

## تعیین الگوی بهینه کشت در سیستم آبیاری قطره‌ای با استفاده از بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی در شهرستان ارزوئیه

رسول اسدی<sup>۱\*</sup> و نجمه یزدان‌پناه<sup>۲</sup>

### چکیده

از مشکلات اساسی کشاورزی در کشورهای در حال توسعه، عدم بهره‌وری مطلوب به دلیل تخصیص نامناسب منابع تولید است. برای انتخاب مناسب‌ترین محصول زراعی جهت کشت، طی دو سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ تحقیقی در ۴ مزرعه در شهرستان ارزوئیه انجام شد. برای تعیین بهره‌وری آب کاربردی، داده‌های لازم برای محصولات عمده منطقه (پنبه، گندم، چغندر قند و ذرت دانه‌ای) جمع‌آوری شد و سپس مقدار بهره‌وری آب کاربردی برای هر کدام از محصولات، در تمام مزارع محاسبه گردید و با انجام محاسبات اقتصادی، درآمد خالص و بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی به ازای هر واحد از حجم آب تعیین شد. نتایج به دست آمده در طول دو سال تحقیق، نشان داد که حداکثر و حداقل بهره‌وری آب کاربردی در بین چهار محصول مورد بررسی، به ترتیب در زراعت چغندر قند و پنبه به مقدار ۵/۴۳ و ۰/۱۹ کیلوگرم بر متر مکعب است. بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی نیز برای محصولات گندم، چغندر قند، ذرت دانه‌ای و پنبه در طول دو سال کشت در هر چهار مزرعه بررسی شد و به ترتیب بین ۱۱۹۶-۲۵۰۶، ۱۷۲۵-۳۲۹۴، ۲۶۹۴-۴۶۳۵ و ۱۷۳۴-۲۷۴۷ ریال بر متر مکعب متغیر است. با استفاده از مقادیر بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی، اولویت کشت محصولات مختلف در مزارع ۱ تا ۴، اولین انتخاب ذرت دانه‌ای و در تمامی مزارع آخرین انتخاب گندم تعین می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری قطره‌ای، ارزوئیه، الگوی کشت، بهره‌وری آب کاربردی، بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی.

ارجاع: اسدی ر. و یزدان‌پناه ن. ۱۳۹۱. تعیین الگوی بهینه کشت در سیستم آبیاری قطره‌ای با استفاده از بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی در شهرستان ارزوئیه. مجله پژوهش آب ایران. ۶(۱۱):۵۵-۶۳.

۱- مدرس گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران.

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان.

\* نویسنده مسئول: [rakh\\_802@yahoo.com](mailto:rakh_802@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۲۸

## مقدمه

از محدودیت‌های اقتصادی و اجتماعی در راستای تولید پایدار محصولات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب، به خصوص آب با کیفیت خوب است (عبدالهی عزت‌آبادی و جوانشاه، ۱۳۸۶). با توجه به اینکه کشور ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد از این قاعده مستثنی نیست. از اینرو، افزایش هزینه استحصال آب از منابع موجود از یک طرف و افزایش تقاضا برای بالا بردن سطح زیر کشت از سوی دیگر، استفاده صحیح و بهینه از منابع آب را امری واجب و ضروری می‌نماید (میرزایی خلیل‌آبادی و چیذری، ۱۳۸۳).

استان کرمان با متوسط بارندگی ۱۴۵ و تبخیر ۱۷۰۰ میلی‌متر سالیانه، از نظر منابع آبی محدودیت شدیدی دارد (اسدی و همکاران، ۱۳۸۹). سطح زیر کشت محصولات زراعی استان بالغ بر ۱۸۵۰۷۰ هکتار و با تولیدی بالغ بر ۱/۳۵ میلیون تن است. به علاوه، بیش از ۳۵ رقم انواع محصولات زراعی در این استان تولید می‌شود (بی‌نام، ۱۳۸۸). لذا بهره‌وری بهینه از آب و افزایش میزان تولید به ازای واحد آب مصرفی (بهره‌وری آب کاربردی)، در این استان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

سطح زیر کشت چغندر قند در منطقه ارزوئیه استان کرمان در سال ۱۳۸۸، ۱۰۱۰۰ هکتار با متوسط عملکرد ۲۵ تن در هکتار بوده است (بی‌نام، ۱۳۸۸). چغندر قند جزء گیاهان با نیاز آبی بالا است و به همین دلیل در مناطقی که از نظر آبی محدود هستند توسعه آن با مشکل مواجه می‌شود (فرزام‌نیا و زارعی، ۱۳۸۷).

از جمله مطالعات صورت گرفته در خصوص افزایش بهره‌وری آب کاربردی محصولات زراعی می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد. نتایج مطالعات حیدری و حقائقی (۱۳۸۱) نشان داد که مدیریت آبیاری تأثیر به‌سزایی در افزایش کارایی مصرف آب در روش‌های آبیاری سطحی دارد و قسمت عمده مسایل و مشکلات بازدهی آبیاری و کارایی مصرف آب در کشور مربوط به مسایل مدیریت آبیاری است.

ذرت از مهمترین محصولات کشاورزی است که علاوه بر تأمین مواد غذایی و فرآورده‌های دامی، در اشتغال‌زایی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نقش مهمی ایفا می‌کند (صابری و همکاران، ۱۳۸۵). کشت این گیاه به علت قدمت و قدرت انطباق و سازگاری زیاد با اقلیم‌های مختلف در تمام دنیا گسترده شده است (امیری و

همکاران، ۱۳۸۸). به دلیل حساس بودن گیاه ذرت به کم آبی (کاکیر، ۲۰۰۴)، یکی از مهمترین مشکلات کشاورزان در مناطق خشک و نیمه‌خشک فراهم ساختن شرایط مطلوب خصوصاً تأمین آب کافی در طول دوره رشد ذرت است و با توجه به کاهش منابع آب موجود و افزایش بهای آن، امروزه کشاورزان به استفاده از سیستم‌های آبیاری با راندمان بالا برای آبیاری گیاهان زراعی تمایل دارند.

کانگ و همکاران (۲۰۰۰)، در تحقیقی روی گیاه ذرت در منطقه‌ای نیمه‌خشک در شمال غربی چین نشان دادند که کمبود آب خاک در مرحله جوانه‌زنی اثر معنی‌داری روی عملکرد دانه نهایی نداشت، اما گیاهانی که در این مرحله تحت خشکی قرار گرفته بودند در مرحله کشیدگی ساقه سازش بهتری به کمبود آب در خاک پیدا کردند. کالون و همکاران (۲۰۰۷)، به بررسی اقتصادی رشد برنج و گندم با آبیاری بارانی در پاکستان پرداختند. همچنین برای مقایسه روش‌های مختلف آبیاری، از روش آبیاری کرتی با همان شرایط کشت نیز استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد برنج در آبیاری بارانی ۱۸ درصد افزایش یافت، در حالی که مصرف آب، ۳۵ درصد از آنچه که در آبیاری رایج استفاده می‌شد، کمتر بود. کارایی مصرف آب گندم در آبیاری بارانی، ۰/۸۷ کیلوگرم بر متر مکعب آب در مقایسه با ۰/۲۶ کیلوگرم بر متر مکعب آب در آبیاری کرتی به دست آمد. آنالیزهای اقتصادی به روش منفعت-هزینه نشان داد که انتخاب آبیاری بارانی تفنگی (گان) برای برنج و گندم دارای ارزش مالی مناسبی برای کشاورزان است.

نتایج تحقیقات ویناکر و همکاران (۲۰۰۸)، روی دو روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری بارانی نشان دادند که در روش آبیاری نواری زیرسطحی مقدار عملکرد پنبه ۸ درصد و کارایی مصرف آب ۱۵ درصد، بیشتر از آبیاری بارانی بوده است، اما مقایسه این دو روش آبیاری بر کیفیت الیاف پنبه معنی‌دار نبود. ستین و بیلگت (۲۰۰۲)، با مطالعه تأثیر سه روش آبیاری قطره‌ای، شیاری و بارانی در قسمتی از جنوب شرقی آنتالیا در ترکیه گزارش کردند که عملکرد پنبه در سه روش یاد شده به ترتیب ۴۳۸۰، ۳۶۳۰ و ۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار بوده که در کل، تولید محصول به روش قطره‌ای، ۲۱ درصد بیشتر از روش شیاری و ۳۰ درصد بیشتر از روش بارانی بوده است. کارایی مصرف آب برابر با ۰/۲۸، ۰/۲۲ و ۰/۱۹ کیلوگرم بر

هزینه تأمین هر متر مکعب آب در شبکه‌ها بین ۱۵ تا ۵۴ ریال تعیین شد. چیدری و میرزایی (۱۳۷۸) در تحقیقی در شهرستان رفسنجان با استفاده از روش‌های اقتصادی مهندسی که در زمینه قیمت‌گذاری و تقاضای آب کشاورزی انجام داده است، قیمت تمام شده آب را از طریق هزینه استخراج و انتقال آب در سه نرخ بهره ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد به ترتیب برابر با ۴۸، ۷۵ و ۸۵ ریال در هر متر مکعب به دست آورده است. مرودشتی و فرجود (۱۳۸۶) با انجام مطالعه‌ای نتیجه گرفتند که قیمت تأمین هر متر مکعب آب از چاه با توجه به نرخ‌های بهره ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی قابل محاسبه است و این نرخ را برای استان فارس به ترتیب معادل ۳۷/۶، ۵۰/۲ و ۶۳/۳ ریال در هر متر مکعب به دست آوردند. شهوالی و ترکمنی (۱۳۸۴)، تحقیقی را برای تعیین مدل بهینه فعالیت‌های زراعی با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی برای محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای، چغندر قند و گوجه فرنگی با در نظر گرفتن محدودیت آب در فصول مختلف در منطقه مرودشت ارائه دادند. نتایج حاصل از این تحقیق کاهش سطح زیر کشت محصولاتی نظیر گوجه‌فرنگی که نیاز فراوان به آب دارند را توصیه کرد. با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان گفت، تحقیقات زیادی برای محاسبه بهره‌وری آب کاربردی محصولاتی مانند پنبه، گندم، جو، ذرت دانه‌ای، چغندر قند و یونجه در سراسر دنیا صورت گرفته است، اما موضوع مهم‌تر از بهره‌وری آب، بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در گیاهان زراعی است. از دیدگاه اقتصادی، تنها افزایش بهره‌وری آب، کافی نیست بلکه محصول تولید شده (با بهره‌وری آب بالا) باید ارزش اقتصادی یا درآمد بیشتری را نصیب کشاورز کند. بهره‌وری اقتصادی آب عبارت است از، بهای محصول تولید شده به ازای یک واحد آب مصرف شده که می‌توان آن را برحسب ریال بر متر مکعب بیان کرد (سپهوند، ۱۳۸۸). در ارتباط با ارزیابی اقتصادی مصرف آب در کشاورزی، بررسی چندانی در کشور صورت نگرفته است و لازم است در کشوری مثل ایران که در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، بهره‌وری اقتصادی آب مورد توجه قرار گیرد. با توجه به گسترش سیستم‌های آبیاری قطره‌ای برای آبیاری مزارع در شهرستان ارزوئیه و همچنین عدم وجود اطلاعات کافی در مورد بهره‌وری آب کاربردی محصولات مختلف زراعی منطقه، تحقیق حاضر با هدف تعیین مقدار بهره‌وری آب کاربردی محصولات کشاورزی،

متر مکعب در هکتار به ترتیب برای سه روش آبیاری گزارش شد. همچنین میزان ریزش غوزه‌ها نیز از الگوی فوق پیروی می‌کرد.

از جمله ابزارهای مؤثر در تحقق افزایش میزان تولید اقتصادی به ازای واحد آب مصرفی، قیمت‌گذاری و دریافت آب بهاء است. در قیمت‌گذاری آب سه هدف کارآیی اقتصادی، توزیع درآمد و حفظ منابع آب برای آیندگان دنبال می‌شود (سپهوند، ۱۳۸۸). بر اساس قانون مصوب مجلس شورای اسلامی در شهریور ۱۳۶۹، متوسط آب بهاء در کانال‌های سنتی، شبکه‌های پیشرفته آبیاری و شبکه‌های تلفیقی به ترتیب ۱، ۳ و ۲ درصد محصول برداشتی است (عبدالهی عزت‌آبادی و جوانشاه، ۱۳۸۶).

دفتر آمار و برنامه ریزی وزارت جهاد کشاورزی نیز هر ساله با تهیه و تکمیل پرسش‌نامه‌هایی از طریق کشاورزان اقدام به تهیه فهرستی از محصولات کشاورزی و هزینه‌های نهاده‌ها از جمله آب، می‌کند (بی‌نام، ۱۳۸۷).

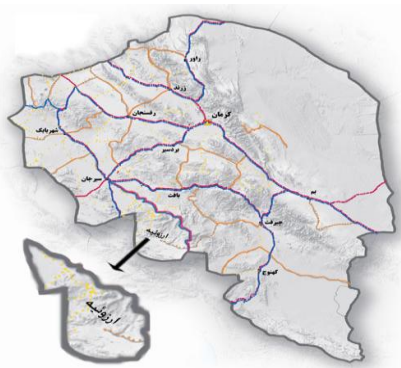
تحلیل ارزش آب در تولید محصولات کشاورزی همواره مورد توجه بوده است. البته چالش بزرگ در حال حاضر برآورد ارزش منسوب به آب در میان سایر نهاده‌های مورد استفاده در تولید کشاورزی است. یکی از روش‌های تعیین قیمت آب برآورد هزینه تأمین و توزیع آن است که شامل هزینه‌های سرمایه‌ای و اجرایی می‌باشد (شمس‌الدینی و همکاران، ۱۳۸۹). در این راستا مطالعاتی انجام شده است که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

در بسیاری از بررسی‌ها، اهمیت شکل تابع تولید در ارزش‌گذاری تأکید شده است. به عنوان نمونه، حسین‌زاده و سلامی (۱۳۸۳) ارزش هر متر مکعب آب بر اساس تابع تولید برای محصول گندم را در منطقه مراغه برابر ۳۹۰ ریال برآورد کردند. همچنین، خلیلیان و زارع مهرجردی (۱۳۸۴) با استفاده از تابع تولید ارزش، هر متر مکعب آب برای تولید گندم در شهرستان کرمان را برابر ۲۷۸/۳۴ ریال تخمین زدند. این در حالی است که تهامی‌پور و همکاران (۱۳۸۴) ارزش هر واحد آب در سال ۱۳۸۳ برای تولید پسته زرد کرمان را برابر ۷۱۹/۸۶ ریال تعیین کردند.

مطالعه منصوری و قیاسی (۱۳۸۱) شکاف میان قیمت دریافتی از کشاورزان و هزینه تأمین آب را به خوبی نشان می‌دهد. در این مطالعه، متوسط قیمت دریافتی از آب کشاورزی در شبکه‌های مدرن ۱/۴ ریال و حداکثر آن ۳/۷ ریال و متوسط آن، معادل ۳ ریال برآورد شد، در حالی که

با مدیریت‌های متفاوت انتخاب شد. سپس اطلاعات کلی مزارع شامل کیفیت آب آبیاری، اطلاعات خاکشناسی منطقه، مشخصات کامل سیستم آبیاری و مدیریت زراعی، میزان عملکرد و قیمت فروش محصول جمع‌آوری شد.

جدول ۲، برخی از خصوصیات شیمیایی آب مصرفی در مزارع را نشان می‌دهد. بر این اساس کیفیت آب در مزارع ۱، ۲ و ۳ در حد مطلوب بوده ولی کیفیت آب مزرعه ۴، اسیدی است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه نسبت به استان

بازده ریالی مصرف آب یا درآمد خالص به ازای هر واحد حجم آب (NBPD)<sup>۱</sup>، بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی و تعیین الگوی کشت مناسب منطقه بر اساس بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی، انجام شد.

### مواد و روش‌ها

منطقه ارزوئیه در ۲۷۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان و در محدوده جغرافیایی  $28^{\circ} 19'$  تا  $28^{\circ} 38'$  عرض شمالی و  $57^{\circ} 7'$  تا  $59^{\circ} 32'$  طول شرقی با ارتفاع ۱۰۴۴ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱).

قیمت تمام شده آب، شامل هزینه پمپاژ و انتقال هر متر اقلیم منطقه، نیمه‌بایانی و جزء نواحی گرم محسوب می‌شود و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۳۰ میلی‌متر در سال است (بختیاری، ۱۳۸۳).

برای اجرای این تحقیق، ۴ مزرعه (جدول ۱) با سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در مناطق مختلف شهرستان ارزوئیه و

جدول ۱- مشخصات عمومی مزارع مورد بررسی

مزرعه	نام منطقه	موقعیت نسبت به شهرستان ارزوئیه	کشت‌های غالب	نوع مدیریت
۱	سلطان آباد	۱۵ کیلومتری جنوب غربی	پنبه، چغندرقد، گندم، سیب‌زمینی، ذرت و نخود	خرده مالک
۲	دولت آباد	۲۵ کیلومتری شرق	یونجه، چغندرقد، گندم، پنبه و ذرت	عمده مالک
۳	وکیل آباد	۲۵ کیلومتری غرب	یونجه، گندم، چغندرقد، سیب‌زمینی، ذرت و پنبه	عمده مالک
۴	محمد آباد	حاشیه شهرستان	پنبه، چغندرقد، ذرت، گندم، سیب‌زمینی و نخود	خرده مالک

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی آب مزارع مورد مطالعه

pH	EC (dS/m)	آنیون‌ها (meq/L)			کاتیون‌ها (meq/L)					مزرعه
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	
۷/۱	۲/۴	۵/۲	۵۷/۲	۴۱	۲۱/۴	۱۳/۴	۶۹	۰/۰۷۸	۰/۰۱۴	۱
۷/۷	۳/۲	۴/۹	۵۱/۶	۴۸	۲۲/۲	۱۴/۱	۷۳	۰/۰۹۱	۰/۰۱۹	۲
۷/۳	۲/۶	۴/۶	۴۹/۸	۳۹	۲۱/۶	۱۳/۵	۶۲	۰/۰۷۹	۰/۰۱۶	۳
۵/۳	۴/۱	۲/۴	۴۳/۴	۲۵	۱۸/۲	۱۱/۲	۵۶	۰/۰۵۸	۰/۰۱۱	۴

قیمت تمام شده آب، شامل هزینه پمپاژ و انتقال هر متر مکعب آب تا سر مزرعه است. هزینه‌های استخراج آب به دو دسته تقسیم می‌شود:

- ۱- هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل حفر چاه، تجهیزات، خرید و نصب موتور پمپ و وسایل لازم.
- ۲- هزینه‌های بهره‌برداری شامل نگهداری و مدیریت، سوخت، تعمیرات و غیره.

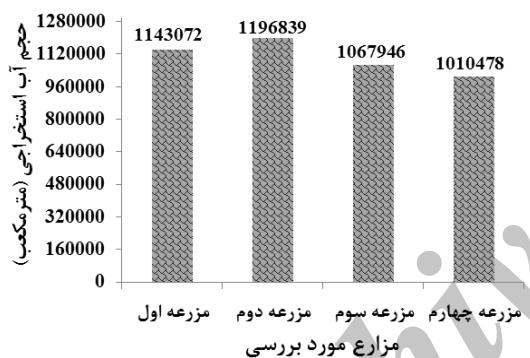
برای گردآوری مدت زمان و تاریخ آبیاری فرم‌هایی تهیه و در اختیار کشاورزان قرار گرفت. همچنین برای اندازه‌گیری دبی آب ورودی به مزرعه از کنتورهای حجمی استفاده شد. قیمت هر محصول نیز به تفکیک مزارع و بر اساس قیمت فروش توسط کشاورز به دست آمد که بسته به زمان فروش و کیفیت آن‌ها در مزارع مختلف، متفاوت بود.

1- Net Benefit Per Drop

طور که در جدول ۴ مشخص است، بیشترین قیمت تمام شده آب در مناطق مورد بررسی، ۳۹۸/۱ ریال است که متعلق به مزرعه شماره ۴ است. در این مزرعه به دلیل کیفیت نامطلوب آب، هزینه نگهداری از سیستم آبیاری نسبت به سایر مزارع بیشتر است. همچنین اداره شدن این مزرعه توسط خرده مالک، از دیگر دلایل بالا بودن قیمت تمام شده آب در این مزرعه می‌باشد.

جدول ۳- کل هزینه سالیانه یکنواخت استخراج و انتقال آب (ریال) در سال ۸۸-۱۳۸۷

مزرعه	نرخ بهره		
	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
۱	۱۰۹۷۳۴۹۳۹	۱۷۴۱۷۰۵۱۳	۲۶۵۸۰۵۶۴۴
۲	۱۷۹۰۰۰۷۶۶	۲۲۷۸۱۵۴۱۹	۲۹۵۹۹۰۶۳۸
۳	۱۱۷۸۰۴۴۸۰	۲۱۳۲۹۹۶۹۸	۲۶۸۹۰۵۰۸۱
۴	۲۲۰۱۷۸۱۸۸	۴۰۲۲۵۷۴۸۷	۷۳۷۱۱۱۸۸۸



شکل ۲- متوسط حجم آب استخراجی از هر حلقه چاه در سال

جدول ۴- قیمت تمام شده هر متر مکعب آب (ریال)

مزرعه	نرخ بهره		
	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۰
۱	۹۵/۹	۱۵۲/۴	۱۳۲/۵
۲	۱۴۹/۶	۱۹۰/۳	۲۴۷/۳
۳	۱۱۰/۳	۱۹۹/۷	۲۵۱/۸
۴	۲۱۷/۹	۳۹۸/۱	۷۲۹/۵

برای محاسبه درآمد خالص و بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی در محصولات پنبه، گندم، چغندر قند و ذرت دانه‌ای (جدول‌های ۵ تا ۸)، قیمت تمام شده هر متر مکعب آب با توجه به نرخ بهره ۱۵ درصد (نرخ بهره رایج بانکها) در نظر گرفته شده است (چیدری و میرزایی خلیل‌آبادی، ۱۳۷۸).

هزینه‌های شبکه انتقال آب شامل لوله‌کشی، ساخت کانال آبرسان و سایر تجهیزات آبیاری تحت فشار از محل موتور پمپ تا سر مزرعه مورد نظر است که با استفاده از پرسش‌نامه‌های وزارت نیرو این هزینه‌ها به طور متوسط برای ۴ مزرعه محاسبه شد. همچنین برای تبدیل این هزینه‌ها به سال پایه (۱۳۸۸) و تبدیل به هزینه سالیانه یکنواخت از رابطه ۱ استفاده شد (سلطانی، ۱۳۷۲):

$$EUAC = P \left( \frac{A}{P}, \%i, n \right) - SV \left( \frac{A}{F}, \%i, n \right) \quad (1)$$

که در آن،  $EUAC$  هزینه سالیانه یکنواخت (ریال)،  $P$  مقدار سرمایه‌گذاری (ریال)،  $(A/P, \%i, n)$  فاکتور تبدیل هزینه سالیانه یکنواخت،  $i$  نرخ بهره،  $n$  عمر مفید سیستم،  $SV$  ارزش اسقاطی سیستم و  $(A/F, \%i, n)$  فاکتور تبدیل ارزش آینده به اقساط یکنواخت است. در این محاسبات عمر مفید موتور پمپ، چاه و تجهیزات آن ۱۰ سال و عمر مفید شبکه انتقال آب ۲۰ سال در نظر گرفته شده است (مرودشتی و فرجود، ۱۳۸۶).

در این تحقیق، بهره‌وری آب کاربردی، بازده ریالی مصرف آب یا درآمد خالص به ازای هر واحد حجم آب و بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی به ترتیب با استفاده از روابط ۲، ۳ و ۴ محاسبه شد:

$$WUE = \frac{Y}{WU} \quad (2)$$

$$NPBD = (Y \times P_c) - C \quad (3)$$

$$WP_c = \frac{NPBD}{WU} \quad (4)$$

که در آن،  $WUE$  بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر متر مکعب)،  $Y$  عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)،  $WU$  کل آب کاربردی (متر مکعب)،  $P_c$  قیمت محصول (ریال بر کیلوگرم)،  $C$  کل هزینه‌های تولید (ریال)،  $NPBD$  درآمد خالص به ازای هر واحد حجم آب (ریال) و  $WP_c$  بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی (ریال بر متر مکعب) است.

## نتایج و بحث

ابتدا با استفاده از معادله ۱ کل هزینه سالیانه یکنواخت، پمپاژ و انتقال آب محاسبه شد (جدول ۳). با توجه به حجم آب پمپاژ شده از هر حلقه چاه (میزان برداشت واقعی بهره‌بردار) در طول سال (شکل ۲) که از پرسش‌نامه‌های وزارت نیرو به دست آمده، قیمت تمام شده هر متر مکعب آب محاسبه می‌شود (جدول ۴). همان

نتیجه رسیدند که آب مورد نیاز پنبه در طول دوره رشد حدود ۶۵۰۰ تا ۸۵۰۰ متر مکعب در هکتار است و در مناطقی که دمای هوا زیاد و خاک منطقه شنی باشد، آب مورد نیاز پنبه به ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار نیز خواهد رسید. در تحقیق حاضر نیز میانگین میزان آب مصرفی در مزارع مورد بررسی در حدود ۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار در کشت پنبه است. همان طور که در جدول ۵ مشخص است بهره‌وری آب کاربردی در این مزارع بین ۰/۱۹ تا ۰/۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است.

هر چند مطالعات متعددی در ارتباط با استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نواری برای کشت پنبه در دنیا انجام شده اما در ایران، تحقیقات چندانی در این زمینه صورت نگرفته است. باسال و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی اثرات دو ساله رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، کارایی مصرف آب و کیفیت الیاف پنبه در دو منطقه شرق و غرب ترکیه با چهار سطح آبیاری پرداختند. این محققان دریافتند که کارایی مصرف آب در این دو منطقه بین ۰/۲ تا ۰/۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب است. برای تعیین نیاز آبی گیاه پنبه توسط لایسیمتر در کاشمر نیز رحیمیان و کاخکی (۱۳۸۶)، به این

جدول ۵- محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی (ریال بر متر مکعب) در زراعت پنبه

بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی	درآمد خالص (ریال)	کل هزینه‌های تولید (ریال)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	قیمت هر متر مکعب آب (ریال)	قیمت محصول* (ریال بر کیلوگرم)	بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر متر مکعب)	مزرعه
۲۳۰۵	۱۸۴۴۰۸۰۰	۱۲۱۹۲۰۰	۲۰۰۰	۱۵۲/۴	۹۸۳۰	۰/۲۵	۱
۱۷۳۴	۱۳۸۷۳۶۰۰	۱۵۵۴۴۰۰	۱۵۲۰	۱۹۴/۳	۱۰۱۵۰	۰/۱۹	۲
۲۵۱۰	۲۰۰۷۶۰۰۰	۱۵۹۷۶۰۰	۲۰۸۰	۱۹۹/۷	۱۰۴۲۰	۰/۲۶	۳
۲۷۴۷	۲۱۹۷۹۲۰۰	۳۱۸۴۸۰۰	۲۱۶۰	۳۹۸/۱	۱۱۶۵۰	۰/۲۷	۴

\* قیمت محصول بر اساس زمان فروش و کیفیت آن در هر مزرعه تعیین شده است.

تا ۱/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب است. و میزان عملکرد از ۹/۳۶ تا ۱۱/۸۵ تن در هکتار متغیر است. در تحقیق حاضر، میانگین میزان آب مصرفی در مزارع مورد بررسی در حدود ۷۴۵۰ متر مکعب در هکتار است، همچنین میزان بهره‌وری آب کاربردی با سایر تحقیقات همسو می‌باشد (جدول ۶).

کریمی و گرمکچی (۱۳۸۷)، در تحقیقی به بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای با استفاده از سیستم آبیاری نواری در شهر قزوین پرداختند. آن‌ها گزارش کردند که میزان آب مصرفی ذرت در طول فصل رشد بین ۶۳۸۶ تا ۸۴۹۴ متر مکعب و کارایی مصرف آب بین ۰/۸۸

جدول ۶- محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی (ریال بر متر مکعب) در زراعت ذرت دانه‌ای

بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی	درآمد خالص (ریال)	کل هزینه‌های تولید (ریال)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	قیمت هر مترمکعب آب (ریال)	قیمت محصول* (ریال بر کیلوگرم)	بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر مترمکعب)	مزرعه
۳۸۹۰	۲۸۹۸۲۶۲۰	۱۱۳۵۳۸۰	۱۰۹۵۲	۱۵۲/۴	۲۷۵۰	۱/۴۷	۱
۲۶۹۴	۲۰۰۷۳۱۱۵	۱۴۴۷۵۳۵	۸۱۲۱	۱۹۰/۳	۲۶۵۰	۱/۰۹	۲
۳۷۹۰	۲۸۲۳۹۲۳۵	۱۴۸۷۷۶۵	۹۹۰۹	۱۹۹/۷	۳۰۰۰	۱/۳۳	۳
۴۶۳۵	۳۴۵۲۷۸۰۵	۲۹۶۵۸۴۵	۱۲۲۹۳	۳۹۸/۱	۳۰۵۰	۱/۶۵	۴

\* قیمت محصول بر اساس زمان فروش و کیفیت آن در هر مزرعه تعیین شده است.

مصرف ۷۴۰۰ متر مکعب آب، مقدار ۵۷ تن غده چغندر قند در هکتار به دست آمد. همچنین کریم‌زاده (۱۳۸۱)، کارایی مصرف آب چغندر قند در روش آبیاری قطره‌ای نواری را ۲/۹ برابر روش آبیاری سنتی گزارش کرد. در تحقیق

شارمسرکار و همکاران (۲۰۰۱)، دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای را در زراعت چغندر قند مقایسه کردند. در روش آبیاری سطحی با مصرف ۱۱۲۰۰ متر مکعب آب، عملکرد غده حدود ۵۸ تن در هکتار و در روش قطره‌ای با

کرده است. با توجه به جدول ۷ بهره‌وری آب کاربردی در مزارع تحت کشت چغندر قند بین ۵/۴-۳/۴ متر مکعب در هکتار است.

حاضر میانگین آب مصرفی در مزارع کشت چغندر قند در حدود ۷۶۵۰ متر مکعب در هکتار است که در مقایسه با مزارعی که به روش سنتی در همین مناطق آبیاری می‌شدند در حدود ۲۵ درصد میزان مصرف آب کاهش پیدا

جدول ۷- محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی (ریال بر متر مکعب) در زراعت چغندر قند

بهره‌وری مزرعه	بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر متر مکعب)	قیمت محصول* (ریال بر کیلوگرم)	قیمت هر متر مکعب آب (ریال)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کل هزینه‌های تولید (ریال)	درآمد خالص (ریال)	بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی
۱	۴/۷۸	۵۰۰	۱۵۲/۴	۳۶۵۶۷	۱۱۶۵۸۶۰	۱۷۱۱۷۶۴۰	۲۲۳۸
۲	۳/۴۲	۵۶۰	۱۹۰/۳	۲۶۱۶۳	۱۴۵۵۷۹۵	۱۳۱۹۵۴۸۵	۱۷۲۵
۳	۴/۱۸	۵۳۵	۱۹۹/۷	۳۱۹۷۷	۱۵۲۷۷۰۵	۱۵۵۷۹۹۹۰	۲۰۳۷
۴	۵/۴۳	۶۸۰	۳۹۸/۱	۴۱۵۴۰	۳۰۴۵۴۶۵	۲۵۲۰۱۷۳۵	۳۲۹۴

\* قیمت محصول بر اساس کیفیت و عیار آن توسط کارخانه قند تعیین شده است.

کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار متغیر بود. همچنین بهره‌وری اقتصادی آب در کشت گندم برابر با ۲۲۲۸ ریال بر متر مکعب به دست آمد. در تحقیق حاضر نیز متوسط آب مصرفی در طول دو سال تحقیق، در حدود ۵۴۸۰ متر مکعب در هکتار برآورد شد و همچنین با توجه به جدول ۸ بهره‌وری آب کاربردی بین ۰/۴۲ تا ۰/۸۸ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار و بهره‌وری اقتصادی آب بین ۱۱۹۶ تا ۲۵۰۶ ریال بر متر مکعب متغیر بود.

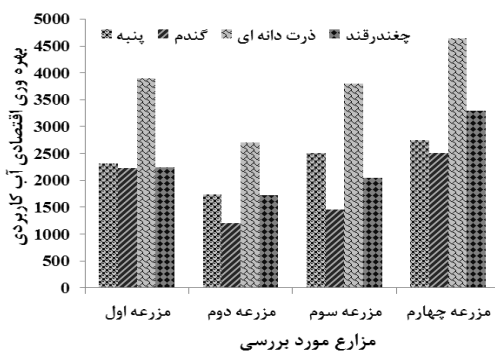
گندم یکی از محصولات استراتژیک منطقه به شمار می‌آید که تاکنون مطالعات متعددی در زمینه میزان آب مصرفی و بهره‌وری آب کاربردی آن انجام شده است. به عنوان نمونه می‌توان به تحقیق سپهوند (۱۳۸۸) اشاره کرد که به مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب در گندم و کلزا در غرب کشور در سال‌های پر باران پرداخت. در این تحقیق میزان آب مصرفی گندم در طول فصل رشد ۵۰۰۰ متر مکعب در هکتار و بهره‌وری آب بین ۰/۶ تا ۱/۴

جدول ۸- محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی (ریال بر متر مکعب) در زراعت گندم

بهره‌وری مزرعه	بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر متر مکعب)	قیمت محصول* (ریال بر کیلوگرم)	قیمت هر متر مکعب آب (ریال)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کل هزینه‌های تولید (ریال)	درآمد خالص (ریال)	بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی
۱	۰/۷۲	۳۳۰۰	۱۵۲/۴	۳۹۴۶	۸۳۵۱۵۲	۱۲۱۸۶۶۴۸	۲۲۲۴
۲	۰/۴۲	۳۳۰۰	۱۹۰/۳	۲۳۰۲	۱۰۴۲۸۴۴	۶۵۵۳۷۵۶	۱۱۹۶
۳	۰/۵۰	۳۳۰۰	۱۹۹/۷	۲۷۴۰	۱۰۹۴۳۵۶	۷۹۴۷۶۴۴	۱۴۵۰
۴	۰/۸۸	۳۳۰۰	۳۹۸/۱	۴۸۲۲	۲۱۸۱۵۸۸	۱۳۷۳۱۰۱۲	۲۵۰۶

\* قیمت خرید تضمینی گندم توسط دولت.

ترتیب، ذرت دانه‌ای، پنبه (در مزرعه چهارم چغندر قند)، چغندر قند (در مزرعه چهارم پنبه) و گندم تعیین شد.



شکل ۳- تعیین الگوی کشت بر اساس بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی

با توجه به مسأله کمبود آب و تعیین قیمت آن در منطقه، محصولی در اولویت کشت قرار می‌گیرد که علاوه بر بیشینه‌سازی درآمد، بالاترین بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی را دارد (اسلامی و همکاران، ۱۳۸۷)، بر همین اساس الگوی بهینه کشت محصولات مختلف زراعی تعیین شد که در شکل ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی در تمامی مزارع در اختیار کشت ذرت دانه‌ای و بعد از آن کشت پنبه (به جزء در مزرعه چهارم) است. همچنین در تمامی مزارع، کشت گندم دارای کمترین بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی بود. در نتیجه اولویت کشت در تمامی مزارع به

## نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، چغندرقد با بهره‌وری آب کاربردی ۵/۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب بالاترین و پنبه با ۰/۱۹ کیلوگرم بر متر مکعب پایین‌ترین حد بهره‌وری آب کاربردی را در بین مزارع به خود اختصاص دادند. همچنین ذرت دانه‌ای با درآمد خالص در حدود ۳۴۵۰۰۰۰۰ ریال، بیشترین و گندم با درآمد خالص در حدود ۶۵۰۰۰۰۰ ریال، کمترین میزان را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج به دست آمده میانگین بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی ذرت دانه‌ای نسبت به پنبه، چغندرقد و گندم به ترتیب ۳۶، ۳۸ و ۴۸ درصد در تمامی مزارع مورد بررسی در طول دو سال کشت بیشتر بوده است که نشان از سوددهی بیشتر ذرت دانه‌ای نسبت به سایر محصولات کشت شده در مزارع مورد بررسی دارد. بنابراین با توجه به داده‌های حاصل از اجرای این تحقیق از نقطه نظر بهره‌وری آب کاربردی، درآمد خالص و بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی می‌توان گفت، کشت ذرت دانه‌ای بر کشت سایر محصولات مورد بررسی، برتری دارد و کشت آن به برنامه‌ریزان و بهره‌برداران توصیه می‌شود.

## منابع

۱. اسدی ر. حقیقت‌جو پ. و کوهی ن. ۱۳۸۹. ارزیابی روش‌های مبتنی بر تابش خورشید و درجه حرارت هوا در برآورد تبخیر و تعرق شهر کرمان. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی گیاه، آب، خاک و هوا. ۳۹۰ ص.
۲. اسلامی ا. شفیع ل. و حیدری ن. ۱۳۸۷. تعیین اولویت‌های کشت محصولات مختلف زراعی بر اساس محاسبه شاخص کارایی ریالی مصرف آب در سیستم آبیاری دوار مرکزی در منطقه بردسیر کرمان. مجله آبیاری و زهکشی. ۲: ۱۱۵-۱۲۱.
۳. امیری س. نورمحمدی س. جعفری ع. و چوگان ر. ۱۳۸۸. تجزیه و تحلیل همبستگی، رگرسیون و علیت برای عملکرد دانه و اجزای آن در هیبریدهای زودرس ذرت دانه‌ای. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲: ۹۹-۱۲۲.
۴. بختیاری س. ۱۳۸۳. اطلس گیاتشناسی استان‌های ایران، تهران. مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیاتشناسی. ۱۶۵ ص.
۵. بی‌نام. ۱۳۸۸. سالنامه آماری جهاد کشاورزی استان کرمان.
۶. بی‌نام. ۱۳۸۷. گزارش دفتر آمار و برنامه‌ریزی جهاد کشاورزی استان کرمان. ۸۱ ص.
۷. تهمی‌پور م. مهرابی بشرآبادی ح. و کرباسی ع. ر. ۱۳۸۴. تأثیر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در رفاه اجتماعی تولید کنندگان: مطالعه موردی پسته کاران شهرستان زرنده. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۴۹: ۹۷-۱۱۶.
۸. چیدری ا. ح. و میرزایی خلیل‌آبادی ح. ۱۳۷۸. روش قیمت‌گذاری و تقاضای آب کشاورزی باغ‌های پسته شهرستان رفسنجان. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۲۶: ۹۹-۱۱۳.
۹. حسین‌زاده ج. و سلامی ح. ا. ۱۳۸۳. انتخاب تابع تولید برای برآورد ارزش اقتصادی آب کشاورزی: مطالعه موردی تولید گندم. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۴۸: ۵۳-۸۴.
۱۰. حیدری ن. و حقائقی ا. ۱۳۸۱. محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری محصولات زراعی مناطق مختلف کشور. گزارش جهت ارائه به معاونت وزارت کشاورزی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج.
۱۱. خلیلیان ص. و زارع‌مهرجردی م. ر. ۱۳۸۴. ارزش‌گذاری آب‌های زیرزمینی در بهره‌بردارهای کشاورزی: مطالعه موردی گندم‌کاران شهرستان کرمان. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۵۱: ۱-۲۲.
۱۲. رحیمیان م. ح. و کاخکی ع. ۱۳۸۶. محاسبه نیاز آبی گیاه پنبه به روش لایسیمتر در منطقه کاشمر. مجله علوم آب و خاک. ۲۱: ۱۴۱-۱۴۵.
۱۳. سپه‌وند م. ۱۳۸۸. مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب در گندم و کلزار در غرب کشور در سال‌های پرباران. مجله پژوهش آب ایران. ۴: ۶۳-۶۸.
۱۴. سلطانی غ. ر. ۱۳۷۲. اقتصاد مهندسی. دانشگاه شیراز. ۷۹ ص.
۱۵. شمس‌الدینی ا. محمدی ح. و رضایی م. ر. ۱۳۸۹. تعیین ارزش اقتصادی آب در زراعت چغندرقد در شهرستان مرودشت. مجله چغندرقد. ۲۶: ۹۳-۱۰۳.
۱۶. شهوالی ا. و ترکمنی ج. ۱۳۸۴. تعیین مدل بهینه کشت محصولات زراعی (مطالعه موردی: شهر مرودشت). مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. ۲۳۰ ص.



- و بارون در آذربایجان غربی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۳۷: ۱۷۱-۱۹۲.
۲۴. میرزایی خلیل‌آبادی ح. ر. و چیذری ا. ح. ۱۳۸۳. تعیین کارایی فنی و مقدار بهینه آب در تولید پسته (مطالعه موردی شهرستان رفسنجان). مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۲: ۴۳-۴۹.
25. Basal H. Dagdelen N. Unay A. and Yilmaz E. 2009. Effects of deficit drip irrigation ratios on Cotton (*Gossypium Hirsutum*) yield and fiber quality. *Agronomy and Crop Science*. 159:19-29.
26. Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops*. 89:1-16.
27. Cetin O. and Bilget L. 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of Cotton. *Agricultural Water Management*. 54: 1-15.
28. Kahlow N. M. A. Raof A. Zubair M. and Kemper W. D. 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. *Agricultural Water Management*. 87: 292-298.
29. Kang S. Shi W. and Zhang J. 2000. An improve Water use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crop Research*, Elsevier Science. 67: 207-214.
30. Sharmasarkar F. Sharmasarkar S. and Miller S. D. 2001. Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugar beets. *Agricultural Water Management*. 46: 242-251.
31. Whitaker R. J. Ritchie L. G. Bednarzand W.C. and Mills I. C. 2008. Cotton subsurface drip and overhead irrigation efficiency, maturity, yield, and quality. *American Society of Agronomy*. 100: 1763-1768.
۱۷. صابری ع. مظاهری د. و حیدری ح. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تراکم و آرایش کاشت و برخی از خصوصیات زراعی ذرت تری وی کراس ۶۴۷ مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳: ۶۷-۷۶.
۱۸. عبدالهی عزت‌آبادی م. و جوانشاه ا. ۱۳۸۶. بررسی اقتصادی امکان استفاده از روش‌های نوین عرضه و تقاضای آب در بخش کشاورزی: مطالعه موردی مناطق پسته کاری شهرستان رفسنجان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۵: ۱۱۳-۱۲۶.
۱۹. فرزامنیا م. و زارعی ق. ۱۳۸۷. مدیریت کم آبیاری چغندرقد با استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری. مجموعه مقالات دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۹۰ ص.
۲۰. کریم‌زاده م. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر آبیاری قطره‌ای، بارانی و نشتی سنتی بر کارایی مصرف آب در عملکرد کمی و کیفی چغندرقد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲۱. کریمی م. و گرمکچی ا. ۱۳۸۷. بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری ذرت دانه‌ای در کشت یک و دو ردیفه در سیستم آبیاری قطره‌ای. مجموعه مقالات دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی.
۲۲. مرودشتی م. و فرجود م. ۱۳۸۶. تخمین قیمت آب در شهر سروستان. مجله علمی پژوهشی توسعه آب. ۱۴: ۱۳۱-۱۳۸.
۲۳. منصوری م. و قیاسی ع. ۱۳۸۱. تخمین قیمت تمام شده آب کشاورزی پای سدهای مخزنی با رهیافت اقتصادی مهندسی: مطالعه موردی سدهای مخزنی بوکان، مهاباد