نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۱۱-۱

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 1, Mar.-Apr. 2015, p. 1-11

ارزیابی مکانی پتانسیل جمع آوری آب های سطحی در سیستم آبخیز آق‌امام استان گلستان

سجاد نظریان[1*]- علی نجفی نژاد[2]- نادر نورا[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۲۴

چکیده

کمبود آب در مناطق خشک، بحرانی جدی و مداوم است. بنابراین استحصال آب به عنوان هدفی اقتصادی و موثر مطرح می‌شود. مهمترین مرحله در بکارگیری سامانه‌های گوناگون جمع‌آوری آب باران، مکان‌یابی عرصه‌های مناسب است، که با شناسایی محل‌های مناسب صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان و هزینه صورت می‌گیرد. در این تحقیق به ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب‌های سطحی در آبخیز آق‌امام در شرق استان گلستان پرداخته شده است. هدف از انجام این تحقیق، ارائه چارچوبی برای مکان‌یابی عرصه‌های دارای توان استحصال آب است. به منظور ارزیابی مکانی پتانسیل تولید رواناب، ابتدا با استفاده از مدل شماره منحنی مقادیر رواناب محاسبه و سپس نقشه پتانسیل رواناب با سه کلاس، پتانسیل کم، متوسط و زیاد تهیه گردید. در آخر برای تعیین عرصه‌های مستعد جمع‌آوری آب باران، نقشه‌های بارش، بافت خاک، شیب و کاربری اراضی، براساس میزان اهمیت‌شان در تعیین عرصه‌های مناسب جمع‌آوری رواناب، وزن‌دهی و در هم ضرب شدند. نتایج نشان داد که زیرحوضه‌های ۸ و ۳ دارای بیشترین سطح عرصه‌های مناسب برای جمع‌آوری آب باران می‌باشند و همچنین با توجه به نتایج به دست آمده، عرصه‌های مناسب برای جمع‌آوری آب باران در هر زیرحوضه دارای توزیع مکانی یکنواختی نمی‌باشند. عرصه‌های مستعد برای جمع‌آوری باران در آبخیز اغلب منطبق بر مراتع می‌باشد. در نهایت می‌توان گفت که ارزیابی مکانی و شناسایی عرصه‌های مناسب جمع‌آوری رواناب، یک گام مهم و ضروری در بکارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جمع آوری آب های سطحی، ارزیابی مکانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، اولویت بندی زیرحوضه ها و مدل SCS

مقدمه

کشور ایران به دلیل کم بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد. از طرفی به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه‌ی بخش‌های کشاورزی و صنعت پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه است. تداوم افزایش میزان تقاضا برای آب باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد. افزایش این شکاف، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را ضروری می‌نماید (۶). توجه به محدودیت منابع آب‌های زیرزمینی و افت سطح ایستابی و گاهاً شور شدن آب سفره‌ها بویژه در مناطق نیمه‌خشک، ما را به سمت بهره‌برداری از آب‌های سطحی ترغیب می‌کند. آب سطحی که نتیجهٔ پاسخ‌های بارش- رواناب در یک حوضه است منبع آب بالقوه‌ای است که اگر به طور صحیح مدیریت شود می‌تواند برای تأمین تقاضا مفید واقع گردد. جمع‌آوری آب باران (RWH[4]) گزینه‌ای مناسب است برای ذخیره رواناب سطحی جهت کاربردهای بعدی بویژه در طول دوره‌هایی که محدودیت دسترسی به آب داریم (۱۲). جمع‌آوری آب باران (RWH) دربرگیرنده تمام روش‌هایی است که برای جمع‌آوری و ذخیره رواناب حاصل از بارندگی به کار می‌روند. الگوهای بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک هم در مقدار و هم در زمان غیر قابل پیش‌بینی هستند در نتیجه توانایی مدیریت موفق رواناب بسیار مهم است (۹). یکی از مهمترین و ضروری‌ترین مراحل بکارگیری سیستم‌های جمع آوری آب باران، مکان یابی و شناسایی محل‌های مناسب برای اجرای این تکنولوژی است. با شناسایی محل‌های مناسب برای این منظور صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان و هزینه صورت می‌گیرد. و علاوه بر این، احتمال شکست این طرح‌ها به حداقل می‌رسد. همچنین با اولویت‌بندی نقاط از لحاظ میزان تولید رواناب می‌توان بر روی نقاطی که اولویت بالاتری دارند متمرکز گردید.

۱، ۲ و ۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: sajjad_nazaryan@yahoo.com)

4 - Rain Water Harvesting

طباطبائی و همکاران (۴) در ارزیابی روش‌های مختلف جمع‌آوری آب باران به این نتیجه رسیدند، که با استفاده از این روش‌های استحصال آب باران می‌توان آب مورد نیاز مناطقی که زمین کافی به صورت مرتع در اختیار دارند، تامین کرد و یا منابع آبی موجود آن منطقه را بهبود بخشید و همچنین در ذخیره، تجزیه و تحلیل و مدیریت اطلاعات مکانی و زمانی با استفاده از GIS به این نتیجه رسیدند، که بین پتانسیل محل‌های جمع‌آوری رواناب و مناطقی که متمرکز رواناب و جایی که آب ذخیره شده است، ارتباط مناسب وجود دارد. مبیلینیای و همکاران (۹) برای شناسایی مکان های مستعد جمع‌آوری آب باران، ورودی‌ها به سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، نقشه های بارش، بافت خاک، شیب، عمق خاک، شبکه زهکشی و کاربری اراضی بود و خروجی سیستم، نقشه مناطق مناسب برای جمع‌آوری آب باران بود. افتخاری و همکاران (۲) در تحقیقی به ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب باران در سیستم حوضه آبخیز پرداختند، که نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، که در اولویت قرار گرفتن زیر حوضه‌ای از نظر اقتصادی برای جمع‌آوری آب بستگی به شرایط فیزیکی(شیب، بافت خاک و نوع کاربری)، نوع عملیات پیشنهادی برای جمع‌آوری آب و همچنین میزان آب جمع‌آوری شده در آن زیر حوضه دارد. جین و همکاران (۸)، با بررسی برآورد رواناب حاصل از بارش‌های جوی به این نتیجه رسیدند، که رابطه بارندگی- رواناب، به خاک، پوشش و خصوصیات توپوگرافی حوضه بسیار وابسته است که این خصوصیات در یک حوضه خاص دارای تغییرات مکانی می‌باشد. سکار و راندیر (۱۱) در تحقیقی به ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب باران و هزینه‌های جمع‌آوری در سیستم حوضه آبخیز پرداخته بودند. که هدف از این تحقیق توسعه جمع‌آوری آب و ارزیابی پتانسیل جمع‌آوری آب در مقیاس حوضه آبخیز بوده که پتانسیل جمع‌آوری آب با استفاده از رواناب‌های سطحی و تغذیه آبهای زیرزمینی ارزیابی شده است، که نتایج نشان داد که برداشت آب می‌تواند برای به حداقل رساندن هدر رفت آب و تقویت منابع آب در سیستم حوضه آبخیز استفاده شود و جمع‌آوری آب نیاز به یک ارزیابی دقیق مکانی و ارزیابی هیدرولوژی آبهای سطحی و زیرسطحی زمین دارد. وینر و همکاران (۱۲)، به منظور تعیین پتانسیل جمع‌آوری رواناب اطلاعات مورد نیاز در مورد منطقه جمع‌آوری کردند و با استفاده از GIS مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. جمع‌آوری اطلاعات مکانی همچون اطلاعات خاک، کاربری اراضی، بارش و شیب، گام مهمی درتعیین پتانسیل جمع‌آوری رواناب می‌باشند، که به این نتیجه رسیدند که بین پتانسیل محل‌های جمع‌آوری رواناب و مناطقی که تمرکز رواناب و جایی که آب ذخیره شده است ارتباط مناسب وجود دارد. همچنین با منطقه‌بندی کردن حوضه آبخیز پوتشینی براساس پتانسیل جمع‌آوری رواناب به این نتیجه رسیدند که ۱۷ درصد آن دارای پتانسیل بالا و ۱۸ درصد از آن برای جمع‌آوری رواناب دارای پتانسیل بسیار مناسبی می‌باشد. مرور کلی منابع نشان می‌دهد، که جمع‌آوری و ذخیره آب باران در مناطق کم باران از بهترین تکنیک‌های مدیریت و بهره‌برداری از آب باران و استفاده بهینه از آن می‌باشد. و نیاز به یک ارزیابی دقیق مکانی و ارزیابی هیدرولوژی آبهای سطحی و زیرسطحی زمین دارد. همچنین ارزیابی پتانسیل جمع‌آوری آب‌های سطحی در مناطق خشک روش بسیار مناسب و بهینه‌ای جهت تأمین آب مورد نیاز در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. روش‌های جمع‌آوری آب باران و استقرار سامانه های جمع‌آوری آ باران سبب افزایش عملکرد اراضی زراعی و افزایش درآمد ساکنان منطقه می‌گردد. ضرورت این تحقیق این است که جمع‌آوری آب باران و مکان‌یابی آن در حوضه‌ها، قادر خواهد بود بخش زیادی از کمبود آب مناطق خشک را با مدیریت‌های صحیح جوابگو باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

آبخیز آق‌امام در مساحتی حدود ۸۷۳۰ هکتار در فاصله ۴۵ کیلومتری شهرستان کلاله در استان گلستان در محدوده طول شرقی ′۱۳ ′۴۵ °۵۵ تا ′۵۸ ′۵۰ °۵۵ و عرض شمالی ′۰۰ ′۴۲ °۳۷ تا ′۴۶ ′۴۶ °۳۷ قرار دارد. این حوضه از سرشاخه‌های گرگانرود محسوب می‌شود، میزان متوسط بارندگی سالانه این حوضه حدود ۴۶۰ میلیمتر می‌باشد و عمده پوشش گیاهی طبیعی آن گیاهان علفی و بوته‌ای است. از مشخصه اصلی آن قرار گرفتن در سازند لسی است و شامل تپه و ماهورهای فراوان و هزاردره است. منطقه مورد مطالعه که در شرق استان گلستان قرار گرفته است. شکل ۱ نقشه موقعیت آبخیز آق‌امام در ایران و استان گلستان را نشان می‌دهد.

روش کار

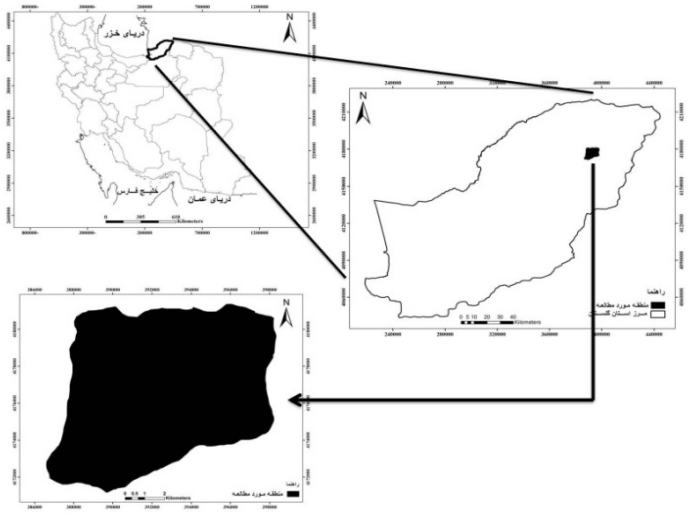
تقسیم حوضه به زیرحوضه‌های کاری و تعیین مساحت آنها

آبخیز آق‌امام براساس توپوگرافی حوضه، شبکه آبراهه‌ها و مسائل هیدرولوژی به ۹زیرحوضه تقسیم گردید.

محاسبه پتانسیل رواناب با استفاده از روش شماره منحنی در هر زیرحوضه

تهیه نقشه سطوح هم‌باران

برای تهیه نقشه سطوح هم‌باران با توجه به فقدان ایستگاه باران سنجی در سطح حوضه از داده‌های بارش ایستگاه‌های مجاور حوضه (چنارلی، کریم ایشان و ساری قمیش) استفاده شد به این صورت که ابتدا بارش متوسط روزانه برای هر ماه از سال در یک دوره آماری ده ساله (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰) محاسبه شد و سپس با روش تیسن سطوح هم‌بارش به صورت پلی‌گونی برای حوضه بدست آمد و در نهایت نقشه سطح هم‌بارش برای حوضه تهیه گردید.



شکل۱- نقشه موقعیت آبخیز آق‌امام در ایران و استان گلستان

Figure 1- Location map of the Aq Emam watershed in Iran and Golestan Province

تعیین مقدار و نقشه CN در هر زیرحوضه

شماره منحنی (CN) به پارامترهایی از قبیل نوع بهره‌برداری از زمین، وضعیت هیدرولوژی، گروه هیدرولوژی خاک و وضعیت رطوبت پیشین خاک بستگی دارد. در این تحقیق جهت تهیه نقشه پتانسیل رواناب، در محیط GIS ابتدا با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژی خاک نقشه CN تهیه و نمره‌دهی گردید (۱۰). سپس برای هر زیرحوضه یک میانگین‌وزنی CN محاسبه شد. بعد از تهیه نقشه CN، نقشه S (نگه‌داشت سطحی) برای زیرحوضه‌های مختلف حوضه مذکور تهیه گردید.

محاسبه بارش مازاد با استفاده از روش SCS

به منظور برآورد بارش اضافی (مازاد) از روش SCS بدلیل کارآیی و دقت مناسب آن استفاده شده است. در این روش ارتفاع رواناب ناشی از باران از رابطه ۱ بدست می‌آید:

$$Q = \frac{(p - 0/2s)^2}{P + 0/8s} \qquad (۱)$$

که در آن :

Q = ارتفاع رواناب به میلیمتر

P = ارتفاع بارندگی به میلیمتر

S = ارتفاع مربوط به رطوبت و نفوذ در خاک و ذخیره سطحی به میلیمتر است که با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad (۲)$$

در ادامه با استفاده از مقادیر بارندگی در زمان‌های مختلف و مقدار CN، میزان تولید رواناب در هر زیرحوضه محاسبه گردید. بعد از تعیین میزان تولید رواناب روزانه برای هر زیرحوضه در ماه‌های مختلف سال، زیرحوضه‌ها براساس میزان تولید رواناب اولویت‌بندی گردید. سپس در هر ماه بطور جداگانه برای تفاوت آماری بین مقادیر پتانسیل تولید رواناب در هر زیرحوضه از روش کای اسکور[1] استفاده گردید.

ارزیابی مکانی و تعیین مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری رواناب با استفاده از تجزیه و تحلیل مکانی به صورت رستری در مقیاس زیرحوضه

برای ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب‌های سطحی، نقشه میزان تولید رواناب را به سه گروه با پتانسیل کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی گردید. بدین صورت که ابتدا نقشه میزان تولید رواناب به فرمت رستری تبدیل گردیده و نقشه رستری میزان تولید رواناب را به ۳ گروه با پتانسیل کم، متوسط و زیاد کلاس‌بندی گردید. نقشه‌های اولیهٔ موجود و حاصل که شامل نقشه بارش، بافت خاک، شیب و کاربری اراضی منطقه می‌باشند، وارد مرحله پردازش اصلی می‌شوند. همان‌طور که ذکر شد در این مرحله نقشه‌ها به فرمت رستری تبدیل گشته و کلاس‌بندی می‌شوند. در جدول سطوح برازندگی طبقات، طبقات هر نقشه را براساس اهمیت‌شان در تعیین عرصه های مناسب جمع‌آوری آب باران، براساس نظر کارشناسی، وزن‌دهی شدند. بدین صورت که هر طبقه از هر نقشه براساس اهمیت نسبی آن، از ۱ تا ۹ وزن‌دهی شد، که براین اساس طبقات مختلف هر نقشه‌ی، بارش،

1 - Chi square

بافت خاک، کاربری اراضی و شیب منطقه از ۱ تـا ۹ وزن‌دهـی شـدند (جدول ۱). سپس نقشه‌ها را براسـاس میـزان اهمیـت‌شـان در تعیـین عرصه‌های مناسب جمع‌آوری رواناب، وزن‌دهـی شـدند (جـدول ۲). سطوح برازندگی طبقات و وزن‌های اهمیت نسبی نیز در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول۱- سطوح برازندگی طبقات مختلف در هر لایه اطلاعاتی ورودی به سیستم

Table 1- Levels of fitness classes in each layer of the log information

سطح تناسب Suitability level	1	2	3	4	5	6	7	8	9
بارش Rain	-	300-400	-	400-500	-	500-600	-	-	-
بافت خاک Soil texture	-	-	-	شنی لومی Sandy loam	لسی Loess	-	-	رسی Clay	-
کاربری Land use	-	اراضی باغی Garden	-	کشت آبی Irrigated farming	جنگل Forest	-	مخلوط دیم و مرتع Rainfed and Range	دیم Rainfed	مرتع Range
شیب Slope	-	30-48%	0-2%	18-30%	-	-	-	10-18%	5-10%

جدول۲- وزن‌های اهمیت نسبی برای لایه‌های اطلاعاتی

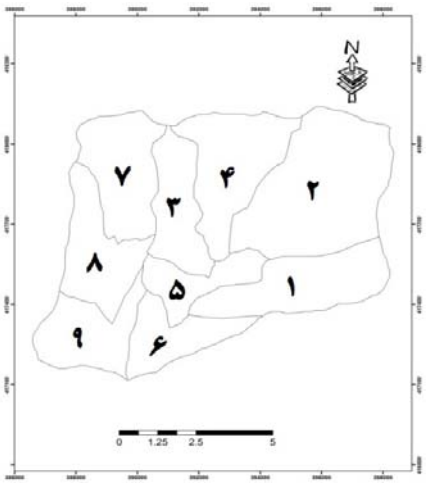
Table 2- The relative importance weights for layers information

فاکتورها Factors	بارش Rain	بافت خاک Soil texture	کاربری اراضی Land use	شیب Slope
وزن اهمیت نسبی(درصد) Weight of the relative importance (percent)	25	30	15	30

جدول۳- مساحت زیرحوضه‌های آبخیز آق‌امام

Table 3- River sub basin area of Aq Emam watershed

زیرحوضه Subbasin	1	2	3	4	5	6	7	8	9
مساحت(هکتار) Area (ha)	1078.2	2039.3	738.6	1147.1	513.3	614.6	971.6	861.7	763.9
درصد مساحت Area (percent)	12.35	23.36	8.46	13.14	5.88	7.04	11.13	9.87	8.75



شکل۲ - نقشه زیرحوضه‌های آبخیز آق‌امام

Figure 2- sub basin Map of Aq Emam watershed

در آخر برای تعیین عرصه‌های مستعد جمع‌آوری آب باران، نقشه‌های پتانسیل تولید رواناب، بافت خاک، کاربری اراضی و شیب در هم ضرب شدند (جدول شماره ۲).

نتایج

تقسیم حوضه به زیرحوضه‌ها

با توجه به شرایط توپوگرافی و آبراهه‌ها حوضه به ۹ تا زیرحوضه تقسیم گردید که در جدول (۳) درصد مساحت هر زیرحوضه مشخص شده است.

تهیه نقشه سطوح هم‌باران

شکل ۳، سطوح هم‌بارش که از روش تیسن استفاده شده برای حوضه را نشان می‌دهد.نتایج نشان می‌دهد ۷۲ درصد از مساحت حوضه تحت تاثیر بارش ایستگاه چنارلی و ۲۴ درصد از مساحت حوضه تحت تاثیر بارش ایستگاه کریم ایشان و همچنین۴ درصد از مساحت حوضه تحت تاثیر بارش ایستگاه ساری‌قمیش می‌باشد.

در جدول ۴ میزان متوسط بارش روزانه هر ماه بر حسب میلی‌متر بطور جداگانه نشان داده شده است که با توجه به این جدول میزان بارش ایستگاه ساری‌قمیش بیشتر از دو ایستگاه دیگر می‌باشد.

تعیین مقدار CN در هر زیرحوضه

جدول ۵ شماره منحنی (CN) برای هر زیرحوضه را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که این مقادیر شماره منحنی، میانگین‌وزنی شماره منحنی هستند که از روش میانگین‌وزنی برای هر زیرحوضه محاسبه شده است. بیشترین مقدار شماره منحنی مربوط به زیرحوضه شماره ۲ می‌باشد و کمترین آن مربوط به زیر حوضه شماره ۵ می‌باشد.

شکل۳- نقشه سطوح هم‌باران آبخیز آق‌امام

Figure 3- Map of the isorain Aq Emam catchment

جدول٤- میزان متوسط بارش روزانه هر ماه بر حسب میلیمتر در دوره آماری (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰)

Table 4-The average amount of daily rainfall in millimeters per month in the period (2002 to 2011)

ایستگاه Station	فروردین Apr.	اردیبهشت May	خرداد Jun.	تیر Jul.	مرداد Aug.	شهریور Sep.	مهر Oct.	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند Mar.
چنارلی Chenarly	7.8	4.7	5.9	4.7	11.8	11.4	9.8	9	7.9	5.9	8	6.7
ساری‌قمیش Sarighamish	9.4	7.2	6.7	6.6	15	23.8	13.8	9.8	9.3	8.4	10	8.9
کریم‌ایشان Karimishan	8.1	6.3	9.1	6.2	8.6	4.6	11.9	6.8	5.9	6.3	6.3	6.5

جدول۵- مقادیر شماره منحنی برای هر زیرحوضه

Table 5- Number curve values for each sub basin

زیرحوضه Subbasin	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CN	80	82	79	79.2	77.5	79.7	81.3	78.3	81

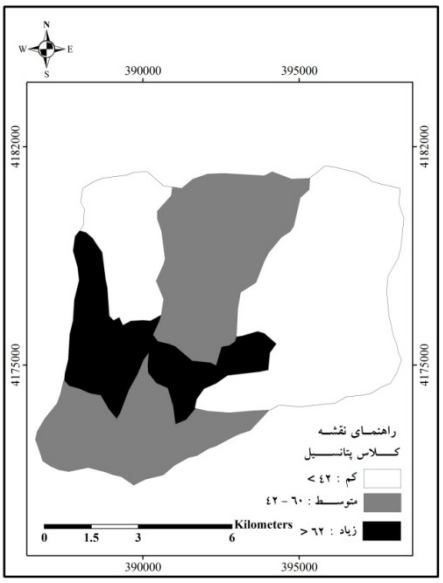
محاسبه رواناب برای هر زیرحوضه و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها براساس میزان عمق رواناب

جدول ۶، عمق رواناب روزانه محاسبه شده بر حسب میلی‌متر از روش شماره منحنی در هر زیرحوضه برای ماه‌های مختلف سال را نشان می‌دهد.

جدول ۷، عمق رواناب ماهانه و سالانه بر حسب میلی‌متر در هر زیرحوضه را نشان می‌دهد.

جدول ۸، عمق رواناب سالانه بر حسب میلی‌متر در هر زیرحوضه، کلاس پتانسیل هر زیر حوضه و همچنین اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها را براساس عمق رواناب را نشان می‌دهد.

شکل ۴، کلاس پتانسیل هر زیرحوضه را نشان می‌دهد.



شکل ٤- نقشه پتانسیل تولید رواناب آبخیز آق‌امام

Figure 4- Map of runoff potential in Aq Emam catchment

جدول ٦- عمق رواناب روزانه هر زیر حوضه در هر ماه بر حسب میلیمتر در دوره آماری(۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰)

Table 6- The daily runoff depth in millimeters per month per sub-basin in the period (2002 to 2011)

	ماه Month	زیرحوضه Subbasin									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
عمق رواناب (میلی متر) Runoff (mm)	فروردین Apr.	0.416	0.219	0.534	0.504	0.724	0.407	0.316	0.601	0.249	
	اردیبهشت May.	1.16	0.85	1.337	1.277	1.54	0.926	0.854	1.05	0.568	
	خرداد Jun.	0.81	0.541	0.96	0.927	1.121	0.436	0.956	0.454	0.127	
	تیر Jul.	1.16	0.85	1.326	1.281	1.54	0.93	0.872	1.056	0.574	
	مرداد Aug.	0.013	0.007	0.044	0.036	0.171	0.222	0.237	0.47	0.18	
	شهریور Sep.	0.026	0.001	0.066	0.09	0.315	0.771	1.122	1.421	0.971	
	مهر Oct.	0.135	0.031	0.21	0.188	0.324	0.055	0.222	0.098	0.0002	
	آبان Nov.	0.231	0.088	0.235	0.304	0.542	0.496	0.214	0.862	0.466	
	آذر Dec.	0.383	0.194	0.5	0.47	0.745	0.67	0.325	1.076	0.64	
	دی Jan.	0.81	0.541	0.959	0.916	1.19	0.8	0.604	1.013	0.558	
	بهمن Feb.	0.374	0.187	0.486	0.546	0.722	0.671	0.32	0.98	0.556	
	اسفند Mar.	0.635	0.394	0.772	0.734	1	0.712	0.482	0.95	0.514	

جدول ۷- عمق رواناب ماهانه و سالانه در هر زیرحوضه بر حسب میلی‌متر در دوره آماری(۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰)

Table 7- Monthly and annual runoff depth in millimeters at each sub basin in the period (2002 to 2011)

زیرحوضه Subbasin									ماه Month	
9	8	7	6	5	4	3	2	1		
2.8	6.8	2.6	4.4	7	4.7	5.01	2.06	4	فروردین Apr.	عمق رواناب (میلیمتر) Runoff (mm)
4.6	8.5	5.6	7.5	12.2	9.9	10.5	6.7	9.2	اردیبهشت May.	
0.3	1.1	2.1	1.3	4.4	3.9	4.05	2.3	3.4	خرداد Jun.	
2.1	3.9	2.2	3.3	5.04	4	4.2	2.7	3.7	تیر Jul.	
1.02	2.6	0.6	1	0.5	0.1	0.1	0.02	0.04	مرداد Aug.	
6.8	8.8	1.5	3.3	0.7	0.2	0.13	0.01	0.05	شهریور Sep.	
0.001	0.3	0.5	0.2	0.9	0.5	0.6	0.08	0.4	مهر Oct.	
3.2	5.7	0.9	3	2.6	1.4	1.5	0.4	1.05	آبان Nov.	
7	11.4	2.06	6.4	5.7	3.4	3.6	1.4	2.8	آذر Dec.	
4.1	7.3	3.07	5.6	7.8	5.8	6.1	3.5	5.2	دی Jan.	
6.5	11.2	2.1	7	5.9	3.5	3.8	1.5	2.9	بهمن Feb.	
5.2	9.6	3.8	7.06	9.5	6.8	7.3	3.7	6	اسفند Mar.	
43.66	77.2	27.03	50.06	62.24	44.2	46.9	24.37	38.74	سالانه Annual	

جدول ۸- عمق رواناب بر حسب میلیمتر، کلاس پتانسیل و اولویت هر زیرحوضه در دوره آماری(۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰)

Table 8- Runoff depth in millimeters, potential class and priority sub watershed in the period (2002 to 2011).

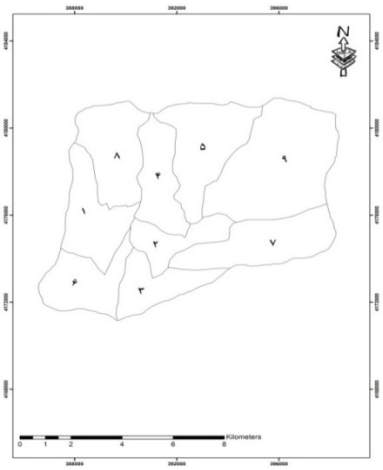
زیرحوضه Subbasin									
9	8	7	6	5	4	3	2	1	
43.66	77.2	27.03	50.06	62.24	44.2	46.9	24.37	38.74	عمق رواناب سالیانه(میلیمتر) Annual runoff (mm)
6	1	8	3	2	5	4	9	7	اولویت Priority
متوسط Medium	زیاد High	کم Low	متوسط Medium	زیاد High	متوسط Medium	متوسط Medium	کم Low	کم Low	کلاس پتانسیل Potential class

نتایج بدست آمده از روش کای اسکور برای مقایسه تفاوت آماری بین مقادیر تولید رواناب هر زیرحوضه نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر تولید رواناب با سطح اطمینان ۹۵ درصد در هر زیرحوضه وجود دارد.

شکل ۵، اولویت زیرحوضه‌ها را براساس میزان تولید رواناب نشان می‌دهد.

ارزیابی مکانی و تعیین عرصه‌های مناسب سیستم‌های جمع‌آوری آب باران

در این مرحله از ۴ معیار شیب، کاربری، بافت خاک و بارش یعنی از ۴ نقشه شیب، کاربری، بافت خاک و بارش برای تعیین عرصه‌های مناسب جمع‌آوری رواناب استفاده شده است. ابتدا نقشه‌های مورد نیاز به فرمت رستری تبدیل گشته و کلاس‌بندی شده و سپس هر نقشه وزن‌دهی شد. در آخر با روی‌هم‌گذاری نقشه‌ها عرصه‌های مستعد جمع‌آوری رواناب تعیین گردید.



شکل ۵- نقشه اولویت زیرحوضه‌ها براساس میزان تولید رواناب
Figure 5- Map of priority sub watershed based on the amount of runoff

شیب

جدول ۹ وزن‌دهی کلاس‌های مختلف شیب که براساس اهمیتشان در تعیین عرصه‌های مستعد جمع‌آوری رواناب وزن‌دهی شده، را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، بیشترین امتیاز به شیب ۵ تا ۲۰ درصد و کمترین امتیاز به شیب‌های کمتر از ۵ درصد و بیشتر از ۲۰ درصد داده شده است.

جدول۹- وزن‌دهی طبقات مختلف شیب آبخیز آق‌امام
Table 9- different classes weighted gradient Aq Emam watershed

طبقات شیب Slope classes	2-5	5-8	8-12	15-20	20-30
وزن Weight	3	9	8	8	4

بافت خاک

جدول ۱۰ وزن‌دهی بافت‌های مختلف خاک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، بیشترین امتیاز به بافت رسی و کمترین امتیاز به بافت سیلتی رسی داده شده است.

کاربری

جدول ۱۱ وزن‌دهی کاربری‌های مختلف منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، بیشترین امتیاز به کاربری مرتع و کمترین امتیاز به کاربری اراضی باغی داده شده است

جدول۱۰- وزن‌دهی بافت‌های مختلف خاک آبخیز آق‌امام
Table 10- Soil Watershed tissue Aq Emam weighting

بافت خاک Soil texture	سیلتی رسی Silty clay	رسی Clay	شنی لومی Sandy loam
وزن Weight	4	8	5

بارش

جدول ۱۲ وزن‌دهی کلاس‌های مختلف بارش منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

تعیین مناطق مستعد جمع‌آوری

پس از کلاس‌بندی و وزن‌دهی نقشه‌های شیب، کاربری اراضی، بافت خاک و بارش به هر کدام از نقشه‌ها براساس اهمیت‌شان در تعیین عرصه‌های مستعد جمع‌آوری رواناب وزن داده شد و در هم ضرب شدند و مناطق مستعد جمع‌آوری رواناب در آبخیز آق‌امام تعیین گردید. در آخر با روی‌هم‌گذاری نقشه تهیه شده و نقشه زیرحوضه‌ها، مناطق مستعد جمع‌آوری رواناب در هر زیرحوضه تعیین گردید (شکل ۶).

جدول۱۱- وزن‌دهی کاربری‌های مختلف آبخیز آق‌امام
Table 11- Weighting land us of Aq Emam watershed

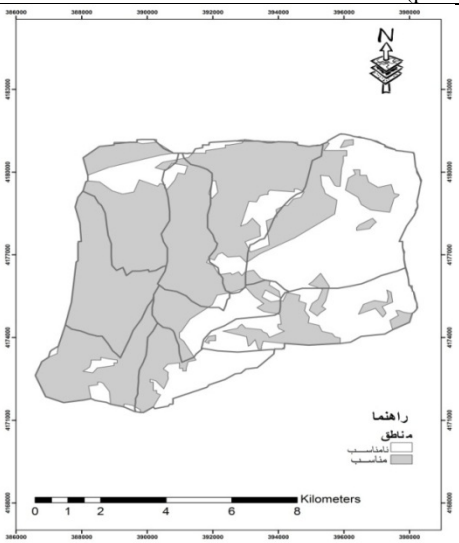
کاربری اراضی Land use	اراضی باغی Garden	جنگل Forest	کشت آبی Irrigated farming	زراعت دیم Rainfed farming	مخلوط زراعت دیم و آبی Rainfed & Irrigated farming	مرتع Range
وزن Weight	2	5	4	8	7	9

جدول۱۲- وزن‌دهی کلاس‌های مختلف بارش آبخیز آق‌امام
Table 12- Weighting of different classes rainfall in Aq Emam catchment

بارش Rain	300-400	400-500	500-600
وزن Weight	2	4	6

جدول۱۳- مساحت و درصدمساحت مناطق مناسب و نامناسب زیرحوضه‌های مختلف آبخیز آق‌امام
Table 13- Area and percent area of appropriate areas and inappropriate sub basin Aq Emam watershed

زیرحوضه Subbasin		1	2	3	4	5	6	7	8	9
مناطق مناسب suitable regions	مساحت (هکتار) Area (ha)	339	563	674	904	254	246	755	862	664
	درصد مساحت Area (percent)	31	28	91	79	49	40	78	100	87
مناطق نامناسب unsuitable regions	مساحت (هکتار) Area (ha)	740	1476	65	243	259	369	217	0	100
	درصد مساحت Area (percent)	69	72	9	21	51	60	22	0	13



شکل٦- نقشه مناطق مستعد جمع‌آوری رواناب در هر زیرحوضه
Figure 6- Map of areas prone to runoff collected in each sub watershed

بحث و نتیجه گیری

برای محاسبه میزان تولید رواناب در هر زیرحوضه ابتدا با استفاده از شماره منحنی مقدار نگهداشت سطحی (S) برای هر زیرحوضه محاسبه گردید سپس با استفاده از دو نقشه نگه‌داشت سطحی و نقشه سطوح هم‌بارش، میزان رواناب برای هر زیرحوضه محاسبه گردید. نتایج پتانسیل تولید رواناب نشان می‌دهد که بیشترین میزان رواناب تولید شده در ماه‌های تیر و اردیبهشت می‌باشد که از این نتایج می‌توان استنباط کرد که در ماه‌های تیر و اردیبهشت بدلیل وجود بارش‌های رگباری در منطقه می‌باشد که با مصاحبه‌های حضوری با اهالی منطقه مطابقت دارد و همچنین می‌توان استنباط کرد که با توجه به اینکه بیشترین سطح حوضه به کاربری مرتع اختصاص دارد و چون در فصول بهار و تابستان بدلیل چرای دام و عاری شدن زمین از پوشش میزان تولید رواناب افزایش یافته است که با مطالعات اداره کل منابع طبیعی استان گلستان در آبخیز آق‌امام (۱۳۸۲) و همچنین با نتایج افتخاری و همکاران (۲)، مطابقت دارد. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده زیر حوضه‌ها ۸، ۵ و ۶ از لحاظ میزان تولید رواناب به ترتیب در اولویت‌های اول تا سوم قرار دارند، که می‌توان اینگونه استنباط کرد که در این زیرحوضه‌ها کاربری مرتع غالب است، که بدلیل چرای بیش از حد و کاهش پوشش منطقه، وضعیت هیدرولوژی مراتع ضعیف شده، که این بیانگر توان ایجاد رواناب در این منطقه

می‌باشد، و همچنین شیب غالب این زیرحوضه‌ها ۸ تا ۱۲ درصد می‌باشد که می‌توان اینگونه استنباط کرد که بدلیل وجود شیب میزان تولید رواناب در این زیرحوضه‌ها زیاد است. همچنین نتایج نشان داد که زیر حوضه ۲ دارای کمترین مقدار تولید رواناب می‌باشد که می‌توان اینگونه استنباط کرد که به دلیل وجود تنوع کاربری (مرتع و زراعت دیم و آبی) و همچنین شیب کم این زیر حوضه میزان تولید رواناب در این زیر حوضه کم می‌باشد. همچنین بین مقادیر رواناب تولید شده در زیر حوضه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت که این نتایج با نتایج افتخاری و همکاران (۲) مطابقت داشت. در ادامه به منظور تعیین عرصه‌های مناسب جمع‌آوری آب باران، از ۴ معیار شیب، کاربری، بافت خاک و بارش استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عرصه‌های با شیب متوسط، بافت سنگین، کاربری مرتع و با میزان بارش بالا در مناطق غربی حوضه قرار دارند و همچنین نتایج نشان داد که زیرحوضه‌های ۸ و ۳ دارای بیشترین سطح عرصه‌های مناسب برای جمع‌آوری آب باران می‌باشند و می‌توان استنباط کرد که این زیرحوضه‌ها ۴ معیاری که برای تعیین عرصه‌های مناسب جمع‌آوری آب باران استفاده شده بودند، دارا می‌باشند که با نتایج مبیلینیای و همکاران (۹)، مطابقت دارد. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده، عرصه‌های مناسب برای جمع‌آوری آب باران در هر زیرحوضه دارای توزیع مکانی یکنواختی نمی‌باشند که با نتایج افتخاری و همکاران (۲) و جین و همکاران (۸)، مطابقت دارد. با توجه به نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مشخص می‌شود که قسمت‌های مرکزی آبخیز مورد مطالعه دارای پتانسیل خوبی برای جمع‌آوری باران است، که نتایج نشان داد، عرصه‌های مستعد برای جمع‌آوری باران در آبخیز اغلب منطبق بر مراتع با تاج پوشش متوسط است که با نتایج طباطبایی و همکاران (۴)، مطابقت دارد. در نهایت می توان گفت که ارزیابی مکانی و شناسایی عرصه های مناسب جمع آوری رواناب، یک گام مهم و ضروری در بکارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران می‌باشد، با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می شود، که در تعیین عرصه‌های مناسب جمع‌آوری باران، از پارامترهای دیگر و مهمتری همچون فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از مناطق مسکونی و .... استفاده گردد.

منابع

1- Alizadeh A. Principles of Applied Hydrology. Press Astan Quds Razavi. Mashhad. Twentieth edition. 808 pp.
2- Eftekhari S. 2002. Evaluating potential locations to collect rainwater catchment systems in arid areas (Case Study: Gulbahar Watershed of Khorasan Province). MA thesis. Gorgan University. 111 pp.
3- Jain M.K., Kothyari U.C., and Ranga Raju G. 2004. A GIS based distributed rainfall-runoff model, J. Hydrology. 299 (1-2). Pp: 107-135.
4- 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. Pp: 1074-1081.
5- Richard H. 1998. Hydrologic Analysis and Design. Second Edition, Department of Civil Engineering University of Maryland. Pp: 833.
6- Sadeghi S.H., Akbarpur A., Froghi Farrokh V., and Shahidi A. 2002. Compare two different strategies to assist in locating areas prone to collect rain decision support system (DSS) based on GIS (Case study: Birjand Plain). Eleventh Seminar on Irrigation and reduce evaporation. Kerman. P.8.
7- Sekar I., Radhir I.O. 2007. Spatial assessment of conjuctive water harvesting potential in watershed systems. Journal of Hydrology 334. Pp: 39-52.
8- Tabatabayi Yazdi J. 1998. An economic analysis of water harvesting rainwater for use in agriculture. Sixth Conference of the Agricultural Economics. Mashhad. Pp. 625-612.
9- Tabatabayi Yazdi J. 2000. Rain water harvesting for supplemental irrigation of wheat in Mashhad. Journal of Soil and Water. Vol 24. No. 2. pp. 207-198.
10- Tabatabayi Yazdi J., Hagayeghimoghadam S., Godsi M., and Afshar H. 2001. Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology). Vol 24. No. 2. pp. 198-207.
11- Winnaar G.de., Jewitt G.P.W., 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. Pp: 1058-1067.

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 1, Mar.-Apr. 2015, p. 1-11

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۱۱-۱

Evaluation of Surface Water Harvesting Potential in Aq Emam Watershed System in the Golestan Province

S. Nazaryan[1]* - A. Najafinejad[2] – N. Nura[3]
Received: 05-04-2013
Accepted: 15-12-2014

Introduction : Given its low and sparse precipitation both in spatial and temporal scales, Iran is nestled in an arid and semiarid part of the world. On the other hand, because of population growth, urbanization and the development of agriculture and industry sector is frequently encountered with increasing water demand. The increasing trend of water demand will widen the gap between water supply and demand in the future. This, in turn, necessitates urgent attention to the fundamentals of economic planning and allocation of water resources. Considering the limited resources and the declining water table and salinization of groundwater, especially in semi-arid areas forces us to exploit surface waters. When we evaluate the various methods of collecting rainwater, surface water that is the outcome of rainfall-runoff responses in a basin, is found to be a potential source of water and it can be useful to meet some of our water demand if managed properly. Water shortages in arid areas are critical, serious and persistent. Thus, water harvesting is an effective and economic goal. The most important step in the implementation of rain water harvesting systems is proper site selection that could cause significant savings in time and cost. In this study the potential of surface waters in the Aq Emam catchment in the east Golestan province was evaluated. The purpose of this study is to provide a framework for locating areas with water harvesting potential.

Materials and Methods: For spatial evaluation of potential runoff, first, the amount of runoff is calculated using curve number and runoff potential maps were prepared with three classes: namely, the potential for low, medium and high levels. Finally, to identify suitable areas for rain water harvesting, rainfall maps, soil texture, slope and land use were weighted and multiplied based on their importance in order to determine the appropriate areas to collect runoff

Results and Discussion : The results of runoff production potential indicated that May and June accounted for the highest runoff and it can be inferred from these results that both of these months are characterized with storms which was confirmed by interviewing local residents and as range-land covers the largest land use in the basin as well as low vegetation density in the spring and summer due to overgrazing, much more runoff has been produced which is in line with the studies conducted by the Department of Natural Resources of the Golestan province in Aq Emam watershed (2003) as well as findings of Eftekhari et al. The results showed that the highest areas of the sub watershed 8, and 3 were suitable for rain water harvesting. Thus, the appropriate areas for rain water harvesting in the sub watersheds do not have a uniform spatial distribution according to the results. It can be argued that these sub basins are characterized by 4 criteria to be appropriate for rain water harvesting, which is in confirmation with Miliniai et al. Also according to the results, the areas suitable for rainwater harvesting in each sub-basin have heterogeneous spatial distribution as confirmed by the results of Eftekhari and Jin et al. Given the final map from integrating data layers, it was found that the central part of the study area has a good potential for rainwater harvesting and as results show, suitable area for water harvesting in the watershed coincides with range-lands that have a moderate crown cover as confirmed by the results reported by Tabatabaii et al.

Conclusion: Finally it can be said that spatial evaluation and identification of proper areas for rain water harvesting is an important and necessary step in the application of rain water harvesting systems.

Keywords: Surface water harvesting, Spatial evaluation, Sub watersheds priority, GIS, SCS

1, 2, 3- MSc Graduted, Associate Professor and Assistant Professor of Watershed Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Respectively
(* - Corresponding Author Email: sajjad_nazaryan@yahoo.com)