

آب و توسعه پایدار

سال ششم - شماره سوم (پیاپی ۱۴)
اسفندماه ۱۳۹۸



فهرست مقالات

- اخلاق در حرفه مهندسی
ندا شیخ رضازاده نیکو، کامران داوری، بیژن قهرمان، علی نقی ضیائی، شهرداد صفوی
- سنجش ردپای آب و تجارت آب مجازی در بخش‌های اقتصادی استان یزد با استفاده از رویکرد داده-ستانده
زهرانصراللهی، مهران زارعی، سمیرا رایگا
- تحلیل نظام تعرفه و ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت ایران
مرتضی تهمی پور زرنندی، علیرضا خزائی، فتانه کولیوند
- برآورد مصرف آب در محصولات زراعی - درآمدی بر حسابداری آب کشاورزی
سیدعلی اکبر عظیمی دزفولی
- تحلیل شکاف بهره‌وری و برنامه‌ریزی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی با رویکرد توانمندسازی کشاورزان و پایداری در آبخوان‌ها (مطالعه موردی: دشت قزوین)
بیژن نظری
- بررسی چالش‌ها و امکان‌سنجی قانونی، اجتماعی و اقتصادی پرداخت ما به ازای خدمت آب در استان گلستان
جلیل کریمی، خدیجه کیاپاشا، حمیدرضا نیازی‌فر
- رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری از مخازن آب چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)
الهه آهنی، محمود احمدپور برازجانی، سامان ضیایی
- اهمیت نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای
(مطالعه موردی: شهرستان فاریاب - جیرفت)
رحیمه دهقانی دشتابی، وحدت برخوردار، میلاد جهانی، سیدحسن میرهاشمی
- بررسی کارایی مدل SRFR و SURFACE در شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری در مزارع گندم
آرش تافته، محمدرضا امداد

صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سرمدیر

دانشگاه فردوسی مشهد

ناصر شاهنوشی فروشانی / استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

بیژن قهرمان / استاد بازنشسته گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیئت تحریریه

کاظم اسماعیلی / دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

علی باقری / دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس

محمد جلیلی / دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

کامران داوری / استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

عباسعلی قزل سوفلو / استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

مهدی مفتاح هلقی / دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

شورای سیاست گذاری

احمد سیاحی (ریاست شورا) / مدیر کل دفتر تحقیقات، توسعه فن آوری و ارتباط با صنعت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

حسین اسماعیلیان / مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد

محمد علایی / مدیر عامل شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی

سید یحیی موسوی / دبیر اندیشگاه آب شرکت مدیریت منابع آب ایران

ناصر شاهنوشی فروشانی / مدیر مسئول نشریه

بیژن قهرمان / سرمدیر نشریه

مشاوران هیئت تحریریه

انوش نوری اسفندیاری / اندیشکده تدبیر آب ایران

سید حسین سجادی فر / شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

ثمانه توکلی امینیان / شرکت آب و فاضلاب مشهد

احمد قندهاری / شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی

مهدی کلاهی / دانشگاه فردوسی مشهد

کارشناس اجرایی

ویراستاری

طراحی جلد

ناشر / چاپ

شماره شاپا

تارنما/رایانامه

آدرس

حامی مالی

پایگاه های نمایه شده

مهری شاهدی، فاطمه طالبی حسین آباد

مهری شاهدی، مر جان قوچانیان (فنی و ادبی) / آرزو حسینی، مائده اسکوهی (لاتین)

محمدرضا شیخی

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد / چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

۲۴۲۳-۵۴۷۴

<http://jm.um.ac.ir/index.php/WSD> / jwsd@um.ac.ir

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دفتر نشریه، صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

شرکت آب و فاضلاب مشهد

پایگاه استنادی علوم ایران (ISC)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، بانک اطلاعات

نشریات کشور (MAGIRAN)



- الف سرمقاله: قنات بستری برای ایجاد اشتغال پایدار روستایی / ناصر شاهنوشی فروشانی (مدیر مسئول نشریه)
- ب یادداشت کوتاه: آب، یک کالای اقتصادی / سیدمحمدحسین شریعتمداری (سرپرست مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران)
- ۱ اخلاق در حرفه مهندسی
ندا شیخ رضازاده نیکو، کامران داوری، بیژن قهرمان، علی نقی ضیائی، شهداد صفوی
- ۱۱ سنجش ردپای آب و تجارت آب مجازی در بخش‌های اقتصادی استان یزد با استفاده از رویکرد داده-ستانده
زهرا نصراللهی، مهران زارعی، سمیرا رایگا
- ۱۹ تحلیل نظام تعرفه و ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت ایران
مرتضی تهامی‌پور زرنندی، علیرضا خزائی، فتنه کولیوند
- ۳۱ برآورد مصرف آب در محصولات زراعی- درآمدی بر حسابداری آب کشاورزی
سیدعلی‌اکبر عظیمی دزفولی
- ۴۱ تحلیل شکاف بهره‌وری و برنامه‌ریزی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی با رویکرد توانمندسازی کشاورزان و پایداری در آبخوان‌ها
بیژن نظری
- ۵۱ بررسی چالش‌ها و امکان‌سنجی قانونی، اجتماعی و اقتصادی پرداخت ما به ازای خدمت آب در استان گلستان
جلیل کرمی، خدیجه کیاپاشا، حمیدرضا نیازی‌فر
- ۶۳ رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری از مخازن آب چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)
الهه آهنی، محمود احمدپور برازجانی، سامان ضیایی
- ۷۳ اهمیت نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان فاریاب - جیرفت)
رحیمه دهقانی دشتابی، وحدت برخوردار، میلاد جهانی، سیدحسن میرهاشمی
- ۷۹ بررسی کارایی مدل SURFACE و SRFR در شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری در مزارع گندم
آرش تافته، محمدرضا امداد
- ۸۸ آشنایی با نشریه و راهنمای چارچوب مقالات
- ۹۰ گزارش: شرکت آب و فاضلاب مشهد، حامی تولید و انتشار نشریه علمی آب و توسعه پایدار



قنات بستری برای ایجاد اشتغال پایدار روستایی

ویژگی بارز ایرانیان با داشتن چندین هزار سال تاریخ مکتوب و مدون سازگاری با محیط پیرامونی خود از ابعاد مختلف بوده است. ایران در پهنه‌ای با اقلیم گرم و خشک و با میانگین تبخیر دو هزار میلی‌متر در سال، واقع شده است. در طول تاریخ تلاش ایرانیان بر این بوده است که با این شرایط نسبتاً سخت طبیعی، کنار آمده و در گذار زندگی کمترین آسیب را ببینند. مردمان این سرزمین زندگی در این اقلیم خشک را همراه با وقوع انواع خشکسالی‌های متوالی، تداوم داده‌اند. از این‌رو بدون استناد به مدارک و شواهد تاریخی و صرفاً با تکیه بر شرایط اقلیمی ایران، می‌توان با اطمینان گفت ایرانیان مبتکر ایجاد قنات، حداقل در غرب و مرکز آسیا یعنی نواحی بین مدار بین ۲۵ تا ۴۵ درجه عرض جغرافیای شمالی بوده‌اند.

ایرانیان در این اقلیم خشک با فراست و تیزبینی در کنار تجارت و کسب و کارهای خرد، کشاورزی را به عنوان مهمترین پیشه و منبع درآمد و تأمین مایحتاج خود انتخاب کرده‌اند. اساس کشاورزی، بر پایه آب قرار دارد، با این وجود مردمان این سرزمین با چنین انتخاب سختی توانسته‌اند بقاء تمدنی خود را حفظ و تداوم دهند، به گونه‌ای که پیش قراول در کشت خیلی از محصولات کشاورزی از جمله گندم باشند. در پهنه ایران زمین به ویژه در فلات مرکزی، قنات نقش بارزی در تداوم زندگی تمدنی مردم داشته است. بر اساس اسناد متقن طی ادوار گذشته بیش از ۶۴ هزار رشته قنات در ایران احداث شده و تکنیک ایجاد آن از ایران به تعدادی از کشورهای دیگر انتقال یافته است. بدون تردید با توجه به میزان تبخیر سالانه در ایران و کشورهای با اقلیم مشابه، ایجاد قنات بهترین تدبیری بوده که در زمان‌های گذشته برای بهره‌برداری از منابع آبی بکار گرفته شده است. تا دهه سی شمسی قنات، چشمه‌ها و آب‌های سطحی مهمترین منابع آبی مورد استفاده در بخش‌های مختلف، به ویژه بخش کشاورزی بوده است.

در طول ادوار گذشته به غیر از قحطی‌های گسترده که ناشی از وقوع خشکسالی عمیق و فراگیر در کشور بوده، منابع آبی کفاف نیازهای جمعیتی جامعه را می‌داده و تعادلی بین منابع و مصارف وجود داشته است. از دهه سی شمسی به بعد با افزایش سریع جمعیت و ورود تکنولوژی پمپاژ آب‌های زیرزمینی، شرایط به زیان قنات‌های کشور تغییر یافته و با توجه به امکان افزایش برداشت از منابع زیرزمینی، تعدادی زیادی از دشت‌های کشور با کسری مخزن مواجه شده‌اند که خطر جدی برای کشور ایجاد کرده است. در چنین شرایطی طبعاً قنات کشور در موقعیت نامناسبی قرار گرفته‌اند، به طوری که بیش از ۳۰ هزار رشته قنات کشور طی چند دهه اخیر به دلایل مختلف از بین رفته و بسیاری از قنات‌های باقی‌مانده نیز در معرض نابودی قرار دارند. بدون شک با توجه به میزان جمعیت فعلی کشور، قنات کفاف منابع آبی مورد نیاز کشور را نمی‌دهند، ولی با حفظ و احیا آنها می‌توان پایداری درصدی از این منابع را تضمین نمود. تا سال ۱۳۵۷ در مجموع ۱۹ سد در کشور وجود داشته که در حال حاضر به ۱۹۰ سد افزایش یافته است. در مورد آثار مثبت و منفی سدها دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد؛ ولی با توجه به شرایط اقلیمی کشور نقش سدها را در افزایش تبخیر منابع آبی نمی‌توان کتمان نمود. در طول سال‌های پس از انقلاب، حداقل بیش از ۴۰ هزار میلیارد تومان صرف احداث سدها شده است که اگر یک دهم این مبلغ صرف حفظ و احیاء قنات می‌شد، کشور از منابع آبی پایداری برخوردار می‌گردید.

نگهداری و احیاء قنات از دو منظر باید مورد توجه قرار گیرد. یکی از جنبه فیزیکی و دیگری از جنبه حقوق مالکانه‌ای که برای صیانت از حریم قنات باید مد نظر قرار گیرد. با حفظ و احیاء رشته قنات‌های موجود کشور، علاوه بر اینکه بخشی از منابع پایدار آبی در کشور تضمین می‌شود و فرصت‌های موجود در بعد تولید و اشتغال پایدار و رونق اقتصادی به ویژه در مناطق روستایی شکل می‌گیرد، زمینه‌ساز فرصت‌های جدیدی در عرصه‌های مختلف خواهد شد. بوم‌گردی و ایجاد اشتغال غیر کشاورزی در روستاها یکی از متغیرهایی است که نقش موثری در نگهداری جمعیت روستایی کشور دارد. بنابراین حفظ و احیاء قنات می‌تواند بستر ساز فرصت‌های شغلی تازه و کسب منابع جدید درآمدی در روستاها باشد.



آب، یک کالای اقتصادی

تحولات دهه چهل را می‌توان آغاز تغییرات اساسی در مسائل اقتصادی، اجتماعی و همچنین کشاورزی، زمین و آب دانست. رویدادهای این دوره به شرح زیر ذیل می‌باشد:

۱- اصلاحات ارضی در سال ۱۳۴۱ با دو هدف لغو رژیم ارباب رعیتی و تقسیم اراضی بین کشاورزان صاحب نسق انجام گردید. هدف اول به سرعت محقق گردید، لکن اثرات بخش دوم به صورت خرد شدن اراضی یکپارچه و تخریب مدیریت تاریخی نظام بهره‌برداری مالک و زارع، بدون چاره‌اندیشی مناسب هنوز هم عامل محدودکننده توسعه کشاورزی و ضایعات بیش از حد می‌باشد.

۲- افزایش ناگهانی قیمت نفت در اوایل دهه پنجاه، از ۵ دلار به ۱۷/۵ دلار در هر بشکه نظام را به سمت برقراری یارانه‌های بی‌حساب و شاید در رقابت با همسایه غربی هدایت کرد. یارانه سوخت و ماشین‌آلات، انگیزه برای استفاده خارج از ظرفیت اکولوژیک منابع آب زیرزمینی را فراهم آورد که متأسفانه بعد از انقلاب تشدید گردید. در زمینه آب‌های سطحی نیز سرمایه‌گذاری‌های دولتی فراوان، ایجاد سدهای بزرگ و کوچک و بعضاً بدون توجیه اقتصادی و محیط‌زیستی را موجب گردید.

۳- تغییر در الگوی مصرف مواد غذایی در شروع عمدتاً با واردات فراوان و پرداخت یارانه‌های زیاد تامین گردید. در دهه ۴۰، مقدار کالری روزانه ۱۷۴۵ کیلوکالری نفر در روز (کمتر از کالری مورد نیاز) و مقدار پروتئین مصرفی ۵۰/۰۶ گرم در روز بوده است در حالیکه در سال ۱۳۹۵ مقدار کالری مصرفی روزانه به ۳۵۵۶ کیلوکالری نفر در روز (بیشتر از کالری مورد نیاز) و مقدار پروتئین مصرفی به ۹۶/۷ گرم رسیده است که این امر نیز در حد خود در نامتعادل کردن تراز اکولوژیک کشور موثر بوده است.

۴- مجموعه موارد فوق همچنین در ترکیب با تصمیمات سیاسی در مورد منابع آب باعث گردید که در نیمه دوم دهه هشتاد کم‌کم آثار فیزیکی بحران منابع آب به صورت خشک شدن تالاب‌ها و افت آبهای زیرزمینی و کاهش رواناب‌ها ظاهر گردد که برخی از آثار آن به شرح زیر است:

- تعداد چاه‌ها از ۴۷ هزار حلقه در سال ۵۲-۱۳۵۱ به ۷۸۹ هزار حلقه در سال ۹۴-۱۳۹۳ رسیده است که افزایش ۱۵/۷ برابری در تعداد چاه‌ها (مجاز و غیرمجاز) را نشان می‌دهد. در حال حاضر از کل چاه‌ها حدود ۳۳۰ هزار حلقه، یعنی حدود ۴۲ درصد غیر مجاز است.

- تعداد چاه‌های عمیق از ۱۳ هزار حلقه در سال ۱۳۵۱ به ۱۹۵ هزار حلقه در سال ۱۳۹۴ رسید.

- متوسط ۴۹ ساله بارش از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۵، ۲۴۲ میلی‌متر و متوسط ۶ ساله آن از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ حدود ۱۰ درصد کاهش داشته و به ۲۱۷ میلی‌متر رسیده است.

- متوسط درازمدت رواناب از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۵ حدود ۸۷ میلیارد مترمکعب و متوسط ۶ ساله آن از ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵، به حدود نصف کاهش یافته است و به ۴۹/۵ میلیارد مترمکعب رسیده که به خشک شدن و کم‌آب شدن اغلب رودخانه‌ها انجامیده است.

- رویدادهای سیاسی دهه ۸۰ به بعد در راستای خسارت به منابع آب کشور عبارتند از:

- مصوبه مجلس در مورد تعیین تکلیف چاه‌های فاقد پروانه بهره‌برداری در سال ۱۳۸۹

- تشویق و اصرار بالاترین مقام اجرائی کشور به استفاده بیشتر از آب‌های زیرزمینی و آب‌های بالادست

- برشمردن آب به عنوان عاملی برای ایجاد اشتغال
- طرح فدک به منظور توسعه ۲ میلیون هکتار سطح زیرکشت و اشتغال ۵۰۰ هزار نفر در طول ۲ سال بود و لازمه اجرای این طرح افزایش ۲۳۵ هزار حلقه چاه جدید بود.

آب یک کالای اقتصادی است و بایستی با آن برخوردی اقتصادی کرد. در دومین کنفرانس اقتصاد آب نیز ۱۲۰ کلید واژه اقتصادی آب مشخص گردیدند. سوالی که مطرح می‌شود این است که آیا می‌توان به این وضعیت سروسامانی داد؟ و امکان‌پذیرترین و اقتصادی‌ترین راه حل چیست؟ بله هنوز فرصت هست. حسب توصیه‌های صاحب نظران کشاورزی با دید اقتصادی رفتار کردن با آب و با استفاده از ابزار بهره‌وری و تلاش برای ارتقاء بهره‌وری آب به عنوان سهل‌ترین و کم‌هزینه‌ترین راه حل، می‌توان از این بحران، رهایی پیدا کرد.

خوشبختانه تفاهم نامه‌ای درخصوص ارتقاء بهره‌وری آب بین اتاق ایران و وزارت جهاد کشاورزی امضا شده که فعلاً در مرحله تهیه نقشه راه می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود با کاهش ۳۰ درصد مصرف آب در بخش کشاورزی از طریق ارتقاء بهره‌وری آب، ظرف مدت ده سال از سال ۱۳۹۹ تا سال ۱۴۰۹ بحران آب کشور کاهش یابد.

Article Type: Conceptual

نوع مقاله: مفهومی

Ethics in Engineering Profession

N. Sheikh Rezazadeh Nikou¹, K. Davary², B. Gahraman³, A.N. Ziaei^{4*}, Sh. Safavi⁵

1, 2, 3, 4- PhD Student, Professor, Professor & Associate Professor, Water Science and Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
5-Research Fellow, Hydraulic Structures Department, Water Research Institute, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: an-ziaei@um.ac.ir)

Received: 31-03-2018

Accepted: 05-11-2018

اخلاق در حرفه مهندسی

ندا شیخ رضازاده نیکو^۱، کامران داوری^۲، بیژن قهرمان^۳، علی نقی ضیائی^{۴*}، شهرداد صفوی^۵

۱، ۲، ۳، ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، استاد و دانشیار، گروه علوم مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد. ۵- کارشناسی ارشد عمران آب، موسسه تحقیقات آب تهران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: an-ziaei@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۱۴

Abstract

Human achievements have led to large advancements in technology which along with the beneficial and valuable effects have also had catastrophic social consequences due to the lack of proper use and management. Therefore, ethics are considered as one of the critical components in the growth of science and culture. Engineers have a high social status with privileges that come with it. In return, it is expected from them to be responsible in their profession and carry out their duties as well as satisfying expectations of the public, protection of the environment, preventing the occurrence of catastrophes, and acting as role models for the next generation which incorporates both macro and micro dimensions of ethics. Training ethics in different educational levels (primary, secondary, and high school) facilitates the compliance at university level, which then increases the students' flexibility in learning ethical problems in the engineering profession. The participation of students and engineers in compiling ethical instructions increases their effectiveness, and enables each generation to solve their social and professional problems. In this paper, some case studies such as the collapse of the Quebec bridge, the Chernobyl disaster, the Fukushima catastrophe, the gradual drying of Lake Urmia, groundwater table drop, land subsidence, and unsustainable development of modern irrigation are investigated. The engineering mistakes, the decisions taken, and how the crisis was managed based on the ethical aspects of each of the aforementioned test cases are investigated for their carelessness, negligence, ignorance, and deliberate mistakes.

Keywords: Microethics, Macroethics, Training, Participation.

چکیده

دستاوردهای انسان گام‌های بزرگ در پیشرفت تکنولوژی بوده که در کنار اثرات مفید و ارزشمند، با کاربرد نادرست و مدیریت غیراصولی، تبعات اجتماعی ناگواری در جوامع داشته و اخلاق به عنوان یکی از مولفه‌های مهم در رشد علم و فرهنگ مطرح بوده است. مهندسان با حفظ جایگاه اجتماعی و مزایای آن، نسبت به حرفه خود مسئول بوده و تعهداتی در قبال وظایف خود دارند تا ضمن برآورده کردن سطح انتظارات مردم، حفظ محیط زیست و اجتناب از رخداد حوادث ناگوار، الگویی برای نسل‌های آتی باشند که شامل هر دو بعد اخلاق خرد و کلان است. آموزش اخلاق در مقاطع مختلف تحصیلی (دبستان، راهنمایی و دبیرستان) منجر به تسهیل رعایت آن در مقاطع دانشگاهی شده و باعث انعطاف‌پذیری بیشتر دانشجویان نسبت به آموزش مسائل اخلاقی در حرفه مهندسی می‌شود. مشارکت دانشجویان و مهندسان در بررسی مشکلات موجود در حرفه و تدوین آیین‌نامه‌های اخلاقی، تاثیرپذیری آن را افزایش داده، به این ترتیب هر نسل در خصوص مسائل و مشکلات جامعه و حرفه خود تصمیم‌گیری می‌کند. در این مقاله، تعدادی از مطالعات موردی شامل سقوط پل کبک، رویداد چرنوبیل، فاجعه فوکوشیما، محو شدن تدریجی دریاچه ارومیه، افت آب زیرزمینی و فرونشست زمین و توسعه ناپایدار آبیاری مدرن ارائه می‌شود که به بیان خطاهای مهندسی، تصمیم‌گیری‌ها در هر پیامد و نحوه برخورد با بحران از منظر اخلاق پرداخته می‌شود و میزان سهل‌انگاری، غفلت، ناآگاهی، خطاهای عمدی و بی‌اخلاقی در هر یک بررسی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اخلاق خرد، اخلاق کلان، آموزش، مشارکت.

همواره رشد فرهنگ، ادب، علم و تکنولوژی در راستای ایجاد جوامعی با تمدن پویا بوده است و لزوم رعایت اخلاق در کلیه حوزه‌های علمی، فرهنگی، اجتماعی و ... منجر به رشد و بالندگی بیشتر جوامع شده است. "واژه اخلاق^۱ به معنای خلق و خوی است و دانش بررسی و ارزش‌گذاری بر رفتارهای انسانی علم اخلاق نامیده می‌شود" (فرهود، ۱۳۸۶). اخلاق، متمایز کننده خوبی در برابر بدی، راستی در برابر ناراستی، پرهیزگاری در برابر گناه و عدالت در برابر جرم می‌باشد. رفتار انسان زمانی اخلاقی است که الف) برای خود بهترین باشد، ب) اهداف خوبی را دنبال کند، ج) کار را به بهترین شکل انجام دهد و د) کارهای او در حیطه قانون باشد. باتوجه به معانی تعریف شده هر انسانی باید از مسئولیت خود در قبال خانواده، دوست، شهروند، حرفه، محیط‌زیست و ... آگاه باشد. "هرچند زمینه ژنتیکی در انتقال صفات موثر است اما عوامل اجتماعی (خانواده، مدرسه، رسانه، ...) عامل بروز و شکوفایی هر ویژگی اخلاقی در محیط است" (فرهود، ۱۳۸۶). آموزش، تمرین و تکرار رفتارهای اخلاقی منجر به نهادینه شدن آن در جامعه و انتقال آن به نسل‌های آینده خواهد شد. نمونه‌هایی از اخلاق اجتماعی شامل احترام به حقوق همدیگر و دوری از خشونت در برخورد با یکدیگر است. نگاهی به سبک زندگی مردم در کشورهای توسعه یافته همچون آموزگاری می‌آموزد محیط زندگی انسان بسیاری از رفتارهای اجتماعی او را شکل می‌دهد. به عنوان نمونه در کشور روسیه، با وجود اینترنت بی‌سیم رایگان در مترو، بیشتر مردم در طول مسیر مطالعه می‌کنند و تنها در صورت لزوم از تکنولوژی

اخلاق مهندسی

مهندسی شامل طراحی، ساخت و در راستای منافع جامعه بوده و به عنوان یکی از مهمترین حرفه‌ها در مبحث اخلاق مطرح است. اخلاق مهندسی مجموعه‌ای از تصمیمات، سیاست‌ها و ارزش‌هاست که در امور مهندسی از نگاه اخلاقی پسندیده بوده و به صورت گسترده‌ای توسط کارشناسان و متخصصان مهندسی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است و برای هر رشته، آیین‌نامه‌هایی تدوین شده است. در این راستا می‌توان به آیین‌نامه اخلاقی سازمان مهندسين برق آمريكا (AIEE، ۱۹۰۶)، آیین‌نامه اخلاقی سازمان مهندسين مکانیک آمريكا (ASME، ۱۹۸۴)، آیین‌نامه اخلاقی سازمان مهندسين شیمی آمريكا (AIChE، ۱۹۱۵)، آیین‌نامه اخلاقی سازمان مهندسين عمران آمريكا (ASCE، ۱۹۱۵)، آیین‌نامه اخلاقی انجمن ملی مهندسين حرفه‌ای (NSPE، ۱۹۴۷)، آیین‌نامه اخلاقی موسسه مهندسان برق و الکترونیک (IEEE، ۱۸۸۴) اشاره نمود. با حفظ مفاهیم اخلاقی مشترک (اجتناب از دروغ‌گویی، تقلب، دزدی

موجود استفاده می‌کنند. درحالی‌که کشور ایران با تمدن و فرهنگ غنی، آمار ناامیدکننده‌ای در کتابخوانی دارد. واردات کتاب‌های مقوایی دکوری از چین، ورشکستگی ناشران داخلی به دلیل کاهش خرید کتاب و کتاب‌خانه‌های خلوت نشان از عقب‌نشینی مرزهای علم و فرهنگ در کشور دارد. باتوجه به اهمیت اخلاق در اجتماع و لزوم آموزش و کاربرد آن در زندگی فردی و اجتماعی، به طور مسلم محیط‌های آموزشی سهم عمده‌ای در ارتقا اخلاق اجتماعی افراد دارند و تهیه آیین‌نامه‌ها و اصول اخلاقی برای اخلاق حرفه‌ای منجر به اثربخشی بیشتر مباحث اخلاقی خواهد شد و نتایج ارزشمند آن ایجاد پیوستگی و سازگاری کلیه حوزه‌ها خواهد بود. اخلاق حرفه‌ای دربرگیرنده اصول، وظایف و استانداردهای رفتار فردی و سازمانی مورد انتظار از افراد حرفه‌ای در مشاغل گوناگون است. افراد شاغل در موقعیت‌های حرفه‌ای از مهارت‌ها و دانش خود برای انجام کار بهره می‌گیرند. این افراد قادر به قضاوت، اعمال مهارت‌ها، دانش و تصمیم‌گیری بر اساس دانش خود در صورت لزوم می‌باشند در شرایطی که عموم جامعه به دلیل نداشتن این دانش و مهارت قادر به این کار نیستند چگونگی استفاده از این دانش و مهارت در هنگام ارائه خدمات به جامعه یک مسئله اخلاقی و موضوع اخلاق حرفه‌ای است (ترجمه دایرةالمعارف فلسفه راتلج، ۱۳۸۲). یکی از قدیمی‌ترین نمونه‌های اخلاق حرفه‌ای سوگندنامه بقراط است که امروزه پزشکان برای تعهد به آن سوگند یاد می‌کنند. اخلاق مهندسی^۲ زیرشاخه‌ای از اخلاق حرفه‌ای است. در اخلاق مهندسی با ارائه کدهای اخلاقی به مهندسان، در تصمیم‌گیری اخلاقی در حرفه مهندسی کمک می‌شود و در ادامه ضمن ارائه اهمیت این موضوع، از دیدگاه اخلاق خرد و کلان بررسی می‌شود.

و ...)، علت شکل‌گیری آیین‌نامه‌های مختلف در هر رشته، اختلاف در اخلاق حرفه‌ای در تامین تقاضا با استانداردهای بالاتر می‌باشد (Davis، ۱۹۹۳ و ۲۰۰۶).

اهمیت موضوع اخلاق مهندسی شامل موارد زیر می‌باشد:

الف) ارتباط مستقیم با رشد علم و تکنولوژی،

ب) اجتناب از رخداد حوادث فاجعه‌بار

پ) عدم سوءاستفاده از مشتریان و عموم و برآورده کردن سطح انتظارات مردم

ت) توجه به تناسب و یکپارچگی محیط‌های انسانی و طبیعی

در پژوهش صورت گرفته توسط جودکی و اجل لوثیان (۱۳۹۵) بر روی "اخلاق مهندسی در پروژه‌های عمرانی"، به این نتیجه دست یافتند که در ۴۴٪ گروه نمونه، کارگاه‌های عمرانی فاقد گفتمان اخلاقی هستند و در ۸۷٪ رابطه و نفوذ را عامل مؤثر در استخدام می‌دانستند. در ۷۹٪ گروه نمونه از مفاد آیین‌نامه‌های اخلاق مهندسی آگاهی نداشتند و ۷۸٪ از افراد، آموزش ناکافی را علت این مساله می‌دانستند. در نهایت ۵۳٪ گروه نمونه، بی‌اخلاقی

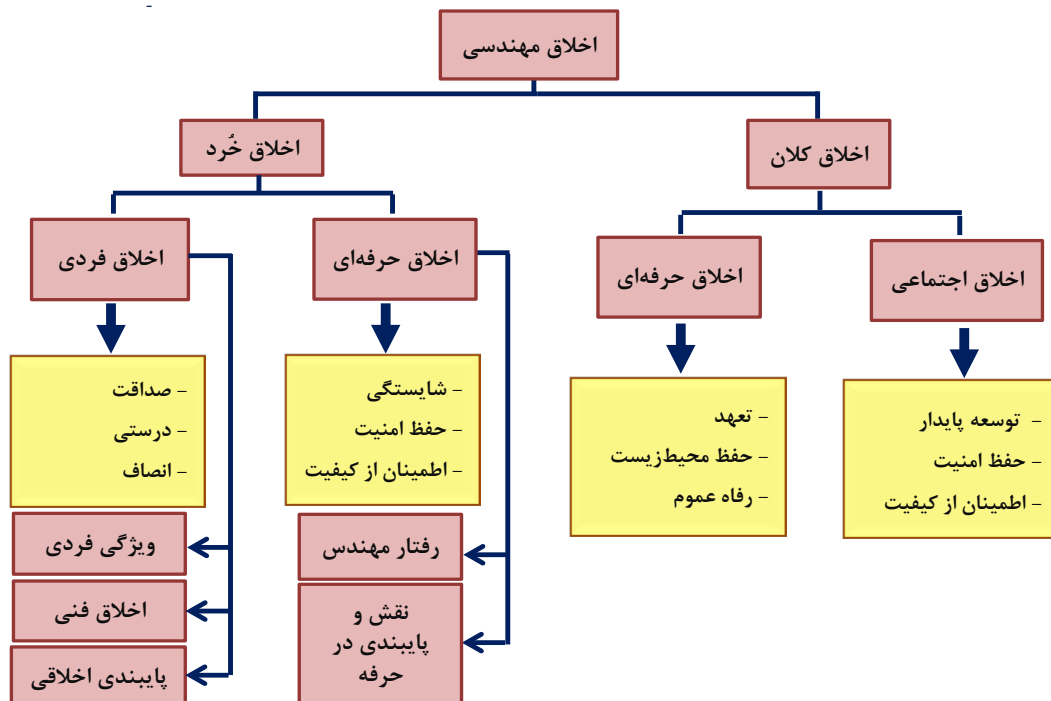
در کارگاه‌ها را با بی‌اخلاقی در جامعه مرتبط می‌دانستند. ایشان دریافتند سطوح پایین آگاهی از آیین‌نامه‌های اخلاق مهندسی ناشی از آموزش ناکافی در دانشگاه می‌باشد. تعارضات بسیاری میان تاثیرگذاری آموزش اخلاق مهندسی بر دانشجویان و مهندسان وجود دارد. برخی بر این باور هستند که باید اخلاق حرفه‌ای در دانشگاه‌ها آموزش داده شود (Self و Ellison، ۱۹۹۸؛ Sindelar و همکاران، ۲۰۰۳؛ Buckeridge، ۲۰۱۱)، و برخی بر این باور هستند که اخلاق آموختنی نیست (Steneck، ۱۹۹۹؛ Bauer و Adams، ۲۰۰۵) درحالی‌که (Abaté، ۲۰۱۱) اجبار در آموزش اخلاق را رد می‌کند و (Lynch، ۱۹۹۷) بر این باور است که تکیه بر آموزش‌های

تئوریک تاثیر کمتری داشته و باید مسائل کاربردی حرفه نیز مطرح شود. همچنین لازم است دانشجویان در خصوص مباحث اخلاقی مرتبط با زمینه رشته خود، مشارکت و تمرین داده شوند (Florman، ۱۹۹۶؛ Cruz و همکاران، ۲۰۰۴؛ Loui، ۲۰۰۵؛ Hoke، ۲۰۱۲؛ Stappenbelt، ۲۰۱۳؛ Lee و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین، ۱- لازم است امور اخلاقی در هر اجتماعی مورد توجه قرار گیرد، ۲- باید آموزش اخلاق در مهندسی تخصصی باشد برای اینکه مثال‌های خاصی در هر رشته مطرح است، ۳- لازم است امور اخلاقی مورد توجه قرار داده شود و ۴- آموزش در عین آن که موثر است اجتماع هم حائز اهمیت بوده و اجبار پاسخگو نیست.

اخلاق خُرد و اخلاق کلان در مهندسی

اخلاق مهندسی بر مبنای اخلاق خُرد^۲ و کلان^۳ (McLean، ۱۹۹۳؛ Roddis، ۱۹۹۳؛ Vanderburg، ۱۹۹۵؛ Herkert، ۲۰۰۳) مطالعه می‌شود (شکل ۱). در دیدگاه خُرد، اخلاق فردی و حرفه‌ای مطرح بوده و تصمیمات شخصی در زندگی شخصی و حرفه‌ای را شامل می‌شود. در اخلاق فردی لازم است شخص علاوه بر اینکه دارای ویژگی‌هایی مانند حجب، راستگویی، مسوولیت‌پذیری، شایستگی در تخصص و ... باشد، اخلاق فنی (مانند دخالت به‌جا در تصمیم‌گیری‌ها و نظرات کارشناسانه درست) و پایبند اخلاقی (مانند تصمیمات عاقلانه در مواقع اضطراری، درخواست کمک و همفکری در صورت لزوم) را رعایت نماید. مهندسان در اخلاق حرفه‌ای ضمن برخورد مناسب با مدیر، کارمندان، مشتریان و

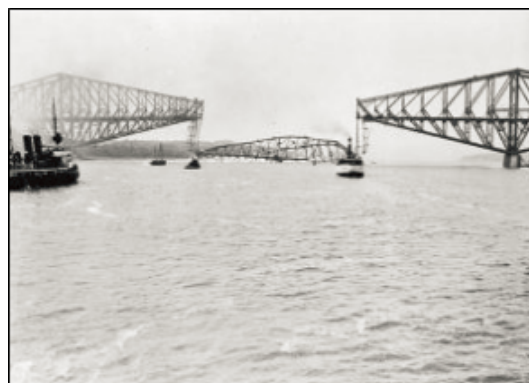
همکاران لازم است وظیفه خود را به بهترین شکل انجام دهند و نسبت به حرفه خود مسوولیت‌پذیر باشند. غالباً، پایبندی فردی و حرفه‌ای در قالب آیین‌نامه‌هایی تدوین و در اختیار مهندسان قرار می‌گیرد (مانند آیین‌نامه اخلاقی NSPE (۱۹۴۷)). در دیدگاه کلان، مسوولیت‌پذیری دسته‌جمعی و اجتماعی در حرفه مهندسی و تصمیم‌گیری اجتماعی در خصوص تکنولوژی در سطح وسیع‌تری مطرح بوده و به‌صورت اخلاق حرفه‌ای کلان و اخلاق اجتماعی کلان مطرح است و از کدها و آیین‌نامه‌های حرفه‌ای متمایز می‌باشد. نمونه‌هایی از اخلاق حرفه‌ای کلان شامل برداشت آب زیرزمینی با رویکرد توسعه پایدار و یا در اخلاق اجتماعی اجتناب از ایجاد سلاح‌های سایبری و مسائل اخلاقی مرتبط با علم نانو است. در شکل (۱) نمونه‌هایی از اهمیت اخلاق مهندسی در جوامع ارائه شده است.



شکل ۱- دیاگرام بررسی اخلاق مهندسی

• حادثه پل کبک در کانادا

در سال ۱۹۰۷، پل آهنی (شکل ۲ الف) در حال ساخت بر روی رودخانه کبک در کانادا به داخل دریاچه واژگون شد. از ۸۶ کارگری که روی پل کار می‌کردند، تنها یازده نفر زنده ماندند. برخی زیر فولاد تابیده له شده بودند، برخی در اثر سقوط کشته شده و برخی تا پیش از رسیدن قایق‌های نجات، غرق شدند. دو سال طول کشید تا آوار را از رودخانه پاک کنند. تئودور کوپر، مهندس عمران آمریکایی، به دلیل اشتباهات مهلک در محاسبات و طراحی پل به‌عنوان مقصر اصلی این حادثه شناخته شد. در سال ۱۹۱۶، دولت کانادا در اثر سهل‌انگاری کارفرمای پیشین و ریزش پل، مدیریت و اجرای پل را به دست گرفت و پل را با بازوهای کنسولی سنگین‌تر مجدداً طراحی کرد؛ اما هنگام بلند کردن، دهانه میانی سقوط کرد و ۱۳ نفر کشته شدند (شکل ۲-ب). بعداً این پل کبک به زیارتگاه مهندسانی تبدیل شد تا یادآور قدرت تخریبی خطاها و سهل‌انگاری‌های انسانی باشد. مهندس‌های کانادایی در مراسم فارغ‌التحصیلی حلقه‌هایی آهنی دریافت می‌کنند که نماد تعهد و اخلاق در این حرفه است. این حلقه‌ها یادآور مرگ ۸۸ کارگر در حادثه سقوط پل نیز هست (Pearson و Delatte، ۲۰۰۶).



(الف)



(ب)

شکل ۲- الف) واژگونی پل آهنی در سال ۱۹۰۷ و
ب) سقوط دهانه میانی پل در سال ۱۹۱۶

• حادثه اتمی چرنوبیل

حادثه چرنوبیل حادثه هسته‌ای فاجعه‌باری بود که در ۲۶ آوریل ۱۹۸۶ در نیروگاه چرنوبیل در اوکراین رخ داد. انفجار و آتش‌سوزی در رآکتور شماره ۴ نیروگاه چرنوبیل باعث پخش مواد رادیواکتیو در بخش بزرگی از غرب شوروی و اروپا (اوکراین، جمهوری روسیه سفید و فدراسیون روسیه، کشورهای فنلاند، سوئد، نروژ، لهستان، انگلستان و برخی کشورهای دیگر) شد. حادثه زمانی آغاز شد که نیروگاه چرنوبیل دستور کاهش میزان قدرت رآکتور، برای تست را دریافت نمود و نیروگاه شروع به کاهش قدرت رآکتور شماره ۴ تا ۳۰ درصد نمود. دو اشتباه، واقعه مهلک چرنوبیل را رقم زد: نخستین اشتباه زمانی بود که کنترل‌کننده رآکتور به اشتباه و بر اثر عدم تنظیم درست، میله‌های جذب نوترون نیروی رآکتور را تا یک درصد کاهش داد و رآکتور بیش از پیش افت قدرت پیدا کرد. دومین اشتباه این بود که تقریباً تمامی میله‌های کنترل را از داخل رآکتور بیرون کشیدند. در این زمان و با وجود نبود میله‌های کنترل‌کننده قدرت در داخل منطقه فعال، نیروی رآکتور به ۷ درصد افزایش پیدا کرد. یک انفجار اولیه، پوشش ۱۰۰۰ تنی بالای رآکتور را بلند و راه را برای خروج مقدار زیادی بخار آب باز کرد و این مقدمه‌ای بود بر انفجار دوم ناشی از هیدروژن که ممکن است حاصل ترکیب بخار آب لوله‌های پاره شده و زیرکونیوم یا حتی گرافیت هسته رآکتور بوده باشد. انفجار دوم سقف رآکتور را جدا کرد و ۲۵ درصد از تأسیسات هسته رآکتور را از بین برد. در اثر فاجعه چرنوبیل نزدیک به ۵ میلیون نفر آسیب دیدند و حدود ۵ هزار مرکز مسکونی در روسیه سفید، اوکراین و فدراسیون روسیه با ذرات رادیواکتیو آلوده شدند. از میان آن‌ها، ۲۲۱۸ شهر و روستا با جمعیت حدود ۴/۲ میلیون نفر در محدوده اوکراین قرار داشتند. عوامل اصلی فاجعه انجام آزمایش بدون فراهم بودن شرایط، سطح ناکافی ایمنی در رآکتور، اشتباهات پرسنل و عدم آگاهی پرسنل از ایراد در دکمه ایمنی کلیه رآکتورهای هسته‌ای روسیه (به دلیل عدم اعلام آن از سوی مقامات روسی جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها) و فشار آن به هنگام مشاهده شرایط اضطراری در زمان آزمایش بود. با وجود گذشت سال‌ها از این حادثه، هنوز آثاری از مواد رادیواکتیو و جهش‌های ژنتیکی در مردم منطقه مشاهده می‌شود. مقیاس این فاجعه بسیار بیشتر از آن بود که مقامات دولتی آن را اعلام می‌کردند. از ششصد هزار نفری که در معرض تشعشعات رادیواکتیو قرار گرفتند، حدود بیست هزار نفر کشته شده و دویست هزار نفر هم رسماً از کار افتاده اعلام شده‌اند و کسانی هم که زنده ماندند از بیماری‌ها و سرطان‌های مربوط به تشعشعات اتمی رنج می‌برند (UNSCEAR، a و b ۲۰۰۸). در خصوص علت رخداد فاجعه چرنوبیل چند مورد حائز اهمیت است: نخست، غفلت مسئولین در خصوص بازسازی نیروگاه و دستور اجرای آزمایشات با آگاهی



شکل ۳- انفجار رآکتور ۴ نیروگاه چرنوبیل در سال ۱۹۸۶

از مشکلات موجود در نیروگاه (که به نظر نویسندگان این مقاله به نوعی بی‌اخلاقی قلمداد می‌شود)، دوم، سهل‌انگاری مهندسين به هنگام انجام آزمایش‌ها، سومین خطا، به دلیل بی‌اخلاقی مسئولین در عدم اطلاع‌رسانی به مردم پیرامون فاجعه رخ داده می‌باشد، پس از بروز فاجعه روزها زندگی در آن محدوده با روال عادی در جریان بوده، اگرچه انفجار در رآکتور و پرتاب کلاهک با صدای مهیبی همراه بوده، مردم ساکن در مناطق نزدیک به حادثه از این موضوع آگاه نبودند. غفلت و ناآگاهی مردم ساکن در مناطق نزدیک به حادثه نسبت به عمق فاجعه رخ داده مشهود بوده است.

• زلزله و سونامی ژاپن

در سال ۲۰۱۱، زلزله ۹ ریشتری (از نظر علم زلزله‌شناسی در رده زلزله‌های بزرگ) رخ داد و به دنبال آن سونامی در ژاپن منجر به کشته و مفقود شدن بیش از ۱۸۰۰۰ نفر شد. نیروگاه "دائیچی" در فوکوشیما در پی وقوع زمین‌لرزه و سونامی دچار نقص فنی در سیستم خنک‌کننده شد. در زمان وقوع زلزله، رآکتور ۴، خالی از سوخت بود و رآکتورهای ۵ و ۶ خاموش و کاملاً سرد بودند. سایر رآکتورها، با وقوع زلزله به‌طور خودکار خاموش شدند و ژنراتورهای اضطراری برای فعال نمودن پمپ‌های آب و خنک کردن رآکتورها روشن شدند. محوطه نیروگاه با موج‌شکنی، که برای مقابله با امواج سونامی تا ارتفاع ۵/۷ متری کفایت می‌کرد، محافظت می‌شد؛ ولی در برابر امواج ۱۴ متری که ۱۵ دقیقه بعد از زلزله آغاز شدند، بی‌استفاده بودند. در نتیجه محوطه نیروگاه کاملاً در آب غرق شد و ژنراتورها که در ارتفاعی پایین‌تر از سطح دریا قرار داشتند و تابلوهای برق در طبقه پایین رآکتورها واقع شده بودند، همگی به زیر آب رفتند. ارتباط با شبکه برق قطع و در نتیجه با از کار افتادن پمپ‌ها، کار خنک کردن رآکتورها متوقف شد. سپس دمای رآکتورها از حد مجاز بالاتر رفت. این در حالی بود که سیل و زلزله امکان کمک‌رسانی را تقریباً غیرممکن کرده بود. از این سانحه به‌عنوان بزرگ‌ترین فاجعه هسته‌ای پس از رویداد "چرنوبیل" یاد می‌شود. ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری نیروگاه، تخلیه و مردم ساکن در منطقه به محل دیگری انتقال داده شدند. مهندسان روزها در مقابل تشعشعات هسته‌ای تلاش در خنک‌سازی مجدد رآکتورها داشتند. پس از این حادثه فاجعه‌بار، در گام اول دولت سیاست‌هایی را در جهت بازسازی، ساخت و اسکان بازماندگان اتخاذ نمود (شکل ۴). سپس، پاک‌سازی مناطق آلوده به رادیواکتیو (مناطق نزدیک به نیروگاه هسته‌ای) را در اولویت کار خود قرار داد. گام‌های بعدی دولت، بررسی زلزله و سونامی به‌عنوان درسی برای مقابله با فاجعه، کنترل و کاهش

آن بود. در طول سال‌های بازسازی، دولت گروهی را بر نظارت روند پیشرفت کار و پاسخگویی به سوالات مردم تعیین نمود تا مانع از ایجاد مسائل روانی پس از حادثه شود (Inokuma و Nagayama، ۲۰۱۳). چنین زمین‌لرزه‌ای با بزرگی ۹ ریشتر در شمال شرق ژاپن از سوی زلزله‌شناسان غیرقابل انتظار بود و این زمین‌لرزه هشدار مهمی برای زلزله‌شناسان در سراسر جهان است تا در روش‌های قدیمی و برآوردهای معمول با استفاده از داده‌های موجود برای تخمین بزرگترین زمین‌لرزه محتمل، تجدیدنظر کنند. چنین فاجعه‌ای ناشی از سهل‌انگاری و عدم تخمین رخداد هم‌زمان زلزله و سونامی بوده و تبعات بسیاری برای مردم و مسئولین داشته است اما نکته اخلاقی مساله، تلاش‌های دولت و مردم در کنترل فاجعه، بازسازی، نظارت، پاسخگویی به مردم و انتشار علت رخداد فاجعه ضمن اجتناب از اثرات روانی موضوع و تلاش در افزایش آگاهی مردم از چنین رخدادهایی بوده است.



شکل ۴- عکس‌های بالاپس از رخداد زلزله و سونامی در فوکوشیما و عکس‌های پایین پس از انجام پاک‌سازی و بازسازی خرابی‌ها

• خشک شدن تدریجی دریاچه ارومیه

دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران، دومین دریاچه بزرگ آب شور دنیا بوده که آب ۱۷ رودخانه دائمی و ۱۲ رودخانه فصلی به آن می‌ریزد (Shadkam و همکاران، ۲۰۱۶). در سال‌های اخیر، ساخت ۴۴ سد، حفر چاه‌های غیر مجاز در اطراف دریاچه و برداشت‌های بی‌رویه جهت توسعه کشاورزی در منطقه (برهم خوردن تعادل دینامیکی آب شور و شیرین) و توسعه ناپایدار در حوضه دریاچه و همچنین ساخت پل میان گذر روی دریاچه با بیش از ۷۰ درصد خاکریزی (استفاده از سنگ معدنی آندزیت کوه زنبیل)، منجر به افت شدید سطح آب از سال ۱۹۹۵ تاکنون شده است (Perry و همکاران، ۲۰۱۷؛ Moussavi و Ghalibafan، ۲۰۱۴؛ Whish-Wilson، ۲۰۰۲؛ Micklin، ۲۰۰۷؛ UNEP، ۲۰۱۲؛ و همکاران، ۲۰۱۳؛ Fathian و همکاران، ۲۰۱۴؛ O'Reilly و همکاران، ۲۰۱۵؛ Shadkam و همکاران، ۲۰۱۶). در این سال‌ها کمیته‌های مدیریت بحران تشکیل و راهکارهایی

در جهت نجات دریاچه و منطقه آذربایجان شده است که نیازمند مدیریت یکپارچه و طولانی‌مدت در اجرای آن و تعهد و دلسوزی مهندسان، کارفرمایان، نهادهای دولتی و غیردولتی و سازمان‌های حمایت از محیط‌زیست است. علت بروز این مساله موارد ذیل می‌باشد:

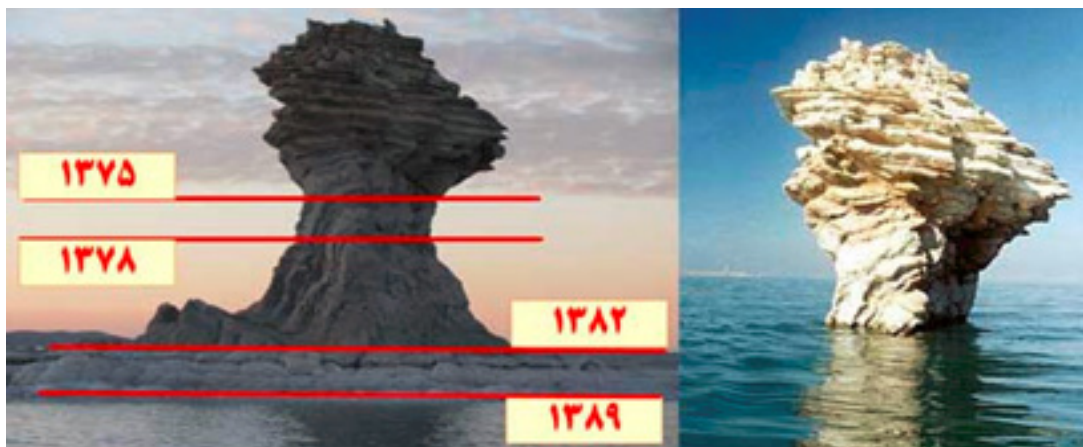
نخست: غفلت و ناآگاهی مدیران و متخصصان آب در سال‌های کاهش تدریجی افت آب.

دوم: عدم رعایت انصاف و مسئولیت‌پذیری نسبت به توسعه پایدار و ادامه حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق و توسعه آبیاری تحت فشار و کشت محصولات با نیاز آبی بالا بدون توجه به اقلیم منطقه و نیاز زیستی مردم در سال‌های کاهش سطح دریاچه.

سوم: ناآگاهی، بی‌توجهی و عدم دلسوزی مردم نسبت به آب و خاک سرزمین خود.

چهارم: عدم مدیریت مناسب بحران پس از تشکیل کمیته‌های بحران، چنانچه تلاش در تامین آب موردنیاز از منابع مختلف برای احیای دریاچه چندان موفق نبود و این ناشی از عدم کاهش برداشت پایدار آب بود.

پنجم: عدم پیگیری بحران کنونی بنابر مشکلات اقتصادی و سیاسی جامعه که غفلت‌زدگی مردم و دولت را به‌همراه داشته است.



شکل ۵- کاهش سطح آب دریاچه ارومیه در سال‌های مختلف

• افت شدید آب زیرزمینی کشور

میانگین درازمدت بارش سالانه ایران ۲۵۰ میلی‌متر (حدود یک سوم میانگین جهانی) است، در برخی مناطق کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر بوده و ۷۵٪ بارش در ۲۵٪ مناطق کشور صورت می‌گیرد. ۶۵٪ مناطق ایران خشک، ۲۰٪ نیمه‌خشک و سایر نقاط دارای آب‌وهوای معتدل و نیمه‌معتدل است. با توجه به اقلیم منطقه، ایران به‌عنوان یکی از بزرگترین مصرف‌کننده‌های آب زیرزمینی در جهان شناخته شده است (Gleeson و همکاران، ۲۰۱۲؛ Döll و همکاران، ۲۰۱۴). دولت با تعیین سوبسیدانس مصرف

آب و انرژی، سعی در کاهش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی داشته ولی هیچ محدودیتی برای کشاورزان در برداشت آب تعیین نشده است. کشاورزان با افت آب در چاه اقدام به حفر عمیق‌تر چاه کرده و پمپ‌های بزرگتری برای برداشت آب نصب می‌کنند (Foltz، ۲۰۰۲). در برخی از مناطق کشور، وضعیت آب‌های زیرزمینی بسیار بحرانی گزارش شده است (Hojjati و Boustani، ۲۰۱۰؛ Bagheri و Hosseini، ۲۰۱۱؛ Izady و همکاران، ۲۰۱۲). در نتیجه، افت شدید آب زیرزمینی منجر به از بین رفتن نظام قنات (برداشت پایدار) شده است.

کاهش شدید سطح آب زیرزمینی، منجر به فرونشست زمین در برخی از دشت‌های کشور شده است. با فرونشست سالانه ۳۶ سانتی‌متر، دشت تهران دارای بیشترین فرونشست‌ها در جهان است (Mousavi و همکاران، ۲۰۰۱؛ Motagh و همکاران، ۲۰۰۷؛ Dehghani و همکاران، ۲۰۱۳). افزایش شدید جمعیت از سال ۱۳۶۰، کشاورزی نامناسب، عدم مدیریت و تلاش در افزایش سرعت پیشرفت کشور از جمله عوامل تشدید بحران آب در کشور است. خشکسالی، تغییر اقلیم و تحریم‌ها عوامل مهمی در به‌وجود آمدن بحران بوده اما مساله اصلی عدم مدیریت صحیح می‌باشد که روزبه‌روز معضلات بیشتری را به‌وجود آورده است (Maddani، ۲۰۱۴). به‌علاوه، در نظر گرفتن هم‌زمان ارزش‌های اخلاقی، کارایی، انصاف و حفاظت و پایداری می‌توانست پایه و اساسی قوی برای مجموعه‌ای از اصول اخلاقی فراهم آورد تا بتواند به‌صورت قاعده‌مند و نظام‌مندی مدیریت آب را هدایت و رهبری کرد. در خصوص پیدایش و ادامه بحران، کلیه متخصصان آب، مدیران و مردم و کسانی که می‌توانستند کاری انجام دهند اما غفلت، کوتاهی و چشم‌پوشی کرده‌اند، مقصر اصیل هستند. البته کسانی که سکان هدایت را برعهده داشته‌اند (وزارت نیرو و مدیران) بیشترین سهم از این خطا را دارند و مسئولیت‌ناپذیری و بی‌اخلاقی، بحران کنونی را رقم زده‌اند.

• آبیاری تحت فشار

رقابت بر سر آب و مصرف ناپایدار آب یکی از مسائل مهم در جهان و به‌ویژه در کشورهایی با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک بوده است. راه‌حل آن کاهش مصرف آب، استفاده مجدد از فاضلاب و افزایش بهره‌وری از آب می‌باشد. در نگاه کوتاه‌مدت، آبیاری تحت فشار (آبیاری مدرن) با افزایش راندمان مصرف آب، روشی مناسب در مقابله با کم‌آبی است. تا مدت‌ها سازمان‌هایی مانند فائو با حمایت از کشورهای در حال توسعه و سرمایه‌گذاری در توسعه آبیاری تحت فشار تلاش در کاهش مصرف آب را داشته‌اند، درحالی‌که طبق مطالعات انجام شده توسط FAO (Perry و همکاران، ۲۰۱۷)، آبیاری تحت فشار عامل مهمی در

نتیجه‌گیری

در شکل (۶) ملاحظه می‌شود مرز بین اخلاق و بی‌اخلاقی شامل سهو، غفلت، ناآگاهی و عمد می‌باشد که مراتب افول از اخلاق می‌باشد. به‌عنوان مثال، کاربرد تکنولوژی آبیاری تحت فشار، تئوری‌های فلاسفه، رفتارهای عرف و آداب و رسوم که تا زمانی اخلاقی تلقی می‌شد و بعدها نادرستی آن اثبات شد، مثال‌هایی از خطاهای سهوی و کاملاً غیرعمد می‌باشد. این خطاها به

خشک شدن رودها، دریاچه‌ها، آبخوان‌ها و تالاب‌ها بوده است. در آبیاری سطحی بخشی قابل ملاحظه‌ای از آب به‌صورت نفوذ عمقی وارد آبخوان و یا رودخانه می‌شود، درحالی‌که در آبیاری مدرن (بدون نفوذ عمقی آب به آبخوان و راندمان بالای آبیاری) کشاورز بدون توجه به کم‌آبی با دسترسی به آب بیشتر، زمین‌های زیر کشت را افزایش می‌دهد و یا اینکه دولت از این مقدار آب در صنعت و سایر بخش‌ها استفاده می‌نماید. مشکل زمانی بروز پیدا می‌کند که یا دریاچه‌ای خشک شده باشد و یا آبخوان در وضعیت بحرانی باشد. طبق مطالعات انجام شده توسط فائو مهمترین فاکتور در برداشت پایدار تعیین میزان برداشت آب^۵ با لحاظ بیان آبی (منابع، مصارف، جریان‌های برگشتی، تغییر در میزان ذخیره و ...) بوده که لازم است در مدیریت منابع آبی با رویکرد توسعه پایدار لحاظ شود (Perry و همکاران، ۲۰۱۷). تا زمانی‌که مسائل و مشکلات آبیاری تحت فشار نمایان نبود، مسئولیتی متوجه کسی نبود اما پس از مشخص شدن خسارات این روش آبیاری به منابع آبی، ادامه و چشم‌پوشی از مضرات آن بی‌اخلاقی تلقی می‌شود.

جایگاه اخلاق در مهندسی

حرفه و تخصص مهندسی حرفه‌ای ارزشمند و با جایگاه بالا است که می‌تواند با تصمیم‌گیری‌ها و اقدامات سازنده گام بزرگی در ارتقا جامعه داشته باشد، و با تامین رفاه شهروندان، حفظ محیط‌زیست، ایجاد اعتماد در جامعه پیشرفت‌های بزرگی را به ارمغان بیاورد. اما نکته مهم مسئولیت و تعهد مهندسان نسبت به عواقب کارهایی هست که انجام می‌دهند. درواقع، پیکره جامعه پویا عبارت است از حضور فعال مهندسان شایسته و با تعهد که همواره برای حل مشکلات تلاش می‌کنند و ضمن پذیرش مسئولیت خود در قبال خطاها و سهل‌انگاری‌ها، می‌آموزند که با انتشار آن در قالب "درس‌هایی در مقابل خطاها" مانع از بروز مجدد آن گشته و راه را برای مهندسان، دانشجویان و نسل‌های آتی هموارتر می‌سازند.

دلیل کوتاهی و یا بی‌اخلاقی نبوده اما همچنان شخص خاطی، خطاکار بوده و لازم است نسبت به رفع مشکل به‌وجود آمده و یا رفتار درست اقدام نماید. در خصوص مسائل آبی کشور می‌توان غفلت‌زدگی مدیران و مسئولان را عنوان نمود که ناآگاهی مردم و متخصصان و یا حتی چشم‌پوشی از روی عمد به مشکلات و بحران‌های کشور دامن زده است. این موارد مثال‌هایی از رفتارهای نادرستی می‌باشد که با نادیده گرفتن و استمرار، خود زمینه پیدایش بی‌اخلاقی را فراهم می‌آورند. بنابراین، باتوجه‌به مطالعات انجام

نتایج طرح‌ها و ساخت‌وسازها در حین بهره‌برداری و استفاده پایش شده و نتایج کار کلیه شرکت‌ها و اشخاص فنی و مهندسی شفاف بوده و آن‌ها پاسخگو باشند، به این ترتیب همواره رعایت و لحاظ اخلاق در کارهای مهندسی سرلوحه و جز جدایی ناپذیر کار مهندسان و متخصصان شود.

پیشنهادهات

در پی مطالعات انجام شده توسط پژوهشگران این مقاله، پیشنهادهایی در خصوص رعایت مسائل اخلاقی در جامعه طرح شده است که شامل موارد ذیل می‌باشد:

۱- تدوین آیین‌نامه اخلاقی در هر رشته با اولویت استفاده از آموزه‌های فرهنگی کشور (به عنوان نمونه منشور کوروش، شاهنامه، ...).

۲- ایجاد آیین‌نامه‌های پویا در هر حوزه مورد بررسی؛ زیرا هر نسلی باید در مورد سرنوشتش تصمیم‌گیری نماید. همچنین، برخی مسائل رفتاری به مرور زمان تغییر کرده و به شکل دیگری مطرح می‌شود.

۳- استفاده از تجربیات پژوهشگران و اساتید مدرس اخلاق در زمینه مهندسی و فنی.

۴- راستگویی در مقابل مردم و انتشار خطاها و اشتباهات در رویدادها با عنوان "درس‌هایی که از مخاطرات" می‌آموزیم.

۵- آموزش اخلاق همراه با مشارکت دانش‌آموزان و دانشجویان.

پی‌نوشت

- 1- Ethics
- 2- Engineering ethics
- 3- Microethics
- 4- Macroethics
- 5- Water accounting

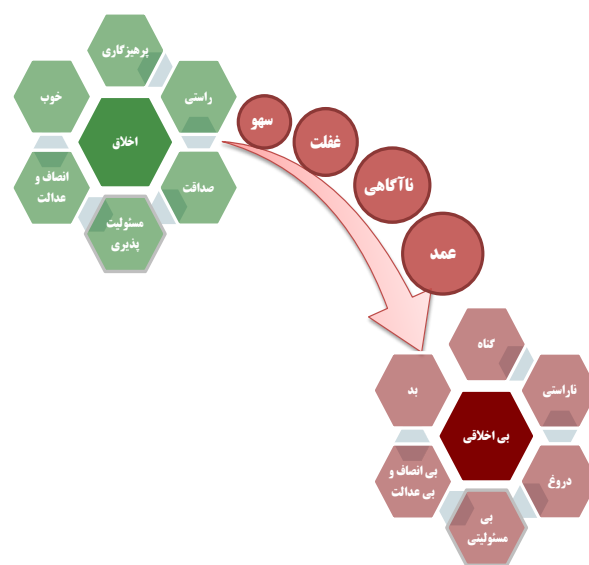
Abaté C. 2011. Should Engineering Ethics Be Taught? Science and Engineering Ethics, 17(3): 583-596.

American Institute of Chemical Engineers (AIChE). 1915. Code of Ethics. Available at: <https://www.aiche.org/about/code-ethics>

American Institute of Electrical Engineering (AIEE). 1906. Code of Ethics. Available at: <https://ewh.ieee.org/cmte/pa/Status/Ethics.html>

American Society of Civil Engineering (ASCE). 1915.

شده در زمینه اخلاق، برای نهادینه کردن رفتارهای اخلاقی در هر نسلی لازم است آموزش‌های اخلاقی در هر مقطعی با مباحث مختلف مطرح و تکرار شود تا این ویژگی‌ها به نسل‌های آتی انتقال یابند. آموزش اخلاق مهندسی در دانشگاه‌ها همراه با مشارکت دانشجویان، علاوه بر ارتقاء شخصیت اخلاقی دانشجویان منجر به افزایش حس مسئولیت، افزایش تعهد نسبت به تخصص و حرفه، افزایش درک مهندس نسبت به مشکلات موجود و تلاش در جهت رفع آن و یا عدم تکرار خطا و ارائه راه‌حل‌های بهتر خواهد شد. یک مهندس در نگاه اول شهروندی است که با کسب تخصص در حرفه خود، در ایجاد رفاه برای هم‌وطنان، حفظ محیط‌زیست و ایجاد جامعه‌ای پویا برای نسل‌های آتی تلاش می‌نماید.



شکل ۶- فلوجارت مرز بین اخلاق و بی‌اخلاقی

باتوجه به اینکه اخلاق مهندسی در حوزه رعایت مسائل اخلاقی و انسانی در ساخت‌وسازها و طرح‌های مهندسی می‌باشد، باید راهکارهایی ارائه شود که در آن ضمن نظارت بر مهندسان در طراحی و اجرای طرح‌ها و رعایت کلیه موارد علمی و فنی،

منابع

- جودکی، و. و اجل لوئیان، ر. ۱۳۹۵. اخلاق مهندسی در پروژه‌های عمرانی. فصلنامه اخلاق در علوم و فناوری، ۱۱(۳): ۲۹-۳۸.
- صدرآرا، ر. ۱۳۸۲. ترجمه دایرةالمعارف فلسفه راتلج. کتاب ماه کلیات، ۲-۱: ۱-۱۴۴.
- فرهود، د. ۱۳۸۶. مروری بر تاریخچه اخلاق همراه با گردآوری زمینه‌های گوناگون اخلاق. فصلنامه اخلاق در علوم و فناوری، ۲(۱): ۱-۶.

- Eicker A. 2014. Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites. *Journal of Water Resources Research*, 50: 5698-5720.
- Fathian F., Morid S. and Kahya E. 2015. Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 119(3-4): 443-464.
- Florman S.C. 1996. *The Introspective Engineer*, New York: St. Martin's Griffin.
- Foltz R. 2002. Iran's Water Crisis: Cultural, Political, and Ethical Dimensions. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 15(4): 357-380.
- Ghalibafan M.B. and Moussavi Z. 2014. Development and Environment in Urmia Lake of Iran. *European Journal of Sustainable Development*, 3(3): 219-226.
- Gleeson T., Wada Y., F.P. Bierkens M. and P.H. van Beek L. 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Journal of Nature*, 488: 197-200.
- Herkert J.R. 2003. Professional societies, microethics, and macroethics: Product liability as an ethical issue in engineering design. *International Journal of Engineering Education*, 19(1): 163-167.
- Hojjati M.H. and Boustani F. 2010. An assessment of groundwater crisis in Iran, case study: Fars province. *World Academy of Science. Eng. Technol.*, 4: 427-431.
- Hoke T. 2012. A Question of Ethics: The Importance of Understanding Engineering Ethics. *Civil Engineering Magazine Archive*, 82(5): 40-41.
<https://www.rep.routledge.com/articles/thematic/professional-ethics/v-1>.
- Inokuma A. and Nagayama D. 2013. The 2011 Great East Japan earthquake, tsunami and nuclear disaster. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers- Civil Engineering*, 166(CE4): 170-177.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 1884. Code of Ethics. Available at: <https://www.ieee.org/about/corporate/governance/p7-8.html>
- Izady A., Davary K., Alizadeh A., Ghahraman B., Sadeghi M. and Moghaddamnia A. 2012. Application of Code of Ethics. Available at: <https://www.asce.org/code-of-ethics/>
- American Society of Mechanical Engineering (ASME). 1984. Code of Ethics. Available at: https://community.asme.org/colorado_section/w/wiki/8080.code-of-ethics.aspx
- Bagheri A. and Hosseini S.A. 2011. A system dynamics approach to assess water resources development scheme in the Mashhad plain, Iran, versus sustainability. *Proceedings of the 4th International Perspective on Water Resources & the Environment (IPWE)*, January 2011, Singapore.
- Bauer C. and Adams V.D. 2005. Who Wants to Be An Ethical Engineer? 35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Indianapolis, USA.
- Buckeridge J. 2011. Do engineers still move mountains? A "new world" appraisal in light of ethics, engineering, economics and the environment. *Australasian Association for Engineering Education Conference 2011: Developing engineers for social justice: Community involvement, ethics & sustainability* 5-7 December 2011, Fremantle, Western Australia. 7-12.
- Cruz J.A., Frey W.J. and Sanchez H.D. 2004. Ethics bowl in engineering ethics at the university of Puerto-Rico -Mayaguez, *Teaching ethics*, 4(2): 15-31.
- Davis M. 1993. Ethics across the curriculum: Teaching professional responsibility in technical courses. *Teaching Philosophy*, 16: 205-235.
- Davis M. 2006. Teaching ethics across the engineering curriculum. In *Online Ethics Center for Engineering*, National Academy of Engineering. <http://www.onlineethics.org/CMS/edu/instructessays/curriculum.aspx>.
- Dehghani M., Valadan Zoj M.J., Hooper A., Hanssen R.F., Entezam I. and Saatchi S. 2013. Hybrid conventional and persistent scatterer SAR interferometry for land subsidence monitoring in the Tehran Basin, Iran. *ISPRS J Photogramm Remote Sens*, 79: 157-170.
- Delju A., Ceylan A., Piguet E. and Rebetez M. 2013. Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran. *Theor. Appl. Climatol.*, 111(1-2): 285-296.
- Döll P., Müller Schmied H., Schuh C., Portmann, F. T. and

- resources management in the Near East and North Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations Cairo.
- Roddis W.M.K. 1993. Structural failures and engineering ethics, *J. Structural Engineering*, 119: 1539-1555.
- Self D.J. and Ellison E.M. 1998. Teaching engineering ethics: assessment of its influence on moral reasoning skills. *Journal of Engineering Education*, 87(1): 29-34.
- Shadkam S., Ludwiga F., Vliet M.T.H., Pastor A. and Kabat P. 2016. Preserving the world second largest hypersaline lake under future irrigation and climate change. *Science of the Total Environment*, 559: 317-325.
- Sindelar M., Shuman L. and Wolfe H. 2003. Assessing engineering students' abilities to resolve ethical dilemmas. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference at Westminster, CO, USA, 25-31.
- Stappenbelt B. 2013. Ethics in engineering: student perception identity development. *Journal of Technology and Science Education*, 3(1): 3.
- Steneck N. 1999. Designing Teaching and Assessment Tools for an Integrated Engineering Ethics Curriculum. 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference at San Juan, Puerto Rico, USA, USA, 2: 12-17.
- UNEP. 2012. The drying of Iran's Lake Urmia and its environmental consequences. Tech. rep. United Nations Environment Programme (UNEP) Global Environmental Alert Service (GEAS).
- UNSCEAR. 2008 a. Possible genetic effects from the Chernobyl accident. 2., 1-219. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
- UNSCEAR. 2008 b. Health effects due to radiation from the Chernobyl accident. Draft report A/AC.82/R.673., 1-220. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
- Vanderburg H. 1995. Preventive engineering: strategy for dealing with negative social and environmental implications of technology, *J. Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 121: 155-160.
- Whish-Wilson P. 2002. The Aral Sea environmental health crisis. *J. Rural Remote Environ. Health*, 1(2): 29-34.
- "panel-data" modeling to predict groundwater levels in the Neishaboor Plain, Iran. *Hydrogeol Journal*, 20: 435-447.
- Lee E.A., Grohman M., Gans N.R., Tacca M. and Brown M.J. 2017. The Roles of Implicit Understanding of Engineering Ethics in Student Teams' Discussion. *Science and Engineering Ethics*, 23(6):1755-1774.
- Loui M. C. 2005. Ethics and the Development of Professional Identities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 94(4): 383-390.
- Lynch W. 1997. Teaching Engineering Ethics in the United States. *IEEE Technology and Society Magazine*, 16(4): 27-36.
- Maddani K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4(4): 315-328.
- McLean G. F. 1993. Integrating ethics and design, *IEEE Technology and Society*, 12(3):19-30.
- Micklin P. 2007. The Aral Sea disaster. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 35: 47-72.
- Motagh M., Djamour Y., Walter T.R., Wetzel H.U., Zschau J. and Arabi S. 2007. Land subsidence in Mashhad Valley, northeast Iran: results from InSAR, levelling and GPS. *Geophys J Int*, 168: 518-526.
- Mousavi S.M., Shamsai A., Naggar M.H.E. and Khamchian M. 2001. A GPS based monitoring program of land subsidence due to groundwater withdrawal in Iran. *Can J Civ Eng.*, 28: 452-464.
- National Society of Professional Engineering (NSPE). 1947. <https://www.nspe.org/resources/ethics/code-ethics>.
- O'Reilly C.M., Sharma S., Gray D.K., Hampton S.E., Read J.S., Rowley R.J., Schneider P., Lenters J.D., McIntyre P.B. and Kraemer B.M. 2015. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. *Geophys. Res. Lett.*, 42(10):773-10,781.
- Pearson C. and Delatte N. 2006. Collapse of the Quebec Bridge, 1907. *ASCE J. of Journal of Performance of Constructed Facilities*, 20(1): 84-91.
- Perry C., Steduto P. and Karajeh F. 2017. Does improved irrigation technology SAVE WATER? Discussion paper on irrigation and sustainable water

Article Type: Case Study

نوع مقاله: مطالعه موردی

Measurement of Water Footprint and Virtual Water Trade in the Economic Sectors of Yazd Province Using the Input-Output Approach

Z. Nasrollahi¹, M. Zarei^{2*}, S. Rayga³

1,2,3- Associate Professor, Masters, M.A. Student, Economics, Yazd University, Yazd, Iran.

*(Corresponding Author Email: mehr.zarei114@gmail.com)

Received: 03-09-2018

Accepted: 15-07-2019

سنجش ردپای آب و تجارت آب مجازی در بخش‌های اقتصادی استان یزد با استفاده از رویکرد داده-ستانده

زهرا نصراللهی^۱، مهران زارعی^{۲*}، سمیرا رایگا^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و دانشجوی کارشناسی‌ارشد اقتصاد، دانشگاه یزد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: mehr.zarei114@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۴

Abstract

Nowadays, researchers emphasise that the solution for the water crisis is the demand-side management rather than increasing the water supply. Accordingly, in recent years, concepts of virtual water and water footprint have been introduced which are highly regarded by researchers and policymakers. Many believe that the idea of importing virtual water can be considered by policymakers as a solution for the water shortage problem. The aim of this study is to measure the virtual water trade (imports and exports) and the water footprint in the various economic sectors of Yazd province. For this purpose, the input-output model (table of 2011) has been used. The results show that the total water footprint of Yazd province in 2011 was approximately 1538.8 mm³, where 50% and 65.3% of this is for external (outside of the province) and agriculture sector, respectively. In 2011, Yazd province also imported and exported approximately 782.2 m³ and 442.7 m³ virtual water, respectively. Therefore, the net level of virtual water import of Yazd province is approximately 339.7 m³. The sectors of "food products, beverages, and tobacco" and "mining" are the biggest net virtual water importers and exporters in this province, respectively.

Keywords: Water Footprint, Virtual Water, Yazd Province, Economic Sectors.

چکیده

امروزه محققان تاکید دارند راهکار حل مساله کمبود آب، افزایش عرضه نمی‌باشد بلکه مدیریت تقاضا است. در سال‌های اخیر دو مفهوم آب مجازی و ردپای آب مطرح و به شدت مورد توجه محققان و سیاست‌گذاران حوزه آب قرار گرفته است. بسیاری بر این اعتقاد هستند که ایده واردات آب مجازی می‌تواند به عنوان راهکاری برای حل مساله کم‌آبی مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد. براین اساس، هدف پژوهش حاضر سنجش تجارت (واردات و صادرات) آب مجازی و میزان ردپای آب در بخش‌های اقتصادی استان یزد است. برای این کار از مدل داده-ستانده (جدول سال ۱۳۹۰) استفاده شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد کل ردپای آب استان یزد در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۵۳۸/۸ میلیون مترمکعب بوده که حدود نیمی از آن خارجی (خارج از استان) است و ۶۵/۳ درصد از آن مربوط به بخش کشاورزی است. همچنین استان یزد در این سال حدود ۷۸۲/۴ میلیون مترمکعب واردات و ۴۴۲/۷ میلیون مترمکعب صادرات آب مجازی داشته است، بنابراین خالص واردات آب مجازی این استان حدود ۳۳۹/۷ میلیون مترمکعب است. بخش «صنایع مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات» بزرگترین واردکننده خالص و بخش «معدن» بزرگترین صادرکننده خالص آب مجازی این استان هستند.

واژه‌های کلیدی: ردپای آب، آب مجازی، استان یزد، بخش‌های اقتصادی.

آب منبع حیاتی برای هر پدیده زیستی و همچنین نهاده ضروری برای تولید هر محصول اقتصادی است، به طوری که تولید بخش های اقتصادی بدون وجود این منبع امکان پذیر نخواهد بود. افزایش شدید تقاضا در کنار عرضه نسبتاً ثابت این منابع طی چند دهه گذشته تعادل این منبع طبیعی را برهم زده و باعث ایجاد مسئله ای جهانی به نام کمبود آب شده است. در قرن بیستم میلادی مصرف جهانی آب شیرین حدود شش برابر افزایش یافته و پیش بینی می شود، کمبود آب به یکی از بزرگترین و جهان شمول ترین مسائل جامعه جهانی در قرن ۲۱ تبدیل شود (Duarte و Yang، ۲۰۱۱). کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهانی، با کمبود شدید منابع آب مواجه است. به طوری که یکی از عوامل اصلی محدودکننده توسعه اقتصادی کشور در آینده کمبود منابع آب خواهد بود.

کشور ایران باتوجه به شرایط اقلیمی، از گذشته با کمبود عرضه منابع آب مواجه بوده است. از طرف دیگر، طی چند دهه گذشته عواملی نظیر رشد جمعیت، افزایش شهرنشینی و توسعه کشاورزی افزایش شدید تقاضا را به همراه داشته و شرایط آبی کشور را با چالش همراه ساخته است. براین اساس، مدیریت صحیح این منبع کمیاب ضرورت می یابد. بنابراین روی آوردن به مفاهیم و روش های نوین در زمینه مدیریت منابع آب برای مقابله با کمبود آب در ایران، امری ضروری می باشد. مفاهیم «تجارت آب مجازی»^۱ و «ردپای آب»^۲ دو مورد از جدیدترین مفاهیمی است که در این زمینه مطرح شده و به شدت مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و سیاست گذاران قرار گرفته است. Allan (۱۹۹۳) نخستین بار مفهوم آب مجازی را در سال ۱۹۹۳ معرفی و به حجم آبی که در مراحل مختلف فرآیند تولید یک محصول مصرف می شود، اشاره کرد (Zhao و همکاران، ۲۰۰۹). در این مقاله واردات آب مجازی به عنوان یک راه حل راهبردی برای مساله کم آبی در کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا مطرح شده است (Chapagain و Hoekstra، ۲۰۰۴). از آنجایی که برای تولید محصولات اقتصادی به ویژه محصولات کشاورزی مقادیر زیادی آب مصرف می شود، کشورهای کم آبی چون ایران می توانند با وارد کردن محصولات آب بر (به جای تولید آن ها در داخل) مقادیر زیادی از ذخایر آبی خود را ذخیره کنند. به عنوان مثال بر اساس برآوردهای موجود، برای تولید هر کیلوگرم مواد غذایی به طور متوسط حدود ۱۰۰۰ لیتر آب مصرف می شود (Mubako و همکاران، ۲۰۱۳). از طرف دیگر، وارد کردن مواد غذایی نسبت به واردات مستقیم آب بسیار کم هزینه تر بوده و تکنولوژی پایین تری برای آن مورد نیاز است. بر اساس رویکرد واردات آب مجازی و در راستای مقابله با کمبود آب در کشورهای خشک، واردات محصولات آب بری نظیر مواد غذایی (واردات آب مجازی)، نسبت به واردات مستقیم آب بسیار کارآمدتر خواهد بود. بنابراین کشورها یا مناطقی که با کمبود

آب مواجه هستند باید به تولید محصولات با محتوای آب مجازی کمتر و واردات محصولات با آب مجازی بیشتر بپردازند.

Hoekstra و Hung (۲۰۰۲) نخستین بار مفهوم ردپای آب که ارتباط نزدیکی با آب مجازی دارد را معرفی نمودند. ردپای آب عموماً جهت تعیین میزان آب مورد نیاز برای فراهم سازی تقاضای نهایی یک منطقه خاص به کار برده می شود. به طور کلی ردپای آب به عنوان «کل حجم آب شیرین استفاده شده برای تولید کالاها و خدمات مصرف شده توسط ساکنان یک کشور» تعریف می شود (Hoekstra و Chapagain، ۲۰۰۷). ردپای آب نشان دهنده میزان آب استفاده شده برای تامین مصرف مردم است. همه محصولات مصرف شده توسط مردم یک کشور در همان کشور تولید نمی شود، بنابراین ردپای آب شامل دو قسمت ردپای آب داخلی (استفاده از منابع آب داخلی) و ردپای آب خارجی (استفاده از منابع آب خارجی) می شود. همچنین در یک تقسیم بندی دیگر ردپای آب شامل ردپای آب آبی، سبز و خاکستری است. ردپای آب آبی مربوط به منابع جهانی آب آبی (آب های سطحی و زیرزمینی) است، ردپای آب سبز با بارش ذخیره شده در خاک به عنوان رطوبت خاک در ارتباط است و ردپای آب خاکستری به حجم آبی اشاره دارد که به واسطه تولید کالا در بخش های مختلف کشور آلوده می شود.

باتوجه به اهمیت مفاهیم تجارت آب مجازی و ردپای آب، در پژوهش حاضر این دو شاخص در سطح بخش های اقتصادی استان یزد به عنوان یکی از خشک ترین استان های کشور برآورد شدند. لازم به ذکر است در این مقاله فقط به ردپای آب آبی پرداخته شده و در آن ردپای آب سبز (مربوط به آب بارندگی) و ردپای آب خاکستری (مربوط به آلاینده های آب) بررسی نشده است. به طور کلی برای محاسبه ردپای آب دو رویکرد پایین به بالا^۳ و بالا به پایین^۴ وجود دارد (Feng و همکاران، ۲۰۱۱). در رویکردهای پایین به بالا برای محاسبه ردپای آب یک بخش (یا محصول)، تمامی زنجیره تامین در نظر گرفته نمی شود و به اصطلاح خطای برش وجود دارد. به عنوان مثال برای تولید مقدار مشخصی پوشاک، نیاز به مواد اولیه مختلف از جمله محصولات صنعت نساجی است. تولید این مواد اولیه نساجی نیز نیازمند کالاهای واسطه ای مختلف از جمله محصولات دامداری است. برای تولید و پرورش دام، رشد محصولات گیاهی و کشاورزی ضروری است. در مراحل مختلف تولید محصولات کشاورزی از ماشین آلات صنعتی استفاده می شود که برای تولید این ماشین آلات کالاهای واسطه ای مختلف از جمله فلزات اساسی مورد نیاز است. برای تولید این مواد اولیه از مواد اولیه دیگری استفاده می شود، به طوری که این زنجیره تا بی نهایت ادامه دارد. در تمامی حلقه های این زنجیره مقادیر مختلفی آب استفاده می شود (برای تولید محصولات موجود در آن حلقه). رویکردهای پایین به بالا قادر به ردیابی و احتساب آب موجود در همه حلقه های این زنجیره نیستند و بخشی از آب مصرف شده در حلقه های زنجیره تامین محصول نادیده گرفته می شود. درحالی که در رویکردهای بالا

به پایین از جمله مدل داده-ستانده، برای محاسبه ردپای آب، تمامی حلقه‌های زنجیره تامین یک محصول در نظر گرفته می‌شود. بنابراین برای دستیابی به اهداف مورد نظر در این پژوهش از مدل داده-ستانده به عنوان یک رویکرد بالا به پایین استفاده شده است.

مروری بر برخی سوابق پژوهش

همان گونه که اشاره شد مفاهیم آب مجازی و ردپای آب، به ترتیب از سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۲ وارد ادبیات حوزه آب شده است. بنابراین مطالعات مرتبط با این مفاهیم سابقه چندان طولانی ندارند. با این وجود تعداد مطالعات این حوزه به شدت رو به افزایش بوده و پژوهشگران زیادی با رویکردهای مختلف به بررسی این مفاهیم در کشورهای مختلف پرداخته‌اند. در ادامه به چند مورد از این مطالعات اشاره شده است.

Hoekstra و Chapagain (۲۰۰۴) میزان تجارت آب مجازی و ردپای آب ۱۸۱ کشور مختلف طی دوره ۱۹۹۷-۲۰۰۱ را برآورد کردند و کل حجم جریان آب مجازی مربوط به تجارت بین‌المللی کالاها را ۱۶۲۵ میلیارد متر مکعب در سال و ۸۰ درصد آن را مربوط به تجارت کالاهای کشاورزی عنوان کردند. کل ردپای آب جهانی معادل ۷۴۵۰ میلیارد متر مکعب در سال و ۱۲۴۰ متر مکعب به ازای هر نفر بوده است. کشورهای با درآمد ناخالص بالا به طور نسبی ردپای آب سرانه بالاتری دارند که اغلب ناشی از مصرف بالای گوشت و محصولات صنعتی است. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند متوسط ردپای آب هر ایرانی معادل ۱۶۲۴ متر مکعب در سال بوده که بیشتر از متوسط جهانی است و حدود ۹۴ درصد آن مربوط به مصرف کالاهای کشاورزی است. طی این دوره کشور ایران به طور متوسط، سالانه ۱۴/۶۳ میلیارد متر مکعب واردات خالص (واردات منهای صادرات) آب مجازی داشته که نزدیک به ۱۰۰ درصد آن مربوط به واردات کالاهای کشاورزی است.

Zhao و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از جدول داده-ستانده مفهوم رد پای آب را در بخش‌های اقتصادی کشور چین ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد سرانه ردپای آب ملی چین در سال ۲۰۰۲ معادل ۳۸۱ متر مکعب به ازای هر نفر بوده است. بر اساس این نتایج، چین در سال مورد بررسی حدود ۲۳۷۳۳ میلیون متر مکعب خالص صادرات آب مجازی داشته است.

Anadon و Zhang (۲۰۱۴) ساختار تجارت آب مجازی و ردپای آب در استان‌های مختلف کشور چین را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد در سال ۲۰۰۷ کل حجم استخراج آب مجازی و مصرف آب مجازی نهفته در تجارت میان استان‌های چین به ترتیب حدود ۱۸۴ و ۱۰۱ میلیارد متر مکعب بوده است.

Zhang و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مدل داده-ستانده چندمنطقه‌ای مصرف و تبادل آب را در صنایع و مناطق مختلف

کشور چین از منظر تقاضا بررسی کردند و نشان دادند کل مصرف مستقیم آب توسط صنایع چین در سال ۲۰۰۷ حدود ۵۹/۳ میلیارد متر مکعب بوده و صنعت «تولید و عرضه برق، گاز و آب» نسبت به سایر صنایع بیشترین سهم را داشته است. در بین ۳۰ منطقه که بررسی شدند، ۱۵ منطقه صادرکننده آب مجازی هستند و جیانگسو^۵ با صادرات ۳۸۴۶ میلیون متر مکعب بزرگ‌ترین صادرکننده آب مجازی بین منطقه‌ای است. در مقابل ۱۵ منطقه دیگر واردکننده آب مجازی هستند، گوانگدونگ^۶ با واردات ۲۴۱۲ میلیون متر مکعب بزرگ‌ترین واردکننده آب مجازی است. محققان معتقدند تعديلات صنعتی برای محدود کردن تولید صنایع با آب‌بری بالا در مناطق کم‌آب، می‌تواند باعث کاهش تقاضای آب در این مناطق شود. همچنین می‌توان از طریق تجارت بین منطقه‌ای و جریان یافتن آب مجازی از مناطق پرآب به مناطق کم‌آب، ناهماهنگی بین توزیع مکانی منابع آب و توزیع جمعیت و فعالیت‌های صنعتی را از بین برد و از این طریق فشار بر منابع آب داخلی را کاهش داد.

تفضلی (۱۳۹۲) اولین مطالعه داخلی در زمینه سنجش ردپای آب با رویکرد تعادل عمومی (بالا به پایین) را انجام داد، که در آن با استفاده از جدول داده-ستانده سال ۱۳۸۵ ردپای آب کشور ایران به تفکیک بخش‌های اقتصادی محاسبه شد. نتایج این محاسبات نشان می‌دهد کل ردپای آب ایران در سال ۱۳۸۵ حدود ۷۰۹۴۷ میلیون متر مکعب بوده که حدود ۲۳ درصد آن خارجی است. در این سال کشور ایران به طور خالص صادرکننده ۳۳۴۰ میلیون متر مکعب آب مجازی بوده است. Banouei و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل داده-ستانده ردپای آب ملی کشور ایران، برخی شاخص‌های مرتبط به آن را در سال ۱۳۸۵ برآورد کردند. نتایج آن‌ها نشان داد سرانه ردپای آب ملی در ایران به ازای هر نفر حدود ۱۴۳۳ متر مکعب است که نسبت به متوسط جهانی رقم بالایی است. همچنین آن‌ها نشان دادند کشور ایران یک صادرکننده خالص آب مجازی با حجم حدود ۱۲۶۲۷ میلیون متر مکعب است. صادقی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای با رهیافت ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM) به مطالعه اثرات مصرف واسطه‌ای بخش‌های اقتصادی بر ردپای آب در ایران پرداختند. یافته‌های این پژوهش کل ردپای آب کشور ایران در سال ۱۳۹۰ را ۹۷/۷ میلیارد متر مکعب نشان داد که ۸۸ درصد آن داخلی و ۱۲ درصد دیگر وارداتی است. تهامی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) وضعیت آب مجازی در تجارت محصولات صنعتی ایران با شرکای عمده تجاری را تحلیل کردند و عنوان کردند روند خالص صادرات آب مجازی وضعیت مطلوبی را نشان نمی‌دهد. به طوری که کشور ایران از واردکننده خالص آب مجازی در سال ۱۳۹۰ (با حجم ۱۱۲ میلیون متر مکعب) به صادرکننده خالص آب مجازی (با حجم ۱۱۵ میلیون متر مکعب) در سال ۱۳۹۳ تبدیل شده است. بیشترین حجم صادرات و واردات آب مجازی به ترتیب مربوط به کشورهای امارات متحده عربی و چین به ترتیب با ۱۱۹ و ۹۹ میلیون متر مکعب بوده است.

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (3)$$

که در آن، I ماتریس همانی است و $(I - A)^{-1}$ ماتریس معکوس لئونتیف نامیده می‌شود. عنصر l_{ij} از این ماتریس نشان می‌دهد برای افزایش یک واحد پولی در تقاضای نهایی بخش j ، چقدر از نهاده i به صورت مستقیم و غیرمستقیم مصرف می‌شود.^۷ جهت دستیابی به اهداف پژوهش، لازم است جدول داده-ستانده داخلی (بدون واردات واسطه‌ای) استان یزد به روش قابل اعتمادی تهیه شود. برای این منظور از روش سهم مکانی خاص صنعتی فلگ^۸ (SFLQ) استفاده شده و جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۰ استان یزد تهیه شد. این جدول شامل ۲۰ بخش اقتصادی به شرح جدول (۲) است.^۹

مرحله اول محاسبات این پژوهش، سنجش آب‌بری مستقیم هر بخش اقتصادی است. این کار با استفاده از رابطه (۴) و از تقسیم کل حجم آب مصرفی به ستانده (محصول) آن بخش به دست می‌آید:

$$w_j^d = \frac{w_j}{x_j} \quad (4)$$

که در آن، w_j و x_j به ترتیب کل مصرف آب و ستانده بخش زام طی دوره بررسی را نشان می‌دهند. W_{jd} آب‌بری مستقیم بخش زام نامیده می‌شود و نشان‌دهنده مقدار آبی است که بخش زام به منظور یک واحد پولی افزایش در ستانده خود به طور مستقیم مصرف می‌کند. مرحله بعدی محاسبه آب‌بری کل (مستقیم و غیرمستقیم) است. به عبارت دیگر، در این مرحله همه آب مصرف شده در تمامی حلقه‌های زنجیره تامین یک محصول محاسبه می‌شود. این شاخص از طریق رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$w_j^t = \sum_{i=1}^n w_i^d \times l_{ij} \quad (5)$$

که در آن، l_{ij} عناصر ماتریس معکوس لئونتیف در جدول داده-ستانده استان است. w_j^t آب‌بری کل (مستقیم و غیرمستقیم) هر بخش را نشان می‌دهد. این شاخص نشان می‌دهد برای ایجاد یک واحد تقاضای نهایی در بخش زام چه میزان آب به شکل مستقیم و غیرمستقیم (آب موجود در حلقه‌های زنجیره تامین محصولات) مصرف می‌شود. آب‌بری غیرمستقیم از تفاوت آب‌بری کل و مستقیم به دست می‌آید.

پس از محاسبه آب‌بری غیرمستقیم، ردپای آب هر بخش قابل محاسبه خواهد بود. این شاخص شامل دو بخش داخلی و خارجی است. ردپای آب داخلی نشان می‌دهد برای تولید محصولات مصرفی شهروندان استان یزد، چه مقدار از منابع آبی داخلی این استان مصرف خواهد شد. ردپای آب خارجی نشان می‌دهد برای تولید این محصولات چه مقدار از منابع آب خارجی مصرف خواهد شد. مطابق روش ارائه شده توسط Zhao و همکاران (۲۰۰۹)، برای محاسبه ردپای آب داخلی از رابطه (۶) استفاده می‌شود:

داده-ستانده، مدلی تحلیلی است که روابط بین بخشی فعالیت‌های اقتصادی را به شکل تفصیلی و در قالب یک جدول به تصویر می‌کشد. در جدول (۱) چارچوب ساده یک مدل داده-ستانده ارائه شده است. ناحیه (۱) این جدول بیانگر ماتریس مبادلات بین بخشی است. سطرهای این ماتریس نشان می‌دهد تولید هر بخش اقتصادی چگونه بین بخش‌های دیگر توزیع می‌شود (عرضه)، ستون‌های آن نشان می‌دهد هر بخش اقتصادی برای تولید محصولاتش چه مقدار از محصولات بخش‌های دیگر را به عنوان نهاده مصرف کرده است (تقاضا). باتوجه به بیان ماتریسی، هر رقم در سطر، رقمی در ستون است، در نتیجه تولید هر بخش نهاده‌ای برای بخش دیگر به حساب می‌آید (جهانگرد، ۱۳۹۳). ناحیه (۲) بردار تقاضای نهایی خالص است و مقداری از ستانده هر بخش که به عنوان کالای نهایی به مصرف می‌رسد را نشان می‌دهد. عناصر این بردار شامل مصرف نهایی خانوار، مصرف نهایی دولت، تشکیل سرمایه ناخالص و خالص صادرات (صادرات منهای واردات) است. ناحیه (۳) میزان عوامل تولید اولیه (سرمایه و نیروی کار) به کار گرفته شده در هر بخش را نشان می‌دهد که می‌توان آن را نمایانگر ارزش افزوده قلمداد کرد.

جدول ۱- چارچوب ساده جدول داده-ستانده (جهانگرد-۱۳۹۳)

رشته فعالیت	تقاضای نهایی خالص	ستانده کل
رشته فعالیت	x_{ij} (ناحیه ۱)	x_i
ارزش افزوده	v_{ij} (ناحیه ۳)	
نهاده (داده)	x_j	
کل		

رابطه اساسی مدل داده-ستانده و فرم ماتریسی آن به شکل رابطه (۱) نمایش داده می‌شود:

$$x_i = \sum_j x_{ij} + y_i = \sum_j a_{ij} x_j + y_i, \quad a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \quad (1)$$

در این رابطه، x_{ij} نشان‌دهنده ارزش کل نهاده‌ای است که بخش i به بخش j واگذار می‌کند (ناحیه ۱ جدول) و x_j کل تولیدات بخش j است. عنصر a_{ij} نشان می‌دهد برای تولید یک واحد ستانده در بخش j چقدر از نهاده بخش i نیاز است. y_j نیز تقاضای نهایی بخش j است (ناحیه ۲ جدول). فرم ماتریسی این رابطه به صورت رابطه (۲) نوشته می‌شود:

$$X = AX + Y \quad (2)$$

که در آن X ، بردار روابط بین بخشی و A ماتریس ضرایب فنی نامیده می‌شوند. Y نیز نشان‌دهنده بردار تقاضای نهایی بخش‌های اقتصادی است. با حل ماتریسی رابطه (۲)، رابطه (۳) به دست می‌آید:

مجموع ردپای آب خارجی یک منطقه واردات آب مجازی آن را نشان می‌دهد. صادرات آب مجازی هر بخش با استفاده از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود:

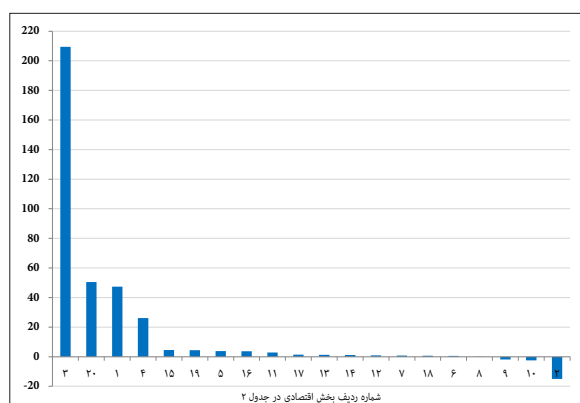
$$U = [u_j] \quad u_j = w_j^t \times e_j \quad (10)$$

که در آن e_j ارزش کل صادرات محصولات و u_j حجم کل صادرات آب مجازی بخش j ام را نشان می‌دهند. بنابراین خالص واردات آب مجازی (NVWI) برابر است با:

$$NVWI = (S^f + S^n) - U \quad (11)$$

لازم به ذکر است داده‌های مصرف آب بخش‌های اقتصادی استان یزد، از منابع مختلف آماری شامل سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی مرکز آمار ایران، نتایج طرح آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری مرکز آمار ایران و شرکت مهندسی آب و فاضلاب ایران گردآوری و در برخی از بخش‌ها تخمین زده شده است. همچنین ارزش صادرات و واردات بخش‌های اقتصادی استان، با در نظر گرفتن برخی مفروضات، به عنوان بخشی از ناحیه ۲ جدول داده-ستانده (ناحیه تقاضای نهایی) برآورد شده است.^{۱۰}

واردات و خالص واردات (واردات منهای صادرات) در نظر گرفته شود، بخش «معدن» با صادرات ۱۵/۱ میلیون متر مکعب آب بزرگترین صادرکننده خالص و بخش «صنایع مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات» با واردات ۲۰۹/۵ میلیون متر مکعب بزرگترین واردکننده خالص آب مجازی استان در سال ۱۳۹۰ بوده‌اند. در کل بخش‌ها استان یزد در این سال با ورود ۳۳۹/۷ میلیون متر مکعب یک واردکننده خالص آب مجازی به شمار می‌آید. در شکل (۱) خالص واردات آب مجازی در بخش‌های مختلف استان یزد ارائه شده است.



شکل ۱- خالص واردات آب مجازی در بخش‌های اقتصادی استان یزد- ۱۳۹۰ (میلیون متر مکعب)

$$T = [t_j], \quad t_j = w_j^t \times f_j \quad (6)$$

در این رابطه f_j نشان‌دهنده بخشی از تقاضای نهایی بخش j است که در داخل استان مصرف می‌شود. t_j ردپای آب داخلی بخش j ام است. ردپای آب خارجی مطابق روابط زیر به دو قسمت واسطه‌ای و نهایی تقسیم می‌شود:

$$ENWF = S^f + S^n \quad (7)$$

$$S^f = [s_j^f] \quad s_j^f = w_j^t \times m_j^f \quad (8)$$

$$S^n = [s_j^n] \quad s_j^n = \left(\sum_{i=1}^n w_i^t \times m_j^i \right) \times v_j \quad (9)$$

در روابط فوق، S_j^f حجم آب مجازی است که مستقیماً برای تامین مصارف نهایی داخلی وارد می‌شود. S_j^n واردات واسطه‌ای آب مجازی، m_j^f ارزش واردات نهایی بخش j و m_j^i ارزش محصولات وارداتی بخش j ام است که به عنوان نهاده واسطه‌ای در بخش j استفاده می‌شود. عنصر v_j نسبت تقاضای نهایی منهای صادرات بر کل تقاضای نهایی است و به عنوان ضریب تعدیل در رابطه (۹) وارد می‌شود.

نتایج پژوهش

نتایج به دست آمده از محاسبات پژوهش در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس این نتایج در سال ۱۳۹۰ کل مصرف آب در استان یزد برای تولید محصولات اقتصادی حدود ۱۱۹۹ میلیون متر مکعب بوده است. در حالی که کل ردپای آب استان یزد در این سال، حجمی حدود ۱۵۳۹ میلیون متر مکعب داشته است. به عبارت دیگر آب مورد نیاز برای مصرف شهروندان یزدی (ردپای آب) حدود ۲۰ درصد بیش از آب مورد نیاز برای تولیدات این استان است. بر اساس این نتایج، حدود نیمی از کل ردپای آب استان یزد (حدود ۵۰/۱ درصد) خارجی است و از منابع آبی خارج از استان تامین شده است. با توجه به جمعیت استان در سال ۱۳۹۰ سرانه این شاخص در استان یزد ۱۴۳۲ متر مکعب به ازای هر نفر بوده است. سهم بخش کشاورزی از کل ردپای آب در استان یزد به حدود ۶۵/۳ درصد می‌رسد. پس از بخش «کشاورزی» بخش‌های «صنایع مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات» و «خدمات» با ۲۴/۴ درصد و ۴/۸ درصد بیشترین سهم از کل ردپای آب استان یزد را به خود اختصاص داده‌اند.

بخش «کشاورزی» استان در سال ۱۳۹۰ با صادرات ۳۵۵/۷ میلیون متر مکعب آب بزرگترین صادرکننده آب مجازی است. این بخش با واردات ۴۰۳/۱ میلیون متر مکعب، بزرگترین واردکننده آب مجازی به شمار می‌رود. اما اگر خالص صادرات (صادرات منهای

جدول ۲- نتایج محاسبات مربوط به تجارت آب مجازی و ردپای آب

ردیف	بخش	کل مصرف آب	کل ردپای آب	واردات آب مجازی	صادرات آب مجازی	خالص واردات آب مجازی	آب بری مستقیم	آب بری کل
		(میلیون متر مکعب)	(میلیون متر مکعب)				(مترمکعب به میلیون ریال)	
۱	کشاورزی	۱۱۲۱/۴	۱۰۰۵/۴	۴۰۳/۱	۳۵۵/۷	۴۷/۳	۶۳/۵۷	۶۳/۸۹
۲	معادن	۱۴/۹	۱/۹	۰/۵	۱۵/۶	-۱۵/۱	۰/۹۲	۱/۰۶
۳	مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات	۸/۰	۳۷۵/۶	۲۶۲/۵	۵۸/۳	۲۰۹/۵	۱/۶۲	۳۴/۶۹
۴	ساخت منسوجات	۱/۷	۲۷/۹	۲۶/۶	۰/۵	۲۶/۱	۰/۴۲	۰/۴۸
۵	صنایع پوشاک، چرم و دباغی	۰/۱	۴/۰	۳/۸	۰/۱	۳/۸	۱/۴۲	۴/۱۵
۶	ساخت چوب و محصولات چوبی	۰/۱	۰/۷	۰/۶	۰/۱	۰/۵	۱/۰۴	۱/۴۳
۷	صنایع، کاغذ، مقوا، چاپ و انتشار	۰/۲	۱/۰	۰/۹	۰/۱	۰/۸	۰/۵۵	۰/۶۳
۸	صنایع شیمیایی، نفت، زغال و سوخت‌های هسته‌ای	۰/۹	۱/۰	۰/۹	۱/۵	-۰/۱	۰/۵۴	۰/۶۷
۹	ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک	۰/۸	۱/۰	۰/۷	۲/۹	-۱/۹	۰/۴۰	۱/۵۳
۱۰	سایر محصولات کانی غیرفلزی	۵/۰	۲/۴	۱/۵	۴/۰	-۲/۵	۰/۴۸	۰/۴۸
۱۱	ساخت فلزات اساسی	۱۱/۹	۱۴/۳	۸/۸	۶/۰	۲/۹	۰/۶۷	۰/۶۸
۱۲	محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات	۰/۹	۱/۸	۱/۲	۰/۳	۰/۹	۰/۶۸	۰/۷۰
۱۳	ساخت ماشین آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۱/۰	۲/۶	۲/۱	۱/۰	۱/۲	۰/۸۰	۱/۱۵
۱۴	ساخت دستگاه‌های برقی و ماشین آلات دفتری	۰/۳	۱/۹	۱/۳	۰/۳	۱/۱	۰/۱۳	۰/۳۲
۱۵	صنایع ارتباطی، پزشکی و سایر ابزار الکترونیکی	۰/۴	۴/۹	۴/۶	۰/۱	۴/۵	۳/۱۳	۳/۳۸
۱۶	ساخت تجهیزات حمل و نقل	۰/۳	۴/۰	۳/۸	۰/۱	۳/۷	۲/۲۱	۲/۶۸
۱۷	ساخت مبلمان، مصنوعات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر و بازیافت	۱/۲	۲/۶	۱/۸	۰/۳	۱/۴	۱/۴۴	۱/۴۶
۱۸	آب، برق و گاز	۵/۸	۶/۳	۰/۷	۰/۰	۰/۷	۰/۹۳	۰/۹۳
۱۹	ساختمان	۱/۶	۶/۲	۴/۵	۰/۰	۴/۵	۰/۱۴	۰/۱۶
۲۰	خدمات	۲۲/۹	۷۳/۴	۵۲/۷	۲/۳	۵۰/۵	۰/۳۷	۰/۳۸
-	کل	۱,۱۹۹/۱	۱,۵۳۸/۸	۷۸۲/۴	۴۴۷/۵	۳۳۹/۷		

امروزه پژوهشگران راهکار مقابله با مسئله کم‌آبی را نه رویکردهای افزایشی در عرضه بلکه در مدیریت تقاضا می‌دانند. بنابراین در راستای مقابله با مساله کمبود آب کشور، مدیریت صحیح منابع موجود آب امری حیاتی به‌نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر، استراتژی مبتنی بر مفهوم آب مجازی و تبادلات بین‌منطقه‌ای آب جهت مقابله با مساله کم‌آبی مطرح شده که به شدت مورد توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران مختلف قرار گرفته است. بر اساس این استراتژی، مناطق خشک اقلیمی می‌توانند با وارد کردن محصولات با آب‌بری بالا و تولید و صادرات محصولات با آب‌بری پایین، بخشی از مساله کمبود آب را برطرف کنند. همچنین از اوایل قرن حاضر میلادی رویکرد نوینی از مدیریت منابع آب در قالب مفهوم ردپای آب مطرح شده که مصرف آب را به میزان مصرف ساکنان یک منطقه بدون درنظر گرفتن منبع داخلی و خارجی مرتبط می‌کند. پژوهش حاضر باتوجه‌به رویکردهای فوق تجارت آب مجازی و ردپای آب را در بخش‌های اقتصادی استان یزد (به‌عنوان یکی از خشک‌ترین استان‌های کشور) برآورد کرده است.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد الگوی تجارت در استان یزد به‌طور قابل ملاحظه‌ای به نفع منابع آب داخلی این استان است. به‌عبارت دیگر این الگو باعث شده استان یزد در تجارت خارجی مقادیر زیادی واردات آب مجازی داشته باشد. بر اساس این نتایج، استان یزد در سال ۱۳۹۰ به‌طور خالص حجم آبی بالغ بر ۳۳۹/۷ میلیون متر مکعب به شکل مجازی وارد کرده است. یعنی این استان از طریق تجارت آب مجازی توانسته است حدود ۳۳۹/۷ میلیون متر مکعب از منابع آبی خود را ذخیره کند. این مقدار حدود ۷ برابر آبی است که توسط خانوارهای این استان در همان سال مصرف شده است. چنانچه تجارت استان یزد از الگوی دیگری استفاده می‌نمود و این مقدار آب وارد استان نمی‌شد، تامین آن از منابع داخلی فشار بسیار زیادی بر این منابع وارد می‌آورد. بنابراین به نظر می‌رسد سیاست واردات آب مجازی می‌تواند راهکاری امید بخش برای حل مساله کم‌آبی در ایران و به‌ویژه در استان یزد مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد. بزرگ‌ترین صادرکننده آب مجازی استان یزد بخش «کشاورزی» بوده به‌طوری‌که کل حجم صادرات این بخش به حدود ۳۵۵/۷ میلیون متر مکعب می‌رسد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران یزد، به‌منظور حفظ منابع ارزشمند و کمیاب آب این استان باید تمرکز خود را بر روی محدود کردن بخش کشاورزی معطوف کنند. البته این موضوع باید با در نظر گرفتن مسائل دیگری همچون اشتغال و امنیت غذایی صورت گیرد.

لازم به ذکر است بخش «معدن» با صادرات ۱۵/۱ میلیون متر مکعب آب، بزرگ‌ترین صادرکننده خالص و بخش «صنایع مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات» با واردات ۲۰۹/۵ میلیون متر مکعب بزرگ‌ترین واردکننده خالص آب مجازی استان در سال ۱۳۹۰ بوده‌اند.

کل ردپای آب استان یزد در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۵۳۹ میلیون متر مکعب به‌دست آمده است. این شاخص باتوجه‌به جمعیت استان در سال ۱۳۹۰ نشان می‌دهد برای تامین کالاها و خدماتی که هر شهروند یزدی در یک سال مصرف می‌کند حدود ۱۴۳۲ متر مکعب آب نیاز است. درحالی‌که آب مورد نیاز برای تولید محصولات ایجاد شده در یزد حدود ۱۱۹۹ میلیون متر مکعب بوده است. به عبارت دیگر آب مورد نیاز برای تامین مصرف شهروندان یزدی حدود ۲۰ درصد بیشتر از آب مورد نیاز برای تولید محصولات ایجاد شده در این استان است. حدود نیمی از کل ردپای آب استان یزد از منابع آبی خارج از استان تامین می‌شود و فشاری بر منابع داخلی آب این استان وارد نمی‌آورد.

بالین‌وجود حدود ۹۳/۵ درصد از آب مصرف شده در سیستم اقتصادی استان یزد (کل مصرف مستقیم آب) به بخش «کشاورزی» اختصاص دارد، فقط حدود ۶۵/۳ درصد از کل ردپای آب استان به این بخش مربوط می‌شود. این نتیجه نشان می‌دهد با رویکرد ردپای آب، دیدگاه‌ها می‌تواند نسبت به آب‌بری بخش‌های اقتصادی تغییر کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در سیاست‌گذاری‌های آبی استان و در راستای مدیریت صحیح این منابع، به مفهوم ردپای آب توجه بیشتری شود و واردات آب مجازی به‌عنوان یک راهکار برای رهایی از کم‌آبی مورد توجه قرار گیرد.

در نهایت باتوجه‌به اینکه پژوهش و برنامه‌ریزی در هر حوزه‌ای از جمله موضوع بااهمیت کم‌آبی نیازمند وجود و در دسترس بودن داده‌های صحیح و به‌روز است، پیشنهاد می‌شود داده‌های مصرف آب در واحدهای مختلف اقتصادی استان‌های کشور با دقت گردآوری و در دسترس پژوهشگران قرار گیرد.

محدودیت‌های پژوهش

این پژوهش دارای محدودیت‌هایی است که در استفاده از نتایج آن باید توجه ویژه شود. در ایران به دلیل محدودیت داده‌ها، برآورد جداول داده-ستانده استانی به‌ویژه در ناحیه اجرای تقاضای نهایی (مانند صادرات و واردات) با دشواری‌های زیادی روبه‌رو است. محدودیت دیگر مربوط به داده‌های مصرف آب است. هرچند در این پژوهش داده‌های مورد نظر از همه منابع آماری ممکن گردآوری شده است، اما باتوجه‌به محدودیت‌های موجود، این داده‌ها در بعضی بخش‌ها با درنظر گرفتن برخی مفروضات برآورد شده‌اند.

be impossible. Priorities for water resources allocation and management, 13(4): 13-26.

Banouei A.A., Banouei J., Zakeri Z. and Momeni. M. 2015. Using Input-output Model to Measure National Water Footprint in Iran. Business Perspectives, 14(2): 75-87.

Chapagain A. K. and Hoekstra A.Y. 2004. Water footprints of nations. Value of Water Research Report Series No. 16. Delft., The Netherlands: IHE.

Duarte R. and Yang H. 2011. Input-output and water: introduction to the special issue. Economic Systems Research, 23(4): 341-351.

Feng K., Chapagain A., Suh S., Pfister S. and Hubacek K. 2011. Comparison of bottom-up and top-down approaches to calculating the water footprints of nations. Economic Systems Research, 23(4): 371-385.

Hoekstra A.Y. and Hung P.Q. 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, Value of Water Research Report Series No.11, Delft, The Netherlands: IHE.

Hoekstra A. Y. and Chapagain A. K. 2007. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. Water resources management, 21(1): 35-48.

Miller R. E. and Blair P. D. 2009. Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. Cambridge University Press.

Mubako S., Lahiri S. and Lant C. 2013. Input-output analysis of virtual water transfers: Case study of California and Illinois. Ecological Economics, 93: 230-238.

Zhang C and Anadon L. D. 2014. A multi-regional input-output analysis of domestic virtual water trade and provincial water footprint in China. Ecological Economics, 100: 159-172.

Zhang B., Chen Z. M., Zeng L., Qiao H. and Chen B. 2016. Demand-driven water withdrawals by Chinese industry: a multi-regional input-output analysis. Frontiers of Earth Science, 10(1): 13-28.

Zhao X., Chen B. and Yang, Z. F. 2009. National water footprint in an input-output framework- a case study of China 2002. Ecological Modelling, 220(2): 245-253.

1- Virtual Water Trade

2- Water Footprint

3- Bottom-Up Approaches

4- Top-Down Approaches

5- Jiangsu

6- Guangdong

۷- جهت کسب اطلاعات بیشتر در زمینه مدل داده-ستانده رجوع شود به Miller و Blair (۲۰۰۹) و جهانگرد (۱۳۹۳).

8- Industry-Specific Flegg Location Quotient

۹- برای کسب اطلاع بیشتر در زمینه روش‌های سهم مکانی از جمله روش SFLQ در منطقه‌ای سازی جداول داده-ستانده، به نصراللهی و زارعی (۱۳۹۶) رجوع شود.

۱۰- برای اطلاعات بیشتر در مورد چگونگی تخمین این داده‌ها به زارعی (۱۳۹۵) رجوع شود.

منابع

تفضلی، ح. ۱۳۹۲. سنجش ردپای آب در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران با استفاده از رویکرد داده-ستانده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد. دانشگاه علامه طباطبائی. ۱۳۹۲.

تهامی‌پور زرنندی، م.، دشتبان فاروجی، س.، جواهردهی، س. ۱۳۹۶. ارزیابی تجارت محصولات صنعتی ایران با کشورهای مختلف از دیدگاه آب مجازی. نشریه علمی-پژوهشی اقتصاد و الگو سازی، ۸(۳۰): ۱۴۳-۱۸۷.

جهانگرد، ا. ۱۳۹۳. تحلیل‌های داده-ستانده: فناوری، برنامه‌ریزی و توسعه (با مقدمه‌ای از دکتر فیروز توفیق). تهران: نشر آماره، چاپ اول.

زارعی، م. ۱۳۹۵. سنجش و بررسی مصرف آب در بخش‌های اقتصادی ایران و استان یزد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری. دانشگاه یزد. ۱۳۹۵.

صادقی، س.ک.، کریمی تکانلو، ز.، متفکرآزاد، م.ع.، اصغری‌پور قورچی، ح. و اندایش، ی. ۱۳۹۳. سنجش ردپای آب بخش‌های اقتصادی در ایران با رهیافت ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM). فصلنامه اقتصاد مقداری. ۱۱(۳): ۸۱-۱۱۱.

نصراللهی، ز. و زارعی، م. ۱۳۹۶. معرفی و ارزیابی روش سهم مکانی خاص صنعتی فلگ (SFLQ) در منطقه‌ای سازی جداول داده-ستانده ملی: مطالعه موردی استان یزد ۱۳۹۰. پژوهش‌های اقتصاد و توسعه منطقه‌ای. ۲۴(۱۳): ۱۱۲-۱۴۰.

Allan J.A. 1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would

Article Type: Regular article

نوع مقاله: پژوهشی

Analysing the Tariff System and Economic Value of Water in Iran's Industry Sector

M. Tahami Pour Zarandi^{1*}, A. Khazaei², F. Kolivand³

1, 2, 3- Assistant Professor, PhD Student, and Master of Economics, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: m_tahami@sbu.ac.ir)

Received: 24-11-2018

Accepted: 27-05-2019

تحلیل نظام تعرفه و ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت ایران

مرتضی تهامی پور زرنندی^{۱*}، علیرضا خزائی^۲، فتانه کولیوند^۳

۱، ۲، ۳- به ترتیب استادیار، دانشجوی دکتری و کارشناس ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: m_tahami@sbu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۶

Abstract

Constraints on water resources in Iran and the problems facing the supply of new water resources have led to the increased importance of this input for production. This research, using the Residual method, according to the welfare economics theorem, seeks to estimate the economic value of water as a base for water tariff system for industry. In this way, the industrial data based on two-digit ISIC codes between the years of 2004 to 2013 have been used in this study. Results indicated that the weighted average of the economic value of water in the industrial sector is 87347 Rials/m³ and there is a significant difference between the weighted average of the economic value of water and the average weighted tariff of water. Moreover, the findings showed that the ratio of the economic value to tariff of water has decreased over time. Accordingly, it is suggested that by modifying the pricing approach of this input based on the suggested methodology, the prices will be closer to their optimal values, and also, by setting up the water market, water use productivity in the industries will increase.

Keywords: Natural resources economy, Economic value, Pricing, Water, Industry.

چکیده

محدودیت منابع آب در کشور ایران و مشکلات پیشروی تأمین منابع جدید آب موجب شد؛ به اهمیت این نهاد در تولید توجه بیشتری شود. این پژوهش با استفاده از روش پسماند و مبتنی بر تئوری اقتصاد رفاه به دنبال برآورد ارزش اقتصادی آب به عنوان مبنایی برای اصلاح نظام قیمت‌گذاری آب در مصارف صنعتی است. در این راستا از داده‌های صنایع بر اساس کدهای ISIC دو رقمی برای سال‌های ۹۲-۱۳۸۳ استفاده شد. نتایج نشان داد که متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب در طول دوره مورد بررسی به ازای هر متر مکعب آب، ۸۷۳۴۷ ریال است و فاصله معنی‌داری بین متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب با متوسط وزنی تعرفه پرداختی برای آب در بخش صنعت وجود دارد. همچنین یافته‌های پژوهش نشان داد باتوجه به اختلاف بسیار زیاد بین ارزش اقتصادی آب و تعرفه پرداختی، این نسبت در طول زمان روند کاهشی داشته است. اما همچنان تعرفه‌های پرداختی توسط مصرف‌کنندگان بسیار ناچیز است. بر این اساس پیشنهاد می‌شود با اصلاح نظام قیمت‌گذاری این نهاد بر اساس نتایج به دست آمده به صورت پلکانی و با سیاست تبعیض قیمت بین صنایع، قیمت‌ها به مقادیر بهینه خود نزدیک‌تر شوند و همچنین با راه‌اندازی بازار آب، بهره‌وری مصرف آب در صنایع افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد منابع طبیعی، ارزش اقتصادی، قیمت‌گذاری، آب، صنعت.

جوی، خشک‌سالی‌ها و ناپایداری‌های آب‌وهوایی سبب بروز کمبود عرضه، عدم تعادل در بازار مصرف و در نهایت بحران آب شده است. محدودیت در افزایش عرضه آب برای پاسخگویی به تقاضای رو به افزایش توجه برنامه‌ریزان و محققان را به سمت مدیریت تقاضای آب معطوف کرده است. بسته به نوع منبع عرضه آب (سطحی و زیرزمینی) و نوع مصرف و تقاضای آب (کشاورزی، صنعتی، شهری و...)، نوع ابزارهای اقتصادی، نحوه کاربرد و تأثیرگذاری آن‌ها متفاوت است (تهامی‌پور، ۱۳۹۷). نظام قیمت‌گذاری یکی از مهمترین ابزارهای اقتصادی است که نقش مهمی در مدیریت تقاضای آب دارد (تهامی‌پور و یزدانی، ۱۳۹۵).

یکی از دلایل مهم و مؤثر بر ناکارایی منابع آب، پایین بودن آب‌بهای پرداختی توسط بهره‌برداران کشاورزی، صنعتی و مصرف‌کنندگان آب شرب و در نتیجه کاهش انگیزه ایشان در استفاده بهینه از منابع محدود آب بوده است (کیانی، ۱۳۹۵). در کشور ما قیمت‌گذاری این کالای با ارزش بدون هیچ‌گونه پشتوانه علمی و اقتصادی صورت گرفته است که باعث شده مصرف‌کنندگان آب در بخش خانگی، صنعت و کشاورزی الزامی جهت مصرف بهینه و حتی کاهش تقاضای مصرف احساس نکنند. تعیین قیمت واقعی هر کالا نیاز به برآوردهای اقتصادی دقیق و جامع دارد که در صورت عدم پیاده‌سازی صحیح آن منجر به نتایج مطلوب نخواهد شد (شوریان، ۱۳۹۶).

تعیین قیمت مناسب برای آب می‌تواند اهداف مختلفی همچون پوشش هزینه‌ها، ایجاد انگیزه‌های درست برای مصرف‌کننده و حفاظت از محیط‌زیست که در ادبیات موضوع به کرات دیده می‌شود را دنبال کند. اگر آب به‌عنوان یک کالای اقتصادی مطرح باشد، مانند هر کالای دیگری دارای عرضه و تقاضا است و قیمت آن در بازار از تلاقی عرضه و تقاضا به‌دست خواهد آمد. قیمت طرف عرضه، نمایانگر هزینه‌های تمام‌شده آب و قیمت طرف تقاضا، حداکثر تمایل به پرداخت یا ارزش اقتصادی آن می‌باشد. نظام تعرفه‌ای کارآمد و مؤثر خواهد بود که به این دو بعد توجه نماید و در پیشنهاد قیمت، هم به پوشش هزینه عرضه‌کنندگان و هم تمایل و توان پرداخت مصرف‌کنندگان و متقاضیان توجه کند. نظام تعرفه آب در مصارف شهری در کشور نشان می‌دهد، پیش از تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب، قیمت‌گذاری آب عمدتاً توسط شهرداری‌ها تعیین و از مشترکین اخذ شده است.

بعد از تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب قیمت آب نه بر اساس پوشش کامل هزینه‌های تأمین و توزیع و نه بر پایه ارزش اقتصادی شکل گرفته است، بلکه قیمت‌های ترجیحی با هدف حمایت‌های اجتماعی مدنظر بوده است. آخرین قانون مبنای قیمت‌گذاری آب در حال حاضر قانون هدفمند کردن یارانه‌ها مصوب سال ۱۳۸۹ است که بر اساس آن قیمت آب باید معادل هزینه تمام‌شده آن (یعنی بر اساس قیمت طرف عرضه) باشد.

بر اساس گزارش توسعه جهانی آب (World Water Development Report, ۲۰۱۸) سطح مصرف آب در کشورهای گوناگون در اثر رشد عواملی مانند رشد جمعیت، توسعه اقتصادی و تغییر در الگوی زندگی با افزایش روبه‌رو خواهد شد. Wada و همکاران (۲۰۱۶) عنوان کردند، استفاده از منابع آب در دنیا بیش از ۶ برابر در قرن اخیر افزایش یافته است و به‌طور پیوسته در هر سال حدود یک درصد رشد خواهد کرد. در سال ۲۰۱۶ تقاضای آب در سطح جهانی حدود ۴۶۰۰ کیلومترمکعب در سال بوده است و پیش‌بینی شده این میزان تقاضا در سال ۲۰۵۰ به ۵۵۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومترمکعب در سال برسد (Burek و همکاران، ۲۰۱۶). آمارهای گزارش آب سازمان ملل متحد (Water U. N, ۲۰۱۶) نشان می‌دهد سرانه آب در دسترس ایران از ۷۰۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۳۵ به حدود ۴۰۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۹۰ کاهش پیدا کرده است و انتظار می‌رود تا سال ۱۴۰۰ به حدود ۸۰۰ مترمکعب کاهش یابد. این مقدار پایین‌تر از مرز کم‌آبی، یعنی ۱۰۰۰ مترمکعب است. بر اساس اعلام بانک جهانی میانگین آب مصرفی سرانه جهان (صنعتی، کشاورزی و آشامیدنی) حدود ۵۸۰ مترمکعب برای هر نفر در سال است؛ درحالی‌که این رقم برای ایران حدود ۱۳۰۰ مترمکعب در سال است و بیانگر اتلاف منابع آب و استفاده بیش‌ازحد منابع حیاتی است. طبق آخرین گزارش سازمان جهانی غذا (FAO, ۲۰۱۶) مصرف آب در بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌ها بیش‌تر است، به‌گونه‌ای که ۶۹ درصد از آب‌های برداشت‌شده در سطح جهان در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد. ۱۲ درصد در بخش شهری و ۱۹ درصد آن در بخش صنعت استفاده می‌شود. این نسبت در کشورهای آسیایی به‌ترتیب ۸۱، ۹ و ۱۰ درصد و در کشورهای اروپایی ۲۵، ۲۱ و ۵۴ درصد است. در ایران نیز بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب، بخش کشاورزی با ۸۷/۹ درصد مصرف آب است. بخش شهری ۸/۳ درصد و بخش صنعت فقط حدود ۲/۸ درصد از مصرف آب‌های برداشت‌شده را به خود اختصاص می‌دهد (مظاهری و عبدالمنافی، ۱۳۹۶).

با گذر از کشورهای درحال توسعه آسیایی و آفریقایی به سمت کشورهای توسعه‌یافته، نسبت سهم بخش صنعت از مصرف آب افزایش می‌یابد. همچنین طی دو دهه آینده تقاضای صنعتی و خانگی برای آب بسیار سریع‌تر از تقاضای کشاورزی رشد خواهد کرد؛ هرچند کشاورزی بزرگ‌ترین کاربر کلی خواهد ماند (UNWWD^۱, ۲۰۱۸). پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد برای اولین بار در تاریخ جهان رشد مطلق در تقاضای غیر کشاورزی برای آب از رشد تقاضای کشاورزی جلوگیری می‌کند، در نتیجه منجر به کاهش سهم کشاورزی در کل مصرف آب در کشورهای درحال توسعه از ۸۶ درصد در سال ۱۹۹۵ به ۷۶ درصد در سال ۲۰۲۵ خواهد شد (Rosegrant و همکاران، ۲۰۰۲). عوامل محیطی از جمله کمبود ریزش‌های

این قانون تبعیض قیمت بر اساس کیفیت، نوع مصرف و محدوده جغرافیایی را مجاز برشمرد است. بین کشورهای مختلف نیز تفاوت‌های قابل‌توجهی در تعیین قیمت آب و روش‌های اجرایی آن وجود دارد (UNWWD، ۲۰۱۴). قیمت هر متر مکعب آب تصفیه‌شده جهت مصرف خانگی، به‌طور متوسط در اتحادیه اروپا حدود ۳ دلار، در کانادا ۲ دلار و در ترکیه حدود ۱/۴ دلار است. در حالی که در سال ۱۳۹۱ قیمت یک متر مکعب آب خانگی در ایران حدود ۳۰۰۰ ریال (۳۰۰ تومان) که حدوداً رقمی معادل ۰/۱ دلار در آن زمان است. این تفاوت قیمت برای این کالای اقتصادی که در سایر بخش‌ها نیز وجود دارد منجر به برهم خوردن نظام و الگوی مصرف آب در ایران در مقایسه با سایر کشورها شده است (شوریان، ۱۳۹۶).

در متن قوانین برنامه‌های پنج‌ساله توسعه، نقش آب در فرآیندهای تولید صنعت و معدن بسیار کمرنگ دیده شده است و صرفاً در برخی برنامه‌ها بر اصلاح قیمت آب به‌صورت کلی تأکید شده است. اما باتوجه به تجربه توسعه صنعتی جهان، سهم بخش صنعت و معدن از مصرف آب در طول زمان افزایش خواهد یافت. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد میزان نیاز جهان به آب تا سال ۲۰۵۰ نسبت به سال

پیشینه تحقیق

آب در مصارف شهری به‌عنوان کالای نهایی و در مصارف کشاورزی و صنعتی به‌عنوان نهاده تولید استفاده می‌شود. مطالعات بسیاری در زمینه ارزش‌گذاری اقتصادی آب در بخش کشاورزی و شهری تاکنون انجام گرفته است، در حالی که این مطالعات در بخش صنایع و معادن بسیار اندک هستند، در ادامه مهمترین آن‌ها شرح داده می‌شود.

تهامی‌پور و یزدانی (۱۳۹۵) به بررسی نقش ابزارهای اقتصادی در مدیریت یکپارچه منابع آب در خصوص نظام قیمت‌گذاری آب آبیاری در حوضه‌های آبریز غرب ایران پرداختند و با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی، قیمت سایه‌ای آب را برای کشاورزان حوضه‌های آبریز استان کهگیلویه و بویراحمد برآورد کردند آن‌ها با استفاده از روش اقتصاد مهندسی، هزینه تمام‌شده آب تا سر مزرعه برای سد کوثر محاسبه نمودند. با مقایسه این دو قیمت با نرخ تعرفه موجود، رویکرد مناسب قیمت‌گذاری آب کشاورزی معرفی شد. نتایج نشان داد قیمت سایه‌ای هر متر مکعب آب کشاورزی کمتر از هزینه تمام‌شده آن است و قیمت‌گذاری برحسب تمام هزینه‌های تأمین، انتقال و توزیع آب کشاورزی گزینه مناسبی برای قیمت‌گذاری نیست و نیاز به حمایت دولت دارد.

سجادی‌فر و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود تحت عنوان قیمت‌گذاری کارآمد آب شرب (مطالعه موردی شهر اراک) از تابع

۲۰۱۴، ۵۵ درصد افزایش خواهد یافت و در این میان میزان آب مصرفی در بخش صنعت ۴۰۰ درصد رشد خواهد داشت (World Water Assessment Program، ۲۰۱۵). این موضوع مدیریت منابع آب در بخش صنعت را مهم‌تر کرده و انجام تحقیقاتی مانند پژوهش حاضر از باب همین اهمیت است.

در اکثر کشورها تعرفه آب در بخش صنعت شامل یک تعرفه ثابت و یک تعرفه متغیر است و برحسب حجم مصرف آب تعیین می‌شود. در بعضی کشورها تعرفه آب در صنایع مختلف متفاوت است. تأکید این کشورها بر پوشش کامل هزینه‌های پرداختی تأمین آب است تا منجر به کارایی نظام اجرایی آب شود. (تهامی‌پور، ۱۳۹۵) در هریک از بخش‌های مصرف‌کننده آب، قیمت آب به‌میزانی نیست که بتواند هزینه تمام‌شده آب برای بنگاه تولیدکننده را جبران کند (زمانی، ۱۳۹۳). بنابراین با نظام قیمت‌گذاری کنونی، قیمت هر واحد آب مصرفی در کلیه مصارف با درجات مختلف حامل یارانه پنهان برای مصرف‌کننده است. باتوجه به محدودیت منابع آب، لازم است قیمت‌گذاری مناسبی برای مقادیر مصرف آب در بخش‌های مختلف مصرف، جهت تشویق به مصرف کمتر و کاراتر و مصرف آب در حد ضرورت اعمال شود.

هزینه ترانس‌لوگ و روش برآورد سیستم معادلات به‌ظاهر نامرتب استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد قیمت فروش آب خانگی فقط ۳۳ درصد هزینه نهایی را پوشش داده است و امور آب و فاضلاب شهر اراک در تولید آب خانگی و غیر خانگی دارای اقتصاد مقیاس است. برای دستیابی به حداکثر رفاه اجتماعی لازم است قیمت‌های آب خانگی در فصل‌های تابستان و بهار از هزینه نهایی بیشتر و در فصل‌های پاییز و زمستان از هزینه نهایی کمتر باشد.

مطالعات اندکی در زمینه ارزش‌گذاری اقتصادی آب در مصارف صنعتی و معدنی صورت گرفته است. تهامی‌پور (۱۳۹۶) در پژوهشی تحت عنوان "ارزش اقتصادی، رویکردی برای مدیریت تقاضای آب در مصارف صنعتی (صنایع تولید مواد شیمیایی)" با استفاده از روش اقتصادسنجی تابع تولید، در قالب مدل داده‌های تابلویی و روش باقیمانده نشان داد؛ تخصیص هر متر مکعب آب به صنایع تولید مواد شیمیایی اساسی به‌جز کود و ترکیبات ازت (کد ۲۴۱۱) به‌عنوان نماینده‌ای از کدهای چهار رقمی صنعتی، ارزشی معادل ۳۷۰۷۱ ریال ایجاد می‌نماید. هزینه فعلی خرید هر متر مکعب آب در این کد صنعتی حدود ۵۶۸۵ ریال است و با مبلغ محاسبه شده تخصیص هر متر مکعب آب فاصله زیادی دارد، بنابراین امکان افزایش تعرفه آب در قالب سیاست تبعیض قیمت بین کدهای صنعتی در راستای مدیریت تقاضای آب وجود دارد.

آریان و همکاران (۱۳۹۱) ارزش اقتصادی آب در مصارف صنعتی استان کهگیلویه و بویراحمد بررسی کرده، و از روش اقتصادسنجی برآورد تابع تولید استفاده کردند. نتایج نشان داد فرم تابعی ترانسلوگ برای داده‌های جمع‌آوری شده از صاحبان صنایع در مطالعه میدانی صورت گرفته بهترین برازش را نشان می‌دهد و بر این اساس به‌طور میانگین هر متر مکعب آب اضافی در صنایع این استان ارزشی معادل ۶۱۸۵۰ ریال ایجاد می‌نماید.

Ku و Yoo (۲۰۱۲) در کره جنوبی برای ارزش‌گذاری آب از روش بهره‌وری نهایی استفاده کردند و دو تابع کاب داگلاس و ترانسلوگ را برای ۱۱ فعالیت صنعتی برازش دادند. نتایج نشان داد تفاوت قابل توجهی در ارزش اقتصادی آب برای فعالیت‌های صنعتی مختلف وجود دارد.

Nahman و De Lange (۲۰۱۲) با هدف محاسبه ارزش تولید کرانه‌ای مصرف آب صنعتی و کشش تقاضای آب، ۵۸ واحد از ۱۲ رشته صنعت مختلف در آفریقای جنوبی را بررسی کردند. در این تحقیق از روش تابع تولید برای محاسبه ارزش اقتصادی آب صنعتی با استفاده از مدل تابع تولید ترانسلوگ استفاده شده است. نتایج برآوردها حاکی از تفاوت ارزش محاسبه شده بین بخش‌های مختلف صنعتی است. در مجموع ارزش آب صنعتی برای صنایع آفریقای جنوبی ۳۶۹ راند آفریقای جنوبی به ازای هر مترمکعب محاسبه شده است، از آنجایی که ارزش آب برآورد شده از تعرفه آب در آفریقای جنوبی بیشتر بود، امکان پیشنهاد افزایش تعرفه آب صنعتی فراهم شد.

Tsegai و Linz (۲۰۰۹) در پژوهشی تحت عنوان آنالیز تقاضای آب در بخش صنعتی در حوضه میانی اولیفنتنس آفریقای جنوبی (مطالعه موردی بخش معدن) با استفاده از برآورد اقتصاد سنجی، کشش قیمتی آب و همچنین امکانات جانشینی بین آب و دیگر نهاده‌های تولید، به تجزیه و تحلیل واکنش معادن به تغییرات تعرفه آب پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های اولیه، یک تابع هزینه ترانسلوگ برای ۵ معدن فعال در منطقه را تخمین زدند. معادلات هزینه برای هر نهاده مشخص شد و با استفاده از روش رگرسیون به‌ظاهر نامرتب برآورد شد. نتایج آن‌ها نشان داد متوسط سهم هزینه آب برای هر پنج معدن مورد بررسی حدود یک درصد است که نسبت بسیار کوچکی است و منعکس‌کننده تعرفه‌های بسیار پایین آب در این صنایع است. همچنین تقاضای آب صنایع بی‌کشش است؛ این احتمال وجود دارد که از طریق اعمال تعرفه‌های بالاتر الگوی مصرفی آب در این صنایع تحت تأثیر قرار گیرد.

Dupont و Renzenti (۲۰۰۳) ارزش آب صنعتی را با تخمین تابع هزینه مقید برای صنایع تولیدی مختلف در کانادا محاسبه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد متوسط ارزش اقتصادی آب ۰/۰۴۶

دلار کانادا برای هر متر مکعب در سال ۱۹۹۱ است و ارزش برآورد شده در میان بخش‌های مختلف صنعت متفاوت است و از ۰/۰۰۵ دلار کانادا برای هر متر مربع برای صنایع تصفیه بنزین تا ۰/۲۸۸ دلار برای صنایع نساجی برای هر متر مربع تغییر می‌کند. Wang و Lall (۲۰۰۲) ارزش نهایی آب صنعتی را با استفاده از روش بهره‌وری نهایی و اطلاعات تقریباً ۲۰۰۰ بنگاه تولیدی در چین تخمین زدند. این محققان کار خود را در قالب سه الگوی کاب داگلاس، ترانسلوگ و ترانسلوگ تعمیم‌یافته پیش بردند و دریافتند ارزش نهایی تخمین زده شده در فاصله ۰/۰۵ یوان^۲ به ازای هر متر مکعب برای بخش انرژی تا ۲۶/۸ یوان به ازای هر متر مکعب برای بخش تجهیزات حمل‌ونقل تغییر می‌کند. ارزش متوسط تخمین زده شده برای تمامی صنایع ۲/۴۲ یوان برای هر متر مکعب بوده است. محققان با استخراج تابع تقاضا از تابع هزینه کاب داگلاس، کشش آب را محاسبه کردند و دریافتند کشش به‌دست آمده در بازه از ۰/۱۲- (برای صنایع پتروشیمی) تا ۰/۵۴- (برای صنایع الکتریکی) قرار دارد. آن‌ها مقدار میانگین کشش قیمتی تقاضای آب بین بخش‌های مختلف صنایع را ۱- محاسبه کردند و این پارامتر را به‌عنوان فرصتی برای دولت چین به‌منظور سیاست‌گذاری‌های قیمتی آب برشمردند.

هدف مطالعه حاضر رسیدن به رویکرد بهینه در جهت شناسایی سیگنال صحیح سیاست‌گذاری برای تعیین قیمت بهینه آب در بخش‌های مختلف صنعت به‌منظور پایه‌گذاری سیستم کارا و مطلوب تخصیص بهتر اقتصادی و به عبارت دقیق‌تر به دست آوردن یک سیگنال برای تعیین سقف و کف مطلوب قیمت‌گذاری آب در کدهای مختلف است.

مبانی نظری

در حال حاضر یکی از مهم‌ترین راه‌های مدیریت تقاضای آب (کنترل مصرف آب) قیمت‌گذاری صحیح و مناسب منابع آبی و یا نظام تعرفه مناسب و کارای آب می‌باشد. در این راستا در یک نظام مناسب قیمت‌گذاری باید به هر دو طرف عرضه و تقاضای آب توجه شود. به عبارت دیگر در طرف عرضه باید هزینه تمام شده آب مدنظر قرار گیرد که در اسناد بالادستی (ازجمله در قانون هدفمندسازی یارانه‌ها) بر این نکته تأکید شده است. همچنین برای اینکه قابلیت اجرایی شدن نظام تعرفه بر اساس هزینه تمام شده آب ارزیابی شود، لازم است به قیمت طرف تقاضای آب نیز توجه شود که این مهم از طریق برآورد ارزش اقتصادی آب قابل بررسی است. ارزش اقتصادی آب به‌عنوان قیمت طرف تقاضا، سقف قیمتی که مصرف‌کنندگان حاضر به پرداخت هستند را نشان می‌دهد.

برای تعیین ارزش اقتصادی آب روش‌های مختلفی وجود دارد و در يك تقسیم‌بندی کلی باتوجه به بخش‌های مصرف کننده آب می‌توان آن‌ها را به دودسته زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف- روش‌های ارزش‌گذاری آب به‌عنوان يك كالای نهایی: آب مصرفی در بخش خانگی که یکی از زیر مجموعه‌های مصارف شهری است به‌عنوان كالای نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ازجمله روش‌های مربوط به این طبقه می‌توان به روش ارزش‌گذاری مشروط^۲، مدل‌سازی انتخاب^۳ و روش مشابه مبادلات بازار آب^۴ اشاره کرد.

ب- روش‌های ارزش‌گذاری آب به‌عنوان نهاده تولید: اگر آب در مصارف کشاورزی به‌عنوان يك نهاده مورد استفاده قرار گیرد، در این طبقه وارد می‌شود. آب در مصارف صنعتی نیز به عنوان نهاده تولید (نهاده واسطه‌ای) استفاده می‌شود و در این دسته‌بندی قرار می‌گیرد.

روش‌های اندازه‌گیری ارزش اقتصادی آب به‌عنوان نهاده تولید را می‌توان به دو دسته روش‌های پارامتری و ناپارامتری دسته‌بندی کرد. ازجمله مهم‌ترین روش‌های ناپارامتری تعیین ارزش اقتصادی آب که در مطالعات مختلف از آن‌ها استفاده شده است، شامل روش پسماند^۵ روش بودجه‌بندی^۶ و روش برنامه‌ریزی خطی^۷ می‌باشد.

روش‌های پارامتری تعیین ارزش اقتصادی آب مبتنی بر استفاده از الگوهای اقتصادسنجی هستند و از طریق برآورد تابع تولید^۸، سود مقید^۹ و هزینه مقید^{۱۱} ارزش اقتصادی آب که به‌عنوان يك نهاده در این توابع وارد شده است، به‌دست می‌آید (یونگ، ۲۰۰۵). در این مطالعه به دلیل محدودیت داده‌ها از میان روش‌های مختلف اندازه‌گیری ارزش اقتصادی آب، از روش پسماند یا باقیمانده استفاده شده است که در ادامه به‌طور مختصر به توضیح این روش پرداخته می‌شود. با داده‌هایی که در طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی برای یک دوره حداقل ده ساله در اختیار است، امکان برآورد تابع تولید وجود ندارد. با علم به این موضوع که به دلیل تفاوت کدهای صنعتی به لحاظ ماهیت تولید، امکان در نظر گرفتن آن‌ها به‌عنوان رقیب در مصرف آب در یک الگوی برنامه‌ریزی خطی یا ریاضی وجود ندارد بنابراین از روش پسماند استفاده شده است.

بر طبق تئوری اقتصاد رفاه، اثرات رفاهی تغییر قیمت و مقادیر (برای نهاده‌ها و ستانده‌ها) می‌تواند از طریق تغییرات متناظر در رانت‌ها^{۱۲} و شبه‌رانت‌ها^{۱۳} اندازه‌گیری شود. رانت اقتصادی، هر نوع پرداخت برای يك نهاده است که بیشتر از میزان مورد نیاز برای جذب آن نهاده در کاربرد فعلی آن لازم است و شبه‌رانت به‌کل پرداخت‌هایی گفته می‌شود که به عوامل ثابت تعلق می‌گیرد. رانت اقتصادی تنها زمانی وجود دارد که حداقل یکی از منابع از لحاظ عرضه محدود باشد. اگر تمامی منابع در بازارهای رقابتی با قیمت ثابت قابل خریداری باشند

آنگاه رانت اقتصادی وجود نخواهد داشت. بر طبق این تئوری مجموع رانت‌ها و شبه‌رانت‌ها برابر با تفاوت بین کل درآمد و کل هزینه‌های متغیر است.

در روش پسماند بر پایه تئوری رانت‌های اقتصادی، فرض بر این است که آب دارای عرضه (فیزیکی) محدود و ثابت است. بنابراین دو نوع رانت اقتصادی قابل تفکیک است.

۱- رانت‌های اقتصادی وابسته به آب شامل تمام رانت‌های اقتصادی است که از آب به‌عنوان نهاده در فرآیند تولید استفاده می‌کنند. این نوع رانت اقتصادی با R^w نشان داده می‌شود.

۲- رانت اقتصادی مربوط به نهاده‌های غیرآبی (R^{nw}): اگر شبه‌رانت‌های اقتصادی معمولی با QR نشان داده شوند، اجزای کل درآمد با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Young, ۲۰۰۵):

$$TR = TVC + QR + R^w + R^{nw} \quad (1)$$

در این عبارت، درآمد کل برابر با جمع کل هزینه‌های متغیر، شبه‌رانت معمولی، رانت اقتصادی مربوط به آب و رانت‌های اقتصادی غیرآبی است. عبارت فوق می‌تواند به شکل رابطه (۲) اصلاح شود:

$$R^w = TR - TVC - QR - R^{nw} \quad (2)$$

اگر کل هزینه‌های متغیر، شبه‌رانت‌ها و رانت اقتصادی غیرآبی جدا شده و اندازه‌گیری شود، می‌توان رانت‌های اقتصادی مربوط به آب را به‌عنوان ملاک رفاه بلندمدت مربوط به آب برای تولیدکننده استخراج نمود.

بنابراین از لحاظ کاربرد، در روش پسماند، تمام هزینه‌های تولید به غیر از آب، از ارزش ناخالص تولید کسر می‌شود و ارزش یا خالص درآمد باقیمانده به آب (رانت اقتصادی آب) به همراه شبه‌رانت‌ها و رانت‌های اقتصادی سایر نهاده‌ها در صورت وجود منتسب می‌شود. در مرحله بعد باید اجزای شبه‌رانت‌ها که در واقع پرداختی ارزش افزوده به عوامل ثابت تولید (نیروی کار و سرمایه) هستند، اندازه‌گیری و کسر شوند تا خالص ارزش مربوط به آب یا رانت اقتصادی مربوط به آب به‌دست آید. سپس این ارزش بر میزان آب مصرف شده تقسیم شده و ارزش اقتصادی هر واحد آب مصرفی به دست خواهد آمد.

لازم به ذکر است برخی از روش‌های دیگر که از نظر شکل محاسبه به روش پسماند نزدیک هستند در این دسته‌بندی قرار گرفته‌اند به‌عنوان روش پسماند از آن‌ها یاد شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش ارزش افزوده اشاره کرد. در روش ارزش‌افزوده هزینه‌های واسطه‌ای (به غیر از آب) از ارزش تولید کسر شده و حاصل آن بر حجم آب مصرفی تقسیم می‌شود و ارزش‌افزوده هر متر مکعب آب محاسبه خواهد شد. در این روش شبه‌رانت‌ها در محاسبات لحاظ نشده است، بنابراین ارزش آب را بیشتر از روش پسماند برآورد می‌کند.

- الگوی تجربی

برای برآورد ارزش آب در مصارف صنعتی و معدنی با روش پسماند، ابتدا تمام هزینه‌های واسطه‌ای به غیر از هزینه آب از ارزش ستانده کسر می‌شود تا ارزش افزوده که در آن ارزش مربوط به آب نیز مستتر است به دست آید. سپس لازم است با در نظر گرفتن مفروضاتی، اقلام تشکیل دهنده ارزش افزوده در روش جمع (شامل استهلاک، خالص مالیات، جبران خدمات و مازاد عملیاتی) محاسبه و از آن کسر شود تا کل ارزش آب محاسبه شود. در نهایت از تقسیم کل ارزش آب بر میزان آب مصرفی ارزش هر مترمکعب آب به دست خواهد آمد.

برای دستیابی به متوسط ارزش اقتصادی در هر سال، از متوسط وزنی ارزش اقتصادی کدهای مختلف بر اساس وزن مصرف آب آن‌ها در هر سال استفاده شده است. در این مطالعه، استهلاک طبق ماده ۱۵۱ قانون مالیات‌های مستقیم بر اساس روش نزولی محاسبه شده است. به این ترتیب ۱۲ درصد ارزش دفتری تشکیل سرمایه در سال به حساب استهلاک منظور شده است.

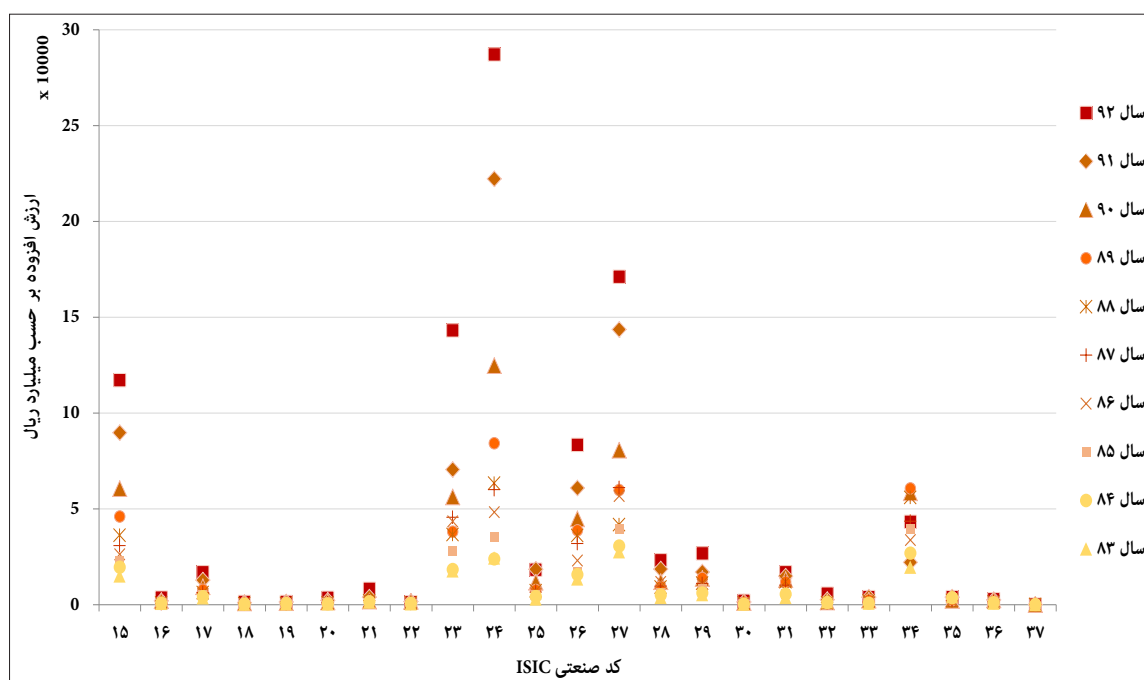
مازاد عملیاتی طبق تعریف مرکز آمار ایران و بانک مرکزی شامل سود، اجاره و بهره است، ابتدا از جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۰ سهم مازاد عملیاتی از ارزش افزوده برای کدهای مختلف صنعتی استخراج و متناسب با سهم به دست آمده، مازاد عملیاتی از ارزش افزوده فعالیت‌های صنعتی استخراج شده است. اطلاعات مربوط به جبران خدمات شاغلین و خالص مالیات در آمارنامه

مرکز آمار ایران موجود است. اطلاعات مورد نیاز برای این بخش برای فعالیت‌های صنعتی از طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران و جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران استخراج شده است.

نتایج و بحث

در شکل (۱) ارزش افزوده فعالیت‌های مختلف صنعتی برحسب هزار میلیارد ریال است. بررسی و مقایسه ارزش افزوده کدهای صنعتی نشان می‌دهد تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین ارزش افزوده تولیدی صنایع وجود دارد، به نحوی که فرایندهای تولید در گروه‌هایی مانند صنایع پالایشگاهی، صنایع شیمیایی، فلزات اساسی و محصولات کانی غیرفلزی از سایر گروه‌ها ارزش افزوده بیشتری ایجاد می‌نماید. بر این اساس، در صورتی که نظام تعرفه در بین صنایع اصلاح شود و قیمت آب به صورت یکسان افزایش یابد، این صنایع توانایی پرداخت بالاتری نسبت به صنایع دیگر (مانند تولیدات رسانه‌ای و صنایع چرم و بازیافت) خواهند داشت. لذا لازم است از سیاست تبعیض قیمت استفاده شود، در غیراین صورت امکان ورشکستگی و تعطیلی گروه‌هایی از صنایع وجود دارد.

در شکل (۲) حجم آب مصرفی فعالیت‌های مختلف صنعتی مقایسه شده است.



شکل ۱- مقایسه ارزش افزوده بخش‌های مختلف
(عنوان کدهای دورقمی ISIC در جدول ۲ آمده است)

مرتبط باشد و علت آن می‌تواند کاهش تعداد کارگاه‌های صنعتی به گسترش ظرفیت صنایع پرمصرف آب که منجر به افزایش مصرف آب می‌شوند باشد. یعنی در کشوری که با کمبود منابع آبی روبه‌رو است، گسترش ظرفیت تولیدی به سمت صناعی بوده که مصرف آب بالایی دارند.

بررسی آمار تعداد کارگاه‌های صنعتی و ترکیب آن‌ها در بین ۲۳ کد دو رقمی نشان می‌دهد در طول ده سال گذشته، سهم کارگاه‌های صنایع مواد غذایی و آشامیدنی و کارگاه‌های صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی افزایشی بوده است.

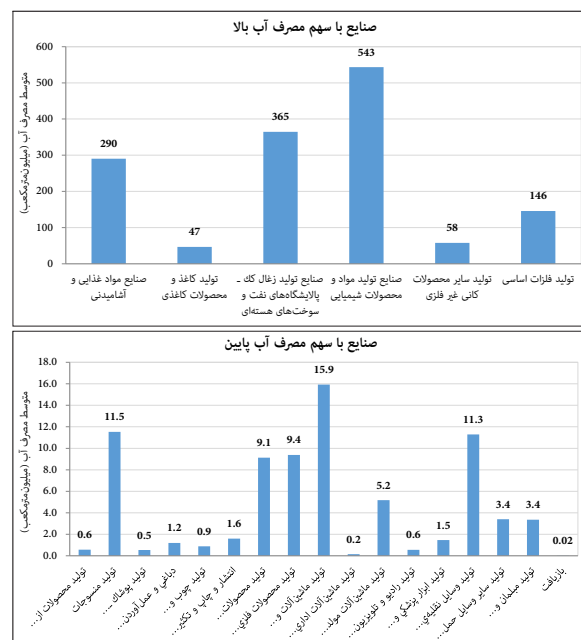
باتوجه به تفاوت تولیدات و آب‌بری متفاوت کالاهای صنعتی، صنایع به دو دسته پرمصرف و کم‌مصرف دسته‌بندی می‌شوند. به‌گونه‌ای که مصرف آب در برخی صنایع از میانگین کلی صنعت بالاتر و برخی کمتر بوده است. بدیهی است سیاست‌های مؤثر بر قیمت آب تأثیر به‌سزایی بر این صنایع داشته و صنایع کم‌آب را در معرض آسیب‌پذیری کمتری قرار می‌دهد.

شکل (۳) بیانگر آن است که روند ارزش اقتصادی آب در صنعت در طول دوره زمانی ۹۲-۱۳۸۴ در دامنه ۵۵۶۰۶ تا ۱۵۲۳۸۳ ریال در نوسان بوده است. کمیابی و عدم سهولت در دسترسی به آب، تغییرات تکنولوژی، ویژگی‌های کالاها و نوسانات تقاضا در بازار، سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی و تغییرات ارزش تولید در طول زمان می‌تواند جزء مهم‌ترین ریشه‌های این نوسانات باشد. در روش پسماند که در این مطالعه با استناد به این روش ارزش اقتصادی آب محاسبه شده است، ارزش افزوده منتسب به آب بر حجم آب مصرفی تقسیم می‌شود و ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب محاسبه می‌شود.

بنابراین اگر حجم آب مصرفی در سالی افزایش یافته باشد ولی ارزش‌افزوده متناسب با آن رشد نکرده باشد، به معنی کاهش ارزش اقتصادی آب است و برعکس. بررسی داده‌های مورد استفاده برای محاسبه ارزش اقتصادی آب در مصارف صنعتی در مطالعه حاضر (طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران)، نشان می‌دهد مصرف آب بخش صنعت در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال قبل و بعد آن، دچار کاهش شدید شده است. این درحالی‌که ارزش ستانده بخش صنعت در سال نامبرده نسبت به سال قبل کاهش نیافته است.^{۱۵}

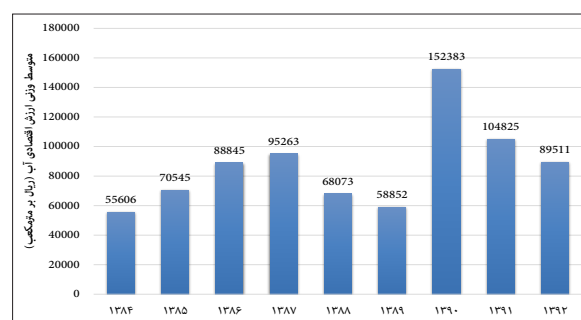
ارزش ستانده بخش صنعت در سال نامبرده نسبت به سال قبل کاهش نیافته و باعث افزایش ارزش اقتصادی آب در سال ۱۳۹۰ شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده و با وزن حجم آب مصرفی صنایع در طول زمان، متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت ۸۷۳۴۷ ریال به ازای هر مترمکعب است.

زمانی‌که توازن بین قیمت طرف عرضه و تقاضای آب ایجاد شود بهینه اقتصادی در بازار آب ایجاد می‌شود. در این شرایط آب به‌صورت بهینه اقتصادی مصرف می‌شود. برای بررسی این



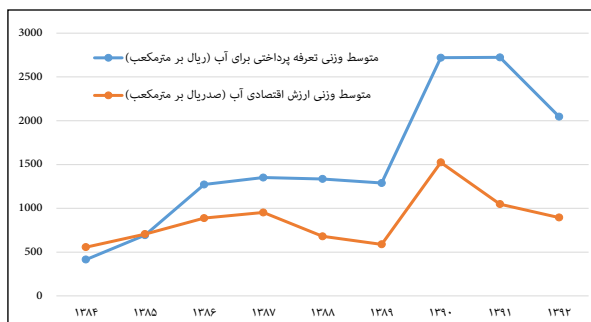
شکل ۲- مقایسه متوسط مصرف آب ۹۲-۱۳۸۴ در بخش‌های مختلف صنعت (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳)

در شکل (۳) متوسط ارزش اقتصادی آب در فعالیت‌های مختلف صنعتی ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، بیشترین حجم آب مصرفی در صنعت متعلق به صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی است و سپس صنایع تولید زغال و کک و صنایع پالایشگاهی و مواد غذایی و آشامیدنی در رتبه‌های بعدی قرار دارند.



شکل ۳- مقایسه روند ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت

نکته قابل توجه این است که روند مصرف آب در کدهای صنعتی نامبرده در طول زمان به شدت افزایشی بوده است؛^{۱۶} به‌عنوان مثال متوسط مصرف آب در صنایع شیمیایی در سال‌های ۹۲-۱۳۸۴، ۵۴۳ میلیون متر مکعب و در صنایع پالایشگاهی ۳۶۵ میلیون متر مکعب، افزایش داشته است. افزایش بالای مصرف آب می‌تواند با افزایش ظرفیت تولیدات و گسترش ظرفیت پالایشگاهی کشور در طول ۱۰ سال گذشته



شکل ۴- مقایسه روند ارزش اقتصادی و هزینه پرداختی برای آب در بخش صنعت

لازم به ذکر است آخرین آئین‌نامه ملاک تعیین نرخ آب در مصارف مختلف، مصوبه وزارت نیرو در سال ۱۳۹۴ بر اساس دستورالعمل شورای اقتصاد به شماره ۳۲۱۹۵۳ مورخ ۱۳۹۴/۱۰/۲۶ به استناد مفاد بند «ج» تبصره ۸ قانون بودجه سال ۱۳۹۴ در کل کشور صادر شده است. بر اساس این مصوبه تعرفه آب برداشتی از منابع آب سطحی در مصارف صنعتی بین ۲۸۸۰ تا ۶۹۱۲ ریال به ازای هر مترمکعب متناسب با زمان برداشت و نوع خدمات تصفیه قابل دریافت است. همچنین به استناد مفاد تبصره ۱۱ مصوبه شماره ۹۴/۳۳۶۴۰/۲۰/۱۰۰ مورخ ۱۳۹۴/۰۷/۱۲ مقام عالی وزارت نیرو مبنی بر تفویض اختیار تعیین قیمت فروش آب در موارد خاص به هیئت مدیره شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، نرخ فروش آب خام به مشترکین خاص صنعتی از ضرب نرخ پایه ۵۷۶۰ ریال در ضریب قیمت آب‌بهای هر استان تعیین شده است. بر اساس ضریب قیمتی تعرفه آب صنعتی استان‌ها از ۳۳۴۰ ریال تا ۸۳۵۲ ریال به ازای هر مترمکعب آب می‌باشد.

برای نشان دادن نقش و سهم آب در هزینه‌های تولید بخش صنعت، در جدول (۲) به تفکیک کدهای صنعتی ISIC دو رقمی، سهم هزینه آب از هزینه‌های تولید محاسبه و ارائه شده است. این جدول بیانگر آن است سهم هزینه آب از هزینه‌های تولید در بین کدهای صنعتی متفاوت است که منبث از تفاوت نقش آب در فرایند تولید این صنایع و تفاوت ماهیت صنایع در خصوص هزینه‌های تولید مانند حجم مواد اولیه و ... است. به عبارت دیگر ممکن است برخی از صنایع آب‌بر بوده و هزینه گزافی بابت آب پرداخته شود اما باتوجه به هزینه بالای تولید کالاهای این صنایع، سهم آب از هزینه‌های تولید بالا نباشد. در مقابل ممکن است برخی از صنایع آب‌بر نباشند اما سایر هزینه‌های آن‌ها پایین باشد. باتوجه به نتایج به‌دست آمده، بالاترین سهم هزینه آب از هزینه‌های تولید در سال ۱۳۹۲ مربوط به صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی با ۱/۱۵ درصد می‌باشد.

موضوع، لازم است هزینه تمام‌شده آب (قیمت طرف عرضه) با ارزش اقتصادی (قیمت طرف تقاضا) مقایسه شود. از آنجایی که به‌منظور امکان مقایسه بهتر نتایج تحقیق حاضر در زمینه محاسبه هزینه تمام‌شده آب در صنایع مختلف کشور مطالعه‌ای وجود ندارد، در این قسمت ارزش اقتصادی با هزینه‌های فعلی پرداختی توسط صاحبان صنایع برای آب مصرف‌شده مقایسه شده است. باتوجه به جدول (۱) مشخص است که هزینه خرید هر واحد آب توسط گروه‌های مختلف صنعتی در طول دوره ۱۳۸۴-۹۲ به‌طور متوسط بین ۴۱۵ تا ۲۰۴۷ ریال به ازای هر متر مکعب در نوسان است. درحالی که در این بازه زمانی متوسط ارزش اقتصادی آب در صنایع بین ۵۵۶۰۶ تا ۱۵۲۳۸ تغییر کرده است. اگر دو سال پایانی دوره مورد بررسی مدنظر قرار گیرد، ارزش اقتصادی هر متر مکعب تقریباً حدود ۴۱ برابر هزینه پرداختی توسط صنایع بوده است و این موضوع نشان می‌دهد امکان افزایش تعرفه وجود دارد.

در شکل (۴) روند ارزش اقتصادی برحسب صد ریال با هزینه پرداختی برحسب ریال مقایسه شده است. نکته قابل‌توجه آن است که نوسانات هزینه پرداختی برای آب با ارزش اقتصادی آب هماهنگ است و از آن تبعیت می‌کند.

نتایج این جدول و شکل حاکی از آن است هزینه پرداختی در طول سال‌هایی که مورد مطالعه قرار گرفته است به ارزش اقتصادی آب نزدیک‌تر شده است. به عبارت دیگر، نسبت ارزش به هزینه در طول زمان کاهش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت نظام تعرفه در این بخش به سمت کارا بودن پیش رفته است. اگرچه بین ارزش اقتصادی و هزینه پرداختی (فاصله ۴۱ برابری) فاصله وجود دارد.

جدول ۱- مقایسه ارزش اقتصادی و هزینه پرداختی برای هر واحد آب در بخش صنعت

سال	متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب	متوسط وزنی هزینه پرداختی برای آب	نسبت ارزش به هزینه
	(ریال بر متر مکعب)		
۱۳۸۴	۵۵۶۰۶	۴۱۵	۱۳۴
۱۳۸۵	۷۰۵۴۵	۶۹۴	۱۰۲
۱۳۸۶	۸۸۸۴۵	۱۲۷۲	۷۰
۱۳۸۷	۹۵۲۶۳	۱۳۵۱	۷۱
۱۳۸۸	۶۸۰۷۳	۱۳۳۵	۵۱
۱۳۸۹	۵۸۸۵۲	۱۲۸۹	۴۶
۱۳۹۰	۱۵۲۳۸۳	۲۷۲۰	۵۶
۱۳۹۱	۱۰۴۸۲۵	۲۷۲۳	۳۸
۱۳۹۲	۸۹۵۱۱	۲۰۴۷	۴۴

جدول ۲- سهم هزینه آب از هزینه‌های تولید بخش صنعت در سال ۱۳۹۲ به تفکیک کدهای دو رقمی ISIC

کد	نام صنعت	کل هزینه تولید (میلیون ریال)	هزینه آب خریداری شده (میلیون ریال)	سهم هزینه آب از هزینه تولید (درصد)
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۳۲۰,۹۵۷,۸۰۹	۲۶۹,۳۰۷	۰,۰۸٪
۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو-سیگار	۶,۵۱۲,۷۷۹	۳,۱۴۶	۰,۰۵٪
۱۷	تولید منسوجات	۵۶,۸۱۰,۱۲۸	۵۱,۹۲۳	۰,۰۹٪
۱۸	تولید پوشاک-عمل آوردن و رنگ کردن	۲,۰۷۴,۳۶۲	۱,۵۱۴	۰,۰۷٪
۱۹	دباغی و عمل آوردن چرم	۵,۲۱۲,۵۵۳	۴,۴۸۳	۰,۰۹٪
۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی	۱۱,۳۳۲,۳۶۱	۱,۹۹۲	۰,۰۲٪
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۲۸,۷۶۰,۶۵۴	۳۹,۹۴۹	۰,۱۴٪
۲۲	انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	۵,۴۰۱,۱۸۴	۴,۲۳۷	۰,۰۸٪
۲۳	صنایع تولید زغال کک-پالایشگاه‌های	۱,۸۷۷,۱۲۵,۵۹۳	۱۶۷,۶۵۱	۰,۰۱٪
۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۵۱۹,۸۵۰,۰۸۰	۵,۹۷۳,۴۰۳	۱,۱۵٪
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۶۵,۵۰۴,۹۱۷	۳۹,۹۵۵	۰,۰۶٪
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	۹۴,۱۵۱,۴۳۴	۲۵۱,۹۸۸	۰,۲۷٪
۲۷	تولید فلزات اساسی	۴۶۱,۵۹۰,۷۱۸	۷۷۹,۹۴۷	۰,۱۷٪
۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز آهن	۵۸,۱۷۲,۱۹۰	۴۴,۲۶۰	۰,۰۸٪
۲۹	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده	۶۲,۰۰۵,۳۷۹	۲۹,۵۱۷	۰,۰۵٪
۳۰	تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی	۴,۶۳۸,۹۱۷	۱,۸۷۰	۰,۰۴٪
۳۱	تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق	۵۱,۶۷۳,۷۲۵	۱۴,۷۲۰	۰,۰۳٪
۳۲	تولید رادیو و تلویزیون	۱۵,۹۷۶,۱۶۹	۱,۶۹۰	۰,۰۱٪
۳۳	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی	۷,۸۵۰,۲۹۲	۵,۳۶۲	۰,۰۷٪
۳۴	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر	۲۰۸,۶۵۹,۱۱۲	۴۲,۴۳۶	۰,۰۲٪
۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل	۹,۰۳۶,۵۸۱	۱۱,۳۰۴	۰,۱۳٪
۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه بندی نشده	۷,۳۱۵,۴۷۷	۷,۶۲۸	۰,۱۰٪
۳۷	بازيافت	۱۳۱,۳۵۱	۱۶۶	۰,۱۳٪

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر برای برآورد ارزش اقتصادی آب در مصارف صنعتی از روش پسماند استفاده شد. علت انتخاب این روش از بین سایر روش‌های اندازه‌گیری ارزش اقتصادی آب این است که روش‌هایی مانند روش تابع تولید یا برنامه‌ریزی ریاضی از نظر مبانی تئوریک بر روش پسماند برتری دارد اما این موضوع دلیل بر عدم اعتبار روش پسماند نیست. این روش در مطالعات زیادی در داخل و خارج کشور استفاده شده است. دلیل انتخاب این روش صرفاً محدودیت داده‌ها بوده است. با داده‌هایی که در طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی برای یک دوره حدود ۱۰ ساله در اختیار بوده است، امکان برآورد تابع تولید وجود ندارد. همچنین تابع تولید به نمونه‌های زیادی از صنایع برای

برآورد یک فرم تابعی نیاز دارد. ضمن اینکه به دلیل تفاوت کدهای صنعتی به لحاظ ماهیت تولید امکان در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان رقیب در مصرف آب در یک الگوی برنامه‌ریزی خطی یا ریاضی نیز وجود ندارد. بنابراین با علم به این موضوع، نویسندگان از روش پسماند استفاده کردند، لذا پیشنهاد این مطالعه اصلاح نظام ثبتی داده‌های بخش صنعت برای فراهم آمدن امکان استفاده از روش‌های مناسب‌تر می‌باشد. تئوری اقتصاد آزاد بیان می‌کند باید قیمت هر نهاده در بازار و از برابر قرار دادن عرضه و تقاضا محاسبه شود و عواملی چون کمیابی، سهولت دسترسی، ویژگی‌های کالا، کنترل‌های دولتی و سیاست‌های قیمتی، سلیقه‌ها، ترجیحات مصرف‌کننده و ... می‌تواند بر آن مؤثر باشد. از طرفی چنانچه طبق اصول اقتصادی برابری قیمت طرف عرضه و قیمت طرف تقاضا به

نرخ‌گذاری آب در بخش صنعت منجر شود، هیچ صنعتی در کوتاه‌مدت این تمایل و توانایی پرداخت تعرفه‌ای که حدود ۴۱ برابر تعرفه موجود است، ندارد. به عبارت دیگر، زمان زیادی برای پذیرش این موضوع و تطبیق تکنولوژی‌ها به سمت کاهش مصرف آب مورد نیاز است.

بر اساس اسناد بالادستی، برنامه‌های توسعه و قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، هدف‌های مختلفی برای قیمت‌گذاری آب ذکر شده است. یکی از این اهداف رعایت عدالت اقتصادی در توزیع و تخصیص منابع آب بین بهره‌برداران است. تخصیص آب در صورتی بهینه اقتصادی است که آب در بخشی مصرف شود که بالاترین ارزش اقتصادی یا به عبارت دیگر بالاترین بازدهی را ایجاد نماید. از جمله اهداف دیگر در بحث تعیین قیمت بهینه آب در مصارف صنعتی، حمایت از صنایع نوزاد و زیربنایی دارای اولویت می‌باشد. بررسی‌های انجام‌شده در کشورهای مختلف نشان می‌دهد آب تحویلی به مصارف مختلف با تخصیص یارانه همراه می‌باشد. به عبارت دیگر دولت‌ها با هدف حمایت از تولید، می‌توانند سیستم قیمت‌گذاری تبعیضی را بین صنایع اجرا نمایند و از صنایعی که دارای ارزش‌افزوده پایین اما در اولویت توسعه صنعتی هستند، قیمت پایین‌تری دریافت کنند و این یارانه قیمتی را در مورد صنایع با ارزش افزوده و مصرف آب بالا جبران نمایند.

باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده در راستای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، در بخش صنعت کشور امکان دریافت هزینه تمام‌شده تأمین و توزیع آب باتوجه به ارزش اقتصادی محاسبه شده وجود دارد. این موضوع این امکان را فراهم می‌آورد درآمد شرکت آب منطقه‌ای از فروش آب به بخش صنعت افزایش یابد. در این راستا قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، تعیین قیمت ترجیحی و پلکانی برای مصارف مختلف آب با لحاظ مناطق جغرافیایی، نوع و میزان مصرف را مجاز دانسته است. لذا با تعیین تعرفه‌های بالاتر برای مصارف یا فعالیت‌ها و کدهای صنعتی با ارزش اقتصادی بیشتر و تعیین تعرفه‌های پایین‌تر برای سایر بخش‌هایی که نیاز به حمایت دارند، می‌توان از قشرهای کم‌درآمد و صنایع نوزاد حمایت نمود.

ازجمله پیشنهادهای دیگر در این زمینه به‌کارگیری سیستم حسابداری مناسب جهت تهیه و ثبت دقیق اطلاعات و ارقام مربوط به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری و استهلاک تأسیسات آب‌رسانی به صنایع در مناطق مختلف است که به تعیین هزینه تمام‌شده یا قیمت طرف عرضه به تفکیک صنایع مهم در مناطق مختلف می‌شود. این اطلاعات می‌تواند قیمت‌گذاری صنایع را تدقیق نموده و امکان ارزش‌گذاری آب در سطح بنگاه را فراهم نماید تا اهداف تخصیص بهینه آب به شکل مناسبی قابل مطالعه و اجرا باشد.

علاوه بر مواردی که بر اساس محاسبات تحقیق، برای اصلاح نظام قیمت‌گذاری در مصارف صنعتی پیشنهاد شد، بر اساس نتایج مطالعات انجام‌شده و تجربیات کشورهای مختلف می‌توان توصیه‌هایی برای تهیه زیرساخت‌ها و بسترهای مناسب ایجاد و حمایت از نظام قیمت‌گذاری آب صنعتی ارائه نمود. یکی از این توصیه‌ها، اصلاح ساختار تعیین تعرفه آب صنایع و تهیه زمینه‌های ایجاد بازار آب می‌باشد. بازار آب این امکان را فراهم می‌نماید که صنایع، آب مازاد خود را به صنایع دیگر بفروشند و به افزایش بهره‌وری آب در مصرف کمک نماید. رسمیت یافتن حقوق مالکیت آب، رسمیت یافتن قراردادهای فروش آب، نظارت دولتی و تعیین پتانسیل آب مازاد در صنایع مختلف ازجمله مواردی است که می‌تواند پتانسیل تشکیل بازار آب را فراهم نماید. همچنین ایجاد بازارهای آب نیاز به انگیزه دارد و یکی از انگیزه‌های مهم ایجاد بازار آب، افزایش تقاضا برای آب و عدم هماهنگی عرضه و تقاضای آب و بروز محدودیت و بحران آب است که در این مورد به نظر می‌رسد زمینه‌های لازم در مناطق مختلف کشور وجود دارد چرا که تفاوت زیادی بین ارزش اقتصادی آب و تعرفه فعلی آب وجود دارد.

نتایج این مطالعه نشان داد ارزش اقتصادی محاسبه‌شده برای بخش صنعت در طول زمان دارای نوسان است و هیچ ارتباط مشخصی بین ارزش اقتصادی و تعداد کارگاه‌های صنعتی وجود ندارد. اما بررسی‌ها نشان داد که مصرف آب و ارزش اقتصادی به‌ویژه در بخش صنعت رابطه معکوسی را نشان می‌دهد و این مطلب گویای آن است که صنایع با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توانند بازدهی اقتصادی آب را افزایش دهد، لذا از نظر اقتصادی می‌توان نتیجه گرفت، آب بیشتر از حد بهینه اقتصادی استفاده می‌شود. از طرفی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد تعرفه پرداختی توسط بهره‌برداران بخش صنعت در طول سال‌های مورد بررسی به ارزش اقتصادی آب نزدیک‌تر شده است. به عبارت دیگر، نسبت ارزش به تعرفه در طول زمان کاهشی بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت نظام تعرفه در این بخش‌ها به سمت کارا بودن پیش رفته است و می‌تواند در قالب یک نظام تعرفه مناسب این روند را ادامه داد.

همچنین تجربیات کشورهای جهان در این زمینه نشان می‌دهد، در برخی از کشورها به دلیل صرفه‌های اقتصادی و همچنین امکان تنوع‌بخشی در تعرفه‌ها، تأمین آب در بخش صنعت به بخش خصوصی واگذار شده است. به‌عنوان مثال در ژاپن و آلمان تشکیلات خصوصی و شهرداری‌ها، در این زمینه فعالیت قابل‌توجهی دارند. همچنین در اکثر کشورها تعرفه آب در بخش صنعت دوقسمتی است و شامل یک بخش تعرفه ثابت برای پوشش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و یک بخش تعرفه متغیر متناسب با حجم آب مصرف شده، می‌باشد. در

کشورهایی نظیر آلمان و ژاپن این تعرفه بین صنایع متفاوت است. قیمت‌گذاری حجمی بر اساس ماهیت صنعت، امکان سیاست تبعیض قیمت را فراهم کرده است. به‌نحوی که در برخی موارد، کاربران صنعتی تعرفه کمتری نسبت به کاربران خانگی می‌پردازند. بنابراین به تبعیت از سایر کشورها، می‌توان بین صنایع در نظام قیمت‌گذاری و تأمین آب تبعیض قائل شد. در حال حاضر در بسیاری مناطق، صنایع با هر نوع فعالیت و هر ظرفیتی به یک سیستم تأمین آب مشابه و مشترک متصل هستند و بین تعرفه پرداختی آن‌ها تفاوت قابل‌توجهی وجود ندارد. این امکان می‌تواند بررسی شود، صنایع آب‌بر و بزرگ کشور با سرمایه‌گذاری خود، بخشی از آب مورد نیاز را از سیستم‌های تصفیه فاضلاب تأمین نمایند و همچنین در صورت تأمین بخشی از آب از سیستم‌های تأمین آب دولتی، تعرفه آن

پی‌نوشت

- 1- The United Nations World Water Development Report
- 2- Yuan
- 3- Contingent Valuation Method
- 4- Choice Modeling Method
- 5- Observation of water market transactions
- 6- Residual method
- 7- Budgeting method
- 8- Linear programming method
- 9- Production function
- 10- Restricted profit function
- 11- Restricted cost function
- 12- Rent
- 13- Quasi-rent
- ۱۴- لازم به ذکر است که معیار مشخص و تعریف شده‌ای در زمینه تفکیک کم‌مصرفی و پرمصرفی صنایع در کشور وجود ندارد. دسته‌بندی صورت گرفته بر مبنای متوسط مصرف ۵۰ میلیون مترمکعب در سال بوده است و هدف نشان دادن فاصله معنی‌دار مصرف آب در شش کد صنعت با دیگر کدها می‌باشد.
- ۱۵- برخلاف این توضیح، اطلاعات مصرف آب سال ۱۳۹۰ از نظر محققین واجد ابهام بوده و احتمالاً ناشی از خطای آماری است و لازم است خوانندگان و سیاست‌گذاران در استفاده از خروجی‌های این سال با احتیاط عمل نمایند.

بسیار بالاتر از صنایع کوچک و حیاتی و همچنین صنایع نو و مبتنی بر دانش‌های روز باشد. مسلماً این نظام تبعیض قیمت منجر به حرکت تعرفه به سمت پوشش کامل هزینه و کارایی سیستم‌های تأمین آب خواهد شد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان «بررسی اقتصاد آب در بخش صنعت و معدن ایران» می‌باشد که با حمایت اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران انجام شده است و به‌این وسیله از این مجموعه محترم و همه افرادی که در نهایی شدن این طرح همراهی کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- آریان، ط.، تهامی پور، م. و شاوردی، ع. ۱۳۹۱. برآورد ارزش اقتصادی آب مصرفی صنعتی کهگیلویه و بویراحمد. هشتمین کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی. دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، شیراز، ایران.
- بی‌نام. ۱۳۹۳. گزارش طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر. مرکز آمار ایران.
- تهامی پور زرنندی، م. ۱۳۹۷. فصل اقتصاد. دنیای اقتصاد. مکانیسم‌های قیمت‌گذاری آب در مصارف شهری.
- تهامی پور زرنندی، م. و یزدانی، س. ۱۳۹۵. نقش ابزارهای اقتصادی در مدیریت یکپارچه منابع آب: مطالعه موردی نظام قیمت‌گذاری آب آبیاری در حوضه‌های آبریز غرب ایران. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴۷(۳): ۵۴۵-۵۵۶.
- تهامی پور زرنندی، م. ۱۳۹۶. رویکردی برای مدیریت تقاضای آب در مصارف صنعتی مطالعه موردی: صنایع تولید مواد شیمیایی. دوماهنامه علمی-پژوهشی آب و فاضلاب، ۲۸(۱): ۷۳-۸۴.
- زمانی، ف. ۱۳۹۳. خلاصه وضعیت بحرانی منابع آبی کشور و لزوم به‌کارگیری مدیریت‌های کاربردی جهت مهار بحران آب. اولین کنفرانس ملی آب، انسان، زمین. آب منطقه مرکزی، اصفهان.
- سجادی‌فر، ح.، پاکروح، ش.، قانع، ع. و فتحی، ب. ۱۳۹۵. قیمت‌گذاری کارآمد آب شرب (مطالعه موردی شهر اراک). دوماهنامه علمی پژوهشی آب و فاضلاب، ۲۸(۱): ۹۵-۱۰۱.

- Rosegrant M. W., Cai X. and Cline S. A. 2002. World water and food to 2025: dealing with scarcity. Intl Food Policy Res Inst.
- The United Nations World Water Development Report, 2014.
- The United Nations World Water Development Report, 2018.
- Wada Y., Flörke M., Hanasaki N., Eisner S., Fischer G., Tramberend S. and Burek P. 2016. Modeling global water use for the 21st century: the Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches, *Geoscientific Model Development*, 9: 175-222
- Wang H. and Lall S. 2002. "Valuing water for Chinese industries: A marginal productivity analysis." *Applied Economics*, 34: 759-765.
- Water U.N. 2016. WWAP. United Nations World Water Assessment Program. Paris, France: The United Nations World Water Development Report.
- Water U.N. 2018. UN World Water Development Report, Nature-based Solutions for Water. UNESCO.
- Water, United Nations 2018. UN World Water Development Report, Nature-based Solutions for Water. UNESCO.
- World Water Assessment Program (Nations Unies). 2015. the United Nations World Water Development Report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Young R.A. 2005. Determining the economic value of water: Concepts and methods, Washington, DC, USA.
- شوریان، مجتبی. ۲۰۱۶. مدیریت جامع منابع آب. راهکار حل پایدار بحران آب. شبکه مطالعات سیاست‌گذاری عمومی. برگرفته از سایت:
<http://npps.ir/ArticlePreview.aspx?id=۶۱۵۵۲>
- کیانی، غ. ۱۳۹۵. نقش بازار در تخصیص بهینه منابع آب و عوامل مؤثر بر کارایی بازار آب. آب و توسعه پایدار، ۱۰۲-۹۳: (۱)۳
- مظاهری، م. و عبدالمافی، ن. ۱۳۹۶. بررسی بحران آب و پیامدهای آن در کشور، معاونت پژوهشی زیربنایی و امور تولیدی، دفتر مطالعات زیربنایی، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.
- AQUASTAT <http://www.fao.org/nr/aquastat> Update: November 2016.
- Burek P., Satoh Y., Fischer G., Kahil M. T., Scherzer A., Tramberend S. and Hanasaki N. 2016. Water futures and solution: fast track initiative (final report). IIASA, Laxenburg, Austria
- Ku S.J. and Yoo S.H. 2012. "Economic value of water in the Korean manufacturing industry." *Water Resource Management*, 26: 81-88.
- Linz T. and Tsegai D.W. 2009. Industrial Water Demand Analysis in the Middle Olifants Sub-Basin of South Africa: The Case of Mining (April 11, 2009). ZEF Discussion Paper No. 130. Available at SSRN. <https://ssrn.com/abstract=1402646>
- Nahman A. and De Lange W. 2012. Valuing water for South African industries: A production function approach. *Agricultural Economics Research*, 5(2): 1-15.
- Renzetti S and Dupont D. P. 2003. The value of water in manufacturing. CSERGE.

Article Type: Case Study/ Applied

نوع مقاله: مطالعه موردی/ کاربردی

An Introduction to Agricultural Water Accounting by Estimating Crop Water Consumption

A.A. Azimi Dezfuli

Assistant Professor, Future Studies, Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute (APERDERI), Tehran, Iran.

E-Mail: a.azimi@agri-peri.ac.ir

Received: 01-12-2019

Accepted: 29-02-2020

برآورد مصرف آب در محصولات زراعی- درآمدی بر حسابداری آب کشاورزی

سید علی اکبر عظیمی دزفولی

استادیار آینده پژوهی، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

E-Mail: a.azimi@agri-peri.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۰

Abstract

"Water accounting" is an approach to organise the information on water supply and analyse its socio-economic values in different sectors of the country. The estimation of the volume of water required for the national agricultural productions in the framework of product-based water accounting can be investigated. The key question is: *what is the share of water consumption for the production of main crops in the country?* In this study, using the net crop water requirement database of 2014-2015, and assuming an irrigation application efficiency of 44.7%, the water consumption of the selected crops in the country was estimated. Results show the maximum volume of water consumption by main crops is 78.6 billion m³, where 16.9 m³ is allocated to wheat production including 18.3% of the total water consumption for crops in the country. Comparing the net water consumption of wheat with other crops over 620 plains indicates that wheat, after barley, has the lowest net water consumption equal to 3562 m³/ha. Therefore, the volume of water consumption for wheat production is mainly affected by the cultivation area of irrigated wheat in the country (2.4 million hectares). Improving water productivity reduces the volume of water consumption in main crop production. The socio-economic values of main crop production could take precedence over its costs.

Keywords: Water accounting, Virtual water, Strategic products, Net irrigation requirement, Water consumption.

چکیده

حسابداری آب، رویکردی برای سازمان‌دهی اطلاعات حجم آب تأمین شده و مقایسه ارزش اقتصادی اجتماعی مصرف آب در هر یک از زیربخش‌ها می‌باشد. برآورد حجم آب مورد نیاز تولید ملی محصولات کشاورزی در چارچوب حسابداری آب مبتنی بر محصول، قابل بررسی بوده و سؤال این است که سهم مصرف آب در تولید محصولات زراعی- راهبردی کشور چیست؟ با استفاده از بانک اطلاعات نیاز خالص آبیاری محصولات، آمار زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ و با فرض راندمان کاربرد ۴۴/۷ درصد، مصرف آب محصولات زراعی آبی منتخب برآورد شد. نتایج نشان می‌دهد، حداکثر حجم آب مصرفی تولید این محصولات، ۷۸/۶ میلیارد مترمکعب است و بیشترین آب مصرفی به حجم ۱۶/۹ میلیارد مترمکعب، به تولید ملی گندم اختصاص داشته که ۱۸/۳ درصد از کل آب مصرفی محصولات زراعی آبی کشور را شامل می‌شود. با مقایسه متوسط حسابی نیاز خالص آبی گندم با دیگر محصولات در ۶۲۰ دشت کشور، محصول گندم بعد از جو کمترین میزان نیاز خالص آبیاری (۳۵۶۲ متر مکعب در هکتار) را داشته، در نتیجه حجم مصرف آب تولید ملی گندم متأثر از گستردگی اراضی کشت گندم آبی در کشور (۲/۴ میلیون هکتار) است. بنا به اینکه با افزایش بهره‌وری آب، می‌توان حجم آب مصرفی تولید محصولات راهبردی را کاهش داد، به نظر می‌رسد مطلوبیت اجتماعی اقتصادی حجم آب مصرف شده جهت تولید محصولات راهبردی نسبت به هزینه‌های آن، ارجحیت داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: حسابداری آب، آب مجازی، محصولات راهبردی، نیاز خالص آبیاری، مصرف آب.

زراعی هم ۵۱/۹۳ درصد آبی (۶/۱ میلیون هکتار) و ۴۸/۰۷ درصد دیم (۵/۶۶ میلیون هکتار) است. در این حال از مجموع سطوح زیر کشت زراعی، ۸۳ میلیون تن محصول تولید شده، که ۸۹/۶ درصد آن از اراضی آبی (۷۴/۴ میلیون تن) و ۱۰/۴ درصد از اراضی دیم (۸/۶ میلیون تن) به دست آمده است که این آمار نشان دهنده سهم منابع آب تجدیدپذیر در تولید زراعی کشور است.

با توجه به جایگاه سطح و میزان تولید زراعی آبی در بخش کشاورزی و همچنین مصرف منابع آب تجدیدپذیر و با توجه به سرانه منابع آب تجدیدپذیر (۱۷۳۲ مترمکعب به ازای هر نفر) (FAO-AQUASTAT، ۲۰۰۴)، غلبه بر چالش کمبود آب کشور که نزدیک وضعیت تنش آبی قرار دارد و از سویی بنا به دلایل اقتصادی و اجتماعی (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۷)؛ درصد حفظ امنیت غذایی از طریق ارتقای توان تولید محصولات راهبردی است (مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، ۱۳۹۵)، در این شرایط سؤال اصلی این مطالعه این است که سهم مصرف آب در تولید محصولات زراعی عمده کشور چیست؟

پیشینه پژوهش

Karen و Virginie (۲۰۱۲) برای برآورد فشار بر منابع آب ناشی از تولید محصولات کشاورزی کشورهای مختلف، از مجموعه اطلاعات AQUASTAT و جداول نیاز آبیاری محصولات زراعی استفاده کردند. در مستندات علمی داخلی به صورت مشخص به برآورد مصرف آب در تولید ملی محصولات کشاورزی پرداخته نشده است. روحانی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی واردات آب مجازی برخی محصولات غذایی پرداخته‌اند، اما پاسخ لازم به مسئله پژوهش را نمی‌دهند. سهراب و همکاران (۱۳۸۸) متوسط کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی (از جمله گندم کشور برابر ۰/۶) را برآورد نموده‌اند. عزیزی ذهان و همکاران (۱۳۹۳) متوسط وزنی ۱۵ ساله عملکرد گندم در اراضی آبی، دیم و ترکیب آن را به ترتیب ۳/۴، ۰/۹۶ و ۱/۹ تن در هکتار برآورد کرده و گزارش نموده‌اند که متوسط عملکرد گندم کشور ۳۰-۴۰ درصد کمتر از متوسط دنیا است و این میزان متأثر از شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور (به خصوص در زراعت دیم) و عوامل فنی و مدیریتی تولید است. میرچولی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از اطلاعات سطح زیرکشت، تولید، عملکرد و نیاز آبیاری محصولات گندم و جو؛ به بررسی واردات آن‌ها طی سال‌های ۸۰-۱۳۷۵ و نهایتاً به برآورد آب مجازی حاصل از واردات این محصولات در این سال‌ها پرداخته‌اند. نتایج حاکی است بر اساس واردات محصولات گندم طی سال‌های مزبور، سالانه به‌طور متوسط مقدار ۱۲۹۰۶ میلیون مترمکعب شامل ۷۰۵۴ میلیون مترمکعب آب آبی و ۵۸۵۱ میلیون مترمکعب

نظریه‌پردازانی چون Johnston و Mellor به مواردی از نقش کشاورزی در رشد و توسعه اقتصادی کشورها به‌عنوان یک نیروی محرکه مهم و تأثیرگذار تأکید کرده‌اند: ۱- عرضه غذا برای مصرف داخلی، ۲- عرضه مواد اولیه برای واحدهای صنعتی ۳- صادرات محصولات کشاورزی و درآمد ارزی (عبادی و سعیدینیا، ۱۳۸۸). یکی از امتدادهای مهم بحث از اینجا باز می‌شود که به‌طور متوسط هر انسان روزانه ۲-۴ لیتر آب می‌نوشد، ولی ۵۰۰-۲۰۰۰ لیتر آب مجازی لحاظ شده در تولید غذا را به‌عنوان خوراک مصرف می‌کند. این واقعیت حکایت از سهم تولید غذا از منابع آب جهانی دارد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۳).

در این حال حسابداری آب^۱ و برآورد منابع و مصارف آب در بخش‌های گوناگون اقتصادی به‌ویژه در کشورهایی که در وضعیت تنش آبی^۲ هستند؛ اهمیت می‌یابد. در این شرایط وجود دو گروه اطلاعات، حیاتی است: اطلاعات منابع آب و اطلاعات مصارف آب. در این خصوص یکی از راه‌های دستیابی به اطلاعات برداشت آب برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعتی، مراجعه به بانک‌های اطلاعاتی جهانی مانند فاو است. در جدول (۱) حجم آب برداشت شده برای بخش کشاورزی ایران (FAO-AQUASTAT، ۲۰۰۴)، ۸۶ میلیارد مترمکعب و سهم آن از کل آب برداشت شده، ۹۲ درصد برآورد شده است. در همین حال علی‌رغم اینکه آمار وزارت نیرو برای سهم بخش کشاورزی قریب به همین عدد برآورد گردیده؛ حجم آب مصرف‌شده بخش کشاورزی ارائه شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی، ۷۲ میلیارد مترمکعب هست (عظیمی، ۱۳۹۶-الف).

جدول ۱- روند برداشت منابع آب تجدیدپذیر برای

بخش‌های اصلی ایران طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۹۳

۱۹۹۷-۱۹۹۳	۲۰۰۲-۲۰۰۳	۲۰۰۷-۲۰۰۳
۷۶	۸۳/۷۵۱	۸۶
۱	۱/۰۲۵	۱/۱
۶	۴/۹۲۵	۶/۲
۸۳	۸۹/۷	۹۳/۳
۹۱/۵۷	۹۳/۳۷	۹۲/۱۸
۱/۲۰۵	۱/۱۴۳	۱/۱۷۹
۷/۲۲۹	۵/۴۹۱	۶/۶۴۵

* برحسب میلیارد مترمکعب در سال

از سوی دیگر بنا به آخرین آمار رسمی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶)، از ۱۴/۰۷ میلیون هکتار اراضی کشاورزی، ۲/۳ میلیون هکتار آن به باغ‌های کشور و ۱۱/۷۷ میلیون هکتار آن به محصولات زراعی تعلق داشته است. از ۱۱/۷۷ میلیون هکتار کشت

آب سبز، وارد شده است. این مطالعه به برآورد آب موردنیاز برای تولید محصول در داخل پرداخته است. زارعی و جعفری (۱۳۹۴) با استناد به مطالعات داخلی و خارجی، به محاسبه شاخص‌های آبی محصولات کشاورزی کشور پرداخته‌اند که در میان شاخص‌های محاسبه‌شده، محاسبه آب مجازی برای صادرات و واردات محصولات اصلی بر اساس نیاز آبیاری خالص گیاهی، وجود دارد. در پژوهش مزبور بر اساس محاسبه تقریبی نیاز آبیاری محصولات و در سطح شهرستان، به برآورد آب مجازی صادرات و واردات محصولات پرداخته‌اند. در این مطالعات به صورت حاشیه‌ای به کارایی مصرف آب پرداخته شده، اما آب مصرفی تولید ملی کشاورزی برآورد نشده است. دانشی و همکاران (۱۳۹۴) در قالب ابزار سیاستی «پرداخت بهای خدمات اکوسیستمی»^۲، به ارزیابی فنی و اقتصادی کشت محصولات در زیرحوضه سیمینه رود پرداختند. برای این منظور، پس از استخراج نقشه کاربری اراضی و شناسایی عرصه‌های مورد نظر، اقدام به جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی برنامه «پرداخت بهای خدمات اکوسیستمی» با استفاده از تکنیک تلفیقی مصاحبه-پرسشنامه شده است. نتایج درباره دیدگاه کشاورزان نسبت به تغییر الگوی کشت در خصوص سه نوع گونه روغنی کلزا، سویا و گلرنگ جهت تصحیح مدیریت منابع آبی در حوضه آبریز سیمینه رود حاکی است که فقط پیشنهاد تغییر الگوی کشت برای استفاده از گونه‌ای گلرنگ از توجیه اقتصادی و فنی لازم برخوردار است. در این مطالعه حجم آب مصرفی سه گونه روغنی، هزینه تولید و امکان جابجایی کشت آن‌ها با دیگر محصولات در سطح یک حوضه آبریز موردتوجه قرار گرفته و بحثی از برآورد مصرف آب در سطح

مبانی نظری

حسابداری آب، یعنی سازمان‌دهی اطلاعات مربوط به کمیت و کیفیت جریان آب (از سرآب تا پایاب) در محیط‌ها و موقعیت‌های بهره‌برداری از منابع آب، همراه با توجه به اطلاعات اقتصادی تأمین و مصرف آب. حسابداری آب شامل ارزیابی جامعی از منابع آب، زیرساخت‌های تأمین آب، استفاده‌کنندگان از آب و نحوه پاسخگویی به نیازهای اجتماعی است. در این زمینه «حسابرسی آب»^۳ به عنوان رویکردی فراتر از حسابداری آب، عرضه و تقاضای آب را در زمینه وسیع‌تری از حکمروایی، نهادسازی، امور مالی، دسترسی و توجه به عدم قطعیت‌ها، مورد توجه قرار می‌گیرد. حسابداری آب در سطح ملی شامل انواع فعالیت‌ها و اقداماتی است که می‌باید با درک روشنی از چرخه آب، در سطوح مختلف از مزرعه، حوضه آبریز، و فراتر از آن، در جهت ارزیابی حجم عرضه، تقاضا، بازیافت و کیفیت آب موردتوجه قرار گیرند. اما سیاست‌های مقابله با کم‌آبی، علاوه بر حسابداری آب، نیاز به

ملی ندارند، ضمن اینکه بررسی میزان واردات آب مجازی گندم و آب مجازی بکار رفته در تولید داخلی گندم برای دوره ۹۳-۱۳۸۰ انجام شده است. عزیزی ذهان و همکاران (۱۳۹۳) نیاز خالص آبیاری گندم کشور را ۱۰ میلیون مترمکعب برآورد نموده‌اند. نجفی علمدارلو و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از برآورد ملی نیاز خالص آبیاری گندم به بررسی میزان واردات آب مجازی گندم و آب مجازی بکار رفته در تولید داخلی گندم در دوره ۹۳-۱۳۸۰ پرداخته‌اند؛ که برخی نتایج نشان از کاهش دقت در برآورد آب مصرفی در تولید گندم دارد. به‌طور نمونه نیاز خالص آبیاری گندم در استان چهارمحال بختیاری ۵۰۹۵ متر مکعب در هکتار ذکر شده درحالی‌که بنا به اطلاعات NETWAT و به لحاظ جغرافیایی، کشت گندم در این استان مستعد چنین نیاز آبیاری نیست. در برنامه‌های اجرایی دولتی نیز اشاراتی به برآورد مصرف آب در تولید ملی محصولات کشاورزی شده، اما بنا به مشخص نبودن جزئیات روش محاسبه آن‌ها، درک مختلفی از آن‌ها می‌توان داشت. به‌طور مثال در گزارش معاونت آب و خاک (۱۳۹۴) میزان کل آب مصرفی جهت تولید گندم ۱۱۷۷۰ میلیون مترمکعب گزارش شده است؛ درحالی‌که در این گزارش به روش محاسبه، اشاره نشده است.

در مجموع با توجه به مستندات موجود، برآوردی مبتنی بر یک فرآیند قابل ارزیابی در مصرف آب تولید ملی محصولات کشاورزی یافت نشد. در این حال نوآوری این پژوهش نسبت به مطالعات قبلی در ارائه پاسخی روشن‌مند مبتنی بر اطلاعات نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی آبی در دشت‌های کشور از بانک اطلاعاتی NETWAT هست.

درک درستی از ویژگی‌های نهادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی مدیریت آب دارد. درحالی‌که اصطلاح حسابداری آب به مطالعه سامان‌مند وضعیت فعلی و روند آینده در عرضه و تقاضای آب در یک دامنه مکانی مشخص اشاره دارد، حسابرسی آب، این بررسی را در چارچوب گسترده‌تری از مؤسسات، امور مالی و به‌طورکلی اقتصاد سیاسی، قرار می‌دهد. نمونه‌هایی از روش‌های حسابداری آب عبارت‌اند از: نظارت مشارکتی آب‌های زیرزمینی^۴، حسابداری آب مبتنی بر سنجش‌ازدور^۵، سیستم حسابداری زیست‌محیطی و اقتصادی آب^۶، روش منحنی هزینه آب^۷، حسابداری آب در کسب‌وکارهای صنعتی^۸ و حسابداری آب مبتنی بر محصول^۹. حسابداری آب بخشی از یک برنامه مدیریت تطبیقی بلندمدت باهدف حفظ سطح قابل‌قبول مدیریت آب است. انتخاب نوع حسابداری آب بستگی به مقیاس جغرافیایی و افق زمانی مسائل مبتلابه دارد. برای برخی از اهداف، تعادل ملی آب نیاز است؛ در جای دیگر به‌منظور تمرکز روی حوضه رودخانه مناسب‌تر است. تجربه نشان داده که بهتر است حسابداری آب

طی چند مرحله از حالت‌های ساده‌تر شروع و بنا به اقتضای شفاف شدن فضای محیط عمل و کسب اطلاعات، در گام‌های بعدی مفصل‌تر شده و بنا به نیازها تکمیل شوند (FAO، ۲۰۱۲). **برداشت آب^{۱۱}**: به حجم آبی گفته می‌شود که برای رفع نیازهای انسانی از منبعی برداشت و به کاربرده می‌شود. بخشی از آن ممکن است با تغییراتی در کمیت و کیفیت به منبع اولیه بازگردد و در پایین دست، مجدداً به کاربرده شود.

مصرف آب^{۱۲}: مقدار آبی که بعد از برداشت از یک منبع و به دلایلی مانند تبخیر و تعرق، ورود به سفره‌های شور یا آلوده، تناسب خود را برای کاربرد مجدد در همان حوضه از دست می‌دهد (ترجمه دهقان و همکاران، ۱۳۸۴).

تولید پتانسیل^{۱۳}: تولید پتانسیل یک محصول (وزن تولیدشده)، درواقع پتانسیل تولید ژنتیکی آن تحت شرایط داده‌های اقلیمی نظیر تابش خورشیدی و درجه حرارت هست که برای هر محصول، قابل محاسبه است. این میزان تولید، از خصوصیت‌های خاک، آب، مدیریت و آفات و بیماری‌ها تأثیرپذیر نیست (عزیزی ذهان و همکاران، ۱۳۹۳).

نیاز خالص (پتانسیل) آبیاری گیاه^{۱۴}: نیاز خالص آبیاری گیاهی مقدار آبی است که باید به یک پوشش گیاهی داده شود تا در طول دوره رویش به مصرف رسانده و بدون آنکه با تنش آبی مواجه شود، رشد خود را تکمیل نموده و حداکثر مقدار محصول ممکن را تولید کند. در این حال ممکن است بخشی از نیازهای آبیاری گیاه از طریق بارش‌های مؤثر تأمین شود و همین‌طور علاوه بر تأمین تبخیر-تعرق باید مقداری از آب اضافی نیز به زمین وارد شود تا نمک‌های اضافی از منطقه توسعه ریشه‌ها شسته شود که از فرمول $ETc-Pe+L$ محاسبه می‌گردد و در آن: ETc ، تبخیر-تعرق گیاه موردنظر (گندم، جو، ...) در یک دوره زمانی مشخص؛ Kc ، ضریب گیاهی (گندم، جو، ...) همان مرحله یا دوره زمانی از رشد گیاه، L ، نیاز آبیاری؛ ET_0 ، تبخیرتعرق پتانسیل (مرجع) در همان دوره زمانی موردنظر و یا حداکثر مقدار آبی است که اگر بدون محدودیت وجود داشته باشد، می‌تواند توسط سطوح خاک و گیاه تبخیر شود.

نیاز ناخالص آبیاری گیاه: با توجه به نیاز خالص آبیاری گیاه، به مقدار آبی گفته می‌شود که متناسب با راندمان آبیاری به عرصه تولید منتقل و به گیاه عرضه می‌شود (کمالی و علیزاده، ۱۳۸۶):

$$I = (ETc - Pe + L) / E$$

راندمان کاربرد آبیاری^{۱۵}: هنگامی که ارزیابی راندمان یک نوبت آبیاری (توسط سامانه‌های آبیاری) موردنظر باشد، مفهوم راندمان کاربرد آبیاری یا راندمان کاربرد مزرعه، درصدی از آب آبیاری تحویل‌شده به قطعه زراعی است که توسط گیاه مصرف شده باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

محصول راهبردی: محصول راهبردی محصولی است که مستقیماً

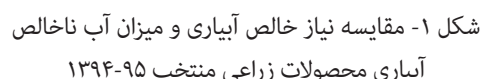
در امنیت غذایی نقش داشته و به این واسطه ضرورتاً باید در داخل کشور تولید شوند (مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸۹). در اسناد، برنامه‌ها، سیاست‌ها و قوانین گذشته تاکنون، محصولات متفاوتی به عنوان محصولات راهبردی موردتوجه قرار داشته‌اند. اما در این مطالعه، محصولات راهبردی به گروهی از محصولات اطلاق می‌شود که هم در اسناد مزبور مورد تأکید قرار داشته و هم اطلاعات نیاز آبی آن‌ها در بانک اطلاعاتی NETWAT قابل‌دسترس باشد، این محصولات عبارت‌اند از: گندم، برنج، جو، یونجه، شبدر، ذرت علوفه‌ای، اسپرس، پیاز، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای، عدس، لوبیا، نخود، چغندرقد، آفتابگردان، پنبه (عظیمی، ۱۳۹۶ - الف).

آب مجازی کشاورزی^{۱۶}: آب مجازی کشاورزی مقدار آبی است که صرف تولید کالا و یا فرآورده کشاورزی می‌شود و مقدار آن معادل کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان است. صفت مجازی بدان معناست که بخش عمده آب مصرف‌شده طی فرآیند تولید، در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد. شرایط اقلیمی، مکان تولید، مدیریت و برنامه‌ریزی و سطح فناوری به کاررفته، در حجم آب مجازی نهفته در کالا مؤثر است و مقدار آن برای یک کالا در مناطق مختلف جهان، متفاوت است (زارعی و جعفری، ۱۳۹۴). آب مجازی صرفاً به ظرفیت‌های تبادل کالا و آب بین کشورها اختصاص نداشته و می‌تواند در جهت ارزیابی و انتقال حجم آب تولید محصولات کشاورزی بین مناطق و استان‌های کشور هم موردتوجه قرارگیرد (Chen و همکاران، ۲۰۱۷).

مواد و روش پژوهش

درحالی‌که برآورد مصرف آبیاری در تولید ملی محصولات کشاورزی متأثر از سطح زیر کشت آبی، نیاز خالص آبیاری و راندمان آبیاری است، اطلاعات سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات: گندم، برنج، جو، یونجه، شبدر، ذرت علوفه‌ای، اسپرس، پیاز، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای، عدس، لوبیا، نخود، چغندرقد، آفتابگردان و پنبه از آمارنامه کشاورزی ۹۵-۱۳۹۴، متوسط حسابی نیاز آبیاری خالص محصولات در دشت‌های کشور از بانک اطلاعاتی NETWAT (کمالی و علیزاده، ۱۳۸۶) مورد استفاده قرار گرفته است. میانگین وزنی راندمان کاربرد مزارع بر اساس راندمان غرقابی ۴۱ درصد، راندمان بارانی ۵۲ درصد و راندمان قطره‌ای ۷۳ درصد مدنظر قرار گرفته شده درحالی‌که حدود ۸۲ درصد اراضی از آبیاری سنتی، ۱۰ درصد از آبیاری تحت فشار و ۸ درصد از آبیاری قطره‌ای استفاده می‌کنند (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۶، الف). سپس اقدام به برآورد نیاز ناخالص آبیاری محصولات (آب مجازی تولید) شد.

یکی از نتایج این مطالعه تلفیق اطلاعات مکانی و اطلاعات توصیفی نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی بوده است که برای تمامی محصولات زراعی منتخب به تفکیک استخراج شده‌اند. بر اساس آمار زراعی سال ۹۵-۱۳۹۴، سطح زیر کشت آبی محصولات راهبردی منتخب ۵/۲ میلیون هکتار و ۸۵ درصد اراضی زراعی آبی بوده و میزان تولید آن‌ها ۷۴ درصد از محصولات زراعی کشور (۵۴/۹ میلیون تن) را شامل شده است. با فرض متوسط راندمان کاربرد ۴۴/۷ درصد در اراضی زراعی مربوطه و با فرض نیاز آبیاری خالص این محصولات (جدول ۲)، برآورد نیاز آبیاری ناخالص این گروه از محصولات، حجمی بالغ بر ۷۸/۶ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود که نسبت به حجم آب موردنیاز تولید کل محصولات زراعی آبی در سال زراعی ۵۹-۱۳۹۴ بالغ بر ۸۵/۳ درصد است. بنا به نتایج مطالعه، گندم آبی با سطح زیر کشت ۲/۴ میلیون هکتار، بیشترین سطح زیرکشت و بیشترین میزان تولید (۸/۸ میلیون تن) و بعد از محصول جو کمترین نیاز خالص آبیاری را داشته است. بر اساس مفروضات و اطلاعات در دسترس نسبت «آب مجازی تولید ملی گندم» برابر است با ۱۶/۹ میلیارد مترمکعب که نسبت به آب مجازی مورد استفاده در تولید آبی محصولات زراعی منتخب، ۲۱ درصد و نسبت به کل محصولات زراعی آبی کشور در سال ۹۵-۱۳۹۴، ۱۸/۳ درصد بوده است.



محصول	سطح زیر کشت آبی (هکتار)	تولید آبی (هزار تن)	نیاز خالص آبیاری (مترمکعب)	مصرف ناخالص آبیاری (میلیون مترمکعب)
ذرت دانه‌ای	۱۵۸۵۳۴	۱۱۷۰/۶	۶۴۶۲	۲۲۹۱/۸
چغندر قند	۱۱۰۲۰۴	۵۹۶۵/۶	۹۴۵۱	۲۳۳۰/۱
گوجه‌فرنگی	۱۴۸۲۶۶	۵۸۷/۴	۷۱۸۳	۲۳۸۲/۵
سیب‌زمینی	۱۵۸۱۶۰	۴۹۸۴/۵	۷۱۲۴	۲۵۲۰/۷
ذرت علوفه‌ای	۲۲۳۳۳۹	۱۱۲۷۶/۹	۶۰۲۷	۳۰۱۱/۲
جو	۷۱۴۴۵۹	۲۳۵۵/۲	۲۹۳۵	۴۶۹۱/۱
برنج	۵۹۶۰۳۵	۲۹۲۱	۸۲۶۸	۱۱۰۲۴/۶
یونجه	۵۹۹۰۶۰	۵۸۹۳/۷	۱۰۵۹۳	۱۴۱۹۶/۵
گندم	۲۱۲۷۹۹۰	۸۸۴۳/۲	۳۵۶۲	۱۶۹۵۷/۳
کل محصولات زراعی منتخب	۵۲۱۵۵۹۹	۵۴۸۸۷۸۸۶	۶۷۴۰	۷۸۶۴۰/۹
کل محصولات زراعی آبی	۶۱۱۰۱۷۱	۷۴۳۸۷/۵	۶۷۴۰	۹۳۱۲۹/۳

الف: ارزش افزوده این مطالعه در مقایسه با مطالعات پیشین، به کارگیری برآورد روش‌مندی است که بر اساس اطلاعات رسمی NETWAT در محیط GIS برای دیگر محصولات زراعی راهبردی عمل شده است. این اطلاعات زمینه حسابداری آب مبتنی بر محصول را همراه با ابزار تحلیل مکانی دشت‌ها و دیگر اطلاعات، از جمله نقشه وضعیت آبی دشت‌ها فراهم می‌آورد.

ب: برآورد نیاز ناخالص آبیاری محصولات زراعی در این مطالعه، بر اساس متوسط حسابی نیاز خالص آبیاری دشت‌های کشور انجام شده است که در مقایسه با روش میانگین وزنی دشت‌ها با بیش برآوردی مواجه می‌شود. به طور نمونه برآورد نیاز ناخالص آبیاری گندم در این مطالعه ۳۵۶۲ مترمکعب در هکتار محاسبه شده در حالی که در مطالعه عظیمی و همکاران (۱۳۹۶، الف) برآورد نیاز ناخالص آبیاری بر اساس میانگین وزنی دشت‌های کشور، برابر با ۲۹۰۷ مترمکعب در هکتار برآورد گردید. در واقع این بیش‌برآوردی به دلیل کاهش دقت برآورد به روش متوسط حسابی است. عدم به کارگیری روش میانگین وزنی در این مطالعه به دلیل پیچیده‌تر شدن فرآیند محاسبات و محدودیت‌های زمانی و اجرایی بوده است. گرچه برآوردهای به دست آمده در این مطالعه با مصارف واقعی در مزارع کشور فاصله بیشتری دارند؛ اما به عنوان معیاری کمی می‌تواند مبنای اولیه را برای شفاف‌سازی و حسابداری آب تولید زراعی و سیاست‌گذاری تنظیم الگوی کشت متناسب با شرایط آبی مناطق، در اختیار قرار دهد.

پ: با توجه به نتایج مطالعه عظیمی و همکاران (۱۳۹۶، الف) به نظر نمی‌رسد که پراکنش دشت‌های بحرانی کشور تناظر معناداری با اراضی عمده تولید گندم آبی داشته باشند و بنا به: ۱- پراکندگی کانون‌های تولیدی گندم در اقلیم‌های گرم، خشک، خنک، معتدل تا مرطوب، ۲- بهره‌گیری کانون‌های تولیدی گندم از منابع آب متعددی چون منابع زیرزمینی، سطحی و یا بارندگی در ماه‌های سرد سال، ۳- بر اساس میزان نیاز آبی نسبتاً کم گندم؛ فرض همبستگی بحرانی شدن منابع آب زیرزمینی با سیاست خودکفایی گندم ملی محل تأمل جدی بوده و نیازمند بررسی‌های بیشتر خواهد بود. با توجه به یافته‌های مطالعه، انتقال کشت گندم به دیگر محصولات زراعی، لزوماً منجر به کاهش مصرف آب نخواهد شد، در نتیجه کشت محصولات راهبردی کم‌آب‌بری مانند گندم بهترین گزینه کشت برای سازگاری با شرایط کم‌آبی حتی در مناطق بحرانی کشور هستند، ۵- انتقال الگوی مکانی و زمانی (از فصل تابستان به بهار و پاییز) در کشت محصولات آب‌بری چون یونجه و چغندر می‌تواند در کاهش مصرف آب کشاورزی ملی بکاهد.

ت: علاوه بر هزینه - فایده اقتصادی، هر یک از محصولات راهبردی باید با توجه به دیگر معیارهای اجتماعی و زیست‌محیطی، در سیاست‌گذاری‌های کلان و جامع مدنظر قرارگیرند. علی‌رغم اینکه در میان محصولات منتخب، گندم دارای بیشترین مصرف آب (حدود ۱۷ میلیارد مترمکعب) برآورد شده است، اما با توجه برآورد حجم آب مصرفی برای تولید ملی گندم باید دید در قبال این حجم مصرف آب چه فوایدی نصیب کشور می‌شود تا پس از آن بتوان درباره گزینه‌های مختلفی، چون واردات آب مجازی گندم و یا انتقال آب مجازی آن بین دشت‌های کشور و یا ارتقای بهره‌وری، بهتر تصمیم گرفت.

عظیمی و همکاران (۱۳۹۷) با مرور منابع متعدد داخلی و خارجی درباره ادله گوناگونی که می‌تواند مؤید تولید داخلی گندم باشد، به بحث پرداخته‌اند که این رویکرد، می‌تواند در مطالعات بعدی به صورت مجزا برای کلیه محصولات راهبردی در مطالعات آینده مورد توجه قرارگیرد. این موارد عبارت‌اند از: ۱- جایگاه محصول در سبد غذایی جامعه جهانی و ایران؛ ۲- دلایل ناظر بر انطباق تولید محصول با زیست‌بوم کشور؛ ۳- دلایل ناظر بر صیانت از امنیت ملی در قبال وقوع تحریم غذای اصلی جامعه؛ ۴- تنگناهای بازار جهانی غذا در خصوص هر کدام از محصولات؛ ۵- ثبات و عدم ثبات قیمت جهانی محصولات؛ ۶- نقش مثبت تولید داخلی محصولات در متغیرهای کلان اقتصاد ملی از جمله: تولید ناخالص داخلی، اشتغال، تورم، مخارج دولت، تراز بازرگانی (واردات - صادرات)، میزان مصرف خصوصی، سرمایه‌گذاری و پس‌انداز، در رشد صنایع داخلی.

بحث درباره هزینه آب در تولید محصولات راهبردی، مقوله مهمی است که می‌باید مورد توجه قرارگیرد. برآورد هزینه آب برای تولید محصولات آبی موضوعی است که باید در سطح ملی محاسبه شود. در این مطالعه بنا به در دسترس بودن اطلاعات ارزش اقتصادی آب در محصول گندم، با فرض اینکه ارزش اقتصادی آب در دیگر محصولات زراعی منتخب، به اندازه گندم باشد، از مطالعات موجود استفاده شده است. منابع علمی موجود ارقام متفاوتی را ارائه کرده‌اند. قادر دشتی و همکاران (۱۳۸۹) قیمت آب در تولید گندم را از دید متقاضیان در شهرستان دامغان، را ۴۰۲ ریال برآورد نمودند. گلزاری و همکاران (۱۳۹۵) ارزش اقتصادی آب در مزارع گندم شهرستان گرگان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ را معادل ۱۵۶۴/۵ ریال به ازای هر مترمکعب برآورد کردند. خواجه روشنایی و همکاران (۱۳۸۹) ارزش اقتصادی آب محصول گندم در مشهد را ۱۸۷۰ ریال برآورد نمودند. طبیعی است ارزش آب بنا به شرایط مناطق و در روند زمان تغییر می‌یابد. اگر ارزش آب را به طور متوسط به ازای هر مترمکعب، ۱۵۰۰ ریال در نظر بگیریم، برآورد هزینه آب تولید محصولات راهبردی در قبال مصرف

حداکثر ۷۸ میلیارد مترمکعب آب، حداکثر به ۱۱۷۰۰۰ میلیارد ریال خواهد رسید. یعنی با فرض عدم کشت این محصولات در داخل و واردات آب مجازی از خارج کشور، از حجم آب مصرف شده، کاسته می شود و یا در صورت دریافت هزینه آب به اندازه فوق، ارزش اقتصادی نصیب دولت خواهد شد. از سویی فقط با تحقق فرض عدم کشت گندم که منجر به بیکار شدن حداقل ۱۳۳۰ هزار نفر گندم کار خواهد شد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳)، اگر اختلاف هزینه ایجاد اشتغال در واحدهای صنعتی با کشاورزی به طور متوسط ۵ میلیارد ریال^{۱۷، ۱۸} در نظر گرفته شود و بخواهیم فقط تعداد شاغلین گندم کار را به مشاغل صنعتی انتقال دهیم، نیازمند صرف هزینه ای قریب به ۶۶۵۰۰۰۰ میلیارد ریال خواهیم بود که این رقم جدا از آثار پیچیده اجتماعی آن، بسیار هنگفت خواهد بود.

دیدگاه مخالف افزایش صرف قیمت آب: برخی دیگر از کارشناسان معتقدند صرف افزایش ارزش اقتصادی آب کشاورزی، نمی تواند راه گشای چالش مصرف نادرست آب در حوزه کشاورزی باشد. صوحی و توانا (۱۳۸۶) در تحقیق خود پیشنهاد کردند که با کم کردن دبی آب چاه های آبیاری از طریق ایجاد محدودیت در مجوز احداث، به خصوص چاه های با دبی زیاد، آثار جانبی منفی برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، کاهش یابد. همچنین نتایج نشان می دهد که با افزایش قیمت آب نمی توان به هدف کاهش مصرف آب دستیافت و هزینه استحصال آب، تأثیر چندانی بر بازده خالص مزرعه و دسترسی اقتصادی به منابع آب زیرزمینی ندارد. هیچ یک از ابزارهای اقتصادی در مدیریت بهره برداری از منابع آب برتری ندارد و همچنین هرکدام از آن ها در وضعیت های مختلف، نتایج متفاوتی را در پی خواهد

داشت. کاربرد ابزار سیاست قیمت آب، علی رغم اثربخشی آن، بحث برانگیز است. گرچه لازم است تا با افزایش چشم گیر بهای آب، بهره برداران به خود بیایند و در راستای برداشت کمتر، استفاده مطلوب تر و ذخیره بیشتر آب، اقدام نمایند؛ اما با این وجود احتمال آسیب پذیری مالی کشاورزان، خطر عدم پذیرش اجتماعی و امکان پذیری سیاسی آن وجود دارد (پایدارگل سنگ، ۱۳۹۲).

پایداری در تولید محصولات زراعی وابسته به پایداری درآمد تولیدکننده: برای حصول پایداری در فرآیند توسعه کشاورزی، باید نحوه دخالت دولت در تعیین قیمت آب با ملاحظات از جمله جلوگیری از شکست بازار و بروز عواقب خواسته و ناخواسته مداخلات دولت نظیر مالیات، یارانه، حقوق مالکیت مشترک (حقابه)، اطلاعات ناقص زیست محیطی، رقابت انحصاری، بازار سرمایه معیوب و مشکلات اقتصادی کلان، باشد. به عبارتی لازمه افزایش کارایی بخش کشاورزی در بلندمدت و تحقق پایداری آن، توجه به اصول توسعه پایداری در سیاست گذاری و در ابعاد ذیل است: ۱- پایداری نهادی: نیازمند شکل گیری نهادهایی است که توانایی خود پایایی داشته باشند، ۲- پایداری اقتصادی: سیاست ها باید رفاه اجتماعی را برای گروه های کم درآمد فراهم نماید، ۳- پایداری مالی: سیاست ها باید منابع مالی مناسب را برای تأمین و تکمیل پروژه ها شناسایی نمایند، ۴- پایداری زیست محیطی: سیاست ها باید به مدیریت پایداری منابع طبیعی بیانجامد. بنابراین فراهم شدن سود و درآمد کافی، به عنوان اولین نیاز و انگیزه کشاورزان، لازمه تداوم سرمایه گذاری برای ارتقاء کمی و کیفی تولید، توسعه منابع انسانی، حفظ و احیاء محیط زیست است (مریدسادات، ۱۳۹۳).

پیشنهادهای

از آنجاکه عوامل زمینه ای ناپایدار شدن منابع آب متأثر از عوامل گوناگونی در زنجیره تأمین آب تا تولید محصولات است، سیاست قیمت گذاری آب، تنها بخشی از ضرورت هایی است که می باید مدنظر قرارگیرد. بنابراین با توجه به اینکه نحوه قیمت گذاری منابع آب، به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر قیمت تمام شده محصول، نمایان می شود، تولید پایدار محصولات پایه برای امنیت غذایی، نیازمند سیاست هایی است که هم راستا با بهره وری فیزیکی و صرفه اقتصادی تولید در سطح خرد و کلان، انگیزه لازم را برای کشاورز، جهت ذخیره سازی آب صرفه جویی شده، فراهم آورد. بنابراین بنا به اهمیت هم زمان نهادهای حیاتی

آب و اهمیت تولید غذا از منابع داخلی، نیازمند تناسب بخشی منابع آب و مصارف آن در تولید محصولات عمده غذایی هستیم. با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از منابع آب تجدیدپذیر به عرصه های تولید زراعی هدایت می شوند - که در چرخه آب، بخشی به سفره های آب زیرزمینی و دشت های پایین دست نفوذ می یابند و بخشی، از سطح خاک تبخیر شده و بخشی نیز از دسترسی مفید گیاه خارج می گردند - با مدیریت آب عرضه شده در چرخه آب از سرآب تا پایاب، بخشی که از چرخه تولید خارج شده و حجم آن بالغ بر ۲۸ میلیارد مترمکعب (فاصله بین ۷۸ میلیارد مترمکعب با فرض راندمان ۴۴/۷ درصد و ۵۰ میلیارد مترمکعب آب با فرض راندمان ۷۰ درصد) برآورد می شود؛ می توان حجم آب صرفه جویی شده را به دیگر

1- Water accounting

۲- بر اساس شاخص فالکن مارک، کشوری که دارای سرانه منابع آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب باشد، در وضعیت تنش آبی قرار دارد.

3- Payment for Ecosystem Services

4- Water audits

5- Participatory groundwater monitoring

6- Water accounting based on remote sensing

7- Macro-economic water accounting: the System of Environmental and Economic Accounting for Water

8- Filling the gap between supply and demand: the water cost curve approach

9- Water accounting for firms

10- Water accounting by product: the water footprint concept

11- Water withdrawal

12- Water consumption

13- Potential production

14- Potential irrigation requirement

15- Irrigation application efficiency

16- Agricultural virtual water

۱۷- هزینه ایجاد هر شغل در پتروشیمی ۳۰ میلیارد ریال:

<http://www.irna.ir/mazandaran/fa/News/82527250>

۱۸- هزینه ایجاد هر شغل صنعتی توسط دولت در حدود ۱۰۰ تا

۳۰۰ میلیون تومان است <https://www.isna.ir/news>

اولویت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی اختصاص داد. در این خصوص عوامل متعدد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بر کاهش راندمان آبیاری مؤثر هستند که می‌بایست در برنامه‌ریزی‌ها مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرند. یکی از نکات مهمی که باید به آن اشاره نمود این است که برآورد نیاز خالص آبی محصولات بر اساس اطلاعات NETWAT با محدودیت‌هایی مواجه بوده و هست (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۶ ب). نکته مهم دیگر اینکه برآورد نیاز آبیاری خالص محصولات بر اساس میانگین حسابی این متغیر در دشت‌ها، برآوردها را با اریب بیشتری (معمولاً بیش‌برآوردی) مواجه می‌نماید. در این خصوص رسیدن به برآورد دقیق‌تر در نیاز ناخالص آبیاری محصولات زراعی، نیازمند بازنگری در بانک اطلاعات فوق بوده؛ چنانچه برای برآورد نیاز خالص آبیاری محصولات از روش میانگین وزنی (نسبت سطح زیر کشت محصول به سطح دشت) استفاده شود، برآورد دقیق‌تری به دست خواهد آمد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۶- الف). همچنین چنانچه در سرشماری کشاورزی سال ۱۴۰۲، واحد دشت به‌عنوان واحد جمع‌آوری و ارائه آمار و اطلاعات، انتخاب شود، می‌توان برآوردهای دقیق‌تری برای مصرف آب کشاورزی به دست آورد.

با توجه به اینکه سهم مصرف آب در تولید محصولاتی چون گندم و برنج و یونجه آبی یا ناشی از سطح زیر کشت و یا نیاز خالص آبی آن‌ها است؛ از سوی دیگر استمرار تولید این محصولات، متأثر از نیازها و عوامل اقتصادی اجتماعی متعدد است؛ برای رسیدن به الگوی کشت مناسب، بهتر است تا در فرآیندی اجتماعی، هزینه - فایده‌های کشت و عدم کشت و یا انتقال کشت این محصولات به سایر محصولات راهبردی؛ زمینه‌های تفاهم جمعی کشاورزان و سیاست‌گذاران و محققین حاصل گردد.

منابع

پایدارگل‌سنگ، ا. ۱۳۹۲. ارائه الگوی سیاست مطلوب بهره‌برداری از منابع زیرزمینی برای فعالیت‌های کشاورزی در نواحی روستایی- حوضه جغرافیای، فرهنگی هلیل‌رود، دشت جیرفت. رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی توسعه روستایی. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.

جولایی، ر. و جیران، م. ۱۳۸۷. مزیت نسبی یا خودکفایی؟ مطالعه‌ای کاربردی در تعیین راهبرد تولید گندم در کشور. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۶(۶۲): ۱۴۷-۱۶۵.

خواجه روشنایی، ن.، دانشورکاخی، م. و محتشمی‌برزادران، غ. ۱۳۸۹. تعیین ارزش اقتصادی آب در روش تابع تولید، با بکارگیری مدل‌های کلاسیک و آنتروپی (مطالعه موردی: محصول گندم در

شهرستان مشهد). اقتصاد و توسعه کشاورزی (کشاورزی علوم و

صنایع)، ۲۴(۱): ۱۱۳-۱۱۹.

دانشی، ع.، وفاخواه، م. و پناهی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی اقتصادی سناریوی تغییر الگوی کشت در حوزه آبخیز سیمینه رود به‌منظور اصلاح مدیریت آب کشاورزی: تلاشی برای احیای دریاچه ارومیه با استفاده از سازوکار PES. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۱(۳): ۵۷-۶۸.

دشتی، ق.، امینیان، ف.، حسین‌زاد، ج. و حیاتی، ب. ۱۳۸۹. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید گندم محصول مطالعه موردی: منابع آب زیرزمینی شهرستان دامغان. دانش کشاورزی پایدار، ۲۰(۱): ۱۲۱-۱۳۱.

دهقان، ا.، هومن، ف. و امیرفراهانی، ع. ۱۳۸۴. آینده آب و غذا در جهان تا سال ۲۰۲۵. عبور از بحران. ترجمه از زرگرانت، م.

وکای ایکس؛ و کلاین، اس. نشر مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

روحانی، ن.، یانگ، ه.، امین سیپانی، س.، افیونی، م.، موسوی، س.ف. و کامگار حقیقی، ع. ا. ۱۳۸۷. ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۲(۴۶): ۴۱۷-۴۳۲.

زارعی، غ. و جعفری، م.ح. ۱۳۹۴. نقش واردات و صادرات محصولات مهم زراعی و باغی در تجارت مجازی آب و رد پای آب در کشاورزی ایران. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۵(۹): ۷۸۴-۷۹۷. سلطانی، غ. ۱۳۷۴. خودکفایی در برابر مزیت نسبی محصولات کشاورزی. تازه‌های اقتصاد، ۲۵: ۲۴-۲۷.

صبحی، م. و توانا، ح. ۱۳۸۶. بررسی آثار جانبی منفی ناشی از بهره‌برداری بیش از حد منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی شهرستان لارستان). علوم و صنایع کشاورزی، ۲۱(۲): ۶۷-۷۷.

عبادی، ف. و سعیدنیا، ا. ۱۳۸۸. ترازنامه غذایی جمهوری اسلامی ایران- ۱۳۸۵-۱۳۸۱. انتشارات مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی.

عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

عباسی، ف.، سهراب، ف.، زارعی، ق.، آراستی، ع.ر. و نیری، س. ۱۳۸۸. تحلیلی بر بازده‌های آبیاری در ایران. گزارش نهایی پروژه IRD-۸۵۰۸۴، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران.

عزیزی ذهان، ع. ا.، شهابی‌فر، م.، ابراهیمی پاک، ن.ع.، رضوی، ر.، غالبی، س.، سربابی تبریزی، م.، طلوعی، ر. و پیری، ر. ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی مصرف آب گندم در ایران و جهان. اولین همایش ملی مدیریت خاک و آب در تولید گندم. ایران.

عظیمی‌دزفولی، س.ع. ا.، رکن‌الدین افتخاری، ع. و هایدج، ا. ۱۳۹۳. آینده‌نگاری یکپارچه، رویکردی برای غلبه بر چالش بحران آب و غذا. همایش راهکارهای پیش‌روی بحران آب در ایران و خاورمیانه. شیراز. اسفند ۱۳۹۳.

عظیمی‌دزفولی، س.ع. ا. ۱۳۹۶. الف. بررسی الزامات دستیابی به خودکفایی محصولات راهبردی در مصرف آب. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. تهران.

عظیمی‌دزفولی، س.ع. ا. ۱۳۹۶. ب. آینده پژوهی تأمین آب کشاورزی جهت تولید گندم ج. ا. ایران تا افق ۱۴۰۴، رساله دکتری. رشته آینده‌پژوهی. دانشکده علوم اجتماعی. دانشگاه امام خمینی (ره).

عظیمی‌دزفولی، س.ع. ا.، رکن‌الدین افتخاری، ع.، نظری، ب.، هایدج، ا.، نظامی‌پور، ق.، فرج‌زاده اصل، م.، فهمی، ه. ۱۳۹۶. الف. برآورد تحلیلی آب مورد نیاز تولید گندم در ایران. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۱(۲): ۱۷۳-۱۹۵.

عظیمی‌دزفولی، س.ع. ا.، عبداله‌زاده، م.، ذبیحی افروز، ر. و اصلانی، ل. ۱۳۹۶. ب. اطلس نیاز خالص آبیاری محصولات

راهبردی زراعی بر اساس سند ملی آب (NETWAT) به تفکیک دشت‌های کشور -۱۳۹۶. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. تهران.

عظیمی‌دزفولی، س.ع. ا.، رکن‌الدین افتخاری، ع.، کاظم‌نژاد، م.، نظری، ب.، هایدج، ا.، نظامی‌پور، ق.، فرج‌زاده اصل، م. و فهمی، ه. ۱۳۹۷. تحلیلی بر پذیرش اجتماعی تأمین آب جهت خودکفایی گندم تا افق ۱۴۰۴ جمهوری اسلامی ایران. فصلنامه پژوهش‌های روستایی، ۱۰(۱): ۷۸-۹۱.

کمالی، غ. و علیزاده، ا. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران. نشر آستان قدس رضوی. دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.

گلزاری، ز.، اشراقی، ف. و کرامت‌زاده، ع. ۱۳۹۵. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصول گندم در شهرستان گرگان. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰(۴): ۴۵۷-۴۶۶.

مجلس شورای اسلامی. ۱۳۸۹. قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی.

مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳. نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی کل کشور.

مریدسادات، پ. ۱۳۹۳. ارائه الگوی سیاست توسعه پایدار کشاورزی با رویکرد کارآفرینانه-مطالعه موردی استان خوزستان. رساله دکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.

معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۴. سند راهبردی ارتقای بهره‌وری و صرفه‌جویی مصرف آب کشاورزی. برنامه ششم آب‌بهداری و آبخیزداری. وزارت جهاد کشاورزی.

مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. ۱۳۹۵. پروژه‌های اجرایی اقتصاد مقاومتی-برنامه ارتقای توان تولید ملی امنیت غذایی و تولید محصولات راهبردی. وزارت جهاد کشاورزی.

میرچولی، ف.، فرامرزی، م. و سلطانی، س. ۱۳۹۲. تأثیر تجارت آب مجازی بر وضعیت اکوسیستم‌ها. نخستین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیما زمین. اصفهان. ایران.

نجفی علمدارلو، ح.، وکیل‌پور، م. ح. و ریاحی، ف. ۱۳۹۴. بررسی میزان آب مجازی گندم و بهره‌وری آب در ایران. دومین همایش بین‌المللی و پنجمین همایش ملی پژوهش‌های محیط‌زیست و کشاورزی ایران. همدان. دبیرخانه دائمی همایش. دانشکده شهید مفتاح.

وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۶. جلد اول. محصولات زراعی. <https://www.maj.ir>.

FAO-AQUASTAT. 2004. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat>.

FAO. 2012. Coping With Water Scarcity - An Action Framework For Agriculture And Food Security. FAO Water Reports 38.

Karen F. and Virginie G. 2012. Irrigation water re-

quirement and water withdrawal by country. FAO AQUASTAT Reports. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/index.stm.

Chen W., Wu S., Lei Y. and Li Sh. 2017. China's water footprint by province and inter-provincial transfer of virtual water. *Ecological Indicators*, 74: 321-333.

Article Type: Case Study

نوع مقاله: مطالعه موردی

Analysis of Productivity Gap and Agricultural Water Productivity Improvement Planning with the Empowerment Approach of Farmers and Aquifer Sustainability (Case Study: Qazvin Plain)

B. Nazari

Assistant Professor of Water Sciences and Engineering Department, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

E-Mail: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir

Received: 02-12-2019

Accepted: 24-02-2020

تحلیل شکاف بهره‌وری و برنامه‌ریزی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی با رویکرد توانمندسازی کشاورزان و پایداری در آبخوان‌ها (مطالعه موردی: دشت قزوین)

بیژن نظری

استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین.

E-Mail: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۰۵

Abstract

This study was done in three phases; "Determination of water productivity gap", "Systematic analysis of water productivity improvement strategies" and "Presentation of water productivity improvement plan". Irrigation water productivity in plain scale was estimated 40 to 50 % of water productivity potential. In Wheat, Barley and Corn crops 47, 52 and 30 % of yield gap was related to inappropriate water supply (amount, time and distribution uniformity) and 31, 32, and 52 % of yield gap was related to inappropriate application of fertilizers in the fields. In Qazvin plain, irrigation water productivity in agronomy sector in the ten year period, from 2006 to 2016, has increased by an average of 4.9 % annually (from 1.17 to 1.74 kg/m³). With irrigation systems and crop pattern modification, there is ability to upgrade water economic productivity and increasing the farmer's income with reducing water harvesting. The aquifer status can be improved if modern pressurized irrigation systems be developed with cultivation level control or water harvesting control. Investigation the conceivability of strategies also showed that institutional barriers and social constraints are the main barriers to productivity growth. Based on strategic mapping method, presented strategies for improving water productivity were categorized in three groups; initiation, mediation and termination strategies. The most important threats to productivity improvement were quantitative and qualitative degradation of Qazvin aquifer and soil degradation due to improper use of plastics in farms. Initiation strategies for improving water productivity are farmer's education on irrigation and productivity, and attracting their participation in the formation of water conservation and exploitation associations. By improving water productivity over a 15-year period groundwater abstraction in the agricultural sector can be reduced to programmable water levels (877 million cubic meters). without harming the livelihoods of the farmers and the agricultural economy. Using this productivity improvement potential requires multi-spectral planning and control on water abstraction.

Keywords: Water productivity, Water balancing, Crop pattern, Irrigation systems, System dynamics.

چکیده

این مطالعه در سه فاز «تعیین شکاف بهره‌وری آب»، «تحلیل سیستماتیک راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب» و «ارائه برنامه بهبود بهره‌وری آب» انجام شد. بهره‌وری آب آبیاری در مقیاس دشت بین ۴۰ تا ۵۰ درصد پتانسیل بهره‌وری آب برآورد شد. در محصولات گندم، جو و ذرت، ۴۷، ۵۲ و ۳۰ درصد از شکاف عملکرد به دلیل تأمین نامناسب آب (مقدار، زمان و یکنواختی توزیع) و ۳۱، ۳۲ و ۵۲ درصد از شکاف عملکرد به دلیل مدیریت ناصحیح کاربرد کود در مزارع بوده است. در دشت قزوین بهره‌وری آب آبیاری در بخش زراعت از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ به طور متوسط سالانه ۴/۹ درصد افزایش داشته است (از ۱/۱۷ تا ۱/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب) و با اصلاح سامانه‌های آبیاری و الگوی کشت، امکان ارتقای بهره‌وری اقتصادی آب و درآمد کشاورز ضمن کاهش برداشت آب، وجود دارد. اگر توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار با کنترل سطح کشت و یا کنترل برداشت آب باشد، می‌تواند وضعیت آبخوان را بهبود بخشد. بررسی امکان‌پذیری راهبردها نیز نشان داد که موانع نهادی و محدودیت‌های اجتماعی اصلی‌ترین موانع از افزایش بهره‌وری است. با روش ترسیم نقشه راهبردی، راهکارهای بهبود بهره‌وری آب در سه دسته آغازین، واسطه‌ای و پایانی ارائه شد. از مهمترین تهدیدهای پیش‌رو در ارتقای بهره‌وری، افت کمی-کیفی آبخوان و تخریب خاک به دلیل استفاده ناصحیح از پلاستیک در مزارع و از راهبردهای آغازین ارتقای بهره‌وری آب، آموزش کشاورزان در زمینه آبیاری و بهره‌وری و جلب مشارکت آنان در تشکیل انجمن‌های حفاظت و بهره‌برداری از آب است. با ارتقای بهره‌وری آب در یک دوره ۱۵ ساله می‌توان برداشت آب از آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی را به حد آب قابل برنامه‌ریزی (۸۷۷ میلیون مترمکعب) رساند، بدون این که معیشت کشاورزان و اقتصاد کشاورزی آسیب زیادی ببیند. استفاده از این ظرفیت ارتقای بهره‌وری نیاز به برنامه‌ریزی چندبخشی و کنترل برداشت آب دارد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، تعادل بخشی، الگوی کشت، سامانه‌های آبیاری، پویایی سیستم.

است. این مطالعه با هدف شناسایی وضعیت فعلی و اولویت‌بندی راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب انجام شده است. در این راستا، اولویت‌بندی راهکارها بر مبنای دستیابی به پایداری آبخوان مدنظر قرار گرفته است.

منطقه مورد مطالعه

قسمت عمده استان قزوین در حوضه آبریز دریاچه نمک و قسمت محدودی از شمال استان در حوضه آبریز سفیدرود واقع شده است. استان دارای ۴۸۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی و ۸۰ هزار بهره‌بردار بخش کشاورزی می‌باشد. دشت قزوین به علت نزدیکی به بازار مصرف بزرگ تهران، و حاصل‌خیزی و دانش‌اندوخته کشاورزی، از مهم‌ترین قطب‌های تولیدی کشور در بخش کشاورزی است. در سال‌های اخیر، آبخوان این دشت به طور متوسط سالانه ۱ متر افت را تجربه می‌کند (کسری سالانه ۳۵۱ میلیون مترمکعب) که نگرانی‌های بسیاری را به وجود آورده و تبعات منفی زیادی خواهد داشت (دانش کار آراسته، ۱۳۹۶).

روش تحقیق

این مطالعه در سه گام «تعیین شکاف بهره‌وری آب»، «تحلیل سیستماتیک راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب» و «ارائه برنامه بهبود بهره‌وری آب» انجام شد. گام‌های پژوهش و روش‌های مورد استفاده در هر گام در جدول (۱) ارائه شده است.

کشاورزان پیشرو، عملکردهای بیشتر از ۱۰ تن در هکتار نیز برای گندم ثبت شده است که موردی و مربوط به مزارع پیشرو است و با متوسط عملکرد پتانسیل یک پهنه که بر اساس شرایط خاک و اقلیم می‌تواند به دست آید، متفاوت می‌باشد. لذا در برخی مزارع، عملکرد می‌تواند بیش از مقادیر گزارش شده نیز به دست آید. طبق مطالعات Lobell و همکاران (۲۰۰۹) شکاف عملکرد در مناطق مختلف جهان از ۲۰ تا ۸۰ درصد متغیر است. بر اساس حدود کمینه و بیشینه، شکاف عملکردی ۶۳ درصدی در استان قزوین نشان می‌دهد که نقاط ضعف قابل توجهی در مدیریت تولید کشاورزی و مدیریت آبیاری وجود دارد. این شکاف البته از طرفی دیگر نشان از این دارد که فرصت‌های بالقوه‌ای برای تقویت این بخش‌ها و ارتقای بهره‌وری آب و کاهش فشار به منابع آب و افزایش امنیت غذایی وجود دارد. بازبدهای میدانی نشان داد که حتی عملکردهای نزدیک به پتانسیل نیز توسط برخی کشاورزان پیشرو به دست آمده است. «عملکرد پتانسیل قابل دستیابی» که در این مطالعه تعیین شده است، کمتر از «عملکرد فیزیولوژیک دست نیافتنی» است.

جمع‌بندی مطالعات مقوله آب و غذا، نشان از این دارد که ایران در زمره کشورهایی است که برای دستیابی به امنیت آبی و امنیت غذایی نیازمند «دستیابی به پتانسیل بهره‌وری آب و خاک، و اتخاذ بهترین مدیریت ممکن» است (Fader و همکاران، ۲۰۱۳). در یک تحلیل واقع‌بینانه، دستیابی به خودکفایی غذایی در ایران ضمن پایداری منابع آب و امنیت آبی، نیازمند تلاش زیاد و برنامه‌ریزی منسجم است. لذا علاوه بر ارتقای بهره‌وری آب، برنامه‌ریزی برای استفاده از ظرفیت‌های تجارت آب مجازی و کشت برون مرزی، اصلاح الگوی مصرف و تغذیه، بازنگری در سیاست‌های جمعیتی و آمایش سرزمین باید مورد توجه برنامه‌ریزان و مدیران باشد. بدیهی است که استفاده ناپایدار از منابع آبی و تخریب منابع آب، به از دست رفتن امنیت آبی و به تبع آن امنیت غذایی و امنیت ملی منجر خواهد شد.

در تحلیل راندمان، کارایی فنی، و بهره‌وری آب، باید به مبنای شاخص‌های مذکور توجه جدی داشت (Nazari و همکاران، ۲۰۱۳). در این زمینه گزارش کمیسیون آب، محیط‌زیست و اقتصاد سبز در زمینه مبنای و شاخص‌های بهره‌وری آب (نظری و لیاقت، ۱۳۹۵) و پژوهش Zwart (۲۰۱۰) می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در مناطق کم‌آب، افزایش بهره‌وری آب، باید با کاهش مصرف آب و یا افزایش تولید به ازای آب مصرفی فعلی مدنظر باشد و افزایش تولید بهره‌وری آب به‌واسطه افزایش مصرف آب، نباید مدنظر قرار گیرد. در راستای سازگاری با کم‌آبی، ارتقای بهره‌وری آب در بخش کشاورزی به عنوان اصلی‌ترین بخش مصرف‌کننده آب، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر

نتایج

• شکاف عملکرد

شکاف عملکرد، فاصله بین عملکرد فعلی و عملکرد پتانسیل است. بر اساس پروتکل معرفی شده در قسمت روش‌شناسی، شکاف عملکرد گندم، جو و ذرت دانه‌ای در استان به ترتیب ۵۴۸۰، ۵۳۶۰ و ۶۶۸۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. با تحلیل این شکاف عملکرد در مقابل عملکردهای پتانسیل قابل دستیابی، در حال حاضر به طور متوسط در استان شکاف عملکردی معادل ۶۳، ۶۵ و ۶۰ درصد عملکرد پتانسیل محصولات مذکور است. عملکرد پتانسیل لحاظ شده در این گزارش، با فرض عدم امکان کنترل تنش دمایی در کشت‌های زراعی برآورد شده است. عملکرد پتانسیل در حالت امکان کنترل تنش‌های مذکور بیش از مقادیر گزارش شده است (جناب و نظری، ۱۳۹۷). در نواحی مختلف استان در صورت امکان کنترل تنش دمایی، عملکرد گندم بین ۱ تا ۲ تن در هکتار افزایش خواهد داشت. همچنین باید توجه داشت که در برخی بازبدهای میدانی و گزارشات مربوط به

جدول ۱- گام‌های پژوهش و روش‌های مورد استفاده در هر گام

مرحله	شرح روش	جامعه آماری/داده‌های تحقیق
۱- برآورد شکاف عملکرد و بهره‌وری آب	برای تعیین شکاف عملکرد و بهره‌وری محصولات از پروتکل پروژه 'GYGA' استفاده شده است. پروژه مذکور، با همکاری دانشگاه‌ها و محققین مختلف جهان و با محوریت دانشگاه‌های نبراسکا آمریکا و واخنینگن هلند و مؤسسه جهانی water for food پایه‌ریزی شده است. این روش دارای ۶ پروتکل شامل پروتکل انتخاب نواحی آب وهوایی و ایستگاه‌های آب و هواشناسی مرجع، (۲) پروتکل تعیین اطلاعات اقلیمی، (۳) پروتکل تعیین سری‌های خاک، (۴) پروتکل کالیبراسیون مدل گیاهی، (۵) پروتکل برآورد متوسط عملکرد واقعی برای محاسبه شکاف عملکرد و (۶) پروتکل تعیین بهره‌وری آب می‌باشد.	اطلاعات اقلیم: بارش روزانه، درجه حرارت. اطلاعات خاکشناسی: بافت خاک. اطلاعات گیاهی: دوره کشت، تراکم کشت، ضرایب گیاهی، نیازآبی، ضرایب تنش. اطلاعات آبیاری: کمیت، کیفیت، برنامه آبیاری. مدل شبیه‌سازی عملکرد: مدل آکواکراپ. خطای مدل‌سازی: پس از کالیبراسیون در محصولات مختلف بین ۴/۸ تا ۱۱ درصد بوده است. برای مطالعه بیشتر روش به مرجع Van Bussel و همکاران (۲۰۱۵) مراجعه شود.
۲- تحلیل سیستمیک راهکارهای ارتقای بهره‌وری	در تحلیل سیستماتیک راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب، از روش پویایی سیستم‌ها استفاده شد. مدل در محیط Vensim توسعه داده شد. پس از آزمون‌های مرزی، صحت‌سنجی ابعادی و آزمون رفتار، مدل مورد استفاده قرار گرفت. زیرسیستم‌های مدل شامل، زیرسیستم اقتصادی، زیرسیستم منابع آب، زیرسیستم مزرعه و زیرسیستم دشت بوده است. برای مطالعه بیشتر روش پویایی سیستم به مرجع Sterman (۲۰۰۰) مراجعه شود.	تغذیه و تخلیه منابع آب سطحی و زیرزمینی، بارش، جریان برگشتی، تخصیص از شبکه، تراز و موجودی آبخوان، هزینه تولید محصولات کشاورزی، قیمت محصولات، تعرفه آب، هزینه پمپاژ آب، تبخیر و تعرق، کم‌آبیاری، راندمان آبیاری در سامانه‌ها، تبخیر از خاک، عملکرد محصول، نوع و سطح کشت محصولات زراعی و باغی، سهم سامانه‌های آبیاری در دشت، بافت خاک.
۳- ارائه برنامه بهبود بهره‌وری آب	برای ارائه برنامه بهبود بهره‌وری آب از تحلیل نقاط ضعف، قوت، فرصت‌ها و تهدیدها (SWOT) ^۲ و ترسیم نقشه راهبردی استفاده شده است. بر این اساس راهبردهای آغازین، واسطه‌ای، و پایانی برای بهبود بهره‌وری آب در سطح مزرعه و دشت ارائه شد. برای مطالعه بیشتر روش، به مرجع Nazari و همکاران (۲۰۱۸) مراجعه شود.	۱۶ کارشناس خبره استان در زمینه بهره‌وری آب

• شکاف بهره‌وری آب

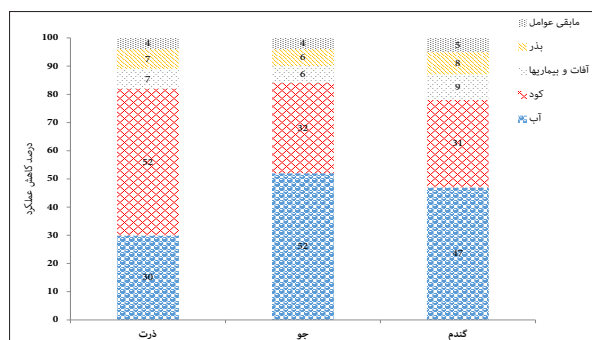
با مشخص شدن شکاف عملکرد (فاصله بین عملکرد فعلی و عملکرد پتانسیل) و شکاف راندمان آبیاری (فاصله بین راندمان آبیاری فعلی و راندمان قابل دستیابی)، شکاف بهره‌وری آب محاسبه می‌گردد. برای مطالعه جزئیات بیشتر روش و فرآیندهای محاسباتی محاسبات به مرجع Van Bussel و همکاران (۲۰۱۵) و جناب و نظری (۱۳۹۷) مراجعه شود. نتایج برآورد بهره‌وری آب آبیاری محصولات گندم، جو و ذرت نشان داد که در حال حاضر، در نواحی مختلف استان بین ۳۰ تا ۶۰ درصد پتانسیل بهره‌وری آب محقق شده است. در مورد محصول گندم، جو و ذرت، به طور متوسط در سطح استان، بهره‌وری آب آبیاری در حال حاضر، ۴۰، ۵۰ و ۵۲ درصد پتانسیل بهره‌وری است و لذا فرصت زیادی برای بهبود بهره‌وری آب آبیاری محصولات مذکور وجود دارد. در نتیجه بهره‌وری آب آبیاری گندم را تا ۲ و نیم برابر و بهره‌وری آب آبیاری جو و ذرت را تا دو برابر وضع فعلی، می‌توان افزایش داد. نکته‌ای که باید توجه داشت این است که بر اساس پروتکل مقادیر برآورد شده پتانسیل بهره‌وری آب،

ظرفیت بهبود در کل یک پهنه را مطرح می‌سازد و به معنی پتانسیل بهره‌وری آب در سطح یک مزرعه نیست. در مزارع مختلف امکان افزایش بهره‌وری آب متفاوت بوده و در مواردی امکان افزایش بهره‌وری آب تا ۳ برابر وضعیت فعلی نیز وجود دارد.

• تحلیل سهم عوامل در شکاف عملکرد

در تحلیل سهم عوامل مختلف در شکاف عملکرد مشخص گردید که اصلی‌ترین مشکل در عدم دستیابی به عملکرد مطلوب در سطح استان، عدم تأمین آب مورد نیاز محصولات (هم از نظر مقدار و هم از نظر زمان) و توزیع غیریکنواخت آب در مزرعه به دلیل محدودیت‌هایی نظیر مقدار و زمان‌بندی حبابه، و آبیاری غیراصولی می‌باشد. از کل شکاف عملکرد گندم، ۴۷ درصد مربوط به مقدار و زمان آبیاری، ۳۱ درصد مربوط به تنش کودی، ۹ درصد مربوط به آفات و بیماری‌ها و ۸ درصد مربوط به بذر بوده است. در برآورد سهم تنش‌های مختلف از شکاف عملکرد چنین عمل می‌شود که پس از کالیبراسیون مدل‌های گیاهی، یک‌بار مدل

متفاوت خواهد بود. نتایج این مطالعه، متوسط شرایط مزارع دشت قزوین را نشان می‌دهد. نمودار تأثیر تنش‌های عوامل مختلف بر میزان کاهش عملکرد محصولات در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- نمودار تأثیر تنش‌های عوامل مختلف بر میزان کاهش عملکرد محصولات

• ارزیابی راهکارهای بهبود بهره‌وری بر روی آبخوان دشت قزوین در جدول (۲) سناریوهای الگوی کشت مورد مطالعه ارائه شده است. در ادامه نتایج به تفکیک شاخص‌های مهم ارائه می‌گردد.

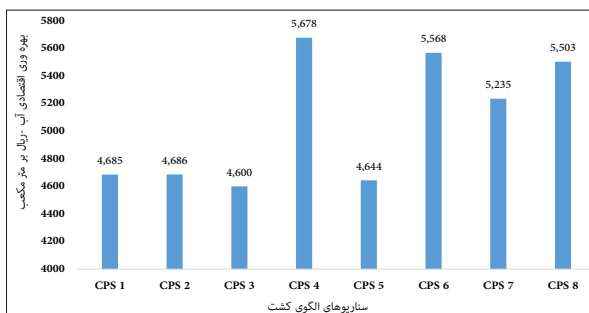
جدول ۲- سناریوهای الگوی کشت و علامت اختصاری آن‌ها

علامت	شرح سناریوها
CPS 1	الگوی کشت رایج (و عدم رعایت آیش)
CPS 2	الگوی کشت رایج با رعایت آیش
CPS 3	اختصاص آیش به محصولات استراتژیک (گندم، ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای)
CPS 4	اختصاص آیش به محصول صنعتی و کم آب بر (کلزا) و محصول با بهره‌وری اقتصادی (گوجه‌فرنگی)
CPS 5	اختصاص آیش به محصولات با مصرف آب کمتر (گندم، جو، نخود، عدس، کلزا)
CPS 6	کاهش سطوح محصولات پرمصرف به ۵۰ درصد وضع فعلی و اختصاص سطح کاهش یافته به سایر محصولات
CPS 7	اختصاص سطوح مربوط به محصولات با بهره‌وری فیزیکی کمتر به محصولات با بهره‌وری فیزیکی بالاتر (چغندر قند، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای) و یونجه (به دلیل استقبال کشاورزان)
CPS 8	کاهش سطوح مربوط به محصولات با بهره‌وری اقتصادی کمتر و افزایش سطح محصول صنعتی و کم آب بر (کلزا) و محصول با بهره‌وری اقتصادی (گوجه‌فرنگی)

• شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در سطح دشت

نتایج مدل پویای بهره‌وری نشان داد، سناریو الگوی کشت شماره ۷، ۴ و ۸ به ترتیب بیشترین بهره‌وری فیزیکی را داشته‌اند. سناریوی شماره ۴، سناریویی بوده است که در آن آیش به محصول کم آب بر (کلزا) و محصول با بهره‌وری اقتصادی (گوجه‌فرنگی) اختصاص یافته است. سناریوی شماره ۷، سناریویی بوده است که در آن سطح کشت محصولات با بهره‌وری فیزیکی پایین‌تر (گندم، جو، عدس، نخود و کلزا) به حداقل مجاز (ریاضی و منتظر، ۱۳۸۷) کاهش یافته و این سطوح به سطح کشت محصولات با بهره‌وری فیزیکی بالاتر (چغندر قند، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای، و یونجه)

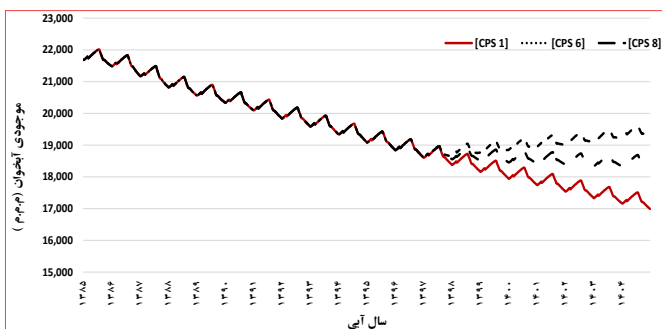
اضافه شده است. این سناریو برای اجرایی کردن مطمئناً با دشواری زیاد روبرو خواهد بود. سناریوی شماره ۸ نیز سناریویی بوده است که در آن سطح کشت محصولات با بهره‌وری اقتصادی پایین‌تر به حداقل مجاز کاهش یافته است و این سطوح به سطح کشت محصول کم آب بر (کلزا) و محصول با بهره‌وری اقتصادی (گوجه‌فرنگی) اختصاص یافته است. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، بهره‌وری فیزیکی آب در سناریوهای الگوی کشت شماره ۷، ۴ و ۸ به ترتیب ۱/۹۹، ۲/۱۱ و ۱/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است که در مقایسه با بهره‌وری فیزیکی آب الگوی کشت موجود (CPS 1)، به ترتیب ۲۱، ۱۴ و ۱۲ درصد افزایش داشته است. در سال‌های اخیر در محدوده



شکل ۳- بهره‌وری اقتصادی آب در سناریوهای الگوی کشت

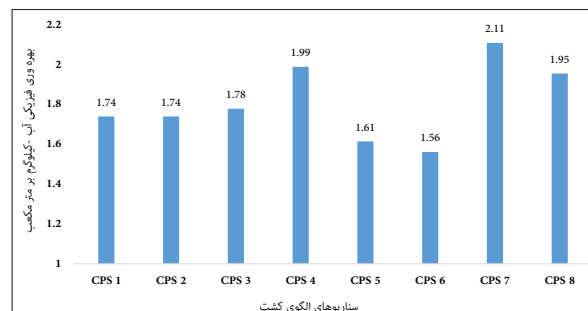
• شاخص موجودی آبخوان (وضعیت آب زیرزمینی)

نتایج نشان داد که الگوی کشت بر روی آبخوان، اثر معنادار و قابل‌ملاحظه‌ای دارد. سناریوهای الگوی کشت شماره‌های ۶، ۸ و ۲ وضعیت بهتری نسبت به سایر سناریوها داشتند. سناریوی الگوی کشت شماره ۲، الگوی کشت رایج بدون رعایت آیش، شماره ۶، کاهش سطح کشت محصولات پرمصرف و شماره ۸، کاهش سطح کشت محصولات با بهره‌وری اقتصادی پایین‌تر به حداقل مجاز و اختصاص این سطوح به کشت محصول صنعتی و کم‌آب‌بر (کلزا) و محصول با بهره‌وری اقتصادی (گوجه‌فرنگی) است. سایر سناریوها که شامل «ادامه وضع موجود الگوی کشت»، «افزایش سطح کشت محصولات با بهره‌وری فیزیکی بالا» و «افزایش سطح کشت با بهره‌وری اقتصادی بالا بوده‌اند»، سناریوهایی هستند که پایداری آبخوان را به شدت به خطر می‌اندازند. در شکل (۴)، سناریوی شماره ۱ (ادامه وضع موجود)، سناریوی شماره ۶ و شماره ۸ ارائه شده است. در صورت اصلاح الگوی کشت، امکان جلوگیری از افت آبخوان و حتی بهبود آبخوان (سناریوی شماره ۶) وجود دارد. از آنجایی که سناریوی شماره ۶ از نظر پذیرش اجتماعی و اجرایی کردن با دشواری و مقاومت زیادی روبرو می‌گردد (چون در منطقه محصولات پرمصرف علوفه‌ای بوده و بازار خوبی دارند)، الگوی کشت شماره ۸ (سناریو کاهش سطح کشت محصولات با بهره‌وری اقتصادی پایین و کشت محصولات کم‌آب‌بر و اقتصادی) قابل توصیه خواهد بود.



شکل ۴- رفتار افت آبخوان در سناریوهای الگوی کشت

دشت قزوین، الگوی کشت تغییرات قابل توجهی داشته است. مهمترین تغییر قابل ذکر، افزایش سطح کشت محصولات علوفه‌ای مانند یونجه و ذرت علوفه‌ای است.



شکل ۲- بهره‌وری فیزیکی آب در سطح دشت در سناریوهای مختلف الگوی کشت

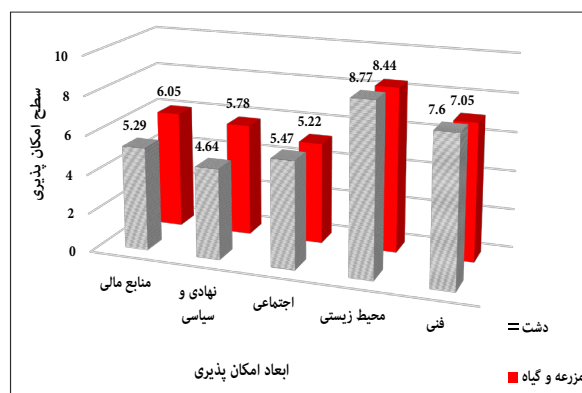
• شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در سطح دشت

در این مورد نیز، علاوه بر کم‌آبایی و نوع سامانه آبیاری، الگوی کشت نیز بر روی بهره‌وری اقتصادی اثرگذار است. شکل (۳) بهره‌وری اقتصادی آب دشت در سناریوهای الگوی کشت مورد بررسی را نشان می‌دهد. سناریو الگوی کشت شماره ۴، ۶ و ۸ (CPS 4، CPS 6 و CPS 8) به ترتیب بیشترین بهره‌وری اقتصادی را داشته‌اند. جالب توجه است که سناریوی شماره ۶ (همان الگویی که سطح محصولات آب‌بر به نصف کاهش یافته است)، در رتبه دوم بهره‌وری اقتصادی قرار گرفته و نشان از این دارد که لزوماً محصولات آب‌بر، بهره‌وری اقتصادی بالاتری ندارند. گاهی تصور می‌شود که کشاورزان بر اساس تحلیل اقتصادی خود، محصولی را کشت می‌کنند که اقتصادی‌تر است. این فرضیه در مورد سود در واحد سطح می‌تواند قابل قبول باشد، زیرا کشاورزان با تجربه و تحلیل خود می‌توانند اقتصادی‌تر بودن یک کشت را برآورد کنند. اما بهره‌وری اقتصادی آب، مفهومی غیرملموس‌تر برای کشاورزان است و ممکن است نتوانند تحلیل اقتصادی خود را بر مبنای آن انجام دهند. لذا در شرایط محدودیت آب، این مفهوم کاربرد بیشتری از مفاهیم سود در ازای واحد سطح، خواهد داشت. همچنین مقایسه سناریوی شماره ۷ از نظر بهره‌وری فیزیکی اقتصادی نشان می‌دهد که این سناریو علی‌رغم بهره‌وری فیزیکی بالا، در رتبه‌های برتر بهره‌وری اقتصادی نبوده است و صرف بهره‌وری فیزیکی بالا در سطح دشت نمی‌تواند معیار کاملی جهت انتخاب سناریوی برتر الگوی کشت باشد. بهره‌وری اقتصادی آب در سناریوهای الگوی کشت شماره ۴، ۶ و ۸ به ترتیب ۵۵۶۸، ۵۵۰۳ و ۵۵۰۳ ریال بر مترمکعب بوده است که در مقایسه با بهره‌وری اقتصادی آب الگوی کشت موجود (CPS 1)، به ترتیب ۱۸، ۲۱ و ۱۷/۵ درصد افزایش داشته است. بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط فعلی پایین است و ظرفیت ارتقای زیادی وجود دارد.

• تحلیل SWOT و برنامه بهبود بهره‌وری آب

نتایج تحلیل SWOT، نشان داد که تهدیدهای متعددی پیش روی بهره‌وری آب در دشت قزوین است. برای مطالعه جزئیات بیشتری از تحلیل SWOT در وضعیت بهره‌وری آب در دشت قزوین به پژوهش فرح‌زا و نظری (۱۳۹۸)، مراجعه شود. از مهمترین تهدیدهای پیش رو در ارتقای بهره‌وری، افت کمی- کیفی آبخوان و تخریب خاک به دلیل استفاده ناصحیح از پلاستیک در مزارع است. بهبود بهره‌وری آب نیازمند اقدامات و برنامه‌های جدی و منسجم است و مرحله آغازین این بهبود، ایجاد نگرش سیستماتیک و دانش کافی در بین کارشناسان و مسئولین استانی است. در تحلیل SWOT، در سطح شبکه یا دشت، ۳۱ راهبرد ارائه شد.

در برنامه‌ریزی بهبود بهره‌وری باید به امکان‌پذیری اجرای راهبردها توجه داشت (شکل ۵). در سطح دشت، مسایل نهادی و سازمانی بیشترین موانع را برای امکان‌پذیری راهبردها ایجاد می‌کنند و پس از آن مسایل مالی، امکان‌پذیری را با محدودیت روبرو می‌سازند. در سطح مزرعه و گیاه، مسایل اجتماعی بیشترین موانع را برای امکان‌پذیری راهبردها ایجاد می‌کنند. لذا در زمینه ارتقای بهره‌وری آب به رویکردهای آموزشی، فرهنگ‌سازی و بسترسازی اجتماعی باید توجه ویژه نمود.



شکل ۵- مقایسه ابعاد امکان‌پذیری در سطوح مختلف اجرای راهبردهای بهبود و ارتقای بهره‌وری آب

در سطح دشت به دلیل گستردگی و ضعف تشکلهای، امکان‌پذیری از نظر مالی کاهش پیدا می‌کند. به سبب این‌که نظام بوروکراسی کشور به صورت متمرکز و بالا به پایین است، محدودیت‌ها و مشکلات ساختاری نیز از سطح کل یعنی ملی، آغاز و سپس تا حوضه و دشت ادامه می‌یابد. نابرابری طبقات اجتماعی، معیشت نامناسب، بیکاری، فقر اقتصادی و فقر آموزشی از مواردی هستند که به عنوان ابعاد اجتماعی شناخته

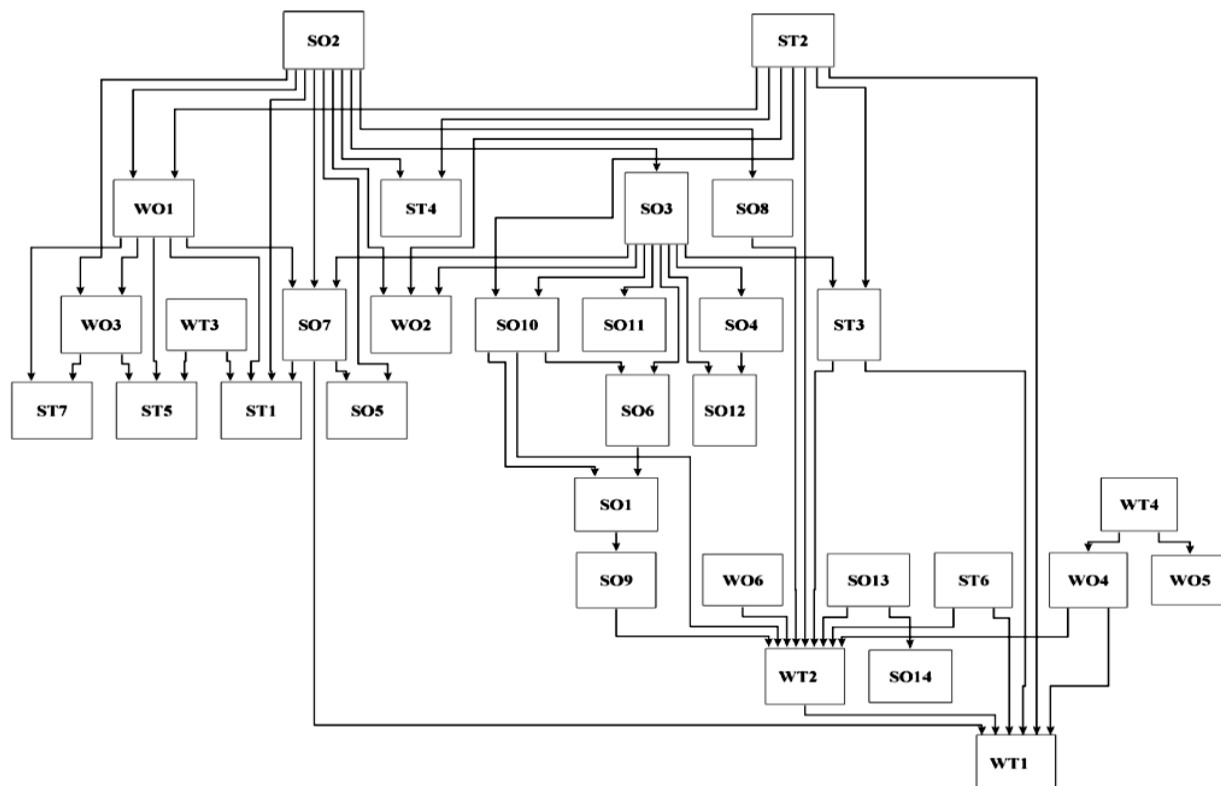
می‌شوند، این عوامل به عنوان محدودیت‌های اجتماعی به منظور اجرای راهبردها محسوب می‌گردند. در دو مورد از راهکارها، دغدغه‌های محیط‌زیستی، بسیار جدی و شایان توجه است. یکی استفاده از آبیاری نواری و کشت زیرپلاستیکی است. در اغلب بازدیدها، کشاورزان (به ویژه کشاورزانی که زمین را اجاره می‌کنند)، نوارهای آبیاری و پلاستیک‌ها را در پایان فصل جمع‌آوری نمی‌کنند و طی عملیات زراعی بعدی، ذرات و قطعات پلاستیک چندان با ذرات خاک درهم آمیخته می‌شود که به هیچ طریقی در آینده امکان پالایش خاک فراهم نخواهد بود. مورد دوم، مدیریت تغذیه گیاه و حاصل‌خیزی خاک است که بعضاً استفاده بی‌رویه از کودها و سموم، موجبات تخریب خاک و تهدید سلامت جامعه را فراهم می‌سازد. رسیدگی به این مسائل به اراده واقعی، همت ملی، برنامه‌ریزی و قانون‌گذاری جدی نیاز دارد.

پس از تحلیل انجام شده به روش ترسیم راهبردی، برنامه‌ای برای بهبود بهره‌وری آب در سطوح مزرعه و دشت قزوین ارائه شد. راهبردهای ارائه شده در سطوح مختلف آغازگر تغییر و حرکت به سوی وضعیت مطلوب است. برخی از تغییرات به صورت بنیادی موجب پیامدهای وسیع و فراگیری می‌شوند و برخی دیگر تغییرات پایانی محسوب می‌شوند و هدف نهایی با انجام آن‌ها محقق می‌گردد. لذا سه نوع راهبرد وجود دارد که شامل راهبردهای آغازین، واسطه‌ای و پایانی است. راهبردهای آغازین راهبردهایی است که باید در گام نخست اجرا گردند. راهبردهای واسطه‌ای وقتی اثربخشی دارند که به دنبال راهبردهای آغازین اجرا شوند. راهبردهای پایانی نیز راهبردهای نهایی بوده و موجب بهبود و ارتقای بهره‌وری آب ضمن پایداری منابع آب می‌گردد. برای هر راهبرد برنامه‌های عملیاتی نیز تعیین شده است که جزئیات آن در اینجا قابل ارائه نیست و به ارائه محور راهبردها اکتفا می‌شود (جدول ۳).

در برنامه‌ریزی، معمولاً به تقدم زمانی و یا ماهیتی راهبردها توجهی نمی‌شود و راهبردها با توجه به نظرات کارشناسی یا مدل ذهنی مدیران و سیاست‌گذاران، دشواری و آسانی اجرا و موانع سیاسی و اجتماعی، اتخاذ انتخاب می‌شوند. شکل (۶) مسیر راهبردی ارتقای بهره‌وری آب را در سطح دشت نشان می‌دهد. راهبردهای آغازین عمدتاً مربوط به موارد ظرفیت‌سازی، آموزش و جلب مشارکت کشاورزان در ارتقای بهره‌وری بوده و راهبردهای واسطه‌ای و پایانی مربوط به کاهش برداشت و تعادل پایدار عرضه و تقاضای آب در سطح دشت است. راهبردهای واسطه‌ای و پایانی زمانی اثربخش هستند که راهبردهای آغازین قبل از آن اتخاذ شده باشند.

جدول ۳- راهبردهای بهبود بهره‌وری در دشت قزوین

راهبرد	شرح راهبرد	راهبرد	شرح راهبرد
SO۱	تشکیل شرکت‌های تأمین نشاء و توسعه کشت نشایی	ST۳	اصلاح برنامه‌ریزی مصرف آب با تعیین نیاز آبی واقعی گیاه
SO۲	ارتقای مشارکت بهره‌برداران آب با همدیگر و با نهادهای متولی	ST۴	تشکیل شورای محلی جهت حل مناقشات آبی
SO۳	تشکیل شرکت‌های خدمات آبیاری	ST۵	توسعه کشاورزی حفاظتی
SO۴	طراحی و اجرای سیستم بازچرخانی آب و تصفیه پساب‌ها	ST۶	توسعه کشت‌های گلخانه‌ای با رویکرد کاهش برداشت آب
SO۵	تشکیل تعاونی‌های فروش و بازاریابی محصولات کشاورزی	ST۷	مصرف بهینه نهاده‌ها در تولید دام و طیور
SO۶	انتخاب و ترویج ارقام مناسب	WO۱	آموزش مستمر و مداوم کنش‌گران دشت (ظرفیت‌سازی)
SO۷	ارتقا جایگاه کشاورزان در تصمیم‌گیری، توانمندسازی سمن‌ها	WO۲	توسعه و بهره‌برداری از شبکه‌های فرعی با مشارکت مردم محلی
SO۸	استفاده غیر مصرفی از آب و توسعه گردشگری روستایی	WO۳	تشکیل کانون‌های یادگیری بهبود بهره‌وری آب در بین کشاورزان
SO۹	توسعه صنایع جانبی و تکمیلی	WO۴	استقرار نظام دانش و اطلاعات کشاورزی (AKIS)
SO۱۰	اصلاح الگوی کشت بر مبنای مزیت نسبی و ارزش افزوده به ازای آب	WO۵	ارتقای انگیزه مدیران و کارشناسان و آموزش آموزشگران (TOT)
SO۱۱	تقویت تشکلهای آب‌بران	WO۶	استفاده از رسانه‌های جمعی و آموزش همگانی در بهره‌وری
SO۱۲	توسعه استفاده از فناوری‌های بهبود و ارتقای بهره‌وری آب	WT۱	بهبود مدیریت عرضه و تقاضای آب با استقرار نظام بهره‌برداری مناسب
SO۱۳	بهبود سطح مکانیزاسیون در کشاورزی	WT۲	کاهش برداشت آب از منابع آب سطحی و زیرزمینی
SO۱۴	شناسایی مصادیق ضایعات و برنامه‌ریزی برای کاهش آن	WT۳	اجرای برنامه‌های آموزشی حفاظت از منابع خاک
ST۱	استفاده صحیح از تجهیزات به‌زرایی نظیر پلاستیک و پیت	WT۴	ایجاد ارتباط کافی بین بخش‌های مختلف
ST۲	پایش شفاف وضعیت کمی و کیفی آب در سطح دشت		



شکل ۶- نقشه مسیر راهبردی برنامه بهبود بهره‌وری آب در سطح دشت (شرح راهبردها در جدول ۳)

نتایج نشان داد که به روش پویایی سیستم می‌توان تأثیر راهکارهای مختلف ارتقای مدیریت آب کشاورزی را بر روی تولید، بهره‌وری اقتصادی آب و منابع آب سنجید. خلاصه‌ای از نتایج بخش تحلیل سیستماتیک به شرح زیر است:

الگوی کشت بر روی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در سطح دشت اثر قابل‌ملاحظه دارد. بهره‌وری اقتصادی آب در سناریوهای الگوی کشت شماره ۴، ۶ و ۸ به ترتیب ۵۶۷۸، ۵۵۶۸ و ۵۵۰۳ ریال بر مترمکعب بوده است که در مقایسه با بهره‌وری اقتصادی آب الگوی کشت موجود (CPS 1)، به ترتیب ۱۸، ۲۱ و ۱۷/۵ درصد افزایش داشته است (در سناریوهای ۶ و ۸ سطح کشت محصولات با بهره‌وری اقتصادی بالاتر افزایش داشته است). لزوماً یک سناریوی الگوی کشت با بهره‌وری فیزیکی بالا مترادف با بهره‌وری اقتصادی بالا نخواهد بود. با مبنا قرار دادن هر یک از شاخص‌های بهره‌وری، اولویت و رتبه محصولات و الگوی کشت، متفاوت خواهد بود. مناسب‌ترین شاخص برای قضاوت و مقایسه بین محصولات، بستگی به هدف ذی‌نفع خواهد داشت. از نقطه نظر یک مدیر و مالک مزرعه و کشت و صنعت، شاخص سود به ازای یک متر مکعب آب یا بهره‌وری اقتصادی آب، مطلوب‌تر و قابل قبول خواهد بود؛ در حالی که شاخص مقدار محصول به ازای واحد آب از دید مدیران بخش کشاورزی و یا متولیان تأمین امنیت غذایی، می‌تواند بیشتر مورد قبول واقع شود. به طور کلی در مطالعات آبی، که ارتقای ارزش تولیدی با آب را هدف بنیادین خود می‌داند، شاخص بهره‌وری اقتصادی نسبت به شاخص فیزیکی دقت و جامعیت بالاتری دارد. اما با توجه به تغییرات قیمت محصول در زمان‌های مختلف، که بر روی بهره‌وری اقتصادی آب اثرگذار است، به نظر می‌رسد باید در برنامه‌ریزی بهبود بهره‌وری برای هر محصول به بهره‌وری فیزیکی بیشتر توجه نمود و در بهبود بهره‌وری آب در سطوح کلان‌تر به شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی، الگوی آب‌بری و پایداری منابع آب تمرکز نمود.

نتایج نشان داد که اثر اعمال راهکارهای ارتقای بهره‌وری در سطح مزرعه و دشت، لزوماً هم‌راستا نیستند. همچنین نتایج نشان می‌دهد عدم رعایت آیش، عواقب خطرناکی برای آبخوان قزوین خواهد داشت. با عنایت به اثر معنادار الگوی کشت بر روی بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب در سطح دشت و همچنین بر روی وضعیت آبخوان، بایستی تمهیداتی بر روی کنترل الگوی کشت انجام شود. این تمهیدات می‌تواند آموزشی، ترویجی و یا کنترلی باشد. به عنوان نمونه، همکاری با سازمان جهاد کشاورزی در خصوص ایجاد سامانه الگوی کشت که در آن کشاورزان موظف به ثبت میزان کشت خود جهت دریافت نهاده‌های کشاورزی باشند، می‌تواند در این راه کمک‌ساز باشد.

ابزارهای کنترل بازار نیز ممکن است بتواند کمک کند. علی‌رغم دشواری‌های اصلاح الگوی کشت، برای اجرایی کردن الگوی کشت بهینه، روش‌ها و رویکردهای مختلفی وجود دارد که می‌تواند اتخاذ شود و با توجه به اثر معنادار الگوی کشت بر روی منابع آب، اصلاح آن اجتناب‌ناپذیر است.

مطالعه نشان داد که محدودیت‌های نهادی از موانع اصلی ارتقای بهره‌وری آب در دشت قزوین است. لذا پیشنهاد می‌شود که با بسترسازی، از ظرفیت‌های بخش خصوصی در آموزش کشاورزان، توزیع نهاده‌ها و مدیریت عرضه و تقاضای آب و سایر زمینه‌های مرتبط با بهره‌وری آب، استفاده حداکثری به عمل آید.

ارتقای بهره‌وری آب در گرو بهره‌وری سایر عوامل تولید است و کشاورزان دانش لازم در زمینه بهره‌وری ندارند، (به ویژه کشاورزان با سرمایه کمتر و خرده مالکین که بخش زیادی از مصرف آب در دشت به آنان اختصاص دارد. بیش از ۴۰ درصد از بهره‌برداران اراضی زراعی و بیش از ۷۰ درصد از بهره‌برداران اراضی باغی در استان در مساحت‌های کمتر از ۵ هکتار فعالیت می‌کنند). برگزاری دوره‌های آموزشی بهره‌وری، می‌تواند تحولی بزرگ در وضعیت بهره‌وری ایجاد نماید. دوره‌ها باید ترویجی آموزشی بوده و نتیجه‌گرا باشند. مدرسین دوره‌ها می‌توانند تیمی متشکل از کشاورزان پیشرو و کارشناسان خبره باشند. طی این دوره، نمودارها و جداول ساده برای زمان‌بندی مناسب کشت، آبیاری، کوددهی و مکانیزاسیون در اختیار کشاورزان قرار گیرد. از آنجایی که اصلاح آبیاری، هم بر روی مصرف آب و هم بر روی تولید، اثرگذار است، اهمیت دوچندان در ارتقای بهره‌وری دارد. لذا آموزش آبیاری به بهره‌برداران آب، از مهمترین ضروریات ارتقای بهره‌وری است. در این موضوع، نحوه آموزش و مفاد آن بسیار مهم است که می‌توان از تجارب ارزشمند کشورهای پیشرو در این زمینه استفاده کرد.

نتایج نشان داد که در دشت قزوین، یونجه بیشترین سهم را در مصرف آب دارد (بیش از ۳۰۰ میلیون متر مکعب در سال). لذا ارائه «برنامه آبیاری صرفه‌جو محور یونجه» در این دشت اهمیت بالایی دارد. با توجه به عدم موفقیت آبیاری زیرسطحی یونجه در منطقه و همچنین عدم امکان آبیاری موضعی نواری^۲، گزینه‌های آبیاری این محصول محدود به آبیاری بارانی و آبیاری سطحی شده است که این دو نوع سامانه، وضعیت رضایت‌بخشی در منطقه ندارند. باید به صورت ویژه برای ارائه برنامه آبیاری، شیوه کشت و سامانه آبیاری مناسب یونجه، اقدام گردد. بررسی علوفه‌های جایگزین با آب‌بری کمتر نیز می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

اقدامات و راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب، در صورتی به تعادل بخشی آبخوان نیز کمک خواهد نمود که برداشت آب تحت کنترل، نظارت و پایش باشد. با توجه به ضعف ساختاری سازمان‌های آب منطقه‌ای، کمبود ظرفیت نیروی انسانی،

اعتبارات ناکافی و فساد سیستمی و فردی در حوزه نظارت بر برداشت آب، به نظر نمی‌رسد ادامه روند فعلی طرح تعادل بخشی در دشت قزوین بتواند پایداری آبخوان را تضمین نماید. لذا باید تغییر رویه اساسی در طرح تعادل بخشی در منطقه صورت گیرد. مشارکت بهره‌برداران آب در حفاظت از منابع آبی و ایجاد سامانه‌ای که حقا به و برداشت آب تک تک بهره‌برداران هر منطقه برای تمام ذی‌نفعان آب قابل پایش باشد، می‌تواند جنبه عمومی بودن منابع آب زیرزمینی را تقویت نماید.

روش‌شناسی ارائه شده برای ترسیم راهبردها و تعیین اولویت‌های اقدام، می‌تواند با نظرات کارشناسان و محققین کشور مورد استفاده سیاست‌گذاران قرار گیرد. مهم‌ترین نکته قوت این روش، تعیین اولویت‌ها و تعیین گلوگاه‌های تغییر است. در بسیاری از مناطق بدون اتخاذ راهبردهای آغازین که پیش‌نیاز راهبردهای واسطه‌ای و پایانی است، تلاش و هزینه برای بهبود بهره‌وری آب صورت می‌گیرد و لذا نتیجه مدنظر حاصل نخواهد شد. راهبردهای آغازین برای بهره‌وری آموزش، ظرفیت‌سازی و جلب مشارکت کشاورزان است.

مطالعات بیان آب و مقادیر آب قابل برنامه‌ریزی و مجوزهای برداشت آب باید متناسب با تغییرات جمعیتی، تغییرات کاربری اراضی، توسعه شهری و صنعتی، تغییر اقلیم، تغییرات آب آبخوان‌ها، تغییرات تراکم کشاورزی و سامانه‌های آبیاری، بازنگری و بروزرسانی شود. برای پایداری آبخوان قزوین باید میزان برداشت از آب در بخش کشاورزی به آب قابل برنامه‌ریزی (۸۷۷ میلیون مترمکعب) برسد که به معنای لزوم کاهش ۴۰ درصدی برداشت آب از آبخوان برای مصارف کشاورزی در وضع موجود است. لذا بهره‌وری آب حداقل باید ۷۰ درصد افزایش یابد تا بتوان بدون این که معیشت کشاورزان و اقتصاد کشاورزی آسیب زیادی ببیند به سازگاری با کم‌آبی دست یافت. بر مبنای برآورد انجام شده در شکاف بهره‌وری

منابع

جناب، م. و نظری، ب. ۱۳۹۷. مطالعه شکاف عملکرد و شکاف بهره‌وری آب گندم، جو و ذرت در استان قزوین. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹(۶): ۱۴۰۵-۱۴۱۷.

دانش‌کار آراسته، پ. ۱۳۹۶. تعیین پتانسیل حجم آب‌های شور و شیرین در منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در محدوده مطالعاتی قزوین. گزارش طرح تحقیقاتی. شرکت سهامی آب منطقه‌ای قزوین.

ریاضی، ح. و منتظر، ع. ۱۳۸۷. توسعه و کاربرد مدل تخصیص بهینه منابع آب سطحی و زیرزمینی شبکه آبیاری دشت قزوین. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و

آب (زمانی که بهره‌وری نسبی ۴۰ تا ۵۰ درصد باشد به معنای امکان افزایش ۲ تا ۲/۵ برابری بهره‌وری است)، این ظرفیت برای بهبود بهره‌وری آب در دشت قزوین وجود دارد. بر مبنای تجارب استانی و ملی می‌توان برای ارتقای سالانه ۵ درصد بهره‌وری آب، برنامه‌ریزی نمود. بر این اساس در یک برنامه ۱۵ ساله با افزایش بهره‌وری آب، ضمن حفظ معیشت کشاورزان و تولید پایدار، تعادل در بهره‌برداری از آبخوان قابل دستیابی است. این مهم نیازمند برنامه‌ریزی چند سطحی (استان-دشت-مزرعه) و چندبخشی (استانداری، سازمان آب، سازمان جهاد کشاورزی) و نظارت و کنترل بر برداشت آب است. برای مطالعه جزئیات بیشتری از روش‌شناسی و نتایج مطالعه، علاقه‌مندان می‌توانند به گزارش مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب (نظری، ۱۳۹۸) مراجعه نمایند.

قدردانی

این پژوهش با حمایت مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب انجام شده است. به این وسیله از مسئولین و کارشناسان مرکز صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین از کلیه بهره‌برداران آب و کارشناسان خبره در اتاق بازرگانی ایران، سازمان آب منطقه‌ای قزوین و سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین که در فرآیند پژوهش از نظرات و دیدگاه‌های آنان استفاده شده، قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت

- 1- GYGA: Global Yield Gap Atlas
- 2- Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats
- 3- Leibig Law
- 4- Tape Localized Irrigation

زهکشی. اهواز، دانشگاه شهید چمران.

فرح‌زاد، م. ن. و نظری، ب. ۱۳۹۸. شناسایی و تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای نظام مربوط به بهره‌وری آب در سطح دشت قزوین با استفاده از مدل SWOT. دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی. دانشگاه گنبد کاووس.

نظری، ب. و لیاقت، ع. ۱۳۹۵. مبانی و شاخص‌های بهره‌وری آب در کشاورزی. کمیسیون آب، محیط‌زیست و اقتصاد سبز. دبیرخانه کمیسیون‌های تخصصی، مجامع و شوراهای اتاق ایران.

نظری، ب.، لیاقت، ع. و پارسی‌نژاد، م. ۱۳۹۵. بررسی و تبیین مبانی نظری عوامل موثر بر میزان مصرف انرژی در سامانه‌های آبیاری تحت فشار در استان قزوین. پژوهش آب در کشاورزی

- Production, 4(3): 515-523.
- Nazari B., Liaghat A., Akbari M.R. and Keshavarz M. 2018. Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement. *Agricultural Water Management*, 208: 7-18.
- Sterman J.D. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World*. McGraw-Hill, Boston, MA.
- Van Bussel L.G., Grassini P., Van Wart J., Wolf J., Claessens L., Yang H., Boogaard H., de Groot H., Saito K., Cassman K.G. and van Ittersum M.K. 2015. From field to atlas: Upscaling of location-specific yield gap estimates. *Field Crops Research*, 177: 98-108.
- Zwart. S.J. 2010. Benchmarking water productivity in agriculture and the scope for improvement: remote sensing modelling from field to global scale. Delft University of Technology. [https://doi.org/ISBN: 978-90-6562-237-2](https://doi.org/ISBN:978-90-6562-237-2).
- (علوم خاک و آب)، ۳۰(۲)(ب): ۲۶۱-۲۷۱.
- نظری، ب. ۱۳۹۸. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی: بررسی و تحلیل جامع شکاف بهره‌وری و تهیه راهنمای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی با رویکرد توانمندسازی کشاورزان و پایداری در آبخوان‌ها (مطالعه موردی: دشت قزوین). مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب.
- Fader M., Gerten D., Krause M., Lucht W. and Cramer W. 2013. Spatial decoupling of agricultural production and consumption: Quantifying dependences of countries on food imports due to domestic land and water constraints. *Environmental Research Letters*, 8(1):1-15. doi:10.1088/1748-9326/8/1/014046.
- Lobell D.B., Cassman K.G., and Field C.B. 2009. Crop Yield Gaps: Their importance, Magnitudes And Causes, *Annual Rev. Environ. Res*, 34: 179-204.10.
- Nazari B., Liaghat A. and Parsinejad M. 2013. Development and Analysis of Irrigation Efficiency and Water. *International journal of Agronomy and Plant*

Article Type: Applied/ Case Study

نوع مقاله: کاربردی/ مطالعه موردی

The Investigation of Legal, Social, and Economic Feasibility of Payment for Water Services in Golestan Province

J. Karami^{1*}, Kh. Kiapasha², H.R. Niyazifar³

1- PhD Graduate, Forestry, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Golestan, Iran. 2- PhD Graduate, Forestry Science, University of Tehran, Tehran, Iran. 3- MSc Graduate, Climatology, Kharazmi University, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: Karamij_2008@gau.ac.ir)

Received: 03-12-2019

Accepted: 22-01-2020

بررسی چالش‌ها و امکان‌سنجی قانونی، اجتماعی و اقتصادی پرداخت مابه‌ازای خدمت آب در استان گلستان

جلیل کرمی^{۱*}، خدیجه کیاشا^۲، حمیدرضا نیازی‌فر^۳

۱- دانش‌آموخته دکتری جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۲- دانش‌آموخته دکتری علوم جنگل، دانشگاه تهران. ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: Karamij_2008@gau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۰۲

Abstract

Water ecosystem service, as a natural resource for direct and indirect consumption, and a limited and scarce production source is of great interest among all types of ecosystem services. Based on Iran's situation and taking into account the characteristics of the Golestan province and Chehel Chai watershed, as well as the increasing use of payment mechanisms in exchange for ecosystem services worldwide, highlights the necessity of using an efficient management tool for ecosystem financial values. The present study seeks to examine legal, social, and economic challenges of enforcing payment for water services. Furthermore, practical solutions aimed at localising the payment mechanism for water in sustainable development and conservation of natural resources are proposed. Therefore, primarily, the characteristics of the study area and the payment mechanism for water service in Chehel Chai watershed were introduced. Its implementation framework and the challenges facing the implementation of the mechanism were also identified. Finally, based on the applied studies in different parts of the world and according to the economic, social, political, and legal status of the study area, practical solutions for the implementation of payment for water ecosystem services are provided.

Keywords: Legal requirements, Ecosystem services, Water tariffs, Chehel Chai, Golestan.

چکیده

در میان انواع خدمات اکوسیستمی، خدمت اکوسیستمی آب به عنوان یکی از منابع طبیعی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم به عنوان نهاده تولید محدود و کمیاب بسیار مورد توجه است. با توجه به موقعیت ایران در بحث آب و با در نظر گرفتن ویژگی‌های استان گلستان و حوزه آبخیز چهل چای و از طرفی کاربرد بیش از پیش سازوکار پرداخت به ازای خدمات اکوسیستمی در دنیا به عنوان ابزار مدیریتی کارآمد برای ارزش‌های مالی محیط‌زیست و اکوسیستم، لزوم توجه به این سازوکار ضرورت دارد. تحقیق حاضر تلاش می‌کند چالش‌های قانونی، اقتصادی و اجتماعی اجرایی شدن پرداخت مابه‌ازای خدمت آب را برای منطقه مورد مطالعه بررسی کند. همچنین، با هدف بومی‌سازی سازوکار پرداخت مابه‌ازای آب در راستای توسعه پایدار و حفاظت از منابع طبیعی، راهکارهای کاربردی ارائه دهد. بدین جهت ابتدا ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه و سازوکار پرداخت به ازای خدمت آب در حوزه آبریز چهل چای معرفی شد. سپس چارچوب اجرایی آن بیان و چالش‌های پیش روی اجرای سازوکار شناسایی و معرفی گردید. در نهایت، براساس مطالعات کاربردی در نقاط مختلف دنیا و منطبق بر وضعیت اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و قانونی حاکم بر ایران و منطقه مورد مطالعه راهکارهای عملی اجرای پرداخت به ازای خدمت اکوسیستمی آب ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: الزامات قانونی، خدمات اکوسیستم، تعرفه آب، چهل چای، گلستان.

از طرفی فعالیت‌های انسانی و صنعتی غیرپایدار در بالادست و پایین‌دست حوزه آبخیز رودخانه چهل‌چای استان گلستان از سرشاخه‌های گرگان‌رود، در تسریع تخریب و فرسایش خاک، کاهش عمر سد نرماب، آلودگی آب و ... تأثیر داشته است. این فرآیند به صورت دایره‌وار بین بالادست و پایین‌دست این حوزه در چرخش است و اثر مخرب یکدیگر را تقویت می‌کنند. بدین سبب اگر بتوان اثرات داخلی و خارجی منفی فعالیت‌های کشاورزی در بالادست و پایین‌دست این حوزه را کاهش داد و کشاورزان را راضی و تشویق نمود که به سمت کشاورزی پایدار و متناسب با محیط‌زیست حرکت کنند، تا حد زیادی مثر ثمر خواهد بود. با این حساب استفاده بهینه از منابع آبخیز بدون در نظر گرفتن معیارها و مسائل اقتصادی و اجتماعی امکان‌پذیر نخواهد بود. هر چند فرآیند مشارکت عمومی با ذی‌نفعان در بحث‌های علمی به اندازه کافی بررسی شده است، ولی کاربرد روش‌های مشارکتی در عمل با مشکلاتی مواجه است که می‌تواند با عدم انتقال دانش و کم‌توجهی به رویکردهای مشارکتی در فرآیند برنامه‌ریزی مرتبط باشد. این تحقیق به دنبال معرفی راه‌کاری برای مشارکت مردم در اجرای اقدامات آبخیزداری و معرفی راه‌کارهایی به منظور افزایش سطح مشارکت آنان، در آبخیز چهل‌چای استان گلستان تعریف شده است (درخشان و همکاران، ۱۳۹۶).

از آنجا که همه کارکردهای کالاها و خدمات اکوسیستمی مانند آب در بازارهای تجاری درگیر داد و ستد نمی‌شوند و یا به‌طور مناسبی برحسب مقادیر کمی ریالی قابل مقایسه با مقادیر سایر خدمات اقتصادی نیستند، اغلب در تصمیم‌گیری‌ها و سایر برنامه‌ریزی‌های اقتصادی، اجتماعی در نظر گرفته نمی‌شوند. این دسته از کالاها و خدمات که عموماً غیربازاری هستند، در بازار برحسب قیمتی برای آنها وجود ندارد و در اصطلاح به آنها کالاها و خدمات عمومی گفته می‌شود. در این ارتباط، یکی از ابزارهای نوین در راستای حفظ و مدیریت خدمات اکوسیستم که در سال‌های اخیر در دنیا مورد توجه قرار گرفته است، ابزار پرداخت برای خدمات اکوسیستم (PES)^۱ می‌باشد. در این مطالعه به صورت مروری تحلیلی، امکان‌سنجی قرارداد PES، برای حوزه آبخیز چهل‌چای در استان گلستان، جهت مدیریت پایدار حوزه و کاهش اثرات منفی فعالیت‌های انسانی، بررسی می‌شود. در حال حاضر طیف وسیعی از برنامه‌های PES در کشورهای مختلف دنیا در حال اجرا است که از آن جمله می‌توان به پرداخت بهای ترسیب کربن و پرداخت بهای خدمات آبخیز در اکوادور (Alban و wunder، ۲۰۰۸)، پرداخت بهای ترکیبی از خدمات آبخیز و تنوع زیستی در بولیوی (Nigel و همکاران، ۲۰۰۸)، کار برای آب در آفریقای جنوبی (Turpie و همکاران، ۲۰۰۸)، برنامه تشویق بهبود کیفیت محیط‌زیست در آمریکا (Dobbs و Prretty، ۲۰۰۴)، پرداخت بهای خدمات محیط‌زیستی مرتبط با آب در هلند (De groot و Hermans،

اصطلاح «خدمات اکوسیستم» به مزایای متنوعی از جمله عرضه مواد غذایی، آب و چوب (خدمات تهیه)؛ تنظیم کیفیت هوا، آب و هوا و خطر سیل (خدمات تنظیم)؛ فرصت‌های تفریحی، گردشگری و آموزش (خدمات فرهنگی)؛ و مؤلفه‌های اصلی ضروری مانند تشکیل خاک و اکسیژن (خدمات پشتیبانی) اشاره دارد که از محیط طبیعی حاصل می‌شود (Smith و همکاران، ۲۰۱۳). در بسیاری از کشورها کاربرد ابزارهای اقتصادی به‌عنوان مکمل در مدیریت خدمات اکوسیستم مورد توجه قرار گرفته و در زمینه سیاست‌های حفاظت محیط‌زیست به شکل مؤلفه کلیدی و مؤثر درآمد است (قربانی و فیروززارع، ۱۳۹۰). در ایران متوسط بارندگی سالانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این میزان حدود یک سوم متوسط جهانی و نصف بارندگی آسیاست. به همین دلیل آب یکی از مهمترین عوامل محدود کننده توسعه در کشور قلمداد می‌شود. در حالی که متوسط حجم کل آب سالانه کشور رقم ثابتی است، تقاضا برای آب به علت رشد نسبتاً بالای جمعیت، توسعه کشاورزی، شهرنشینی و صنعت در سال‌های اخیر، متوسط سرانه آب تجدیدشونده کشور را تقلیل داده است (نگارش و ویسی، ۱۳۹۲). استان گلستان یکی از استان‌های منطقه شمال ایران که ۲/۳۶ درصد از کل جمعیت و ۱/۳۳ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. بر اساس اطلاعات شرکت آب و فاضلاب استان گلستان کل منابع آبی استان دو میلیارد و ۴۸۵ میلیون مترمکعب بوده که از ۸۰ درصد این منابع بهره‌برداری می‌شود. افزون بر این میانگین سرانه آبی در این استان در سال ۱۳۹۳ برابر با ۱۳۰۰ متر مکعب بوده است که از میانگین سرانه آبی کشور به میزان ۱۶۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۹۳ کمتر است. این وضعیت در حالی به وجود آمده که میزان مشترکان از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۹۱ از متوسط رشد سالانه‌ای برابر با ۳۹/۵ درصد برخوردار بوده است. از طرفی طبق آمار شرکت آب و فاضلاب استان گلستان، مشترکین خانگی و غیرخانگی این شرکت بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ نزدیک به ۱۲ درصد افزایش پیدا کرده است و در همین دوره زمانی حجم کل آب تولیدی این شرکت ۱۵/۱۱ درصد افزایش داشته است. این در حالی است که حجم آب تولیدی از منابع سطحی استان گلستان بیش از ۲۶ درصد کاهش و حجم آب تولیدی از منابع زیرزمینی ۱۶ درصد افزایش داشته است (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۸). این امر نشان می‌دهد که در استان گلستان نزولات جوی و آب‌های سطحی کاهش داشته و استخراج آن منابع، پاسخگوی نیاز نبوده و تولید آب مصرفی به سمت استخراج از منابع زیرزمینی پیش رفته است که وضعیت مناسبی تلقی نمی‌شود. بنابراین با وجود بارش‌های قابل توجه، به دلیل عدم توازن در عرضه و تقاضای آب، این استان طی سال‌های آینده با مشکل تأمین منابع آبی مورد نیاز مواجه خواهد بود که به همین علت توجه به ارزش و تأمین مالی منابع آب بسیار ضروری می‌نماید (ظفرزاده، ۱۳۸۵).

۲۰۰۹)، پرداخت برای حفاظت از کیفیت آب در میانه مسیر انتقال آب از جنوب به شمال چین (Dong و همکاران، ۲۰۱۸) و پرداخت برای حفاظت از کیفیت آب در کلمبیا و آلمان (Velasco-Munoz و همکاران، ۲۰۱۸) اشاره نمود.

معرفی قرارداد پرداخت بهای خدمات اکوسیستم

از مهم‌ترین دلایل و ضرورت‌های استفاده از ابزارهای اقتصادی برای حفاظت از محیط‌زیست، می‌توان قضاوت بهتر در مورد پروژه‌ها، بهبود محیط‌زیست، کاهش هزینه‌های کارگزاران اقتصادی، اجتناب از پیامدهای منفی، کاهش خسارت به محیط‌زیست و ... را برشمرد (Lovejoy و Ferarro، ۲۰۱۰). در حال حاضر ابزارهای مختلفی در این زمینه وجود دارد که باید در انتخاب این ابزارها دقت کافی داشت و طبیعتاً یک ابزار در تمام اکوسیستم‌های دنیا وجود ندارد. در این میان "پرداخت به ازای بهره‌مندی از خدمات اکوسیستمی"، یکی از ابزارهای اقتصادی مدیریت منابع طبیعی و حفاظت از محیط‌زیست می‌باشد که در سال‌های اخیر در بسیاری از نقاط دنیا استفاده شده و نسبت به بسیاری از ابزارهای مدیریت منابع طبیعی، نتایج مناسب و قابل قبولی در پی داشته است (Camisón و Villar-López، ۲۰۱۱). چند اهمیت ویژه روش پرداخت برای خدمات اکوسیستم که برای مدیریت آن در مطالعات مختلف ذکر شده، در شکل (۱) آورده شده است.

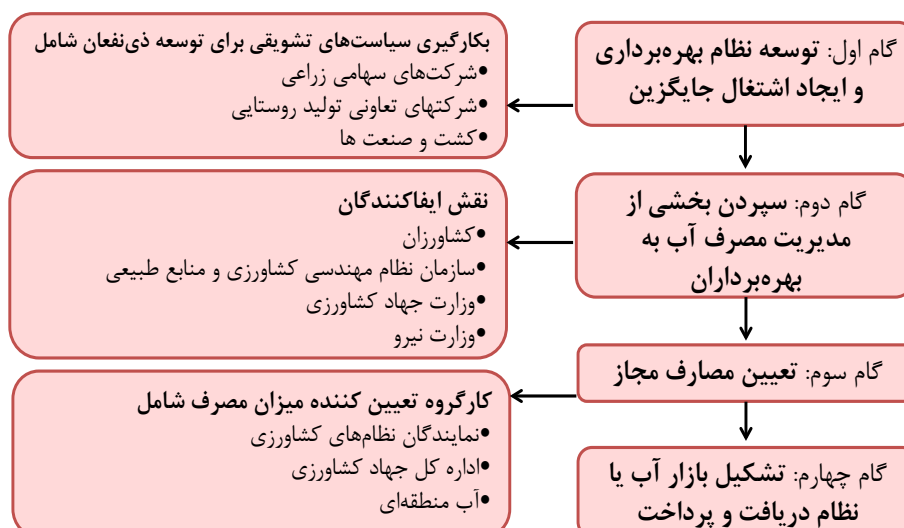
«پرداخت مابه ازای خدمات اکوسیستم» اصطلاحی تخصصی است که برای توصیف طیفی از طرح‌های نوآورانه به کار می‌رود که در آن سرمایه‌گذاران و یا استفاده‌کنندگان از خدمات طبیعی، به ارائه‌دهندگان این خدمات، پرداخت‌هایی انجام داده و از آنها

حمایت مالی می‌کنند. پرداخت‌ها برای خدمات اکوسیستم، زمانی رخ می‌دهد که مزایا یا استفاده‌کنندگان از خدمات اکوسیستم پرداختی را به ارائه‌دهندگان این خدمات انجام دهند. در عمل، ممکن است به صورت یک مجموعه‌ای از پرداخت‌ها در مقابل دریافت خدمات اکوسیستم باشد.

با این حال، مراقبت از محیط‌زیست و پرداخت هزینه برای خدمات اکوسیستم، تنها مسئولیت بخش خصوصی نیست. مکانیسم‌های اقتصادی و انگیزه‌ها، به خصوص پرداخت هزینه‌های خدمات اکوسیستم، به طور فزاینده‌ای به عنوان رویکرد حفاظتی در نظر گرفته می‌شود. به طور معمول، گزینه‌های PES یا برنامه‌ها بر اساس خدمات اکوسیستم ترسیب کربن، حفاظت از تنوع زیستی، حفاظت از حوزه‌ها (اغلب زمانی اتفاق می‌افتد که حداقل یکی از ذی‌نفعان نیاز به حفاظت از منابع را تشخیص می‌دهد) و تمایل به پرداخت تأمین‌کنندگان را ایجاد می‌کند و با استفاده از واسطه‌هایی مانند دولت یا سازمان‌های غیردولتی (NGOs) برای انتقال پرداخت از کاربران و تأمین‌کنندگان طرح‌ریزی می‌شود (Wunder، ۲۰۰۶). در شکل (۲) در قالب چارت عملیاتی مراحل اجرای PES آورده شده است.



شکل ۱- برخی از فواید پرداخت مابه ازای خدمات اکوسیستم

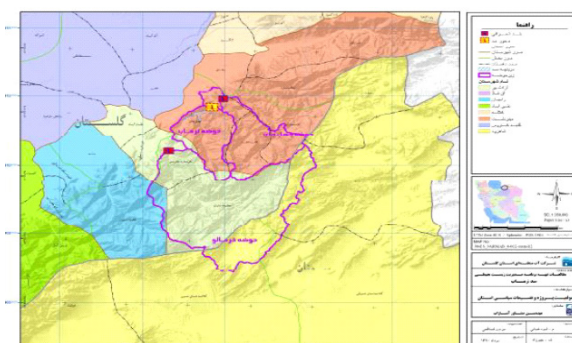


شکل ۲- چارت عملیاتی برای پیاده‌سازی پرداخت به ازای خدمت آب

تحت یک طرح PES، کاربران زمین‌های بالادست، ممکن است محدودیت‌های داوطلبانه یا تنوع فعالیت‌های خود را در مقابل مزایای اقتصادی بپذیرند. به این ترتیب، منافع صاحبان مالکان و اشخاص بیرونی پل زده می‌شوند و هر دو «فروشنندگان» و «خریداران» خدمات اکوسیستم می‌توانند در حین کمک به حفاظت از اکوسیستم‌ها، سود ببرند. به عبارت دیگر طرح پرداخت بهای خدمات اکوسیستم، مبادله‌ای کاملاً داوطلبانه است که در آن یک خدمت محیط‌زیستی با شکلی از کاربری سرزمین که باعث حفاظت از چنین خدمتی می‌شود، ارتباط داده می‌شود. در این مبادله حداقل یک خریدار و حداقل یک ارائه‌دهنده خدمات محیط‌زیستی وجود دارد؛ مشروط بر اینکه ارائه‌دهنده خدمات محیط‌زیستی همچنان آن خدمت را عرضه نماید (Landell-Mills و Porras، ۲۰۰۲). بسیاری از برنامه‌های PES به صورت پرداخت ثابت به ازای هر هکتار اجرا می‌شوند؛ لیکن ممکن است پرداخت‌ها متکی بر سود و بر اساس کمیت

معرفی منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در قالب پروژه مدیریت چندمنظوره جنگل‌های هیرکانی در چشم‌انداز منتخب حوزه آبخیز چهل‌چای در استان گلستان با مساحت ۲۵۵۲۹ هکتار انجام گردید. محدوده ارتفاعی حوزه چهل‌چای ۱۳۵ تا ۲۵۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد و میانگین بارندگی آن ۷۶۶ میلی‌متر بوده و حدود ۹۰ درصد بارش به صورت باران است. دمای متوسط سالانه حوزه یاد شده ۷/۱۳ درجه سانتی‌گراد است و متوسط حداکثر و حداقل دمای هوای سالانه به ترتیب ۲۱ و ۶ درجه سانتی‌گراد است. نوع اقلیم این حوزه بر اساس روش دومارتن، نیمه مرطوب و بر اساس روش آمپرژ، معتدل مرطوب است. حدود ۶۰ درصد پوشیده از جنگل و اراضی زراعی بقیه سطح حوزه را دربر می‌گیرد (دانه‌کار و همکاران، ۱۳۹۸). در شکل (۳) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه آورده شده است.



شکل ۳- موقعیت جغرافیایی سد نرماب در استان گلستان

یا کیفیت خدمات اکوسیستمی ارائه شده یا به صورت ترکیبی از هر دو باشد. هر طرح PES دارای اصول اولیه‌ای مانند داوطلبانه بودن، پرداخت توسط ذی‌نفعان، پرداخت مستقیم، مشروط بودن، تضمین پایداری (فعالیت‌ها و حفظ سطح درآمد تأمین‌کنندگان خدمت) و اجتناب از ایجاد خسارت و کسری است که می‌بایست در اجرای آن مدنظر قرار گیرد. در ادامه در بخش یافته‌های پژوهش، چالش‌های عملی شدن PES در منطقه مورد مطالعه، ارزیابی می‌شود.

با در نظر گرفتن ویژگی‌های استان گلستان و حوزه آبخیز چهل‌چای و همچنین با توجه به معرفی و کاربرد بیش از پیش PES در دنیا که به عنوان ابزار مدیریتی کارآمد برای ارزش‌های مالی محیط‌زیست و اکوسیستم، مورد توجه قرار گرفته و نتایج مطلوبی در پی داشته است، تحقیق حاضر تلاش می‌کند که با بومی‌سازی PES، چالش‌های قانونی، اقتصادی و اجتماعی اجرایی شدن آن برای منطقه مورد مطالعه را بررسی کند و راه‌کار عملی و کاربردی ارائه دهد.

طبقات فرسایش براساس نیازمندی تصمیم‌گیری‌های مکانی مرتبط با مدل اکولوژیک قابلیت‌سنجی اراضی مطالعات پهنه‌بندی جنگل‌های هیرکانی، در حوزه چهل‌چای (بی‌نام، ۱۳۹۵) مشخص شده است که طبق آن حدود ۵۳ درصد از وسعت آن اراضی با فرسایش‌پذیری متوسط می‌باشند. ۲۶ درصد از مساحت حوزه چهل‌چای بر روی اراضی با فرسایش‌پذیری زیاد گسترش یافته است. طبقات فرسایش خیلی زیاد و کم، هر کدام ۱۰ درصد از وسعت حوزه چهل‌چای را به خود اختصاص داده‌اند و حدود ۰/۲ درصد از اراضی حوزه در طبقه فرسایش‌پذیری خیلی کم واقع می‌باشند. همچنین در حدود ۷۱ هکتار از وسعت حوزه چهل‌چای به‌عنوان پهنه‌های سیلابی شناخته شده است که معادل حدود ۰/۳ درصد از مساحت این حوزه می‌باشد.

کشاورزی در منطقه چهل‌چای نیز با چالش عمده‌ای مواجه است. کشاورزی این منطقه مبتنی بر کشت گندم و جو در اراضی شیب‌دار است که به دلیل شخم در جهت شیب، موجب فرسایش شدید خاک در این منطقه و بی‌بهره بودن کشت شده است. کشاورزی نیز عایدی چندانی برای مردم نداشته و تنها از ترس از دست دادن زمین‌های تصرفی یا حتی مستثنیات خود به آن ادامه می‌دهند. آبیاری زمین‌های کشاورزی و باغداری سبب شستشوی سموم شیمیایی و کودها و انتقال آنها از لایه‌های مختلف خاک به آب‌های زیرزمینی می‌شود. بنابراین کیفیت آب زیرزمینی موضوعی قابل تأمل است. در این حوزه تغییر کاربری اراضی، زراعت ناپایدار (۹۷٪ از سطح زیر کشت نامتعادل)، چرای بی‌رویه (۲۰۰۰ راس دام)، حریق، تغییر اقلیم، خشکسالی، شکار،

از بین رفتن یکپارچگی زیستگاه، ورود آلاینده‌ها به منابع آب فاضلاب انسانی (۱/۷ لیتر فاضلاب انسانی در روز)، پسماندهای خانگی (۵/۵ تن در روز)، سموم کشاورزی (۱۸۱۸۱ لیتر یا کیلوگرم در سال)، برداشت غیرمجاز از منابع آب، فرسایش خاک (بیش از ۹۲ درصد سطح منطقه از نظر فرسایش از حساسیت بالایی برخوردار است که با پتانسیل میزان فرسایش معادل ۳۵ تن/هکتار در سال)، رانش و لغزش زمین از مهمترین عوامل تهدیدکننده پایداری اکوسیستم‌های طبیعی و انسانی حوزه برشمرده شده‌اند. در بررسی نقاط بحرانی مشخص شد که تخریب حوزه چهل‌چای با ۲۵ هزار هکتار بسیار زیاد است. از این ۲۵ هزار هکتار ۱۱ هزار هکتار اراضی کشاورزی است که ۶۷۰/۱۰ هکتار آن زیر کشت نامتعادل می‌باشد. این حوزه زیستگاه گونه‌های دارای اهمیت ملی و بین‌المللی شامل گرگ و خرس قهوه‌ای و گیاهی شامل سفید پلت، سرخدار، گردوی جنگلی و انجیلی است.

عوامل مذکور به همراه مواردی نظیر ورود فاضلاب‌ها، زباله‌ها و دیگر زائدات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند موجب آلودگی آب‌های سطحی و تنزل شدید کمیت و کیفیت آب در این حوزه آبخیز شود و با رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی این معضل هر روز وخیم‌تر خواهد شد. در شکل (۴) اراضی کشاورزی حوزه آبریز سد نرماب نشان داده شده است (ارباب و عباسی‌فر، ۱۳۹۱).



شکل ۴- تصاویر اراضی کشاورزی در حوزه مطالعاتی سد نرماب

نتایج تحلیل روند سری زمانی خصوصیات شیمیایی آب رودخانه

یافته‌های پژوهش

• شناسایی خدمات اکوسیستمی حوزه آبخیز چهل‌چای

به وسیله ارزیابی کیفی، خدمات اکوسیستمی مهم از نظر ذی‌نفعان مرتبط، برحسب اهمیت معرفی شد. پس از بررسی‌های به‌عمل آمده، خدمات اکوسیستمی آب به‌عنوان خدمت ویژه حوزه‌های مورد بررسی شناسایی شد. یکی از شناخته شده‌ترین خدمات اکوسیستم‌های طبیعی، عرضه آب است که همراه با آن، خدمت تنظیمی مربوط به رژیم‌های آبی با عنوان کلی «فواید آب‌شناختی» نیز معرفی می‌گردد. با کاهش منابع آب شیرین در جهان، آب به‌صورت فزاینده‌ای

چهل‌چای، بیانگر افزایش اغلب یون‌ها و در نتیجه تنزل کیفیت آب طی چهار دهه اخیر است. به نظر می‌رسد اگر در سال‌های آینده، اقداماتی برای کنترل عوامل آلاینده (به‌خصوص پساب‌های کشاورزی و مناطق مسکونی) صورت نگیرد، با ادامه روند فوق، حیات اکوسیستم رودخانه به خطر می‌افتد و همچنین سلامت جوامع بهره‌بردار از منابع آبی حوزه چهل‌چای در معرض آسیب جدی قرار خواهد گرفت. لذا به موازات پایش کیفی منابع آب، انجام اقدامات حفاظت کیفی و کنترل عوامل آلاینده در این حوزه ضرورت دارد.

سد نرماب چهل‌چای بزرگترین سد استان با حجم آبیگری ۱۹۰ میلیون مترمکعب در حال ساخت است. این سد با ذخیره ۳۷ میلیون مترمکعب آب، توان تأمین آب شرب ۴ شهر و ۱۳۰ روستا را دارد و آب مورد نیاز ۲۴ هزار هکتار زمین کشاورزی را تأمین خواهد کرد. این سد با هدف کنترل و ذخیره سیلاب، توسعه و بهبود کشاورزی در اراضی تحت پوشش، تنظیم و رهاسازی حقابه‌های پایاب، استفاده صحیح از منابع آب زیرزمینی و تلفیق آن با آب سطحی، تأمین آب شرب و صنعت منطقه و توسعه صنعت گردشگری، احداث می‌شود.

چهل‌چای یکی از مناطق تخریب شده استان گلستان است که فرسایش و رسوب بالا، ضریب روان آب و سیل‌خیزی زیاد، آلودگی فیزیکی شیمیایی و میکروبی جریان پایه رودخانه، کاهش پتانسیل تولید اراضی زراعی در اثر فرسایش، تخریب کیفی جنگل‌ها و پایین بودن درآمد ساکنان، سنتی بودن شیوه دامداری و فعالیت‌های زراعی در آن و وقوع زمین لغزش‌های متعدد، آن را به یکی از دغدغه‌های کارشناسان منابع طبیعی تبدیل کرده است. بدین سبب استفاده از ابزاری اقتصادی که پایداری اکوسیستم منطقه را نیز در نظر بگیرد- مانند پرداخت مابه ازای خدمات اکوسیستمی آب- می‌تواند در جلوگیری از روند پیش‌رونده فعلی منطقه و حتی بهبود آن، ضروری و موثر باشد.

درحال تبدیل شدن به کالایی کمیاب بوده و بر سر استفاده‌های مختلف از آن، رقابت شدیدی وجود دارد.

برای درک بهتر و دقیق ارزش جنگل‌های هیرکانی از نظر خدمت اکوسیستمی آب، سه مفهوم محصول، مصرف و عرضه آب مورد توجه قرار گرفته‌اند. محصول آب، کل آبی است که به اشکال مختلف از جو سرچشمه گرفته و وارد اکوسیستم می‌شود. به‌طور طبیعی، بخشی از این آب، خارج از دسترس انسان بوده و به‌صورت تبخیر و تعرق، رطوبت و آبی که در خاک نگهداری شده، عمق ریشه و ... به‌همراه مصارف انسانی (بسته به نوع کاربری اراضی و یا سکونت‌گاه‌های انسانی) از اکوسیستم خارج شده که به آن مصرف آب اطلاق می‌گردد. باقیمانده آب که دارای قابلیت

بهره‌برداری بوده و برای فعالیت‌های اقتصادی مختلف، می‌تواند اختصاص یابد با عنوان عرضه آب شناخته می‌شود. از این رو در این مطالعه، ارزش پولی آب عرضه شده ارزیابی شده است. با توجه به نتایج مطالعه پناهی (۱۳۹۵) برآوردهای انجام شده در زمینه تعیین ارزش اقتصادی، چهار خدمت اساسی تولید چوب،

عرضه آب، ترسیب کربن و ارزش حفاظتی اکوسیستم‌های جنگلی هیرکانی در سطح پایلوت چهل‌چای، حاکی از ارزش سالانه‌ای معادل ۶/۷۶۵ میلیارد ریال می‌باشد. همانطور که در جدول (۱) ارائه شده، ارزش اقتصادی عرضه اکوسیستم آب در منطقه چهل‌چای استان گلستان، ۵/۷۷۰ میلیارد ریال محاسبه شده است.

جدول ۱- مقایسه ارزش‌های اکوسیستم منطقه چهل‌چای با سه منطقه دیگر در پروژه هیرکانی

منطقه	تولید چوب	عرضه آب	ترسیب کربن	ارزش حفاظتی	مجموع	میانگین در هکتار
			(میلیون ریال)			(هزار ریال)
فریرود-زیلکی رود	۱۷۵/۹۷	۱۱۳۲۲	۳۴/۷۱	۱۶۱۳/۰۸	۱۳۰۷۷	۴۲۷۵۳۵
دوهزار-سه‌هزار	۱۴۲/۵۵	۲۵۱۳۲	۱۵۹/۳۳	۸۱۴/۹۵	۲۶۰۰۳	۳۳۴۹۶۴
بلیران	۹۱/۴۹	۶۴۵۴	۴۵/۱۴	۲۳۹۱/۱۲	۸۸۹۲	۴۱۴۷۹۳
چهل‌چای	۴۰/۶۹	۵۷۷۰	۲۵۹/۶۶	۱۲۰۸/۹۳	۶۷۶۵	۲۶۵۳۴۴
مجموع	۴۵۰/۷۰	۴۸۶۷۸	۴۹۸/۸۵	۶۰۹۸/۰۸	۵۴۷۳۸	۳۵۲۸۰۴
میانگین	۵۴۲۰۰۳۷	۱۶۴۶۷	۱۳۳	۱۲۹۰	۱۷۹۲۹	

• چالش‌های پیشرو

با توجه موارد مطرح شده، بعد از طراحی قرارداد پرداخت به ازای خدمات اکوسیستم آب برای خریداران و فروشندگان، جهت عقد قرارداد بین دو طرف، چند نکته یا چالش، حائز اهمیت و قابل بررسی می‌نماید.

- چالش اطلاعات

اطلاعات یک قدرت محسوب می‌شود. بهبود مدیریت منابع آب به طور موثر نیاز به اطلاعات دقیق و به روز دارد، اطلاعاتی در مورد تقاضای آب و در دسترس بودن، ثبت بهره‌برداران، مجوزهای آب، ریسک‌های فصلی آب، پرداخت‌کنندگان و ذی‌نفعان، وضعیت شبکه‌ها و زیرساخت‌ها، و اینکه دستگاه و افراد مختلف چه کاری را انجام می‌دهند و چه مسئولیتی را بر عهده دارند. اگر چه پیشرفت‌هایی در زمینه داده‌های هیدرولوژیکی صورت گرفته است و سیستم‌های اطلاعات آب گسترش یافته است، اما در مورد داده‌ها و اطلاعات اجتماعی - اقتصادی و مالی برای هدایت تصمیم‌گیری در بخش آب، هنوز باید کار انجام شود (Fripp, ۲۰۱۴).

- چالش فنی و مالی

به این معنی که تجزیه و تحلیل اقتصادی، توجیه اقتصادی اجرای قرارداد یا نسبت منفعت به هزینه طرح قبل و بعد از اجرا و حتی برای تعداد سال‌هایی که قرارداد برقرار خواهد بود، بررسی شود. لازم به ذکر است اجرای چنین طرحی در منطقه چهل‌چای علاوه بر پرداخت‌ها توسط خریداران خدمت اکوسیستمی آب به فروشندگان آن، نیازمند همراهی سیاسی، قانونی و اقتصادی

دولت است. از طرفی وجود شکاف یا چالش مالی برای افزایش تعداد افراد و بهره‌بردارانی که دسترسی به آب دارند و مقرر شده است که مقررات زیست محیطی بیشتر و سختگیرانه‌تری را انجام دهند، به منابع مالی نیاز دارد. سه منبع نهایی درآمد در این حوزه وجود دارد که شامل مالیات، تعرفه‌ها و پرداخت‌های انتقالی از منابع توسعه بین‌المللی می‌باشد. با توجه به مسائل مربوط به حساب بهره‌وری اقتصادی، عدالت اجتماعی، پایداری محیط‌زیست و میزان محدودیت قیمت که با سیاست داخلی و خارجی کشور پیوند خورده است.

مسائل مربوط به شفافیت و یکپارچگی نیز در این بخش مهم است که سطح بالایی از رفتار انحصاری دارد. پیاده‌سازی طرح PES آب نیاز به یک محیط فعال و نظارتی دارد که امکان نظارت و ارزیابی پیشرفت را در یک روش شفاف و همه جانبه فراهم می‌کند. مشارکت همه ذی‌نفعان در سطوح مختلف از اطلاعات به مشارکت یا همکاری تصمیم‌گیری با توجه به نیازها، همچنان به عنوان یک پیش شرط برای خرید و پاسخگویی موثر است (Daivis و همکاران، ۲۰۱۱).

- چالش اقتصادی، اجتماعی

چالش بعدی علاوه بر اقتصادی، اجتماعی نیز است که بحث در ارتباط با انتخاب نوع قرارداد یا نحوه پرداخت‌ها بین خریداران و فروشندگان خدمات اکوسیستمی آب در منطقه چهل‌چای گلستان است. با توجه به تأثیر مستقیم و غیرمستقیم اجرای برنامه PES بر زندگی اجتماعی و اقتصادی ذی‌نفعان و ذی‌مدخلان در منطقه چهل‌چای، بررسی و پیش‌بینی تأثیرات اجرایی شدن این

قرارداد لازم خواهد بود. بدین سبب با توجه به اینکه قرارداد PES، برنامه و مبادله‌ای کاملاً داوطلبانه است و یکی از شروط اصلی آن برای اجرا، مقبولیت عمومی آن می‌باشد، لازم است که استقبال بهره‌برداران بالادست و پایین‌دست حوزه آبخیز چهل‌چای بررسی کامل و دقیق شود. ویژگی اجتماعی-اقتصادی و حتی جمعیت‌شناسی دو طرف قرارداد، که ممکن است موثر بر پذیرش این قرارداد از طرف آن‌ها باشد، بررسی شود. از نتایج این بررسی می‌توان برای تشویق بهره‌برداران و ارائه پیشنهادات و سیاست‌های تشویقی مناسب برای گروه‌های سنی، تحصیلی، جنسیتی، آموزش و تحصیلی، درآمدی و ... مختلف، بهره جست. همچنین ظرفیت منابع انسانی، تخصص و زیرساخت‌ها یک چالش بزرگ است. طراحی و اجرای سیاست‌های آب به منظور دستیابی به اهداف PES نیازمند منابع و دانش است. در بسیاری از کشورها، ذی‌نفعان بخش آب (ارائه دهندگان خدمات، سازمان‌های حوزه رودخانه و سایر مقامات) ابزار مناسب برای انجام مسئولیت‌های خود در آن بخش را ندارند. پیاده‌سازی یک طرح پرداخت برای خدمات اکوسیستم آب، نیاز به انتقال این منابع و ارائه کمک‌های فنی و مالی مورد نیاز به طور موثر دارد (Turpie و Savy، ۲۰۰۴).

- چالش قانونی و سیاسی

با تقویت سازوکار قانونی می‌توان با نظارت دقیق بر روند اجرای آن از برخی سوءاستفاده‌های احتمالی جلوگیری کرد. مبانی قانونی امروزی نرخ‌گذاری آب کشاورزی بعد از تصویب قانون تثبیت آب‌بهای زراعی (مصوب سال ۱۳۶۹) از جنبه ضوابط تعیین آب‌بها و تصویب ماده (۶۳) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (مصوب سال ۱۳۸۰) از جنبه دریافت حق اشتراک شکل گرفته است. ولی اساس قانونی نرخ‌گذاری آب برای مصارف مختلف در واقع ماده (۳۳) قانون توزیع عادلانه آب (مصوب سال ۱۳۶۱) است. بند «الف» این ماده قانونی ناظر بر نرخ‌گذاری در مواردی است که استحصال آب توسط دولت صورت گرفته و بند «ب» آن برای مواردی است که استحصال توسط دولت صورت نمی‌گیرد. طبق قانون در هر دو صورت وزارت نیرو موظف شده است نرخ آب را پس از تصویب شورای اقتصاد وصول کند. مبنای نرخ‌گذاری در بند «الف» قانون نامبرده دریافت هزینه‌های جاری و استهلاک با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه است که منطبق با اصول اقتصادی است. درحالی‌که هم اکنون، به جای اجرای این مسیر، دریافت تعرفه آب براساس آیین‌نامه‌های داخلی این وزارتخانه صورت می‌گیرد و منجر به عدم پوشش هزینه شرکت‌های متولی آب و وضعیت بحرانی در منابع آب شده است. بنابراین این موضوع باعث به وجود آمدن ابهامات قانونی در نظام نرخ‌گذاری آب به‌ویژه در مصارف کشاورزی شده است. البته در قوانین و برنامه‌های بعدی کشور از جمله در تبصره «۲» ماده (۱۰۶) برنامه

سوم توسعه بر رفع این ابهام تاکید شده و در نهایت در قانون هدفمندسازی یارانه‌ها به صراحت این ابهام رفع شده است؛ ولی همچنان دریافت تعرفه آب به شیوه گذشته در حال اجرا است. از طرف دیگر وظایف مرتبط با آب در سراسر سطوح ارگان‌ها و مقامات دولتی تقسیم می‌شود که مسأله هماهنگی عمودی و افقی برای اجرای موثر سازوکار پرداخت برای خدمات آب را پیچیده می‌کند. این بدان معنی است که اغلب یک استراتژی و تعهد ملی در سطح بالایی برای مقابله با چالش آب است که مقامات محلی و دامنه وسیعی از ذی‌نفعان را در اجرا و پیاده‌سازی طرح PES درگیر می‌کند. از آن جایی که تحولات اجتماعی و سیاسی به طور متقابل اثرات شگرفی بر همدیگر و در نهایت بر رویکرد مدیران و تصمیم‌گیران و تغییرات ساختاری در سازمان‌ها و ارگان‌های مرتبط و ذی‌نفع دارد، این تغییرات می‌توانند باعث ناپایداری در اجرای طرح پرداخت مابه ازای خدمات اکوسیستمی شده، لذا یکی از مهمترین چالش‌های پیش‌رو برای اجرای نمودن چنین طرح‌های تضمین در تداوم و پایداری کلیه مفاد قرارداد خواهد بود تا ذی‌نفعان و ذی‌ربطان با اطمینان خاطر بیشتری نسبت به اجرای وظایف خود در مدت زمان مشخص شده، عمل نمایند.

- چالش قیمت‌گذاری و بازار آب

یکی دیگر از چالش‌های موجود، عدم دریافت تعرفه آب به‌صورت حجمی و ابهام در زمینه مبنای تعیین آن است. در این زمینه اشکالات متعددی وجود دارد؛ ازجمله اینکه در محاسبه تعرفه آب طبق قانون تثبیت آب‌بهای زراعی براساس درصدی از محصول به‌صورت هکتاری و محاسبه حجم آب تحویلی و تعیین تعرفه حجمی، ابهام وجود داشته است. کمبودهای اساسی در سند ملی آب در مورد تعیین نیاز خالص آبیاری الگوی کشت مورد استفاده در مناطق و دشت‌های کشور وجود دارد. بسیاری از نقاط تحویل آب فاقد تجهیزات اندازه‌گیری تحویل حجمی آب است و در نهایت اینکه تشکلهای آب‌بران و سایر نهادهای خصوصی در نقاط تحویل آب شکل نگرفته است. همچنین در فرآیند اجرایی تعرفه‌های آب، به‌خصوص در مصارف کشاورزی واحدهای سازمانی مختلفی دخیل هستند و ضوابط قانونی متفاوت و بعضاً متضادی وجود دارد. به‌عبارت دیگر، در تدوین، پیشنهاد، تصویب، اعمال و نظارت بر تعرفه آب در قرارداد PES برای خدمات اکوسیستم آب، نگرش فرآیندی و دستورالعمل‌ها و رویه‌های یکسان وجود ندارد و این باعث پیچیدگی و طولانی بودن این مسیر شده است. پایین‌بودن ارزش تولید نهایی یا ارزش اقتصادی آب در مصارف کشاورزی، پایین‌بودن بهره‌وری آب، توان مالی پایین کشاورزان برای پرداخت هزینه تمام شده آب، ساختار غیرکارا و غیراصولی نهادهای متولی آب از دیگر چالش‌های این بخش است.

- چالش نظام حقوقی آب

از طرف دیگر نظام حقوقی حاکم بر آب غیر از جنبه‌های حقوق عمومی، جنبه‌های حقوق خصوصی را هم شامل می‌شود. جنبه خصوصی حقوق آب به روابط اشخاص خصوصی با یکدیگر در حوزه آب مربوط می‌شود. افرادی مانند کشاورزان همجوار در حوزه چهل‌چای که حق استفاده از منبع آب واحدی مانند سد نرماب را دارند، در حوزه حقوق خصوصی قرار می‌گیرند. بنابراین حقوق آب شاخه‌ای از حقوق است که هم جنبه حقوق عمومی دارد و هم جنبه حقوق خصوصی و با پیچیدگی‌های تخصصی هم مواجه است. برای مثال در حوزه شهری و مصرف انسانی، آب ویژگی‌ها و شرایط خاصی دارد و طبیعتاً نظام حقوقی آن خاص است و با آب در حوزه کشاورزی تفاوت دارد، یا اینکه آب در حوزه کشاورزی طبیعتاً با آب در حوزه صنعت تفاوت دارد و این موارد حقوق آب را پیچیده می‌کند. مسائل مسئولیت مدنی نیز ممکن است در حوزه آب رخ دهد، مانند اینکه آب یک میراث عمومی و ملی و بین نسلی است و طبیعتاً خسارت به این منابع آبی، ممکن است موجب مسئولیت مدنی شود. علاوه بر این موارد ممکن است مسائل کیفی و ... نیز پیرامون آب وجود داشته باشد.

اصل ۴۸ قانون اساسی که صراحتاً اشاره دارد که در استفاده از منابع با بعضی از استان‌ها با انصاف و بدون تبعیض برخورد شود تا همه بتوانند از منابع همه استان‌ها بهره گیرند، بنابراین در حوزه آب غیر از مسائل ملی، مسائل منطقه‌ای هم دخیل است. در نهایت می‌توان بیان کرد که یک شاخه و یک رشته آموزشی مجزا در حوزه حقوق آب وجود ندارد، اما تلاش‌هایی در این زمینه باید صورت گیرد تا چنین رشته‌ای ایجاد شود، البته این رشته در دنیا وجود دارد. اما در ایران کم و بیش در تحقیقات و پایان‌نامه‌ها به حقوق آب پرداخته شده است که علاوه بر کافی نبودن، اجرایی هم نشده است. در هر صورت ایران در حوزه قانون‌گذاری و در حوزه آموزش و پژوهش در سطح ملی و منطقه‌ای، نیازمند حرکت و تحول جدی در حوزه آب می‌باشد.

- چالش شناسایی خریداران و فروشندگان خدمات اکوسیستمی آب

سازمان‌های غیردولتی و دولتی متعددی بر عملکرد اکوسیستم و کمیت و کیفیت آب قابل عرضه در منطقه مورد مطالعه تأثیرگذارند. به‌طور خاص افراد، گروه‌ها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی براساس نقش، مسئولیت، شیوه و میزان اثرگذاری بر عملکرد اکوسیستم و بالعکس، به‌عنوان ذی‌نفعان و ذی‌مدخلان شناخته می‌شوند. ذی‌نفعان می‌توانند دارای ترکیبات مختلفی از جمله، دولتی، بخش خصوصی، دانشگاهی و پژوهشی، سازمان‌های مردم‌نهاد، جوامع محلی و منطقه‌ای و بین‌المللی باشند.

- چالش مذاکره با خریداران و فروشندگان

اگر چه بر روی کاغذ، پرداخت مابه‌ازای خدمات اکوسیستمی یک فعالیت حسابداری است، اما در عمل یک فرآیند اجتماعی است که لازمه آن مشارکت و حضور فعال و داوطلبانه کلیه ذی‌نفعان در این طرح می‌باشد. لذا در این مطالعه با شناسایی ذی‌نفعان کلیدی و نشست مشترک و پر نمودن پرسشنامه به شناسایی فرصت‌های حفظ خدمات اکوسیستمی و قابل معامله برای پرداخت مابه‌ازای خدمات اکوسیستمی پرداخته شد. در نتیجه تعدادی از عوامل تهدیدزای خدمات اکوسیستمی آب شناسایی شد. نتایج نشان داد که برای برخی از شرکت‌ها، خدمات اکوسیستم و پرداخت هزینه خدمات اکوسیستم یک میدان کاملاً جدید بود و کارکنان آنها در جلسه فقط برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد مسائل حضور یافته‌اند. همچنین نداشتن الگوی موفق داخلی در اجرای طرح پرداخت ما به ازای خدمات اکوسیستمی یکی از چالش‌های مهمی است که کارشناسان در سطح سازمان‌های مرتبط، به آسانی با این موضوع ارتباط برقرار نخواهند کرد و قدرت و جسارت ورود به اجرای طرح نو با پیچیدگی‌های زیاد آن را ندارند، لذا رویکرد مدیران و کارشناسان با این موضوع واضح و روشن نیست و تصمیمات همراه با بیم و امید همراه است که فرآیند پیگیری این موضوع را بسیار طولانی نموده است.

• تهدیدات و فرصت‌های قابل مذاکره

از مشکلات موجود در منطقه که بر کمیت و کیفیت آب تأثیر می‌گذارند، می‌توان به وجود رسوبات، آفت‌کش‌ها، کودها و ضایعات حیوانی در رودخانه‌ها و به‌دنبال آن افزایش هزینه‌های سالم‌سازی آب اشاره کرد. اما در این بخش باید به طور قطع به ذی‌نفعان و ذی‌ربطان فعال در حوزه مراجعه کرد و فرصت‌ها و تهدیدات موجود بر خدمات مورد نظر را از دیدگاه آن‌ها شناسایی و بررسی نمود. بنابراین ضرورت دارد که با کشاورزان و سایر بهره‌برداران اقدام به شناسایی فعالیت‌هایی که اثرات منفی و مثبت بر خدمات مورد نظر دارند، شود و برای تغییر نحوه کشاورزی و دامداری جهت عدم استفاده از موارد ناخواسته که به‌عنوان تهدیدی بر کیفیت و کمیت آب محسوب می‌شوند، وارد مذاکره شد. مواردی مانند شخم عمود بر شیب، ایجاد نوار بافر در امتداد جریان آب، اجتناب از کاشت محصولات تهدیدکننده کیفیت آب در بالادست نزدیکی رودخانه‌ها، اجتناب از کوددهی در مناطق بالادست و یا در زمان ریسک بالا، استفاده از گیاهان تثبیت‌کننده، در زمینه دامداری، کاهش تراکم دام در منطقه بالادست رودخانه، عدم چرا در زمین‌های آسیب‌پذیر در شرایط مرطوب، دور نمودن دام از کنار رودخانه با حصارکشی جهت جلوگیری از فرسایش خاک، نصب و نگهداری آبشخورها دور

از مناطق حساس، ساخت پل برای دام جهت عبور از رودخانه و بهبود شرایط نگهداری کود دامی را می‌توان به‌منظور بهبود شرایط جهت حفظ خدمت اکوسیستمی آب نام برد. پس از بررسی شرایط موجود و اقدامات لازم جهت به حداقل رساندن هزینه عرضه آب با کشاورزان منطقه جهت مدیریت اراضی کشاورزی و اراضی بالادست بر اساس تشریح وظایف، قراردادهای لازم عقد خواهد شد.

• بررسی مکانیسم پرداخت مابه ازای خدمت آب

یکی از مولفه‌های برنامه‌ی PES تحت عنوان دریافت ارزش پولی خدمات اکوسیستم از بهره‌برداران پایین‌دست رودخانه چهل‌چای به عنوان خریداران جهت بهره‌مندی و بهبود خدمات اکوسیستم ارائه شده توسط آن در قالب تمایل به پرداخت و پرداخت به بهره‌برداران بالادست به عنوان فروشندگان ازای عدم کشت و تشویق آنان به انجام فعالیت‌های پایدار محیط‌زیستی و در نتیجه کاهش فشار عوامل منفی آلوده‌کننده و همچنین کاهش برداشت آب و افزایش جریان آب ورودی رودخانه چهل‌چای در قالب تمایل به دریافت پیشنهاد شد. با توجه به این که از یک طرف حوزه آبخیز این رودخانه نقش حیاتی در منطقه دارد و تضعیف و آلودگی آن تأثیرات منفی اقتصادی و اجتماعی بر آبخیزنشینان دارد، و از طرف دیگر طبق قوانین ایران دولت مالک اصلی منابع طبیعی می‌باشد، هزینه‌های عمومی اجرای برنامه پرداخت باید از طرف نهادهای دولتی پیگیری و اجرا شود. غالباً طرح چنین پرداخت‌هایی در قالب سه مدل قرارداد زیر قابل اجرایی شدن است:

الف) طرح‌های عمومی پرداخت برای مالکین خصوصی زمین به منظور حفظ یا ارتقاء اکوسیستم: این نوع توافق‌نامه‌ها

مختص کشورهایی است که دولت‌ها برنامه‌های متمرکزی را اجرا کرده‌اند، در حالی که از نظر میزان تمرکز روی برنامه‌ها متفاوتند. عموماً شامل پرداخت‌های مستقیم از یک نهاد دولتی یا بنگاه عمومی به مالکان زمین یا مدیران است.

ب) بازارهای رسمی با داد و ستد آزاد بین خریداران و فروشندگان: در این روش بازارهای قانونی خدمات اکوسیستمی بیشترین یا کمترین قیمت خدمات اکوسیستم را تعریف می‌کند. برای مثال در بازارهای داوطلبانه مانند داد و ستد انتشار کربن در ایالات متحده آمریکا، شرکت‌ها و سازمان‌هایی که درصدد کاهش آثار کربنی خود هستند، نسبت به شرکت در بازارهای داوطلبانه برای تبلیغ محصولات خود، پیش‌بینی و آماده کردن مقررات و قوانین در حال ظهور برای پاسخ به ذی‌نفعان و یا فشار سهام‌داران یا انگیزه‌های دیگر تشویق می‌شوند (Millennium Ecosystem Assessment, ۲۰۰۵). خریداران خدمات اکوسیستم ممکن است شرکت‌های خصوصی و یا طرفداران حفاظت از محیط‌زیست باشند که برای تغییر نحوه مدیریت زمین و به منظور بهبود کیفیت خدمات اکوسیستمی، به صاحبان زمین، پول پرداخت می‌کنند که خریداران بر پایه آنها مایل به نگهداری یا وابسته به آنها هستند (Hazen و Terry, ۲۰۱۲).

ج) معاملات خصوصی سازمان یافته مستقل: در اینگونه از قراردادهای سود برندگان، مستقل از خدمات اکوسیستم، به طور انفرادی مستقیماً با تولیدکنندگان خدمات قرارداد می‌بندند (UNEP, ۲۰۰۸).

در ادامه در بخش بحث و نتیجه‌گیری سازوکار قرارداد پرداخت برای خدمات اکوسیستم آب در ایران و به‌طور اخص در منطقه مورد مطالعه چهل‌چای استان گلستان مورد بحث قرار گرفته و پیشنهادات مقتضی جهت اجرایی شدن آن ارائه می‌گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

ابزارهای اقتصادی حفاظت از محیط‌زیست که در سیاست‌گذاری‌های حفاظت از محیط‌زیست استفاده می‌شوند، نقش تعیین‌کننده و مهم بهره‌برداری پایدار از منابع محیط‌زیستی را دارا بوده و سازوکارهای لازم را برای ادغام ملاحظات محیط‌زیستی در سیاست‌های کلان اقتصادی فراهم می‌کنند. به همین دلیل به سرعت به عنوان ابزار کارآمد اقتصادی در سطح جهان مطرح شده‌اند. کلید اصلی تعهد ابزارهای اقتصادی، توانایی آنها در مهار قدرت بازار و سودآوری و هدایت آنها به سمت دستیابی به توسعه پایدار قدرتمند است که این امر با تغییر فاکتورهای اقتصادی مرتبط با مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان به وسیله منفعت حاصل از سودآوری این مسئله نیز ممکن است.

به جرأت می‌توان گفت که در جاهایی که PES استفاده شده، امتحان خود را خوب پس داده است. دلیل آن هم شاید این باشد که PES بیش از هر چیز انگیزه‌های اقتصادی را برای استفاده کارآمدتر و پایدارتر از خدمات اکوسیستم تهییج می‌کند.

همچنین با وجود اینکه پرداخت‌ها برای خدمات اکوسیستم جهت کاهش فقر طراحی نمی‌شود ولی فرصت‌هایی برای طراحی PES وجود دارند که می‌توانند افراد کم درآمد را قادر سازند که با احیا و حفاظت اکوسیستم‌ها، منتفع شوند. این یک نکته مهم در PES محسوب می‌شود، زیرا بسیاری از روستائیان معیشت خود را از فعالیت‌های مبتنی بر منابع طبیعی همچون جنگل‌داری و کشاورزی تأمین می‌کنند. در برخی زمینه‌ها PES می‌تواند مشوق‌های جدیدی برای مدیریت پایدار به شکل پرداخت‌های منظم برای خدمات اکوسیستم ارائه دهد. این

پرداخت‌های منظم خود می‌توانند استفاده پایدار و درازمدت و حتی حفاظت از منابع را با فراهم کردن یک منبع قابل اتکاء از درآمد تکمیلی و اشتغال بیشتر در جامعه ترویج کند. حتی یک پرداخت جزئی که به صورت مطمئن در طول سال‌ها صورت گرفته باشد، ممکن است در برخی زمینه‌ها، افزایش معناداری در درآمد خالص داشته و نیز سازوکاری برای اتخاذ مدیریت پایدارتر سرزمین فراهم آورد. همچنین پرداخت به ازای خدمت را می‌توان برای کمک به رسمی کردن تصرف در منابع

راهکارهای پیشنهادی دریافت و پرداخت قرارداد PES در منطقه چهل‌چای

با توجه به محدودیت کمی و کیفی منابع آب و رقابت مصرف‌کنندگان در بالادست و پایین‌دست حوزه آبخیز چهل‌چای برای دریافت تخصیص بیشتر، در کنار هزینه‌های مختلف، موضوع تعرفه‌گذاری آب در قالب قرارداد پرداخت برای خدمات اکوسیستم آب را به عنوان یک راهبرد مدیریتی مطرح ساخته است. در این راستا، مدیریت آب در بخش کشاورزی، نیازمند اقدامات مختلفی همچون اعمال مدیریت توأمان آب و خاک، ایجاد تعامل بین سازمانی و همکاری کشاورزان در خصوص اصلاح وضع موجود آبیاری، رعایت تقویم زراعی، رعایت الگوی کشت متناسب با اقلیم منطقه، جلوگیری از اضافه برداشت آب زیرزمینی و سطحی، اجرای به موقع شبکه‌های فرعی، توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و آموزش و ترویج مصرف بهینه آب و مهم‌تر از همه، تعیین تعرفه مناسب آب کشاورزی است. اما در زمینه تعیین تعرفه مناسب آب در مصارف مختلف از جمله بخش کشاورزی، چالش‌های متعددی وجود دارد که برای رفع آن پیشنهاد زیر می‌تواند مورد توجه قرار گیرد:

• قیمت یک نهاده وقتی یک قیمت کارا محسوب می‌شود که از تعامل عرضه و تقاضا در بازار، شکل گرفته باشد. در چنین بازاری تقاضا برای آب براساس ارزش تولید نهایی آن که خود متأثر از قیمت محصول و تولید نهایی آب است، شکل می‌گیرد. عرضه نیز بر اساس ساختار هزینه تولید (استحصال) آب و به تبع هزینه نهایی استحصال آب شکل می‌گیرد.

• طبق مطالعات صورت گرفته در اکثر مناطق کشور، دریافت هزینه تمام شده تأمین و توزیع آب از کشاورزان با توجه به ارزش اقتصادی پایین آب، ممکن نیست، همچنین در ایران به دلیل حمایت دولت از بخش کشاورزی، تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین ارزش اقتصادی (حداکثر بازده حاصل از یک مترمکعب آب) و آب بهای موجود دریافتی از کشاورزان وجود دارد. شاید یک راه‌حل برای این موضوع تبعیض قیمت بین

و شفاف‌سازی حقوق مالکیتی نیز برقرار ساخت. از آنجا که توافقی‌های پرداخت به ازای خدمت به روشنی نقش نگهبانان محیط‌زیست را مشخص می‌کنند؛ توافقی‌های پرداخت به ازای خدمت آب می‌توانند موقعیت روستائیان را در مذاکرات مبتنی بر منبع دیگر تقویت کنند. نکته کلیدی توجه دقیق به منافع است که گروهی از جامعه فروشندگان یا تک‌تک فروشندگان خدمات اکوسیستم آب، طی طراحی یک معامله پرداخت به ازای خدمات اکوسیستم به آنها علاقه نشان می‌دهند.

مصارف مختلف آب باشد. یعنی سیاست‌گذاری به نحوی باشد که کاهش درآمد شرکت‌های ذی‌نفع مانند آب منطقه‌ای ناشی از تخفیف آب بهای کشاورزی، از منابع درآمدی دیگر جبران شود. همچنین اصلاح الگوی کشت بر اساس بازدهی نهایی در مصرف آب، ایجاد تعرفه‌های تشویقی برای زارعان صرفه‌جو و عمل‌کننده به فعالیت‌های پایدار کشاورزی و یا کمتر مخرب و ارائه خدمات آموزشی و ترویجی می‌تواند در تحقق عملی این مهم راه‌گشا باشد. در این راستا سیاست‌های تشویقی همزمان با نرخ‌گذاری قیمت آب بین فروشندگان و خریداران (بهره‌برداران حوزه آبخیز چهل‌چای) می‌تواند مفید واقع شود. به عنوان مثال معافیت درصدی از ارزش اقتصادی آب برای تولیدکنندگانی که از روش‌های مناسب آبیاری استفاده کنند و در تأسیسات آب‌اندوز سرمایه‌گذاری کنند، می‌تواند مصرف‌کنندگان آب را به پرداخت در قالب قرارداد PES برای سرمایه‌گذاری در این گونه تأسیسات تشویق و ترغیب کند.

• اصلاح قوانین و مقررات و رفع ابهامات آن در فرآیند اجرا، همچنین اصلاح ساختار تعیین سطح خدمات مورد توافق و قراردادهای متناسب با ساختار شرکت‌های کارگزار برای واگذاری بهره‌برداری و مدیریت آن به بخش خصوصی، می‌تواند بخشی از چالش‌های تعرفه آب در قرارداد پرداخت خدمات اکوسیستمی آب در حوزه چهل‌چای باشد. به کارگیری سیستم حسابداری مناسب جهت تهیه و ثبت دقیق اطلاعات و ارقام مربوط به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری تأسیسات آبرسانی کشاورزی به تفکیک تأسیسات می‌تواند مفید واقع شود. رسمیت یافتن حقوق مالکیت آب، مشارکت کشاورزان در قیمت‌گذاری و تقسیم آب، ایجاد و رسمیت یافتن قراردادهای فروش آب، نظارت دولتی و تعیین پتانسیل آب مازاد بر مزارع در مناطق مختلف از جمله مواردی است که می‌تواند پتانسیل تشکیل بازار آب را فراهم کند.

• در ارتباط با سازوکار دریافت‌ها و پرداخت‌ها می‌توان الگوهای مشابه و موفق اجرا شده در حوزه‌ها و کشورهای دیگر را مطالعه، بررسی و بومی‌سازی نمود. برای مثال در پرتغال کشاورزان پایین‌دست حوزه آبخیز ملزم به پرداخت تعرفه آب

کشاورزی به صورت سالانه هستند که این تعرفه چند جزء را شامل می شود. این اجزا شامل پرداخت یک هزینه ثابت به ازای هر هکتار زمین اصلاح شده، پرداخت یک هزینه ثابت به ازای هر هکتار زمین تحت آبیاری، پرداخت نرخ حجمی هر مترمکعب آب مصرفی، پرداخت تعرفه زهکشی و پرداخت تعرفه ای براساس نوع محصول برای محصولات خاص است. بنابراین هر کشور به تناسب وضعیت منابع آب، سابقه قیمت گذاری آب، گستردگی سیستم های آبیاری، توسعه نهادهای اجتماعی و حقوقی آب و سهم بخش کشاورزی در مصرف آب، شیوه های مختلفی برای اجرایی شدن سازوکار خدمات اکوسیستمی آب مورد استفاده قرار می دهد و این در حالی است که در اکثر کشورها این شیوه ها در طول زمان دچار تغییر شده است.

• مشارکت کشاورزان در امور تصمیم گیری و اجرای پروژه های صرفه جویی در آب آبیاری: نظر به این که بهره برداری و نگهداری سیستم های آبی بدون مشارکت بهره برداران، روز به روز مشکل تر می شود، لازم است در زمینه جلب مشارکت آنان مطالعه بیشتری صورت گیرد. بسیاری از کشاورزان برای همکاری در زمینه استفاده از آب سیلاب، در صورتی حاضر به همکاری بودند که خود بتوانند از این آب استفاده کنند. در واقع اگر بتوان کشاورز را با فایده اقداماتی از جمله پخش سیلاب در بالا آمدن سطح آب زیرزمینی بیش تر آشنا نمود، موفقیت طرح های اجرایی تضمین بیش تری دارد.

• استفاده از تمایل بهره برداران برای استفاده نکردن از آب صرفه جویی شده: زمانی که بهره برداران با استفاده از استراتژی های افزایش

راندمان آبیاری در مصرف آب صرفه جویی می کنند، مصرف کردن و یا مصرف نکردن دوباره آب صرفه جویی شده مهم تر است. ممکن است بهره برداران این آب را در محصولات با آب مصرفی بیشتر به کار گیرند که در عمل هیچ اثر مثبتی در میزان برداشت از آب های زیرزمینی رخ نداده است. گرچه استفاده از تمایل به پرداخت بهره برداران و ایجاد انگیزه از طریق سیاست قیمت گذاری بسیار مهم است، اما زمانی تأثیرگذار است که از مصرف آب صرفه جویی شده جلوگیری شود. استفاده از تمایل به دریافت بهره برداران بابت استفاده نکردن از آب می تواند به دولت کمک کند تا سیاست قیمت گذاری به نحو موثرتری اجرا شود.

• علاوه بر این، پیشنهاد می شود برای ایجاد بازار آب، ساختار نهادی لازم شکل گیرد، نحوه گردش اطلاعات، ایجاد ارتباط بین عرضه کننده و متقاضی آب برای مذاکره و توافق به ویژه در زمینه حجم و قیمت مورد مبادله از دیگر شرایط ایجاد بازار است. در نهایت باید این موضوع را مدنظر قرار داد که تعیین تعرفه آب در هر منطقه باید با توجه به کلیه پارامترهای اثرگذار بر تولیدات بهره برداران تعیین شود. همچنین نرخ آب باید به گونه ای باشد که به مسئولان بهره برداری این امکان را بدهد تا بر حسب شرایط و در جهت بهینه سازی مصرف و بهره برداری اقتصادی از آب، تعدیل های لازم را در این نرخ گذاری ایجاد کنند.

پی نوشت

1- Payment for environmental service

آب زیرزمینی. نشریه آب و توسعه پایدار، ۴(۲): ۱۲۱-۱۳۰.
ظفرزاده، ع. ۱۳۸۵. تعیین کیفیت شیمیایی آب در آب انبارهای روستایی استان گلستان. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، ۸(۱): ۵۱-۵۴.
قربانی، م. و فیروززارع، ع. ۱۳۹۰. ارزش گذاری آلودگی هوای مشهد (کاربرد رهیافت ارزش گذاری مشروط)، دو فصلنامه اقتصاد و توسعه منطقه ای، ۱۸(۲): ۷۲-۸۹.
نگارش، ج. و ویسی، ج. ۱۳۹۲. تجزیه و تحلیل اثرات تغییر بارش در سیل خیزی حوضه آبریز رودخانه راوند (منطقه اسلام آباد غرب-استان کرمانشاه). فصلنامه علمی- پژوهشی برنامه ریزی منطقه ای، ۳(۱۱): ۷۹-۹۸.

Camisón C. and Villar-López A. 2011. Non-technical innovation: Organizational memory and learning capabilities as antecedent factors with effects on sustained competitive advantage. *Industrial Marketing Management*, 40: 1294-1304.

منابع

اریاب، ج. و عباسی فرد، ز. ۱۳۹۱. بررسی رابطه آلودگی آب و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، ۱(۳): ۱-۱۶.
پناهی، م. ۱۳۹۵. ارزش گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی منتخب در پایلوت های چهارگانه جنگل های هیرکانی. گزارش پروژه چندمنظوره جنگل های هیرکانی. ۳۲۲ ص.
بی نام. ۱۳۹۵. گزارش پروژه مدیریت چندمنظوره جنگل های هیرکانی، جوامع توانمند، جنگل های پایدار، میراث جهانی. ۱۰۲ ص.
دانه کار، ا.، نوبخت، ع.، عطایی، ا.، بیات، د.، کرمی، ج.، داوودی، ی. و جوافیری پور، م. ۱۳۹۸. پهنه بندی کاربری ها بر اساس توان اکولوژیک برای مدیریت چندمنظوره در جنگل های هیرکانی شمال ایران. مطالعات علوم محیطی، ۴(۱): ۹۶۵-۹۷۸.
درخشان، ه. داوری، ک.، هاشمی نیا، م. ضیایی، ع. ن. ۱۳۹۶. حداکثر خشکسالی محتمل مبنایی برای تخمین و حفظ ذخایر استراتژیک

- L. and Roman-Sanchez I. 2018. Sustainable Water Use in Agriculture: A Review of Worldwide Research. *Journal of sustainability*, 10(4): 1084.
- Nigel M., Asquith M, and Wunder S. 2008. Selling two environmental services: in-kind payments for bird habitat and watershed protection in Los Negros, Bolivia. *Ecological Economics*, 65(4): 675-684.
- Savy CE. and Turpie JK. 2004. Payments for Ecosystem Services: A Review of Existing Programmes and Payment Systems – Appendix. Rhodes Gift, South Africa: Anchor Environmental Consultants CC.
- Smith S., Rowcroft P., Everard M., Couldrick L., Reed M., Rogers H., Quick T., Eves C. and White C. 2013. Payments for Ecosystem Services: A Best Practice Guide. London: Defra.
- Turpie J.K., Marias C. and Blignaut J.N. 2008. The working for water programme: Evolution of a payments for ecosystem services mechanism that addresses both poverty and ecosystem service delivery in South Africa. *Ecological Economics*, 65 (4): 788-798.
- Daivis L. Watson R. and Winter M. 2011. The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings. UNEP-WCMC, Cambridge.
- UNEP. 2008. Payment for ecosystem services- UN environment document repository home. 73 pp.
- Wunder S. 2006. Are direct payments for environmental services spelling doom for sustainable forest management in the tropics?. *Ecology and Society*, 11(2): 23- 35.
- Wunder S. and Alban M. 2008. Decentralized: the cases of pimampiro and PROFAFOR Ecuador. *Ecological Economics*, 65(4): 685-698.
- De groot R.B.A. and Hermans L.M. 2009. Broadening the picture: negotiating payment schemes for water-related environmental services in the Netherlands. *Ecological Economics*, 68(11): 2760-2767.
- Dobbs T.L. and Prretty J.N. 2004. Agir-Environmental Stewardship scheme and multifunctionality. *Review of Agriculture Economics*, 26(2): 220-237.
- Dong X., Do X., Li K., Zeng S. and Bledsoe B. 2018. Benchmarking sustainability of urban water infrastructure systems in China. *Journal of clear production*, 170: 330.-338.
- Fripp E. 2014. Payments for Ecosystem Services (PES): A practical guide to assessing the feasibility of PES projects. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Hazen B. and Terry A. 2012. Toward creating competitive advantage with logistics information technology. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(1): 8-35.
- Landell-Mills N. and Porras IT. 2002. Silver Bullet or Fools' Gold? A Global Review of Markets for Forest Environmental Services and their Impacts on the Poor. Instruments for Sustainable Private Sector Forestry Series. London: International Institute for Environment and Development.
- Lovejoy Th. and Ferarro P. 2010. Payments for environmental services and the global environment facility, A stop advisory document. 2th publication. 22 p.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. available at: www.maweb.org/documents/document.354.aspx.pdf.
- Velasco-Munoz J., Aznar-Sanchez J., Belmonte-Urena

Managerial Approaches for the Use of Chah-Nimeh Water Reservoirs in Sistan and Baluchestan Province Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

E. Ahani¹, M. Ahmadpour Borazjani^{2*}, S. Ziaee³

1, 2, 3- PhD Student, Assistant Professor, Associated Professor of Agricultural Economics, Agricultural Department, University of Zabol, Iran.

*(Corresponding Author Email: mahmadpour@uoz.ac.ir)

Received: 09-12-2019

Accepted: 13-02-2020

رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری از مخازن آب چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

الهه آهانی^۱، محمود احمدپور برازجانی^{۲*}، سامان ضیایی^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: mahmadpour@uoz.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۴

Abstract

Solving complex water resource issues requires methods that collect different managerial approaches in an interconnected format. Meanwhile, for the comprehensive management of such issues, multi-criteria decision-making methods (MCDM) have found a special place. The main objective of the present research is to determine the priorities of the water resource uses of the Chah-Nimeh reservoirs in the Sistan and Baluchestan province with the economic, social, and environmental management approaches in the water year of 2014-15 using fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) techniques. According to the results, if water allocation is carried out based on an economic approach, the agricultural and environmental sectors due to their essential role in providing livelihoods for residents of Sistan and Baluchestan province will have a weight of 0.3 and 0.146 and are prioritised as the first and second, respectively. If it is a social approach, then the agricultural sector is the first priority, and the tourism and environmental sectors are in the second and third priorities, respectively. However, if water allocation is carried out with an environmental approach, the environmental sector, due to its importance in this approach, with a weight of 0.352, has the highest priority to receive water.

Keywords: Optimal allocation of water resources, Multi-criteria decision-making (MCDM), economic, social, and environmental approach.

چکیده

حل مسائل پیچیده مربوط به منابع آب، نیازمند روش‌هایی است که رویکردهای مختلف مدیریتی را در یک قالب به هم پیوسته گردآوری نماید. در این میان، برای مدیریت همه‌جانبه در چنین مسائلی روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MCDM)، جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. هدف پژوهش حاضر، تعیین اولویت‌های مصارف منابع آب مخازن چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان با رویکردهای مدیریتی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۹۴ با استفاده از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده در صورتی که تخصیص آب با رویکرد اقتصادی انجام شود، به دلیل نقش اساسی بخش‌های کشاورزی و محیط زیست در تأمین معاش ساکنین استان سیستان و بلوچستان، کشاورزی و محیط‌زیست به ترتیب با وزن‌های ۰/۳ و ۰/۱۴۶ در اولویت‌های اول و دوم قرار می‌گیرند. اگر رویکرد اجتماعی باشد، باز هم بخش کشاورزی در اولویت اول و بخش‌های گردشگری و محیط‌زیست به ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند. در صورتی که تخصیص آب با رویکرد زیست‌محیطی انجام شود، بخش محیط‌زیست به دلیل اهمیت در این رویکرد، با وزن ۰/۳۵۲، بالاترین اولویت را برای دریافت آب دارد.

واژه‌های کلیدی: تخصیص بهینه منابع آب، تصمیم‌گیری چندشاخصه (MCDM)، رویکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی.

کشور ایران از نظر اقلیمی در ناحیه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه کشور ۲۵۰ میلی متر و بسیار کمتر از متوسط بارندگی آسیا و جهان (به ترتیب ۷۳۲ و ۸۳۱ میلی متر) است. میزان بارش در ایران حدود ۴۰۰ میلیارد مترمکعب در سال می باشد که ۲۷۰ میلیارد مترمکعب آن تبخیر می شود و ۱۳۰ میلیارد مترمکعب آن در سال می تواند به عنوان آب های تجدیدپذیر بهره برداری شود. با ادامه روند کنونی با فرض ثابت بودن سرانه مصرف آب و پیش بینی ۹۰/۴ میلیون نفر جمعیت در سال ۱۴۰۰ مقدار آب مورد نیاز ۱۳۰ میلیارد متر مکعب خواهد بود. بدیهی است تأمین این مقدار آب از منابع تجدیدپذیر کشور امکان پذیر نخواهد بود. بنابراین کمبود و کاهش کیفیت منابع آب، چالش مهم برنامه های توسعه کشور در آینده خواهد بود (وزارت نیرو، ۱۳۹۰). مفهوم مدیریت منابع آب در پاسخ به موضوعاتی در مورد استفاده نامناسب از منابع آب و اثرات مخرب زیست محیطی و اقتصادی کشاورزی سنتی ظاهر شده است (Madani و همکاران، ۲۰۱۴b).

در استان سیستان و بلوچستان حوادثی نظیر سیل و خشکسالی به وفور به وقوع می پیوندد و شرایط ویژه هیدرولوژیکی و مکانی آن، تعیین کننده خصوصیات منحصر به فرد این استان می باشد. قرار گرفتن استان سیستان و بلوچستان در انتهای یک حوضه آبخیز بسته، سیستم پیچیده هیدرولوژیکی رودخانه هیرمند و تأمین نیاز زیست محیطی هامون در شرایط حاد، وزش بادهای ۱۲۰ روزه، بارندگی ناچیز سالانه (۵۰ میلی متر)، درجه حرارت بالا، خاک با نفوذپذیری کم و محدودیت منابع آب زیرزمینی از یک سو و منابع آب سطحی مشترک با کشور همسایه و عدم تسلط بر سرچشمه رود هیرمند در منطقه متعلق به ایران از سوی دیگر موقعیت ویژه این ناحیه را رقم زده است. بنابراین توجه به مفهوم تصمیم گیری چند معیاره

و استفاده از تحلیل آن، جایگاه ویژه ای در مدیریت یکپارچه منابع آب در استان سیستان و بلوچستان خواهد داشت. برای تصمیم گیری صحیح در بیشتر مسائل مدیریتی، عموماً اهداف و عوامل متعددی مطرح است و تصمیم گیران سعی دارند بین چند گزینه موجود بهترین گزینه را انتخاب نمایند (Hyde و همکاران، ۲۰۰۵). مدیریت پیچیده منابع آب نیز یکی از مسائل و نگرانی های مهم در هر کشور یا منطقه می باشد. مدیریت منابع آب، مجموعه ای از اقدامات با هدف بهره برداری بهینه از منابع آب و کاهش خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می باشد. تصمیم گیری در مورد مدیریت پایدار و یکپارچه منابع، نیازمند نگرش جامع به اثرات اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست محیطی می باشد (میان آبادی و افشار، ۱۳۹۰). مدیریت یکپارچه و سیاست گذاری آب در سطح جهان تا آغاز دهه ۱۹۸۰، صرفاً به دنبال عرضه آب بیشتر برای تأمین تقاضای جمعیت روبه رشد بود. متأثر از این رویکرد، مبنای توسعه منابع همواره تک منظوره بود و چنین رویکردی به روابط درونی و پیچیدگی های محیط طبیعی و انسانی و برهم کنش آنها توجهی نداشت. به عبارت دیگر طرح های توسعه صرفاً در پی کنترل فیزیکی آب در راستای منافع اقتصادی بودند و به تأثیرات زیست محیطی و اجتماعی توجه چندانی نمی شد. علاوه بر این مشارکت مردمی در فرآیندهای تصمیم گیری به ندرت وجود داشت. چنین رویکردی آثار نامطلوب و گاه جبران ناپذیری را بر اکوسیستم ها و جوامع بر جای می گذاشت (Madani و همکاران، ۲۰۱۴a). این امر جامعه جهانی را به واکنش و اتخاذ نگرشی جدید در مدیریت بخش آب وادار کرد. بنابراین ضرورت دارد افرادی با تخصص و مهارت مختلف همچون اقتصاد، محیط زیست، کشاورزی، جامعه شناختی و ... در تصمیم گیری منابع آب مداخله نمایند. خلاصه گزاره های مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM)^۲ در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول ۱- گزاره‌های مدیریت یکپارچه منابع آب (سردار شهرکی و همکاران، ۱۳۹۵).

گزاره‌ها	توضیحات
هدف IWRM	تلاش جهت برقراری تعادل و توازن میان عرضه و تقاضای آب، برقراری تعادل نیازهای اجتماعی، اقتصادی و محافظت زیست‌بوم.
معیارهای اصلی IWRM	بازدهی اقتصادی در استفاده، پایداری اکولوژیکی و زیست‌محیطی و مساوات.
رهیافت‌ها و خط‌مشی IWRM	مدیریت مبتنی بر عرضه آب: تأکید بر برداشت از منابع آب جهت تأمین نیازهای آبی با محوریت پاسخ به تقاضای در حال رشد. مدیریت جامع منابع آب: با هدف حفظ پایداری آب و اکوسیستم با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیطی. رهیافت راهبردی (استراتژیک): سه هدف حفظ کارایی اکوسیستم منابع آب شیرین، مدیریت مبتنی بر اکوسیستم و بررسی نحوه تخصیص آب.
محدودیت‌های IWRM	محدودیت طبیعی آب: توجه به منابع آب تجدید شونده با تأکید بر رشد جمعیت و سهم سرانه آب؛ محدودیت اجتماعی و فرهنگی: تأکید بر ویژگی‌های اجتماعی و فرهنگی بهره‌برداران مانند سن و تحصیلات آن‌ها. محدودیت اقتصادی: توجه به قیمت‌گذاری منطقی آب براساس ارزش کمیابی آب. محدودیت‌های طرف تقاضا: تأکید بر مالکیت، اصلاح و یکپارچه‌سازی اراضی و نظام بهره‌برداری کشاورزی. محدودیت آلودگی منابع آب: بررسی حجم پساب‌های کشور در بخش‌های مختلف بهره‌برداری آب.
چالش‌های عمده IWRM	عدم اولویت‌بندی و اجرای طرح‌های توسعه آبی، تهدید فزاینده در تخریب کیفیت منابع سطحی و زیرزمینی، محدودیت‌های اطلاعات پایه، گزینه‌های جدید توسعه با تأکید بر فن‌آوری نوین، بومی کردن فن‌آوری‌ها، تحلیل اثرات، محدودیت منابع آب، محدودیت‌های عمومی و ویژه اجتماعی، فرهنگی، ساختار بخش کشاورزی، زیرساخت‌های ضعیف مدیریت منابع آب.
اصول و قوانین حاکم بر IWRM	تخصیص تعادل، لزوم حل مسائل به طور صلح‌آمیز، لزوم آسیب نرساندن به مناطق ساحلی دیگر، مبادله اطلاعات، داده‌ها و آگاهی از تغییرات هیدرولوژیکی سایر حوضه‌ها.
ضرورت بهینه‌سازی IWRM	تدوین سیاست‌های مدیریت منابع آب، اقدامات مدیریتی برای دستیابی به این سیاست‌ها، ارزیابی اثرات آن‌ها.

در ادامه تعدادی از مطالعات انجام شده مرتبط با پژوهش حاضر بررسی شده است.

کشاورزی و همکاران (۱۳۹۰) به مقایسه روش‌های طبقه‌بندی بولین (دو ارزشی) و فازی در ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی منطقه زیاران پرداختند. در این تحقیق، ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی، با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی و با استفاده از روش وزن‌دهی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، با روش‌های رایج و سنتی ارزیابی اراضی مانند روش پارامتریک مقایسه شده است. مقایسه شاخص اراضی به‌دست آمده از روش‌های فازی و پارامتریک نشان داد، روش فازی در همه واحدهای اراضی، افزایش شاخص اراضی را به همراه دارد. همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده در سطح منطقه، برای روش مبتنی بر نظریه مجموعه‌های فازی ($r = 0.91$) با استفاده از روش AHP، بیشتر از روش پارامتریک ($r = 0.87$) بوده است. برشده و همکاران (۱۳۹۱) کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در مدیریت یکپارچه منابع آب غرب دریاچه ارومیه را بررسی کردند. در این تحقیق به‌منظور به‌کارگیری تکنیک‌های چند معیاره برای مدیریت یکپارچه منابع آب در غرب ارومیه، ۸ معیار تعیین شد. سپس وزن معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین و با استفاده از روش SAW^۴ و TOPSIS^۵ رتبه‌بندی شدند. با

تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در محیط تصمیم‌گیری است و با رعایت تعدادی از معیارهای تصمیم، مسائل را بررسی می‌نماید. این معیار به دو دسته کلی تصمیم‌گیری چند منظوره و تصمیم‌گیری چند شاخصه تقسیم می‌شود. هدف از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، انتخاب بهترین گزینه از بین مجموعه‌ای محدود از گزینه‌های موجود با توجه به معیارها و شاخص‌های تصمیم است.

دلایل استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب به شرح ذیل می‌باشد:

- دستیابی به اهداف و محورهای مختلف اسناد بالادستی موجود منابع آب،
- ارتباط موثر و مستقیم مسائل مدیریت منابع آب با سایر حوضه‌ها از قبیل: اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و...
- وجود شاخص‌ها و معیارهای متضاد در مسائل مدیریت منابع آب، و وجود سازمان‌ها، نهادها و مصرف‌کنندگان مختلف در مدیریت منابع آب،
- لزوم در نظر گرفتن پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح‌ها و برنامه‌های پیشنهادی به‌منظور انتخاب گزینه‌های برتر،
- وجود شاخص‌ها و معیارهای کیفی و غیرقابل اندازه‌گیری در مسائل مدیریت منابع آب (میان‌آبادی و افشار، ۱۳۹۰).

ترکیب حالت‌های مختلف گزینه‌ها، ۵ سناریو تعریف شد. اجرای این سناریو موجب ۵۰۰ میلیارد ریال صرفه‌جویی در اعتبارات عمرانی، جلوگیری از زیر آب رفتن روستاها، انتقال سالانه ۲۲۳ میلیون مترمکعب (۱۰ سال) زودتر به دریاچه ارومیه، تأمین نیاز آبی ذی‌نفعان، اطمینان حداکثری از کارایی پی سد به‌علت کاهش ارتفاع سد، تأمین آب مورد نیاز دریاچه با حداقل انتقال مستقیم و کاهش فشار اجتماعی بر فعالیت‌های توسعه‌ای وزارت نیرو در حوضه دریاچه ارومیه شده است.

طالبی و همکاران (۱۳۹۲) اولویت‌بندی تخصیص آب سد قشلاق سنج با استفاده از روش FAHP را بررسی کردند. به‌این منظور نخست ساختار مسأله تصمیم‌گیری طراحی، سپس گزینه‌های مختلف براساس معیارهای مطرح شده در تصمیم‌گیری با هم مقایسه و در نهایت اولویت انتخاب هر یک از آن‌ها مشخص شد. بنابراین سلسله مراتبی با اهداف متفاوت طراحی برای سه معیار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) در نظر گرفته شد. پس از ترسیم درخت سلسله مراتبی و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی برای معیارها و زیرمعیارها، گزینه‌های محاسبات برای تعیین وزن گزینه‌ها انجام شد. نتایج نشان داد معیار اقتصادی با وزن جزئی ۰/۲۵۱ نسبت به دو معیار دیگر بیشترین اهمیت را دارد. افزون بر این تخصیص آب به بخش کشاورزی با وزن نهایی ۰/۲۴۷ در اولویت اول قرار گرفت.

قائمی و همکاران (۱۳۹۵) روش‌های آموزش محیط‌زیست براساس مدل AHP را بررسی کردند. در این پژوهش ابزار نظرسنجی، پرسشنامه با طرح یک سوال در مقیاس چند گزینه‌ای-تک جوابی و جهت سنجش میزان علاقه کارکنان در خصوص انواع روش‌های معمول آموزشی در ادارات صورت پذیرفته است. نتایج حاصل از نظر سنجی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با در نظر گرفتن کلیه معیارهای تاثیرگذار در فرایند تصمیم‌گیری ارزیابی شد. در این مدل با روش دلفی و کسب نظر از افراد متخصص دانشگاهی در حوزه علوم تربیتی پارامترهای زمان، هزینه، افزایش سطح دانش، تعداد فراگیران، تغییر رفتار و وجود تعامل بین فراگیران به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب و رتبه‌بندی شدند. نتایج تحقیق نشان داد کارگاه آموزشی با وزن ۰/۵۱۵ دارای بالاترین امتیاز، گزینه‌های آموزش از راه دور با وزن ۰/۲۶۳ و سخنرانی با وزن ۰/۲۲۲ در اولویت‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند. همچنین در این تحقیق با تغییر در ارجحیت هر یک از معیارهای زمان، هزینه، افزایش سطح دانش، تعداد فراگیران، تغییر رفتار و وجود تعامل بین فراگیران، اولویت روش‌های آموزشی به‌صورت کمی قابل محاسبه می‌باشد. به‌طوری‌که با هدف افزایش تعداد فراگیران (تغییر درصد وزنی معیار فراگیران از ۷/۶ به ۳۷/۸) آموزش از راه دور نسبت به کارگاه‌های آموزشی و سخنرانی اولویت

بیشتری دارد. به‌این‌ترتیب با هدف افزایش سطح دانش (تغییر درصد وزنی معیار دانش از ۱۶/۹ به ۶۰/۳) سخنرانی دارای اولویت بالاتری نسبت به کارگاه‌های آموزشی و آموزش از راه دور خواهد داشت.

صادقی گوغری و احمدپور برازجانی (۱۳۹۵) الگوی بهینه زراعی را با تأکید بر پایداری منابع طبیعی و محیط‌زیست در منطقه ارزوئیه تعیین کردند. در این پژوهش چهار آرمان فازی شامل بهینه کردن سود، کمینه کردن مصرف آب آبیاری، کمینه کردن کود و سموم در قالب چهار سناریو بررسی شد و چهار الگوی بهینه کشت با اعمال وزن‌های متفاوت به آرمان‌ها به‌دست آمد. نتایج نشان داد در سناریوهایی که حفظ منابع طبیعی و پایداری تولید در اولویت قرار می‌گیرد، محصولاتی که آب، کود و سم کمتری مصرف می‌کنند بیشتر وارد الگوی کشت می‌شوند.

پورخباز و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری تعاملی AHP و Fuzzy AHP به روش آنالیز سیستمی، به مدل‌سازی اکولوژیک توسعه شهری پرداختند. آن‌ها این مطالعه را با هدف تعیین نقاط مناسب جهت توسعه شهری، براساس شاخص‌های مدل ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری ایران را در حاشیه شهر اراک انجام دادند. به‌این‌منظور از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و فازی AHP جهت تعیین وزن معیارها و توابع عضویت فازی برای استانداردسازی آن‌ها استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که از مجموع کل مساحت منطقه به روش FAHP، ۶۳٪ دارای اراضی با توان درجه یک و ۱۲٪ دارای اراضی نامناسب برای کاربری توسعه شهری هستند. همچنین به روش AHP، ۶۵٪ دارای توان درجه یک و ۲۱٪ دارای اراضی نامناسب است. نتایج کنترل طبقات مدل توسعه شهری در این مطالعه ضمن تأیید مدل تصمیم‌گیری سلسله مراتبی AHP در منطقه مورد مطالعه مشخص نمود که روش تصمیم‌گیری چندمعیاره FAHP بهترین روش ارزیابی است. این روش عمل ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین را با دقت بیشتری مدل‌سازی کرده و تطابق بیشتری با واقعیت زمینی داشته است.

سخدري و ضیایی (۱۳۹۷) اولویت‌های توسعه بخش کشاورزی استان خراسان رضوی را تحت رویکرد تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بررسی کردند. این مطالعه، تلاش برای رسیدن به یک الگوی کاربردی جهت تدوین اولویت‌ها و تخصیص منابع استان خراسان رضوی در بخش کشاورزی است. باتوجه‌به نتایج پژوهش تولید زعفران به‌عنوان اولویت نخست و تولید غلات، تولید دام، تولید خشکبار، تولید محصولات باغی، تولید زنبور عسل و در نهایت، تولید صیفی‌جات به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی بخش کشاورزی استان خراسان رضوی قرار گرفتند. این

رویگرد در زمینه‌های گوناگون بسیار استفاده شده است. از دیگر دستاوردهای این پژوهش استفاده از یک روش تئوریک به‌صورت کاربردی است که می‌تواند مقدمه‌ای برای گام‌های بعدی و به‌کارگیری این روش در ابعاد گوناگون باشد. بهمن‌پوری و سلطانی (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای به کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در مدیریت یکپارچه منابع آب شهرستان نیریز پرداختند. آن‌ها دریافتند، معیار اقتصادی و اجتماعی به‌ترتیب با وزن $0/357$ و $0/358$ بیشترین تاثیر را در فرآیند ارزیابی دارد و معیارهای زیست‌محیطی و فنی به ترتیب با وزن‌های $0/193$ و $0/91$ رتبه‌های بعدی تاثیرگذاری را دارند. از میان راهکارهای تدوین شده، تغییر کاربری آب با امتیاز $0/682$ در رتبه نخست و راهکار افزایش تغذیه و کاهش تخلیه سفره‌های آب زیرزمینی با امتیاز $0/638$ در رتبه دوم قرار دارد.

Chen و Hwang (۱۹۹۲) در کتاب تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، روش‌های مختلفی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها با در نظر گرفتن معیارهای مختلف در شرایطی که فقط یک تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد ارائه کردند. آن‌ها، شاخص‌های کارایی سیستم را به‌صورت مکانی و زمانی تعیین کردند. Bournaski و همکاران (۲۰۰۶) به‌منظور مدیریت کیفیت آب رودخانه مستا در کشور بلغارستان یک مدل حمایتی تصمیم‌گیری طراحی کردند. آنان ضمن معرفی استفاده‌های جایگزین از آب رودخانه، به‌منظور بهبود کیفیت آب رودخانه، دوازده معیار اقتصادی و زیست‌محیطی را در نظر گرفته و در قالب تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل حمایتی تصمیم‌گیری را طراحی و محاسبه کردند. نتایج نشان داد، معیارهای زیست‌محیطی نسبت به معیارهای اقتصادی وزن بیشتری دارند.

Alizadeh و همکاران (۲۰۱۷) مدیریت هیدرو زیست‌محیطی منابع آب زیرزمینی براساس یک رویکرد سازش چند منظوره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی فازی را بررسی کردند. این مطالعه رویکرد جدیدی در رابطه با تعیین سیاست‌های بهینه اجتماعی برای مدیریت هیدرو زیست‌محیطی منابع آب زیرزمینی ارائه می‌دهد، که همزمان درگیری و مذاکره ذی‌نفعان درگیر، عدم قطعیت در ترجیحات تصمیم‌گیرندگان، را مورد توجه قرار می‌دهد. عدم قطعیت در پارامترهای آب زیرزمینی و مشکلات کیفیت و کمیت آب زیرزمینی، مدل بهینه‌سازی شبیه‌سازی چند هدفه فازی بر اساس مدل شبیه‌سازی آب‌های زیرزمینی کمی و کیفی (MODFLOW و MT3D)، مدل بهینه‌سازی چندهدفه (NSGA-II)، آنالیز مونت کارلو و روش تبدیل فازی (FTM) ساخته شده است. بهترین راه‌حل‌های سازش (بهترین سیاست‌های مدیریتی) در منحنی‌های معامله با استفاده از چهار معیار اجتماعی مختلف انتخاب و به روش فازی (FSC) تعیین می‌شود. سرانجام، روش چانه‌زنی به‌منظور ارائه مطلوب‌ترین روش FSC

به‌کار برده می‌شود. نتایج نشان داد پایدارترین سیاست، تخصیص در مدیریت منابع آب زیرزمینی است.

Muhammet و همکاران (۲۰۱۸) چارچوب ارزیابی ریسک را مبتنی بر Fine-Kinney با استفاده از FAHP-FVIKOR طراحی کردند. در این روش، ارزیابی ریسک با استفاده از یک فرایند سلسله مراتبی تحلیلی فازی (FAHP) با VIKOR فازی (FVIKOR) انجام شده است. در این پژوهش با مقایسه روش مذکور با روش کلاسیک و روش فازی برای شباهت یک راه‌حل ایده‌آل (FTOPSIS) بحث شده است. نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی در کمک به ذی‌نفعان برای تعیین سیاست‌های کنترل ریسک برای اعتبارسنجی و اثربخشی کنترل‌های ریسک موثر است.

Amit و Bhanu (۲۰۱۹) حساسیت مدل تصمیم‌گیری فرایند تجزیه و تحلیل فازی (FAHP) برای استخراج معادن زیر زمینی را تجزیه و تحلیل نمودند. هدف از این مطالعه بررسی حساسیت در تصمیم‌گیری است که منجر به انتخاب روش استخراج معادن زیرزمینی مناسب با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) می‌شود. در این مدل شانزده معیار بررسی شد و در نهایت هفت معیار به‌عنوان مناسب‌ترین معیارها انتخاب شد. این مدل از سه لایه تشکیل شده است. لایه اول نشان‌دهنده معیارها (عوامل تاثیرگذار بر روش معدن)، لایه دوم نشان‌دهنده (طبقه‌بندی عوامل) و لایه سوم نشان‌دهنده جایگزینی (روش استخراج) است. اولویت روش‌های مختلف استخراج معدن بر اساس وزن تعیین شد. وزن هفت روش معدن با استفاده از عامل فزاینده مختلف تحت رویکردهای مختلف تصمیم‌گیری (خوش‌بینانه، بدبینانه و بی‌طرفانه) تعیین و حساسیت نتایج تصمیم‌گیری به‌منظور درک استحکام مدل تجزیه و تحلیل شد.

Abdullah و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی فازی (FAHP) رودخانه کیفیت آب‌های سطحی را با دو رویکرد متفاوت ارزیابی کردند. رویکرد اول، طبقه‌بندی نمونه‌های آب توسط شاخص کیفیت سنتی آب را تعیین می‌کند و رویکرد دوم به کمک طبقه‌بندی فازی (MFL) در تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی آب متمرکز شده است. برای این مورد، وزن نسبی پارامتر کیفیت آب بر اساس فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) محاسبه می‌شود. در روش ارزیابی کیفیت آب فازی، توابع عضویت دوزنقه‌ای به دلیل بالاترین دقت طبقه‌بندی آن استفاده می‌شود. همچنین، می‌تواند رفتار پویای پارامترهای کیفیت آب را توصیف کند. نتایج حاصل نشان می‌دهد آب‌های سطحی رودخانه وضعیت مطلوبی دارند. علاوه‌براین کیفیت نمونه آب از منطقه معدن به‌طور متوسط تا خوب یافت می‌شود. ازاین‌رو از این روش می‌توان برای نظارت بر مشکل کیفیت آب به‌صورت محلی یا منطقه‌ای استفاده کرد.

گزینه ترسیم می‌شود.

گام (۲) تشکیل ماتریس قضاوت زوجی: ماتریس‌های توافقی بر طبق درخت تصمیم و با استفاده از نظرات خبرگان در قالب اعداد فازی مثلثی تشکیل می‌شود.

گام (۳) میانگین حسابی نظرات: میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان طبق ماتریس زیر تشکیل می‌شود (اصغری‌پور، ۱۳۸۱):

$$\begin{bmatrix} (1,1,1) & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & (1,1,1) & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$a_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{ij}} a_{ijk}}{n_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

گام (۴) محاسبه مجموع عناصر سطر:

$$S_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

گام (۵) نرمالایز کردن:

$$M_i = S_i \emptyset [\sum_{i=1}^n S_i]^{-1} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

در صورتی که S_i به صورت (I_i, m_i, H_i) نشان داده شود، رابطه فوق به صورت ذیل محاسبه خواهد شد:

$$M_i = \left(I_i / \sum_{i=1}^n I_i, m_i / \sum_{i=1}^n m_i, H_i / \sum_{i=1}^n H_i \right) \quad (5)$$

گام (۶) تعیین درجه احتمال بزرگتر بودن: درجه احتمال بزرگتر بودن هر μ_i نسبت به سایر μ_k ها محاسبه و بیان می‌شود.

$$d'(A_i) = \min V(M_t \geq M_k) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad k \neq i \quad (6)$$

بنابراین بردار وزن ماتریس به صورت زیر به دست می‌آید:

$$W' = [d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n)]^T \quad (7)$$

گام (۷) نرمالایز کردن:

$$w_i = \left(d'(A_1) / \sum_{i=1}^n d'(A_i), d'(A_2) / \sum_{i=1}^n d'(A_i), \dots, d'(A_n) / \sum_{i=1}^n d'(A_i) \right)^T \quad (8)$$

وزن‌های فوق، وزن قطعی (غیرفازی) هستند. با تکرار این فرآیند دوران تمامی ماتریس‌ها به دست می‌آید.

گام (۸) ترکیب اوزان: با ترکیب وزن‌های گزینه و معیارها، وزن نهایی گزینه به دست خواهد آمد (زنجرچی، ۱۳۹۳).

$$u_i = \sum_{j=1}^n w_i r_{ij} \quad \forall j \quad (9)$$

در جدول (۲) شاخص‌ها و گزینه‌های به کار گرفته شده در این مطالعه ارائه شده است. جهت بررسی و اجرای فرآیند مدل، شاخص‌ها و گزینه‌ها با استفاده از نظرات ۱۰ کارشناس خبره سازمان شرکت آب منطقه‌ای، سازمان جهادکشاورزی و سازمان محیط زیست تعیین و مصاحبه حضوری با آنها انجام شد.

Zadeh (۱۹۶۵) برای بیان متغیرهای زبانی و مفاهیم تقریبی به صورت کمی تئوری فازی را مطرح نمود. این تئوری بیان می‌کند اگر x مجموعه مرجع باشد، آنگاه مجموعه A در x به صورت مجموعه دو عضوی $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$ بیان می‌شود که $\mu_A(x)$ بیانگر درجه عضویت x در مجموعه فازی A و عددی بین صفر تا یک است. به عبارت دیگر X جز مجموعه فازی A با یک درجه عضویت است. جهت تعمیم مفاهیم ریاضی قطعی به مجموعه‌های فازی از اصل گسترش استفاده می‌شود. دو عدد متعارف فازی عبارتند از: عدد فازی مثلثی و عدد فازی دوزنقه‌ای. عدد فازی $A = (a, b, c)$ را یک عدد فازی مثلثی گویند به طوری که تابع عضویت آن در بازه $[a, b]$ اکیداً صعودی و برابر $\mu_A(x) = (x-a)/(b-a)$ و در بازه $[b, c]$ اکیداً نزولی و برابر $\mu_A(x) = (c-x)/(c-b)$ باشد. در اینجا b بعد میانی a و c به ترتیب پای چپ و پای راست عدد فازی مثلثی می‌باشد. همچنین عدد فازی $A = (a, b, c, d)$ را یک عدد فازی دوزنقه‌ای گویند به طوری که تابع عضویت آن در بازه $[a, b]$ اکیداً صعودی برابر $\mu_A(x) = (x-a)/(b-a)$ ، در بازه $[b, c]$ واحد و یکسان، و در بازه $[c, d]$ اکیداً نزولی و برابر $\mu_A(x) = (d-x)/(d-c)$ باشد. b و c به ترتیب پای راست و پای چپ عدد فازی دوزنقه‌ای می‌باشد (اصغری‌پور، ۱۳۸۱). جهت به کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی تحت منطق فازی روش‌های متعددی پیشنهاد شده است.

اولین تلاش‌ها برای فازی کردن AHP توسط Pedrycz و Laarhove (۱۹۸۳) بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی انجام شد. اما تعداد محاسبات و پیچیدگی در این روش سبب شد که چندان مورد استفاده قرار نگیرد. Chang (۱۹۹۶) روش‌های ساده‌تری برای فازی نمودن AHP به صورت فازی تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای (EA) ارائه کرد، اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد فازی مثلثی بودند. Weck و همکاران (۱۹۹۷) با افزودن ریاضیات منطق فازی به روش کلاسیک AHP روشی را جهت ارزیابی گزینه‌های متفاوت سیکل تولیدی ارائه کردند. در این روش ارزیابی هر سیکل تولیدی به صورت یک مجموعه فازی به دست می‌آید. سپس این ارزیابی‌های فازی با شکل‌دهی مرکز ثقل هر مجموعه فازی، غیرفازی شده و در نهایت سیکل‌های متناوب تولیدی با توجه به هدف اصلی مساله به ترتیب رتبه‌بندی می‌شوند. در روش‌های نامبرده بررسی سازگاری فرایند با مشکل مواجه شده و نیاز به بررسی سازگاری خواهد بود (Weck و همکاران، ۱۹۹۷).

مراحل اجرای روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) به شرح ذیل می‌باشد:

گام (۱) ترسیم درخت سلسله مراتبی، در این مرحله ساختار سلسله مراتب تصمیم با استفاده از سطوح هدف معیار و

کشاورزی، محیط‌زیست، شرب، صنعت و خدمات و تفریحی و گردشگری در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- گزینه‌های تحت بررسی براساس تکنیک‌های چندشاخصه

نام گزینه	شرح
A1	کشاورزی
A2	محیط‌زیست
A3	شرب
A4	صنعت و خدمات
A5	تفریحی و گردشگری

جدول ۲- شاخص‌های مورد بررسی جهت اولویت‌بندی تخصیص آب

نام شاخص	شرح	نام شاخص	شرح
C6	افزایش جمعیت	C1	درآمدزایی
C7	اکوسیستم پایین‌دست	C2	سطح زیرکشت
C8	کیفیت آب	C3	جذب توریسم
C9	تثبیت ریزگردها	C4	اشتغال زایی
		C5	سطح رفاه

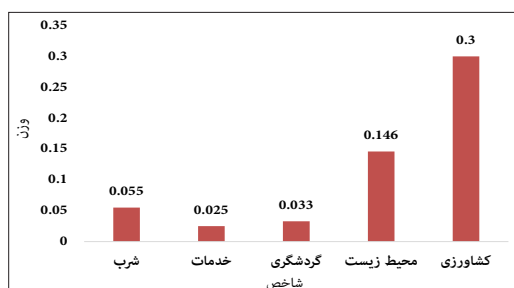
گزینه‌های مورد مطالعه (ذی‌نفعان) تحت رویکردهای مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بر اساس شاخص‌های مختلف

نتایج و بحث

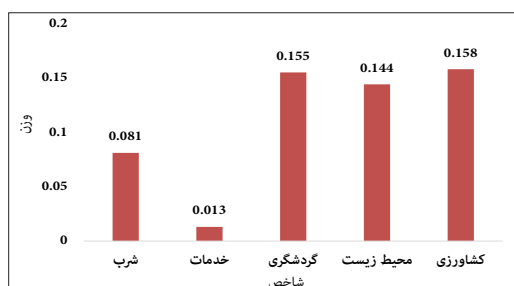
اطلاعات مورد نیاز با تکمیل پرسشنامه و نظرخواهی از ۲۵ کارشناس خبره سازمان‌های مرتبط جمع‌آوری شد. بعد از بررسی روایی و پایایی پرسشنامه‌ها از اطلاعات آن‌ها جهت مدل‌سازی استفاده شد. در ادامه نتایج حاصل از مدل‌سازی تکنیک FAHP تحت رویکردهای مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ارائه شده است.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در مطالعه حاضر بر اساس سه رویکرد مدیریتی: (۱) اقتصادی؛ (۲) اجتماعی؛ (۳) زیست‌محیطی انجام گرفت. شاخص‌های اقتصادی عبارتند از: سودآوری، سطح زیرکشت و الگوی کشت؛ شاخص‌های اجتماعی عبارتند از: اشتغال‌زایی، سطح رفاه و جمعیت و شاخص‌های زیست‌محیطی عبارتند از: حفظ منابع آب، اکوسیستم پایین‌دست و تثبیت ریزگردها. نتایج نهایی تحلیل سلسله مراتبی فازی براساس رویکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در شکل‌های (۱)، (۲ و ۳) ارائه شده است.

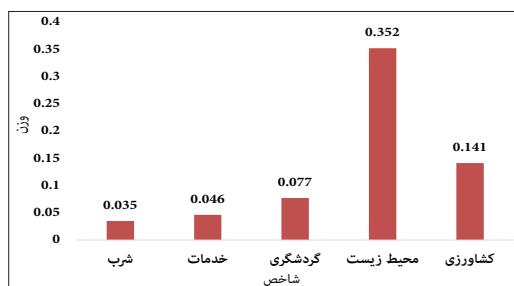
باتوجه به شکل (۱)، در صورتی که در امر تخصیص آب، جنبه اقتصادی بیشترین اهمیت را داشته باشد، بخش‌های کشاورزی و محیط‌زیست به دلیل داشتن بالاترین سهم در درآمدزایی و تأمین معاش مردم استان سیستان و بلوچستان در اولویت قرار خواهند گرفت.



شکل ۱- اولویت‌بندی تخصیص بهینه آب به بخش‌های مختلف تحت رویکرد اقتصادی



شکل ۲- اولویت‌بندی تخصیص بهینه آب به بخش‌های مختلف تحت رویکرد اجتماعی



شکل ۳- اولویت‌بندی تخصیص بهینه آب به بخش‌های مختلف تحت رویکرد زیست‌محیطی

در شکل (۲)، نتایج حاصل از تخصیص بهینه آب مخازن چاه نیمه براساس رویکرد اجتماعی و با استفاده از روش FAHP ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، بر اساس رویکرد اجتماعی، همچنان بخش کشاورزی در اولویت تخصیص منابع آب مخازن چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان با وزن ۰/۱۵۸ قرار دارد. اما وزن بخش کشاورزی در رویکرد اجتماعی نسبت به رویکرد اقتصادی کاهش داشته است. اولویت دوم تخصیص آب، در رویکرد اجتماعی به بخش تفریحی و گردشگری تعلق دارد و نشان‌دهنده اهمیت این بخش در این رویکرد است. در این رویکرد، بخش تفریحی و گردشگری نسبت به رویکرد اقتصادی در جایگاه بالاتری قرار گرفته است. در رویکرد اجتماعی بخش محیط‌زیست نسبت به رویکرد اقتصادی در رتبه پایین‌تری قرار گرفت و در رتبه سوم تخصیص منابع آب چاه نیمه قرار دارد.

در شکل (۳)، نتایج حاصل از تخصیص بهینه آب مخازن چاه نیمه براساس رویکرد زیست‌محیطی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نشان داده شده است. در این شکل، بر خلاف شکل‌های (۱) و (۲) که نشان‌دهنده رویکردهای اقتصادی و اجتماعی است، در رویکرد زیست‌محیطی، بخش محیط‌زیست به دلیل اهمیت در این رویکرد با وزن ۰/۳۵۲ بالاترین اولویت تخصیص را دارد. بخش کشاورزی در این رویکرد در جایگاه دوم و بخش‌های تفریحی و گردشگری و ... در رتبه‌های بعدی قرار دارند. از آنجایی که در رویکرد زیست‌محیطی اهمیت تالاب‌ها و محیط‌زیست منطقه مدنظر است، توجه و نظارت ویژه کارشناسان مربوطه به این بخش بیشتر است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در پژوهش حاضر اولویت‌بندی تخصیص منابع آب مخازن چاه نیمه در استان سیستان و بلوچستان بین مصارف شرب، خدمات، گردشگری، محیط‌زیست و کشاورزی مدنظر بوده است. شاخص‌های بررسی شده طبق نظرات کارشناسان خیره براساس ۴ رویکرد مدیریتی: اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی تنظیم شده است. همچنین مدل‌سازی مورد نظر تحت ۳ رویکرد مهم اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی انجام شد. در این مطالعه اولویت‌بندی بهره‌برداری منابع آب استان سیستان و بلوچستان با استفاده از ۹ شاخص مهم برای تعیین وزن نهایی مصارف مختلف با استفاده از روش FAHP انجام شد. باتوجه به اینکه بخش کشاورزی بیشترین وزن را در بین ۲ رویکرد اقتصادی و اجتماعی داشته است؛ لذا عرضه آب به بخش کشاورزی به‌طور مستقیم بر اقتصاد کشاورزی و به‌طور غیرمستقیم بر کل اقتصاد منطقه اثر معنی‌داری

دارد. این یافته بیانگر اهمیت بخش کشاورزی در اقتصاد و شرایط اجتماعی منطقه است. باتوجه به اینکه شغل اکثریت مردم استان سیستان و بلوچستان کشاورزی می‌باشد، از طرفی در رویکردهای اقتصادی و اجتماعی بخش کشاورزی در رتبه اول قرار گرفت لذا توجه مسئولان مربوطه جهت رونق این بخش را بیش‌ازپیش می‌طلبند. اطلاعات کتابخانه‌ای برای هر تحقیق و مطالعه‌ای ضروری است، عدم وجود این اطلاعات از جمله محدودیت‌هایی است که این تحقیق با آن مواجه بود. در کسب اطلاعات مورد نیاز از سازمان جهاد کشاورزی استان و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان‌های استان سیستان و بلوچستان به علت عدم هماهنگی‌ها و عدم توجه مسئولین مربوطه مشکلاتی نظیر عدم دسترسی به جمع‌آوری داده‌های این تحقیق و عدم همکاری کارشناسان مربوطه در پاسخ به پرسش‌های موجود در پرسشنامه وجود داشت. در ادامه جهت بهبود کارهای تحقیقی آینده در زمینه مقاله حاضر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تصمیم‌گیری چند شاخصه، توانایی ایجاد یک محیط تصمیم‌گیری مناسب و زمینه تدوین سناریوهای مختلف مدیریتی را فراهم می‌آورد. بنابراین به متولیان تخصیص آب در سطح منطقه توصیه می‌شود، جهت مدیریت و بهره‌برداری بهینه از سدهای مخزنی و سایر منابع آبی این روش‌ها را مورد توجه قرار دهند.

- با مصاحبه با کارشناسان مربوط مشخص شد، برنامه مدونی برای بهره‌برداری آب باتوجه به شرایط بحرانی آن در استان سیستان و بلوچستان وجود ندارد. لذا پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاری‌ها، راهبردهای بلندمدت و برنامه‌های آتی در خصوص تخصیص و بهره‌برداری آب، باتوجه به شرایط کنونی منطقه تدوین شود.

- باتوجه به اولویت‌های به‌دست آمده از نتایج این مطالعه، می‌توان با تجهیز و بازسازی و احداث تفرجگاه‌ها، مکان‌های تفریحی و استراحتگاه‌ها به اهداف متعددی از قبیل جذب گردشگر در استان سیستان و بلوچستان که به نوبه خود در رونق اقتصادی تأثیر به‌سزایی دارد، دست یافت.

پی‌نوشت

- 1- Multi criteria decision making Method (MCDM).
- 2- Fuzzy Analytical Hierarchy process (FAHP).
- 3- Integrated resource water management (IRWM).
- 4- Simple additive weighting (SAW).
- 5- Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).

- رتبه‌بندی طرح‌های تامین آب شهری. فصلنامه آب و فاضلاب، ۱۹(۶۶): ۳۴-۴۵.
- وزارت نیرو. ۱۳۹۰. گزارش برنامه‌ریزی منابع آب رودخانه و مخازن چاه نیمه‌های سیستان. جلد دوم. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان. زابل.
- Alizadeh M.R., Nikoo M.R. and Rakhshandehroo G.Reza. 2017. Hydro-environmental management of groundwater resources: A fuzzy-based multi-objective compromise approach. *Journal of Hydrology*, 55(1): 540-554.
- Abdullah A., MFarhad H. and Azad Sohail MD. 2019. Assessment of surface water quality using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP): A case study of Piyain River's sand and gravel quarry mining area in Jaflong, Sylhet. *Journal Ground Water for Sustainable Development*, 9(2): 100-208.
- Bhanu C. and Amit K.G. 2019. Sensitivity analysis of fuzzy-analytic hierarchical process (FAHP) decision-making model in selection of underground metal mining method. *Journal of Sustainable Minig*, 18(1): 8-17.
- Bournaski E.G., Kirilov L.M., Iliev R.S. and Diadovski I. (2006). Decision support for water quality management, *International conference on computer systems and technologies*. University of Veliko Tarnovo, Bulgaria.
- Chen S.J. and Hwang C.L. 1992. Fuzzy multiple attribute decision making. Part of the *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* book series. Springer, 375.
- Chang D.Y. 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95: 649-655.
- Hyde K.M., Maier H.R. and Colby C.B. 2005. A Distance-Based Uncertainty Analysis Approach to Multi Criteria Decision Analysis for Water Resource Decision Making. *Journal of Environmental Management*, 77(4): 278-290.
- Laarhoven V. and Pedrycz W. 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Journal Of Fuzzy set sand systems*, 11(3): 229-241.
- Madani K, mohammadi M., Mokhtari S., Moradi اصغرپور، م. ج. ۱۳۸۱. تصمیم‌گیری چندمعیاره. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران.
- برشنده، س.، شمسانی، ا. و علی‌محمدی، ع. ۱۳۹۱. کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت یکپارچه منابع آب غرب دریاچه ارومیه. یازدهمین کنفرانس بین‌المللی هیدرولیک ایران. دانشگاه ارومیه، ارومیه.
- بهمن‌پوری، ص. و سلطانی، غ. ۱۳۹۷. کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در مدیریت یکپارچه منابع آب شهرستان نیریز. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۰۵-۱۲۴.
- پورخباز، ح.، کمانی، س.، جوامردی، س. و یوسفی خانقاه، ش. ۱۳۹۶. مدل‌سازی اکولوژیک توسعه شهری با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری تعاملی AHP و Fuzzy AHP مطالعه موردی حاشیه شهر اراک. نشریه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۳۳(۲۱): ۱-۱۶۵.
- زنجیرچی، س. ۱۳۹۳. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی. چاپ دوم. انتشارات صناعی شهیمیرزادی. تهران.
- سخت‌داری، ح. و ضیایی، س. ۱۳۹۷. اولویت‌های توسعه بخش کشاورزی استان خراسان رضوی: رویکرد تحلیل سلسله مراتبی (AHP). مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۰۷-۲۲۴.
- سردار شهرکی، ع.، شهرکی، ج. و هاشمی منفرد، س. آ. ۱۳۹۵. بررسی رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی. پژوهش‌های مدیریت عمومی، ۳۱(۹): ۷۳-۹۸.
- صادقی گوغری، ب. و احمدپوربرازجانی، م. ۱۳۹۵. تعیین الگوی بهینه زراعی با تأکید بر پایداری منابع طبیعی و محیط‌زیست در منطقه ارزوئیه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۶(۴): ۱۸۵-۱۹۵.
- طالبی، ع.، قربانی، م. و دانش‌فراز، ر. ۱۳۹۲. اولویت‌بندی تخصیص آب سد قشلاق سنندج با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP). اولین همایش ملی بهینه‌سازی مصرف آب. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.
- قائم، پ.، شبیری، س.م.، لاریجانی، م. و رکرک، ب. ۱۳۹۵. ارزیابی روش‌های آموزش محیط‌زیست بر اساس مدل AHP. نشریه آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۴(۳): ۳۳-۴۴.
- کشاورزی، ع.، سرمیدیان، ف. و حیدری، ا. ۱۳۹۰. مقایسه روش‌های طبقه‌بندی بولین (دو ارزشی) و فازی در ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (بررسی موردی: منطقه زیاران). نشریه مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران). ۶۴(۴): ۴۶۳-۴۷۶.
- میان‌آبادی، ح. و افشار، ع. ۱۳۹۰. تصمیم‌گیری چندشاخصه در

- Fine-Kinney-based risk assessment framework using FAHP-FVIKOR incorporation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 5(3): 3-16.
- Weck M., Klocke F., Schell H. and Roenauver E. 1997. Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method". *European Journal of Operational Research*, 100(2): 351-366.
- Zadeh L.A. 1965. "Fuzzy Sets." *Information and Control*, 8(3): 338-353.
- M. and Xanthopoulos P. 2014a. Social Planner's Solution for the Caspian Sea Conflict, Group Decision and Negotiation. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4(23): 579-596.
- Madani K, Zarezadeh M. and Morid S. 2014b. A new framework for resolving conflicts over transboundary rivers using bankruptcy methods. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, 18(8): 30-55.
- Muhammet G., Busra G. and Ali F.G. 2018. A new

The Monitoring Importance on Operation of Drip Irrigation Systems (Case Study: Faryab County - Jiroft)

R. Dehghani Dashtabi^{1*}, V. Barkhordari², M. Jahani³, S.H. Mirhashemi⁴

1-Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Shiraz University, Iran. 2-Ph.D. of Agrotechnology, Islamic Azad University of Yazd, Iran. 3- B.Sc of Irrigation and Drainage, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. 4- Ph.D of Irrigation and Drainage, Zabol University, Iran.

*(Corresponding Author Email: rahimeh.dehghany@yahoo.com)

Received: 30-12-2019

Accepted: 01-03-2020

اهمیت نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان فاریاب - جیرفت)

رحیمه دهقانی دشتابی^{۱*}، وحدت برخوردار^۲، میلاد جهانی^۳، سید حسن میرهاشمی^۴

۱ - دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شیراز. ۲- دانش‌آموخته دکتری آگروتکنولوژی، دانشگاه آزاد یزد. ۳- دانش‌آموخته کارشناسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۴- دانش‌آموخته دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه زابل.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: rahimeh.dehghany@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۰۹

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۱

Abstract

Design operations and implementation of irrigation systems are usually done by experienced people with spending time, precision and high energy. But unfortunately, operation and continuous use of these systems done by farmers that they have little information about the operation and maintenance of irrigation systems and efficient irrigation management, that is an important part of operation of these systems, is not done properly. This study is done during the crop year 2017-18 in Faryab county in Kerman province and in fields equipped with drip irrigation systems. In this regard, the dominant agricultural products in the county including corn, wheat, rapeseed and watermelon, were examined. To do this research, two methods were examined and compared: 1- Projects that so far were without supervision on operation management of drip irrigation systems. 2- Projects that they were introduced by the Agricultural Jihad to monitor the operation management of drip irrigation systems. These projects for one crop year and according to the rules of description of monitoring services on the operation of drip irrigation systems, about the proper operation and maintenance of different parts of the irrigation system, proper irrigation management, also familiarity of beneficiaries with equipment and connections and their warranty, Necessary training was given to the beneficiaries in each project. Finally, by determining the volume of irrigation water, crop yield and costs, each crop per hectare was examined and evaluated. The results of the study showed that by monitoring the operation of irrigation systems, in addition to significant water savings and increasing crop yield, it also increased the physical and economic efficiency of water consumption.

Keywords: The Volume of Water Consumed, Water Consumption Efficiency, Economic Productivity, Crop Products.

چکیده

عملیات طراحی و اجرای سامانه‌های آبیاری معمولاً توسط افراد با تجربه و با صرف وقت، دقت و انرژی زیاد صورت می‌گیرد. اما متأسفانه بهره‌برداری و استفاده مداوم از این سامانه‌ها توسط کشاورزان صورت می‌گیرد که اطلاعات اندکی در زمینه بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های آبیاری دارند و مدیریت کارآمد آبیاری که بخش مهم بهره‌برداری از این سامانه‌ها است به درستی انجام نمی‌شود. این پژوهش در طول سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، شهرستان فاریاب واقع در استان کرمان و در مزارع مجهز به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای انجام شد. در این راستا محصولات زراعی غالب در شهرستان شامل ذرت، گندم، کلزا و هندوانه مورد بررسی قرار گرفتند. جهت انجام این تحقیق دو روش مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت: ۱- پروژه‌هایی که تاکنون بدون انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بودند. ۲- پروژه‌هایی که جهت انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای از سوی جهاد کشاورزی معرفی شدند. این پروژه‌ها به مدت یکسال زراعی و با توجه به ضوابط شرح خدمات نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، در خصوص بهره‌برداری و نگهداری صحیح از قسمت‌های مختلف سامانه آبیاری، مدیریت صحیح آبیاری و همچنین آشنایی بهره‌برداران با لوازم و اتصالات و ضمانت‌نامه آنها، آموزش‌های لازم به بهره‌برداران هر پروژه داده شد. در نهایت با تعیین حجم آب آبیاری، میزان عملکرد محصول و هزینه‌های انجام شده، هر کدام از محصولات در واحد هکتار بررسی و ارزیابی شدند. نتایج مطالعه نشان داد که با انجام نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری علاوه بر صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف آب و افزایش عملکرد محصول، موجب افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب نیز می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: حجم آب مصرفی، بهره‌وری مصرف آب، بهره‌وری اقتصادی، محصولات زراعی.

یکی از راهکارهای مؤثر در جهت تعدیل شرایط کم‌آبی و استفاده بهینه از منابع آب موجود در کشور، استفاده از سامانه‌های آبیاری، مانند سامانه آبیاری قطره‌ای می‌باشد. موفقیت یک سامانه آبیاری قطره‌ای در صورتی است که خوب طراحی و اجرا شود. در بیشتر مواقع برقراری توأم این دو شرط، اتفاق نمی‌افتد و سامانه قادر به ارائه تمام پتانسیل خود نیست. به همین دلیل وضعیت کارکرد سامانه آبیاری باید مورد ارزیابی قرار گیرد. آبیاری‌های تحت فشار یکی از راه‌های مؤثر برای استفاده بهینه از منابع محدود آب و افزایش راندمان سامانه می‌باشد (پیری، ۱۳۹۱).

اهمیت جمع‌آوری اطلاعات و انجام مطالعات برای تخمین راندمان سامانه‌های آبیاری و ارزیابی عملکرد آنها در کشور کاملاً واضح و ضروری است. استفاده از این اطلاعات می‌تواند در سطح ملی کمک شایانی در برنامه‌ریزی آب مورد نیاز بخش کشاورزی و افزایش درصد موفقیت پروژه‌های آبیاری داشته باشد و موجب بهبود و اصلاح راندمان آبیاری در سطح کشور شود (سهرابی و عباسی، ۱۳۸۸). Rao و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود نشان دادند که بهبود و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در کشورهای در حال توسعه که از وضعیت سطح آب زیرزمینی مناسبی برخوردار نمی‌باشند، یکی از مهم‌ترین راهکارهایی است که می‌توان انجام داد. افزایش راندمان آبیاری به ویژه بهره‌وری مصرف آب در اراضی کشور اهمیت و اولویت خاصی دارد. تعریف خلاصه شده بهره‌وری مصرف آب، نسبت عملکرد محصول به مقدار آب بکار برده شده برای گیاه است. البته در بررسی و ارزیابی اثربخشی آب در تولید گیاه علاوه بر مقدار ماده تولید شده باید به ارزش ماده تولیدی هم توجه شود. مثلاً درآمد حاصل از مصرف هر متر مکعب آب و یا مقدار پروتئین و کالری تولید شده به ازای مقدار مشخصی از آب نیز

می‌تواند در ارزیابی‌ها مورد توجه قرار گیرند.

Chouhan و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای در زراعت گندم، باعث افزایش بهره‌وری آب به میزان ۲۴/۲ درصد نسبت به سامانه آبیاری نواری می‌شود؛ اگرچه مقدار اندکی در حدود ۱۰/۸ درصد، کاهش عملکرد دانه را به دنبال داشته است. بنابراین طبق نتایج این مطالعه، سامانه آبیاری قطره‌ای، به منظور مدیریت بهتر و بالابردن بهره‌وری آب در شرایط کم‌آبی فعلی برای گیاهان متراکمی مانند گندم، می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. سهرابی و همکاران (۱۳۸۹) به ارزیابی سامانه‌های آبیاری تحت فشار در شبکه آبیاری قزوین پرداختند. نتایج نشان دادند که در برخی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، بازده ۱۰۰ درصد حاصل گردید که دلیل آن، نبود هیچ‌گونه تلفات در سامانه می‌باشد. Lecina و همکاران (۲۰۰۵) در مناطقی از اسپانیا، راندمان کاربرد آب سامانه قطره‌ای را بین ۴۹ تا ۶۶ درصد برآورد کردند و بیان داشتند که با مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه، متوسط راندمان کاربرد به ۷۶ درصد هم می‌رسد. دهقانی و جهانی (۱۳۹۶) ارزش اقتصادی آب برای تولید محصول ذرت در مزارع مجهز به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای را در شهرستان فاریاب مورد مطالعه قرار دادند و ارزش اقتصادی آب را ۶۲۵۰ ریال به ازای هر متر مکعب آب به دست آوردند. معروفپور و همکاران (۱۳۹۵) راندمان سامانه آبیاری نواری را در برخی مزارع دشت زرینه‌رود میاندوآب مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند، در صورتیکه متولیان شبکه‌های آبیاری از برنامه علمی و عملیاتی خوبی در تحویل و توزیع آب به کشاورزان برخوردار باشند و آب در دسترس کشاورزان در حد مورد نیاز باشد، کشاورزان غالباً قادر به اعمال یک مدیریت مطلوب آبیاری در محدوده زراعی خود هستند. با توجه به مطالبی که در مقدمه بیان شد هدف این تحقیق مشخص شدن اهمیت نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری می‌باشد.

این پژوهش در شهرستان فاریاب با مساحت ۲۵۶۴ کیلومترمربع واقع در جنوب استان کرمان انجام شده است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۶۰۰ متر می‌باشد. میانگین بارندگی در شهرستان فاریاب ۱۶۰ میلی‌متر است که در سال ۱۳۹۵ این مقدار به ۱۸۰ میلی‌متر رسیده است. این منطقه از نظر تقسیم‌بندی‌های اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک محسوب می‌شود.

جهت انجام این تحقیق دو روش بررسی و مقایسه شد:

۱- پروژه‌هایی که تاکنون بدون انجام نظارت بر مدیریت

بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بودند که با وجود مشکلات زیاد در نحوه بهره‌برداری و با مدیریت آبیاری محلی بهره‌برداران، مورد ارزیابی قرار گرفت. اطلاعات لازم شامل حجم آب آبیاری، میزان عملکرد محصول و هزینه‌های انجام شده برای هر محصول، جهت ارزیابی این پروژه‌ها از جهاد کشاورزی شهرستان فاریاب، کارشناسان فعال و کشاورزان پیشرو در شهرستان اخذ گردید و مورد محاسبه و ارزیابی قرار گرفت. ۲- ارزیابی پروژه‌هایی که جهت انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای از سوی جهاد کشاورزی معرفی شدند. در این روش ابتدا تعداد ۵۰ مزرعه به مساحت

۱۵۰۰ هکتار، معرفی شد. با توجه به ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت فشار، دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری روش‌های آبیاری موضعی، مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری صورت گرفت. ضمن انجام بازدید از پروژه‌های مورد مطالعه و آگاهی یافتن از مشکلات بهره‌برداران در استفاده از سامانه آبیاری، در خصوص سرویس، بهره‌برداری و نگهداری در داخل و خارج از فصل آبیاری به بهره‌برداران آموزش‌های لازم داده شد. در مرحله بعد علاوه بر کنترل عملکرد بهره‌برداران در انجام توصیه‌های داده شده در بازدیدهای گذشته، در صورت داشتن محصول در مزرعه، در خصوص مدیریت صحیح آبیاری و همچنین قطعه‌بندی مناسب (تنظیم شیفت) به بهره‌برداران آموزش‌های لازم داده شده و مدیریت مستمری را انجام دادند. در صورت مشاهده مشکلات در ایستگاه پمپاژ، سیستم کنترل مرکزی و شبکه آبیاری، آموزش‌های لازم جهت رفع آنها داده شد. تمامی بهره‌برداران با حضور در کلاس‌های آموزشی، با لوازم و اتصالات سامانه آبیاری نواری، نحوه بهره‌برداری و نگهداری از آنها در داخل و خارج از فصل آبیاری، روش تنظیم دبی و فشار در تمام بخش‌های سامانه آبیاری، آشنایی لازم را کسب کردند.

جهت تعیین میزان حجم آب مصرفی در طول دوره رشد هر کدام از محصولات در هر پروژه، اطلاعات مربوط به دور و ساعات آبیاری در هر نوبت آبیاری، تعداد دفعات آبیاری، دبی آب پروانه مجاز بهره‌برداری از منبع آب هر پروژه، مساحت هر قطعه آبیاری (شیفت) و حجم خاک آب، اندازه‌گیری و محاسبه گردید. هزینه‌های مربوط به هر محصول نیز از ابتدا تا انتهای طول دوره رشد مشخص و یادداشت گردید. همچنین در زمان برداشت، میزان عملکرد هر محصول از بهره‌برداران پرسیده شد. با توجه به مساحت کشت هر محصول در هر مزرعه، میزان حجم آب مصرفی، هزینه‌ها و عملکرد محصول در واحد یک هکتار محاسبه شدند. جهت تعیین درآمد حاصل از کاشت هر محصول، قیمت هر واحد محصول از سازمان جهاد کشاورزی اخذ گردید. با توجه به این اطلاعات، میزان درآمد و سود حاصل از هر محصول محاسبه شد.

با توجه به اینکه تمام پروژه‌های معرفی شده در این پژوهش به تازگی اجرا شده بودند و سال اول استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (تیپ) بود و با توجه به مشکلاتی از جمله عدم استفاده از سامانه آبیاری، عدم همکاری بهره‌بردار، کشت نکردن محصول، به وجود آمدن مشکلات فنی در زمان بهره‌برداری از سامانه‌ها، کمتر و یا بیشتر بودن دبی آب ورودی به سامانه، اطلاعات مربوط به میزان حجم آب مصرفی و میزان عملکرد در برخی از پروژه‌ها با واقعیت مغایرت زیادی داشت و این جامعه آماری جهت تعیین بهره‌وری مصرف آب مناسب نبودند. بررسی آماری از ۶۹ طرح در مساحت ۳۷۰۰ هکتار انجام شد. از بین

این ۵۰ طرح ۲۵ طرح هندوانه به مساحت ۴۰۰ هکتار، ۱۵ طرح ذرت به مساحت ۱۵۰۰ هکتار، گندم ۲۰ طرح به مساحت ۱۳۰۰ هکتار و کلزا ۹ طرح به مساحت ۵۰۰ هکتار انجام شد.

• بهره‌وری مصرف آب

به طور کلی بهره‌وری آب کشاورزی از دیدگاه‌های مختلفی قابل بحث و بررسی است. بهره‌وری از دیدگاه فیزیکی، بهره‌وری از دیدگاه اقتصادی و بهره‌وری از دیدگاه اشتغال معمول‌ترین این دیدگاه‌ها هستند. در این تحقیق از شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری آب، شامل شاخص عملکرد به ازای واحد حجم آب (CPD)، درآمد به ازای واحد حجم آب (BPD) و بازده خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) برای محاسبه بهره‌وری آب استفاده شد. شاخص CPD در واقع نسبت مقدار محصول تولید شده، نسبت به حجم آب مصرف شده است که با واحد کیلو گرم بر متر مکعب عنوان می‌شود. اگر شاخص (CPD) بر اساس درآمد سنجیده شود، شاخص درآمد بازای حجم آب و یا میزان درآمد به ازای واحد حجم آب (BPD) بدست می‌آید. در این شاخص میزان درآمد نسبت به مقدار آب مصرف شده در نظر گرفته می‌شود که با واحد ریال بر متر مکعب عنوان می‌شود. شاخص NBPD یکی از بهترین شاخص‌ها برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی است. در این روش بر خلاف روش قبل به جای در نظر گرفتن سود ناخالص در صورت کسر، میزان سود خالص در صورت قرار می‌گیرد. بنابراین اگر منظور ما افزایش بهره‌وری مصرف آب از منظر اقتصادی باشد، می‌توان گفت که این روش برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی، روشی مناسب است.

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به پروژه‌های بدون نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری مطابق جدول (۱) اخذ گردید.

همچنین در هر محصول اطلاعات حجم آب مصرفی، مجموع هزینه‌ها در طول دوره رشد و عملکرد محصول در یک هکتار در پروژه‌های تحت نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری در پایان دوره رشد مشخص و از آنها میانگین گرفته شد که در جدول (۲) آمده است.

جهت مشخص شدن تفاوت دو روش نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری و مدیریت محلی بهره‌برداران در مزارعی که هیچ‌گونه مدیریتی نداشت، حجم آب مصرفی، میزان عملکرد محصول و مجموع هزینه‌ها در طول دوره رشد هر محصول، در هر دو روش مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. همچنین بهره‌وری مصرف آب در هر دو روش، با سه شاخص محاسبه و مقایسه گردید. در جدول (۳) این تفاوت‌ها را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به پروژه‌های بدون نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری

نام محصول	حجم آب مصرفی (مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم)	قیمت هر واحد (هزارریال)	مجموع هزینه‌ها (هزارریال در هکتار)	درآمد (هزارریال)	سود خالص (هزارریال)
گندم	۵۰۸۸	۴۰۰۰	۱۳	۳۱۷۰۰	۵۲۰۰۰	۲۰۳۰۰
کلزا	۴۹۳۲	۳۰۰۰	۲۸	۳۱۱۴۰	۸۴۰۰۰	۵۲۸۶۰
هندوانه	۳۴۵۶	۴۰۰۰	۷	۳۷۶۸۳	۲۸۰۰۰۰	۲۴۲۳۱۶
ذرت	۸۵۰۰	۶۰۰۰	۱۰/۶	۴۴۵۰۰	۶۳۹۰۰	۱۹۴۰۰

جدول ۲- اطلاعات مربوط به پروژه‌های تحت نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری

نام محصول	تعداد پروژه	مساحت (هکتار)	میانگین حجم آب مصرفی (مترمکعب)	میانگین عملکرد (کیلوگرم)	قیمت هر واحد (هزارریال)	مجموع هزینه‌ها (هزارریال در هکتار)	درآمد (هزارریال)	سود خالص (هزارریال)
گندم	۱۹	۲۳۱	۳۸۷۶	۵۰۰۰	۱۳	۳۱۷۰۰	۶۵۰۰۰	۳۳۳۰۰
کلزا	۶	۶۸/۵	۳۰۳۱	۳۱۶۷	۲۸	۳۱۱۴۰	۸۸۶۷۶	۵۷۵۳۶
هندوانه	۲۲	۲۸۹	۳۳۴۶	۴۴۰۰۰	۷	۳۷۶۸۳	۳۰۸۰۰۰	۲۷۰۳۱۶
ذرت	۱۵	۳۴۵	۶۹۶۷	۹۴۰۰	۱۰/۶	۴۴۵۰۰	۱۰۰۱۱۰	۵۵۶۱۰

جدول ۳- تفاوت پروژه‌های بدون نظارت و تحت نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری

عنوان	واحد	محصول گندم		محصول کلزا		محصول هندوانه		محصول ذرت	
		مدیریت محلی بهره‌بردار	مدیریت تحت نظارت صحیح	مدیریت محلی بهره‌بردار	مدیریت محلی صحیح	مدیریت محلی بهره‌بردار	مدیریت محلی صحیح	مدیریت محلی بهره‌بردار	مدیریت محلی صحیح
حجم آب مصرفی	مترمکعب	۵۰۸۸	۳۸۷۶	۴۹۳۲	۳۰۳۱	۳۴۵۶	۳۳۶۴	۸۵۰۰	۶۹۶۷
عملکرد	کیلوگرم	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۳۱۶۷	۴۰۰۰۰	۴۴۰۰۰	۶۰۰۰	۹۴۰۰
درآمد	هزار ریال	۵۲۰۰۰	۶۵۰۰۰	۸۴۰۰۰	۸۸۶۷۶	۲۸۰۰۰۰	۳۰۸۰۰۰	۶۳۹۰۰	۱۰۰۱۱۰
سود خالص	هزار ریال	۲۰۳۰۰	۳۳۳۰۰	۵۲۸۶۰	۵۷۵۳۶	۲۴۲۳۱۶	۲۷۰۳۱۶	۱۹۴۰۰	۵۵۶۱۰
بهره‌وری فیزیکی (CPD)	کیلوگرم/مترمکعب	۰/۷۹	۱/۲۹	۰/۶۱	۱/۰۴	۱۱/۵۷	۱۳/۱	۰/۷۱	۱/۳۵
بهره‌وری اقتصادی (BPD)	ریال/مترمکعب	۱۰۲۲۰	۱۶۷۷۰	۱۷۰۳۲	۲۹۲۵۶	۸۱۰۱۹	۹۱۵۵۸	۷۵۱۸	۱۴۳۶۹
بهره‌وری اقتصادی (NBPD)	ریال/مترمکعب	۳۹۹۰	۸۵۹۱	۱۰۷۱۸	۱۸۹۸۳	۷۰۱۱۵	۸۰۳۵۶	۲۲۸۲	۷۹۸۲

همانطور که در این جداول مشخص است، نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که میزان حجم آب مصرفی در زمان نظارت بر مدیریت بهره‌برداری صحیح در طول دوره رشد هر محصول، نسبت به پروژه‌هایی که بهره‌برداران آنها هیچ‌گونه آموزشی در مورد بهره‌برداری و مدیریت آبیاری صحیح ندیده بودند، کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت. میزان عملکرد و به دنبال آن درآمد و سود خالص در هر محصول نیز با انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری افزایش یافت. همچنین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب در هر سه شاخص با انجام نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری افزایش یافته و موجب افزایش رضایت‌مندی بهره‌برداران از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (تیپ) گردید.

بدین ترتیب با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، در صورتی که موارد زیر رعایت شود، این سامانه‌ها قادر خواهند بود موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش در تولید محصولات کشاورزی شوند:

- سامانه‌های آبیاری با توجه به شرایط موجود در هر مزرعه طراحی شوند.
 - مصالح مورد استفاده در اجرای سامانه‌های آبیاری با توجه به شرایط موجود در منطقه، از کیفیت و خصوصیات فنی لازم برخوردار باشند.
 - بعد از اجرای سامانه‌های آبیاری نیز کارشناسان مشاور در مدت یک سال زراعی، با انجام بازدید از سامانه‌ها و ارائه آموزش‌های عملی لازم در مورد سرویس‌دهی، بهره‌برداری و نگهداری صحیح از سامانه‌ها، در کنار بهره‌برداران باشند.
 - بهره‌برداران نیز با دریافت آموزش‌های توجیهی و ترویجی، در کلاس‌های آموزشی از دانش فنی و کافی بهره‌مند شوند.
 - مدیریت صحیح آبیاری با استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به صورت کامل به بهره‌برداران آموزش داده شود.
- لذا با توجه به شرایط حاکم بر منابع آب و خاک در شهرستان

فاریاب، می‌توان با استفاده از اجرا و استفاده صحیح از این سامانه‌ها، ضمن کاهش فشار بر منابع آب، زمینه ارتقای جهشی بهره‌وری آب کشاورزی را در این مناطق فراهم نمود.

همچنین توجه مسئولان به آموزش‌های کاربردی برای کشاورزان در مواردی همچون سرویس، بهره‌برداری صحیح، و مدیریت صحیح آبیاری در استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و در کنار آن افزایش عملکرد محصول و همچنین ترویج آخرین یافته‌های علمی و کاربردی می‌تواند اثر مهمی در افزایش میزان بهره‌وری آب داشته باشد که متأسفانه تاکنون توجه لازم و کافی به این مقوله نگردیده و یکی از دلایل مهم نبود موفقیت لازم در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در منطقه است که اثر بخش بودن آن کم می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادهای کاربردی

می‌توان گفت که مقوله نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری اجرا شده در مزارع و باغات مختلف کشور و افزایش تولید محصولات مختلف و همچنین ارزیابی اثرات آنها در میزان صرفه‌جویی آب، از فرآیندهای مهم در توسعه سامانه‌های آبیاری بوده است که در این سال‌ها به فراموشی سپرده شده است. به منظور رسیدن به کارکرد ایده‌آل سامانه‌های آبیاری در مزرعه، باید مشاور ناظر بر بهره‌برداری به مدت یک سال زراعی، ضمن ارائه آموزش‌های لازم به کشاورز در زمینه بهره‌برداری، نگهداری، مدیریت آبیاری در مزرعه و کلیه نهاده‌ها و عوامل تولید، مدیریت مستمری را در مزرعه انجام دهد. همچنین روش‌های آبیاری موضعی به لحاظ راندمان بالا در یکنواختی، یک راه حل مناسب برای استفاده بهینه از منابع آب می‌باشند، بدین منظور چنانچه بدون توجه به کیفیت اجرای این سامانه‌ها سعی در گسترش کمی آن‌ها شود، قادر به ارائه فواید اسمی خود نخواهند بود.

میان‌دوآب. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۷(۲۵): ۸۳-۹۶.

دهقانی، ر. و جهانی، م. ۱۳۹۶. ارزیابی ارزش اقتصادی آب برای گیاه ذرت در مزارع مجهز به سامانه آبیاری تحت فشار (تیپ). مجموعه مقالات سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، ۷-۸ اسفند، موسسه تحقیقات خاک و آب.

سهرابی، ت.، علیزاده، م.، وردی‌نژاد، و.ر.، آبابایی، ب.، اجاقلو، ح. و نوری، م. ۱۳۸۹. ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار شبکه آبیاری قزوین. سومین همایش ملی مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

منابع

پیری، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان سرپاز). نشریه مهندسی منابع آب، ۵: ۱۹-۳۶.

سهرابی، ت. و عباسی، ف. ۱۳۸۸. ارزیابی بازده آبیاری در کشور و ارائه نقشه‌های هم‌بازده آبیاری. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۵-۶ اسفند، دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۲۹-۳۰.

معروف‌پور، ع.، وطن‌خواه، ف. و بهزادی‌نسب، م. ۱۳۹۵. ارزیابی راندمان سیستم آبیاری نواری در برخی مزارع دشت زرينه‌رود

- Rao K.V.R., Bajpai A., Gangwar S., Chourasia L. and Soni K. 2016. Maximizing water productivity of wheat crop by adopting drip irrigation. *Research on Crop*, 17(1): 163-168.
- Smith R.J., Raine S.R. and Minkevich J. 2005. Irrigation application efficiency and deep drainage potential under surface irrigated cotton. *Agricultural Water Management*, 71: 117-130.
- Chouhan, S.S., Awasthi, M.K. and Nema, R.K. 2015. Studies on water productivity and yields responses of wheat based on drip irrigation systems in clay loam soil. *Indian Journal of science and Technology*, 8(7): 650-654.
- Lecina S., Playan E. and Isidoro D. 2005. Irrigation evaluation and simulation at the irrigation district V of Bardenas (Spain). *Agricultural Water Management*, 73: 223-245.

Evaluating the Efficiency of SURFACE and SRFR Models in Simulation of Application Efficiency of Border Irrigation in Wheat Farms

A. Tafteh^{1*}, M.R. Emdad²

1,2- Assistant Professor of Irrigation and Soil Physics, Department of Irrigation and Soil Physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organisation (AREEO), Karaj, Iran.

*(Corresponding Author Email: Arash_tafteh@areeo.ac.ir)

Received: 19-02-2019

Accepted: 27-11-2019

بررسی کارایی مدل SURFACE و SRFR در شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری در مزارع گندم

آرش تافته^{۱*}، محمدرضا امداد^۲

۱ و ۲- استادیار بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: Arash_tafteh@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۷

Abstract

Due to the high sensitivity of irrigation efficiency management in farms and to reduce water consumption in agriculture, it is necessary to optimise the application efficiency of farms using the relationships governing water management as well as the advanced models in this field. SURFACE and SRFR are models which can be used for farms' water management. The SURFACE model has a simpler structure. By entering details of the irrigation method, soil penetration, irrigation time, area of irrigation, and the farm's water delivery schedule, it is possible to investigate the irrigation and applicable management approaches and choose the most appropriate method. Similar parameters can be investigated in the SRFR model, in addition to optimising the dimensions, application efficiency indices, and uniform distribution. In this research, using the measured data of border irrigation in the crop year of 2015-2016, the two models of SURFACE and SRFR for wheat cultivation conditions are evaluated for a better estimation of water application efficiency in farms. The results show that the SRFR model estimated the application efficiency approximately 3.2% lower and compared to the average of data has a 12% error. However, the SURFACE model simulates the application efficiency with an error of 7%. The optimised dimension of border irrigation was estimated by these models and were applied in the second crop year (2016-2017). The results show that these models are very powerful in the estimation of border irrigation and can provide suitable results with 6% to 12% error. The comparison of these two models has also shown an error level of approximately 5% and 9% for the SURFACE and SRFR models, respectively. Hence, the SURFACE model is more accurate for irrigation management.

Keywords: Border irrigation, Application efficiency, Simulation, Wheat.

چکیده

با توجه به حساسیت بالای مدیریت راندمان آبیاری در مزارع کشاورزی و کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی لازم است تا با استفاده از روابط حاکم بر مدیریت آب در مزرعه و استفاده از مدل‌های پیشرفته و مطرح در این زمینه به بهینه‌سازی راندمان کاربرد آب در مزارع پرداخت. در این زمینه دو مدل SURFACE و SRFR مدل‌های اجرایی هستند که کاربران می‌توانند از آن‌ها در مدیریت آب در مزرعه استفاده کنند. مدل SURFACE ساختار ساده‌تری داشته و با واردکردن اطلاعات روش آبیاری، نفوذ خاک، زمان آبیاری، ابعاد روش آبیاری و ساعات تحویل آب در مزرعه، به خوبی می‌توان آبیاری و مدیریت‌های قابل اجرا بر روی آن را بررسی و مناسب‌ترین روش را برگزید. همین قابلیت‌ها به اضافه بهینه‌سازی ابعاد و شاخص‌های راندمان کاربرد و توزیع یکنواختی نیز توسط مدل SRFR قابل بررسی می‌باشد. لذا در این پژوهش با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده آبیاری نواری در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ دو مدل SURFACE و SRFR برای شرایط کشت گندم، جهت برآورد مناسب راندمان کاربرد آب در مزرعه مورد مقایسه و واسنجی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مدل SRFR به طور متوسط مقادیر راندمان کاربرد آب در مزرعه را ۳/۲ درصد کمتر تخمین می‌زند و نسبت به میانگین داده‌های به دست آمده، ۱۲ درصد خطا دارد؛ این در حالی است که مدل SURFACE توانست در شبیه‌سازی‌های خود با ۷ درصد خطا، مقدار راندمان کاربرد را برآورد نماید. سپس ابعاد مناسب آبیاری نواری با استفاده از این مدل‌ها پیشنهاد و در سال دوم (۱۳۹۵-۱۳۹۴) به اجرا درآمدند. نتایج نشان داد که این مدل‌ها در شبیه‌سازی آبیاری نواری بسیار قدرتمند بوده و می‌توانند با دقت ۶ تا ۱۲ درصد خطا، نتایج مناسبی را ارائه نمایند. در مقایسه دو مدل نیز مدل SURFACE به طور متوسط ۵ درصد و مدل SRFR به طور متوسط ۹ درصد خطا داشتند. بنابراین مدل SURFACE با دقت مناسب‌تری می‌تواند در مدیریت آبیاری استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نواری، راندمان کاربرد آب، شبیه‌سازی، گندم.

با توجه به کمبود آب و لزوم ذخیره و حفظ منابع آب، لازم است به بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف کننده آب، توجه بیشتری صورت گیرد. از آنجایی که ۹۵ درصد از اراضی آبی کشور به صورت سطحی آبیاری می شوند، لازم است مدیریت آبیاری سطحی جهت ارتقاء سطح بهره‌وری مصرف آب، مورد بازبینی مدیریتی قرار گیرد (حقیقتی، ۱۳۹۲). مدیریت مناسب آبیاری سطحی جهت ارتقاء راندمان کاربرد آب در مزارع، می‌تواند به حفظ منابع آب کشور در سطح کلان کمک شایانی نماید. از این رو افزایش راندمان کاربرد نیازمند بررسی‌هایی است که بسیار زمان‌بر و پرهزینه می‌باشند.

امروزه استفاده از مدل‌های هیدرولیکی به منظور طراحی و ارزیابی آبیاری سطحی، دارای جایگاه ویژه می‌باشد. مدل‌های هیدرودینامیک کامل (HD)^۱، اینرسی صفر (ZI)^۲ و موج سینماتیک (KW)^۳ موجود در بسته نرم افزار SIRMOD ارزیابی و تحلیل حساسیت شدند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که تمامی مدل‌ها زمان پیشروی را با دقت مناسب پیش‌بینی می‌نمایند، ولی مرحله پس‌روی با دقت کم‌تری نسبت به مرحله پیشروی پیش‌بینی می‌شود (فراستی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین مدل‌های هیدرودینامیک کامل، زمان‌های پیشروی و پس‌روی را با دقت بیش‌تری شبیه‌سازی می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که دقت پیش‌بینی میزان نفوذ تجمعی توسط مدل‌ها، تابع بافت خاک بوده به طوری که کم‌ترین میانگین خطای مطلق، متعلق به خاک با بافت متوسط می‌باشد. تحلیل حساسیت مدل‌های هیدرولیکی نشان می‌دهد که پارامترهایی مانند دبی جریان، زمان قطع جریان و ضرایب معادله نفوذ، تأثیر زیادی بر راندمان کاربرد، راندمان نیاز آبی، ضریب یکنواختی توزیع و نسبت رواناب پایاب دارد (سفیدکوهی و کولانیان، ۱۳۹۳). معادلات حاکم بر جریان آب سطحی و مدل‌های پیشرفته‌ای که در این زمینه نوشته شده است را می‌توان جهت بررسی سناریوهای مدیریتی استفاده نمود. مدل‌های SURFACE، Sirmod و SRFR از جمله مدل‌های معمول و کاربردی جدید می‌باشند که در راستای بررسی راندمان کاربرد آب در مزارع قابل اتکا می‌باشند (Bautista و همکاران، ۲۰۱۲). این مدل‌ها بر اساس نیاز خالص آبیاری که تابعی از عمق توسعه ریشه و خواص فیزیکی خاک می‌باشد، کار می‌کنند و لذا تعیین مناسب عمق ریشه و ظرفیت نگهداشت آب در خاک در عمق توسعه ریشه بسیار حائز اهمیت است (تافته و همکاران، ۱۳۹۶a).

راندمان آبیاری سطحی تحت تأثیر فاکتورهایی نظیر میزان جریان ورودی، خصوصیات نفوذ خاک، طول مزرعه، دور آبیاری، زبری سطحی و شیب مزرعه قرار دارد. به دلیل تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای مؤثر بر آبیاری سطحی، استفاده از ابزارهایی که بتواند طرح مناسبی از طراحی آبیاری سطحی را به دست بدهد،

اجتناب‌ناپذیر است. عباسی و همکاران (۱۳۹۵) نتایج حاصل از بررسی‌های مزرعه‌ای در سامانه‌ها و شبکه‌های مختلف آبیاری (سنتی و پایین‌دست سدها) در سطح کشور را طی سال‌های ۹۴-۱۳۷۰ جمع‌آوری و تحلیل نمودند. طبق نتایج، راندمان کاربرد آب آبیاری در کشور از ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد متغیر و میانگین آن ۵۶ درصد است. متوسط این راندمان در سامانه‌های کرتی، نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۵۵/۳، ۵۲/۹ و ۵۲/۲ درصد گزارش نمودند. پورعیسی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی روش آبیاری نواری انتها بسته، ارزیابی انجام دادند و گزارش کردند که میزان راندمان کاربرد در مزارع از ۸۸ درصد تا ۵۲ درصد به ترتیب با سطح کفایت ۵۹/۵۹ و ۶۵/۸۷ درصد بوده است. نتایج این ارزیابی همچنین نشان داد در صورتیکه متولیان شبکه‌های آبیاری از برنامه علمی و عملیاتی خوبی در تحویل و توزیع آب به کشاورزان برخوردار باشند و آب در دسترس کشاورزان در حد مورد نیاز باشد، کشاورزان غالباً قادر به اعمال یک مدیریت مطلوب آبیاری در محدوده زراعی خود هستند. تحقیقات بر روی این پارامترها نشان داده است که عملکرد دو مدل Winsrfr و NRCS-SURFACE در تخمین پارامترهای ارزیابی آبیاری جویچه‌ای بسیار قابل اطمینان بوده و مدل NRCS-SURFACE نسبت به مدل Winsrfr با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده دقت مناسب‌تری داشته است (بهمنی و پلنگی، ۱۳۹۲). در پژوهشی دیگر دقت شبیه‌سازی مدل‌های SIRMOD و WinSRFR با داده‌های برداشت شده در مزرعه، مقایسه و بررسی شد و نتایج نشان داد که درصد متوسط خطای پیش‌بینی زمان پیشروی در مدل WinSRFR، به میزان ۷ درصد کمتر از SIRMOD می‌باشد. این نتایج نشان داد، مدل WinSRFR با خطای ۳ درصدی و با دقت بالاتری نسبت به مدل SIRMOD، راندمان کاربرد را شبیه‌سازی نموده است که نشان می‌دهد مدل WinSRFR، مدلی کاربردی و با دقت بالاتر نسبت به مدل SIRMOD است (فراستی و همکاران، ۱۳۹۳).

حیدری و عباسی (۱۳۹۵) گزارش نمودند که مدل جامع آبیاری سطحی WinSRFR3.1 برای منطقه رامشیر قابل واسنجی بوده و نتایج بررسی گزینه‌های مختلف مدیریتی نشان داد که عرض نوار ۷ متر و طول نوار ۲۰۰ متر با شیب ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۰۱ برای همه دبی‌های ورودی (۲۰-۱۰۰ لیتر در ثانیه) و عمق‌های خالص آبیاری (۹۰-۵۰ میلی‌متر) از نظر راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب، گزینه مناسب و ایده‌آلی است. گزینه طراحی طول نوار ۱۰۰ متر و شیب طولی نوار برابر ۰/۰۰۵ برای تمامی ترکیب‌های عرض‌های نوار (۱۲-۴ متر)، عمق‌های خالص آبیاری (۹۰-۵۰ میلی‌متر) و دبی‌های آبیاری (۲۰-۱۰ لیتر در ثانیه) راندمان آبیاری بالایی را نسبت به سایر گزینه‌ها فراهم می‌کند. طول نوار ۳۰۰ متر و بالاتر در حالت کاربرد دبی‌های کم تا متوسط (تا ۲۰ لیتر در ثانیه) برای تمامی مقادیر گزینه‌های شیب نوار، عرض نوار، و

عمق خالص آبیاری به دلیل راندمان بسیار کم یا تکمیل نشدن فاز پیشروی جریان، توصیه نمی‌شود. در مجموع، در شبکه آبیاری و زهکشی رامشیر اگر ابعاد قطعات به همراه سایر پارامترهای طراحی و مدیریت آبیاری شامل دبی و مدت زمان آبیاری به طور مناسب انتخاب شود، با روش آبیاری سطحی نواری حصول به راندمان‌های مناسب کاربرد آب در مزرعه حتی بالاتر از ۷۰ درصد، برای بسیاری از گزینه‌های طراحی ارائه شده در این پژوهش به راحتی ممکن خواهد بود.

Mokari Gahroodi و همکاران (۲۰۱۳) از مدل SRFR برای شبیه‌سازی آبیاری جویچه‌ای استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل با دقت خوبی اجزای حجمی آب را شبیه‌سازی نموده و در جویچه‌های کوتاه تا نسبتاً طولانی، نتایج قابل قبولی را ارائه کرده است. بر اساس این تحقیق بیشترین خطای مدل در برآورد رواناب سطحی حدود ۶ درصد و کمترین آن در حجم آب ورودی حدود ۳ درصد گزارش شده است. ابعاد نوار از پارامترهای بسیار مهم در تعیین راندمان کاربرد آب در مزرعه است. لذا تعیین ابعاد مناسب و زمان و دبی جریان ورودی می‌تواند در افزایش راندمان کاربرد در مزارع، بسیار حائز اهمیت باشد. با استفاده از مدل SRFR با خطای حدود ۱۰ درصد می‌توان این پارامترها را تعیین و پیشنهاد نمود (تافته و همکاران، ۱۳۹۶b).

Ebrahimian و Liaghat (۲۰۱۱) با بررسی دقت مدل‌های موج کینماتیک، اینرسی صفر و هیدرودینامیک در مدیریت آبیاری نواری و جویچه‌ای گزارش کردند که دقت مدل در آبیاری جویچه‌ای نسبت به آبیاری نواری، بیشتر می‌باشد و خطای مدل را بین ۵ تا ۱۵ درصد اعلام نمودند. Singh و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی روش آبیاری نواری در کشت گندم در منطقه هاریانا در هند نشان دادند که تغییرات راندمان کاربرد در مزارع گندم با روش آبیاری نواری بین ۶۹ تا ۷۹ درصد می‌باشد. این در حالی است که راندمان یکنواختی در این مزارع بین ۸۲ تا ۹۶ درصد است که این ثمره طراحی و اجرای مناسب سیستم آبیاری سطحی می‌باشد.

تحقیقات برای بهینه‌سازی ابعاد آبیاری نواری با استفاده از مدل SRFR نشان می‌دهد که مقدار ذخیره آب در خاک حدود ۴۹ میلی‌متر، بهترین عملکرد را داشته و برای آبیاری نواری با طول ۲۰۰ متر و بافت نیمه‌سنگین حداقل ۱۲۰ دقیقه زمان، موردنیاز است. برای راندمان بالا در روش آبیاری نواری طول کمتر از ۱۲۰ متر و عرض ۳ تا ۵ متر بسیار مفید خواهد بود که این امر افزایش راندمان کاربرد آب تا ۲۶ درصد را به همراه دارد (Chen و همکاران، ۲۰۱۲). بررسی‌ها در مورد مدل SRFR، نشان می‌دهد که این مدل شبیه‌سازی مناسبی از داده‌های مزرعه انجام می‌دهد و از آن برای مدیریت آب در آبیاری سطحی به خوبی می‌توان استفاده نمود. بررسی اندازه ابعاد نوار، دبی ورودی و ساعت آبیاری و تأثیر آن بر راندمان کاربرد آب، نقش مهمی در مدیریت مصرف آب ایفا

می‌کند. مدیریت آبیاری بایستی به گونه‌ای باشد که هم در مصرف آب صرفه‌جویی شود و هم از شسته شدن و خسارت زدن به خاک کشاورزی جلوگیری به عمل آید (Nie و همکاران، ۲۰۱۴). از نظر بهره‌وری نیز تحقیقاتی با استفاده از کاربرد مدل SRFR انجام شد. نتایج نشان داد که مدل، برآورد مناسبی از راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری داشته و از این مدل می‌توان در مدیریت آبیاری نواری در سطح مزارع منطقه حمیدیه خوزستان، استفاده نمود. از طرف دیگر مدیریت آبیاری نواری توسط مدل منجر شد که به‌طور متوسط بهره‌وری مصرف آب گندم از ۰/۶۱ در سال اول به ۰/۸۹ در سال دوم افزایش یابد (Tafteh و Emdad، ۲۰۱۷). مدل‌های SURFACE و SRFR مدل‌های شبیه‌سازی آبیاری سطحی هستند و از مدل‌های کاربردی جدید می‌باشند که در راستای تأثیر تغییرات ابعاد (طول و عرض نوار)، دبی، شیب و سایر پارامترهای مرتبط با راندمان کاربرد آب در مزرعه به‌منظور ارائه مدیریت مناسب آبیاری و ارتقاء راندمان کاربرد آب مورد استفاده واقع می‌شوند. با استفاده از این مدل‌ها تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بهینه‌سازی ابعاد روش‌های آبیاری سطحی با هدف افزایش راندمان کاربرد آب انجام پذیرفته است (Eldeiry و همکاران، ۲۰۰۵؛ Zerihun و همکاران، ۲۰۰۵؛ Mailhol و همکاران، ۲۰۰۵).

با توجه به تحقیقات انجام‌شده ملاحظه می‌گردد که با استفاده از مدل‌های مذکور، می‌توان شرایط مختلف مدیریت آب در مزرعه را شبیه‌سازی و مورد ارزیابی قرار داد. در این تحقیق کارایی دو مدل SURFACE و SRFR در شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در مزارع گندم، بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در سه مزرعه آزمایشی در منطقه حمیدیه در استان خوزستان انجام گردید. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ۲۵ کیلومتری غرب شهر اهواز در بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی، واقع شده است. نقشه مزارع منتخب در شکل (۱) آورده شده است.



شکل ۱- پایلوت‌های منتخب در اراضی حمیدیه

در هر پایلوت، نمونه‌های خاک از مزرعه برداشت شد. در جدول (۱) مشخصات برخی از خصوصیات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. در پایلوت‌ها جهت آماده‌سازی قطعات زراعی ابتدا عملیات شخم و دیسک به منظور آماده‌سازی زمین انجام و سپس با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ اقدام به کاشت گندم شد. رقم گندم مورد استفاده چمران بود که از ۱۵ الی ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۳ کشت شد. عمق ریشه گندم در اسفندماه (پایان دوره گلدهی) حدود ۴۰ سانتی‌متر به صورت مستقیم اندازه‌گیری شد و با توجه به عمق ریشه گندم و ویژگی‌های فیزیکی خاک منطقه، مقدار نیاز

آبی خالص از رابطه (۱) تعیین شد.

$$dn = \sum_{i=1}^n \left(\frac{FC_i - PWP_i}{100} \right) \times D_i \quad (1)$$

در این رابطه، FC ظرفیت زراعی خاک هر لایه، PWP نقطه پژمردگی دائم در هر لایه و D ضخامت هر لایه است و نمایه i شماره لایه می‌باشد. در سه پایلوت منتخب، نفوذپذیری خاک در سه تکرار (۹ اندازه‌گیری نفوذ) با استفاده از استوانه مضاعف اندازه‌گیری شد. مقدار ظرفیت نگهداشت آب در عمق توسعه ریشه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۱- میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک پایلوت‌های منتخب (منطقه حمیدیه)

پایلوت	عمق (سانتی‌متر)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک	در ظرفیت زراعی	در نقطه پژمردگی
مزرعه ۱	۰-۲۵	۲۲	۳۶	۴۲	Loam	۲۵/۸	۱۴/۳
	۲۵-۴۵	۲۸	۳۸	۳۴	Clay Loam	۳۰/۳	۱۷/۷
	۴۵-۶۰	۲۴	۴۲	۳۴	Loam	۲۸/۱	۱۵/۲
مزرعه ۲	۰-۲۵	۲۸	۴۲	۳۰	Clay Loam	۳۰/۹	۱۷/۸
	۲۵-۴۵	۴۰	۴۰	۲۰	Silty Clay	۳۸/۰	۲۴/۵
	۴۵-۶۰	۴۸	۳۶	۱۶	Clay	۴۱/۷	۲۹/۰
مزرعه ۳	۰-۲۵	۴۰	۴۲	۱۸	Silty Clay	۳۸/۰	۲۴/۵
	۲۵-۴۵	۴۴	۴۲	۱۴	Silty Clay	۴۰/۲	۲۷/۰
	۴۵-۶۰	۳۸	۴۸	۱۴	Silty Clay Loam	۳۸/۰	۲۳/۵

جدول ۲- ظرفیت نگهداشت خاک‌های مورد مطالعه در پایلوت‌های منتخب (منطقه حمیدیه)

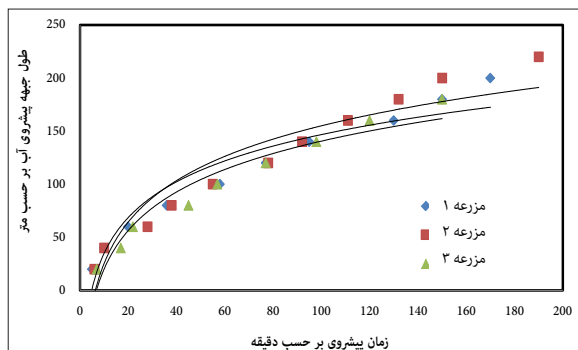
پایلوت	عمق (سانتی‌متر)	بافت خاک	عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر)	ظرفیت نگهداشت آب در عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر)
مزرعه ۱	۰-۲۵	Loam	۲۵	۲/۸۷
	۲۵-۴۵	Clay Loam	۱۵	۱/۸۹
	جمع	-	۴۰	۴/۷۶
مزرعه ۲	۰-۲۵	Clay Loam	۲۵	۳/۲۷
	۲۵-۴۵	Silty Clay	۱۷	۲/۰۲
	جمع	-	۴۲	۵/۲۹
مزرعه ۳	۰-۲۵	Silty Clay	۲۵	۳/۳۷
	۲۵-۴۵	Silty Clay	۱۶	۱/۹۸
	جمع	-	۴۱	۵/۳۵

جدول ۳- معادلات نفوذ اندازه‌گیری شده در مزارع مورد مطالعه در منطقه حمیدیه

پایلوت	معادله نفوذ اندازه‌گیری شده
مزرعه ۱	$Z = 14.20t^{0.15} + 3.3t$
مزرعه ۲	$Z = 14.50t^{0.14} + 4.4t$
مزرعه ۳	$Z = 14.60t^{0.15} + 4.2t$

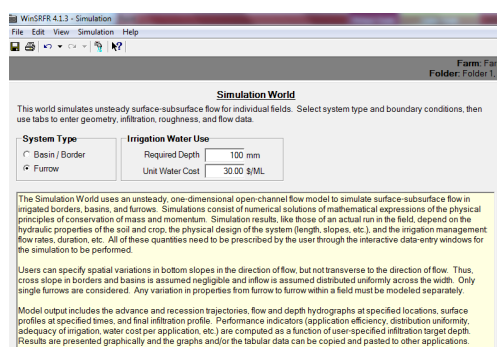
در معادلات نفوذ، Z مقدار نفوذ تجمعی برحسب میلی‌متر، t مدت‌زمان تماس آب با خاک برحسب ساعت می‌باشد. با استفاده از این معادلات شرایط نفوذ برای مدل SRFR و SURFACE تعریف شد که با توجه به توصیه Strelkoff و Clemmens (۲۰۰۶) از روش کوستیاکف لوئیز اصلاح شده، استفاده شد. متوسط سرعت نفوذ نهایی در پایلوت‌ها حدود ۴ میلی‌متر در ساعت می‌باشد. سنگین بودن بافت خاک و بالا بودن جرم مخصوص ظاهری خاک (۱/۵۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) موجب کاهش سرعت نفوذ آب به خاک و نیز کاهش نفوذ تجمعی شده است. سرعت پیشروی آب در پایلوت‌های

با توجه به میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده، معادله نفوذ برای هر پایلوت طبق جدول (۳) تعیین شده است.

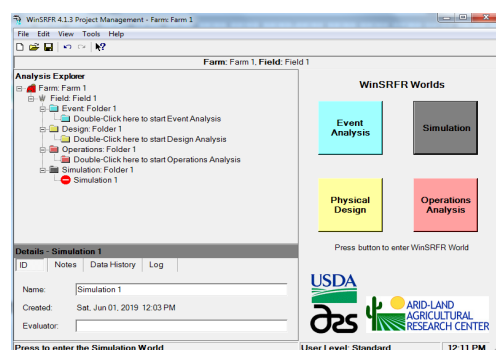


شکل ۲- روند پیشروی آب در نوارهای آبیاری در منطقه حمیدیه (روستای رامسه) در مزارع منتخب

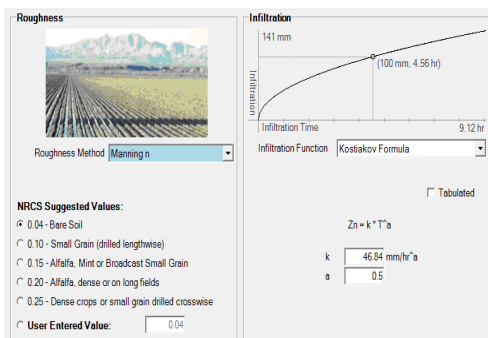
موردنظر در شکل (۲) ارائه گردیده است. اطلاعات مدیریتی آبیاری در پایلوت‌های موردنظر شامل تعداد نوبت‌های آبیاری، تاریخ آبیاری‌ها و مدت‌زمان آبیاری نیز ثبت شد. پس از بررسی و شناخت کامل پایلوت‌ها، مدل‌های SRFR و SURFACE برای شرایط فعلی واسنجی شد، سپس در شرایط مزارع در سال دوم صحت‌سنجی مدل‌ها انجام شد و عملکرد آن‌ها ارزیابی شد. برای آشنایی کاربران با مراحل استفاده از این مدل‌ها، پنجره‌های مدیریتی آن‌ها در شکل (۳) برای مدل SRFR و در شکل (۴) برای مدل SURFACE ارائه شده است.



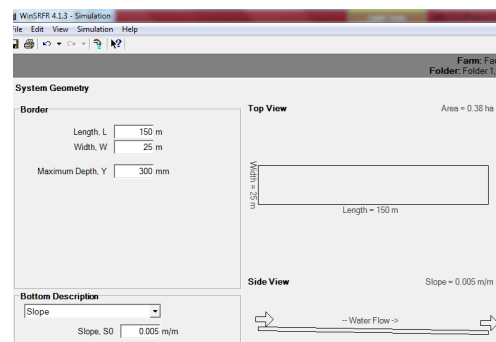
انتخاب روش آبیاری (نواری /Border /کرتی Basin و جویچه‌ای Furrow)



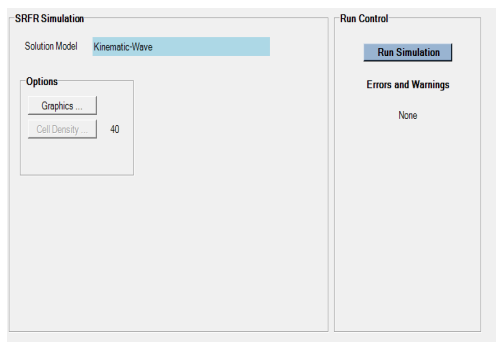
انتخاب گزینه شبیه‌سازی (رنگ خاکستری)



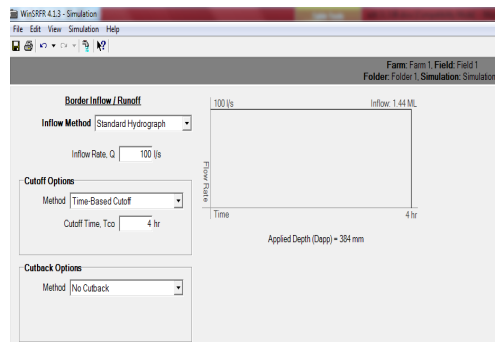
تعیین معادله نفوذ infiltration و ضریب مانینگ n برای پوشش‌های گیاهی



انتخاب طول (L) و عرض (W)، بیشترین عمق آبیاری (Y) و شیب روش آبیاری (Slope)



اجرای مدل (Run Simulation)



تعیین دبی (Q) و زمان آبیاری موردنظر (Tco)

شکل ۳- روند تعریف داده‌ها و اجرای مدل SRFR جهت شبیه‌سازی شرایط آبیاری

تعیین روش آبیاری (نواری Border/کرتی Basin و جویچه‌ای Furrow) و انتخاب طول (L) و عرض (W)، بیشترین عمق آبیاری (Y) و شیب روش آبیاری (Slope)

انتخاب گزینه شبیه‌سازی و پارامترهای جریان ورودی

تعیین ابعاد مزرعه و دبی کل و زمان کل حقایه موجود، زمان آبیاری و دبی هر واحد آبیاری

تعیین پارامترهای نفوذ، زمان نفوذ و عمق ریشه

شکل ۴ - روند تعریف داده‌ها و اجرای مدل SURFACE جهت شبیه‌سازی شرایط آبیاری

ضریب مانینگ در کشت‌های متراکم مانند یونجه ۰/۲ و برای کشت‌های غیرمتراکم و سطح خاک قابل مشاهده ۰/۴ در نظر گرفته شد. با استفاده از اطلاعات این جدول، مدل‌ها برای شرایط موجود مدیریت آب، بررسی و واسنجی شدند.

اطلاعات لازم جهت استفاده از مدل‌های SURFACE و SRFR در جدول (۴) ارائه شده است. این اطلاعات ورودی در هر دو مدل یکسان می‌باشند. لازم به ذکر است که

جدول ۴- اطلاعات ورودی مدل‌ها

نوع نوار	ضریب مانینگ	ارتفاع پشته‌ها	شیب طولی (متر بر متر)	ابعاد نوارها (متر)	عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)	زمان قطع جریان (دقیقه)	دبی واحد عرض (لیتر بر ثانیه)	پایلوت
مزرعه ۱	۰,۰۴	۳۰	۰/۰۰۲	۱۰×۲۲۰	۴۷/۶	۳۱۰	۱/۹	
						۴۰۰	۱/۷	
						۳۱۵	۲	
مزرعه ۲	۰,۰۴	۳۰	۰/۰۰۲۵	۱۰×۲۰۰	۵۲/۹	۲۸۸	۱/۸	
						۳۱۳	۱/۷	
						۳۳۰	۱/۹	
مزرعه ۳	۰,۰۴	۳۰	۰/۰۰۳	۱۰×۱۸۰	۵۳/۵	۳۰۰	۱/۸	
						۲۶۰	۱/۹	
						۲۵۰	۱/۹	

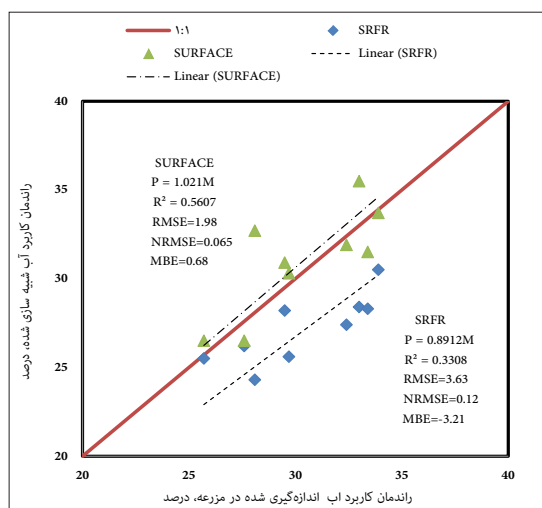
با توجه به تغییرات دبی ورودی و عمق آب آبیاری، محدوده تغییرات راندمان کاربرد آب در آزمون‌های منتخب در جدول (۵) ارائه گردیده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود محدوده راندمان کاربرد آب در آزمون‌های منتخب بین ۲۷ تا ۳۴ درصد

می‌باشد و بیانگر این بوده که عمده آب مصرفی در مزرعه به‌صورت نفوذ عمقی از منطقه توسعه ریشه‌ها، خارج گردیده است. ابعاد نوارها در سال اول در مزرعه ۱، ۲۲۰ متر، در مزرعه ۲، ۲۰۰ متر و در مزرعه ۳، طولی معادل با ۱۸۰ متر داشت.

جدول ۵- مقایسه تغییرات راندمان کاربرد آب اندازه‌گیری شده در پایلوت‌های منتخب در شرایط مدیریت زارع در سال اول

پایلوت	آبیاری	ابعاد نوارها	دبی (لیتر بر ثانیه)	عمق آب آبیاری (میلی‌متر)	عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)	راندمان کاربرد آب (درصد)		
						اندازه‌گیری شده	شبيه‌سازی شده با مدل SRFR	شبيه‌سازی شده با مدل SURFACE
مزرعه ۱	۱		۱۹	۱۶۱		۲۹/۵	۲۸/۲	۳۰/۹
	۲	۱۰×۲۲۰	۱۷	۱۸۵	۴۷/۶	۲۵/۷	۲۵/۵	۲۶/۵
	۳		۲۰	۱۷۲		۲۷/۶	۲۶/۲	۲۶/۵
مزرعه ۲	۱		۱۸	۱۵۶		۳۳/۹	۳۰/۵	۳۳/۷
	۲	۱۰×۲۰۰	۱۷	۱۶۰	۵۲/۹	۳۳	۲۸/۴	۳۵/۵
	۳		۱۹	۱۸۸		۲۸/۱	۲۴/۳	۳۲/۷
مزرعه ۳	۱		۱۸	۱۸۰		۲۹/۷	۲۵/۶	۳۰/۳
	۲	۱۰×۱۸۰	۱۹	۱۶۵	۵۳/۵	۳۲/۴	۲۷/۴	۳۱/۹
	۳		۱۹	۱۶۰		۳۳/۴	۲۸/۳	۳۱/۵

نتایج شبهه‌سازی این مدل‌ها در مزارع مقایسه شد که نتایج آن‌ها در جدول (۶) و شکل (۶) ارائه گردیده است.



شکل ۵- مقایسه نتایج شبهه‌سازی مدل SRFR و SURFACE نسبت به خط یک‌به‌یک جهت واسنجی مدل‌ها

عملکرد این دو مدل در شکل (۵) مقایسه و ارزیابی آماری شدند. همان‌گونه که نتایج این شکل نشان می‌دهد، مدل SRFR دارای کم‌برآورد بوده و مقادیر راندمان کاربرد را کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده برآورد نموده است. همچنین مقدار خطای آن در برآورد راندمان کاربرد آب در مزرعه، ۱۲ درصد می‌باشد. از طرف دیگر مدل SURFACE دارای بیش‌برآورد بوده و مقدار راندمان کاربرد آب در مزرعه را با ۶/۵ درصد خطا برآورد می‌نماید. این نتایج با خطای اعلام‌شده توسط تافته و همکاران (۱۳۹۶a) معادل ۶ تا ۱۱ درصد، همخوانی دارد. لذا این مدل در برآورد راندمان کاربرد آب بهتر عمل نموده و استفاده از این مدل می‌تواند اعداد مناسب‌تری را جهت تخمین مدت‌زمان آبیاری و تعیین ابعاد نوارهای آبیاری ارائه نماید.

برای بررسی و صحت‌سنجی نتایج سال اول آزمایش، در سال دوم سناریوهای ابعاد ۱۲۰ متر، ۱۵۰ متر و ۱۸۰ متر در مزارع فوق بررسی گرفت. این طول‌ها بر اساس قطعه‌بندی و ابعاد موجود و قابل‌اجرا در منطقه حمیدیه انتخاب شدند. این سناریوها با

جدول ۶- مقایسه تغییرات راندمان کاربرد آب اندازه‌گیری شده در پایلوت‌های منتخب در شرایط مناسب طول آبیاری در سال دوم

پایلوت	آبیاری	ابعاد نوارها	دبی (لیتر بر ثانیه)	عمق آب آبیاری (میلی‌متر)	عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)	راندمان کاربرد آب (درصد)
						شبهه‌سازی شده با مدل SURFACE
مزرعه ۱	۱		۱۵	۱۰۰	۴۷/۶	۴۵/۰
	۲	۱۰×۱۲۰	۱۸	۱۱۰	۴۷/۶	۳۸/۵
	۳		۲۰	۱۲۰	۳۹/۶	۳۵/۲
مزرعه ۲	۱		۱۵	۱۱۰	۴۸/۱	۴۸/۰
	۲	۱۰×۱۵۰	۱۸	۱۳۰	۵۲/۹	۴۲/۰
	۳		۲۰	۱۴۰	۳۷/۷	۳۹/۰
مزرعه ۳	۱		۱۵	۱۲۰	۴۴/۵	۴۸/۰
	۲	۱۰×۱۸۰	۱۸	۱۳۵	۵۳/۵	۴۱/۰
	۳		۲۰	۱۵۰	۳۵/۶	۳۸/۰

نتیجه‌گیری

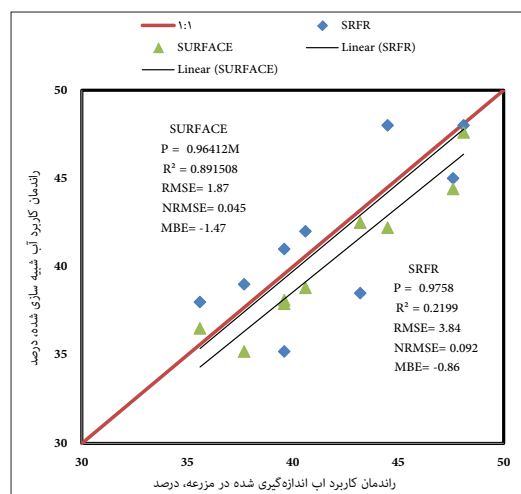
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های پیشرفته آبیاری سطحی در برآورد راندمان کاربرد آب در مزارع، از دقت مطلوبی برخوردار هستند و با خطای حدود ۵ تا ۱۲ درصد می‌توانند سناریوهای مختلف مدیریت آب در مزرعه را شبیه‌سازی نمایند. نتایج نشان می‌دهد که ابعاد ۱۰ در ۱۵۰ متر، بیشترین راندمان کاربرد را در سناریوهای قابل اجرا در منطقه داشته و با اعمال آن، می‌توان راندمان ۴۸ درصد را با آبیاری نواری تجربه نمود. لذا با در اختیار قرار دادن اطلاعات مستخرج از این مدل‌ها می‌توان مهندسين و مروجان پهنه را برای بهبود مدیریت آب در سطح مزارع یاری نمود تا در جهت ارتقاء راندمان کاربرد آب در سطح مزارع، از این اطلاعات استفاده نمایند.

پی‌نوشت

- 1-Hydrodynamic
- 2-Zero Initial
- 3-Kinematic Wave

منابع

بهمنی، ا. و پلنگی، س. ۱۳۹۲. امکان‌سنجی برآورد پارامترهای ارزیابی مزرعه در آبیاری جویچه‌ای با کاربرد دو مدل WinSRFR و NRCS-SURFACE، اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی



شکل ۶- مقایسه نتایج ارزیابی شبهه‌سازی‌های مدل SRFR و SURFACE نسبت به خط یک‌به‌یک جهت صحت‌سنجی مدل‌ها

نتایج نشان می‌دهد که هر دو مدل عملکرد مناسبی در برآورد راندمان کاربرد داشته‌اند؛ لیکن مدل SURFACE با دقت بهتری مقادیر راندمان کاربرد را شبیه‌سازی نموده است. هر دو مدل به‌طور متوسط مقادیر راندمان کاربرد را کمتر از حد اندازه‌گیری شده برآورد نموده‌اند. مدل SRFR به‌طور متوسط دارای ۹/۲ درصد خطا و مدل SURFACE دارای ۴/۵ درصد خطا هستند. از این‌رو در شبیه‌سازی شرایط راندمان کاربرد آب، هر دو مدل مناسب بوده ولی مدل SURFACE کارایی بهتری نسبت به مدل SRFR از خود نشان می‌دهد. این نتیجه با نتایج گزارش‌شده‌ی بهمنی و پلنگی (۱۳۹۲) منطبق می‌باشد. از این‌رو مدل SURFACE جهت شبیه‌سازی آبیاری نواری به‌منظور ارتقاء راندمان کاربرد آب در سطح مزارع پیشنهاد می‌شود.

- Ebrahimian H. and Liaghat A.M. 2011. Field Evaluation of Various Mathematical Models for Furrow and Border Irrigation Systems. *Soil and Water resource*, 6(2): 91-101.
- Eldeiry A., Garcia L., Ei-Zaher A.S.A. and ElSherbini Kiwan M. 2005. Furrow Irrigation System Design for Clay Soils in Arid Regions. *Appl. Eng. Agric*, 21(3): 411- 420.
- Mailhol J.C., Ruelle P. and Popova Z. 2005. Simulation of furrow irrigation practices (SOFIP): A field-scale modelling of water management and crop yield for furrow irrigation. *Irrigation Science*, 24(1):37-48.
- Mokari Gahroodi E., Liaghat AM. and Nahvinia M.J. 2013. Application of WinSRFR3.1 Model in Furrow Irrigation Simulation. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 7(1): 59-67.
- Nie W.B., Fei L.J. and Ma X.Y. 2014. Applied Closed-end Furrow Irrigation Optimized Design Based on Field and Simulated Advance Data. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(2): 395-408.
- Singh A., Jhorar R.K. and Kumar S. 2017. Performance evaluation of border irrigation method for wheat field. *Annals of Agri Bio Research*, 22(1): 49-54.
- Strelkoff T.S. and Clemmens A.J. 2006. *Hydraulics of surface systems. Design and operation of on-farm irrigation systems*, 2nd Ed., Chap. 13, G.J. Hoffman, R.G. Evans, M.E. Jensen, D. L. Martin, and R.L. Elliott, eds., ASABE Special Monograph, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI.
- Tafteh A. and Emdad MR. 2017. Improvement of water use productivity through the SRFR model in border strip irrigation of wheat across hamidiyeh farms (khuzestan, iran). *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12): 7885-7892.
- Zerihun D., Sanchez C.A., Farrell-Poe K.L. and Yitayew M. 2005. Analysis and design of border irrigation systems. *Transactions of the ASAE*, 48(5): 1751-1764.
- مهر ارونند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست و و انجمن حمایت از طبیعت ایران.
- پورعیسی، م.، وطن‌خواه، ح. و بهزادی‌نسب. م. ۱۳۹۵. ارزیابی راندمان سیستم آبیاری نواری در برخی مزارع دشت زرينه‌رود میان‌دوآب. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۶(۲۵): ۸۳-۹۶.
- تافته، آ.، امداد، م. و غالبی، س. ۱۳۹۶a. بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر راندمان کاربرد آب آبیاری نواری در شرایط عمق توسعه ریشه موجود و قابل توسعه گندم در اراضی حمیدیه (خوزستان). *نشریه حفاظت منابع آب و خاک*، ۶(۴): ۷۵-۹۰.
- تافته، آ.، امداد، م. و غالبی، س. ۱۳۹۶b. تعیین مناسب‌ترین شرایط آبیاری نواری به‌منظور افزایش راندمان کاربرد آب با استفاده از مدل SRFR. *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۸(۲): ۲۰۰-۲۱۰.
- حقیقتی، ب. ۱۳۹۲. بهبود مدیریت و مصرف بهینه آب در فرآیند تولید محصولات کشاورزی. گزارش طرح ترویجی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۳۳ صفحه.
- حیدری، ن. و عباسی، ف. ۱۳۹۵. بهینه کردن پارامترهای طراحی و مدیریت آبیاری نواری: مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی رامشیر. *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، ۱۷(۶۶): ۵۵-۷۰.
- سفیدکوهی، غ. و کولانیان، م. ۱۳۹۳. ارزیابی مزرعه‌ای و آنالیز حساسیت مدل SIRMOD در آبیاری شیاری. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۸(۳): ۴۷۳-۴۸۳.
- عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، ۱۷: ۱۱۳ - ۱۲۸.
- فراستی، م.، فرزی، س. و پورمحمد، پ. ۱۳۹۳. ارزیابی مزرعه‌ای و تحلیل سیستم آبیاری جویچه‌ای با مدل‌های SIRMOD و WinSRFR. *مجله محیط‌زیست و مهندسی آب*، ۴(۳): ۲۰۷-۲۱۵.
- Bautista E., Schlegel J.L. and Strelkoff T.S. 2012. WinSRFR 4.1 - User Manual. USDA-ARS Arid Land Agricultural Research Center. 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ, USA.
- Chen B., Zhu O., Zhigang S., Lanfang W. and Fadong L. 2012. Evaluation on the potential of improving border irrigation performance through border dimensions optimization: a case study on the irrigation districts along the lower Yellow River. *Irrigation Science*, 31(4): 715-728.



نشر مجلات علمی- حرفه‌ای راه‌کاری موثر در افزایش روزآمدی دانش مهندسان می‌باشد. علیرغم اینکه در کشور ما در زمینه علوم آب منابع اطلاع‌رسانی و مجلات متعددی وجود دارد اما جایگاه نشریاتی که بتوانند تجربیات کاربردی دست‌اندرکاران را به روشی علمی به نظر سایر کارشناسان برسانند خالی است. هدف این نشریه کمک به بهبود روش‌های اجرایی در عرصه مهندسی آب از طریق انتشار تجربیات موفق اجرایی و نتایج تحقیقات کاربردی است.

دامنه موضوعی نشریه محدود به کاربردهای آب در صنعت، شهر و کشاورزی و نیز رابطه متقابل آنها با منابع آب، از دیدگاه علمی- کاربردی خواهد بود. بر این اساس، محتوای موضوعی مقالات در این نشریه شامل: ۱- آب، اقتصاد و مدیریت ۲- کیفیت آب و فاضلاب ۳- انتقال آب و سازه‌های آبی ۴- آبیاری و کشاورزی ۵- منابع آب سطحی ۶- منابع آب زیرزمینی ۷- مدیریت منابع آب خواهد بود.

چارچوب مقالات مطالعه موردی: این گروه از مقالات با ساختار مقاله علمی پژوهشی (عنوان، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی به زبان فارسی و انگلیسی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، پیشنهادات کاربردی و منابع) ارائه شوند. **چارچوب سایر انواع:** این گروه از مقالات شامل عنوان، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی به زبان فارسی و انگلیسی، مقدمه در شروع و جمع‌بندی و پیشنهادات کاربردی در انتها می‌باشند. عناوین دیگر در بدنه‌ی مقاله به انتخاب نویسنده گذاشته می‌شود.

راهنمای نگارش مقاله

• متن مقاله لازم است در محیط Word در ابعاد A4 با ۲/۵ سانتی‌متر حاشیه از هر چهار طرف به صورت یک ستونه و با قلم Adobe Arabic اندازه ۱۴ و فاصله خطوط ۱/۱۵ حداقل در ۱۰ صفحه نگاشته شود. همه عناوین موجود در متن مقاله از جمله چکیده، مقدمه و ... نیز با همین قلم ولی Bold باشند.

• عنوان مقاله در وسط صفحه اول نوشته شود. عنوان مقاله باید کوتاه و روان بوده و از ۱۵ واژه تجاوز نکند. ابتدای واژه‌های اصلی عنوان انگلیسی مقاله با حروف بزرگ (Capital) نوشته شود.

• چکیده باید در عین مختصر بودن، به‌روشنی گویای محتوای مقاله باشد و با تأکید بر روش‌ها، نتایج و اهمیت کاربرد آن بوده و در آن از کلمات اختصاری مبهم استفاده نشود. متن چکیده از ۲۵۰ کلمه تجاوز نکرده و تمام آن در یک پاراگراف نوشته شود. چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد.

• واژه‌های کلیدی حداکثر ۵ کلمه و بعد از متن چکیده‌های فارسی و انگلیسی نوشته شود.

• مقدمه باید شامل اطلاعات مربوط به سابقه کار، توجیه اهمیت تحقیق و هدف بررسی باشد.

• مواد و روش‌ها باید به طور مشخص و روشن بیان شود. اگر روش تحقیق از یک منبع گرفته شده فقط به ذکر مأخذ اکتفا شود. همچنین از شرح کامل روش‌های اقتباس شده خودداری کرده و به ذکر منابع آن بسنده شود.

• نتایج و بحث باید شامل تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده در ارتباط با کار تحقیق مورد نظر باشد. عنوان جدول در بالا و با فرمت وسط‌چین نوشته و گویای نتایج مندرج در آن باشد. هر جدول با یک خط افقی از عنوان آن و سر جدول با یک خط افقی از متن جدول جدا و در زیر متن جدول نیز یک خط افقی کشیده شود. در صورت لزوم می‌توان برای تقسیم سر جدول از خطوط افقی در داخل کادر سر جدول استفاده کرد. از کشیدن هر گونه خط عمودی در جدول خودداری شود.

• عنوان شکل در پایین و با فرمت وسط‌چین نوشته و معرف محتوای ارایه شده در آن باشد. از اعداد انگلیسی در محورهای افقی و عمودی در شکل‌ها استفاده شود. تمامی نمودارها نیز با عنوان شکل ارائه شوند.

• عناوین اشکال و جداول با فونت متن به اندازه ۲ واحد کوچکتر به صورت شکل ۱- نوشته شود.

• در صورت استفاده از نمودار، اشکال و تصاویر در مقاله، باید فایل اصلی آنها نیز به همراه مقاله ارسال شود.

• منابع مورد استفاده باید شامل جدیدترین اطلاعات در زمینه کار مورد نظر باشد. فهرست منابع به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی نویسندگان مقاله مرتب شود. وقتی از چند اثر مختلف یک نویسنده استفاده می‌شود ترتیب شماره‌گذاری این مقاله‌ها بر حسب سال انتشار آنها (از قدیم به جدید) انجام گیرد. در فهرست منابع ابتدا منابع فارسی و در ادامه آن، منابع خارجی نیز ارائه شود.

• منابع موجود در متن مقاله با استفاده از روش نام و سال در داخل پرانتز (افتخاری، ۱۳۸۵) و اسامی بیشتر از دو نفر همراه با واژه همکاران (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۵) ذکر شود. کلیه اسامی لاتین اشخاص در متن به صورت انگلیسی نوشته شود (Argue, ۲۰۰۴).

• در متن مقاله تا حد امکان از نوشتن کلمات غیرفارسی خودداری شود (در صورت نیاز استفاده از پاورقی مجاز است). • دستورهای نقطه‌گذاری (Punctuation) در نوشتار متن رعایت شود. مثلاً گذاشتن فاصله قبل از نقطه (.) و کاما (,) و علامت سوال (?) لازم نیست، ولی بعد از آن‌ها، درج یک فاصله لازم است. • واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم SI گزارش شوند.

ایزدی، ع.، علیزاده، ا.، داوری، ک. و قهرمان، ب. ۱۳۸۶. مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: دشت نیشابور). نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۴. درگاه الکترونیکی (Web site): نام. آدرس وبگاه. تاریخ بازدید.

<http://www.informaworld.com/content/Ua/V.24-2-2004/article9.htm> (visited 5 September 2010).

۵. منابع بی‌نام: در صورت عدم وجود نام شخص یا اشخاص حقیقی به عنوان نویسنده باید از نام شخص حقوقی (نام سازمان) استفاده شود.

• همراه هر مقاله یک صفحه جداگانه که در آن عنوان کامل مقاله، تاریخ و محل انجام تحقیق، نام، نام خانوادگی، محل خدمت، مدرک تحصیلی، رتبه علمی نویسنده یا نویسندگان و همچنین آدرس پستی، ایمیل، تلفن ثابت و همراه نویسنده مسئول ارسال گردد.

• فایل اسکن شده تعهدنامه در سامانه نشریه بارگذاری شود.

• مقاله‌ای که فرمت نشریه را دارا نباشد و یا فایل تعهدنامه امضا شده ارسال نشده باشد، در جلسه هیأت تحریریه نشریه مطرح نمی‌شود.

• مقاله نباید در هیچ یک از نشریات کشور به چاپ رسیده یا همزمان برای مجلات دیگر ارسال شده باشد.

• پس از طی مراحل داوری مقاله، اصلاحات احتمالی به اطلاع نگارنده مسئول می‌رسد و پس از انجام اصلاحات مورد نظر داوران، بایستی فایل مقاله در سامانه نشریه بارگذاری شود.

• پس از طی مراحل داوری مقالات، ایرادات فنی مقاله توسط سردبیر بررسی می‌شود و پذیرش مقاله منوط به رفع این اشکالات است.

• در صورتیکه مقاله برای چاپ پذیرفته نشود، به نویسنده اطلاع داده خواهد شد.

• نشریه در رد یا قبول و حک و اصلاح مقاله تا قبل از تأیید توسط سردبیر آزاد است.

• در صورت نیاز، بخش‌های سپاسگزاری و پیشنهادات می‌توانند به صورت خلاصه به متن مقاله اضافه شوند.

• پی‌نوشت: شامل برابر نهادهای لاتین و توضیحات ضروری درباره اصطلاحات و مطالب مقاله، باید به ترتیب با شماره در متن و با عنوان پی‌نوشت در انتهای مقاله، قبل از منابع درج گردد.

• از قالب‌های زیر برای ارایه فهرست منابع استفاده شود (پاراگراف مربوط به هر یک از منابع دارای فرمت بیرون آمدگی سطر اول (Hanging) باشد):

۱. مقالات: نگارنده‌گان. سال. عنوان مقاله. عنوان مجله، جلد (شماره) مجله: شماره صفحات.

قهرمان، ب.، حسینی، س.م. و عسگری، ح.ر. ۱۳۸۲. کاربرد زمین آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی. نشریه علمی-پژوهشی امیرکبیر (مهندسی عمران و گرایش‌های وابسته)، ۱۴(۵۵-۵): ۹۷۱-۹۸۱.

Sparks D.L., Thompson H.A. and Gupta H.V. 2009. Visible changes in macro mica particles that occur with nickel depletion. Water. Air and Soil Pollution, 31: 217-230.

۲. کتب: نگارنده(گان). سال. عنوان کتاب. جلد. انتشارات. نوبت چاپ. شهر، کشور.

علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری. جلد ۱: طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.

Lindsay W.L. 1979. Chemical Equilibria in Soils. John Wiley & Sons, New York.

۳. همایش‌ها: نگارنده‌گان. سال. عنوان مقاله. عنوان همایش. محل همایش، شهر، کشور.

Berrada B. 2004. Options for water management during drought. In E.D. Martin (ed.) Proceedings of the 4th Annual Four Corners Irrigation Workshop, 8-10 Jul. 2004. Soil and Water Conserv. Soc., New Mexico, USA. (p. 29-37)



در میان نشریات علمی موجود، جایگاه نشریاتی که بتوانند تجربیات کاربردی دست‌اندرکاران حوزه اجرایی آب و فاضلاب را به شیوه‌ای علمی به نظر سایر کارشناسان و فرهیختگان برسانند و یا بسترهایی که امکان تبادل اطلاعات میان صنعت و دانشگاه را بیش از پیش فراهم آورده و همچنین سبب روزآمدی دانش کارشناسان حوزه آب و فاضلاب گردد، بسیار ضروری می‌نمود. در همین راستا، شرکت آب و فاضلاب مشهد پیرو عقد تفاهم‌نامه همکاری بین آبفا مشهد و دانشگاه فردوسی در تاریخ ۱۳۹۰/۰۹/۱۲، با هدف تحقق سیاست‌های علمی این شرکت، بر آن شد تا از دوفصلنامه علمی ترویجی آب و توسعه پایدار حمایت نماید. این مهم، با اخذ مجوز از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، حمایت‌های مدیرعامل و معاون برنامه‌ریزی و منابع انسانی وقت و پیگیری‌های مستمر دفتر تحقیقات سرانجام در تاریخ ۱۳۹۲/۰۷/۰۱ تحقق یافت و اولین قرارداد رسمی بین دو طرف با موضوع «حمایت از چاپ و انتشار دوفصلنامه علمی-ترویجی آب و توسعه پایدار» در تاریخ مذکور منعقد شد. پس از انتشار موفق اولین شماره و دریافت بازخوردهای مثبت، این همکاری دو سویه با حمایت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و تلاش کلیه دست‌اندرکاران ادامه یافت و منجر به عقد دو قرارداد همکاری دیگر به صورت مستمر گردید که در جدول زیر به اختصار بدان‌ها اشاره گردیده است.

تاریخ قرارداد	مدت قرارداد
۱۳۹۲/۰۷/۰۱	۲۴ ماه
۱۳۹۴/۰۸/۱۱	۲۴ ماه
۱۳۹۶/۰۸/۰۶	۳۰ ماه
تاکنون ۱۳ شماره از این نشریه با حمایت مادی و معنوی شرکت آب و فاضلاب مشهد منتشر گردیده است.	

طی این مدت همکاری، به منظور تحقق هدف والای اشاعه دستاوردهای علمی و اجرایی، شماره‌های اول تا دهم این نشریه با حمایت شرکت آب و فاضلاب مشهد و به تیراژ ۱۰۰۰ نسخه، به صورت هدفمند در سطح مراکز

علمی و اجرایی تأثیرگذار و مرتبط با بخش آب و فاضلاب در سراسر کشور به صورت رایگان توزیع گردید. این مراکز شامل «استاندارهای، شرکت مدیریت منابع آب کشور، کلیه شرکت‌های آب منطقه‌ای کشور، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، کلیه شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی، پژوهشکده‌ها و مراکز تحقیقاتی مرتبط با بخش آب، ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌ها، ادارات کل حفاظت محیط زیست استان‌ها، دفاتر مدیریت آب و خاک و فنی مهندسی جهاد کشاورزی استان‌ها، شرکت‌های مشاور در رسته آب، پیمانکاران مرتبط با رسته آب، شرکت شهرک‌های صنعتی استان‌ها، کارخانجات تولیدکننده تجهیزات مرتبط با صنعت آب و فاضلاب، گروه‌های مهندسی عمران، منابع طبیعی، کشاورزی و بهداشت در دانشگاه‌ها و کتابخانه‌های آن‌ها» بودند؛ و پس از آن به منظور رعایت ملاحظات زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌ها، از شماره یازدهم به بعد، این نشریه صرفاً به صورت الکترونیکی و با انتشار در سایت به نشانی <http://jwsd.um.ac.ir> در اختیار عموم علاقمندان قرار داده شد. در حال حاضر نیز با راه‌اندازی صفحه اینستاگرامی به نشانی [@jwsdfum](http://jwsdfum) پل ارتباطی جدیدی برای سهولت دسترسی مخاطبین ایجاد شده است.

در شرکت آب و فاضلاب مشهد نیز به منظور سهولت دسترسی کارکنان به این نشریه و همچنین بهره‌مندی سایر مخاطبین علاقمند، فایل تمامی شماره‌های این نشریه در زیرپورتال تحقیقات به نشانی <http://rd.abfamashhad.ir> به صورت مستمر به روزرسانی گردیده و قابل دسترس عموم می‌باشد.

در حال حاضر شرکت آب و فاضلاب مشهد مفتخر است که پس از گذشت بالغ بر شش سال همکاری مشترک و موثر با دانشگاه فردوسی مشهد به‌ویژه گروه علوم و مهندسی آب، تعداد ۱۳ شماره از این نشریه منتشر گردیده و در اختیار علاقمندان حوزه آب و فاضلاب قرار گرفته است و امید است توانسته باشیم برای رشد و شکوفایی هرچه بیشتر علم و عمل در حوزه آب و فاضلاب، گام‌های موثری برداریم.

In the Name of Allah

Journal of Water and Sustainable Development



Volume 6 - Issue 3 (Serial No. 14) - March 2020

Due to certificate no. 3/18/126631 dated 20/9/2015 from the scientific publications review Commission of the Ministry of Science, Research and Technology and also Due to registration number no76766 dated 25/1/2016 from the Ministry of Culture and Islamic Guidance, this journal has been licensed to publish.

Grantee
Manager in Charge
Editor in Chief

College of Agriculture , Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Shahnooshi Foroushani, N. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Ghahraman, B. Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board

Bagheri, A. Asso. Prof., Tarbiat Modares University
Davary, K. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Esmaili, K. Asso. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Ghezelsoflo, A.A. Assis. Prof., Islamic Azad University of Mashhad
Jolaini, M. Asso. Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi
Meftah Halaghi, M. Asso. Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

Guiding Council

Sayahi, A., Assistance of research and industrial relations center of National Water and Wastewater Engineering Company (Chairman of the council)
Esmailian, H., Managing director of Mashhad Water & Wastewater Company
Alaei, M., Managing director of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company
Mousavi, S. Y., Secretary of water Think tank at Iran Water Resources Management Company
Shahnooshi Foroushani, N., Manager in charge
Ghahraman, B., Editor in chief

Advisory Editors

Noori Esfandiari, A., Representative of water Think tank at Iran Water Resources Management Company
Sajadifar, S.H., Representative of National Water & Wastewater Company
Tavakoli Aminian, S., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Ghandehari, A. Representative of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company
Kolahi, M., Ferdowsi University of Mashhad

Executive Expert

Editor

Graphic

Publisher

Print

ISSN

Website/E-Mail

Address

Sponsor

Shahedi, M., Talebi Hossein Abad, F.
Shahedi, M., Quchanian, M., Hasibi, A., Oskouhi, M.
Shaikhi, M.R.
Ferdowsi University of Mashhad
Ferdowsi University of Mashhad Press(FUMP)
2423-5474
<http://jm.um.ac.ir/index.php/WSD/> jwsd@um.ac.ir
Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. P.O.Box: 91775- 1163
Mashhad Water & Wastewater Company

The full text of the articles can be downloaded on the website

Articles in issue:

■ **Ethics in Engineering Profession**

N. Sheikh Rezazadeh Nikou, K. Davary,
B. Gahraman, A.N. Ziaei, Sh. Safavi

■ **Measurement of Water Footprint and Virtual Water Trade in the Economic Sectors of Yazd Province Using the Input-Output Approach**

Z. Nasrollahi, M. Zarei, S. Rayga

■ **Analysing the Tariff System and Economic Value of Water in Iran's Industry Sector**

M. Tahami Pour Zarandi, A. Khazaei, F. Kolivand

■ **An Introduction to Agricultural Water Accounting by Estimating Crop Water Consumption**

A.A. Azimi Dezfuli

■ **Analysis of Productivity Gap and Agricultural Water Productivity Improvement Planning with the Empowerment Approach of Farmers and Aquifer Sustainability (Case Study: Qazvin Plain)**

B. Nazari

■ **The Investigation of Legal, Social, and Economic Feasibility of Payment for Water Services in Golestan Province**

J. Karami, Kh. Kiapasha, H.R. Niyazifar

■ **Managerial Approaches for the Use of Chah-Nimeh Water Reservoirs in Sistan and Baluchestan Province Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)**

E. Ahani, M. Ahmadvor Borazjani, S. Ziaee

■ **The Monitoring Importance on Operation of Drip Irrigation Systems (Case Study: Faryab County - Jiroft)**

R. Dehghani Dashtabi, V. Barkhordari, M. Jahani, S.H. Mirhashemi

■ **Evaluating the Efficiency of SURFACE and SRFR Models in Simulation of Application Efficiency of Border Irrigation in Wheat Farms**

A. Tafteh, M.R. Emdad



آب گرانبهاست

