

## ارزیابی اقتصادی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطالعه موردی: آبخیز آقامام، استان گلستان

سجاد نظریان، علی نجفی نژاد و رامتین جولایی

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

sajjad\_nazaryan@yahoo.com

دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان گرگان،

najafinejad@gmail.com

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

r.joolaie@yahoo.com

### چکیده

کمبود آب شیرین و آب مورد نیاز در کشاورزی از مهم‌ترین مسائل بشر در آینده است. ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود با کمبود آب مواجه است. هر یک از روش‌های بهره‌برداری از منابع دارای ویژگی‌های خاص بوده و ارزیابی آن‌ها در بهبود استحصال آب نقش مؤثری دارد. ارزیابی اجتماعی و اقتصادی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران و اعمال مدیریت صحیح موجب خواهد شد تا کمبود آب مناطق خشک برطرف شود. بنابراین، جمع‌آوری آب‌های سطحی در مناطق خشک روش مناسب و بهینه‌ای در تأمین آب مورد نیاز در این مناطق است. این پژوهش، در آبخیز آقامام استان گلستان، با مساحت ۸۷۳۰ هکتار انجام شد. ابتدا با مصاحبه حضوری از آبخیزنشینان تعدادی سیستم بر اساس شرایط منطقه و نیازمندی آبخیزنشینان پیشنهاد شد. در ارزیابی اقتصادی، هزینه‌ها و سودهای حاصل از سیستم‌های جمع‌آوری آب محاسبه شد و زیرحوضه‌ها بر اساس شاخص منفعت به هزینه (B/C) اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد که عملیات یا سامانه‌های از لحاظ اقتصادی قابل اجرا هستند که هزینه استقرار کمتری دارند. در کل می‌توان گفت که میزان بارش، کاربری، توپوگرافی، ویژگی‌های فیزیکی حوضه و نحوه مصرف آب و همچنین، شرایط اقتصادی و اجتماعی منطقه، در ارزیابی مکانی جمع‌آوری رواناب و تعیین نوع سیستم مناسب با منطقه موثر هستند که این امر می‌تواند باعث بهبود مدیریت منابع آب در سطح آبخیز شود. واژه‌های کلیدی: آبخیز آقامام، ارزیابی اقتصادی، سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، شاخص منفعت به هزینه.



## مقدمه

از طرفی دیگر روش‌های بهره‌برداری از منابع آب و به ویژه منابع آب سطحی مانند رودخانه متفاوت است که هر کدام از این روش‌ها دارای ویژگی‌های خاص بوده و ارزیابی آن‌ها در بهبود استحصال آب نقش مؤثری دارد. بررسی عملکرد این روش‌ها علاوه بر مقایسه اقتصادی و اجتماعی نقاط قوت و ضعف آن‌ها را نمایان ساخته و می‌تواند در انتخاب روش برداشت در شرایط مختلف رودخانه مؤثر باشد و حداقل مشکلات را در بهره‌برداری ایجاد نماید. کمبود آب شیرین و آب مورد نیاز در کشاورزی از مهم‌ترین مسایل بشر در آینده است و کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود بزودی با کمبود آب مواجه می‌شود (چاگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰). طرح‌ها در صورتی می‌توانند مفید واقع شوند که صحیح و اصولی، مطابق با معیارهای استاندارد و با در نظر گرفتن تمام شرایطی اقلیمی و ادائیکی احداث شوند. همچنین اگر از چگونگی ساخت آن‌ها، یک ارزیابی اقتصادی، اجتماعی انجام شود روز به روز بر کارایی بهتر و راندمان آن‌ها افزوده می‌شود (چاگ، ۲۰۰۰). از بین محدود کارهای پژوهشی که در ایران با عنوان بهره‌برداری از آب باران انجام گرفته است می‌توان به کارهای چاووشی (۱۳۷۱) و جهان‌تیغ (۱۳۷۶) اشاره کرد که در آن‌ها تنها به استفاده از نزولات در افزایش رطوبت خاک توجه شده است. سپاس‌خواه (۱۳۷۱) علاوه بر بررسی نحوه افزایش رطوبت در خاک، راندمان استحصال آب و افزایش محصول را نیز در پلات‌های کوچک بررسی کرده و اثربخش بودن آن را تایید کرده است. طباطبایی (۱۳۸۸) در پژوهشی

جمع‌آوری آب در حقیقت گردآوری رواناب‌ها برای اهداف تولیدی است. به جای آنکه رواناب‌ها کنترل نشده رها شوند و باعث تخریب و فرسایش شوند، گردآوری و از آن‌ها استفاده مفید می‌شود. در گذشته جمع‌آوری آب همواره به شکل‌های سنتی بوده است. در بیشتر مناطق خاورمیانه انحراف آب مسیل‌ها به گذشته‌های بسیار دور بر می‌گردد. در صحرای نقب در فاسطین اشغالی سیستم‌های جمع‌آوری آب که آثار و بقایای آن‌ها کشف شده به بیش از ۴۰۰۰ سال قبل بر می‌گردد (اونوری و همکاران ۱، ۱۹۸۲). یک سیستم جمع‌آوری آب باران به طور ساده از یک منطقه جمع‌آوری آب و یک منطقه نفوذ، استفاده یا ذخیره تشکیل شده است. سطح جمع‌آوری آب می‌تواند یک سطح آماده شده زمینی باشد و یا یک آبخیز پشت بام منازل، کارخانجات و انبارها باشد. بررسی روش‌های سنتی در قالب هزینه، فواید مالی، مقایسه آن‌ها از لحاظ اقتصادی، اجتماعی بر اساس نتایج به دست آمده از داده‌های جمع‌آوری شده در قالب پرسش‌نامه و نتیجه‌گیری از طریق مقایسه تطبیقی از نظر بازدهی اقتصادی و پذیرش اجتماعی، همراه با ارایه ویژگی‌های فنی مناسب‌ترین اقدامات بیشتر مورد پذیرش کاربران بوده است. بهره‌برداری بهینه از این منابع آبی برای این مقدار جز با توجه کامل به معیارهای اقتصادی و اجتماعی ممکن نیست (دستورانی، ۱۳۸۷). توجه به هزینه‌ها و فواید اجتماعی در تخصیص منابع آب در بهبود عملکرد اقتصادی بخش آب اهمیت دارد.

به ارزیابی جمع‌آوری نزولات و سپس، ذخیره‌سازی آن برای استفاده در زمان مورد نیاز در منطقه مشهد پرداخته که به منظور انتخاب مناسب‌ترین روش استحصال آب باران، از بیشتر روش‌های استحصال آب باران استفاده کرده است، وی به این نتیجه رسیده است که با توجه به تنوع در روش‌های استحصال آب باران، باید در انتخاب روش مناسب به ویژگی‌هایی از قبیل: مقدار بارندگی و نحوه توزیع آن، توپوگرافی زمین، نوع و عمق خاک و عوامل اقتصادی - اجتماعی هر منطقه توجه جدی نمود. افتخاری (۱۳۹۰) در پژوهشی به ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب باران در سیستم آبخیز پرداخته است. وی در این پژوهش ۴ عملیات جمع‌آوری آب باران را ارزیابی اقتصادی کرده است. از نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌توان اینگونه استنباط کرد که در اولویت قرار گرفتن زیر حوضه‌ای از نظر اقتصادی برای جمع‌آوری آب 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 بستگی دارد. نودلی<sup>۱</sup> (۲۰۰۳) در پژوهشی چگونگی طراحی و اجرای سامانه جمع‌آوری آب باران از پشت بام‌ها را در کشور آلمان بررسی کرده است. در این دستورالعمل هزینه‌ها و منافع اجتماعی و اقتصادی که در پی استقرار سامانه جمع‌آوری آب باران در کشور آلمان به دست می‌آید، لیست شده است. ارزیابی سود به هزینه استقرار این سامانه‌ها نشان

داده که این روش بسیار سودمند است. تانگ<sup>۲</sup> (۲۰۰۹) در پژوهشی سطح درآمد به هزینه روش‌های جمع‌آوری آب باران در منطقه کوتاناد کشور هندوستان را تجزیه و تحلیل کرده است. در این پژوهش تمامی هزینه‌هایی که در طراحی و اجرای سیستم جمع‌آوری آب باران در منطقه لازم است در نظر گرفته شده است، از جمله این هزینه‌ها می‌توان به هزینه‌های کارگری، تجهیزات و مواد مورد نیاز و انرژی اشاره نمود. در قسمت سود حاصل از اجرای این سامانه‌ها مواردی شامل مقدار آب ذخیره شده، کاهش هزینه‌های درمان و دارو و صرفه‌جویی در مصرف انرژی اشاره نمود. تجزیه و تحلیل اقتصادی این طرح در نهایت نشان داده است که استقرار سامانه‌های جمع‌آوری آب باران سبب افزایش درآمد ساکنان و کاهش بیماری‌های ناشی از مصرف آب آلوده در میان بومیان منطقه می‌شود.

ضرورت پژوهش حاضر در این نکته است که جمع‌آوری آب باران و ارزیابی اجتماعی و اقتصادی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، قادر خواهد بود بخش زیادی از کمبود آب مناطق خشک را با مدیریت‌های صحیح جابگو باشد؛ بنابراین، جمع‌آوری آب‌های سطحی در مناطق خشک روش بسیار مناسب و بهینه‌ای برای تأمین آب مورد نیاز در مناطق خشک و نیمه خشک است. همچنین، روش‌های متفاوتی برای استحصال آب باران وجود دارد که با توجه به شرایط منطقه و عوامل متعدد دیگری، باید بهترین و مناسب‌ترین آن‌ها انتخاب شود.

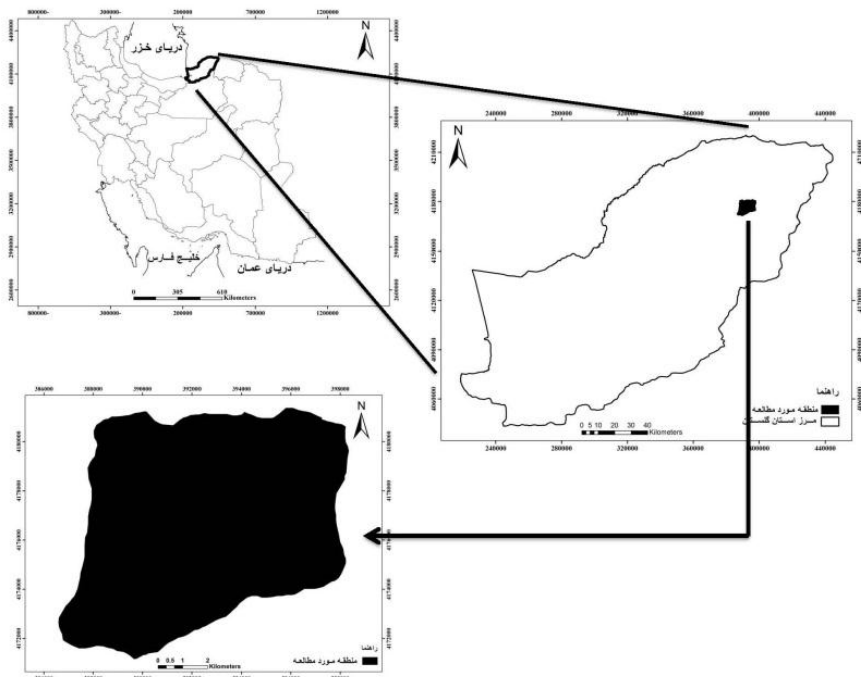
<sup>۲</sup> - Tang

<sup>۱</sup> - Nodle

## مواد و روش‌ها

تا ۴۵۰ میلی‌متر است. بیشتر پوشش گیاهی طبیعی در این منطقه گیاهان علفی و بوته‌ای است. از ویژگی‌های اصلی آن قرار گرفتن در سازند لسی است و دارای تپه و ماهورهای فراوان و هزار دره است. منطقه مورد مطالعه در شرق استان گلستان قرار گرفته است. شکل ۱ نقشه موقعیت آبخیز آق‌امام در ایران و استان گلستان را نشان می‌دهد.

ویژگی‌ها و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز آق‌امام در مساحتی حدود ۸۷۳۰ هکتار در فاصله ۴۵ کیلومتری شهرستان کلاله در استان گلستان قرار دارد. این حوضه از سرشاخه‌های گرگانرود محسوب می‌شود. میزان متوسط بارندگی سالانه این حوضه حدود ۳۵۰



شکل ۱- نقشه موقعیت آبخیز آق‌امام در ایران و استان گلستان

پشت‌بام در نظر گرفته شد که این سیستم فقط در مناطق توسعه‌یافته قابل اجرا است؛ و سیستم‌های که برای آبیاری کشاورزی و شرب دام‌ها استفاده می‌شود. پس از تعیین عملیات و سامانه‌های پیشنهادی جمع‌آوری آب باران برای کل حوضه، بر اساس شرایط هر عملیات یا سامانه و ویژگی‌های زیرحوضه‌ها برای هر زیرحوضه، عملیات و سامانه‌های قابل اجرا انتخاب شدند (جدول ۱).

## تعیین سیستم‌های متناسب با حوضه برای جمع‌آوری رواناب

برای انتخاب نوع سیستم جمع‌آوری رواناب ابتدا با مصاحبه حضوری از آبخیزنشینان و آشنایی با منطقه، تعدادی سیستم بر اساس شرایط منطقه و نیازمندی آبخیزنشینان پیشنهاد شد. سیستم‌های پیشنهادی بر اساس نوع مصرف آب جمع‌آوری شده تقسیم‌بندی شدند: سیستم‌هایی که برای مصارف شرب و غیرشرب استفاده می‌شود، سیستم

جدول ۱- عملیات و سامانه‌های قابل اجرا در هر زیرحوضه

اولویت ۶	اولویت ۵	اولویت ۴	اولویت ۳	اولویت ۲	اولویت ۱	زیرحوضه
----------	----------	----------	----------	----------	----------	---------

کتورفارو	سطوح عایق	پیتینگ	ایجاد چاله در مسیر آبراهه	ایجاد برکه مصنوعی با کیسه گونی و...	بند خاکی	۱، ۳، ۴، ۵، ۷ و ۸
	کتورفارو	سطوح عایق	پیتینگ	ایجاد چاله در مسیر آبراهه	ایجاد برکه مصنوعی با کیسه گونی و...	۲ و ۶

سامانه‌های جمع‌آوری آب باران.

هزینه هر یک از عملیات و سامانه‌های جمع‌آوری آب باران یاد شده، بر اساس مطالعات و مصاحبه حضوری با کارشناسان و بخش اجرایی بخش آبخیزداری و مرتع‌داری اداره منابع طبیعی استان گلستان انجام شده است (اداره کل منابع طبیعی استان گلستان (۱۳۸۲)). برای به دست آوردن هزینه کل، مساحت هر یک از عملیات و سامانه‌های جمع‌آوری آب باران قابل اجرا در حوضه در هزینه هر هکتار عملیات یا سامانه ضرب شد. جدول ۲ هزینه هر هکتار از عملیات یا سامانه را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن هزینه انجام عملیات جمع‌آوری آب باران از پشت بام به ازای هر هکتار، ابتدا هزینه لازم برای جمع‌آوری آب باران از یک پشت بام ۱۰۰ مترمربعی محاسبه، سپس، در ۱۰۰ ضرب شده و به هزینه در واحد هکتار تبدیل شد. هزینه لازم برای عملیات جمع‌آوری آب باران از پشت بام در یک سطح ۱۰۰ مترمربعی ۱۵۰۰۰۰۰ ریال برآورد شد.

تجزیه و تحلیل هزینه‌ها در مقابل درآمدهای حاصل از جمع‌آوری رواناب در هر زیرحوضه و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر این اساس با استفاده از روش سود به هزینه ( $B/C^1$ )

پس از تعیین سیستم‌های جمع‌آوری رواناب متناسب با هر زیرحوضه ارزیابی اقتصادی انجام شد. در ارزیابی اقتصادی، هزینه‌ها و سودهای حاصل از سیستم‌های جمع‌آوری آب محاسبه شد. و در پایان، زیرحوضه‌ها بر اساس ارزیابی اقتصادی با شاخص سود به هزینه ( $B/C$ ) اولویت‌بندی شدند.

#### برآورد هزینه‌ها

برای تعیین هزینه هر یک از عملیات و سامانه‌های جمع‌آوری آب باران از رابطه (۱) استفاده شده است (افتخاری، ۱۳۹۰).

$$E = \sum d_i (A_i) \quad (1)$$

$E$ : هزینه‌های استقرار هر یک از عملیات و سامانه‌های جمع‌آوری باران،

$A_i$ : مساحت هر یک از عملیات و سامانه‌های جمع‌آوری آب باران و

$d_i$ : هزینه لازم جهت استقرار هر یک از عملیات‌ها و

<sup>1</sup> - benefit to cost

جدول ۲- هزینه هر یک از عملیات یا سامانه قابل اجرا در آبخیز آق‌امام

هزینه هر هکتار (ریال)	عملیات یا سامانه جمع‌آوری آب باران
۴۳۰۰۰۰۰	بندهای خاکی
۵۰۰۰۰۰	چاله‌چوله کردن
۶۰۰۰۰۰	کنتور فارو
۷۰۰۰۰۰	ایجاد چاله در مسیر آبراهه
۱۰۰۰۰۰۰	ایجاد برکه مصنوعی با کیسه گونی و...
۵۰۰۰۰۰۰	سطوح عایق
۱۵۰۰۰۰۰۰	پشت بام

### محاسبه درآمد

برای محاسبه درآمد هر یک از عملیات و سامانه‌های جمع‌آوری آب باران، ابتدا حجم آب قابل جمع‌آوری با استفاده از عملیات یا سامانه در منطقه مورد نظر محاسبه شد. برای محاسبه حجم آب قابل جمع‌آوری با استفاده از عملیات یا سامانه، ابتدا مساحت هر یک از عملیات یا سامانه‌های جمع‌آوری آب باران قابل اجرا با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 به دست آمد. سپس، این مساحت در میزان تولید رواناب حساب شد تا از این طریق حجم آب قابل جمع‌آوری محاسبه شود. در نهایت، این حجم آب در قیمت آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه که ۳۹۲ ریال است (شرکت آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۹۱)، ضرب شد. تا از این طریق درآمد یک سال مربوط به عملیات یا سامانه‌های جمع‌آوری آب باران محاسبه شود. عمر مفید برای هر یک از عملیات و سامانه‌های جمع‌آوری محاسبه و ارزیابی اقتصادی بر اساس آن انجام شد. عمر مفید در نظر گرفته شده برای عملیات و سامانه‌های بند خاکی ۲۰

سال، کنتورفارو ۲ سال، پیتینگ ۲ سال، سطوح عایق ۱۰ سال، ایجاد چاله در مسیر آبراهه ۴ سال و ایجاد برکه مصنوعی با کیسه گونی و... ۴ سال است (اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، ۱۳۸۲؛ افتخاری، ۱۳۹۰). سپس، با درآمد سالانه هر یک از عملیات و سامانه‌ها، عمر مفید آن‌ها و متوسط نرخ تورم ۱۵/۳۴ درصد (بانک مرکزی، ۱۳۹۱) درآمد کل برای هر یک از عملیات و سامانه‌ها در هر زیرحوضه محاسبه شد. برای محاسبه درآمد حاصل از استقرار سامانه جمع‌آوری آب خانگی، حجم آب قابل جمع‌آوری از سامانه پشت‌بام در قیمت آب خانگی برای هر متر مکعب در منطقه مورد مطالعه ۱۱۸۱ ریال (سازمان آب منطقه‌ای استان گلستان، ۱۳۹۱) ضرب شد. برای محاسبه حجم آب قابل جمع‌آوری مقدار متوسط بارندگی منطقه، ۴۶۰ میلیمتر، در ضریب ۰/۹۲ ضریب شد. سپس، درآمد سالیانه این سامانه با توجه به عمر مفید و متوسط نرخ تورم ۱۵/۳۴ محاسبه شد. شایان ذکر است که عمر مفید سامانه پشت بام ۱۰ سال است (افتخاری، ۱۳۹۰).

## ارزیابی اقتصادی

## نتایج:

برای ارزیابی اقتصادی اجرای عملیات و سامانه‌های مورد نظر از روش منفعت به هزینه استفاده شد. برای ارزیابی اقتصادی از روش منفعت به هزینه باید کل درآمد و هزینه‌ها به زمان حال تبدیل شوند که برای این کار از روش ارزش فعلی (NPV<sup>۱</sup>) استفاده شد. محاسبه ارزش فعلی یک فرآیند مالی، تبدیل ارزش همه دریافت و پرداخت‌ها به ارزش فعلی در زمان حال یا مبدأ پروژه است (جولایی، ۱۳۸۹). برای محاسبه ارزش فعلی از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. در این پژوهش، سال ۱۳۹۰ سال احداث و سال ۱۳۹۱ اولین سال بهره برداری در نظر گرفته شده است. با توجه به عمر مفید هر کدام از عملیات و سامانه‌ها بهره‌برداری اقتصادی از این عملیات و سامانه‌ها ادامه در نظر گرفته شد. برای ارزیابی اقتصادی در این پژوهش نرخ بهره با توجه به تسهیلات ویژه دولتی برای طرح‌های کشاورزی برابر ۷ درصد در نظر گرفته شد (معاونت برنامه ریزی استانداری استان گلستان، ۱۳۹۱). سپس، منفعت به هزینه برای هر یک از عملیات و سامانه‌های قابل اجرا در هر یک از زیرحوضه‌ها محاسبه شد. برای اولویت بندی عملیات و سامانه‌ها در هر زیرحوضه باید از اصول سرمایه گذاری اضافی استفاده کرد و نسبت تفاوت منفعت به هزینه را تشکیل داد (اسکونزاد، ۱۳۸۴).

## ارزیابی اقتصادی

در مرحله بعد پس از تعیین سیستم‌ها، هر کدام از سیستم‌های یاد شده به صورت جداگانه در هر زیرحوضه ارزیابی اقتصادی شدند. برای ارزیابی اقتصادی از روش سود به هزینه استفاده شد. جدول‌های (۳) تا (۱۴)، نتایج ارزیابی اقتصادی با نرخ تورم ۱۵/۳۴ و نرخ بهره هفت درصد برای زیرحوضه‌ها و عملیاتی مختلف را نشان می‌دهند.

<sup>1</sup> - Net Present Value



جدول ۳- جریان پولی درآمدها با نرخ تورم ۱۵/۳۴ درصد در هر زیرحوضه برای بند خاکی (اعداد بر حسب میلیون ریال)

زیرحوضه						
سال	۱	۳	۴	۵	۷	۸
۱۳۹۱	۹۰/۶	۱۱۸/۸	۱۴۴/۵	۱۰۲/۷	۴۵	۱۵۶/۸
۱۳۹۲	۱۰۴/۶	۱۳۷	۱۶۶/۶	۱۱۸/۵	۵۱/۹	۱۸۰/۹
۱۳۹۳	۱۲۰/۶	۱۵۸	۱۹۲/۲	۱۳۶/۶	۵۹/۸	۲۰۸/۶
۱۳۹۴	۱۳۹/۱	۱۸۲/۳	۲۲۱/۶	۱۵۷/۶	۶۹	۲۴۰/۶
۱۳۹۵	۱۶۰/۴	۲۱۰/۳	۲۵۵/۶	۱۸۱/۸	۷۹/۶	۲۷۷/۵
۱۳۹۶	۱۸۵	۲۴۲/۵	۲۹۴/۸	۲۰۹/۶	۹۱/۸	۳۲۰/۱
۱۳۹۷	۲۱۳/۴	۲۷۹/۷	۳۴۰/۱	۲۴۱/۸	۱۰۵/۹	۳۶۹/۲
۱۳۹۸	۲۴۶/۲	۳۲۲/۶	۳۹۲/۳	۲۷۸/۹	۱۲۲/۲	۴۲۵/۹
۱۳۹۹	۲۸۲/۹	۳۷۲/۱	۴۵۲/۴	۳۲۱/۷	۱۴۰/۹	۴۹۱/۲
۱۴۰۰	۳۲۷/۵	۴۲۹/۲	۵۲۱/۸	۳۷۱	۱۶۲/۵	۵۶۶/۵
۱۴۰۱	۳۷۷/۷	۴۹۵	۶۰۱/۹	۴۲۷/۹	۱۸۷/۵	۶۵۳/۴
۱۴۰۲	۴۳۵/۷	۵۷۰/۹	۶۹۴/۲	۴۹۳/۶	۲۱۶/۲	۷۵۳/۷
۱۴۰۳	۵۰۲/۵	۶۵۸/۵	۸۰۰/۷	۵۶۹/۳	۲۴۹/۴	۸۶۹/۳
۱۴۰۴	۵۷۹/۶	۷۵۹/۶	۹۲۳/۶	۶۵۶/۷	۲۸۷/۷	۱۰۰۲/۶
۱۴۰۵	۶۶۸/۵	۸۷۶	۱۰۶۵/۲	۷۵۷/۴	۳۳۱/۸	۱۱۵۶/۴
۱۴۰۶	۷۷۱	۱۰۱۰/۵	۱۲۲۸/۶	۸۷۳/۶	۳۸۲/۷	۱۳۳۳/۸
۱۴۰۷	۸۸۹/۳	۱۱۶۵/۵	۱۴۱۷/۱	۱۰۰۷/۶	۴۴۱/۴	۱۵۳۸/۵
۱۴۰۸	۱۰۲۵/۷	۱۳۴۴/۳	۱۶۳۴/۵	۱۱۶۲/۲	۵۰۹/۱	۱۷۷۴/۵
۱۴۰۹	۱۱۸۳/۱	۱۵۵۰/۵	۱۸۸۵/۲	۱۳۴۰/۴	۵۸۷/۲	۲۰۴۶/۷
۱۴۱۰	۱۳۶۴/۵	۱۷۸۸/۳	۲۱۷۴/۷	۱۵۴۶	۶۷۷/۳	۲۳۶۰/۶

جدول ۴- جریان پولی درآمدها با نرخ تورم ۱۵/۳۴ درصد در هر زیرحوضه برای سطوح عایق (اعداد بر حسب میلیون

ریال)

زیرحوضه						
سال	۱	۳	۴	۵	۷	۸
۱۳۹۱	۳/۵	۲۵/۷	۵۹/۸	۲۷/۸	-۴/۴	۲/۸
۱۳۹۲	۴	۲۹/۶	۶۸/۹	۳۲/۱	-۵/۱	۳/۲
۱۳۹۳	۴/۶	۳۴/۲	۷۹/۵	۳۷	-۵/۸	۳/۷
۱۳۹۴	۵/۳	۳۹/۴	۹۱/۷	۴۲/۷	-۶/۷	۴/۳
۱۳۹۵	۶/۲	۴۵/۵	۱۰۵/۸	۴۹/۲	-۷/۸	۴/۹
۱۳۹۶	۷/۱	۵۲/۴	۱۲۲	۵۶/۸	-۸/۹	۵/۷
۱۳۹۷	۸/۲	۶۰/۵	۱۴۰/۷	۶۵/۵	-۱۰/۳	۶/۵
۱۳۹۸	۹/۴	۶۹/۸	۱۶۲/۳	۷۵/۵	-۱۱/۹	۷/۵
۱۳۹۹	۱۰/۹	۸۰/۵	۱۸۷/۲	۸۷/۱	-۱۳/۷	۸/۷
۱۴۰۰	۱۲/۶	۹۲/۸	۲۱۵/۹	۱۰۰/۵	-۱۵/۹	۱۰

جدول ۵- جریان پولی درآمدها با نرخ تورم ۱۵/۳۴ درصد در هر زیرحوضه برای ایجاد چاله در مسیر آبراهه (اعداد بر حسب میلیون ریال)

زیرحوضه								
سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱۳۹۱	۹۸/۲	۱/۹	۱۲۶/۳	۱۵۱/۹	۱۱۰/۲	۲/۵	۵۲/۵	۱۶۴/۳
۱۳۹۲	۱۱۳/۲	۲/۲	۱۴۵/۷	۱۷۵/۲	۱۲۷/۱	۲/۹	۶۰/۵	۱۸۹/۵
۱۳۹۳	۱۳۰/۶	۲/۵	۱۶۸	۲۰۲/۱	۱۴۶/۶	۳/۴	۶۹/۸	۲۱۸/۶
۱۳۹۴	۱۵۰/۶	۲/۹	۱۹۳/۸	۲۳۳/۲	۱۶۹/۱	۳/۹	۸۰/۵	۲۵۲/۱

جدول ۶- جریان پولی درآمدها با نرخ تورم ۱۵/۳۴ درصد در هر زیرحوضه برای کنتورفارو (اعداد بر حسب میلیون ریال)

زیرحوضه								
سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱۳۹۱	۴/۲	۱	۱۲/۸	۱۴/۲	۴/۸	۳	۱۱/۹	۱۵/۵
۱۳۹۲	۴/۸	۱/۲	۱۴/۸	۱۶/۴	۵/۵	۳/۴	۱۳/۷	۱۷/۹
۱۳۹۳	۵/۵	۱/۴	۱۷/۱	۱۸/۹	۶/۴	۳/۹	۱۵/۸	۲۰/۶
۱۳۹۴	۶/۴	۱/۶	۱۹/۷	۲۱/۸	۷/۴	۴/۵	۱۸/۲	۲۳/۸

جدول ۷- جریان پولی درآمدها با نرخ تورم ۱۵/۳۴ درصد در هر زیرحوضه برای ایجاد برکه مصنوعی... (اعداد بر حسب میلیون ریال)

زیرحوضه								
سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱۳۹۱	۹۸/۱	۱/۹	۱۲۶/۳	۱۵۱/۹	۱۱۰/۲	۲/۵	۵۲/۵	۱۶۴/۳
۱۳۹۲	۱۱۳/۲	۲/۲	۱۴۵/۷	۱۷۵/۳	۱۲۷/۱	۲/۹	۶۰/۵	۱۸۹/۵
۱۳۹۳	۱۳۰/۶	۲/۵	۱۶۸	۲۰۲/۱	۱۴۶/۶	۳/۴	۶۹/۸	۲۱۸/۶
۱۳۹۴	۱۵۰/۶	۲/۹	۱۹۳/۸	۲۳۳/۲	۱۶۹/۱	۳/۹	۸۰/۵	۲۵۲/۱

جدول ۸- جریان پولی درآمدها با نرخ تورم ۱۵/۳۴ درصد در هر زیرحوضه برای پیتینگ (اعداد بر حسب میلیون ریال)

زیرحوضه								
سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱۳۹۱	۹۵/۳	۰/۹	۱۱۷	۱۴۰/۹	۱۰۹	۱/۶	۴۲/۴	۱۵۵/۲
۱۳۹۲	۱۰۹/۹	۱	۱۳۵	۱۶۲/۶	۱۲۵/۸	۲	۴۸/۹	۱۷۹/۱

جدول ۹- هزینه‌های احداث هر عملیات یا سامانه قابل اجرا در هر زیرحوضه (اعداد بر حسب میلیون ریال)

زیرحوضه	عملیات یا سامانه					
	بندخاکی	سطوح عایق	ایجاد چاله در مسیر آبراهه	کتورفارو	پیتینگ	ایجاد برکه مصنوعی با کیسه‌گونی و...
۱	۲۷۸۲/۱	۴۳۱/۳۲۵	۵۵۰/۲۷۳	۲۰/۰۴۷	۳۸۱/۵۱	۷۸۶/۱۰۵
۲	-	-	۱۷/۰۱	۸/۰۱۹	۵/۷۷۱	۲۴/۳۰
۳	۲۹۵۴/۱	۱۳۰۶/۱۲۵	۵۸۴/۲۹۳	۵۱/۰۳	۳۸۶/۶۷۳	۸۳۴/۷۰۵
۴	۳۷۹۶/۹	۲۶۷۳	۷۵۰/۹۹۱	۶۰/۱۴۲	۴۹۷/۵۴۲	۱۰۷۲/۸۴۵
۵	۱۹۴۳/۶	۱۳۵۴/۷۲۵	۳۸۴/۴۲۶	۱۴/۳۶۱	۲۷۱/۷۳۵	۵۴۹/۱۸۰
۶	-	-	۱۱/۰۵۶	۱۱/۰۸۰	۵/۱۰۳	۱۵/۷۹۵
۷	۲۱۳۲/۸	۱۳۳/۶۵۰	۴۲۱/۸۴۸	۸۱/۹۴۰	۲۴۳/۴۸۶	۶۰۲/۶۴۰
۸	۲۳۳۴/۹	۳۳۴/۱۲۵	۴۶۱/۸۲۱	۳۷/۳۲۵	۳۱۱/۶۴۷	۶۵۹/۷۴۵

جدول ۱۰- نتایج نهایی نسبت منفعت به هزینه و ارزش فعلی درآمدها برای هر عملیات یا سامانه قابل اجرا در هر

زیرحوضه با نرخ بهره هفت درصد (اعداد بر حسب میلیون ریال)

	زیرحوضه					
	بندخاکی	سطوح عایق	کتورفارو	پیتینگ	ایجاد چاله...	ایجاد برکه...
۱	۳۷۸۹/۸	۴۶/۶	۱۷/۵	۱۸۵	۴۱۲	۴۱۲/۱
	۲۷۸۲/۱	۴۳۱/۳	۲۰/۱	۳۸۱/۵	۵۵۰/۳	۷۸۶/۱
	۱/۳۶	۰/۱۱	۰/۸۷	۰/۴۸	۰/۷۵	۰/۵۲
۲	-	-	۴/۴	۱/۸	۸	۸
	-	-	۸/۰۲	۵/۸	۱۷/۰۱	۲۴/۳۰
	-	-	۰/۵۵	۰/۳۱	۰/۴۷	۰/۳۳
۳	۴۹۶۶/۷	۳۴۴/۵	۵۴	۲۲۷/۶	۵۳۰/۳	۵۳۰/۳
	۲۹۵۴/۱	۱۳۰۶/۱	۵۱/۰۳	۳۸۶/۷	۵۸۴/۳	۸۳۴/۷۰
	۱/۶۸	۰/۲۶	۱/۰۶	۰/۵۹	۰/۹۱	۰/۶۴
۴	۶۰۳۹/۱	۸۰۱/۳	۵۹/۶	۲۷۳/۷	۶۳۸	۶۳۸
	۳۷۹۶/۹	۲۶۷۳	۶۰/۱۴	۴۹۷/۵	۷۵۰/۹۹	۱۰۷۲/۸۵
	۱/۵۹	۰/۳۰	۰/۹۹	۰/۵۵	۰/۸۵	۰/۵۹
۵	۴۲۹۳/۹	۳۷۲/۹	۲۰/۲	۲۱۱/۸	۴۶۲/۷	۴۶۲/۷
	۱۹۴۳/۶	۱۳۵۴/۷	۱۴/۴	۲۷۱/۷	۳۸۴/۴	۵۴۹/۲
	۲/۲۱	۰/۲۸	۱/۴	۰/۷۸	۱/۲۰	۰/۸۴
۶	-	-	۱۲/۵	۳/۲	۱۰/۷	۱۰/۷
	-	-	۱۱/۰۸	۵/۱	۱۱/۰۶	۱۵/۸
	-	-	۱/۱۳	۰/۶۳	۰/۹۷	۰/۶۸
۷	۱۸۸۱/۱	-۵۸/۹	۴۹/۹	۸۲/۴	۲۲۰/۴	۲۲۰/۴
	۲۱۳۲/۸	۱۳۳/۶۵۰	۸۱/۹۴۰	۲۴۳/۴۹	۴۲۱/۸۵	۶۰۲/۶۴
	۰/۸۸	-۰/۴۴	۰/۶۱	۰/۳۴	۰/۵۲	۰/۳۷
۸	۶۵۵۶/۳	۳۷/۲	۶۵	۳۰۱/۵	۶۸۹/۹	۶۸۹/۹
	۲۳۳۴/۹	۳۳۴/۱۳	۳۷/۳	۳۱۱/۶۵	۴۶۱/۸	۶۵۹/۷۸
	۲/۸۱	۰/۱۱	۱/۷۴	۰/۹۷	۱/۴۹	۱/۰۵

جدول ۱۱- عملیات‌های قابل اجرا از لحاظ اقتصادی

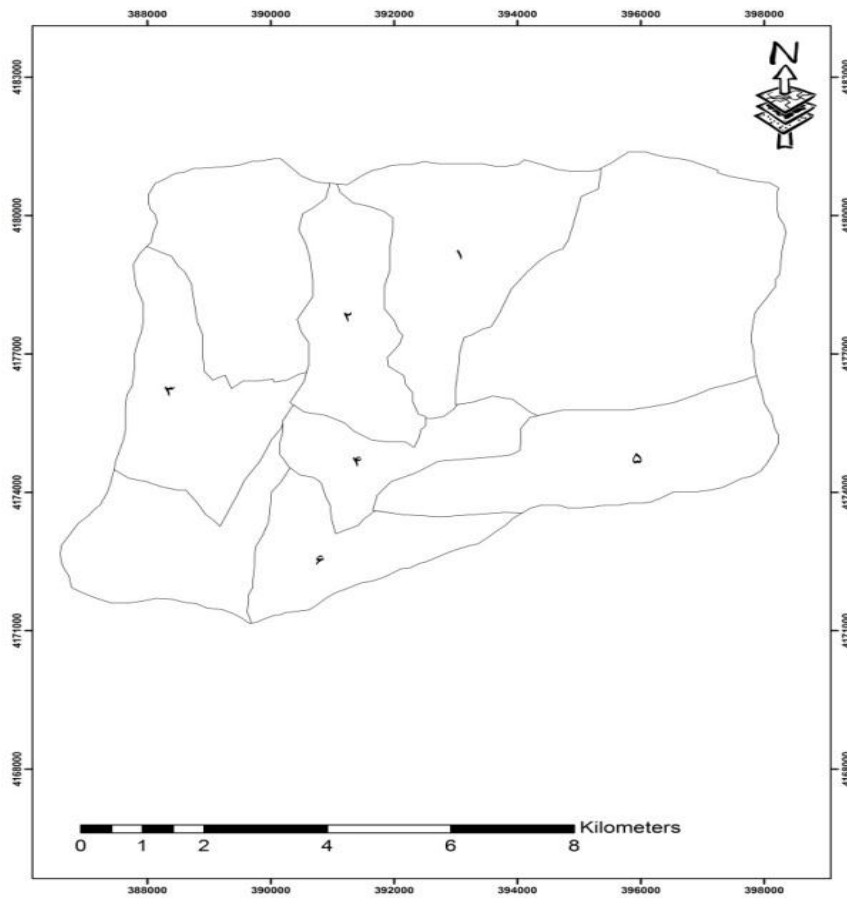
عملیات	زیرحوضه
بند خاکی	۱
-	۲
بند خاکی و کنتورفارو	۳
بند خاکی	۴
بندخاکی، کنتورفارو و ایجاد چاله با کیسه گونی و موانع مشابه	۵
کنتورفارو	۶
-	۷
بندخاکی، کنتورفارو، ایجاد چاله با کیسه گونی و موانع مشابه و ایجاد برکه مصنوعی	۸

جدول ۱۲- اولویت‌بندی عملیات یا سامانه‌ها در هر زیرحوضه بر اساس ارزیابی اقتصادی

زیرحوضه	بند خاکی	سطوح عایق	کنتورفارو	پیتینگ	ایجاد برکه مصنوعی...	ایجاد چاله...
۱	اولویت ۱	-	-	-	-	-
۲	-	-	-	-	-	-
۳	اولویت ۲	-	اولویت ۱	-	-	-
۴	اولویت ۱	-	-	-	-	-
۵	اولویت ۱	-	اولویت ۳	-	-	اولویت ۲
۶	-	-	اولویت ۱	-	-	-
۷	-	-	-	-	-	-
۸	اولویت ۱	-	اولویت ۴	-	اولویت ۳	اولویت ۲
۹	-	-	-	-	-	-

جدول ۱۳- زیرحوضه‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها بر اساس ارزیابی اقتصادی

اولویت	زیرحوضه
۵	۱
-	۲
۲	۳
۱	۴
۴	۵
۶	۶
-	۷
۳	۸
-	۹



شکل ۲- اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس ارزیابی اقتصادی

جدول ۱۴- جریان پولی درآمدها با نرخ تورم ۱۵/۳۴، هزینه احداث، ارزش فعلی درآمدها با نرخ بهره هفت درصد و نرخ منفعت به هزینه سامانه پشت‌بام (اعداد بر حسب میلیون ریال)

سال	درآمد	هزینه	ارزش فعلی درآمد در سال ۹۰	نرخ منفعت به هزینه
۱۳۹۰	-	۴۵۵۶/۲۵	۲۳۱۵/۸	۰/۵۱
۱۳۹۱	۱۷۲/۷			
۱۳۹۲	۱۹۹/۲			
۱۳۹۳	۲۲۹/۸			
۱۳۹۴	۲۶۵			
۱۳۹۵	۳۰۵/۷			
۱۳۹۶	۳۵۲/۶			
۱۳۹۷	۴۰۶/۷			
۱۳۹۸	۴۶۹			
۱۳۹۹	۵۴۱			
۱۴۰۰	۶۲۴			



## بحث و نتیجه‌گیری:

در این پژوهش ابتدا یک سری عملیات یا سامانه‌های پیشنهادی انتخاب شدند. با ارزیابی اجتماعی، این عملیات یا سامانه‌های جمع‌آوری رواناب برای کل حوضه اولویت‌بندی شدند که بندهای خاکی در اولویت اول قرار گرفتند. بهره‌برداران، انبار آب را به نفوذ آب و تغذیه آب‌های زیرزمینی ترجیح می‌دهند. از آب جمع‌آوری برای کشاورزی و شرب دام استفاده می‌کنند که این با شغل بهره‌برداران منطقه مطابقت دارد. سپس، با توجه به شرایط و ویژگی‌های هر عملیات یا سامانه و شرایط هر زیرحوضه، عملیات یا سامانه‌های جمع‌آوری رواناب قابل اجرا در هر زیرحوضه انتخاب شدند، که با نتایج چنگ و لیائو<sup>۱</sup> (۲۰۰۹)، مطابقت دارد.

برای ارزیابی، ابتدا درآمد سال ۱۳۹۱ عملیات یا سامانه‌ها محاسبه شد. با توجه به نرخ تورم و عمر مفید هر عملیات یا سامانه، درآمد کل هر عملیات یا سامانه قابل اجرا در هر زیرحوضه به دست آمد. سپس، درآمد سالیانه سامانه قابل اجرا در هر زیرحوضه با نرخ بهره ۷ درصد و با روش NPV محاسبه شد. همچنین، ارزش فعلی درآمدهای هر عملیات یا سامانه قابل اجرا در هر زیرحوضه برای سال ۱۳۹۰ نیز محاسبه شد. با توجه به هزینه احداث هر عملیات یا سامانه قابل اجرا در هر زیرحوضه در سال ۱۳۹۰، نسبت منفعت به هزینه هر کدام از عملیات یا سامانه‌های قابل اجرا در هر زیرحوضه محاسبه شد. نتایج به دست آمده نشان داد که نسبت منفعت به هزینه برای سامانه سطوح

عایق و عملیات پیتینگ در تمام زیرحوضه کمتر از یک بوده که این نشان دهنده غیر اقتصادی بودن اجرای این سامانه در منطقه مورد مطالعه است. بنابراین، می‌توان استنباط کرد با توجه به پایین بودن متوسط بارندگی سالیانه و هزینه بالایی احداث این سامانه، اجرای آن در این منطقه از لحاظ اقتصادی قابل توجیه نیست، که با نتایج افتخاری (۱۳۹۰)، مطابقت دارد.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اجرای برخی از عملیات یا سامانه‌های قابل اجرا در هر زیرحوضه، اقتصادی است. بنابراین، می‌توان استنباط کرد که عملیات یا سامانه‌هایی قابل اجرا هستند که هزینه استقرار کمتری دارند، که این نتایج با نتایج افتخاری (۱۳۹۰) مطابقت دارد. در کل می‌توان نتیجه گرفت که میزان بارش، نحوه مصرف آب، کاربری، شرایط توپوگرافی و ویژگی‌های فیزیکی منطقه و همچنین، شرایط اقتصادی و اجتماعی منطقه، در ارزیابی مکانی جمع‌آوری رواناب و در تعیین نوع سیستم مناسب با منطقه، برای جمع‌آوری رواناب موثر است. این امر می‌تواند باعث بهبود مدیریت منابع آب در سطح آبخیز شود که با نتایج طباطبایی (۱۳۸۸)، افتخاری (۱۳۹۰)، نودلی<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) و سکار و راندیر<sup>۳</sup> (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

در این پژوهش، جمع‌آوری آب باران از روی پشت‌بام‌ها در منطقه مورد مطالعه ارزیابی اقتصادی شد. جمع‌آوری آب باران از روی پشت‌بام‌ها سبب مدیریت بهینه منابع آب در منطقه مورد مطالعه

<sup>۲</sup> - Nodle

<sup>۳</sup> - Sekar. and Radhir

<sup>۱</sup> - Cheng and Liao

شناخت تاثیر آن‌ها در وضعیت پوشش گیاهی، گزارش طرح تحقیقاتی در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.

۷- دستورانی م. ۱۳۸۷. ارزیابی روشهای نوین و پایدار در تامین آب برای توسعه فضای سبز. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری. یزد. صفحه ۲۶۰ تا ۲۷۱.

۸- سپاسخواه ع. ۱۳۷۱. بررسی عوامل هیدرولوژیکی در استحصال آب باران. مجموع مقالات سمینار بررسی مسایل مناطق بیابانی ایران. یزد. ص ۱۸.

۹- طباطبایی یزدی، ج. ۱۳۸۶. تحلیل اقتصادی روش‌های استحصال آب باران برای استفاده در کشاورزی. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. مشهد. ص ۶۱۲-۶۲۵.

۱۰- طباطبایی یزدی ج. ۱۳۸۸. استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی گندم دیم در منطقه مشهد. نشریه آب و خاک. جلد ۲۴. شماره ۲. ص ۲۰۷-۱۹۸.

- 11- Albertr A. 2002. food Rnd Rural development Small earth fill dams. agdex 716 (A20).
- 12- Chag X J. farmland rainwater catchment Technique's in china, the 8<sup>th</sup> international conference on rainwater catchment system.
- 13- Cheng C L. Liao M C. 2009. Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in Northern Taiwan. Resources. Conservation and Recycling 53. Pp: 421-428.
- 14- Evenari M. Shanan L. and Tadmor N. 1982. The Negev,- The Challenge of a Desert. 2nd Edition. Harvard 1982 Univ. Press, Cambridge, Mass. Nodle Kh. 2003. Rainwater Harvesting Systems-Part 1: Planning, Installation, Operation and Maintenance. German Institute for Standardisation. Berlin. Vol: 5. Pp: 115.

می‌شود. نتایج نشان داد که جمع‌آوری آب باران از پشت‌بام‌ها از نظر اقتصادی غیر قابل توجیه است، اما با توجه به نبود منابع آبی دیگر و همچنین، تاثیر آن در کاهش رواناب ایجاد شده و مشکل دفع رواناب در سطح مناطق توسعه‌یافته، از لحاظ اقتصادی می‌تواند قابل توجیه باشد که با نتایج افتخاری (۱۳۹۰)، مطابقت دارد.

### منابع

- ۱- اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، ایران. ۱۳۸۲. مطالعات تلفیقی آبخیز آق‌امام.
- ۲- اسکونژاد م. ۱۳۸۴. اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصاد پروژه‌های صنعتی. چاپ ۲۱. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر. تهران. ص ۴۱۸.
- ۳- افتخاری س. ۱۳۹۰. ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب باران در سیستم آبخیز در مناطق خشک (مطالعه موردی: آبخیز گلبهار استان خراسان رضوی). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۱۱ ص.
- ۴- جولایی ر. ۱۳۸۹. ارزیابی اقتصادی طرح‌ها و پروژه‌ها. جزوه درسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ص ۸۸.
- ۵- جهان تیغ م. ۱۳۷۶. تعیین میزان کارایی متداول‌ترین سیستم‌های ذخیره نزولات آسمانی، گزارش طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- ۶- چاووشی س. ۱۳۷۱. بررسی دو روش ذخیره نزولات آسمانی کنتور فارو و پیتینگ و



- 39-52.
- 17- Tang Ch. 2009. Water Quality Study and Cost- benefit Analysis of Rainwater Harvesting in Kuttanad, India. Submitted in partial fulfillment of the Bachelor of Science Degree with Honors in Environmental Science from the Center of Environmental Studies at Brown University. Vol: 4. Pp: 12- 23.
- 15- Nodle Kh. 2003. Rainwater Harvesting Systems-Part 1: Planning, Installation, Operation and Maintenance. German Institute for Standardization. Berlin. 2002. Vol: 5. Pp: 115.
- 16- Sekar I. Radhir I O. 2007. Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems. Journal of Hydrology 334. Pp:

