

آب و توسعه پایدار

سال دوم - شماره دوم (پیاپی ۵) - اسفند ۱۳۹۴

مقالات این شماره:

- پیاده‌سازی سامانه اطلاعات مکانی و کاربرد آن در مدیریت و تصمیم‌سازی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری
ابودر عاشوری، علیرضا احدی
- ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در شرکت‌های تحت نظارت استان قدس رضوی
عزیز الله ایزدی، کامران داوری
- آشنایی با مفهوم روند ضمنی و بکارگیری آن در مدل‌سازی تابع تولید کشاورزی با توجه به نهاده‌ی آب
مثم حداد، حسین صادقی سقدل
- مروری کوتاه بر جوایز جهانی آب، معیارهای مؤثر برای نامزدی کسب جوایز و معرفی نمونه جوایز در یافتی
مژگان ثابت تیموری، مجتبی شفیعی، شانه توکلی امینیان
- معرفی معادلات اساسی مدل Qual2kw و راهنمای کاربردی مدل
هاجر طاهری سودجانی، خدیجه براتی، محمد شایان نژاد
- روش‌های کنترل تولید و انتشار سولفید هیدروژن در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب
احسان عظیمی قالی‌باف، سعیدرضا حدادشناس، الهام قربانی، کیوان صائب
- مقایسه روش‌های برآورد بارش مؤثر در کشاورزی
نوشین خالقی
- تجاری‌سازی تولید گندم و کوشیا با استفاده از منابع آب و خاک شور در استان گلستان
علیرضا گیانی، معصومه صالحی
- آشنایی با گرسیون خطی چندگانه و استفاده از آن در شبیه‌سازی مقادیر تبخیر روزانه تشت
محمد جعفری، یعقوب دین‌پژوه، اسماعیل اسدی
- بررسی میزان آگاهی کشاورزان از مسایل آب و آبیاری (مطالعه موردی: استان گلستان)
علیرضا گیانی، فریبرز عباسی
- دستورالعمل ارزیابی عملکرد دستگاه آبیاری دوار مرکزی (سنتر پیت) (یادداشت فنی)
محمد کریمی، محمد جلیلی

سال دوم - شماره دوم (پیاپی ۵) - اسفند ۱۳۹۴

این نشریه طبق نامه شماره ۱۳۹۴/۰۶/۲۹ مورخ ۳/۱۸/۱۳۹۴ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم تحقیقات و فناوری، اعتبار علمی - ترویجی دریافت نموده است. همچنین این نشریه در تاریخ ۱۳۹۴/۱۱/۰۵ موفق به دریافت پروانه انتشار نشریه از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی به شماره ثبت ۷۶۷۶۶ شده است.

صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سر دبیر

دانشگاه فردوسی مشهد

ناصر شاهنوشی فروشانی / استاد دانشگاه فردوسی مشهد

بیژن قهرمان / استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیات تحریریه

کاظم اسماعیلی / دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
علی باقری / استادیار 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

حسین عطائی (ریاست شورا) / معاونت مرکز تحقیقات و ارتباط با صنعت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
سید علیرضا طباطبایی / مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد
محمدحسین جعفری / 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 / سر دبیر نشریه

مشاوران هیات 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
محمد رضا علیپور / شرکت آب و فاضلاب مشهد
احمد قندهاری / شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی

کارشناس اجرایی

ناشر

طراحی / چاپ

شمارگان

شماره شاپا

تلفن

رایانامه

تارنما

آدرس

حامی مالی

مهری شاهدی، فاطمه طالبی حسین آباد

دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

محمد رضا شیخی / شهر چاپ خراسان

۱۰۰۰ نسخه

۲۴۲۳-۵۴۷۴

۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۴۳

jwsd@um.ac.ir

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

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

این نشریه با حمایت مالی شرکت آب و فاضلاب مشهد، در حال حاضر رایگان توزیع می‌شود.



الف	سرمقاله و یادداشت کوتاه
۱	پیاده‌سازی سامانه اطلاعات مکانی و کاربرد آن در مدیریت و تصمیم‌سازی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری ابوذر عاشوری، علیرضا احدی
۹	ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در شرکت‌های تحت نظارت آستان قدس رضوی عزیز الله ایزدی، کامران داوری
۱۵	آشنایی با مفهوم روند ضمنی و بکارگیری آن در مدل‌سازی تابع تولید کشاورزی با توجه به نهاده‌ی آب میثم حداد، حسین صادقی سقدل
۲۷	مروری کوتاه بر جوایز جهانی آب؛ معیارهای مؤثر برای نامزدی کسب جوایز و معرفی نمونه جوایز دریافتی مژگان ثابت تیموری، مجتبی شفیع، ثمانه توکلی امینیان
۳۵	معرفی معادلات اساسی مدل Qual2kw و راهنمای کاربردی مدل هاجر طاهری سودجانی، خدیجه براتی، محمد شایان نژاد
۴۳	روش‌های کنترل تولید و انتشار سولفید هیدروژن در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب احسان عظیمی قالی باف، سعیدرضا خداشناس، الهام قربانی، کیوان صائب
۵۱	مقایسه روش‌های برآورد بارش مؤثر در کشاورزی نوشین خالقی
۵۹	تجاری از تولید گندم و کوشیا با استفاده از منابع آب و خاک شور در استان گلستان علیرضا کیانی، معصومه صالحی
۶۷	آشنایی با رگرسون خطی چندگانه و استفاده از آن در شبیه‌سازی مقادیر تبخیر روزانه تشت مجید جعفری، یعقوب دین‌پژوه، اسماعیل اسدی
۷۷	بررسی میزان آگاهی کشاورزان از مسایل آب و آبیاری (مطالعه موردی استان گلستان) علیرضا کیانی، فریبرز عباسی
۸۵	دستورالعمل ارزیابی عملکرد دستگاه آبیاری دوار مرکزی (سنتریوت) (یادداشت فنی) محمد کریمی، محمد جلینی
۹۲	آشنایی با نشریه و راهنمای چارچوب مقالات
۹۴	معرفی زیرپورتال تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد، آشنایی با سامانه جامع تحقیقات (محقق)
۹۶	طراحی و تدوین پژوهش کارت در شرکت آب و فاضلاب مشهد، از ایده تا اقدام ...



آب، اقتصاد و مدیریت

بررسی پیامدهای اقتصادی سیاست‌ها یا برنامه‌های مدیریت آب را می‌توان در سه حوزه مورد توجه قرار داد:

- ۱) انواع بهره‌برداری‌های مصرفی و غیرمصرفی از منابع آب
- ۲) خطرات مرتبط با چرخه آب
- ۳) خدمات محیط زیستی.

در هر یک از این حوزه‌ها، نوع بررسی‌ها در چهار گروه کلی قابل طبقه‌بندی است که در ادامه به شرح آنها پرداخته شده است:

- ۱) تطبیق نظریه‌ها و اصول اقتصادی بر موضوعات هر حوزه و تأثیر آن بر تصمیمات مدیریتی
- ۲) تعریف و محاسبه نشانگرهای اقتصادی در هدف‌گذاری، نظارت و پایش اقدامات و برنامه‌ها
- ۳) تدابیر اقتصادی برای ایجاد انگیزه و مشارکت در تحقق هدف‌های اقتصادی و غیر اقتصادی
- ۴) تشخیص چالش‌ها در استفاده از تدابیر اقتصادی و زیرساخت‌های نهادی لازم برای مقابله با آنها

۱. تطبیق نظریه‌ها و اصول اقتصادی

در تطبیق مبانی نظری علوم اقتصادی با ویژگی‌های آب، توضیح داده می‌شود که چرا نهاد بازار قادر به لحاظ کردن کامل آثار اقتصادی و زیست محیطی در برقراری پاسخگویی به نیازها، ایجاد تعادل‌ها و حل مسایل نیست و چگونه باید دخالت‌های دولت یا نهادهای اجتماعی و پذیرش نوعی نظام برنامه‌ریزی، مورد توجه قرار بگیرد. در توضیح چگونگی‌ها مثلاً گفته می‌شود: در طرح‌ها، هزینه‌های هیچ اقدامی در درازمدت نباید از فواید آن (با توجه به قیمت‌های سایه و ارزش زمانی پول) بیشتر باشد، درمقایسه اقتصادی پیامدهای گزینه‌های مختلف و انتخاب گزینه برتر باید اصول اقتصاد مهندسی پیاده شود، در سیاست‌های قیمت‌گذاری آب در سطح بنگاه‌ها، فاصله گرفتن هزینه‌ها از فواید و ارزش‌های کسب شده موجب بروز رفتارهای رانت‌خواهانه در استفاده از منابع می‌شود، با

نپرداختن هزینه‌های کامل فعالیت‌ها توسط بنگاه عامل (مانند صاحبان چاه عمیق) «هزینه خارجی» ایجاد شده توسط جامعه پرداخت می‌شود.

۲. نشانگرهای اقتصادی

بسیاری از موضوعات محوری مدیریت اقتصادی آب بر اساس نشانگرهای کارایی (اعمال قواعد لازم در استفاده از منابع محدود) و نشانگرهای مصرف پایدار بیان شده است. در بهره‌برداری پایدار از منابع آب، کمال مطلوب هنگامی حاصل می‌شود که ارزش‌ها با هزینه‌ها در درازمدت به حد موازنه و برابری برسند، یعنی هزینه کل برابر ارزش پایدار در بهره‌برداری‌ها باشد. در این حالت، در تقویم و محاسبه نشانگرها، هزینه کامل شامل: هزینه‌های استحصال، آثار جنبی منفی بنگاه‌ها بر دیگران، هزینه فرصت آب و خسارت‌های زیست محیطی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار می‌گیرد. در محاسبه ارزش کامل آب، آثار مثبت خارجی بنگاه‌ها و ارزش خدمات زیست محیطی در معرض توجه قرار دارد. برای تأمین نظام‌مند داده‌های این نوع بررسی‌ها، به استقرار نظام حساب‌های اقماری (حسابداری آب) در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای و ملی نیاز است.

۳. تدابیر انگیزه‌ساز و بازارمحور

سیاست‌های جدید مرتبط با حکمرانی و مدیریت آب، صرفاً به "دستور و کنترل" متکی نیست و استفاده از سیاست‌های انگیزه‌ساز و یا مشتق شده از بازار، در آنها مشهود است. اعطای یارانه‌های هدف‌دار، اخذ مالیات و عوارض و قیمت‌گذاری با هدف کنترل تقاضا و مصرف آب و کاهش آلودگی‌ها، تعیین حدود و ضوابط قانونی (پروانه بهره‌برداری، مجوز دفع فاضلاب و یا میزان استفاده از کود و سم در کشاورزی) و صدور مجوز برای مبادله و تشکیل بازار و رفتن به سمت مزیت‌های نسبی و مدیریت آب مجازی از سیاست‌هایی است که مورد اقبال بیشتری قرار گرفته است.

۴. زیرساخت‌های تدابیر اقتصادی

نشانگرها و انگیزه‌های اقتصادی زمانی می‌توانند کارکرد مناسبی داشته باشند، که نظام اداری و باورهای فرهنگی، مشارکت‌ها و توافقات اجتماعی هم از آن پشتیبانی کند. قیمت‌گذاری حجمی آب، تقویت و توسعه بازار آب، سرمایه‌گذاری متشکل بخش خصوصی، ثبات و پایداری نسبی در حقوق مالکیت آب و نظایر آن، از این زمره‌اند.

بنابراین هرچند در کشور ما برخی از مجوزهای قانونی برای اعمال برخی سیاست‌های اقتصادی در حوزه آب وجود دارد، اما زیرساخت‌های آن فراهم نیست و درباره پیامدهای گوناگون اجرای آن‌ها چاره‌اندیشی نشده است. در اغلب موارد، به علت پیامدهای چند جانبه و عمیقی که اعمال تدابیر اقتصادی آب در جامعه ایجاد می‌کند، ممکن است کلیه هدف‌های لازم همزمان تأمین نشود و یا با هدف‌ها و سیاست‌های دیگر اجتماعی و سیاسی، مغایرت‌هایی داشته باشد. معمولاً اگر این مغایرت‌ها به نحو شفاف و آشکاری بیان شوند، به نحو بهتری می‌توان

در باره داد و ستدهای میان هدف‌های مختلف و رسیدن به توافق پایدار (از طریق گفت و گوی شفاف ملی و منطقه‌ای) تلاش کرد. بیان این مغایرت‌ها و داد و ستدها به زبان اقتصادی در بسیاری از عرصه‌ها ممکن و راهگشاست. غرض آن است که مشارکت نهادی بخش خصوصی و نیروهای اجتماعی در تصمیم‌گیری‌های اصلی، از الزامات استفاده صحیح از تدابیر اقتصادی محسوب می‌شوند و بهتر است در یک بسته سیاستی، تدوین و عرضه شوند.

یادداشت کوتاه



ارزش اقتصادی آب در کشاورزی

آب مایه حیات، الفبای آبادانی و محور توسعه است. این تعاریف از آب، خود گویای ارزش اجتماعی و اقتصادی این سرمایه ملی است. کاهش سرانه آب قابل دسترس و مناسب مصرف انسان به علت رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای آب از یک طرف و تشدید آلودگی این عنصر حیاتی و کاهش بارندگی و به تبع آن محدودیت در منابع آب سطحی و زیرزمینی، جوامع گوناگون بشری را به تفکر و اندیشه برای افزایش بهره‌وری این منبع وادار نموده است.

پدران ما در گذشته به ارزش حیاتی و اقتصادی این گوهر گران‌بها واقف بوده و زندگی اقتصادی- اجتماعی خود را حول این محور بنا کرده بودند. آن‌ها برای تأمین آب و تنظیم چگونگی مصرف آن تلاش‌های چشمگیری نموده، شاهکارهایی از خلاقیت‌های فنی، اقتصادی و اجتماعی پدید آورده بودند. احداث سدهای مخزنی و قنوات، طراحی سیستم‌های پایدار انتقال و توزیع، بالابردن بهره‌وری آب و تدوین شیوه‌های تقسیم آب- نظیر طومار شیخ بهائی- از آن قبیل هستند.

آب در گذشته از چنان جایگاه پر اهمیتی برخوردار بوده که تقسیم‌کننده آن، یعنی میراب‌ها مقام اجتماعی

بالایی بین توده مردم داشته و مورد احترام خاص بوده‌اند. بطوریکه دوستی و نزدیکی با میراب‌ها از نکات برجسته زندگی افراد بوده است. روش‌های سنتی تسهیم و بهره‌برداری از منابع آب سالیان درازی دوام داشته و پایداری آن را در طولانی مدت حفظ کرده بود. نظام بهره‌برداری از آب در دوران گذشته این سرزمین نشانی از یک سازماندهی موثر و متکی بر شناخت جامعه و روابط آن و حاصل تجربیاتی بوده که در سال‌ها و قرون متمادی کسب گردیده است. در این نظام سهولت دسترسی به این کالای اقتصادی و هزینه راهبری و نگهداری سامانه‌ها در ارزش‌گذاری و مبادله این کالا در بازار منطقه‌ای موثر بود.

اهمیت آب متناسب با محدودیت نسبی آن، معادل نهاده‌هایی چون سرمایه، زمین و نیروی کار ارزش‌گذاری می‌شده است. در این سامانه‌ها مالک آب ۲۰ تا ۲۵ درصد محصول تولید شده را از آن خود می‌دانسته است. بررسی‌ها نشان داده است که این نظام تا دهه‌های اخیر نیز در گوشه و کنار کشور در مناطقی که مدیریت بهره‌برداری سنتی و براساس روابط تجربی بنا نهاد شده، اعمال شده است.

در چند دهه اخیر توسعه تکنولوژی، درآمدهای نفتی و دخالت دولت در سرمایه‌گذاری و مدیریت منابع آب، موجب افزایش سهولت دسترسی به این کالای حیات بخش گردیده و تضعیف جایگاه ارزشی آن در جامعه و به ویژه بخش کشاورزی به عنوان مصرف‌کننده مهم آب را در پی داشته است. توسعه فناوری‌ها از طریق حفر چاه‌های عمیق و انرژی تقریباً رایگان، که این نیز خود تحت تأثیر اقتصاد نفتی بود، برداشت آب از ذخائر زیرزمینی کشور را آسان کرده و فرایند تأمین

آب ارزان قیمت را تسریع نمود. بدین ترتیب ذخائری که طی قرون متمادی به وجود آمده بود، به سرعت تخلیه شده و در طی چند دهه و به ویژه در دهه اخیر، دشت‌های پربار کشور را به مناطقی بحرانی زده و چالشی تبدیل نمود.

سیاست‌های دسترسی ارزان به آب منجر به کم بها دادن و تلف کردن این کالای بسیار پر ارزش شده و همراه آن توسعه اراضی آبی کشور، فراتر از ظرفیت‌های پایدار ملی، چشم‌انداز برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب کشور را در حد بسیار نگران‌کننده به خطر انداخته است. این نگاه و شیوه عمل در دهه‌های اخیر به صورت‌های زیر نمود داشته است.

- کم اهمیت‌شدن کارآمدی آب در تولید کشاورزی
- از دست‌رفتن منابع آب‌های زیرزمینی، که بعضاً برگشت‌ناپذیر است.
- اتلاف آب، که در واقع از دست‌رفتن سرمایه و انرژی ملی است.
- تخریب محیط‌زیست، زه‌دار کردن و شور نمودن اراضی مرغوب کشاورزی.
- از طرفی توسعه فنی و علمی بخش آب نیز به علت نبود انگیزه، به بهبود سیستم‌های بهره‌وری منابع آب منجر نشده است.

در سال‌های اخیر با افزایش شدید نیازها، وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی و در نتیجه کاهش قابل توجه منابع آب در دسترس و بحرانی شدن تأمین آب در بخش‌های مختلف، درک ارزش اقتصادی آب در بین مسئولین و گروداران در حال شکل گرفتن است. در عین حال، در تدوین سیاست‌های ملی برای تأمین امنیت غذایی و توسعه صادرات محصولات کشاورزی باید نسبت به جلب مشارکت مردم در راهبری

طرح‌های آبیاری نوین کوشید تا ضمن در نظر گرفتن محدودیت منابع آب و ارزش بی همتای آن، به تدریج موجبات ارتقای بهره‌وری آب فراهم گردد.

متناسب با وضعیت اقلیمی کشور، بین ۸۰ تا ۹۰ درصد منابع آب استحصال شده به بخش کشاورزی تخصیص پیدا می‌کند. بنابراین تداوم وضعیت ناپایدار کمی و کیفی منابع آب کشور که در این دهه با آن روبرو هستیم صدمات سنگینی به ویژه به بخش کشاورزی وارد خواهد ساخت. ایجاد بازار آب و فراهم‌آوردن بستر ارزش‌گذاری و مبادله آب در میان متقاضیان آب کشاورزی، توجه بیشتر به شیوه کاربری آب کشاورزی را جلب نموده و کشاورزی اقتصادی را متکی بر ارزش واقعی آب در منطقه پی‌ریزی خواهد کرد.

بدیهی است در این راستا سیاست‌های اقتصاد کشاورزی و حمایت از تولید محصولات استراتژیک باید به گونه‌ای در پهنه‌های کشور تدوین شوند که بخش کشاورزی بتواند در یک فضای رقابتی با سایر مصرف‌کنندگان و در بازار آزاد عرضه و تقاضا جایگاه خود را باز یابد. در این الگو و برنامه کشوری، مباحث الگوی کشت، بهره‌وری آب کشاورزی، مبادلات آب مجازی و ردپای آب از محورهای تعیین‌کننده خواهند بود.

آب، غذا و انرژی به صورت اجتناب‌ناپذیری در پیوند با یکدیگر هستند. هرگونه برنامه‌ریزی در یک بخش، دو بخش دیگر را متأثر می‌کند. توفیق در برنامه‌ریزی‌های کلان کشور در آینده منوط به در نظر گرفتن این پیوندها در ابعاد اقتصادی- اجتماعی آن است. معرفی و حمایت از ایجاد بازار آب یکی از ابزارهای پیداکردن گذرگاه مناسب توسعه در میان مسیرهایی است که به توسعه‌های ناپایدار ختم خواهند شد.

Implementation of GIS and its application in management and decision-making in water and waste water companies

A. Ashourei^{1*}, A. Ahadi²

1,2- MSc in GIS & PhD Student in Science and water Engineering, Shiraz Water & Waste Water Company, Iran.

*(Corresponding Author Email: a.ashourei@gmail.com)

Received: 18-4-2015

Accepted: 15-2-2016

پیاده سازی سامانه اطلاعات مکانی و کاربرد آن در مدیریت و تصمیم سازی شرکت های آب و فاضلاب شهری

ابوذر عاشوری^۱، علیرضا احدی^۲

۱ و ۲- به ترتیب کارشناسی ارشد GIS و دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، شرکت آب و فاضلاب شیراز.

*(نویسنده ی مسئول، E-Mail: a.ashourei@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۶

Abstract

Water resource Constraints on the one side, the industrial and urban infrastructures which cannot cope with the growing demand, and the need for adequate planning on the other hand, emphasizes the importance of using a comprehensive and systematic approach in the field of water resources management and infrastructure development more obvious and significant day by day. Also, exposure to large amounts of data and spatial data in such infrastructures, raises the use of new technologies for collecting, storing, processing, accessing, modeling, and finally the decision making process in the shortest time, with the highest accuracy and lowest costs. In this paper, as well as the investigation of GIS implementation in Shiraz Water and Wastewater Company, the spatial data in this company and all the information contained in the descriptive database that can be converted into spatial information to help enrich GIS database, were studied. Also, online communication between these databases and the GIS database was established through a Web service (Using SQL Server2008 database management system and Arc SDE interface). Finally, for decision and resource optimization management, the company's updated Spatial and description data through an Internet Map Server were provided to users in different fields.

Keywords: Web Service, GIS, Shiraz water &Waste Water Company, online communities, database.

چکیده

محدودیت منابع آب موجود از یک سو و رشد روز افزون تقاضا در مقایسه با توسعه زیرساخت های شهری در این بخش و نیاز به برنامه ریزی های لازم از سوی دیگر، لزوم استفاده از یک تفکر سیستمی و جامع در زمینه مدیریت منابع و توسعه زیرساخت های آبرسانی را روز به روز آشکارتر و با اهمیت تر می سازد. همچنین مواجه شدن با حجم عظیمی از داده ها و اطلاعات مکانی در اینگونه زیرساخت ها، استفاده از فناوری های نوین جهت جمع آوری، ذخیره سازی، پردازش، دسترسی، مدل سازی و در نهایت فرآیند تصمیم سازی در کوتاه ترین زمان، بالاترین دقت و کمترین هزینه را مطرح می سازد. در این مقاله ضمن بررسی نحوه پیاده سازی GIS در شرکت آب و فاضلاب شیراز، داده های مکانی موجود در این شرکت و کلیه اطلاعات موجود در پایگاه های داده توصیفی، که قابلیت تبدیل شدن به اطلاعات مکانی را دارد و یا به غنی نمودن پایگاه داده GIS کمک می نمایند بررسی شده است. همچنین ارتباط برخط^۱ بین این پایگاه های داده با پایگاه داده GIS از طریق یک وب سرویس با استفاده از سیستم مدیریت پایگاه داده SQL Server2008 و رابط ArcSDE برقرار گردیده است. در نهایت کلیه اطلاعات مکانی و توصیفی بهنگام سازمان از طریق سرویس های نقشه ای تحت وب، به منظور استفاده در تصمیم گیری و مدیریت بهینه منابع، در اختیار کاربران حوزه های مختلف قرار می گیرد.

واژه های کلیدی: وب سرویس، GIS، شرکت آب و فاضلاب شیراز، ارتباط برخط، پایگاه داده.

شرکت‌های دولتی و خصوصی قرار دهند (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۷۹)

یکی از مشکلات شرکت‌های آب و فاضلاب بهنگام نبودن اطلاعات و نقشه‌های شبکه توزیع، اطلاعات مشترکین و پراکنده بودن اطلاعات توصیفی مربوط به تأسیسات، شبکه توزیع و مشترکین در پایگاه داده‌های مختلف می‌باشد. علاوه بر این، نقشه‌ها معمولاً حاوی اطلاعات زیادی در مورد تأسیسات موجود در شبکه آب و فاضلاب نمی‌باشند و گاهی اطلاعات آن‌ها به صورت ناقص ثبت شده و کمتر قابل استفاده می‌باشد (عاشوری، ۱۳۸۸). بخصوص در مواردی که طراحی و اجرای تأسیسات شبکه توزیع مربوط به گذشته نسبتاً دور می‌باشد، به علت عدم مستندسازی مناسب نقشه‌ها و گزارشات این تأسیسات، کمتر می‌توان به اطلاعات این منابع داده‌ای، استناد نمود و نیاز به بروزرسانی اطلاعات این تأسیسات در اغلب موارد ضروری می‌باشد.

با توجه به اینکه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) دارای قابلیت‌های اخذ، ذخیره‌سازی، بازیابی، پردازش، نمایش و در نهایت به اشتراک‌گذاری انواع داده‌های مکانی و توصیفی را دارد (ESRI، ۲۰۱۴)، در شرکت آب و فاضلاب شیراز پیاده‌سازی و مورد استفاده قرار گرفته است. از دیگر سو با توجه به لزوم ارتباط بین پایگاه‌های داده موجود در این شرکت از قبیل مشترکین، PM و کنترل کیفیت (آزمایشگاه)، به منظور استفاده از اطلاعات بهنگام آن‌ها، ارتباط بین پایگاه داده GIS با پایگاه‌های داده مذکور با استفاده از یک ویندوز سرویس بصورت برخط برقرار گردید. سپس این اطلاعات مکانی و توصیفی بهنگام در اختیار کاربران مختلف قرار گرفت. در ادامه ضمن بررسی نحوه پیاده‌سازی GIS و همچنین ساختارهای پایگاه‌های داده موجود در این شرکت، تعدادی از کاربردهای GIS در این شرکت بررسی خواهد شد.

موقعیت مکانی کلیه عوارض و تأسیسات جدول فوق با استفاده از GPS دو فرکانسه و با دقت مسطحاتی و ارتفاعی مطلوب برداشت شده است. همچنین اطلاعات توصیفی عوارض با مراجعه به مستندات از قبیل چک لیست‌های اطلاعات توصیفی گردآوری شده مربوط به هر عارضه به صورت میدانی، بررسی نقشه‌های ازبیل و در نهایت بررسی پرونده‌های فیزیکی مشترکین و مستندات مربوط به عملیات اکیپ‌های اتفاقاتی تکمیل گردید. پس از اعمال عملیات آماده‌سازی داده‌های مکانی و توصیفی، این اطلاعات در پایگاه داده GIS این شرکت بارگذاری گردید.

طراحی، اجرا و بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب شهری، وقت و هزینه‌های بسیار سنگینی را طلب می‌کند؛ لذا محققین همواره به دنبال ایجاد روش‌های نوین به منظور دسترسی سریع و مطمئن به حجم عظیمی از اطلاعات متنوع می‌باشند (دلور و همکاران، ۱۳۸۳). همچنین برای مدیریت پویا و بهینه شبکه‌های توزیع آب، وجود یک پایگاه داده بهنگام که بتواند قوانین، خواسته‌ها و نیازهای شرکت‌ها را پیاده‌سازی و مرتفع نماید ضروری است. با عنایت به لزوم استفاده از اطلاعات مکانی و توصیفی بهنگام و با توجه به گستردگی واحدهای درگیر در امر تولید، بهنگام‌رسانی و استفاده از اطلاعات مکانی در شرکت‌های آب و فاضلاب، ضروری است که داده‌های تهیه شده در این شرکت‌ها، در قالب یک سیستم منسجم و یکپارچه در اختیار کاربران حوزه‌های مختلف قرار گیرد (متکان و همکاران، ۱۳۸۹).

در دهه اخیر شرکت‌های زیادی در زمینه استفاده از GIS در صنعت آب و فاضلاب فعالیت کرده‌اند. بعضی از این شرکت‌ها در زمینه تهیه سیستم مدیریت اطلاعات جهت تهیه نقشه اتوماتیک، مدل‌سازی هیدرولیکی و تجزیه و تحلیل‌های خاص جمعیتی و محیطی و نگهداری و مدیریت تجهیزات فعالیت داشته‌اند. برای مثال شرکت منابع آب ماساچوست (۱۹۸۹) برای حمایت از پروژه‌ها و طراحی‌های مورد نیاز خود تصمیم به توسعه یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) گرفتند و تاکنون این سیستم را به صورت مرکز اصلی داده‌ای و تصمیم‌گیری خود تکمیل و مورد استفاده قرار داده‌اند. امروزه اکثر کشورهای پیشرفته از جمله کشورهای غربی، استرالیا و ژاپن اقدام به ایجاد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی ملی و فراگیر نموده‌اند تا بتوانند اطلاعات و داده‌های با ارزشی را در اختیار ادارات و

وضعیت داده‌های مکانی و توصیفی شرکت آب و فاضلاب شیراز

۱- داده‌های مکانی

عرصه عمل شرکت‌های آب و فاضلاب، تأمین، انتقال، پمپاژ، تصفیه، ذخیره، توزیع، دفع بهداشتی فاضلاب و امور مشترکین شهرها و روستاها می‌باشد (منزوی، ۱۳۹۳). شرکت آب و فاضلاب شیراز دارای ۶۲۰۰۰۰ اشتراک آب و نزدیک به ۳۰۰۰۰۰ اشتراک فاضلاب می‌باشد. تعداد عوارض شبکه‌های آب و فاضلاب و تأسیسات مرتبط تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب شیراز در جدول (۱) ارائه شده است.

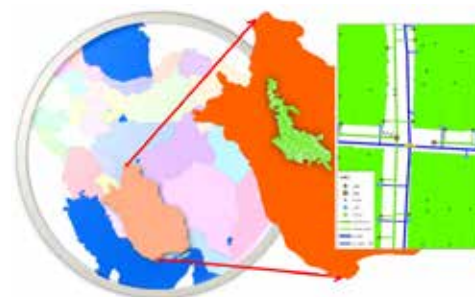
جدول ۱- تعداد عوارض شبکه آب و فاضلاب شهر شیراز (شرکت آب و فاضلاب شیراز، ۱۳۹۳)

ردیف	نام عارضه	واحد	تعداد عوارض موجود در سطح شهر	تعداد عوارض موجود در پایگاه داده GIS	درصد پوشش
۱	انواع شیرآلات شبکه	فقره	۳۳۰۰۰	۳۳۰۰۰	۱۰۰
۲	شبکه انتقال و توزیع آب	کیلومتر	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۱۰۰
۳	مخزن	عدد	۳۱	۳۱	۱۰۰
۴	ایستگاه پمپاژ	عدد	۳۰	۳۰	۱۰۰
۵	چاه آب	حلقه	۱۴۰	۱۴۰	۱۰۰
۶	تصفیه خانه فاضلاب	باب	۱	۱	۱۰۰
۷	ایستگاه کلرزی	عدد	۴۰	۴۰	۱۰۰
۸	شبکه فاضلاب	کیلومتر	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۰۰
۹	منهول	فقره	۲۶۰۰۰	۲۶۰۰۰	۱۰۰

۱-۲ پایگاه داده مشترکین

پایگاه داده مشترکین به منظور ذخیره سازی و مدیریت کلیه اطلاعات مربوط به مشترکین آب و فاضلاب شهر شیراز از قبیل اطلاعات بخش های فروش سرمایه ای و جاری شامل شماره و نوع قرارداد، تاریخ فروش و نصب انشعاب، اطلاعات شناسایی مشترک، آدرس، کاربری تعرفه، میزان مصرف و ... مورد استفاده قرار می گیرد. این دسته اطلاعات از نظر حجم و میزان تغییرات از اهمیت بالایی برخوردار بوده و فراوانی تغییرات در این پایگاه داده بالا می باشد. به منظور مدیریت پایگاه داده مشترکین از سیستم مدیریت پایگاه داده SQL Server 2008 استفاده می شود. کلید ارتباطی بین پایگاه داده مکانی GIS و پایگاه داده مشترکین، کدپستی مکان دار منتسب شده به قطعات ملکی می باشد.

نقشه پایه مورد استفاده در این شرکت، نقشه ۱:۲۰۰۰ شهر شیراز می باشد که توسط سازمان نقشه برداری کشور تهیه شده است. همچنین به منظور ایجاد لایه کدپستی مکاندار، کلیه کدهای پستی مربوط به هر واحد واقع شده در همان قطعه ملکی، به صورت یک لایه نقطه ای درون پارسل در محیط GIS تولید گردیده است. نقشه منطقه مورد مطالعه و قسمتی از شبکه آب و فاضلاب مربوطه در شکل (۱) آورده شده است.



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه (محدوده مناطق تحت پوشش شرکت آبفای شیراز)

۲-۲ پایگاه داده کنترل کیفیت (آزمایشگاه)

پایگاه داده کنترل کیفیت (آزمایشگاه)، وظیفه نگهداری و پردازش داده های کنترل کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب توزیع شده در شبکه را به عهده دارد. این اطلاعات شامل داده های مربوط به نمونه های شیمیایی، میکروبیولوژی، باکتریولوژی و کلرسنجی می باشد. به منظور نگهداری داده های نمونه برداری و نتایج آنالیزهای انجام شده، از سیستم مدیریت پایگاه داده SQL Server 2008 استفاده می شود.

۳-۲ پایگاه داده تعمیرات پیشگیرانه (PM^۲)

به طور کلی وظیفه بخش تعمیرات و نگهداری و اقدامات پیشگیرانه، رفع حوادث و نیز نگهداری از شبکه و تأسیسات آب و فاضلاب

۲- پایگاه های داده توصیفی

کلیه اطلاعات مربوط به مشترکین، نواحی و نقاط نمونه برداری و سوابق نگهداری و تعمیرات شرکت آب و فاضلاب شیراز در پایگاه های داده مجزا نگهداری و توسط نرم افزارهای مرتبط با این حوزه ها تحلیل و گزارش گیری می شوند. به همین دلیل در اینجا وضعیت پایگاه های داده توصیفی مورد استفاده در این شرکت که قابلیت مکانی شدن دارند، بصورت اجمالی مورد بررسی قرار می گیرد.

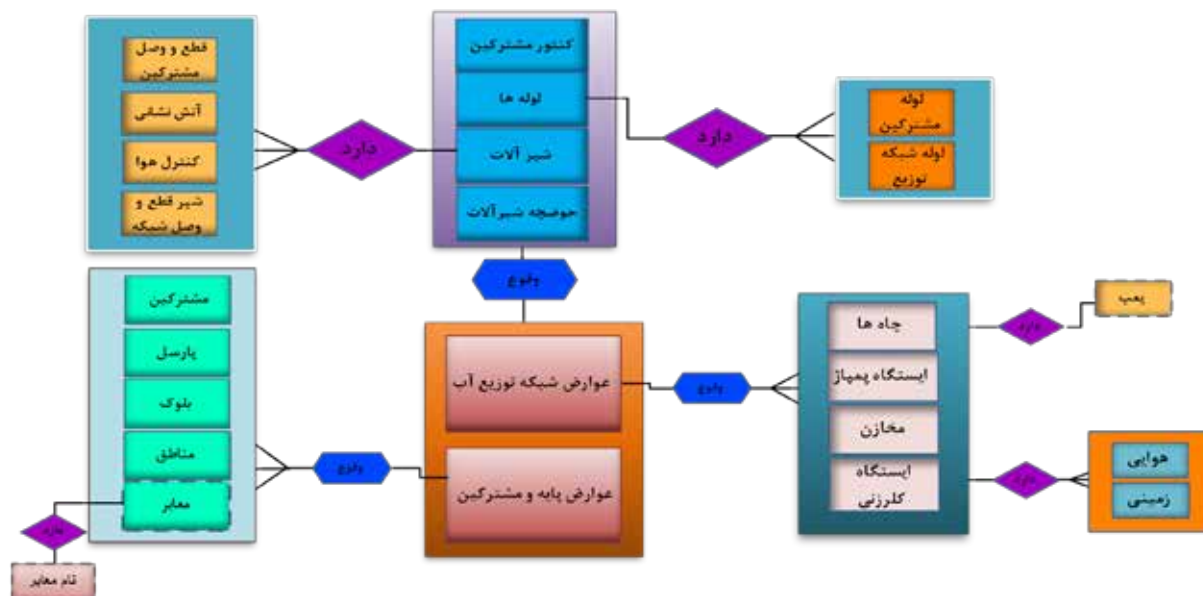
می‌باشد. پایگاه داده تعمیرات و نگهداری و اقدامات پیشگیرانه (PM) وظیفه اصلی نگهداری داده‌های راندمان و کارایی تأسیسات و تجهیزات موثر بر کیفیت انجام فعالیت‌های سرویس، نگهداری انجام اقدامات پیشگیرانه و برنامه‌ریزی شده و اجرای تعمیرات اضطراری در حوادث و اتفاقات شبکه و تأسیسات را به عهده دارد. اطلاعات و سوابق مربوط به حوادث رخ داده بر روی تأسیسات و شبکه آب و فاضلاب در سیستم مدیریت پایگاه داده Microsoft

SQL Server ۲۰۰۸ ذخیره و نگهداری می‌شود. همچنین اطلاعات توصیفی تأسیساتی از قبیل چاه‌ها، ایستگاه‌های پمپاژ، مخازن، ایستگاه‌های کلرزی، تأسیسات تله‌متری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در این پایگاه داده ذخیره می‌شود. کلیه تأسیسات فوق دارای شناسنامه‌ای از اطلاعات توصیفی می‌باشند که می‌توان از طریق کد اطلاعات و تجهیزات عوارض، به شناسنامه این عوارض در پایگاه داده PM دسترسی پیدا کرد.

طراحی مدل مفهومی، منطقی و پایگاه داده نرم‌افزار WebGIS

بر اساس اطلاعات فاز شناخت و نیازسنجی و همچنین مدل مفهومی و منطقی و دستورالعمل‌های طرح جامع سیستم اطلاعات جغرافیایی آب و فاضلاب شهری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری و دستورالعمل آماده‌سازی داده‌های مکانی مقیاس ۱:۲۰۰۰ برای تشکیل پایگاه داده رقومی (TDB)، پایگاه داده GIS آب و فاضلاب شیراز طراحی و پیاده‌سازی گردید. این پایگاه داده با فرمت SDE Geodatabase

و تحت سیستم مدیریت پایگاه داده SQL Server 2008 پیاده‌سازی شده است. داده‌های مکانی و توصیفی مربوط به کلیه عوارض و تأسیسات شبکه آب و فاضلاب و تأسیسات مرتبط نیز در پایگاه داده فوق بر روی سرور یا سرویس دهنده شبکه داخلی آب و فاضلاب شیراز بارگذاری گردیده است. این سرور امکان دراختیار گذاشتن دینامیک اطلاعات GIS به کاربران را با حفظ شرایط و سطوح دسترسی مختلف فراهم می‌نماید. شمای کلی المان‌های پایگاه داده GIS و مدل داده‌ای شرکت آب و فاضلاب شیراز در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲- شمای کلی المان‌های پایگاه داده GIS و مدل داده‌ای شرکت آب و فاضلاب شیراز

استفاده از نرم‌افزار GIS Desktop مشکلات زیادی از قبیل لزوم نصب نرم‌افزار بر روی سیستم‌های تک تک کاربران، حجم زیاد حافظه موقت و دائم اشغال شده توسط این نرم‌افزار، تخصص بالا و آموزش‌های متعدد جهت استفاده، عدم پاسخگویی در

هر زمان و مکان را به همراه داشت. لذا به منظور دسترسی کاربران مختلف تحت شبکه داخلی آب و فاضلاب شیراز، از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات مکانی تحت وب (WebGIS) استفاده گردیده است. نرم‌افزار ArcGIS Server نرم‌افزار اصلی

پایگاه‌های داده مختلف از قبیل IBM، DB2، Informix، Oracle، SQL Server و PostgreSQL را فراهم می‌آورد (ESRI، ۲۰۱۴).

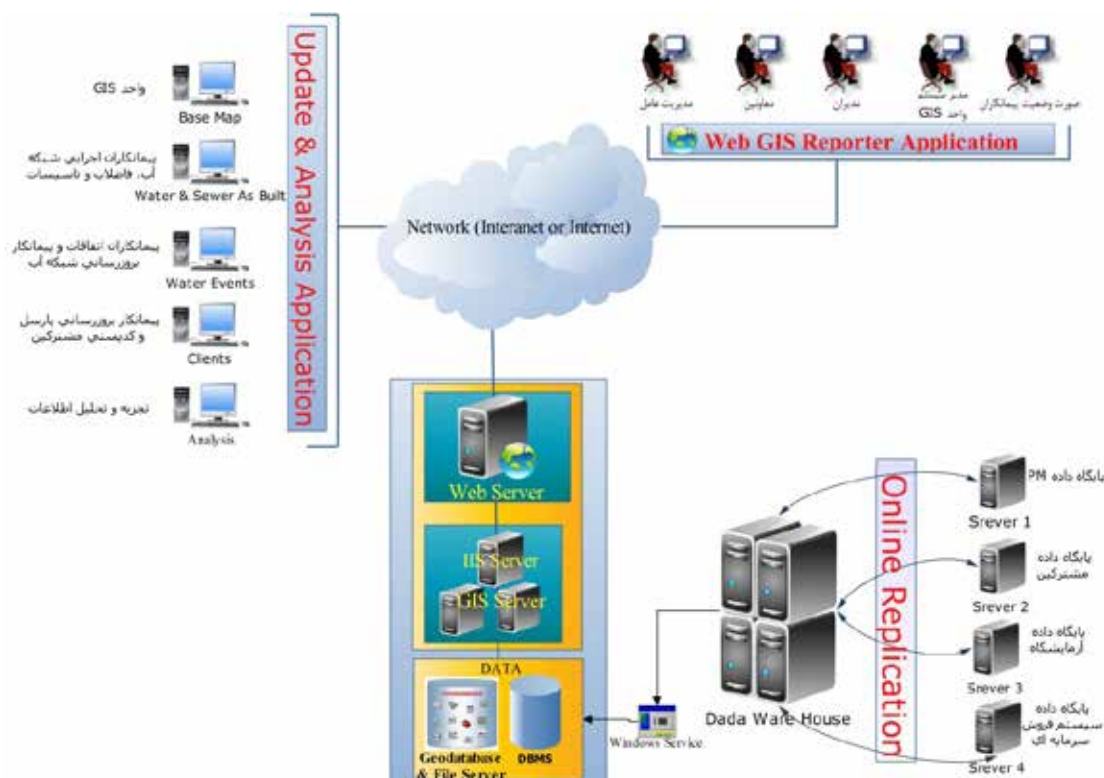
با ایجاد سرویس نقشه تحت وب^۵، رابط مناسبی جهت انتقال درخواست‌های کاربران به پایگاه اطلاعات مکانی و انتقال نتایج پردازش‌های نرم‌افزارهای پایه به کاربران فراهم می‌گردد (علی‌محمدی، ۱۳۸۸). به منظور جستجو و استفاده کاربران از اطلاعات مکانی و توصیفی شبکه‌های آب و فاضلاب از طریق اینترنت، سرور GIS امکان دسترسی در سطوح مختلف و تعریف شده را برای کاربران حوزه‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزارهای مرورگر اینترنت، فراهم می‌نماید.

شرکت ESRI در حوزه WebGIS می‌باشد. این نرم‌افزار برای ایجاد و مدیریت وب سرویس‌های GIS، برنامه‌های کاربردی تحت وب و ارائه داده‌های GIS در بستر وب مورد استفاده قرار می‌گیرد (Law و Collins، ۲۰۱۵). اغلب نرم‌افزارهای GIS Server به طور معمول براساس معماری سرویس‌گرا (SOA)^۶ و یا در یک محیط محاسبات ابری^۷ استفاده می‌شود (نقدی و آل شیخ، ۱۳۹۲). افزونه‌های نرم‌افزار ArcGIS، سرور امکان ارائه برخی از قابلیت‌های ArcGIS Desktop را در قالب وب سرویس فراهم می‌کنند. همچنین ArcGIS Server برای مدیریت ژئودیتابیس‌های چندکاربره نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. نسخه Enterprise این نرم‌افزار امکان دسترسی به

متدولوژی پیاده‌سازی ارتباط‌های برخط پایگاه‌های داده و نرم‌افزار WebGIS

ایجاد و بکارگیری موثر GIS در شرکت‌های آب و فاضلاب جهت اعمال مدیریت بهینه منابع و امکانات این شرکت‌ها، نیازمند شناخت صحیح و دقیق مراحل مختلف پیاده‌سازی GIS می‌باشد. نوع GIS پیاده‌سازی شده در شرکت آب و فاضلاب شیراز از نوع

GIS سازمانی^۸ می‌باشد. چنین سیستمی برای نزدیک کردن نیازهای داده‌ای کاربران بخش‌های مختلف یک سازمان طراحی می‌گردد. پیاده‌سازی سازمانی GIS بر مبنای نیازهای داده‌ای کلیه حوزه‌هایی که با اطلاعات مکانی درگیر هستند در قالب پایگاه داده یکپارچه که موتور اولیه GIS سازمانی می‌باشد، طراحی و پیاده‌سازی می‌گردد. توپولوژی نحوه پیاده‌سازی و ارتباطات بین پایگاه‌های داده GIS در شرکت آب و فاضلاب شیراز در شکل (۳) نشان داده شده است.

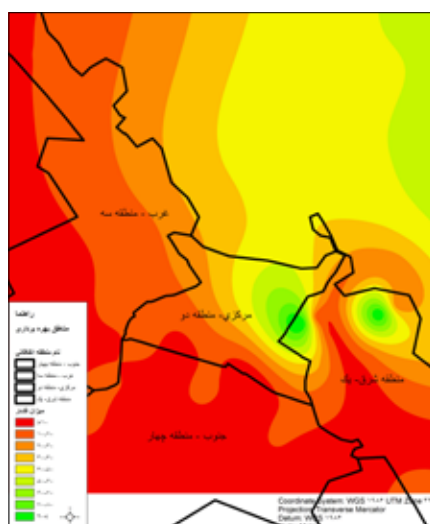


شکل ۳- توپولوژی نحوه پیاده‌سازی و ارتباطات بین پایگاه‌های داده GIS

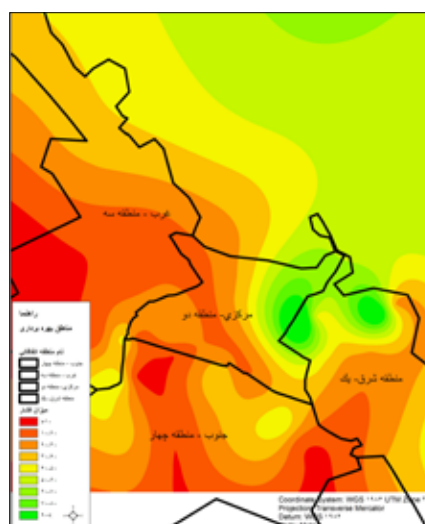
می‌باشد و کدهای پستی موجود در پایگاه داده GIS مکان‌دار می‌باشد، اطلاعات توصیفی مشترکین به قطعات ملکی لینک می‌گردند. در تحلیل‌هایی از قبیل وجود و یا عدم وجود شبکه آب و فاضلاب در مقابل ملك مشترك، فاصله ملك مشترك تا شبکه، قطر و جنس شبکه روبروی ملك و ... می‌توان از این داده استفاده نمود؛ مشکلی که تا قبل از مکانی شدن اطلاعات مشترکین قابل پاسخگویی نبوده است. در نتیجه با اعمال تغییرات در اطلاعات فیلدهای مشترکین و یا ایجاد رکورد جدید در صورت فروش انشعاب آب و یا فاضلاب در نرم‌افزار جامع مشترکین، رکوردهای جدید و اطلاعات ویرایش شده به صورت خودکار در پایگاه داده GIS اعمال می‌گردد.

فیلدهای اطلاعات توصیفی مربوط به تأسیساتی از قبیل چاه، مخزن، ایستگاه پمپاژ و ... که در نرم‌افزار PM نگهداری می‌شود از طریق فیلد کد PM، که به عنوان کد خارجی بین دو جدول در نظر گرفته شده است، توسط این سرویس از پایگاه داده PM فراخوانی شده و در فیلدهای جدول مربوط به هر عارضه در پایگاه داده GIS وارد می‌گردد. در نتیجه با اعمال تغییرات در اطلاعات فیلدهای این عوارض در نرم‌افزار PM اطلاعات به صورت خودکار در پایگاه داده GIS نیز اعمال می‌شود. همچنین اطلاعات مربوط به نواحی نمونه‌برداری و نقاط نمونه‌برداری نیز با همین مکانیسم در پایگاه داده GIS بهنگام می‌گردد. با استفاده از داده‌های ارسالی از طرف نرم‌افزار PM و آزمایشگاه، نقشه‌هایی از قبیل مناطق هم‌فشار، هم‌کمر، هم‌سختی و ... قابل ترسیم می‌باشد. به عنوان مثال شکل‌های (۴) و (۵) به ترتیب نمونه نقشه هم‌فشار شبکه آبرسانی شهر شیراز مربوط به ساعت ۵ و ساعت ۱۸ مورخ ۱۳۹۳/۰۵/۰۴ را نشان می‌دهند.

همان‌طور که در توپولوژی فوق ملاحظه می‌گردد، ارتباط بین پایگاه داده GIS و سایر پایگاه‌های داده نمایش داده شده، از طریق یک ویندوز سرویس که بر روی سرور GIS نصب شده، برقرار می‌گردد. این سرویس از طریق یک پنل مدیریتی به مدیر سیستم یا کاربر این امکان را می‌دهد که تنظیمات نحوه دسترسی به سرورهای مورد نظر در شبکه اینترنت را وارد و سپس این سرویس، ساختار جداول پایگاه داده مبدأ و مقصد را به کاربر نمایش داده و کاربر فیلدهای مورد نیاز جهت بروزرسانی از جدول مبدأ را با فیلدهای جدول مقصد متناظر می‌نماید. در نهایت این سرویس در زمان‌های قابل تنظیم توسط کاربر، اطلاعات موجود در فیلدهای جدول مقصد را که بر روی سرورهای مشترکین، آزمایشگاه و PM می‌باشد به فیلدهای موجود بر روی جدول سرور مبدأ که همان سرور GIS می‌باشد، منتقل می‌نماید. این سرویس در برخی موارد از قابلیت همسان‌سازی^۶ SQL Server استفاده می‌نماید. سپس اطلاعات بهنگام شده از طریق IIS و نرم‌افزار WebGIS که به عنوان یک نرم‌افزار گزارش‌ساز مکان‌محور می‌باشد در اختیار کاربران حوزه‌های مختلف قرار می‌گیرد. کلیه تغییرات موجود بر روی داده‌های مکانی پایگاه داده GIS از طریق نرم‌افزار پایه اعمال می‌گردد. ارتباط برخط بین پایگاه داده GIS و سایر پایگاه‌های داده موجود در این شرکت، موجب مکانی شدن اطلاعات توصیفی موجود در پایگاه داده مشترکین، آزمایشگاه و PM گردید. با توجه به اینکه فیلد مشترك بین جدول مشترکین پایگاه داده GIS و جداول پایگاه داده مشترکین، کدپستی



شکل ۵- نقشه نقاط هم‌فشار شبکه آبرسانی شهر شیراز - ساعت ۱۸ عصر



شکل ۴- نقشه نقاط هم‌فشار شبکه آبرسانی شهر شیراز - ساعت ۵ صبح

در اغلب تحقیقات انجام گرفته در داخل و خارج از کشور شکل کلی کار، ایجاد یک اتصال بین نرم‌افزارهای هیدرولیکی و GIS، همچنین انجام بعضی آنالیزهای مربوط به فشار و در نهایت در بعضی موارد، طراحی پایگاه داده بوده است و هیچ‌کدام از این تحقیقات به پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در شبکه‌های توزیع آب شهری، که زیربنا و پایه اصلی اغلب این آنالیزها و سایر تحلیل‌ها و گزارشات کاربردی با رویکرد تصمیم‌گیری در مدیریت این شبکه‌ها در آینده می‌باشد، نپرداخته‌اند.

در این تحقیق با توجه به اینکه پایگاه داده GIS هسته اصلی اطلاعات مکانی شرکت آب و فاضلاب شیراز می‌باشد، ضروری است که اطلاعات بهنگام شبکه و تأسیسات آب و فاضلاب را ذخیره، پردازش و با توجه به نیاز کاربران مختلف، در اختیار آن‌ها قرار دهد. با توجه به توپولوژی نحوه ارتباطات بین پایگاه‌های داده آب و فاضلاب شیراز، وظیفه بروزرسانی اطلاعات مکانی به عهده واحد GIS است که با توجه به سیاست‌های هر شرکت، نحوه بروزرسانی اطلاعات متفاوت می‌باشد. در همین راستا واحد GIS شرکت آب و فاضلاب شیراز با تهیه و ابلاغ استانداردها و دستورالعمل‌های تهیه و بروزرسانی اطلاعات مکانی از طرق مختلف، با متولیان تغییرات اطلاعات مکانی شرکت در ارتباط بوده تا کلیه تغییرات مکانی و توصیفی شبکه در پایگاه داده GIS اعمال گردد. کلیه تغییرات از طریق کانال‌های مختلف همانند تهیه ازبیل‌ت طرح‌های توسعه شبکه آب و فاضلاب و تأسیسات مرتبط توسط پیمانکاران، به این واحد ارسال و پس از کنترل، در پایگاه داده بارگذاری می‌گردد. از دیگر سو، از طریق سرویس بروزرسان، کلیه اطلاعات سایر پایگاه‌های داده ذکر شده، در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعته بر روی سرور GIS منتقل می‌گردد تا اصل به‌هنگام بودن و یکپارچگی پایگاه داده حفظ گردد. در نتیجه اطلاعات بهنگام پایگاه داده مشترکین، آزمایشگاه و PM از طریق نرم افزار WebGIS در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.

به منظور حفظ امنیت داده‌ها با ایجاد سطوح دسترسی مختلف از دسترسی کاربران به اطلاعات و داده‌های غیر مرتبط با حوزه کاری خود جلوگیری می‌گردد. همچنین با ایجاد سرور نقشه تحت شبکه^۱، رابط مناسبی جهت انتقال درخواست‌های کاربران به پایگاه اطلاعات مکانی و انتقال نتایج پردازش‌های نرم‌افزارهای پایه به کاربران فراهم می‌گردد. قابلیت‌های این سیستم شامل این موارد می‌باشد: امکان چاپ نقشه از محدوده‌های مورد نظر، امکان دسترسی به نقشه‌ها و داده‌ها بدون محدودیت مکان و زمان، عدم نیاز به نصب نرم‌افزارهای GIS برای غایب داده‌ها، سرعت و امنیت بالا، افزایش سرعت و کیفیت تصمیم‌سازی بر اساس داده‌های واقعی و به‌هنگام (پشتیبان تصمیم‌سازی)، یکپارچه سازی داده‌های شرکت‌های آب و فاضلاب و ایجاد پایگاه داده متمرکز، امکان به

روز رسانی داده‌ها از طریق وب، اخذ انواع گزارش‌های مکانی و توصیفی از مشترکین و تأسیسات آب و فاضلاب در کمترین زمان ممکن. این سیستم قابلیت توسعه بر اساس نیازهای آتی کاربران بخش‌های مختلف شرکت‌های آب و فاضلاب را دارا می‌باشد. در انتها نمونه‌هایی از مهمترین مزایا و کاربردهای پیاده سازی GIS در شرکت آب و فاضلاب شیراز ذکر می‌گردد:

- با توجه به وجود ارتباط بین پایگاه داده GIS و مشترکین، امکان ارزیابی و آنالیز درآمد طرح‌های اجرای فاضلاب قبل از اجرا میسر می‌باشد تا اولویت‌بندی مناسبی توسط مدیران ارشد این شرکت، صورت پذیرد.

- با توجه به اینکه نقشه‌ها و اطلاعات بهنگام شبکه آب و فاضلاب کل شهر شیراز در GIS موجود می‌باشد، پس از درخواست متقاضیان انشعاب و نام‌نویسی در سایت اینترنتی شرکت، در مرحله نقشه‌خوانی با مراجعه به GIS این امکان وجود دارد که در اولین فرصت به مشترک اعلام گردد که آیا امکان نصب انشعاب آب و یا فاضلاب وجود دارد یا خیر؟ که این مورد از اتلاف وقت و هزینه مشترک جلوگیری می‌کند.

- قبل از عملیات اجرایی نصب انشعاب آب و فاضلاب، اطلاعات و نقشه ملک از قبل در اختیار اکیپ نصب انشعاب قرار می‌گیرد که مواردی از قبیل جنس، قطر و فاصله تا شبکه آب و فاضلاب مقابل ملک، طول انشعاب و ... بر روی آن قابل اندازه‌گیری می‌باشد.

- در زمان وقوع حادثه بر روی شبکه آب، پس از تماس مشترک، موقعیت ملک وی بر روی نقشه قابل مشاهده بوده و این امکان وجود دارد که به مشترکین واقع در یک محدوده خاص اطلاع رسانی گردد و یا این امکان وجود دارد تا در این مواقع بتوان از طریق تلفن ثابت یا همراه به مشترکین واقع در محدوده ترکیدگی یک خط، اطلاع رسانی کرد، تا از تماس‌های بهمنی و یا تراکم تماس به واحد ۱۲۲ و عدم پاسخگویی واحد مذکور جلوگیری نمود.

- به منظور تسریع در خدمات رسانی به شهروندان در زمان وقوع حادثه، موقعیت شبکه و انشعابات دچار حادثه به اکیپ اتفاقاتی ارسال و اکیپ اتفاقاتی در اولین فرصت نسبت به اعزام به محل و رفع حادثه اقدام می‌نماید.

- به منظور ارائه خدمات با کیفیت تهیه نقشه‌های هم‌فشار جهت ارائه به حوزه بهره‌برداری برای تشخیص نقاط دارای افت فشار آب و کمک به متعادل نمودن فشار در مناطق مختلف شهر و مدیریت بهینه شبکه آب.

- تهیه نقشه‌های پویای کیفیت آب از قبیل هم‌کلر، هم‌سختی و ... به منظور پایش کیفیت آب با ایجاد دید بصری از کیفیت آب شرب کل شهر توسط متولیان کیفیت آب با استفاده از یک نقشه دیواری^۲ دیجیتال، دینامیک و آنلاین.

- پس از تهیه نقشه طراحی شبکه آب و فاضلاب و همزمان با مبادله قرارداد اجرایی، این نقشه‌ها بر روی GIS قرار گرفته و

حوزه معاونت مشترکین شرکت نسبت به فروش و در نهایت نصب انشعاب در محدوده‌های طراحی شده اقدام می‌نماید. توسعه‌های آتی سیستم شامل امکان کنترل مکانی پروژه‌های اجرایی، ارتباط بین نرم‌افزار GIS با نرم‌افزارهای Water Cad و Water Gems به منظور مدل‌سازی و بهینه نمودن فشار در شبکه توزیع و انتقال آب.

- استقرار سیستم SCADA جهت خودکار نمودن، اندازه‌گیری‌های دبی، فشار و سایر مولفه‌های جریان آب و در نهایت کنترل شیرآلات شبکه آب و توزیع بهینه آن. همچنین در ادامه مواردی که باعث رضایت‌مندی مشترکین و تکریم ارباب رجوع به عنوان مهمترین اولویت شرکت‌های آب و فاضلاب می‌باشد، در قالب جدول (۲) ارائه می‌گردد:

جدول ۲- مقایسه تأثیر رضایت‌مندی مشترکین و تکریم ارباب رجوع

مزیای	بعد از پیاده‌سازی سیستم	قبل از پیاده‌سازی سیستم
صرفه‌جویی در وقت و هزینه مشترکین	عدم نیاز به حضور فیزیکی مشترکین و اقدام از طریق پورتال این شرکت	مراجعه حضوری مشترکین جهت خرید انشعاب و تعیین شبکه
دسترسی به اطلاعات بهنگام مکانی و توصیفی کلیه مشترکین با یک جستجوی مکانی ساده و تسریع در عملیات واگذاری انشعاب و کاهش هزینه‌های کارشناسی ملک و بازدید میدانی	امکان جستجوی ملک مشترک بر روی نقشه با استفاده از فیلدهای کدپستی و یا کد نوسازی و اعلام خدمات قابل ارائه به شهروندان پس از مراجعه شهروندان به مناطق مختلف آب و فاضلاب	عدم دسترسی به نقشه شبکه و تأسیسات در سطح معابر و نیاز به بازدید میدانی جهت اعلام خدمات قابل ارائه به شهروندان
کمک به برنامه‌ریزی توسط مشترک و عدم مراجعه حضوری مشترکین به مناطق شرکت آبفا و جلوگیری از اتلاف وقت و هزینه مشترکین	اطلاع‌رسانی درخصوص اینکه آیا ملک یک مشترک در محدوده طرح‌های توسعه آبی شرکت آب و فاضلاب قرار دارد یا خیر؟ و اینکه چه زمانی خدمات فوق قابل دریافت توسط مشترک می‌باشد.	عدم امکان اطلاع‌رسانی سریع به مشترکین با توجه به مشخص نبودن موقعیت مکانی مشترک

پی‌نوشت

- 1- online
- 2- Preventive Maintenance
- 3- Service-oriented architecture
- 4- cloud computing
- 5- Internet Map Server
- 6- Enterprise GIS
- 7- Replication
- 8- Internet Map Server
- 9- Wall Map

منابع

دلور، م.ر، تابش، م. و جعفری، ه. ۱۳۸۳. کاربرد GIS در مدیریت سیستم‌های حوادث و اتفاقات شبکه‌های توزیع آب شهری. اولین کنگره ملی مهندسی عمران. تهران. ایران. شرکت آب و فاضلاب شیراز. ۱۳۹۳. گزارش سالانه مجمع عمومی صاحبان سهام، دفتر بودجه و بررسی‌های اقتصادی. ۱۱۰ ص. عاشوری، ا. ۱۳۸۸. پیاده‌سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی در شبکه توزیع آب شهری. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه شهید بهشتی، گروه سنجش از دور و GIS.

علی‌محمدی، ع. ۱۳۸۸. مبانی علوم و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی و دانشگاه‌ها (سمت). متکان، ع.ا.، شکیب، ع.، حسینی‌اصل، ا. و عاشوری، ا. ۱۳۸۹. کاربرد GIS در شبکه توزیع آب شهری و مدیریت اطلاعات مشترکین. همایش ژئوماتیک. تهران. ایران. منزوی، م. ت. ۱۳۹۳. آبرسانی شهری، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ هجدهم، ۳۸۰ ص. نقدی، م. و آل‌شیخ، ع.ا. ۱۳۹۲. پیاده‌سازی و ارزیابی یک سامانه مکانی تحت وب براساس فناوری رایانش ابری. نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، ۳(۱): ۶۱-۷۴. وزارت نیرو، معاونت آب و فاضلاب شهری. ۱۳۷۹. طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی آب کشور، طرح جامع سیستم اطلاعات جغرافیایی آب و فاضلاب شهری، موسسه تحقیقات و توسعه احسان.

Yeung A.K.W., Hall G.B. 2007. Spatial Database System, Design, Implementation and Project management. Springer. Netherlands, (P. 19-175)
ESRI. 2014. Implementing ArcGIS for Water Utilities. ESRI Press. United States of America.
Law M. and Collins A. 2015. Getting to Know ArcGIS. Fourth edition ESRI Press. United States of America.

Evaluation of water productivity indexes in Astan Ghods Razavi companies

A. Izady^{1*}, K. Davary²

1- Post-doctoral Fellow, Water Research Center, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman. 2- Profesor in Dept. of water engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: az.izady@gmail.com)

Received: 17-5-2015

Accepted: 19-8-2015

ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در شرکت‌های تحت نظارت آستان قدس رضوی

عزیزالله ایزدی^۱، کامران داوری^۲

۱- محقق دوره پس‌دکتری، مرکز تحقیقات آب دانشگاه سلطان قابوس، مسقط، عمان.

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: az.izady@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲۸

Abstract

This research aims at determining and evaluating the water productivity indexes in Astan-Ghods-Razavi Companies for different crops during 2007-2008 growth season. Required field data were collected during several field surveys. These data consisted of crop yields and crop consumptive water that is irrigated by distinct agriculture well. With regard to collected data, four water productivity indexes were calculated. To facilitate comparisons, the calculated water productivity indexes became dimensionless and then were scored. After that, common crops of different agriculture wells were compared together. The results show that Corn crop with score of 1.42 for Mashhad, Pistachio crop with score of 1.61 for Sarakhs, Wheat crop with score of 2.27 for Esfarayen, Pistachio and barley with score of 0.5 for Bardaskan, Corn crop with score of 2.27 for Torbat Heidarieh and Pistachio crop with score of 1.61 for Gonabad have best water productivity. Also, the best and worst crop water productivity among different sub-companies is Wheat crop in the Mashhad and Wheat crop in the Esfarayen and Alfalfa in the Gonabad together, respectively. Finally, it is found that Mashhad and Esfarayen are the best and worst sub-companies of water productivity.

Keywords: Astan-Ghods-Razavi, Water Productivity, Benchmarking method, index, Water resources.

چکیده

هدف از این تحقیق، تعیین و ارزیابی میزان بهره‌وری آب به دلیل کمبود منابع آب برای هر یک از محصولات مختلف در شرکت‌های تحت نظارت آستان قدس در طی فصل زراعی ۸۶-۸۷ می‌باشد. داده‌های مزرعه‌ای مورد نیاز مانند میزان عملکرد و مقدار آب مصرف شده برای هر یک از محصولات از طریق بازدید از این مجتمع‌ها و همچنین تکمیل پرسشنامه‌هایی در محل، تهیه و جمع‌آوری گردید. با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده، چهار نوع شاخص مختلف بهره‌وری آب برای تک تک محصولات محاسبه گردید. برای تحلیل بیشتر و آگاهی از وضعیت بهره‌وری آب در داخل هر مجتمع، ابتدا شاخص‌های بهره‌وری به کمک روابط ریاضی بی‌بعد و امتیازبندی گردیدند سپس محصولات مشترک چاه‌های مختلف با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که محصول ذرت با امتیاز ۱/۴۲ برای مجتمع مزرعه نمونه مشهد، پسته با امتیاز ۱/۶۱ برای کشت و صنعت سرخس، گندم با امتیاز ۲/۲۷ برای کشت و صنعت اسفراین، جو و پسته با امتیاز ۰/۵ برای کشت و صنعت بردسکن، ذرت علوفه‌ای با امتیاز ۲/۲۷ برای مجتمع کشاورزی تربت حیدریه و پسته با امتیاز ۰/۷۴ برای مجتمع موقوفات و کشاورزی گناباد، بهترین وضعیت را از نظر بهره‌وری آب دارا بودند. در بین مجتمع‌های مختلف نیز بهترین محصول از نظر بهره‌وری مربوط به گندم در کشت و صنعت مزرعه نمونه مشهد و ضعیف‌ترین محصول مربوط به گندم در کشت و صنعت اسفراین و یونجه در مجتمع موقوفات و کشاورزی گناباد به صورت مشترک بودند. در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده مشخص گردید که کشت و صنعت مزرعه نمونه مشهد و اسفراین به ترتیب جایگاه اول و آخر را از نظر بهره‌وری آب به خود اختصاص داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: آستان قدس رضوی، بهره‌وری آب، ارزیابی مقایسه‌ای، شاخص، منابع آب.

استفاده از سطوح مختلف آبیاری در سه مزرعه مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص آب مصرفی گیاه در هر سه مزرعه بین ۰/۴ تا ۰/۷ کیلوگرم بر متر مکعب و شاخص آب به کار برده شده بین ۰/۴ تا ۰/۵۵ متغیر می‌باشد. Zhang و Liu (۲۰۰۸) آب مصرفی و بهره‌وری آب گندم زمستانه را در شمال چین با استفاده از تکنیک سنجش از راه دور مورد ارزیابی قرار داده‌اند. Rao (۱۹۹۳) از جمله کسانی است که ضمن جمع‌آوری و طبقه‌بندی نظر مؤلفان مختلف و شاخص‌های پیشنهادی آنان، موارد کاربرد شاخص‌ها را هم بیان نمود. Zwart و Bastiaanssen (۲۰۰۴) مقدار بهره‌وری آب ارائه شده به وسیله محققان مختلف را برای محصولات گندم، برنج، پنبه و موز بررسی کردند. هدف از این مطالعه ارائه یک بینش صحیح و منطقی از وضعیت موجود مدیریت آب و شاخص‌های بهره‌وری در هر یک از مجتمع‌های آستان قدس رضوی می‌باشد تا با آگاهی از وضعیت موجود بتوان به سطح قابل قبولی از نظر عملکرد و بهره‌وری آب در این مجتمع‌ها دست یافت.

$$IWM1 = \frac{\text{عملکرد محصول}}{\text{مساحت اراضی کشت آبی}} \quad (۱)$$

$$IWM4 = \frac{\text{عملکرد محصول}}{\text{حجم آب نیاز مورد برحسب ET}} \quad (۲)$$

$$ITRC2 = \frac{\text{پتانسیل تولید}}{\text{عملکرد محصول}} \quad (۳)$$

$$ITRC6 = \frac{\text{کل آب تامین شده}}{\text{نیاز آبی گیاه}} \quad (۴)$$

در پژوهش حاضر با استفاده از روش ارزیابی مقایسه‌ای، مقایسه درون و برون مجتمعی برای هر یک از مجتمع‌های آستان قدس صورت گرفته است. برای این منظور، ابتدا مقایسه درون مجتمعی انجام می‌گیرد که هدف آن انتخاب بهترین قطعه زراعی^۱ در داخل هر مجتمع می‌باشد. منظور از قطعه زراعی مساحت تحت پوشش کشت یک نوع محصول است. در مقابل، تعدادی قطعات مختلف (با الگوی زراعی مختلف) که توسط یک چاه آبیاری می‌گردند، یک مزرعه^۲ را تشکیل می‌دهند. داده‌های مزرعه‌ای مورد نیاز برای این امر از طریق بازدید از این مجتمع‌ها و همچنین تکمیل پرسشنامه‌هایی در محل، تهیه و جمع‌آوری گردید. قابل ذکر است جهت تهیه داده‌های پتانسیل تولید از آمار بالاترین عملکرد ارائه شده بوسیله جهاد کشاورزی استفاده گردید. با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده

بهره‌وری آب یکی از مهمترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر در مجامع علمی مرتبط با آب و آبیاری مورد توجه جدی قرار گرفته است. عصاره اصلی و ساختار بنیادی مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است (Sakthivadivel و همکاران، ۱۹۹۹ و Tuong و همکاران، ۲۰۰۰). بر این اساس، Rouhani (۲۰۰۳) مقادیر بهره‌وری آب را در دو گروه از زارعان عضو تعاونی‌های تولید روستایی و زارعان غیر عضو مورد بررسی قرار داده است تا تاثیر تعاونی‌ها را در افزایش بهره‌وری آب تعیین نماید. نتایج حاکی از این مساله می‌باشد که میانگین بهره‌وری آب برای کل محصولات زراعی در بهره‌بردارهای غیر عضو شرکت‌های تعاونی تولید روستایی و بهره‌بردارهای غیر عضو تقریباً یکسان است یعنی اینکه تعاونی‌های موردنظر تاثیر مثبتی در افزایش بهره‌وری آب نداشته‌اند. Igbadun و همکاران (۲۰۰۶) بهره‌وری آب گیاه موز را در تانزانیا با

مواد و روش‌ها

• روش ارزیابی مقایسه‌ای^۱

ارزیابی مقایسه‌ای را می‌توان «اقدام به بهبود مستمر عملکرد سیستم از طریق مقایسه با سیستم‌های مشابه و دستیابی به معیارها و استانداردهای درونی (مقایسه با خود) و خارجی (مقایسه با سایرین)؛ و یافتن بهترین راه حل و عمل ممکن برای ارتقاء عملکرد سازمان» دانست. هدف از به‌کارگیری ارزیابی مقایسه‌ای ایجاد تحول و تکامل سازمانی و حرکت از یک موقعیت به موقعیتی برتر می‌باشد (Charles و Burt، ۲۰۰۰).

• شاخص‌های مورد استفاده

با توجه به محدودیت (بودجه‌ای و زمانی) طرح برای ارزیابی، صرفاً از شاخص‌های بازده در اراضی تحت کشت (IWM1)، بازده در واحد آب مصرفی (IWM4)، شاخص بهبود پتانسیل تولید (ITRC2) و نسبت مصرف سالانه آب آبیاری (ITRC6) بهره گرفته شده که دو شاخص اول توسط موسسه بین‌المللی مدیریت آب^۲ و دو شاخص دیگر نیز توسط مرکز تحقیقات آبیاری و آموزش^۳ ارائه شده است. روش محاسبه این شاخص‌ها در زیر آورده شده است (Khaledi و Ehsani، ۲۰۰۳).

در طی فصل زراعی ۸۶-۸۷، شاخص‌های مذکور برای تمامی قطعات زراعی محاسبه گردید. بعد از محاسبه شاخص‌های ذکر شده برای تمامی قطعات زراعی، امتیاز هر قطعه (به صورت بی‌بعد) با استفاده از دو رابطه زیر محاسبه شد:

$$S_i = \frac{x_i - \bar{x}}{x} \quad (5)$$

$$S_i = \frac{\bar{x} - x_i}{x} \quad (6)$$

در روابط فوق $\bar{x}$ میانگین شاخص برای یک نوع محصول و x مقدار شاخص قطعه زراعی و S_i امتیاز قطعه زراعی i می‌باشد. در کلیه شاخص‌ها مقدار مثبت نشان‌دهنده وضعیت مطلوب قطعه زراعی و علامت منفی نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب قطعه می‌باشد. با توجه به این که مقدار دو شاخص IWM1 و IWM4 هر چه از مقدار میانگین بیشتر باشد نشان‌دهنده وضعیت بهتر قطعه زراعی می‌باشد برای تبدیل مقدار این شاخص‌ها به امتیاز از رابطه (۵) استفاده می‌شود. تا مقدار مثبت نشان‌دهنده وضعیت خوب قطعه زراعی باشد. اما در رابطه با دو شاخص ITRC2 و ITRC6 هر چه مقدار شاخص کمتر از مقدار میانگین باشد نشان‌دهنده وضعیت مطلوب می‌باشد برای رسیدن به این هدف از رابطه (۶) استفاده شده است (Ehsani و Khaledi, ۲۰۰۳). بعد از محاسبه امتیاز هر

قطعه زراعی، با استفاده از رابطه زیر می‌توان امتیاز کل مربوط به هر چاه (مزرعه) را محاسبه نمود.

$$\sum S_i = \text{کل امتیاز چاه} \quad (7)$$

در رابطه فوق $\sum S_i$ مجموع امتیاز محصولاتی است که از یک چاه آبیاری می‌شوند، n نیز تعداد محصولاتی است که از یک چاه آبیاری می‌شود. در نهایت پس از محاسبه امتیاز کلیه چاه‌های هر مجتمع، برای انتخاب بهترین مجتمع ابتدا محصولات مشترک در بین مجتمع‌ها انتخاب گردیدند و میانگین هر محصول بر اساس شاخص‌های مختلف برای هر مجتمع محاسبه گردید. در مرحله بعد میانگین کل هر محصول بر اساس عملکردهای حاصله از تمامی مجتمع‌ها محاسبه (رابطه ۸) و سپس با توجه به آن، محصولات مربوطه امتیازگذاری شدند (رابطه ۹). این عمل برای محصولاتی که در چهار، پنج و شش مزرعه مشترک کشت می‌شدند، صورت گرفته است.

$$\bar{x} = \frac{\sum (\text{گیاه} + \text{سرخس} + \text{تربت حیدریه} + \text{اسفراین} + \text{یونجه} + \text{بردسکن} + \text{مزرعه نمونه} + \text{یونجه})}{n} \quad (8)$$

$$S_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \quad (9)$$

در نهایت امتیاز هر مجتمع با یکدیگر جمع و با سایر مجتمع‌ها مقایسه می‌گردد.

این شاخص در این مجتمع شده است. یعنی اینکه فقط چندین آبیاری تکمیلی در طول فصل رشد انجام شده است. بعد از مجتمع مذکور به نظر می‌رسد مجتمع‌های کشت و صنعت انابد کاشمر (بردسکن) و کشت و صنعت سرخس در شرایط یکسانی قرار دارند. مجتمع کشت و صنعت اسفراین نیز در رده آخر قرار گرفته است که علت این امر را می‌توان به شوری آب و خاک و عدم مدیریت مناسب در مواجهه با این مسائل مرتبط دانست. برای محصول جو نیز می‌توان گفت مجتمع‌های کشاورزی رضوی تربت حیدریه، کشت و صنعت مزرعه نمونه مشهد و کشت و صنعت انابد کاشمر (بردسکن) دارای وضعیت یکسانی می‌باشند. هر چند اختلاف بین شاخص‌های مختلف در بین این مجتمع‌ها مشاهده می‌شود ولی این اختلافات باعث همپوشانی یکدیگر شده است. بدترین وضعیت مربوط به مجتمع کشت و صنعت اسفراین می‌باشد که دارای عملکرد خیلی پایینی است به طوری که در مقایسه با عملکرد پتانسیل تقریباً سه برابر کمتر می‌باشد.

نتایج و بحث

• مقایسه محصولات مشترک

همانطور که در مواد و روش‌ها بیان گردید برای آگاهی از وضعیت شاخص‌های مختلف در هر یک از مجتمع‌ها، میانگین هر شاخص برای هر یک از محصولات موجود در مجتمع‌ها مطابق جدول (۱) محاسبه گردید. می‌توان اظهار داشت که با توجه به مدیریت حاکم بر هر یک از مجتمع‌ها، محصولات مختلف دارای مقادیر مختلفی از میانگین شاخص‌ها می‌باشند. برای محصولات مهم مانند گندم و جو که دارای اهمیت استراتژیکی می‌باشند می‌توان گفت که مجتمع کشت و صنعت مزرعه نمونه مشهد دارای عملکرد و مدیریت بهتری در تولید گندم نسبت به سایر مجتمع‌ها می‌باشد. علت قرار گرفتن مجتمع مذکور در وضعیت بهتر نسبت به سایر مجتمع‌ها را تا حدودی می‌توان به کاشت گندم نیمه دیم در این مجتمع نسبت داد که به تبع آن مقدار آب کمی مصرف شده است و باعث افزایش

در واقع به توجه به منابع آب و خاک موجود در هر یک از مجتمع‌ها و همچنین مدیریت حاکم بر هر یک از آنها می‌توان بیان داشت که کشت و صنعت مزرعه نمونه مشهد دارای پتانسیل خوبی در تولید و بهره‌وری آب محصولات گندم، جو، یونجه و ذرت علوفه‌ای می‌باشد. به همین ترتیب، کشت پنبه و احداث باغ پسته دارای تولید و بهره‌وری آب بالا در کشت و صنعت انابد کاشمر (بردسکن) می‌باشد. همچنین مجتمع کشاورزی رضوی تربت حیدریه دارای وضعیت خوبی در تولید

جو می‌باشد. برای سایر مجتمع‌ها می‌توان گفت که کشت هر یک از محصولات مذکور باید با احتیاط بیشتری صورت گیرد مگر اینکه راهکارهای مدیریتی مناسبی برای جلوگیری از کاهش عملکرد و همچنین بهره‌وری آب پایین اتخاذ گردد. در واقع با توجه به نتایج حاصله می‌توان بیان نمود که بهتر است در مجتمع‌های مختلف محصولاتی که دارای بهره‌وری آب بالا در آن مجتمع می‌باشند کاشته شوند تا از این طریق بتوان به عملکرد بالایی در تولید دست یافت.

جدول ۱- مقایسه امتیاز محصولات مشترک مجتمع‌های آستان قدس رضوی

میانگین امتیاز شاخص‌ها				مجتمع	محصول
IWMI1 (kg/ha)	IWMI4 (kg/m3)	ITRC2 (kg/ha/kg/ha)	ITRC6 (m3/m3)		
۳۵۰۰	۰/۰۸	۰/۵۷	۸/۵۶	اسفراین	پنبه
۳۵۱۵	۰/۱۳	۰/۸۲	۲/۹۶	تربت	
۳۵۰۰	۰/۰۹	۰/۸۱	۴/۱۲	گناباد	
۳۵۲۰	۰/۱۵	۰/۸۲	۲/۶۲	بردسکن	
۲۳۳۴	۰/۱۴	۱/۷۳	۷/۷	اسفراین	جو
۴۵۸۵	۰/۲۸	۰/۸۶	۳/۷۶	تربت	
۴۳۲۵	۰/۳۶	۰/۸۷	۳/۱۳	بردسکن	
۳۳۱۰,۸	۰/۵۲	۱/۲۷	۳/۰۷	مشهد	
۶۷۱۴۴	۳/۳	۱/۱۸	۰/۰۲	اسفراین	ذرت
۴۳۷۵۰	۱/۸۷	۱/۲۰	۳/۵۱	بردسکن	
۵۲۴۸۷	۲۶/۲۸	۱/۰۳	۰/۵۶	مشهد	
۴۸۱۵۶	۲/۳۸	۱/۱۰	۳/۵۹	تربت	
۳۴۳۷	۰/۴۴	۱/۲۸	۱/۹۶	سرخس	گندم
۲۲۵۱	۰/۱۴	۲/۱۴	۵/۲۵	اسفراین	
۴۰۲۱	۰/۱۸	۱/۰۵	۴/۶۱	تربت	
۴۶۷۵	۰/۴۱	۰/۹	۲/۵۴	بردسکن	
۵۲۷۵	۲/۶۳	۰/۸۴	۰/۷۷	مشهد	
۱۰۱۲۷	۰/۴۸	۱/۱۳	۲/۲۹	سرخس	یونجه
۸۳۳۳	۰/۰۷	۱/۳۲	۱۰/۲۱	گناباد	
۴۳۸۹,۸	۰/۲۱	۳/۷۱	۲/۷	اسفراین	
۱۰۰۵۰	۰/۲۷	۱/۰۹	۳/۹۳	تربت	
۶۶۰۰	۰/۳۷	۱/۶۶	۱/۸	بردسکن	
۱۵۰۸۹	۰/۷۴	۰/۸۱	۲/۸۷	مشهد	
۶۰۰	۰/۰۳	۵/۴	۴/۱۸	بردسکن	پسته
۷۴۷	۰/۰۳	۱۶/۲۸	۶/۷۳	سرخس	
۲۶۴	۰/۰۲	۷/۲۱	۳/۴	گناباد	

• مقایسه مجتمع‌ها با یکدیگر (برون مجتمعی)

با توجه جدول (۲) می‌توان بهترین و ضعیف‌ترین مجتمع را از نظر هر شاخص مشخص نمود. مطابق جدول مذکور می‌توان گفت که مجتمع کشت و صنعت مزرعه نمونه مشهد در تمامی شاخص‌ها در جایگاه اول قرار گرفته است. دلیل قرارگیری مجتمع کشت و صنعت مزرعه نمونه مشهد در جایگاه نخست می‌تواند به دلیل خاک و آب مناسب موجود در این مجتمع باشد، بطوریکه متوسط شوری برابر ۱۴۸۰ میکروموس بر سانتی متر و حداکثر شوری ۵۲۳۰ میکروموس بر سانتی متر می‌باشد (بر اساس اطلاعات دریافتی از کارشناسان مجتمع) که در محدوده قابل قبولی قرار دارد. از طرف دیگر می‌توان گفت که در این مجتمع همیشه پر آبیاری صورت می‌گیرد (Davary و همکاران، ۲۰۰۹) که باعث می‌شود دامنه شوری زیاد در نوسان نباشد و گیاه از این لحاظ در حاشیه امنیت قرار گیرد. در اکثر شاخص‌ها نیز مجتمع کشت و صنعت اسفراین دارای بدترین وضعیت بهره‌وری آب می‌باشد چنین امری را می‌توان به دلیل شوری بالای آب در

این مجتمع و همچنین به دلیل کاربرد آب آبیاری برای آبشویی نمک‌ها در منطقه ریشه دانست. بدیهی است در چنین وضعیتی مقدار آب به کار برده شده بیش از حد نیاز آبی گیاه بوده و باعث کاهش بهره‌وری آب می‌شود.

جدول ۲- مقایسه امتیاز مجتمع‌های مختلف آستان قدس رضوی

مجتمع	میانگین امتیاز شاخص‌ها			
	IWMI1	IWMI4	ITRC2	ITRC6
اسفراین	-۰/۲۱	-۰/۵۴	-۰/۴۶	-۰/۳۷
بردسکن	-۰/۰۲	-۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۲۰
تریت	۰/۰۶	-۰/۳۴	۰/۱۴	-۰/۱۰
سرخس	-۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۳۹
گناباد	-۰/۰۹	-۰/۵۱	۰/۰۶	-۰/۷۴
مشهد	۰/۲۵	۱/۵۶	۰/۲۱	۰/۵۲

نتیجه‌گیری

به دلیل کاهش جدی منابع آب و همچنین اهمیت آن در مجتمع‌های آستان قدس رضوی، وضعیت بهره‌وری آب با تکیه بر روش ارزیابی مقایسه‌ای در مجتمع‌های مذکور با توجه به شاخص‌های ITRC2، IWMI4، IWMI1 و ITRC6 ارزیابی و بررسی گردید. نتایج نشان داد در مقایسه محصولات مشترک بین مجتمع‌ها، مجتمع کشت و صنعت اسفراین دارای وضعیت نامطلوب و بدی می‌باشد و سایر مجتمع‌های هر کدام برای حداقل یک محصول در بهترین وضعیت قرار گرفته‌اند. واقعیت این است که این مطلب بیانگر امر مهمی می‌باشد که باید مسئولان مربوطه در هر مجتمع به آن بپردازند یعنی اینکه هر منطقه‌ای جدا از تمامی پارامترهای موثر در عملکرد آن، پتانسیل تولید یک محصول خاص را دارد که عمدتاً به دلیل تابش خورشیدی موجود در آن منطقه می‌باشد. البته قابل ذکر است که با مدیریت بهتر در زمینه نوع خاک و آب موجود در منطقه نیز می‌توان به عملکرد قابل توجهی رسید ولی بهتر آن است که ابتدا از نظر نوع محصول برای آن منطقه اقدام گردد و در گام‌های بعدی بحث‌های مدیریتی در نظر گرفته شود. با توجه به نتایج حاصله به نظر می‌رسد چنین ارزیابی باید طی سال‌های مختلف صورت گیرد. در واقع با تکرار فرآیند ارزیابی

و افزایش اطلاعات به تدریج توان ارزیابی و ارائه توصیه‌های بهبود سیستم فزونی می‌یابد. برای رسیدن به نتیجه مناسب و منطبق با واقعیت، بایستی ارزیابی به صورت مستمر (هر سال) انجام پذیرد. تا بتوان طی این فرآیند شاخص‌های مورد نظر ارزیابی‌کنندگان و مدیران مجتمع‌ها را محاسبه نمود. این امر به مرور زمان موجب پیدایش سیستمی می‌گردد که می‌تواند هر واحد زراعی را هم با خودش (مقایسه در زمان) و هم با سایر قطعات و مجتمع‌ها (مقایسه در مکان) از نظر اقتصادی، مدیریتی و... بررسی نماید. بدیهی است ارزیابی دقیق‌تر هم نتایج واقعی‌تر، و هم بازنگری‌های مطلوب‌تری را پدید می‌آورد. در اثر اجرای توصیه‌های بازنگری، درآمد و پایداری مجتمع‌ها روز افزون خواهد شد.

پی‌نوشت

- 1- Benchmarking
- 2- International Water Management Institute (IWMI)
- 3- Irrigation and Training Research Center (ITRC)
- 4- Field
- 5- Farm

- ter wheat in North China Plain using remote sensing technology. *Agricultural Water Management*. 95: 1271-1278.
- Rao P.S. 1993. Review of selected literature on indicators of Irrigation Performance. IWMI, research paper No.13.Colombo, Sri Lanka. International Irrigation Management Institute.
- Rouhani S. 2003. Comparison of water productivity in the agricultural cooperative members and non-members: A Case Study of Hamedan Province. 52: 53-72.
- Sakthivadivel R., de Fraiture C., Molden D., Perry C. and Kloezen W. 1999. Indicators of land and water productivity in irrigated agriculture. *Int. J. Water Res. Dev.* 15:161-179.
- Tuong T.P., Pablico P.P., Yamauchi M., Confesor R. and Moody K. 2000. Increasing water productivity and weed suppression of wet seeded rice: effect of water management and rice genotypes. *Exp. Agric.* 36:71-89.
- Zwart S.J. and Bastiaanssen W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agric. Water Manage.* 69:115-133.
- Charles M. and Burt P. E. 2000. Benchmarking Irrigation, Concepts & Strategies meeting on Benchmarking in Rome for FAO & IPTRID. California Polytechnic State University.
- Davary K., Izady A., Tamassoki S., Feizi H., Sayari N., Mirzaei E. and Naseri Moghaddam M. 2009. Investigation of present condition of irrigation water resources and consumptions, trend of quality & quantity variations and propose the preventive solution in Astan Ghods Razavi's Companies. Final report. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- Ehsani M. and Khaledi H. 2003. Water Productivity in Agriculture. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage Press. First Edition. 118pp.
- Igbadun H.E., Mahoo H.F., Tarimo A.K.P.R. and Salim B.A. 2006. Crop Water Productivity of an irrigated maize in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. *Agricultural Water Management*. 85: 89-102.
- Liu Zh. and Zhang Sh. 2008. Estimation of water consumption and crop water productivity of win-

Understanding underlying trend and using it in modeling of agricultural production function with respect to the water input

M. Haddad^{1*}, H. Sadeghi Saghdal²

1-MSc. in Energy Economics, Faculty of Economics and Management, Power and Water University of Technology (Shahid Abbaspour), Tehran, Iran. 2- Professor Assistant, Faculty of Economics, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: meisam.haddad66@gmail.com)

Received: 11-1-2016

Accepted: 19-2-2016

آشنایی با مفهوم روند ضمنی و بکارگیری آن در مدل سازی تابع تولید کشاورزی با توجه به نهادهی آب

میثم حداد^{۱*}، حسین صادقی سقدل^۲

۱- کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه صنعت آب و برق شهیدعباسپور.

۲- استادیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.

*(نویسنده ی مسئول، (E-Mail: meisam.haddad66@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۳۰

Abstract

Due to the being in the desert bar and ecosystem sensitivity to water, water management in the agricultural sector of the Iran is one of the priorities of managers and planners of this section. Therefore accurate modeling of the production function, for policies to increase efficiency and reduce the use of inputs, as well as forecasts for the timely supply with low cost, is of utmost importance. In this study, the production function in the agricultural sector of Iran has been modeled using underlying trend concept, creating a state - space model and Kalman filter algorithms. We used annual time series data for the period 1974-2012. The results indicate that underlying trend is smooth and Non-linear. According to likelihood ratio statistic, the most appropriate structure for hyper parameters is random static levels with No-slope trends (Local Level Model). Capital, labor and energy elasticity were less than unity, But water elasticity was larger than unity which is obtained in the first production area. This means that with a one percent increase in water inputs causes a decrease in production of more than one percent. Because, Iran is faced with limited water resources, cannot increase the consumption of water in this sector. Thus, recommended the replacement of new irrigation systems to compensate for water deficit and also in agricultural production by needs less water. Also, the development of basic technologies (changing the agricultural system) can reduce the use of inputs and compensate the lack of water in the agricultural sector.

Keywords: Agricultural Production Function, Water Inputs, Underlying Trend, Kalman Filter algorithm, State-Space.

چکیده

با توجه به قرار گرفتن ایران در نوار بیابانی و حساسیت اکوسیستم به آب، مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی از اولویت های مدیران و برنامه ریزان کشور می باشد. از این رو مدل سازی مناسب تابع تولید، برای اتخاذ سیاست های افزایش بهره وری و کاهش مصرف نهاده ها و هم چنین پیش بینی برای تأمین به موقع با هزینه ی کم، دارای اهمیت زیادی است. در مطالعه ی حاضر با استفاده از مفهوم روند ضمنی و ایجاد یک مدل فضا-حالت، با بکارگیری الگوریتم کالمن فیلتر، به مدل سازی تابع تولید در بخش کشاورزی ایران پرداخته شده است. داده های مورد استفاده در این مطالعه به صورت سری زمانی سالانه طی دوره ی زمانی ۱۳۹۱-۱۳۵۳ بوده است. نتایج حاکی از یکنوا و غیرخطی بودن ماهیت روند ضمنی دارد. با توجه به آماره ی نسبت راستنمایی، مناسب ترین حالت برای ابرپارامترها، حالت تصادفی بودن سطح بدون شیب (مدل سطح نسبی) تشخیص داده شده است. کشش های تولیدی سرمایه، نیروی کار و انرژی، کمتر از واحد است، اما کشش تولیدی آب بزرگتر از واحد و در ناحیه اول تولید به دست آمده است. این بدان مفهوم است که با افزایش یک درصدی نهاده ی آب، بیش از یک درصد تولید افزایش می یابد. به دلیل اینکه کشور ایران با محدودیت منابع آب مواجه است، نمی توان مصرف نهاده ی آب در این بخش را افزایش داد. از این رو جایگزینی سیستم های آبیاری جدید به منظور جبران کم آبی و همچنین تولید محصولات با نیاز آبی کمتر در بخش کشاورزی پیشنهاد می شود. همچنین پیشرفت تکنولوژی های بنیادی (تغییر سیستم کشاورزی) می تواند استفاده از نهاده ها را کاهش داده و کمبود آب در این بخش را جبران نماید.

واژه های کلیدی: تابع تولید کشاورزی، نهاده ی آب، روند ضمنی، الگوریتم کالمن فیلتر، فضا-حالت.

حدود ۲۳ درصد اضافه مصرف دارد (worldbank، ۲۰۰۵). در جدول (۱)، تخصیص بخشی منابع آب در کشورها با درآمدهای مختلف به گزارش بانک جهانی آمده است.

جدول ۱- درصد تخصیص بخشی منابع آب در کشورها با درآمدهای مختلف (worldbank، ۲۰۰۵)

کشورهای با درآمد	کشاورزی	صنعت	شرب
پایین	۹۲	۳	۵
پایین و متوسط	۸۱	۱۲	۷
متوسط	۷۴	۱۷	۹
بالا	۴۲	۴۲	۱۶
جهانی	۷۰	۲۰	۱۰
ایران	۹۲/۵	۱/۵	۶

کشورهایی که بیش از ۷۰ درصد منابع آبی خود را به کشاورزی اختصاص داده‌اند در زمره کشورهای در حال توسعه هستند، در حالی که کشورهای توسعه‌یافته کمتر از ۵۰ درصد منابع آبی خود را به بخش کشاورزی واگذار کرده‌اند. بنابراین کشور ایران در بخش کشاورزی، در بین کشورهای در حال توسعه قرار دارد (worldbank، ۲۰۰۵). متوسط بازدهی آبیاری ایران حدود ۳۲ درصد می‌باشد که این مقدار از متوسط بازدهی کشورهای خاورمیانه کمتر است. در جدول (۲)، میزان بازده آبیاری در برخی از کشورهای در حال توسعه آمده است (سازمان خواربار جهانی (FAO)، ۲۰۰۹).

جدول ۲- میزان بازده آبیاری در برخی از کشورهای در حال توسعه به گزارش سازمان خواربار جهانی (FAO) در سال ۲۰۰۵

نام کشور	لیبی	هند	مصر	سوریه	پاکستان	عربستان	ترکیه	چین	ایران
بازده (درصد)	۶۰	۵۴	۵۳	۴۵	۴۴	۴۳	۴۰	۳۶	۳۲

با توجه به موقعیت ایران و مجاورت آن با مدار رأس السرطان، کشور ایران در نوار بیابانی واقع شده است. بخش کشاورزی در چنین اکوسیستم‌هایی که در نوار بیابانی واقع هستند، به آب حساسیت بسیار زیادی دارد. برداشت بی‌رویه و استفاده نادرست از منابع آب، چه منابع آب سطحی و چه منابع آب زیرزمینی این مشکل را چندین برابر می‌کند. با توجه به محدودیت منابع آبی کشور، موضوع مدیریت مصرف آب در بخش‌های مختلف و به‌ویژه در بخش کشاورزی که عمده‌ترین مصرف‌کننده آب در جهان است، دارای اهمیت می‌باشد. با توجه به بیابانی بودن کشور ایران و مشکلات ناشی از کم آبی، سهم مصرف آب در بخش کشاورزی ایران از کل آب قابل استحصال بسیار زیاد است؛ به طوری که مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد در حال حاضر از کل ۱۳۰ میلیارد متر مکعب منابع تجدیدشونده کشور، حدود ۹۳/۳ میلیارد متر مکعب جهت مصارف بخش کشاورزی، صنعت، معدن و شرب برداشت می‌شود که حدود ۸۶/۳ میلیارد متر مکعب آن (۹۲/۵ درصد) به بخش کشاورزی، ۶ میلیارد متر مکعب (۶ درصد) به بخش شرب و مابقی به بخش صنعت و نیازهای متفرقه دیگر اختصاص دارد (سالنامه آماری آب کشور، ۱۳۹۰). طبق آمار منتشر شده توسط بانک جهانی^۱، بطور متوسط در دنیا بخش کشاورزی حدود ۷۰ درصد، بخش صنعت حدود ۲۰ درصد و آب شرب حدود ۱۰ درصد از تمام منابع آب قابل مصرف را به خود اختصاص داده است، این در حالی است که بخش کشاورزی ایران در مقایسه با متوسط جهانی

با توجه به اهمیت آب در بخش کشاورزی به عنوان یک نهاده‌ی تولیدی، این نهاده یکی از نهاده‌های مهم و ضروری در برآورد تابع تولید در بخش کشاورزی در کنار نهاده نیروی کار، سرمایه و انرژی است.

برآورد تابع تولید از نظر برنامه‌ریزی و توسعه اقتصادی، مهم و جزء لاینفک اقتصادی است. با تخمین تابع تولید کشاورزی و اطلاعات حاصل از آن می‌توان، توان تولید بخش کشاورزی را مشخص نمود و آن را با عملکرد واقعی بخش، مقایسه کرد. برآورد تابع تولید همچنین این امکان را فراهم می‌آورد که نقش و اهمیت هر یک از نهاده‌های تولید، به تفکیک مشخص شود

(اعظم‌زاده شورکی و همکاران، ۱۳۹۰). لذا مدل‌سازی و برآورد صحیح ضرایب مدل بسیار با اهمیت است. برای مدل‌سازی و برآورد تابع تولید بخش کشاورزی متغیرهای اقتصادی مانند نیروی کار، سرمایه و انرژی، از اهمیت زیادی برخوردارند. اما در کنار این متغیرها، متغیرهای دیگری مانند پیشرفت تکنولوژی وجود دارد که قابل مشاهده نیستند. مدل سری زمانی ساختاری^۲ این قابلیت را دارد که تحولات ساختاری و متغیرهای غیر قابل مشاهده را به صورت تصادفی وارد مدل کند و روند ضمنی^۳ را برای برآورد صحیح تابع تولید به ما ارائه دهد. زمانی که مدل به طور صحیح برآورد شود، خطای

پیش‌بینی کمتر شده و تصمیم‌گیری برای مدیران و برنامه‌ریزان دقیق‌تر صورت می‌گیرد.

ویژگی خاص این مطالعه نسبت به سایر مطالعات تجربی، در زمینه برآورد تابع تولید در بخش کشاورزی وارد کردن نقش روند ضمنی به عنوان متغیر غیرقابل مشاهده و تصریح آن به صورت یک فرآیند تصادفی، استفاده از تکنیک متناسب با مدل تصریح شده (سری زمانی ساختاری) می‌باشد.

مطالعات داخلی و خارجی زیادی در مورد برآورد تابع تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی، با مدل‌های مختلف انجام شده است. تاکنون با روش سری زمانی ساختاری و مفهوم روند ضمنی، نتایج منتشر شده‌ای در زمینه‌ی برآورد تابع تولید بخش کشاورزی مشاهده نشده است. از این‌رو در ذیل، به بررسی مطالعات داخلی و خارجی صورت گرفته در برآورد تابع تولید در بخش کشاورزی با روش‌های دیگر (مدل‌هایی که مفهوم روند ضمنی را در نظر نگرفته‌اند) پرداخته می‌شود.

اسکندرزاده و راسخ (۱۳۹۲) با روش بیشینه آنتروپی تعمیم یافته، قائمی‌اصل و سلیمی‌فر (۱۳۹۱) با روش مدل‌سازی پویایی‌های بهره‌وری، اعظم‌زاده شورکی و همکاران (۱۳۹۰) با روش ARDL، نبیونی (۱۳۹۰) با روش ECM و ARDL، فلاحی و خلیلیان (۱۳۸۸) با روش همگرایی، امیرتیموری و خلیلیان (۱۳۸۶) با روش ARDL، زیبایی و طرازکار (۱۳۸۳) با روش VAR، کهنسال و دهقانان (۱۳۸۲) با روش بررسی کارایی، اکبری و رنجکش (۱۳۸۲) با روش کارایی، هژبرکیانی و رنجبری (۱۳۸۰) با روش ARDL و ECM به برآورد تابع تولید کشاورزی در ایران پرداختند.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده

داده‌های بکار گرفته شده در این مطالعه به صورت سری زمانی سالانه و طی دوره‌ی زمانی ۱۳۹۱-۱۳۵۳، از منابع آماری مختلف جمع‌آوری شده است. در این مطالعه بخش کشاورزی به صورت یک مجموعه و بدون در نظر گرفتن زیر بخش‌های زراعت، باغبانی، دام و طیور مورد مطالعه قرار گرفته است، بنابراین در مطالعه‌ی حاضر، تابع تولید برآورد شده کل بخش کشاورزی را در برمی‌گیرد. آمار ارزش افزوده و موجودی سرمایه در بخش کشاورزی از حساب‌های ملی ایران در بانک مرکزی، آمار مربوط به نهاده نیروی کار از معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، آمار مربوط به نهاده‌ی انرژی (میلیون بشکه معادل نفت خام) از ترازنامه انرژی وزارت نیرو در سال‌های مختلف و آمار مربوط به مصرف آب در بخش کشاورزی از سالنامه آماری منتشر شده توسط مرکز آمار کشور

Lin و Fei (۲۰۱۵) به تجزیه و تحلیل جایگزینی عوامل تولید و پیشرفت تکنولوژی در بخش کشاورزی کشور چین با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ پرداختند. Muazu و همکاران (۲۰۱۴) با روش تحلیل پوششی داده‌ها، Ndlovu و همکاران (۲۰۱۴) با روش پانل دیتا و برآورد تابع تولید ترانسلوگ، Howitt و همکاران (۲۰۱۲) با روش تابع تولید CES، Muro (۲۰۱۳) با روش استاپلر ساموئلسون، تابع تولید بخش کشاورزی در کشورهای دیگر را برآورد نمودند. Blitzer (۱۹۸۱)، Echevarria (۱۹۹۸) و Dareev و Parlinska (۲۰۱۱) با روش تابع تولید کاب-داگلاس به برآورد و بررسی تابع تولید در بخش کشاورزی در خارج پرداختند. Berndt و Wood (۱۹۷۹) در برآورد تابع تولید به این نتیجه رسیدند که انرژی یک عامل تولید است که ارتباط جدایی‌ناپذیر ضعیفی با نیروی کار دارد. همانطور که بیان شد در اکثر مطالعات انجام شده، از نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و انرژی، به عنوان نهاده‌های مهم در برآورد تابع تولید بخش کشاورزی استفاده شده است.

همچنین در اکثر مطالعات داخلی از تابع تولید کاب-داگلاس برای برآورد تابع تولید کشاورزی استفاده شده است. به عنوان مثال Sameni Keivani و همکاران (۲۰۱۴)، به برآورد تابع تولید بخش کشاورزی ایران با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس پرداختند. بیشتر مطالعات دلیل استفاده از این تابع را یا معنی‌دار شدن رگرسیون و ضرایب مدل بیان می‌کنند و یا به دلیل محدودیت داده‌ها و کاهش درجه‌ی آزادی این تابع، آن را بهترین تابع برای برآورد انتخاب کرده‌اند.

در سال‌های مختلف استنتاج و جمع‌آوری شده است. با داشتن داده‌های آب قابل استحصال (آب قابل دسترس) و با توجه به اینکه حدود ۹۰ درصد آب قابل استحصال در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، داده‌های مصرف آب در این بخش محاسبه و استنتاج شد.

تابع تولید کاب-داگلاس^۲

تابع تولید به عنوان یک مفهوم اصلی در اقتصاد، روشی سیستماتیک برای نشان دادن رابطه‌ی بین مقادیر مختلف یک نهاده یا عامل تولید، با محصول یا ستاده است (سلطانی و نجفی، ۱۳۶۴). انتخاب نوع تابع بستگی به ماهیت موضوع مطالعه دارد. با این حال یکی از بهترین ملاک‌های تبیین تابع تولید، استفاده از تجربیات گذشته است. بنابراین، در بدو امر ضروری است که تابع به کار رفته در مطالعه از نظر تئوری‌های اقتصادی و در واقع تطبیق شرایط مطالعه با ویژگی‌های تابع تولید، توجیه شده باشد. در مرحله بعد نیز توجیهات آماری و

اقتصادسنجی، از قبیل معنی‌دار بودن ضرایب و نیز رگرسیون مربوطه، ضروری است (ترکمانی، ۱۳۷۷).

یکی از انواع توابع تولید که در مطالعات مختلف مربوط به تولید محصولات کشاورزی همانند سایر صنایع کاربرد زیادی داشته و دارد، تابع کاب- داگلاس است. برای اولین بار کاب و داگلاس در سال ۱۹۲۸ کوشش‌های تجربی پیرامون برآورد توابع تولید در صنایع آمریکا به عمل آورده‌اند. گرچه قبل از آن برای اولین بار فرم جبری تابع تولید کشاورزی توسط Kant و Wicksell پیشنهاد شده بود (Dillon و Heady، ۱۹۶۱).

اگر نهاده‌ها را با K و L نشان دهیم، تابع تولید محصول (Y) به شکل کاب- داگلاس را می‌توان به صورت رابطه‌ی (۱) نمایش داد:

$$Y = AK^a L^b \quad (1)$$

در این تابع A و در فرم کلی a_0 پارامتر کارایی^۵ نامیده می‌شود. همچنین a_1 (یا a) و b بیانگر کشش تولید نهاده i (یا K و L) است. در حالت کلی برای برآورد ضرایب تابع تولید کاب- داگلاس ابتدا باید از طریق لگاریتم‌گیری آن را به یک رابطه خطی تبدیل نمود. این تابع را می‌توان به صورت رابطه‌ی خطی (۲) نوشت (بخشوده و اکبری، ۱۳۷۵):

$$\log Y = \log A + a \log K + b \log L \quad (2)$$

پارامترهای تابع کاب- داگلاس، کشش‌های تولید نهاده‌ها را نشان می‌دهد. این تابع خصوصیت ضرورت مصرف نهاده را به خوبی نمایان می‌سازد (دبرتین، ۱۳۷۶).

با توجه به مبانی نظری که در بالا اشاره شد، در این مطالعه تابع تولید کشاورزی طبق رابطه‌ی (۳) پیشنهاد می‌شود:

$$Q = AK^\alpha L^\beta E^\gamma W^\theta \quad (3)$$

برای برآورد مدل و محاسبه‌ی کشش‌های تولیدی باید با لگاریتم‌گیری از رابطه‌ی بالا آن را به صورت یک رابطه‌ی خطی تبدیل کرد. رابطه‌ی لگاریتمی تابع تولید پیشنهادی به صورت رابطه‌ی (۴) است:

$$\log Q = \log A + \alpha \log K + \beta \log L + \gamma \log E + \theta \log W \quad (4)$$

در معادله بالا، LQ لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳،^۶ A تکنولوژی یا کارایی فنی، LK لگاریتم موجودی سرمایه در بخش کشاورزی به قیمت ثابت ۱۳۸۳، LL لگاریتم نیروی کار در بخش کشاورزی، LE لگاریتم مصرف انرژی در بخش کشاورزی و LW لگاریتم مصرف آب در بخش کشاورزی است.

مفهوم روند ضمنی

یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در توابع تولید و تقاضا، متغیر پیشرفت تکنولوژی است، لذا بایستی در مدل‌سازی به آن توجه ویژه‌ای داشت. پیشرفت تکنولوژی نه تنها از نظر فنی مورد

توجه است، بلکه از جنبه‌های دیگر نظیر سلیقه و عوامل غیر اقتصادی (جمعیت، عوامل جغرافیایی و اجتماعی) می‌تواند مورد تحلیل قرار گیرد.

تغییر در کارایی از طریق توسعه تکنولوژی و بهبود طرف عرضه‌ی اقتصاد، از عوامل مهم تعیین کننده‌ی روند می‌باشد (شاکری و همکاران، ۱۳۸۹). تکنولوژی به دو نوع متبلور و غیر متبلور تقسیم‌بندی می‌شود. تکنولوژی متبلور در ماشین آلات، تکنولوژی غیرمتبلور در مردم، ساختارهای سازمانی و الگوهای رفتاری بازتاب دارد. فرسودگی و ناکارایی (چه در وسایل مصرف کننده و چه در تجهیزات تولید کننده) عوامل اصلی در پیشرفت تکنولوژی متبلور می‌باشند و موجب سرمایه‌گذاری در این مورد می‌شوند. اما در تکنولوژی غیر متبلور نیازی به تعویض وسایل و تجهیزات و انجام سرمایه‌گذاری جدید نیست، بلکه به رفتار مصرف کننده و تولید کننده بستگی دارد. هریک از این دو نوع تکنولوژی دارای دو بخش درون‌زا و برون‌زا می‌باشد. بخش برون‌زا بطور مستقل در طول زمان انجام می‌گیرد، اما بخش درون‌زا ممکن است با نرخ ثابتی انجام نگیرد. لذا همیشه خطی بودن آن درست نیست و باید به درستی محاسبه شود.

یک تفاوت بین پیشرفت تکنولوژی متبلور و غیرمتبلور (جزء درون‌زا)، در نحوه‌ی واکنش آن‌ها به تغییرات سایر عوامل موثر بر عرضه و تقاضا می‌باشد. انتظار می‌رود مورد اول نسبت به مورد دوم با وقفه زمانی بیش‌تری واکنش نشان دهد، زیرا نیازمند تغییرات ساختاری در نحوه‌ی تولید و ارائه خدمات می‌باشد. شناخت این تفاوت در جزء برون‌زای تغییرات تکنیکی مشکل است. با توجه به این‌که هر دوی آن‌ها در طول زمان با نرخ ثابتی توسعه می‌یابند، لذا تفکیک میزان تغییرات مشکل خواهد بود (موسوی و محمودزاده، ۱۳۹۲).

با توجه به مطالب گفته شده به نظر می‌رسد که متغیرهای توضیح دهنده‌ی تکنولوژی (چه متبلور و چه غیر متبلور) در مدل لحاظ شوند، اما به دلیل عدم اندازه‌گیری و متغیر بودن در طی زمان نمی‌توان آن‌ها را وارد مدل کرد. بنابراین برای این که بتوان اثر موارد فوق را بر تولید بررسی کرد، باید روند ضمنی را وارد تابع تولید کرد و آن را به درستی مدل‌سازی کرد. این اقدام سبب می‌شود تا برآورد ضرایب و کشش‌ها با دقت بیشتری انجام شود، در نتیجه راه برای برنامه ریزی و سیاست‌گذاری در بخش‌های مختلف اقتصادی هموار می‌شود (Ninomiya و Hunt، ۲۰۰۳). مدل سری زمانی ساختاری توسط Harvey (۱۹۸۹)، جهت رفع این مشکل به کار گرفته شد. آنان برای هر سری زمانی یک جزء روند^۷، سیکلی^۸ و نامنظم^۹ در نظر گرفتند.

در کنار عوامل اقتصادی نظیر سرمایه، نیروی کار، انرژی و مصرف آب در بخش کشاورزی، عوامل دیگری مانند تغییر ساختار اقتصادی، پیشرفت تکنولوژی و یا عوامل غیر اقتصادی

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \xi_t \quad (6)$$

که در آن η_t و ξ_t دارای توزیع نرمال $\eta_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\eta^2)$ و $\xi_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\xi^2)$ هستند.

معادلات فوق به ترتیب بیان کننده سطح و شیب روند می باشند. فرآیند فوق را به این صورت می توان توصیف کرد که روند در یک دوره برابر با روند در یک دوره قبل، به علاوه جزء رشد و برخی عوامل غیر قابل پیش بینی است، که جزء رشد همان شیب می باشد که در طول زمان متغیر است. واریانس های σ_η^2 و σ_ξ^2 ابرپارامترها^{۱۱} نامیده می شوند که نقش بسیاری در ماهیت روند دارند، به گونه ای که اگر این دو واریانس صفر باشند، مدل رگرسیون فوق تبدیل به یک مدل رگرسیونی معمولی با روند خطی معین خواهد شد، مانند رابطه ی (۷):

$$Q_t = \alpha + \beta_t + Z_t' \delta + \varepsilon_t \quad (7)$$

بسته به اینکه در فرآیند مذکور ابرپارامترها (واریانس های جملات اخلال در معادلات سطح و شیب روند) صفر باشند یا نه و همچنین دارای شیب و سطح باشند یا نه، مدل های رگرسیونی متفاوتی شکل خواهد گرفت. در جدول (۳) حالت های مختلف سری زمانی ساختاری آمده است.

که قابل مشاهده نیستند، می توانند اثر زیادی بر تولید بخش کشاورزی داشته باشند، که ممکن است آثار یاد شده در طول زمان دارای روند معینی نبوده و عدم مدل سازی صحیح آن ها موجب اریب در تخمین آن ها شود. این روش در برآورد جزء روند، بین این عوامل با عوامل اقتصادی تفاوت قائل می شود. مدل مورد بررسی در این مطالعه، مدل رگرسیونی مرکب از یک سری زمانی ساختاری است که به جزء غیرقابل مشاهده در طول زمان اجازه می دهد تا به طور تصادفی تغییر کند. در حالت کلی مدل سری زمانی ساختاری به صورت رابطه ی (۵) ارائه می شود.

$$Q_t = \mu_t + Z_t' \delta + \varepsilon_t \quad (5)$$

که در آن Q_t متغیر وابسته، μ_t جزء روند، Z_t بردار متغیرهای توضیحی یا مستقل، δ پارامترهای نامعلوم و ε_t جزء تصادفی مدل و مشابه همان باقیمانده ها در رگرسیون مرسوم است و فرض می شود که توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت است ($\varepsilon_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\varepsilon^2)$). همچنین فرض می شود جزء روند دارای فرآیند تصادفی می باشد و هر فرآیند تصادفی خود دارای سطح و شیب بوده که به صورت رابطه ی (۶) است:

جدول ۳- حالت های مختلف سری زمانی ساختاری (Hunt و همکاران، ۲۰۰۳)

حالت های مختلف	سطح ثابت	سطح تصادفی
بدون شیب	مدل رگرسیون متعارف با سطح ثابت بدون روند زمانی	مدل سطح نسبی ^{۱۱}
شیب ثابت	مدل رگرسیون متعارف با روند معین	مدل سطح نسبی با انتقال ^{۱۲}
شیب تصادفی	مدل روند هموار ^{۱۳}	مدل روند نسبی ^{۱۴}

سطح و شیب روند، توسط کالمن فیلتر ارائه می شود. در شکل فضا - حالت^{۲۰}، پارامترهای غیر قابل مشاهده مانند روند به عنوان متغیرهای وضعیت^{۲۱} تلقی می شوند. معادله ی انتقال به صورت رابطه ی (۸) تعریف می شود:

$$\alpha_t^* = \begin{bmatrix} \mu_t \\ \beta_t \\ \delta_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_{t-1} \\ \beta_{t-1} \\ \delta_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \eta_t \\ \xi_t \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

که در آن α_t^* بردار وضعیت است. معادله اندازه گیری به صورت رابطه ی (۹) می باشد:

$$Q_t = (1 \ 0 \ Z_t') \alpha_t^* + \varepsilon_t \quad (9)$$

معادله اندازه گیری با معادله رابطه (۵) مطابقت دارد. کاربرد

همانطور که اشاره شد به دلیل وجود جزء غیر قابل مشاهده در این مدل، مدل مذکور با روش حداقل مربعات معمولی قابل برآورد نخواهد بود. با این وجود، چنان چه معادله (۵) همراه معادلات (۶) در شکل معادلات فضا - حالت^{۱۵} یعنی در حالت دو معادله بصورت مجزا، یکی معادله انتقال^{۱۶} و دیگری معادله اندازه گیری^{۱۷} تنظیم شوند، در این صورت با استفاده از الگوریتم کالمن فیلتر^{۱۸} می توان یک دسته معادلات بازگشتی تولید کرد که پارامترهای نامعلوم (ابرپارامترها و سایر پارامترها) از طریق روش حداکثر راستنمایی^{۱۹} برآورد شوند (Shephard و Harvey، ۱۹۹۳).

حال با داشتن مقادیر این پارامترها، برآوردهای مناسب از اجزاء

معادله فوق در این است که بردار وضعیت غیرقابل مشاهده را به ارزش‌های عددی قابل مشاهده Q_t مرتبط کند. به منظور انتخاب مناسب‌ترین حالت از طریق آماره نسبت راستنمایی (LR^{23})، فرضیه تصادفی بودن هر دو جزء روند در مقابل حداقل ثابت بودن یکی از آن‌ها آزمون می‌شود.^{۲۳} آماره نسبت راستنمایی از طریق رابطه زیر بدست می‌آید. که در آن صورت کسر مقدار حداکثر راستنمایی حاصل از برآورد تابع تولیدی است که در آن قید لحاظ شده است و مخرج آن مقدار حداکثر راستنمایی در حالت غیرمقید است. با توجه به اینکه معمولاً مقدار حداکثر راستنمایی مقید کمتر از حالت غیر مقید است، لذا نسبت کسر کوچکتر از یک خواهد شد. حال اگر قید بار سنگینی بر دوش داده‌ها باشد (قید معتبر باشد) در این صورت نسبت فوق به سمت یک متمایل می‌شود و اگر قید معتبر نباشد به سمت صفر متمایل خواهد شد (شاکی و همکاران، ۱۳۸۹).

$$LR = \frac{\text{Log likelihood}(\hat{\theta}_R)}{\text{Log likelihood}(\hat{\theta}_{UR})} \quad (10)$$

در تابع تولید رابطه‌ی (۴)، پارامتر A بیانگر تکنولوژی یا عامل کارایی فنی است. به دلیل اینکه تغییرات تکنولوژی در طول زمان به‌طور حتم با نرخ ثابتی انجام نمی‌گیرد و مشمول اختلالات (نوسانات) تصادفی می‌باشد، بنابراین مدل‌سازی آن به صورت تابع خطی از زمان (بدون وارد کردن متغیر روند در مدل) روش مناسبی نخواهد بود (موسوی و محمودزاده،

۱۳۹۲). به همین منظور عامل کارایی فنی در تابع تولید به صورت رابطه‌ی (۱۱) تصریح می‌شود:

$$LA = \mu_t$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t \quad (11) \quad (a)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \xi_t \quad (b)$$

$$\eta_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\eta^2), \quad \xi_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\xi^2)$$

اجزای (a) و (b) در رابطه‌ی فوق به ترتیب بیانگر سطح و شیب روند که معرف پیشرفت تکنولوژی است، می‌باشد. با در نظر گرفتن این فرآیند تصادفی برای عامل تکنولوژی یا کارایی فنی در تابع تولید رابطه‌ی (۱۲) را خواهیم داشت:

$$LQ = \mu_t + \alpha LK + \beta LL + \gamma LE + \theta LW + \varepsilon_t \quad (12)$$

برای برآورد مدل بالا از نرم افزار STAMP 8.3 که در بسته نرم‌افزار OxMetrics 6.3 تعبیه شده، استفاده شده است.

نتایج و بحث

قبل از برآورد مدل، چون روش برآورد از نوع اقتصادسنجی است و داده‌ها از نوع سری زمانی هستند، لازم است ابتدا آزمون ریشه واحد متغیرها انجام شود. نتایج حاصل از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) در جدول (۴) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد تمامی متغیرها در سطح دارای ریشه‌ی واحد می‌باشند، ولی پس از یک بار تفاضل‌گیری پایا می‌شوند.

جدول ۴- آزمون ریشه واحد متغیرهای مورد استفاده در مدل (یافته‌های تحقیق)

سطح متغیرها	آماره‌ی ADF	مقادیر بحرانی مک کینون			تفاضل مرتبه‌ی اول متغیرها	آماره‌ی ADF	مقادیر بحرانی مک کینون		
		۱۰٪	۵٪	۱٪			۱۰٪	۵٪	۱٪
LQ	-۱/۸۳۳۷	-۳/۶۱۵۵	-۲/۹۴۱۱	-۲/۶۰۹۰	DLQ	-۷/۱۱۳۷	-۳/۶۲۱۰	-۲/۹۴۳۴	-۲/۶۱۰۲
LK	-۱/۵۱۸۲	-۳/۶۲۶۷	-۲/۹۴۵۸	-۲/۶۱۱۵	DLK	-۳/۱۹۵۶	-۳/۶۲۶۷	-۲/۹۴۵۸	-۲/۶۱۱۵
LL	-۲/۴۴۲۳	-۳/۶۱۵۵	-۲/۹۴۱۱	-۲/۶۰۹۰	DLL	-۸/۴۱۸۸	-۳/۶۲۱۰	-۲/۹۴۳۴	-۲/۶۱۰۲
LE	-۲/۹۰۷۱	-۳/۶۱۵۵	-۲/۹۴۱۱	-۲/۶۰۹۰	DLE	-۶/۴۹۵۲	-۳/۶۲۱۰	-۲/۹۴۳۴	-۲/۶۱۰۲
LW	-۲/۷۳۹۲	-۳/۶۱۵۵	-۲/۹۴۱۱	-۲/۶۰۹۰	DLW	-۸/۵۲۳۷	-۳/۶۲۱۰	-۲/۹۴۳۴	-۲/۶۱۰۲

بخش کشاورزی در جدول (۵) آورده شده است. نرم افزار به طور خودکار سال‌هایی که شکست (هم شکست در سطح و شیب و هم در داده‌های پرت) اتفاق افتاده است را نشان می‌دهد. با تصویب قانون واگذاری و احیاء اراضی و تشکیل تعاونی‌های تولید در سال ۱۳۵۹، تولید محصولات کشاورزی در این سال افزایش چشمگیری داشته است. اما با وقوع جنگ تحمیلی در اواسط این سال، در سال بعد تولید

با توجه به آماره نسبت راستنمایی مناسب‌ترین حالت برای ابرپارامترها، تصادفی بودن سطح و صفر بودن شیب (مدل سطح نسبی) تشخیص داده شده است. به عبارت دیگر در طی سال‌های مورد مطالعه، تغییرات تکنولوژی یا عامل کارایی فنی فقط توانسته از طریق سطح روند (تغییرات سطحی و کوتاه مدت) بر تابع تولید بخش کشاورزی اثر گذارد، در حالی‌که شیب روند، صفر بوده است. نتایج حاصل از برآورد تابع تولید

کاهش یافته است. از اینرو چون تولید در یکسال افزایش داشته است، نرم افزار داده‌ی این سال را به عنوان داده‌ی پرت، و به دلیل افزایش تولید، مثبت شناسایی کرده است. علت شناسایی شکست سال ۱۳۸۷ این است که، در این سال بر اثر پدیده خشکسالی و کاهش آب قابل استحصال، مصرف آب کشاورزی

به ۷۱/۲ میلیارد مترمکعب رسید، در حالی که در سال ۱۳۸۶، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی ۸۷ میلیارد متر مکعب گزارش شده بود. تولید بسیاری از محصولات کشاورزی در سال ۱۳۸۷ افت شدیدی پیدا کرده و کشاورزان متحمل فشارهای زیادی از این جهت شدند.

جدول ۵- نتایج حاصل از برآورد تابع تولید کشاورزی (یافته‌های تحقیق)

متغیر	ضرایب	RMSE	آماره‌ی t
۱۳۵۹ Outlier	۰/۱۸۵۲	۰/۰۴۷۳	۳/۹۰۸۵ (۰/۰۰۰۴)
۱۳۸۷ Level break	-۰/۱۸۷۳	۰/۰۵۲۳	-۲/۵۸۱۷ (۰/۰۰۱۱)
LK	۰/۳۱۷۶	۰/۰۵۲۳	۲/۸۳۵۶ (۰/۰۰۸۱)
LL	۰/۸۴۸۶	۰/۳۸۸۳	۲/۱۸۵۵ (۰/۰۳۶۷)
LE	۰/۱۸۶۰	۰/۰۸۰۵	۲/۳۱۰۰ (۰/۰۲۷۹)
LW	۱/۳۴۵۱	۰/۴۰۵۲	۳/۳۱۹۰ (۰/۰۰۲۳)
dumm۱۳۵۷	۰/۰۸۵۷	۰/۰۴۲۲	۲/۰۳۱۶ (۰/۰۵۱۱)
۱۳۵۹-۶۷ Dumm	-۰/۰۷۴۹	۰/۰۳۶۴	-۲/۰۵۴۴ (۰/۰۴۸۷)
سطح ۲۲/۵۳۶۶ (۰/۰۲۵۶)			
ابریارامتها (سطح نسبی)		معیارهای خوبی برازش	
سطح	۰/۰۰۱۶	$\bar{R}^2 = ۰/۹۸$	$R^2 = ۰/۹۹$
شیب	فاقد شیب	DW = ۱/۹۳	P.e.v ²⁴ = ۰/۰۰۱۲
جزء نامنظم	۰/۰۰۰۰	LR = ۰/۹۷	Std.Error = ۰/۰۳۵۵

با توجه به جدول (۵)، کشش‌های تولیدی سرمایه، نیروی کار و انرژی در سطح معنی داری ۵ درصد معنادار بوده و طبق نتایج اکثر مطالعات انجام شده در ایران، کشش‌های تولیدی این سه عامل (به ترتیب، ۰/۳۱۷۶، ۰/۸۴۸۶ و ۰/۱۸۶۰)، کمتر از یک محاسبه شده است. این نشان می‌دهد که هریک از این عوامل در ناحیه‌ی دوم تولید (ناحیه‌ی اقتصادی) هستند. همانطور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، کشش تولیدی آب ۱/۳۴۵۱ برآورد و در سطح معنی داری ۵ درصد معنادار شده است. به دلیل اینکه کشش تولیدی آب بزرگتر از واحد است، این عامل تولیدی در ناحیه‌ی اول تولید در تابع تولید کشاورزی ایران قرار دارد. همچنین تمامی ضرایب برآورد شده‌ی عوامل تولید مثبت برآورد شده که منطبق با مبانی نظری تابع تولید است. متغیرهای مجازی سال ۱۳۵۷ و ۱۳۵۹ در سطح معنی داری ۱۰ درصد معنادار هستند. ضریب متغیر مجازی ۱۳۵۷ مثبت برآورد شده است و دلیل آن این است که بعد از انقلاب در سال ۱۳۵۷، سیاست‌های استقلال و خودکفایی در محصولات کشاورزی و افزایش تولید و کاهش واردات محصولات کشاورزی اجرا شده است.

ضریب متغیر مجازی ۱۳۵۹-۱۳۶۷ منفی برآورد شده است و دلیل آن این است که هرچند در سال ۱۳۵۹، دولت حداقل قیمت تضمین شده برای برخی از محصولات مهم کشاورزی را افزایش داد؛ اما به علت ادامه مشکلات اساسی در این بخش و استمرار جنگ به ویژه در برخی مناطق غله‌خیز کشور، تولیدات کشاورزی متناسب با افزایش مصرف مواد غذایی نبود و در نتیجه، اتکای کشور به مواد غذایی وارداتی کاهش چندانی نیافت (درویشی سه تلانی، ۱۳۹۱). از دیگر دلایل کاهش تولید طی این سالها، عدم دسترسی کافی به نهاده‌های اولیه مانند کود، سم و ارقام اصلاح شده به دلیل وارداتی بودن برخی از آن‌ها و تحریم‌های ناشی از جنگ بوده است. مطابقت و سازگاری علامت‌ها و مقادیر پارامترهای تابع و کشش‌ها با نظریه‌های اقتصادی از معیارهای شناسایی الگوی برتر از دیدگاه تامپسون^{۲۵} است (Thompson، ۱۹۸۸). معیارهای خوبی برازش، مدل‌سازی و برآورد صحیح را تأیید می‌کند. برای اطمینان از داشتن ویژگی‌هایی چون نرمال بودن باقیمانده‌ها، عدم واریانس ناهمسانی و عدم خودهمبستگی از آزمون‌های تشخیصی باقیمانده‌ها و آزمون باقیمانده‌های کمکی استفاده

شد، نتایج در جدول (۶) آمده است. نتایج نشان می‌دهد که آماره‌ی باون-شنتون^{۲۶} که ترکیبی از ضریب کشیدگی و چولگی می‌باشد و به طور تقریبی دارای توزیع χ^2 با درجه آزادی دو است، با توجه به Prob هر آماره نشانه‌ای از غیر نرمال بودن باقیمانده‌ها در مدل وجود ندارد. آماره $H(10) = 0.5595$ نشان دهنده عدم واریانس ناهمسانی در اجزای اخلال است و دارای توزیع $F(10, 10)$ می‌باشد. $r(1)$ و $r(5)$ به ترتیب ضرایب خودهمبستگی سریالی وقفه‌های اول و پنجم هستند که به طور تقریبی دارای توزیع $N(0.1/T)$ می‌باشد. $Q(5, 4)$ ،

آماره باکس-جانگ^{۲۷} است که برپایه خود همبستگی اولین n باقیمانده با توزیع $\chi^2_{(4)}$ است. فرضیه صفر در این آزمون مبتنی بر عدم وجود همبستگی سریالی است. چون مقدار محاسبه شده از مقادیر جدول در سطح معنی‌داری ۵ درصد کمتر است، پس فرضیه صفر مبتنی بر عدم وجود همبستگی پذیرفته می‌شود. آزمون‌های تشخیصی نشان می‌دهند که هیچ گونه خودهمبستگی و خود همبستگی سریالی در باقیمانده‌ها وجود ندارد. به عبارت دیگر اجزاء باقیمانده از هیچ نوع الگوی سیستماتیکی تبعیت نمی‌کند و دارای روند کاملاً تصادفی است.

جدول ۶- نتایج آزمون‌های تشخیصی باقیمانده‌ها و آزمون باقیمانده‌های کمکی (یافته‌های تحقیق)

آزمون‌های تشخیصی باقیمانده‌ها				
$Q(5, 4) = 2.3789$	$r(5) = -0.0910$	$r(1) = -0.0766$	$H(10) = 0.5595$	
آزمون باقیمانده‌های کمکی				
Bowman-Shenton	Kurtosis	Skewness	St.Dev	
0.4326 (0.80)	0.4320 (0.51)	0.0006 (0.98)	0.925	کل رگرسیون
0.4944 (0.78)	0.1561 (0.69)	0.3383 (0.56)	0.974	جزء نامنظم
0.4862 (0.78)	0.2579 (0.61)	0.2283 (0.63)	0.913	سطح

* اعداد درون پرانتز نشان‌دهنده‌ی prob است.

چون متغیرهای مدل همگی در تفاضل مرتبه‌ی اول مانا شدند، بنابراین لازم است آزمون مانایی باقیمانده‌های حاصل از برآورد انجام شود و رابطه‌ی بلندمدت بین متغیرهای مدل بررسی شود. نتایج آزمون ریشه‌ی واحد باقیمانده‌های حاصل از مدل در جدول (۷) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که باقیمانده‌ها پایا هستند، از این رو رابطه بلندمدت بین متغیرها برقرار می‌باشد.

تولید کشاورزی است. شکل (۱) روند ضمنی برآورد شده‌ی تولید کشاورزی را طی دوره‌ی مورد مطالعه نمایش می‌دهد. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، ماهیت روند یکنوا و غیرخطی است به طوری که بین سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۶۰ کاهش یافته و پس از آن افزایش یافته و دوباره از سال ۱۳۸۷ دوباره کاهش شده است. البته در سال‌های قبل یعنی از سال ۱۳۷۸ به بعد روند ضمنی با نوسانات و به صورت نامتناوب رو به کاهش بوده، اما اثرات خشکسالی در دوره‌های پایانی دوره مورد مطالعه اثر خود را بیشتر نشان می‌دهند، به گونه‌ای که از سال ۱۳۸۷ به بعد توانسته‌اند خود را در روند ضمنی نشان دهند. همانطور که قبلاً اشاره شد، در روش سری زمانی ساختاری، روند ضمنی نشان دهنده‌ی تکنولوژی یا عامل کارایی فنی است که به صورت یک فرآیند تصادفی قابل محاسبه است. چنانچه روند به شکل صحیح مدل‌سازی نشود، با توجه به عدم لحاظ اثرات انتقالی منحنی تولید، کشش تولیدی نهاده‌ها ارب می‌شود. از این رو با فرض ثابت بودن سایر عوامل موثر بر تولید، در دوره‌ای که روند در حال افزایش است، با افزایش تکنولوژی یا عامل کارایی فنی منحنی

جدول ۷- نتایج آزمون ریشه واحد باقیمانده‌های

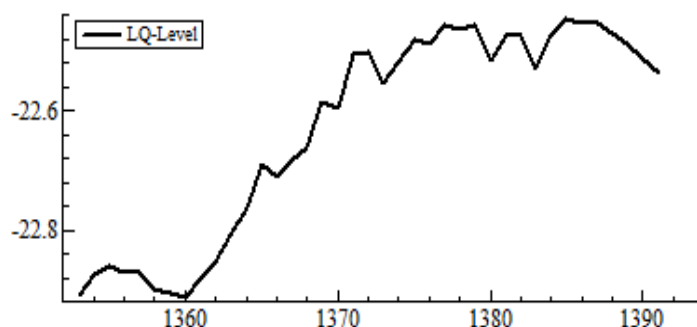
حاصل از برآورد (یافته‌های تحقیق)

ADF	مقادیر بحرانی مک کینون		
	۱۰٪	۵٪	۱٪
-5.087	-2.6251	-2.9718	-3.6891

یکی از مهم‌ترین اهداف در برآورد تابع تولید کشاورزی به روش سری زمانی ساختاری و مدل‌سازی به شیوه‌ی فضا-حالت، تشخیص اثرات پیشرفت‌های تکنیکی (روند ضمنی) بر میزان

تولید که نشان دهنده ترکیب بهینه‌ی عوامل تولید است به سمت راست منتقل شده و سبب افزایش تولید شده است. اما در دوره‌ای که روند در حال کاهش است، منحنی تولید به سمت چپ منتقل شده و باعث کاهش در تولید شده است. از اینرو اگر روند به

شکل صحیح مدل‌سازی نشود و بصورت خطی باشد، در حالت اول (دوره‌ای که روند در حال افزایش است) کشش تولیدی نهاده‌ها کمتر از حد و در حالت دوم (دوره‌ای که روند در حال کاهش است) بیش از حد برآورد می‌شود (موسوی و محمود زاده، ۱۳۹۲).



شکل ۱- روند ضمنی برآورد شده برای تولید بخش کشاورزی طی دوره‌ی ۱۳۵۳-۱۳۹۱ (یافته‌های تحقیق)

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مطالعه با استفاده از مدل فضا-حالت و با بکارگیری الگوریتم کالمن فیلتر از طریق روش حداکثر راستنمایی برای دوره‌ی زمانی ۱۳۵۳-۱۳۹۱، تابع تولید در بخش کشاورزی ایران برآورد شده است. آزمون ریشه واحد متغیرهای مدل نشان از وجود ریشه‌ی واحد در سطح و عدم وجود ریشه‌ی واحد در تفاضل مرتبه‌ی اول دارد. از این رو بعد از برآورد مدل آزمون ریشه‌ی واحد برای باقیمانده‌ها، عدم وجود ریشه واحد ثابت شد. سپس با استفاده از آماره‌ی نسبت راستنمایی مناسب‌ترین مدل برای ابرپارامترها، مدل سطح نسبی (سطح تصادفی و صفر بودن شیب) تشخیص داده شده است. به عبارت دیگر تکنولوژی یا عامل کارایی فنی در بخش کشاورزی ایران فقط توانسته سطح روند ضمنی (نشان دهنده‌ی تغییرات سطحی و موقتی است) را تغییر دهد. در حالی که شیب روند که نشان دهنده‌ی تغییرات بنیادی (تغییر سیستم کشاورزی) در پیشرفت تکنولوژی و سرعت رشد آن است، در طی دوره‌ی مورد مطالعه صفر است. با این حال سطح روند ضمنی تصادفی است و اگر روند به صورت یک فرآیند خطی وارد مدل می‌شد، ضرایب برآورد شده در مدل، اریب می‌شد.

نتایج حاصل از برآورد تابع تولید بخش کشاورزی با مدل سری زمانی ساختاری حاکی از آن است که همه‌ی کشش‌های تولیدی مثبت برآورد شده‌اند و منطبق با مبانی نظری تابع تولید هستند. کشش تولیدی نهاده‌های سرمایه، نیروی کار، انرژی و

آب به ترتیب ۰/۳۱۷۶، ۰/۸۴۸۶، ۰/۱۸۶ و ۱/۳۴۵۱ می‌باشد. این در حالی است که در برخی مطالعات انجام شده متغیرهای نیروی کار دارای کشش تولیدی منفی و متغیر سرمایه دارای کشش تولیدی بیش از واحد است. مانند مطالعه اعظم زاده شورکی و همکاران (۱۳۹۰) با تابع ترانس‌لوگ و روش ARDL انجام شد، کشش تولیدی نیروی کار ۰/۶۲-، سرمایه ۳۰ و انرژی ۵ بدست آمده است. اما در همین مطالعه با استفاده از تابع کاب-داگلاس، کشش‌های نیروی کار، سرمایه و انرژی به ترتیب ۰/۹۲، ۰/۳ و ۰/۵۸ به دست آمده است. دلیل اصلی عدم انطباق نتایج حاصل از مطالعات قبلی با مبانی نظری، مدل‌سازی نادرست و عدم وارد کردن تکنولوژی به عنوان یک متغیر مهم و ضروری در مدل می‌باشد. آزمون‌های تشخیص باقیمانده‌ها و باقیمانده‌های کمکی، مدل‌سازی و برآورد صحیح را تأیید می‌کنند. از این رو بدون ترس از جعلی بودن نتایج برآورد می‌توان به نتایج استناد کرد و به ارائه‌ی راهکار و پیشنهادات پرداخت.

در اکثر مطالعات داخلی مانند مطالعه‌ی اعظم‌زاده شورکی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تابع کاب-داگلاس، نیونی (۱۳۹۰) و فلاحی و خلیلیان (۱۳۸۸) نهاده‌های سرمایه، نیروی کار و انرژی در بخش کشاورزی در ناحیه‌ی دوم تولید قرار گرفته‌اند. در این مطالعه، در بین عوامل تولید، فقط نهاده‌ی آب در ناحیه‌ی اول تولید بخش کشاورزی قرار دارد. درحالی‌که سایر عوامل تولید در ناحیه‌ی دوم (ناحیه‌ی اقتصادی) هستند. دلیل مهم واقع شدن نهاده‌ی آب در ناحیه‌ی اول تولید، مصرف

ناکافی از این نهاده در بخش کشاورزی ایران است. با قرار گرفتن ایران در نوار بیابانی و نزدیکی با مدار رأس السرطان و حساسیت زیاد این مناطق به آب، کشور ایران یکی از کشورهای کم آب دنیا شناخته می‌شود. این در حالی است که بیش از ۹۲ درصد منابع آب تجدید شونده کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود.

نتایج روند ضمنی برآورد شده‌ی تابع تولید بخش کشاورزی حاکی از آن است که ماهیت روند یکنوا و غیرخطی است به طوری که در بین سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۶۰ کاهش بوده و پس از آن افزایش یافته و دوباره از سال ۱۳۸۷ کاهش شده است. این موضوع یعنی کاهش تولید از سال ۱۳۸۷ به بعد می‌تواند ناشی از افت زیاد سطح آب زیرزمینی و خشکسالی‌های سال‌های اخیر باشد. همانطور که قبلاً اشاره شد از سال ۱۳۷۸ به بعد روند ضمنی با نوسانات و به صورت نامتناوب رو به کاهش بوده اما از سال ۱۳۸۷ به بعد، کاهش تولید مشهود تر است. به نظر می‌رسد در سال‌های قبل از ۱۳۸۷ با وجود خشکسالی مداوم در کشور، به دلیل استفاده‌ی حداکثری از توان بهره‌برداری آب

پی‌نوشت

1- World Development Report.
2- Structural Time Series Model.
3- Underlying Trend.
4- Cobb- Douglas
5- Efficiency Parameter
۶- آمار ارزش افزوده بخش کشاورزی از حساب‌های ملی بانک مرکزی آورده شده است که براساس سال ۱۳۸۳ تعدیل شده است. سال پایه مبنای تعدیل است و همه سال‌های مورد مطالعه براساس این سال تعدیل می‌شوند.

- 7- Trend.
- 8- Cyclical.
- 9- Irregular.
- 10- Hyper parameters.
- 11- Local Level Model.
- 12- Local Level Model with Drift.
- 13- Smooth Trend Model.
- 14- Local Trend Model.
- 15- State Space.
- 16- Transaction.
- 17- Measurment.
- 18- Kalman filter.

زیرزمینی در آبخوان‌های کشور و همچنین ایجاد سیاست‌های حمایتی دولت مانند افزایش اعتبارات به کشاورزان از طریق ورود تکنولوژی‌های جدید، تولید محصولات جبران شده است. در مجموع با توجه به نتایج مطالعه‌ی حاضر بخش کشاورزی ایران با مسئله‌ی محدودیت نهاده‌ی آب روبرو است. با وجود کم‌آبی و خشکسالی‌های سال‌های اخیر، پیشنهاد می‌شود با ترویج و جایگزینی سیستم‌های باز آبیاری (سنتی) با راندمان پایین، با سیستم‌های جدید آبیاری با راندمان بالا، کمبود آب در بخش کشاورزی جبران شود. از این طریق علاوه بر مصرف بهینه و کافی نهاده‌ی آب در این بخش، بهره‌وری این نهاده افزایش می‌یابد. تکنولوژی‌های بنیادی (تغییر سیستم کشاورزی) در بخش کشاورزی می‌تواند مصرف بالای نهاده‌ها را کاهش داده و همچنین در بخش کشاورزی ایران که نهاده‌ی آب دارای مصرف ناکافی است با کاهش نیاز محصول به آب، مصرف نهاده‌ی آب را تامین نماید. همچنین تولید محصولات کشاورزی با نیاز آبی کمتر، می‌تواند کم‌آبی در این بخش را تا حدودی جبران کند.

19- Maximum Likelihood .

۲۰- فضا - حالت یک روش آماری برای برآورد معادلاتی است که در آن‌ها متغیر تصادفی وجود دارد.

21- State

22- Likelihood ratio

۲۳- جهت مطالعه بیشتر به چیت نیس (۱۳۸۴) رجوع شود.

24- Prediction Error Variance.

25- Thompson.

26- Bowman- Shenton.

27- Box - Ljung.

منابع

اسکندرزاده، م. و راسخ، ع. ۱۳۹۲. برآورد تابع تولید محصولات مشخص کشاورزی در ایران با استفاده از روش ماکسیمم آنتروپی تعمیم یافته. فصلنامه‌ی اقتصاد کشاورزی، ۷(۴): ۱۰۵-۱۱۶.
اعظم زاده شورکی، م.، خلیلیان، ص. و مرتضوی، ا. ۱۳۹۰. انتخاب تابع تولید و برآورد ضریب اهمیت انرژی در بخش کشاورزی. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۹(۷۶): ۲۰۵-۲۳۰.
اکبری، ن. و رنجکش، م. ۱۳۸۲. بررسی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید رد بخش کشاورزی ایران طی دوره‌ی ۷۵-۱۳۴۵. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۱(۴۳ و ۴۴): ۱۱۷-۱۴۲.

- امیرتیموری، س. و خلیلیان، ص. ۱۳۸۶. رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی ایران و چشم‌انداز آن در برنامه‌ی چهارم توسعه. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۱(۵۹): ۳۷-۵۲. بخشوده، م. و اکبری، اح. ۱۳۷۵. اصول اقتصاد تولید محصولات کشاورزی، کرمان: دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- ترکمانی، ج. ۱۳۷۷. تعیین ریسک‌گریزی، کارایی فنی و عوامل موثر بر آن، مطالعه‌ی موردی استان فارس، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۲۴): ۴۹-۶۸.
- چیت نیس، م. ۱۳۸۴. برآورد کشش قیمتی تقاضای بنزین با استفاده از مدل سری زمانی ساختاری و مفهوم روند ضمنی، فصلنامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۵: ۱-۱۶.
- دبرتین، د. ۱۳۷۶. اقتصاد تولید کشاورزی، ترجمه‌ی موسی‌نژاد و نجارزاده، تهران: مؤسسه‌ی تحقیقات اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
- درویشی سه تلانی، ف. ۱۳۹۱. جنگ ایران و عراق: پرسش‌ها و پاسخ‌ها. مرکز مطالعات و تحقیقات جنگ. تهران.
- دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا. ۱۳۹۰. سالنامه آماری آب کشور ۱۳۹۰-۱۳۸۹، وزارت نیرو. تهران.
- زیبایی، م. و طرازکار، م.ج. ۱۳۸۳. مطالعه‌ی روابط کوتاه مدت و بلندمدت بین ارزش افزوده و مصرف انرژی در بخش کشاورزی. فصلنامه‌ی بانک و کشاورزی، ۶: ۱۵۷-۱۷۱.
- سلطانی، غ و نجفی، ب. ۱۳۶۴. اقتصاد کشاورزی. دانشگاه شیراز. شیراز.
- شاکری، ع.، محمدی، ت.، جهانگرد، ا. و موسوی، م.ج. ۱۳۸۹. تخمین مدل‌سازی مدل‌سازی تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل ایران، فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، ۷: ۱۱-۳۱.
- فلاحی، ا. و خلیلیان، ص. ۱۳۸۸. بررسی رابطه بلند مدت عوامل تولید و ارزش افزوده بخش کشاورزی با بکارگیری رهیافت همگرایی. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶ (۱-ب (ویژه نامه)): ۳۳۹-۳۵۰.
- قائم‌اصل، م. و سلیمی‌فر، م. ۱۳۹۱. برآورد شبه پارامتریک تابع تولید کشاورزی مبتنی بر مدل‌سازی پویای بهره‌وری- مطالعه‌ی موردی: برآورد تابع عملکرد گوجه فرنگی استان‌های منتخب ایران. فصلنامه‌ی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۴(۴): ۱۹۱-۲۲۴.
- کهنسال، ر. و دهقانان، ع. ۱۳۸۲. اندازه‌گیری کارایی عوامل تولید در منطقه‌ی تربیت حیدریه. سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان.
- موسوی، م.ج. و محمودزاده، م. ۱۳۹۲. برآورد تابع تولید در صنعت پالایش نفت ایران: رهیافت مدل‌های سری زمانی ساختاری. فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۰(۳۷): ۱۱۱-۱۳۰.
- نییونی، ا. ۱۳۹۰. محاسبه‌ی بهره‌وری عوامل تولید (نیروی کار، زمین و سرمایه) در بخش کشاورزی استان مرکزی. ماهنامه‌ی کار و جامعه، ۱۴۱: ۶۷-۷۹.
- هژبرکیانی، ک. و رنجبری، ب. ۱۳۸۰. بررسی رابطه‌ی درازمدت بین نهاده‌های انرژی، کار و سرمایه در بخش کشاورزی. فصلنامه‌ی اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۳۵: ۳۹-۶۴.
- Berndt E. R. and Wood D. O. ۱۹۷۹. Technology prices & the driven demand for energy. The Review of Economics & Statistics, 60 (3): 68-259.
- Blitzer C. R. 1981. Energy and the development: an overview of selected issues P. Publ, Electrical Power Research Institute and Pergamon Press, Ed. Aver, New York, U. S. A.
- Cobb C.W. and Douglas P.H. Douglas. 1928. A theory of production. American Economic Review, 1:139-165.
- Echevarria C. 1998. A Three-Factor Agricultural Production Function: The Case Of Canada. International Economic Journal, 12(3): 63-75.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2009. <www.Fao.org/database>.
- Harvey A. C. 1989. Forecasting, Structural Time Series Models and The Kalman Filter. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Harvey A.C. and Shephard N. 1993. Structural time series models In: Maddala GS. Rao, CR. And Vinod. HD. (Eds). Handbook of statistics, Vol. 11 North Holland, Amsterdam, 261-302.
- Heady E. O. and Dillon J. L. 1961. Agricultural production functions. Kalyani press. Ludhiana, India.
- Howitt R., Medellin-Azuara J., MacEwan D. and Lund J. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management, Environmental Modelling & Software, 38: 244-258.
- Hunt L. C. and Ninomiya Y. 2003. Unravelling Trends and Seasonality: A Structural Time Series Analysis of Transport Oil Demand in the UK and Japan, The Energy Journal, 24: 63-96.
- Hunt L.C., Judge G. and Ninomiya Y. 2003. Underlying Trends and Seasonality in UK Energy demand: A Sectoral Analysis, Energy Economics, 25: 93-118.

- Lin B. and Fei F. 2015. Analyzing inter-factor substitution and technical progress in the Chinese agricultural sector, *European Journal of Agronomy*, 66: 54-61.
- Muazu A., Yahya A., Ishak W.I.W. and Khairunni-za-Bejo S. 2014. Yield Prediction Modeling Using Data Envelopment Analysis Methodology for Direct Seeding, Wetland Paddy Cultivation, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2: 181-190.
- Muro K. 2013. A note on the three-sector Cobb-Douglas GDP function, *Economic Modelling*, 31: 18-21.
- Ndlovu p., Mazvimavi K., An H. and Murendo C. 2014. Productivity and efficiency analysis of maize under conservation agriculture in Zimbabwe, *Agricultural Systems*, 124: 21-31.
- Parlinnska M. and Dareev G. 2011. Applications Of Production Function In Agriculture, *Quantitative Methods In Economics*, XII(1):119-123.
- Sameni Keivani, F., Bidarian A., Najibi A. and Safabakhsh Ghasemi R. 2014. The Production Function of Iran Agricultural Sector. *Agriculture Science Developments*, 3(2):183-187.
- Thompson C.D. 1988. Choice of flexible functional forms: review and appraisal. *Western Journal of Agricultural Economics*, 13: 169-183.
- World Development Indicator. (2005-2001) < <http://www.worldbank.org>>.

A review on global water awards: effective criteria for awards nominated and introduction of some awarded prizes

M. Sabet Teimouri^{1*}, M. Shafiei^{2,3,4}, S. Tavakoli Aminiyan⁵

1- Professor Assistant, Department of Management and Planning for Tourism, Research Center for Tourism, ACECR, Mashhad, Iran. 2- PhD. Graduated on Science and Engineering of Water, Researcher of Water and Sustainability Group Mashhad, Iran. 3- HydroTech Toos Consulting Engineers, Mashhad, Iran. 4- Hydroinformatics Department, East Water and Environmental Research Institute (EWERI), Mashhad, Iran. 5- MSc. in urban, Office of Research and Productivity Management, Mashhad Water and Wastewater Co, Iran.

*(Corresponding Author Email: Mozh.st@gmail.com)

Received: 12-1-2016

Accepted: 14-2-2016

مروری کوتاه بر جوایز جهانی آب؛ معیارهای مؤثر برای نامزدی کسب جوایز و معرفی نمونه جوایز دریافتی

مژگان ثابت تیموری^{۱*}، مجتبی شفیعی^{۲،۳،۴}، ثمانه توکلی امینیان^۵

۱- استادیار پژوهش، گروه مدیریت و برنامه ریزی گردشگری، پژوهشکده گردشگری، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی. ۲- دانش آموخته دکتری علوم و مهندسی آب، پژوهشگر کارگروه آب و پایداری جهاد دانشگاهی مشهد. ۳- مهندسین مشاور هیدروتک توس، مشهد. ۴- گروه هیدروانفورماتیک، مرکز پژوهشی آب و محیط زیست شرق، مشهد. ۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد شهرسازی، دفتر تحقیقات و مدیریت بهره‌وری، شرکت آب و فاضلاب مشهد.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: Mozh.st@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۵

Abstract

Water is a valuable and irreplaceable element for the socio-economic development of countries. It is also the most important factor for the equilibrium of the ecosystem and environment. Today, several factors cause water problems and related issues around the world. Governments and nations are always looking for the correct understanding of water issues and providing sustainable solutions to solve these problems. This attitude causes governments, institutions and water authorities to get together in international meetings. Hence, international festivals are held around the world in order to enhance solutions to water problems, make a global dialogue and take advantage of collective wisdom to resolve water related issues. In most of these events, some prizes are awarded to those who have made outstanding contributions in the field of water problems. The purpose of this paper is to review the most important international events in this regard and introduce effective criteria for achieving international water awards.

Keywords: Water, Sustainability, International festivals, Innovation, Expandability.

چکیده

آب یک منبع حیاتی و غیر قابل جایگزین و همچنین با ارزش در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها به شمار می‌رود و از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در حفظ تعادل و پایداری اکوسیستم و محیط‌زیست است. امروزه عوامل متعددی باعث بروز مشکلات آبی و مسائل مرتبط با آن در سراسر نقاط دنیا شده است. دولت‌ها و ملت‌های مختلف همواره دنبال شناخت صحیح مسائل آبی و ارائه راهکارهای مناسب در حل معضلات آن بوده و هستند. همین امر موجب گرد هم آمدن دولت‌ها، سازمان‌ها و متولیان آب دنیا در رویدادهای مهم بین‌المللی با موضوع آب شده است. از این رو برخی سازمان‌های جهانی و دولت‌های جهان هر ساله مراسم و جشنواره‌های معتبر بین‌المللی را برگزار می‌کنند که هدف آنها ارتقا اهمیت بحث آب، ارائه‌ی گفت‌وگوهای جهانی آب و بهره‌گیری از خرد جمعی جهانی در حل مسائل مرتبط با آب است. در اغلب این رویدادها، جوایز مطروحه به اشخاص حقیقی یا حقوقی که در زمینه مسائل و مشکلات آبی فعالیت‌های شاخصی انجام داده باشند، اعطا می‌شود. هدف از ارائه مقاله حاضر معرفی اجمالی مهم‌ترین رویدادها در این زمینه و بررسی عوامل مؤثر در کسب موفقیت در این رویدادها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب، پایداری، جشنواره‌های بین‌المللی، قابلیت تعمیم، نوآوری.

آب در همه ابعاد آن (فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، و نهادی (Saleth and Dinar, ۲۰۰۴)) مجموعه همایش‌هایی را هر ساله برگزار می‌نمایند. در این رویدادها و جشنواره‌ها، سالیانه جوایز قابل توجهی به سازمان‌ها و اشخاص حقیقی یا حقوقی که در این زمینه فعالیت‌های شاخصی انجام داده باشند اعطا می‌شود. در واقع، موسسات و نهادهای بین‌المللی با اعطای جوایز آبی به دنبال ترغیب و تشویق افراد یا سازمان‌ها در ارائه راه‌کارها، ابتکارات، خلاقیت‌ها و رویکردها در حل مسائل آبی و ارتقای وضع موجود هستند.

از آنجایی که یکی از چالش‌های جدی فراروی کشور در فرایند توسعه، مسائل مرتبط با کمبود، کمیت و کیفیت منابع آبی است، آگاهی از پیشرفت‌ها و راه‌کارهای جدید سایر کشورها و دولت‌ها در زمینه حل مسائل آب در جهان می‌تواند دیدگاه‌های جدیدی را پیش‌روی مسئولین و کارشناسان آب قرار دهد. بنابراین لزوم آگاهی از رویدادهای بزرگ بین‌المللی در عرصه مسائل آبی، ارتباط با آنها و کسب تجربیات آنها می‌تواند بسیار مؤثر باشد. هدف از این مقاله‌ی مروری، معرفی اجمالی نهادهای اهدا کننده جوایز آبی دنیا، آشنایی با برخی نمونه کارهای موفق در کسب جوایز و عوامل تأثیرگذار در اخذ این‌گونه جوایز می‌باشد.

(اشخاص حقوقی) و برخی فقط به افراد (اشخاص حقیقی) تعلق می‌گیرند. نتایج نشان می‌دهد که اغلب جوایز در سطح سازمانی می‌باشند.

ماهیت جوایز از لحاظ نقدی یا غیر نقدی نیز مورد ارزیابی قرار گرفته و مشخص شد که بخش بیشتری از جوایز دارای ماهیت غیرنقدی (تقدیرنامه و تندیس) می‌باشند. در ادامه زمان برگزاری مراسم اعطای جوایز نیز مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد اغلب آنها به صورت سالانه در فروردین ماه (روز جهانی آب) و یا شهریور ماه برگزار می‌شوند. با توجه به اهمیت جوایز جهانی آب (GWA) و جوایز انجمن بین‌المللی آب (IWA) و داشتن محورهای متعدد و متنوع در اعطای جوایز در جدول (۲) و (۳) محورهای اعطای جوایز آنها ارائه شده است. برای سایر جوایز شناسایی شده می‌توان به آدرس اینترنتی آنها در بخش منابع مقاله، رجوع کرد.

در قرن بیست و یکم مسئله‌ی آب به یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی بشر تبدیل شده است. آب به‌طور مستقیم و غیرمستقیم نهادهای اولیه‌ی بسیاری از کالاها و خدمات است، تا جایی‌که امروزه آب یک پیش‌شرط اساسی در امر توسعه محسوب می‌گردد. در برخی از فقیرترین و ثروتمندترین کشورهای جهان نیز سرانه استحصال آب به دلیل مسائل زیست‌محیطی، افزایش هزینه‌ها و کمیابی در حال کاهش است؛ به طوری که پیش‌بینی شده است حدود نیمی از ساکنان زمین تا سال ۲۰۳۰ میلادی با کمبود آب شیرین روبه‌رو خواهند شد (FAO, ۲۰۱۲).

این امر باعث توجه ویژه‌ای از طرف کشورهای مختلف دنیا و سازمان‌های جهانی به بحث آب شده است؛ به طوری که هر ساله در نقاط مختلف دنیا همایش‌ها، نشست‌ها و جلسات مختلف در سطح بین‌المللی به این موضوع و راه‌کارهای مقابله با کم‌آبی، صرفه‌جویی در مصرف آب و ... برگزار می‌گردد. موسسات و سازمان‌های معتبر دنیا با هدف ایجاد گفت‌وگو جهانی آب و بهره‌گیری از خرد جمعی در ارائه راه‌کارهای خلاقانه و رویکردهای جدید در حل مسائل مرتبط با بحران

معرفی جوایز آبی موجود

براساس بررسی و ارزیابی موسسات و انجمن‌های معتبر و فعال بین‌المللی در زمینه آب و محیط زیست و با توجه به جستجوهای متعدد انجام شده در این زمینه، ۱۵ موسسه/ نهاد بین‌المللی اعطاکننده جوایز آبی در سطوح و محورهای مختلف شناسایی شدند. در جدول (۱) اسامی این موسسات به همراه تعداد زیرمحورهای اعطای جوایز آبی آنها ارائه شده است. در مجموع تعداد ۶۲ جایزه آبی شناسایی شده است. نتایج بررسی این جوایز نشان داد که این جوایز در سه سطح قابل طبقه‌بندی می‌باشند، شامل: مدیریتی، علمی یا پژوهشی و صنعت یا تکنولوژی. نتایج این طبقه‌بندی نشان داد که برخی جوایز (مانند جوایز جهانی آب، و جوایز انجمن جهانی آب) دامنه‌ی وسیعی از موضوعات مرتبط با آب را با زیرمحورهای متنوع در بر می‌گیرند. همچنین برخی از جوایز تنها به سازمان‌ها

جدول ۱- مشخصات جوایز آبی شناسایی شده*

دوره زمان برگزاری	ماهیت جایزه	طبقه‌بندی موضوعی جوایز					تعداد	نام جایزه (موسسه اهدا کننده)
		طبقه‌بندی سطح اعطای جوایز	شخص حقوقی	شخص حقیقی	صنعت/تکولوژی	علمی/پژوهشی	مدیریتی	
سالانه	اردیبهشت	تقدیرنامه، تندیس ویژه و دعوت به مراسم	*		*	*	*	جوایز جهانی آب
دو سالانه	شهریور	تقدیرنامه، تندیس ویژه و دعوت به مراسم	*	*	*	*	*	جوایز انجمن بین المللی آب
سالانه	فروردین	تقدیرنامه، تندیس و دعوت به مراسم	*				*	جایزه آب برای زندگی سازمان ملل
سالانه	فروردین	هدیه نقدی، تقدیرنامه و مدال طلا	*	*	*		*	جایزه لی‌خوانیه
سه سالانه	شهریور	هدیه نقدی و تقدیرنامه	*	*	*		*	جایزه جهانی آب سلطان حسن دوم
دو سالانه	مهر	هدیه نقدی، تقدیرنامه و تندیس	*	*	*	*		جایزه شاهزاده سلطان بن عبدالعزيز
سه سالانه	شهریور	هدیه نقدی و تقدیرنامه	*				*	جایزه بزرگ جهانی آب کیوتو
سالانه	شهریور	هدیه نقدی، نشان و تندیس ویژه	*	*	*	*	*	جایزه انجمن بین‌المللی آب استکهلم
سالانه	خرداد	تقدیرنامه و تندیس ویژه	*	*		*	*	جوایز انجمن بین المللی منابع آب
سالانه	فروردین	هدیه نقدی، تندیس ویژه و مدال		*	*	*		جوایز انجمن پادشاهی شیمی انگلستان
سالانه	فروردین	تقدیرنامه و تندیس ویژه	*	*	*		*	جایزه اجلاس جهانی آب
سه سالانه	اردیبهشت	هدیه نقدی و تقدیرنامه	*	*	*	*	*	جوایز بین المللی دبی
سالانه	اردیبهشت	هدیه نقدی و تقدیرنامه	*		*	*	*	جوایز بانک توسعه اسلامی
سالانه	دی	هدیه نقدی و تقدیرنامه	*		*	*	*	جوایز بنیاد جهانی انرژی
سالانه	مهر	هدیه نقدی و تقدیرنامه	*	*	*	*	*	جوایز کمیسیون بین‌المللی آبیاری و رهکشی

* آدرس سایت جوایز آبی معرفی شده، در بخش منابع ذکر شده‌است.

جدول ۲- محورهای اعطای جوایز جهانی آب (GWA)

ردیف	نام جایزه	معادل لاتین	ردیف	نام جایزه	معادل لاتین
۱	برترین شرکت فعال در زمینه‌های مرتبط آب	Water Company of the Year	۷	برترین پروژه صنعتی	Industrial Water Project of the Year
۲	برترین شرکت فعال در زمینه آب شیرین‌کن‌ها	Desalination Company of the Year	۸	برترین قرارداد آبی	Water Deal of the Year
۳	برترین کارخانه‌ی آب شیرین‌کن	Desalination Plant of the Year	۹	برترین شرکت فعال در زمینه تکنولوژی آب	Water Technology Company of the Year
۴	برترین پروژه آبی	Water Project of the Year	۱۰	پروژه‌های ابتکاری و خلاقانه در زمینه آب	Water Performance Initiative of the Year
۵	برترین پروژه فاضلاب	Waste Water Project of the Year	۱۱	جایزه مرتبط با پیشگامان در زمینه آب	Water Leaders Award
۶	برترین پروژه استفاده مجدد از آب	Water Reuse Project of the Year	۱۲	پروژه‌های نظارتی مشترک در زمینه آب	Corporate Water Stewardship Award

جدول ۳- محورهای اعطای جوایز انجمن جهانی آب (IWA)

ردیف	نام جایزه	معادل لاتین	ردیف	نام جایزه	معادل لاتین
۱	جایزه جهانی آب IWA	IWA Global Water Award	۷	جایزه IWA برای تربیت متخصصان	IWA Professional Development Award
۲	جایزه متخصصان جوان آب IWA	IWA Young Water Professionals Award	۸	جایزه انتشارات	IWA Publishing Award
۳	جایزه آب IWA برای زنان در زمینه‌ی توسعه و مدیریت	IWA Women in Water Award for Leadership and Leadership Development	۹	جایزه پایداری در زمینه پژوهشی	IWA Sustainability Award for research
۴	جایزه آب IWA برای خدمات برجسته	IWA Outstanding Service Award	۱۰	جایزه پایداری در زمینه اجرایی	IWA Sustainability Award for application
۵	جایزه IWA برای راهکارهای توسعه	IWA Development Solutions Award	۱۱	جایزه افتخاری اعضا	Honorary Membership
۶	جایزه IWA برای نوآوری در پروژه	IWA Project Innovation Awards	۱۲	جایزه افتخاری همکاران	IWA Fellows Recognizing

نمونه‌هایی از موارد کسب جوایز آبی

بررسی و رصد عناوین و طرح‌های که موفق به اخذ جوایز مختلف آبی شده‌اند می‌تواند علاوه بر استفاده از نتایج و راهکارهای آنها در حل مشکلات موجود، موجب رسیدن به

راهکارها و خلق ایده‌های جدید در حل مسائل آبی شود. در جدول (۴) نمونه‌هایی از طرح‌ها و پروژه‌هایی که موفق به کسب جوایز مختلف شده‌اند به طور خلاصه آورده شده است. همچنین در جدول (۵) چند مورد از نمونه جوایز و نامزدهای اعطای جوایز که از کشور ایران بوده‌اند نیز آورده شده‌اند.

جدول ۴- نمونه‌هایی از جوایز کسب‌شده در جوایز آبی مختلف

عنوان	نام جایزه	توضیح مختصر
طراحی سیستم تغذیه آب زیرزمینی در آمریکا	جوایز GWA	فاضلابی که به اقیانوس ریخته می‌شد را تصفیه نموده و به سفره‌های آب زیرزمینی بازگردانده‌اند تا موجب تغذیه آبخوان و افزایش ذخایر آب و کیفیت آن شوند. با این روش آب مورد نیاز ۵۰۰ هزار نفر که در آینده به جمعیت اضافه خواهد شد، بدون آسیب به سفره آب زیرزمینی تأمین می‌شود.
پروژه شیرین‌سازی آب دریا در استرالیا	جوایز GWA	پروژه شیرین‌سازی (شوری‌زدایی) آب دریا در غرب استرالیا با ظرفیت ۲۸۰ هزار مترمکعب در روز و تأمین آب مورد نیاز ۱/۶ میلیون نفر در منطقه. در این پروژه تمامی انرژی مورد نیاز از منابع تجدیدپذیر (مانند خورشیدی و بادی) تأمین شده است.
ارائه مدل‌های بهینه‌سازی برای بهینه‌سازی و مدیریت سیستم‌های منابع آب در جهان	جوایز شاهزاده سلطان بن عبدالعزیز	دکتر یه (Yeh) از آمریکا الگوریتم‌هایی را برای برنامه‌ریزی و اجرای آنی (real-time) سیستم‌های پیچیده و چندگانه مخازن آب ارائه کرده است.
فعالیت‌های هنری (Social arts) در هند جهت افزایش آگاهی جامعه و دسترسی به آب سالم	جایزه آب برای زندگی	با استفاده از فعالیت‌های هنری توانستند دید جامعه (به خصوص در بخش فقیرنشین) را نسبت به استفاده از شبکه های فاضلاب و استفاده از آب سالم تغییر دهند. این امر موجب بسیج جامعه در آن منطقه برای استفاده پایدار از منابعی نیز شده است.
استفاده مجدد از آب یک شهر برای شهری دیگر با فناوری‌های نوین تصفیه	جایزه لی‌خوان‌یه	شرکت آب منطقه اورنج کالیفرنیا یکی از بزرگترین سیستم‌های استفاده مجدد آب و تصفیه آن جهت شرب را راه‌اندازی کرده است. این سیستم پیشرفته پساب شهری که به اقیانوس هدایت می‌شد را بازچرخانی و تصفیه می‌کند.
مدیریت آبخوان‌های بزرگ مشترک بین کشورهای شمال و جنوب آفریقا و مبارزه با بیابان‌زایی و کاهش اثرات خشکسالی	جوایز سلطان حسن دوم	سازمان مستقل بین المللی (SSO) در تونس که اعضای آن ۲۲ کشور آفریقایی و ۴ کشور اروپایی هستند. به خاطر فعالیت‌های گسترده و نقش مؤثر در زمینه کشاورزی و مدیریت خشکسالی‌ها این جایزه را کسب نموده است.
تغییر زندگی، نجات آینده (Changing Lives, Saving the Future)	جایزه کیوتو ژاپن	موسسه حفاظت از حوضه‌های آبخیز هند به سبب فعالیت‌های گسترده و دستاوردهای مهم در صرفه‌جویی و تأمین آب در حوضه‌های آبخیز این کشور با شعار «تغییر زندگی، نجات آینده» موفق به اخذ این جایزه شده است.
پروژه کنترل و مدیریت نشت در سیستم توزیع آب شهر تایپه	جوایز IWA	پروژه کنترل و مدیریت نشت در سیستم توزیع آب شهر تایپه که توسط سازمان آب این شهر انجام شده است و موفق به کنترل تلفات و کاهش آن شده است.
فعالیت‌های گسترده در مدیریت تأمین آب و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی	جایزه استک‌هلم	شرکت بزرگ نستله (Nestlé) سوئیس به سبب فعالیت‌های گسترده در زمینه کاهش مصرف آب و ارتباط با کشاورزان و آموزش آنان جهت افزایش عملکرد محصولات موفق به کسب این جایزه گردیده است.
احیای قنوات جهت جلوگیری از مهاجرت	جوایز بنیاد جهانی انرژی	اداره مهاجرت کشور آذربایجان، پروژه احیای قنوات به تعداد ۱۴۰۰ عدد در ۲۰ منطقه آذربایجان را جهت کاهش مهاجرت مردم در مناطق خشک این کشور انجام داده است.
طرح نگهدارنده آب (water conservator)	جوایز بین‌المللی دبی	این طرح با هدف مدیریت منابع آب پایین دست بوده، به طوری که به افراد ساکن در بالادست پرداخت‌هایی صورت می‌گیرد تا محیط زیست در پایین دست سالم و پایدار بماند.

جدول ۵- نمونه‌های از نامزدها و جوایز کسب شده داخلی

عنوان پروژه	موضوع	توضیح مختصر
احداث و اجرای بزرگترین پروژه جمع‌آوری فاضلاب خاورمیانه	جوایز بنیاد جهانی انرژی	شرکت فاضلاب تهران، به سبب احداث و اجرای بزرگترین پروژه جمع‌آوری فاضلاب خاورمیانه با رعایت تمامی اصول محیط زیستی موفق به اخذ این جایزه شده است.
پروژه نصب کنتور هوشمند آب و برق بر روی چاه‌های آب کشاورزی استان خراسان شمالی	جوایز IWA	شرکت آب منطقه‌ای خراسان شمالی به سبب انجام پروژه نصب کنتور هوشمند آب و برق بر روی چاه‌های استان خراسان شمالی که موجب کنترل افت سفره‌های زیرزمینی دشت اسفراین شده، موفق به اخذ این جایزه شده است.
ارائه و معرفی میراث‌های آبی گذشتگان در ایران	بخش رقابتی اجلاس جهانی آب	این طرح توسط مهندسین مشاور کریت کارا از جمله نامزدهای دریافت جایزه در اجلاس جهانی آب ۲۰۱۵ در کره جنوبی بوده است.
نشست تدبیر آب مشهد	بخش رقابتی اجلاس جهانی آب	این طرح توسط شرکت آب و فاضلاب مشهد ارائه شده است که از جمله نامزدهای دریافت جایزه در اجلاس جهانی آب ۲۰۱۵ در کره جنوبی بوده است.

عوامل و معیارهای مؤثر در انتخاب جوایز

موفقیت در کسب هر کدام از جوایز آبی در محورهای مختلف نیازمند رعایت اصول و داشتن ویژگی‌های تأثیرگذاری می‌باشد. اغلب موسسات اهدا کننده جوایز آبی، موارد و معیارهای مؤثر در انتخاب طرح‌ها و پروژه‌های برتر به عنوان نامزد در کسب جایزه را ذکر کرده‌اند. با توجه به معرفی ۶۲ جایزه مختلف، بررسی معیارها و عوامل تأثیرگذار در انتخاب طرح‌های برتر نشان می‌دهد از سوی موسسات و نهادهای برگزارکننده آنها عوامل مختلف و متعددی اعلام شده است. این عوامل بستگی به نوع جایزه، هدف سازمان مذکور و سیاست‌های ترغیب و تشویق آنها دارد. حتی بسته به سطح اعطای جایزه به صورت شخص حقوقی و شخص حقیقی نیز موارد متفاوت می‌باشد. به طور مثال تأکید جوایز بنیاد جهانی انرژی بر روی حفظ و رعایت استانداردهای زیست محیطی و استفاده از انرژی پایدار می‌باشد. تأکید جوایز بانک توسعه اسلامی بر سازمان‌های است که مجموعه اقدامات آنها دارای تأثیرات قابل توجه بر توسعه اجتماعی و اقتصادی جوامع بوده باشد و صرفاً یک طرح مد نظر نمی‌باشد. تأکید جوایز کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی بر حفظ و استفاده درست از آب در کشاورزی است. همین‌طور موارد مشابه دیگر که همه موارد و معیارهای جزئی آنها قابل دسترسی است.

در نهایت با توجه به بررسی اغلب جوایز و مقایسه معیارهای ارائه شده، نتایج نشان داد که جهت انتخاب طرح‌های برتر برای بررسی و ارسال اعلان نامزدی در جوایز آبی سه معیار نوآوری، قابلیت تعمیم و پایداری مؤثرترین معیارهای مشترک در کسب جوایز به شمار می‌روند و در اغلب جوایز در نظر گرفته شده‌اند. در ادامه این سه معیار مشترک و تأثیرگذار به اختصار تعریف و توضیح داده شده‌اند (Gurteen, ۱۹۹۸؛ Goodland, ۱۹۹۵).

الف) نوآوری: خلاقیت و نوآوری از آن واژه‌هایی هستند که بیشتر اوقات با یکدیگر اشتباه می‌شوند و حتی این دو واژه مترادف قلمداد می‌شوند، درحالی‌که تفاوت‌های زیادی میان آنهاست. خلاقیت به زبان ساده یعنی تولید یک اندیشه و فکر نو و یا حتی نگاهی کنجکاوانه به پدیده‌ای قدیمی؛ درحالی که نوآوری عملی ساختن آن اندیشه و فکر است. به عبارت دیگر، خلاقیت به توانایی ایجاد اندیشه‌ها و ایده‌های نو اشاره دارد ولی نوآوری به معنای کاربردی ساختن، به اجرا گذاشتن، یا تولید کالاها یا خدمات جدید است که هدف از آن ایجاد فایده و «منفعت» اجتماعی است. به نظر برخی از پژوهشگران فرد خلاق ممکن است نوآور نباشد، یعنی می‌تواند دارای ایده‌های جدید و نو باشد ولی توانایی تولید، عرضه و یا فروش آنها را نداشته باشد. ولی فرد نوآور غالباً خلاق است. واژه نوآوری به عنوان معادل واژه Innovation به شکل‌های زیر تعریف شده است:

نوآوری به معنی خلاقیت عینی یافته: در این نوع تعریف، نوآوری دارای مفهوم عملیاتی شدن و به مرحله اجرا درآمدن اندیشه‌های نو می‌باشد. با دیدگاه می‌توان نوآوری را به معنی خلاقیت عینی به عنوان شکل اجرایی شده و تحقق یافته خلاقیت ذهنی دانست. بنابراین همان طور که ملاحظه می‌گردد دو واژه خلاقیت و نوآوری دارای دو مفهوم متفاوت جداگانه ولی در عین حال مرتبط با یکدیگر می‌باشند.

نوآوری به معنی فراورده جدید در سطح سازمان: در این نوع تعریف، منظور از نوآوری فراورده جدید یا محصول خلاق است که توسط یک سازمان ارائه می‌گردد. فراورده خلاق می‌تواند نرم‌افزاری مانند انواع خدمات (مثل خدمات آموزشی، خدمات بهداشتی درمانی، خدمات اداری و ...) و یا سخت‌افزاری مانند لوازم و کالاها (مثل محصولات صنعتی، محصولات دارویی، محصولات غذایی و ...) باشد.

ب) قابلیت تعمیم: به طور کلی تحقیق یا طرحی که دارای نتایج کاربردی باشد و هدف اصلی آن کشف روابط علت و معلولی بین متغیرها باشد؛ بایستی نتایج آن قابل تعمیم باشد؛ یعنی بتوان از آن قضیه کلی ساخت و بر مصادیق آن حمل کرد. به عبارت دیگر، قابلیت تعمیم به معنی امکان توسعه و ارتقا طرح و یا بکار بردن آن در شرایط دیگر (مانند مکان‌های متفاوت یا زمینه‌های دیگر) می‌باشد. همچنین با توجه معادل لاتین آن Expandability این واژه از ترکیب دو واژه expand و ability می‌باشد که معنی هر کدام به صورت جداگانه توسعه یا گسترش و توانایی است.

ج) پایداری: در مورد «پایداری» دو تعریف قابل بیان است: (۱) به معنی توانایی (تحمل) ادامه رفتار (برنامه مشخص شده) در مدت نامحدود.

(۲) به معنی نداشتن آثار زیان‌بار محیط زیستی (یا منابع طبیعی) و در نتیجه تضمین‌کننده تعادل اکولوژیکی به صورت بلند مدت.

همچنین از دید اجتماعی برای انسان، پایداری عبارت است از پتانسیلی برای کسب رفاه به شکلی طولانی‌مدت؛ رفاهی که ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در بر می‌گیرد. از آنجایی که مفهوم پایداری در حوزه‌های آب و منابع آب اغلب به طور گسترده به کار می‌رود در ذیل منظور از «توسعه

پایدار» به طور خلاصه تشریح شده است:

توسعه پایدار: توسعه‌ای که نیازمندی‌های حاضر را بدون لطمه‌زدن به توانایی نسل‌های آتی در تأمین نیازهای خود برآورده می‌سازد، توسعه پایدار گویند. توسعه پایدار، ترکیبی از دو واژه است که دو جنبه متفاوت (پیشرفت اقتصادی-صنعتی و کیفیت محیط زیست) را در یک غاد (توسعه پایدار) متحد می‌سازد. به عبارت دیگر دو مفهوم اقتصاد و اکولوژی در کنار هم قرار گرفته و زیربنای استراتژی توسعه پایدار را شکل می‌دهد. آنچه در تعاریف مربوط به توسعه پایدار مشترک است، جنبه پویایی آن، رفع نیازهای اساسی، توجه خاص به حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از تخریب و آلودگی آن است. یکی از تعاریف مرتبط با توسعه پایدار توسط دفتر کاهش خطرات و ریسک سازمان ملل به این صورت می‌باشد: «توسعه‌هایی که نیازهای زمان حال را برآورده سازد بدون آنکه توانایی نسل‌های آینده در برآورده‌سازی نیازهایشان را به خطر اندازد.» در این تعریف دو مفهوم کلیدی وجود دارد: مفهوم «نیازها» به ویژه نیازهای اساسی جهان فقیر، به کدام اولویت مهم‌تر باید تخصیص داده شود؛ و موضوع «محدودیت» که به واسطه‌ی شرایط فناوری و سازمان اجتماعی بر توانایی‌های محیطی برای دستیابی به نیازهای اکنون و آینده تحمیل شده است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

آب از دیرباز مهمترین و در عین حال محدودکننده‌ترین عوامل توسعه در جهان بوده است. هر ساله در جهان با هدف ارتقا اهمیت بحث آب، ارائه‌ی گفتمان جهانی آب و بهره‌گیری از خرد جمعی جهانی در حل مسائل مرتبط با آب، جشنواره‌ها و نشست‌های مطرحی برگزار می‌شود. در این رویدادهای مهم بین‌المللی طرح‌ها و تحقیقات موفق و همچنین ایده‌های خلاقانه در زمینه حل مشکلات و چالش‌های آبی شناسایی و معرفی می‌شوند. معمولاً طرح‌ها و تحقیقات برگزیده از طریق اعطای مدال‌ها و جوایز نقدی با غیرنقدی بسیار معتبر تقدیر می‌شوند. این جوایز و مدال‌ها عموماً به سازمان‌ها و اشخاص حقیقی یا حقوقی اعطا می‌گردد. در این مقاله مهم‌ترین رویدادهای بین‌المللی در این زمینه شناسایی و معرفی شدند. همچنین نمونه‌هایی از طرح‌های برگزیده در این رویدادها در داخل و خارج کشور ارائه شده‌اند. بنابراین می‌توان بیان کرد که آگاهی و شناخت جشنواره‌ها و جوایز آبی موجب: (۱) افزایش آگاهی و دانش در زمینه چالش‌های آب در سایر نقاط دنیا، (۲) آشنایی با راه‌کارها و ایده‌های جدید در حل مسائل آبی (از قبیل محیط زیستی، فاضلاب و...) و (۳) ایجاد

انگیزه در ارائه و تدوین راه‌کارهای خلاقانه و ایده‌های جدید در حل مسائل داخلی می‌شوند.

همچنین با توجه به نتایج حاصل شده از این مطالعه؛ به پژوهشگران دانشگاهی، سازمان‌ها و نهادهای دولتی و غیردولتی فعال در زمینه مسائل آبی توصیه می‌شود که با رصد و دنبال کردن اخبار و رویدادهای جوایز و جشنواره‌های مختلف جهانی آب، ضمن آشنایی با نمونه راه‌کارهای موفق در حل مسائل آبی در دنیا بتوانند موجبات حضور خود را در این عرصه‌ها با ارائه تجربیات موفق در حل مشکلات آبی کشور (به خصوص در چارچوب‌های مدنی و اجتماعی) فراهم آورند. در نهایت پیشنهاد می‌شود: (۱) وزارت‌خانه‌ها و سازمان‌های متولی آب در کشور هر ساله برنامه‌های مشابه جوایز و جشنواره‌های جهانی آبی در سطح داخلی در کشور برنامه‌ریزی کنند. (۲) سازوکارهایی تدوین گردد که محققان، کارشناسان خلاق و شرکت‌های نوآور در زمینه آب بتوانند ایده‌ها و طرح‌های موفق خود را در رویدادهای بین‌المللی سالانه ارائه دهند. (۳) طرح‌ها و ایده‌های خلاقانه و نوآورانه در کشور به نحوی هدایت و حمایت شوند که امکان ارائه در سطح بین‌المللی و کسب جوایز معتبر را داشته باشند.

tematics, 1-24.

Gurteen D. 1998. Knowledge, creativity and innovation. Journal of knowledge Management, 2(1): 5-13.

Saleth R. M. and Dinar A. 2004. The Institutional Economics of Water: a cross-country analysis of institutions and performance. Edward Elgar Publishing Pvt, Cheltenham, UK.

www.globalwaterawards.com. March 2015.

www.iwahq.org. June 2015

www.psipw.org. June 2015

www.un.org/waterforlifedecade. June 2015

www.siww.com.sg. October 2015

www.worldwatercouncil.org/forum/water-prizes. October 2015.

www.waterforum.jp/en. June 2015.

www.siw.org/prizes. June 2015.

www.iwra.org. June 2015.

www.rsc.org/ScienceAndTechnology/Awards/SustainableWater. July 2015

www.eng.worldwaterforum7.org/forum/showcase. August 2015.

www.dubaiaward.dm.gov.ae. October 2015.

www.isdb.org. October 2015.

www.energyglobe.info. July 2015.

www.icid.org/awards_ws.html. July 2015.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر بخشی از طرح پژوهشی با کد ۹۲۲۴۳۰۳۹ در شرکت آب و فاضلاب مشهد می‌باشد. همچنین از حمایت‌ها و راهنمایی‌های ارزنده دکتر کامران داوری، مهندس بابک امیرسرداری، مهندس مسعود روح‌بخش، دکتر سجاد زرین‌فر و دکتر میثم مجیدی تشکر و قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت

- 1- Water awards
- 2- Global Water Awards
- 3- International Water Association
- 4- The Sahara and Sahel Observatory
- 5- Innovation
- 6- Expandability
- 7- Sustainability
- 8- Creativity

منابع

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Coping with water scarcity. FAO publications, 1-78
- Goodland R. 1995. The concept of environmental sustainability. Annual review of ecology and sys-

The basic equations used in the Qual2kw model and the practical guide of model

H. Taheri-Sodejani^{1*}, Kh. Barati², M. Shayannejad³

1, 2- PhD student of Irrigation and Drainage, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran.

3- Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran.

*(Corresponding Author Email: hajar_taheri2001@yahoo.com)

Received: 23-5-2015

Accepted: 19-2-2016

معرفی معادلات اساسی مدل Qual2kw و راهنمای کاربردی مدل

هاجر طاهری سودجانی^{۱*}، خدیجه براتی^۲، محمد شایان‌نژاد^۳

۱ و ۲- دانشجوی دکتری رشته‌ی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: hajar_taheri2001@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۳۰

Abstract

Human activities in the fields of agriculture, municipal and industry introduce significant amounts of nutrients and organic materials into the rivers and streams resulting in their contamination. Computer models such as Qual2kw are used extensively for water quality management of rivers and streams. The Qual2kw model is a one dimensional, non-uniform, steady water quality model, which has been used by the United State Environmental Protection Bureau and was developed based on the Qual2e model. A water quality model provides a feasible framework by simulating the important physical, chemical and biological processes. Qual2kw is able to simulate a number of components including temperature, pH, carbonaceous biochemical demand, sediment oxygen demand, dissolved oxygen, organic nitrogen, ammonia nitrogen, nitrite and nitrate nitrogen, organic phosphorus, inorganic phosphorus, total nitrogen, total phosphorus, phytoplankton and bottom algae. The main equation which the aforementioned model attempts to solve is the one-dimensional convection-diffusion equation which is applied for each constituent, except for variables related to river-bottom algae. Applications of Qual2kw are found in numerous cited literature. In this paper, based on the model manual, the equations used in the modelling process are described. Also a practical guide for users who want to use this model has been presented.

Keywords: Qual2kw model, river quality, Simulations, Basic equations, practical guide.

چکیده

فعالیت‌های انسانی در زمینه‌های کشاورزی، شهری و صنعت مقدار قابل توجهی از مواد مغذی و مواد آلی را تولید می‌کند که این مواد در صورت رسیدن به رودخانه‌ها، سبب آلودگی آن‌ها می‌شوند. مدل‌های کامپیوتری مانند مدل Qual2kw به طور گسترده برای مدیریت کیفیت آب رودخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل که رودخانه را بصورت یک بعدی، همراه با جریان دائمی غیر یکنواخت شبیه‌سازی می‌کند، توسط اداره حفاظت محیط زیست ایالات متحده مورد بهره‌برداری قرار گرفت و توسعه یافته مدل Qual2e است. مدل‌های کیفیت آب یک چارچوب عملی توسط شبیه‌سازی فرآیندهای مهم فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را فراهم می‌کنند. مدل Qual2kw قادر به شبیه‌سازی تعدادی از پارامترها از جمله دما، pH، تقاضای بیوشیمیایی کربن، مقدار اکسیژن مورد نیاز رسوبات، اکسیژن محلول، نیترژن آلی، نیترژن، آمونیاک، نیتریت و نیترات، فسفر آلی، فسفر غیر آلی، ازت کل، فسفر کل، فیتوپلانکتون‌ها و جلبک کف می‌باشد. معادله اصلی که مدل مذکور، به حل آن می‌پردازد، معادله جابجایی/پخش یک بعدی است که برای شبیه‌سازی تمام پارامترها به غیر از جلبک کف مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارایی این مدل در تحقیقات مختلف اثبات شده است. در این مقاله، با استناد به راهنمای مدل، معادلات بکار گرفته شده در مدل برای انجام محاسبات، شرح داده شده است. همچنین راهنمای کاربردی برای کاربرانی که قصد استفاده از این مدل را دارند، ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: مدل Qual2kw، کیفیت آب رودخانه، شبیه‌سازی، معادلات اساسی، راهنمای کاربردی.

QUAL-W2 را نام برد. مدل Qual2kw یک مدل یک بعدی برای شبیه سازی کیفیت آب رودخانه است که به وسیله USEPA توسعه یافته است (Kannel و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین این مدل می تواند برای یافتن مقادیر بهینه ضرایب و ثابت های مورد استفاده در پروژه های زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد. این نرم افزار برای مدل سازی کیفی آب های سطحی از الگوریتم ژنتیک استفاده می کند (Chapra و همکاران، ۲۰۰۶؛ Pelletier و Tao، ۲۰۰۶). این مدل که توسط Chapra، Pelletier و Tao در سال ۲۰۰۶ توسعه یافته است، ویرایش مدرنی از مدل معروف Qual2e است، که در سال ۱۹۸۷ توسط Brown و Barnwell ارائه گردیده بود. این مدل، رودخانه را بصورت یک بعدی، همراه با جریان دائمی غیریکنواخت شبیه سازی می کند و می تواند اثر بارگذاری را هم بصورت نقطه ای و هم غیرنقطه ای در نظر بگیرد. این مدل قادر است ۱۹ پارامتر کیفی آب را در رودخانه شبیه سازی کند (جدول ۱) و به منظور تعیین غلظت پارامترهای کیفی، به حل عددی معادله جابجایی-پخش^۱ در رودخانه پردازد (Chapra و همکاران، ۲۰۰۶).

تخلیه پساب ها به منابع پذیرنده در گوشه و کنار دنیا فجایع زیست محیطی گوناگونی را به وجود آورده است. برای ارزیابی اثرات تخلیه پساب بر روی منبع پذیرنده، لازم است مطالعات خودپالایی انجام شود. برای تعیین خودپالایی، نیاز به یک سری ابزارها، مانند مدل های کیفی می باشد، تا بتوان در شرایط مختلف، کیفیت آب را پیش بینی کرد. در دو دهه گذشته، استفاده از مدل های ریاضی برای شبیه سازی اکولوژیکی و واکنش های کیفی آب در آب های سطحی رواج بسیاری یافته است و روش های شبیه سازی، خط مشایی جامع و مناسب برای ارزیابی روش های کاهش بار آلودگی ارائه داده اند (Chapra و Pelletier، ۲۰۰۶؛ Kannel و همکاران، ۲۰۰۷). از سال ۱۹۲۵، پس از ارائه معادله Streeter-Phelps برای پیش بینی غلظت اکسیژن محلول در رودخانه ها، تاکنون مدل های شبیه سازی متعددی برای شبیه سازی کیفی رودخانه ها، خلیج ها و آب های زیرزمینی به وجود آمده است. از جمله این مدل ها می توان Qual2e، Qual2-kw، WASP و CE-

جدول ۱- پارامترهای قابل شبیه سازی توسط مدل Qual2kw

ردیف	نام فارسی	نام لاتین	واحد
1	هدایت الکتریکی	Conductivity	mmhos/cm
2	جامدات معلق غیرآلی	Inorganic suspended solids	mgD/L
3	اکسیژن محلول	Dissolved oxygen	mgO2/L
4	اکسیژن خواهی بیوشیمیایی کربناتی با واکنش کند	Slow-reacting CBOD	mg O2/L
5	اکسیژن خواهی بیوشیمیایی کربناتی با واکنش تند	Fast-reacting CBOD	mg O2/L
6	نیتروژن آلی	Organic nitrogen	mgN/L
7	نیتروژن آمونیاکی	Ammonia nitrogen	mgN/L
8	نیتروژن نیتراتی	Nitrate nitrogen	mgN/L
9	فسفر آلی	Organic phosphorus	mgP/L
10	فسفر غیر آلی	Inorganic phosphorus	mgP/L
11	فیتوپلانکتون	Phytoplankton	mgA/L
12	ریزه های آلی	Detritus	mgD/L
13	پاتوژن	Pathogen	cfu/100 mL
14	ماده عمومی مانند اکسیژن خواهی کربنی	Generic constituent	user defined
15	قلیائیت	Alkalinity	mgCaCO3/L
16	کربن غیرآلی کل	Total inorganic carbon	mole/L
17	جلبک کفزی	Bottom algae	gD/m2
18	نیتروژن هم ارز جلبک کف زی	Bottom algae nitrogen	mgN/m2
19	فسفر هم ارز جلبک کف زی	Bottom algae phosphorus	mgP/m2

از این مدل در تحقیقات مختلف از جمله برای شبیه‌سازی اکسیژن محلول، pH و کل فسفر و دما استفاده شده است (Carroll و همکاران، ۲۰۰۶؛ Pelletier و Bilhimer، ۲۰۰۴). Kannel و همکاران (۲۰۰۷) به منظور شبیه‌سازی اکسیژن محلول رودخانه بگمتی^۲ با استفاده از سناریوهای مختلف، از این مدل استفاده کردند. قبل از شبیه‌سازی این مدل با استفاده از داده‌های برداشت شده از رودخانه، کالیبره و اعتبارسنجی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که مدل QUAL2Kw برای شبیه‌سازی اکسیژن محلول رودخانه قابل قبول است. Nakhaei و Shahidi (۲۰۱۰) برای شبیه‌سازی اکسیژن محلول و BOD رودخانه زاینده‌رود اصفهان، با وجود این که اندازه‌گیری کاملی در دسترس نبود، کارایی مدل Qual2kw را خوب بیان کردند. Vasudevan و همکاران (۲۰۱۱) برای شبیه‌سازی اکسیژن محلول، نیترات، فسفر و BOD رودخانه یامانا^۳ دهلی از این مدل استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که با ورود بار آلاینده‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای به رودخانه و در نظر گرفتن جریان پایدار، مدل به خوبی توانسته است که حرکت آلاینده‌ها را شبیه‌سازی کند. Syafi و Masduqi (۲۰۱۱) از این مدل برای محاسبه بار آلودگی ورودی مجاز به رودخانه‌ها استفاده کردند و بیان کردند که این مدل قبل از استفاده باید اعتبارسنجی شده و سپس می‌تواند برای محاسبه سناریوهای مختلف مورد استفاده قرار بگیرد. Gupta و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که مدل Qual2kw بعد از کالیبراسیون و

اعتبارسنجی برای شبیه‌سازی DO و BOD در رودخانه کشیپرا^۴ در هند خوب عمل کرده و به عنوان ابزار مدیریتی قابل اعتماد، مورد استفاده است. Bagherian Marzouni و همکاران (۲۰۱۴) از این مدل برای شبیه‌سازی DO و BOD رودخانه کارون در ایران استفاده کردند. ابتدا این مدل با داده‌های برداشت شده از این رودخانه کالیبره و اعتبارسنجی شد، سپس این از مدل برای گرفتن تصمیم‌های مدیریتی با استفاده از سناریوهای مختلف استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که با تغییر مکان ورود آلاینده‌ها به رودخانه، می‌توان از اثرات مخرب زیست‌محیطی آن‌ها کاست. Mehrasbi و Farahmand (۲۰۱۵) به مدل‌سازی کیفیت آب رودخانه کینه ورس در مجاورت شهرستان زنجان در شمال غرب ایران پرداختند. نتایج شبیه‌سازی آن‌ها نشان داد که داده‌های بدست آمده از این مدل معتبر بوده و این مدل ابزاری ساده برای مدیریت و تصمیم‌گیری در زمینه کیفیت آب این رودخانه است. با توجه به تحقیقات انجام شده که به برخی از آن‌ها در قسمت مقدمه اشاره شد، تاکنون تحقیقات زیادی با استفاده از این مدل صورت گرفته است؛ اما با جستجو در مقالات علمی، هیچ منبع کاملی که معادلات اساسی بکار گرفته شده در مدل و همچنین راهنمای کاربردی آن را ارائه داده باشد، وجود ندارد. بنابراین با توجه به اهمیت کیفیت آب رودخانه‌ها و اهمیت شبیه‌سازی کیفیت آن‌ها، این مقاله با هدف ارائه راهنمای کاربردی برای کاربرانی که قصد استفاده از این مدل را دارند، ارائه شده است.

شرح معادلات اساسی بکار گرفته شده در مدل Qual2kw

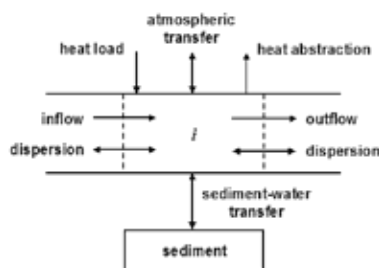
۱- رابطه بیلان جریان در مدل Qual2kw

روابط بیلان بکار برده شده در مدل Qual2kw شامل بیلان جریان، بیلان دما و بیلان جرم است. رابطه بیلان جریان برای بازه i ام از رودخانه در مدل Qual2kw با توجه به شکل (۱) به صورت زیر تعریف می‌شود (Chapra و همکاران، ۲۰۰۶):

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{ab,i} \quad (1)$$

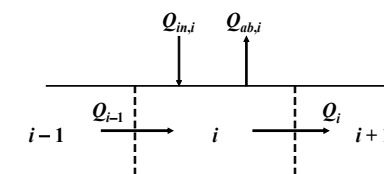
$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} T_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} T_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_i} T_i + \frac{E_{i-1}}{V_i} (T_{i-1} - T_i) + \frac{E_i}{V_i} (T_i - T_{i+1}) \quad (2)$$

$$+ \frac{W_{h,i}}{\rho_w C_{pw} V_i} \left(\frac{m^3}{10^6 cm^3} \right) + \frac{J_{h,i}}{\rho_w C_{pw} H_i} \left(\frac{m}{100 cm} \right) + \frac{J_{s,i}}{\rho_w C_{pw} H_i} \left(\frac{m}{100 cm} \right)$$



شکل ۲- بیلان دما برای بازه i ام از رودخانه

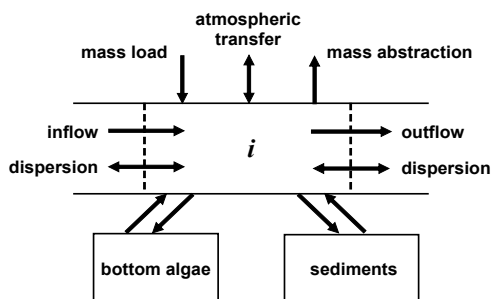
هریک از ترم‌های این رابطه، تغییرات دما برای یکی از اجزاء نشان داده شده در شکل (۲) را بیان می‌کند. در این رابطه: Q : دبی (m^3/day)، T : درجه حرارت آب ($^{\circ}C$)، t : زمان



شکل ۱- بیلان جریان برای بازه i ام از رودخانه

که در آن Q_i : دبی خروجی از بازه i ام، Q_{i-1} : دبی ورودی به بازه i ام، $Q_{in,i}$: دبی آلاینده ورودی به بازه i ام، $Q_{ab,i}$: دبی آلاینده خروجی از بازه i ام که مجموع آلاینده‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای را شامل می‌شود.

(جزء کیفی آب) نسبت به زمان را برای یکی از اجزاء نشان داده شده در شکل (۳)، بیان می‌کند. در این رابطه: S_i : نشان دهنده Source و Sink جزء کیفی در اثر واکنش‌ها و مکانیزم‌های انتقال جرم است. c_i : غلظت جزء کیفی در آب رودخانه، $C_{2,i}$: غلظت جزء کیفی در منطقه رسوب هایپرهئیک می‌باشد. سایر اجزاء در روابط قبل، تعریف شده‌اند؛ لذا از تکرار آن‌ها خودداری می‌شود. لازم به ذکر است رابطه بیلان جرم فوق، برای تمامی اجزاء بجز جلبک کف، مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳- بیلان جرم برای بازه نام از رودخانه

ادامه برگه‌کارهای نرم‌افزار به طور مختصر توضیح داده شده است.

۱- برگه‌کار Qual2k

یک سری برگه‌کار با زبانه‌ی فیروزه‌ای در نرم‌افزار وجود دارد که برای وارد کردن اطلاعات ورودی توسط کاربر استفاده می‌شود. برگه‌کار اول «Qual2k» است که برای ورود اطلاعات عمومی استفاده می‌شود (شکل ۴).

V : حجم آب (m^3)، E' : ضریب پخشیدگی حجمی بین بازه i و $i+1$ ، $W_{h,i}$: مقدار خالص حرارت دریافت شده از منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای به بازه نام (cal/day)، چگالی آب (gr/cm^3)، C_{pw} : گرمای ویژه آب (cal/gr^0c)، $J_{h,i}$: شار حرارت بین بازه نام و هوا ($cal/cm^2.day$)، $J_{s,i}$: شار حرارت بین آب و رسوب ($cal/cm^2.day$)، H_i : عمق متوسط آب در بازه نام در رودخانه (m) می‌باشد.

۳-۲ رابطه بیلان جرم در مدل Qual2kw

معادله اصلی که مدل مذکور، به حل آن می‌پردازد، معادله جابجایی/پخش یک بعدی است. با توجه به شکل (۳) رابطه بیلان جرم برای بازه نام از رودخانه، در مدل Qual2kw به صورت زیر تعریف می‌شود (Chapra و همکاران، ۲۰۰۶ و Kannel و همکاران، ۲۰۰۷):

$$\frac{dc_i}{dt} = \frac{Q_{i-1}}{V_i} c_{i-1} - \frac{Q_i}{V_i} c_i - \frac{Q_{ab,i}}{V_i} c_i + \frac{E'_{i-1}}{V_i} (c_{i-1} - c_i) + \frac{E'_i}{V_i} (c_{i+1} - c_i) + \frac{W_i}{V_i} + S_i + \frac{E'_{hyp,i}}{V_i} (c_{2,i} - c_i) \quad (3)$$

هر یک از ترم‌های این رابطه، تغییرات غلظت ماده موردنظر

راهنمای کاربردی مدل Qual2k

این نرم‌افزار بوسیله‌ی برگه‌کارهایی در صفحه گسترده تشکیل شده است. مدل بوسیله‌ی برنامه‌ی ویژوال بیسیک و فورترن می‌تواند اجرا شود. نسخه فورترن و ویژوال بیسیک نتایج یکسان می‌دهد و تنها تفاوت آن‌ها این است که فورترن به مراتب مدل را سریعتر اجرا می‌کند. در

System ID:		
River name	Boulder Creek	
Saved file name	BC092187v50b37	
Directory where file saved	C:\qual2kw5	
Month	8	
Day	21	
Year	1987	
Time zone	Mountain	
Daylight savings time	Yes	
Simulation and output options:		
Calculation step	11.25 minutes	
Number of days	4 days	
Solution method (integration)	Runge-Kutta	
Solution method (pH)	Bisection	
Simulate hyporheic exchange and pore water quality	No	
Display dynamic diel output	Yes	
Program determined calc step	11.25 minutes	
Time elapsed during last model run	0.09 minutes	
Time of sunrise	6:17 AM	
Time of solar noon	1:03 PM	
Time of sunset	7:49 PM	
Photoperiod	13.54 hours	

شکل ۴- برگه‌کار Qual2k (مربوط به وارد کردن اطلاعات کلی در مدل)

منطقه زمانی مناسب در این برگه‌کار وارد می‌شود. معمولاً در بهار و تابستان زمان را به اندازه‌ی یک ساعت به جلو می‌برند

اسم رود یا مسیلی که مدل‌سازی می‌شود، نام فایل ذخیره‌سازی، محل ذخیره‌سازی فایل مورد نظر، ماه، روز و سال شبیه‌سازی،

که به وسیله‌ی گزینه Daylight savings time، جابجایی زمان را مشخص می‌کنیم. گام‌های زمانی مورد نیاز برای محاسبات^۵ (کوچکتر از ۴ ساعت) و مدت زمان محاسبات^۶ (بزرگتر مساوی ۲ روز) در این برگه کار وارد مدل می‌شود. سه‌روش عددی اولر، ران کوتا و روش تطبیقی برای حل معادلات دیفرانسیلی در این مدل وجود دارد. روش گام تطبیقی تنها زمانی در دسترس است که از برنامه فورترن برای اجرای برنامه استفاده شود. روش اولر به عنوان پیش فرض توصیه می‌شود؛ چون معمولاً نتایج به قدر مناسب دقیق و صحیح را بدست می‌دهد. برای مواردی که نتایج غیرپایدار با روش اولر اتفاق می‌افتد یا دقت بیشتری مورد نیاز است، می‌توان از روش محاسباتی سنگین ران کوتا استفاده کرد. دو روش عددی نیوتن رافسون و نصف کردن (دو بخشی)^۷ برای حل pH وجود دارد. روش نیوتن رافسون به دلیل سریع بودن (همگرایی فوق خطی و از مرتبه دوم) به عنوان پیش فرض پیشنهاد می‌شود؛ هر چند مواردی وجود دارد که می‌تواند در آن‌ها غیر پایدار باشد (Canale و Chapra، ۱۹۹۸). مدل قادر است انتقال جرم بین ستون آب و آب منفذی هاپیرهئیک^۸ را در شبیه‌سازی در نظر گیرد که برای این منظور گزینه مربوطه در نرم‌افزار انتخاب می‌شود. ناحیه هاپیرهئیک، منطقه‌ای در زیر بستر رودخانه است که در آنجا تداخل آب زیرزمینی و آب سطحی صورت می‌گیرد.

برای نمایش خروجی‌های دینامیکی روزانه (شبیه‌سازی ۲۴ ساعته) دو گزینه موجود است. با انتخاب گزینه Yes نتایج دینامیکی روزانه در شیت‌های خروجی و نمودارها نمایش داده می‌شوند. در گزینه State variables for simulation کاربر مشخص می‌کند که آیا تمام حالات مختلف شبیه‌سازی شود یا فقط دما شبیه‌سازی شود. در صورت تمایل به شبیه‌سازی رسوبات^۹، گزینه مربوط در نرم‌افزار انتخاب می‌شود. کامپیوتر به صورت اتوماتیک زمان مورد نیاز برای شبیه‌سازی^{۱۰} را نمایش می‌دهد. کاربر در این برگه کار، زمان طلوع خورشید، زمان ظهر خورشید و زمان غروب خورشید برای دورترین بازه‌ی پایین دست را وارد می‌کند.

۲- برگه کار Headwater Worksheet (شرایط اولیه در بالادست)

این برگه کار برای وارد کردن جریان و غلظت‌ها در مرزهای سیستم استفاده می‌شود. مجموعه از سلول‌ها برای وارد کردن حرارت، کیفیت آب و شرایط مرزها در سرآب رود^{۱۱} استفاده می‌شود. برای مواردی که داده‌ها در طول روز تغییر می‌کنند، Qual2kw به کاربر این اجازه را می‌دهد تا ارقام را به صورت ساعتی وارد کند. اگر مقادیر اعداد در خلال چرخش روزانه ثابت باشند، فقط مقدار میانگین در سلول مربوطه (که برای ۱۲ ظهر است) وارد می‌شود و بقیه سلول‌های خالی رها می‌شود. مدل

Qual2kw به صورت اتوماتیک، مقداری را که در ساعت ۱۲ ظهر خوانده شده، برای بقیه ساعات روز به کار می‌برد. اگر مرز پایین دست^{۱۲} بر روی شبیه‌سازی تأثیر داشته باشد، مجموعه اطلاعات مربوط به آن، همانند سرآب وارد می‌شود.

۳- برگه کار Reach Worksheet

مدل Qual2kw به کاربر اجازه می‌دهد مسیر رودخانه مورد مطالعه را به بازه‌های متعددی که اصطلاحاً به هر یک از آن‌ها Reach گفته می‌شود، تقسیم‌بندی کند و اطلاعات مربوط به ورود آلودگی‌های نقطه‌ای یا غیرنقطه‌ای و یا برداشت نقطه‌ای یا غیرنقطه‌ای آب از رودخانه را در ایستگاه‌های مربوطه بطور جداگانه برای مدل تعریف کند. این برگه کار برای وارد کردن اطلاعات مربوط به سرآب رودخانه و بازه‌های آن استفاده می‌شود. همچنین امکان انتخاب بازه مورد نظر برای تهیه نقشه روزانه در این قسمت وجود دارد (Reach for diel plot). ابتدا نام بازه وارد می‌شود، سپس مدل بصورت اتوماتیک به بازه به صورت صعودی شماره‌دهی می‌کند و همچنین مدل طول بازه، طول و عرض جغرافیایی انتهای پایین دست هر بازه را محاسبه کرده و نمایش می‌دهد. کاربر باید فاصله رودخانه، ارتفاع در مقیاس متر از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی انتهای پایین دست هر بازه که می‌تواند به صورت صعودی یا نزولی باشد، در این قسمت وارد کند. مدل سرعت و عمق را بر پایه دبی جریان با دو روش شماره منحنی و یا مانینگ محاسبه می‌کند. اگر مدل در سلول‌های مربوط به فرمول مانینگ، سلول‌ها را دارای ارزش صفر تشخیص دهد، به صورت اتوماتیک سرعت و عمق را از روش شماره منحنی^{۱۳} محاسبه می‌کند.

اگر پخش و پراکندگی در انتهای پایین دست یک بازه را داشته باشیم می‌تواند در این برگه کار وارد شود. اگر این سلول رها شود، قابلیت پخش به صورت اتوماتیک به وسیله برنامه محاسبه می‌شود. اگر در انتهای پایین دست، بازه بند قرار گرفته باشد، ارتفاع بند وارد می‌شود. اگر میزان هوادهی^{۱۴} برای بازه شناخته شده باشد، این مقدار می‌تواند در ستون مربوطه وارد شود. در رودخانه تمام بستر بازه ممکن است مناسب برای رشد جلبک‌ها نباشد. بنابراین QUAL2KW به کاربر اجازه می‌دهد تا درصدی از بستر استفاده شده برای رشد جلبک‌ها وارد شود. همچنین درصدی از بستر که توسط رسوبات پوشانده شده است^{۱۵}، اکسیژن مورد نیاز برای رسوبات^{۱۶} برای هر بازه و مقدار هدایت گرمایی برای انواع رسوبات^{۱۷} در این برگه کار وارد می‌شود (اطلاعات مربوطه برای انواع رسوبات در راهنمای مدل آمده است). اگر مقدار تبادل هاپیرهئیک ناچیز باشد ضخامت رسوبات^{۱۸} در حدود ۱۰ سانتی‌متر و اگر تبادل هاپیرهئیک قابل توجه باشد، تقریباً ۲۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. اگر تبادل هاپیرهئیک شبیه‌سازی شده باشد، میزان جریان

هایپرهنیک^{۱۹} به عنوان کسری از جریان سطحی و تخلخل رسوبات^{۲۰} باید وارد مدل شود. گزینه Sky opening for long wave کسری از بازو آسمان است که مقدار پیش فرض ۱۰۰٪ برای تعدیل مدت تابش با طول موج بلند پیشنهاد شده است.

۴- برگه کار Reach Rates Worksheet

این برگه کار اختیاری می باشد تا اطلاعات مربوط به نرخ های ثابت و پارامترهای مخصوص بازه را وارد کند. اگر نرخ های مخصوص در این برگه کار مشخص نشده باشند، بنابراین پارامترهای کلی در شیت Rate بکار گرفته می شوند.

۵- برگه کار Initial Conditions Worksheet (شرایط اولیه)

در بازه های مختلف رودخانه

شرایط اولیه در این شیت اختیاری اند. در صورت عدم مشخص بودن آن ها، شرایط اولیه در ستون آب برای هر بازه مانند سراب فرض می شود. برای بدست آوردن شرایط اولیه در هر یک از بازه ها بهتر است با زمان سفر رودخانه به سمت پایین دست حرکت شود و سپس زمانی که جریان به هر بازه رسید از آن بازه نمونه گیری انجام شده و اندازه گیری های صورت گرفته به عنوان شرایط اولیه برای هر کدام از بازه ها در نظر گرفته می شود.

۶- برگه کار Meteorology and Shading Worksheets

شش برگه کار برای وارد کردن داده های هواشناسی و سایه اندازی استفاده می شود. روش وارد کردن داده در همه ی آن ها مشابه است. برگه کار دمای هوا برای وارد کردن دمای ساعتی هوا برای هر بازه ی سیستم استفاده می شود. در این برگه کار برنامه به صورت اتوماتیک، نام ابتدای هر بازه، نام بازه، نام پایین دست بازه، شماره بازه، فاصله از ابتدا و انتهای بازه را نمایش می دهد. اگر دما در خلال شبانه روز ثابت است، فقط میانگین وارد می شود و مدل QUAL2KW به صورت اتوماتیک عددی که در ساعت ۱۲ ظهر است برای بقیه ساعات شبانه روز به کار می برد. در سایر برگه کارهای هواشناسی دمای نقطه شبنم، سرعت باد، پوشش ساعتی ابر، سایه اندازی و داده های تابش خورشیدی برای هر بازه ی سیستم وارد می شود. روش وارد کردن داده در این برگه کارها مشابه دما است.

۷- برگه کار Rates Worksheet

این برگه کار برای ارزیابی پارامترهای مدل، وارد کردن میزان پارامترهای مدل و انتخاب کالیبراسیون اتوماتیک، به کار گرفته می شود. مدل QUAL2KW دارای این قابلیت است که نرخ های انتخاب شده را کالیبره کرده و برای کالیبراسیون اتوماتیک از الگوریتم ژنتیک استفاده می کند. همچنین کاربر این اختیار را دارد که مقدار کالیبره شده توسط خود را در نرم افزار وارد کند.

مدل استوکیومتری^{۲۱} در این مدل فیتوپلانکتون ها و اجسام فرسایشی را ثابت فرض می کند. استوکیومتری مواد آلی به معنای

آن است که در اثر زوال مقدار مشخصی کلروفیل فیتوپلانکتون، چه مقدار ماده خشک آلی، کرین، نیتروژن و فسفر تولید می شود. در مدل Qual2kw این پارامتر در تعیین میزان تولید یا مصرف جزء کیفی، نقش دارد. رابطه (۴) بطور پیش فرض در مدل مورد استفاده قرار می گیرد. کاربر می تواند در صورت داشتن اطلاعات در این زمینه، مقادیر پیش فرض را تغییر دهد.

(۴) 100 gD : 40 gC : 7200 mgN : 100 mgP : 1000 mgA
اطلاعات مربوط به هوادهی از طریق برگه کار Reach و Rates وارد نرم افزار می شود. اگر اطلاعات مربوطه در برگه کار Reach وارد شود، بقیه گزینه ها باطل می شود. اگر هوادهی از طریق این برگه کار وارد نشود، از طریق منوی کشویی در برگه کار Rates می توان فرمول مناسب برای محاسبه هوادهی را انتخاب نمود. توجه شود که گزینه Internal پیش فرض است و هوادهی را بر اساس عمق و سرعت رودخانه محاسبه می کند. همچنین اثر سرعت باد بر روی هوادهی با انتخاب روابط مختلف که در نرم افزار وجود دارد، می تواند مشخص شود. برای توازن جرم برای هر کدام از ۱۹ پارامتر کیفی بایستی داده هایی مربوط به آن در این برگه کار وارد شود که در این جا جزئیات مربوط به آن ها ذکر نشده است.

۸- برگه کار Light and Heat Worksheet

این برگه کار برای وارد کردن پارامترهای مرتبط با نور استفاده می شود. گزینه تابش در دسترس فتوسنتزی^{۲۲} کسری از تابش خورشیدی دریافتی می باشد که برای عمل فتوسنتز در دسترس می باشد. توصیه می شود این عدد در ۰/۴۷ تنظیم شود. در این برگه کار، پارامتر خاموش سازی نور به دلیل وجود کلروفیل، جامدات معلق، ریزه های مواد آلی، وجود ماکروفیت ها وارد نرم افزار می شود.

۹- برگه کار Point and Diffuse Sources Worksheet

این دو برگه کار برای وارد کردن اطلاعات مربوط به منابع نقطه ای و غیرنقطه ای سیستم استفاده می شود. در این قسمت نام منبع آلاینده، فاصله برای منبع ورودی یا خروجی از رودخانه وارد می شود. یک منبع می تواند ورودی^{۲۳} یا خروجی^{۲۴} باشد. دما و غلظت های کیفی آب از جریان ورودی باید در این برگه کار وارد شود. مدل QUAL2KW به کاربر اجازه می دهد که دما و غلظت هر منبع نقطه ای به عنوان منحنی سینوسی که در خلال شبانه روز تغییر می کند، وارد کند. در مورد منابع غیرنقطه ای مانند رواناب کشاورزی، یا فاضلاب روستایی همانند منابع نقطه ای عمل می شود، با این تفاوت که بایستی ابتدا و انتهای ورود و خروج بار آلودگی را وارد کنیم.

۱۰- برگه کار Warnings Worksheet

این برگه کار هر خطاری که در خلال اجرای برنامه رخ دهد را نمایش می دهد. اگر بعد از اجرای برنامه این برگه کار را بازرسی

کنیم در صورتی که برنامه در حین اجرا با اخطارهایی مواجه شود، در این قسمت قابل مشاهده خواهد بود.

۱۱- برگه کار (Optional) Data Worksheets

یک سری از برگه کارها برای وارد کردن داده‌های اندازه‌گیری شده برای نمایش بر روی طرح و نقشه استفاده می‌شوند. این برگه کارها اختیاری‌اند. به عبارت دیگر مدل صرف نظر از این که این داده‌ها باشند یا نه، قابل اجرا است. این برگه کارها با رنگ زرد کم رنگ مشخص می‌شوند و برای وارد کردن خصوصیات هیدرولیکی سیستم، دما، کیفیت آب در بازه‌های مختلف استفاده می‌شوند.

۱۲- برگه کار Output Worksheets

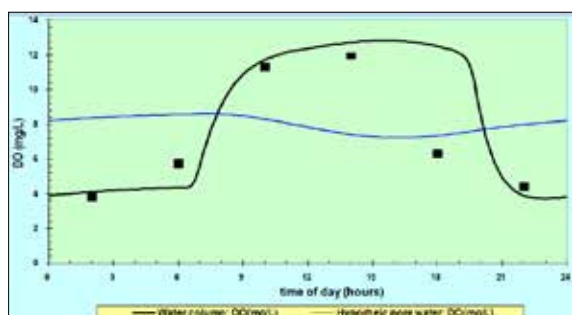
یک سری برگه‌هایی در نرم‌افزار وجود دارد که خروجی‌های

عددی تولید شده توسط نرم‌افزار هستند. این اطلاعات همراه با داده‌های اندازه‌گیری شده بر روی پلات‌های خروجی نمایش داده می‌شوند و رنگ زبانه‌ی آن‌ها سبز روشن است که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد. برگه کار Source Summary نتایج را به صورت ساعتی در بازه‌های مختلف نشان می‌دهد. همچنین برگه کارهایی برای اطلاعات خروجی مربوط به پارامترهای هیدرولیکی، خلاصه اطلاعات دما و میانگین غلظت ۱۹ پارامتر کیفی، شار میانگین روزانه بین آب و قسمت رسوبات در بازه‌های مختلف وجود دارد. نمونه ای از این برگه کارها که مربوط به میانگین غلظت ۱۹ پارامتر کیفی در بازه‌های مختلف است در شکل (۵) نشان داده شده است.

Reach Label	x(km)	cond (umhos)	ISS (mgO/l)	DO(mgO2/l)	CHODs (mgO2/l)	CHODf (mgO2/l)	NO ₃ (ugN/l)	NH4(ugN/l)	NO ₂ (ugN/l)
Headwater	13.60	294.61	8.61	8.28	1.34	1.34	1651.07	87.59	165.56
MP 0.4	13.39	472.18	9.20	5.57	7.35	7.69	3345.47	5592.34	1444.85
	12.96	473.52	9.08	5.35	7.20	7.86	3325.10	5400.79	1574.37
	12.33	476.11	8.85	5.14	6.86	8.14	3289.01	5047.89	1800.94
	11.48	478.59	8.63	5.07	6.52	8.35	3256.79	4774.88	1997.65
	10.63	480.98	8.42	5.09	6.18	8.51	3227.20	4427.71	2169.77
	9.78	487.74	6.83	4.76	4.66	6.67	3007.23	4351.28	1766.48
	8.93	489.31	6.71	4.78	4.46	6.76	2985.55	4134.49	1908.82
MP 3.5	8.08	490.83	6.60	4.83	4.27	6.83	2964.62	3930.64	2038.36
	7.23	492.31	6.49	4.90	4.09	6.89	2944.07	3738.45	2156.79
	6.38	493.75	6.38	5.33	4.00	6.89	2952.67	3604.39	2191.64
	5.53	500.88	5.06	6.57	3.61	6.76	2981.41	2970.60	2326.71
	4.68	507.11	5.41	7.25	3.28	6.60	2989.43	2435.61	2412.43
MP 5.6	3.83	512.60	5.02	7.66	3.02	6.42	2983.76	1983.41	2461.36
	2.98	517.48	4.67	7.93	2.80	6.25	2969.93	1601.11	2483.93
	2.13	521.84	4.37	8.12	2.62	6.08	2951.46	1277.75	2487.58
	1.28	525.77	4.10	8.26	2.47	5.92	2929.42	1003.32	2477.42
Last Segment	0.43	529.32	3.86	8.37	2.34	5.77	2904.32	769.69	2456.69
Terminus	0.00	529.32	3.86	8.37	2.34	5.77	2904.32	769.69	2456.69

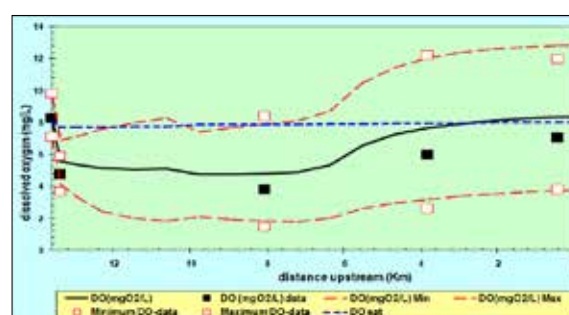
شکل ۵- برگه کار خلاصه پارامترهای کیفیت آب خروجی

اندازه‌گیری شده که در برگه کار WQ Data وارد شده‌اند و مربع‌های سفید به ترتیب مینیما و ماکزیمم پارامترها هستند. مدل Qual2k این قابلیت را دارد که در بازه انتخابی کاربر در ۲۴ ساعت شبانه‌روز شبیه‌سازی ۱۹ پارامتر کیفی را انجام دهد. شکل (۷) مثالی از اکسیژن محلول در طول شبانه‌روز را نمایش می‌دهد.



شکل ۷- میزان اکسیژن محلول در زمان‌های مختلف در یک بازه

خروجی‌های نرم‌افزار می‌تواند توسط نمودار هم نمایش داده شود. شکل‌های (۶) و (۷) مثالی از این نمودارها برای اکسیژن محلول را نمایش می‌دهند. خط سیاه میانگین DO شبیه‌سازی شده است، در حالی که خطوط منفصل قرمز رنگ به ترتیب اعداد مینیما و ماکزیمم اکسیژن اشباع، خط منفصل آبی اکسیژن اشباع هستند. مربع سیاه میانگین داده‌های



شکل ۶- مقدار اکسیژن محلول در فواصل مختلف

- Bagherian Marzouni M., Akhoundalib A.M., Moazed H., Jaa-farzadeh N., Ahadian J. and Hasoonizadeh H. 2014. Evaluation of Karun river water quality scenarios using simulation model results. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(2): 339-358.
- Chapra S., Pelletier G. and Tao H. 2006. A Modeling framework for simulating river and stream water quality, Version 2.04: Documentation and users manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA.
- Chapra S.C. and Canale R.P. 1998. Numerical methods for engineers. McGraw-Hill, New York.
- Carroll J. V., Oeal S. and Golding S. 2006. Wenatchee River basin dissolved oxygen, pH, and phosphorus total maximum daily load study, Washington State Department of Ecology.
- Kannel P.R., Lee S., Kanel S.R., Lee Y.S. and Ahn K.H. 2007. Application of QUAL2Kw for water quality modeling and dissolved oxygen control in the river Bagmati. *Environmental monitoring and assessment*, 125(1-3): 201-217.
- Gupta R.C., Gupta A.K. and Shrivastava R.K. 2013. Water quality modeling of a stretch of river Kshipra (India). *Nature Environment and Pollution Technology*, 12(3): 511-516.
- Pelletier G. and Chapra S. 2006. A modeling framework for simulating river and stream water quality. *Environmental Assessment Program*, Olympia, Washington: p. 98504-7710.
- Pelletier G. and Bilhimer D. 2004. Stillaguamish river watershed temperature total maximum daily load study, Washington State Department of Ecology.
- Mehrasbi M.R., and Farahmand Kia Z. 2015. Water quality modeling and evaluation of nutrient control strategies using qual2k in the small rivers, *J. Hum. Environ. Health Promot.* 1(1): 1-11.
- Nakhaei N., and Shahidi A.E. 2010. Water quality discharge impact modeling with QUAL2K, Case Study: the Zayandeh-rood River. *Proc. Intl. Environ. Model. Soft. Soc.* 2(2): 339-358.
- Syafi M., and A. Masduqi. 2011. Aplikasi model simulasi komputer qual2kw pada studi pemodelan kualitas air kali surabaya. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Vasudevan M., Nambi I.M. and Suresh Kumar G. 2011. Application of QUAL2K for assessing waste loading scenario in river Yamuna. *International journal of advanced technology and Engineering*, 2(2): 336-344.

تخلیه پساب‌ها به منابع پذیرنده در گوشه و کنار دنیا، فجایع زیست محیطی گوناگونی را به وجود آورده است. برای ارزیابی اثرات تخلیه پساب بر روی منبع پذیرنده، لازم است که مطالعات خودپالایی انجام شود. برای تعیین خودپالایی نیاز به یک سری ابزارها مانند مدل‌های کیفی می‌باشد تا بتوان در شرایط مختلف، کیفیت آب را پیش‌بینی کرد. مدل‌های کامپیوتری مانند مدل Qual2kw به طور گسترده برای مدیریت کیفیت آب رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارایی این مدل در تحقیقات مختلف در ایران از جمله در رودخانه‌های کارون، زاینده‌رود و کینه‌ورس استان زنجان اثبات شده است. مدل قادر به شبیه‌سازی پارامترهای مختلف در طول رودخانه و در ساعات مختلف شبانه‌روز می‌باشد و می‌تواند به عنوان ابزار مدیریتی قابل اعتماد، مورد استفاده گیرد.

پی‌نوشت

- 1- Advection-Diffusion
- 2- Bagmati
- 3- Yamuna
- 4- Kshipra
- 5- Calculation step
- 6- Number of days
- 7- Bisection Method
- 8- Hyporheic
- 9- Simulate sediment diagenesis
- 10- Time of last calculation
- 11- Headwater Water Quality
- 12- Downstream Boundary Water Quality
- 13- Rating curves
- 14- Reaeration
- 15- Bottom SOD Coverage
- 16- Prescribed SOD
- 17- Sediment thermal conductivity
- 18- Sediment thickness
- 19- Hyporheic exchange flow
- 20- Hyporheic sediment porosity
- 21- Stoichiometry
- 22- Photosynthetically Available Radiation
- 23- Inflow
- 24- Abstraction

Methods of controlling Hydrogen Sulfide production and emission in sewerage

E. Azimi Galibaf¹, S.khodashenas^{2*}, E. Ghorbani³, K. Saeb⁴

1- Ph.D. Student of Engineering Water, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad Water and Wastewater CO., Iran. 2- Profesor in Dept. of water engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 3,4- MS c Student & Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Tonekabon Branch, Iran.

*(Corresponding Author Email: khodashenas@um.ac.ir)

Received: 9-9-2015

Accepted: 7-2-2016

روش‌های کنترل تولید و انتشار سولفید هیدروژن در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب

احسان عظیمی قالی‌باف^۱، سعیدرضا خداشناس^{۲*}، الهام قربانی^۳، کیوان صائب^۴

۱- دانشجوی دکتری رشته‌ی آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد، شرکت آب و فاضلاب مشهد. ۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۳ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: khodashenas@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۸

Abstract

Sulfide production has been one of the most important problems in sewage collection systems that came to be known as an important factor of corrosion in concrete sewerage systems since early 1900. The emission of hydrogen sulfide gas in sewerage conduits creates problems including biological corrosion of concrete, release of repulsive odors in the city environment, as well as the potential danger that the toxic sulfide gas poses for the workers. Several factors such as high sulfate density, the organic material, temperature, waste water retention period, pH, Oxidation reduction potential (ORP), flow rate and surface area can increase the probable emission of sulfide. Due to the adverse effects of this chemical material, in recent years broader studies have been conducted on the control of sulfide production in sewage collection networks, including the injection of air, nitrate, H_2O_2 , and iron salt. The purpose of these studies was to find suitable solutions for controlling the emission of hydrogen sulfide taking into account the construction conditions and economic profitability. This article is a review of all the research done on controlling the production of sulfate in sewage collection systems. It also reviews the advantages and disadvantages of the methods used in these studies which have examined the effectiveness of using formaldehyde, MgO_2/CaO_2 , MFCs, nitrates, microbe-eliminators. The results of this study show that using the aforementioned chemical and biological materials for controlling the challenges of hydrogen sulfide production in sewerage, besides being economical and effective, are able to protect sewerage from corrosion and we can also arrive at a healthy and odorless environment.

Keywords: sewerage, hydrogen sulfide gas, methods to control build up gas H_2S .

چکیده

تولید سولفید یکی از مهم‌ترین مشکلات بهره‌برداری شبکه‌های فاضلاب می‌باشد که از اوایل سال ۱۹۰۰ میلادی به عنوان مهم‌ترین عامل ایجاد خوردگی در شبکه‌های فاضلاب بتنی شناخته شد. انتشار سولفید هیدروژن در مجاری فاضلاب منجر به مشکلات متعددی از جمله خوردگی بیولوژیکی بتن، آزاد شدن بوهای نامطبوع به اتمسفر شهری و سمیت گاز سولفید برای کارگران اشاره کرد. عوامل متعددی نظیر بالا بودن غلظت سولفات، مواد آلی، دما، زمان ماند فاضلاب، pH، ظرفیت اکسیداسیون احیا، سرعت جریان، مساحت سطح می‌توانند در میزان انتشار سولفید موثر باشند. در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در زمینه کنترل تولید سولفید در شبکه‌های فاضلاب به دلیل اثرات مخرب این ماده شیمیایی صورت گرفته است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تزریق هوا، نیترات، H_2O_2 و نمک آهن اشاره کرد. هدف از پژوهش‌های انجام شده یافتن راه‌حل بهینه جهت کنترل انتشار سولفید هیدروژن با توجه به شرایط عملیاتی و بهره‌روزی اقتصادی بوده است. این مقاله مروری بر مطالعات صورت گرفته جهت کنترل تولید سولفید در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب بوده و مزایا و معایب روش‌های استفاده شده در این مطالعات را بررسی می‌کند. براساس بررسی‌های انجام شده استفاده از فرمالدهید، MgO_2/CaO_2 ، MFC، نیترات، میکروپ‌خوارها برای کنترل سولفید موثر می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش ضمن نشان‌دادن موثر و مقرون به صرفه بودن استفاده از این ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی برای برطرف نمودن و کنترل چالش‌های حاصل از تولید سولفید هیدروژن در شبکه‌های فاضلاب، نشان می‌دهد که این روش‌ها نخست موجب حفاظت از شبکه‌های فاضلاب در برابر خوردگی و سپس رسیدن به محیط زیستی سالم و عاری از بو و سمیت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شبکه جمع‌آوری فاضلاب، گاز سولفید هیدروژن، روش‌های کنترل تولید گاز H_2S .

و همکاران، ۲۰۰۵؛ Hobson و Yang، ۲۰۰۰؛ Bertran و همکاران، ۲۰۰۷). این آزمایشات تحت شرایط متفاوت و در موقعیت‌های مختلف صورت گرفته است که هدف از این پژوهش‌ها یافتن راه‌حل‌های بهینه جهت کنترل انتشار سولفید هیدروژن با توجه به شرایط عملیاتی و بهره‌وری اقتصادی بوده است. کاهش غلظت سولفید فاضلاب به محدوده ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر و رساندن غلظت اکسیژن محلول فاضلاب به میزان بیش از ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر از جمله اهداف مورد نظر در اتخاذ روش مناسب کنترل کننده غلظت سولفید در فاضلاب به شمار می‌روند. در حال حاضر چندین تکنیک در پساب صنایع در سراسر جهان برای جلوگیری یا کنترل سولفید تولید شده در شبکه‌های فاضلاب استفاده می‌شود که اساس اغلب روش‌های پیش‌گیری و کنترل این است که از تولید H_2S جلوگیری بعمل آید و یا پس از تولید آن، قبل از ورود به فضای بالایی لوله از بین برده شود (Bertran و همکاران، ۲۰۰۷). به طور مثال برای جلوگیری از تولید H_2S بایستی از رشد باکتری‌های تولیدکننده H_2S ممانعت به عمل آید یا از بی‌هوازی شدن فاضلاب جلوگیری شود. با توجه به اینکه سولفید هیدروژن خسارات فراوانی به شبکه‌های فاضلاب می‌رساند، این مقاله مروری بر مطالعات صورت گرفته جهت کنترل تولید سولفید در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب می‌باشد و همچنین مزایا و معایب روش‌های استفاده شده در این مطالعات را هم بررسی می‌کند.

لوله از یک تا دو هفته می‌گردد. معمولاً به دلیل تأثیر جریان‌ات فرعی با pH خنثی و تولید اسیدهای آلی و گاز CO_2 حاصل از فعالیت‌های بیولوژیکی در فاضلاب، pH فاضلاب کاهش یافته که افزودن مستمر هیدروکسید سدیم به منظور جلوگیری از این امر، مقرون به صرفه نمی‌باشد. استفاده از این روش تشکیل H_2S را ۳ تا ۴ روز به تعویق می‌اندازد (EPA، ۱۹۷۴).

• میکروب‌خوار

اولین میکروب‌خوار در سال ۱۹۷۴ شناسایی شد و از آن زمان بالغ بر ۲۵۰ نوع ویروس شناسایی شده‌اند که می‌توان از آن‌ها برای از بین بردن باکتری‌هایی چون *Escherichia Coli* و *Enterobacter aerogenes* استفاده نمود. میکروب‌خوارها می‌توانند باکتری‌های اضافی را تا ۹۹٪ در عرض ۲ روز کاهش دهد. سوالی که مطرح می‌شود این است که آیا می‌توان میکروب‌خواری را پیدا کرد که SBR را به نحو موثری کاهش دهد؟ در صورت پیدا شدن چنین میکروب‌خواری با هزینه اندک می‌توان جمعیت باکتری‌های کاهش‌دهنده سولفات (SBR) را کنترل نمود. هر چند در صورت یافتن چنین میکروب‌خواری و

سولفید هیدروژن گازی سمی و بدبوئیست که در اثر تجزیه مواد آلی به خصوص آلبومین‌ها، به وجود می‌آید و به دلیل بوی بد به آسانی قابل تشخیص است. این گاز تحت شرایط بی‌هوازی و زمان ماند طولانی در شبکه‌های فاضلاب، از سولفات موجود در فاضلاب شهری به وجود می‌آید و سپس تبدیل به اسید سولفوریک می‌شود (Elmaleh و همکاران، ۱۹۹۸). در صورتی که میزان H_2S از حد استاندارد تعیین شده بیشتر باشد باعث ایجاد مشکلات بهداشتی و خسارات مالی فراوانی خواهد. بنابراین، کنترل تولید سولفید هیدروژن و اثرات آن در شبکه‌های فاضلاب از ملاحظات اصلی در طراحی شبکه محسوب می‌شود. میزان انتشار سولفید هیدروژن در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب به عوامل متعددی بستگی دارد که می‌توان به بالابودن غلظت سولفات و مواد آلی، دما، زمان ماند فاضلاب، pH، ORP^۲، سرعت جریان و مساحت سطح لوله اشاره کرد (ASCE، ۱۹۸۹؛ Delgado و همکاران، ۱۹۹۹؛ Pomeroy و Kienow، ۱۹۸۲؛ Nielsen و همکاران، ۲۰۰۶).

روش‌های نگهداری، بهره‌برداری و تصفیه برای جلوگیری از تولید سولفید یا حذف آن سال‌هاست که استفاده می‌شود. در طی ۱۰ سال گذشته (از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲) آزمایشات متعددی در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب انجام شده است (Lomas

روش‌های کنترل انتشار سولفید هیدروژن در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب

۱. حذف یا غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌های تولیدکننده سولفید هیدروژن

حذف یا غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌های تولید کننده سولفید هیدروژن با استفاده از افزایش pH، میکروب‌خوار و ترکیبات فرمالدهید یا پارافرمالدهید انجام می‌گیرد.

• افزایش pH فاضلاب

براساس تحقیقات انجام شده، غلظت گاز H_2S محلول در فاضلاب با افزایش pH فاضلاب کاهش یافته بطوریکه در pH بالاتر از ۹ مقدار H_2S ناچیز می‌باشد؛ زیرا در این حالت سولفید به صورت یونی (HS^-) موجود است. از جمله مواد قابل کاربرد در این روش می‌توان به هیدروکسید سدیم^۲ و هیدروکسید کلسیم^۳ اشاره نمود. عموماً تزریق هیدروکسید سدیم به فاضلاب موجب افزایش pH فاضلاب به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه گردیده و باعث غیرفعال شدن باکتری‌های احیاءکننده سولفات به سولفید در لایه لجن دیواره

قبل از استفاده آن، مطالعاتی باید بر روی اثر معکوس آن در سیستم‌های فاضلاب و محیط زیست انجام شود (Zhang و همکاران، ۲۰۰۸).

• فرمالدهید یا پارافرمالدهید

فرمالدهید به عنوان مهارکننده باکتری کاربرد دارد درحالیکه می‌تواند در واحدهای تصفیه فاضلاب برای تجزیه زیستی استفاده شود. پارافرمالدهید یک ماده شیمیایی ارزان و ایمن است که در بسیاری از مصارف صنعتی به عنوان جایگزین فرمالدهید به کار می‌رود. پارافرمالدهید در دمای اتاق در pH خنثی در محلول‌های آبی به فرمالدهید تبدیل می‌شود. فرمالدهید با آب واکنش داده و گاز متان دیول^۲ تشکیل می‌شود که با توجه به اینکه شبکه فاضلاب یک محیط بسته است، تبادل بین هوای شهری و فاز گازی در شبکه فاضلاب محدود می‌باشد و احتمال مسمومیت کارگران شبکه فاضلاب وجود دارد. بررسی‌های مقدماتی نشان داده است مقدار 20 mgL^{-1} فرمالدهید برای مهار تولید سولفید هیدروژن در مجاری فاضلاب مطلوب است. اما مطالعات بیشتری لازم است تا خطر فرمالدهید را برای محیط شهری و سلامتی کارگران بررسی شود (Zhang و همکاران، ۱۹۷۴؛ EPA، ۲۰۰۸).

۲. پیش‌گیری از تولید سولفید هیدروژن با افزودن مواد شیمیایی افزودن نیترات

نیترات می‌تواند به عنوان یک منبع تأمین‌کننده اکسیژن برای باکتری‌ها مورد مصرف قرار گیرد. باکتری‌های خاصی در فاضلاب وجود دارند که از نیترات‌ها به عنوان منبع تأمین اکسیژن مورد نیاز خود استفاده کرده و موجب احیاء آن به گاز نیتروژن در شرایط بی‌هوازی می‌گردند. اصولاً برای احیاء سولفات به سولفید در فاضلاب، محیط باید عاری از اکسیژن محلول، نیترات و سایر عوامل اکسیدکننده باشد؛ بنابراین در صورت وجود نیترات‌ها در فاضلاب عمل احیاء بیولوژیکی سولفات به سولفید رخ نخواهد داد. Allen در سال ۱۹۹۴ بیان نمود افزودن 1 gL^{-1} نیترات به شبکه جمع‌آوری فاضلاب از تولید سولفید برای حداقل ۲۹ روز جلوگیری می‌کند. این پیش‌گیری به افزایش پتانسیل اکسیداسیون احیا ناشی از وجود نیترات مربوط می‌شود (Zhang و همکاران، ۲۰۰۸). علاوه بر این ترکیبات نیترات در نتیجه افزایش pH باعث ایجاد قلیانیت در شبکه می‌شود که این عمل موجب جلوگیری از انتشار H_2S در اتمسفر شبکه می‌شود (Bertran و همکاران، ۲۰۰۷). معمولاً نیترات بصورت نیترات سدیم به فاضلاب افزوده می‌گردد که براساس تحقیقات انجام گرفته نسبت وزنی نیترات سدیم مورد نیاز ۱۰ برابر سولفید برای اکسید نمودن سولفید برآورد گردیده است.

۳. پیش‌گیری از تولید سولفید هیدروژن با انتقال هوا و سیستم‌های تأمین‌کننده هوا

پیش‌گیری از تولید سولفید با این روش با استفاده از هوادهی، تزریق اکسیژن و تهویه شبکه فاضلاب انجام می‌شود.

• هوادهی

تولید سولفید در فاضلاب بر اثر احیاء بی‌هوازی سولفات به سولفید توسط باکتری‌های احیا کننده سولفات انجام می‌پذیرد. معمولاً اگر غلظت اکسیژن محلول فاضلاب بیش از ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد، فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی محدود گشته و میزان تولید سولفید در فاضلاب تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد. بدین منظور هوادهی فاضلاب می‌تواند از پیدایش شرایط بی‌هوازی جلوگیری نموده و موجب بالا بردن غلظت اکسیژن محلول فاضلاب شود. این روش نیازمند تجهیزات لازم برای تزریق هوای فشرده به درون فاضلاب بوده که پر هزینه می‌باشد. از طرفی ایجاد تلاطم در جریان فاضلاب بر اثر هوادهی موجب آزاد شدن گاز سولفید هیدروژن به فضای خالی شبکه‌های فاضلاب گردیده که این عمل باعث تسریع خوردگی شبکه‌های فاضلاب می‌گردد. بنابراین این روش در شبکه‌های فاضلاب ثقلی مقرون به صرفه نبوده ولی برای شبکه‌های فاضلاب پر که به دلیل شرایط بی‌هوازی سولفید زیادی در آن‌ها تولید می‌گردد، روش قابل کاربرد به حساب آمده که موجب کاهش BOD^3 فاضلاب نیز می‌گردد (Bertran و همکاران، ۲۰۰۷).

• تزریق اکسیژن

به دلیل آن که حلالیت اکسیژن خالص ۵ برابر حلالیت هوا در آب می‌باشد، می‌توان با تزریق اکسیژن غلظت اکسیژن محلول فاضلاب را افزایش داد. با توجه به آن که حلالیت اکسیژن در فاضلاب با ازدیاد فشار افزایش می‌یابد، این روش برای لوله‌های تحت فشار روش مناسبی می‌باشد. استفاده از اکسیژن خالص به عنوان روش کنترل سولفید در شبکه‌های جمع‌آوری تحت فشار مفید است؛ زیرا انحلال اکسیژن در فشارهای بالاتر بیشتر است. معایب اکسیژن خالص عبارت است از اینکه فقط برای شبکه‌های اصلی تحت فشار کاربردی است و اکسیژن خالص خطر آتش‌سوزی را در بردارد (EPA، ۱۹۷۴). براساس تحقیقات انجام گرفته به منظور اکسیداسیون سولفید محلول در فاضلاب و نیز پایداری شرایط هوازی در فاضلاب، نسبت وزنی اکسیژن ۵ برابر سولفید است (Bertran و همکاران، ۲۰۰۷).

• تهویه شبکه‌های فاضلاب

تهویه شبکه‌های فاضلاب عمدتاً از طریق منهل‌ها صورت

نه تنها باعث حذف سولفید محلول فاضلاب جاری در فاضلاب شبکه می‌گردد، بلکه سبب جلوگیری از تولید سولفید به مدت نیم تا یک ساعت به شرط حضور کلر باقی مانده در پایین دست جریان خواهد شد.

• پراکسید هیدروژن

روش دیگری که برای افزایش غلظت اکسیژن محلول فاضلاب استفاده می‌شود افزودن پراکسید هیدروژن^۴ به فاضلاب بوده که با سولفید محلول در فاضلاب واکنش نشان داده و به آب و اکسیژن تجزیه می‌گردد؛ بنابراین شرایط هوازی حفظ می‌شود. نسبت پراکسید هیدروژن $4 - 1/3 \text{ mgH}_2\text{O}_2\text{L}^{-1}$ به 1 mgSL^{-1} است. حذف متوسط ۸۵-۱۰۰ درصد سولفید است (جدول ۱). نسبت وزنی پراکسید هیدروژن به سولفید برای اکسید نمودن سولفید محلول فاضلاب بین ۱ تا ۵ متغیر بوده که بستگی به عواملی نظیر کیفیت فاضلاب، غلظت سولفید محلول و فاصله زمانی بین هر تزریق به فاضلاب دارد. مدت زمان واکنش پراکسید هیدروژن با سولفید محلول در فاضلاب بین ۱۵ تا ۲۰ دقیقه بوده که در غلظت‌های سولفید کمتر از یک میلی‌گرم بر لیتر این زمان کاهش می‌یابد. تأمین اکسیژن از این طریق روشی پر هزینه بوده که به دلیل تجهیزات ساده و سهولت نصب در مواردی که مقدار اکسیژن مورد نیاز برای فاضلاب زیاد نباشد روش نسبتاً مناسبی می‌باشد. همچنین H_2O_2 دارای طول عمر کوتاه (کمتر از ۹۰ دقیقه) است (EPA, ۱۹۷۴)؛ بنابراین لازم است مواد شیمیایی به نقاط مختلف شبکه فاضلاب اضافه شود (Zhang و همکاران، ۲۰۰۸).

• نمک آهن

با افزودن نمک‌های آهن نظیر کلرید آهن دوزفریتی، کلرید آهن سه‌ظرفیتی و سولفات آهن به فاضلاب، یون‌های آهن با سولفید محلول در فاضلاب ترکیب گشته و به شکل سولفید آهن رسوب می‌نماید. براساس مطالعات انجام شده توسط Pomeroy و Bowlus در سال ۱۹۴۶ ثابت شد که افزودن مخلوطی از نمک‌های آهن سه‌ظرفیتی و دوزفریتی به نسبت وزنی ۲ به ۱ به فاضلاب موثرتر از افزودن جداگانه این نمک‌ها به منظور انعقاد سولفید محلول در فاضلاب می‌باشد. براساس تحقیقات انجام شده نسبت وزنی آهن مورد نیاز ۴ تا ۱۵ برابر سولفید (بین ۱ : ۴ تا ۱ : ۱۵)، برای انعقاد سولفید فاضلاب، برآورد گردیده است که در صورتیکه از سولفات آهن دوزفریتی به عنوان ماده منعقدکننده سولفید در فاضلاب استفاده شود نسبت وزنی سولفات آهن مورد نیاز ۴/۵ برابر سولفید محلول فاضلاب پیشنهاد شده است (EPA, ۱۹۷۴).

می‌گیرد. بنابراین باید درجه منهل‌ها بخصوص در شبکه‌های فاضلاب اصلی به طریقی طراحی شود که ورود و خروج هوا از آن‌ها به سهولت صورت گیرد. عمل تهویه از دو راه موجب کاهش خوردگی ناشی از سولفید هیدروژن در شبکه‌های فاضلاب می‌گردد که عبارتند از اینکه تهویه موجب تازه شدن هوای داخل شبکه‌های فاضلاب و کاهش غلظت سولفید هیدروژن در فضای خالی شبکه‌های فاضلاب می‌گردد و همچنین تهویه موجب کاهش رطوبت سطحی موجود بر روی تاج و دیواره شبکه‌های فاضلاب گردیده که این امر باعث کاهش فعالیت باکتری‌های هوازی برای اکسید نمودن سولفید هیدروژن به اسیدسولفوریک می‌گردد (EPA, ۱۹۷۴).

۴. حذف شیمیایی سولفید هیدروژن

حذف سولفید هیدروژن با استفاده از ترکیبات شیمیایی پرمنگنات پتاسیم، کلر، پراکسید هیدروژن و نمک آهن انجام می‌گیرد.

• پرمنگنات پتاسیم

پرمنگنات پتاسیم^۵ یکی از اکسیدکننده‌های قوی می‌باشد که سولفید را به سولفات تبدیل می‌کند و معمولاً به صورت خشک تهیه می‌شود اما به صورت محلول در آب استفاده می‌شود. واکنش بین پرمنگنات پتاسیم با سولفید بستگی به pH فاضلاب دارد. سرعت این واکنش‌ها بسیار سریع (کمتر از یک دقیقه) می‌باشد. همچنین در شرایطی که کنترل فوری بو در فاضلاب تأسیسات لازم باشد از این روش می‌توان استفاده نمود. نقص این روش هزینه بالای آن است ($22 - 18/9 \text{ kg}^{-1} \text{ S}$ یورو) (جدول ۱). براساس تحقیقات انجام شده نسبت وزنی پرمنگنات پتاسیم ۶/۵ برابر سولفید برای اکسیداسیون سولفید محلول در فاضلاب برآورد گردیده است که به دلیل پر هزینه بودن آن کاربرد این روش در موارد خاص کنترل سولفید در فاضلاب توصیه می‌گردد (EPA, ۱۹۷۴).

• کلر

کلر را معمولاً هم می‌توان به صورت گاز و هم به صورت هیپوکلریت به فاضلاب اضافه نمود. به طور معمول در مواردی که میزان کلر مورد نیاز برای اکسید نمودن سولفید فاضلاب به سولفات کم باشد، از فرم هیپوکلریت استفاده می‌شود. براساس تحقیقات انجام گرفته، نسبت وزنی کلر ۱۰ تا ۱۵ برابر (بین ۱ : ۱۰ تا ۱ : ۱۵) سولفید برای اکسیداسیون سولفید فاضلاب برآورد گردیده است. کلرزنی فاضلاب روش مناسب برای کاهش غلظت سولفید در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به شمار می‌رود. افزودن کلر در نقاط بالادست جریان

جدول ۱- خلاصه مطالب مربوط به تکنولوژی‌های شیمیایی و زیستی برای کنترل سولفید هیدروژن در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب (Zhang و همکاران، ۲۰۰۸)

مواد شیمیایی	نسبت مواد شیمیایی به سولفید (وزنی/وزنی) S(w/w) ^a	مقیاس و حجم راکتور	غلظت سولفید در جریان رو به بالا (mgSL ⁻¹) میلی‌گرم بر لیتر سولفید	حذف متوسط سولفید (%)	هزینه (€kg ⁻¹ S) ^b یورو بر کیلوگرم سولفید	مراجع
Nutriox ^{TMc}	۱ : ۰/۳۶	۵۰,۰۰۰ m ³ d ⁻¹ مقیاس واحد	۷۰/۰	۶۸-۹۵	۰/۹	Garcia De Lomas و همکاران (۲۰۰۵)
Ca(NO ₃) ²	۱ : ۱/۹۲	۲۰۰۰ m ³ d ⁻¹ مقیاس واحد	۲/۶	۱۰۰	۴/۴	Rodriguez-Gomez و همکاران (۲۰۰۵)
FeCl ₂ , 4H ₂ O	۱ : ۶/۰-۷/۰	مقیاس واحد ۵۹,۰۰۰ m ^{3c}	بیشتر از ۴/۰	۹۰	۲۲/۴-۲۶/۱	US EPA (۱۹۹۱)
FeSO ₄ , 7H ₂ O	۱ : ۱/۷	مقیاس واحد ۲۵,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۱۸/۰-۲۵/۰	۹۵-۹۷	۴/۸	Abdullah و Tomar (۱۹۹۴)
FeClSO ₄	۱ : ۱/۲	مقیاس واحد ۲۵,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۱۸/۰-۲۵/۰	۸۸-۹۸	۴/۵	Abdullah و Tomar (۱۹۹۴)
FeCl ₂ and FeCl ₃ ^d	۱ : ۲/۵	مقیاس واحد ۷۵,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۶/۴	۹۷	۷/۲	Padival و همکاران (۱۹۹۵)
FeCl ₃	۱ : ۱/۵	مقیاس آزمایشگاهی ۳/۰۰	۳/۸	۱۰۰	۳/۷	Nielsen و همکاران (۲۰۰۵c)
H ₂ O ₂	۱ : ۴/۵	مقیاس واحد ۷۶,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۱۵/۰	۸۵-۹۰	۱۰/۶	Snyder و Waltrip (۱۹۸۵)
H ₂ O ₂	۱ : ۱/۵-۱/۶	مقیاس واحد ۲۰۰۰ m ^{3c}	۸/۵	۹۰-۹۵	۴/۲-۴/۵	US EPA (۱۹۹۱)
H ₂ O ₂	۱ : ۱/۳	مقیاس واحد ۲۵,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۲۰/۰	۸۷-۱۰۰	۳/۵	Abdullah و Tomar (۱۹۹۴)
Cl ₂	۱ : ۹/۰	مقیاس واحد ۹۰,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۱۸/۰	۱۰۰	۲/۷	Snyder و Waltrip (۱۹۸۵)
Cl ₂	۱ : ۱۰/۰-۱۵/۰	-	-	-	۲/۸-۴/۲	US EPA (۱۹۹۱)
NaClO	۱ : ۲/۰	مقیاس واحد ۲۵,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۲۰/۰	۹۶-۱۰۰	۲/۶	Abdullah و Tomar (۱۹۹۴)
Ca(ClO) ₂	۱ : ۱/۸	مقیاس واحد ۲۵,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۲۰/۰	۹۳-۱۰۰	۱/۹	Abdullah و Tomar (۱۹۹۴)
NaClO and NaOH ^d	۱ : ۱/۰	مقیاس واحد ۲۵,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۱۸/۲	۱۰۰	۱/۹	Abdullah و Tomar (۱۹۹۴)
KMnO ₄	۱ : ۶/۰-۷/۰	-	-	-	۱۸/۹-۲۲/۰	US EPA (۱۹۹۱)
NaNO ₃	۱ : ۶/۷	مقیاس آزمایشگاهی ۰/۰۵ L	۵۴/۰	۱۰۰	۱۲/۲	Jenneman و همکاران (۱۹۸۶)
NaNO ₃	۱ : ۰/۱۸	مقیاس آزمایشگاهی ۱/۳۷ L	۳۵/۰	۶۵	۰/۴	Okabe و همکاران (۲۰۰۳)
NaNO ₃	۱ : ۱/۳۷	مقیاس آزمایشگاهی ۱/۰۰ L	۱۰/۲	۱۰۰	۲/۵	Okabe و همکاران (۲۰۰۳)
NaNO ₃	۱ : ۱/۴-۴/۶	مقیاس آزمایشگاهی ۳/۰۰ L	۲/۵-۳/۵	۹۰-۹۵	۲/۵-۸/۳	Yang و همکاران (۲۰۰۵)
Nutriox ^{TMc}	۱ : ۰/۸۸	مقیاس واحد ۳۷۰۰ m ³ d ⁻¹	۵/۱	۶۳-۹۵	۲/۱	Bentzen و همکاران (۱۹۹۵)
Nutriox ^{TMc}	۱ : ۰/۶۰	مقیاس پایلوت ۲۰۰ L	۹/۶	۹۵	۱/۵	Yang و Hobson (۲۰۰۰)
Nutriox ^{TMc}	۱ : ۲/۵۰	مقیاس واحد ۱۵,۰۰۰ m ³ d ⁻¹	۷۰/۰	۹۵-۱۰۰	۶/۰	Einarsen و همکاران (۲۰۰۰)

FeCl₂ . 4H₂O: € 105 (100 kg)⁻¹; FeSO₄ . 7H₂O: € 80 (100kg)⁻¹; FeClSO₄: € 111 (100kg)⁻¹; FeCl₃: € 85 (100kg)⁻¹; H₂O₂ (27.5%): € 73 (100kg)⁻¹; Cl₂ (99.6%): € 28 (100kg)⁻¹; NaClO: € 127 (100kg)⁻¹; Ca(ClO)₂: € 101 (100kg)⁻¹; NaOH: € 205 (100kg)⁻¹; KMnO₄: € 315 (100kg)⁻¹; NaNO₃: € 35 (100kg)⁻¹; NutrioxTM: € 21 (100kg)⁻¹; Ca(NO₃)₂ . 4H₂O: € 34(100kg)⁻¹.

^a برای نمک‌های آهن، نرخ به (W/W) S؛ برای نمک‌های نیترات، نرخ NO₃⁻ -N به (W/W) S؛ برای دیگر مواد شیمیایی، نرخ شیمیایی به (W/W) S.

^b هزینه‌های مواد شیمیایی فراهم شده توسط Ireland, China and Industrial Limited, Wuhan industrial Co. Ltd, Belgium, VWR Inc, Brenntag NV Co.Ltd.

^c کل حجم لوله‌های فاضلاب

^d نرخ FeCl₃ به FeCl₂ ۱/۹: ۱. نرخ NaClO به NaOH ۳/۵: ۱.

در حال حاضر، فن‌آوری‌های متعددی توسط کارشناسان صنایع فاضلاب در سراسر جهان برای کنترل سولفید هیدروژن در شبکه‌های فاضلاب استفاده شده است. اساس اغلب روش‌های پیش‌گیری و کنترل این است که از تولید H_2S جلوگیری گردد و یا پس از تولید آن و قبل از ورود به فضای بالای لوله، اکسیداسیون انجام گیرد که در این صورت تحت کنترل در خواهد آمد. در این پژوهش به بررسی روش‌های موثر برای کنترل سولفید در شبکه‌های فاضلاب پرداخته شد که نتایج زیر حاصل از این پژوهش می‌باشد. روش‌های موثری برای کنترل تولید سولفید وجود دارد که برخی از این روش‌ها ممکن است مناسب‌تر و کارآمدتر از دیگر روش‌ها باشد که بستگی به ویژگی‌های فاضلاب در شبکه موجود دارد. مواد شیمیایی از قبیل نیترات و نمک آهن با موفقیت آزمایش شده و می‌تواند برای لوله‌های موجود به دلیل قابلیت سازگاریشان توصیه شود. هر چند شرایط محلی برای پیش‌ارزیابی پتانسیل سولفید ملاک قرار داده می‌شود، علاوه براین باید میزان مصرف مواد شیمیایی و هزینه در انتخاب مواد شیمیایی در نظر گرفته شود. مشکل اصلی روش‌های کنترل انتشار سولفید هیدروژن هزینه است. بنابراین روش‌های مقرون به صرفه و

سودمندی برای کنترل انتشار سولفید هیدروژن در شبکه‌های فاضلاب لازم است. در این پژوهش مزایا و معایب روش‌های موجود برای کنترل خوردگی در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و ایستگاه‌های پمپاژ بررسی شده، جمع‌بندی آن در جدول (۲) ارائه شده است. این تحقیق استفاده از فرمالدهید، MgO_2/CaO_2 ، MFC، ها، نیترات و میکروب‌خوارها را سودمند می‌داند. فرمالدهید ماده شیمیایی مقرون به صرفه‌ای است که می‌تواند تولید سولفید را در شبکه فاضلاب مهار کند. اکسیژن فاز جامد مهار بلند مدت SBR را سبب می‌شود. برای MFCها سیستم الکتریسته متناوب تولید می‌شود در حالیکه از تولید سولفید می‌توان جلوگیری کرد. میکروب‌خوارها که SBR را به نحو موثری کاهش می‌دهند مقرون به صرفه‌اند، زیرا در فاضلاب تکثیر می‌شوند. اضافه نمودن نیترات به محیط، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء فاضلاب را افزایش داده و همین امر نیز منجر به عدم تولید سولفید هیدروژن می‌گردد. پس می‌توان استفاده موثر و مقرون به صرفه از ترکیبات شیمیایی و سایر عوامل کنترل‌کننده به منظور بر طرف نمودن سولفید هیدروژن در شبکه فاضلاب را راه حلی مناسب دانست که می‌تواند دو نتیجه به همراه داشته باشد، نخست حفاظت از شبکه‌های فاضلاب در برابر خوردگی و سپس رسیدن به محیط‌زیستی سالم و عاری از بو است.

جدول ۲- مزایا و معایب روش‌های موجود برای کنترل خوردگی در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و ایستگاه‌های پمپاژ

سرفصل	روش	مراجع	مزایا	معایب
حذف یا غیر فعال کردن	بالا بردن pH به بالای ۸/۵ با افزودن مواد قلیایی از قبیل هیدروکسید سدیم	Jensen (۱۹۹۰)	در مواردی که کاهش بوی محلی مورد نیاز است موثر است.	تنها به صورت محلی موثر است/ افزودن pH تا حدود ۹ پر هزینه است/ افزایش نمک‌های نامحلول
میکروارگانیزم های تولید کننده سولفید هیدروژن	استفاده از میکروب خوارها به منظور کاهش SBR افزودن فرمالدهید یا پارافرمالدهید به عنوان مهار کننده باکتری‌ها	Zhang و همکاران (۲۰۰۸)	از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است/ در فاضلاب سریع تکثیر می‌یابند.	اثر نامطلوب بر سیستم‌های لجن فعال و محیط زیست
پیش‌گیری از تولید سولفید هیدروژن با افزودن مواد شیمیایی	Bertran و همکاران (۲۰۰۷)؛ Bentzen و همکاران (۱۹۹۵)؛ Abdullah و Tomar (۱۹۹۴)	یک اقدام پیش‌گراانه محسوب می‌شود/ ایجاد قلیائیت در شبکه در نتیجه افزایش pH جلوگیری از شرایط بی‌هوازی/ نسبتاً ارزان/ نفوذ کامل به بیوفیلم شبکه	ماده شیمیایی ارزان و ایمن	ایجاد ترکیب سمی

ادامه جدول ۲- مزایا و معایب روش‌های موجود برای کنترل خوردگی در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و ایستگاه‌های پمپاژ

سرفصل	روش	مراجع	مزایا	معایب
پیش‌گیری از تولید سولفید هیدروژن با انتقال هوا و سیستم‌های تامین‌کننده هوا	افزایش غلظت DO توسط هوا (یا اکسیژن خالص) برای جلوگیری از شرایط بی‌هوازی و تسریع در اکسیداسیون سولفید در حجم کلی فاضلاب	Takatoshi و همکاران (۱۹۹۸)؛ Derek (۱۹۹۵)؛ USEPA (۱۹۸۵)؛ Holder و Tanaka (۱۹۹۴)؛ Leow و Takenaka (۱۹۹۵)	هوا به راحتی در دسترس است/ بدون نیاز به انتقال/ از هیچ مواد شیمیایی استفاده نمی‌شود/ بدون تشکیل محصول جانبی منفی/ ممکن است کیفیت فاضلاب پس از رسیدن به تصفیه‌خانه بهبود یابد	حلالیت کم اکسیژن در آب باعث می‌شود اثر محلی داشته باشد در نتیجه چندین نقطه تزریق مورد نیاز است/ نیازمند انرژی و نگهداری بالاست
	هوادهی شبکه فاضلاب به منظور اکسیداسیون سولفید به سولفات و جلوگیری از شرایط بی‌هوازی	Zhang و همکاران (۲۰۰۸)؛ Bertran و همکاران (۲۰۰۷)	کاهش BOD در شبکه فاضلاب/ بدون مسمومیت/ کاهش رطوبت شبکه	انتقال محدود اکسیژن/ برای لوله‌های با قطر بالا اقتصادی است
	تهویه شبکه‌های فاضلاب	Zhang و همکاران (۲۰۰۸)؛ Bertran و همکاران (۲۰۰۷)	کاهش رطوبت سطحی تاج و دیواره تازه شدن هوای داخل شبکه- کاهش فعالیت باکتری‌های هوازی- جلوگیری از تجمع گازهای سمی	در آب و هوای گرم و مرطوب نقش مطلوبی ندارد/ باعث انتشار گاز در فضای شهری
حذف شیمیایی سولفید هیدروژن	افزودن پرمنگنات به منظور اکسیداسیون H_2S قبل از ورود به اتمسفر شبکه فاضلاب	Zhang و همکاران (۲۰۰۷)؛ Sercombe؛ Boon (۱۹۹۵)؛ Charron (۱۹۹۵)؛ همکاران (۲۰۰۴)	راندمان حذف H_2S بالاست/ بدون املاح و محصولات جانبی/ واکنش بسیار سریع اتفاق می‌افتد/ در شرایط اسیدی و قلیایی به عنوان اکسید کننده عمل می‌کند.	این روش هزینه بالایی دارد/ باعث ایجاد غلظت قابل توجهی از MnO_2 در فاضلاب می‌شود که خود آلودگی محسوب می‌شود
	افزودن پرکسید هیدروژن به منظور افزایش غلظت اکسیژن محلول		افزایش میزان DO فاضلاب تا ۹ mg/l/ حفظ شرایط هوازی/ حذف سولفید ۸۵-۱۰۰ درصد/ به عنوان باکتری‌ساید برای SBR عمل می‌کند	به دلیل خطرات حمل و نقل و هزینه بالا بسیار رایج نیست/ طول عمر کوتاه دارد
	افزودن کلر به منظور حفظ شرایط هوازی و اکسید نمودن سولفید به سولفات		اکسیدکننده قوی است/ راندمان حذف H_2S و دیگر ترکیبات آلی بالاست	هزینه بالایی دارد/ گازی سمی است/ منجر به تشکیل ترکیبات کلر می‌شود
	افزودن نمک‌های آهن، Ferric یا Ferrous یا ترکیبی از هردو $FeCl_3$ ، $Fe(Cl)_2$ ، $Fe(NO_3)_3$ ، $Fe(SO_4)_3$ برای رسوب دادن سولفید	Poulton و همکاران (۲۰۰۲)؛ Padival و همکاران (۱۹۹۵)	نسبتاً ارزان/ فاقد محصول جانبی مضر/ کمک به کاهش غلظت فسفر محلول، سمی نیست/ نمک‌های فریک پتانسیل اکسیداسیون احیا را به بالای +۸۰ میلی ولت می‌رسانند	ممکن است آنیون‌های نامطلوب به آب اضافه شود/ ممکن است ناخواسته باعث لخته‌سازی و رسوب در شبکه شود/ ممکن است با ترکیبات فسفر ته‌نشین شود.

پی‌نوشت

- 1- Microbial fuel cells (MFCs)
- 2- Oxidation Reduction Potential
- 3- NaOH
- 4- $Ca(OH)_2$
- 5- Sulfate reducing bacteria (SBR)
- 6- $CH_2(OH)_2$
- 7- Biochemical Oxygen Demand (BOD)

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از مساعدت شرکت آب و فاضلاب مشهد خصوصاً مدیریت محترم عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد دکتر سید علیرضا طباطبائی تشکر و قدردانی می‌کنند.

- Recent findings on sinks for sulfide in gravity sewer networks. *Water Sci. Technol.* 52: Sewerage Systems. US Environmental Protection Agency Technology Transfer Office, Washington, DC EPA-625/1-74-005.
- Nielsen A.H., Vollertsen J. and Hvitved-Jacobsen T. 2005c. Kinetics and stoichiometry of sulfide oxidation by sewer biofilms. *Environ. Water Res.* 39: 4119–4125.
- Sercombe DCW. 1995. The control of septicity and odors in sewerage systems and at sewage treatment works operated by Anglian Water Services Limited. *Water Sci Technol*, 31(7): 283–292.
- Takatoshi O., Mitsuo K. and Syuji T. 1998. Controlling sulphide generation in force mains by air injection. *Water Sci Technol*, 37(1): 87–95.
- Tanaka N. and Takenaka K. 1995. Control of hydrogen sulfide and degradation of organic matter by air Injection into a wastewater force-main. *Water Sci Technol*, 31(7): 273–282.
- Tomar M. and Abdullah T.A. 1994. Evaluation of chemicals to control the generation of malodorous hydrogen sulfide in waste water. *Water Res*, 28(12): 2542–2552.
- Pomeroy R.D. and Bowlus F. 1946. Progress report on sulfide control research. *Sewage Works J.*, 18: 597–640.
- Pomeroy R.D. and Kienow K.E. 1982. Prediction of Sulfide Buildup in Sanitary Sewers. *Journal of Environmental Engineering Division*, 108(5): 941–956.
- Padival N.A., Kimbell W.A. and Redner J.A. 1995. Use iron salts to control dissolved sulfide in trunk sewers. *J Environ Eng ASCE*, 121(11): 824–829.
- Poulton W.S., Krom M.D., Rijn J.V. and Raiswell R. 2002. The use of hydrous iron (III) oxides for the removal of hydrogen sulphide in aqueous systems. *Water Res*, 3(6): 825–834.
- Rodriguez-Gomez L.E., Delgado S., Alvarez M. and Elmaleh S. 2005. Inhibition of sulfide generation in a reclaimed wastewater pipe by nitrate dosage and denitrification kinetics. *Water Environ. Res.* 77: 193–198.
- US Environmental Protection Agency (EPA). 1974. Process Design Manual for Sulfide Control in Sanitary Sewerage Systems. US Environmental Protection Agency Technology Transfer Office. Washington. DC EPA- 625/1-74-005.
- US Environmental Protection Agency (EPA). 1991. Hydrogen sulphide corrosion in wastewater collection and treatment system. Technical Report, 430/09-91-010.
- USEPA. 1985. Design manual for odor and corrosion control in sanitary sewerage systems and treatment plants. Center for Environmental Research Information, USEPA. Office of Research and Development. Cincinnati; EPA/625/1-85/018.
- Waltrip G.D. and Snyder G.E. 1985. Elimination of odor at six major wastewater treatment plants. *J. WPCF*, 57: 1027–1032.
- Yang W., Vollertsen J. and Hvitved-Jacobsen T. 2005. Anoxic sulfide oxidation in wastewater of sewer networks. *Water Sci, Technol*, 52(30): 191–199.
- Zhang L., DeSchryver P., DeGusseme B., DeMuynck W., Boon N. and Verstraete W. 2008. Chemical and biological technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems: A review. *Water Research*, 42(1-2): 1–12.
- ASCE. 1989. Sulfide in Wastewater Collection and Treatment Systems. Manuals and Reports on Engineering Practice. American Society of Civil Engineers, New York 69.
- Bertran de Lis F., Saracevic E. and Matsché N. 2007. Control of Sulphide problems in pressure sewers. Institute for Water Quality, Resources and Waste Management Vienna University of Technology. SESSION 4.3. A - 1040 Vienna, Karlsplatz 13/E 226, Austria.
- Bentzen G., Smith AT., Bennett D., Webster NJ., Reinholt F., Sletholt E. and Hobson J. 1995. Controlled dosing of nitrate for prevention of H₂S in a sewer network and the effects on the subsequent treatment processes. *Water Sci Technol*, 31(7): 293–302.
- Boon A.G. 1995. Septicity in sewers: causes, consequences and containment. *Water Sci Technol*, 31(7): 237–253.
- Charron I., Feliers C., Couvert A., Laplanche A., Patria L. and Requieme B. 2004. Use of hydrogen peroxide in scrubbing towers for odor removal in wastewater treatment plants. *Water Sci Technol*, 50(4): 267–74.
- Derek CWS. 1995. The control of septicity and odours in sewerage systems and at sewage treatment works operated by Anglian water service limited. *Water Sci Technol*, 31(7): 283–272.
- Delgado S., Alvarez M., Rodriguez-Gomez L.E. and Aguiar E. 1999. H₂S generation in a reclaimed urban wastewater. *J. Water Res*, 33(2): 539–547.
- Einarsen A.M., Æsøy A., Rasmussen A., Bungum S. and Sveberg M. 2000. Biological prevention and removal of hydrogen sulphide in sludge at Lillehammer wastewater treatment plant. *Water Sci, Technol*, 41 (6): 175–187.
- Elmaleh S., Delgado S., Alvarez M., Rodriguez-Gomez L.E. and Aguilar E. 1998. Forecasting of H₂S build-up in a reclaimed wastewater pipe. *J. Water Sci. & Tech*, 10: 241–248.
- Garcia De Lomas J., Corzo A., Gonzalez J.M., Andrades J.A., Iglesias E. and Montero M.J. 2005. Nitrate promotes biological oxidation of sulfide in wastewater: experiment at plant-scale. *Biotechnol. Bioeng*, 93 (4): 801–811.
- Hobson J. and Yang G. 2000. The ability of selected chemicals for suppressing odor development in rinsing mains. *J. Water Sci. & Tech*, 41(6): 165–173.
- Holder GA. and Leow JM. 1994. In-sewer oxygenation of wastewater using venturi side-stream dissolvers. *Water Sci Technol*, 30(1): 185–194.
- Jensen A. 1990. How Tempe controls manhole odors. *Public works*, 121(4): 57–58.
- Lomas J.G., Corzo A., Gonzalez J. M, Andrades J.A., Iglesias E. and Montero M.J. 2005. Nitrate promotes biological oxidation of sulfide in wastewaters: experiment at plant-scale. *J. Biotech. Bio-eng*, 93(4): 801–811.
- Okabe S., Ito T., Satoh H. and Watanabe Y. 2003. Effect of nitrite and nitrate on biogenic sulfide production in sewer biofilms determined by the use of microelectrodes. *Water Sci, Technol*, 47(11): 281–288.
- Nielsen, A.H., Hvitved-Jacobsen T. and Vollertsen J. 2006.

Comparison of effective rainfall estimation methods in agriculture

N. Khaleghi

MSc. of Agrometeorology, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Email: khaleghinushin@yahoo.com

Received: 17-5-2015

Accepted: 28-12-2015

مقایسه روش‌های برآورد بارش مؤثر در کشاورزی

نوشین خالقی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

E-Mail: khaleghinushin@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۷

Abstract

The Part of precipitation that directly meets the water requirements of a plant, is termed the effective rainfall. Effective rainfall estimation methods consist of: direct measurement, empirical methods, and soil-water balance modeling. Due to the high costs of measurements and storing devices such as lysimeter, empirical and balance methods are most commonly used to estimate the effective rainfall. In this paper, as well as introducing the main methods of effective rainfall estimation, the benefits, drawbacks, and applications of each method are discussed. Based on the reported literature, the balance method, in spite of its need for exact data regarding the physical elements, after the direct measurement methods, has the most accuracy. The potential evapotranspiration ratio method is the most effective approach for basic projects. The Renfrew equation because it is very empirical, is therefore not a suitable method. The USDA method is also not appropriate for areas where the quantity of rainfall is more than the potential evapotranspiration rate. The highest effective rainfall amount is given by the USDA method and the lowest level is given by the Reliable method. In addition, the results of the empirical approaches, as well as the US Soil Conservation Service, US Department of Agriculture and Percentage method give similar results. In arid and semi-arid areas, the potential evapotranspiration to precipitation method and the soil conservation department of the United States provide the best results. In wet areas, the Reliable method is chosen as the most appropriate approach to planning because it provides more realistic values.

Keywords: water requirement, effective rainfall, lysimeter, experimental methods, balance.

چکیده

قسمتی از بارش که مستقیماً جوابگوی نیاز آبی گیاه است، بارش مؤثر نام دارد. روش‌های برآورد بارش مؤثر عبارتند از: اندازه‌گیری مستقیم، روش‌های تجربی و مدل بیلان آب در خاک. به دلیل هزینه‌های زیاد اندازه‌گیری و نگهداری ادواتی چون لایسیمتر، معمولاً از روش‌های تجربی و بیلان برای برآورد بارش مؤثر استفاده می‌شود. در این مقاله، ضمن معرفی روش‌های عمده برآورد باران مؤثر، مزایا، معایب و موارد کاربرد هر یک از روش‌ها ارائه شده است. براساس مطالعات انجام شده، روش بیلان علیرغم نیازمندی به داده‌های دقیق از اجزای فیزیکی، بعد از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم بیشترین دقت را دارد. روش نسبت تبخیر-تعرق پتانسیل به بارش، مؤثرترین روش برای طرح‌های اولیه و ابتدایی است. معادله رنفرو بدلیل اینکه بسیار تجربی می‌باشد، روش نامناسبی است. روش USDA^۱ نیز در حوضه‌هایی که مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل بیشتر از مقدار بارش است، مناسب نمی‌باشد. بارش مؤثر به روش USDA بیشترین مقادیر را بدست داده و کمترین آن مربوط به روش بارش قابل اطمینان است. بعلاوه، روش‌های فرمول تجربی، سرویس حفاظت خاک آمریکا، وزارت کشاورزی ایالات متحده و روش درصدی نتایج نزدیک به هم را ارائه خواهند داد. در مناطق خشک و نیمه خشک، روش‌های نسبت تبخیر-تعرق پتانسیل به بارندگی و اداره حفاظت خاک ایالات متحده بهترین نتیجه را می‌دهند. در مناطق مرطوب نیز روش بارش قابل اطمینان به عنوان روش مناسب انتخاب گردیده است تا برنامه‌ریزی‌ها بر مبنای مقادیر واقعی‌تر انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبی، بارش مؤثر، لایسیمتر، روش‌های تجربی، بیلان.

روش‌های معادله رنفرو، USDA، SCS، درصدی و بارش قابل اطمینان، روش SCS برای برآورد باران مؤثر در کشت گندم پاییزه در حوزه دریاچه نمک انتخاب گردید؛ به دلیل اینکه از یکسو تنها به داده‌های تبخیر و تعرق بالقوه، ضریب گیاهی، بارش و عمق آبیاری وابسته می‌باشد و از سوی دیگر فاقد محدودیت‌های مکانی و ... است (خوشحال دستجردی و جوشنی، ۱۳۹۱).

در بررسی دیگر که به منظور تخمین بارش مؤثر در پاکستان انجام شد، با استفاده از داده‌های ۵۸ ایستگاه هواشناسی، چهار روش معادله رنفرو، اداره احیاء اراضی (U.S.B.R)،^۲ نسبت و USDA جهت برآورد باران مؤثر برای دو فصل رشد به کار برده شد و تغییرات مقدار باران مؤثر در طول دو فصل با استفاده از این روش‌ها تعیین شد (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸). در مطالعه‌های دیگر، روش‌های نسبت تبخیر و تعرق به بارش، هندی ۱، هندی ۲ و ویتنام برای برآورد باران مؤثر کشت برنج مورد بررسی قرار گرفت. این روش‌ها به همراه روش وزارت کشاورزی ایالات متحده با روش بیلان آب مقایسه شدند. آنالیزها براساس داده‌های روزانه تبخیر و تعرق و بارش مربوطه و برای کشت برنج در جنوب هند انجام شد. نتیجه بررسی این بود که روش‌های نسبت و هندی ۲ برآورد نزدیکتری از باران مؤثر به روش بیلان آبی داشتند و از آنجائیکه روش بیلان یک روش دقیق و در عین حال بسیار دشوار است، می‌توان از دو روش مذکور برای برآورد باران مؤثر استفاده کرد (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶).

از آنجائیکه شناخت باران مؤثر از نقطه‌نظر پیش‌بینی وضعیت آب قابل استفاده برای رشد گیاه حائز اهمیت است، در این مقاله، روش‌های عمده برآورد بارش مؤثر، مزایا، معایب و کاربرد آنها ارائه شده است.

گیاه قابل دسترس بوده و مقدار آن برابر با کل باران منهای رواناب و تبخیر است. اوگرسکی و مکوس باران مؤثر را برابر با کل باران فصل رشد منهای رطوبت از دسترس خارج شده به صورت رواناب یا نفوذ می‌دانند (عزیزی، ۱۳۷۹). به نظر ایسرلسن و هانسن، یک باران ملایم بر روی سطح برگ یا زمین هر چند به منطقه ریشه نرسد، می‌تواند تبخیر و تعرق گیاه را کاهش دهد؛ از اینرو می‌تواند به عنوان باران مؤثر در نظر گرفته شود (عزیزی، ۱۳۷۹). در کل می‌توان نتیجه گرفت که اگر مقدار نفوذ به عمق پائین‌تر از دسترسی ریشه گیاه و مقدار رواناب و همینطور مقدار رطوبتی که بعد از برداشت محصول در خاک باقی می‌ماند را در دوره رویش یا فصل رشد از کل مقدار باران همین دوره یا فصل رشد کم کنیم، باران مؤثر بدست می‌آید که ممکن است برابر، بیشتر یا کمتر از نیاز آبی گیاه مورد نظر باشد (عزیزی، ۱۳۷۹).

بارش حیاتی‌ترین عنصر اقلیمی است که تقریباً تمامی ابعاد حیات در کره زمین را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. بیشترین مقدار آب باران برای تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما در هر نوبت از بارندگی، تنها قسمتی از نزولات مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و مابقی آن به طرق مختلف مثل تبخیر، رواناب و عبور از ناحیه ریشه، از دسترس گیاه خارج می‌شود؛ به همین دلیل مفهوم بارش مؤثر جهت بیان آن قسمت از بارش که مستقیماً جوابگوی نیاز آبی گیاه است، بکار برده می‌شود (عزیزی، ۱۳۷۹). اطلاعات مربوط به بارش مؤثر می‌تواند برای طراحی پروژه‌های آبیاری، طراحی و کاربرد سیستم‌های زهکشی، آبشویی و شوری، کشت برنج، طراحی سیستم‌های آبیاری با استفاده از آب‌های زیرزمینی و کشاورزی دیم مورد استفاده قرار گیرد (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸).

عزیزی در مطالعه‌ای در سال ۱۳۷۹، بارش مؤثر خرم‌آباد را براساس روش سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) برآورد کرد. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که با وجود اینکه خرم‌آباد امکان دریافت بارش سالیانه نسبتاً قابل توجهی را در مقایسه با اغلب ایستگاه‌های کشور دارد و دشت خرم‌آباد از قابلیت نسبتاً خوبی جهت کشت دیم برخوردار است، اما عدم توزیع بهینه بارش ماهانه در ارتباط با کشت دیم و همینطور عدم اطمینان از دریافت بارش کافی در ایام مورد نیاز گیاه، محدودیت‌هایی را سبب می‌شود (عزیزی، ۱۳۷۹). مجرد و همکاران (۱۳۸۴) مقادیر بارش مؤثر را به عنوان بخشی از نیاز آبی محصول برنج در جلگه مازندران به روش‌های درصدی، بارش قابل اطمینان، وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA)، SCS، فرمول تجربی و معادله رنفرو^۲ برآورد کردند. در مطالعه‌ای دیگر، از بین

تعاریف باران مؤثر

باران مؤثر از دیدگاه هر متخصص تعریف خاصی دارد. برای یک مهندس آبیاری، بارانی است که یا مستقیماً به منبع ذخیره می‌رسد و یا به طور غیرمستقیم از رواناب سطحی زمین‌های اطراف جمع می‌شود. از دیدگاه متخصصین کشاورزی، باران مؤثر قسمتی از کل بارش است که مستقیماً جوابگوی نیازهای آبی گیاه بوده و نیز رواناب سطحی که بتوان برای تولید محصول از برکه یا چاه به مزرعه پمپاژ کرد (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸). در زراعت دیم، وقتی زمین به حالت آیش گذاشته می‌شود، قسمتی از کل باران که برای محصول بعدی در خاک ذخیره می‌گردد به عنوان بارش مؤثر مد نظر قرار می‌گیرد (مالک، ۱۳۶۲). Buell و Hages (۱۹۵۵) باران مؤثر را قسمتی از بارندگی می‌دانند که برای رشد

به طور خلاصه می‌توان گفت خصوصیات بارش، مشخصات خاک، آهنگ تبخیر و تعرق گیاه و مدیریت آبیاری از جمله فاکتورهای اصلی در میزان باران مؤثر هستند. معمولاً باران‌های کوتاه مدت

و با شدت کم، مؤثرترین باران‌ها هستند. همچنین یک بارش با توزیع خوب و یکنواخت و به صورت رگبار سبک بیشتر از رگبارهای سنگین برای گیاه مؤثر است (USDA، ۱۹۹۳).

معرفی روش‌های برآورد باران مؤثر

روش‌های مختلفی برای برآورد باران مؤثر وجود دارد. یک روش مناسب و قابل استفاده در تخمین باران مؤثر بایستی شامل خصوصیات گیاه، تبخیر و تعرق و رواناب سطحی باشد. برای کاربری اراضی روش بکار رفته باید ساده، دقیق، ارزان و سریع باشد (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸). به طور کلی روش‌های تعیین بارش مؤثر به سه دسته تقسیم می‌شوند: اندازه‌گیری مستقیم، روش‌های تجربی و مدل بیلان آب خاک. به دلیل هزینه‌های زیاد اندازه‌گیری و نگهداری ادواتی چون لایسیمتر، به طور معمول از روش‌های تجربی و بیلان برای برآورد بارش مؤثر استفاده می‌شود. روش‌های مبتنی بر بیلان آب خاک، بعد از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم بیشترین دقت را دارند (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲).

مهمترین روش‌های تجربی پر کاربرد عبارتند از: بیلان آب، معادله رنفرو، نسبت تبخیر و تعرق پتانسیل به بارش، روش اداره احیاء اراضی و روش وزارت کشاورزی ایالات متحده، سرویس حفاظت خاک آمریکا، هندی ۱، هندی ۲، ویتنام، درصدی، فرمول تجربی باران مؤثر و روش بارندگی قابل اطمینان.

روش بیلان آب

در روش بیلان آب از اجزای ساده هیدرولوژیکی استفاده می‌شود. در روش‌های موجود بیلان رطوبتی روزانه آب-خاک، برای برآورد میزان بارش مؤثر، رهیافت‌های متفاوتی وجود دارد. در برخی از مدل‌های بیلان آب-خاک، عمق توسعه ریشه در تمامی مراحل رشد ثابت و به اندازه عمق ریشه در زمان حداکثر رشد گیاه فرض شده است. در برخی دیگر، مقدار آب مازاد که از منطقه ریشه خارج می‌شود، مقدار نفوذ عمقی در نظر گرفته شده و جزء بارش مؤثر روزانه در نظر گرفته می‌شود (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۱). به عنوان نمونه، در روش بیلان برای مزرعه شالیزار، مقدار باران مؤثر طی دوره زمانی t (در منبع مربوطه معادله برای هر دوره زمانی ارائه شده است) از رابطه زیر به دست می‌آید (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶):

$$S_t = S_{t-1} + I_t - ET_t + ER_t - P_t \quad (1)$$

S_t : ذخیره آب در پایان دوره، S_{t-1} : ذخیره آب در شروع دوره، I_t : میزان آبیاری، ET_t : مقدار تبخیر و تعرق واقعی، ER_t : باران مؤثر، P_t : مقدار نفوذ

معادله رنفرو

روش معادله رنفرو یک معادله ریاضی برای برآورد باران مؤثر است (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸).

$$ER = E.R_g + A \quad (2)$$

ER : باران مؤثر، R_g : بارش فصل رشد، A : متوسط آبیاری به کار برده شده در طول فصل رشد، E : نسبت آب مصرفی (CU) به بارش در طول فصل رشد (جدول ۱).

جدول ۱- مقادیر E مورد استفاده در روش معادله Renfro (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸)

E	CU/R_g	E	CU/R_g	E	CU/R_g
۰/۸۴	۳/۵	۰/۵۷	۱/۶	۰	۰
۰/۸۸	۴	۰/۶۱	۱/۸	۰/۱	۰/۲
۰/۹۱	۴/۵	۰/۶۵	۲	۰/۱۹	۰/۴
۰/۹۳	۵	۰/۶۹	۲/۲	۰/۲۷	۰/۶
۰/۹۶	۶	۰/۷۲	۲/۴	۰/۳۵	۰/۸
۰/۹۸	۷	۰/۷۵	۲/۶	۰/۴۱	۱
۰/۹۹	۹	۰/۷۷	۲/۸	۰/۴۷	۱/۲
-	-	۰/۸	۳	۰/۵۲	۱/۴

نسبت تبخیر و تعرق پتانسیل به بارش

روش نسبت تبخیر و تعرق پتانسیل به بارش که به اختصار روش نسبت نامیده می‌شود، یک روش نیمه تجربی ساده است. با استفاده از این روش، علاوه بر باران مؤثر در طول کل فصل رشد، می‌توان مقدار آن را برای تعدادی از روزها نیز تخمین زد. این نسبت برای هر دوره زمانی و بر حسب درصد بیان می‌شود (Rahman و همکاران، ۲۰۰۸). در این روش، باران مؤثر تحت تأثیر تبخیر و تعرق پتانسیل، اتلاف آب از طریق نفوذ و همچنین نوع خاک و خصوصیات رطوبت خاک تغییر می‌کند (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸).

روش اداره احیاء اراضی ایالات متحده (U.S.B.R)

روش اداره احیاء اراضی ایالات متحده (U.S.B.R) به وسیله استام^۴ ارائه شده است که اصولاً برای نواحی خشک و نیمه خشک توصیه می‌شود. در این روش از متوسط باران فصلی (یا ماهانه) ۵ سال از خشک‌ترین سال‌های متوالی، استفاده می‌شود؛ به گونه‌ای که بارندگی به جزءهای ۲۵/۴ میلی‌متری

تقسیم می‌شود. در جدول (۲) با توجه به اینکه هر یک از اجزاء در چه محدوده‌ای از بارندگی قرار دارند، بارش مؤثر آن مشخص شده است (کولاتیان و غلامی سفیدکوهی، ۱۳۹۱). همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، در هر یک از محدوده‌های افزایش بارش، دو حد بالا و پایین درصد تعیین شده است. بنابراین هر یک از حدود درصد در ۲۵/۴ ضرب شده و به حدود بالا و پایین محدوده تجمعی بارش قبل از خود اضافه می‌گردد.

جدول ۲- باران مؤثر بر مبنای افزایش بارش ماهانه در

روش U.S.B.R (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸)

محدوده افزایش بارش (میلی‌متر)	درصد	محدوده تجمعی بارش مؤثر (میلی‌متر)
۰ - ۲۵/۴	۹۰ - ۱۰۰	۲۲/۹ - ۲۵/۴
۲۵/۴ - ۵۰/۸	۸۵ - ۹۵	۴۴/۴ - ۴۹/۵
۵۰/۸ - ۷۶/۲	۷۵ - ۹۰	۶۳/۵ - ۷۲/۴
۷۶/۲ - ۱۰۱/۶	۵۰ - ۸۰	۷۶/۲ - ۹۲/۷
۱۰۱/۶ - ۱۲۷	۳۰ - ۶۰	۸۳/۸ - ۱۰۷/۹
۱۲۷ - ۱۵۲/۴	۱۰ - ۴۰	۸۶/۴ - ۱۱۸/۱
> ۱۵۲/۴	۰ - ۱۰	۸۶/۴ - ۱۲۰/۶

- روش وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA)

وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) بیان می‌دارد مقداری از باران که در طی دوره رشد یک گیاه دریافت شده و برای مصارف

آن در دسترس قرار گیرد، بارش مؤثر نامیده می‌شود (مالک، ۱۳۶۲). در این روش، میزان بارندگی مؤثر ماهانه، طبق روابط زیر محاسبه می‌شود (کولاتیان و غلامی سفیدکوهی، ۱۳۹۱):

$$\text{If: } P < 250 \text{ mm, } P_{\text{eff}} = (P/125) \times (125 - 0.2P) \quad (3)$$

$$\text{If: } P > 250 \text{ mm, } P_{\text{eff}} = 125 + 0.1P \quad (4)$$

P_{eff} : بارش مؤثر ماهانه، P : بارندگی ماهانه

- روش سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS)

سرویس حفاظت خاک آمریکا روشی را بر مبنای داده‌های رطوبت خاک و اقلیم برای برآورد بارش مؤثر ارائه داده است. در این روش، بارش مؤثر با استفاده از باران ماهانه و تبخیر و تعرق ماهانه و همین‌طور عمق ذخیره آب یا عمق آبیاری (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۷۵ میلی‌متری) برآورد می‌شود (مجرد و همکاران، ۱۳۸۴):

$$P_e = F_d (1.253P^{0.824} - 2.935) \times 10^{0.000955 \text{ ETC}} \quad (5)$$

P_e : بارش مؤثر ماهانه، P : مجموع بارش هر ماه، ETC: مجموع تبخیر و تعرق هر ماه، F_d : ضریبی که وابسته به عمق آبیاری (D_i) می‌باشد (جدول ۳). در رابطه فوق تمام واحدها بر حسب میلی‌متر در نظر گرفته شده است. اگر عمق آبیاری در هر مرحله برابر با ۷۵ میلی‌متر در نظر گرفته شود، F برابر با یک است؛ اگر عمق آبیاری کمتر از ۷۵ میلی‌متر باشد:

$$F = 0.133 + 0.201 \ln D_i$$

و اگر عمق آبیاری بیشتر از ۷۵ میلی‌متر باشد:

$$F = 0.946 + 7.3 \times 10^{-4} D_i^4$$

جدول ۳- ضریب F در عمق‌های مختلف آبیاری

عمق آبیاری (mm)	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵
ضریب F	۰/۵۹۶	۰/۷۳۵	۰/۸۱۶	۰/۸۷۴	۰/۹۱۹	۰/۹۵۶	۰/۹۸۷	۱	۱/۰۱۹	۱/۰۳۷

- روش هندی ۱ و ۲

در روش هندی ۱ و ۲ اولین بار در هند به کار رفتند و از آن پس به این نام خوانده شدند. در روش هندی ۱، درصدی از کل بارش بین ۵۰ تا ۸۰ درصد به عنوان بارش مؤثر در نظر گرفته می‌شود و در روش هندی ۲، بارش کمتر از ۶/۲۵ میلی‌متر در روز و بیشتر از ۷۵ میلی‌متر در روز و همچنین بیشتر از ۱۲۵ میلی‌متر در یک دوره ۱۰ روزه به عنوان بارش غیرمؤثر در نظر گرفته می‌شود (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶).

- روش ویتنام

در روش ویتنام که اولین بار در هند بکار برده شد، بارش روزانه کمتر از ۵ میلی‌متر و بیشتر از ۵۰ میلی‌متر غیرمؤثر در نظر گرفته می‌شود. اگر تبخیر و تعرق واقعی روزانه ۱۰ میلی‌متر باشد، بارش تا مقدار ۶۰ میلی‌متر در دو روز متوالی به عنوان مؤثر و بیشتر از این مقدار غیرمؤثر در نظر گرفته می‌شود. بطور مشابه بارش تا مقدار ۷۰ میلی‌متر در سه روز متوالی مؤثر و بیشتر از این مقدار غیرمؤثر خواهد بود. همین روال برای مقادیر بیشتر نیز جاری است (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶).

- روش درصدی

در روش درصدی که توسط FAO ارائه شده است، بارندگی مؤثر، ۸۰ درصد بارش ماهانه قلمداد می‌شود (کولانیان و غلامی سفیدکوهی، ۱۳۹۱).

$$\text{If: } P \leq 70 \text{ mm, } P_{\text{eff}} = 0.6P - 10 \quad (۶)$$

$$\text{If: } P > 70 \text{ mm, } P_{\text{eff}} = 0.8P - 24 \quad (۷)$$

P_{eff} : بارش مؤثر هر ماه (mm)، P : بارش کل هر ماه (mm)

- فرمول تجربی باران مؤثر

فرمول تجربی باران مؤثر، فرمول تجربی دیگری مشابه با روش بارندگی قابل اطمینان می‌باشد که توسط FAO برای تعیین باران مؤثر ارائه شده است (کولانیان و غلامی سفیدکوهی، ۱۳۹۱):

$$\text{If: } P < 50 \text{ mm, } P_{\text{eff}} = 0.5P - (-5) \quad (۸)$$

$$\text{If: } P > 50 \text{ mm, } P_{\text{eff}} = 0.7P - (-15) \quad (۹)$$

- روش بارندگی قابل اطمینان

روش بارندگی قابل اطمینان مبتنی بر فرمولی تجربی بوده که توسط سازمان خواربار جهانی FAO برای اقلیم‌های خشک و مرطوب ارائه شده است (کولانیان و غلامی سفیدکوهی، ۱۳۹۱). این روش عبارت است از:

جمع‌بندی

انتخاب روش مناسب برای برآورد باران مؤثر بستگی به عواملی مانند کفایت داده‌های موجود، دقت کار و دوره زمانی مورد نظر دارد. به دلیل هزینه نسبتاً بالای بکارگیری روش‌ها و ابزارهای دقیق، به طور معمول برای برآورد بارش مؤثر از روش‌های تجربی و بیلان آب خاک که یک روش فیزیکی است، استفاده می‌شود. معمولاً برای مقادیر کم بارش، همه روش‌ها تقریباً برآورد یکسانی از باران مؤثر دارند؛ اما برای مقادیر بیشتر، اختلاف آشکاری در برآورد باران مؤثر حاصل از روش‌های مختلف وجود دارد و این به دلیل آن است که هر یک از روش‌ها به شکل خاصی از بارش در معادله خود استفاده می‌کنند (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶).

روش بیلان علیرغم اینکه نیازمند داده‌های دقیق از اجزای فیزیکی مانند تبخیر-تعرق، نفوذ، ذخیره موجود مزرعه، مقدار آبیاری و رواناب است، بعد از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم بیشترین دقت را دارد (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶). معادله رنفرو رواناب و نوع گیاه را در نظر نگرفته است و فقط دو فاکتور خشکی و خاک را لحاظ کرده است؛ در نتیجه دقت این روش بسیار پائین می‌باشد (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸). بررسی معادله رنفرو نشان می‌دهد که مقادیر بارش مؤثر محاسبه شده براساس آن، بیشتر از مقادیر بارش بدست می‌آید که این امر خود دلیل محکمی بر ناتوانی این فرمول در برآورد بارش مؤثر است.

با استفاده از روش اداره احیاء اراضی، باران مؤثر فصلی و نیز باران مؤثر ماهانه قابل برآورد است. از ویژگی‌های اصلی این روش، برآورد سریع باران مؤثر است. در عین حال روش اداره احیاء اراضی نمی‌تواند رضایت‌بخش باشد، زیرا نوع خاک، طبیعت گیاه و فراوانی و توزیع بارش را در نظر نگرفته است. بعلاوه فاکتور خشکی را هم لحاظ نکرده است. روش نسبت

تبخیر و تعرق پتانسیل به بارش را نیز مؤثرترین روش برای طرح‌های اولیه و ابتدایی نسبت به بقیه روش‌ها می‌دانند (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸). در این روش، تقریب براساس خصوصیات خاک و رواناب است و خشکی هم در نظر گرفته شده است (Rahman و همکاران، ۲۰۰۸).

روش سرویس حفاظت خاک آمریکا بر اساس فاکتورهای خشکی، خاک و گیاهان، باران مؤثر را برآورد می‌کند که تخمین‌های خوبی بخصوص برای طراحی پروژه‌ها فراهم می‌نماید (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶). روش وزارت کشاورزی ایالات متحده به دلیل اینکه مقدار بارندگی و تبخیر و تعرق ماهانه و عمق خاک را برای برآورد بارش مؤثر ماهانه در نظر می‌گیرد، نتایج رضایت‌بخشی تولید می‌کند (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲). در عین حال عیب آن اینست که مقادیر بارش مؤثر را زیاد برآورد می‌کند (Adnan و Hayat Khan، ۲۰۰۸).

روش ویتنام در اغلب موارد مقدار نسبتاً کمی از کل باران مؤثر فصلی را نشان می‌دهد. بعلاوه این روش مستقیماً نیازهای تبخیر و تعرق را منعکس نمی‌کند (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶). روش هندی ۲ مانند بیلان و نسبت برای استفاده‌های عملی در برآورد باران مؤثر مناسب است. این روش به دلیل اینکه نیازهای تبخیر-تعرق را لحاظ نمی‌کند، به نسبت روش بیلان آب، برآورد بیشتری از بارش مؤثر بدست می‌دهد. در بیشتر موارد روش هندی ۲ برآورد بیشتری از باران مؤثر نسبت به روش هندی ۱ دارد. اگرچه روش‌های نسبت و هندی ۲ تجربی هستند، اما مقادیر بدست آمده از آنها به روش بیلان نزدیک بوده و با اینکه روش بیلان از همه روش‌ها دقیق‌تر است، اما می‌توان در کاربردهای عملی از دو روش مذکور استفاده کرد (Mohan و همکاران، ۱۹۹۶).

در مناطق با هویت اقلیمی خشک و نیمه خشک در طبقه‌بندی دومارتن، به ترتیب روش‌های نسبت تبخیر و تعرق پتانسیل به بارندگی و اداره حفاظت خاک ایالات متحده بهترین نتیجه

را می‌دهند. دلیل این امر آنست که در این مناطق، تبخیر مهمترین عامل محدودکننده بارش مؤثر به شمار می‌رود، بنابراین در این مناطق روش‌هایی که تبخیر را يك عامل اساسی در برآورد بارش مؤثر لحاظ می‌کنند، نتایج بهتری می‌دهند (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲). ضمن اینکه، روش‌های فرمول تجربی، سرویس حفاظت خاک آمریکا، درصدی و وزارت کشاورزی ایالات متحده نتایج نزدیک به هم را ارائه خواهند داد (کولائیان و غلامی سفیدکوهی، ۱۳۹۱).

نتایج حاصل از مطالعه خوشحال دستجردی و جوشنی (۱۳۹۱) بر روی پنج روش معادله رنفرو، روش SCS، روش USDA، روش درصدی و روش بارش قابل اطمینان در حوضه دریاچه نمک با میانگین سالانه بارش ۲۴۶/۶ میلی‌متر حاکی از آن است که بیشترین مقادیر محاسبه شده بارش مؤثر بعد از معادله رنفرو، متعلق به روش USDA و کمترین آن مربوط به روش بارش قابل اطمینان است. در حوضه‌هایی که مقدار تبخیر و تعرق بیشتر از

مقدار بارش است، نمی‌توان بر روی ارقام حاصل از روش USDA برنامه‌ریزی و مدیریت انجام داد. از طرفی باتوجه به فرمول روش بارش قابل اطمینان، بطور کلی هر مقدار از بارش که کمتر از ۱۶/۸ میلی‌متر باشد، باران مؤثر آن صفر است. لذا با توجه به ارزش بارش‌های جوی و تأثیرگذاری آن در مناطق خشک و نیمه خشک نمی‌توان از بارش به مقدار ۱۶/۸ میلی‌متر در این مناطق چشم‌پوشی کرد و برخلاف نظر کولائیان و غلامی سفیدکوهی (۱۳۹۱) استفاده از این روش در مناطق خشک مناسب نمی‌باشد (خوشحال دستجردی و جوشنی، ۱۳۹۱). برعکس در مناطق مرطوب، روش بارش قابل اطمینان به عنوان روش مناسب انتخاب گردیده است تا برنامه‌ریزی‌ها بر مبنای مقادیر واقعی‌تر انجام گیرد (مجرد و همکاران، ۱۳۸۴).

کاربرد مکانی و زمانی این روش‌ها نیز به ترتیب در جداول (۴) و (۵) آمده است. مزایا و معایب روش‌های مورد بررسی برای برآورد باران مؤثر به طور خلاصه در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۴- دسته‌بندی روش‌های برآورد باران مؤثر از نظر کاربرد مکانی

روش‌ها	کاربرد مکانی
بیان، نسبت، سرویس حفاظت خاک آمریکا، درصدی، فرمول تجربی، ویتنام، هندی ۱، هندی ۲	همه مناطق
معادله رنفرو	نامناسب برای بسیاری از مناطق
روش وزارت کشاورزی ایالات متحده	مناطق دارای بارش‌های با شدت کم
روش اداره احياء اراضی	مناطق خشک و نیمه خشک
روش بارش قابل اطمینان	مناطق مرطوب

جدول ۵- دسته‌بندی روش‌های برآورد باران مؤثر از نظر مقیاس زمانی

روش‌ها	مقیاس زمانی
بیان، اداره احياء اراضی، نسبت، ویتنام، فرمول تجربی، هندی ۱ و هندی ۲	بدون محدودیت زمانی
سرویس حفاظت خاک آمریکا، وزارت کشاورزی ایالات متحده، بارش قابل اطمینان و درصدی	ماهانه
معادله رنفرو	کل فصل رشد

به طور کلی می‌توان گفت برای تعیین اعتبار یک روش خاص در هر منطقه، باید اندازه‌گیری دقیق از میزان بارش مؤثر را در اختیار داشت. از اینرو لازم است نسبت به تعیین دقیق میزان بارندگی موثر گیاهان تحقیق مناسب صورت گیرد؛ زیرا استفاده از روش مناسب تعیین بارندگی موثر بخصوص در مواقع بروز خشکسالی، باعث می‌شود تا ضریب اطمینان برنامه‌ریزی‌های آبیاری برای تأمین باقیمانده نیاز آبی از

سایر منابع، افزایش یابد. در خاتمه یادآور می‌شود از آنجا که میزان و زمان ریزش باران قابل کنترل نمی‌باشد، می‌توان با اتخاذ تدابیری، میزان کارائی بارش و در نتیجه بارش مؤثر را افزایش داد. از جمله می‌توان به کاهش رواناب سطحی، ذخیره آب جهت اوقات کم باران، کاهش عمق نفوذ آب و برنامه‌ریزی جهت کاشت گونه‌های منطبق بر رژیم بارش اشاره نمود.

جدول ۶- مقایسه روش‌های برآورد بارش مؤثر

روش‌ها	مزایا	معایب	معادله	داده های مورد نیاز
بیلان	بیشترین دقت بعد از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم، هم‌واحد بودن همه کمیت‌ها، امکان برآورد کوتاه مدت	نیازمند داده های دقیق فیزیکی	$S_t = S_{t-1} + I_t - ET_t + ER_t - P_t$	ذخیره آب در پایان دوره، ذخیره آب در شروع دوره، میزان آبیاری، مقدار تبخیر و تعرق واقعی، مقدار نفوذ
معادله رنفرو	راحتی محاسبه	بسیار تجربی و دقت بسیار پایین، نامناسب برای بسیاری از مناطق، عدم امکان برآورد کوتاه مدت	$ER = E.R_g + A$	بارش فصل رشد، متوسط آبیاری به کار برده شده در طول فصل رشد، نسبت آب مصرفی به بارش در طول فصل رشد
U.S.B.R	امکان برآورد بارش مؤثر ماهانه و فصلی	در نظر نگرفتن فاکتورهای مختلف و تنها براساس رواناب سطحی	بین محدوده‌های بارش و اختصاص درصدهای مشخص به هر یک از محدوده‌ها	بارش ماهانه یا فصلی
نسبت	مناسب برای برنامه‌ریزی‌های کلی و برآورد اولیه و سریع، کم هزینه، خطای کم، سریع و اقتصادی، دقت بالا	دشواری محاسبات	$ER = ET_0 / P$	تبخیر و تعرق پتانسیل، بارش
SCS	بدون محدودیت مکانی و نیاز به ابزار خاص، مناسب برای هر نوع گیاه و خاک، کاربرد وسیع، دقت بالا	در نظر نگرفتن آهنگ آبیاری خاک و شدت‌های بارش	$P_e = F_d (1.253P^{0.824} - 2.935) \times 10^{0.000955 ETC}$	مجموع بارش هر ماه، مجموع تبخیر و تعرق هر ماه، ضریب وابسته به عمق آبیاری
USDA	در نظر گرفتن پارامترهای مختلف و در نتیجه دقت قابل قبول	برآورد زیاد از بارش مؤثر	If: $P < 250 \text{ mm}$, $P_{eff} = (P/125) \times (125 - 0.2P)$ If: $P > 250 \text{ mm}$, $P_{eff} = 125 + 0.1P$	بارش ماهانه
بارش قابل اطمینان	برآورد کمتر از بارش مؤثر و افزایش ضریب اطمینان برنامه‌ریزی‌ها	نامناسب برای مناطق خشک	If: $P \leq 70 \text{ mm}$, $P_{eff} = 0.6P - 10$ If: $P > 70 \text{ mm}$, $P_{eff} = 0.8P - 24$	بارش ماهانه
هندی ۱	راحتی محاسبه و بدون نیاز به داده‌های فیزیکی زیاد	دقت کم	$0.5 P \leq P_{eff} \leq 0.8 P$	بارش
هندی ۲	مناسب برای استفاده‌های عملی در برآورد بارش مؤثر	در نظر نگرفتن تبخیر و تعرق، برآورد بیشتر از بارش مؤثر	$6.25 \text{ mm/day} \leq P_{eff} \leq 75 \text{ mm/day}$ or $P_{eff} \leq 125 \text{ mm/10day}$	بارش
ویتنام	راحتی محاسبه و بدون نیاز به داده‌های فیزیکی زیاد	برآورد کم از کل بارش مؤثر فصلی، عدم انعکاس نیازهای تبخیر و تعرق	$5 \text{ mm/day} \leq P_{eff} \leq 50 \text{ mm/day}$	بارش
درصدی	راحتی محاسبه و بدون نیاز به داده‌های فیزیکی زیاد	دقت کم	$P_{eff} = 0.8 P$	بارش ماهانه
تجربی	راحتی محاسبه و بدون نیاز به داده‌های فیزیکی زیاد	دقت کم	If: $P < 50 \text{ mm}$, $P_{eff} = 0.5 P - (-5)$ If: $P > 50 \text{ mm}$, $P_{eff} = 0.7 P - (-15)$	بارش

پی‌نوشت

- 1- United States Department of Agriculture Soil Conservation Service
- 2- Renfro Equation
- 3- United States Bureau of Reclamation
- 4- Stam

منابع

خوشحال دستجردی، ج. و جوشنی، ع. ۱۳۹۱. برآورد مناسب‌ترین شیوه محاسبه بارش مؤثر برای کشت گندم پاییزه در حوزه دریاچه نمک. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک سال سوم، ۹ و ۱۰: ۱۶۹-۱۵۳.

داستین، ان. جی. ۱۳۶۲. باران مؤثر در زراعت آبی. ترجمه:

- for irrigated agriculture plains of Pakistan. Pakistan Journal of Meteorology, 6: 61-72.
- Hages G.L. and Buell J.H. 1955. Trees also need water at the right time and place. Water and our forests.
- Mohan S., Simhadrirao B. and Arumugam N. 1996. Comprative study of Effective rainfall estimation methods for lowland rice. Water Resources Management, 10: 35 - 44.
- United States Department of Agriculture., National Engineering Handbook, Part 623. 1993. Irrigation Water Requirements, Chapter 2.
- Rahman M.M., Islam M.O. and Hasanuzzaman M. 2008. Study of effective rainfall for irrigated agriculture in South-Eastern part of Bangladesh. World Journal of Agricultural Science, 4(4): 453-457.
- اسماعیل مالک. مشهد، مرکز نشر دانشگاهی.
- رحیمی، ج.، بذرافشان، ج. و خلیلی، ع. ۱۳۹۲. مطالعه تطبیقی روش‌های برآورد بارش مؤثر در زراعت گندم دیم در اقلیم‌های مختلف ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۵ (۳): ۴۶-۳۱.
- عزیزی، ق. ۱۳۷۹. برآورد بارش مؤثر در رابطه با کشت گندم دیم (مورد: دشت خرم‌آباد). پژوهش‌های جغرافیائی، ۳۹: ۱۱۵-۱۳۳.
- کولائی‌ان، ع. و غلامی سفیدکوهی، م. ۱۳۹۱. معرفی بهترین روش تعیین بارندگی مؤثر کشت برنج در شهرستان قائم‌شهر. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- مجرد، ف.، قمرنیا، ه. و نصیری، ش. ۱۳۸۴. برآورد بارش مؤثر و نیاز آبی برای کشت برنج در جلگه مازندران. پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۴: ۵۹-۷۶.
- Adnan Sh. and Hayat Khan A. 2008. Effective rainfall

The experiences of Wheat and Kochia production using saline water and soil resources in Golestan province

A.R. Kiani^{1*}, M. Salehi²

1- Associate Professor of Agricultural Engineering Dep., Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran. 2- Assistant prof, National Salinity Research Centre, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Yazd, Iran.

*(Corresponding Author Email: akiani71@yahoo.com)

Received: 7-9-2015

Accepted: 1-2-2016

تجاری از تولید گندم و کوشیا با استفاده از منابع آب و خاک شور در استان گلستان

علیرضا کیانی^{۱*}، معصومه صالحی^۲

۱- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان.

۲- استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: akiani71@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۲

Abstract

Due to the lack of fresh water resources, the use of saline water for the production of plants such as wheat and kochia is inevitable. To sustain production, the effect of saline water on the plants and soil in each region must be studied. Therefore in this paper, the effects of irrigation with saline water to produce plants such as wheat and kochia, as well as changes in the soil salinity profile (in terms of farmers and research fields), were evaluated in Golestan province based on the results of previous studies. Overall, the results indicated that the use of saline waters, which are unsuitable based on water quality criteria in the agriculture sector, have a significant effect on increasing production. Yield production was acceptable in saline lands in which the soil salinity was above the threshold of the plant (such as wheat, barley, canola, and kochia) salinity tolerance. In the short term, the salinity distribution of the soil profile at planting and the early growth stage of wheat was lower because of the sufficient rainfall during the autumn and winter periods. The main causes of salt accumulation and gradual increase of salinity in the soil profile are poor drainages and inadequate leaching mainly due to inadequate rainfall during the off season. If saline water was used for salt tolerance summer crop (such as kochia), the winter and autumn rainfall reduces the surface soil salinity and provides an important opportunity for emerging for the next year. Although rainfall is an unpredictable element, for sustainable production under a saline condition in some years leaching is necessary for reducing the salinity.

Keywords: Soil salinity, Sustainable production, Unconventional water, Halophyte agriculture.

چکیده

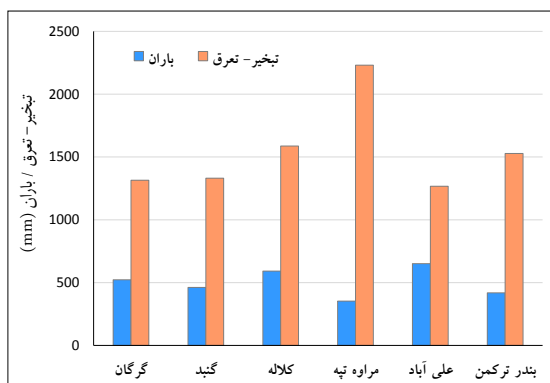
به دلیل کمبود منابع آب شیرین، استفاده از آب‌های شور برای تولید گیاهانی نظیر گندم و کوشیا اجتناب‌ناپذیر است. برای حفظ پایداری تولید، لازم است تا اثر آب‌های شور روی گیاه و خاک در هر منطقه مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور در این مقاله به استناد نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده اثر آبیاری با آب شور برای تولید گیاهانی مانند گندم و کوشیا و همچنین تغییرات شوری نیمرخ خاک (در شرایط زارعی و مزارع تحقیقاتی) در استان گلستان مورد ارزیابی قرار گرفت. به طور کلی نتایج حکایت از این نکته دارد که در زمین‌های کشاورزی که شوری خاک آنها بالاتر از آستانه تحمل به شوری گیاهان مورد بررسی (گندم، جو، کلزا و کوشیا) بود عملکرد قابل قبولی حاصل شد. توزیع شوری در نیمرخ خاک در کوتاه مدت نشان داد در زمان کاشت و مراحل اولیه رشد گندم، به دلیل بارندگی مناسب، شوری لایه سطحی نسبت به مراحل انتهایی رشد کمتر بود. افزایش شوری در لایه‌های پایین‌تر خاک به دلیل عدم زهکشی مناسب مزارع، کافی نبودن عمق آب آبیاری در مواقعی که باران کم و یا آبیاری صورت نمی‌گیرد، باعث حرکت آب از پایین به بالا و در نتیجه عامل افزایش تجمع نمک در نیمرخ خاک در طولانی مدت می‌گردد. در صورت استفاده از آب شور در محصولات تابستانه (کوشیا) متحمل به شوری، بارندگی پاییزه و زمستانه موجب شستشو و کاهش شوری خاک سطحی شده، بطوریکه برای گیاهان بعدی شرایط جوانه‌زنی و سبز شدن فراهم است. از آنجایی که باران عامل غیر قابل کنترل بوده برای حفظ پایداری کشاورزی هرگاه در سال‌های خاص باران نتواند مقدار شستشوی لازم در خاک را انجام دهد بایستی آبیاری خاک انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: پایداری تولید، شوری خاک، آب نامتعارف، کشاورزی شورزیست.

رویش گندم، عملکرد آن را حدود ۲۶ درصد نسبت به پتانسیل، کاهش داد و با جایگزین کردن آبیاری اول با آب غیرشور در دوره ابتدایی رشد، که گندم در آن مرحله نسبت به شوری حساس تر است، عملکرد در حدود ۱۶ درصد کاهش داشت (Sharma و همکاران، ۱۹۹۴).

نتایج بررسی یک پژوهش روی ذرت نشان داده است که به جای کم آبیاری با آبیاری یک درمیان شیارها، در صورتیکه شیارهای آبیاری نشده، با آب شور (8 dS/m) آبیاری گردند، بطوریکه نیاز آبی گیاه تأمین گردد، اثربخشی بالاتری هم از نظر عملکرد و هم از نظر بهره‌وری آب نسبت به کم آبیاری دارد (کیانی و مساوات، ۱۳۹۴). بررسی دو ساله توزیع شوری نیمرخ خاک در اثر آبیاری با آب شور (8 dS/m) و غیرشور بصورت یک درمیان برای گیاه ذرت در استان گلستان نشان داده است که امکان کاربرد آب شور وجود دارد، بطوریکه منجر به تولید بیشتر شده و با تمهیداتی ساده پایداری نیز حفظ گردد (کیانی، ۱۳۹۴). تحقیقات Kang و همکاران (۲۰۱۰) پس از سه سال آبیاری با شوری ۴ دسی زیمنس بر متر روی گیاه ذرت با استفاده از آبیاری قطره‌ای نشان داده که مقدار شوری تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر خاک تقریباً متعادل مانده است. به دلیل اینکه بطور متوسط ۲۶۵ میلی‌متر باران در طول دوره رشد از افزایش شوری خاک کاسته است. گزارش شده است که کوشیا می‌تواند در اراضی که کشت دیگری در آن امکان پذیر نیست، یعنی در شرایط کم آبی و شور، کشت شود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Salehi و Kafi، ۲۰۱۱؛ Salehi و Kafi، ۲۰۱۲).

در حال حاضر از منابع آب شور در استان گلستان بهره‌برداری محدودی می‌گردد. هدف این مطالعه، بررسی امکان استفاده پایدار از منابع آب و خاک شور با توجه به تحقیقات انجام شده و در نهایت ارائه راهکارها و فرصت‌های مناسب جهت بهره‌برداری پایدار از این منابع برای کشت گیاهان زمستانه و تابستانه می‌باشد. برای این منظور مطالعه موردی بر روی اراضی زراعی شمالی استان گلستان انجام شده است.



شکل ۱- متوسط طولانی مدت بارش و تبخیر- ترق سالانه در ایستگاه‌های مختلف استان گلستان

محدودیت منابع آبی و همچنین بهره‌برداری ناصحیح از این منابع باعث افزایش روند افت کیفی منابع آب و خاک در مناطق خشک و نیمه خشک جهان گردیده و از چالش‌های روز افزون بخش کشاورزی به شمار می‌رود. امروزه کمبود منابع آبی به حدی است که در آینده استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. با کاربرد منطقی از آب شور به عنوان یک منبع آب آبیاری خصوصاً در مناطق مشابه استان گلستان که باران ضمن تأمین بخشی از نیاز گیاهان زمستانه عامل تعدیل اثرات زیانبار شوری آب آبیاری نیز می‌باشد، می‌توان از فشار به منابع آب شیرین کاست. استان گلستان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور محسوب می‌شود و به دلیل تغییرات ارتفاعی و نزدیکی به دریا، از نظر شرایط آب و هوایی و کشاورزی متنوع است. کمبود منابع آبی به لحاظ فیزیکی جزء طبیعت منطقه و بنابراین یکی از مشکلات اصلی تولید محسوب می‌شود. استفاده از آب‌های نامتعارف (آب شور زهکش‌ها، فاضلاب‌های صنعتی و خانگی و آب دریا) به عنوان یکی از گزینه‌های راهبردی موثر، می‌تواند در کاهش اثر خسارت بار ناشی از کم آبی نقش کلیدی را بازی نماید. از آنجا که کاربرد آب‌های فوق برای اهداف کشاورزی اثرات منفی بر خاک و گیاه دارند، تمهیدات مدیریتی برای حفظ پایداری کشاورزی ضروری است.

مطالعه سه ساله در شمال چین با هدف بررسی توزیع شوری در نیمرخ خاک با استفاده از سطوح مختلف شوری ($0/3$ ، $3/6$ و $6/7$ دسی‌زیمنس بر متر) و مدیریت کم آبیاری بر روی گیاه پنبه نشان داده است که در انتهای آزمایش، متوسط شوری نیمرخ در عمق یک متری برای تیمارهای با شوری متوسط و زیاد به ترتیب $3/36$ و $5/47$ برابر نسبت به شرایط اولیه، افزایش دارد (Chen و همکاران، ۲۰۱۰). استفاده از آب شور زهکش ($12/5$ تا $15/5 \text{ dS/m}$) در سراسر فصل

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد مطالعه

استان گلستان از 53 درجه و 52 دقیقه تا 56 درجه و 18 دقیقه طول شرقی و 36 درجه و 30 دقیقه تا 38 درجه 8 دقیقه عرض شمالی قرار دارد و دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است. متوسط بارندگی و تبخیر-ترقرق به ترتیب 500 و 1540 میلی‌متر در سال می‌باشد (شکل ۱) که حدود 70 درصد بارش در فصول پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد. بیشترین بارندگی در قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی حدود 700 میلی‌متر و کمترین میزان بارندگی، در حوزه اترک در قسمت‌های شمالی، به کمتر از 250 میلی‌متر در سال می‌رسد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان، ۱۳۹۴).

بخش‌های جنوبی تحت تأثیر شرایط کوهستانی و بخش‌های شمالی عملاً تحت تأثیر شرایط خشک مناطق حوزه اترک قرار دارند. در این مقاله به بررسی مطالعات انجام گرفته در خصوص استفاده از منابع آب شور در اراضی زراعی شمال استان گلستان پرداخته شده است.

- اراضی زراعی مورد بررسی

مطالعات انجام شده توسط نگارندگان در سال‌های مختلف بوده، بطوریکه هم در زمین‌های کشاورزان و تحت مدیریت آن‌ها که از منابع آب و خاک شور استفاده می‌کنند (جدول ۱) و هم در مزارع تحقیقاتی و اعمال تیمارهای آبیاری با سطوح مختلف شوری انجام شده است.

- محصولات زراعی مورد بررسی

در این مطالعه امکان استفاده از آب شور بر روند شوری خاک طی دو سال در یک محصول زمستانه (گندم) و یک محصول تابستانه

(کوشیا) بررسی شده و به استناد داده‌های اندازه‌گیری شده به تحلیل استفاده پایدار از منابع آب و خاک شور برای افزایش تولید محصولات گندم و کوشیا در مناطق کم‌آب پرداخته شده است.

- پارامترهای مورد بررسی

بخشی از بررسی‌های میدانی نگارندگان در زمینه فعالیت کشاورزان در شرایط شوری شامل تغییرات شوری عصاره اشباع نیم‌رخ خاک در زمان‌های مختلف و همچنین عملکردهای اندازه‌گیری شده در چند مزرعه‌ی تحت مدیریت کشاورزان می‌باشد. در مزارع زارعین، قبل از هر آبیاری، مقدار آب مورد نیاز گیاه با اندازه‌گیری رطوبت خاک و برآورد کمبود رطوبت خاک تعیین و با مقدار آب آبیاری که کشاورز وارد مزرعه نموده، مقایسه شدند. در این بررسی‌ها، پارامترهای مختلفی شامل عملکرد گیاه در شرایط مختلف، سودمندی اختلاط آب‌های شور و غیرشور، توزیع زمانی شوری در نیم‌رخ خاک در شرایط شور، اندازه‌گیری و برآورد شدند.

نتایج و بحث

• واکنش گیاهان زمستانه (گندم) به شوری آب آبیاری در مزارع زارعین

به طور کلی شوری خاک تحت تأثیر عوامل اقلیمی خصوصاً باران، درجه حرارت و نوسانات سفره آب زیرزمینی نسبت به زمان و مکان متغیر می‌باشد. برآیند اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهند که در اکثر مناطق، شوری لایه سطحی خاک در زمان کاشت و مراحل اولیه رشد گندم کمتر از مراحل انتهایی رشد است (جدول ۱). به عنوان نمونه، شوری لایه سطحی خاک در مزارع ۳، ۵ و ۶ در اوایل رشد به ترتیب ۳/۳، ۱/۴ و ۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود ولی در اواخر فروردین ماه شوری خاک‌ها به ۸/۷، ۱۲/۹ و ۲۵/۶ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت. کاهش نزولات، عدم آبیاری، افزایش درجه حرارت هوا موجب افزایش غلظت مواد و در نتیجه شوری خاک در مزارع ۳ و ۶ شده و نوسانات سفره آب زیرزمینی در مزرعه ۵ عامل اصلی روند صعودی شوری در خاک است. بارندگی‌های اوایل فصل رشد گندم حتی در زمین‌های شور، لایه سطحی خاک را برای رشد اولیه گندم فراهم می‌کند. در صورت زهکشی مناسب، املاح شسته شده توسط باران یا آبیاری در لایه‌های پایین‌تر فرصت تجمع نمی‌یابند، در نتیجه امکان صعود املاح به سمت لایه سطحی کاهش خواهد یافت. در مزرعه شماره ۱ شوری اولیه در لایه سطحی خاک بالا بوده (۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و نسبت به بقیه کشاورزان عملکرد نسبتاً مناسبی داشته است (۲۵۱۷ kg/ha). این عملکرد در شرایط شوری فوق قابل قبول بوده، ضمن اینکه در انتهای فصل شوری لایه سطحی خاک به ۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. در حالیکه زمین مورد نظر به ۹۲ میلی‌متر آب نیاز داشته است، کشاورز اشاره شده، ۱۵۷ میلی‌متر (۷۰ درصد بیشتر از نیاز آبی گیاه) آب مصرف کرده و این مقدار آب، شستشوی لازم در لایه سطحی خاک

را انجام داده است. همین روند ولی با دامنه نوسان کمتر در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شد. در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری خاک شوری انتهای فصل بیشتر از شوری اولیه خاک بود. بنابراین املاح شسته شده از بالا در اعماق پایین تجمع نموده‌اند.

شوری لایه سطحی خاک در زمین شماره ۱۱ نیز در اوایل فصل رشد گندم زیاد بود (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر). کشاورز فوق دو آبیاری به اندازه ۶۸ درصد نیاز گیاه انجام داد. همانطور که ملاحظه می‌گردد شوری لایه سطحی در انتهای فصل تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته، ضمن اینکه عملکرد قابل قبول‌تری (۳۲۲۶ kg/ha) نسبت به زمین شماره ۱ داشت. ولی از آنجا که مقدار آب و یا بارندگی شستشوی لازم را انجام نمی‌دهند در اعماق پایین تجمع شوری اتفاق افتاده است. بطوریکه در عمق ۹۰ سانتی‌متری در انتهای فصل، شوری خاک تا ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت و به دلیل کاهش نزولات و افزایش تبخیر آب از لایه سطحی خاک در تابستان، امکان انتقال املاح از لایه‌های پایین‌تر به سطح خاک وجود خواهد داشت. استفاده از آب شور بالاتر از حد آستانه تحمل به شوری گندم، در عملکرد تأثیر قابل توجهی نداشت؛ اما مشاهدات نشان داد که املاح آب آبیاری در اعماق خاک روند افزایشی دارد. در اوایل فصل به دلیل بارندگی، شوری لایه سطحی خاک کاهش یافته، گیاه قادر خواهد بود به رشد خود ادامه دهد. در مراحل بعدی رشد که گندم به شوری متحمل‌تر می‌شود، به دلیل کاهش بارندگی و نبود یا عملکرد نامطلوب زهکش‌ها امکان افزایش شوری در نیم‌رخ خاک وجود دارد. یکی دیگر از خسارت‌های وارده در زمینه آب و خاک شور به مزارع گندم‌کاری استان، خصوصاً در مناطق با ارتفاع پست (زمین شماره ۱۰)، آب ماندگی زمستانه و بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی می‌باشد. اندازه‌گیری رطوبت خاک در این مزرعه در فروردین ماه نشان داد که مزرعه نیازی به آبیاری ندارد در حالی که کشاورز ۷۲ میلی‌متر آب داده است.

جدول ۱- تغییرات شوری عصاره اشباع نیمرخ خاک (دسی‌زیمنس بر متر)، مقادیر آب مصرفی و عملکرد گندم در مزارع زارعین

مزارع	منطقه	ارتفاع از سطح دریا (m)	تاریخ نمونه‌برداری	شوری خاک (dS/m) در اعماق مختلف (cm)			تعداد آبیاری	آب آبیاری (m ^۳ /ha)	باران* (m ^۳ /ha)	عملکرد (kg/ha)
				۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰				
				۱۰/۶	۱۱/۵	۹/۵				
۱	حومه گنبد	۳۲	۸۴/۱۱/۵	۱۲/۳	۱۴/۵	۱۸/۵	۱	۱۵۷۰	۲۲۵۰	۲۵۱۷
			۸۵/۱/۲۸	۴/۸	۱۰	۱۵/۱				
۲	حومه آق قلا	۰	۸۴/۱۱/۱۷	۵/۱	۹/۳	۱۴	-	-	۲۶۰۰	۲۶۸۶
			۸۵/۲/۱۷	۳/۵	۸/۵	۱۲/۲				
۳	حومه گنبد	۳۴	۸۴/۱۱/۵	۸/۷	۱۰/۵	۱۰/۶	۱	۳۹۰	۲۲۵۰	۳۳۲۴
			۸۵/۱/۲۶	۴/۹	۶	۶/۸				
۴	انبار الوم	۶	۸۴/۱۱/۳	۱/۵	۳/۶	۴/۷	۱	۷۰۰	۲۱۲۰	۵۰۸۳
			۸۵/۱/۷	۱/۳	۱/۹	۲/۳				
۵	آق قلا	۱	۸۴/۱۱/۸	۱۲/۹	۲۵/۱۰	-	۱	۵۸۰	۲۶۰۰	۳۸۸۶
			۸۵/۱/۲۶	۴/۷	۱۲/۳	۱۸				
۶	حومه گنبد	۲۹	۸۴/۱۱/۵	۲۵/۶	۱۶/۳	۱۶/۶	۲	۱۶۴۰	۲۲۵۰	۳۸۷۹
			۸۵/۱/۲۵	۱۴/۲	۱۳/۹	۱۴/۷				
۷	انبار الوم	۱۰	۸۵/۱۱/۳	۰/۸۵	۲/۲	۳/۶	۱	۹۱۵	۲۶۰۰	۳۲۹۶
			۸۵/۱/۲۶	۱۴/۱	۱۵	۱۴/۷				
۸	حومه گنبد	۲۶	۸۴/۱۱/۶	۵/۶	۵/۷	۵/۳	۲	۸۵۰	۲۲۵۰	۲۷۵۳
			۸۵/۱/۲۸	۳/۱	۳/۶	۴/۸				
			۸۵/۱/۱۵	۵/۲	۶	۶/۸				
۹	حومه گنبد	۴۱	۸۴/۱۱/۱۲	۷/۳	۲۳/۱	۲۸/۳	۵	۱۶۰۰	۲۲۵۰	۳۹۵۱
			۸۴/۱۲/۲۸	۸/۴	۲۰	۳۳/۵				
			۸۵/۱/۲۳	۳/۸	۸/۸	۱۷/۶				
۱۰	بندر ترکمن	-۱۴	۸۵/۱/۱۵	۳	۲/۶	۲/۳	۱	۷۲۰	۲۳۰۰	۱۷۷۶
			۸۵/۳/۷	۱۵/۷	۲۱	۲۱				
۱۱	حومه گنبد	۵۳	۸۴/۱۱/۱۲	۳۹/۴	۴۹/۸	۵۰	۲	۱۸۴۰	۲۲۵۰	۳۲۲۶
			۸۵/۱/۲۳	۱۴/۷	۱۶/۷	۲۷/۳				

* مقدار تجمعی باران در طی فصل رشد گندم می‌باشد.

• واکنش گیاهان زمستانه (گندم) به شوری آب آبیاری در مزارع تحقیقاتی

تأثیر آب شور بر عملکرد گیاهان که حاصل از نتایج دو کار پژوهشی نگارنده در استان گلستان است در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که استفاده از آب با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر روی عملکرد گندم در سال ۱۳۷۶-۷۸ در حدود ۱۰٪ کاهش محصول را همراه داشته است. همین میزان کاهش محصول در سال‌های ۸۲-۱۳۸۰ با آب آبیاری با شوری ۱۴/۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز مشاهده شده است. تفاوت تأثیر شوری آب آبیاری روی عملکرد گندم در سال‌های مختلف به شرایط اقلیمی، نوع رقم، مدیریت آبیاری و زهکشی بستگی دارد. به دلیل اینکه در گندم سهم بارش در مقدار آب مصرفی در سال‌های ۷۸-۱۳۷۶ در حدود ۴۲٪ و

در سال‌های ۸۲-۱۳۸۰ در حدود ۴۸٪ بوده است. بطور کلی در دوران کم‌آبی، جایگزینی آب آبیاری با شوری معادل ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به جای منابع آب شیرین که کاهش حدود ۱۰٪ عملکرد گندم را در پی دارد، باعث صرفه‌جویی معنی‌داری در منابع آبی می‌شود.

در اوایل فصل رشد گندم، جو و کلزا، باران (آب غیرشور) نیاز آبی گیاه را مرتفع می‌کند؛ در نتیجه در مراحل بعدی رشد با اینکه بارش کم می‌شود اما چون گیاه به شوری متحمل‌تر است، برای کشاورز امکان کاربرد آب شور زهکش فراهم می‌شود. به عبارتی با توجه به شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه خصوصاً پراکنش مناسب بارش در فصل رشد، این امکان فراهم می‌شود تا از آب شور زهکش به عنوان یک منبع آب، برای برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زمستانه، استفاده مفید برد.

جدول ۲- تأثیر آب شور بر عملکرد گیاهان (نتایج دو کار پژوهشی نگارنده)

نوع گیاه (متوسط دو سال)	شوری آب آبیاری (dS/m)	مقدار آب (m ³ /ha)	باران* (m ³ /ha)	عملکرد** (kg/ha)	منبع
گندم (۷۶-۷۸)	۰/۷۶	۲۲۸۵	۲۳۰۰	۶۱۷۰ a	نوری‌نیا و کیانی (۱۳۸۰)
	۵	۲۷۲۵	۲۳۰۰	۵۹۸۰ a	
	۱۰	۳۱۷۵	۲۳۰۰	۵۷۰۰ b	
گندم (۸۰-۸۲)	(S ₁) ۱/۵	۲۱۰۰	۱۸۹۰	۴۰۲۷ a	kiani و Mirlatifi (۲۰۱۲)
	(S ₂) ۸/۵	۲۱۰۰	۱۸۹۰	۳۹۱۲ ab	
	(S ₃) ۱۱/۵	۲۱۰۰	۱۸۹۰	۳۷۶۱ bc	
	(S ₄) ۱۴/۲	۲۱۰۰	۱۸۹۰	۳۶۱۵ c	

* مقدار تجمعی باران در طی فصل رشد گندم می‌باشد.

** در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

• مزیت اختلاط آب کانال (غیرشور) و آب زهکش

به استناد نتایج کاربردی، گزینه‌های مختلفی برای استفاده از منابع آب شور وجود دارد، بطوریکه با افزایش مساحت قابل کشت، تولید و درآمد افزایش یابد. نتایج پژوهشی حاصل از کاربرد آب شور زهکش روی گندم در استان گلستان نشان داده است که تا شوری ۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر روی عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشت و آبیاری با آب شور (۱۲ dS/m) تنها در حدود ۱۰ درصد عملکرد گندم را کاهش داد (جدول ۲، kiani و Mirlatifi، ۲۰۱۲). با استفاده از این اطلاعات و اختلاط آب شور (۲۰ dS/m) و غیرشور و ایجاد شوری‌های دلخواه با درصدهای مختلف سودمندی کاربرد آب شور به عنوان نمونه در جدول (۳) ارائه شد. به طور مثال اگر آب شور زهکش با شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با آب غیرشور (۱ dS/m) به

نسبت ۵۰٪ از هر کدام اختلاط شود، شوری نهایی آب حاصل از اختلاط برابر ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌شود. در این شرایط اگر چه عملکرد گندم به جای ۴۰۰۰ کیلوگرم در حدود ۳۶۰۰ کیلوگرم به دست می‌آید ولی با صرفه‌جویی به میزان ۵۰٪ از منابع آب شیرین فرصت جدیدی برای حفظ پایداری منابع آبی و یا افزایش تولید ایجاد می‌شود. به عبارت دیگر با حجم آب اضافه شده می‌توان به جای یک هکتار، دو هکتار را زیر کشت برد و در مجموع ۷۲۰۰ کیلوگرم گندم برداشت نمود. در صورتیکه به دلایل کم‌آبی، توسعه کشت مد نظر نباشد، عدم استفاده از آب صرفه‌جویی شده در اراضی جدید، اگرچه در کوتاه مدت درآمدی برای کشاورز ایجاد نمی‌کند، ولی در دراز مدت به حفظ پایداری منابع آب شیرین، که در شرایط کنونی در اولویت است، کمک می‌کند.

جدول ۳- مزیت نسبت‌های مختلف اختلاط آب کانال (غیرشور) و آب زهکش (۲۰ dS/m) (کیانی و عباسی، ۱۳۸۹)

درصد استفاده از آب	شوری آب	درصد ذخیره	درصد افزایش	ضریب افزایش	عملکرد (Kg)	زهکش
کانال	مخلوط	شده آب کانال	زمین تحت آبیاری	عملکرد	مساحت جدید	یک هکتار
۱۰۰	۱	۰	۰	۰	۴۰۰۰	۰
۸۰	۴/۸	۲۰	۵	۱/۰۵	۴۲۰۰	۲۰
۷۰	۶/۷	۳۰	۱۳	۱/۱۳	۴۵۲۰	۳۰
۶۰	۸/۶	۴۰	۶۷	۱/۶۷	۶۳۴۶	۴۰
۵۰	۱۰/۵	۵۰	۱۰۰	۲/۰۰	۷۲۰۰	۵۰
۴۰	۱۲/۴	۶۰	۱۵۰	۲/۵۰	۸۵۰۰	۶۰

دام ندارد، می‌توان بخشی از علوفه مورد نیاز دام را با استفاده از منابع آب و خاک شور تأمین نمود.

جدول ۴- وزن خشک اندام هوایی کوشیا در مرحله گلدهی آبیاری شده با شش سطح شوری و سطوح آبیاری (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰)

شوری	وزن خشک اندام هوایی (گرم در متر مربع)	
(dS/m)	۱۳۸۷	۱۳۸۸
۱/۵	۱۳۴۲/۱ a	۳۴۳۹/۶ a
۷	۱۳۹۳/۹ a	۲۹۵۵/۱ ab
۱۴	۱۱۹۳/۸ ab	۲۷۰۱/۲ bc
۲۱	۱۰۱۳/۹ bc	۲۳۲۱/۴ c
۲۸	۱۰۱۷/۴ bc	۲۱۹۹/۶ c
۳۵	۸۸۳/۱ c	۱۵۹۲/۰ d
رژیم آبیاری (%)		
۵۰	۱۰۹۸/۴ b	۲۵۷۲/۴ a
۷۵	۱۰۵۳/۳ b	۲۷۱۴/۲ a
۱۰۰	۱۲۷۰/۵ a	۲۵۷۳/۶ a
۱۲۵	-	۲۲۷۹/۱ a

اعدادی که در یک ستون دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

و همکاران (۱۳۸۵) در شرایط استان گلستان نشان داد که توزیع شوری در نیمرخ خاک در زمان برداشت گندم به دلیل کاهش نزولات، تبخیر زیاد و افزایش سطح آب زیرزمینی در مناطقی که مشکل زهکشی دارند، نسبت به ابتدای سال خصوصاً در لایه سطحی خاک افزایش داشته است (شکل ۲-الف). بطوری که در تیمار شوری در سال اول، متوسط شوری تا عمق ۴۰ سانتی‌متری از ۴ دسی‌زیمنس بر متر در زمان کاشت به ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر در زمان برداشت و در سال دوم از ۵/۸ دسی‌زیمنس بر متر در زمان کاشت به ۸/۸ دسی‌زیمنس بر متر در زمان برداشت رسید. اما بارشهای مهر، آبان و آذر (متوسط ۱۴۰ میلی‌متر) با شستشوی املاح، شرایط را برای جوانه زنی و رشد اولیه گندم مساعد می‌کند.

• واکنش گیاه شورزیست کوشیا به شوری آب آبیاری

جدول (۴) نتایج بررسی تنش شوری و رژیم‌های مختلف آبیاری بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه شورزیست کوشیا برای کشت بهاره و تابستانه در مرحله گلدهی را در شرایط استان گلستان نشان می‌دهد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰). طبق جدول (۴) ملاحظه می‌گردد که کوشیا، در اواسط مرحله گلدهی در کشت تابستانه (تیر ماه)، در شوری آب حدود ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر حدود ۱۰ تن و در کشت بهاره (اواسط فروردین) در حدود ۲۳ تن در هکتار، علوفه خشک تولید کرده است. تحت تنش شدید شوری (dS/m) ۳۵ و کم‌آبی در کشت بهاره و تابستانه به ترتیب ۱۶ و ۸ تن در هکتار وزن خشک تولید کرده است. مجموع بارندگی و آبیاری تا زمان برداشت علوفه در تیمار ۵۰٪ مصرف آب، حدود ۲۴۰ میلی‌متر و در تیمار ۱۲۵٪ مصرف آب، معادل ۳۹۵ میلی‌متر بود. در طول فصل و در کشت بهاره، ۱۶۵ میلی‌متر بارندگی اتفاق افتاد، بطوریکه سهم بارش در کل آب کاربردی در تیمار بدون تنش آبی در حدود ۳۶٪ بود. Kafi و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که کوشیا قادر است ۱۱ تن در هکتار زیست توده در شرایط اقلیمی استان خراسان رضوی تولید کند. از آنجایی که وارد کردن این گیاه به جیره غذایی دام بین ۲۰ تا ۴۰ درصد بسیار مناسب است و تأثیر منفی در تولید

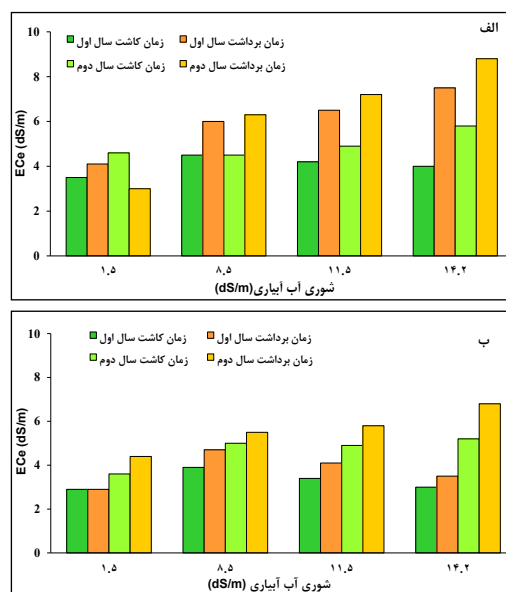
• واکنش خاک به شوری آب آبیاری در کشت گیاهان گندم و کوشیا

اگر چه ممکن است آبیاری با آب شور در عملکرد گیاه در کوتاه مدت اثر قابل ملاحظه‌ای نداشته باشد، ولی بررسی تجمع تدریجی شوری در نیمرخ خاک با نگرش حفظ پایداری تولید از مسایل مهم مدیریتی استفاده از آب شور است. نکته قابل توجه این است که استفاده از آب شور ممکن است در دراز مدت برای خاک مشکلاتی را به وجود آورد.

شکل (۲) تغییرات شوری نیمرخ خاک در تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری طی دو سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ در گندم (کشت پاییزه) را نشان می‌دهد. بطور کلی، بررسی دو ساله توسط کیانی

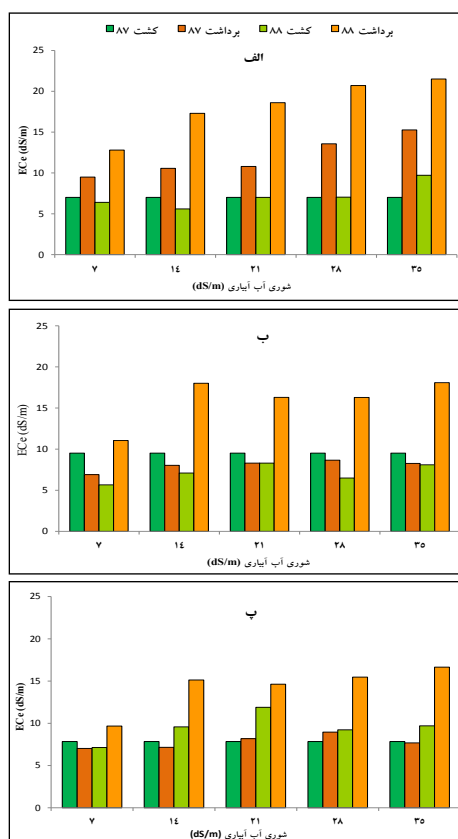
در منطقه مورد مطالعه به دلیل ریزش‌های مناسب (حدود ۱۱۰ میلی‌متر) در سه ماهه زمستان، کاهش تبخیر و کاهش درجه حرارت هوا، صعود املاح از لایه‌های پایین‌تر به سطح خاک را محدود می‌سازد. بنابراین، ملاحظه می‌گردد که شرایط اقلیمی در منطقه، کاربرد آب‌های شور را میسر می‌نماید. اما چون باران عامل غیر قابل کنترل بوده و همچنین روند صعودی تجمع املاح وجود داشته برای حفظ پایداری کشاورزی هرگاه در سال‌های خاص باران نتواند مقدار شستشوی لازم در خاک را انجام دهد با اندازه‌گیری شوری خاک در اوایل فصل رشد گندم بایستی آبشویی خاک انجام گیرد.

شکل (۲-ب) نشان می‌دهد که نوسانات شوری در عمق ۸۰-۴۰ سانتی‌متری خاک به مراتب کمتر از عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری بوده است. ملاحظه می‌شود که در سال اول شوری این لایه همانند لایه سطحی خاک (ولی با شدت کمتر) در زمان برداشت نسبت به زمان کاشت افزایش دارد. اما در زمان کاشت در سال دوم شوری خاک بر خلاف لایه سطحی، نسبت به زمان برداشت سال قبل اندکی افزایش یافته است. بارش املاح موجود در لایه سطحی خاک را شسته و به اعماق پایین‌تر منتقل نموده، به همین دلیل مقدار شوری این لایه در سال دوم افزایش یافته است. در چنین شرایطی اگر آبشویی صورت نگیرد، به دلیل تبخیر از لایه سطحی و ایجاد شیب حرکت آب از پایین به سمت بالا، در طولانی مدت باعث تجمع نمک در لایه سطحی خاک خواهد شد. در مقابل، کشت گیاهان تابستانه با ریشه عمیق از حرکت آب از پایین به بالا جلوگیری می‌کند.



شکل ۲- بررسی روند شوری خاک در چهار زمان کشت و برداشت گندم در عمق (الف) ۴۰-۰ و (ب) ۸۰-۴۰ سانتی‌متری (کیانی و همکاران، ۱۳۸۵)

شکل (۳) تغییرات شوری خاک در چهار زمان کشت و برداشت کوشیا (کشت تابستانه، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸) و در سه عمق خاک را نشان می‌دهد. در کلیه تیمارها در سال اول شوری خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در زمان برداشت نسبت به زمان کاشت افزایش یافته است. با افزایش شوری آب آبیاری، این تفاوت بیشتر دیده می‌شود (شکل ۳-الف). برای مثال، در تیمار با شوری آب به میزان ۷ و ۳۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۲۶ و ۴۶٪ افزایش در هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک مشاهده شده است. بعد از برداشت کوشیا در مهر ماه تا فروردین ماه سال ۱۳۸۸ زمین بصورت آیش بوده و در این مدت ۲۵۴ میلی‌متر بارندگی اتفاق افتاده است. این میزان بارندگی موجب شستشوی املاح و کاهش هدایت الکتریکی به میزان ۶-۳ دسی‌زیمنس بر متر از عمق ۳۰-۰ و به میزان ۴-۱ دسی‌زیمنس بر متر از عمق ۹۰-۶۰ شده (شکل ۳-ب). در حالی که میزان شوری در عمق ۹۰-۶۰ در دو سال زراعی افزایش یافته است (شکل ۳-پ). این نتایج نشان داد که بیشترین میزان تجمع شوری در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری خاک اتفاق افتاده و بارندگی‌های زمستانه موجب کاهش شوری خاک در سطح شده است. مقایسه شوری سطح خاک در زمان کاشت نشان داد که تنها در تیمار ۳۵ دسی‌زیمنس بر متر روند شوری خاک افزایشی است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۳- بررسی روند شوری خاک در چهار زمان کشت و برداشت کوشیا در سه عمق (الف) ۳۰-۰، (ب) ۹۰-۶۰ و (پ) ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک

در بخش‌هایی از استان گلستان که باران ضمن تأمین بخشی از نیاز گیاهان زمستانه مانند گندم، جو و کلزا عامل تعدیل اثرات زیانبار شوری آب آبیاری نیز می‌باشد، با کاربرد این نوع آب‌ها می‌توان از فشار به منابع آب شیرین کاست. همچنین در طول تابستان کیفیت آب رودخانه گرگان‌رود کاهش یافته و امکان استفاده از آن برای آبیاری گیاهان معمول زراعی مانند ذرت وجود ندارد. از طرفی در استان گلستان حدود ۵۶ هزار هکتار از اراضی، شوری ۳۲-۱۶ دسی‌زیمنس بر متر دارند که برای کشت گیاهان زراعی معمول مناسب نیست. در این مناطق جهت بهره‌برداری از خاک و آب شور، می‌توان از کشاورزی شورزیست جهت تولید علوفه استفاده نمود. تحقیقات نگارندگان نشان می‌دهد که در استفاده از آب شور در کشت گیاهان شورپسند، بارندگی زمستانه می‌تواند موجب شسته شدن نمک در لایه سطحی خاک شده و از این نظر شرایط مساعدی را برای کشت این گیاهان در سال آینده فراهم کند.

saline water in arid regions of northwest China. *Agricultural Water Management*, 97: 2001-2008.

Kafi M. Asadi H. Ganjeali A. 2010. Possible utilization of high-salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. *Agricultural Water Management*, 97: 139-147.

Kafi M. Salehi M. 2012. *Kochia scoparia* as a model plant to explore the impact of water deficit on halophytic communities. *Pakistan Journal of Botany*, 44: 257-262.

Kang Y. Chen M. and Wan S. 2010. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) in North China Plain. *Agricultural Water Management*, 97: 1303-1309.

Kiani A. R. Mirlatif S.M. 2012. Effect of different quantities of supplemental irrigation and its salinity on yield and water use by winter wheat (*Triticum aestivum*). *Irrigation and Drainage*, 61: 89-98.

Salehi M. and Kafi M. 2011. Suitable growth stage to start irrigation with saline water to increase salt tolerance and decrease ion accumulation of *Kochia scoparia*. *Spanish Journal of Agriculture Science*, 9: 650-653.

Sharma D.P., Rao K.V., Singh K.N., Kumbhare P.S. and Oosterbaan R.J. 1994. Conjunctive use of saline and non-saline irrigation waters in semi-arid regions. *Irrigation Science*, 15: 25-33.

در مناطق کم آب مشابه استان گلستان، فرصت‌هایی مانند منابع آب شور (زهکش‌ها، پساب‌های کشاورزی و صنعتی، آب‌های زیرزمینی عمیق شور، دریا)، بارش‌های پاییزه و زمستانه که تأمین‌کننده بخش قابل توجهی از نیاز آبی گیاهان زمستانه هستند، فرصت‌های جدیدی برای صرفه‌جویی از منابع آب شیرین با جایگزین کردن آب شور با آب غیرشور، استفاده از روش آبیاری کرتی و نواری که موجب شستشوی مناسب‌تر املاح از نیم‌رخ خاک می‌شوند و همچنین توسعه گیاهان بومی شورپسند، بوجود می‌آورد. بررسی‌ها در منطقه نشان داده است که مصرف آب‌های شور زهکش‌ها که از نظر معیارهای کیفی جزء آب‌های غیر قابل مصرف در کشاورزی محسوب می‌شوند، تأثیر مثبت و تعیین‌کننده‌ای در افزایش تولید محصولاتی نظیر گندم، جو، کلزا، و گیاهان تابستانه مانند کوشیا، پنبه، سورگوم و ... دارد. بنابراین،

شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان، ۱۳۹۴. سیمای عمومی آب استان، <http://www.gsrw.ir>.

صالحی، م. کافی، م. و کیانی، ع. ر. ۱۳۹۰. تأثیر تنش شوری و کم آبی بر تولید زیست توده کوشیا و روند شوری خاک. *مجله به زراعی نهال و بذر*، ۲۷(۴): ۴۱۷-۴۳۳.

کیانی، ع. ر. ۱۳۹۴. مقایسه تولید و بهره‌وری آب با استفاده از آبیاری یک در میان در شرایط کم آبی و شوری (مطالعه موردی روی گیاه ذرت). *مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به شماره* ۴۷۶۳۱.

کیانی، ع. ر. و عباسی، ف. ۱۳۸۹. شوری در کشاورزی (چالش‌ها و راهکارها). *انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی*، ۱۸ صفحه.

کیانی، ع. ر. همایی، م. و میر لطیفی، م. ۱۳۸۵. ارزیابی توابع کاهش عملکرد گندم در شرایط توام شوری و کم آبی. *مجله علوم خاک و آب*، ۲۰ (۱): ۷۳-۸۲.

کیانی، ع. ر. و مساوات، ۱۳۹۴. بررسی راهبردهای مختلف آبیاری یک در میان با استفاده از آب شور-غیرشور در عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت. *مجله حقیقات آب و خاک ایران*، ۱ (۴۶): ۱-۱۰.

نوری‌نیا، ع. ع. و کیانی، ع. ر. ۱۳۸۰. بررسی امکان استفاده از آب شور در آبیاری تکمیلی گندم و جو در منطقه گرگان. *مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به شماره* ۸۰/۳۴۴.

Chen W. Hou Z. Wu L. Liang Y. and Wei C. 2010. Evaluating salinity distribution in soil irrigated with

Introduction to multiple linear regression and its application to simulate daily pan evaporation

M. Jafari^{1*}, Y. Dinpashoh², E. Asadi³

1, 2, 3- MSc Student & Associate Professor & Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

*(Corresponding Author Email: M.jafari.twone@gmail.com)

Received: 25-12-2015

Accepted: 7-2-2016

آشنایی با رگرسیون خطی چندگانه و استفاده از آن در شبیه سازی مقادیر تبخیر روزانه تحت

مجید جعفری^{۱*}، یعقوب دین پژوه^۲، اسماعیل اسدی^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، دانشیار و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: M.jafari.twone@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۴

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۸

Abstract

Evaporation is one of the main parameters for the optimum operation of reservoirs, design of irrigation systems and scientific management of water resources. Accurate estimation of the water evaporation level is crucial in any region especially in arid and semiarid regions. In this study, the feasibility of simulation of pan evaporation in Maraghe station using the multiple regression models were investigated. Meteorological data, including the maximum and minimum air temperatures, dew point temperature, the maximum and minimum relative humidities, the number of sunshine hours, the wind speed records during the 1992 to 2012 (using the daily time scale) of Maraghe synoptic station were used. Various models of multiple linear regression (MLR) were derived for simulating the evaporation in the mentioned station. The selected MLR model was tested for multi-collinearity of input repressors using the Ridge Regression. For this purpose, the Variance Inflation Factor (VIF), responsible for the multi-collinearity in regression analysis, was calculated for each of the input variables. The results showed that all of the obtained VIFs values were less than 10 and the multi-collinearity is not created. Furthermore, the ratio of eigenvalues of the correlation matrix, $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$, for the selected model was calculated as 6.2. The selected model consisted of the maximum relative humidity ($RH_{\max}$), number of sunshine hours (n), and minimum air temperature ($T_{\min}$) as independent inputs, and the Pan evaporation as the dependent variable, $f(RH_{\max}, T_{\min}, n)$. Therefore, it can be concluded that there was no multi-collinearity in the selected MLR model. The RMSE and R^2 values of the selected model (MLR) was calculated as 2.37 and 0.676 mm/day, respectively.

Keywords: Evaporation, Regression Models, Multi-collinearity, Ridge Regression, Synoptic station of Maraghe.

چکیده

تبخیر یکی از پارامترهای اصلی در برنامه ریزی و بهره برداری بهینه از مخازن، طراحی سیستم های آبیاری و مدیریت علمی منابع آب می باشد. تخمین دقیق تبخیر، در هر منطقه به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک از اهمیت بالایی دارد. در این مطالعه، امکان شبیه سازی مقدار تبخیر از تحت با استفاده از مدل های رگرسیون چندگانه بررسی شد. داده های هواشناسی شامل حداکثر دمای هوا، حداقل دمای هوا، دمای نقطه شبنم، حداکثر رطوبت نسبی هوا، حداقل رطوبت نسبی هوا، تعداد ساعات آفتابی و سرعت باد در مقیاس روزانه در دوره آماری ۱۳۹۱-۱۳۷۱ در ایستگاه سینوپتیک مراغه استفاده شد. مدل رگرسیونی چندگانه خطی (MLR)^۱ برای ایستگاه مذکور بسط داده شد. مدل منتخب MLR توسط روش رگرسیون ریج به منظور لحاظ کردن اثر همخطی توام بین ورودی های مدل مورد آزمون واقع شد. مقادیر ضریب تورم واریانس (VIF)^۲ که شاخصی برای بررسی همخطی توام در تحلیل رگرسیون است، برای یکایک متغیرها محاسبه شد. نتایج نشان داد که مقدار عددی همه ضرایب مذکور کمتر از ۱۰ بوده و هیچ متغیری ایجاد همخطی نکرد. افزون بر این، مقدار نسبت مقادیر ویژه ماتریس همبستگی ($\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$)، برای مدل منتخب سه متغیره $f(RH_{\max}, T_{\min}, n)$ تابعی است سه متغیره که متغیرهای مستقل آن حداکثر رطوبت نسبی ($RH_{\max}$)، تعداد ساعات آفتابی (n) و حداقل دمای هوا ($T_{\min}$) می باشد برابر با ۶/۲ بدست آمد. بنابراین، همخطی توام در مدل منتخب MLR مشاهده نشد. مقادیر RMSE و R^2 برای مدل منتخب MLR به ترتیب برابر ۲/۳۷ میلی متر بر روز و ۰/۶۷۶ بدست آمد.

واژه های کلیدی: تبخیر، مدل های رگرسیونی، هم خطی توام، رگرسیون ریج، ایستگاه سینوپتیک مراغه.

میانگین رطوبت نسبی روزانه، ساعات آفتابی، حداکثر، حداقل و میانگین دمای هوا و سرعت باد بودند. نتایج بدست آمده نشان داد که عملکرد هر دو مدل در پیش‌بینی تبخیر-تعرق قابل قبول است. Mallik و همکاران (۲۰۱۳) و Kisi (۲۰۰۹)، برای برآورد تبخیر از تشت از روش‌های ANN و MLR استفاده کردند. نتایج این دو مطالعه نشان دهنده کارایی خوب مدل MLR بوده است. Malik و Kumar (۲۰۱۵) تبخیر روزانه از تشت را توسط روش‌های ANN، نروفازی و MLR در منطقه پانتاگار (هند) شبیه‌سازی کردند. مقایسه نتایج با استفاده از معیارهای ارزیابی مانند ضریب تعیین (R^2) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) نشان دهنده کارایی بهتر روش‌ها به ترتیب ANN، نروفازی و MLR بود. اسکافی نوغانی و همکاران (۱۳۸۷) از روش رگرسیون خطی چندگانه (MLR) با استفاده از پارامترهای هواشناسی، مقدار تبخیر از تشت را برآورد نمودند و با مقادیر اندازه‌گیری شده از تشت تبخیر مقایسه کردند. منطقه مورد مطالعه ایشان حوضه گرگان‌رود بود. نتایج نشان داد که خروجی روش MLR در این حوضه با مقادیر اندازه‌گیری شده تقریباً برابر بوده و بنابراین مدل دقت مناسب در تخمین تبخیر را دارد.

مدل‌های رگرسیونی در حوزه‌های مختلف علمی کاربرد وسیعی دارند. مسئله جدی که می‌تواند استفاده از مدل رگرسیونی را با محدودیت مواجه کند، وجود هم‌خطی توام (یا چندگانه) بین متغیرهای رگرسیونی است. وجود هم‌خطی توام، توانایی برآورد دقیق ضرایب مدل رگرسیون را با مشکل مواجه می‌کند. در شرایط وجود هم‌خطی توام تفسیر ضرایب رگرسیون قرین صحت نخواهد بود. بنابراین برای از بین بردن هم‌خطی، از روش رگرسیون ریج استفاده شد. Li و همکاران (۲۰۱۰) سیستمی با دو سری داده متفاوت برای مقایسه دو روش رگرسیون خطی ساده و رگرسیون خطی ریج ارائه دادند. نتایج نشان‌دهنده عملکرد بهتر رگرسیون ریج در رگرسیون‌بندی داده‌های دارای هم‌خطی توام و نتایج قابل شرح‌تر نسبت به رگرسیون خطی ساده است. فکری و همکاران (۱۳۹۰) رگرسیون ریج را به عنوان یکی از کاراترین روش‌های مقابله با مشکل هم‌خطی در داده‌های مربوط به عوامل خطر بیماری‌های قلبی معرفی کردند.

با توجه به اهمیت شبیه‌سازی پدیده‌های اقلیمی، هدف از مقاله حاضر آشنایی با روش‌های مختلف رگرسیون چندگانه و تعیین کارایی آنها در تخمین مقادیر تبخیر از تشت روزانه می‌باشد. بنابراین در تحقیق حاضر به عنوان مطالعه موردی، سری زمانی تبخیر روزانه ایستگاه مراغه با روش‌های رگرسیون چندگانه خطی و رگرسیون ریج مدل‌بندی شدند.

تبخیر یکی از مولفه‌های اصلی چرخه‌ی هیدرولوژی و توازن آب در طبیعت و زیست‌بوم‌های کشاورزی است. در پدیده‌ی تبخیر عوامل متعددی دخالت دارند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به دمای هوا، سرعت باد، رطوبت نسبی، تابش خورشیدی و ارتفاع محل اشاره کرد (Chow و همکاران، ۱۹۸۸). کاربرد مفاهیم آماری به عنوان یک اصل زیربنایی در تحلیل بسیاری از مسایل پیچیده تصمیم‌گیری کاملاً پذیرفته شده است. هدف اینگونه تحلیل‌ها در شکل کلی آن پیدا کردن ارتباط بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل است. با اینکه ضریب همبستگی^۲ نشان‌دهنده ارتباط بین دو متغیر است اما زمانی که هدف، اثر یک متغیر بر متغیر دیگر است، نمی‌توان از آن استفاده کرد. از طرفی گاهی تخمین تغییر در یک متغیر با تغییر متغیر دیگر مهم است که باز هم ضریب همبستگی نمی‌تواند تخمینی از این تغییرات ارائه دهد. برای پاسخ به سئوالات فوق باید به سراغ رگرسیون رفت.

یکی از روش‌های آماری، روش رگرسیون چند متغیره خطی است. در رگرسیون یک متغیر که تأثیرپذیر (Y) از سایر متغیرهاست، متغیر پاسخ/متغیر وابسته نامیده می‌شود. متغیر یا متغیرهایی که بر متغیر پاسخ اثر می‌گذارند (X) متغیر توضیحی/متغیر مستقل نامیده می‌شود. Shirsath و Kumar (۲۰۰۹) تبخیر روزانه از تشت را با روش‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)^۱، MLR و مدل‌های پنمن، استفن^۵ و استوارت^۶ پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که روش‌های ANN و MLR در مقایسه با سایر روش‌ها کارایی بهتری داشتند. مطالعاتی توسط Bruton و همکاران (۲۰۰۰)، Shirsath و Singh (۲۰۱۰)، Shirgure (۲۰۱۱)، Googhari (۲۰۱۲) و Shirgure و Rajput (۲۰۱۲) با استفاده از روش‌های ANN و MLR انجام گرفت که نشان دهنده نتایج قابل قبول برای هر دو مدل و البته نتایج قابل اعتمادتر برای ANN می‌باشد. Almedeij (۲۰۱۲) پیش‌بینی تبخیر روزانه و ماهانه را در کویت توسط مدل رگرسیون خطی انجام داد. برای این کار پارامترهای دما، رطوبت نسبی هوا و سرعت باد در دوره زمانی ۱۷ ساله (از ژانویه ۱۹۹۳ تا دسامبر ۲۰۰۹) در یک منطقه بیابانی بکار برده شدند. در نهایت رابطه بین تبخیر با دما و رطوبت نسبی هوا بصورت خطی ایجاد شد. نتایج وی نشان داد که مدل ایجاد شده با این پارامترها همبستگی بسیار بالایی با داده‌های مشاهداتی دارد. Ladlani و همکاران (۲۰۱۲) تبخیر-تعرق روزانه در منطقه مدیریت‌شده‌ی کشور الجزایر را توسط روش‌های نروفازی و MLR مدل‌سازی کردند. داده‌های بکار رفته شامل

• منطقه مورد مطالعه

شهرستان مراغه با وسعت ۲۵۹۷ کیلومتر مربع (۴/۸٪ مساحت استان آذربایجان شرقی) در ۱۳۰ کیلومتری تبریز واقع شده و در عرض شمالی ۳۷ درجه و ۱ دقیقه الی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه و در طول شرقی ۴۶ درجه و ۹ دقیقه الی ۴۶ درجه و ۴۴ دقیقه قرار گرفته است. بخش شمالی که شامل دامنه‌های جنوبی ارتفاعات سه‌نند می‌باشد، به صورت کوهستانی و ناهموار بوده و بخش مرکزی و جنوبی شهرستان، به صورت دشت و جلگه می‌باشد. میزان بارش باران و تبخیر در این استان به ترتیب بطور متوسط حدود ۳۵۰ و ۱۷۰۰ میلی‌متر در سال است. فصول زمستان و بهار، فصول بارندگی منطقه محسوب می‌شوند و بیشترین شدت بارندگی در بهار مشاهده می‌شود.

• داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه از داده‌های روزانه تبخیر از تشت (E)، دمای حداکثر (T_{max}) و دمای حداقل (T_{min})، رطوبت نسبی حداکثر (RH_{max}) و رطوبت نسبی حداقل (RH_{min})، ساعات آفتابی (n)، سرعت باد (wind) استفاده شده است. داده‌ها از سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی اخذ شده و پس از بررسی اشتراک زمانی داده‌های ثبت شده برای پارامترهای ذکر شده در بالا، سال ۱۳۷۱ به عنوان مبدأ مطالعات انتخاب شد. بدلیل فقدان یا گم شدن برخی داده‌ها، از روش رگرسیون خطی ساده ما بین سری زمانی داده‌های مراغه و ایستگاه‌های همسایه برای تخمین این داده‌ها استفاده شد. بعد از تشکیل ماتریس همبستگی، معنی‌داری ضرایب همبستگی بین ایستگاه‌های مختلف توسط آزمون t در سطح معنی‌داری ۵٪ مورد آزمون واقع شد. سپس مناسب‌ترین همبستگی بین داده‌های ایستگاه مراغه و سایر ایستگاه‌ها در نظر گرفته شد و داده‌های گم‌شده تخمین زده شدند. آزمون t برای بررسی معنی‌داری همبستگی بین متغیرها، به شرح رابطه زیر است (Hirsch و همکاران، ۱۹۹۳):

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (1)$$

که در آن r ضریب همبستگی بین دو متغیر و n تعداد داده‌ها می‌باشد. اگر قدر مطلق t محاسبه شده بیشتر از مقدار t جدول (جدول t-student با درجه آزادی n-2 و سطح معنی داری $\alpha/2$) باشد، آنگاه ضریب همبستگی معنی‌دار تلقی می‌گردد. بعد از جاگذاری داده‌های گم‌شده (برای پارامترهای دما و رطوبت نسبی هوا)، کیفیت داده‌ها کنترل شد. برای این

منظور در طول کل دوره آماری، T_{min} و T_{max} در یک نمودار و همینطور RH_{min} و RH_{max} در نموداری دیگر رسم شد. در هر نمودار بیشتر بودن سری نظیر حداکثر نسبت به سری حداقل کنترل می‌شد، به عبارت دیگر از بیشتر بودن مقدار پارامتر حداکثر نسبت به مقدار حداقل در همان روز اطمینان حاصل می‌شد. پس از کنترل کیفی داده‌ها مقادیر تبخیر از تشت به عنوان متغیر وابسته و مقادیر متغیرهای T_{min} ، T_{max} ، RH_{max} ، RH_{min} ، n و wind به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. برای اینکه داده‌ها دارای دامنه تعریف متفاوتی هستند داده‌های هر سری با رابطه زیر استاندارد شدند.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

که در آن، Z متغیر استاندارد شده، X مقدار متغیر مشاهداتی، μ میانگین و σ نیز انحراف معیار داده‌های آن متغیر است.

• مدل رگرسیون خطی چندگانه (MLR)

ارتباط خطی بین متغیرهای مستقل $x_1, x_2, \dots, x_n$ و متغیر Y در مدل MLR، به شرح زیر است:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + e \quad (3)$$

که در آن، a_0 عرض از مبدأ و پارامترهای $a_1, a_2, \dots, a_n$ ضرایب رگرسیونی می‌باشند (Balan و همکاران، ۱۹۹۵).

همچنین مدل MLR در فرم ماتریسی به شرح زیر نوشته می‌شود:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

که در آن β : بردار ضرایب رگرسیون $(P+1 \times 1)$ ، ε : ماتریس خطای برازش $(n \times 1)$ ، Y: بردار نظیر متغیر وابسته $(n \times 1)$ ، X: ماتریس متغیرهای مستقل $(n \times P+1)$ ، n: تعداد داده‌ها و p: تعداد متغیرها می‌باشند که به شرح زیر تعریف می‌شوند:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}, \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

با حل رابطه بالا برحسب β خواهیم داشت:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} (X'Y) \quad (6)$$

که در آن X' ترانزاده ماتریس X است. برای محاسبه معکوس ماتریس $(X'X)$ ، لازم است دترمینان عبارت فوق صفر نگردد (خداشناس و همکاران ۱۳۸۷، نوری و همکاران ۱۳۸۷). در این مطالعه مدل MLR هم برای متغیرهای مشاهداتی و هم برای متغیرهای استاندارد شده بسط داده

شد. افزون بر این جهت لحاظ کردن اثر وابستگی متغیرهای مستقل با همدیگر (هم‌خطی توام)، مدل رگرسیون ریچ^۲ (تیغه‌ای) نیز بکار برده شد.

• هم‌خطی توام

مسئله جدی که می‌تواند استفاده از مدل رگرسیونی را با اشکال مواجه کند، هم‌خطی چندگانه یا وابستگی خطی نزدیک بین متغیرهای رگرسیونی است. وجود وابستگی خطی نزدیک، توانایی برآورد دقیق و صحیح ضرایب مدل رگرسیون را با مشکل مواجه می‌کند. اگر بین متغیرهای مستقل وابستگی (همبستگی معنی‌دار) وجود داشته باشد، در این حالت استفاده از MLR بدون درنظر گرفتن اثر مذکور (هم‌خطی توام) می‌تواند گمراه کننده باشد. برای پی بردن به وجود حالت هم‌خطی توام چند راه وجود دارد. روش بکار برده شده در این مقاله بشرح زیر است (Bowker و Lieberman، ۱۹۷۲).

۱- استفاده از ضرایب تورم واریانس (VIF)، که به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

$$VIF(b_j) = \frac{1}{(1-R_j^2)}, \quad j=1,2,\dots,p \quad (7)$$

که در آن R_j^2 ضریب تعیین ناشی از رگرسیون چندگانه خطی با در نظر گرفتن x_j به عنوان متغیر وابسته و $p-1$ متغیر دیگر به عنوان متغیرهای مستقل می‌باشند. b_j ها ضرایب اصلی رگرسیون در این رابطه هستند. به تعداد متغیرها (P) ضرایب (VIF) محاسبه می‌شوند و در حقیقت ضرایب تورم واریانس‌ها عناصر قطر اصلی واریانس ماتریس همبستگی هستند. در این مطالعه هر متغیری که ضریب VIF آن بیشتر از ۱۰ بدست آید، به عنوان متغیری که باعث هم‌خطی توام می‌شود در نظر گرفته می‌شود (Bowker و Lieberman، ۱۹۷۲).

۲- مقادیر ویژه یا (ریشه‌های مشخصه) ماتریس همبستگی، معیاری مناسب برای سنجش هم‌خطی توام هستند. اگر $X'X$ در شکل همبستگی باشد، مقادیر ویژه ماتریس $X'X$ در واقع ریشه‌های معادله رابطه (۸) هستند.

$$|X'X - \lambda I| = 0 \quad (8)$$

وجود یک یا بیشتر از یک مقدار ویژه نزدیک به صفر بدین معناست که شرط هم‌خطی توام موجود است. اگر $\lambda_{\max}$ و $\lambda_{\min}$ معرف بزرگترین و کوچکترین مقادیر ویژه $X'X$ باشند، نسبت $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$ به عنوان معیاری مناسب برای سنجش هم‌خطی توام است. هرچه مقدار این نسبت بیشتر باشد، درجه هم‌خطی بیشتر است. بطور کلی اگر این نسبت از ۱۰ کمتر باشد هم‌خطی توام قابل صرف نظر کردن است (Bowker و Lieberman، ۱۹۷۲).

• رگرسیون ریچ

برای حل مساله هم‌خطی توام چند روش مختلف پیشنهاد شده است. در این مطالعه به جای استفاده از روش حداقل مربعات، برای تخمین ضرایب مدل رگرسیون خطی چندگانه از روش رگرسیون ریچ استفاده شد. در این مدل برای برآورد ضرایب مدل رگرسیون ریچ رابطه زیر در نظر گرفته شد (Li و همکاران، ۲۰۱۰):

$$B^*(k) = (X'X + kI)^{-1}X'Y \quad (9)$$

که در آن I ماتریس یک به ابعاد $p \times p$ $B^*(k)$ برآوردکننده تیغه‌ای یا همان ضرایب رگرسیون ریچ و k ها مقادیر بهینه‌گر ضرایب رگرسیون ریچ هستند تا هم‌خطی توام را در صورت وجود از بین ببرند. به‌طورکلی برای هر مساله یک مقدار k بهینه وجود دارد، که ساده‌ترین روش یافتن آن حل معادله (۹) به ازای چند مقدار k واقع در فاصله $0 \leq k \leq 1$ است. در این مطالعه مقادیر $0/5$ ، $0/1$ ، 1 برای k در نظر گرفته شد و سپس نمودار مقادیر $B^*(k)$ تابعی از k در یک دیاگرام رسم شد. این نمودار، مسیر تیغه نامیده می‌شود. مقدار k چنان برگزیده شد که برآوردهای نسبتاً پایدار برای پارامترها ($B^*(k)$) بدست آید. بعبارت بهتر مقادیر ضرایب با افزایش k تغییر چندانی نداشته باشد (نمودار تقریباً افقی باشد). نحوه استانداردسازی داده‌ها در روش رگرسیونی ریچ نیز به شرح زیر در نظر گرفته شد:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{\sqrt{S_{jj}}} \quad i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,p \quad (10)$$

$$S_{jj} = \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad (11)$$

• معیارهای ارزیابی عملکرد مدل‌ها

به منظور مقایسه و ارزیابی عملکرد مدل‌های مورد بررسی از پارامترهای میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای مطلق میانگین (MAE)، ضریب تعیین (R^2) استفاده گردید. فرمول‌های استفاده شده برای این پارامترها به صورت زیر بود:

$$RMSE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2 \right)^{0.5} \quad (12)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |p_i - o_i| \quad (13)$$

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O}))^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (14)$$

در این روابط، n تعداد داده‌ها، O_i مقادیر مشاهداتی تبخیر از تشت، P_i مقادیر محاسباتی تبخیر از مدل‌ها می‌باشد. بعد RMSE و MAE میلی‌متر بر روز و R^2 بدون بعد است.

هرچه R^2 به عدد یک نزدیک شود عملکرد مدل خوب ارزیابی می‌گردد. در این حالت معمولاً مقادیر آماره‌های RMSE و MAE به سمت صفر میل می‌کنند (Salas, ۱۹۹۳).

نتایج و بحث

در این مطالعه ابتدا تعداد ۵ ماه (از اول آبان تا آخر اسفند) از سال به علت یخبندان یا عدم ثبت داده نظیر تبخیر در تمام سال‌های مربوط به دوره آماری حذف گردید و سایر داده‌های تبخیر از تشت بصورت روزانه (از اول فروردین سال ۱۳۷۱ تا آخر مهر همان سال) در صفحه اکسل درج شد. سپس مدل MLR بین E و متغیرهای هواشناسی (با اطلاعات آماری مندرج در جدول ۱) در دو حالت انجام شد. در حالت اول متغیرهای مستقل و وابسته بدون استاندارد شدن وارد

مدل گردیدند و ضرایب پارامترهای مدل و ضریب تعیین بدست آمد. در حالت دوم متغیرهای مذکور توسط رابطه (۱۰) استاندارد و سپس وارد مدل شدند و ضرایب پارامترهای مدل و ضریب تعیین بدست آمد. آنگاه بهترین مدل از روی ارزیابی عملکرد آن انتخاب شد. جدول (۲) مقادیر ماتریس همبستگی بین همه متغیرهای ورودی به مدل را نشان می‌دهد. این مقادیر میزان همبستگی متغیرها را نسبت بهم نشان می‌دهد. معنی‌داری همبستگی‌ها با آزمون t استیودنت بررسی شده، برای همه آنها در سطح ۵٪ اثبات شد.

جدول ۱- اطلاعات نمودار جعبه‌ای متغیرهای بکار رفته برای ایستگاه مراغه در مطالعه حاضر (۱۳۹۱-۱۳۷۱)

متغیرها	ماکزیمم	مینیمم	چارک اول	چارک سوم	میانه	میانگین	انحراف معیار
تبخیر (mm/day)	۲۱/۳	۱	۵/۳	۱۲/۱	۸/۸	۸/۷۷	۴/۱۷
دمای حداقل هوا ($^{\circ}C$)	۲۸/۴	-۴/۶	۹/۱۵	۱۸/۴	۱۴	۱۳/۵۶	۵/۹۳
دمای حداکثر هوا ($^{\circ}C$)	۴۰/۴	۴/۲	۲۰/۶	۳۱/۸	۲۷	۲۵/۹۲	۷/۰۹
رطوبت نسبی حداکثر	۱۰۰	۱۷	۴۲	۶۷	۵۴	۵۵/۶۹	۱۷/۴۶
رطوبت نسبی حداقل	۵۲	۱	۱۵	۳۰	۲۱	۲۴/۰۸	۱۲/۱۲
سرعت باد (m/s)	۸/۴	۰	۱/۹	۴/۵	۳/۱۰	۳/۲۸	۱/۸۵
ساعات آفتابی (hr)	۱۴/۲	۳/۷	۸/۸	۱۲/۲	۱۰/۹	۹/۸۹	۳/۲۴

جدول ۲- ماتریس متقارن ضرایب همبستگی بین متغیرهای هواشناسی در ایستگاه مراغه

نام متغیر	دمای حداکثر	دمای حداقل	حداکثر رطوبت نسبی	حداقل رطوبت نسبی	تعداد ساعات آفتابی	سرعت باد
دمای حداکثر	۱	۰/۹۳۱	-۰/۷۴۶	-۰/۶۷۸	۰/۶۲۳	۰/۲۷۸
دمای حداقل	۰/۹۳۱	۱	-۰/۶۴۴	-۰/۴۹۶	۰/۴۵۲	۰/۳۸۶
حداکثر رطوبت نسبی	-۰/۷۴۶	-۰/۶۴۴	۱	۰/۷۷۶	-۰/۵۴۵	-۰/۱۱۴
حداقل رطوبت نسبی	-۰/۶۷۸	-۰/۴۹۶	۰/۷۷۶	۱	-۰/۶۳۳	۰/۰۳۵
تعداد ساعات آفتابی	۰/۶۲۳	۰/۴۵۲	-۰/۵۴۵	-۰/۶۳۳	۱	۰/۱
سرعت باد	۰/۲۷۸	۰/۳۸۶	-۰/۱۱۴	۰/۰۳۵	۰/۱	۱

جدول (۳) و (۴) نتایج مدل‌های مختلف رگرسیون چندگانه خطی را نشان می‌دهد که به ترتیب برای داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های استاندارد شده با رابطه (۲) ایجاد شده‌اند. از این جداول می‌توان استنباط کرد، مدل‌ها به ترتیب به صورت پسرو و با درجه اهمیت نزولی ردیف شده‌اند. در جدول (۳) متغیرهای مورد نیاز برای مدل ۱ شامل دمای حداقل هوا، رطوبت حداکثر و حداقل هوا، سرعت باد و ساعات آفتابی می‌باشد که عرض از مبدأ و ضرایب b_1 تا b_6 هر مدل به همراه آماره‌های عملکرد نشان داده شده‌اند. مقادیر آماره R^2 در مدل‌های مختلف بین ۰/۶۲۶ در مدل ۷ تا ۰/۶۸۲ در مدل ۱ تغییر می‌کند. مدل‌هایی که دارای R^2 بالایی هستند RMSE و MAE پایینی را نشان می‌دهند. مقادیر RMSE از ۲/۳۵ در مدل ۱ تا ۲/۵۵ میلی‌متر بر روز در مدل ۷ تغییر می‌کند.

ملاحظه می‌شود که با کاهش تعداد متغیرهای ورودی برای مدل‌ها در روش رگرسیون خطی میزان خطا افزایش و میزان R^2 کاهش می‌یابد، ولی این افزایش خطا یا کاهش ضریب تعیین با توجه به ارقام موجود در ستون‌های MAE, RMSE و R^2 در هرکدام از جداول (۳) و (۴) ناچیز و در حدود ۵ الی ۱۰ درصد بین اولین مدل با بیشترین متغیر و آخرین مدل با فقط یک متغیر می‌باشد. لذا با بررسی اعداد و ارقام موجود در این جداول مدل شماره ۳ با ($R^2=0/676$) با ۳ متغیر مورد نیاز برای محاسبه تبخیر از تشت (هم در حالتی که داده‌ها استاندارد شده و هم برای داده‌های معمولی) مناسب می‌باشد. متغیرهای مورد نیاز برای مدل رگرسیون خطی شماره ۳ عبارتند از حداکثر رطوبت نسبی هوا، حداقل دمای هوا و ساعات آفتابی می‌باشند.

جدول ۳- ضرایب و آماره‌های عملکرد مدل‌های رگرسیونی چندگانه خطی مختلف با استفاده از داده‌های غیر استاندارد

مدل‌ها	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	R^2	RMSE	MAE
										(mm/day)
مدل ۱	۳/۰۴۶	۰/۰۰۰	۰/۴۰۰	-۰/۰۳۶	-۰/۰۱۳	۰/۱۹۲	۰/۲۰۳	۰/۶۸۲	۲/۳۵۰	۱/۸۰
مدل ۲	۲/۹۳۰	۰/۰۰۰	۰/۴۰۱	-۰/۰۴۲	۰/۰۰۰	۰/۱۸	۰/۲۱۷	۰/۶۸۱	۲/۳۵۵	۱/۸۰
مدل ۳ (منتخب)	۲/۸۹۹	۰/۰۰۰	۰/۴۳۱	-۰/۰۳۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۱۵	۰/۶۷۶	۲/۳۷۳	۱/۸۱
مدل ۴	۳/۰۸۱	-۰/۰۱۴	۰/۴۴۳	-۰/۰۳۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۰	۰/۶۷۶	۲/۳۷۳	۱/۸۱
مدل ۵	-۱/۷۱۰	۰/۰۸۰	۰/۴۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۵	۰/۶۶۵	۲/۴۱۰	۱/۸۵
مدل ۶	-۱/۳۹۵	۰/۲۴۳	۰/۲۸۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۴۸	۲/۴۷۰	۱/۹۰
مدل ۷	-۳/۲۸۷	۰/۴۶۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۲۶	۲/۵۵۰	۱/۹۷

توجه: b_0 عرض از مبدأ و b_1 تا b_6 به ترتیب ضرایب پارامترهای (n, wind, RHmin, RHmax, Tmin, Tmax) می‌باشد.

جدول ۴- ضرایب و آماره‌های عملکرد مدل‌های رگرسیونی چندگانه خطی مختلف با استفاده از داده‌های استاندارد

مدل‌ها	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	R^2	RMSE	MAE
										(mm/day)
مدل ۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۷۰	-۰/۱۵۲	-۰/۰۳۸	۰/۰۸۵	۰/۱۵۸	۰/۶۸۲	۰/۵۶۴	۰/۴۳
مدل ۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۷۰	-۰/۱۷۶	۰/۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۱۶۹	۰/۶۸۱	۰/۵۶۵	۰/۴۳
مدل ۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۱۳	-۰/۱۵۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۶۸	۰/۶۷۶	۰/۵۶۹	۰/۴۴
مدل ۴	۰/۰۰۰	-۰/۰۲۳	۰/۶۳۱	-۰/۱۶۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۷۲	۰/۶۷۶	۰/۵۶۹	۰/۴۴
مدل ۵	۰/۰۰	۰/۱۳۶	۰/۵۸۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۸۳	۰/۶۶۵	۰/۵۷۹	۰/۴۴
مدل ۶	۰/۰۰۰	۰/۴۱۳	۰/۴۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۴۸	۰/۵۹۳	۰/۴۶
مدل ۷	۰/۰۰۰	۰/۷۹۱	۰/۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۲۶	۰/۶۱۱	۰/۴۷

توجه: b_0 عرض از مبدأ و b_1 تا b_6 به ترتیب ضرایب پارامترهای (n, wind, RHmin, RHmax, Tmin, Tmax) می‌باشد.

$$\mathbf{X}'\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 0.451825 & -0.6441 \\ 0.451825 & 1 & -0.54532 \\ -0.6441 & -0.54532 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} = \begin{bmatrix} 1.752107 & -0.25082 & 0.991745 \\ -0.25082 & 1.459146 & 0.634152 \\ 0.991745 & 0.634152 & 1.984596 \end{bmatrix}$$

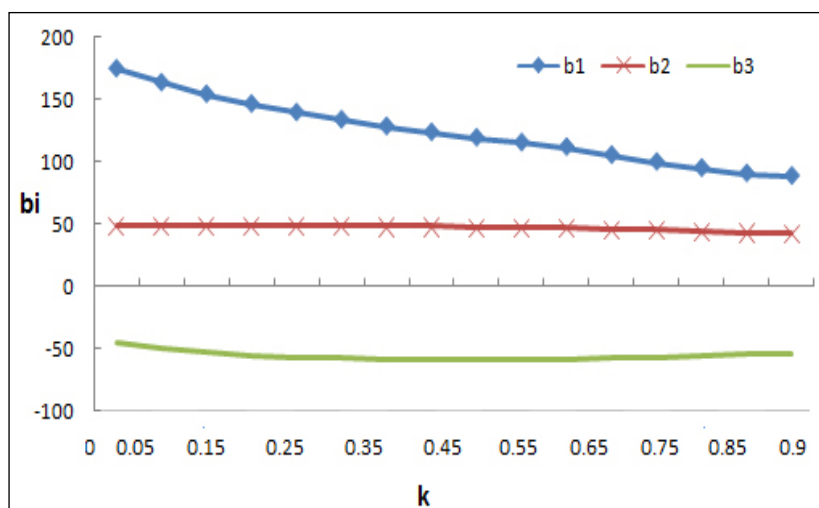
برای پی بردن به وجود حالت هم خطی توام از مقادیر ویژه ماتریس همبستگی (λ) و عناصر روی قطر اصلی وارون ماتریس همبستگی $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ در مدل منتخب استفاده شد. نتایج نشان داد که ماتریس $(\mathbf{X}'\mathbf{X})$ و معکوس آن یعنی $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ در مدل منتخب رگرسیون خطی چندگانه $f(RH_{\max}, T_{\min}, n)$ به شرح رابطه (۱۵) می باشد:

جدول ۵- برآوردهای مبتنی بر رگرسیون تیغه ای در مدل شماره ۵ با سه متغیر $(RH_{\max}, T_{\min}, n)$

$B_3^*(k)$	$B_2^*(k)$	$B_1^*(k)$	k
-۴۵/۱۵	۴۷/۹۰	۱۷۵/۴۱	۰
-۴۹/۸۶	۴۸/۰۳	۱۶۴/۱۱	۰/۰۵
-۵۳/۰۳	۴۸/۱۲	۱۵۴/۷۶	۰/۱
-۵۵/۱۵	۴۸/۱۳	۱۴۶/۸۳	۰/۱۵
-۵۶/۵۶	۴۸/۰۷	۱۳۹/۹۸	۰/۲
-۵۷/۴۵	۴۷/۹۳	۱۳۳/۹۷	۰/۲۵
-۵۷/۹۸	۴۷/۷۲	۱۲۸/۶۳	۰/۳
-۵۸/۲۲	۴۷/۴۵	۱۲۳/۸۴	۰/۳۵
-۵۸/۲۶	۴۷/۱۵	۱۱۹/۵۰	۰/۴
-۵۸/۱۴	۴۶/۸۰	۱۱۵/۵۴	۰/۴۵
-۵۷/۹۰	۴۶/۴۲	۱۱۱/۹۰	۰/۵
-۵۷/۱۷	۴۵/۵۹	۱۰۵/۴۴	۰/۶
-۵۶/۲۱	۴۴/۷۱	۹۹/۸۴	۰/۷
-۵۵/۱۳	۴۳/۷۹	۹۴/۹۱	۰/۸
-۵۳/۹۸	۴۲/۸۶	۹۰/۵۲	۰/۹
-۵۳/۴۰	۴۲/۳۹	۸۸/۵۰	۰/۹۵

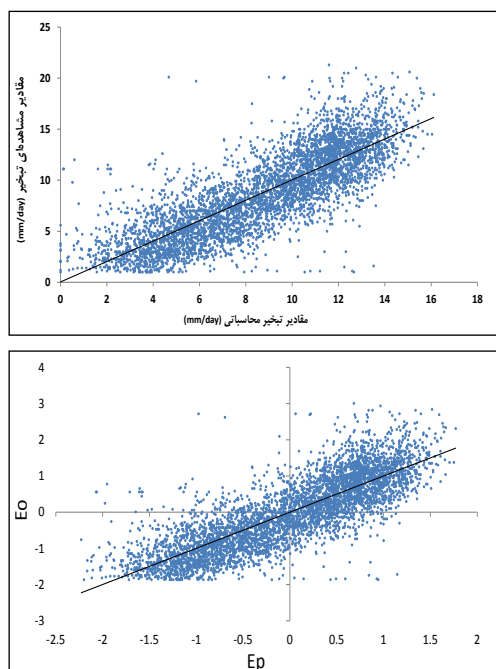
مقادیر ویژه ماتریس $(\mathbf{X}'\mathbf{X})$ با استفاده از نرم افزار Maple به شرح $\lambda_1 = 2/0.98$ و $\lambda_2 = 0/3.4$ و $\lambda_3 = 0/5.62$ بدست آمد؛ بنابراین، نسبت $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$ برابر با $6/2$ حاصل شد. باتوجه به اینکه نسبت مذکور کمتر از ۱۰ می باشد، می توان نتیجه گرفت که احتمال وجود هم خطی توام در پارامترهای مربوط به مدل رگرسیونی منتخب ناچیز می باشد. با این حال مدل رگرسیونی ریج نیز به منظور بررسی نهایی محاسبه و انطباق داده می شود و فقط مدل منتخب آورده شده است. در جدول (۵) مقادیر ضرایب رگرسیون تیغه ای به ازای مقادیر مختلف k که با استفاده از رابطه ی (۹) محاسبه شده است، ارائه شده است. شکل (۲) نیز مسیر تیغه ای ضرایب رگرسیونی b_1, b_2 و b_3 را به ازای مقادیر مختلف k نشان می دهد. بطوری که از شکل (۳) می توان استنباط کرد به ازای مقدار k معادل با ۰/۰۵ مسیر تیغه ها نسبتاً بهم نزدیک و افقی شده است. از آنجاییکه طبق نظریه Bowker و Lieberman (۱۹۷۲)، در نقطه ای که نمودار شروع به افقی شدن می کند برآوردهای نسبتاً پایدار و نتایج قابل اعتمادتری حاصل خواهد شد، با استفاده از رقم مذکور و نیز $b_0 = 8/773$ مدل رگرسیون تیغه ای به شرح زیر حاصل شد:

$$E = 8.77 + 164.1076 T_{\min} + 48.03529n - 49.8627 RH_{\max} \quad (15)$$



شکل ۲- مسیر تیغه در مدل رگرسیونی با سه متغیر مستقل شامل $(RH_{\max}, T_{\min}, n)$

Kumar و Shirsath (۲۰۰۹) نیز به ترتیب در مطالعات خود با روش MLR میزان RMSE را ۱/۸۳، ۱ و ۱/۶ بدست آورده‌اند که این اعداد و ارقام نشانگر کارایی خوب روش رگرسیون چندگانه خطی در مناطق مختلف اقلیمی می‌باشد.



شکل ۳- نمودارهای نقاط پراکنش مقادیر تبخیر مشاهداتی به ازای مقادیر حاصل از مدل رگرسیونی خطی منتخب شماره ۳

تحلیل شوند. طبق نتایج بدست آمده برای مدل منتخب که دارای سه مولفه رطوبت نسبی حداکثر، دمای حداقل هوا و ساعات آفتابی بود، هم‌خطی توأم مشاهده نشد. پس از ایجاد مدل‌های رگرسیونی خطی که بصورت نزولی از اهمیت متغیرها ایجاد شد، یک مدل از روش خطی $f(RH_{max}, T_{min})$ به عنوان مدل منتخب انتخاب شد که دارای $RMSE=2/37$ بود. مدل‌های ایجاد شده در این مطالعه دقت مطلوبی در برآورد E داشته و قابلیت توسعه برای سایر نقاط کشور را دارا می‌باشد.

کاربرد این روش برای سایر نقاط کشور قابلیت توسعه دارد؛ بدین صورت که با داشتن آمارهای هواشناسی مرتبط با تبخیر می‌توان روابط رگرسیونی متناسب هر منطقه را بدست آورد. البته با توجه به اینکه هدف از توسعه این گونه مدل‌ها بدست آوردن تبخیر و یا هر پارامتر دیگر در مناطق فاقد آمار و یا با آمار کم است، پیشنهاد می‌شود به نوع آمار موجود در منطقه و امکان فراهم بودن آنها توجه شود. به عنوان مثال دما از جمله پارامترهایی است که در ایستگاه‌های زیادی اندازه‌گیری می‌شود

بعد از محاسبات انجام شده مشخص شد که مدل منتخب با متغیرهای دمای حداقل هوا، رطوبت نسبی حداکثر و ساعات آفتابی دارای هم‌خطی توأم نمی‌باشد، زیرا مدل بدست آمده با روش رگرسیون تیغه‌ای (ریج) همان R^2 بدست آمده در حالت رگرسیون چندگانه یعنی ۰/۶۷ را بدست می‌دهد. خطای مدل رگرسیونی نیز برابر با $RMSE = 2/37$ بود که منطبق بر مدل منتخب ما بود. شکل (۳) دیاگرام نقاط پراکنش مقادیر تبخیر مشاهداتی را در ازای مقادیر حاصل از مدل‌های رگرسیونی خطی چندگانه (مدل منتخب شماره ۳) نشان می‌دهد. نمودار سمت راست مربوط به داده‌های غیراستاندارد و نمودار سمت چپ مربوط به داده‌های استاندارد می‌باشد. بطوریکه از این شکل می‌توان استنباط کرد ابر نقاط در اطراف خط ۱:۱ قرار دارد. از طرفی تعداد محدودی نقطه در نزدیکی محور افقی در مدل دیده می‌شود که مقدار تبخیر محاسباتی بسیار زیاد در مقابل مقدار تبخیر مشاهده‌ای (نزدیک صفر) قرار گرفته‌اند. به نظر می‌رسد این نقاط مربوط به خطای اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها می‌باشند. Malik و Kumar (۲۰۱۵) در مطالعه خود بر روی تبخیر روزانه تحت در پانتناگار (هند)، $RMSE$ روش MLR را در حدود ۱/۶ بدست آوردند. همچنین سیفی و همکاران (۱۳۸۹) و شیخ الاسلامی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعات خود که به ترتیب در ایستگاه کرمان و ایستگاه مشهد انجام داده‌اند، $RMSE$ را برای داده‌های استاندارد شده به ترتیب ۰/۱۸۳ و ۰/۰۸ بدست آورده‌اند. Almedejz (۲۰۱۲)، Ladlani و همکاران (۲۰۱۲) و

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت برآورد تبخیر در برنامه‌ریزی‌های توسعه آبیاری، در این مطالعه، امکان برآورد E (مقادیر تبخیر روزانه) با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون ریج و اهمیت نسبی متغیرهای متفاوت موثر بر E مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از داده‌های ایستگاه سینوپتیک مراغه در فاصله سال‌های ۱۳۷۱-۱۳۹۱ و ۸ متغیر هواشناسی (متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق تبخیر از تحت E)، دمای حداکثر (T_{max}) و دمای حداقل (T_{min})، رطوبت نسبی حداکثر (RH_{max}) و رطوبت نسبی حداقل (RH_{min})، ساعات آفتابی (n) و سرعت باد ((wind)) استفاده گردید. با توجه به مشکل همبستگی بین متغیرهای اولیه (هم‌خطی توأم)، در این پژوهش برای اولین بار از روش رگرسیون ریج به عنوان پردازشگر داده‌های ورودی به مدل‌های رگرسیونی خطی چندگانه استفاده شد تا هم‌خطی توأم بین متغیرهای مستقل ورودی به مدل

- 1- Multiple Linear Regression
- 2- Variance Inflation Factor
- 3- Correlation coefficient
- 4- Artificial Neural Network
- 5- Stephen
- 6- Stewart
- 7- Ridge Regression

- Balan B, S Mohaghegh, and Ameri S. 1995. State- of- Art- in permeability determination from well log data: Part 1- A comparative study. Model development. SPE. 30978:17-25.
- Bowker A.H, and Lieberman G.J. 1972. Engineering Statistics. Prentice-Hall.
- Bruton JM, McClendon RW, and Hoogenboom G. 2000. Estimating daily pan evaporation with artificial neural networks. Trans ASAE.43(2):491-496.
- Chow V. T. Maidment D. R. and Mays L.W. 1988. Applied Hydrology. McGraw hill, Newyork.
- Googhari SK. 2012. Daily pan evaporation estimation using a neuro-fuzzy-based model. J Agric Sci Tech. 2: 223-228.
- Hirsch R.M, Helsel D.R, Cohn T.A, Gilroy E.J. 1993. Statistical Analysis of Hydrologic Data. In: Handbook of Hydrology. Chapter 17. Maidement, R. Mc GRAW-Hill, INC.
- Kisi O. 2009. Modeling monthly evaporation using two different neural computing techniques. Irrig Sci. 27:417-430.
- Ladlani I, Hauichi L, Dhemili L, Heddem S, and Blouze Kh. 2012. Estimation of Daily Refrence Evapotranspiration in the North of Algeria using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Multiple Linear Regression (MLR) Models: A Comparative Study. Arab J Sci Eng.39: 5959-5969.
- Li, Y.F. Min, X. and Thong-ngee, G. 2010. Adaptive ridge regression system for software cost estimating on multi-collinear datasets. The Journal of System and Software. 83: 2332-2343.
- Malik A, Kumar A. 2015. Pan Evaporation Simula-

و می‌تواند در توسعه روابط کاربردی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین می‌توان در صورت کمبود آمار هواشناسی از اطلاعات جغرافیایی و منطقه‌ای نظیر طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع منطقه و نظیر این آمار در بدست آوردن مدل برآورد تبخیر استفاده کرد. در صورت نبود هیچگونه آمار در یک منطقه باید به دنبال منطقه‌ای مشابه آن از لحاظ اقلیمی و ارتفاعی و جغرافیایی بود تا مدل تبخیر را در آن بدست آورده و به منطقه بدون آمار تعمیم داد.

منابع

- اسکافی نوغانی، م.، مفتاح هلقی، م. و مساعدی ا. ۱۳۸۷. ارائه مدل رگرسیونی پیش‌بینی تلفات تبخیر با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده هواشناسی. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۲۳ تا ۲۵ مهر، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران، تبریز.
- خداشناس، س.ر.، قهرمان، ب.، داوری، ک. و ناظریان، ح. ۱۳۸۷. ارائه مدل‌های رگرسیونی چند متغیره برآورد رسوب درحوضه‌های شمال استان خراسان. مجله آب و خاک، ۲: ۱۶۵-۱۵۰.
- سیفی، ا.، میرلطیفی، س.م. و ریاحی، ح. ۱۳۸۹. توسعه مدل ترکیبی رگرسیون چندگانه-تحلیل مولفه‌ها و عامل‌های اصلی (PCA-MLR) در پیش‌بینی تبخیر-تعرق مرجع. نشریه آب و خاک، ۲۴(۶): ۱۱۸۶-۱۱۹۶.
- شیخ الاسلامی، ن.، قهرمان، ب.، مساعدی، ا.، داوری، ک. و مهاجرپور م. ۱۳۹۳. پیش‌بینی تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETO) با استفاده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) و توسعه مدل رگرسیونی خطی چندگانه (PCA_MLR). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸(۲): ۴۲۰-۴۲۹.
- فکری، ن.، اسماعیلی، ح.، دوستی، ح. و پارسایی، ر. ۱۳۹۰. بررسی کاربرد رگرسیون ریج در علوم پزشکی. نشریه دانشجویی آمار (ندا)، سال یازدهم. شماره اول: ۱۹-۱۲.
- نوری، ر.ا.، اشرفی، خ. و ازدرپور، ا. ۱۳۸۷. مقایسه کاربرد روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندمتغیره بر اساس تحلیل مولفه‌های اصلی برای پیش‌بینی غلظت میانگین روزانه کربن مونوکسید: بررسی موردی شهر تهران. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۴: ۱۳۵-۱۵۲.
- Almedeij J. ۲۰۱۲. Modeling Pan Evaporation for Kuwait by Multiple Linear Regression. The Scientific World Journal. 9: 10-11.

- tion Based on Daily Meteorological Data Using Soft Computing Techniques and Multiple Linear Regression. *Water Resour Manage.* 29: 1859-1872 .
- Mallik A.P, Jyothy S.A, and Sekhar Reddy K.C. 2013. Daily Reference Evapotranspiration Estimation using Linear Regression and ANN Models. *The Institution of Engineers (India).* 93(4):215–221.
- Salas, J.D. 1993. Analysis and modeling of hydrological time series, *Handbook of Hydrology*, edited by David R. Maidment, McGraw-Hill, New York.
- Shirgure PS, and Rajput GS. 2012. Prediction of daily pan evaporation using neural networks models. *Sci J Agric.* 1(5):126–137.
- Shirgure PS. 2011. Evaporation modeling with neural networks-A research review. *Int J Res Rev Soft Intell Comput.* 1(2):37–47.
- Shirsath P.b, and Kumar A.S. 2009 . A Comparative Study of Daily Pan Evaporation Estimation Using ANN, Regression and Climate Based Models. *Water Resour Manage.* 24: 1571-1581.
- Shirsath PB, Singh AK. 2010. A comparative study of daily pan evaporation estimation using ANN, regression and climate based models. *Water Resour Manag.* 24:1571–1581.

The study of farmers' knowledge of irrigation and water issues in Golestan province

A.R. Kiani^{1*}, F. Abassi²

1- Associate Professor of Agricultural Engineering Dep., Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran. 2- Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Karaj, Iran.

*(Corresponding Author Email: Akiani71@Yahoo.com)

Received: 7-9-2015

Accepted: 14-2-2016

بررسی میزان آگاهی کشاورزان از مسایل آب و آبیاری

(مطالعه موردی استان گلستان)

علیرضا کیانی^{۱*}، فریبرز عباسی^۲

۱- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان. ۲- استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: Akiani71@Yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۲۵

Abstract

The three practical steps that are need to be taken by government agencies in order to increase irrigation efficiency include economic motivation for optimization of water use, modification of existing irrigation systems in the short term and modernization of traditional methods in the long-term plan. The present research aims at identifying farmers' knowledge regarding irrigation and water issues over two years (2008-2009) in the Golestan province. The study was a field survey and the data was collected through interviews with the farmers as well as completion of questionnaires. Results showed that source of water supply for approximately 76% of the farmers was from wells, approximately 18% from rivers, and the rest of them from springs, irrigation networks and small reservoirs. More than 89% of the convenience channels were earth channels, 8 % lining and 3 % pipes. Knowledge among farmers about irrigation scheduling was very limited. Nearly 95% of the farmers do not have any information about the water consumption in their field. Most farmers (93%) produced in a traditional way, transferred water by earth canals and irrigated without land leveling. Only 7% used pressurized irrigation systems. The results also showed that the main causes of water losses in the fields were related to earth channels (26%), topography (29%) and inadequate irrigation (20%). Unreasonable cost of water, the small size of farms, and private possession of water resources were key factors for improving irrigation efficiency.

Keywords: Water resources, Irrigation, Farmers knowledge, Golestan province.

چکیده

سه گام عملیاتی که دستگاه‌های اجرایی نیاز است برای افزایش راندمان آبیاری بردارند شامل ایجاد انگیزه اقتصادی در مصرف بهینه آب، اصلاح روش‌های موجود آبیاری در برنامه‌ریزی کوتاه مدت و تغییر روش‌های سنتی به مدرن در برنامه‌ریزی طولانی‌مدت می‌باشد. پژوهش حاضر به منظور بررسی میزان آگاهی کشاورزان از مسائل آب و آبیاری در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در استان گلستان اجرا شد. نوع تحقیق پیمایشی و اطلاعات از طریق مصاحبه و تکمیل پرسشنامه از تعدادی از کشاورزان و کارشناسان منتخب به دست آمد. نتایج نشان داد آب مورد نیاز حدود ۷۶٪ از پرسش شونده‌گان از چاه، ۱۸٪ از رودخانه و بقیه از چشمه، شبکه‌های آبیاری و آب‌بندان تأمین می‌شود. بیش از ۸۹٪ کانال‌های آبیاری خاکی، حدود ۸٪ از کانال‌ها پوشش بتنی دارند و حدود ۳ درصد از لوله برای انتقال آب استفاده می‌کنند. میزان آگاهی کشاورزان از برنامه‌ریزی آبیاری بسیار اندک است. بطوریکه حدود ۹۵٪ از کشاورزان نمی‌دانند که چه مقدار آب به مزرعه می‌دهند. حدود ۹۳٪ از کشاورزان از روش آبیاری سنتی با استفاده از کانال‌های خاکی و ۷ درصد از روش آبیاری تحت فشار برای آبیاری استفاده می‌کنند. نتایج همچنین نشان داد که علل اصلی هدر روی آب در مزارع، انهار خاکی (۲۶٪)، پستی و بلندی زمین (۲۹٪) و آبیاری نامناسب (۲۰٪) است. همچنین عوامل اصلی عدم تحقق برنامه‌های افزایش راندمان آبیاری به دلایل متعدد از جمله ارزش نامعقول اقتصادی آب، اندازه قطعات زراعی و مالکیت خصوصی آب هستند.

واژه‌های کلیدی: منابع آبی، آبیاری، آگاهی کشاورزان، استان گلستان.

آموزشی، به سادگی بین کشاورزان مسن و جوان علیرغم تنوع سنی آنها، انتقال یافته است.

ارزیابی میزان آگاهی کشاورزان گندم کار فارس و کرمانشاه، همچنین عوامل موثر در مشارکت محققان، مروجان و کشاورزان در فرآیند تولید و انتقال فن آوری نشان داده است که میزان مشارکت کشاورزان و مروجان در فرایند تولید، انتقال و همچنین مشارکت محققان در فرایند انتقال ضعیف می باشد (علی پور، ۱۳۸۶). داوودی و مقصودی (۱۳۹۱) سطح دانش کشاورزان سیب زمینی کار شوشتر را در زمینه کشاورزی پایدار متوسط ارزیابی کردند. عباسی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که میزان آگاهی کشاورزان در استان های تهران، گلستان، خوزستان و مازندران در برخی موارد از جمله تناوب زراعی، مصرف سموم و کودهای شیمیایی در حد متوسط، ولی از مسایل آب و خاک کم و تا افق ایده آل فاصله زیادی دارد. بررسی روی کارشناسان ترویج کشاورزی نشان داد که بین زنان و مردان از نظر میزان آشنایی با فن آوری اطلاعات تفاوت معنی داری وجود دارد؛ بطوریکه زنان آشنایی بیشتری با فن آوری اطلاعات دارند. ضمن اینکه نتایج مقایسه بین شهرستان ها بیانگر آشنایی بیشتر کارشناسان ترویج استان تهران به مقوله فن آوری اطلاعات در مقایسه با کارشناسان سایر استان ها است (فلکی، ۱۳۸۴).

مسایل مرتبط با آب و خاک که پایه اساسی تولید می باشد، با چالش های متعددی روبرو است. بهبود مدیریت در مسائل آب و خاک بایستی بر مبنای مشارکت همه ذینفعان خصوصاً کشاورزان صورت گیرد. مشارکت موثر ذینفعان برای افزایش تولید همراه با حفظ منابع زمانی اتفاق خواهد افتاد که کشاورزان از آگاهی و دانش کافی برخوردار باشند. براساس شناخت از میزان آگاهی کشاورزان، فاصله ها تا وضعیت مطلوب تعیین می گردد و می تواند مبنای برنامه ریزی آینده قرار گیرد. به همین دلیل این پژوهش با هدف بررسی میزان شناخت کشاورزان استان گلستان از مسایل آب و آبیاری مانند تأمین و انتقال آب، نوع روش آبیاری، نحوه برنامه ریزی آبیاری، مالکیت آب و تجهیز و نوسازی انجام شده است.

شهرستان های آق قلا و گنبد به اجرا درآمد. ابزار اندازه گیری این پژوهش، مصاحبه حضوری با بهره برداران، تکمیل پرسشنامه و بازدید میدانی بود. حجم نمونه در این پژوهش معادل ۱۰ درصد بهره بردارانی بود که بیشتر از ۵ هکتار زمین در اختیار داشتند. در نتیجه ۱۲۳ بهره بردار مورد پرسش قرار گرفتند. پایایی پرسشنامه با استفاده از برنامه SPSS و با روش

جمع آوری اطلاعات و انجام مطالعات پایه به منظور شناسایی میزان آگاهی موجود در سطح مزارع کشاورزی جهت تعیین راهبرد آینده از اصول اولیه برنامه ریزی است. هر نوع تردید در بکارگیری فن آوری جدید در بین بهره برداران می تواند فرصتی باشد برای برقراری ارتباط با متخصصین که اهمیت این موضوع همسنگ حل یک مشکل کشاورز است (Leeuwis, ۲۰۰۰). نتایج یک بررسی Cerf و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که کشاورز و کارشناس هر دو می توانند در جهت ارتقاء دانش موجود و ترویج آن نقش مهمی ایفا کنند. دانش کشاورزی از طریق یک زنجیره به هم پیوسته قابلیت انتقال دارد. نتایج پژوهشی حاصل از فعالیت های حرفه ای پژوهشگران تا جایی که امکان پذیر است، باید ساده سازی شوند تا کشاورزان ضمن درک و عملیاتی کردن آنها تمایل به استمرار رابطه با محققین برای افزایش میزان آگاهی خود داشته باشند (Millar و Curtis, ۱۹۹۹). در ادامه به مواردی از تأثیر ارتباط بین کشاورزان و محققان اشاره می شود.

استفاده از کودها در چین در بین کشاورزان با سطح تحصیلات بالاتر کارایی بالاتری دارد (Zhou و همکاران، ۲۰۱۰). قدیمی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که اکثر سیب زمینی کاران در شهرستان فریدن نگرش مثبتی به کشاورزی ارگانیک دارند ولی میزان بکارگیری روش ها و فناوری های کشاورزی ارگانیک توسط سیب زمینی کاران جهت کشت سیب زمینی خیلی اندک است. نتایج بررسی دانش کشاورزان کنیا روی بیماری بلاست برنج نشان داده است که کشاورزان مسن تر به دلیل اینکه با گیاه برنج آشنایی بیشتری دارند، بیماری های جدید گیاه را هم بهتر شناسایی می کنند (Kega و همکاران، ۲۰۱۵). Buthelezi و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر دانش بومی کشاورزان و علوم جدید بر روی ارزیابی اراضی و حاصلخیزی خاک ها در آفریقای جنوبی را بررسی کردند. نتایج بررسی آنها حکایت از آن دارد که هر دو نوع علم با استفاده از تهیه نقشه ها و تشریح در کلاس های

روش اجرا

این طرح در قالب تکمیل پرسشنامه های طراحی شده مربوط به کشاورز و پژوهشگر در بخشی از مناطق استان گلستان با محوریت شهرستان علی آباد (۴۰ کیلومتری شرق گرگان) و همچنین بخشی از اراضی حوزه های مجاور شامل

آزمون کرونباخ مورد بررسی قرار گرفته و با اصلاحات انجام شده در بعضی از سوال‌ها ضریب آلفای کرونباخ معادل ۸۱ درصد برآورد شد که حکایت از تأیید پایایی آنها است. بطور کلی اطلاعات موجود در پرسشنامه برای کشاورزان شامل اطلاعات عمومی از کشاورز (سن، سواد، انواع فعالیت‌ها)، چگونگی تأمین و انتقال آب، روش آبیاری، نوع مالکیت آب، وسایل اندازه‌گیری آب، چگونگی برنامه‌ریزی آبیاری و وضعیت تجهیز و نوسازی اراضی بود. جزئیات سوال‌ها در پرسشنامه به تفکیک بخش‌های مختلف در قسمت نتایج در جداول (۲) تا (۷) ارایه شده است. اطلاعات موجود در پرسشنامه کارشناسان عمدتاً مربوط به نیاز آموزشی مرتبط با مسایل آب و خاک

بود. به استناد پاسخ‌های مخاطبین مقادیر مورد ارزیابی به صورت مقادیر کیفی تبدیل شدند (جدول ۱) و سپس خلاصه نتایج میزان آگاهی کشاورزان از مسائل مختلف آب و خاک بصورت کمی و کیفی ارائه شده است.

جدول ۱- رده‌بندی میزان آگاهی کشاورزان به صورت کیفی (درصد)

رده‌بندی مقادیر کمی					توصیف کیفی
زیاد	قابل قبول	متوسط	کم	ناچیز	
۱۰۰	۹۰	۷۵	۴۵	۲۰	حداکثر آستانه

آن باید به صورت یک فرآیند پیوسته در نظر گرفته شده و مدیریت واحدی را می‌طلبد. به عبارت دیگر آب و آبیاری و مبنای حاکم بر مدیریت آنها تابع ساختار اداری و حوزه‌های محصور آنها نیست. یک جریان طبیعی باید براساس قوانین طبیعی مدیریت شود.

• روش آبیاری

در حدود ۹۳٪ پاسخ‌دهندگان از روش آبیاری سطحی و حدود ۷٪ از آنها از روش آبیاری تحت فشار استفاده می‌کنند. در روش سطحی نیز حدود ۹۷٪ از روش کرتی و غرقابی و بقیه از روش‌های دیگر سطحی و در روش آبیاری تحت فشار، ۵۹٪ از روش بارانی، ۲۹٪ از روش قطره‌ای استفاده می‌کنند (جدول ۳). در روش آبیاری سطحی معیار مشخصی برای تعیین ابعاد کرت وجود ندارد و انتخاب ابعاد کرت از نظر کشاورز عمدتاً بستگی به نوع محصول دارد. حدود ۵۲٪ از پاسخ‌دهندگان معیار اصلی انتخاب ابعاد کرت را نوع محصول، ۲۳٪ ابعاد زمین، ۱۷٪ به مقدار آب و ۶٪ استفاده از توصیه کارشناسان در روش سطحی اعلام نمودند (جدول ۴). در خصوص پاسخ به این سوال که چرا از روش تحت فشار برای آبیاری استفاده نمی‌کنید، حدود ۸۳٪ از آنها پاسخ دادند که به دلیل کمبود امکانات و بودجه، ۱۲٪ به گزینه مشکل نصب و راه‌اندازی سیستم و بقیه (حدود ۶ درصد) گزینه‌های عدم اطلاع از نوع روش و عدم اطمینان را انتخاب کردند (شکل ۱). می‌توان گفت کشاورزان به دلایل متعدد از جمله اقتصادی نبودن فعالیت‌های کشاورزی گزینه کمبود بودجه و امکانات را نسبت به دیگر گزینه‌ها ترجیح می‌دهند.

نتایج و بحث

• تأمین و انتقال آب

نتایج نشان داد که منبع آبی در حدود ۷۶٪ از پرسش‌شوندگان از چاه تأمین می‌شود و حدود ۱۸٪ از رودخانه و بقیه به چشمه، شبکه‌های آبیاری و آب‌بندان اختصاص دارد (جدول ۲). برای انتقال آب به مزرعه در مزارع با منبع آبی چاه، طول کانال کمتر از ۳۰۰ متر است؛ اما در مواقعی که از آب رودخانه یا شبکه آبیاری استفاده می‌شود، طول کانال تا ۴ کیلومتر می‌رسد. بیش از ۸۹٪ کانال‌های مورد استفاده خاکی و حدود ۸٪ از کانال‌های انتقال آب پوشش بتنی دارند و تنها حدود ۳ درصد از لوله برای انتقال آب استفاده می‌کنند. نحوه آبیگری مزارع مورد مطالعه غالباً از روش ساده بازکردن نهر خاکی است. جدول (۲) نشان می‌دهد که بیش از ۸۶٪ بهره‌برداران از روش فوق برای آبیگری مزارع خود استفاده می‌کنند؛ حدود ۹٪ با سیفون و ۴ درصد با استفاده از دریچه‌های تقسیم آب آبیاری می‌کنند. جمع‌بندی مطالب در زمینه تأمین، انتقال و مصرف آب حکایت از این دارد که برای رفع کم‌آبی، افزایش تولید و تأمین رفاه اجتماعی وزن گزینه تأمین آب به مراتب بیشتر از انتقال و مصرف آن است. به همین دلیل منابع و امکانات زیادی در کشور در این زمینه بکار گرفته شده ولی در بخش‌های دیگر سرمایه‌گذاری لازم صورت نپذیرفته است. نکته کلیدی و حائز اهمیت در این است که همه تلاش‌ها نباید تنها و تنها معطوف به ذخیره‌سازی آب‌های سطحی شود و سپس با در اختیار گذاشتن آن به دست مصرف‌کننده مسئله را حل شده پنداشت. اساساً مدیریت آب از تأمین، انتقال، مصرف، زهکشی و پیامدهای زیست‌محیطی

جدول ۲- توزیع فراوانی تأمین و انتقال آب توسط بهره‌برداران

گزینه‌ها	فراوانی	درصد فراوانی	فراوانی تجمعی
قنات	۰	۰	۰
چشمه	۱	۰/۹۳	۰/۹۳
رودخانه	۱۹	۱۷/۷	۱۸/۶
چاه	۸۳	۷۷/۵	۹۶
شبکه‌ی آبیاری	۲	۱/۹	۹۸
آب‌بندان	۲	۱/۹	۹۹/۹
نهر خاکی	۱۰۵	۸۹/۷	۸۹/۷
کانال بتنی	۹	۷/۷	۹۷/۴
لوله	۳	۲/۵	۹۹/۹
بازکردن ساده‌ی نهر	۱۰۶	۸۶/۹	۸۶/۹
سیفون	۱۱	۹	۹۵/۹
دریچه‌ی تقسیم آب	۵	۴/۱	۱۰۰
شیرفلکه	۰	۰	

جدول ۳- توزیع فراوانی استفاده از روش‌های مختلف آبیاری در بین بهره‌برداران

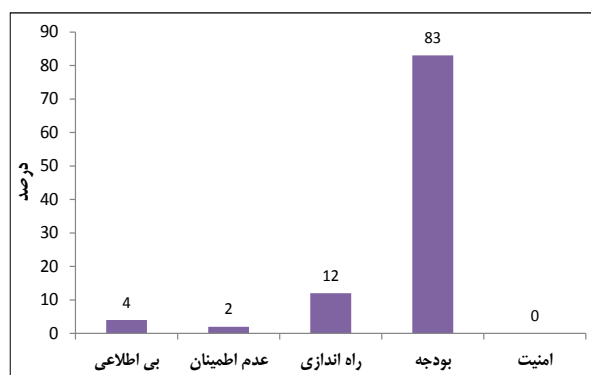
گزینه‌ها	فراوانی	درصد فراوانی
آبیاری ثقلی	۹۲/۸	
کرتی	۱۰۷	۹۷/۳
نواری	۱	۰/۹۲
جوپچه‌ای	۱	۰/۹۲
ترکیبی	۱	۰/۹۱
آبیاری تحت فشار	۷/۲	
- بارانی	۵	۵۸/۸
- قطره‌ای	۳	۲۹/۴
- بابلر	۰	۰
- آبهشان	۱	۱۱/۷

جدول ۴- توزیع فراوانی انتخاب ابعاد کرت در روش آبیاری سطحی توسط بهره‌برداران

گزینه‌ها	فراوانی	درصد فراوانی
ابعاد زمین	۳۳	۲۲/۷
نوع محصول	۷۶	۵۲/۴
مقدار آب	۲۷	۱۸/۶
توصیه‌ی کارشناسی	۹	۶/۲

در بخشی از سوال که مربوط به درخواست‌ها و پیشنهادهای کشاورزان می‌شود، عمده کشاورزان کمبود ادوات و امکانات را به عنوان اصلی‌ترین دغدغه خود برای کشاورزی انتخاب کردند.

راندمان آبیاری خصوصاً مهمترین جزء این راندمان (راندمان کاربرد) تابع نوع روش و نحوه‌ی مدیریت آبیاری است. دلایل اصلی کاهش راندمان آبیاری در روش سطحی در استان گلستان را می‌توان به عدم تسطیح و قطعه‌بندی مناسب زمین، عدم سازگاری نیاز آبی با مقدار آب ورودی به مزرعه، نامناسب بودن میزان جریان ورودی آب کرت‌ها، رعایت نکردن فواصل مناسب آبیاری و پایین بودن ارزش اقتصادی آب نسبت داد. بازده آبیاری در روش آبیاری بارانی در استان گلستان حدود ۵۰٪ برآورد شد. در حالیکه اهداف توسعه این روش، استفاده بهینه از آب در دسترس است ولی راندمان بدست آمده این هدف را محقق نمی‌کند. دلایل اصلی کاهش راندمان آبیاری در روش بارانی به دو دسته مسایل اجتماعی و فرهنگی و مسایل فنی تقسیم‌بندی شد. مسایل اجتماعی و فرهنگی به ایفای نقش مؤثرتر بخش تجاری بر بخش فنی، ارزش نامناسب اقتصادی آب و برتری‌گزینی طرح‌ها براساس کمیت اجرای آن و مسایل فنی به عدم تطابق طراحی با اجرا، عدم نظارت مستمر پس از اجراء، اطلاعات ناکافی از بهره‌وری روش و عدم تطابق میزان آب کاربردی با نیاز آبی گیاه نسبت داده می‌شود (کیانی، ۱۳۸۰).



شکل ۱- دلایل عدم استفاده از آبیاری تحت فشار از نظر بهره‌برداران

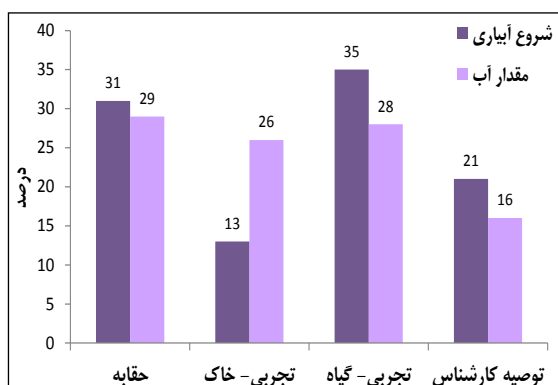
• مالکیت آب

حدود ۶۴٪ از مخاطبین در زمینه مالکیت آب پاسخ دادند که منبع آبی آنها دارای مالکیت خصوصی و متعلق به خودشان است و ۳۴٪ از آنها نیز استیجاری و بقیه به صورت حقابه‌ای از منبع آبی استفاده می‌کنند. مشاهده شده است در زمین‌هایی

در زمینه مدیریت آبیاری و برنامه‌ریزی آن جهت ارتقاء راندمان آبیاری در داخل مزرعه پتانسیل فراوانی برای کار وجود دارد. اگرچه تأمین آب به عنوان اولین قدم قابل قبول است، ولی ساده‌انگاری است که تصور شود همه راه حل است. مهمترین قسمت این چرخه‌ی پیچیده همان مدیریت آب در داخل مزرعه (هدف نهایی تأمین آب) است. به عبارت دیگر بهبود بهره‌وری آب در شرایط کنونی که عمده منابع آبی در استان در حال مصرف است، کلیدی‌ترین شاخص برای رفع تنگنایهای خشکسالی و کم آبی و مسائل متأثر از آنها (فقر، گرسنگی، ناامنی غذایی) است.

جدول ۵- نحوه‌ی برنامه‌ریزی آبیاری بهره‌برداران

گزینه‌ها	میانگین	ضریب تغییرات (%)	حداقل	میان	حداکثر
مدت آبیاری (ساعت)	۱۳/۹	۸۷	۲/۱	۱۰/۱	۵۳/۶
دبی (لیتر بر ثانیه)	۱۸/۲	۱۰۳	۲/۶	۹/۱	۴۰
دور آبیاری (روز)	۱۷/۹	۴۴	۳	۱۵	۳۹



شکل ۲- معیارهای شروع و مقدار آب آبیاری از نظر بهره‌برداران

• تجهیز و نوسازی

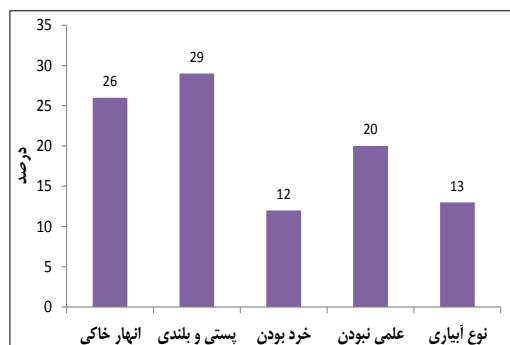
اطلاعات شکل (۳) نشان می‌دهد که در خصوص علت هدر روی آب در مزارع، کشاورزان عوامل انهار خاکی (۲۶٪)، پستی و بلندی اراضی (۲۹٪) و سیستم آبیاری غیرصحیح (۲۰٪) را اصلی‌ترین عوامل دانسته و عواملی مثل قطعه قطعه بودن اراضی (۱۲٪) و عدم استفاده از روش‌های پیشرفته آبیاری (۱۳٪) را در درجات بعدی قرار دارند. اطلاعات جدول (۶) نشان می‌دهد که تعداد قطعات زراعی هر کشاورز بطور میانگین ۳ قطعه است. همچنین ۷۷٪ مخاطبین پاسخ دادند که اراضی آنها پراکنده است و تنها ۲۵٪ پاسخ دادند که زمین‌های آنها شیب منظم دارد. روشن است در شرایطی که بیش از ۹۰٪ از زمین‌های آبی استان تحت روش‌های سنتی آبیاری می‌گردند،

که آبدهی چاه‌ها کم یا منبع آبی به صورت استیجاری است در حفظ و افزایش بهره‌وری آب نیز تلاش بیشتری صورت می‌گیرد. اقداماتی از قبیل بستن انتهای مزارع تحت آبیاری، قطع زود هنگام آب قبل از به انتها رسیدن. مالکیت خصوصی منابع آب‌های زیرزمینی، عدم نظارت در حجم برداشت به همراه ارزش ناچیز آب از نظر اقتصادی عوامل مهم در عدم بهره‌وری مناسب از این منابع آبی است. سیاست‌گذاری فعلی در این رابطه چنان است که کشاورز خود را صاحب و مالک آب زیرزمینی می‌داند و بیش از حد برداشت و بی‌رویه مصرف می‌کند. در مناطقی از استان گلستان که حدود ۳۰ سال قبل چشمه‌های فراوان وجود داشت و کشاورزان با حفر چاه‌های دستی کم‌عمق به کشت شالی مبادرت می‌ورزیدند، سطح آب زیرزمینی در عمق ۲ تا ۳ متری بود، ولی متأسفانه امروز چشمه‌ای دیده نمی‌شود و با حفر چاه به عمق کمتر از ۲۵۰ متر تقریباً دسترسی به آب مطمئن امکان‌پذیر نیست. این روند تاریخی نشان می‌دهد که نیاز به بازنگری در سیاست‌گذاری و تدوین قوانین جدید در این بخش است.

• برنامه‌ریزی آبیاری

فواصل آبیاری از ۳ روز تا ۴۰ روز بسته به مقدار آب در اختیار و نوع محصول متغیر است و بطور میانگین فواصل آبیاری ۱۸ روز با ضریب تغییرات ۴۴ درصد است (جدول ۵). مدت آبیاری بطور میانگین ۱۴ ساعت با ضریب تغییرات ۸۷٪ و حداقل از ۱ ساعت تا ۶۰ ساعت متغیر است. در خصوص میزان آبدهی چاه و رودخانه حدود ۹۵٪ از مخاطبین به این سوال پاسخ ندادند. در زمینه وسایل اندازه‌گیری آب، ۹۲٪ اعلام کردند وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ندارند و ۸ درصد بقیه به خاطر استفاده از رودخانه جعبه‌های تقسیم آب را به عنوان وسایل اندازه‌گیری آب می‌دانند. در رابطه با شروع آبیاری ۳۱ درصد از مخاطبین، نوبت آبیاری و حق‌آبه را زمان شروع آبیاری عنوان نمودند؛ ۱۳٪ از کشاورزان معیار خود را برای شروع آبیاری بطور تجربی و با علائم خاک، ۳۵٪ بطور تجربی و با علائم گیاهی، ۲۱٪ درصد با توجه به توصیه کارشناسان بر مبنای رطوبت خاک یا نیاز گیاه دانستند (شکل ۲). می‌توان گفت در مزارعی که معیار شروع آبیاری مرتبط با آب است (۳۱٪)، اساساً کمبود منابع آبی تصمیم‌گیری در خصوص زمان مناسب آبیاری را محدود می‌کند. کشاورز هر زمان که آب در اختیار داشته باشد آبیاری را شروع می‌کند. علائم گیاهی به دلیل ظهور عینی‌تر آن شاخص مناسب‌تری نسبت به علائم خاک بوده و کشاورزان نیز شناخت بهتری نسبت به آن دارند. در زمینه مقدار آب آبیاری حدود ۴۴٪ از کشاورزان به صورت تجربی، ۲۹٪ با توجه به حقابه و تنها ۱۶٪ براساس توصیه کارشناس عمل می‌کنند (شکل ۲).

و ایده‌ای برای استفاده مفید از آب به لحاظ اجرایی و اجتماعی بسیار اندک است. همچنین اطلاعات کشاورزان در زمینه مقدار آب مصرفی، مدت و فواصل آبیاری بسیار اندک و اساساً هیچ معیار مشخصی ندارند. یکی دیگر از عوامل عمده در هدررفت آب داخل مزرعه عدم تجهیز و نوسازی اراضی است.



شکل ۳- دلایل هدرروی آب از دیدگاه بهره‌برداران

• ارزیابی میزان آگاهی کشاورزان

به استناد پاسخ‌های مخاطبین مقادیر مورد ارزیابی به صورت مقادیر کیفی تبدیل شدند. خلاصه نتایج میزان آگاهی کشاورزان از مسائل مختلف آب و آبیاری بصورت کمی و کیفی در جدول (۷) ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد که در همه موارد میزان آگاهی کشاورز کم و ناچیز است. در زمینه روش‌های آبیاری بیشترین آگاهی (حدود ۳۸٪) مربوط به روش‌های آبیاری سطحی با دامنه پاسخ‌ها بین ۱۰ تا ۸۵ درصد و در مرحله بعد روش آبیاری بارانی (۱۴٪) و از روش آبیاری قطره‌ای کمترین میزان آگاهی وجود دارد. از آنجا که بیشترین مساحت تحت آبیاری در استان گلستان (بیش از ۹۰٪) مربوط است به آبیاری سطحی، طبیعی است بیشترین آگاهی نیز در بین استفاده‌کنندگان نیز از این روش باشد. مشاهده می‌شود که ضریب تغییرات روش سطحی (۳۷٪) نیز به مراتب کمتر از ضریب تغییرات روش‌های آبیاری بارانی (۱۰۱٪) و قطره‌ای (۱۹۸٪) است. به همین دلیل میزان آگاهی کشاورزان از آثار زیانبار پر آبیاری (۴۰٪)، روش‌های پرهیز از ایجاد زه‌آب‌ها (۳۸٪) و تجهیز و نوسازی اراضی (۴۳٪) به نسبت، بیشتر از بقیه پارامترهای مرتبط با مدیریت آبیاری و در حد آگاهی از نوع روش سطحی است. بدلیل اینکه عوامل اشاره شده بطور مستقیم تحت تأثیر روش آبیاری سطحی قرار دارند. اطلاعات ناچیزی از روش‌های تعیین نیاز آبی گیاه و دور آبیاری (۱۷٪)، روش‌های کنترل رطوبت خاک (۱۴٪) و استفاده از آب‌بندان (۱۴٪) برای برنامه‌ریزی آبیاری در بین کشاورزان وجود دارد.

عامل تسطیح و شیب‌بندی زمین برای کاربرد صحیح آب در مزرعه از عملیات زیربنایی و اولویت‌دار محسوب می‌شود. بنابراین ضرورت شیب‌بندی زمین حائز اهمیت است و کشاورزان نیز بر این موضوع واقف هستند. آب ماندگی در نقاط پست، عدم آبیاری مناسب در نقاط مرتفع، طولانی شدن مدت زمان آبیاری، مشکلات توزیع و هدایت آب و در نتیجه نیاز به کارگران بیشتر و همچنین خطر فرسایش‌پذیری خاک در شیب‌های تندتر، همه حکایت از بهره‌وری نامناسب آب در مزرعه غیریکنواخت از نظر شیب، دارد. بنابراین برنامه تجهیز و نوسازی اراضی شامل تسطیح، پوشش کانال‌های آبیاری و احداث زهکش کمک قابل توجهی در زمینه مصرف بهینه آب و ارتقاء بهره‌وری آب خواهد کرد. مشکل مهم دیگری که در استان گلستان وجود دارد و همه برنامه‌های مدیریت بهینه آب را تحت شعاع قرار می‌دهد، پراکنده و قطعه قطعه بودن اراضی زراعی است. در چنین شرایطی امکان موفقیت هر نوعی طرح

جدول ۶- وضعیت تجهیز و نوسازی اراضی

گزینه‌ها	فراوانی	درصد فراوانی
انجام تجهیز و نوسازی	بلی	۴۵
	خیر	۶۳
وضع تسطیح زمین	شیب منظم	۳۰
	شیب‌بندی تقریبی	۴۶
	با پستی و بلندی	۴۳
پراکندگی قطعات	پراکنده	۹۴
	متمركز	۲۸

* میانگین تعداد قطعات ۲/۳ و ضریب تغییرات آن ۶۴٪ است.

کشاورزان مورد مطالعه عمدتاً از روش آبیاری سطحی مبادرت به آبیاری می‌کنند. لازمه آبیاری مناسب در این روش، از يك طرف داشتن شیب یکنواخت برای توزیع مناسب آب و جلوگیری از آب گرفتگی مزارع در نقاط پست و از طرف دیگر دارا بودن ابعاد مناسب برای استفاده بهینه از آب است. عمده جواب‌ها در این زمینه حکایت بر عدم تسطیح زمین‌ها و قطعات کوچک زمین‌های تحت آبیاری دارد. بنابراین استفاده از شیوه‌های سنتی آبیاری (حدود ۹۷٪)، عدم اطلاع از برنامه‌ریزی آبیاری در مقیاس مزرعه‌ای، تعدد قطعات زراعی و عدم تجهیز و نوسازی اراضی باعث شده‌اند تا آب، این کالای با ارزش، کارایی لازم و مورد انتظار را نداشته باشد.

جدول ۷- ارزیابی میزان آگاهی کشاورزان از مسایل مختلف آب و آبیاری

موضوع مورد ارزیابی	تعداد پاسخ‌ها	میزان آگاهی کشاورزان (درصد)	
		میانگین	ضریب تغییرات
روش استفاده از آب‌بندان	۱۲۳	۱۴	۶۲
روش‌های کنترل رطوبت خاک	۱۲۳	۱۴	۵۴
روش‌های بهینه آبیاری سطحی (ثقلی)	۱۲۳	۳۸	۳۷
روش‌های آبیاری بارانی	۱۲۳	۱۳	۱۰۱
روش‌های آبیاری قطره‌ای	۱۲۳	۴	۱۹۸
دیگر روش‌های آبیاری تحت فشار (آبفشان، بابلر، ...)	۱۲۳	۱	۵۵۰
روش‌های بهره‌برداری بهینه از آب با توجه به محدودیت‌ها	۱۲۳	۱۴	۸۱
آثار زیان‌بار پرآبیاری	۱۲۳	۴۰	۳۲
راه‌های پرهیز از ایجاد زه‌آب‌ها	۱۲۳	۳۸	۳۲
تجهیز و نوسازی اراضی	۱۲۳	۴۳	۳۷
روش تعیین نیاز آبی گیاه و دور آبیاری	۱۲۳	۱۷	۵۴

نتیجه‌گیری

اساساً آب از تأمین، انتقال، مصرف، زهکشی و پیامدهای زیست‌محیطی آن باید بصورت یک فرآیند پیوسته در نظر گرفته شده و مدیریت واحدی را می‌طلبد. به عبارت دیگر آب و آبیاری و مبنای حاکم بر مدیریت آنها تابع ساختار اداری و حوزه‌های محصور آنها نیست. نتایج پژوهش حاضر در خصوص تأمین، انتقال و مصرف آب حکایت از این دارد که آب تأمین شده از بهره‌وری مناسب برخوردار نیست. نتیجه‌ی این فرایند که بصورت راندمان پایین آبیاری در سطح مزارع نمود عینی پیدا می‌کند، بیان می‌دارد در کشور که به لحاظ فیزیکی منابع آبی مطمئنی در اختیار ندارد، بخش قابل توجه‌ای از آب تأمین شده به هدر می‌رود. بطوریکه نتایج نشان داده است که عوامل اصلی هدررفت آب در مزارع مربوط به انهار خاکی (۲۶٪)، پستی و بلندی زمین (۲۹٪) و سیستم نامناسب آبیاری (۲۰٪) بوده و حدود ۹۵٪ از زارعین نمی‌دانند که چه مقدار آب به مزرعه می‌دهند. جمع‌بندی مطالب در زمینه‌ی تأمین، انتقال و مصرف آب حکایت از این دارد که برای رفع کم‌آبی، افزایش تولید و تأمین رفاه اجتماعی وزن گزینه‌ی تأمین آب به مراتب بیشتر

از انتقال و مصرف آن است. آب با صرف هزینه‌های هنگفت تأمین شده است ولی شبکه‌ها کامل نیست و در مزرعه درست بهره‌برداری نمی‌شود. بطور کلی اطلاعات کشاورزان در زمینه مقدار آب مصرفی، مدت و فواصل آبیاری بسیار اندک و اساساً هیچ معیار مشخصی ندارد. در نتیجه متولیان امور در حوزه‌های کشاورزی و منابع آب علاوه بر اجرای پروژه‌های زیربنایی برای تأمین، انتقال و مصرف آب (که هزینه‌های سرسام‌آوری از منابع مالی و انسانی صرف آن شده است) بایستی ضمن در نظر گرفتن دانش بومی بهره‌برداران (که استفاده‌کننده‌های اصلی پروژه‌ها و پایه‌های اساسی تولید هستند)، تدابیر و برنامه‌هایی برای افزایش دانش فنی آنها داشته باشند تا از خسارت به تولید پایدار بکاهند. در صورتی که کشاورزان در تصمیم‌گیری‌ها و هدایت برنامه‌های آموزشی سهیم باشند، نسبت به شرایطی که تصمیم‌گیری‌ها بصورت جداگانه، انفرادی و از بالا به پایین گرفته شود، اثربخشی بیشتری دارد. کشاورز و کارشناس هر دو می‌توانند برای ارتقاء دانش موجود و ترویج آن نقش ایفا کنند. یکی از عوامل عمده در هدررفت آب داخل مزرعه عدم تجهیز و نوسازی اراضی است. کشاورزان عمدتاً از روش آبیاری سطحی مبادرت به آبیاری می‌کنند. لازمه آبیاری مناسب در این

دارد. بنابراین استفاده از شیوه‌های سنتی آبیاری (حدود ۹۷ درصد)، عدم اطلاع از برنامه‌ریزی آبیاری در مقیاس مزرعه‌ای، تعدد قطعات زراعی و عدم تجهیز و نوسازی اراضی باعث شده‌اند تا آب، این کالای با ارزش، کارایی لازم و مورد انتظار را نداشته باشد.

روش، از يك طرف داشتن شیب یکنواخت برای توزیع مناسب آب و جلوگیری از آب گرفتگی مزارع در نقاط پست و از طرف دیگر دارا بودن ابعاد مناسب برای استفاده بهینه از آب است. همانطور که عنوان شد عمده جواب‌ها در این زمینه حکایت بر عدم تسطیح زمین‌ها و قطعات کوچک زمین‌های تحت آبیاری

منابع

- in KwaZulu-Natal, South Africa. 19th World congress of soil science and soil solutions for a changing world, 1-6 August 2010, Brisbane Australia proceedings published on DVD.
- Cerf M., Compagnon C. and Falzon P. 1999. Providing advice to farmers: a cooperative problem solving activity? In distributed cognition at work "Third European Conference on Cognitive Sciences". Sienne (Italie), Octobre 1999, PP: 47-53.
- Leeuwis C. 2000. Learning to be sustainable. Does the Dutch agrarian knowledge market fail? The Journal of Agricultural education and extension, 7(2): 79-92.
- Millar J. and Curtis A. 1999. Challenging the boundaries of local and scientific knowledge in Australia: Opportunities for social learning in managing temperate upland pastures. Agriculture and Human Values, 16(4): 389-397.
- Kega V.M., Kasina M., Olubayo F., Kamau G.M., and Nderitu J.H. 2015. A Logit Analysis of Farmer Knowledge on Rice Blast Disease *Pyricularia grisea* [Cook, Sacc] at Mwea Irrigation Scheme, Kirinyaga County, Central Province, Kenya Universal Journal of Agricultural Research 3(3): 114-117.
- Zhou Y. H., Yang H.J., Mosler K. and Abbaspour C. 2010. Factors affecting farmers' decisions on fertilizer use: A case study for the Chaobai watershed in Northern China. J. Sustainable Development, 4(1): 80-102.
- داوودی، ه. و مقصودی، ت. ۱۳۹۱. بررسی دانش کشاورزی پایدار در بین سیب‌زمینی کاران شهرستان شوشتر. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۴۲(۲): ۲۶۵-۲۷۴.
- عباسی، ف.، سلطانی، ع.، کیانی، ع.ر.، زارعی، ق.، شاهین‌رخسار، پ. و خرمیان، م. ۱۳۹۱. ارزیابی میزان آگاهی کشاورزان و تحلیل وضعیت و نحوه بهره‌برداری از منابع آب و خاک (مطالعه موردی در استان‌های تهران، خوزستان، مازندران و گلستان). مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۳(۲-۴۳): ۳۸۷-۳۹۷.
- علی‌پور، ح. ۱۳۸۶. بررسی میزان مشارکت محققان، مروجان و کشاورزان در فرآیند تولید و انتقال تکنولوژی (مطالعه موردی در استان فارس و کرمانشاه). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۶: ۵۴-۶۳.
- فلکی، م. ۱۳۸۴. تحلیل زمینه‌ها و عوامل پیش‌برنده و بازدارنده بکارگیری فناوری اطلاعات در نظام ترویج کشاورزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته ترویج، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، ص ۲۳۵.
- قدیمی، ع. ر.، شعبانی، ح. و اسدی، ع. ۱۳۹۳. سنجش نگرش و میزان بکارگیری فناوری‌های کشاورزی ارگانیک توسط سیب‌زمینی کاران شهرستان فریدن. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۴(۲): ۵۵-۷۱.
- کیانی، ع. ر. ۱۳۸۰. ارزیابی سیستم آبیاری بارانی کلاسیک در منطقه گرگان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان، ۸(۴): ۲۹-۳۹.
- Buthelezi N., Hughes J. and Modi A. 2010. The use of scientific and local knowledge in Agricultural land evaluation and soil fertility studies in two villages

Guidelines for evaluation of Center pivot irrigation system performance (Technical Note)

M. Karimi^{1*}, M. Jolaini²

1,2- Associate prof, Agricultural and natural resources research center of razavi khorasan, Iran.

*(Corresponding Author Email: karimi.irri@gmail.com)

Received: 31-12-2014

Accepted: 6-10-2015

دستورالعمل ارزیابی عملکرد دستگاه آبیاری دوار مرکزی (سنتریوت) (یادداشت فنی)

محمد کریمی^{۱*}، محمد جلالینی^۲

۱ و ۲- به ترتیب کارشناسی ارشد و دانشیار آبیاری و زهکشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: karimi.irri@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱۴

Abstract

Evaluation of any irrigation system consists of analyzing the measurable performance of the system in real conditions as well as during the normal operation of the farm. Irrigation evaluation is a management tool that allows the system manager to make the best use of what is available. Unfortunately, in most regions of Iran, after the implementation of irrigation systems their performance is not controlled or supervised. Also, during the operation of the system, the efficiency is not monitored nor analyzed either. Furthermore, the importance of irrigation system evaluation is not clarified to the users in our country. Despite the numerous research that has been conducted on the evaluation of center pivot irrigation system performance by domestic and foreign scholars, due to the complexity of existing evaluation methods, most farmers are not able to use them. Thus, in this paper, we have aimed to provide concise and simplified instructions for evaluating center pivot irrigation systems in order to help farmers in using them more readily. For evaluation of an irrigation system, the use of indexes such as water distribution uniformity, potential output and actual output for irrigation are recommended. Water distribution uniformity is an indicator of the water distribution problems in an irrigation system. The potential output of irrigation index describes the system performance under the current circumstances. Actual output of irrigation is an index that identifies the irrigation management, however it does not show the accuracy of the irrigation system design. According to the review conducted from academic resources, for a center pivot irrigation system, with a water distribution uniformity value of less than 76%, the irrigation potential and actual outputs value of less than 80% and 75%, respectively, are not suitable.

Keywords: Guidelines, Performance Evaluation, Irrigation System, Center pivot.

چکیده

ارزیابی هر دستگاه آبیاری، تحلیل کارایی‌های قابل اندازه‌گیری آن دستگاه در شرایط واقعی و در حین کار طبیعی در مزرعه بوده و یک ابزار مدیریتی است که به مدیر دستگاه امکان می‌دهد تا بتواند از آنچه که در دسترس دارد با بهترین عملکرد استفاده نماید. متأسفانه در اکثر مناطق کشورمان دستگاه‌های آبیاری بعد از اجرا، تحت نظارت و به صورت کنترل شده، بهره‌برداری نمی‌شوند و به هنگام بهره‌برداری نیز از نظر کارایی و عملکرد مورد سنجش و آزمایش قرار نمی‌گیرند. از طرفی اهمیت کنترل و ارزیابی عملکرد دستگاه نیز برای اکثر بهره‌برداران کشورمان به وضوح بیان نشده است. گرچه مطالعات و تحقیقات متعددی توسط محققان داخلی و خارجی بر روی ارزیابی عملکرد دستگاه‌های آبیاری سنتریوت انجام شده است، اما با توجه به پیچیدگی روش‌های ارزیابی ارائه شده، این کار در توان اکثر کشاورزان نمی‌باشد. لذا در این مقاله سعی شده تا خلاصه‌ای از روش‌ها و دستورالعمل‌های موجود برای ارزیابی دستگاه‌های آبیاری سنتریوت ساده‌سازی شده تا بهره‌برداری از آن‌ها برای کشاورزان به سهولت انجام پذیرد. برای ارزیابی دستگاه آبیاری، استفاده از شاخص‌هایی مانند یکنواختی پخش آب، بازده واقعی آبیاری و بازده بالقوه آبیاری توصیه شده است. یکنواختی پخش آب، مشکلات توزیع آب در آبیاری را نشان می‌دهد. بازده بالقوه آبیاری بیانگر آن است که دستگاه موجود در شرایط بهره‌برداری مطلوب، چگونه عمل می‌کند. بازده واقعی آبیاری شاخصی است که مدیریت آبیاری را نشان داده، اما صحت طراحی را نشان نمی‌دهد. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در منابع علمی، برای دستگاه آبیاری سنتریوت یکنواختی پخش آب کمتر از ۷۶ درصد، بازده بالقوه آبیاری کمتر از ۸۰ درصد و بازده واقعی آبیاری کمتر از ۷۵ درصد، مناسب نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دستورالعمل، ارزیابی عملکرد، دستگاه آبیاری، سنتریوت.

با یافتن مشکلات موجود، نسبت به رفع آن اقدام کرد. گاهی طراحی و اجرای نادرست و عملکرد نامناسب این سیستم بازده واقعی آن را کاهش می‌دهد و در نتیجه منجر به توزیع غیریکنواخت آب در طول بال، غیر یکنواختی پخش آب و ایجاد شرایط ماندابی (یا رواناب) در سطح مزرعه می‌شود. از طرفی گاهی کشاورزان اقدام به تغییر در طراحی اولیه دستگاه می‌نمایند. این کار نیز در کاهش عملکرد دستگاه موثر است. چنانچه این سیستم در مزارع کشاورزی و تحت مدیریت زارعین معمولی مستقر شود، به دلیل آشنایی ناکافی مسئولان آبیاری با نحوه آبیاری با این دستگاه، مشکلات استفاده از دستگاه بیشتر می‌شود. از این رو آموزش مسائل فنی، مدیریتی، بهره‌برداری و برنامه ریزی آبیاری و دیگر موارد ضروری به زارعین قبل از استقرار سیستم در مزرعه از طریق کارخانه سازنده یا دفتر بهبود و توسعه روش‌های آبیاری، الزامی است (قائم، ۱۳۸۳).

Al-Ghobari (۲۰۱۴) برای مطالعه اثر تغییر نازل‌های پاشش اصلی و موقعیت لاترال‌ها در طراحی اولیه توسط زارعین محلی، با تحقیق بر روی ۴۸ سامانه سنتریپوت که در مزارع بخش‌های مختلف عربستان سعودی بود، نشان داد که تغییر ایجاد شده توسط زارعین محلی بر کاهش مقادیر یکنواختی توزیع آب اثر جدی داشته است.

متأسفانه در اکثر مناطق کشورمان دستگاه‌های آبیاری بعد از اجرا، تحت نظارت و به صورت کنترل شده، بهره‌برداری نمی‌شوند و به هنگام بهره‌برداری نیز از نظر کارایی و عملکرد مورد سنجش و آزمایش قرار نمی‌گیرند. از طرفی اهمیت کنترل و ارزیابی عملکرد دستگاه نیز برای اکثر بهره‌برداران کشورمان به وضوح بیان نشده است. گرچه مطالعات و تحقیقات متعددی توسط محققان داخلی و خارجی بر روی ارزیابی عملکرد دستگاه‌های آبیاری سنتریپوت انجام شده است، اما با توجه به پیچیدگی روش‌های ارزیابی ارائه شده، این کار در توان اکثر کشاورزان نمی‌باشد. لذا در این مقاله سعی شده تا خلاصه‌ای از روش‌ها و دستورالعمل‌های موجود برای ارزیابی دستگاه‌های آبیاری سنتریپوت ساده‌سازی شده تا بهره‌برداری از آن‌ها برای کشاورزان به سهولت انجام پذیرد.

به منظور دستیابی به سود حداکثر و کاهش مصرف انرژی در کاربرد آب با دستگاه‌های آبیاری، بایستی این دستگاه‌ها آب را به طور یکنواخت پخش نمایند. موقعی که از این دستگاه‌ها برای توزیع کود و سم نیز استفاده شود، یکنواختی توزیع آب در دستگاه مهمتر و حیاتی‌تر جلوه خواهد کرد. در نتیجه مالکین و بهره‌برداران این دستگاه‌ها باید به صورت دوره‌ای یکنواختی توزیع آب را در دستگاه‌های خود مورد ارزیابی قرار دهند (Harrison و Perry، ۲۰۱۳). یک دستگاه آبیاری که به طور مطلوب مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا راندمان آبیاری آن در حد انتظار است، می‌تواند عملکرد محصول را بهینه نموده و تغییرات عملکرد را کاهش دهد. همچنین می‌تواند باعث کاهش آبتشویی کودها (در اثر آبیاری بیش از حد در تمام مزرعه و یا قسمت‌هایی از آن) در نتیجه عدم یکنواختی توزیع آب گردد (McCann و Adkins، ۲۰۰۶). چنانچه دستگاه‌های آبیاری سنتریپوت به طور مناسب طراحی و مدیریت شود، می‌تواند یکی از کارآمدترین روش‌ها و با یکنواختی توزیع بالا برای بکار بردن آب در مزرعه باشند. بررسی سیستم از آن جهت اهمیت دارد که روشن می‌سازد اجرای کنونی سیستم ادامه یابد یا باید کارایی آن را بهبود بخشید (Merriam و Keller، ۱۹۷۸).

ارزیابی یک دستگاه یا سامانه آبیاری به منظور بررسی عملکرد آن، بعد از طراحی و اجرا صورت می‌گیرد و در واقع مشکلات و نواقص دستگاه را در طراحی، اجرا و بهره‌برداری نشان می‌دهد. از روی نتایج ارزیابی می‌توان به این نکته پی برد که چگونه می‌توان بازده آبیاری در مزرعه را افزایش داده و منشاء مشکلات موجود دستگاه آبیاری را پیدا نمود و در واقع به بهبود مدیریت مزرعه جهت استفاده بهینه از آب کمک می‌کند. ارزیابی مطالعات مزرعه‌ای در سیستم آبیاری بارانی امکان اصلاحاتی مثل تغییر آبپاش‌ها، داشتن دبی‌های کمتر یا بیشتر، و تغییر در مدت کاربرد آب را در بر می‌گیرد.

چنانچه مدیریت بهره‌برداری از مزرعه و دستگاه آبیاری موجود در آن مناسب باشد و اشکال کار ناشی از طراحی باشد، می‌توان

وسایل مورد نیاز

وسایل مورد نیاز جهت انجام ارزیابی عبارتند از:

- ۱- قوطی یا ظرف جمع‌آوری آب بارش شده از دستگاه،
- ۲- فشارسنج (۰ تا ۴۵۰ کیلوپاسکال) برای اندازه‌گیری فشار سر نازل‌ها،

۳- ظرف مدرج برای اندازه‌گیری حجم آب قوطی‌ها،

۴- متر نواری،

۵- مته نمونه‌برداری خاک،

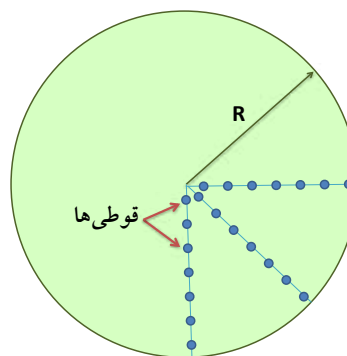
۶- میخ چوبی،

۷- کاتالوگ کارخانه سازنده دستگاه

۸- بادسنج جهت اندازه‌گیری سرعت باد.

۱- انتخاب چهار ردیف شعاعی و نصب قوطی‌های جمع آوری آب در فواصل مشخص

استاندارد انجمن مهندسين کشاورزي آمريكا در نظر گرفتن حداقل دو شعاع از ظرف‌های جمع‌کننده آب را به منظور ارزیابی دستگاه الزامی می‌داند، به طوری که همه ظرف‌های قرار گرفته روی شعاع‌ها باید از نظر ارتفاع و قطر مشخصات یکسانی داشته باشند و نحوه قرارگیری ظرف‌ها باید طوری باشد که پوشش گیاهی مانع از ورود آب به داخل ظرف‌ها نشود (ASAE Standards, ۲۰۰۳). برای تعیین شاخص‌های ارزیابی، بایستی در چهار ردیف شعاعی (یعنی از محور تا انتهای بازوی دستگاه) به فواصل ۶-۹ متری میخکوبی شده و در کنار هر يك از میخ‌های چوبی يك عدد قوطی جمع‌آوری آب نصب شود (قائمى، ۱۳۸۳). نحوه چیدن و آرایش قوطی‌ها در زیر دستگاه آبیاری در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- نحوه آرایش قوطی‌ها زیر دستگاه آبیاری

۲- ثبت حجم آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها در هر آبیاری در هر آبیاری (در طول دوره رشد گیاه) حجم آب جمع‌آوری شده در قوطی‌های مستقر در ردیف‌های شعاعی در فرم‌های مخصوص یادداشت شود. هر چند که با یکبار آزمایش و

یادداشت‌برداری هم می‌توان عوامل ارزیابی دستگاه را محاسبه نمود و وضعیت دستگاه را مورد بررسی قرار داد، اما هر چه تعداد آزمایشات بیشتر باشد، دقت کار ارزیابی بالاتر خواهد رفت.

۳- محاسبه مقدار آب خروجی از نازل‌ها

۴- نمونه‌برداری از خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه در هر آزمایش وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه، رطوبت خاک قبل از آبیاری، رطوبت خاک ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از آبیاری، که با نمونه‌برداری از اعماق ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ سانتی‌متر و ارسال به آزمایشگاه آب و خاک تعیین می‌شود، بایستی در دسترس باشد.

۵- ثبت سرعت حرکت دستگاه در هر آبیاری

۶- تعیین عمق توسعه ریشه گیاه در هر بار آزمایش، عمق توسعه ریشه گیاه با حفر پروفیل در مزرعه در کنار ریشه چند بوته از گیاه تخمین زده می‌شود.

۷- وزن‌دهی قوطی‌ها براساس سطح تخصیص هر آبپاش

با عنایت به اینکه در دستگاه آبیاری بارانی دوار مرکزی سطح تخصیصی به هر آبپاش و مقدار شدت بارش آبپاش‌ها از سمت مرکز به سمت انتهای بازوی دستگاه بیشتر و سرعت حرکت خطی آن‌ها نیز زیاده‌تر می‌گردد، برای محاسباتی که انجام می‌شود، به ظروف جمع‌آوری آب، وزن داده می‌شود. به این جهت، به اولین ظرف عددی تخصیص داده و از مرکز به سمت انتهای بازوی دستگاه اضافه خواهد شد. ساده‌ترین روش وزن‌دهی همان شماره‌گذاری قوطی‌ها از مرکز به سمت انتهای دستگاه می‌باشد. برای مثال قوطی اول از سمت مرکز دستگاه شماره یک، قوطی دوم شماره دو و الی آخر شماره‌گذاری می‌شود. نمونه فرم یادداشت‌برداری شده در جدول (۱) نشان داده شده است.

۸- محاسبه حجم وزنی آب قوطی‌ها

حجم وزنی در جدول (۱) از ضرب حجم آب قوطی در شماره قوطی بدست می‌آید.

جدول ۱- نمونه فرم یادداشت‌برداری حجم آب جمع شده در قوطی‌ها (واحد حجم)

ردیف ۴	ردیف ۳	ردیف ۲	ردیف ۱	شماره محل
حجم	حجم	حجم	حجم	قوطی از سمت
وزنی	وزنی	وزنی	وزنی	مرکز دستگاه
-	-	-	-	۱
-	-	-	-	۲

۹- تعیین شاخص‌های ارزیابی

در ارزیابی دستگاه آبیاری دوار مرکزی شاخص‌های مختلفی از جمله ضریب یکنواختی توزیع آب، بازده واقعی آبیاری، بازده بالقوه آبیاری و کفایت آبیاری مورد بررسی قرار می‌گیرند (قاسم‌زاده مجاوری، ۱۳۶۹؛ سهرابی و اصل‌منش، ۱۳۷۵؛ Amini و Ghorbani، ۲۰۱۱؛ Almasraf و همکاران، ۲۰۱۱؛ Al-Ghobari، ۲۰۱۴؛ Griffiths، ۲۰۰۶ و Msibi و همکاران، ۲۰۱۴). اما شاخص‌هایی که در اکثر مراجع علمی به صورت مشترک استفاده شده عبارتند از: یکنواختی پخش آب (DU)، بازده واقعی آبیاری (AELQ) و بازده بالقوه آبیاری (PELQ). بدیهی است که بالا بودن هر یک از این پارامترها به تنهایی نمی‌تواند بیانگر مطلوب بودن عملکرد دستگاه باشد. بررسی و ارزیابی عملکرد هر دستگاه آبیاری در مزرعه (برای رسیدن به این هدف که آیا دستگاه به طور مطلوب کار می‌کند) دو یا سه بار در سال ضروری است. نتایج ارزیابی یک دستگاه آبیاری هم به دلیل تغییرات اقلیمی، نوع خاک، نوع گیاه و خصوصیات دستگاه آبیاری قابل تعمیم به یک دستگاه در منطقه دیگر نمی‌باشد (Ghorbani & Amini، ۲۰۱۱). در ذیل به روش محاسبه هر یک از شاخص‌های ارزیابی پرداخته شده است.

- یکنواختی توزیع آب

یکنواختی پخش آب شاخصی از درجه یکنواختی توزیع آب در آبیاری است و مشکلات توزیع آب را نشان می‌دهد. بر اساس اظهار نظر محققان مقدار پایین یکنواختی توزیع آب در صورتی که آبیاری کافی انجام پذیرد، نشانه تلفات آب به شکل نفوذ عمقی می‌باشد. مقدار یکنواختی توزیع کمتر از ۶۷ درصد، قابل قبول نیست.

برای یکنواختی پخش آب، بایستی حجم وزنی آب قوطی‌ها در هر ردیف به صورت نزولی مرتب شده و یک چهارم تعداد آن‌ها از انتها جدا شده و مجموع این اعداد بر مجموع شماره قوطی‌های مربوط به آن‌ها تقسیم گردد. عدد بدست آمده همان میانگین وزنی یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها خواهد بود. واحد عدد بدست آمده میلی‌لیتر (واحد حجم) است که اگر آن را بر سطح دهانه قوطی تقسیم کنیم به میلی‌متر (واحد عمق) تبدیل می‌شود. همچنین میانگین وزنی کل نمونه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

در رابطه (۲) واحد مقادیر صورت و مخرج کسر، لیتر یا میلی‌لیتر است.

$$(۱) \quad \text{میانگین نمونه‌های وزنی} = \frac{\text{میانگین وزنی کل نمونه‌ها}}{\text{مجموع اعداد نمونه‌ها}}$$

$$(۲) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{میانگین وزنی یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها}}{\text{میانگین وزنی کل نمونه‌ها}} = \text{یکنواختی پخش آب}$$

- بازده بالقوه آبیاری

بازده بالقوه آبیاری در واقع بیانگر آن است که دستگاه موجود در شرایط بهره‌برداری مطلوب چگونه عمل می‌کند. راندمان بالقوه حالت خاصی از راندمان آبیاری است وقتی که عمق مینیمم نفوذ یافته معادل عمق مطلوب آبیاری باشد. مقادیر پایین بازده بالقوه آبیاری اغلب به طرح غیر سود بخشی مربوط است، اما گاهی ممکن است به دلایل اقتصادی عمدی باشد. مقدار پایین بازده بالقوه آبیاری معمولاً مربوط به طراحی ضعیف و یا کارایی ضعیف دستگاه موجود است. در صورتی که طراحی دستگاه صحیح و مقدار بازده بالقوه پایین باشد، باید نوع دستگاه را تغییر داد.

$$(۳) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{میانگین وزنی یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها}}{\text{میانگین کل عمق آب کاربردی}} = \text{بازده بالقوه آبیاری}$$

برای محاسبه میانگین کل عمق آب کاربردی بایستی حجم آب آبیاری در هر بار آبیاری بر سطح آبیاری شده تقسیم گردد (رابطه ۴). حجم آب آبیاری در هر بار آبیاری و در طول دوره رشد گیاه با نصب یک کنتور روی لوله انتقال آب به دستگاه آبیاری قابل اندازه‌گیری است.

$$(۴) \quad \frac{\text{حجم آب مصرفی}}{\text{مساحت آبیاری شده}} = \text{میانگین عمق آب کاربردی}$$

- بازده واقعی آبیاری

بازده واقعی آبیاری شاخصی است که نشان می‌دهد، چگونه دستگاه آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. موضوع مستتر در بازده واقعی آبیاری این است که این مقدار معیاری از یکنواختی است، ولی کافی بودن آب آبیاری را نشان نمی‌دهد. بازده واقعی آبیاری در واقع مدیریت آبیاری را نشان می‌دهد؛ اما صحت طراحی را نشان نمی‌دهد، مثلاً چنانچه مقدار بازده واقعی آبیاری پایین باشد بیانگر آن است که دور آبیاری زیاد در نظر گرفته شده یا کم آبیاری صورت گرفته و یا اینکه آبیاری در مدت زمان کوتاه‌تر از حد نیاز انجام شده است. معمولاً اختلاف بین بازده بالقوه آبیاری و بازده واقعی آبیاری مربوط به اشکالات راهبری و مدیریت است که میزان آن را بیان می‌کند.

$$(۵) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{میانگین وزنی یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها}}{\text{میانگین کل عمق آب کاربردی}} = \text{بازده واقعی آبیاری}$$

در رابطه (۳) و (۵) واحد مقادیر صورت و مخرج کسر میلی‌متر (واحد عمق) است. برای تبدیل حجم آب جمع‌آوری شده به عمق آب در هر قوطی، بایستی مقدار حجم آب بر مساحت دهانه قوطی تقسیم شود.

در رابطه (۵) زمانی که صورت کسر (میانگین وزنی یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها) از مقدار SMD^۲ بیشتر گردد، به جای آن

همان مقدار SMD قرار خواهد گرفت. در این صورت بازده واقعی آبیاری به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$(6) \quad 100 \times \frac{SMD}{\text{میانگین کل میزان آب کاربردی}} = \text{بازده واقعی آبیاری}$$

SMD یا کمبود رطوبت خاک عبارت است از مقدار خشکی منطقه ریشه گیاه در زمان معین و این کمبود رطوبت برابر با مقدار آبی است که باید در موقع آبیاری جبران شود. کمبود رطوبت خاک در طول آزمایش به روش زیر محاسبه می‌گردد.

$$(7) \quad SMD = (W2 - W1) \times d \times \gamma_s$$

که در آن: W2 رطوبت وزنی خاک ۲۴-۴۸ ساعت بعد از آبیاری (درصد)، W1 رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری (درصد)، d عمق توسعه ریشه گیاه (cm) و γ_s وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3) می‌باشند.

- محاسبه تلفات تبخیر و بادبردگی

تلفات تبخیر و بادبردگی، اختلاف بین مقدار آب پخش شده از نازل‌ها و مقدار آب جمع‌شده در قوطی‌های جمع‌آوری می‌باشد که با مقایسه حجم آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها با آب خروجی از نازل‌ها در محدوده این ظروف تعیین می‌شوند.

تلفات تبخیر و بادبردگی در طول آزمایش از تفاضل یکنواختی پخش آب (DU) و بازده بالقوه آبیاری (PELQ) (رابطه ۸) محاسبه می‌گردد.

$$(8) \quad \text{DU-PELQ} = \text{تلفات تبخیر و بادبردگی}$$

خلاصه محاسبات مربوط به عوامل ارزیابی دستگاه آبیاری در جدولی مشابه جدول (۲) یادداشت می‌شود.

در این جدول یکنواختی پخش آب از تقسیم میانگین یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها (مقادیر ستون ۴) بر میانگین کل نمونه‌ها (مقادیر ستون ۳) ضرب در ۱۰۰ بدست می‌آید. بازده بالقوه آبیاری از تقسیم میانگین یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها (مقادیر ستون ۴) بر میانگین عمق آب کاربردی (مقادیر ستون ۲) ضرب در ۱۰۰ بدست می‌آید.

بازده واقعی آبیاری از تقسیم میانگین یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها (مقادیر ستون ۴) بر میانگین عمق آب کاربردی (مقادیر ستون ۲) ضرب در ۱۰۰ بدست می‌آید. این در حالی است که اگر میانگین یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها (مقادیر ستون ۴) از کمبود رطوبتی خاک (مقادیر ستون ۵) بیشتر باشد، به جای مقادیر ستون ۴ در صورت کسر باید از مقادیر ستون ۵ استفاده شود.

جدول ۲- نمونه جدول برای تهیه شاخص‌های ارزیابی دستگاه سنتریپوت در یک آزمایش

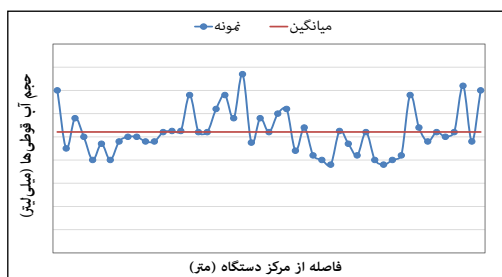
ستون ۱	ستون ۲	ستون ۳	ستون ۴	ستون ۵	ستون ۶	ستون ۷	ستون ۸	ستون ۹
فاکتورها	میانگین عمق	میانگین	میانگین یک	کمبود رطوبتی	بازده بالقوه	بازده واقعی	یکنواختی	تلفات تبخیر
تکرارها	آب کاربردی	کل نمونه‌ها	چهارم پایین‌ترین	خاک (mm)	آبیاری	آبیاری	پخش آب	و بادبردگی
	(mm)	(mm)	نمونه‌ها (mm)		(%) (PELQ)	(%) (AELQ)	(%) (DU)	(درصد)
ردیف ۱	-	-	-	-	-	-	-	-
ردیف ۲	-	-	-	-	-	-	-	-
ردیف ۳	-	-	-	-	-	-	-	-
ردیف ۴	-	-	-	-	-	-	-	-
میانگین								

۱۰- انجام ارزیابی

با مقایسه مقادیر بدست آمده از شاخص‌های ارزیابی با مقادیر توصیه شده آن‌ها در منابع علمی، به نقاط ضعف و قوت سیستم در مزرعه پی خواهیم برد.

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در منابع علمی، یکنواختی پخش آب کمتر از ۷۶ درصد قابل قبول نبوده و بازده بالقوه آبیاری کمتر از ۸۰ درصد و بازده واقعی آبیاری کمتر از ۷۵ درصد برای دستگاه آبیاری سنتریپوت مناسب نمی‌باشد (Roland, ۱۹۸۲؛ سهرابی و اصیل‌منش، ۱۳۷۵؛ سهرابی و امیدوار، ۱۳۸۱؛ قائمی، ۱۳۸۳؛ فروغی و قائمی، ۱۳۸۶؛ نادری، ۱۳۸۹ و دوست محمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

مهمترین معیار کارایی یک دستگاه آبیاری بارانی سنتریپوت توزیع و پراکنش یکنواخت آب در سطح مزرعه است. این معیار از بررسی آب جمع‌آوری شده در قوطی‌های نمونه‌برداری مشخص می‌گردد. برای بررسی یکنواختی توزیع آب در مزرعه می‌توان نمودار خطی مقادیر آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها را در مقابل فواصل قوطی‌ها از مرکز دستگاه ترسیم نمود. در شکل (۳) نمونه‌ای شماتیک از این نمودار نشان داده شده است. با بررسی این نمودارها، آبپاش‌هایی که از کار افتاده و یا محل آبپاش‌هایی که قطر آن‌ها نامناسب است، مشخص می‌گردد. ممکن است حجم آب جمع‌آوری شده در زیر آبپاش‌ها در بعضی از نقاط پایین‌تر و در بعضی دیگر از نقاط بالاتر از



شکل ۳- نمونه‌ای از توزیع پراکنش آب جمع‌آوری شده در قوطی‌های جمع‌کننده در دستگاه آبیاری دوار مرکزی

۵- عملکرد دستگاه آبیاری بارانی با تغییرات ساده‌ای چون ایجاد تغییر فشار در دستگاه، تغییر قطر آبپاش‌ها، تغییر ارتفاع پایه‌های آبپاش و تنظیم مدت کاربرد آب، تنظیم عملکرد آبپاش‌ها با فشارهای متفاوت در دوره‌های آبیاری و استفاده از آبپاش‌های متناوب، بهبود زیادی می‌یابد.

۶- چنانچه یکنواختی پخش آب در دستگاه آبیاری در حد قابل قبول نبود، برای یکنواخت‌تر کردن عمق آب و بالابردن یکنواختی پخش آب بایستی اندازه روزه آبپاش‌ها در بعضی نقاط تغییر داده شود، زیرا ممکن است نازل‌ها تعویض شده یا گرفته باشند. اگر اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای بازوی دستگاه بیشتر از ۲۰ درصد فشار انتهای بازو باشد، باعث توزیع غیریکنواخت آب در طول بازو خواهد شد که این مورد نیز باید بررسی شود.

پی‌نوشت

- 1- Distribution uniformity
- 2- Potential Application Efficiency of Low Quarter
- 3- Application Efficiency of Low Quarter
- 4- Soil Moisture Deficit

سهرابی، ت. و امیدوار، م. ۱۳۸۱. بررسی عملکرد، مشکلات بهره‌برداری و فنی سیستم‌های آبیاری بارانی دوار در منطقه جوبین خراسان. مجله کشاورزی و عمران روستایی، ۴(۱): ۳۷-۵۲.

فروغی، ف. و قائمی، ع.ا. ۱۳۸۶. تعیین تلفات تبخیر و بادبردگی در دستگاه آبیاری دوار مرکزی در منطقه باجگاه. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۱(۱): ۶۳-۷۰.

قاسم‌زاده مجاوری، ف. ۱۳۶۹. ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد.

میانگین نمونه‌های برداشت شده باشد. در این صورت بایستی اندازه روزه آبپاش‌ها در بعضی نقاط تغییر داده شود، زیرا ممکن است نازل‌ها تعویض شده یا گرفته باشند. بنابراین بهتر است ترتیب نازل‌ها با طرح اولیه که سازنده دستگاه ارائه نموده، مقایسه شود. چنانچه نازل‌ها صحیح بود، وجود جلبک یا مواد معلق در آب، عامل گرفتگی و غیر یکنواختی توزیع خواهد بود. بازدید از تنظیم‌کننده‌های فشار نیز باید انجام شود.

جمع‌بندی و پیشنهادات

- ۱- ارزیابی یک ابزار مدیریتی است که به مدیر دستگاه یا سامانه آبیاری این امکان را می‌دهد تا بتواند از آنچه که در دسترس دارد با بهترین عملکرد استفاده نموده و محدودیت‌های دستگاه یا سامانه آبیاری را با یک سری تغییرات جزئی کاهش داده و کارایی آن‌را با آنچه که منظور طراح بوده، هماهنگ کند.
- ۲- با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در منابع علمی، یکنواختی پخش آب کمتر از ۷۶ درصد، بازده بالقوه آبیاری کمتر از ۸۰ درصد و بازده واقعی آبیاری کمتر از ۷۵ درصد برای دستگاه آبیاری سنتریپوت، مناسب نمی‌باشد.
- ۳- چنانچه بازده بالقوه آبیاری در حد قابل قبول نبود، نشان دهنده این است که سیستم موجود با زمین و شرایط زراعی مطابقت خوبی ندارد و به خوبی طراحی نشده است. با اصلاح سیستم می‌توان راندمان بالقوه آن را بالا برد. روش پیشنهادی در جهت اصلاح راندمان بالقوه، افزایش فشار کارکرد سیستم و کاهش قطر روزه‌ها است که در این صورت راندمان بالایی حاصل می‌گردد.
- ۴- چنانچه بازده واقعی آبیاری در حد قابل قبول نبود، نشان‌دهنده ضعف در مدیریت بهره‌برداری از دستگاه است. بنابراین اصلاح و بهبود مدیریت دستگاه، ضرورت دارد.

منابع

- دوست محمدی، م. م.، سلطانی محمدی، ا. و رضایی‌راد، ه. ۱۳۹۲. ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری دوار مرکزی (مطالعه موردی استان قم). اولین همایش ملی بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.
- سهرابی، ت. و اصیل‌منش، ر. ۱۳۷۵. ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای (سنتریپوت). هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران، ایران، ص. ۱۲۹-۱۴۷.

- tem performance. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of MscEng, School of Bioresources Engineering and Environmental Hydrology University of KwaZulu-Natal Pietermaritzburg, 39p.
- Harrison K. and Perry C. 2013. Evaluating and Interpreting Application Uniformity of Center Pivot Irrigation Systems. The University of Georgia, Department of Crop and Soil Sciences. UGA Cooperative Extension C 911. 4p.
- McCann I. and Adkins. J. 2006. Center-pivot irrigation system evaluations in Delaware: preliminary results. Mid-Atlantic Grain and Forage Journal. Volume 10, p. 6-8.
- Merriam J.L. and Keller J. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Utah State Unive. Utah. p.271.
- Msibi S.T., Kihupi1 N.I., Tarimo A.K.P.R. and Manyatsi A.M. 2014. Technical performance evaluation of center pivot sprinkler irrigation system at Ubombo sugar estate, Swaziland. International Journal of Agricultural Science and Bio resource Engineering Research, 3(1&2): 23-38.
- Roland L. 1982. Mechanized sprinkler irrigation. FAO, Irrigation and Drainage, NO.35, 409 p.
- قائمی، ع.ا. ۱۳۸۳. ارزیابی هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای ساخت داخل کشور و بررسی مشکلات فنی آن، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۵(۱۹): ۲۷-۴۸.
- نادری، ن. ۱۳۸۹. بررسی فنی عملکرد سیستم آبیاری عقربه‌ای (سنتریوت). مجموعه مقالات سومین سمینار ملی توسعه پایدار روش‌های آبیاری تحت فشار. ص. ۲۴۹-۲۵۴.
- Al-Ghobari H.M. 2014. Effect of Center Pivot System Lateral Configuration on Water Application Uniformity in an Arid Area. J. Agr. Sci. Tech., 16: 577-589.
- Almasraf S., Jury J. and Miller S. 2011. Field Evaluation of Center Pivot Sprinkler Irrigation Systems In Michigan. Department of Bio systems and Agricultural Engineering, Michigan State University, 36 p.
- ASAE Standards. 2003. Test procedures for determining the uniformity of water distribution of center pivot and moving lateral irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles. ANSI/ ASAE S436.1 DEC01. 931-938.
- Ghorbani B. and Amini M. 2011. Assessment of sprinkler irrigation systems operation at Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran. ICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage. 15-23 October 2011, Tehran, Iran. Pp. 387-395.
- Griffiths B. 2006. In-field evaluation of irrigation sys-



نشر مجلات علمی- حرفه‌ای (علمی- ترویجی) راه‌کاری موثر در افزایش روزآمدی دانش مهندسان می‌باشد. علیرغم اینکه در کشور ما در زمینه علوم آب منابع اطلاع رسانی و مجلات متعددی وجود دارد اما جایگاه نشریاتی که بتوانند تجربیات کاربردی دست اندرکاران 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. در این راستا این نشریه به صورت هدفمند، در مراکز علمی و اجرایی تأثیرگذار و مرتبط با بخش آب در سراسر کشور توزیع می‌گردد. این مراکز عبارتند از:

- o استانداری‌ها
- o شرکت مدیریت منابع آب کشور
- o کلیه شرکت‌های آب منطقه‌ای کشور
- o شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
- o کلیه شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی
- o پژوهشکده‌ها و مراکز تحقیقاتی مرتبط با بخش آب
- o اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌ها
- o اداره کل حفاظت محیط زیست استان‌ها
- o دفاتر مدیریت آب و خاک و فنی مهندسی جهاد کشاورزی استان‌ها
- o شرکت‌های مشاور در رشته آب دارای رتبه‌های یک و دو

- o پیمانکاران مرتبط با رشته آب دارای رتبه‌های یک تا سه
- o شرکت شهرک‌های صنعتی استان‌ها
- o کارخانجات تولید کننده تجهیزات مرتبط با صنعت آب و فاضلاب
- o گروه‌های مهندسی عمران، منابع طبیعی، کشاورزی و بهداشت در دانشگاه‌ها و کتابخانه‌های آن‌ها
- o 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.
- o همچنین مقاله می‌تواند در یکی از انواع جدول زیر ارائه شود.
- o **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.
- o **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.

نوع مقاله	قالب مقاله	توضیحات
انتقال مفاهیم	(مقاله کامل یا کوتاه / داخلی / ترجمه)	معرفی یک مفهوم که تاکنون در کشور به درستی یا اصلاً معرفی نشده است.
معرفی تکنولوژی، روش و ابزار	(مقاله کامل / داخلی / ترجمه)	۱- معرفی تکنولوژی و روش برای اولین بار در کشور (مطالعه موردی می‌تواند یکی از انواع این نوع مقاله باشد) ۲- معرفی یک وسیله/ مدل کاربردی برای حل مسائل مدیریتی/ مهندسی آب (مدل‌ها، نرم افزارها، سامانه‌ها و ...). موضوعات این نوع مقالات در حوزه کاربرد چالش برانگیز/ موردنیاز است.
انتقال تجربه	(مقاله کامل یا کوتاه / داخلی / ترجمه)	۱- معرفی یک روش عملی/ اجرایی/ اداری که نتایج مطلوبی در پی داشته است. تجربه‌های کسب شده توسط سازمان‌ها، دستگاه‌های اجرایی یا مشاورین می‌تواند از این نوع باشد. ۲- بررسی کارایی روش در شرایط خاص ضمن مقایسه با نتایج پیشین. (نتیجه یک تحقیق کاربردی/ مطالعه موردی می‌تواند از این نوع باشد)
مروری	مقاله کامل (داخلی / ترجمه)	یک موضوع خاص مورد توجه وسیع قرار می‌گیرد و کلیه مسائل (روش‌ها/ مزایا و معایب آنها) مرور می‌شود. موضوعات این نوع مقالات بایستی در حوزه کاربرد چالش برانگیز / مورد نیاز باشد.
یادداشت فنی	داخلی / ترجمه	۱- طرح موضوع/ چالش/ سؤال و سپس ارائه فرضیه یا راه حل فرضی ۲- نقد مقالات چاپ شده قبلی

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 حداکثر 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، به روشنی 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 وسط چین 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 وسط چین 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.

• 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:

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, NewYork.

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)

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 انجام اصلاحات توسط نویسنده و تأیید توسط داوران، 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.



<http://rd.abfamashhad.ir>

اهداف

زیرپورتال تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد با هدف ایجاد فضای ارائه فعالیت‌ها و اقدامات صورت گرفته از سوی واحد تحقیقات در سال ۱۳۹۴ راه‌اندازی گردید. این تارنما با مأموریت نشر دانش و تجارب مرتبط با «صنعت آب و فاضلاب» در قالب ارائه دستاوردهای پژوهش‌های کاربردی صورت پذیرفته در این شرکت و همچنین ایجاد فضای ارتباطی با کلیه پژوهشگران و علاقمندان حوزه آب، فعالیت می‌نماید.



پژوهشگران و دانشجویان فعال در حوزه صنعت آب و فاضلاب و دیگر حوزه‌های مرتبط دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی، مراکز دانش‌بنیان، پارک‌های علم و فناوری و ... کارشناسان سازمان‌های دولتی مرتبط با صنعت آب و فاضلاب و شرکت‌های مرتبط کلیه دغدغه‌مندان صنعت آب و فاضلاب

مخاطبان

مطالب موجود در زیرپورتال

- گزارش طرح‌های پژوهشی پایان‌یافته و گزارش قابل دانلود
- لیست طرح‌های در حال اجرا
- لیست پایان‌نامه‌ها به همراه گزارش قابل دانلود
- لیست مقالات مورد حمایت به همراه گزارش قابل دانلود
- لیست کتب و تجهیزات مورد حمایت شرکت به همراه مشخصات
- ارائه آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل مرتبط با بخش پژوهش (آیین‌نامه‌های ابلاغی و داخلی)
- ارائه فرآیندهای پژوهش (فرآیند ارائه ایده/پیشنهاد/پایان‌نامه/نظارت/عقد قرارداد/مقاله/اختراع) به منظور کسب اطلاع از نحوه حمایت و مراحل انجام کار
- لیست مراکز علمی، پژوهشی و اجرایی دارای همکاری با شرکت آب و فاضلاب مشهد
- آرشیو پژوهش‌نامه‌های تولیدی گروه تحقیقات، نشریه علمی - ترویجی مورد حمایت شرکت و موارد مرتبط
- افتخارات کسب‌شده توسط واحد تحقیقات در جشنواره‌ها، نمایشگاه‌ها و ارزیابی‌های ملی و استانی
- معرفی و امکان دسترسی به تارنماهای مرتبط و معتبر در حوزه آب
- اخبار و اطلاعیه‌های بخش پژوهش شرکت



اهداف

سامانه جامع نرم‌افزاری تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد با نام انحصاری محقق، با هدف بهبود کلیه فرآیندهای پژوهشی از جمله دریافت و ارزیابی پیشنهادها، پژوهشی و راهبردی طرح‌های پژوهشی شرکت و ارتباط مستمر با پژوهشگران در سراسر کشور به صورت تحت وب، برای اولین بار در سطح شرکت‌های تابعه وزارت نیرو، از سال ۹۲ به صورت آزمایشی آغاز به کار نموده و در سال ۱۳۹۳ به بهره‌برداری رسید.

<http://research.abfamashhad.net>



قابلیت‌های سامانه محقق

- آگاهی پژوهشگران و مراکز علمی از مهم‌ترین اخبار و اطلاعیه‌های شرکت
- ایجاد کارتابل شخصی برای کاربران به منظور ثبت نیاز و پروپوزال و پیگیری فرآیند تصویب موارد ارسال شده
- امکان اعلام نیاز پژوهشی توسط کلیه کاربران سامانه
- امکان دریافت پیشنهادات پژوهشی پژوهشگران برون‌سازمانی از کل کشور
- فراخوان اولویت‌های پژوهشی سالانه
- انجام داوری پروپوزال‌های دریافتی در کمیته‌های پژوهشی و کمیته تحقیقات و برگزاری جلسات داوری
- ارزیابی پروپوزال‌های دریافتی توسط داوران مرتبط و اعضای کمیته‌های پژوهشی
- امکان اطلاع پژوهشگران از نتیجه بررسی‌های صورت‌پذیرفته و انعقاد قرارداد و پرداخت‌های صورت‌پذیرفته، از طریق کارتابل شخصی ایجادشده در سامانه و هم‌چنین پیام کوتاه و ایمیل
- دریافت گزارش‌های مستمر از طرح‌های پژوهشگران (گزارشات دوره‌ای و فازی) در طول مدت اجرای طرح، با امکان تعامل فیما بین ناظر و پژوهشگر (رفت و برگشت بین ناظر و محقق و انجام اصلاحات مورد نیاز)، تعیین درصد پیشرفت طرح از سوی ناظر و در نهایت ارسال به دفتر تحقیقات و بررسی در کمیته‌های پژوهشی و تأیید یا رد گزارش (در صورت تأیید، تعیین میزان پیشرفت و پرداخت صورت وضعیت - در صورت رد، برگشت به ناظر جهت تعامل مجدد با پژوهشگر برای اصلاح گزارش بر اساس نظرات کمیته)
- ارتباط دفتر تحقیقات با داوران، ناظرین و پژوهشگران از طریق ارسال پیام کوتاه
- امکان گزارش‌گیری از خروجی‌های مورد نیاز (لیست پروپوزال‌ها، نیازهای پژوهشی، مشخصات محققین و...) به صورت تحت وب
- محاسبه حق داوری‌ها و حق نظارت‌های اعضای کمیته‌ها
- بانک اطلاعاتی از مشخصات کامل پژوهشگران، پروپوزال‌های دریافتی و طرح‌های قرارداد شده

اولین کنفرانس ملی



اقتصاد آب

با شعار آب، اقتصاد، بهداشت و محیط زیست ۵ و ۶ مرداد ماه ۱۳۹۵

The First National Conference on Water Economy

2016 July 26 - 27

مکان : سالن همایش های برج میلاد

مهلت دریافت اصل مقالات : ۹۵/۰۳/۲۰

محورهای کنفرانس

✓ ارزش گذاری اقتصادی در نظام تخصیص منابع آب
(آب های غیر متعارف ، آب مجازی و بازار آب)

✓ مدیریت عرضه ، تقاضا و الزامات اقتصادی در مدیریت منابع آب

✓ فرصت ها و ضرورت های سرمایه گذاری و مشارکت بخش خصوصی

و عمومی در طرح های آب - فاضلاب و نوآوری های مالی

✓ الزامات اقتصادی در تعیین مدل های قیمت گذاری آب و خدمات فاضلاب

✓ کاربردهای اقتصاد چرخشی در بخش آب (اقتصاد پساب، اقتصاد محیط زیست، رد پای بوم شناختی آب)

✓ اقتصاد آب بدون در آمد (مصارف غیر مجاز، هدر رفت آب، حاشیه نشینی)

✓ اقتصاد آب و توسعه پایدار (رشد فراگیر، آب و آمایش سرزمین و امنیت غذایی)

✓ حسابداری آب (نقش آب در حساب های ملی)

دآوری نهایی مقالات : ۹۵/۰۳/۲۱ الی ۹۵/۰۴/۱۵

اعلام نتایج : ۹۵/۰۴/۲۰

دبیرخانه همایش :

تهران - میدان ولیعصر - کد پستی : ۱۴۱۵۸۵۳۶۱۱
صندوق پستی : ۱۴۱۵۵-۶۵۶۱

تلفن : ۰۲۱ - ۸۸۹۴۹۷۰۹
فاکس : ۰۲۱ - ۸۶۰۳۵۴۹۲



چاپ مقالات برگزیده در مجلات علمی - پژوهشی :



شرکت مدیریت منابع آب ایران



سازمان آب و برق خوزستان



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور



شرکت آب و فاضلاب استان تهران

www.wfec.ir

info@wfec.ir

In the Name of Allah

Journal of Water and Sustainable Development

Volume 2 - Issue 2 (Serial No. 5) - March 2016

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. Assis. Prof., Tarbiat Modares University
Davary, K. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Esmaili, K. Asso. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Ghezelsofloo, 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

Ataeifar, H, Assistance of research and industrial relations center of National Water and Wastewater Engineering Company (Chairman of the council)
Tabatabai, S. A., Managing director of Mashhad Water & Wastewater Company
Jafari, S.H., 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
Alipour, M. R., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Ghandehari, A. Representative of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company

Executive Expert

Shahedi, M., Talebi Hossein Abad, F.

Publisher

College of Agriculture , Ferdowsi University of Mashhad

Graphic / Print

Shaikhi, M. / Khorasan Print City, Mashhad

Circulation

1000 Copies

ISSN

2423-5474

Tel

+98-051-38804643

E-Mail

jwsd@um.ac.ir

Website

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

Address

Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. P.O.Box: 91775- 1163

Sponsor

Mashhad Water & Wastewater Company

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

Articles in issue:

- **Implementation of GIS and its application in management and decision-making in water and waste water companies**

A. Ashourci, A. Ahadi

- **Evaluation of water productivity indexes in Astan Ghods Razavi companies**

A. Izady, K. Davary

- **Understanding underlying trend and using in modeling of agricultural production function with respect to the water input**

M. haddad, H. sadeghi saghdal

- **A review on global water awards: effective criteria for awards nominated and introduction of some awarded prizes**

M. Saber Teimouri, M. shafiei, S. Tavakoli Aminian

- **The basic equations used in the Qual2kw model and the practical guide of model**

H. Taheri-Sodejani, Kh. Barati, M. Shayannejad

- **Methods of controlling Hydrogen Sulfide production and emission in sewerage**

E. Azimi Galibaf, S. khodashenas, E. Ghorbani, K. Saeb

- **Comparison of effective rainfall estimation methods in agriculture**

N. Khaleghi

- **The experiences of Wheat and Kochia production using saline water and soil resources in Golestan province**

A.R. Kiani, M. Salehi

- **Introduction to multiple linear regression and its application to simulate daily pan evaporation**

M. Jafari, Y. Dinpashoh, E. Asadi

- **The study of farmers' knowledge of irrigation and water issues in Golestan province**

A.R. Kiani, F. Abassi

- **Guidelines for evaluation of Center pivot irrigation system performance (Technical Note)**

M. Karimi, M. Jolaini

