پژوهش‌های آبخیزداری شماره ۸۹، زمستان ۱۳۸۹
(پژوهش و سازندگی)

انتخاب محل‌های مناسب جمع آوری رواناب به منظور تغذیه قنوات، (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کلات گناباد)

• **مسعود عشقی زاده**، کارشناسی ارشد آبخیزداری از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان(نویسنده مسئول)
• **نادر نورا** ، استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
• **حسین حیدری**، استادیار گروه منابع طبیعی مجتمع آموزش عالی جهادکشاورزی خراسان رضوی
تاریخ دریافت: خرداد ماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: تیرماه ۱۳۸۹
تلفن تماس: ۰۹۱۵۵۳۳۰۴۹۶
Email: masoud_eshghizadeh@yahoo.com

چکیده

یکی از راهکارهای مناسب حفظ و احیای قنات، اصلاح و توسعه سیستم‌های تغذیه و بهره‌برداری هماهنگ با وضعیت طبیعی آن می‌باشد. یکی از مناسب‌ترین راهکارها، تغذیه مصنوعی سفره‌های آب قنوات با بکارگیری سیستم جمع‌آوری رواناب می‌باشد. در این مقاله، به منظور شناسایی عرصه‌های مناطق مناسب تغذیه قنوات، محل‌های مناسب جمع آوری رواناب به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوزه آبخیز کلات شهرستان گناباد تعیین گردید. برای این منظور، توان تولید رواناب قسمت‌های مختلف حوزه با در نظر گرفتن تغییرات مکانی عواملی از قبیل خاک، کاربری زمین، بارندگی و شیب، مدلسازی و در سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد ارزیابی قرار گرفت. با ترکیب لایه‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، سطح مکان‌های تغذیه قنوات به صورت نسبی نسبت به سطح تمرکز رواناب و محل توزیع آب ذخیره شده تعیین گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، ۶۸/۴ درصد از مساحت حوزه مورد مطالعه، دارای پتانسیل بالا و خیلی بالا برای تولید رواناب می‌باشد؛ در حالی که ۲/۸ درصد از سطح حوزه، دارای پتانسیل بالا و خیلی بالا برای تغذیه قنوات بوده که عامل محدودکننده تنها فاصله از مسیر قنات است. علاوه بر این سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند ابزاری مفید و کارآمدی در تعیین محل‌های مناسب تغذیه قنوات باشد.

کلمات کلیدی: تغذیه قنوات، جمع‌آوری رواناب، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سیستم‌های جمع‌آوری آب، قنات

www.SID.ir

Watershed Management Research Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 89 pp: 27-36

To select suitable sites of runoff harvesting for Qanats recharge (A case of study: Kalat watershed of Gonabad)

By: M. Eshghizadeh, M.Sc. in Watershed Management of Gorgan Univ of Agricultural Sciences and Natural Resources,Iran (Corresponding Author; Tel: 0989155330496), N. Noura, Assistant Prof, Dept. of Watershed Management, Gorgan Univ of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran and H. Haidari, Assistant Prof, Dept. of Natural Resources, Khorasan Agri-Jahad Higher Education Institution, Mashhad.

One of the proper strategies to preserve and revive qanats is harmonic improvement and development of the utilization systems with qanat natural conditions. One of the most suitable strategies is artificial recharge of qanats aquifer with use of runoff water harvesting systems. In this paper in order to identify the suitable sites for qanats recharge, determined the suitable sites of runoff water harvesting by means of Geographical Information System (GIS) in watershed Kalat of Gonabad. For this purpose modeled and evaluated generation of runoff potential with consideration of spatial variations in characteristics such as soil, land use, rainfall and slope information in GIS. With integrate layers in GIS, computed the ratio of area qanat recharge sites to area runoff concentrating sites and site for distributed stored water. The results show that 68.4 percent of the Kalat watershed area has a high and very high potential for generation surface runoff, whereas only 2.8 percent of total area have suitability of high and very high for qanats recharge and distance of Qanat is the only cramp factor for this purpose. In addition to the Geographic Information System could be an efficiency and useful tool to determine proper sites for Qanat recharge.

Keywords: GIS, Qanat, Qanat recharge, Runoff water harvesting, Water harvesting systems

Archive of SID

مقدمه

تامین آب آشامیدنی سالم و بهداشتی از اهداف مهم توسعه پایدار محسوب می‌گردد. از طرفی، بارندگی فصلی و غیر قابل پیش‌بینی و تبخیر زیاد در مناطق خشک و نیمه خشک مانع از تحقق این هدف می‌گردد. بحران کم آبی یکی از مشکلات دیرینه مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد و مقابله با آن مسئله‌ای حیاتی محسوب می‌گردد (۱).

خشکی و کم آبی باعث گردید ایرانیان از زمان‌های قدیم شروع به بهره‌برداری صحیح از منابع آب زیرزمینی به‌وسیله حفر قنات نمایند. قنات یا کاریز یکی از قدیمی‌ترین و هوشمندانه‌ترین سیستم‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی است. با وجود این که چندین هزار سال از اختراع آن می‌گذرد، هنوز هم در بسیاری از روستاها و مناطق مسکونی و کشاورزی و دامداری معمول و متداول است و حتی یکی از ارکان اصلی کشت و زرع در نواحی خشک را تشکیل می‌دهد.

با تمام اهمیتی که قنات در کشور داشته و دارد، تاکنون هیچ اقدام اساسی در راستای استفاده از تکنولوژی‌های جدید برای اصلاح، احیاء، بازسازی، نگهداری و رفع معایب و حل مسائل قنات در دنیای امروزی صورت نگرفته است (۲). یکی از راهکارهای مناسب حفظ و احیای قنات، اصلاح و توسعه سیستم‌های بهره برداری هماهنگ با وضعیت طبیعی قنات می‌باشد. یکی از بهترین این راهکارها، تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی و همچنین جلوگیری از هدر رفت آب قنات است (۱).

محدوددیت بارندگی و عدم توزیع زمانی مناسب بارش‌ها، ضرورت اتخاذ روش‌های اصولی عملی در زمینه بهره‌برداری و مدیریت منابع آب را بیش از پیش آشکار می‌سازد. جمع‌آوری آب باران و رواناب از جمله اقداماتی است که به ویژه در بهره‌برداری صحیح از آب‌های موجود در مناطق خشک می‌تواند موثر باشد (۱). رواناب حاصل از رگبارها درون یک حوزه آبخیز، یک منبع پتانسیل آب است که در صورت مدیریت صحیح، می تواند به منظور تغذیه و افزایش آبدهی قنوات بکار گرفته شود. اما با توجه به زهکشی و خروج سریع آب در فصل مرطوب از طریق رودخانه‌ها و قنوات در بسیاری از مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای نواحی خشک و نیمه خشک، لازم است برای تغذیه قنوات در این مناطق از راهکارهای جدید و موثر استفاده گردد. یکی از راهکارهای جدید برای تغذیه قنوات احداث سدهای زیرزمینی است. این سدها در بستر رودخانه‌ها و ترجیحاً خشکه رودها ساخته می‌شوند و عموماً تا سنگ بستر ادامه می‌یابند. با بکارگیری این روش، جریان‌های زیر سطحی رودخانه به وسیله سد متوقف شده و در مخزن آبرفتی بستر رودخانه تشکیل یک سفره آب زیرزمینی محدود می دهد. این روش می‌تواند از هدر رفت آب در فصول سرد و غیرزراعی جلوگیری کرده و همچنین جریان‌های زیر قشری مجاور قنات را به داخل قنات هدایت نماید. بدین ترتیب، با اجرای عملیات‌های تغذیه در محل هایی که دارای تولید رواناب بالا و نزدیک به قنات هستند، می‌توان آب حاصل از رواناب‌ها را در آبرفت پشت این سدها ذخیره‌سازی نمود و در نتیجه علاوه بر جلوگیری از هدر رفت آب، سفره آب زیرزمینی تغذیه‌کننده قنات را از نظر کمی بهبود بخشید (۱). یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین مراحل بکارگیری این تکنولوژی‌ها، مکان یابی و شناسایی محل‌های مناسب برای اجرای سیستم‌های جمع‌آوری آب باران است. با شناسایی محل‌های مناسب برای این منظور صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان و هزینه صورت می‌گیرد. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) با فراهم نمودن چهارچوب مشخص برای جمع‌آوری،

www.SID.ir

ذخیـره سـازی، تجزیه و تحلیل، نمایـش و تبدیل داده هـای مکانی و غیر مکانی، نگرش مفیدی را بـرای اهداف خاص فراهم می‌نماید (۵، ۷). هرچند که درمورد مکان‌یابی سیسـتم‌های جمع‌آوری آب تحقیقات مختلفی صورت گرفته اسـت اما تاکنون در مورد انتخاب محل‌های مناسب جمع‌آوری رواناب به منظور تغذیه قنوات تحقیقی انجام نشده است.

Winnuar و همکاران (۱۰) محل‌های دارای پتانسیل برای جمع‌آوری رواناب را بر اساس قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، در حوزه پوتشینی[1] رودخانـه توکلا[2] در آفریقای جنوبی شناسـایی نمودند. آنان برای این منظور تغییـرات مکانی خـاک، کاربری اراضی، بارش و شـیب را در نظر گرفته و با خروجی که شامل نقشه محل‌های مناسب برای جمع‌آوری رواناب بود، نشان دادند حدود ۱۸ درصد مسـاحت حوزه برای جمع‌آوری رواناب دارای تناسب بالایی است و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی این مناطق می‌تواند نقش مهمی را ایفاء نماید.

طـی تحقیقـی، Mbilinya و همکاران (۶) برای شناسـایی محل‌های دارای پتانسـیل برای جمع‌آوری آب باران، از سیسـتم تصمیم‌گیری بر پایه سیسـتم اطلاعـات جغرافیایی اسـتفاده کردند. برای ایـن منظور لایه‌های اطلاعاتی بارش، شـیب، بافت خاک، عمق خاک، شـبکه زهکشـی و کاربری وارد سیستم تصمیم گیری 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 مسـتعد برای کاربرد سیسـتم‌های جمع آوری آب باران را نشـان دادند.

هدف از این تحقیق، تعیین مناطق مناسـب جمع‌آوری رواناب به منظور تغذیه قنوات با اسـتفاده از سیسـتم اطلاعات جغرافیایـی (GIS) در حوزه آبخیز کلات گناباد است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حـوزه آبخیـز کلات در ۲۵ کیلومتـری جنوب گنابـاد و حد فاصل شهرستان‌های گناباد و فردوس در استان خراسان رضوی واقع شده است (شـکل۱). این حوزه ۴۲۸۰ هکتار وسعت داشـته و متوسط بارندگی آن ۲۹۲ میلی‌متر اسـت. از لحاظ توپوگرافی کوهسـتانی بوده و شـیب‌های بیـن ۳۰ تا۶۰ درصد در آن غالبیت دارد و شـیب متوسـط حوزه برابر با ۴۴/۷درصـد می‌باشـد. حداکثر ارتفاع حوزه ۲۵۹۱ متـر در یکی از خط الراس‌هـای مـرزی و حداقل ارتفاع در محل خروجـی حوزه (پل ورودی روسـتای کلات) برابر با ۱۶۰۰ متر می‌باشـد. تشـکیلات زمین شناسی حوزه کلات عمدتاً شیل و ماسه سنگ‌های ژوراسیک، آهک‌های کرتاسه، رس، ماسه سنگ کنگولومرا، آگلومرا و توف‌های ائوسن می‌باشد. همچنین تشکیلات کواترنری شامل تراس‌ها و رسوبات رودخانه‌ای بخش دیگری از تشکیلات زمین شناسـی حوزه آبخیز کلات را شامل می‌شود. اکثر نقاط ارتفاعی این حوزه سـنگلاخی بوده و به دلیل شـیب تند دامنه‌ها، اغلب عمق خاک کم می‌باشـد. این حوزه بر طبق سرشـماری نفوس و مسکن سـال ۱۳۸۵ دارای ۱۳ آبادی دارای سکنه با مجموع جمعیت ۱۰۴۶ نفر است. کشت در این حوزه کاملاً متنوع است. به طور کلی، هر چه بر ارتفاع افزوده می‌شود، نسبت باغداری به زراعت افزایش می‌یابد. انواع کشت‌هایی

شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز کلات شهرستان گناباد

از قبیـل گندم، جو، زعفران، حبوبات، صیفـی جات و گیاهان علوفه‌ای و محصـولات باغی از قبیل: بادام، توت، میوه‌های هسـته‌دار، گردو و انگور کشت می‌گردد (۴).

جمع‌آوری داده‌ها

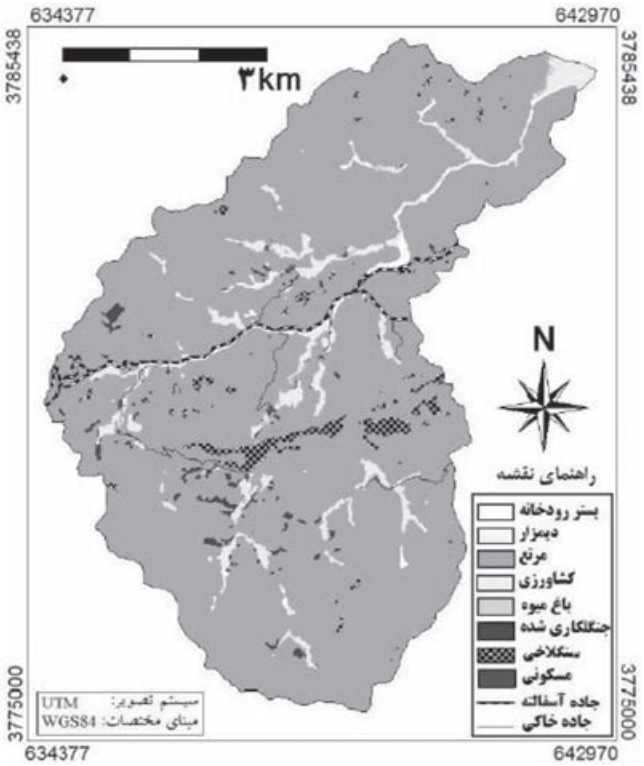
در این تحقیق، داده‌های ورودی مورد نیاز از نقشه‌های پایه توپوگرافی، زمین شناسـی، عکس هوایی و مطالعات میدانی جمع‌آوری گردید. مدل رقومـی ارتفـاع[4] حوزه با اسـتفاده از رقومی و زمین مرجع کردن نقشـه توپوگرافـی۱:۲۵۰۰۰ با فاصلـه ارتفاعی خطوط میـزان ۲۰ متر، در نرم افـزار الویس[5] تهیه شـد. عکس هوایـی حوزه با گرفتـن ۵۸۴ تصویر با پوشـش مشترک از حوزه بوسیله نرم افزار گوگل ارس[6] در سال ۲۰۰۸ و کنار هم چیدن و روی هم‌گذاری آن‌ها در نرم افزار فتوشـاپ۷، تهیه و با اسـتفاده از نقاط کنترلی با سیستم موقعیت یاب جهانی[7] (GPS) در نرم افزار الویس۳ زمین مرجع گردید. نقشه کاربری‌های مختلف اراضی حوزه در ۱۰ گروه شـامل: مناطق مسکونی، کشـاورزی، باغی، دیم، درختکاری شـده، سـنگلاخی، مرتع، بسـتر آبرفتی، جاده خاکی و جاده آسفالته از روی عکـس هوایی تهیه شـده کـه دارای قدرت تفکیک یک متر اسـت (مقیاس ۱:۱۰۰۰)، تهیه گردید (شکل۲).

بـه منظـور ارزیابی خاک حوزه نسـبت به بارندگـی و تولید رواناب و تغییـرات مکانـی آن، با توجه به نقشـه‌های زمین شناسـی و کاربری، آزمایش‌های میدانی نفوذپذیری با اسـتفاده از استوانه‌های مضاعف در هر نوع کاربری واقع بر روی هر نوع سازند زمین شناسی حوزه انجام شد و با تعییـن بافت خاک آن محدوده، آزمایش‌های مذکور کنترل گردید. بدین ترتیـب، برای هر محـدوده از حوزه که دارای کاربری و سـازند متفاوتی بود، با اسـتفاده از داده‌های حاصل از این آزمایش‌ها و با توجه به جدول ۱، گروه هیدرولوژیکی خاک آن مشـخص گردید، سـپس با اسـتفاده از

Archive of SID

عملیات تلاقی[8] در نرم افزار الویس ۳، دو نقشه سازندهای زمین شناسی و کاربری حوزه با هم ترکیب شد و در هر محدوده از نقشه حاصل گروه هیدرولوژیکی خاک تعیین شده به آن اختصاص داده شد (شکل۴).

حوزه مورد مطالعه دارای ۳۸ رشته قنات است. برای تهیه نقشه قنوات حوزه آبخیز کلات، مسیر قنوات حوزه با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) حدفاصل مظهر تا مادرچاه برداشت و نقشه آنها در نرم‌افزار الویس ۳ تهیه شد (شکل۵). همچنین مشخصات و ویژگی‌های آن‌ها با استفاده از آمار جهاد کشاورزی، آب منطقه‌ای، بررسی‌های میدانی و مصاحبه با افراد محلی تعیین و با کدگذاری قنوات در یک جدول به صورت بانک اطلاعاتی گردآوری گردید.



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی حوزه کلات

روش انجام تحقیق

برای تعیین مناطق مناسب جمع‌آوری رواناب برای تغذیه قنوات، پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، مدل رقومی ارتفاع، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، کاربری اراضی و قنوات، این لایه‌ها به منظور محاسبه شیب، محاسبات رستری، محاسبه فاصله از قنات (مناطق تغذیه قنات) و طبقه‌بندی کلاس‌ها، در نرم افزار الویس۳ پردازش گردید و سه لایه شیب، شماره منحنی و فاصله از قنوات تهیه شد. هر چه شماره منحنی

شکل ۳- نقشه سازندهای زمین شناسی حوزه کلات

جدول ۱- حداقل شدت نفوذ در گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (۴)

گروه های هیدرولوژیکی خاک	شدت نفوذ به اینچ بر ساعت	نوع خاک	توانایی تولید رواناب
A	بیش از ۳	شنی و قلوه سنگی	کم
B	۳ – ۱/۵	شنی لومی- شنی رسی	متوسط
C	۱/۵–۰/۵	لومی، لومی رسی دارای لایه سخت در عمق خاک	نسبتاً زیاد
D	کمتر از ۰/۵	رسی، خاک‌های شور، سنگ، جاده آسفالت، بتون، خاک‌های کم عمق	خیلی زیاد

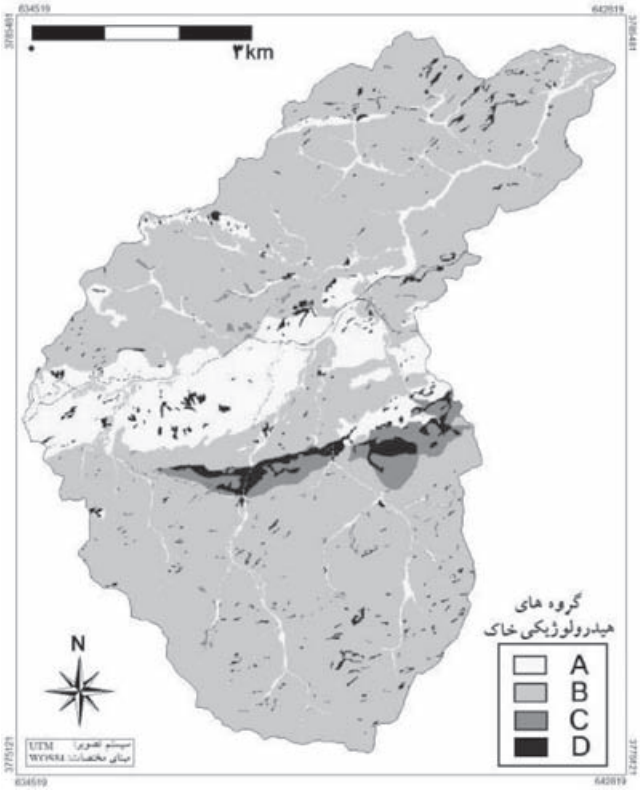
بالاتر باشد، قسمت بیشتری از بارندگی تبدیل به رواناب می‌گردد. از طرف دیگر، هر چه شیب بیشتر باشد، پتانسیل تولید رواناب افزایش می‌یابد (۱۰). همچنین هر چه فاصله محل تغذیه تا قنات کمتر باشد، تاثیر بیشتری بر روی قنات خواهد داشت. بنابراین، طبقات هریک از این سه لایه از نظر تولید رواناب و تغذیه، به پنج کلاس پتانسیل خیلی پایین، پایین، متوسط، بالا و خیلی بالا تبدیل و رتبه‌بندی شد (۱۰). با تلفیق دو لایه شیب و شماره منحنی پیکسل‌هایی که دارای شیب و شماره منحنی بالاتری هستند، از پتانسیل بالاتری برای تولید رواناب برخوردار بوده و بنابراین رتبه بالاتری را از نظر تولید رواناب به خود اختصاص می‌دهند (۱۰). با تلفیق دو لایه رتبه بندی شده پتانسیل تولید رواناب و فاصله از قنوات، محل‌هایی که برای تغذیه قنوات دارای رتبه بالاتری هستند، شناسایی و تعیین می‌گردند.

نقشه شیب

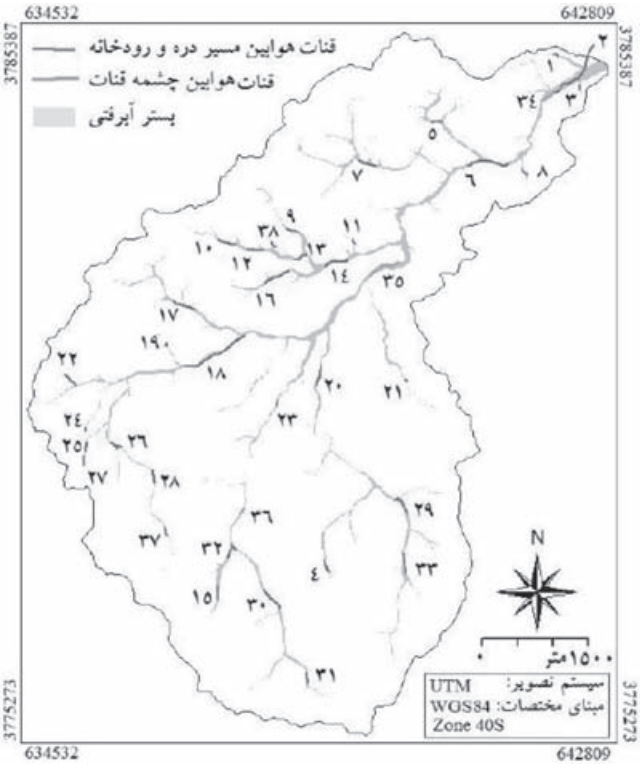
پس از تهیه مدل رقومی ارتفاع با استفاده از رقومی و ژئورفرنس کردن نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ حوزه، نقشه شیب حوزه تهیه و به پنج طبقه شیب تقسیم‌بندی شد (شکل۷). سپس با توجه به این که هر چه شیب یک سطح بیشتر باشد، عکس العمل آن سطح به بارندگی و تشکیل رواناب سریع تر بوده و فرصت نفوذ آب در خاک کمتر است، مطابق جدول ۲ طبقات این نقشه رتبه‌بندی گردید (۱۰).

نقشه شماره منحنی

شماره منحنی (CN) شاخصی است که عکس‌العمل حوضه را نسبت به رگبار برای تولید رواناب بیان می‌کند و نشان‌دهنده بخشی از آب باران است که تبدیل به رواناب می‌شود (۸ ، ۹). شماره منحنی بر اساس گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، کاربری زمین، عملیات اصلاحی صورت



شکل ۴- نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز کلات



شکل ۵- نقشه قنوات حوزه آبخیز کلات همراه با نوع و کد شناسایی آنها

شکل ۶- مدل مفهومی تعیین مناطق مناسب جمع آوری رواناب جهت تغذیه قنوات

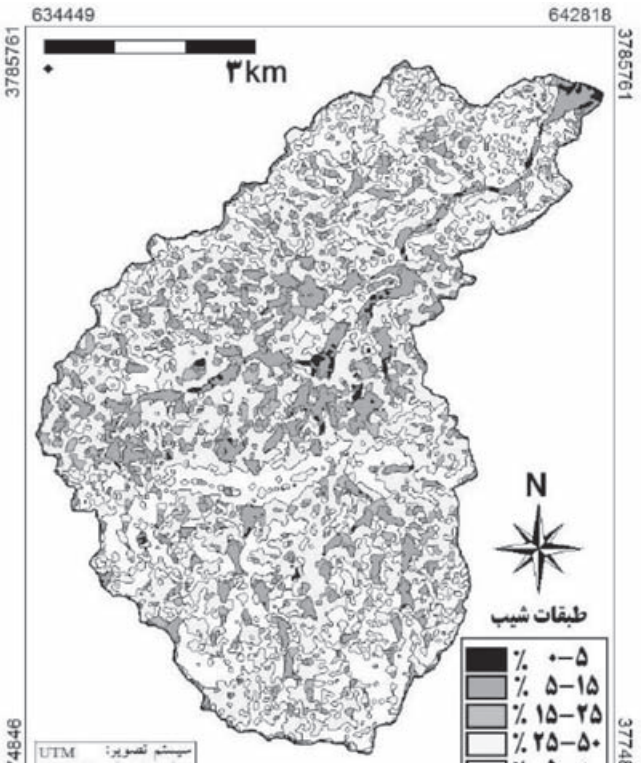
www.SID.ir

جدول ۲- تناسب طبقات شیب حوزه آبخیز کلات جهت تولید رواناب

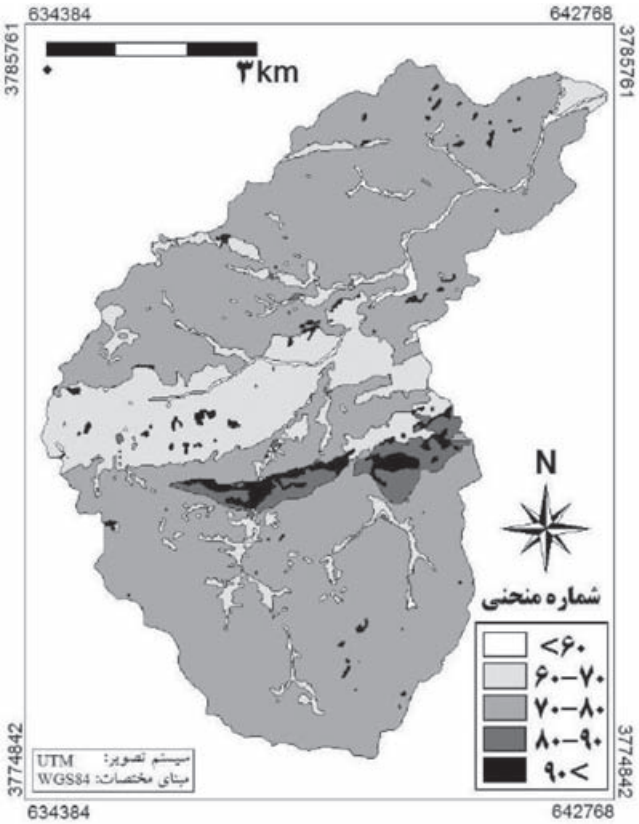
طبقات شیب به درصد	تناسب جهت تولید رواناب	رتبه تناسب
۰-۵	خیلی پایین	۵
۵-۱۵	پایین	۴
۱۵-۲۵	متوسط	۳
۲۵-۵۰	بالا	۲
۵۰ >	خیلی بالا	۱

جدول ۳- تناسب طبقات شماره منحنی (CN) حوزه آبخیز کلات جهت تولید رواناب

طبقات شماره منحنی	تناسب جهت تولید رواناب	رتبه تناسب
<۶۰	خیلی پایین	۵
۶۰-۷۰	پایین	۴
۷۰-۸۰	متوسط	۳
۸۰-۹۰	بالا	۲
۹۰ <	خیلی بالا	۱



شکل ۷- نقشه طبقات شیب حوزه کلات



شکل ۸- نقشه شماره منحنی حوزه کلات برای شرایط رطوبت پیشین متوسط (حالت II)

گرفته و شرایط هیدرولوژیکی تعیین می‌گردد (۸).

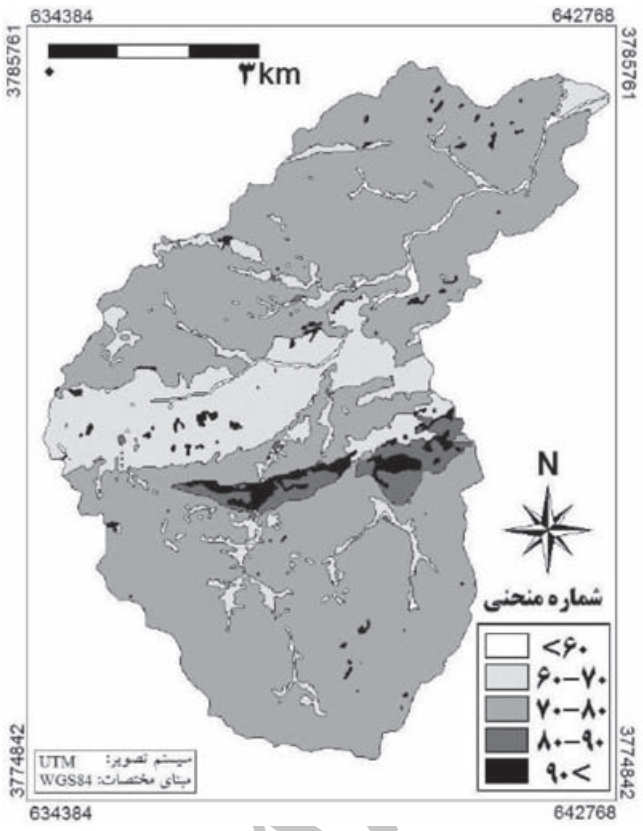
پس از مشخص شدن گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، کاربری، وضعیت هیدرولوژیکی و عملیات اصلاحی با استفاده از محاسبات رستری مقدار شماره منحنی قطعات مختلف سطح حوزه برای شرایط رطوبت پیشین متوسط (حالتII) تهیه شد (شکل۸). پس از تهیه نقشه شماره منحنی حوزه و طبقه‌بندی آن به پنج طبقه، با توجه به این که هر چه شماره منحنی بیشتر باشد، قسمت بیشتری از بارندگی تبدیل به رواناب می‌گردد، مطابق جدول ۳ طبقات این نقشه رتبه‌بندی گردید (۱۰).

نقشه فاصله از قنوات

فاصله محل‌های تغذیه از قنات در میزان تغذیه و در نتیجه تاثیر بر آبدهی آن اثر مستقیمی دارد. بدین ترتیب، هرچه فاصله محل تغذیه از قنات کمتر باشد، اثر تغذیه بر روی آبدهی آن قنات بیشتر است. حوزه مورد مطالعه دارای ۳۸ رشته قنات می باشد که همگی از نظر تقسیم بندی قنوات جزء قنوات هوابین و فصلی هستند. برای تهیه نقشه فاصله از قنوات ابتدا حوزه تغذیه کننده هر قنات تعیین گردید. برای این منظور با استفاده از بازدیدهای میدانی صورت گرفته در طول هر قنات و عکس هوایی بزرگ مقیاس (۱:۱۰۰۰) تهیه شده در مراحل قبل، در هر قنات بر اساس در نظر گرفتن توپوگرافی سطحی و شبکه آبراهه ها منتهی به محدوده مسیر قنات و قرار داشتن این قنوات در رسوبات آبرفتی نسبتاً درشت دانه، از محلی که کوره قنات تحت تاثیر جریان های حاصل از بارش قرار می‌گیرد، مرز حوزه به صورت زیرحوزه‌ای از حوزه اصلی بسته شد. به طوری که، آبدهی هر قنات تنها تحت تاثیر بارش صورت گرفته در سطح این حوزه بوده و از آن تامین می گردد. سپس در هر حوزه تغذیه کننده، فواصل مستقیم (شعاعی) از قنات بوسیله عملیات محاسبه فاصله در الویس۳ محاسبه شد. سپس با توجه به قرار داشتن این قنوات در رسوبات آبرفتی درشت دانه بستر رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، هر چه محل‌های تغذیه به کوره قنات نزدیکتر باشد، تاثیر بیشتری بر آبدهی آن قنات خواهد داشت و در نظر گرفتن عرض بستر رودخانه در محل قنات و فاصله بین دو قنات متوالی داخل یک بستر رودخانه فواصل مستقیم از قنوات به پنج طبقه تقسیم شد (شکل۹). سپس با توجه به این که هر چه محل تغذیه به قنات نزدیکتر باشد، تاثیر بیشتری بر آبدهی قنات خواهد داشت، طبقات فاصله از قنات مطابق جدول ۴ رتبه‌بندی گردید.

تعیین مناطق دارای پتانسیل تولید رواناب

برای تعیین مناطق دارای پتانسیل تولید رواناب دو نقشه رتبه‌بندی شده شیب و شماره منحنی با عملیات تلاقی با هم ترکیب شد، نتیجه حاصل به صورت یک نقشه رستری ۵ کلاسه که پتانسیل تولید رواناب را در حوزه آبخیز از خیلی بالا تا خیلی پایین نشان می‌دهد، نمایش داده شد. بدین ترتیب، محل‌هایی که رتبه شیب و شماره منحنی بالایی دارند، از نظر پتانسیل تولید رواناب دارای رتبه بالایی خواهند بود.



شکل ۹- نقشه طبقات فاصله ای از قنوات حوزه آبخیز کلات

جدول ۴- تناسب طبقات فاصله از قنات جهت تغذیه قنوات حوزه آبخیز کلات

طبقات فاصله از قنات به متر	تناسب جهت تغذیه قنات	رتبه تناسب
۰-۲۵	خیلی بالا	۱
۲۵-۵۰	بالا	۲
۵۰-۱۰۰	متوسط	۳
۱۰۰-۵۰۰	پایین	۴
۵۰۰ <	خیلی پایین	۵

www.SID.ir

تعیین مناطق مناسب جمع‌آوری رواناب برای تغذیه

تعیین محل‌های مناسب جمع‌آوری رواناب برای تغذیه قنوات بر مبنای محل‌های دارای بیشترین پتانسیل برای تولید رواناب و محل‌های دارای بیشترین تاثیر بر تغذیه قنوات انجام گرفت. برای این منظور نقشه رتبه‌بندی شده مناطق دارای پتانسیل تولید رواناب با نقشه رتبه‌بندی شده فاصله از قنوات ترکیب گردد. نتیجه حاصل به صورت یک نقشه رستری ۵ کلاسه که مناطق مناسب جمع‌آوری رواناب برای تغذیه قنوات را از خیلی بالا تا خیلی پایین نشان می‌دهد، نمایش داده شد.

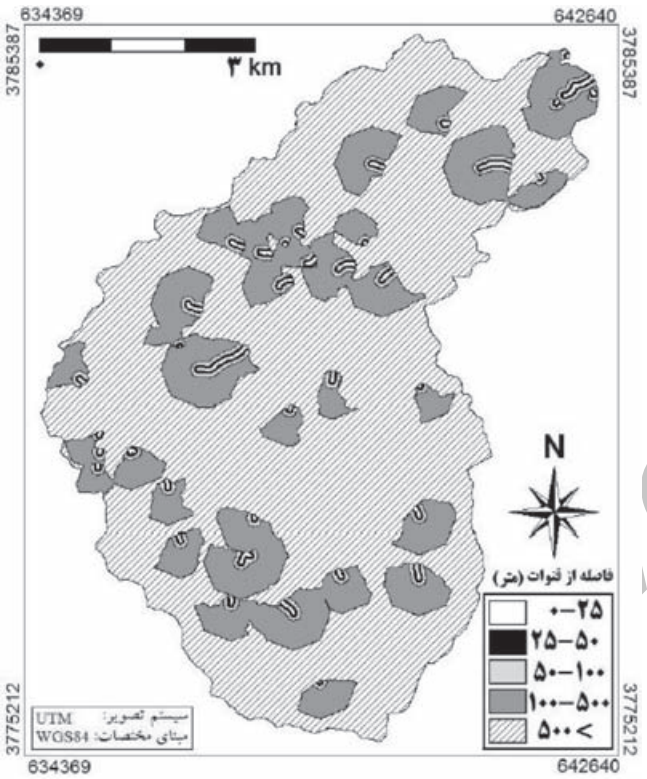
مشاهدات و نتایج

نتیجه حاصل از این تحقیق تناسب مناطق مختلف حوزه آبخیز کلات را برای تغذیه قنوات داخل آن با بکارگیری سیستم‌های جمع‌آوری رواناب نشان می‌دهد. بر این اساس مناطق دارای تناسب بالا و خیلی بالا برای تولید رواناب ۶۸/۴ درصد سطح حوزه را در بر می گیرد (شکل ۱۰). اما همه این مناطق از لحاظ تغذیه قنوات دارای همین درجه تناسب نمی‌باشد، به طوری که تنها ۲/۸ درصد از سطح حوزه دارای درجه تناسب بالا و خیلی بالا برای این منظور هستند. حدود ۶۸ درصد مساحت حوزه از نظر تغذیه قنوات دارای تناسب متوسط هستند (شکل ۱۱). بررسی نتایج این تحقیق نشان داد مناطقی که از نظر تولید رواناب دارای پتانسیل بالایی می‌باشند، دارای تناسب متوسطی برای تغذیه قنوات نیز هستند. بنابراین، با وجود ۳۸ رشته قنات فعال در حوزه می‌توان به این نتیجه رسید که قسمت اعظم آبدهی فعلی این قنوات حاصل تغذیه طبیعی در همین محدوده دارای تناسب متوسط است. بنابراین، با بکارگیری راهکارهای جدید برای تغذیه قنوات (احداث سدهای زیرزمینی بر روی قنوات) درصورتی که عملیات تغذیه به محل‌های دارای تناسب بالا و خیلی بالا متمرکز گردد می‌تواند باعث افزایش قابل توجهی در آبدهی قنوات نسبت به سایر مناطق گردد، هرچند که در مناطق دارای پتانسیل خیلی پایین نیز تغذیه طبیعی صورت می‌گیرد.

بر اساس نتایج حاصل شده، تنها ۲/۸ درصد از سطح حوزه مورد مطالعه دارای تناسب بالا و خیلی بالا برای این منظور است. بدین ترتیب، ضرورت شناسایی و تعیین دقیق این محل‌ها جهت انجام عملیات تغذیه قنوات بیش از پیش احساس می گردد. جدول ۵ تناسب مناطق مختلف حوزه آبخیز کلات را برای تولید رواناب و تغذیه قنوات آن نشان می‌دهد.

بحث

قنات یک سیستم استخراج آب به صورت دائم و غیر مهار شده است و جریان آب آن معمولاً دائمی و غیرقابل کنترل است و این یکی از بزرگ‌ترین معایب قنات است. این مشکل مخصوصاً در مورد قنواتی که در مسیر آبراهه‌های کوهستانی احداث شده‌اند، بیشتر مشهود است. به طوری که مشکل اساسی بسیاری از مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای در



شکل ۹- نقشه طبقات فاصله‌ای از قنوات حوزه آبخیز کلات

جدول ۵- تناسب مناطق مختلف حوزه آبخیز کلات را برای تولید رواناب و تغذیه قنوات آن

تناسب	تناسب مناطق جهت تولید رواناب		تناسب مناطق جهت تولید رواناب	
	مساحت به هکتار	درصد مساحت	مساحت به هکتار	درصد مساحت
خیلی بالا	۱۷۹/۹	۴/۲	۳/۹	۰/۱
بالا	۲۷۴۵/۹	۶۴/۲	۱۱۵	۲/۷
متوسط	۶۵۸/۵	۱۵/۴	۲۸۸۰/۳	۶۷/۷
پایین	۵۹۱/۴	۱۳/۸	۷۸۱/۸	۱۸/۴
خیلی پایین	۹۸	۲/۳	۴۷۳/۲	۱۱/۱

www.SID.ir
Archive of SID

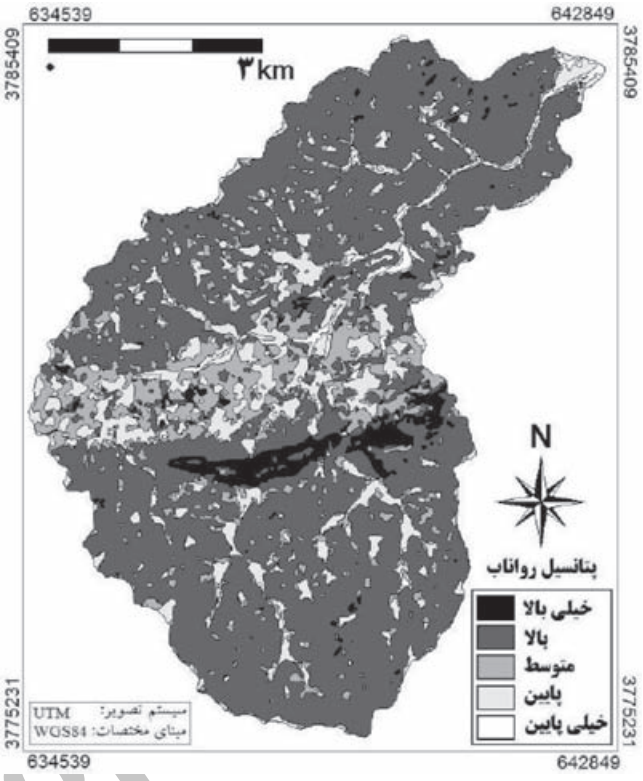
نواحی خشک و نیمه خشک، زهکشی و خروج سریع آب در فصل مرطوب از طریق رودخانه‌ها و قنوات و درنتیجه روبرو شدن با کم آبی و یا بی آبی در فصل خشک و یا در طول دوره‌های خشک است (۱). بنابراین، اجرای عملیات تغذیه در این مناطق برای افزایش آبدهی قنوات تنها درصورت بکارگیری شیوه‌های نوین در تغذیه قنوات می‌تواند مفید واقع گردد، در غیر این صورت، اجرای عملیات تغذیه هر چند باعث افزایش آبدهی قنوات به صورت موقتی خواهد شد. اما با توجه به این که قسمت اعظم بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور ما در فصل سرد سال ریزش دارد و از طرفی نیاز به آب آبیاری در این فصل به حداقل مقدار خود می‌رسد، سبب خروج و اتلاف بیشتر و سریع‌تر آب خواهد شد. ترکیب فناوری سدهای زیرزمینی با قنات می تواند روش نوینی برای حل این مشکل باشد. بدین ترتیب، با ذخیره آب در آبرفت پشت سد، می توان از هدر رفت آب در طول فصل سرد سال جلوگیری نمود و سفره آب زیرزمینی تغذیه‌کننده قنات را از نظر کمی بهبود بخشید (۱). لذا، لازم است این تکنولوژی مکمل سیستم‌های جمع آوری رواناب به‌منظور تغذیه قنوات در نظر گرفته شود. اما قبل از آن لازم است مطالعات جامع و مناسبی جهت تعیین پتانسیل مناطق درون یک حوزه دارای قنات جهت تغذیه با استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری رواناب صورت گیرد.

با شناسایی و تعیین مناطقی که دارای بیشترین تناسب برای بکارگیری سیستم‌های جمع‌آوری رواناب برای تغذیه قنوات می‌باشند، عملیات تغذیه قنوات همراه با استفاده از سدهای زیرزمینی می تواند بر روی این مناطق متمرکز گردد؛ این امر می تواند باعث افزایش بازدهی سیستم‌های جمع‌آوری رواناب در امر تغذیه قنوات گردد. بدین ترتیب علاوه بر کاهش هزینه و زمان مطالعات لازم برای اجرای عملیات تغذیه قنوات، کارآیی و بازدهی اجرای این عملیات‌ها نیز به میزان چشمگیر افزایش می‌یابد.

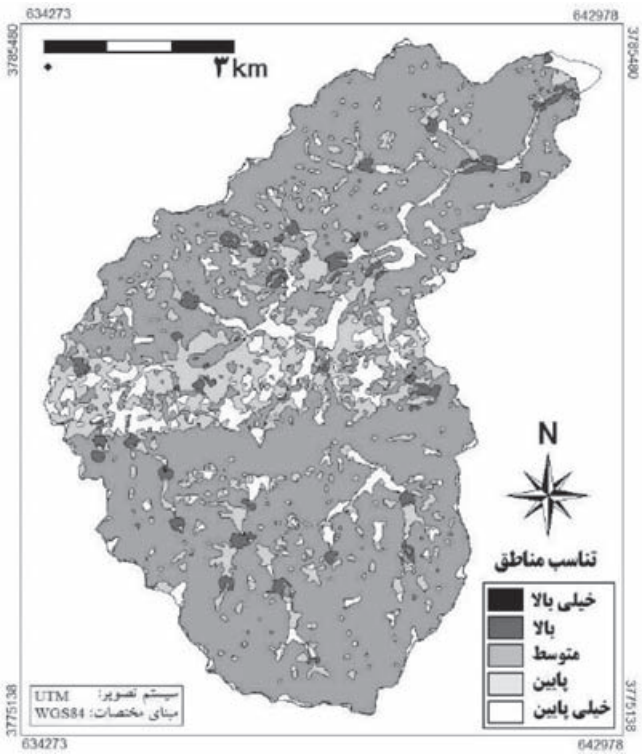
در مطالعه‌ای که Winnaar و همکاران در سال ۲۰۰۷ انجام دادند از یک مدل سه کلاسه (زیاد، متوسط، کم) برای تعیین مناطق دارای پتانسیل جمع آوری رواناب استفاده نمودند، در حالی که در این مطالعه برای افزایش دقت در تعیین تناسب مناطق، از مدل پنج کلاسه (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم، خیلی کم) استفاده شد. کم‌تر بودن سطوح با تناسب بالا و خیلی بالا برای تغذیه قنوات به این علت است که مناسب‌ترین محل‌ها به منظور تغذیه قنوات، محل هایی هستند که اولاً بدلیل نفوذپذیری بالای مواد آبرفتی و شیب کم بستر آبرفتی، داخل بستر آبرفتی واقع باشند؛ ثانیاً در نزدیک‌ترین فاصله نسبت به تره کار قنات قرار داشته باشند.

نسبت محل‌های دارای تناسب بالا و خیلی بالا جهت تغذیه قنوات به محل‌های دارای همین درجه از تناسب برای تولید رواناب، ۱به ۲۴ می‌باشد. بدین ترتیب، با هدایت رواناب تولید شده در محل‌های با تناسب بالا و خیلی بالای تولید رواناب، به این سطوح و اتخاذ روش‌های مختلف تغذیه، از آب این رواناب‌ها می‌توان برای تغذیه و افزایش آبدهی قنوات استفاده نمود.

بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مکان یابی محل‌های مناسب تغذیه قنوات جزء اولین بررسی‌ها و مطالعات صورت گرفته بر روی قنوات با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی است. در این روش



شکل ۱۰- نقشه مناطق دارای پتانسیل تولید رواناب



شکل ۱۱- نقشه مناطق مناسب جمع‌آوری رواناب برای تغذیه قنوات

www.SID.ir

سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه، پردازش، تلفیق لایه‌ها و استخراج داده‌ها از لایه‌های تهیه شـده، بکار گرفته شده است. نتایج حاصل نشان داد همانند سایر مطالعات صورت گرفته با GIS برای مکانیابی محل‌های مناسـب از قبیل مطالعه واینار و همکاران بـرای تعیین محل‌های دارای پتانسـیل برای جمع‌آوری رواناب و Mbiliny و همکاران (۲۰۰۷) برای شناسـای محل‌های مناسـب جمـع آوری آب باران، سیسـتم اطلاعات جغرافیایـی ابزاری مفید و کارآمـد در تعیین محل‌های مناسـب تغذیه قنوات است و گسـترش دانش و تکنولوژی‌های امروزی می‌تواند در احیا و افزایـش کارآیی قدیمی‌ترین سیسـتم‌های بهره‌برداری هوشـمندانه از آب‌های زیرزمینی (قنات) نقش بسزایی داشته باشد.

پاورقی‌ها

1- Geographic Information System
2- Potshini
3- Thukela
4- Digital Elevation Model
5- ILWIS 3
6- Google Earth
7- Global Positioning System
8- Cross

منابع مورد استفاده

۱- عشـقی زاده، م. (۱۳۸۸) روش تعیین مناطق مناسـب جهت احداث سـدهای زیرزمینـی کوچک به منظور تغذیه و کنترل آبدهی قنوات هوابین، مطالعه موردی حـوزه آبخیز کلات شهرسـتان گناباد. پایان نامه کارشناسـی ارشـد آبخیزداری، دانشـکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۱۳ ص.

۲- کردوانی، پ، (۱۳۸۳) منابع و مسائل آب در ایران، جلد اول. آب‌های سطحی و زیرزمینی و مسائل بهره برداری از آنها، چاپ هفتم، دانشگاه تهران، ۴۱۴ صفحه.

۳- مهدوی، م. (۱۳۸۱) هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، چاپ سوم، دانشگاه تهران، ۴۴۱ صفحه.

۴- هجرتی، م. ح.. (۱۳۷۹) جغرافیا و توسـعه روسـتایی. بررسـی موردی منطقه گناباد، چاپ اول، انتشارات آبا، تهران، ۲۴۹ صفحه.

5- Coskun, M. and Musaoglu. N. (2004) *Investigation of rainfall-runoff modeling of the Van Lake catchment by using remote sensing and GIS integration.* In: Twentieth International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Congress, Istanbul, Turkey, 12–23 July 2004.

6- Mbilinyi, B.P., Tumbo, S.D. Mahoo, H.F. Senkondo, E.M. and Hatibu. N. (2007) Indigenous knowledge as decision support tool in rainwater harvesting. *Physics and Chemistry of the Earth* 30:792–798.

7- Padmavathy, A.S., Ganesha Raj, K. Yogarajan, N. and Thangavel. P. (1993) Check dam site selection using GIS approach. *Advances in Space Research*, 13(11):123–127.

8- Schulze, R.E., Scmidt E.J. and Smithers. J.C. (1992) *PC-based SCS design flood estimates for small catchments in Southern Africa.* Department of Agricultural Engineering, University of Natal.

9- Stuebe, M.M. and Johnston. D.M. (1990) Runoff volume estimation using GIS techniques. *Water Resources Bulletin* 26 (4):611–620.

10- Winnaar, G., G.P.W., de., Jewitt 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.

Archive of SID