اقتصادکشاورزی و توسعه، سال بیستم، شماره ۷۷، بهار ۱۳۹۱

معرفی و بررسی لزوم کاربرد راندمان اقتصادی به همراه راندمان فیزیکی در آبیاری

مطالعه موردی استان کرمان

فریماه امیدی*، دکتر کیومرث ابراهیمی**

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۲۷

چکیده

با توجه به اهمیت روزافزون آب در حکم یک کالای اقتصادی در بخش کشاورزی و عدم پاسخگویی دقیق راندمانهای متداول در ارزیابی میزان مصرف آب آبیاری، این تحقیق به‌عنوان رویکردی جدید، با هدف ارزیابی و برنامه‌ریزی‌های آبیاری بر مبنای راندمانهای اقتصادی و یا به عبارت بهتر، افزایش نسبت مقدار آب سودآور به کل آب مصرفی انجام شده است. در این تحقیق که در سال ۱۳۸۷ به انجام رسید، ابتدا ارزش آب برای محصولات خرما و لیموترش در دو منطقه از استان کرمان با استفاده از یک مدل ریاضی محاسبه شد و سپس راندمان فیزیکی و راندمان اقتصادی براساس ارزش آب مصرفی هر یک از محصولات، تحت چهار سناریو به دست آمد و نتایج این سناریوها با هم مقایسه شد.

* کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
e-mail: farimahomidi@ymail.com
** استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
e-mail:ebrahimik@ut.ac.ir

با توجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت که راندمانهای اقتصادی و فیزیکی هیچ یک به تنهایی نمی‌توانند برای ارزیابی وضعیت کاربرد آب در مزرعه مورد استفاده قرار گیرند. به علاوه، راندمانهای فیزیکی و اقتصادی همراستا نیستند. افزایش راندمان فیزیکی و یا راندمان اقتصادی به تنهایی نمی‌تواند تعیین کننده خوب و یا بد بودن عملکرد در سطح مزرعه و یا سطوح بالاتر باشد. همچنین می‌توان گفت که این دو شاخص هر یک دیدگاه متفاوتی در ارزیابی عملکرد دارند و در عین مجزا بودن از هم، مکمل یکدیگرند.

طبقه‌بندی JEl: Q25

کلیدواژه‌ها:

راندمان فیزیکی، آبیاری، راندمان اقتصادی، مدل ریاضی، کرمان

مقدمه

آنچه مسلم است جهان در سال ۲۰۵۰ با بحران شدید آب رو به رو خواهد شد؛ اما بررسیها و پیش‌بینی‌های انجام شده در این زمینه در بسیاری موارد غیرواقع بینانه و نادرست است به‌طوری که برداشت آب مبنای چنین پیش‌بینی‌هایی قرار می‌گیرد. از طرفی، میزان برداشت آب و استفاده مجدد از آبها به‌خصوص در سالهای آینده، سرعت بیشتری خواهد یافت و بنابراین، میزان استحصال و مصرف آب به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی وضعیت منابع آبی و عملکرد سیستمهای توزیع و انتقال آب، مورد پذیرش نیست و با خطا و اشتباه همراه خواهد بود. بدون شک برای مدیریت کارامد تأمین آب با کیفیت برای بخشهای مختلف در آینده، قیمتگذاری آب ابزاری مفید است (Biswas,2005).

با کمبود یک کالا، میزان تقاضای آن افزایش می‌یابد و همین مسئله سبب افزایش ارزش آن کالا و به اصطلاح «اقتصادی شدن» آن می‌گردد؛ بنابراین، اولین گام مهم به سوی مصرف صحیح آب، پذیرفتن آن به‌عنوان یک کالای اقتصادی است. کاهش فزاینده منابع آب و افزایش رقابت میان مصرف‌کنندگان این کالا، بر لزوم برنامه‌ریزی‌های مدیریتی تأکید دارد (Cai et al., 2001).

به سبب اهمیت مدیریت مصرف آب به‌عنوان رویکردی اجتماعی، ارزش اقتصادی آب به‌عنوان عاملی مؤثر در مصرف بهینه و مدیریت عرضه و تقاضا مطرح می‌شود (Sawyer et al., 2005; Johansson, 2001). از سوی دیگر، امروزه در دنیا استفاده از سیستمهای آبیاری تحت فشار با بازده بالا یکی از راهکارهای مدیریتی است که در بسیاری از اراضی کشاورزی و به‌خصوص باغها مورد توجه قرار گرفته است. هدف اصلی کاربرد سیستمهای آبیاری تحت فشار افزایش راندمان کاربرد فیزیکی آب در جهت ذخیره هر چه بیشتر این نهاده پرارزش می‌باشد (Cai et al., 2001). در این میان، راندمان کاربرد اقتصادی آب علاوه بر ایجاد تمایل برای ذخیره آب، سبب تشویق کارشناسان در تعیین حداکثر ارزش اقتصادی آب می‌شود و بهترین روش مدیریت در تخصیص این کالا به مصرف‌کنندگان بخش کشاورزی و آبیاری می‌باشد.

راندمان آبیاری در سطح شبکه‌ها به چند دسته تقسیم می‌شود. آن بخشی از راندمان آبیاری که در مزرعه بررسی می‌شود، راندمان کاربرد نام دارد. راندمان فیزیکی و راندمان اقتصادی را می‌توان اشکال مختلفی از راندمان کاربرد آب در مزرعه دانست. راندمان فیزیکی آبیاری در مزرعه همان نسبت آب مصرف شده توسط گیاه برای تولید محصول به کل آب ورودی به مزرعه می‌باشد و از آن به‌عنوان راندمان آبیاری سنتی یاد می‌شود (Cai et al., 2001)[1]:

---

۱. روش محاسبه راندمان فیزیکی آبیاری به صورت زیر است:

$$IE_c = \frac{ET_c - ERain}{V_{DW}} = \frac{V_{AW}}{V_{DW}}$$

در این رابطه، IE_c راندمان فیزیکی آبیاری، ET_c تبخیر و تعرق گیاه، $ERain$ بارش مؤثر، V_{AW} حجم آب واقعی مصرفی گیاه و V_{DW} حجم کل آب به کار رفته در آبیاری است.

با توجه به مطالعات صورت گرفته، راندمان اقتصادی را می‌توان به صورتهای مختلف تعریف نمود. کل سود خالص حاصل از تولید محصول، سود خالص به ازای واحد حجم آب مصرفی و یا سود خالص به ازای واحد سطح زیر کشت گیاه نمونه‌هایی از تعریف راندمان اقتصادی مزرعه می‌باشند. انتخاب هر یک از این تعاریف برای بررسی عملکرد یک سیستم آبیاری در سطح مزرعه، به شرایط مزرعه، نوع الگوی کشت و نوع سیستم آبیاری بستگی دارد.

توجه به این نکته ضروری است که اگر چه راندمان فیزیکی آبیاری در سطح مزرعه می‌تواند شاخصی برای ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری باشد، اما از آنجا که راندمان اقتصادی مفهوم وسیعتری دارد، امکان بررسیها و تجزیه و تحلیل‌های بیشتری را در سطح مزرعه فراهم می‌آورد.

در زمینه کاربرد شاخصهای اقتصادی برای ارزیابی عملکرد سیستمهای تأمین و توزیع آب می‌توان به تحقیق ویکلنز (Wichelns, 2002) اشاره نمود. تحقیق فوق به این نتیجه رسید که معمولاً به هنگام استفاده از روشهای سنتی برای تعیین راندمان کاربرد آب در مزرعه، کارشناسان ناکارامدی شیوه‌های مدیریتی جدید را مطرح می‌کنند در حالی که تحلیل و ارزیابی اقتصادی عملکرد سیستمهای آبیاری می‌تواند روشی کارامد برای سیاستگذاری و تشویق کشاورزان در استفاده از شیوه‌های مدیریتی جدید باشد.

کای و همکارانش (Cai et al., 2001) طی تحقیقی در سال ۲۰۰۱ یک مدل بهینه‌سازی هیدرولوژیکی و اقتصادی را برای ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد بخش کشاورزی در حوضه رودخانه مایپو در شیلی تهیه کردند. در جریان این تحقیق، راندمان فیزیکی و راندمان اقتصادی در سطح حوضه آبریز بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که راندمانهای فیزیکی و اقتصادی لزوماً همراستا نیستند و عوامل مختلفی از قبیل روش آبیاری، مقدار ورودی

و خروجی حوضه، مساحت اراضی تحت پوشش حوضه و حقابه‌ها بر مقدار این راندمانها مؤثرند.

مین الدین و همکاران وی(Mainuddin et al., 2007) مدل بهینه‌سازی هیدرولوژیکی و اقتصادی برای حوضه آبریز رودخانه موری در استرالیا تهیه نمودند. در این تحقیق نیز شاخصهای اقتصادی در سطح حوضه بررسی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که راندمانهای فیزیکی و اقتصادی لزوماً همراستا نیستند و عوامل مختلفی از قبیل روش آبیاری، مقدار ورودی و خروجی حوضه آبریز، مساحت اراضی تحت پوشش حوضه و حقابه‌ها بر مقدار این راندمانها مؤثرند.

بورنلاند و همکارانش (Bjornlund et al., 2007) تحقیقی را در زمینه مدیریت منابع آب و به‌خصوص شیوه‌های مدیریت در بخش آبیاری در ایالت آلبرتای کانادا انجام دادند. نتایج نشان داد که استفاده از عوامل و شاخصهای اقتصادی می‌تواند در ارزیابی عملکرد بخش آبیاری بسیار مؤثر و کارامد باشد. البته نتایج این تحقیق نشان داد که میزان آشنایی کشاورزان با شاخصهای اقتصادی بسیار محدود و آموزشهای وسیعی در این زمینه لازم است.

از جمله تحقیقاتی که در ایران برای تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی صورت گرفته است می‌توان به مطالعه حسین زاد و سلامی (۱۳۸۳) اشاره نمود که در نتیجه تحقیقات خود، تابع تولید گندم را برای تعیین ارزش آب در استان خراسان به دست آوردند. در این مطالعه، اثر انتخاب نوع تابع تولید بر مقادیر براورد شده پارامترهای ساختاری بررسی و اهمیت دقت در انتخاب صحیح تابع برای جلوگیری از استنباطهای نادرست از نتایج مطالعات تجربی نشان داده شده است. در این باره ابتدا تعدادی از فرمهای "انعطاف‌پذیر" و "انعطاف‌ناپذیر" به‌عنوان تابع تولید گندم در منطقه مورد مطالعه براورد شد و سپس ارزش اقتصادی نهاده آب با استفاده از پارامترهای براورد شده توابع مذکور محاسبه گردید. مقایسه ارزش اقتصادی آب براساس الگوی تابع تولید برتر - که با استفاده از معیارها و آزمونهای اقتصادسنجی صورت گرفته است - با آنچه از به کارگیری پارامترهای سایر الگوها به دست آمده، نشان می‌دهد که

تأثیر انتخاب نوع تابع تولید در ارزش محاسبه شده آب مصرفی گندم بسیار قابل توجه است. لذا چنانچه این گونه اطلاعات مبنای سیاستگذاری جدید در بخش کشاورزی قرار گیرد، هزینه انتخاب نادرست تابع تولید بسیار چشمگیر خواهد بود.

چیذری و همکارانش (۱۳۸۴) سد بارزو شیروان را با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی مورد مطالعه قرار دادند و به این منظور ارزش اقتصادی آب را در اراضی زیردست سد بارزو تعیین نمودند. در این مطالعه با ارائه یک الگوی برنامه‌ریزی آرمانی، به بهینه‌سازی روند تولیدات کشاورزی و تعیین ارزش اقتصادی آب در سه منطقه زیر سد بارزوی شیروان واقع در استان خراسان شمالی اقدام شد. در این تحقیق ابتدا پنج هدف اساسی مشخص گردید و پس از تعیین الگوی کشت بهینه، از طریق تحلیل حساسیت، قیمت سایه‌ای آب به‌عنوان ارزش اقتصادی آب محاسبه شد. براساس نتایج، بالاترین و پایین‌ترین ارزش اقتصادی آب در ماه‌های مهر و فروردین به ترتیب معادل ۲۲۷۷ و ۵۶ ریال براورد گردید.

در تحقیق دیگری، کرامت‌زاده و همکارانش (۱۳۸۵) بررسی‌ای روی اراضی زیردست سد بارزو شیروان با استفاده از الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری انجام دادند تا بتوانند ارزش اقتصادی آب را تعیین کنند. براساس نتایج این مطالعه، در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه در اراضی زیر سد بارزو شیروان، ارزش اقتصادی آب سد در ماههای فروردین، تیر، شهریور و آبان به ترتیب ۸۸۰، ۴۷۰، ۴۷۴ و ۵۹۵ ریال براورد شد.

همان‌طور که مشخص است، تحقیقات انجام شده به جز برخی موارد که برای یک نوع محصول صورت گرفته، بقیه در مقیاس حوضه آبریز رودخانه‌ها صورت گرفته‌اند. علاوه بر این، در تعیین ارزش اقتصادی آب از برنامه‌ریزی خطی و مدلهای هیدرولوژیکی- اقتصادی استفاده شده است که از جمله می‌توان به این تحقیقات اشاره نمود: کای و همکاران (Cai et al., 2001)، مین الدین و همکاران (Mainuddin et al., 2007)، بورنلاند و همکاران (Bjornlund et al., 2002)، وارد و همکاران (Ward et al., 2002) که از مدلهای بهینه‌سازی هیدرولوژیکی – اقتصادی و چیذری و همکاران (۱۳۸۴) و کرامت زاده و همکاران (۱۳۸۵) از مدلهای برنامه‌ریزی خطی و مدل الگوی کشت بهینه استفاده کرده‌اند.

با توجه به اتلاف بخش زیادی از آب شبکه‌ها در سطح مزرعه و آثار ویژه کاربرد شیوه‌های مدیریت نوین در سطح مزرعه در کاهش این تلفات و افزایش راندمان کاربرد آب، ضروری است که بررسی راندمانهای اقتصادی و فیزیکی کاربرد آب در مقیاس مزرعه تحت آبیاری و روابط حاکم بر این راندمانها نیز صورت گیرد. از آنجا که در بسیاری از اراضی زراعی و باغی ایران آبیاری به روش سنتی صورت می‌گیرد و تجربیات نشان داده که یکپارچه‌سازی اراضی هدف سهل‌الوصولی نیست، استفاده از شاخصهای اقتصادی به‌عنوان شاخصهای جدیدی که علاوه بر مسائل فنی آبیاری، جنبه‌های مالی و اجتماعی آن را نیز به شکل کمی در می‌آورند می‌تواند راهکاری برای ترغیب کشاورزان به استفاده از سیستمهای آبیاری پیشرفته و شیوه‌های صحیح مدیریتی در سطح مزرعه باشد.

با این توضیحات، تحقیق حاضر در دو منطقه قوچ‌آباد و چاه نارنج در استان کرمان صورت گرفت. دشت قوچ‌آباد در بخش مرکزی شهرستان کهنوج در جنوب غربی استان کرمان واقع شده است. دشت چاه نارنج نیز در بخش فاریاب شهرستان کهنوج واقع شده است. اطلاعات مربوط به این دو منطقه در جریان مطالعات ساماندهی نظام بهره‌برداری و مرحله اول شبکه آبیاری و زهکشی و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی تعاونی تولید روستایی توسط شرکت مهندسان مشاور نتپا (نواندیشان توسعه پایدار آسیا) در سال ۱۳۸۵ جمع‌آوری شد. سطح زیر کشت باغها در منطقه قوچ‌آباد در شرایط قبل از اجرای طرح توسعه ۳۰ هکتار بود که به باغهای خرما تعلق داشت و در الگوی کشت پیشنهادی برای طرح توسعه به ۱۰۰ هکتار افزایش یافت. این مقدار برای منطقه چاه نارنج قبل از اجرای طرح توسعه ۵۴۵ هکتار بود که در الگوی کشت پیشنهادی برای طرح توسعه به ۶۰۰ هکتار افزایش یافت.

علت انتخاب دو منطقه در استان کرمان، شرایط آب و هوایی نسبتاً سخت و بارش کم، استفاده از روشهای سنتی آبیاری، کشاورزی در سطح گسترده،کمبود نهاده‌های کشاورزی به ویژه آب کافی، ناآشنایی کشاورزان با نحوه مصرف صحیح آب و نیاز مبرم کشاورزی منطقه به بازسازی و نوسازی می‌باشد. محصولات خرما و لیموترش تنها محصولات باغی منطقه و

بنابراین، تنها محصولاتی بودند که سیستم آبیاری تحت فشار قابل اجرا روی آنها بوده و به همین منظور، اختلاف زیادی در راندمان فیزیکی و راندمان اقتصادیِ ناشی از اجرای سیستم آبیاری تحت فشار برای این محصولات پیش‌بینی می‌شد.

از آنجا که هدف از اجرای این تحقیق معرفی و تعیین راندمانهای فیزیکی و اقتصادی آبیاری در قالب مطالعه موردی در سطح یک واحد آبیاری (باغ) و مقایسه این راندمانها با یکدیگر و بررسی میزان اثرپذیری آنها از عوامل مختلف فنی و اقتصادی می‌باشد، اطلاعات مربوط به مناطق مورد مطالعه با توجه به شرایط اقلیمی، اقتصادی و وضعیت کشاورزی این مناطق برای اجرای این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

مواد و روشها

برای تعیین ارزش اقتصادی آب، سه دیدگاه کلی وجود دارد(Aguadelo, 2001):

۱. آب به‌عنوان کالایی قابل خرید و فروش در بازار موجود در هر منطقه در نظر گرفته می‌شود (در این دیدگاه ارزش آب برای فروش و نقل و انتقال حقابه‌ها تعیین می‌شود).

۲. آب به‌عنوان کالایی واسطه‌ای منظور می‌شود (آب از این نظر محصول نهایی نیست و برای تولید محصولات دیگری از جمله کشاورزی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد).

۳. آب به‌عنوان کالایی نهایی لحاظ می‌شود (در این دیدگاه دستاورد نهایی یک فعالیت یا کالای تولیدی همان آب است).

در این تحقیق ارزش آب از روشی مبتنی بر دیدگاه دوم تعیین شده است.

آگوادلو (Aguadelo, 2001) روش زیر را برای تعیین ارزش آب از دیدگاه تولیدکنندگان آب پیشنهاد کرد:

$$Y = f(X_1, X_2, ..., W) \quad (۱)$$

در این رابطه، Y مقدار محصول تولیدی، Xها نهاده‌های ورودی برای تولید محصول و W آب مصرفی برای تولید محصول هستند؛ به عبارتی، Yها و W نهاده‌های تولیدند. حال اگر P نماینده ارزش نهاده‌ها و محصول باشد می‌توان گفت که ارزش هر نهاده با ارزش

محصول تولیدی و تغییرات مقدار محصول بر اثر تغییرات مقدار نهاده به کار رفته در تولید محصول رابطه مستقیم دارد که در زیر آورده شده است (Aguadelo, 2001):

$$P_{X1} = P_Y \times \frac{\partial Y}{\partial X_1}$$

$$P_{X2} = P_Y \times \frac{\partial Y}{\partial X_2}$$

. (۲)

.

.

$$P_W = P_Y \times \frac{\partial Y}{\partial W}$$

در رابطه ۲، Y مقدار محصول تولیدی، W مقدار آب مصرفی برای تولید محصول و P_Y و P_W به ترتیب نشاندهنده قیمت محصول و قیمت آب هستند. اساس استفاده از این رابطه، ارتباط بین آب و مقدار محصول تولید شده از آن است که در این باره آب یک نهاده یا کالای اقتصادی است که برای تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همان‌طور که در روابط بالا مشاهده می‌شود، میزان محصول فقط تابعی از آب مصرفی در نظر گرفته شده است. برای به دست آوردن مقدار $\frac{\partial Y}{\partial W}$، از تابع تولید محصول در روش بومشناسی زراعی (FAO Report,1978) استفاده می‌شود. این رابطه به شکل زیر ارائه شده است:

$$1 - \frac{Ya}{Ym} = Ky(1 - \frac{\partial Ya}{\partial Wa}) \quad (۳)$$

در این رابطه، Ya مقدار محصول واقعی، Ym مقدار محصول بالقوه، Ky ضریب کم آبیاری، ETa و یا Wa مقدار واقعی تبخیر و تعرق یا همان آب مصرفی واقعی و ETm و یا Wm مقدار بالقوه تبخیر و تعرق یا آب مصرفی بالقوه هستند. با تعیین مقدار محصول بالقوه و حداکثر تبخیر و تعرق واقعی می‌توان تابع تولید را به دست آورد. با توجه به اینکه برای

تعیین ارزش اقتصادی آب، مقدار $\frac{\partial ya}{\partial Wa}$ نیاز است، می‌توان تابع تولید را به شکل زیر نوشت و از ya نسبت به ETa مشتق گرفت:

$$1-\frac{Ya}{Ym}=Ky(1-\frac{ETa}{ETm}) \quad (۴)$$

پس از مشتق‌گیری، نتیجه به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$\frac{\partial Ya}{\partial ETa}=\frac{Ky\times Ym}{ETm} \quad (۵)$$

که می‌توان آن را به شکل زیر بازنویسی نمود:

$$\frac{\partial Ya}{\partial Wa}=\frac{Ky\times Ym}{ETm} \quad (۶)$$

و سپس در رابطه تعیین ارزش آب قرار داد:

$$Pw=Py\times\frac{Ky\times Ym}{ETm} \quad (۷)$$

مقدار تبخیر و تعرق بالقوه و یا آب مصرفی بالقوه با استفاده از نرم‌افزار $NETWAT$ برای محصولات خرما و لیموترش در منطقه کهنوج و بافت استخراج شد. مقدار Ky با توجه به روش بومشناسی برای خرما و لیموترش برابر ۱ منظور گردید و مقدار محصول بالقوه خرما و لیموترش با استفاده از روش بومشناسی زراعی محاسبه شد(FAO Report,1978). سپس با داشتن قیمت محصول، قیمت آب با استفاده از رابطه ۷ برای هر دو محصول خرما و لیموترش در هر دو منطقه قوچ‌آباد و چاه نارنج به تفکیک محاسبه شد.

با داشتن قیمت آب می‌توان سود خالص حاصل از تولید محصول را در یک باغ تحت پوشش آبیاری قطره‌ای از روش زیر به دست آورد(Cai *et al.*, 2001):

$$NP=\left[A(t)\times Ya(t)\times P(t)\right]-\left[A\times\left(fc+tc\right)\right]-(Vw\times Pw) \quad (۸)$$

در این رابطه، A سطح زیر کشت محصول (هکتار)، Ya محصول واقعی(عملکرد واقعی)، P قیمت محصول (ریال/کیلوگرم)، Fc هزینه ثابت محصول در هکتار (ریال/

هکتار)، tc هزینه جاری فناوری آبیاری (ریال/هکتار)[1]، Vw حجم آب داده شده به باغ در فاصله زمانی مورد نظر (مترمکعب)، Pw قیمت آب (ریال/مترمکعب) و t نمایه زمان یا بازه زمانی مورد نظر می‌باشد و برای هر محصول و شرایط مختلف متفاوت و در هر مطالعه موردی متغیر است.

با توجه به نسبت فایده به هزینه‌ها ($\frac{B}{C}$) که نشاندهنده راندمان اقتصادی است، می‌توان راندمان اقتصادی را با به دست آوردن سود خالص و با استفاده از رابطه ۸ به شکل زیر محاسبه نمود (Cai et al., 2001):

$$NPUW = \frac{NP}{(Vw \times Pw) + (A \times (fc + tc))} = \frac{B}{C} \qquad (۹)$$

که در آن NP سود خالص حاصل از تولید محصول و مخرج کسر برابر با کل هزینه‌های مربوط به ارزش آب و تولید محصول می‌باشد. بدیهی است که این مقادیر در بازه زمانی t محاسبه می‌شوند. باید متذکر شد که بازه زمانی t برای محاسبات در این تحقیق برابر کل دوره کشت لحاظ شده است و برای شرایط مختلف دیگر متغیر می‌باشد.

برای تعیین راندمان فیزیکی آبیاری از رابطه ۱ استفاده شده است.

یادآور می‌شود نرم‌افزارهای AGWAT و NETWAT برای برآورد آب مصرفی محصولات الگوی کشت مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور برنامه‌نویسی مدل ریاضی، از نرم‌افزار Visual FORTRAN 6.0 استفاده شد.

کاربرد روابط برای مناطق قوچ‌آباد و چاه نارنج در استان کرمان

در زمان تهیه اطلاعات مورد نظر (سال ۱۳۸۵)، منطقه از لحاظ رسیدگی به باغها وضعیت مناسبی نداشته و کم آبی و بی توجهی به باغها سبب کاهش شدید راندمان شده بود. در منطقه مورد نظر برای بهبود شرایط زراعت و باغداری، تصمیم به اجرای طرح توسعه کشاورزی و آبیاری گرفته شد که به این منظور از تعاونی روستاییِ با عضویت کشاورزان

۱. هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری سالانه سیستم آبیاریِ اجرا شده و نصب شده در سطح مزرعه یا باغ

کمک گرفته شد و شرایط یکپارچه‌سازی اراضی قابل کشت و استفاده مشترک زارعان و باغداران فراهم آمد. برای تعیین راندمان فیزیکی و راندمان اقتصادی آبیاری در باغهای مورد نظر، دو سناریوی زیر تعریف شد:

۱. در این سناریو ارزش آب برابر با ارزش اعمال شده در شرایط کنونی مزرعه در نظر گرفته شد که با PVW[1] نشان داده می‌شود. این سناریو به دو بخش زیر تقسیم شد:

۱.۱. راندمانهای فیزیکی و اقتصادی با استفاده از داده‌های مربوط به شرایط قبل از اجرای طرح توسعه محاسبه می‌شوند (PVW1).

۲.۱. راندمانهای فیزیکی و اقتصادی در شرایطی محاسبه می‌شوند که سیستم آبیاری قطره‌ای در باغ مورد نظر اجرا شود (PVW2).

۲. در این سناریو ارزش آب به‌طور اصولی و از طریق روابطی محاسبه می‌شود که قبلاً به آنها اشاره شد و با CVW [2] نشان داده می‌شود و همانند سناریوی اول به دو بخش زیر تقسیم می‌شود:

۱.۲. ارزش آب به‌طور اصولی محاسبه می‌شود و سایر شرایط، مطابق با شرایط کنونی باغ لحاظ می‌گردد (CVW1).

۲.۲. ارزش آب محاسبه می‌گردد و تغییرات راندمانهای فیزیکی و اقتصادی بر اثر اجرا و نصب سیستم آبیاری قطره‌ای محاسبه می‌شوند (CVW2).

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، پس از اجرای طرح توسعه، سطح زیر کشت محصولات باغی در منطقه چاه نارنج از ۵۴۵ هکتار به ۶۰۰ هکتار و در منطقه قوچ‌آباد از ۳۰ هکتار به ۶۰ هکتار افزایش یافته است.

1. Present Value of Water
2. Calculated Value of Water

جدول ۱. نوع باغها و مساحت تحت پوشش آنها در مناطق قوچ‌آباد و چاه نارنج قبل و بعد از اجرای طرح توسعه

منطقه	نوع باغ	قبل از اجرای طرح توسعه		بعد از اجرای طرح توسعه	
		مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
چاه نارنج	خرما	۱۲۰	۲۲	۱۷۰	۲۸/۴
	لیموترش	۲۶۵	۴۸/۶	۲۷۰	۴۵
	مخلوط خرما و لیموترش	۱۶۰	۲۹/۴	۱۶۰	۲۶/۶
	جمع	۵۴۵	۱۰۰	۶۰۰	۱۰۰
قوچ‌آباد	خرما	۳۰	۱۰۰	۶۰	۱۰۰

مأخذ: شرکت مهندسان مشاور نتپا (۱۳۸۵)، گزارشهای مربوط به مطالعات ساماندهی نظام بهره‌برداری و مرحله اول شبکه آبیاری و زهکشی و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی تعاونی تولید روستایی

با توجه به جدول ۲، راندمان فیزیکی در هر دو منطقه قوچ‌آباد و چاه نارنج پس از اجرای طرح توسعه و اجرای سیستم آبیاری تحت فشار تغییر کرده است. در منطقه قوچ‌آباد راندمان فیزیکی از ۳۱ درصد به ۸۷ درصد و در منطقه چاه نارنج متوسط راندمان فیزیکی از ۳۳/۵ درصد به ۸۰/۵ درصد افزایش یافته است که این مسئله نشاندهنده تأثیر مثبت اجرای سیستم آبیاری نوین در کاهش مصرف آب می‌باشد.

جدول ۲. راندمان فیزیکی و روش آبیاری در مناطق قوچ‌آباد و چاه نارنج قبل و بعد از اجرای طرح توسعه

منطقه	نوع باغ	قبل از اجرای طرح توسعه		بعد از اجرای طرح توسعه	
		روش آبیاری	راندمان فیزیکی	روش‌آبیاری	راندمان‌فیزیکی
چاه نارنج	خرما	ثقلی	۳۵	قطره‌ای	۷۲
	لیموترش	ثقلی	۳۲	قطره‌ای	۸۹
	مخلوط خرما و لیموترش	ثقلی	۳۳	قطره‌ای	۸۰
	متوسط	-	۳۳/۵	-	۸۰/۵
قوچ‌آباد	خرما	ثقلی-تشتکی	۳۱	قطره‌ای	۸۷

مأخذ: شرکت مهندسان مشاور نتپا (۱۳۸۵)، گزارشهای مربوط به مطالعات ساماندهی نظام بهره‌برداری و مرحله اول شبکه آبیاری و زهکشی و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی تعاونی تولید روستایی

قیمت به دست آمده برای آب مختص هر محصول با استفاده از مدل پیشنهادی، در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، قیمت آب برای محصول خرما در هر دو منطقه ۷۵۷/۲۵ ریال به ازای هر متر مکعب، برای محصول لیموترش در منطقه چاه نارنج ۶۳/۴۱ ریال به ازای هر متر مکعب و برای مخلوط خرما و لیموترش در منطقه چاه نارنج ۴۱۰/۳۳ ریال به ازای هر متر مکعب محاسبه شده است. آب در منطقه مورد مطالعه، قبل و بعد از اجرای طرح توسعه، به صورت رایگان در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد و هیچ گونه هزینه‌ای در قبال آب از آنها دریافت نمی‌شود.

جدول ۳. قیمت به دست آمده برای آب در نتیجه اجرای مدل

منطقه	محصول	قیمت آب در منطقه	قیمت آب با استفاده از مدل پیشنهادی برای هر محصول (ریال به ازای هر متر مکعب)
چاه نارنج	خرما	رایگان	۷۵۷/۲۵
	لیموترش	رایگان	۶۳/۴۱
	مخلوط خرما و لیموترش	رایگان	۴۱۰/۳۳
قوچ‌آباد	خرما	رایگان	۷۵۷/۲۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج سناریوهای PVW1، PVW2، CVW1 و CVW2 در جداول ۴ تا ۷ آمده است. در شرایط قبل از اجرای طرح توسعه و آب رایگان (سناریوی PVW1)، نسبت فایده به هزینه و یا راندمان اقتصادی برای محصول خرما در هر دو منطقه قوچ‌آباد و چاه نارنج ۱/۸۷۵، برای محصول لیموترش در منطقه چاه نارنج ۰/۴۸۶ و برای مخلوط خرما و لیموترش در منطقه چاه نارنج ۰/۸۶۴ به دست آمده است. در مقابل، در سناریوی PVW2، با اجرای طرح توسعه، راندمان اقتصادی برای هر محصول کاهش یافته است به‌طوری که برای محصول خرما در هر

دو منطقه قوچ‌آباد و چاه نارنج ۱/۲۷، برای محصول لیموترش در منطقه چاه نارنج ۰/۳۲۷ و برای مخلوط خرما و لیموترش در منطقه چاه نارنج ۰/۵۷۱ به دست آمده است. این کاهش راندمان اقتصادی معلول افزایش هزینه‌ها بر اثر اجرای طرح توسعه و اجرای سیستم آبیاری تحت فشار می‌باشد.

در شرایط قبل از اجرای طرح توسعه و اعمال ارزش آب (سناریوی CVW1)، نسبت فایده به هزینه و یا راندمان اقتصادی برای محصول خرما در منطقه قوچ‌آباد ۱/۷۰۲ و در منطقه چاه نارنج ۱/۸۲۹، برای محصول لیموترش در منطقه چاه نارنج ۰/۴۸۵ و برای مخلوط خرما و لیموترش در منطقه چاه نارنج ۰/۸۵۵ محاسبه شد. کاهش بسیار جزئی راندمان اقتصادی در سناریوی CVW1 نسبت به سناریوی PVW1 به دلیل افزایش هزینه‌ها بر اثر اعمال ارزش آب است. در مقابل، در سناریوی CVW2، با اجرای طرح توسعه و اعمال قیمت آب، راندمان اقتصادی برای هر محصول کاهش یافته است به‌طوری که برای محصول خرما در منطقه قوچ‌آباد ۱/۲۲۸ و در منطقه چاه نارنج ۱/۲۲۵، برای محصول لیموترش در منطقه چاه نارنج ۰/۳۲۷ و برای مخلوط خرما و لیموترش در منطقه چاه نارنج ۰/۵۶۷ به دست آمده است. ملاحظه می‌شود که راندمان اقتصادی در سناریوی CVW2 بر اثر اعمال قیمت آب، کاهش بسیار جزئی نسبت به راندمان اقتصادی در سناریوی PVW2 داشته است که علت آن افزایش هزینه‌ها بر اثر اعمال ارزش آب و اجرای سیستم آبیاری تحت فشار می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، راندمان اقتصادی برای محصول لیموترش بر اثر اعمال قیمت آب تغییری نداشته است که نشاندهنده حساسیت کم نسبت به تغییرات هزینه‌ها می‌باشد.

جدول ٤. راندمان اقتصادی در مناطق قوچ‌آباد و چاه نارنج در شرایط قبل از اجرای طرح توسعه و آب رایگان

قبل از طرح توسعه (آب رایگان)							
منطقه	نوع محصول	ارزش محصول (ریال به ازای هر کیلوگرم)	عملکرد محصول در هکتار (کیلوگرم)	هزینه در هکتار (میلیون‌ریال)	کل درآمد (میلیون‌ریال)	کل هزینه (میلیون‌ریال)	نسبت فایده به هزینه در سال
قوچ‌آباد	خرما	۲۲۵۰	۳۵۰۰	۴/۲	۲۳۶/۲۵	۱۲۶	۱/۸۷۵
چاه نارنج	خرما	۲۲۵۰	۳۵۰۰	۴/۲	۹۴۵	۵۰۴	۱/۸۷۵
	لیموترش	۱۷۰	۱۰۰۰۰	۳/۵	۴۵۰/۵	۹۲۷/۵	۰/۴۸۶
	مخلوط خرما و لیموترش	۱۲۱۰	۲۵۰۰	۳/۵	۴۸۴	۵۶۰	۰/۸۶۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ٥. راندمان اقتصادی در مناطق قوچ‌آباد و چاه نارنج در شرایط بعد از اجرای طرح توسعه و آب رایگان

بعد از طرح توسعه (آب رایگان)							
منطقه	نوع محصول	ارزش محصول (ریال به ازای هر کیلوگرم)	عملکرد محصول در هکتار (کیلوگرم)	هزینه در هکتار (میلیون ریال)	کل درآمد (ریال)	کل هزینه (ریال)	نسبت فایده به هزینه در سال
قوچ‌آباد	خرما	۲۲۵۰	۳۵۰۰	۶/۲	۴۷۲/۵	۳۷۲	۱/۲۷۰
چاه نارنج	خرما	۲۲۵۰	۳۵۰۰	۶/۲	۱۳۳۸/۷۵	۱۰۵۴	۱/۲۷۰
	لیموترش	۱۷۰	۱۰۰۰۰	۵/۲	۴۵۹	۱۴۰۴	۰/۳۲۷
	مخلوط خرما و لیموترش	۱۲۱۰	۲۵۰۰	۵/۳	۴۸۴	۸۴۸	۰/۵۷۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ٦. راندمان اقتصادی در مناطق قوچ‌آباد و چاه نارنج در شرایط قبل از اجرای طرح توسعه و با اعمال ارزش آب

قبل از طرح توسعه (اعمال ارزش آب)								
منطقه	نوع محصول	ارزش محصول (ریال به ازای هر کیلوگرم)	عملکرد محصول در هکتار (کیلوگرم)	هزینه در هکتار (میلیون ریال)	ارزش آب برای هر محصول (ریال به ازای متر مکعب)	کل درآمد (میلیون ریال)	کل هزینه (میلیون ریال)	نسبت فایده به هزینه در سال
قوچ‌آباد	خرما	۲۲۵۰	۳۵۰۰	۴/۲	۱۲۷۶۷۲۳۵	۲۳۶/۲۵	۱۳۸/۸	۱/۷۰۲
چاه نارنج	خرما	۲۲۵۰	۳۵۰۰	۴/۲	۱۲۷۶۷۲۳۵	۹۴۵	۵۱۶/۸	۱/۸۲۹
	لیموترش	۱۷۰	۱۰۰۰۰	۳/۵	۷۳۶۱۹۰/۱	۴۵۰/۵	۹۲۸/۲۴	۰/۴۸۵
	مخلوط خرما و لیموترش	۱۲۱۰	۲۵۰۰	۳/۵	۵۸۴۱۰۴۷/۵۵	۴۸۴	۵۶۵/۸۴	۰/۸۵۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷. راندمان اقتصادی در مناطق قوچ‌آباد و چاه نارنج در شرایط بعد از اجرای طرح توسعه و با اعمال ارزش آب

بعد از طرح توسعه (اعمال ارزش آب)								
منطقه	نوع محصول	ارزش محصول (ریال به ازای هر کیلوگرم)	عملکرد محصول در هکتار (کیلوگرم)	هزینه در هکتار (میلیون ریال)	ارزش آب برای هر محصول (ریال به ازای متر مکعب)	کل درآمد (میلیون ریال)	کل هزینه (میلیون ریال)	نسبت فایده به هزینه در سال
قوچ‌آباد	خرما	۲۲۵۰	۳۵۰۰	۶/۲	۱۲۷۶۷۲۳۵	۴۷۲/۵	۳۸۴/۸	۱/۲۲۸
چاه نارنج	خرما	۲۲۵۰	۳۵۰۰	۶/۲	۱۲۷۶۷۲۳۵	/۷۵ ۱۳۳۸	۱۰۶۶/۸	۱/۲۵۵
	لیموترش	۱۷۰	۱۰۰۰۰	۵/۲	۷۳۶۱۹۰/۱	۴۵۹	۱۴۰۴/۷۴	۰/۳۲۷
	مخلوط خرما و لیموترش	۱۲۱۰	۲۵۰۰	۵/۳	۵۸۴۱۰۴۷/۵۵	۴۸۴	۸۵۳/۸۴	۰/۵۶۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جمعبندی و پیشنهاد

با توجه به نتایج به دست آمده، راندمانهای فیزیکی و اقتصادی همراستا نیستند. در منطقه چاه نارنج، کشتهای لیموترش و مخلوط خرما و لیموترش راندمان فیزیکی مناسبی بعد از اجرای طرح توسعه دارند، ولی راندمان اقتصادی آنها قبل و بعد از اجرای طرح توسعه کمتر از ۱ بوده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. افزایش راندمان فیزیکی نشاندهنده کاهش مصرف آب می‌باشد و در واقع شاخصی برای مصرف بهینه و پایدار آب است در حالی که راندمان اقتصادی نشاندهنده تغییرات هزینه و درآمدها، شرایط اقتصادی جامعه و چگونگی واکنش به این تغییرات است. بنابراین می‌توان گفت که این دو شاخص هر یک دیدگاه متفاوتی در ارزیابی عملکرد دارند و در عین مجزا بودن از هم مکمل یکدیگرند. افزایش راندمان فیزیکی و یا راندمان اقتصادی به تنهایی نمی‌تواند تعیین کننده خوب و یا بد بودن عملکرد در سطح مزرعه و یا سطوح بالاتر باشد؛ به عبارت دیگر، نباید هیچ یک از این شاخصها را به‌طور جداگانه برای ارزیابی مورد استفاده قرار داد. رسیدن به کشاورزی پایدار ایجاب می‌کند که در سیاستها و تصمیم گیری‌های مدیریتی، تمامی عوامل مؤثر در بهبود عملکرد محصولات کشاورزی، تحت عنوان شاخصهای معرف این عوامل مورد بررسی و استفاده قرار گیرند تا تصمیم‌گیری‌ها بر پایه علمی انجام شود.

با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

۱. در تعیین ارزش اقتصادی آب باید از روشهای نوین و علمی استفاده شود.

۲. ارزش اقتصادی آب باید به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در برنامه‌ریزی‌ها و سیاستهای مدیریتی تعیین الگوی کشت، استحصال، انتقال و توزیع آب در هر منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

۳. روشهای تعیین ارزش آب که در حال حاضر در مناطق مختلف کشور به کار می‌رود، باید حتماً مورد بررسی قرار گیرد و دقت و صحت آنها سنجیده شود.

۴. با توجه به اینکه در مناطق مورد مطالعه تنها از منابع آب زیرزمینی برای آبیاری استفاده می‌شود، لازم است برای این مناطق و سایر مناطق مشابه، یک قیمت آب جایگزین نیز تعیین شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از دانشگاه تهران و شرکت مهندسین مشاور نواندیشان توسعه پایدار آسیا برای در اختیار گذاشتن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این تحقیق و سایر کمکهای لازم کمال تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر مجید کوپاهی جهت کنترل و بازبینی نسخه اولیه این مقاله سپاسگزاری می گردد.

منابع

۱. باقریان کلات، ع.، ح. انگشتری و ش. زارع (۱۳۸۶)، بررسی راندمان اقتصادی کاشت درختان مثمر در طرح‌های آبخیزداری (مطالعه موردی در حوضه آبخیز کاخک گناباد)، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد.

۲. چیذری، ا.، غ. شرزه‌ای و ع. کرامت زاده (۱۳۸۴)، تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی؛ مطالعه موردی سد بارزو شیروان، فصلنامه *تحقیقات اقتصادی*، ۷۱: ۶۶-۳۹.

۳. حسین زاد، ج. و ح. سلامی (۱۳۸۳)، انتخاب تابع تولید برای براورد ارزش اقتصادی آب کشاورزی؛ مطالعه موردی تولید گندم، فصلنامه *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۴۸: ۵۳-۸۴.

۴. کرامت زاده، ع.، ا. چیذری و ا. میرزایی (۱۳۸۵)، تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری؛ مطالعه موردی سد بارزو شیروان، فصلنامه *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۵۴: ۳۵-۶۰.

۵. میرزایی، ا.، م. کوپاهی و ع. کرامت زاده (۱۳۸۶)، اثر استراتژی‌های قیمتی آب بر تخصیص آب آبیاری (مطالعه موردی دشت تجن استان مازندران)، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد.

6. Aguadelo, J. I. (2001), The Economic Valuation of Water, Principle and Methods, *Value of Water Research Report*, series No 5. IHE Delf.

7. Biswas, Asit, K. (2005), An Assessment of Future Global Water Issues, *Water Resources Development,* 21 (2): 237.

8. Bjornlund, H., C. Lorrane and K.K. Klien (2007), Challenges in Implementing Economic Instruments to Manage Irrigation Water on Farms in Southern Alberta, *Agricultural Water Management*, 92: 131-174.

9. CAI, X., C. Ringler and M.W. Rosegarant (2001), Dose Efficient Water Management Matter? Physical and Economic Efficiency of Water Use in the River Basin, EPDT Discussion Paper No.72, Available at: http://www.ifpri.org/publication/does-efficient-water-management-matter?print.

10. FAO: World Soil Resources Report of Agro-ecological (1978), Project in Africa, Available at: www.fao.org.

11. Johansson, R.C. (2001), Pricing Irrigation Water: A literature Survey, Available at: http://water.worldbank.org/water/ publications/ pricing-irrigation-water-literature-survey.

12. Letey, J. and A. Dinar (1996), Modeling Economic Management and Policy Issues of Water in Irrigated Agriculture, Preager Publishers, Westport Conn.

13. Mainuddin, M., M. Kirby and M. Ejaz Qureshi (2007), Integrated Hydrologic–Economic Modeling for Analyzing Water Acquisition Strategies in the Murray River Basin, *Agricultural Water Management*, 93: 123-135.

14. Sawyer, D., G. Perron and M. Tradeau (2005), Analysis of Economic Instruments for Water Conservation, Final Report, Canadian Council of Ministers of the Environment, Available at: http://www.ccme.ca/assets/pdf/ei_marbek_final_rpt_e.pdf.

15. Ward, F.A. and A. Michelson (2002), The Economic Value of Water in Agriculture: Concepts and Policy Applications, *Water Policy Journal*, 4: 423-446.

16. Wichelns, D. (2002), An Economic Perspective on Potential Gains from Improvements in Irrigation Water Management, *Agricultural Water Management*, 52: 233-248.