



## ارزیابی مکانی پتانسیل جمع آوری آب های سطحی در سیستم آبخیز آق امام استان گلستان

سجاد نظریان<sup>۱\*</sup> - علی نجفی نژاد<sup>۲</sup> - نادر نورا<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۲۴

### چکیده

کمیود آب در مناطق خشک، بحرانی جدی و مداوم است. بنابراین استحصال آب به عنوان هدفی اقتصادی و موثر مطرح می شود. مهمترین مرحله در بکارگیری سامانه های گوناگون جمع آوری آب باران، مکان یابی عرصه های مناسب است، که با شناسایی محل های مناسب صرفه جویی قابل ملاحظه ای در زمان و هزینه صورت می گیرد. در این تحقیق به ارزیابی مکانی پتانسیل جمع آوری آب های سطحی در آبخیز آق امام در شرق استان گلستان پرداخته شده است. هدف از انجام این تحقیق، ارائه چارچوبی برای مکان یابی عرصه های 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 عرصه های مستعد جمع آوری آب باران، نقشه های بارش، بافت خاک، شیب و کاربری اراضی، براساس میزان اهمیت شان در تعیین عرصه های مناسب جمع آوری رواناب، وزن دهی و در هم ضرب شدند. نتایج نشان داد که زیرحوضه های ۸ و ۳ دارای بیشترین سطح عرصه های مناسب برای جمع آوری آب باران می باشند و همچنین با توجه به نتایج به دست آمده، عرصه های مناسب برای جمع آوری آب باران در هر زیرحوضه دارای توزیع مکانی یکنواختی نمی باشند. عرصه های مستعد برای جمع آوری آب باران در آبخیز اغلب منطبق بر مراتع می باشد. در نهایت می توان گفت که ارزیابی مکانی و شناسایی عرصه های مناسب جمع آوری رواناب، یک گام مهم و ضروری در بکارگیری سیستم های جمع آوری آب باران می باشد.

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

### مقدمه

مدیریت شود می تواند برای تأمین تقاضا مفید واقع گردد. جمع آوری آب باران ( $RWH^4$ ) گزینه ای مناسب است برای ذخیره رواناب سطحی جهت کاربردهای بعدی بویژه در طول دوره هایی که محدودیت دسترسی به آب داریم (۱۲). جمع آوری آب باران (RWH) دربرگیرنده تمام روش هایی است که برای جمع آوری و ذخیره رواناب حاصل از بارندگی به کار می روند. الگوهای بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک هم در مقدار و هم در زمان غیر قابل پیش بینی هستند در نتیجه توانایی مدیریت موفق رواناب بسیار مهم است (۹). یکی از مهمترین و ضروری ترین مراحل بکارگیری سیستم های جمع آوری آب باران، مکان یابی و شناسایی محل های مناسب برای اجرای این تکنولوژی است. با شناسایی محل های مناسب برای این منظور صرفه جویی قابل ملاحظه ای در زمان و هزینه صورت می گیرد. و علاوه بر این، احتمال شکست این طرح ها به حداقل می رسد. همچنین با اولویت بندی نقاط از لحاظ میزان تولید رواناب می توان بر روی نقاطی که اولویت بالاتری دارند متمرکز گردید.

کشور ایران به دلیل کم بودن ریزش های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد. از طرفی به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش های 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 برنامه ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را ضروری می نماید (۶). توجه به محدودیت منابع آب های زیرزمینی و افت سطح ایستابی و گاهاً شور شدن آب سفره ها بویژه در مناطق نیمه خشک، ما را به سمت بهره برداری از آب های سطحی ترغیب می کند. آب سطحی که نتیجه پاسخ های بارش - رواناب در یک حوضه است منبع آب بالقوه ای است که اگر به طور صحیح

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)

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 سامانه‌های جمع‌آوری آب 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 جابگو 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  $۱۳^{\circ} ۴۵' ۵۵''$  تا  $۵۸^{\circ} ۵۰' ۵۵''$  و عرض شمالی  $۰۰^{\circ} ۴۲' ۳۷''$  تا  $۴۶^{\circ} ۴۶' ۳۷''$  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

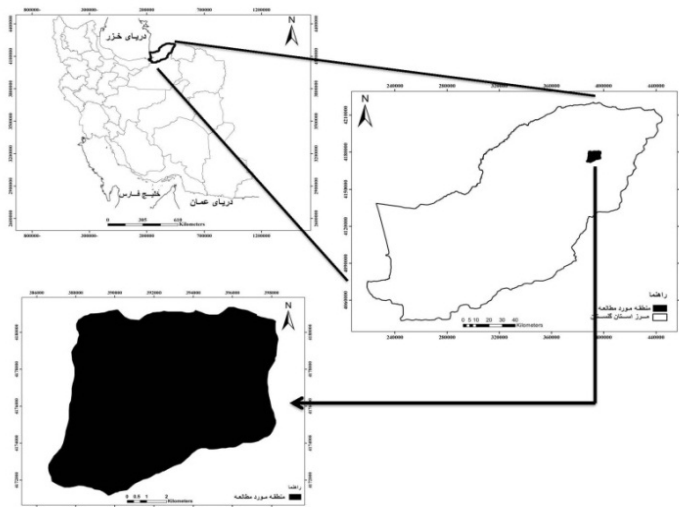
آبخیز آق‌امام براساس توپوگرافی حوضه، شبکه آبراهه‌ها و مسائل هیدرولوژی به ۹ زیرحوضه تقسیم گردید.

### 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.

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، تأمین 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. مبیلینای و همکاران (۹) برای شناسایی مکان‌های مستعد جمع‌آوری آب باران، ورودی‌ها به سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، نقشه‌های 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 راندر (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 در تعیین پتانسیل جمع‌آوری رواناب می‌باشند، که 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. همچنین با منطقه‌بندی کردن حوضه آبخیز پوششینی 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



شکل ۱- نقشه موقعیت آبخیز آق امام در ایران و استان گلستان

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

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<sup>۱</sup> 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 اولیه 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 عرصه‌های 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،

### 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 میانگین وزنی 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 کارایی و دقت مناسب آن استفاده شده است. در این روش ارتفاع رواناب ناشی از باران از رابطه ۱ بدست می‌آید:

$$Q = \frac{(p - 0/2s)^2}{P + 0/8s} \quad (1)$$

که در آن :

Q = ارتفاع رواناب به میلی‌متر

P = ارتفاع بارندگی به میلی‌متر

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

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

در ادامه با استفاده از مقادیر بارندگی در زمان‌های مختلف و مقدار

1 - Chi square

بافت خاک، کاربری اراضی و شیب منطقه از ۱ تا ۹ وزن‌دهی شدند (جدول ۱). سپس نقشه‌ها را براساس میزان اهمیت‌شان در تعیین عرصه‌های مناسب جمع‌آوری رواناب، وزن‌دهی شدند (جدول ۲).

جدول ۱- سطوح برازندگی طبقات مختلف در هر لایه اطلاعاتی ورودی به سیستم

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

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

جدول ۲- وزن‌های اهمیت نسبی برای لایه‌های اطلاعاتی

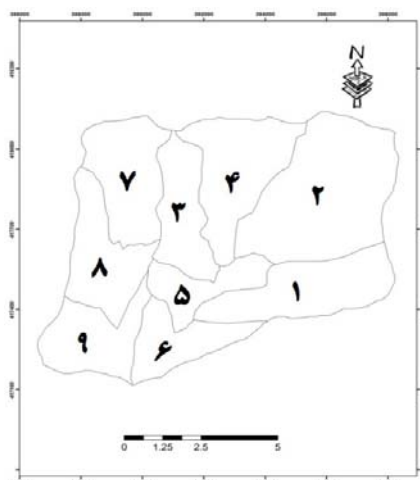
Table 2- The relative importance weights for layers information

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

جدول ۳- مساحت زیرحوضه‌های آبخیز آق‌امام

Table 3- River sub basin area of Aq Emam watershed

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



شکل ۲ - نقشه زیرحوضه‌های آبخیز آق‌امام

Figure 2- sub basin Map of Aq Emam watershed

حوضه تحت تاثیر بارش ایستگاه کریم ایشان و همچنین ۴ درصد از مساحت حوضه تحت تاثیر بارش ایستگاه ساری قمیش می باشد. در جدول ۴ میزان متوسط بارش روزانه هر ماه بر حسب میلی متر بطور جداگانه نشان داده شده است که با توجه به این جدول میزان بارش ایستگاه ساری قمیش بیشتر از دو ایستگاه دیگر می باشد.

### تعیین مقدار CN در هر زیرحوضه

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

در آخر برای تعیین عرصه های مستعد جمع آوری آب باران، نقشه های پتانسیل تولید رواناب، بافت خاک، کاربری اراضی و شیب در هم ضرب شدند (جدول شماره ۲).

## نتایج

### تقسیم حوضه به زیرحوضه ها

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

### تهیه نقشه سطوح هم باران

شکل ۳، سطوح هم بارش که از روش تیسن استفاده شده برای حوضه را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد ۷۲ درصد از مساحت حوضه تحت تاثیر بارش ایستگاه چنارلی و ۲۴ درصد از مساحت



شکل ۳- نقشه سطوح هم باران آبخیز آق امام

Figure 3- Map of the isorain Aq Emam catchment

جدول ۴- میزان متوسط بارش روزانه هر ماه بر حسب میلی متر در دوره آماری (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰)

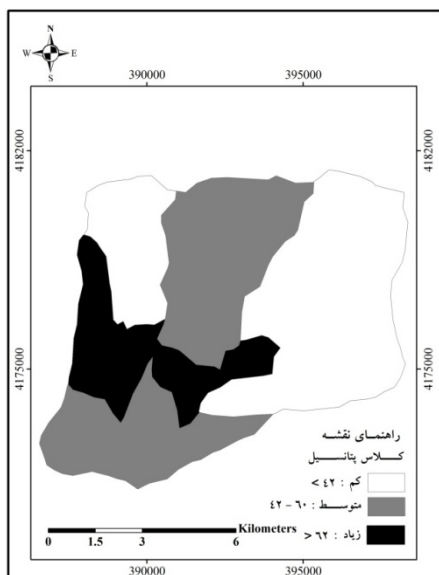
Table 4-The average amount of daily rainfall in millimeters per month in the period (2002 to 2011)

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

جدول ۵- 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



شکل ۴- نقشه پتانسیل تولید رواناب آبخیز آق امام

Figure 4- Map of runoff potential in Aq Emam catchment

جدول ۶- 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)

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

محاسبه رواناب برای هر زیرحوضه و اولویت بندی

زیرحوضه ها براساس میزان عمق رواناب

جدول ۶، عمق رواناب روزانه محاسبه شده بر حسب میلی متر از روش شماره منحنی در هر زیرحوضه برای ماه های مختلف سال را نشان می دهد.

جدول ۷، عمق رواناب ماهانه و سالانه بر حسب میلی متر در هر زیرحوضه را نشان می دهد.

جدول ۸، عمق رواناب سالانه بر حسب میلی متر در هر زیرحوضه، کلاس پتانسیل هر زیر حوضه و همچنین اولویت بندی زیرحوضه ها را براساس عمق رواناب را نشان می دهد.

شکل ۴، کلاس پتانسیل هر زیرحوضه را نشان می دهد.

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	عمق رواناب (میلیمتر) Runoff (mm)
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.	
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	

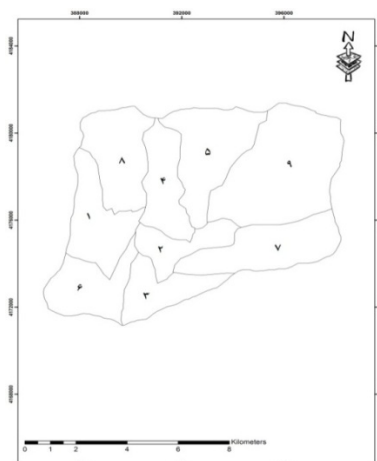
جدول ۸- عمق رواناب بر حسب میلیمتر، کلاس پتانسیل و اولویت هر زیرحوضه در دوره آماری (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰)  
 Table 8- Runoff depth in millimeters, potential class and priority sub watershed in the period (2002 to 2011).

زیرحوضه Subbasin									عمق رواناب سالیانه (میلیمتر) Annual runoff (mm)
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	اولویت Priority
6	1	8	3	2	5	4	9	7	کلاس پتانسیل Potential class
متوسط Medium	زیاد High	کم Low	متوسط Medium	زیاد High	متوسط Medium	متوسط Medium	کم Low	کم Low	

### 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 روی هم‌گذاری نقشه‌ها عرصه‌های مستعد جمع‌آوری رواناب تعیین گردید.

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.



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

کمترین امتیاز به کاربری اراضی باغی داده شده است

#### 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.

جدول ۱۰- وزن‌دهی بافت‌های مختلف خاک آبخیز آق‌امام  
Table 10- Soil Watershed tissue Aq Emam weighting

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

#### بارش

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

جدول ۹- وزن‌دهی طبقات مختلف شیب آبخیز آق‌امام  
Table 9- different classes weighted gradient Aq Emam watershed

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

#### 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 روی هم‌گذاری نقشه تهیه شده و نقشه زیرحوضه‌ها، مناطق مستعد جمع‌آوری رواناب در هر زیرحوضه تعیین گردید (شکل ۶).

#### 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 سیلty 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

جدول ۱۱- وزن‌دهی کاربری‌های مختلف آبخیز آق‌امام  
Table 11- Weighting land us of Aq Emam watershed

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

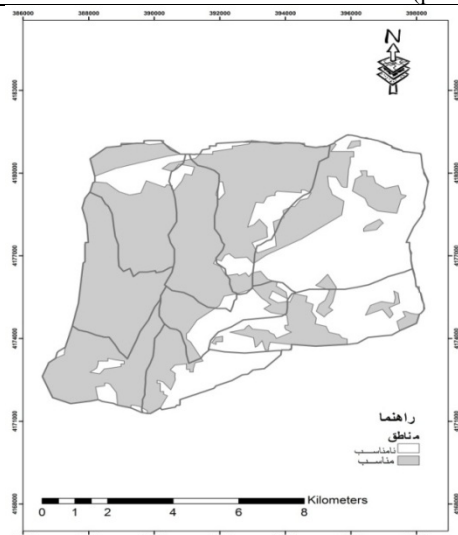


جدول ۱۲- وزن دهی کلاس های مختلف بارش آبخیز آق امام  
Table 12- Weighting of different classes rainfall in Aq Emam catchment

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

جدول ۱۳- مساحت و درصد مساحت مناطق مناسب و نامناسب زیرحوضه های مختلف آبخیز آق امام  
Table 13- Area and percent area of appropriate areas and inappropriate sub basin Aq Emam watershed

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



شکل ۶- نقشه مناطق مستعد جمع آوری رواناب در هر زیرحوضه  
Figure 6- Map of areas prone to runoff collected in each sub watershed

## بحث و نتیجه گیری

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 آق امام (۱۳۸۲) و همچنین با نتایج افتخاری و همکاران (۲)، مطابقت دارد. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده زیر حوضه ها ۸، ۵ و ۶ از لحاظ میزان تولید رواناب به ترتیب در اولویت های اول تا سوم قرار دارند، که می توان اینگونه استنباط کرد که در این زیرحوضه ها 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

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 نگه داشت سطحی و نقشه سطوح هم بارش، میزان رواناب برای هر زیرحوضه محاسبه گردید. نتایج پتانسیل تولید رواناب نشان می دهد که بیشترین میزان رواناب تولید شده در ماه های تیر و اردیبهشت می باشد که از این نتایج می توان استنباط کرد که در ماه های تیر و اردیبهشت بدلیل وجود بارش های رگباری در منطقه می باشد که با مصاحبه های حضوری با اهالی منطقه مطابقت دارد و همچنین می توان استنباط کرد که با

عرصه‌های مناسب جمع‌آوری آب باران استفاده شده بودند، دارا می‌باشند که با نتایج میلینیایی 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 می‌توان گفت که ارزیابی مکانی و شناسایی عرصه‌های مناسب جمع‌آوری رواناب، یک گام مهم و ضروری در بکارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران می‌باشد، با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌شود، که در تعیین عرصه‌های مناسب جمع‌آوری باران، از پارامترهای دیگر و مهمتری همچون فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از مناطق مسکونی و .... استفاده گردد.

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

## 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., Kothiyari 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 conjunctive 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., Godsai 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.



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

S. Nazaryan<sup>1\*</sup> - A. Najafinejad<sup>2</sup> – N. Nura<sup>3</sup>

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 Milinia 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 Tabatabaai 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)