسب برای اجرای عملیات مختلف جمع‌آوری رواناب و تغذیه آب زیرزمینی تهیه و اولویت‌بندی شدند. با توجه به شرایط طبیعی حوزه روش‌های استحصال آب پیتینگ (چاله چوله کردن)، سطوح نواری جمع‌آوری آب، سطوح هلالی جمع‌آوری آب و کنتور فارو به‌عنوان اقدامات مناسب انتخاب و مکان‌یابی شدند. پس از مکان‌یابی عملیات مناسب جمع‌آوری رواناب و تغذیه آب زیرزمینی، هزینه‌های مربوط به اجرای آن‌ها محاسبه گردید و سپس زیرحوزه‌ها براساس شاخص اقتصادی اولویت‌بندی شدند. برای ارزیابی اقتصادی از روش سود به هزینه[1] استفاده شده است. برای محاسبه درآمد هر یک از عملیات چهارگانه در اراضی توسعه‌نیافته، ابتدا حجم آب قابل جمع‌آوری سطحی و زیرزمینی با توجه به مساحت عملیات مدیریتی و مجموع آبی که در عرصه موردنظر جمع می‌شود به‌دست آمد. در نهایت این مقدار در قیمت آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه که ۱۲۵۰ ریال (شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۲۰۱۰) به‌ازای هر مترمکعب می‌باشد، ضرب گردید تا درآمد به‌دست آمده از اجرای عملیات استحصال آب به‌دست آید. برای تعیین هزینه‌های عملیات مدیریتی در هر واحد کاری (زیرحوزه) از رابطه زیر استفاده شده است (نورمن و همکاران، ۲۰۰۲).

$$E=\Sigma\, dj\,(Aj)$$

که در آن، E: هزینه کلی استقرار، Aj: مساحت هر یک از عملیات مدیریتی چهار گانه (j)، dj: هزینه لازم برای استقرار هر یک از عملیات مدیریتی چهارگانه در واحد سطح.

هزینه هر یک از عملیات مدیریتی چهارگانه ذکر شده، براساس مصاحبه حضوری با کارشناسان بخش آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی استان خراسان رضوی برآورد شده است. جدول ۲، هزینه هر یک از عملیات قابل انجام در حوزه آبخیز گلبهار را نشان می‌دهد.

1- Benefit to Cost

جدول ۱- ضریب پتانسیل رواناب برای انواع کاربری، تیپ خاک و شیب (چو و همکاران، ۱۹۹۸).

کاربری اراضی	شیب (درصد)	شن	لومی شنی	شنی لومی	لوم	سیلت لوم	سیلت	شنی رسی لومی	رسی لومی	سیلتی رسی لومی	شنی رسی	سیلتی رسی	رسی
جنگل	۰/۵ >	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/٤
	۵-۰/۵	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱٤	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۲٤	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳٤	۰/۳۷	۰/٤۱	۰/٤٤
	۱۰-۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/٤	۰/٤۳	۰/٤۷	۰/۵
	۱۰ >	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/٤۲	۰/٤۵	۰/٤۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/٦۲
مرتع	۰/۵ >	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/٤	۰/٤۳	۰/٤۷	۰/۵
	۵-۰/۵	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳٤	۰/۳۷	۰/٤۱	۰/٤٤	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵٤
	۱۰-۵	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/٤	۰/٤۳	۰/٤۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/٦
	۱۰ >	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/٤۲	۰/٤۵	۰/٤۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/٦۲	۰/٦۵	۰/٦۹	۰/۷۲
زراعت	۰/۵ >	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/٤	۰/٤۳	۰/٤۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۷
	۵-۰/۵	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳٤	۰/۳۸	۰/٤۱	۰/٤٤	۰/٤۷	۰/۵۱	۰/۵٤	۰/۵۸	۰/٦۱	۰/٦٤
	۱۰-۵	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/٤	۰/٤۳	۰/٤۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/٦	۰/٦۳	۰/٦۷	۰/۷
	۱۰ >	۰/٤۵	۰/٤۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/٦۲	۰/٦۵	۰/٦۹	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۸۲
زمین بایر	۰/۵ >	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/٤	۰/٤۳	۰/٤۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/٦	۰/٦۳	۰/٦۷	۰/۷
	۵-۰/۵	۰/۳۷	۰/٤۱	۰/٤٤	۰/٤۷	۰/۵۱	۰/۵٤	۰/۵۷	۰/٦۱	۰/٦٤	۰/٦۷	۰/۷۱	۰/۷٤
	۱۰-۵	۰/٤۳	۰/٤۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/٦	۰/٦۳	۰/٦۷	۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۸
	۱۰ >	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/٦۲	۰/٦۵	۰/٦۹	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۹۲
درصد غیرقابل نفوذ		۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

جدول ۲- هزینه هر یک از عملیات قابل انجام در حوزه آبخیز گلبهار.

عملیات مدیریتی	هزینه جهت استقرار (ریال)
عملیات چاله چوله کردن (هکتار)	۵۰۰/۰۰۰
عملیات کنتور فارو (هکتار)	۶۰۰/۰۰۰
پشته‌های هلالی شکل و ذوزنقه‌ای (هکتار)	۵۰۰/۰۰۰
سطوح نواری جمع‌آوری رواناب (هکتار)	۲۰۰/۰۰۰

محاسبه درآمد ناخالص[1]: برای تعیین درآمد ناخالص از رابطه زیر استفاده شده است (نورمن و همکاران، ۲۰۰۲).

$$G = \Sigma [(PJ\ YJ - CJ)]$$

که در آن، G: درآمد ناخالص، PJ: قیمت واحد حجم آب استحصال شده، YJ: حجم آب استحصال شده و CJ: هزینه‌های جاری صرف شده برای استحصال یک واحد حجم آب.

پیش‌بینی درآمد و هزینه به‌دست آمده از اجرای عملیات موردنظر در افق برنامه‌ریزی: با توجه به این‌که عمر مفید عملیات مدیریتی پیشنهاد شده (کنتور فارو ٤ سال، پیتینگ ۲ سال، سطوح نواری ۲ سال و سطوح هلالی، ذوزنقه‌ای شکل ٤ سال) متفاوت می‌باشد، ابتدا افق برنامه‌ریزی با توجه به عملیاتی که دارای بیش‌ترین طول عمر مفید می‌باشد انتخاب گردید که ٤ سال می‌باشد. سپس برای پیش‌بینی هزینه‌ها و درآمدهای به‌دست آمده از اجرای هر یک از عملیات‌های مدیریتی چهارگانه در افق برنامه‌ریزی از رابطه زیر استفاده گردید (نورمن و همکاران، ۲۰۰۲).

اجزای رابطه بالا به‌شرح زیر هستند:

PV: ارزش فعلی (درآمد یا هزینه در سال مبنا)، t: مدت زمان لازم برای بهره‌وری اقتصادی از عملیات موردنظر (عمر مفید)، i: نرخ تنزیل و Xt: در آمد و هزینه به‌دست آمده از اجرای عملیات موردنظر در سال t.

در این پژوهش سال ۱۳۹۰ اولین سال هزینه و بهره‌برداری در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی اقتصادی در این پژوهش دو حالت در نظر گرفته شده است. در حالت اول نرخ بهره برابر ۱۲ درصد در نظر گرفته شده است. که در واقع نرخ بهره رایج برای وام‌های بانکی است. در حالت دوم نرخ بهره برابر ٦ درصد در نظر گرفته شده است که این نرخ بهره با توجه به تسهیلات ویژه دولتی برای طرح‌های کشاورزی در نظر گرفته می شود. نرخ تنزیل در واقع تفاوت نرخ بهره و تورم را نشان

1- Gross Margin

می‌دهد. به این ترتیب با توجه به نرخ تورم رایج در ایران که ۱۵ درصد می‌باشد. دو مقدار کمی برای نرخ تنزیل که ۳ (حالت اول) و ۹ درصد (حالت دوم) می‌باشد به‌دست می‌آید. پس از این‌که نرخ سود به هزینه برای هر یک از زیرحوزه‌ها محاسبه گردید، زیرحوزه‌ها از نظر اقتصادی اولویت‌بندی گردیدند.

نتایج

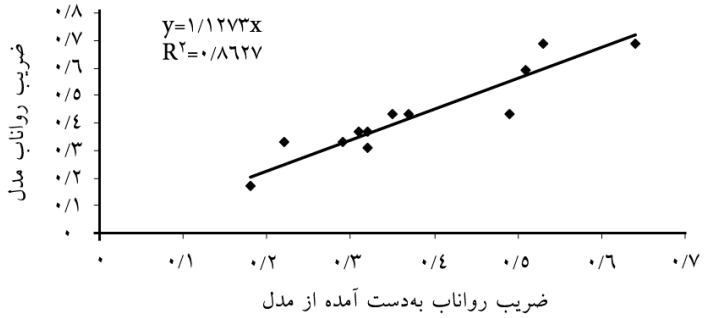
تهیه نقشه پتانسیل رواناب: ضرایب رواناب پتانسیل محاسبه شده توسط مدل دیسکن و نازیموف برای ۱۲ نقطه مشاهداتی و مقایسه آن‌ها با ضرایب به‌دست آمده از جدول راهنمای تعیین ضرایب رواناب پتانسیل براساس کاربری اراضی، شیب و خصوصیات خاک نشان داد که همبستگی خوبی (۸٦ درصد) بین نتایج مدل و جدول راهنما وجود دارد (جدول ۳ و شکل ۸). بنابراین با استفاده از رابطه همبستگی به‌دست آمده و جدول راهنمای موجود و همچنین نقشه‌های کاربری اراضی، شیب و بافت خاک حوزه، نقشه ضریب رواناب پتانسیل حوزه محاسبه گردید که در شکل ۹ نشان داده شده است.

جدول ۳، مقادیر ضریب رواناب به‌دست آمده از مدل و جدول مورد استفاده در هر نمونه را نشان می‌دهد.

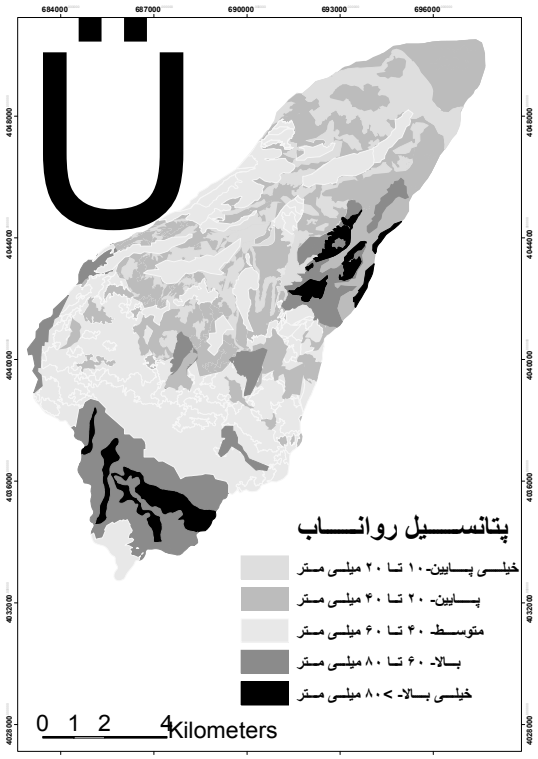
جدول ۳- مقادیر ضریب رواناب به‌دست آمده از استوانه‌های مضاعف و جدول مورد استفاده در هر نمونه در کاربری‌های مختلف.

کاربری	متوسط شیب (درصد)	ضریب رواناب به‌دست آمده از مدل	ضریب رواناب تجربی از جدول ضریب پتانسیل رواناب برای انواع کاربری، تیپ خاک و شیب
مرتع ۱	۰/۵-۵	۰/۱۸	۰/۱۷
مرتع ۲	۵-۱۰	۰/۲۹	۰/۳۳
مرتع ۳	۱۰>	۰/۵۱	۰/۵۹
زراعت دیم ۱	۰/۵<	۰/۳۲	۰/۳۷
زراعت دیم ۲	۰/۵-۵	۰/۳۱	۰/۳۷
زراعت دیم ۳	۱۰>	۰/٦٤	۰/٦۹
آبی باغی ۱	۰/۵-۵	۰/۳۲	۰/۳۱
آبی باغی ۲	۰/۵<	۰/٤۹	۰/٤۳
آبی باغی ۳	۱۰ >	۰/۵۳	۰/٦۹
مسیل ۱	۰/۵ >	۰/۲۲	۰/۳۳
مسیل ۲	۰/۵-۵	۰/۳۷	۰/٤۳
مسیل ۳	۰/۵-۵	۰/۳۵	۰/٤۳

شکل ۸ رابطه بین ضریب رواناب جدول و ضریب رواناب به‌دست آمده از مدل را نشان می‌دهد.



شکل ۸- رابطه بین ضریب رواناب جدول و ضریب رواناب به‌دست آمده از مدل.



شکل ۹- نقشه پتانسیل رواناب حوزه آبخیز گلبهار.

تهیه نقشه پتانسیل آب زیرزمینی: برای تهیه نقشه آب زیرزمینی ابتدا برای ۱۲ نقطه مشاهداتی میزان همبستگی بین مقدار تغذیه آب زیرزمینی به‌عنوان متغیر وابسته و مقادیر درصد شن، سیلت و رس و شدت نفوذپذیری به‌عنوان متغیرهای مستقل آزمون گردید (جدول ٤). نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد که رابطه معنی‌داری بین متغیر و متغیرهای مستقل وجود دارد.

جدول ٤- ماتریس همبستگی بین متغیر وابسته با متغیرهای مستقل.

	تغذیه	درصد شیب	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	شدت نفوذپذیری
تغذیه	۱					
درصد شیب	-۰/۲۹۵*	۱				
درصد شن		-۰/۳۵۰	۱			
درصد سیلت	-۰/٤۱۸*	-۰/۱۲۲	-۰/۰۹۳۰*	۱		
درصد رس	-۰/۵۳۷**	۰/٦۰۸*	-۰/۱۰۸	-۰/۱۰۷	۱	
شدت نفوذپذیری	۰/۹۵۵**	-۰/۳۵۱*	۱**	-۰/۹۰۲	-۰/۱۰۸*	۱

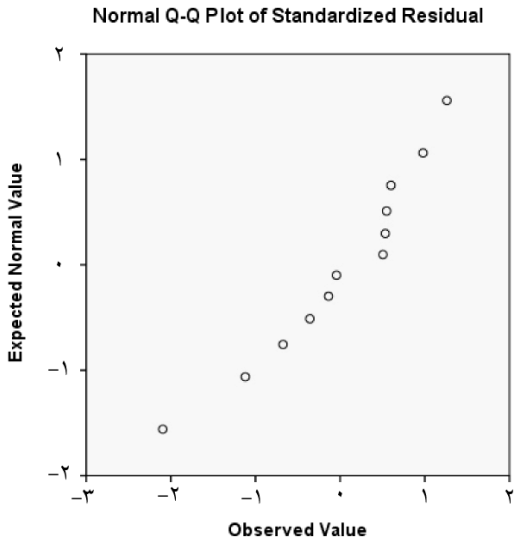
* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

به‌منظور شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر میزان تغذیه آب زیرزمینی و تهیه مدل نهایی تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از رگرسیون چندمتغیره در سطح ۵ درصد تحلیل آماری صورت گرفت. روش‌های مختلف داخل شدن، گام به گام، حذف شدن، پیشرو و پسرو تست شدند که در نهایت مدل گام به گام، به‌علت دارا بودن ضریب تبیین بالاتر و خطای تخمین پایین‌تر، نسبت به سایر مدل‌ها انتخاب گردید. جدول ۵، نتایج ضرایب رگرسیونی رابطه تغذیه آب زیرزمینی با درصد شیب، درصد سیلت، درصد رس و شدت نفوذپذیری را نشان می‌دهد.

جدول ۵- ضرایب رگرسیونی اثر متغیر مستقل بر متغیرهای وابسته.

مدل	ضرایب غیراستاندارد	ضرایب استاندارد		t	معنی‌داری
	B	انحراف استاندارد	Beta		
مقدار ثابت	۰/۵۸۹	۰/۰۲۱		٤۹/۱۸	۰
درصد شیب	-۰/۱٤۱	۰/۰٤۲	-۰/۱٤۷	-۱۱/٦۲۱	۰/۰۱۲
درصد رس	-۰/۰٤۳	۰/۰۰۲	-۰/۸٤۹	-۱۵/٤۲۹	۰
شدت نفوذپذیری	۰/۸۱۲	۰	۰/۹۳۵	۱۰/٦۷	۰

شکل ۱۰ نتیجه بررسی دقت مدل رگرسیونی برآورد تغذیه آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. نمودار باقی‌مانده‌ها درستی مدل را بررسی می‌کند و نشان می‌دهد که باقی‌مانده‌ها دارای توزیع نرمال هستند و مدل به‌دست آمده قابل‌قبول می‌باشد.



شکل ۱۰- بررسی دقت مدل رگرسیونی برآورد تغذیه آب زیرزمینی.

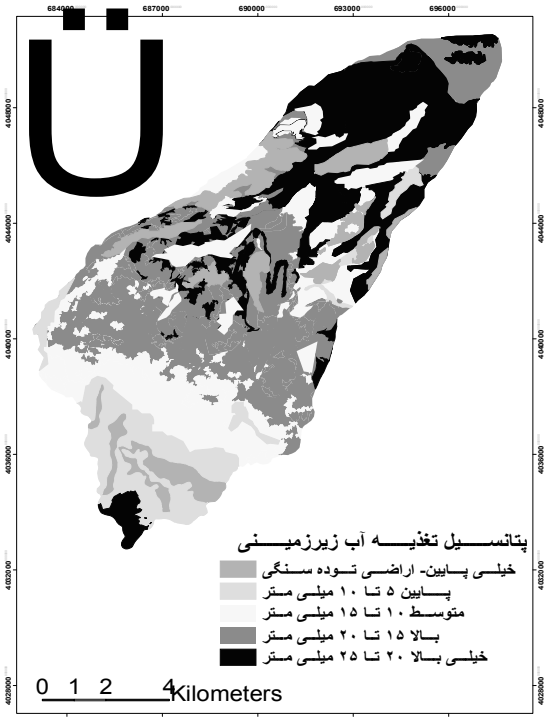
در نهایت با توجه به ضریب تبیین و خطای تخمین قابل‌قبول، مدل نهایی برآورد فاکتور تغذیه آب زیرزمینی در جدول ٦ ارایه گردید:

جدول ٦- مدل نهایی برآورد مقدار تغذیه آب زیرزمینی.

رابطه	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	ضریب خطای استاندارد تخمین
Re=۰/۵۸۹-۰/۱٤۱ s-۰/۰٤۳ cl+۰/۸۱۲i تغذیه آب زیرزمینی	۰/۹۲۳	۰/۹۱۱	۰/۰۳۱

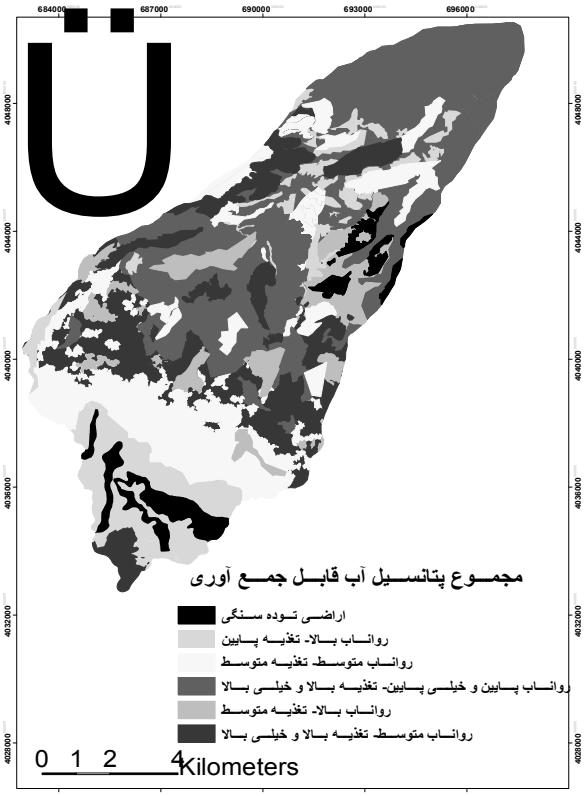
Re= فاکتور تغذیه آب زیرزمینی، s= درصد شیب، cl= درصد رس و i= شدت نفوذ پذیری.

با استفاده از رابطه نهایی برآورد مقدار تغذیه آب زیرزمینی و نقشه‌های مربوط به اجزای واحد اراضی و نقشه شیب حوزه آبخیز گلبهار که در محیط نرم‌افزار GIS روی‌هم‌اندازی شدند، در نهایت نقشه پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی با ابعاد سلولی ۱۰۰×۱۰۰ به‌دست آمد. شکل ۱۱ نقشه پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی حوزه آبخیز گلبهار را نشان می‌دهد.



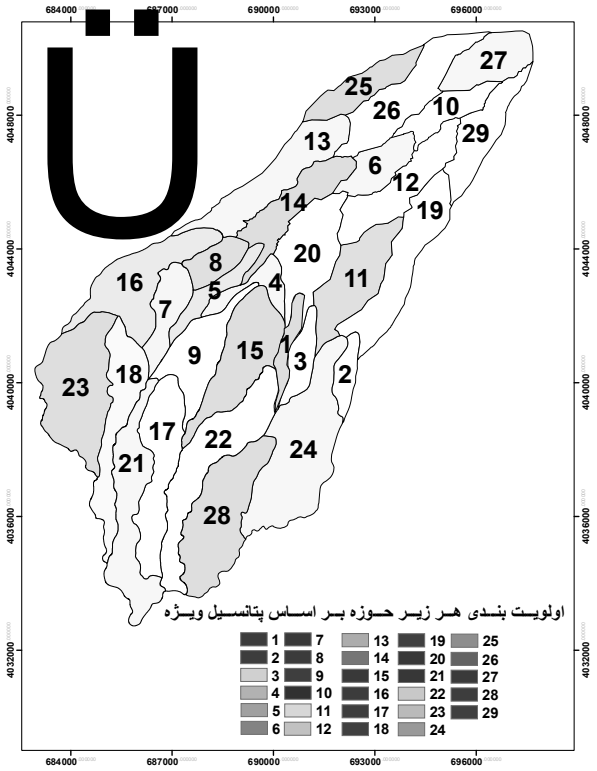
شکل ۱۱- نقشه پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی حوزه آبخیز گلبهار.

تهیه نقشه مجموع پتانسیل آب قابل جمع‌آوری: پس از تهیه نقشه‌های پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی، برای ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب باران در حوزه آبخیز گلبهار، ابتدا دو نقشه پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی در محیط نرم‌افزار Arc GIS روی‌هم‌اندازی شدند و نقشه مجموع پتانسیل آب قابل جمع‌آوری به‌دست آمد. شکل ۱۲ نقشه مجموع پتانسیل آب قابل جمع‌آوری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- نقشه مجموع پتانسیل آب قابل جمع‌آوری.

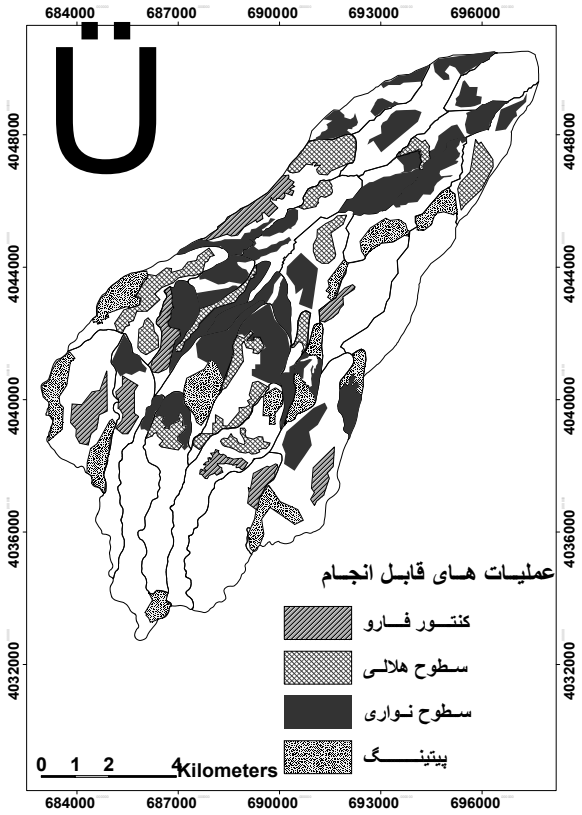
اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل ویژه آب قابل جمع‌آوری: در ادامه برای اولویت‌بندی هر زیرحوزه از نظر پتانسیل ویژه آب قابل جمع‌آوری، ابتدا نقشه زیرحوزه‌ها با نقشه مجموع پتانسیل آب قابل جمع‌آوری در محیط نرم‌افزار Arc GIS روی‌هم‌اندازی شد و از این طریق زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل ویژه آب قابل جمع‌آوری اولویت‌بندی شدند. برای به‌دست آوردن مقدار پتانسیل ویژه آب قابل جمع‌آوری در هر زیرحوزه، مجموع آب قابل جمع‌آوری در هر زیرحوزه بر مساحت هر زیرحوزه تقسیم شده است. شکل ۱۳، نقشه اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل ویژه آب قابل جمع‌آوری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳- نقشه اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل ویژه آب قابل جمع‌آوری.

مکان‌یابی عملیات مدیریتی پیشنهادی: همان‌طورکه در روش انجام پژوهش اشاره شده است، نقشه پتانسیل رواناب با روی‌هم‌اندازی نقشه‌های شیب، بافت خاک و کاربری اراضی ایجاد شده است. نقشه پتانسیل تغذیه با استفاده از داده‌های مربوط به شیب، درصد شن، درصد سیلت، درصد رس و شدت نفوذپذیری تهیه شده است. بنابراین نقشه‌های پتانسیل رواناب و تغذیه همه فاکتورهای تکنیکی لازم برای طراحی سیستم جمع‌آوری آب را در نظر گرفته‌اند. بنابراین می‌توان با استفاده از نقشه‌های پتانسیل رواناب و تغذیه، عرصه‌های مناسب برای جمع‌آوری آب را مکان‌یابی نمود. در نتیجه با توجه به نقشه‌های کاربری اراضی، شیب، بافت و عمق خاک، نقشه‌های پتانسیل رواناب و پتانسیل آب زیرزمینی به‌دست آمد. در ادامه با در نظر گرفتن دیدگاه فنی عرصه‌های مناسب برای جمع‌آوری رواناب و تغذیه آب زیرزمینی با توجه به شرایط هر زیرحوزه مکان‌یابی شده‌اند. عرصه‌های مناسب

برای انجام عملیات چهارگانه ذکر شده با استفاده از قواعد سناریوسازی و در محیط نرم‌افزار Arc GIS مکان‌یابی گردیدند. مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای هر یک از عملیات‌ها با توجه به شرایط هر زیرحوزه از نظر کاربری، بافت، شیب، عمق خاک و همچنین پتانسیل رواناب و تغذیه آب زیرزمینی انجام شده است. شکل ١٤، نقشه عملیات‌های مدیریتی پیشنهادی در حوزه آبخیز گلبهار را نشان می‌دهد.



شکل ١٤- نقشه عملیات‌های مدیریتی پیشنهادی در هر زیرحوزه.

ارزیابی اقتصادی: جدول‌های ۷ و ۸ نتایج نهایی نرخ سود به هزینه و درآمد ناخالص در هر زیرحوزه را با نرخ تنزیل ۳ و ۹ درصد نشان می‌دهند.

جدول ۷- نتایج نهایی نرخ سود به هزینه و درآمد ناخالص در هر زیرحوزه با نرخ تنزیل ۳ درصد (اعداد بر حسب هزار ریال).

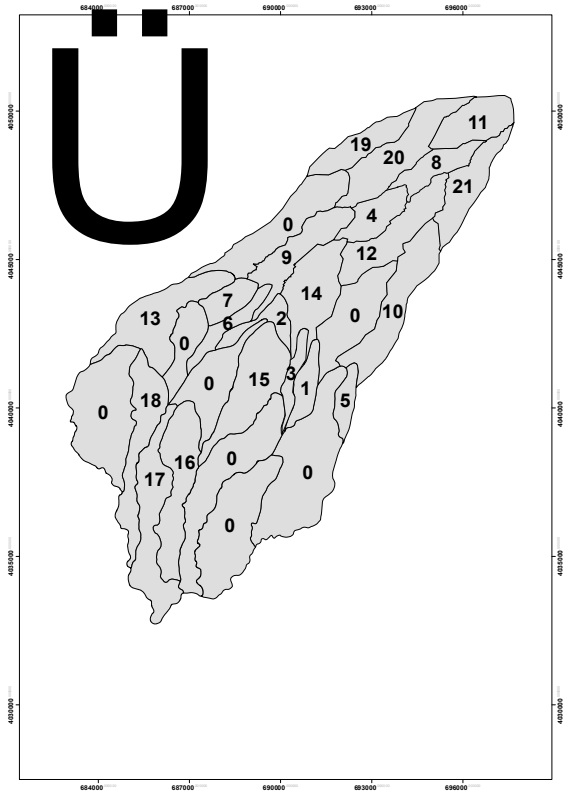
زیرحوزه	درآمد کل	هزینه کل	درآمد ناخالص	سود به هزینه
۱	۹۶۳۰۳/۱	۳٦۵۸۰/۱	۵۹۷۵۰	۲/٦
۲	۱۸۲۵۱۱/۸	۸۳۹٦۷/۵	۹۸۵٤٤/۳	۱/۲
۳	٤۷٦۹۹۲/۲	۱۲۰۱۱۸/۹	۳۵٦۸۷۳/۳	۳/۹
٤	۱٦۵۸۹۸/۳	۵۷۵۱۹/۷	۱۰۸۳۷۸/٦	۲/۸
۵	۱۳۸۷۹۳/۷	۷۲۱۸۳/۱	٦٦٦۱۰/٦	۱/۹
٦	۱۹۲٦۰۹/٤	۷۹٤٤٦/۲	۱۱۳۱٦۳/۲	۲/٤
۷	۲۳۸۸۷/۳	۱۱٤۲۹۳/٦	-۹۰٤۰٦/۳	۰/۲
۸	۹۰٦۰۵/۸	۵۰٤۰۹/٤	٤۰۱۹٦/٤	۱/۷
۹	۸۳۸۰۰	۲۰۰٤۷۸/۷	-۱۹۲۰۹۸/۷	۰/۰٤
۱۰	۸٦۷۷۱/۸	٤۹٤۲۵/۷	۳۷۳٤٦	۱/۷
۱۱	۲۰٤۵/٤	۲٤٤٦٦/٦	-۲۲٤۲۱/۲	۰/۰۸
۱۲	۲۱٦۷۸۲/٦	۱٤۸۱۷٦	٦۸٦۰۵/۸	۱/٤
۱۳	۱۱٤۹۳/۲	۱۳۷٤۷۸/۸	-۱۲۵۹/۸۵	۰/۰۸
۱٤	۹۳۲۱۹/٦	۵٤۳۹۳/۵	۳۸۷۲٦/۱	۱/۷
۱۵	۱۷۷۷۹٦/٤	۱۳۳٤۲۱/۹	٤٤۸۷٤/٤	۱/۳

زیرحوزه	درآمد کل	هزینه کل	درآمد ناخالص	سود به هزینه
۱٦	۳۳۷۹۳۰/۸	۲۱۹۲۱۱۰/۹	۸۳٦۸٦/٦	۱/۳
۱۷	۸۹۸۷۳/٦	٦۳۳٦۵/۳	۲۰۵۱۸/۲	۱/۲
۱۸	۸٤۱۲۲/۵	۷۱۸۷۸/۸	۱۲۳٤۷/٤	۱/۱
۱۹	۱۲۱۱٦۹/۸	۷۲٤٦۹/٦	٤۸٦۹۹/۲	۱/٦
۲۰	۱٤۹٦۲۸/۵	۱۰۸٤۷۳	٤۱۱۵٤/٤	۱/۳
۲۱	۷۵۱۲۹/٤	٦۱۹۷۸/۳	۱۳۱۵۱/٦	۱/۲
۲۲	۳۳۰۷۸/۵	۹۸۹۱۸/۳	-٦۵٤۸۰/۳	۰/۳
۲۳	۱۱۳۳۱/٦	۲۷۱۰۸۵/۷	-۲۵۷۹٤/۵	۰/۰٤
۲٤	۸۰٦۱/۲	۱۹۲۸٦۵/٦	-۱۸٤۸۳/۹	۰/۰٤
۲۵	۵۵۳۳۹/۳	٤۷۳۸۲/۵	۸۰۵٦/۹	۱/۱
۲٦	۷٦۹۳۶/۲	٦۸۱۸۹/٤	۸/۷	۱/۱
۲۷	۲۵۸۵۳/٤	۱٦۷۱٦/۱	۹۱۳۷	۱/۵
۲۸	۲۱۲۲۵/۸	۳۳۸۵۳	-۱٦٦۲۷/۱	۰/٦
۲۹	٦۹۹۱۵/۵	٦٦۹۰٤/۲	۳۰۱۰/٦	۱/۰٤

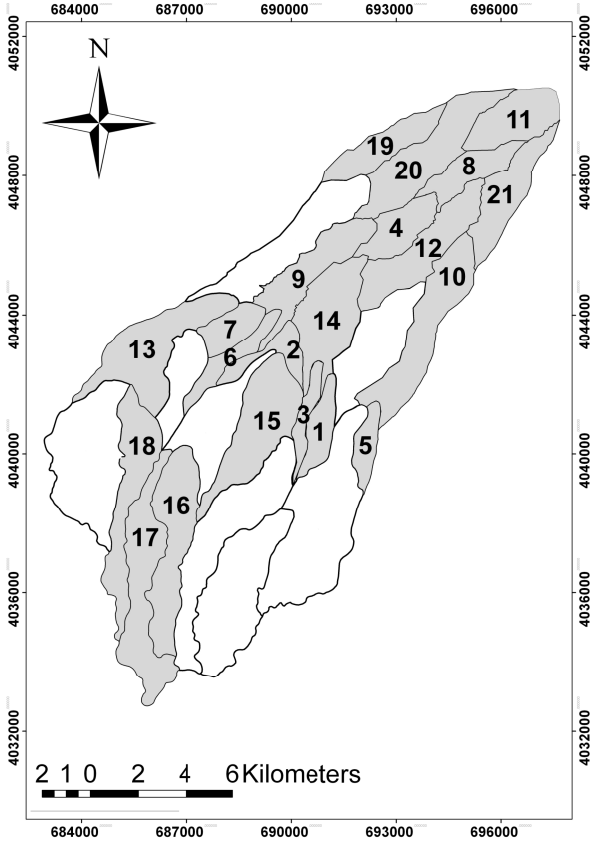
جدول ۸- نتایج نهایی نرخ سود به هزینه و درآمد ناخالص در هر زیرحوزه با نرخ تنزیل ۹ درصد (اعداد بر حسب هزار ریال).

زیرحوزه	درآمد کل	هزینه کل	سود به هزینه	درآمد ناخالص	زیرحوزه	درآمد کل	هزینه کل	درآمد ناخالص	سود به هزینه
۱	۱۰۵۰۸۷/٤	۳۸۱۰۹/۳	۲/۷	٦٦۹۷۸۷/۷	۱٦	۳۳۹۸٦۸/٦	۲۲۹۸۱/۸	۱۰۰۷٤٦/۸	۱/٤
۲	۱۹۹۱۰۳/۸	۹۰۷۰۰/۷	۲/۲	۱۰۸٤۰۳/۳	۱۷	۹۸۰٥٤/۸	۷۲۲۱٤/۳	۲٥٤۸۰/٥	۱/۳
۳	٥۲۰۳٥٥/۱	۱۲۹۷٥۱/۱	٤/۰۱	۳۹۰٤۰٤/۹	۱۸	۹۱۷٦۹/۷	۷٤۱٦٤/۳	۱۷٦۰٥/۳	۱/۲
٤	۱۸۰۹۸۰	٦۲۱۳۲/۱	۲/۹	۱۱۸۸٤۷	۱۹	۱۳۲۱۸٤/۸	۷۸۲۸۱/۹	٥۳۹۰۳/۸	۱/٦
٥	۱٥۱٤۱۱/۳	۷٥۳۹۰/٥	۲/۰۱	۷٦۰۲۰/۸	۲۰	۱٦۳۳۳۰/٥	۱۱٤۳۰۹/٥	٤۸۹۲۱/۸	۱/٤
٦	۲۱۰۱۱۹/٤	۸٥۸۱٦۹	۲/٤	۱۲٤۳۰۲	۲۱	۸۱۹٥۹/۸	٦٦۹۸٤/۷	۱٥۰۱۱/۸	۱/۲
۷	۲٦۰٥۸/۹	۱۱۸۸۷۱/۱	-۹۲۸۱۳/۱	۰/۲	۲۲	۳٦۰۸٥/٤	۱۰۲٤۸۱/۸	-٦٦۳۹٦/٤	۰/۳
۸	۹۸۸٤۲/۷	٥٤٤٥۱/٦	٤٤۳۹۱/٤	۱/۸	۲۳	۱۲۳٦۱/٥	۲۷۸۳٤٥/۸	-۲۷٤۹٤/۳	۰/۰٤
۹	۹۱٤۱/۸	۲۱٦٥٥٤/۹	-۲۰۷٤۱۳۷	۰/۰٤	۲٤	۸۷۹٤/٦	۲۰٥٤۱۱/۳	-۱۹٦٦٦/٦	۰/۰٤
۱۰	۹٤٦٦۰/٦	٥۱۸۱٦/۹	٤۲۸٤۳/۱	۱/۸	۲٥	٦۰۳۷۰/۳	٥۱۰۷٤/۳	۹۲۹٦/۲	۱/۱
۱۱	۲۲۳۱/۳	۲٤٤٦٦/٦	-۲۲۳۳٥/۲	۰/۰۹	۲٦	۸۳۹۳۰/۱	۷۳٦۳٥/۸	۱۰۲۹٤/۳	۱/۱
۱۲	۲۳٦٤۹۰/۱	۱٦۰۰٥۸/۸	۷٦٤۳۱/۲	۱/٤	۲۷	۲۸۲۰۳/٤	۱۸۰٥٦/٥	۱۰۱٤٦/۸	۱/٥
۱۳	۱۲٥۳۸/۸	۱٤۰۰۹۰/٥	-۱۲۷٥٥۲/٥	۰/۰۹	۲۸	۳۳۱٥٥/٤	۳۳۸٥۳/٥	-۱۰٦۹۷/٥	۱/٦
۱٤	۱۰۱٦۹٤/۲	٥٦۹۸۰/۹	٤٤۷۱۳/۲	۱/۷	۲۹	۷٦۲۷۰/۹	٦۸۱۷٥/۹	۸۰۹٥/٤	۱/۱
۱٥	۱۹۳۹٥۹/۷	۱۳۹٦۳۲/۹	٥٤۳۲٦/۷	۱/۳					

تهیه نقشه اولویت‌بندی اقتصادی زیرحوزه‌ها: پس از تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از ارزیابی اقتصادی هر یک از زیرحوزه‌ها، نقشه اولویت‌بندی اقتصادی حوزه آبخیز گلبهار در غالب زیرحوزه‌ها در دو حالت نرخ تنزیل ۳ و ۹ درصد تهیه گردید. شکل ۱۵، اولویت‌بندی اقتصادی زیرحوزه‌ها با نرخ تنزیل ۳ درصد و شکل ۱۶، اولویت‌بندی اقتصادی هر زیرحوزه با نرخ تنزیل ۹ درصد را نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود ترتیب اولویت زیرحوزه‌ها برای هر دو حالت تفاوت چندانی ندارد و زیرحوزه‌های اولویت‌دار در بخش‌های میانی حوزه آبخیز گلبهار واقع شده‌اند.



شکل ۱۵- نقشه اولویت‌بندی اقتصادی زیرحوزه‌ها با نرخ تنزیل ۹ درصد.



شکل ۱۶- نقشه اولویت‌بندی اقتصادی زیرحوزه‌ها با نرخ تنزیل ۳ درصد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که زیرحوزه‌هایی از نظر اقتصادی دارای شرایط مناسب برای استحصال آب می‌باشند که در ابتدا از نظر مجموع آب قابل جمع‌آوری دارای مقادیر بیش‌تری باشند و سپس مناسب عملیات استحصال آب با هزینه استقرار کم‌تر باشند. یکی از ویژگی‌های روش ارایه شده در این پژوهش نسبت به دیگر روش‌های ارایه شده برای ارزیابی مکانی جمع‌آوری آب این است که علاوه‌بر در نظر گرفتن چگونگی ابزار، وسایل و مهارت‌های لازم برای به‌کارگیری سامانه‌های جمع‌آوری آب باران یعنی شرایط اقلیمی (میزان بارش)، نحوه مصرف آب، کاربری، شرایط توپوگرافی منطقه و خصوصیات فیزیکی منطقه، شرایط اقتصادی منطقه مورد مطالعه نیز در نظر گرفته شده است که این امر می‌تواند باعث بهبود مدیریت

منابع آبی در سطح حوزه آبخیز شود، زیرا با توجه به تنوع روش‌های استحصال آب، باید در انتخاب روش مناسب به ویژگی‌هایی مانند مقدار بارندگی، نحوه توزیع آن، توپوگرافی، زمین، نوع خاک، عمق خاک، عوامل اقتصادی و اجتماعی هر منطقه توجه جدی نمود. در این پژوهش، نتایج طراحی سیستم‌های استحصال آب با توجه به شرایط هر یک از زیرحوزه‌ها ارایه گردیده است. در کل در این پژوهش از روشی مناسب و جدید برای ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری رواناب در سیستم حوزه آبخیز استفاده شده است. با بررسی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان این گونه استنباط کرد که مکان‌هایی در حوزه که قابلیت تولید پتانسیل آب قابل جمع‌آوری را دارند نمی‌توانند از نظر اقتصادی نیز در اولویت باشند. این که زیرحوزه‌ای از نظر اقتصادی برای جمع‌آوری آب در اولویت باشد بستگی به شرایط فیزیکی (شیب، خاک و نوع کاربری)، نوع عملیات پیش‌بینی شده برای جمع‌آوری آب و همچنین میزان آب جمع شده در آن زیرحوزه دارد. در کل می‌توان گفت که ارزیابی مکانی انجام شده در این پژوهش با استفاده از بانک اطلاعاتی وسیعی انجام شده است و این روش توانایی بهبود مدیریت منابع آبی در سطح حوزه آبخیز گلبهار و حوزه‌های با شرایط مشابه را دارد. با استفاده از روش‌های جمع‌آوری آب باران که به‌صورت رواناب سطحی ظاهر می‌شود، می‌توان سفره‌های آب زیرزمینی را تغذیه نمود و مشکل کمبود آب در فصل رویش محصولات کشاورزی را برطرف نمود.

شناسایی مناطق تولیدکننده رواناب، یک گام مهم و ضروری در به‌کارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران درون یک حوزه آبخیز می‌باشد. از طرف دیگر برای ارزیابی مکانی عرصه‌های مناسب جمع‌آوری آب باران، نیاز به بررسی متغیرهای زیاد و همچنین تلفیق لایه‌های مختلف می‌باشد که این امر برای مناطق وسیع کاری دشوار و پرهزینه خواهد بود. روش ارایه شده در این مطالعه، سیستم اطلاعات جغرافیایی را به‌عنوان یک ابزار قدرتمند و مفید برای تهیه، پردازش، تلفیق لایه‌ها و استخراج داده‌ها از لایه‌های تهیه شده، آنالیز و مدیریت داده‌های مکانی معرفی می‌نماید که می‌تواند در هر مقیاس از سطح حوزه آبخیز مورد استفاده قرار گرفته و به‌عنوان یک روش منطقی برای کمک به نقشه‌برداری و ارزیابی‌های مکانی، در مطالعات مکان‌یابی استفاده گردد. خروجی به‌دست آمده از این روش نمایش مکانی اراضی مستعد جمع‌آوری آب را درون یک حوزه آبخیز نشان می‌دهد. به این ترتیب با استفاده از روش ارایه شده در این پژوهش به‌منظور طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب، به مقدار قابل‌توجهی در وقت و هزینه صرفه‌جویی می‌گردد. نتایج حاصل نشان داد همانند سایر مطالعات صورت گرفته با GIS برای مکان‌یابی محل‌های مناسب مانند مطالعه مبیلینیای و همکاران (۲۰۰۷)

برای شناسایی محل‌های مناسب جمع‌آوری آب باران و مطالعه مهدوی و همکاران (۲۰۰٤) برای تعیین محل‌های مناسب تغذیه آب زیرزمینی، سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری مفید و کارآمد در ارزیابی مکانی جمع‌آوری آب باران است.

مکان‌یابی عرصه‌های مناسب به‌منظور تغذیه آب زیرزمینی نقش مهمی در افزایش رطوبت پروفیل خاک در منطقه رشد ریشه و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی دارد. این امر می‌تواند سبب توسعه کشاورزی در منطقه شود و همچنین در پی افزایش سطح ایستابی آب زیرزمینی، هزینه تاسیسات و لوله‌گذاری و پمپاژ برای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد. پیشنهاد می‌شود نقشه تغذیه آب زیرزمینی در حوزه‌هایی که با مشکل افت سطح آب زیرزمینی روبرو هستند تهیه و عملیات تغذیه آب زیرزمینی در آن‌ها انجام شود چرا که ذخیره آب در پروفیل خاک می‌تواند بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد اراضی زراعی و باعث افزایش کارایی مصرف آب در تغذیه آب‌های زیرز مینی داشته باشد.

منابع

1.Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. 1988. Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, 588p.

2.Diskin, M.H., and Nazimof, N. 1995. Linear reservoir with feedback regulated inlet as a model for the infiltration process, J. Hydrol. 172: 313-330.

3.Geissen, V., Sanchez-Hernndez, R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepulveda-Lozada, A., and Ochoa-Goana, S. 2009. Effects of land- use change on some properties of tropical soils-An example from southeast Mexico. Geoderma. 4: 87-97.

4.Ghahari, GH., and Pakro, M. 2007. Water harvesting and Flood Spreading impact assessment on ground water of Garibaygan plain. J. Range. Des. Res. 14: 386-390.

5.Ghayoumian, J., Mohseni Saravi, M., Feiznia, F., Nouri., B., and Malekian, A. 2007. Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. J. Asi. Earth Sci. 30: 346-374.

6.Hejrati, M. 2000. Geography and Rural Development, Case study Central section of Golbahar, First edition. ABA cultural center. Tehran, 249p. (In Persian)

7.Hissen, H.F., Lee, C.H., Hsu, K.C., and Chang, P.H. 2008. GIS for assessment of the groundwater recharge potential zone. J. Environ. Geol. 58: 185-195.

8.Idowu, O.J. 2003. Relationship between aggregate stability and selected soil properties in humid tropical environment. Communication in soil science and Plant Analysis. 1: 259-301.
9.Kosar, A. 1985. Flood Spreading methods application in ground water recharge. Zaytoun J. 8: 20-23.
10.Mahdavi, R., Abedi-Koopaei, J., Rezaei, M., and Abdolhosaini, M. 2004. Identifying Suitable sites of ground water recharge based on RS and GIS. Second Student National Conference of Soil and Water Resources, Dept. of Agriculture, University of Shiraz, Pp: 28-39. (In Persian)
11.Mbilinyi, B.P., Tumbo, S.D., Mahoo, H.F., and Mkiramwinyi, F.O. 2007. GIS-based decision support system for identifying potential site for rainwater harvesting. Physics and Chemistry of the Earth. 32: 1074-1081.
12.Mosavi, S., Chitsazan, M., and Mirzaei, Y. 2008. Ground Water recharge equal zone determination with Remote sensing and GIS Technology: Case Study: South of Izeh city. 12th conference of Geological Society of Iran. Pp: 345-350. (In Persian)
13.Neff, B.P., Piggott, A.R., and Sheets, R.A. 2006. Estimation of shallow groundwater recharge in the great lakes basin. Scientific Investigations Report 2005–5284, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, USA.
14.Norman, D.W., Burton, R.O.J., Freyenberger, S.G., Jones, R.D., and Jost, J. 2002. Financial analysis for sustainable agriculture part 1: gross margin analysis, paper: definition and enterprise anaiysis, Pp: 13-16.
15.Sekar, I., and Radhir, I.O. 2007. Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems. J. Hydrol. 334: 39-52.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(3), 2014
http://jwsc.gau.ac.ir

Identifying and prioritizing the appropriate places in the underground water supply of watershed system (Case study: Golbahar watershed, Khorasan Razavi)

***S. Eftekhari Ahandani[1], V.B. Sheykh[2], N. Noura[3], S.J. Tabatabaee Yazdi[4] and D. Akhzari[5]**

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Desert Area Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Faculty Member of Khorasan Agriculture and Natural Resource Research Center, [5]Assistant Prof., Dept. of Watershed and Rangeland Management, Malayer University

Received: 05/29/2012; Accepted: 10/08/2013

Abstract

Water shortage in arid regions, is a serious issue. Therefore the residents of these areas need to have proper knowledge about water harvesting and its efficient use. Thus water harvesting is considered as an efficient economic target. Information about different systems of water harvesting is a major requirement. The most important step in making use of rainwater harvesting systems is appropriate site selection. Identifying appropriate areas for water harvesting systems results. Furthermore it results in optimal utilization of water resources. The aim of this research is developing a framework for spatial assessment of rain water harvesting potential. To assess the potential for runoff generation and groundwater recharge, a conceptual model of rainfall- runoff has been applied. Integrating this conceptual model and Arc GIS, spatial distribution of runoff potential and groundwater recharge across the study area has been estimated. Then, prioritization of areas and sub watershed for surface water harvesting and groundwater recharge purposes has been carried out based on physical and economic index. The benefit/cost indicator has been used in the economic analysis. The results shows that these economically prioritized sub watershed are those with higher total amount of surface water harvesting and ground water harvesting potential while have lower establishment costs. It is worth to mention that an extensive data set has been used for the spatial assessment purpose, the proposed methodology improve the capability for water resource management in the Golbahar and other similar watersheds. The proposed methodology in this study, has utilized the Geographical Information system as a powerful and useful tool in processing, integrating and extracting required information from various data layer for spatial assessment. Therefore, by identification and allocation of water harvesting system to the most suitable areas, while increasing efficiency of these systems a remarkable saving in the time and cost is gained.

Keywords: Water harvesting systems, Ground water recharge, GIS, Run off spatial assessment, Golbahar watershed, City of Mashhad

* Corresponding Author; Email: sama_eftekhari@yahoo.com