

آب و توسعه پایدار

سال اول - شماره سوم - اسفند ماه ۱۳۹۳



مقالات این شماره:

- **ارزیابی مالی و اقتصادی اجرای طرح‌های فاضلاب برای تولید پساب قابل استفاده در کشاورزی و صنعت**
ملیحه ملک جعفریان، محمدرضا محسنی
- **فرآیند بکارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در اولویت‌بندی اجرای طرح‌های توسعه منابع آب مناطق روستائی استان خوزستان**
عادل دحیماوی، منصور غنیان، امیدمهراب قوچانی، حیدر زارعی
- **رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک در صنعت آب و فاضلاب**
رضا شهرجردی، مرجان رثوفی نیا، سیدحسین سجادی فر، عبدالرضا خلیلی
- **شناسایی منابع آلاینده آبخوان دشت مشهد ناشی از فعالیت‌های دام، طیور و آبزیان**
عباسعلی قزل سوفلو، ریحانه عظیمی
- **مقایسه اثر محلول شیرآهک و سود در حذف آلاینده کروم شش ظرفیتی از آب**
رضا حیدرزاده، محسن محتشم
- **بررسی روش‌های کنترل آبخستگی موضعی اطراف پایه پل**
حسین شریعتی، سعیدرضا خداشناس
- **ارزیابی برخی راهکارهای مدیریتی افزایش شاخص کارایی مصرف آب مزارع گندم در شرایط شور**
مجید نیکخواه، محمدحسن رحیمیان، محمدجواد روستا، حسین رزاقیان
- **طراحی و ارزیابی غلطک‌های تثبیت جویچه به منظور کاهش تلفات آبیاری**
وحیدرضا وردی‌نژاد، امیر نورجو، حسین محمدی مزرعه، افشین خورسند
- **مهندسی رودخانه از گذشته تا آینده (بررسی رویکردها و چشم‌انداز)**
آرمین بوستانی، کاظم اسماعیلی
- **بررسی تغییرات مکانی سطح سفره آب زیرزمینی دشت بر خوار اصفهان**
مهسا مال میر، معصومه دلیری
- **تجربه موفق مدیریت مشارکتی آبیاری، مطالعه موردی: شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن - شاهرود**
شیوا زارع، داریوش حیاتی
- **تطبیق معانی فنی و ادبی حوضه و آبریز (یادداشت فنی)**
ابوالفضل ناصری

صاحب امتیاز
مدیر مسئول
سردبیر

دانشگاه فردوسی مشهد

رضا ولی زاده / 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 / دانشیار 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 فر (ریاست شورا) / رئیس 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
رضا ولی زاده / مدیر مسئول نشریه
بیژن قهرمان / سردبیر نشریه

مشاوران هیأت تحریریه

انوش نوری اسفندیاری / اندیشکده تدبیر آب ایران
یونس مظاهری زاده / شرکت آب و فاضلاب مشهد
محمد رضا علیپور / شرکت آب و فاضلاب مشهد
احمد قندهاری / شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی
ثمانه توکلی امینیان / شرکت آب و فاضلاب مشهد

کارشناس اجرایی
طراحی و صفحه آرایی
ناشر
چاپ
شمارگان
تلفن
رایانامه
وبگاه
آدرس
حامی مالی

فاطمه طالبی حسین آباد، مهری شاهی
رضا نبی زاده، حامد خاکپور، فاطمه طالبی حسین آباد، مهری شاهی
دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
شهر چاپ خراسان
۱۰۰۰ نسخه
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 می شود.



الف

سرمقاله و یادداشت‌های کوتاه

- ۱ ارزیابی مالی و اقتصادی اجرای طرح‌های فاضلاب برای تولید پساب قابل استفاده در کشاورزی و صنعت
ملیحه ملک جعفریان، محمدرضا محسنی
- ۹ فرآیند بکارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در اولویت‌بندی اجرای طرح‌های توسعه منابع آب مناطق روستائی استان خوزستان
عادل دحیماوی، منصور غنیان، امید مهراب قوچانی، حیدر زارعی
- ۱۷ رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک در صنعت آب و فاضلاب
رضا شهرجردی، مرجان رئوفی نیا، سید حسین سجادی فر، عبدالرضا خلیلی
- ۲۷ شناسایی منابع آلاینده آبخوان دشت مشهد ناشی از فعالیت‌های دام، طیور و آبزیان
عباسعلی قزل سوفلو، ریحانه عظیمی
- ۳۵ مقایسه اثر محلول شیرآهک و سود در حذف آلاینده کروم شش ظرفیتی از آب
رضا حیدرزاده، محسن محتشم
- ۴۳ بررسی روش‌های کنترل آبخستگی موضعی اطراف پایه پل
حسین شریعتی، سعیدرضا خداشناس
- ۵۳ ارزیابی برخی راهکارهای مدیریتی افزایش شاخص کارایی مصرف آب مزارع گندم در شرایط شور
مجید نیکخواه، محمدحسن رحیمیان، محمدجواد روستا، حسین رزاقیان
- ۵۹ طراحی و ارزیابی غلطک‌های تثبیت جویچه به منظور کاهش تلفات آبیاری (مطالعه‌ی موردی: آبیاری جویچه‌ای)
وحیدرضا وردی‌نژاد، امیر نوریجو، حسین محمدی مزرعه، افشین خورسند
- ۶۷ مهندسی رودخانه از گذشته تا آینده (بررسی رویکردها و چشم‌انداز)
آرمین بوستانی، کاظم اسماعیلی
- ۷۳ بررسی تغییرات مکانی سطح سفره آب زیرزمینی دشت برخوار اصفهان
مهسا مالمیر، معصومه دلبری
- ۸۳ تجربه موفق مدیریت مشارکتی آبیاری، مطالعه موردی: شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن-شاهرود
شیوا زارع، داریوش حیاتی
- ۸۹ تطبیق معانی فنی و ادبی حوضه و آبریز (یادداشت فنی)
ابوالفضل ناصری
- ۹۲ شرایط پذیرش مقاله
- ۹۴ یادداشت تحلیلی: حکمرانی خوب و مدیریت آب
- ۹۶ معرفی کتاب



نیم نگاهی به بستر شکل گیری رخدادهای آبی

در مدیریت منابع آب، اصل اساسی بر تعادل بین عرضه و تقاضای آب نهاده شده است، اما نه تعادل به هر قیمت. مشکل این است که در طی سالیان متمادی، تحت تأثیر پیشران‌های توسعه و محرک‌های اجتماعی و سیاسی، تقاضا برای آب افزایش یافته و به دنبال آن به منظور برقراری تعادل، عرضه‌ی آب نیز افزایش یافته است، به طوری که به برداشت بیشتر از حد ظرفیت تحمل منابع منجر شده است. قسمتی از منابع آب موجود در هر حوضه‌ی آبریز طی فرآیند چرخه‌ی هیدرولوژی به صورت سالانه تجدید می‌شود. به این ظرفیت تجدیدشونده‌ی منابع آب، ظرفیت تحمل یا Carrying Capacity گفته می‌شود. به طور طبیعی تمامی نیازهای آبی اعم از تقاضاهای انسانی، نیازهای زیست‌محیطی و ... باید از محل آب تجدیدشونده تأمین شوند. در واقع الگوهای توسعه باید خود را با ظرفیت تحمل منابع آب سازگار کنند؛ نه این که از محل ذخایر تجدیدنشونده برای توسعه‌ی ناپایدار خرج کنیم.

اگر نرخ مصرف آب به هر دلیل بیشتر از نرخ تجدید آن شود، پیامدهای نامطلوبی را به دنبال خواهد داشت. در بخش آب‌های زیرزمینی این مسأله به تدریج به کاهش ذخایر تجدیدنشونده، نشست زمین، و از دست رفتن ظرفیت آبخوان‌ها منجر خواهد شد. در بخش آب سطحی برداشت بیشتر در یک محل، منجر به کاهش دریافت آب در محل دیگر خواهد شد. این محل دیگر می‌تواند یک مصرف‌کننده‌ی دیگر یا بخشی از اکوسیستم باشد که به نوبه‌ی خود مناقشات آبی و پیامدهای زیست‌محیطی را به دنبال دارد. علاوه بر همه‌ی این‌ها، وابستگی فزاینده به منابع آب تجدیدنشونده به منزله‌ی آسیب‌پذیری هر چه بیشتر کل سیستم اقتصادی - اجتماعی تلقی می‌شود که حتی می‌تواند امنیت جوامع را مورد تهدید قرار دهد.

مجموعه‌ی فعالیت‌های انجام شده تا به امروز برای برقراری تعادل بین منابع و مصارف آب را می‌توان در حوزه‌ی "مهندسی منابع آب" طبقه‌بندی کرد. در این حوزه، مهندسی منابع آب به دنبال یافتن و مهار کردن منابع جدید آب، تصفیه‌ی فاضلاب و بازمصرفی پساب، کنترل وقایع حدی، و بررسی تأثیر عوامل اقلیمی روی بازدهی منابع موجود بوده است. در دوره‌ی فراوانی آب، عمده‌ی این فعالیت‌ها به توسعه‌ی سدها و شبکه‌های انتقال آب معطوف می‌شدند. بنابراین، تمرکز دامنه‌ی فعالیت مهندسی منابع آب، روی منابع، یا به تعبیری دیگر، روی "سمت عرضه‌ی آب" است.

اما، مؤلفه‌ی دیگر معادله‌ی عرضه و تقاضای آب، همانا جنبه‌های مختلف شکل‌گیری تقاضا و مصرف آب، یا به عبارت دیگر رفتار مصرف‌کنندگان

آب است. برخلاف سمت عرضه که با "پدیده‌های طبیعی" سرو کار دارد، و از این رو در حوزه‌ی علوم فیزیکی محسوب می‌شود، سمت مصرف به "رفتارهای انسانی" بر می‌گردد و به این اعتبار به حوزه‌ی علوم انسانی مربوط می‌شود. آن چه که به عنوان مدیریت منابع آب می‌شناسیم، در این حوزه مطرح می‌شود. البته واضح است که حوزه‌ی مدیریت منابع آب در برگیرنده‌ی حوزه‌ی قبلی، یعنی مهندسی نیز می‌باشد. به دنبال رسیدن به سقف‌های محدودیت در ظرفیت عرضه‌ی منابع آب، رویکردهای مدیریتی به منظور کنترل مصرف مهم شده‌اند.

اما، نکته‌ی مهم این جاست: فرآیندی که به نام مدیریت منابع آب می‌شناسیم چگونه به منصه ظهور می‌رسد. آن چه که زمینه‌ی اجرای یک فرآیند مدیریتی را فراهم می‌کند تحت عنوان "بستر" (Context) شناخته می‌شود. این موضوعی است که در بحث مشکلات و بحران آبی در کشور کمتر به آن توجه شده است.

مؤلفه‌های مختلفی بستر مدیریت آب را تشکیل می‌دهند. از جمله‌ی این مؤلفه‌ها می‌توان به ساختارهای اقتصادی، بافت اجتماعی و فرهنگی، روابط و مناسبات سیاسی اشاره کرد. مجموعه‌ی عوامل شکل دهنده‌ی بستر مدیریت آب را می‌توان در "نظام حکمرانی آب" خلاصه کرد. در نظام حکمرانی آب به چگونگی تصمیم‌گیری و اجرای تصمیمات در یک سیستم منابع آب پرداخته می‌شود. این موضوع تعیین‌کننده‌ی چگونگی شکل‌گیری و اصلاح رفتارها در قبال مدیریت مصرف آب خواهد بود.

در زمینه‌ی حل مشکلات و کنترل بحران آب تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که تقریباً می‌توان گفت در کلیه‌ی مطالعات و اقدامات مرتبط، مقوله‌ی بستر حکمرانی آب مغفول مانده است. در این بین، دو موضوع بیش از پیش اهمیت دارد که زمینه‌ساز هرگونه تصمیم‌گیری و اقدام خواهد بود.

اولین موضوع ذهنیت یا سازه‌های ذهنی بازیگران و تصمیم‌گیران در عرصه مدیریت آب است. بعد از تصویب قانون آب و نحوه‌ی ملی شدن آن سال ۱۳۴۷ و در ادامه با تصویب قانون توزیع عادلانه‌ی آب در سال ۱۳۶۱، عملاً نظام مدیریت آب از حوزه‌ی حقوق خصوصی به حوزه‌ی حقوق عمومی تبدیل شد. به این ترتیب نظام سنتی که مبتنی بر مشارکت مدنی در نگهداری و بهره‌برداری از منابع آب شکل گرفته بود به تدریج از بین رفت ولی به جای آن در نظام دولتی جایگزین مؤثری تمهید نشد. دولت عملاً نتوانست در خود، ظرفیت‌های لازم را برای مدیریت اثربخش و درون‌زا بر مصرف آب ایجاد کند.

روند عمومی مدیریت بخش آب کشور در طی این سال‌ها، تمرکز بر مدیریت عرضه بدون توجه به لزوم ایجاد سازگاری در نظام اقتصادی - اجتماعی متناسب با ظرفیت‌های منابع آب کشور بوده است. از سویی دیگر بهره‌برداران نیز خود را فارغ از مسؤولیت در قبال صیانت از منابع آب یافتند. این مسایل در کنار شکل‌گیری ذهنیت‌های جدید ناشی از مالکیت دولتی بر آب، هم برای مصرف‌کنندگان و هم برای دولتیان، رفتارهای جدیدی را از مصرف منابع آب بروز داد که نتیجه‌ی آن گرایش به منافع کوتاه‌مدت، عدم احساس مسؤولیت بهره‌برداران به حفاظت از منابع،

یادداشت کوتاه



صرفه‌جویی در مصرف آب

غفلت از پایداری آن و در نتیجه رشد تقاضای آب، زیاده‌روی در مصرف، و عدم توفیق بخش دولتی در کنترل برداشت بیشتر از حد ظرفیت تحمل منابع بوده است.

دومین موضوع مهم در مقوله‌ی نظام حکمرانی، توجه به تقسیم منافع و قدرت ناشی از آب است. تکلیف متقاضیان بهره‌برداری از منابع آب به کسب مجوز از وزارت نیرو، منافع کوتاه‌مدت حاصل از مصرف آب حتی بیشتر از حد ظرفیت تحمل منابع، رانت مترتب بر مالکیت چاه‌های آب و ... برای بازیگران مختلف حاضر در صحنه‌ی مدیریت فعلی آب، نظامی از منافع و قدرت را شکل داده است که عدم توجه به آن، هرگونه طرح مدیریت آبی را تحت الشعاع قرار خواهد داد و حتی ممکن است مانع از توفیق آن طرح‌ها شود.

دو عامل فوق وقتی حساس‌تر می‌شوند که در طی سالیان دراز از زمان تصویب قانون آب و نحوه‌ی ملی شدن آن به این سو، عوامل مزبور سبب شکل‌گیری ساز و کارهای معیوبی شده‌اند که وابستگی به مسیر طی شده را تشدید نموده است و امروزه برگشت از این مسیر را (اگر نگوییم ناممکن) بسیار دشوار کرده است. در کنار این پیچیدگی، عدم درک

صحیح از شرایط بستر برای نظام مدیریت آب کشور متأسفانه به تولید راهکارهایی منجر شده است که نه تنها امیدی به اثربخش بودن آن‌ها نمی‌رود، بلکه این نگرانی وجود دارد که مختصر فرصت‌های باقی‌مانده نیز از دست برود. نگاهی به پروژه‌های تعریف شده در قالب طرح احیا و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی، حکایت از تداوم روند کنترل بیرونی منبعث از حاکمیت دولتی بدون توجه به نقش مالکیت و ساز و کارهای مشارکت مدنی در حفظ و صیانت از منابع آب زیرزمینی دارد.

نجات وضعیت بحرانی منابع آب، بخصوص منابع آب زیرزمینی، امروزه نه در گرو تلاش برای افزایش عرضه‌ی آب، بلکه نیازمند تغییر در رفتار مصرف‌کنندگان است. این مهم محقق نمی‌شود مگر این که نقش جوامع محلی در مدیریت آب به رسمیت شناخته شود. از سویی دیگر به منظور تغییر نگرش در نظام حکمرانی آب نیازمند تغییر در رویکردهای جوامع محلی به سوی منافع جمعی بلندمدت در مقابل منافع فردی کوتاه مدت هستیم. از این رو تشکیل و توانمندسازی جوامع محلی از مهمترین اقداماتی است که برای خروج از وضعیت بحرانی منابع آب باید به آن، رو بیاوریم.

خشکسالی و دوران کاستی نزولات آسمانی، نیازمند همکاری و همراهی صمیمانه "مردم"، "مدیران و تصمیم‌گیران"، "مصرف‌کنندگان عمده" و "خرده مصرف‌کنندگان یا ساکنین جوامع شهری" کشور می‌باشد. عبور از بحران کم آبی "عزم ملی" و "دقت نظر همگانی" را می‌طلبد. بایستی توجه داشت که مصرف بی‌رویه آب، به معنای بی‌توجهی به حقوق دیگران است؛ اما صرفه جویی هم، به معنای کاهش مصارف ضروری نیست، بلکه به مفهوم مصرف متعادل می‌باشد. صرفه جویی، نه به معنای "خساست" بلکه به مفهوم اصلاح الگوی مصرف و استفاده "بهینه" و "به‌اندازه نیاز" است.

جامعه مصرف‌کننده به ویژه مصرف‌کنندگان عمده بایستی ارزش واقعی آب‌های تأمین شده و اهمیت حفاظت و نگهداری و مصرف بهینه آن‌ها را بیش از پیش شناخته و مورد توجه قرار دهند تا هر یک به سهم خود، تحقق اهداف صرفه جویی، را دنبال نمایند؛ از این‌رو، فرهنگ مصرف آب، نیازمند بازنگری جدی تمام مصرف‌کنندگان در این زمینه است. رفتارها و نیت مردم نسبت به صرفه جویی در مصرف آب به نگرش و میزان آگاهی آنان نسبت به مسایل مربوط به آب بستگی دارد. به‌علاوه، مصرف یک پدیده رفتاری است و چون هیچ پدیده رفتاری مستقل از فرهنگ یک جامعه نمی‌باشد، از این روست که برای موفقیت آمیز بودن مدیریت مصرف آب، لازم است تا آگاهی‌ها و نگرش‌های مردم اصلاح و ارتقا یابد.

به حول و قوه الهی و با همت کلیه دست‌اندرکاران، شماره سوم نشریه "آب و توسعه پایدار" نیز منتشر گردید. امید است این مجموعه بستری مناسب جهت آگاهی‌بخشی در زمینه وضعیت منابع آب و اشاعه فرهنگ صحیح مصرف ایجاد نماید.

یادداشت کوتاه



نقش سازمان‌های مردم‌نهاد (NGO) در حوزه آب و توسعه پایدار

امروز کارشناسان و متخصصان به این نتیجه رسیده‌اند که یکی از راه‌حل‌های مؤثر مشکلات آب و محیط زیست، مشارکت دادن سازمان‌های مردم‌نهاد (NGO)ها و فعالیتهای داوطلبانه آنان است که باید به آن توجه شود. پس از اعلام سال ۲۰۰۱ به عنوان سال بین‌المللی داوطلبان، مجمع عمومی سازمان ملل متحد در صدد برآمد تا راه‌حل‌های گسترش کارهای داوطلبانه و مشارکت دولت‌ها را در این زمینه جستجو کند. در برنامه‌های توسعه‌ای امروز مردم تشویق می‌شوند که از سیاست‌های ترویج فعالیتهای داوطلبانه حمایت کنند و ارزش کار داوطلبانه را دریابند. کارهایی که امروز به آن به مثابه "سرمایه اجتماعی" می‌نگرند.

گزارش‌ها نشان می‌دهد در طول سال‌ها تجارب، نگرش جهان به فعالیتهای داوطلبانه تغییر کرده است. اکنون گروه‌های بسیاری در سراسر جهان می‌آموزند که مهارت‌های گوناگون را برای بهبود اوضاع جوامع به اشتراک بگذارند.

یادداشت کوتاه



دشت‌های ممنوعه بحرانی مرده

– سال‌هاست که می‌گویند با توجه به رشد روزافزون جمعیت و پیشرفت بهداشت انسان‌ها و نیاز به منابع غذایی، نیاز به آب شرب، بهداشتی و کشاورزی بیشتر می‌شود.

– سال‌هاست که می‌گویند با صنعتی شدن جهان، کروی زمین در حال گرم شدن است و با این گرما، اقلیم کوه زمین تغییر کرده و برف و باران کاهش یافته یا نوع بارش، زمان و مکان آن تغییر یافته و با توجه به سکونت انسان‌ها در زمان و مکان خاصی، آن مقدار بارش هم، مؤثر و مفید واقع نمی‌شود.

– سال‌هاست که بیش از ۹۰ درصد دشت‌های ما ممنوعه است. وقتی کسی به ممنوعه بودن دشت توجه نمی‌کند، دشت تبدیل به ممنوعه بحرانی می‌شود و باز سیاست را وارد مدیریت علم آب می‌نمایند و همچنان حفر چاه‌های مجاز و غیرمجاز ادامه می‌یابد و می‌گویند دشت مرده است. آنگاه پس از مردن به کفن و دفن و گریه و زاری می‌پردازند و نوش دارو پس از مرگ سهراب تکیه کلام ماست که به این هم توجه نمی‌کنیم. ... چه باید کرد؟

– تا زمانی که آب ارزش واقعی خود را پیدا نکند و قیمت آب مصرفی برای تولید زعفران، گندم، هندوانه و یا آبی که صرف شستشوی خودرو و پیاده‌رو می‌شود، همه یکسان باشد و قیمت آب به اندازه هزینه انتقال آن هم نمی‌شود (یعنی رایگان) و برای فرهنگ‌سازی هم چند صد سال وقت نیاز است. آن هم اگر فرهنگ‌سازی

داوطلبان، دیگر تنها به شکل منفرد و خود انگیخته اقدام نمی‌کنند، آنان در واحدهای خدماتی سازمان یافته که اینک سازمان‌های مردم‌نهاد (NGO) خوانده می‌شوند، کار می‌کنند. این سازمان‌ها برنامه‌های زیست محیطی، صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف آب را تجربه کرده و به دیگران آموزش می‌دهند.

از طرفی یکی از شاخص‌های کلیدی توسعه و پیشرفت، نقش و میزان حضور فعال مردم در قالب تشکلهای سازمان یافته برای تسهیل در امر توسعه و پر کردن خلأهای ناشی از توسعه نیافتگی است و با این نگرش تحقق توسعه اجتماعی زمانی امکان‌پذیر است که مردم بدون موانع سیاسی، اجتماعی و فرهنگی در امور مربوط به اداره جامعه خود مشارکت نمایند. در این راستا و با درک این واقعیات، جمعیت ناهیان آب به عنوان تشکلی مردمی، غیرسیاسی، غیرانتفاعی و عام‌المنفعه با شعار "آب برای همه و آب برای همیشه" پا به میدان گذاشته تا با مشارکت مردم نقشی در حل بحران آب ایفا نماید؛ بحرانی که با مدیریت دولتی به تنهایی حل شدنی نیست و قطعاً آموزش مصرف بهینه و مشارکت مردم در همه بخش‌های مصرف آب، کلید حل معما و راهکار برون رفت از این معضل است. به امید آنکه دولت و مسئولین دولتی با نگاهی به گذشته‌های دور که مردم طی هزاران سال خود، منابع آب را مدیریت کرده‌اند، با مشارکت دادن تشکلهای مردمی در مدیریت منابع آب بر بحران آب غلبه و از این سرمایه ارزشمند اجتماعی برای توسعه پایدار بهره‌مند گردند.

بشود! مرگ دشت‌های ممنوعه بحرانی مرده ادامه دارد و شیون و زاری نیز ادامه دارد و آنچه به جایی نمی‌رسد فریاد است.

– تا زمانی که دولت (دولتی‌ها)، بهره‌برداران را فرصت طلب و سودجو بدانند و به دنبال حکومت کردن بر مردم باشند (وظایف حاکمیتی؟!) و مردم دولتی‌ها را در مقابل خود بدانند و با بستن یک چاه غیر مجاز آن هم با طی تشریفات قانونی، شبانه چاه دیگری حفر نمایند و فقط به فکر سود چند ساله خود باشند، دشت‌های ممنوعه بحرانی مرده همچنان افزایش می‌یابد.

– بیش از بیست سال است که می‌گویند دولت باید کوچک شود، وظایف را به بخش خصوصی واگذار نماید، دولت کوچک، چابک، مقتدر و کارآمد شود. آخر این میز و پست و خدم و حشم را از ما بگیرند، چه کنیم؟! کارهای حاکمیتی را که نمی‌شود واگذار کرد!! همان کارهای تصدی‌گری که خود دولتی‌ها احصاء نموده‌اند را واگذار نمی‌کنند چه برسد به حاکمیتی‌ها!!

– اگر قبول داریم که ۹۲ درصد آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، بیابیم متناسب با آن، سهم بهره‌برداران را در مدیریت آب ایفاء نماییم. یعنی وظایف تصدی‌گری را به تشکلهای مردمی واگذار کنیم، نه اینکه تشکلهای ما کار کنند. وقتی وظیفه‌ای به تشکلی واگذار شد، همان دستگاهی که از ما دولتی‌ها سؤال می‌کرد چرا وظیفه‌تان را انجام ندادید از آن تشکل باید سؤال کند، در آن وظیفه واگذار شده دولتی‌ها مسئولیتی ندارند. اگر وظیفه‌ی نظارت با دولت است در خصوص چرایی و چگونگی نظارت سؤال خواهد شد. پس بیابیم همانطور که از ابتدای انقلاب در هر مسئله‌ای به مردم اعتماد کردیم و از مردم مشارکت خواستیم با مال و جان در انقلاب کمک کردند، در مسئله آب کشور که تمدن، اقتصاد و حتی امنیت ایران را تضمین می‌نماید، واقعا به مردم اعتماد کنیم و منابع آب سطحی و زیرزمینی را توسط مردم مدیریت و کنترل نماییم.

Financial and economic evaluation of wastewater Projects for producing usable sewage in irrigation and industry

M. Malekjafarian^{1*}, M.R. mohseni²

1,2- MSc Mathematical Statistics & MSc. Management, Semnan Province Water and Wastewater Authority, Iran.

*(Corresponding Author Email: malek.malihe@yahoo.com)

Received: 5-8-2014

Accepted: 10-2-2015

ارزیابی مالی و اقتصادی اجرای طرح‌های فاضلاب برای تولید پساب قابل استفاده در کشاورزی و صنعت

ملیحه ملک جعفریان^{۱*}، محمدرضا محسنی^۲

۱ و ۲- به ترتیب کارشناسی ارشد آمار ریاضی و کارشناسی ارشد مدیریت، شرکت آب و فاضلاب شهری استان سمنان.

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۱

Abstract

Financial and economic analysis of investment constitute an essential part of the decision making process. In this paper the feasibility of executing wastewater projects has been assessed using techniques of Engineering Economics including economic and financial analyses. Primarily, the economic and financial assessments of a specific project in Kalateh-Khij city, with a population of five thousand, were carried out based on the information of the city and certain indicators. Regardless to the external effects, the profitability of the project was examined for the private sector's investment. Since the Net Present Values for two possible scenarios of using sewage in the agriculture and/or industry sections with the lowest expected rate of interest (5%) were negative, the project was not economically feasible. Furthermore, the results showed that the treatment of wastewater for using in irrigation is more economical than in industry. Since the element of uncertainty in the incidence of costs and benefits makes the investors and decision makers doubtful in using C&B analysis, the sensitivity analysis was applied by separately changing different discount rates, unfavorable changes (favorable) of incomes and expenses; and fixed costs (decrease) so as to examine the effective factors in the economization of the projects. The results showed that executing this project for larger and more populated cities will be more economical according to decrease in the capital costs per unit.

Keywords: economic and financial assessment, sensitivity analysis, cost-benefit analysis, wastewater project, profitability.

چکیده

تجزیه و تحلیل مالی و اقتصادی در سرمایه‌گذاری بخش اساسی فرآیند تصمیم‌گیری را تشکیل می‌دهد. در این مقاله سعی شده‌است تا با تکیه بر تحلیل مالی و اقتصادی، امکان‌سنجی اجرای طرح فاضلاب با استفاده از تکنیک‌های اقتصاد مهندسی مورد ارزیابی قرار گیرد. در ابتدا بر اساس اطلاعات شهر کلاته خیج با جمعیت حدود پنج هزار نفر، ارزیابی مالی و اقتصادی طرح براساس شاخص‌های مورد نظر انجام‌شده و سودآوری طرح برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی بدون توجه به اثرات خارجی مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج بدست آمده برای دو حالت استفاده پساب جهت آبیاری و استفاده در صنعت در حداقل نرخ مورد انتظار (۵ درصد) با توجه به منفی شدن ارزش حال خالص دریافت‌ها و پرداخت‌ها، طرح از دیدگاه بخش خصوصی دارای توجیه اقتصادی نمی‌باشد. همچنین تولید پساب برای آبیاری در بخش کشاورزی نسبت به صنعت اقتصادی‌تر می‌باشد. با توجه به اینکه عنصر عدم اطمینان در جریان بروز هزینه‌ها و حصول درآمدها، سرمایه‌گذاران و تصمیم‌گیران طرح را در استفاده از تحلیل هزینه فایده با تردید مواجه می‌سازد، لذا انجام تحلیل حساسیت بر مبنای تغییرات در نرخ تنزیل‌های متفاوت و تغییرات نامطلوب (مطلوب) درآمدها و هزینه‌ها و تغییرات در هزینه‌های ثابت (کاهش) به صورت مجزا بررسی شد تا بر اساس آن عوامل موثر در اقتصادی‌شدن طرح‌ها مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد که اجرای طرح برای شهرهای بزرگتر و پر جمعیت با توجه به کاهش هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری اولیه هر واحد، اقتصادی‌تر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی مالی و اقتصادی، تحلیل حساسیت، تحلیل هزینه-فایده، طرح فاضلاب، سودآوری.

امکان سنجی پروژه‌ها یا طرح‌ها به شمار می‌رود. هر پروژه صرف‌نظر از نوع و اندازه بایستی صرفه اقتصادی داشته باشد. وجاهت اقتصادی یک پروژه حصول اطمینان از سودمندی سرمایه‌گذاری آن بوده و موجبات پایداری و ماندگاری آن را فراهم می‌سازد (مجدیان، ۱۳۷۷).

در این مقاله سه هدف را به شرح زیر دنبال می‌کنیم:

- ۱- بررسی اقتصادی بودن اجرای طرح فاضلاب با در نظر گرفتن این مطلب که هیچ‌گونه تخصیص وام از سوی دولت گرفته نشود.
- ۲- بررسی شاخص‌های مالی و اقتصادی طرح جمع‌آوری و فروش پساب فاضلاب جهت آبیاری به بخش صنعت و کشاورزی
- ۳- بررسی عوامل و راه‌های اقتصادی کردن طرح و پیشنهادات اجرایی.

به گذشته‌ی تشکیلات اقتصادی است. بررسی سوابق به جهت حصول ارزیابی‌های مثمرتر و پردازش، می‌بایست مکرراً در مورد سوابق آماری اقتصادی و مهندسی، با قضاوت صحیح و تحلیل معقول اجرا شود (بختیاری، ۱۳۷۶).

غیر مطمئن

۷- قبول یا رد پروژه‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها (اسلامی، ۱۳۹۰).
ایجاد تنوع گزینه‌ها که در راستای اهداف تصمیم‌گیرنده سرمایه‌گذار باشد از مراحل بسیار مهم است. با توجه به مطالعه صورت گرفته در خصوص طرح‌های فاضلاب در این مقاله، چون هدف از اجرای طرح فاضلاب یک کار مشخص و یا رفع یک نیاز اجتماعی (تأمین بهداشت) است، منظور از تنوع گزینه‌ها، انواع روش‌هایی است که هر کدام با جریان مالی مخصوص به خود موجب تأمین نیاز مربوطه می‌شود و لذا تحلیل اقتصادی، انتخاب کم هزینه این روش را مورد توجه قرار می‌دهد (اسلامی، ۱۳۹۰).

بودن پروژه است (اسکونژاد، ۱۳۹۰). در رابطه (۱)، d نرخ بهره، B_t و C_t به ترتیب منافع و هزینه‌های طرح در سال t می‌باشند. حاصل رابطه، ارزش فعلی خالص یا NPV می‌باشد. اگر $NPV > 0$ باشد، می‌توان طرح را پذیرفت؛ اگر $NPV < 0$ در این صورت نمی‌توان طرح را پذیرفت و اگر $NPV = 0$ باشد، در مورد رد یا قبول انجام طرح مزبور نمی‌توان به روشنی پاسخ گفت.

$$NPV = \sum_t \frac{B_t - C_t}{(1 + d)^t} \quad (1)$$

با توجه به ازدیاد جمعیت، گسترش بی‌رویه شهرها و پیشرفت سریع فن‌آوری در بخش‌های کشاورزی و صنعتی، نیاز آبی به همان سرعت افزایش قابل ملاحظه یافته به گونه‌ای که علاوه بر تلاش وسیع و بی‌وقفه در به کارگیری منابع آب جدید، حفظ و حراست کیفی منابع آب در جهان را نیز الزامی نموده است. از طرفی زندگی روزمره اجتماعات همراه با تولید فاضلاب‌هایی است که از منازل، بیمارستان‌ها و اماکن عمومی سرچشمه گرفته و به نحوی باید از محیط زندگی خارج و دفع شوند. صنایع نیز مولد فاضلاب‌های صنعتی هستند که در حال حاضر مشکلات زیست محیطی حادی را به وجود آورده‌اند (آزادنیا، ۱۳۸۶). ارزیابی اقتصادی، یکی از محورهای مهم مطالعات

مبانی نظری پژوهش

مشکل‌ترین بخش در هر تحلیل اقتصادی، ارزیابی کمیت‌های مرتبط با آینده می‌باشد. ارزیابی‌ها مبتنی بر نتایج گذشته بوده و بهترین و معمول‌ترین منبع اطلاعات در مورد نتایج گذشته و اطلاعات مربوط

مفاهیم اساسی ارزیابی اقتصادی

- مراحل ارزیابی سرمایه‌گذاری جهت تصمیم‌گیری به شرح زیر است:
- ۱- شناسایی تعدادی پروژه در راستای اهداف مالک جهت سرمایه‌گذاری
 - ۲- تعیین افق برنامه‌ریزی برای تحلیل اقتصادی
 - ۳- مشخص نمودن نیمرخ جریان نقدینگی برای هر پروژه
 - ۴- تعیین حداقل نرخ بازده جذاب سرمایه‌گذار
 - ۵- تعیین ملاک و معیار سنجش سرمایه‌گذاری جهت قبول یا رد طرح
 - ۶- تحلیل حساسیت نتایج نسبت به تغییرات احتمالی در پیش‌فرض‌های

فرمول‌ها و شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی مالی و اقتصادی طرح‌های فاضلاب

- ارزش فعلی خالص (NPV)

ارزش فعلی خالص برابر با کسر ارزش فعلی درآمدها از ارزش فعلی هزینه‌های یک پروژه است که می‌تواند منفی یا مثبت باشد (رابطه ۱). مثبت بودن آن به معنی این است که حاصل اجرای یک پروژه در یک دوره مشخص سودآوری بوده و منفی بودن به معنی زیان‌ده

– نرخ بازده داخلی (IRR)

منظور از نرخ بازده داخلی نرخ بهره‌ای است که ارزش فعلی درآمدهای یک پروژه را با ارزش فعلی هزینه‌های آن برابر می‌کند (رابطه ۲). اگر نرخ بازده داخلی بزرگتر از نرخ بهره بازار باشد به معنی سودآور بودن طرح بوده و اگر این نرخ کوچکتر از نرخ بهره بازار باشد به معنی زیان‌ده بودن طرح است (اسکونژاد، ۱۳۹۰).

$$NPV = \sum_t \frac{B_t - C_t}{(1 + d)^t} = 0 \quad (2)$$

– نسبت فایده به هزینه (B/C)

این نسبت برابر با حاصل تقسیم ارزش فعلی فایده‌های طرح بر ارزش فعلی هزینه‌های آن است (رابطه ۳). اگر این نسبت بزرگتر از یک باشد به معنی سودآور بودن طرح بوده و کوچکتر از یک بودن آن نیز به معنی زیان‌ده بودن طرح است (اسکونژاد، ۱۳۹۰).

$$BCR = \sum_t \frac{\frac{B_t}{(1 + d)^t}}{\frac{C_t}{(1 + d)^t}} \quad (3)$$

– تحلیل حساسیت

بازنگری ارزیابی اقتصادی انجام‌شده با تغییر پارامترهای اولیه‌ی طرح را تحلیل حساسیت یک طرح گویند. به این منظور، باید مقدار یک یا چند عامل متغیر طرح، تغییر داده‌شده و سپس بر این مبنا پارامترهای ارزیابی اقتصادی آن محاسبه شود. میزان تغییر عامل مورد نظر باید بر اساس تجربه در مورد طرح‌های مشابه قبلی و سایر ملاحظات انجام‌پذیرد. تحلیل حساسیت، باید در مورد اقلام عمده‌ی طرح و اقلامی انجام پذیرد که نسبت به آن بی‌اطمینانی و تردید قابل ملاحظه‌ای وجود دارد (امامی، ۱۳۸۹).

صورت کتابخانه‌ای و میدانی می‌باشد. مشخصات کلی طرح فاضلاب شهر کلاته خیج در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- مشخصات طرح فاضلاب شهر کلاته خیج

جمعیت در سال ۱۳۹۰	تعداد اشتراک آب در سال ۱۳۹۰	مساحت شهر (هکتار)	برآورد هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (میلیون ریال)
۵۰۳۷	۲۱۰۰	۲۲۴	۲۱۸۳۹

درآمدها و هزینه‌ها به صورت جدول زیر می‌باشد (مطالعات توجیهی فنی، ۱۳۸۶).

جدول ۲- دسته‌بندی هزینه و درآمدهای اقتصادی و مالی

مالی		اقتصادی	
درآمد	هزینه	درآمد	هزینه
درآمد حق انشعاب	سرمایه‌گذاری اولیه	درآمد کشاورزی	هزینه‌های ثابت
آبونمان فاضلاب	ارزش اسقاط	کاهش هزینه بهداشت	هزینه ناشی از بیکاری
فروش پساب	هزینه نگهداری	راه حل جایگزین	هزینه تحمیل شده به شهروندان
فاضلاب بها	هزینه‌های بهره‌برداری	هزینه حفر چاه	
فروش کود		بهبود شرایط زیست محیطی	
تبصره ماده واحده		درآمدهای مالی تعدیل شده	

روش پژوهش و منطقه مورد مطالعه

در این مقاله به بررسی تجزیه و تحلیل درآمد و هزینه‌های حاصله از اجرای طرح فاضلاب در شهر کلاته خیج (با حدود پنج هزار نفر جمعیت) با دو دیدگاه استفاده پساب در صنعت و آبیاری پرداخته شده است. تجزیه تحلیل نیز از دو منظر ارزیابی مالی و اقتصادی صورت گرفته که فرآیند تصمیم‌گیری بر اساس شاخص‌های موجود در اقتصاد مهندسی صورت می‌گیرد. روش گردآوری اطلاعات نیز به

دسته‌بندی هزینه‌ها و درآمدهای طرح

در این مقاله تحلیل‌های صورت گرفته در دو بخش تحلیل اقتصادی تحلیل مالی صورت گرفته است که بر همین اساس دسته‌بندی

سایر مفروضات طرح مطالعاتی فاضلاب (مطالعات توجیهی فنی، ۱۳۸۶)

- دوره مورد بررسی از سال ۱۳۸۷ (سال شروع بررسی) تا سال ۱۴۲۰ (پایان دوره بررسی)
- درآمدها و هزینه‌ها براساس قیمت‌های بازاری سال ۱۳۸۷ (سال پایه) محاسبه شده‌اند.

- اثر افزایشی تورم بر درآمدها و هزینه‌ها یکسان فرض می‌شود.
- سال شروع بهره‌برداری ۱۳۹۵ می‌باشد.
- نرخ تنزیل و نرخ مالیات در تحلیل ۵ درصد می‌باشد.
- متوسط حق اشتراک فاضلاب ۱/۱۹ میلیون ریال می‌باشد.
- قیمت فروش هر مترمکعب پساب و هر کیلوگرم کود تولیدی به ترتیب ۱۹۵ و ۱۵۰ ریال منظور شده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

- ارزیابی مالی طرح

بر اساس پیش‌بینی درآمد و هزینه‌های مالی و جدول گردش نقدی در دو حالت استفاده پساب در بخش آبیاری کشاورزی و استفاده در صنعت (مطالعات توجیهی فنی، ۱۳۸۶) محاسبات به صورت جدول (۳) خلاصه می‌شود. با توجه به نتایج این جدول، مقدار منفی NPV و مقدار کوچکتر از یک شاخص B/C نشان از عدم توجیه مالی طرح، در هر دو حالت استفاده پساب در صنعت و آبیاری می‌باشد، به معنای

جدول ۳- نتایج محاسبه شاخص‌های مالی طرح

شرح	شاخص B/C	شاخص NPV	شاخص IRR
استفاده مجدد پساب در آبیاری	۰/۱۲۲	-۳۰۸۴۷	غیر قابل محاسبه
استفاده مجدد پساب در صنعت	۰/۱۳۲	-۳۷۰۶۳	غیر قابل محاسبه

- ارزیابی اقتصادی طرح

همچون ارزیابی مالی طرح، داده و اطلاعات اقتصادی نیز محاسبات مشابه به شرح جدول (۴) انجام شده‌است. با توجه به اعداد خروجی از تحلیل‌های صورت گرفته در این جدول، مقدار منفی NPV و مقدار

کوچکتر از یک شاخص B/C نشان از عدم توجیه اقتصادی طرح در هر دو حالت استفاده پساب در صنعت و آبیاری دارد، به معنای دیگر طرح از نظر اقتصادی قابل توجیه اجرایی نیست.

جدول ۴- نتایج محاسبه شاخص‌های اقتصادی طرح

شرح	شاخص B/C	شاخص NPV	شاخص IRR
استفاده مجدد پساب در آبیاری	۰/۴۶	-۱۹۷۶۲	غیر قابل محاسبه
استفاده مجدد پساب در صنعت	۰/۴	-۲۵۱۱۵	غیر قابل محاسبه

تحلیل حساسیت

یکی از روش‌هایی که تفاوت‌ها و تنوع اطلاعات پیش‌بینی شده پروژه‌ها را در تحلیل‌های اقتصادی و مالی منعکس می‌سازد، تحلیل حساسیت می‌باشد. در این تحلیل با استفاده از داده‌های مختلف، در حالیکه روش کلی تحلیل ثابت است، NPV تعیین می‌گردد. هدف از انجام تحلیل حساسیت تعیین منبع و میزان عدم اطمینان موجود در بررسی داده‌ها بوده و اغلب به منظور کنترل و یا کاهش عنصر عدم

اطمینان بکار می‌رود. تحلیل حساسیت شاخص‌های اقتصادی طرح در سه مورد انجام شده‌است که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

-تغییرات در نرخ تنزیل

نرخ تنزیل مورد استفاده در این طرح‌ها نرخ ۵ درصد بوده است. حال در جدول (۵) میزان تغییر در NPV و B/C را به ازای تغییر در نرخ تنزیل نشان می‌دهد.

جدول ۵ - تحلیل حساسیت دو شاخص ارزش فعلی و نسبت فایده در تغییرات نرخ تنزیل در تحلیل مالی و اقتصادی

نرخ متفاوت MARR	تحلیل اقتصادی				تحلیل مالی			
	صنعت	آبیاری	صنعت	آبیاری	صنعت	آبیاری	صنعت	آبیاری
	NPV	B/C	NPV	B/C	NPV	B/C	NPV	B/C
%۵	-۲۵۱۱۵	-۱۹۶۷۷	۰/۴	۰/۴۶۱	-۳۷۰۶۱	-۳۰۸۴۴	۰/۱۳۴	۰/۱۲۲
%۱۰	-۱۳۹۵۰	-۱۰۸۹۵	۰/۴۴	۰/۵۱۴	-۲۵۱۵۳	-۲۰۴۶۵	۰/۱۴۳	۰/۱۳۶
%۱۵	-۸۵۶۳	-۶۶۸۹	۰/۴۸۷	۰/۵۷۷	-۲۴۵۹۱	-۱۹۶۵۱	۰/۱۵۳	۰/۱۵۳
%۲۰	-۵۶۸۷	-۴۴۴۲	۰/۵۴۲	۰/۶۴۷	-۱۱۰۷۱	-۱۰۲۴۰	۰/۱۷۱	۰/۱۷۳
%۲۵	-۳۹۹۹	-۳۱۳۷	۰/۶۰۶	۰/۷۵۲	-۵۲۰۷	-۴۰۲۷	۰/۱۸۹	۰/۱۹۵
%۳۰	-۲۹۳۲	-۲۳۱۵	۰/۶۷۷	۰/۸۱۰	-۳۷۷۷	-۲۸۹۶	۰/۲۰۸	۰/۲۱۹
%۳۵	-۲۲۱۸	-۱۷۶۷	۰/۷۵۸	۰/۹۰۳	-۲۸۳۷	-۲۱۶۳	۰/۲۳۱	۰/۲۴۵
%۴۰	-۱۷۲۱	-۱۳۸۵	۰/۸۴۵	۱/۰۰۲	-۲۱۹۲	-۱۶۶۴	۰/۲۵۵	۰/۲۷۴
%۵۰	-۱۱۰۲	-۹۰۸	۱/۰۴	۱/۲۱۲	-۱۳۹۸	-۱۰۵۶	۰/۳۰۸	۰/۳۳۵

-تغییرات درآمد و هزینه

تحلیل حساسیت بر اساس تغییرات همزمان هزینه‌ها و درآمدها بر NPV در جدول (۶) ارائه شده است. در این جدول محور افقی درصد تغییرات متغیر کلیدی یعنی درآمد و هزینه و محور عمودی نشان دهنده NPV می‌باشد. ملاحظه می‌شود که توجیه‌پذیری طرح نسبت به تغییرات درآمد و هزینه بسیار حساس است و در قسمت‌هایی از نمودار مشاهده می‌شود که NPV منفی بوده و به عبارتی از توجیه اقتصادی خارج می‌باشد.

با توجه به خروجی شاخص‌های اقتصادی، شاخص NPV در نرخ‌های متفاوت MARR منفی می‌باشد. یعنی طرح توجیه اقتصادی ندارد. شاخص B/C در نرخ تنزیل ۴۰ درصد در حالت استفاده پساب در آبیاری و در نرخ تنزیل ۵۰ درصد در حالت استفاده در صنعت بزرگتر از یک می‌باشد. به بیان دیگر در صورت رسیدن به این نرخ تنزیل‌ها این طرح اقتصادی است. در اینجا تحلیل حساسیت بر روی میزان تغییرات شاخص NPV و B/C نسبت به تغییرات MARR یا همان نرخ بهره انجام شده است که ملاحظه می‌شود حتی نسبت به نرخ بهره ۵۰ درصد در تحلیل مالی این داده‌ها مقاوم می‌باشند.

جدول ۶- تحلیل حساسیت بر اساس تغییرات همزمان هزینه‌ها و درآمدها بر NPV

تغییرات هزینه‌ها (صنعت)							تغییرات درآمدها (صنعت)
%-۳۰	%-۲۰	%-۱۰	%۰	%-۱۰	%-۲۰	%-۳۰	
-۲۵۸۸۲	-۲۹۹۶۸	-۳۴۰۵۴	-۳۸۱۴۰	-۴۲۲۲۷	-۴۶۳۱۳	-۵۰۳۳۹	
-۲۵۴۹۳	-۲۹۵۷۹	-۳۳۶۶۵	-۳۷۷۵۲	-۴۱۸۳۸	-۴۵۹۲۴	-۵۰۰۱۰	
-۲۵۱۴۰	-۲۹۱۱۹	-۳۳۲۷۷	-۳۷۶۳۷	-۴۱۴۴۹	-۴۵۵۳۵	-۴۹۶۲۱	
-۲۴۷۱۶	-۲۸۸۰۲	-۳۲۸۸۸	-۳۶۹۷۴	-۴۱۰۶۰	-۴۵۱۴۵	-۴۹۲۳۳	
-۲۴۳۲۷	-۲۸۴۱۳	-۳۲۴۹۹	-۳۶۵۸۵	-۴۰۶۷۲	-۴۴۷۵۸	-۴۸۸۴۴	
-۲۳۹۳۸	-۲۸۰۲۴	-۳۲۱۱۱	-۳۶۱۹۸	-۴۰۲۸۳	-۴۴۳۶۹	-۴۸۴۵۵	%۲۰
-۲۳۵۴۹	-۲۷۶۳۶۱	-۳۱۷۲۲	-۳۵۸۰۸	-۳۹۸۹۲	-۴۳۹۳۸۰	-۴۸۰۶۷	%۳۰
تغییرات هزینه‌ها (آبیاری)							تغییرات درآمدها (آبیاری)
%-۳۰	%-۲۰	%-۱۰	%۰	%-۱۰	%-۲۰	%-۳۰	
-۲۱۵۵۵	-۲۴۹۲۸	-۲۸۳۰۲	-۳۱۶۷۵	-۳۵۰۴۹	-۳۸۴۲۲	-۴۱۷۹۶	
-۲۱۲۶۱	-۲۴۶۳۱	-۲۸۰۰۸	-۳۱۳۸۱	-۳۴۷۵۵	-۳۸۱۲۸	-۴۱۵۰۱	
-۲۰۹۶۷	-۲۴۳۴۰	-۲۷۷۱۴	-۳۱۰۸۷	-۳۴۴۶۱	-۳۷۸۶۴	-۴۱۲۰۷	
-۲۰۶۷۳	-۲۴۰۴۶	-۲۷۴۲۰	-۳۰۷۹۳	-۳۴۱۶۷	-۳۷۵۴۰	-۴۰۹۱۳	
-۲۰۳۷۹	-۲۳۷۵۱	-۲۷۱۲۶	-۳۰۴۹۹	-۳۳۸۷۳	-۳۷۲۲۶	-۴۰۶۱۹	
-۲۰۰۸۵	-۲۳۴۵۸	-۲۶۸۳۲	-۳۰۲۰۵	-۳۳۵۷۸	-۳۶۹۵۲	-۴۰۳۲۵	%۲۰
-۱۹۷۹۱	-۲۳۱۶۴	-۲۶۵۳۶	-۲۹۹۱۱	-۳۳۲۸۴	-۳۶۶۵۸	-۴۰۰۳۱	%۳۰

به این ترتیب لزوم توجه به تلفیق فرایند تخصیص منابع و حصول درآمدها از اهمیت بالایی در طرح حاضر برخوردار است. بر این اساس صرفاً درآمدهای حاصله را با تجدیدنظر، بعد از پیاده‌سازی طرح هدفمندی

یارانه‌ها، محاسبه و نتایج به شرح جدول (۷) می‌باشد. این بازنگری می‌تواند خود جزء یکی از راههای اقتصادی نمودن طرح باشد.

جدول ۷- محاسبه شاخص ارزش فعلی و نسبت فایده به بهره در تحلیل مالی بعد از پیاده‌سازی هدفمندی یارانه‌ها

نرخ متفاوت	آبیاری	صنعت	آبیاری	صنعت
MARR	NPV	B/C	NPV	B/C
%۵	-۲۳۵	-۶۰۶۴/۲۴	۰/۹۹۳	۰/۷۵۶۲
%۱۰	۳۸۹***	-۲۹۴۸/۴۲	۱/۰۲۲	۰/۸۱۴۵
%۱۵		-۱۵۳۳/۴۱		۰/۸۵۴۹
%۲۰		-۷۷۴/۲۱		۰/۸۹۲۹
%۲۵		-۳۱۸/۱۱		۰/۹۳۷۴
%۳۰		-۲۷/۱۱		۰/۹۹۱۳
%۳۵		۱۶۱/۹**		۰/۹۷۳۷
%۴۰		۲۸۳		۱/۰۵۹۶

** با توجه به مثبت شدن نرخ NPV محاسبه شاخص IRR براساس درون‌یابی خطی عدد ۳۱ درصد حاصل می‌شود.

*** با توجه به مثبت شدن نرخ NPV محاسبه شاخص IRR براساس درون‌یابی خطی عدد ۷ درصد حاصل می‌شود.

با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته مشاهده می‌شود که با وارد کردن ضرایب هدف‌مندی‌سازی یارانه‌ها در درآمدهای حاصله در اجرای طرح فاضلاب که تاثیر آن در فاضلاب بها دریافتی از مشترکین می‌باشد،

پیاده‌سازی طرح فاضلاب در استفاده در آبیاری در نرخ تنزیل ۷ درصد قابل اجرا می‌باشد. همچنین با افزایش حق اشتراک فاضلاب نیز می‌توان مجدداً تحلیل نمود.

- تغییرات در هزینه‌های ثابت

در این مطالعه یکی دیگر از بررسی‌هایی که انجام شد، اجرای طرح فاضلاب برای شهر مجن با مشخصات جدول (۷) بوده است. روند تحلیل و ارزیابی مالی و اقتصادی کاملاً مشابه به عملیات بالا می‌باشد. نکته حائز اهمیت در این تحلیل این بوده است که اجرای طرح‌های فاضلاب برای شهرهای حدود ۴۲ هزار نفر براساس فرضیات شهر

مربوطه، اجرای طرح اقتصادی تر می‌باشد. دلیل اقتصادی بودن آن به خاطر کاهش در هزینه ثابت سرمایه‌گذاری به ازای هر واحد می‌باشد. به طور کلی برای شهرهای دارای جمعیت کم، اجرای طرح‌های فاضلاب دارای توجیه اقتصادی و مالی نمی‌باشند. ولی در شهرهای با جمعیت بالا به دلیل سرشکن شدن هزینه ثابت و افزایش درآمدها امکان اقتصادی شدن طرح، بالا می‌رود.

جدول ۸- مشخصات طرح فاضلاب شهر مجن

جمعیت در سال ۱۳۹۰	تعداد اشتراک آب در سال ۱۳۹۰	مساحت شهر (هکتار)	برآورد هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (میلیون ریال)
۴۱۸۰۵	۱۹۰۰۰	۱۱۶۰	۵۳۵۰۰

موضوع کاهش هزینه‌های ثابت در سیستم از موارد مهم اقتصادی کردن اجرای طرح‌ها می‌باشد. بسیاری از هزینه‌های غیر ضروری می‌تواند برون سپاری شود. برون‌سپاری هزینه‌های ثابت غیر ضروری اجازه می‌دهد تا بر روی سرمایه‌گذاری بر هزینه‌های مناسب‌تر و پربازده تر تمرکز نموده و این اجازه را می‌دهد تا ارزش افزوده‌ی بیشتری ایجاد نموده و سهم

قیمت هر واحد را افزایش دهید. اما شناسایی این هزینه‌های غیر ضروری با قابلیت برون سپاری خود دارای بحث طولانی است که از این موارد می‌توان به برون‌سپاری نگهداری از تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه خانه فاضلاب عنوان کرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به تحلیل مالی و اقتصادی صورت گرفته بر روی داده‌ها اجرای طرح فاضلاب در شهر مورد بررسی با حداقل نرخ تنزیل ۵ درصد توجیه اقتصادی و مالی ندارد. همچنین نتایج تحلیل حساسیت انجام شده نشان داد که توجیه‌پذیری طرح نسبت به تغییرات درآمد و هزینه بسیار حساس می‌باشد و با توجه به تغییرات در درآمدها و هزینه‌ها، شاخص NPV تغییرات زیادی نشان می‌دهد. با توجه به منفی شدن ارزش حال خالص دریافت‌ها و پرداخت‌ها، طرح از دیدگاه بخش خصوصی دارای توجیه نمی‌باشد و سرمایه‌گذاران مبادرت به انجام آن نخواهند نمود. ولی پس از تعدیل درآمدها در پی هدف‌مندی‌سازی یارانه‌ها ملاحظه می‌شود که برای حالت استفاده پساب در آبیاری این طرح با نرخ تنزیل ۷ درصد قابل اجرا می‌باشد. لذا اجرای طرح فاضلاب برای حالت استفاده پساب در آبیاری کشاورزی نسبت به صنعت اقتصادی‌تر است. در نهایت راهکارهای تاثیرگذار بر اقتصادی کردن اجرای پروژه‌های فاضلاب بررسی شد که افزایش

درآمدها و کاهش هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری از مهمترین آن‌ها می‌باشند. نتایج نشان داد که اجرای طرح‌های فاضلاب در شهرهای کم جمعیت توجیه اقتصادی ندارد و برای شهرهای بزرگ و پر جمعیت (بالای پنجاه هزار نفر) به دلیل کاهش هزینه‌های ثابت هر واحد و افزایش تعداد مشترکین و در نتیجه افزایش درآمدها، اجرای طرح اقتصادی‌تر خواهد بود. ضمن اینکه در اجرای طرح‌های فاضلاب سایر مولفه‌ها از جمله بحث زیست محیطی نباید فراموش گردد، زیرا رعایت بهداشت در هر منطقه سبب رفاه اجتماعی و در نهایت رفاه مادی و اقتصادی آن جامعه خواهد بود. این مساله شاید در کوتاه مدت چندان مهم به نظر نرسد اما در دراز مدت مزیت اقتصادی این قبیل طرح‌های بهداشتی در جهت رفاه اجتماعی کاملاً مشهود است زیرا رفاه بهداشتی سرآغاز رسیدن به رفاه اجتماعی و اقتصادی خواهد بود. بطوریکه بر اساس اعلام سازمان ملل، هر یک دلار سرمایه‌گذاری در خدمات مناسب دفع بهداشتی فاضلاب، حداقل ۳ و حداکثر ۳۴ دلار صرفه‌جویی در هزینه‌های سلامت و آموزش و همچنین توسعه اقتصادی و اجتماعی به همراه دارد. بطور کلی با توجه به یافته‌های

بدست آمده پیشنهادات ذیل را می‌توان ارائه نمود.

۱- اولویت اجرای طرح‌های فاضلاب در شهرهایی با جمعیت بیشتر، اقتصادی تر است.

۲- پیشنهاد می‌گردد که اجرای طرح‌های فاضلاب در شهرهای کوچک در صورت وجود مشکلات زیست محیطی انجام گردد.

۳- با توجه به اقتصادی نبودن اجرای طرح‌های فاضلاب در اکثر شهرهای کشور یکی از اقدامات موثر دخالت دولت در تغییر تعرفه

خدمات دفع فاضلاب و تعیین قیمت اقتصادی آن می‌باشد.

قابل ذکر است این تحقیق فقط در بخش فاضلاب انجام شده و محققین محترم آتی می‌توانند بر روی مقوله اقتصاد آب، تجزیه و تحلیل خدمات آب و فاضلاب، مبانی قیمت‌گذاری خدمات آب و فاضلاب، با توجه به اهمیت موضوع در کشور بررسی و تحقیقات خود را انجام و راهکارهای لازم را در جهت اقتصادی نمودن خدمات فوق ارائه نمایند.

منابع

اسکونژاد، م. ۱۳۹۰. اقتصاد مهندسی، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، تهران.

امامی میبدی، ع. و خوش‌کلام خسروشاهی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی اقتصادی طرح تولید هم زمان برق و حرارت در مشهد، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۲۶: ۵۵-۸۷.

بختیاری، پ. ۱۳۷۶. حسابداری و مدیریت مالی برای مدیران، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، تهران.

مجیدیان، د. ۱۳۷۷. ارزیابی طرح‌های صنعتی (مطالعات فنی-اقتصادی- مالی). انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، تهران.

Process of application of multi criteria decision making models in prioritizing of water development projects of rural areas in the Khuzestan province

A. Dahimavy^{1*}, M. Ghanian², O. M. Ghoochani³, H. Zareyi⁴

1,4- PhD. Student & Assistant Professor, Department of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
2,3- Associate Professor & PhD. Student, Department of Agricultural Extension and Education, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.

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

Received: 7-8-2014

Accepted: 10-2-2015

فرآیند بکارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در اولویت‌بندی اجرای طرح‌های توسعه منابع آب مناطق روستائی استان خوزستان

عادل دحیماوی^{۱*}، منصور غنیان^۲، امید مهرباب قوچانی^۳، حیدر زارعی^۴

۱ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری منابع آب و استادیار گروه هیدرولوژی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی و دانشجوی دکتری ترویج کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۱

Abstract

In recent years, more attention has been drawn to decision-making science in the academic community of the country and relatively comprehensive research has been carried out in accordance with choosing the preferred option in the fields of industry, commerce and trade, mining etc. However, in the field of water resources development projects and the need for applying scientific techniques to decide on the choice of the most suitable and most economical option for the start of operations, a thorough investigation has not been done. In the process of development of water resources, farmers are considered as investor and if an inappropriate choice is selected, it may have negative consequences resulting from the implementation the project and it can be more than its positive effects and will led to many social and political problems. Moreover it is very important to prioritize national and regional projects due to limitation of financial resources and the return on investment. There are unfinished projects in the country and the inability to provide the necessary funds for the completion of these projects has led to the prioritization of projects become more important than before. In this regards using a scientific decision making method in the level of provinces and even country is necessary. In this paper by investigating the situation of irrigation and drainage projects and public participation under the scope of water and power of the Khuzestan province, the desired indices of authorities and farmers were defined. then by using "SAW" and "WPM" methods, the rank of each project was calculated and according to this ranking, the priority of implementation of each project of the organization were determined.

Keywords: Multi-Criteria Decision Making models, Prioritizing, Public participation, Irrigation and drainage networks, The Khuzestan province.

چکیده

در چند سال اخیر توجه مجامع دانشگاهی در کشور به علوم تصمیم‌گیری بیشتر جلب شده است و در راستای انتخاب گزینه برتر در زمینه‌های صنعت، بازرگانی و تجارت، معدن و غیره تحقیقات نسبتاً جامعی انجام شده است. اما در زمینه طرح‌های توسعه منابع آب و لزوم بکارگیری تکنیک‌های علمی تصمیم‌گیری در انتخاب مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین گزینه جهت شروع عملیات اجرایی برای هر پروژه، تحقیقات کاملی صورت نگرفته است. در فرایند طرح‌های توسعه منابع آب، کشاورزان به عنوان سرمایه‌گذار محسوب می‌شوند و اگر گزینه‌ای نامناسب برای شروع عملیات اجرایی انتخاب شود، ممکن است عواقب منفی ناشی از اجرای آن بیشتر از آثار مثبت آن بوده و مشکلات اجتماعی و سیاسی فراوانی در مناطق محل اجرای این طرح‌ها به وجود آورد. همچنین لزوم اولویت‌بندی طرح‌ها و پروژه‌های ملی و منطقه‌ای به دلیل محدودیت منابع مالی و میزان بازگشت سرمایه‌گذاری بسیار مهم می‌باشد. وجود پروژه‌های ناتمام در کشور و عدم توانایی در تأمین بودجه لازم برای اتمام این پروژه‌ها، سبب شده است تا موضوع اولویت‌بندی اجرای طرح‌ها، اهمیتی بیش از پیش، پیدا کند. در این راستا، استفاده از یک روش علمی تصمیم‌گیری، در سطح استان‌ها و حتی کشور، کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، استفاده از یک روش علمی تصمیم‌گیری، در سطح استان‌ها و حتی کشور، کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله با بررسی وضعیت طرح‌های آبیاری و زهکشی مشارکت مردمی در حوزه عمل سازمان آب و برق استان خوزستان، شاخص‌های مورد نظر مسئولین و کشاورزان تعریف گردیده است. سپس با استفاده از دو روش SAW و WPM رتبه هر یک از طرح‌ها محاسبه شده و بر اساس این رتبه‌بندی، اولویت اجرا برای هر یک از طرح‌های آماده به اجرای سازمان با سیستم مشارکتی، تعیین شده است.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، اولویت‌بندی، مشارکت مردمی، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، استان خوزستان.

امروزه جمعیت جهان رو به افزایش است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۰ میلادی به ۸/۱ میلیارد نفر نیز برسد و توأم با آن، لزوم افزایش سهم کشاورزی آبی (از ۳۴٪ به ۴۵٪) جهت تولید غذای جمعیت در حال رشد گریبان‌گیر کشاورزی جهان خواهد شد (Hamdy, ۲۰۰۴). از سویی، قرار گرفتن ایران در لیست کشورهای کم‌آب به علت کمبود ریزش‌های جوی و شرایط خاص آب و هوایی و ناممکن بودن انجام فعالیت‌های کشاورزی و تامین نیازهای آبی گیاهان بدون انجام عملیات آبیاری (حیدریان، ۱۳۸۶)، کمیاب شدن منابع آبی مناسب به دلیل تحمیل هزینه‌های مالی و زیست‌محیطی سنگین جهت احداث تأسیسات زیربنایی جدید و رشد تقاضای دیگر بخش‌های اقتصادی برای آب (Barker & Molle, ۲۰۰۴)، ضرورت توجه به منابع آبی را دو چندان می‌کند.

تحولات گسترده و پرشتاب در تمامی بخش‌های زندگی انسان در طول قرن بیستم و خصوصاً دو دهه اخیر، به‌گونه‌ای الزام‌آور تغییر و تحولات در مسائل مدیریتی را در ابعاد مختلف فراهم ساخته است. مدیریت منابع آب نیز در جریان تحول در شرایط و دامنه عمل خود با محدودیت‌های جدیدی روبروست که قبل از آن به هیچ وجه در این ابعاد مطرح نبوده است (زرگریور و نورزاد، ۱۳۸۸). بنا به عقیده‌ی بانک جهانی، اصلی‌ترین دلیل کمبود آب در جهان، مدیریت ضعیف و ناکارآمد نظام‌های آبیاری و عدم تعادل میان درآمدها و هزینه‌های این بخش است (Qiao و همکاران، ۲۰۰۸). بسیاری از دانشمندان، تصمیم‌گیری را به عنوان عاملی اساسی در مدیریت می‌شناسند. تصمیم‌گیری منتج از فرآیندی است که نهایتاً به تصمیم منتهی می‌شود و این در حالی است که کسانی که در فرآیند تصمیم‌گیری نیستند،

صرفاً نتیجه تصمیم را مشاهده می‌نمایند. در چند سال اخیر توجه مجامع دانشگاهی در کشور به علوم تصمیم‌گیری بیشتر جلب شده است و در راستای انتخاب گزینه برتر در زمینه‌های صنعت، بازرگانی، تجارت، معدن و غیره تحقیقات نسبتاً جامعی انجام شده است. اما در زمینه طرح‌های توسعه منابع آب و لزوم بکارگیری تکنیک‌های علمی تصمیم‌گیری در انتخاب مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین گزینه جهت شروع عملیات اجرایی برای هر پروژه، تحقیقات کاملی صورت نگرفته است. با مطرح شدن اعتبارات موضوع تبصره ۷۶ و ماده ۱۰۶ قانون برنامه‌های دوم و سوم توسعه کشور و امکان استفاده از این اعتبارات با شرط مشارکت مردم در طرح‌های آبیاری و زهکشی، مسئله اولویت اجرا برای هریک از طرح‌ها، حساسیت ویژه‌ای پیدا کرده است. در این فرآیند کشاورزان به عنوان سرمایه‌گذار محسوب می‌شوند و اگر گزینه‌ای نامناسب برای شروع عملیات اجرایی انتخاب شود، ممکن است عواقب منفی ناشی از اجرای آن، بیشتر از آثار مثبت آن بوده و مشکلات اجتماعی و سیاسی فراوانی در مناطق محل اجرای این طرح‌ها به وجود آورد. همچنین لزوم اولویت‌بندی طرح‌ها و پروژه‌های ملی و منطقه‌ای به دلیل محدودیت منابع مالی و میزان بازگشت سرمایه‌گذاری بسیار مهم می‌باشد. وجود پروژه‌های ناتمام در کشور و عدم توانایی دولت در تامین بودجه لازم برای اتمام این پروژه‌ها نیز سبب شده است تا موضوع اولویت‌بندی اجرای طرح‌ها، اهمیتی بیش از پیش، پیدا کند. در این راستا، استفاده از یک روش علمی تصمیم‌گیری، در سطح استان‌ها و حتی کشور، کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. لذا سؤال اساسی شکل‌دهنده پژوهش حاضر این است که هریک از طرح‌های آماده به اجرای سازمان آب و برق خوزستان از دیدگاه گروه‌های تصمیم‌گیرنده در این رابطه در چه اولوی قرار گرفته‌اند؟

روش در تنوع گوناگونی از شرایط و موقعیت‌ها و همچنین معضلات و مشکلات که هدف‌های مختلفی را دنبال می‌کنند کاربرد دارد. با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیقات مختلف، محققان به این نتیجه رسیده‌اند که تک‌هدفه بودن در انجام فعالیت‌های مختلف هدفی قابل قبول نمی‌باشد. بنابراین محققان امروزه به دنبال مدل‌های چند معیاره (MCDM)^۱ برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده‌اند. در این تصمیم‌گیری‌ها به جای یک معیار برای سنجش از چند معیار استفاده می‌گردد. با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، می‌توان با در نظر گرفتن معیارهای متفاوت برای تصمیم‌گیری که گاهی با یکدیگر در تعارض هستند، به طریقی عقلایی تصمیم‌سازی نمود. تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به دو دسته تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)^۲ و تصمیم‌گیری چندهدفه (MODM)^۳ تقسیم می‌شود.

مواد و روش‌ها

تصمیم‌گیری یکی از مهمترین و اساسی‌ترین وظایف مدیریت است و تحقق اهداف سازمانی به کیفیت آن بستگی دارد. به طوری که از نگاه هربرت سایمون (یکی از صاحب‌نظران حوزه‌ی تصمیم‌گیری)، تصمیم‌گیری جوهر اصلی مدیریت است. تصمیم‌گیری چند معیاره یک چارچوب نوید بخش برای ارزیابی مسائل چند بعدی، متناقض و ناسازگار است. این روش به مجموعه‌ای از تکنیک‌های تصمیم‌گیری که در برگیرنده مجموعه عوامل کمی و کیفی است، اطلاق می‌شود. در این روش نظرات و اهداف مختلف تصمیم‌گیران متعدد به‌طور واضح ترکیب شده و به تصمیم‌گیران اجازه داده می‌شود تا مشاهدات، معیارها و میزان اهمیت هر یک از آن‌ها را رتبه‌بندی نموده و با وجود نظرات ناسازگار و مخالف، ناسازگاری‌ها را نیز بر طرف نماید. این

مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی به کار می‌روند؛ به گونه‌ای که هدف اصلی در این مدل‌ها بهینه‌کردن تابع کلی مطلوبیت برای تصمیم‌گیرنده می‌باشد. بنابراین، این مدل‌ها با مسائلی که از قبل برای آن‌ها تعدادی گزینه تبیین شده باشد، مرتبط نیستند.

مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. از نقطه نظر علمی، مدل چند شاخصه با مسائلی که از قبل، تعداد گزینه‌ها در آن تعیین شده باشد، مرتبط است و تصمیم‌گیرنده تعداد محدودی عملیات زنجیروار را انتخاب، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی می‌کند (محمد جواد اصغر پور، ۱۳۷۷). تقریباً همه مسائل تصمیم‌گیری دارای چندین معیار هستند که این معیارها باهم متفاوت هستند. به طور کلی روش‌های MADM به دنبال ارزیابی یک مجموعه از گزینه‌ها با توجه به مجموعه‌ای از معیارهاست که در ادامه، چگونگی جمع‌آوری و نوع اطلاعات لازم و چگونگی پردازش آن‌ها در قالب مدل‌های MCDM بررسی خواهد شد.

یک مسئله تصمیم‌گیری چند شاخصه، به راحتی قابل طرح در قالب یک ماتریس می‌باشد. شکل (۱) ماتریس تصمیم‌گیری در یک مسئله فرضی با M گزینه و N معیار را نمایش می‌دهد. یک ماتریس تصمیم‌گیری نوعی A ماتریسی با ابعاد $M \times N$ می‌باشد که عناصر a_{ij} آن بیانگر موقعیت گزینه A_i با لحاظ کردن شاخص c_j می‌باشد؛ برای i و j به شرح زیر است:

$$i = 1, 2, 3, \dots, M$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, N$$

همچنین فرض می‌شود که تصمیم‌گیرنده DM اهمیت نسبی هر دو شاخص را نیز مشخص می‌کند که با W_j (برای $j=1, 2, \dots, N$) نمایش داده می‌شود. تمامی این اطلاعات در قالب یک ماتریس تصمیم‌گیری به بهترین شکل ممکن خلاصه و ارائه می‌شوند، با توجه به این توضیحات، یک مسئله عمومی MCDM به شکل زیر خلاصه می‌شود.

	C_1	C_2	C_3	...	C_N
	W_1	W_2	W_3	...	W_N
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1N}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2N}
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3N}
.	.	.	.	.	.
A_M	a_{M1}	a_{M2}	a_{M3}	.	a_{MN}

شکل ۱- ماتریس تصمیم‌گیری در یک مسئله فرضی با M گزینه و N معیار

مدل WPM^۵ شباهت زیادی به مدل SAW دارد. تفاوت اصلی دو مدل در این است که در مدل WPM، بجای بکارگیری عملگر جمع، از عملگر ضرب استفاده می‌نماید که در ادامه، این تفاوت تشریح خواهد شد. در این روش هر گزینه با مقایسه حاصلضرب تعدادی نسبت، با سایر گزینه‌ها مقایسه می‌شود. هر کدام از نسبت‌های مذکور مربوط به یکی از معیارهای مورد استفاده در مسئله خواهد بود و هر نسبت افزایشی دارای توانی برابر با وزن معیار (w_j) است. بطور کلی برای مقایسه گزینه‌های AK و AL حاصلضرب زیر را باید بدست آوریم.

$$R(AK/AL) = \prod (AK_j/AL_j) w_j \quad (۳)$$

در رابطه بالا n تعداد شاخص‌ها، a_{ij} ارزش واقعی گزینه (i)ام با توجه به معیار (j)ام، w_j وزن یا میزان اهمیت معیار jام می‌باشد. اگر عبارت $R(AK/AL)$ بزرگتر از یک باشد، آنگاه می‌توان نتیجه گرفت که گزینه AK مطلوب‌تر از گزینه AL می‌باشد.

در ادامه برای مجموعه $A = \{A_i, \text{ for } i=1,2,3,\dots\}$ به عنوان مجموعه‌ای از گزینه‌های محدود قابل انتخاب در نظر می‌گیریم و G را با مشخصات $G = \{g_j, \text{ for } j=1,2,3,\dots\}$ عنوان یک مجموعه از آرمان‌ها در نظر می‌گیریم که مطلوبیت هر کدام از گزینه‌ها با آن سنجیده می‌شود. A^* به عنوان گزینه بهینه که بالاترین درجه مقبولیت را دارا باشد، تعریف می‌شود. مدل SAW^۶، یکی از قدیمی‌ترین روش‌های بکار گرفته شده در MADM است؛ بطوری‌که، با مفروض بودن بردار W (اوزان اهمیت از شاخص‌ها) برای آن، مناسبترین گزینه (A^*) به صورت ذیل محاسبه می‌گردد:

$$A^* = \left\{ A_j^i \left| \max \frac{\sum_j w_j r_{ij}}{\sum_j w_j} \right. \right\} \quad (۱)$$

و چنانچه $\sum w_j = 1$ باشد، داریم:

$$A^* = \left\{ A_j \left| \max \sum w_j r_{ij} \right. \right\} \quad (۲)$$

شاخص‌های تأثیرگذار در زمان اجرا و بهره‌برداری از طرح‌های آبیاری و زهکشی، اساسی‌ترین عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری هستند. در این راستا با مطالعه دستورالعمل‌های مختلف صادره از وزارت نیرو و نیز بحث و گفتگو با کارشناسان ارشد وزارت نیرو، شاخص‌های موردنظر

مسئولان و کشاورزان در دو گروه مجزا گردآوری شد. سپس از طریق انجام مصاحبه‌های ساختار یافته با مسئولان و کشاورزان و با محاسبه امتیازات اکتسابی، شاخص‌های تأثیرگذار از نظر این دو دیدگاه به شرح جداول (۱) و (۲) معرفی شدند.

جدول ۱- شاخص‌های واقعی تأثیرگذار در انتخاب طرح‌ها از نگاه مسئولین

ردیف	نام اختصاری	عنوان شاخص واقعی تأثیرگذار
۱	M ₁	اطمینان از دائمی بودن منبع تأمین آب
۲	M ₂	تناسب میزان آب در دسترس گیاه با الگوی کشت
۳	M ₃	هماهنگی برون سازمانی (درغبت مسئولین محلی)
۴	M ₄	مساعد بودن اراضی به لحاظ استعداد زراعی و حاصلخیزی
۵	M ₅	ایجاد اشتغال مولد
۶	M ₆	علاقه‌مندی و استقبال مردم
۷	M ₇	راندمان آبیاری بالا
۸	M ₈	رعایت مسائل زیست محیطی
۹	M ₉	آماده بودن تأسیسات تأمین و انتقال آب
۱۰	M ₁₀	فراهم بودن اعتبارات دولتی تأسیسات اصلی تأمین و توزیع آب
۱۱	M ₁₁	هماهنگی درون سازمانی
۱۲	M ₁₂	زودبازده بودن طرح
۱۳	M ₁₃	ساده بودن ساز و کار بهره‌برداری

جدول ۲- عوامل واقعی تأثیرگذار از دیدگاه کشاورزان

ردیف	نام اختصاری	عنوان شاخص
۱	K ₁	حذف و یا کاهش سود سالانه دوران مشارکت توسط بانک عامل
۲	K ₂	ارزان بودن هزینه احداث شبکه (سهام مشارکت)
۳	K ₃	مشارکت مردم (ایجاد اشتغال جنبی در هنگام شروع عملیات اجرایی)
۴	K ₄	زود به اجرا رفتن و زود به بهره‌برداری رسیدن طرح
۵	K ₅	پرداخت به موقع غرامت به کشاورز برای تملک اراضی و غیره
۶	K ₆	واگذاری زمین‌های منابع ملی به کشاورزانی که در حین احداث شبکه‌ها اراضی خود را از دست می‌دهند
۷	K ₇	عدم امکان هر نوع تعرض به مالکیت خصوصی زارعین از سوی هر ارگانی
۸	K ₈	ایجاد نظام‌های بهره‌برداری و ایجاد تشکل‌های تولیدی، خدماتی و اقتصاد
۹	K ₉	تأمین آب دائم و فراوان
۱۰	K ₁₀	عدم ایجاد مشکل در دریافت تسهیلات برای سایر فعالیت‌ها
۱۱	K ₁₁	نظارت مستمر بر چگونگی روند فعالیت‌های اجرایی و اطمینان از پیشرفت فیزیکی مناسب و مصرف صحیح اعتبارات
۱۲	K ₁₂	بالا رفتن تولید بعد از اجرای طرح

نتایج و بحث

در مقایسه زوجی، هدف این است که میزان اهمیت یک شاخص نسبت به شاخص دیگر، فارغ از هرگونه تأثیرپذیری از سایر شاخص‌ها، سنجیده شود. در واقع هدف از این مقایسه، سنجش میزان ترجیحی است که فرد برای یک شاخص نسبت به شاخص دیگر در نظر می‌گیرد. این ترجیح می‌تواند از ترجیح یکسان (دارای اهمیت یکسان یا بی تفاوت نسبت به هم) تا ترجیح کاملاً اکید تغییر نماید. در این

تحقیق پرسشنامه دیگری طراحی شد که در آن شاخص‌ها دو به دو، مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. سپس این پرسشنامه بین مسئولان در سه رده‌ی مدیریت‌های حوضه‌های آبریز، مدیران امور اجرایی و رؤسای ادارات ستادی و کشاورزان در دو رده باسواد و بی‌سواد تقسیم و توزیع شد. پس انجام این مقایسات توسط گروه‌های مذکور، داده‌های بدست آمده به صورت پنج ماتریس مقایسات زوجی بدست آمد. به عنوان مثال، ماتریس بدست آمده از مقایسه زوجی شاخص‌ها توسط مدیریت‌ها به قرار ذیل (شکل ۲) بدست آمد.

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}	M_{13}
M_1	۱	۵	۵	۳	۱	۱/۳	۳	۱	۱	۵	۲	۲	۵
M_2	۱/۵	۱	۳	۱	۱/۳	۱	۱/۳	۱	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۳
M_3	۱/۵	۱/۳	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۳	۱	۱/۳	۱/۳
M_4	۱/۳	۱	۳	۱	۱	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۵	۱/۳
M_5	۱	۳	۵	۱	۱	۱	۳	۱/۳	۱	۱	۳	۱	۳
M_6	۳	۱	۳	۲	۱	۱	۳	۱/۳	۱/۲	۳	۳	۱	۳
M_7	۱/۳	۳	۲	۳	۱/۳	۱/۳	۱	۱/۳	۳	۴	۳	۱	۳
M_8	۱	۱	۳	۵	۳	۳	۳	۱	۳	۳	۵	۱	۳
M_9	۱	۳	۵	۳	۱	۲	۱/۳	۱/۳	۱	۱	۵	۱	۴
M_{10}	۱/۵	۲	۳	۲	۱	۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱	۱	۳	۱/۳	۳
M_{11}	۱/۲	۳	۱	۲	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱	۱/۵	۱
M_{12}	۱/۲	۳	۳	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۵	۱	۳
M_{13}	۱/۳	۱/۳	۳	۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱	۱/۳	۱

شکل ۲- ماتریس بدست آمده از مقایسه زوجی شاخص‌ها توسط مدیریت‌ها

برای چهار رده باقیمانده نیز، چهار ماتریس دیگر بدست آمد. هریک از شاخص‌ها دارای وزن متناسب با اهمیت آن نسبت به دیگر شاخص‌ها دارد که در این تحقیق ماتریس‌های بدست آمده کاملاً ناسازگار هستند. به عنوان مثال در ماتریس مدیریت‌ها داریم:

$$a_{89} \neq a_{69} * a_{86}$$

$$3 \neq 1/2 * (3)$$

بنابراین برای محاسبه وزن شاخص‌ها از روش بردار ویژه استفاده شد. در این بخش، وزن شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار ریاضی Maple محاسبه گردید. پس از انجام محاسبات لازم، اوزان شاخص‌ها به شرح جداول (۳) و (۴) بدست آمدند.

جدول ۳- اوزان محاسبه شده شاخص‌های مسئولان

عنوان گروه	w_1 اوزان محاسبه شده شاخص‌ها												
	m_{13}	m_{12}	m_{11}	m_{10}	m_9	m_8	m_7	m_6	m_5	m_4	m_3	m_2	m_1
مدیریت‌ها	۰/۰۳۳	۰/۱۰۸	۰/۰۳۶	۰/۰۵۶	۰/۰۹۵	۰/۱۵۱	۰/۰۹	۰/۱۰۷	۰/۰۹۳	۰/۰۳۳	۰/۰۲۲	۰/۰۴۶	۰/۱۲۹
مدیران امور	۰/۰۵۳	۰/۰۷۲	۰/۰۲۲	۰/۱۴۶	۰/۱۷۸	۰/۰۴۳	۰/۰۶	۰/۰۷۳	۰/۰۴۹	۰/۰۴۴	۰/۰۲	۰/۰۷۱	۰/۱۹۳
رؤسای ادارات	۰/۰۴۴	۰/۱۱۹	۰/۰۰۸	۰/۱۳۸	۰/۱۷۶	۰/۰۳۳	۰/۰۴۲	۰/۰۶	۰/۰۳۸	۰/۰۳۱	۰/۰۰۹	۰/۰۷۷	۰/۲۱۹

جدول ۴ - اوزان محاسبه شده شاخص‌های کشاورزان

وزان محاسبه شده شاخص‌ها w_1												عنوان گروه
k_{12}	k_{11}	k_{10}	k_9	k_8	k_7	k_6	k_5	k_4	k_3	k_2	k_1	
۰/۱۸۵	۰/۰۲۹	۰/۰۱۴	۰/۱۷۳	۰/۰۱۱	۰/۰۷۹	۰/۲۹	۰/۰۷۵	۰/۰۳	۰/۰۱۶	۰/۰۵۴	۰/۰۳۱	کشاورزان با سواد
۰/۱۸	۰/۰۳۸	۰/۰۱۸	۰/۱۸۸	۰/۰۱۳	۰/۰۷۵	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۰۳۳	۰/۰۱۹	۰/۰۶	۰/۰۳۴	کشاورزان کم‌سواد و بی‌سواد

جهت ارزیابی و امتیازدهی طرح‌های آبیاری و زهکشی مشارکت مردمی، بر اساس شاخص‌های ۱۳ گانه مورد نظر مسئولان و نیز شاخص‌های ۱۲ گانه موردنظر کشاورزان، طرح‌های انتخابی به شرح جدول (۵)، مناسب تشخیص داده شده‌اند.

بعد از محاسبه اوزان و تهیه ماتریس تصمیم‌گیری، نتایج حاصل از بکارگیری مدل SAW در رتبه‌بندی طرح‌ها برای دو گروه مسئولان و کشاورزان به شرح جدول (۶) بدست آمد.

جدول ۵- طرح‌های انتخابی

ردیف	نام پروژه	علامت اختصاری	محل اجرا
۱	شبکه آبیاری و زهکشی دهیمیه	D.N	ناحیه ۴ دشت آزادگان
۲	شبکه آبیاری و زهکشی سعدون	S.N	ناحیه ۳ دشت آزادگان
۳	شبکه آبیاری تحت فشار عله بندقیر	E.B.N	جنوب شوشتر
۴	شبکه آبیاری و زهکشی شرق میاناب	S.M.N	جنوب غربی شوشتر
۵	شبکه آبیاری تحت فشار شهید رجایی	R.N	غرب امیدیه
۶	شبکه آبیاری و زهکشی R_3 هندیجان	$R_3.N$	جنوب هندیجان

جدول ۶- رتبه‌بندی طرح‌ها از دیدگاه گروه‌ها

رتبه‌بندی طرح‌ها	دیدگاه مدیریت‌ها	دیدگاه مدیران امور	دیدگاه روسای ادارات	دیدگاه کشاورزان باسواد	دیدگاه کشاورزان بی‌سواد و کم‌سواد
شرق میاناب شوشتر	۱	۱	۱	۲	۲
عله بندقیر شوشتر	۲	۲	۲	۱	۱
R_3 هندیجان	۳	۳	۳	۴	۳
شهید رجایی امیدیه	۴	۴	۴	۶	۶
دهیمیه دشت آزادگان	۵	۵	۶	۳	۴
سعدون دشت آزادگان	۶	۶	۵	۵	۵

پس از تعیین ارجحیت بین طرح‌ها به صورت دو به دو، رتبه‌بندی نهایی از دیدگاه‌های مختلف به قرار ذیل بدست آمد (در اینجا علامت > بیانگر مفهوم ارجح می‌باشد).

الف- رتبه‌بندی از دیدگاه مدیریت‌های حوضه‌های آبریز:

$$S.M.N > E.B.N > R_3.N > R.N > D.N > S.N$$

ب - رتبه‌بندی از دیدگاه مدیران امور اجرایی:

$$S.M.N > E.B.N > R_3.N > R.N > D.N > S.N$$

ج - رتبه‌بندی از دیدگاه رؤسای ادارات ستادی:

$$S.M.N > E.B.N > R_3.N > R.N > S.N > D.N$$

د - رتبه‌بندی از دیدگاه کشاورزان با سواد:

$$E.B.N > S.M.N > D.N > R_3.N > S.N > R.N$$

ه - رتبه‌بندی از دیدگاه کشاورزان کم‌سواد و بی‌سواد:

$$E.B.N > S.M.N > R_3.N > D.N > S.N > R.N$$

نتیجه‌گیری

محاسبات بدست آمده نشان می‌دهد که قضاوت مدیریت‌ها با مدیران امور کاملاً با یکدیگر منطبق بوده و هر دو رده، تصمیم‌گیری یکسانی در ذهن خود دارند. در این گروه، رده رؤسای ادارات، بین دو طرح سعدون و دهیمیه، اولویت اجرا را به طرح سعدون اختصاص داده‌اند و در بقیه قضاوت‌ها، با مدیران امور و مدیریت‌ها یکسان بوده‌اند و بطور کلی نظرات در هر سه رده این گروه، به هم نزدیک بوده است که این امر مبین اتفاق نظر بیشتر و هماهنگی بین آن‌هاست. از طرفی دیگر نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که رتبه‌بندی بدست آمده توسط مسئولان، از نظر کارشناسی، تا حدود زیادی منطقی است. مطالعات نشان می‌دهد که در مناطق شمالی استان خوزستان مانند شوشتر و دزفول، اراضی کشاورزی در زمینه محصولات مختلف، استعداد بیشتری نسبت به مناطق دیگر دارند. لذا طرح‌های این مناطق به لحاظ اقتصادی قابلیت توجیه بیشتری دارند. سازمان آب و برق خوزستان در مناطق شرق، شمال شرق و جنوب شرق استان، در زمینه

احداث تأسیسات اصلی تأمین و انتقال آب نسبت به مناطق غرب و جنوب غرب، برنامه‌ریزی دقیق‌تری را دنبال نموده است. کافی است به این نکته اشاره نماییم که کانال انتقال آب دشت آزادگان (AMC) که منبع اصلی تأمین آب شبکه‌های دشت آزادگان است، شاید تا ده سال دیگر کامل نشود. لذا به نظر می‌رسد که رتبه‌های بدست آمده از دیدگاه این گروه با واقعیات، بیشتر نزدیک باشد. در خصوص دیدگاه کشاورزان ذکر این نکته ضروری است که شرایط نامناسب کشاورزی در مناطق غربی استان، شوری بسیار بالای زمین‌های منطقه و نداشتن آب دائم و فراوان تا حدود زیادی روی نظرات کشاورزان تاثیر گذاشته و نسبت به کشاورزان مناطق شرقی استان، خواستار اجرای شبکه‌ها حتی با شرایط سخت‌تر هستند. طبیعی است که کشاورزان مناطق شمالی استان، به دلیل دانستن اهمیت احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی و به علت وجود شبکه‌های احداث شده قبلی، تمایل بیشتری نسبت به مشارکت در احداث شبکه‌ها داشته‌اند. همچنین بطور کلی می‌توان گفت رتبه‌بندی در هر دو مدل کاملاً یکسان بدست آمد.

پیشنهادهای

براساس یافته‌های حاصل از این مطالعه، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد.

- با توجه به محدودیت منابع سرمایه‌گذاری در کشور و از سویی لزوم اجرای طرح‌های متعدد در کلیه زمینه‌ها، به نظر می‌رسد که اولویت‌بندی طرح‌ها می‌بایست در ابتدا از سوی سازمان برنامه و بودجه صورت پذیرد. همچنین روش اولویت‌بندی طرح‌ها با توجه به کلیه عوامل کمی و کیفی، برای تمامی طرح‌ها و پروژه‌ها در بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و صنعتی مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.

- با توجه به مطالعات انجام شده، اجرای طرح‌های آبیاری و زهکشی مشارکت مردمی در استان خوزستان تاکنون، بیشتر، متأثر از مسائل اجتماعی مناطق محل اجرای طرح‌ها بوده است. لذا بعضاً مشاهده می‌شود که آثار منفی ناشی از اجرای این پروژه‌ها بیشتر از آثار مثبت آن بوده و مشکلات عدیده‌ای، هم برای مسئولان و هم برای کشاورزان به وجود آورده است. لذا ضروری به نظر می‌رسد که، اولویت اجرای پروژه‌ها در مناطق مختلف، بر اساس یک روش علمی ساماندهی شود.

- به کارگیری این روش‌ها در سایر زمینه‌ها میسر است، به شرطی که در تعریف شاخص‌ها و عوامل واقعی تاثیرگذار، بررسی دقیق‌تری صورت پذیرد.

- 1- Multiple Criteria Decision Making
- 2- Multiple Attribute Decision Making
- 3 - Multiple Objective Decision Making
- 4- Simple Additive Method
- 5- Weighted product method

- در زمینه اولویت بندی طرح‌ها و تصمیم‌گیری در مورد اینکه اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها چگونه باشد، تاکنون تحقیق جامعی بین فرایندهای SAW و WPM با سایر روش‌های تصمیم‌گیری صورت نگرفته تا بتواند زمینه جدیدی برای تحقیق باشد.

- به دلیل محاسبات بسیار زیاد فرایندهای SAW و WPM، پیشنهاد می‌شود که نرم‌افزارهایی در این زمینه تهیه و در اختیار محققان قرار گیرند.

منابع

- Barker R. and Molle F. 2004. Evolution of Irrigation in South and Southeast Asia. Comprehensive Assessment Research Report 5. International Water Management Institute.
- Hamdy A. 2004. Participatory Water Saving Management and Water Cultural Heritage. WASAMED Project. Proceeding of the 1st WASAMED Workshop.
- Qiao G., Zhao L. and Klein K. 2008. Water user associations in Inner Mongolia: Factors that influence farmers to join. Agric. Water Manage.

اصغر پور، م. ج. ۱۳۷۷. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران. جلد اول.

جدیدی، ب. ۱۳۷۳. انتخاب پیمانکار پست فشار قوی به کمک فرآیند سلسله مراتبی عصبی AHP، کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.

حیدریان، س. ا. ۱۳۸۶. تحلیلی بر تجربه داخلی در انتقال مدیریت آبیاری، مقاله اولین همایش بررسی مشکلات شبکه‌های آبیاری، زهکشی و مصرف بهینه آب کشاورزی (گوهران کویر).

زرگرپور، ر.، نورزاد، ع. ۱۳۸۸. آرایه مدل مفهومی و تدوین الگوی مدیریت یکپارچه منابع آب با تاکید بر امنیت آبی کشور. فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، سال پنجم، شماره ۳، پیاپی ۱۵.

Qualitative approach and decision-making procedures for selecting BOT and BOO projects based on the risk in the water and wastewater industry

R. Shahrjerdi^{1*}, M. Raoufinia², S.H. Sajadifar³, A. Khalili⁴

1,3,4- PhD of Industrial Engineering & PhD of Economic Systems & Master of Civil Engineering, Markazi Province Water and Wastewater Company, Iran.
2- PhD student of Industrial Engineering, Azad University, Tehran Shomal, Iran.

*(Corresponding Author Email: r.shahrjerdi@yahoo.com)

Received: 13-11-2014

Accepted: 19-2-2015

رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک در صنعت آب و فاضلاب

رضا شهرجردی^{۱*}، مرجان رئوفی‌نیا^۲، سید حسین سجادی‌فر^۳، عبدالرضا خلیلی^۴

۱،۳،۴- به ترتیب دکترای مهندسی صنایع، دکترای سیستم‌های اقتصادی و کارشناس ارشد مهندسی عمران، شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی. ۲- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد تهران شمال.

*(E-Mail: r.shahrjerdi@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۳۰

Abstract

One of the most important strategies for governments to increase the efficiency of different economic sectors, including public services such as water, is to protect and strengthen the private sector. BOT and BOO contracts are among the most common and popular procedures of development of participation and investment from private sector. In this context, providing a good basis for the selection of investment projects using a powerful tool in order to improve the product quality and creating a qualitative customer-driven system (Quality Function Development) is very important. Therefore, the use of multi-criteria decision-making techniques, such as the similarity of the ideal options is necessary to choose the ideal investment. In this paper, a new method proposed to solve the problem of selection of investment projects by employing a powerful tool to improve product quality (Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD)) and Fuzzy multi-criteria decision making techniques (FTOPSIS) and then by considering the factors of risk and their impact on four important factors of the projects including: time, cost, scope and quality. Consequently, FQFD was used to calculate the weight of each risk factor, and then they were ranked by FTOPSIS algorithm based on the development of infrastructure projects and assets. Subsequently, we show through a case study of the proposed method.

Keywords: Build-Operate-Transfer, project risk management, similarity to the fuzzy ideal option model, fuzzy quality function development.

چکیده

یکی از مهم‌ترین راهبردهای دولت‌ها برای افزایش کارآمدی بخش‌های مختلف اقتصادی، از جمله خدمات بخش عمومی مانند آب و فاضلاب، حمایت از ورود بخش خصوصی و گام برداشتن در مسیر خصوصی‌سازی است. استفاده از روش‌های BOT و BOO رویکردهای بسیار معمول و پرطرفدار در جذب مشارکت و سرمایه‌های بخش خصوصی محسوب می‌شوند. در این زمینه، فراهم‌سازی بسترهای مناسب در راستای انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از ابزاری قدرتمند برای بهبود کیفیت محصول و ایجاد سامانه‌ی کیفیتی مشتری مدار (توسعه‌ی عملکرد کیفیت) بسیار حایز اهمیت بوده و در این راستا استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند شباهت به گزینه‌های ایده‌آل به منظور انتخاب گزینه‌ی ایده‌آل سرمایه‌گذاری ضروری است. هدف این پژوهش، پیشنهاد روشی جدید برای رفع مشکل انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری با رویکرد مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل و توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی با در نظر گرفتن فاکتورهای ریسک و تأثیر آن‌ها بر چهار فاکتور پروژه‌ها (زمان، هزینه، محدوده و کیفیت) می‌باشد. وزن نسبی هر یک از فاکتورهای ریسک با استفاده از توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی محاسبه و در نهایت با رویکرد مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی، پروژه‌های BOT بر اساس توسعه‌ی زیر ساخت‌ها و دارایی‌ها رتبه‌بندی شده است. با ارایه‌ی یک مطالعه‌ی موردی عملیاتی شده، مراحل این روش پیشنهادی تصریح شده است.

واژه‌های کلیدی: BOT، مدیریت ریسک پروژه، مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی، توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی.

وظیفه‌ی اصلی صنعت آب و فاضلاب کشور، تأمین آب و خدمات دفع بهداشتی فاضلاب است که نیل به آن مستلزم صرف هزینه‌های بسیاری می‌باشد. نیاز به سرمایه‌گذاری کلان و حاشیه‌ی سود زیاد (مصارف سرمایه‌ای) یکی از مشخصات منحصر به فرد صنعت آب و فاضلاب بوده و نظر به وجود پاره‌ای مشکلات، سرمایه در گردش عملیات مستمر و منابع سرمایه‌ای داخلی صنعت (حق انشعاب، سرمایه‌ی اهدایی و تبصره‌های قانونی) توانایی پوشش مصارف سرمایه‌ای را ندارند. این موضوع ناشی از محدودیت‌های قانونی در اعمال قیمت‌های اقتصادی، افزایش سطح عمومی نهاده‌های تولید و تجهیزات فنی (تورم)، وضعیت نوسانات بودجه‌ی عمومی دولت، آلودگی منابع آبی و حوضه‌های آبخیز حاشیه‌ی شهرها، مسایل زیست محیطی و موارد مشابه می‌باشد. این در حالی است که تأمین منابع مالی از طریق بازار سرمایه‌ی داخلی (انتشار سهام در بازار بورس اوراق بهادار و اوراق قرضه) با توجه به محدودیت‌های قانونی و شرایط اقتصادی و اجتماعی حاکم بر صنعت و کشور وجود ندارد. بنابراین جذب سرمایه‌های برون سازمانی و مشارکت عمومی با توجه به موجود بودن بسترهای قانونی (اصل ۴۴ قانون اساسی) یکی از روش‌های مؤثر برای تأمین منابع مالی سرمایه‌گذاری در صنعت آب و فاضلاب و گذر از مشکل تأمین نقدینگی است. بسیاری از سازمان‌ها برای نیل به وظایفی که برای آن‌ها تدوین شده نظر به بسیاری از موارد با کمبود سرمایه در گردش و کسری منابع مالی سرمایه‌گذاری مواجه می‌باشند که برای جبران آن متوسل به منابع مالی برون سازمانی می‌شوند. همچنین در سطح کلان و ملی بسیاری از دولت‌ها به خصوص کشورهای حوزه‌ی پولی یورو، آمریکای شمالی و جنوب شرق آسیا به منظور کاهش فعالیت‌ها و هزینه‌های دولتی، عدالت توزیعی منابع عمومی و ایجاد اقتصادی پویا، فعالیت‌های گسترده‌ای را از طریق ایجاد بسترهای مناسب در راستای تأمین منابع مالی و سرمایه‌ی واحدهای بخش خصوصی انجام داده‌اند.

برای نمونه در کشور هلند صنعت آب و فاضلاب آن توسط ۱۰ شرکت انجام می‌شود که سهام ۹ شرکت آن به جز شرکت watemet که مسئولیت تأمین آب شهر آمستردام را بر عهده دارد، صد درصد دولتی است. در ترکیب ترازنامه‌ی آن‌ها سهم تسهیلات مالی دریافتی بیشتر از مجموع حقوق صاحبان سهام و بدهی‌های جاری است. برای مثال در شرکت آب dunea با نام تجاری و بین‌المللی داین واتر بدریف در سال ۲۰۰۷ نسبت تسهیلات مالی دریافتی به مجموع بدهی‌ها و حقوق صاحبان سهام، ۴۷ درصد (۴۶ درصد سال ۲۰۰۶) گزارش شده است. روش‌های تأمین مالی در سال‌های اخیر رشد زیادی داشته و سازمان‌ها را با تصمیم‌گیری‌های بسیار حساسی مواجه ساخته که چه روشی می‌تواند در تأمین سرمایه‌گذاری راهگشا باشد و با توجه به محدودیت موجود انتخاب چه پروژه‌های سرمایه‌گذاری بیش‌ترین کارآمدی را خواهد داشت. پژوهش حاضر برای رفع مشکل پیچیدگی انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری بهینه، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری ایده‌آل^۱ با رویکرد عملکرد کیفیت فازی و نیز در نظر گرفتن فاکتورهای ریسک به اولویت بندی انتخاب پروژه‌ها (گزینه‌های ترجیحی) می‌پردازد. یک سازمان می‌تواند منابع مالی مورد نیاز خود را از روش‌های منابع داخلی، استقراضی و یا غیراستقراضی (BOO BOT، ...) تأمین نماید. چند سالی است که استفاده از روش‌های BOT^۲ و BOO^۳ در مقایسه با سایر روش‌ها در کشورهای مختلف استفاده فراوان شده و کارآمدی و اثربخشی آن‌ها به اثبات رسیده است. این پژوهش نظر به کارآمدی روش‌های BOT و BOO در مقایسه با سایر روش‌های تأمین مالی و همچنین وجود بسترهای قانونی و شرایط حاکمیتی صنعت آب و فاضلاب و با هدف رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT مبتنی بر ریسک انجام شده است. مطالعات متعددی در زمینه‌ی تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک انجام شده که در ادامه به تعدادی از آن‌ها به صورت اختصار مطابق جدول (۱) اشاره می‌شود.

جدول ۱- تعدادی از پژوهش‌های انجام شده برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO

محققان	موضوع
Wang و همکاران (۱۹۹۸ و ۲۰۰۰)	تعیین ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های BOT در بخش‌های زیر ساختی مختلف شامل قابلیت اطمینان تیم، تغییر در قوانین، موارد بحرانی و فساد
Kumaraswamy (۲۰۰۱)	انتخاب روش‌های انجام BOT در کشور هنگ کنگ در چارچوب مدیریت مؤثر برای احداث تونل‌های مترو و حمل و نقل عمومی
Zhao و همکاران (۲۰۱۰)	ایجاد محیطی برای برخورداری از تسهیلات کاربردی پروژه‌های با رویکرد BOT در پروژه‌های نیروگاهی کشور چین
Kang & Feng (۲۰۰۹، ۲۰۰۵) و Chen (۲۰۰۹)	ارزیابی ریسک‌های ذاتی که بخش‌های خصوصی در پروژه‌های BOT هلدینگ با آن مواجه بوده پرداخته و مدلی برای ارزیابی ریسک آن‌ها ارائه داده‌اند.
Tiong و همکاران (۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۱۹۹۶)، Dey و همکاران (۱۹۹۹) Walker & Smith (۱۹۹۵)	استراتژی کاهش ریسکی در شرایط برنده شدن امتیاز BOT

مدیریت ریسک پروژه (مبانی نظری)

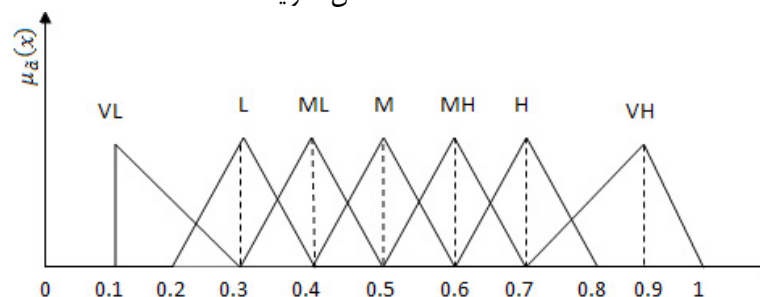
ریسک و کاهش آن در صورت امکان و کنترل ریسک‌های تعیین شده است (Turner و همکاران، ۱۹۹۲). همچنین تعریف مؤسسه‌ی مدیریت پروژه به این شرح است: رویدادهای نامعین یا موقعیتی که اگر اتفاق بیفتد بر هدف پروژه تاثیر مثبت یا منفی خواهد گذاشت. ادبیات مرتبط با مدیریت ریسک پروژه به طور عمده به توصیف نیاز به رتبه‌بندی می‌پردازد و در واقع نیاز به تمرکز بر مدیریت ریسک، ریسک‌های بالاتر را نشان می‌دهد (Archer و Baccarini، ۲۰۰۱). مطابق تعاریف ارایه شده مدیریت ریسک پروژه عبارت است به حداقل رساندن نتایج و پیامدهای حاصل از رویدادهای نامطلوب و به حداکثر رساندن نتایج حاصل از رویدادهای مطلوب. مدیریت ریسک پروژه از شش فرآیند برنامه‌ریزی، شناسایی ریسک، تجزیه و تحلیل کیفی و کمی، برنامه‌ریزی پاسخ ریسک و کنترل تشکیل شده است. نکته‌ی بسیار حایز اهمیت این که ریسک‌های پروژه به ندرت مستقل از یکدیگر می‌باشند و به طور معمول دارای درجه‌ای از روابط متقابل می‌باشند که با لحاظ کردن این تعاملات می‌توان به ارزیابی یا شناسایی صحیح‌تر مهم‌ترین ریسک‌های تاثیرگذار در موفقیت پروژه دست پیدا کرد. ریسک‌های پروژه از تنوع بسیار زیادی برخوردار می‌باشند و جامعیت خاصی برای تمام پروژه‌ها ندارند؛ با این وجود بر اساس چهارمین نسخه از ویرایش راهنمای گسترده‌ی مدیریت پروژه در سال ۲۰۱۲ ریسک‌های اصلی پروژه شامل ریسک فنی، درون سازمانی، برون سازمانی و مدیریتی می‌باشند.

ریسک پروژه به صورت شانس وقوع رخدادی تعریف می‌شود که دارای بیش‌ترین اثر منفی احتمالی بر هدف‌های پروژه می‌باشد و با عبارت‌هایی نظیر احتمال وقوع و پیامد، اندازه‌گیری می‌شود. استاندارد راهنمای گسترده‌ی دانش مدیریت پروژه^۵، که توسط مؤسسه‌ی مدیریت پروژه^۶ تدوین شده است به عنوان راهنمایی برای تحقق الزامات پروژه اعم از استاندارد مدیریت پروژه، ریسک، برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل فعالیت‌های پروژه به کار می‌رود و قابلیت تعمیم به تمامی مدیریت پروژه‌ها در کشور ما را نیز دارد. تعاریف و برداشت‌های متعددی از مدیریت ریسک توسط اشخاص و مؤسسه‌های صاحب نظر مدیریت ریسک پروژه شده، که به نظر می‌رسد تعریف Burke (۲۰۱۳) و مؤسسه‌ی مدیریت پروژه از سایرین جامع‌تر می‌باشد. طبق تعریف Burke مدیریت ریسک فرآیندی است با مفهوم تشخیص، تحلیل و پاسخی به تمام مسائل نامعین در طول دوره‌ی حیات پروژه، که شامل حداکثرسازی نتایج وقایع مثبت و حداقل سازی تبعات وقایع منفی است. Dey پیشنهاد کرده است که این فرآیندها دارای سه لایه‌ی تعیین فاکتورهای ریسک، تحلیل اثرات آنها و پاسخگویی به ریسک می‌باشد (Dey، ۱۹۹۹). همچنین Turner مدیریت ریسک را به پنج مرحله تقسیم می‌کند که شامل تشخیص منبع ریسک، تعیین اثر ریسک‌های انفرادی، ارزیابی کل اثرات ریسک، اندازه‌گیری

مجموعه و اعداد فازی

یک مجموعه‌ی فازی $\tilde{A}$ در یک وضعیت جهانی بر اساس عنصر X تعریف می‌شود. تابع عضویت $M_{\tilde{A}}(X)$ که مقدار آن برابر با یک عدد حقیقی در فواصل $[0, 1]$ است، خصوصیات این مجموعه را بیان می‌کند. عدد فازی مثلی به سه گوشه مثبت $\tilde{N}$ به صورت (N_1, N_2, N_3) تعیین می‌شود. اعداد فازی مثلی در میان اعداد فازی متداول (ذوزنقه‌ای) به دلیل سادگی در مدل‌سازی و تفسیر آسان، بیشترین کاربرد را دارند. در این پژوهش با استفاده از متغیرهای زبانی^۷ تعداد هفت عدد فازی مثلی مطابق جدول (۲) و شکل (۱) تعریف شده است. یک متغیر زبانی متغیری است که ارزش‌های آن بر اساس اصطلاحات زبانی بیان می‌شود. مفهوم متغیر زبانی در رابطه با موقعیت‌ها بسیار پیچیده، اما مفید بوده و با تعریف کمی درستی از آن‌ها ارایه نشده است.

بنیاد منطق فازی بر شالوده‌ی نظریه‌ی مجموعه‌های فازی استوار است و تعمیمی از نظریه‌ی کلاسیک مجموعه‌ها می‌باشد. مطابق تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه است یا نیست و در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و دستگاه اعداد دودویی (باینری) تبعیت می‌کند. تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهند و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. منطق فازی کاربردهای فراوانی در علوم مختلف دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تفسیری است که این علم از ساختار تصمیم‌گیری‌های موجودات هوشمند و در رأس آن‌ها، هوش انسان می‌باشد.



شکل ۱- تابع عضویت فازی

جدول ۲- اعداد فازی مثلثی به هر یک از متغیرهای زبانی

متغیرهای زبانی	نشانه	اعداد فازی
خیلی کم	VL	(۰.۱, ۰.۱, ۰.۳)
کم	L	(۰.۲, ۰.۳, ۰.۴)
متوسط به پایین	ML	(۰.۳, ۰.۴, ۰.۵)
متوسط	M	(۰.۴, ۰.۵, ۰.۶)
متوسط به بالا	MH	(۰.۵, ۰.۶, ۰.۷)
زیاد	H	(۰.۶, ۰.۷, ۰.۸)
خیلی زیاد	VH	(۰.۷, ۰.۹, ۱, ۰)

توسعه‌ی عملکرد کیفیت

توسعه‌ی عملکرد کیفیت^۸ به عنوان یکی از روش‌های مدیریت کیفیت یک راهنمای ساختار یافته و خطی است که به موجب آن، نیازهای مشتری به محصولات و خدمات، مطابق با نیازهای آن‌ها تولید می‌شود. این فرآیند به طور معمول با کیفیت اجزای عملکردی آغاز

شده و سپس به کیفیت همه‌ی قسمت‌ها و فرایندها گسترش می‌یابد. توسعه‌ی عملکرد کیفیت از دو جزء کیفیت و عملکرد تشکیل یافته که منجر به گسترش در طول فرآیند طراحی می‌گردد. توسعه‌ی عملکرد کیفیت در واقع روش توسعه، گسترش ویژگی‌ها و کارکردهایی است که به محصولات با توجه به نیاز مشتریان، کیفیت می‌بخشد. هدف اصلی توسعه‌ی عملکرد کیفیت مطابق جدول (۳) می‌باشد.

جدول ۳- تعدادی از اهداف اصلی توسعه‌ی عملکرد کیفیت

نامحسوس	محسوس
• افزایش رضایت مشتری	• طراحی محصول با هزینه‌ی کمتر
• تسهیل در کار گروهی با چندین نظام مختلف	• حذف تغییرات مکرر فنی
• ایجاد منبعی قابل تبدیل برای دانش فنی	• شناسایی مقدماتی نقاط بحرانی پروژه
• تشویق اعضای توسعه‌ی عملکرد کیفیت به انتقال دانش	• تعیین فرایندهای آتی تولید
• اجرای دقیق و همزمان تمامی عناصر توسعه‌ی عملکرد کیفیت	• کاهش زمان توسعه‌ی محصول و تخصیص بهینه‌ی منابع
• تبدیل خواسته‌های نامفهوم مشتریان به خواسته‌های قابل درک	
• شناسایی بهتر خواسته‌های مشتری	

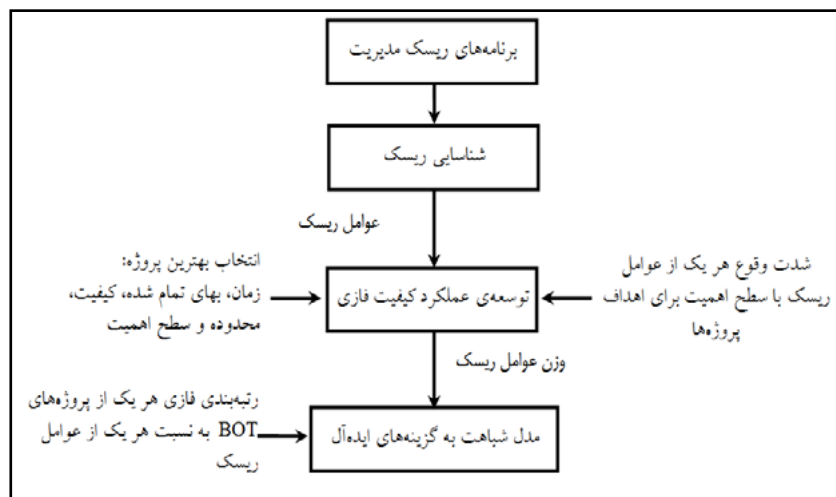
مدل پیشنهادی

مدل پیشنهادی برای انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری BOT یا BOO در این پژوهش، ترکیبی از روش‌های توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی و مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی است که در سه مرحله و مطابق شکل (۲) انجام شده است:

۱- تعیین ریسک‌های متنوع پروژه.

۲- محاسبات توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی برای به دست آوردن وزن‌های فاکتورهای ریسک.

۳- ارزیابی (رتبه‌بندی) پروژه‌های سرمایه‌گذاری با مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی و تعیین بهترین پروژه‌ی سرمایه‌گذاری.



شکل ۲- نمودار فرآیند انتخاب بهترین پروژه‌ی سرمایه‌گذاری BOT یا BOO

و روش بسیار مناسب برای حل مسایل تصمیم‌گیری در محیط فازی می‌باشد (Zamri و Abdullah، ۲۰۱۴). وزن فاکتورهای ریسک به عنوان یکی از پیش‌نیازهای مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در این پژوهش با استفاده از روش توسعه‌ی عملکرد کیفیت محاسبه شده و رتبه‌بندی معیارها، توسط متغیرهای در چارچوب اعداد فازی مثبت مثلثی انجام شده است.

مطلوبیت نزولی را حداقل می‌کند. گزینه‌ی بهینه، نزدیک‌ترین گزینه به راه‌حل ایده‌آل مثبت و دورترین گزینه از راه‌حل ایده‌آل منفی است. حل یک مسئله با مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی مستلزم ماتریس تصمیم‌گیری است که شامل مجموعه‌ای از m گزینه است که بر اساس n شاخص ارزیابی می‌شوند.

$$G = [G_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{m1} & G_{m2} & \dots & G_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

این وزن‌ها اهمیت معیارهای ارایه شده توسط تصمیم‌گیرندگان از طریق بررسی‌ها و ارزیابی‌های ذهنی را با واژه‌های زبانی مطابق جدول (۲) نشان می‌دهند.

تکنیک‌های تصمیم‌گیری فازی

تکنیک‌های متنوعی برای رتبه‌بندی و انتخاب گزینه‌های ترجیحی وجود دارد که مدل شباهت به راه‌حل ایده‌آل یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌های کلاسیک مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۹ است. مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل به طور گسترده برای از بین بردن مشکلات رتبه‌بندی در موقعیت‌های واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد

مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی

منطق مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی، راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی است. راه‌حل ایده‌آل مثبت، معیارهای با مطلوبیت نزولی را حداکثر و معیارهای مطلوبیت صعودی را حداقل می‌نماید. راه‌حل ایده‌آل منفی، معیارهای مطلوبیت صعودی را حداکثر و معیارهای

مطابق ماتریس فوق $A_1, A_2, \dots, A_m$ گزینه‌ها می‌باشند که توسط تصمیم‌گیرندگان (خبرگان صنعت) بایستی ارزیابی شوند. $C_1, C_2, \dots, C_n$ معیارهایی هستند که در مقابل عملکرد گزینه‌ها در نظر گرفته می‌شوند. G_{ij} رتبه‌ی گزینه‌ی A_i در برابر معیار C_j و W_j وزن C_j می‌باشد.

به منظور آشنایی و نحوه‌ی استفاده از رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازای برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک در صنعت آب و فاضلاب و تحلیل نتیجه‌ها و یافته‌ها، یک نمونه‌ی واقعی که در سال ۱۳۹۲ در یکی از شرکت‌های بخشی صنعت آب و فاضلاب انجام شده است ارایه می‌گردد. لازم به ذکر است به دلیل محرمانه بودن اطلاعات از ذکر نام محل و پروژه‌های آن خودداری شده است. هدف اصلی پژوهش اولویت‌بندی انتخاب پنج پروژه‌ی سرمایه‌گذاری BOT بر اساس ۳۰ عامل ریسک اولیه بر چهار فاکتور پروژه‌ها (زمان، هزینه، محدوده و کیفیت) با رویکرد

یافته‌های مطالعه‌ی موردی

مطابق مطالبی که پیشتر گفته شد، در این بخش مراحل انجام عملیات محاسباتی موضوع اصلی پژوهش در خصوص پیشنهاد یک راه حل علمی در مقابل روش‌های تصمیم‌گیری سلیقه‌ای و غیرعلمی برای رفع مشکل انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری (یعنی تصمیم‌گیری غیرقطعی به قطعی) به اختصار گزارش می‌شود.

جدول ۴- خطرات نهایی شده در پروژه‌های BOT و BOO

عنوان ریسک	کد اختصاصی	عنوان ریسک	کد اختصاصی
مالکیت	R ₀₁	عملکرد	R ₀₆
مدیریت	R ₀₂	حوادث غیر مترقبه	R ₀₇
ساخت	R ₀₃	مالی	R ₀₈
خرید (تدارکات)	R ₀₄	تعارض قانونی	R ₀₉
نگهداری	R ₀₅	تاخیر در ساخت	R ₁₀

(۱)

$$\tilde{I}_i = (I_{i1}, I_{i2}, I_{i3}) = \tilde{W}_T \tilde{I}_{iT} + \tilde{W}_C \tilde{I}_{iC} + \tilde{W}_S \tilde{I}_{iS} + \tilde{W}_Q \tilde{I}_{iQ}$$

(۲) معادله‌ی تأثیر عامل ریسک بر زمان

$$\tilde{I}_{iT} = (I_{iT1}, I_{iT2}, I_{iT3})$$

(۳) معادله‌ی تأثیر عامل ریسک بر هزینه

$$\tilde{I}_{iC} = (I_{iC1}, I_{iC2}, I_{iC3})$$

فاکتورهای زمان، هزینه، محدوده و کیفیت در پروژه‌های سرمایه‌گذاری، دارای وزن‌های مختلفی بر اساس مفاهیم کارشناسی هستند که در واقع نیازهای مشتریان می‌باشند. سپس با استفاده از نظر کارشناسان، اهمیت نهایی هر کدام از فاکتورها با اعداد فازای مثلی تعیین شده است (جدول ۵). همچنین برای یکپارچه‌سازی اثر هر فاکتور ریسک که در مرحله‌ی قبل اندازه‌گیری شده، از معادلات ۱ تا ۵ استفاده شده است.

مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازای و توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازای می‌باشد. همچنین به منظور تعیین وزن فاکتورهای ریسک با رویکرد مدل‌هایی که پیش‌تر توضیح داده شد، با پرسشنامه، از نظرات ۱۵ نفر از کارشناسان خبره و متخصصین دانشگاهی که با مدیریت پروژه آشنایی کامل دارند استفاده شده است. لازم به ذکر است، حل یک مسئله با رویکرد مدل‌های علمی مانند مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازای و موارد مشابه مستلزم برنامه‌نویسی در بستر نرم‌افزارهای محاسبات عددی و جبرخطی مانند Matlab و ++C می‌باشد که به دلیل حجم گسترده‌ی محاسبات و اطلاعات از گزارش آن‌ها صرف‌نظر شده و فقط جداول نتایج نهایی ارایه شده است.

۱- انتخاب ریسک‌ها از لحاظ تأثیرگذاری

در مرحله‌ی نخست برای انتخاب ریسک‌ها (نماینده‌ی ریسک‌ها) از لحاظ درجه‌ی تأثیرگذاری و اهمیت نیاز با استفاده از نظر کارشناسان خبره و فعال در این پروژه‌ها (۱۵ نفر) انجام شده است. ابتدا با کاربرد تکنیک طوفان ذهنی^{۱۱} تعداد ۳۰ ریسک تأثیرگذار بر پنج پروژه‌ی BOT انتخابی شناسایی و سپس با استفاده از روش دلفی^{۱۲} به ۱۰ ریسک کاهش یافته (نماینده‌ی ریسک‌ها) که در جدول (۴) گزارش شده است.

(۴) معادله‌ی تأثیر عامل ریسک بر محدوده

$$\tilde{I}_{IS} = (I_{IS1}, I_{IS2}, I_{IS3})$$

(۵) معادله‌ی تأثیر عامل ریسک بر کیفیت

$$\tilde{I}_{IQ} = (I_{IQ1}, I_{IQ2}, I_{IQ3})$$

در مرحله‌ی بعدی اثر هر فاکتور ریسک (R) بر روی زمان، هزینه، کیفیت و محدوده با استفاده از یکپارچگی نظرات کارشناسان به عنوان اعداد فازی مثلثی تعیین می‌شود و سپس اثر نهایی هر فاکتور ریسک (I) به وسیله‌ی اثر امتیاز چندگان‌های که بر روی هر فاکتور ریسک بر اساس نیازمندی و اهمیت هر کدام از آن‌ها تعیین شده، معین می‌شود.

جدول ۵- ماتریس تصمیم فازی

عنوان	R ₀₁	R ₀₂	R ₀₃	R ₀₄	R ₀₅	R ₀₆	R ₀₇	R ₀₈	R ₀₉	R ₁₀
پروژه‌ی یک	VL	VH	H	ML	H	L	VH	L	L	L
پروژه‌ی دو	L	ML	L	L	ML	M	VL	L	M	M
پروژه‌ی سه	M	H	M	L	M	ML	VL	L	M	VL
پروژه‌ی چهار	L	VH	VH	VH	H	L	VH	M	M	ML
پروژه‌ی پنج	H	H	M	VH	VH	ML	L	ML	H	ML

۲- تعیین وزن نهایی فاکتورهای ریسک

وزن‌های نسبی هر یک از فاکتورهای ریسک در این مرحله به صورت رابطه‌ی ۶ حاصل می‌شود.

$$\bar{P}_i * \tilde{I}_i = \bar{P}L_i = (PI_{i1}, PI_{i2}, PI_{i3}) \quad (۶)$$

مطابق رابطه‌ی فوق $\bar{P}L_i$ یک عدد فازی مثلثی بوده و بر اساس رابطه‌ی (۷) قابل تبدیل به عدد صحیح می‌باشد و اشاره به وزن یا اهمیت فاکتور ریسک دارد و در نهایت وزن نسبی ۱۰ فاکتور ریسک مطابق جدول (۶) محاسبه شده است.

$$(PI_{i1} + 2PI_{i2} + PI_{i3}) / 4 \quad (۷)$$

جدول ۶- وزن نسبی هر یک از عوامل ریسک

رتبه	عنوان ریسک	کد اختصاصی	وزن (درصد)
۱	حوادث غیر مترقبه	R ₀₇	۰/۱۶
۲	مالی	R ₀₈	۰/۱۴
۲	خرید (تدارکات)	R ₀₄	۰/۱۴
۳	نگهداری	R ₀₅	۰/۱۱
۳	تعارض قانونی	R ₀₉	۰/۱۱
۴	عملکرد	R ₀₆	۰/۰۸
۴	تاخیر در ساخت	R ₁₀	۰/۰۸
۵	مدیریت	R ₀₂	۰/۰۷
۵	ساخت	R ₀₃	۰/۰۷
۶	مالکیت	R ₀₁	۰/۰۴

و خرید با ۱۴ درصد، نگهداری و تعارض قانونی با ۱۱ درصد، عملکرد و تاخیر در ساخت با هشت درصد و مدیریت و ساخت با هفت درصد دارای وزن‌های نسبی و رتبه‌های یکسانی می‌باشند.

جدول (۶) نشان می‌دهد، بیشترین درصد وزن نسبی عوامل ریسک به حوادث غیر مترقبه (۱۶ درصد) و کمترین به عامل مالکیت (۴ درصد) اختصاص دارد. این در حالی است که عامل‌های ریسک مالی

پروژه‌ها بر طبق مقدارهای شاخص ضریب نزدیکی به ترتیب نزولی بر اساس طرح مربوطه تعیین شده است. نتیجه‌ی نهایی پژوهش روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT مبتنی بر ریسک مطابق جدول (۷) می‌باشد. طبق این جدول، بهترین پروژه‌ی انتخابی (گزینه) با ضریب اطمینان بسیار قطعی بر اساس

۳- رتبه‌بندی پروژه‌ها

رتبه‌بندی پروژه‌ها در مرحله‌ی سوم بر اساس روش شباهت به راه حل ایده‌آل فازی انجام شده است. پروژه‌ی انتخابی دارای حداکثر ارزش مقدارهای شاخص ضریب نزدیکی^{۱۲} است که به عنوان پروژه‌ی بهینه بر اساس محاسبات راه حل ایده‌آل فازی تعیین شده و رتبه‌بندی دیگر

فاکتورهای ریسک، پروژه‌ی شماره‌ی چهار و سایر پروژه‌ها در اولویت انتخاب بعدی قرار دارند. این جدول در واقع تلفیقی از مدل‌های علمی و کمی پژوهش و حل مسئله است که می‌تواند به صورت قطعی و ضریب اطمینان بسیار زیاد مورد استفاده‌ی مدیریت در انتخاب

پروژه‌ی سرمایه‌گذاری باشد. انتخاب پروژه‌ی چهار (گزینه) به نوعی بهترین تصمیم مدیریت (تصمیم‌گیری علمی و گروهی) در راستای فرآیند مدیریت، استفاده‌ی بهینه از منابع محدود، بازدهی سرمایه‌گذاری و نوعی کاهش هزینه‌های فرصت از دست رفته می‌باشد.

جدول ۷- نتایج رتبه‌بندی پروژه‌های پیشنهادی با رویکرد مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل فازی

رتبه	عنوان	فاصله‌ی بردار ایده‌آل مثبت	فاصله‌ی بردار ایده‌آل منفی	ضریب نزدیکی
۱	پروژه‌ی چهار	۰/۰۷	۱/۳۵	۰/۹۵
۲	پروژه‌ی یک	۰/۲۳	۱/۲۰	۰/۸۴
۳	پروژه‌ی سه	۰/۳۵	۱/۰۷	۰/۷۵
۴	پروژه‌ی دو	۰/۳۸	۱/۰۴	۰/۷۳
۵	پروژه‌ی پنج	۱/۰۵	۰/۳۸	۰/۲۶

جمع‌بندی

وظیفه‌ی اصلی مدیریت یعنی برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، رهبری و کنترل، مستلزم اندازه‌گیری صحیح و به موقع عوامل مؤثر می‌باشد و بدون اندازه‌گیری فرآیند مدیریت امکان‌پذیر نمی‌باشد. بهبود وضعیت سازمان‌ها و حرکت از وضعیت "بودن" به سمت "شدن" مستلزم اندازه‌گیری فعالیت‌ها و عوامل مؤثر بر مدیریت است و تولید اطلاعات قطعی که ناشی از تجزیه و تحلیل علمی داده‌ای باشد، تأثیر عمده‌ای بر تصمیم‌گیری‌های خواهد داشت و مدل‌های علمی از جمله تکنیک‌هایی که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شد (اعداد و مجموعه‌های فازی، توسعه‌ی عملکرد کیفیت فازی و مدل مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل) قادر به تولید اطلاعات دقیق برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت می‌باشند.

امروزه نظر به شرایط محیطی حاکم بر سازمان‌ها (اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی) این باور را باید داشته باشیم که تصمیم‌گیری بهینه با لحاظ کردن شاخص‌های کمی و کیفی محیطی و ترکیب آن‌ها با نظرات خبرگان صنعت یا تصمیم‌گیرندگان نهایی در بستر مدل‌های علمی هنر اصلی مدیریت در راستای ایجاد ارزش افزوده‌ی اقتصادی، افزایش حقوق صاحبان سهام (ارزش سهام در بازارهای سرمایه)، انتظارات ذی‌نفعان و حرکت در مسیر برنامه‌های هدف‌گذاری شده است. این موضوع به خصوص در کشورهای در حال توسعه که از فقر مدیریت و منابع سرمایه‌ای بسیار رنج می‌برند و در صنعتی به حساسیت بسیار بالای آب و فاضلاب که نیازمند سرمایه‌گذاری کلان

است و از طرفی با طیف گسترده‌ای از آحاد جامعه و مسایل متنوع و پیچیده‌ی زیست محیطی مواجهه است، بسیار پر رنگ جلوه می‌نماید. نتایج پژوهش می‌تواند به عنوان یک ایده و راهنمای اولیه در اختیار مدیریت ارشد (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور) و بخشی (شرکت‌های آب و فاضلاب استانی و تبصره‌ای) صنعت در راستای ایجاد بسترهای لازم برای استقرار فرهنگ سازمانی در استفاده از مدل‌های کمی در زمینه‌های مختلف به خصوص تصمیم‌گیری‌های علمی باشد. همچنین نگهداری نتیجه‌های حاصل از فعالیت‌های فوق و موارد مشابه و تصمیم‌هایی که بر اساس آن‌ها اتخاذ شده، منجر به ایجاد دانش سازمانی می‌شود که در تصمیم‌گیری‌های آینده مفید واقع خواهد شد. حال با توجه به نتایج بالا در تدوین راهکاری علمی در انتخاب صحیح پروژه‌ها و توجه به این که خصوصی‌سازی به عنوان یکی از مهمترین برنامه‌های پیش روی کشور می‌باشد، لذا با توجه به شرایط خاص سازمان‌هایی که عهده‌دار خدمات بخش عمومی می‌باشند (مانند صنعت آب و فاضلاب) و آماده سازی آن‌ها برای توسعه‌ی مشارکت بخش خصوصی، می‌توان فرآیند واگذاری امور توسعه‌ای را با به کارگیری روش‌هایی مانند BOO و BOT در این بخش با اطمینان خاطر بیش‌تری پیش برد.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد خصوصی‌سازی و استفاده از ظرفیت‌های برون سازمانی در صنعت آب و فاضلاب با به کارگیری روش‌هایی مانند BOO و BOT امری بسیار مهم می‌باشد که در راستای حصول نتایج بهتر و جلوگیری از تأثیر هر چه کمتر خطرات ریسک در این پروژه‌ها نیاز به استفاده از ظرفیت‌های کارشناسان

خبره و علمی کردن فرآیند انتخاب می‌باشد. به طوری که مطابق نتایج پژوهش محاسبه‌ی دقیق وزن‌های عوامل مؤثر در پروژه‌ها می‌تواند تا حد زیادی در اثربخشی استفاده از روش شباهت به راه حل ایده‌آل فازی مهم باشد و در نهایت نتایج رتبه‌بندی را برای پروژه‌های دیگر تغییر دهد (تحلیل حساسیت). از سویی، می‌توان با

برنامه‌ریزی مستمر در راستای آماده سازی صنعت آب و فاضلاب برای توسعه‌ی مشارکت بخش خصوصی و ترسیم گام‌های علمی و عملی در راستای سنجش و ارزیابی قراردادهای سرمایه‌گذاری در مسیر افزایش کارآمدی فعالیت‌ها و بهبود آرایه‌ی خدمات به آحاد جامعه حرکت نمود.

پی نوشت

- 1- Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS)
- 2- Build Operation Transfer (BOT)
- 3- Build Operation Own (BOO)
- 4- Project Management Body of Knowledge (PMBOK)
- ۵- مؤسسه‌ی مدیریت پروژه در سال ۱۹۶۹ با شش عضو در آمریکا تأسیس شد و در حال حاضر بیش از ۲۰۰ هزار عضو در ۱۵۰ کشور دارد و هدف اصلی آن فراهم سازی استاندارد مدیریت پروژه می‌باشد که یکی از آنها استاندارد راهنمای گسترهی دانش مدیریت پروژه می‌باشد.
6. Positive Triangular Fuzzy Number (PTFU)

7. Linguistic terms

8. Quality Function Deployment (QFD)

9- Multiple Criterion Decision Making (MCDM)

۱۰- طوفان ذهنی یا یورش فکری (Brainstorming) یک تکنیک خلاقیت فردی یا گروهی است که در طی آن، با جمع آوری فهرستی از ایده‌ها که توسط اعضای تیم تولید می‌شود، برای رسیدن به یک جمع‌بندی یک مسأله تلاش می‌شود.

۱۱- دلفی (Delphi) فرآیندی ساختار یافته برای جمع‌آوری و طبقه‌بندی دانش موجود در نزد گروهی از خبرگان صنعت است که از طریق توزیع پرسشنامه‌هایی در بین این افراد و بازخورد کنترل شده پاسخ‌ها و نظرات دریافتی انجام می‌گیرد. کاربرد این تکنیک برای تصمیم‌گیری گروهی است.

12- Closeness Coefficient (CC_i)

assessment for build-operate-transfer projects: a dynamic multi-objective programming approach.

Computers & operations research, 32(6): 1633-1654.

Kang C.C. and Feng C.M. 2009. Risk measurement and risk identification for BOT projects: A multi-attribute utility approach. Mathematical and Computer Modelling, 49(9): 1802-1815.

Kumaraswamy M. and Zhang. X. 2001. Governmental role in BOT-led infrastructure development. International Journal of Project Management, 19(4): 195-205.

Turner J.R. 1992. The handbook of project-based management: Improving the processes of achieving strategic objectives. McGraw-Hill Companies. London, UK.

Walker C.T. and Smith. A.J. 1995. Privatized infrastructure: The build operate transfer approach. Thomas Telford. London, UK.

منابع

- Baccarini D. and Archer R. 2001. The risk ranking of projects: a methodology. International Journal of Project Management, 19(3): 139-145.
- Burke R. 2013. Project management: planning and control techniques. New Jersey, USA
- Chen C. 2009. Can the pilot BOT Project provide a template for future projects? A case study of the Chengdu No. 6. Water Plant B Project. International Journal of Project Management, 27(6): 573-583.
- Dey P.K. 1999. Process re-engineering for effective implementation of projects. International Journal of Project Management, 17(3): 147-159.
- He J. 1996. Introduction to the application of BOT scheme in China. Journal of Foreign Investors, 1: 5-7.
- Kang C.C., Feng C.M. and Khan H.A. 2005. Risk

- Wang S.Q., Tiong, Robert L.K., Ting S.K. Chew D. and Ashley D. 1998. Evaluation and competitive tendering of BOT power plant project in China. *Journal of construction engineering and management*, 124(4): 333-341.
- Wang S.Q., Tiong, Robert L.K., Ting S.K. and Ashley D. 2000. Evaluation and management of political risks in China's BOT projects. *Journal of construction engineering and management*, 126(3): 242-250.
- Zamri N. and L. Abdullah. 2014. A New Qualitative Evaluation for an Integrated Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS and MCGP, in *Recent Advances on Soft Computing and Data Mining*. Springer, 79-88.
- Zhao Z.Y., Zuo, Jian, Zillante, George, Wang and Xin-Wei. 2010. Critical success factors for BOT electric power projects in China: thermal power versus wind power. *Renewable Energy*, 35(6): 1283-1291.

Identification of sources of pollution caused by livestock, poultry and fish activities in the Mashhad plain aquifer

A.A. Ghezelsofloo^{*1}, R. Azimi²

1- Assistant professor, Civil Eng. Department, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran. 2- Ph.D. Student of Rangeland Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran.

*(Corresponding author Email: ghezelsofloo@mshdiau.ac.ir)

Received: 6-12-2013

Accepted: 19 -2-2015

شناسایی منابع آلاینده آبخوان دشت مشهد ناشی از فعالیت‌های دام، طیور و آبزیان

عباسعلی قزل سوفلو^{۱*}، ریحانه عظیمی^۲

۱- استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

۲- دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: ghezelsofloo@mshdiau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۳۰

Abstract

According to the reports, industrial livestock activities have most pernicious and harmful impacts on water resources quality. Livestock activities include cattle breeding, animals feeding, cleaning animals resting sites, the storage of livestock manure and even abandoned places for livestock keeping impose large negative effects on water quality. Such impacts stems from high density or livestock producing large amounts of waste. The livestock population density is not the only factor affecting the quality of water resources, but also to manage the collection and disposal of animal waste can also affect the quality of water resources. As per surveys and field reconnaissance carried out on Mashhad, in the current situation, animal waste disposal in most cases is done in unwise and unsystematic manner (accumulation and disposal in agricultural land). In general in Mashhad plain, the main cause of water pollution in the vicinity of livestock production is incorrect storage of animal manure so that annually many manure are produced. In case they enter to aquifer, it will causes most hazardous pollution. In ingoing study, the vulnerability of Mashhad Plain Aquifer to pollutants is evaluated and given importance of groundwater resources in the provision of drinking water, some solutions to prevent, control and reduce pollution will be discussed.

Keywords: aquaculture, livestock's manure, industrial livestock breeding, poultry industry, water quality

چکیده

تجزیه و تحلیل مالی و اقتصادی در سرمایه‌گذاری بخش براساس گزارش‌های جهانی، دامپروری صنعتی اثرات مخربی بر کیفیت منابع آب دارد. فعالیت‌های دامداری شامل پرورش احشام، تغذیه دام‌ها، نظافت محل دامداری، ذخیره‌سازی کود و حتی دامداری‌های متروکه اثرات منفی وسیعی بر کیفیت آب دارند. این اثرات معمولاً ناشی از تراکم یا تعدد زیاد دام‌ها می‌باشد که می‌توانند مقدار زیادی فضولات دامی تولید کنند. البته تراکم جمعیت دام تنها فاکتور مؤثر بر کیفیت منابع آب نبوده، بلکه مدیریت جمع‌آوری و دفع پسماندهای حیوانی نیز می‌تواند بر کیفیت منابع آب اثرگذار باشد. طبق بررسی‌ها و بازدیدهای میدانی به عمل آمده از محدوده مطالعاتی مشهد، در شرایط کنونی دفع فضولات دامی در بیشتر موارد به صورت غیراصولی (انباشت و دفع در زمین‌های کشاورزی) صورت می‌گیرد. به طور کلی در منطقه دشت مشهد، عمده‌ترین عامل آلودگی آب در مجاورت دامداری‌های صنعتی، ذخیره‌سازی نادرست کودهای حیوانی در این مراکز می‌باشد. در دشت مشهد سالانه مقدار بسیار زیادی فضولات دامی در مراکز پرورش دام سنگین تولید می‌گردد که در صورت ورود به آبخوان مشهد باعث ایجاد آلودگی‌های بسیار خطرناک می‌گردد. در این پژوهش میزان آسیب‌پذیری آبخوان دشت مشهد از آلاینده‌های دامی بررسی شده و با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی در تامین آب شرب، به ارائه راهکارهای پیشگیری، کنترل و کاهش آلودگی پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: آبی پروری، پسماندهای حیوانی، دامپروری صنعتی، صنعت مرغداری، کیفیت آب.

به صورت محلی جزء منابع نقطه‌ای آلودگی محسوب می‌شود که ذخیره‌سازی نادرست و سوء مدیریت در این امر موجبات آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را فراهم می‌کند (Freedman, ۲۰۰۳). انباشت فضولات در یک نقطه به منظور انتقال آنها به مزارع سبب افزایش مواد مغذی و نمک‌های محلول در روان‌آب‌های عبوری از این نقاط حتی پس از انتقال، شده و سبب افزایش مقادیر پارامترهایی مانند رنگ، مزه و BOD_5 (منظور اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی که یکی از مهمترین شاخص‌های سنجش آلودگی فاضلاب است) در آب می‌گردد. همچنین، در این مناطق تولید بو به علت تجزیه بی‌هوازی فاضلاب‌های غنی و میزان بالای باکتری و پاتوژن ناشی از فضولات حیوانی محسوس می‌باشد (مهندسين مشاور جام کشت خراسان، ۱۳۸۲).

پارامترهای کیفی آب در ارتباط با فعالیتهای دامی به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- مواد آلی (فضولات دام)
- ۲- مواد مغذی (نیترات و فسفات)
- ۳- پاتوژن‌ها (میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا)
- ۴- آنتی بیوتیک‌ها و هورمون‌ها

مصرف سموم و حشره‌کش‌ها (سمپاشی دامداری‌ها) نیز می‌تواند بر کیفیت منابع آب پایین‌دست دامپروری‌ها، جهت مصارف شرب، کشاورزی و تفریحی اثرگذار باشند. شیب زمین، میزان بارندگی، موقعیت قرارگیری منابع پذیرنده نسبت به دامداری، بافت و نفوذپذیری خاک و سطح آب آبخوان‌ها، عوامل اثرگذار بر میزان شدت این آلودگی‌ها می‌باشند (Freedman, ۲۰۰۳).

صنعت مرغداری نیز در بسیاری از کشورها از جمله آمریکا یکی از موارد عمده و اساسی در تخریب محیط زیست می‌باشد که سبب ازبین رفتن ماهی‌ها، بسیاری از حیوانات وحشی و نیز ایجاد بیماری و عفونت در انسان‌ها می‌گردد. نگهداری غیراصولی هزاران پرنده در فضاهای بسته و کوچک علاوه بر بد منظره‌کردن محیط، سبب ایجاد آلودگی و بیماری در این حیوانات و سرایت آن به محیط زیست می‌گردد. فضولات طیور حاوی مقادیر زیادی از نیترات، فسفات و پتاسیم می‌باشند (زهري، ۱۳۹۰). بر اساس تحقیقات انجام گرفته در خلیج چسپایک در آمریکا، اگرچه فعالیتهای دامپروری به صورت سنگین (پرورش گاو شیری و ...) مقدار بیشتری فضولات نسبت به مرغداری‌ها تولید می‌کنند، اما فضولات مرغی دارای ۴ برابر نیتروژن و ۲۴ برابر فسفر بیشتر می‌باشند (زهري، ۱۳۹۰). علاوه بر این، کودهای مرغی حاوی فلزات سنگین نظیر منگنز، آهن، مس، روی و آرسنیک می‌باشند. این کودها، به خصوص در مواقع استفاده در زمین‌های کشاورزی، می‌توانند سبب آلودگی در آب‌های زیرزمینی اراضی مجاور گردند (مهندسين مشاور جام کشت خراسان، ۱۳۸۲). همچنین صنعت مرغداری را می‌توان یکی از منابع پیدایش بیماری ناشی از باکتری کمپلوباکتر دانست (مهندسين مشاور کاوش پی

براساس گزارش‌های جهانی، دامپروری صنعتی اثرات مخربی بر کیفیت منابع آب دارد. از آنجا که مقادیر قابل توجهی از منابع آب صرفاً برای تولید علوفه دام مصرف می‌گردد، چرای بی‌رویه باعث برداشت بی‌رویه از منابع سطحی و زیرزمینی می‌شود (Costa Pierce, ۲۰۰۲). فعالیتهای دامداری اثرگذار بر کیفیت آب شامل دو نوع فعالیت متمرکز و غیر متمرکز می‌باشد. فعالیتهای متمرکز آلوده‌کننده، شامل پرورش دام سنگین (بیش از ۵۰۰ راس)، تولید فرآورده‌های شیری و پناهگاه‌های زمستانی احشام است در حالیکه آلودگی‌های غیر متمرکز شامل تغذیه دام، پرورش گوساله یا دام‌های کوچک و محل‌های آبخوری احشام می‌باشد.

فعالیتهای دامداری شامل پرورش احشام، تغذیه دام‌ها، نظافت محل دامداری، ذخیره‌سازی کود و حتی دامداری‌های متروکه اثرات منفی وسیعی بر کیفیت آب دارند. این اثرات معمولاً ناشی از تراکم یا تعدد زیاد دام‌ها می‌باشد که می‌توانند مقدار زیادی فضولات دامی تولید کنند (Wynne, ۲۰۰۱).

یک گاو شیری روزانه بین ۷ تا ۸ درصد وزن بدنش، فضولات دفع می‌کند، که از نظر حجمی برای یک گاو ۴۵۴ کیلوگرمی روزانه ۴۰ سانتی‌متر مکعب می‌باشد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۰). فضولات روزانه یک گاو ۴۵۴ کیلوگرمی شامل ۰/۱۹ کیلوگرم نیتروژن، ۰/۰۸ کیلوگرم فسفر و ۰/۱۵ کیلوگرم پتاسیم است (مهندسين مشاور جام کشت خراسان، ۱۳۸۲). مخلوط ادرار و مدفوع گاو، تقریباً ۸۵ تا ۸۷ درصد رطوبت دارد، بنابراین برداشت و حمل فضولات و انتقال آن جهت آماده‌سازی به مکانی دور از منابع آب، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۰). انباشت فضولات حیوانی بخصوص در شرایط بد آب و هوایی علاوه بر زشت و بد منظره کردن محیط اطراف و تجمع حشرات، می‌تواند موجب آلودگی آب‌های مجاور از طریق زه‌آب خروجی از توده کود گردد. بالا رفتن غلظت باکتری‌های کلیفرم^۱ مدفوعی در منابع آبی مجاور دامپروری‌ها می‌تواند یکی از آلودگی‌های مربوط به فعالیتهای متمرکز به حساب آید. کریستپوریدیم^۲ بطور معمول در بدن پستانداران بخصوص در گوساله‌ها و پرندگان وجود دارد. آنها به کلرزی مقاومند و فقط در طول عملیات صحیح فیلتراسیون از بین می‌روند. روان‌آب‌های ناشی از ذوب برف‌ها و باد و باران شدید که باعث شسته‌شدن کودهای حیوانی به رودخانه می‌شوند، می‌تواند عامل مؤثری در این آلودگی به شمار آید (Harris, ۲۰۰۰).

پس مدیریت جمع‌آوری و دفع پسماندهای حیوانی می‌تواند بر کیفیت منابع آب اثرگذار باشد. به عبارتی تعداد و یا تراکم دام تنها فاکتور مؤثر بر کیفیت آب نبوده، بلکه مدیریت به موقع در رسیدگی به این موضوع نیز بسیار حائز اهمیت است (Miner, ۱۹۹۵). فضولات دام

مشهد، ۱۳۹۱). از زمانی که عفونت‌های کمپلوباکتری به فهرست بیماری‌ها اضافه گردید (در ۳۰ سال اخیر)، ملاحظه گردید که این صنعت یکی از عوامل انتشار این نوع عفونت در انسان بوده است. بسیاری از گله‌های مرغ به تدریج به این باکتری آلوده می‌شوند؛ بدین صورت که مرغ پس از آلودگی، علائم بیماری را از خود نشان نمی‌دهد و باکتری از مرغی به مرغ دیگر از طریق آب و یا مدفوع آلوده منتقل می‌گردد (مهندسین مشاور کاوش پی مشهد، ۱۳۹۱). با این حال هر ساله میلیون‌ها مرغ، اردک، بوقلمون، شترمرغ و ... در اثر گرما، تداخل دارویی، ازدحام، استرس و ... قبل از رفتن به کشتارگاه از بین می‌روند. لاشه این حیوانات مرده در چاه‌هایی با عنوان چاه اتلاف در مجاورت و یا داخل مرغداری‌ها دفن شده و یا سوزانده می‌شوند که در صورت اجرای غیراصولی این‌گونه روش‌های دفع، این چاه‌ها به منبعی مملو از عفونت و میکروب تبدیل شده که در صورت نشت به آب‌های زیرزمینی باعث بروز فاجعه خواهند شد (مهندسین مشاور جام کشت خراسان، ۱۳۸۲).

همچنین تمامی فعالیت‌های مدیریتی در صنعت آبی‌پروری جهت

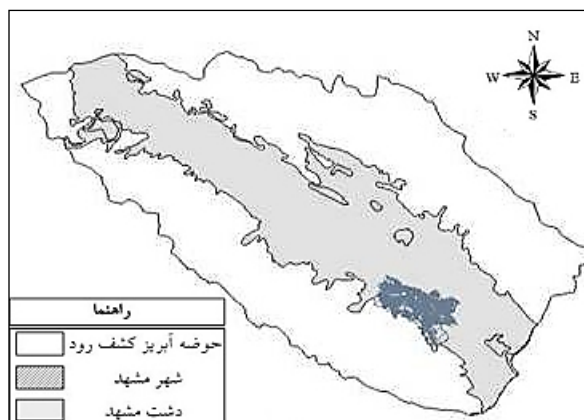
ازدیاد محصول، نظیر کود دهی، سمپاشی و غذا دهی، منجر به کاهش کیفیت آب و در نتیجه بهم خوردن تعادل شیمیایی آن می‌گردد (Costa Pierce, ۲۰۰۲). از طرف دیگر افزایش فعالیت متابولیکی در آبزیان باعث تشدید اثرات آن شده، بقایای مواد مصرف نشده غذایی و همچنین فضولات و پسماندهای متابولیکی، ازدیاد میزان مصرف بیوشیمیایی اکسیژن، تولید آمونیوم، نیتريت، نوسان شدید اکسیژن محلول و تغییرات pH ناشی از بهم خوردن موازنه شیمیایی در آب و ازدیاد مواد جامد معلق می‌باشد (Costa Pierce, ۲۰۰۲). همچنین تخلیه‌ی پساب حوضچه‌های پرورش آبزیان می‌تواند موجب رها شدن انواع میکروارگانیسم‌های بیماریزا (به عنوان یکی از منابع غذایی مهم آبزیان پرورشی بخصوص قزل‌آلای رنگین‌کمان) در محیط گردد. استفاده از غذاهای با کیفیت پایین برای تغذیه ماهیان نیز ممکن است خطراًفرین باشد، مثلاً غذای تهیه شده از غلات کپک زده و رشد قارچ آسپرژیلوس در آن، سم پایدار آفلاتوکسین را در آب ایجاد می‌کند و وجود آن در آب شرب باعث تجمع در کبد و پس از مدتی ایجاد سرطان می‌شود (طالبی و همکاران، ۱۳۸۹).

مواد و روش‌ها

– معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت مشهد با توجه به تقسیمات سیاسی کشور در استان خراسان رضوی قرار گرفته و بخشی از حوضه آبریز کشف رود می‌باشد. مساحت این دشت بالغ بر ۱۶۵۰۰ کیلومتر مربع بوده که حدود ۵۰۰ کیلومتر مربع از آن دشت و مابقی را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. از نظر جایگاه زمین‌شناسی این محدوده در حد فاصل دوزون زمین‌شناسی کپه‌داغ و بینالود واقع شده است و جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در این دشت از شمال غرب به طرف جنوب شرق (در جهت شیب عمومی دشت) می‌باشد.

آبرفت‌های محدوده شهر مشهد که دارای دانه‌بندی درشت است و به سمت کشف‌رود کم کم ریزدانه می‌شود. در نتیجه از نظر بافت، زمین‌های محدوده شهر مشهد جزء زمین‌های با قابلیت انتقال خوب قرار می‌گیرند که این مسأله در جهت نفوذ آلودگی‌های آب‌های سطحی و فاضلاب‌های آلوده به اعماق پایین‌تر، نقش اساسی را ایفا می‌کند. اهمیت دشت مشهد علاوه بر تامین آب مورد نیاز کشاورزی که مقدار آن به بیش از ۱/۵ میلیارد مترمکعب می‌رسد، به دلیل تامین آب شرب و بهداشت اهالی شهرهای مشهد، چناران، شاندیز و طرقيه می‌باشد. شکل (۱) موقعیت محدوده مطالعاتی و شهر مشهد در حوضه آبریز کشف رود را نشان می‌دهد.



شکل ۱- محدوده مطالعاتی مشهد در بالادست حوضه آبریز کشف رود

– آمار و اطلاعات از نظر مکانی و زمانی و نحوه اخذ آن‌ها

در این تحقیق جهت شناسایی منابع آلاینده دامی و در نهایت برآورد توان آلاینده‌گی آنها در محدوده مطالعاتی گام‌های ذیل برداشته شد:

۱- دسته‌بندی منابع آلاینده دامی شامل مراکز پرورش دام سنگین، مراکز پرورش طیور و استخرهای پرورش ماهی.

۲- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به مصارف آبی آنها و نیز کمیت و کیفیت آب و پساب تولیدی از ادارات و موسسات مربوطه و ...

۳- انجام بازدیدهای میدانی و تکمیل پرسشنامه‌های مربوط به هرمنبع آلاینده.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از داده‌های موجود براساس مقایسه و تطبیق آنها با استانداردهای ملی و بین المللی.

در بازدیدهای میدانی به عمل آمده از کل منطقه مطالعاتی در سال ۱۳۸۹ حدود ۱۷۱ واحد دامداری صنعتی، ۱۸۵ واحد مرغ‌داری و ۲۰ واحد استخر آبزی پروری شناسایی گردید. برای هر کدام از این واحدها پرسشنامه‌هایی به صورت مجزا در محل تکمیل گردید. این پرسشنامه‌ها حاوی مشخصات عمومی واحد اعم از نام واحد، نام مالک، موقعیت جغرافیایی، آدرس، شماره تلفن، تعداد دام و ... و نیز مشخصات فنی اعم از مساحت دامداری، میزان مصرف آب مورد نیاز جهت خوراک، فضای سبز، نحوه دفع پساب و پسماند و ... بوده است. پس از تکمیل فرم‌های مذکور، نقشه‌های GIS مربوطه تهیه و برآورد میزان فاضلاب و توان آلاینده‌گی آنها محاسبه گردید. در این تحقیق روش‌های تخمین بر اساس اخذ اطلاعات، بازدیدها و برآوردهای کمی و کیفی آلاینده‌های باشد.

نتایج و بحث

– دفع فضولات دامی در دامداری‌های صنعتی در دشت مشهد

منابع مختلف، برآوردهای مختلفی را از میزان فضولات تولیدی در یک دام (گاو) ارائه نموده اند. جدول (۱) به ارائه دقیق‌ترین برآوردها

از تحقیقات انجام گرفته پرداخته است (انجمن مهندسين کشاورزي آمريکا- استاندارد، ۱۹۹۲). با توجه به جدول (۱) و با در نظر گرفتن میانگین وزنی هر دام سنگین ۴۵۴ کیلوگرم، می‌توان برآوردی کلی از میزان فاضلاب تولیدی و کیفیت آن طبق جدول (۲) در منطقه ارائه داد.

جدول ۱- کمیت و کیفیت فضولات تولیدی در یک دام سنگین (گاو)

(مهندسين مشاور کاوش پی مشهد، ۱۳۹۱)

کل فضولات تولیدی (Lbs/day/1000-lb animal unit)	نیتروژن ft ³ /day	فسفر ft ³ /day
۵۹/۱	۰/۳۱	۰/۱۱

جدول ۲- برآورد میزان فضولات تولیدی و کیفیت آن در محدوده مطالعاتی

(مهندسين مشاور کاوش پی مشهد، ۱۳۹۱)

تعداد دام سنگین	کل فضولات تولیدی (1000-lb animal Unit)		نیتروژن		فسفر	
	Lbs/day	Kg/day	ft ³ /day	m ³ /day	ft ³ /day	m ³ /day
۳۲۵۱۰	۱۹۲۱۳۴۱	۸۷۲۲۸۹	۱۰۰۷۸	۲۸۶	۳۵۷۶	۱۰۱

به طور کلی در منطقه دشت مشهد، عمده‌ترین عامل آلودگی آب در مجاورت دامداری‌های صنعتی، ذخیره‌سازی نادرست کودهای حیوانی در این مراکز می‌باشد. طبق بررسی‌ها و بازدیدهای میدانی به عمل آمده از محدوده مطالعاتی مشهد، در شرایط کنونی دفع فضولات دامی در بیشتر موارد به صورت غیراصولی (انباشت و دفع در زمین‌های

کشاورزی) صورت می‌گیرد. پخش غیراصولی این کودها در زمین‌های کشاورزی موجب نفوذ مواد سمی و باکتری‌ها به خاک، ریشه گیاه و منابع آبی سطحی و زیرزمینی مجاور شده و سبب ایجاد آلودگی و در نتیجه بروز انواع بیماری‌ها در انسان و نیز حیوانات می‌گردد.

– دفع فضولات و کود ناشی از پرورش طیور

در بررسی‌های به عمل آمده در منطقه مطالعاتی دشت مشهد، تقریباً تمامی مراکز پرورش طیور شناسایی شده اقدام به فروش فضولات مرغی تولیدی به باغداران پسته به خصوص در خارج از دشت مشهد می‌نمایند و این در حالی است که کودهای مرغی حاوی فلزات سنگینی نظیر منگنز، آهن، مس، روی و آرسنیک می‌باشند (انجمن مهندسين کشاورزی آمریکا- استاندارد، ۱۹۹۲). این کودها، به خصوص در مواقع استفاده در زمین‌های کشاورزی می‌توانند سبب آلودگی در آب‌های زیرزمینی و سطحی مجاور این اراضی گردند. در جدول (۳) ویژگی‌های

کمی و کیفی فضولات برخی طیور به اختصار ارائه شده است (انجمن مهندسين کشاورزی آمریکا- استاندارد، ۱۹۹۲).
BOD₅ یا اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، یکی از مهمترین شاخص‌های سنجش آلودگی فاضلاب است که در اینجا برای ماکیان حدود ۰/۰۱۳ (lb/day) و در جوجه‌ها حدود ۰/۰۰۳۴ (lb/day) می‌باشد. قابل ذکر است که در جدول (۳) مقادیر به صورت تقریبی ارائه گردیده است. مشخصات واقعی ممکن است ۳۰ درصد بالا یا پایین مقادیر ذکر شده باشند. همچنین حجم ضایعات در یک سیستم ممکن است به دلیل اضافه شدن آب و یا بستر سازی، بیشتر از مقادیر جدول باشند.

جدول ۳- برآورد ویژگی‌های کمی و کیفی فضولات تولیدی در طیور (مهندسين مشاور کاوش پی مشهد، ۱۳۹۱)

نوع دام	وزن دام (lb)	کل فضولات تولیدی (lb/day)	BOD ₅ (lb/day)	مواد مغذی (lb/day)	
				N	P ₂ O ₅
ماکیان	۴	۰/۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۲۵
جوجه کبابی	۲	۰/۱۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۰۹

– تأمین آب کشاورزی با استفاده از پساب پرورش ماهی در منطقه مطالعاتی

شروع فعالیت کشاورزی همزمان با افزایش دمای هوا و آب است. تغذیه و رشد ماهی نیز همزمان با بالا رفتن دمای آب افزایش می‌یابد. با افزایش تغذیه نیاز به اکسیژن محلول و به تبع آن آب ورودی و خروجی مزارع زیادتر می‌گردد. در محدوده مطالعاتی پساب خروجی اکثر مزارع پرورش ماهی (پرورش ماهی‌های سردآبی رودخانه و چشمه‌های مشرف به دشت نظیر رودخانه فریزی) به خصوص در فصل زراعی به مصرف آبیاری اراضی کشاورزی می‌رسد (کاظم‌زاده خواجویی و همکاران، ۱۳۸۰). به این طریق بخش عمده پساب که در فصل زراعی تولید می‌گردد از گردونه تصفیه فیزیکی و شیمیایی خارج گردیده و صرفه‌جویی زیادی در هزینه‌ها به وجود می‌آید. به عنوان مثال فرآیند نیترات‌سازی از پساب در اراضی کشاورزی یک فرآیند پیچیده شیمیایی-زیستی می‌باشد؛ به این معنی که پساب در مسیر انتقال از مزارع پرورش ماهی تا مزارع کشاورزی در اثر هوادهی ناشی از ریزش در آبشارها، تلاطم، امواج سطحی و برخورد با گیاهان، قسمتی از آمونیاک موجود را تبدیل به نیتريت و سپس نیترات خواهد کرد (Risse, ۱۹۹۶). قسمت باقی مانده نیز در فرآیند زیستی در مزارع تبدیل به نیترات شده و عمل کوددهی را انجام خواهد داد.

فسفات سازی نیز از فرآیند مشابهی تبعیت می‌کند (مهندسين مشاور کاوش پی مشهد، ۱۳۹۱). تحقیقات مختلف نشان‌دهنده این است که استفاده از پساب خروجی از مزارع پرورش ماهی در امر کشاورزی باعث افزایش کمی و کیفی در محصولات کشاورزی می‌گردد. از طرف دیگر احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی در منطقه نیز افزایش می‌یابد (مهندسين مشاور کاوش پی مشهد، ۱۳۹۱). با بررسی‌های میدانی و بازدیدهای صورت گرفته در محدوده مطالعاتی دشت مشهد، در حدود ۲۰ مرکز پرورش ماهی با میزان مشخص شناسایی گردیده است که اکثر این استخرها از آب چاه به عنوان منبع تأمین آب مورد نیاز خود استفاده می‌نمایند. روش تخلیه پساب نیز به این صورت است که آب با داخل شدن به حوضچه‌های پرورش پس از هوادهی از استخر خارج می‌گردد. برخی از این کارگاه‌ها دارای یک استخر ته‌نشینی قبل از خروج آب بوده که البته در اکثر موارد عملکردی غیر اصولی دارند. پساب جامد، حاصل از فرآیند پرورش شامل پساب غذایی و مدفوع ماهیان بوده که به ازاء هر تن ماهی حدود نیم تن خواهد شد. پرسشنامه‌های تکمیل شده در این کارگاه‌ها با کمی اختلاف حاکی از همین موضوع بوده و به استناد آنها، سالانه حدود ۵۸/۵ تن ضایعات تولید و تقریباً بدون تصفیه وارد اکوسیستم‌های طبیعی می‌گردند.

– بار آلودگی تولیدی ناشی از کارگاه‌های آبی پروری در دشت مشهد

قدرت آلودگی پساب تخلیه شده یک مزرعه پرورش ماهی به طور مستقیم با تعیین میزان مواد جامد معلق در آب و تعیین مصرف اکسیژن بیولوژیک آب قابل اندازه‌گیری می‌باشد. طبق جدول (۴) به طور متوسط میزان مواد دفعی به ازای هر تن تولید ماهی در حدود ۵۱۰ کیلوگرم مواد جامد، ۱۰۸ کیلوگرم نیتروژن و ۱۹ کیلوگرم فسفر می‌باشد (سرویس حفاظت منابع طبیعی آمریکا، ۱۳۷۲). با بازدهی‌های میدانی صورت گرفته، تولید ماهی توسط کارگاه‌های پرورش ماهی در دشت مشهد سالانه ۱۰۵ تن برآورد شده است. بر این اساس می‌توان قدرت آلودگی استخرهای

پرورش ماهی در دشت مشهد را برای این میزان تولید سالانه به شرح جدول (۵) محاسبه نمود.

جدول ۴- متوسط بار آلودگی ناشی از تولید یک تن ماهی در سال (کیلوگرم)

کل مواد جامد	نیتروژن	فسفر
۵۱۰	۱۰۸	۱۹

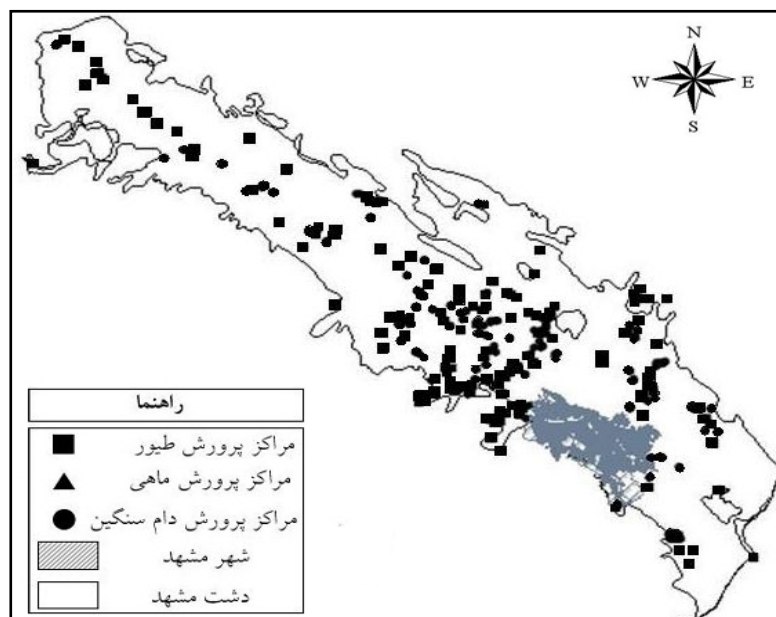
جدول ۵- متوسط بار آلودگی تولیدی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی در دشت مشهد (کیلوگرم)

کل مواد جامد	نیتروژن	فسفر
۵۳/۵۵	۱۱/۳۴	۱/۹۹

جمع‌بندی

آبخوان دشت مشهد به علت افزایش جمعیت و همچنین ورود جمعیت زیاد در بیشتر فصول سال به شهر مشهد یکی از مهمترین آبخوان‌ها در استان خراسان رضوی بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا حفاظت از منابع آب زیرزمینی در گام اول و تقویت این منابع در گام بعدی از اساسی‌ترین اقدامات مدیریتی برای بهره‌برداری از این منابع حیاتی می‌باشد. طبق بررسی‌های انجام گرفته و مباحث فوق، به نظر می‌رسد پساب‌های حاصل از فعالیت دام و پرورش طیور و آبی پروری در منطقه دارای محدوده گسترده‌ای از مواد آلاینده می‌باشد، که در صورت ورود به آب زیرزمینی باعث ایجاد آلودگی‌های بسیار خطرناک در آنها می‌گردد.

تراکم شدید این واحدها در محدوده دشت مشهد (شکل ۲) و نیز جهت حرکت آب‌های زیرزمینی به سمت شهر و موقعیت چاه‌های آب شرب شهر مشهد سبب می‌گردد که این مراکز (خصوصاً در محورهای قوچان و کلات و سیمان) در صورت عدم دفع اصولی پسماندها و پساب‌های خود باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی گردیده و بدین ترتیب لطامات جبران ناپذیری را به محیط زیست وارد نماید. بررسی‌ها نشان می‌دهد سالانه بالغ بر ۳۰۰ هزار تن فضولات دامی از مراکز پرورش دام سنگین در دشت مشهد تولید می‌گردد که منشاء تولید ۱۰۴ هزار مترمکعب نیتروژن و ۳۶ هزار مترمکعب فسفر در سال می‌باشند. همچنین در مراکز پرورش طیور شناسایی شده (۱۸۵ واحد) با تعداد بالغ بر ۶۸۰۰۰۰۰ تعداد طیور پرورشی، بار آلودگی BOD_5 تولیدی در حدود ۱۵۰۰۰ تن در سال برآورد می‌گردد



شکل ۲- تراکم مراکز پرورش دام در دشت مشهد

که در رده آلاینده‌های نسبتاً قوی قرار می‌گیرد. اعداد فوق تنها مربوط به میزان آلودگی در پسماند تولیدی بوده و این در حالی است که واحدهای مذکور اعم از پرورش طیور و دام سنگین دارای فاضلاب بهداشتی ناشی از فعالیت پرسنل و شستشوی سالن‌ها نیز می‌باشند. این پساب‌ها در چاه‌های جذبی و در اغلب موارد در اراضی کشاورزی مجاور و یا عرصه‌های طبیعی دفع می‌گردند. قابل ذکر است انباشت پسماندهای مراکز دام صنعتی به صورت غیر اصولی علاوه بر عدم پیروی از استانداردهای موجود، پتانسیل بالایی را در آلوده کردن منابع آبی منطقه فراهم آورده است که قطعاً تأثیرات آن در آینده و در دراز مدت قابل پیش بینی است.

– راهکارهای کاهش آلودگی

براساس بررسی‌های به عمل آمده، مدیریت زیست محیطی پسماند و نیز نظارت بر دفع لاشه دام‌های مرده مبحث بسیار با اهمیتی می‌باشد. در راستای اجرایی شدن بند ب ماده ۲ همچنین مواد ۱، ۴، ۶، ۷، ۹، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹ و ۲۱ قانون مدیریت پسماندها و به استناد ماده ۶۸۸ قانون مجازات اسلامی انباشت فضولات و دفع لاشه‌های مرده دام‌ها نیازمند اعمال مدیریت صحیح می‌باشند. در ذیل خلاصه‌ای از دستورالعمل‌های ارائه شده در خصوص مدیریت پسماند و روش‌های دفع لاشه‌های دام که در راستای کاهش آلودگی‌های محیط زیست به خصوص منابع آب تدوین شده‌اند، ارائه شده است:

– دامداری‌ها و نیز کشتارگاه‌ها موظف به در نظر گرفتن تاسیسات انباشت فضولات به اندازه‌ی نگهداری موقت می‌باشند. بنابراین برنامه مدیریت فضولات نیز بایستی به منظور پاکسازی کامل سایت انباشت و تیمار فضولات بطور سالیانه توسعه یابد.

– طراحی محل استقرار سایت بایستی به منظور به حداقل رسانیدن اثرات احتمالی بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی صورت گیرد. به همین منظور حداقل فاصله‌ی ۱۰۰ متر از هرگونه آبگذر و یا منبع آبی که برای مقاصد خانگی استفاده می‌شود، بایست رعایت شود.

همچنین در منطقه مطالعاتی، نظافت و پاکسازی در دامداری‌های بزرگ و صنعتی اغلب با گندزدایی و ضدعفونی همراه می‌باشد که در این رابطه از مواد و سموم شیمیایی نظیر سموم کلره، فسفره و کاربامات‌ها جهت ضدعفونی کردن محل نگهداری دام‌ها استفاده می‌گردد که در صورت نفوذ به آب‌های زیرزمینی می‌تواند باعث بروز آلودگی گردد. همچنین دفن دام‌های مرده بصورت غیراصولی و در برخی موارد در بالادست منابع آبی احتمال بروز آلودگی‌های باکتریایی و ویروسی در منبع آبی مجاور و خطرات ناشی از آن مانند شیوع بیماری‌هایی از جمله وبا، بیماری‌های گوارشی و پوستی و ... را در بر خواهد داشت.

۱- زهکشی خوب در محل نگهداری دام و نیز سایر اراضی سایت انجام شود که این امر باعث افزایش کارایی دام شده و همچنین در کنترل حشرات موذی نظیر مگس موثر بوده و در نهایت مدیریت بهتر همراه با کاهش بو را مهیا می‌سازد.

۲- برای ممانعت از نشت به آب‌های زیرزمینی، محل انباشت فضولات بر پایه نفوذپذیری کم انتخاب شود.

۳- کاهش مرگ و میر دام‌ها و در ادامه آن کاهش تولید پسماند با پیشگیری از بیماری‌های دامی.

۴- قبل از استفاده از فضولات در زمین‌های کشاورزی، بایستی کمیت و کیفیت عناصر ریزمغذی موجود در فضولات و نیز شرایط خاک و توپوگرافی منطقه تعیین شود.

۵- میزان و زمان استفاده از فضولات دامی در زمین‌های کشاورزی در فصول مختلف باید مدنظر قرار گیرد تا از آلوده شدن اراضی کناردست و منابع آبی جلوگیری شود.

۶- فضولات نمی‌بایست بر روی خاک‌های یخ زده یا پوشیده از برف استفاده شود، مگر اینکه اثبات شود که این فعالیت منجر به آلودگی آب نمی‌شود (مهندسین مشاور کاوش پی مشهد، ۱۳۹۱).

قدردانی و سیاست‌گذاری

در نگارش مقاله حاضر از نتایج مطالعات پایش کیفی منابع آب زیرزمینی دشت مشهد استفاده شده است که در این راستا از شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، دفتر حفاظت کیفی منابع آب، به خصوص از جناب آقای مهندس موسوی به دلیل در اختیار قراردادن گزارشات و داده‌ها قدردانی می‌شود.

پی نوشت

1- Coliform Bacteria

2- Cryptosporidium

- Costa Pierce B.A. 2002. Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution. Department of Fisheries. Animal and Veterinary Science. University of Rholde Island.
- Freedman R. and Fleming R. 2003. Water Quality Impacts of Burying Livestock Mortalities. Ridge town College – University of Guelph, August.
- Harris B.L., Hoffman D.W., and Mazac F.J. 2000. Reducing the Risk of Ground Water Contamination by Improving Livestock Holding Pen Management. Texas Agricultural Extension Service.
- Miner R. 1995. Reducing the risk of Groundwater contamination from livestock manure management. Oregon state university extension service.
- Risse L.M. and Cheadle S.A. 1996. Pollution Prevention in Agricultural Livestock Production, University of Georgia, Cooperative Extension, Service Biological and Agricultural Engineering, Department.
- Wynne F. 2001. Factors Which Affect Water Quality in Livestock Ponds. Aquaculture Extension Specialist. Kentucky State University Guidelines for the Handling Treat met And Disposal of Abattoir Waste, 1-29 August.

- انجمن مهندسين کشاورزي آمريکا. ۱۹۹۲. استاندارد ASAE. زهري، م.ع. ۱۳۹۰. پرورش طيور گوشتي. انتشارات دانشگاه تهران. سرويس حفاظت منابع طبيعي آمريکا. ۱۳۷۲. مديريت مواد زائد کشاورزي.
- شرکت مهندسين مشاور جام کشت خراسان. ۱۳۸۲. مطالعه و تحقيق و بررسي اثرات توسعه بر محيط زيست شهرستان مشهد- بخش ششم: بررسي وضعيت دآمداری و دامپروری شهرستان مشهد، بررسي ميزان آلودگی و اثرات آن بر محيط زيست، ارائه راه حل ها. کارفرما: مرکز تحقيقات زيست محيطی اداره کل حفاظت محيط زيست خراسان.
- شرکت مهندسين مشاور کاوش پی مشهد. ۱۳۸۸-۱۳۹۱. شناسایی منابع آلاینده و پايش کيفی منابع آب زیرزمینی دشت مشهد. طالبی، م.ع. و درخشنده، ر. ۱۳۸۹. بررسي اثرات پساب های خروجی حوضچه های پرورش ماهی قزل آلا. طرح پژوهشی: موسسه تحقيقات شيلات ايران.
- قربانی، غ. و خسروی نیا، ح. ۱۳۹۰. اصول پرورش گاوهای شيرده. دفتر انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- کاظم زاده خواجویی، ا. و اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۰. بررسي آلودگی ناشی از کارگاه های پرورش ماهی قزل آلا در رودخانه هراز. علوم دریایی خرمشهر، ۳۸(۳): ۲۷-۳۴.

Comparison of Ca(OH)_2 and NaOH on Hexavalent Chromium removal in drinking water treatment

R. Heydarzadeh^{1*}, M. Mohtasham²

1- Master of Environmental Engineering, Academic Member of Birjand University of Technology, Birjand, Iran.

2- Msc in Water Resources Engineering, Khorasan South Province Water and Wastewater Authority, Iran.

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

Received: 16-7-2014

Accepted: 19-2-2015

مقایسه اثر محلول شیرآهک و سود در حذف آلاینده کروم شش ظرفیتی از آب

رضا حیدرزاده^{۱*}، محسن محتشم^۲

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران محیط زیست، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی بیرجند.

۲- کارشناس ارشد مهندسی منابع آب، شرکت آب و فاضلاب خراسان جنوبی.

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۳۰

Abstract

In parts of desert regions in our country, groundwater is the only source of fresh water and due to geological formation, the concentration of hexavalent chromium in groundwater will reach beyond the allowed limits. Furthermore, previous studies showed that hexavalent chromium is a cancerous substance for humans and toxic for other organisms. In this study the removal of hexavalent chromium from drinking water using reclamation method which turns hexavalent chromium into Cr(III) using Fe(II) as a function of pH and amount of Fe(II) injection were investigated. The removal of hexavalent chromium (Cr(VI)) from drinking water using Fe(II) increased at pH 7.8-8.15, then any increase or decrease in pH led to decrease in the efficiency of hexavalent chromium removal. The pH adjustments were done by adding Ca(OH)_2 Solution and 0.1N NaOH. Results Showed that Cr(VI) reduction will be higher if we use Ca(OH)_2 solution for pH adjustment instead of 0.1N NaOH. Not only Ca(OH)_2 solution improves the Cr(VI) removal efficiency but also it increases the final turbidity of water and it should be noticed in drinking purposes. On the other hand, Ca(OH)_2 solution can be used because of its safety and lower cost.

Keywords: hexavalent Chromium removal, pH adjustment, reclamation, Ca(OH)_2 , FeSO_4 , water treatment.

چکیده

در برخی از مناطق کویری کشورمان آب زیرزمینی تنها منبع تأمین آب شرب می‌باشد و به دلیل ساختار زمین‌شناسی، غلظت کروم شش ظرفیتی در آب زیرزمینی آن مناطق از حداکثر مجاز بیشتر است. از طرفی بسیاری از مطالعات گذشته نشان داده‌اند که کروم شش ظرفیتی یک عنصر ایجاد کننده سرطان در انسان است و بر روی سایر ارگانیزم‌ها نیز اثر سمی دارد. در این مطالعه حذف کروم شش ظرفیتی از آب شرب به روش احیاء به کروم سه ظرفیتی با استفاده از یون آهن دوظرفیتی به عنوان تابعی از pH و مقدار تزریق آهن دوظرفیتی در آزمایشات ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفته است. حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از یون آهن دوظرفیتی در محدوده $7/8 < \text{pH} < 8/15$ افزایش یافته و سپس هر گونه افزایش یا کاهش pH منجر به کاهش راندمان حذف کروم شش ظرفیت می‌گردد. تنظیم pH بوسیله افزودن محلول شیرآهک و سود ۰/۱ نرمال انجام شد و نتایج بدست آمده نشان داد که چنانچه برای تنظیم pH از محلول شیرآهک بجای سود استفاده شود، احیاء کروم شش ظرفیتی بیشتر خواهد بود. علاوه بر افزایش راندمان حذف کروم شش ظرفیتی، استفاده از محلول شیرآهک جهت تنظیم pH موجب افزایش کدورت نهایی آب نیز می‌گردد. این نکته باید در فرآیندهای تصفیه آب جهت مصارف شرب مدنظر قرار گیرد، اما به دلیل کم خطر بودن و هزینه کمتر، استفاده از محلول شیرآهک به جای سود می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: حذف کروم شش ظرفیتی، تنظیم pH، احیاء، شیرآهک، فروش سولفات، تصفیه آب.

متحرک هستند. از طرف دیگر در شرایط قلیایی تا اسیدی ضعیف کروم سه ظرفیتی می‌تواند به شکل $Fe_xCr_{1-x}(OH)_3$ یا $Cr(OH)_3$ ته‌نشین گردد (Fei و همکاران، ۲۰۰۳).

یون‌های کرومات می‌توانند توسط اکسیدهای آهن، آلومینیوم، منگنز، مواد معدنی رسی، خاک‌های طبیعی و کلئیدها جذب شوند. جذب کروم شش ظرفیتی یک واکنش ترکیبی سطحی است که بین یون‌های کرومات آبی از یک طرف و مکان‌های ویژه سطحی هیدروکسیل از طرف دیگر انجام می‌پذیرد. هر واحد ترکیب سطحی کروم شش ظرفیتی می‌تواند ۳ الی ۴ مکان سطح هیدروکسیل را پوشش دهد. این واکنش ترکیبی وابسته به pH است و در غلظت‌های کم کروم شش ظرفیتی، جذب کروم با کاهش pH افزایش پیدا می‌کند (Davis و همکاران، ۱۹۸۰؛ Bloon و همکاران، ۱۹۸۱). با توجه به حلالیت کم کروم در محدوده pH بین ۷ و ۸ می‌توان از این خاصیت و خواص جذب، انعقاد، فیلتراسیون و ...، کروم را از آب و پساب حذف نمود. روش‌های ذیل به طور معمول برای تصفیه آب‌های حاوی کروم و آلاینده‌های غیرآلی دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

– احیاء و ترسیب

– تعویض یونی

– اسمز معکوس و س‌ایر فعالیت‌های غشایی

– انعقاد با آهک و جذب توسط کربن یا فیلتراسیون

– تخلیص با مواد حلال

– تبخیر و بازیافت الکترولیتی

– رسوب دادن شیمیایی و یا انعقاد با مواد شیمیایی

– روش‌های بیولوژیکی

در جدول (۱) کارایی فرآیندهای مختلف در حذف کروم از آب مقایسه شده است.

بسیاری از مطالعات گذشته نشان داده‌اند که کروم شش ظرفیتی^۱ یک عنصر ایجاد کننده سرطان در انسان است و بر روی سایر ارگانیسم‌ها نیز اثر سمی دارد، اما کروم سه ظرفیتی^۲ که شکل احیا شده کروم شش ظرفیتی است، برای سلامت انسان و حیوانات مورد نیاز می‌باشد (Gaughofer و همکاران، ۱۹۹۱). در طبیعت کروم شش ظرفیتی به صورت کاتیون‌های محلول در آب و خاک یافت می‌شود و می‌تواند به کروم سه ظرفیتی که اثر سمی کمتری دارد احیاء گردد. کروم سه ظرفیتی که می‌تواند در محیط‌های آبی به صورت محلول یا غیرمحلول باشد، قابلیت جابه جایی آن ۱۰۰ بار از کروم شش ظرفیتی کمتر است. کروم شش ظرفیتی می‌تواند در بدن انسان به آسانی به کروم پنج ظرفیتی^۳ احیاء گردد و شکل احیاء شده آن می‌تواند در بافت‌های بدن نفوذ و تجمع نماید و موجب رشد سرطانی سلول‌ها گردد (Kim و همکاران، ۲۰۰۲).

کروم شش ظرفیتی معمولاً در طبیعت به صورت یون کرومات^۴ وجود دارد. همه ساله در سراسر جهان صنایع مختلفی مانند چرم‌سازی، آبکاری فلزات و ... حدود ۲۳۹ هزار تن کرومات را در محیط زیست تخلیه می‌کنند. علاوه بر این در بسیاری از مناطق جهان ساختار زمین‌شناسی محل، حاوی کرومات و دیگر اشکال کروم شش ظرفیتی می‌باشد. کروم شش ظرفیتی تخلیه شده توسط صنایع و نیز ناشی از ساختار زمین‌شناسی زمین می‌تواند به آسانی به محیط‌های آبی نفوذ نموده و آب‌های طبیعی و اکوسیستم‌های موجود را آلوده نماید (Kim و همکاران، ۲۰۰۲).

در شرایط قلیایی تا اسیدی ضعیف، بسیاری از خاک‌ها کرومات، بی‌کرومات^۵ و دی‌کرومات^۶ را که حاوی کروم شش ظرفیتی هستند بطور موثر جذب نمی‌کنند و این مواد در محیط‌های زیرزمینی بسیار

جدول ۱- کارایی فرآیندهای مختلف در حذف کروم از آب

فرآیند	هوا دهی و زدایش با هوا	انعقاد، ته‌نشینی و فیلتراسیون	سختی گیری با آهک	تبادل یونی		فرآیندهای غشایی			اکسیداسیون شیمیایی گندزدایی	جذب		
				آنیونی	کاتیونی	فیلتراسیون	فیلتراسیون	فیلتراسیون		گرانول کربن فعال	پودر کربن فعال	آلومینای فعال
۳ ظرفیتی	ضعیف	خوب تا عالی	خوب تا عالی	ضعیف	عالی	عالی	*	عالی	متوسط	خوب	متوسط	ضعیف
۶ ظرفیتی	ضعیف	ضعیف	ضعیف	عالی	ضعیف	خوب تا عالی	*	خوب تا عالی	ضعیف	خوب	متوسط	ضعیف

ضعیف (حذف به میزان صفر تا ۲۰ درصد)، متوسط (حذف به میزان ۲۰ تا ۶۰ درصد)، خوب (حذف به میزان ۶۰ تا ۹۰ درصد)،

عالی (حذف به میزان ۹۰ تا ۱۰۰ درصد)، * غیر قابل اجرا / اطلاعات ناکافی

یکی از روش‌های نوین حذف کروم شش ظرفیتی، استفاده از نانو ذرات آهن می‌باشد که با جذب Cr(VI) روی آن‌ها و احیاء به Cr(III) صورت می‌پذیرد. در این روش راندمان حذف بدست آمده برای نانو ذرات، بالاتر از راندمان حذف برای براده آهن می‌باشد و احیاء Cr(VI) روی نانو ذرات، $\frac{4}{8}$ برابر بیشتر از مقدار هم‌وزن آن از براده آهن بدست می‌آید (Sharma و همکاران، ۲۰۰۹). بسیاری از تکنیک‌های حذف کروم شش ظرفیتی شامل احیاء Cr(VI) به Cr(III) و به دنبال آن، ته‌نشینی هیدروکسیدهای Cr(III) می‌باشد. بعضی از احیاءکننده‌های بسیار مؤثر آهن فرو یا دوظرفیتی^۷ و پلی‌سولفیدکلسیم^۸ (Wazne و همکاران، ۲۰۰۷) و دی تیونیت سدیم^۹ (Ludwig، ۲۰۰۵) می‌باشد.

استفاده از آهن فرو جهت حذف کروم شش ظرفیتی به وسیله احیاء به کروم سه ظرفیتی و سپس ته‌نشین سازی آن، قبلاً به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است. در فرآیند احیاء، کروم شش ظرفیتی به وسیله یون آهن دوظرفیتی به کروم سه ظرفیتی احیاء می‌گردد و یون آهن دوظرفیتی به آهن سه ظرفیتی^{۱۰} اکسید می‌شود و به سرعت تشکیل هیدروکسید آهن سه ظرفیتی می‌دهد.

سینتیک واکنش کرومات با یون‌های آهن فرو در گذشته مورد اندازه گیری قرار گرفته است. نتایج مطالعه مذکور نشانگر کاهش قابل ملاحظه غلظت کرومات و نرخ واکنش درجه ۲ و معادل $K=55.2$ $(M^{-1}s^{-1})$ برای احیاء کروم شش ظرفیتی می‌باشد. غلظت کروم شش ظرفیتی باقیمانده در محلول با افزایش نسبت آهن فرو به کرومات کاهش می‌یابد و بیانگر یک واکنش غیر استکیومتری به دلیل اکسیداسیون و pH کلیایی ضعیف محلول می‌باشد (Kim و

همکاران، ۲۰۰۲).

در مطالعه‌ای دیگر شکست ایزوتوپ کروم در حین احیاء Cr(VI) به وسیله Fe(II) محلول در محدوده‌های دما و pH محیط بررسی شده است. همچنین آشکارسازی Cr به وسیله Fe(II) در محیط‌های طبیعی به طرز متفاوتی از تجربیات قبلی احیاء Cr(VI) توسط Fe(II) مورد بررسی قرار گرفت (Dossing و همکاران، ۲۰۱۱). بعد از فرآیند احیاء، کروم سه ظرفیتی می‌تواند جذب گردد یا به صورت همزمان با هیدروکسید آهن ته‌نشین گردد (Guan و همکاران، ۲۰۱۱).

مواد آلی و غیرآلی موجود در آب می‌توانند با کروم سه ظرفیتی ترکیبات پیچیده‌ای تشکیل دهند که منجر به حلالیت بیشتر آن گردند. ثابت شده است که در غلظت‌های بالا، کروم سه ظرفیتی اثرات منفی بدی بر موجودات زنده دارد. به عنوان مثال، مقادیر زیاد Cr(III) می‌تواند منجر به آسیب دیدن DNA سلول‌ها شده و یا برخی نارسایی‌های تنفسی ایجاد نماید (Eastmond و همکاران، ۲۰۰۸). اکسیدکننده‌های طبیعی و گندزداها مانند کلر که اکسیدکننده‌های قوی هستند، می‌توانند ترکیبات پیچیده کروم سه ظرفیتی را مجدداً به کروم شش ظرفیتی اکسید کنند. بنابراین برای داشتن یک راندمان بالای حذف کروم، حذف هر دو یون شش ظرفیتی و سه ظرفیتی ضروری است (Guan و همکاران، ۲۰۱۱).

هدف از این مطالعه بررسی اثر نوع ماده تنظیم کننده pH در حذف کروم شش ظرفیتی از آب، با استفاده از احیاء به کروم سه ظرفیتی به وسیله یون آهن دوظرفیتی به عنوان تابعی از pH و مقدار تزریق یون آهن دوظرفیتی است. در این مطالعه تنظیم pH با استفاده از محلول شیرآهک^{۱۱} و سود ۰/۱ نرمال^{۱۲} انجام شده است.

– مواد شیمیایی و وسایل

تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایشات با درجه خلوص بالا و کلیه محلول‌ها با استفاده از آب مقطر تهیه شدند. محلول سولفات فرو برای هر سری از آزمایشات به صورت تازه با استفاده از پودر $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ با درجه خلوص ۵۵٪ تهیه گردید. pH نمونه‌ها با استفاده از محلول شیر آهک تهیه شده از پودر آهک با درجه خلوص ۹۶٪ و همچنین سود ۰/۱ نرمال تنظیم گردید.

– روش کار

آزمایشات به طور ناپیوسته و بر روی نمونه‌های یک لیتری آب زیرزمینی با غلظت کروم شش ظرفیتی برابر با 0.07mg/l انجام شده است. pH نمونه‌ها با استفاده از محلول شیر آهک و سود ۰/۱ نرمال تا مقدار مورد نظر تنظیم گردید. برای بررسی مقدار حذف کروم شش ظرفیتی، مقادیر مختلفی از سولفات فرو که از ۱ تا ۶ میلی گرم متغیر بود، جهت انجام واکنش به نمونه‌های آب حاوی کروم شش ظرفیتی با pH تنظیم شده اضافه گردید. به منظور ایجاد اختلاط لازم، نمونه‌ها

مواد و روش‌ها

– منطقه مورد مطالعه

در برخی از مناطق کویری کشورمان آب زیرزمینی تنها منبع تأمین آب شرب می‌باشد و به دلیل ساختار زمین‌شناسی، غلظت کروم شش ظرفیتی در آب زیرزمینی آن مناطق از حداکثر مجاز بیشتر می‌باشد. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی، حداکثر مجاز کروم شش ظرفیتی در آب شرب 0.05mg/l اعلام شده است (WHO، ۲۰۱۱). در دشت بیرجند نیز به دلیل تغذیه دشت از تشکیلات افیولیتی ارتفاعات واقع در جنوب دشت، در برخی قسمت‌ها، آب زیرزمینی آلوده به کروم شش ظرفیتی با مقادیر بیشتر از حداکثر مجاز است و در صورت نیاز به استفاده از آن جهت مصارف شرب و بهداشت، تصفیه و حذف کروم شش ظرفیتی ضروری می‌باشد. این آزمایش بر روی آب یکی از چاه‌های دشت بیرجند که غلظت کروم شش ظرفیتی در آن 0.07mg/l بوده انجام شده است.

به وسیله‌ی یک همزن با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه مخلوط گردیدند. تمام آزمایشات در در یک حمام آب با دمای ثابت 20°C انجام شدند. در پایان هر آزمایش، غلظت کروم شش ظرفیتی با استفاده از روش رنگ‌سنجی تعیین گردید. در این آزمایش یک نمونه ۲۵ میلی‌لیتری از آب با ۰/۵ میلی‌لیتر محلول ۱/۵ دی‌فنیل کار بازاید^{۱۳} (که از حل کردن ۲۵۰ میلی‌گرم DPC در ۵۰ میلی‌لیتر استون و افزودن ۱ تا ۲ قطره اسید نیتریک غلیظ^{۱۴} جهت رساندن pH به 3 ± 0.1 بدست می‌آید) مخلوط می‌گردد. جهت مشخص شدن کامل رنگ، ۵ دقیقه به نمونه زمان داده می‌شود. جذب رنگ آن در طول موج ۵۴۰ نانومتر به وسیله اسپکترومتر مدل GENESYS100UV اندازه‌گیری شد (Franson، ۱۹۸۹). همچنین pH و کدورت نهایی هر نمونه نیز اندازه‌گیری شد. قدرت کروم شش ظرفیتی در اکسید کردن از اکسیژن بیشتر است.

نتایج و بحث

– استفاده از محلول شیر آهک به عنوان محلول تنظیم کننده pH در احیا کروم شش ظرفیتی به وسیله آهن دوظرفیتی

راندمان حذف کروم شش ظرفیتی بوسیله آهن دوظرفیتی در محدوده $7/7 < \text{pH} < 8/15$ به وسیله مقادیر مختلف آهن دوظرفیتی بررسی شد. در شکل (۱) راندمان حذف کروم شش ظرفیتی و تغییرات کدورت با افزایش pH به وسیله محلول شیرآهک در مقادیر مختلف تزریق Fe(II) نشان داده شده است. با توجه به شکل، حداکثر حذف کروم در محدوده $7/8 \leq \text{pH} \leq 7/9$ می‌باشد. افزایش بیشتر pH به وسیله افزایش محلول شیرآهک منجر به کاهش راندمان حذف کروم شش ظرفیتی و از سوی دیگر افزایش کدورت نهایی شده است. حذف کروم به شدت به pH و مقدار تزریق آهن دوظرفیتی

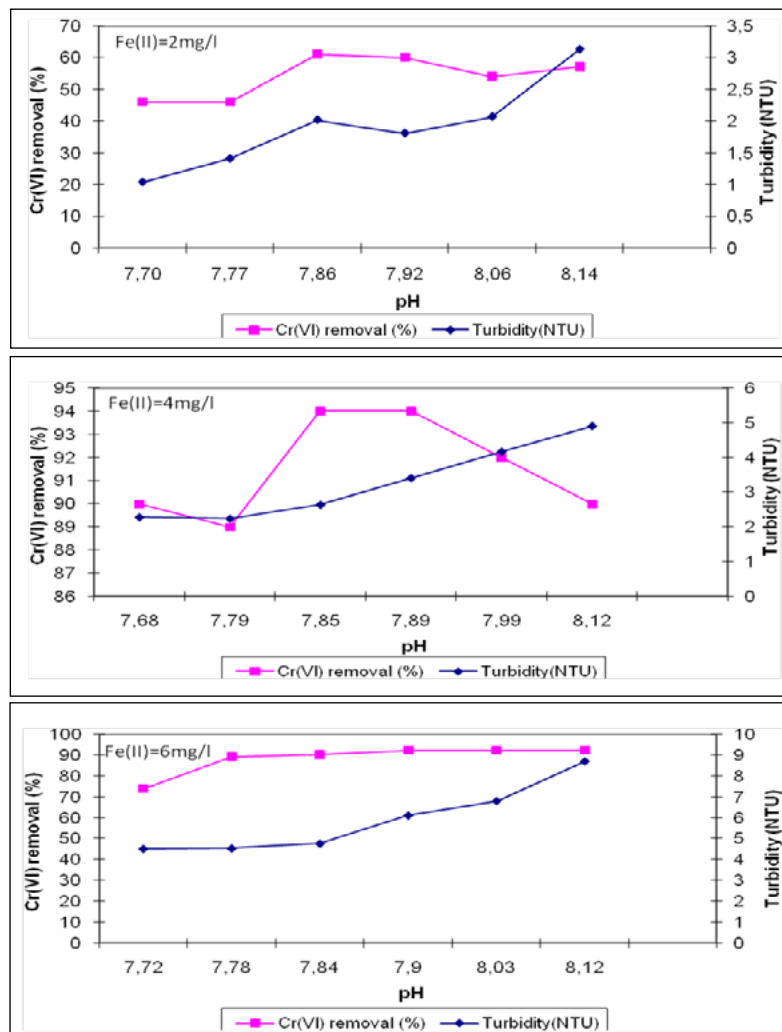
در $\text{pH} \geq 8$ و در حضور اکسیژن محلول، آهن دوظرفیتی، کروم شش ظرفیتی را خیلی سریع احیاء می‌کند (Fendorf و Li، ۱۹۹۶). اما در محدوده $\text{pH} < 10$ اکسیژن محلول خیلی سریع آهن دوظرفیتی Fe(II) را اکسید می‌کند (Stumm و Morgan، ۱۹۹۶). از آنجا که تمام آزمایشات این مطالعه در محدوده $\text{pH} \geq 8/5$ انجام شد، مقدار اکسیژن محلول^{۱۵} اندازه‌گیری نشده است. این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی و بصورت ناپیوسته انجام شد و امکان اجرای آن به صورت پیوسته و جهت تصفیه آب شهر فراهم نشد؛ ولی می‌توان این روش را به صورت پیوسته و با تزریق شیر آهک جهت تنظیم pH و سپس تزریق محلول سولفات فرو جهت احیاء کروم شش ظرفیتی به کروم سه ظرفیتی در آب استحصالی از چاه انجام داد. بدیهی است که امکان وقوع برخی مشکلات در روش پیوسته وجود دارد که باید مورد بررسی و چاره اندیشی قرار گیرند.

وابسته است. نتایج مقایسه‌ای تغییرات راندمان حذف کروم شش ظرفیتی و تغییرات کدورت در مقادیر مختلف تزریق Fe(II) و pH های متفاوت در جدول (۲) آمده است. در مقادیر مختلف Fe(II) حذف کروم با افزایش pH به مقدار حداکثر خود می‌رسد و سپس با افزایش مجدد pH کاهش می‌یابد، زیرا کمترین حلالیت کروم در محدوده $\text{pH} < 7$ است و با افزایش pH به مقادیر بیش از ۸ حلالیت آن بیشتر و در نتیجه راندمان حذف آن کاهش می‌یابد. بیشترین راندمان حذف کروم شش ظرفیتی برابر ۶۰٪ در $\text{pH} = 7/8$ و مقدار تزریق Fe(II) برابر ۲mg/l بدست می‌آید. در این شرایط کدورت نهایی حاصل برابر 2NTU است. در همان $\text{pH} = 7/8$ و مقادیر تزریق Fe(II) برابر ۴ و ۶ میلی‌گرم بر لیتر، راندمان حذف کروم شش ظرفیتی به ترتیب برابر ۹۲٪ و ۹۰٪ و کدورت نهایی نیز به ترتیب 2.6NTU و 4.8NTU می‌باشد.

جدول ۲- راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (%) و کدورت نهایی (NTU) با استفاده از مقادیر

مختلف آهن دوظرفیتی و محلول شیرآهک

pH	راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (%)					
	مقدار تزریق Fe(II)			کدورت نهایی (NTU)		
	2mg/l	4mg/l	6mg/l	2mg/l	4mg/l	6mg/l
۷/۷۰	۴۶	۹۰	۷۴	۱/۰۴	۲/۲۷	۴/۵
۷/۷۸	۴۶	۸۹	۸۹	۱/۴۱	۲/۲۳	۴/۵۲
۷/۸۵	۶۱	۹۴	۹۰	۲/۰۲	۲/۶۳	۴/۷۵
۷/۹۰	۶۰	۹۴	۹۲	۱/۸۱	۳/۴	۶/۱
۸/۰۳	۵۴	۹۲	۹۲	۲/۰۷	۴/۱۶	۶/۸
۸/۱۳	۵۷	۹۰	۹۲	۳/۱۳	۴/۹	۸/۷

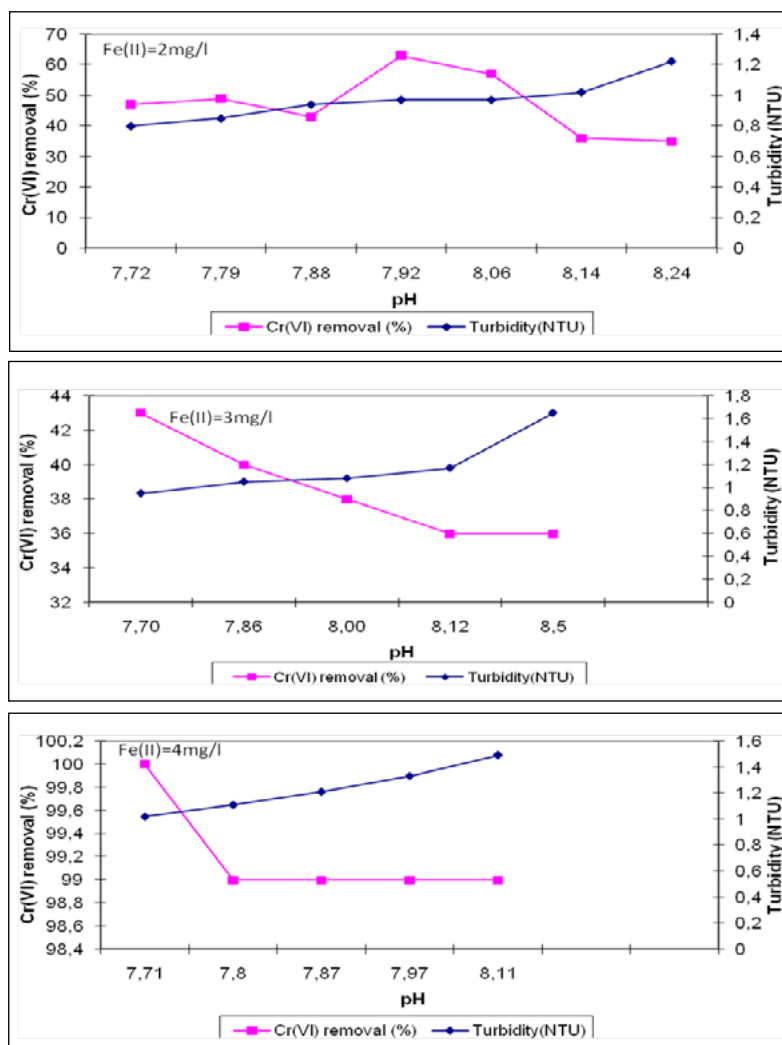


شکل ۱- راندمان حذف کروم شش ظرفیتی و کدورت نهایی در مقادیر مختلف تزریق آهن دوظرفیتی و استفاده از محلول شیرآهک

حذف Cr(VI) حداکثر برابر ۴۳٪ در $pH = 7.7$ خواهد شد، هر گونه افزایش pH بیش از این مقدار منجر به کاهش راندمان حذف Cr(VI) و افزایش کدورت نهایی خواهد شد. همچنین برای تزریق Fe(II) به میزان 4mg/L، حداکثر راندمان حذف Cr(VI) را برابر ۹۹٪ در $pH = 7.7$ نشان می‌دهد، کدورت نهایی نیز در این شرایط برابر 1NTU خواهد بود. در این مقدار تزریق Fe(II)، افزایش pH اثر قابل ملاحظه‌ای در حذف کروم شش ظرفیتی نداشته و فقط منجر به افزایش کدورت نهایی می‌شود. نتایج مقایسه‌ای تغییرات راندمان حذف کروم شش ظرفیتی و تغییرات کدورت در مقادیر مختلف تزریق Fe(II) و pHهای متفاوت و سود ۰/۱ نرمال به عنوان محلول تنظیم‌کننده pH در جدول (۳) آمده است.

استفاده از سود ۰/۱ نرمال به عنوان محلول تنظیم‌کننده pH در احیاء کروم شش ظرفیتی به وسیله آهن دو ظرفیتی

راندمان حذف کروم شش ظرفیتی بوسیله آهن دوظرفیتی در محدوده $7.7 < pH < 8.5$ و با استفاده از مقادیر مختلف تزریق Fe(II) نیز مورد آزمایش قرار گرفت. در شکل (۲) راندمان حذف کروم شش ظرفیتی و تغییرات کدورت با افزایش pH به وسیله سود ۰/۱ نرمال در مقادیر مختلف تزریق Fe(II) نشان داده شده است. همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود، حداکثر راندمان حذف کروم شش ظرفیتی در محدوده $7.9 \leq pH \leq 8.5$ با استفاده از مقدار تزریق Fe(II) برابر 2mg/l برابر ۶۳٪ به دست می‌آید و کدورت نهایی متناظر برابر 1NTU می‌باشد. افزودن Fe(II) به میزان 3mg/l منجر به راندمان



شکل ۲- راندمان حذف کروم شش ظرفیتی و کدورت نهایی در مقادیر مختلف تزریق آهن دو ظرفیتی و استفاده از سود ۰/۱ نرمال

جدول ۳- راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (%) و کدورت نهایی (NTU) با استفاده از مقادیر مختلف آهن دو ظرفیتی و سود ۰/۱ نرمال

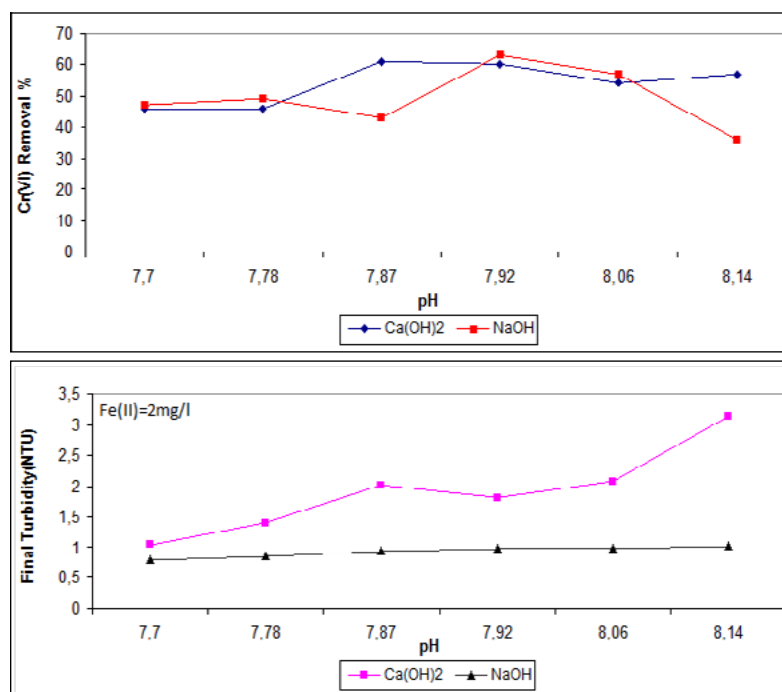
راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (%)			کدورت نهایی (NTU)			pH
مقدار تزریق Fe(II)			مقدار تزریق Fe(II)			
4mg/l	3mg/l	2mg/l	4mg/l	3mg/l	2mg/l	
۱/۰۲	۰/۹۵	۰/۸	۱۰۰	۴۳	۴۷	۷/۷۱
۱/۲۱	۱/۰۵	۰/۹۴	۹۹	۴۰	۴۳	۷/۸۷
۱/۳۳	۱/۰۸	۰/۹۷	۹۹	۳۸	۶۳	۷/۹۶
۱/۴۹	۱/۱۷	۱/۰۲	۹۹	۳۶	۳۶	۸/۱۲
۲/۱۸	۱/۶۵	۱/۶	۹۹	۳۶	۷	۸/۵۰

مقایسه استفاده از محلول شیرآهک و سود به عنوان محلول تنظیم کننده pH در راندمان حذف کروم شش ظرفیتی

همانگونه که در شکل های (۱) و (۲) دیده می شود، افزایش مقدار تزریق Fe(II) به 4mg/l و بیشتر منجر به افزایش راندمان حذف Cr(VI) تا بیش از ۹۰٪ خواهد شد. از سوی دیگر این مقادیر Fe(II) سبب افزایش کدورت نهایی به بالاتر از 2NTU می شود. بنابراین بهترین مقدار تزریق Fe(II) برای کاهش مقدار Cr(VI) به کمتر از حداکثر غلظت مجاز (0.05mg/l) و اجتناب از افزایش کدورت، 2mg/l می باشد. در شکل (۳) راندمان حذف Cr(VI) (الف) و کدورت نهایی پس از حذف Cr(VI) (ب) با استفاده از Fe(II) 2mg/l به عنوان ماده احیاء کننده در محدوده $pH > 7/7$ و $pH < 8/14$ با استفاده از محلول شیرآهک و سود ۰/۱ نرمال به عنوان محلول های تنظیم کننده pH مقایسه شده است. همانگونه که در شکل (۳،الف) مشاهده می شود در محدوده $pH \geq 7/8$ و $pH \geq 7/9$ راندمان

حذف Cr(VI) برای هر دو محلول تنظیم کننده pH یکسان می باشد؛ اما در محدوده $pH < 7/9$ و $pH < 7/8$ استفاده از محلول شیر آهک به عنوان محلول تنظیم کننده pH راندمان بالاتری در حذف Cr(VI) نسبت به استفاده از سود به دست می دهد. در $pH = 7/9$ و $pH = 8/14$ این تفاوت راندمان حدود ۲۰٪ می باشد که مقدار قابل ملاحظه ای است. از طرفی در شکل (۳، ب) مشاهده می شود که در $pH = 8/14$ و با استفاده از محلول شیرآهک به عنوان محلول تنظیم pH، حداکثر کدورت نهایی حدود 3NTU می باشد که این مقدار از حداکثر مقدار مجاز بر اساس استاندارد آب شرب ایران (به میزان 5NTU) کمتر است.

در نتیجه با توجه به شکل (۳، الف) حداکثر راندمان حذف Cr(VI) در حدود $pH = 7/9$ و با استفاده از محلول شیرآهک به عنوان محلول تنظیم کننده pH بدست می آید؛ در این شرایط کدورت نهایی حدود 2NTU می باشد که قابل قبول است.



شکل ۳- (الف) مقایسه راندمان حذف کروم شش ظرفیتی و (ب) کدورت نهایی پس از تزریق Fe(II) 2mg/l به عنوان ماده احیاء کننده و محلول شیر آهک (Ca(OH)₂) و سود (NaOH) به عنوان محلول تنظیم کننده pH

مطالعه نشان می دهد که راندمان حذف Cr(VI) به وسیله احیاء به Cr(III) به میزان pH و مقدار تزریق Fe(II) بستگی دارد. همچنین سود ۰/۱ نرمال و محلول شیر آهک به عنوان تنظیم کننده pH مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در محدوده $pH > 7/7$ و $pH > 8/14$

بحث و نتیجه گیری

این آزمایش در مورد مهمترین شکل کروم شش ظرفیتی (یون کرومات) و در محدوده $pH > 7/7$ و $pH > 8/14$ انجام شده است. این

پی نوشت

1 - Cr(VI)	9 - NaHSO ₃
2 - Cr(III)	10 - Fe(III)
3 - Cr(V)	11 - Ca(OH) ₂
4 - CrO ₄ ²⁻	12 - NaOH
5 - HCrO ₄ ⁻	13 - DPC
6 - Cr ₂ O ₇ ²⁻	14 - HNO ₃
7 - Fe(II)	15 - DO
8 - CaS ₅	

استفاده از محلول شیر آهک به عنوان تنظیم کننده pH راندمان بهتری نسبت به استفاده از سود در حذف Cr(VI) دارد. از طرف دیگر استفاده از محلول شیرآهک منجر به افزایش کدروت نهایی تا 3NTU می شود که کمتر از حداکثر مقدار مجاز بر اساس استاندارد آب شرب ایران می باشد. در نهایت می توان گفت استفاده از محلول شیرآهک برای تنظیم pH نه تنها اثر بهتری در حذف کروم شش ظرفیتی از آب شرب در محدوده pH قلیایی ضعیف با استفاده از Fe(II) دارد، بلکه به دلیل ایمنی و هزینه کمتر نسبت به محلول سود ارجحیت دارد.

سپاسگزاری

در این قسمت محقق مراتب قدردانی خود را از مدیریت و پرسنل

منابع

- Guan X., Dong H., Ma J. and Lo I.M. 2011. Simultaneous removal of chromium and arsenate from contaminated groundwater by ferrous sulfate: Batch uptake behavior. *Journal of Environmental sciences*, 23(3): 372-380.
- Kim S.D., Park k.S. and Gu M.B. 2002. Toxicity of hexavalent chromium to *Daphnia magna*: influence of reduction by ferrous iron. *Journal of Hazardous material*, 93(2): 155-164.
- Sharma Y.C., Srivastava V., Singh V.K., Kaul S.N. and Weng C.H. 2009. Nano-adsorbents for the removal of metallic pollutants from water and wastewater, *Environ technol.* 30(6): 583-609.
- Stumm W. and Morgan J.J. 1996. *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural waters*. 3rd Edition, Wiley, New york, P.683.
- Su C. and Ludwig R.D. 2005. Treatment of hexavalent chromium in chromite ore processing solid waste using a mixed reductant solution of ferrous sulfate and sodium dithionite, *Environ.Sci.Technol.* 39: 6208-6216.
- Wazne M., Moon D.H., Jagupilla S.C., Christodoulatos C., Dermants D. and Chrysochoou M. 2007. Remediation of chromite ore processing residue using ferrous sulfate and calcium polysulfide. *Geoscience Journal*. 11(2): 105-110.
- WHO. 2011. 4th ed., *Guidelines for drinking-water quality*.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۸. استاندارد ۱۰۵۳: آب آشامیدنی - ویژگی های فیزیکی و شیمیایی
- Dossing L.N., Dideriksen K., Stipp S.L.S. and Frei R. 2011. Reduction of hexavalent chromium by ferrous iron: A process of chromium isotope fractionation and its relevance to natural environments. *Chemical geology*, 285: 157-166.
- Eastmond D.A., MacGregor J.T. and Slesinski R.S. 2008. Trivalent Chromium: Assessing the Genotoxic Risk of an Essential Trace Element and Widely Used Human and Animal Nutritional Supplement. *Critical Reviews in Toxicology*, 38(3): 173-190.
- Fei L., Honghan c. and Yonggang L. 2003. Removal of Cr+6 from groundwater by using zero valence iron in the laboratory. *Chemical speciation and Bioavailability*, P.14.
- Fendorf S.E. and Li G. 1996. Kinetics of Chromate Reduction by Ferrous Iron. *Environ Sci Technol*, 30: 1614-1617.
- Franson M.H. (Ed). 1989. *standard Methods for Examination of water and wastewater*. 17th Edition. American public Health Association. Washington, DC.
- Gaughofer j., Bianchi i. and Merian. E. (Ed.), 1991. *Chromium*, vol 1, VHC, Weinheim, P.853.

Investigation of control methods on local scouring around the bridge piers

H. Shariati¹, S.R. Khodashenas^{2*}

1,2- PhD student of Water Engineering- water structures & Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

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

Received: 27-10-2014

Accepted: 19-2-2015

بررسی روش‌های کنترل آبشستگی موضعی اطراف پایه پل

حسین شریعتی^۱، سعیدرضا خداشناس^{۲*}

۱و۲- به ترتیب دانشجوی دکتری سازه‌های آبی و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۳۰

Abstract

Scouring is the removal of sediment particles resulted from variations of flow pattern. Local scour is considered among the reasons of instability and ultimately failure of bridges. During the past decades, different methods were proposed against local scour at bridge piers. These methods can be broadly classified into two categories: flow-altering and bed-armoring methods. Each method can be classified into different groups based on their shapes and performances. In this paper, a comprehensive investigation on the studies of various methods against local scour, combination methods in experimental conditions and limitations in field applications were carried out. Also, suggestions were presented for further research on selecting methods for controlling local scour around bridge piers.

Keywords: scour, bridge pier, local scour controlling methods.

چکیده

جابجایی ذرات رسوب ناشی از تغییر شکل الگوی جریان، آبشستگی نامیده می‌شود. این پدیده یکی از دلایل ناپایداری و در نهایت تخریب پل‌ها به شمار می‌رود. در طول دهه‌های گذشته روش‌های مختلفی برای مقابله با آبشستگی پایه پل پیشنهاد شده است. به طور خلاصه، این روش‌ها را می‌توان به دو دسته کلی روش‌های تغییر الگوی جریان و روش‌های مقاوم‌سازی ذرات بستر تقسیم کرد. هر کدام از این روش‌ها بر اساس شکل و عملکردشان به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. در این مقاله به بررسی جامعی از مطالعات انجام شده بر روی انواع روش‌های مقابله با آبشستگی، کاربرد توأم روش‌ها در شرایط آزمایشگاهی متفاوت و محدودیت‌های اجرایی روش‌ها پرداخته شده و پیشنهادهایی برای تحقیقات بیشتر جهت انتخاب روش مناسب برای کنترل آبشستگی ارائه گردیده است.

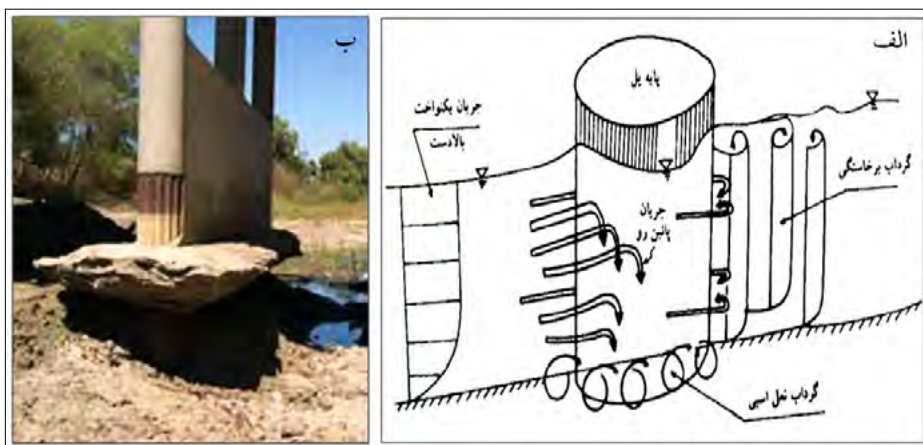
واژه‌های کلیدی: آبشستگی، پایه پل، روش‌های کنترل آبشستگی.

که نیاز به مرمت و تعمیر دارند، ۵۷٪ آنها به جهت آبستگی نیاز به تعمیرات دارند (خادم، ۱۳۸۱). با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله ضمن بررسی مکانیزم آبستگی در پایه پل به بررسی روش‌های مقابله با این پدیده و محدودیت‌ها و مشکلات روش‌ها پرداخته شده است.

آبستگی پایه پل

آبستگی پدیده‌ای است که در اثر فرسایش بستر توسط جریان آب و حمل مواد بستر توسط نیرویی که این جریان به مواد بستر وارد می‌کند، به وجود می‌آید. به طور کلی برخورد جریان به پایه با تشکیل گرداب نعل اسبی و جدا شدن جریان با تشکیل گرداب برخاستگی، دو عامل اصلی در ایجاد آبستگی در اطراف پایه پل می‌باشند (شکل ۱).

مطالعات انجام شده نشان می‌دهند، یکی از اصلی‌ترین دلایل تخریب پل‌ها پدیده‌ی آبستگی است که علاوه بر تلفات جانی، سبب هزینه‌های زیادی می‌شود. این پدیده به مرور زمان باعث می‌شود اطراف پایه‌های پل خالی شده و در نهایت به خالی شدن زیر پی و تخریب پل می‌انجامد. طبق آمار ارائه شده، در ایران مشکل آبستگی موضعی در پایه‌های پل عامل اصلی تخریب آن‌ها می‌باشد (خادم، ۱۳۸۱). تحقیقات انجام شده در هشت منطقه و استان کشور نشان می‌دهد که ۴۲٪ از پل‌های این محدوده دچار آبستگی شده‌اند. همچنین نتایج آمار بدست آمده نشان می‌دهد که از تعداد کل پل‌ها

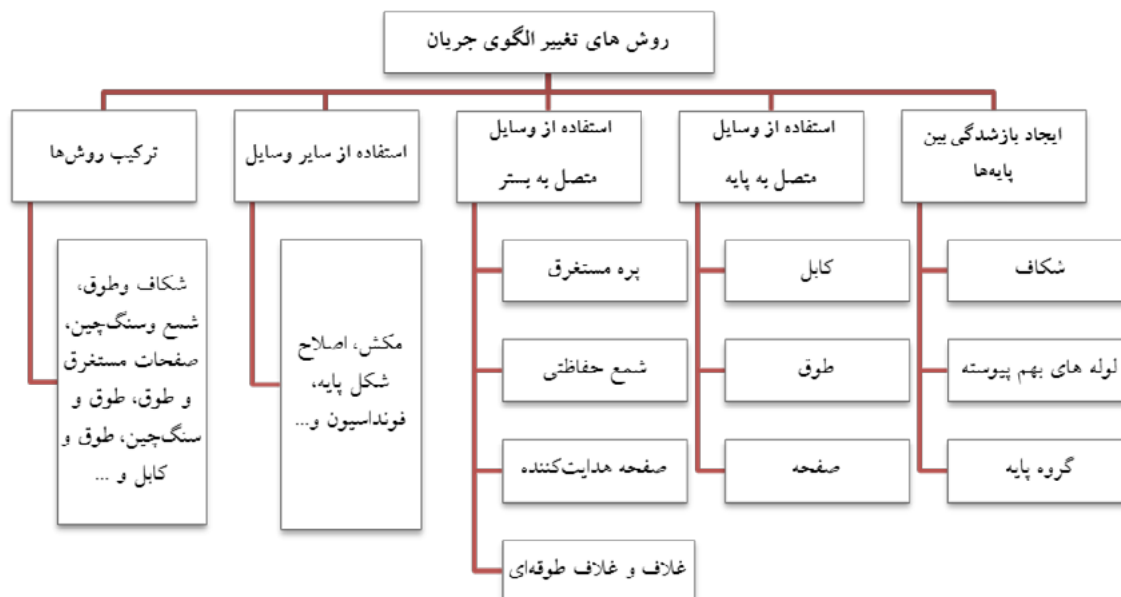


شکل ۱- الف- الگوی جریان اطراف پایه و ب- فرسایش اطراف پایه در اثر پدیده آبستگی

بستر افزایش یافته تا بستر به آسانی به وسیله جریان شسته نشده و فرسایش نیابد. در تحقیق حاضر با مرور مطالعات انجام شده توسط محققین مختلف، روش‌های تغییر الگوی جریان و تاثیر آن‌ها بر میزان آبستگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همان گونه که در شکل (۲) نشان داده شده، روش‌های تغییر الگوی جریان بر اساس شکل و عملکردشان به چهار دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند: ۱- ایجاد بازشدگی بین پایه ۲- استفاده از وسایل متصل به پایه ۳- استفاده از وسایل متصل به بستر ۴- استفاده از سایر وسایل. هر کدام از روش‌های ذکر شده نیز به شیوه‌های مختلفی تقسیم شده که در ادامه مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Tafarojnoruz و همکاران، ۲۰۱۰).

روش‌های کنترل و کاهش آبستگی پایه پل

عمده روش‌هایی که به منظور کنترل و کاهش آبستگی در پایه‌های پل انجام می‌شود، روش‌های تغییر الگوی جریان و روش‌های افزایش مقاومت ذرات بستر است. در روش‌های تغییر الگوی جریان، قدرت جریان پایین رونده و گرداب نعل اسبی که علت اصلی آبستگی پایه می‌باشند، کاهش می‌یابد. در روش‌های مقاوم سازی ذرات یا مسلح کردن بستر نظیر استفاده از سنگ‌چین، قطعات بتنی پیش ساخته، کیسه‌های پر شده از دوغاب سیمان، لایه محافظتی بتنی و گابیون‌های توری سنگی با ایجاد یک مانع فیزیکی، مقاومت ذرات



شکل ۲ - انواع روش های تغییر الگوی جریان

۱- ایجاد بازشدگی بین پایه ها

در این روش قدرت جریان پایین رونده و گرداب نعل اسبی با عبور جریان از بازشدگی ایجاد شده بین پایه ها کاهش می یابد. سه شکل پیشنهاد شده در این روش شامل: ایجاد شکاف در پایه، استفاده از گروه پایه و استفاده از لوله های بهم پیوسته داخلی در عرض پایه می باشد.

- ایجاد شکاف در پایه

استفاده از شکاف در پایه پل ها از جمله تمهیداتی است که در آن با کاهش قطر موثر پایه، قدرت گرداب نعل اسبی کاهش می یابد (شکل ۳-الف). ایجاد شکاف نزدیک بستر یا نزدیک سطح آب موجب منحرف شدن جریان رو به پایین به فاصله دورتری از پایه، کاهش عمق جریان، کاهش فشار و در نتیجه کاهش عمق آبستنگی می شود (Chiew, ۱۹۹۲). عملکرد شکاف در کاهش آبستنگی به طول، عرض و موقعیت شکاف بستگی دارد (Kumar و همکاران، ۱۹۹۹). آزمایش های شریعتی و همکاران (۱۳۹۰) آشکار کرد که شکاف نزدیک بستر نسبت به شکاف نزدیک سطح آب، عملکرد بهتری در کاهش آبستنگی دارد. همچنین با افزایش طول و عرض شکاف، کارایی شکاف افزایش می یابد. Heidarpour و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر جهت جریان و فاصله بین پایه ها را بر کارایی شکاف در گروه پایه بررسی نمودند. آن ها نتیجه گرفتند با افزایش زاویه برخورد و کم شدن فاصله بین پایه ها تأثیر شکاف کاهش می یابد. ماکزیمم درصد کاهش آبستنگی به وسیله Chiew (۱۹۹۲)، Kumar و همکاران (۱۹۹۹) و Grimaldi و همکاران (۲۰۰۹) کمتر از ۳۵٪

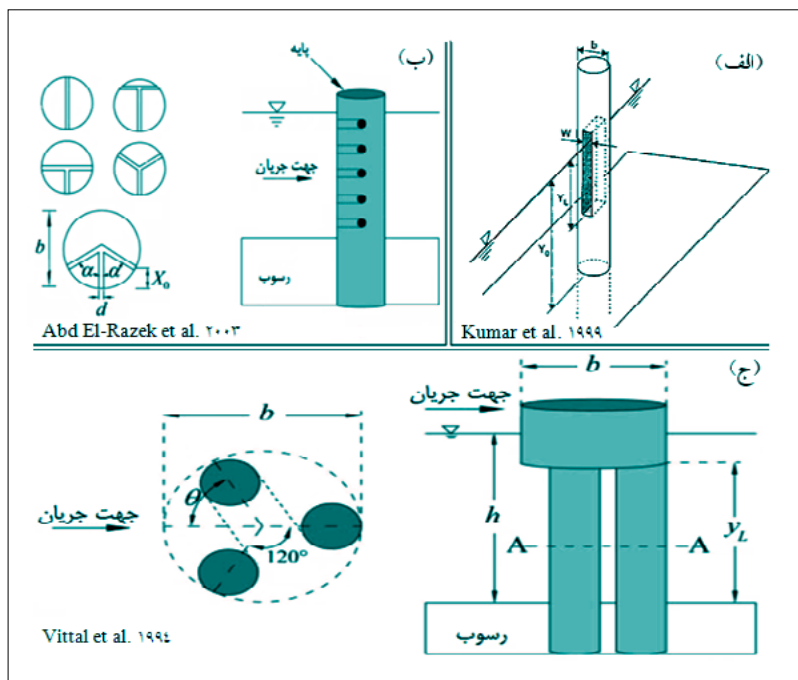
گزارش شد. در حالی که این مقدار به ۸۸٪ در آزمایش های Monca-da-M و همکاران (۲۰۰۹) رسید.

- استفاده از لوله های بهم پیوسته داخلی

در این روش برای کاهش آبستنگی از لوله های پلاستیکی نازک بهم پیوسته در عرض پایه پل استفاده می شود. پارامترهای موثر در عملکرد این لوله ها شامل زاویه انحراف (α)، فاصله بازشدگی بالادست (X_o)، قطربازشدگی (d) و عدد فرود است. Abd El-Razek و همکاران (۲۰۰۳) در بهترین حالت یعنی زمانی که زاویه قرارگیری بازوهای بازشدگی در درون پایه نسبت بهم ۹۰ درجه بود، کاهش عمق آبستنگی را ۳۹٪ گزارش کردند (شکل ۳-ب).

- استفاده از گروه پایه

در این روش به جای استفاده از پایه های با قطر بزرگ از چند پایه با قطر کوچکتر استفاده می شود. Vittal و همکاران (۱۹۹۴) پیشنهاد جایگزینی یک پایه را با سه پایه کوچکتر در دو شکل گروه پایه ناقص و کامل دادند. در حالت اول که در شکل (۳-ج) قابل مشاهده است، ارتفاع گروه پایه بالای بستر کمتر از عمق جریان است ($h > Y_L$)؛ و در حالت دوم، گروه پایه به طور کامل در سرتاسر عمق جریان توسعه می یابد ($h < Y_L$). آن ها که در آزمایش های خود از اندازه ذرات، عمق جریان و آرایش پایه های مختلف استفاده کردند، عمق آبستنگی را ۳۹٪ کاهش دادند. همچنین کاهش آبستنگی برای گروه پایه ناقص کمتر از گروه پایه کامل بود و آبستنگی با کاهش نسبت Y_L/h افزایش یافت.



شکل ۳- الف- شکاف پایه ب- لوله های بهم پیوسته داخلی ج- گروه پایه ناقص

۲- استفاده از وسایل متصل به پایه

در دومین روش تغییر الگوی جریان، قدرت جریان پایین رونده و گرداب نعل اسبی به وسیله وسایل متصل شده به پایه کاهش می‌یابد که این وسایل شامل استفاده از کابل، طوقه و صفحات متصل به پایه می‌باشد.

- استفاده از کابل

این وسیله توسط Dey و همکاران (۲۰۰۶) به عنوان یک اقدام

پیشگیرانه اقتصادی و آسان پیشنهاد شد. در این روش کابل‌ها به صورت مارپیچی روی پایه قرار گرفته و با انحراف گرداب نعل اسبی منجر به کاهش عمق آبستگی می‌شوند. با افزایش قطر، تعداد و کاهش زاویه کابل‌ها، عمق آبستگی کاهش می‌یابد. حداکثر کاهش عمق آبستگی ۴۶٪ گزارش شد. نتایج تحقیقات عقلی و زمردیان (۱۳۹۱) نشان داد با افزایش قطر کابل و کمتر شدن فاصله میان گام‌ها، آبستگی بیشتر کاهش می‌یابد و حداکثر مقدار کاهش آبستگی به ۵۹ درصد می‌رسد (شکل ۴-ب).



شکل ۴- الف- صفحه افقی ب- کابل (عقلی و زمردیان، ۱۳۹۱) ج- طوق

- طوق‌ها و صفحات افقی

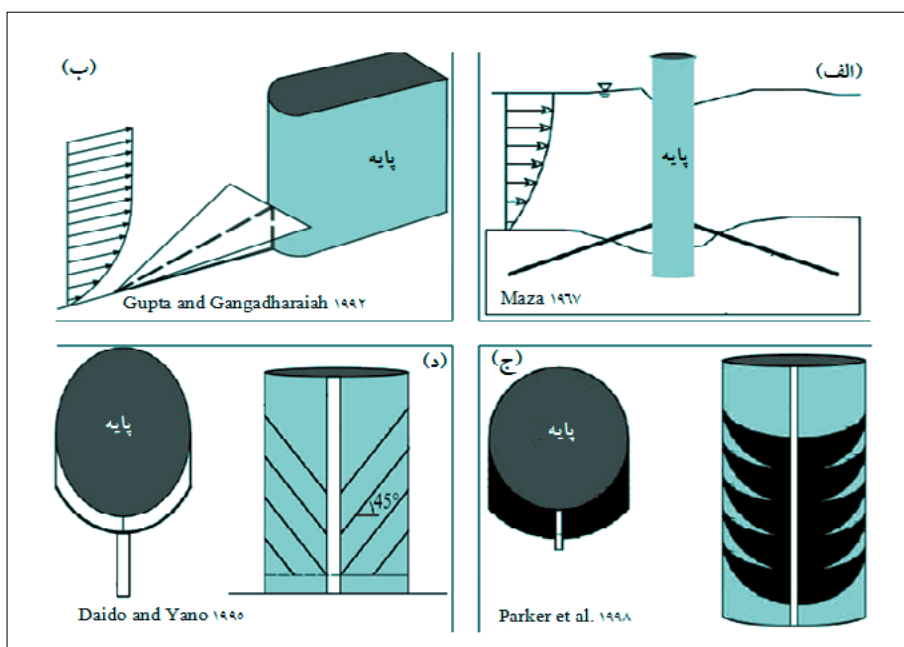
طوق‌ها وسایلی هستند که موازی با کف رودخانه و عمود بر پایه، نصب می‌شوند. شکل عمومی طوق‌ها دایره‌ای است؛ اگر چه از طوق‌های به شکل مربعی، مستطیلی و نامتقارن برای پایه‌ی استوانه‌ای نیز استفاده شده است (شریعتی و همکاران، ۱۳۹۰).

کارایی طوق به عرض و موقعیت قرارگیری طوق بستگی دارد (Chiew, ۱۹۹۲). همچنین با افزایش ضخامت طوق، قطر موثر پایه افزایش یافته و در نتیجه عمق آبستنگی افزایش می‌یابد. طوق ممکن است سبب تأخیر فرایند آبستنگی شده و توسعه حفره‌های آبستنگی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد (Alabi, ۲۰۰۶). زمانی که طوق زیر سطح بستر قرار می‌گیرد، گسترش حفره آبستنگی اطراف پایه و عمق آبستنگی پایین دست طوق افزایش می‌یابد (Zarrati, ۲۰۰۴). Moncada-M و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از طوق به ابعاد سه برابر قطر پایه عمق آبستنگی را ۱۰۰ درصد کاهش دادند. در حالیکه Mashahir و همکاران (۲۰۰۴) درصد کاهش آبستنگی برای همان شکل طوق و پایه را ۲۷٪ گزارش کردند. Zarrati و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر طوقه‌های پیوسته و مستقل را روی گروه پایه‌های با آرایش طولی و عرضی بررسی نمودند.

- صفحه‌ها

صفحه‌ها به شکل‌های مختلفی برای محافظت پایه پل استفاده می‌شوند. یکی از اولین مطالعات روی صفحات به وسیله Maza (۱۹۶۷) انجام شد. او از یک صفحه شیبدار برای کنترل آبستنگی استفاده کرد. نصب یک صفحه با شیب ۳:۱ باعث کاهش عمق آبستنگی بین ۷۰-۸۰٪ شد.

باله‌های دلتا شکل، نوع دیگری از پره‌های متصل شونده پایه است که شامل یک صفحه نازک دلتا شکل و یک ستون عمودی که پایین‌تر از محور تقارن طولی پایه نصب می‌شود. با استفاده از باله‌های دلتا شکل، حداکثر کاهش عمق آبستنگی برای شرایط آب زلال به ۶۷٪ و حداقل ۳۲٪ رسید (Tafarojnoruz و همکاران ۲۰۱۰). Yano و Daidi (۱۹۹۵) از صفحات مایل روی پایه و یک دیواره هدایت کننده استفاده کردند. آن‌ها همچنین یک دیواره هدایت کننده در بالادست مرکز پایه نصب کردند که در دو طرف دیواره یک سری پره بطور عمودی و مایل با زاویه ۴۵ به سطح پایه متصل بودند. آنان نشان دادند که با این روش آبستنگی بیش از ۹۰ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۵).



شکل ۵- انواع مختلف صفحه و پره‌های متصل به پایه (Tafarojnoruz و همکاران ۲۰۱۰)

۳- استفاده از وسایل متصل به بستر

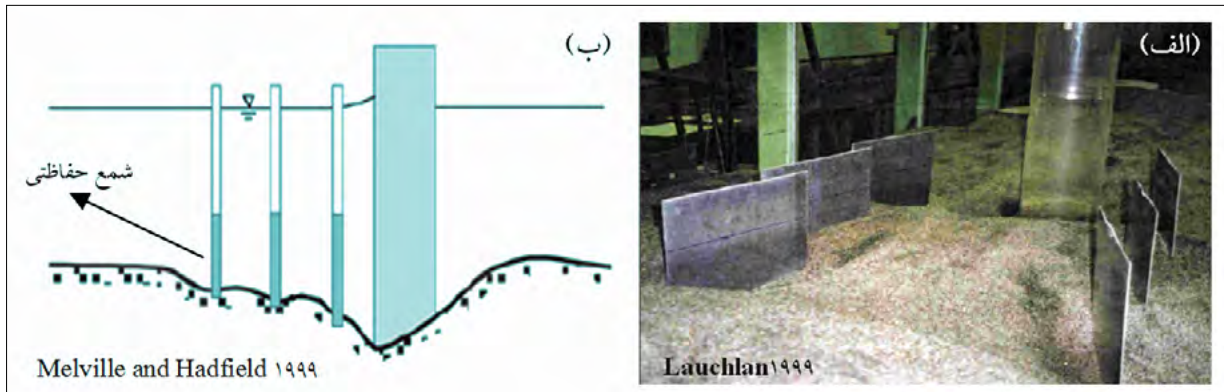
وسایل متصل به بستر با منحرف کردن و یا تضعیف جریان برخوردی و تغییر در لایه مرزی و متعاقباً کاهش جریان پایین رونده و گرداب نعل اسبی موجب کاهش آبشستگی می‌شوند. این روش به چهار دسته ۱- صفحات یا پره‌های مستغرق ۲- شمع‌های حفاظتی ۳- صفحات هدایت کننده سطحی ۴- غلاف و غلاف طوقه‌ای، تقسیم می‌شوند.

- صفحات یا پره‌های مستغرق

پره‌های مستغرق، سازه‌هایی هستند که با ایجاد گرداب ثانویه، بزرگی و جهت تنش برشی، توزیع سرعت، عمق جریان و میزان انتقال رسوب را تغییر می‌دهند (شکل ۶- الف). پارامترهای موثر در عملکرد پره‌ها، شامل طول پره‌ها، نسبت طول به عرض پره، زاویه برخورد جریان، فاصله پره‌ها در امتداد جریان و عمود بر جریان، فاصله از بالادست پایه، استغراق پره و عدد فرود است. استفاده از صفحات مستغرق در بهترین حالت برای بستر زنده عمق آبشستگی را حداکثر ۳۴٪ و به طور متوسط ۵۰٪ کاهش می‌دهد (Lauchlan, ۱۹۹۹).

- شمع‌های حفاظتی

استفاده از شمع‌های مستغرق و غیر مستغرق یکی از روش‌های کنترل آبشستگی است. ایده‌ی اصلی استفاده از شمع، منحرف کردن جریان اطراف پایه و کاهش شدت جریان و شدت آبشستگی می‌باشد. یکی از اولین تحقیقات گسترده در زمینه شمع‌ها به وسیله Chabert و Engeldinger (۱۹۵۶) انجام شد. آن‌ها از یک الگوی مثلی از شمع‌ها در بالادست پایه استفاده کردند و عمق آبشستگی را به وسیله تغییر در تعداد و جانمایی شمع‌ها تا ۵۰ درصد کاهش دادند (آزم و قمشی، ۱۳۹۲). راندمان استفاده از شمع‌های حفاظتی به عوامل متعددی از جمله تعداد، اندازه، استغراق، آرایش هندسی نسبت به هم و نسبت به پایه و مشخصات جریان شامل شدت و زاویه برخورد جریان بستگی دارد (Melville و Hadfield, ۱۹۹۹). نتایج آزمایش و قمشی (۱۳۹۲) نشان داد که با افزایش قطر شمع‌ها آبشستگی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. کاهش عمق آبشستگی با افزایش قطر شمع تا فاصله بهینه وجود داشت و با افزایش فاصله این روند عکس شده و شمع‌های با قطر کمتر تاثیر بیشتری بر کاهش عمق آبشستگی داشتند (شکل ۶- ب).



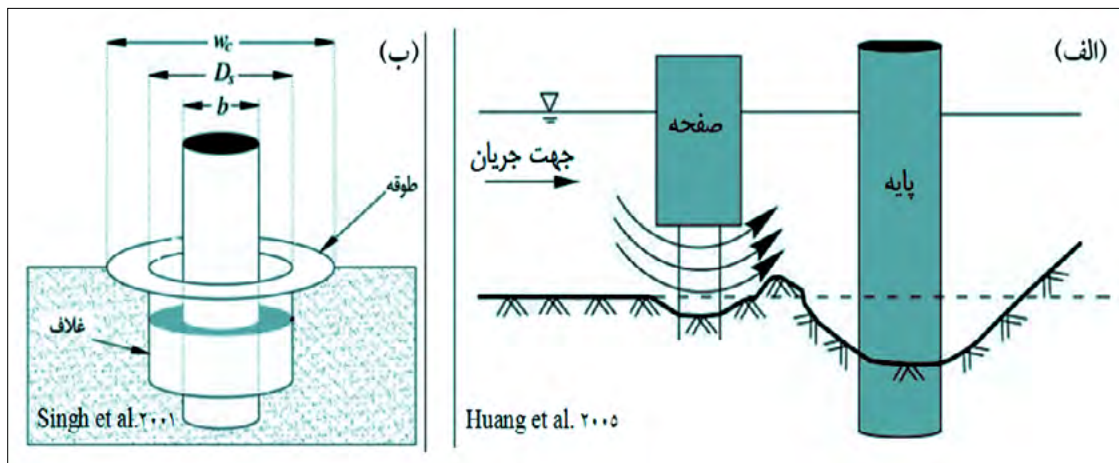
شکل ۶- الف- آرایش مثلی ب- شمع‌های حفاظتی

- صفحات هدایت کننده سطحی

در این روش دو صفحه‌ی عمودی با یک زاویه داخلی در فاصله مشخصی از بالادست پایه قرار می‌گیرند (شکل ۷- الف). جریان رو به بالا در زیر این صفحات منجر به یک جریان برشی ضعیف نزدیک بستر در تماس با پایه شده و باعث کاهش قدرت گرداب نعل اسبی می‌شود. همچنین رسوب موضعی ایجاد شده در صفحات در حفره آبشستگی اطراف پایه ته‌نشین می‌شود. مطالعات Huang و همکاران (۲۰۰۵) حاکی از کاهش ۹۰ درصدی عمق آبشستگی به وسیله این روش بود.

- غلاف و غلاف طوقه‌ای

غلاف شامل دایره‌ای با قطر بزرگ که دور پایه قرار می‌گیرد. مکانیزم اساسی کاهش آبشستگی در این روش محدود کردن گرداب نعل اسبی در فضای بین غلاف و پایه است (شکل ۷- ب). Singh و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که استفاده از یک غلاف با $Ds=1/5b$ و طوقه $w=2b$ قرار گرفته در ارتفاع $b/4$ از بالای غلاف، آبشستگی را به طور کامل حذف می‌کند (Tafarojnoruz و همکاران، ۲۰۱۰).



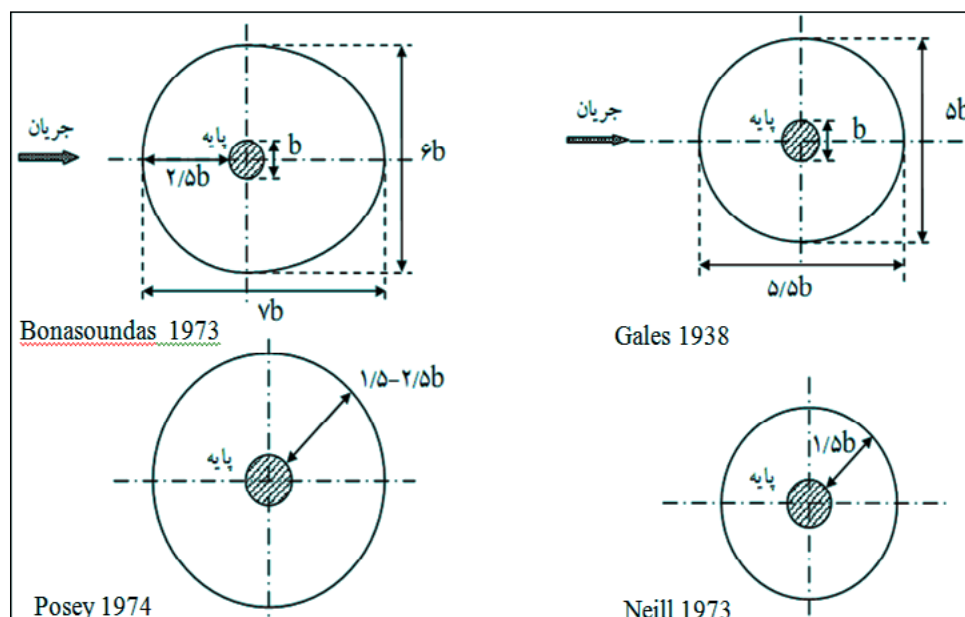
شکل ۷- الف- صفحات هدایت کننده سطحی ب- غلاف طوقه‌ای (Tafarojnoruz و همکاران، ۲۰۱۰)

۴- استفاده از سایر وسایل

- استفاده از سنگ‌چین

انباشت. قطر سنگ‌چین طوری انتخاب می‌شود که معمولاً بتوانند در مقابل دو برابر تنش برشی موجود در بالا دست پایه مقاومت کنند (Chiew, ۱۹۹۲). Chiew (۱۹۹۲) به بررسی پایداری سنگ‌چین و تعریف فرایندهای مختلف تخریب سنگ‌چین پرداخت. بر اساس مشاهدات وی تخریب لایه سنگ‌چین در اطراف پایه به دلیل یکی از سه عامل ۱- تخریب برشی سنگ‌چین، ۲- تخریب غربالی و ۳- تخریب لبه‌ای حاصل می‌شود.

ایجاد پوشش حفاظتی سنگ‌چین در اطراف پایه‌ها به عنوان روشی متداول و آسان توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته و الگوهای پوششی مختلفی ارائه شده است (شکل ۸). در این روش باید اطراف پایه‌های پل را از سنگ‌هایی با قطر بیشتر از دانه‌های کف



شکل ۸- الگوی پیشنهادی برای محدوده پوشش سنگ‌چین (پیرمحمدی و حیدرپور، ۱۳۸۴)

– استفاده از مکش برای پایه

در این روش با سوراخ کردن دیواره قسمت تحتانی پایه آب به وسیله مکش از بین پایه خارج می‌شود. این روش به وسیله Rooney و Machemeh (۱۹۷۷) با موفقیت انجام شد. آنان به کمک پمپی با مکش حدود ۵ لیتر بر ثانیه آبستگی بستر را به طور کامل برطرف کردند و تنها حفره کوچکی از آبستگی در پایین دست پایه باقی ماند.

– اصلاح شکل پایه

طبق بررسی‌های انجام شده گرداب نعل اسبی در پایه‌های با دماغه پهن از قدرت بیشتری برخوردار است و در مقابل پایه‌های دماغه تیز باعث کاهش جریان پایین رونده و تضعیف گرداب نعل اسبی می‌شوند. اصلاح شکل پایه می‌تواند موجب کاهش بیش از ۳۰ درصد در عمق آبستگی شود (Alabi, ۲۰۰۶).

– فونداسیون

به طور کلی اگر ارتفاع شالوده در بالای بستر قرار گیرد، آبستگی افزایش یافته و اگر ارتفاع بالای شالوده زیر تراز بستر قرار گیرد، عمق آبستگی کاهش می‌یابد. اقبالی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تاثیر قرارگیری و شکل فونداسیون بر میزان آبستگی پرداختند. آن‌ها بهترین شکل را فونداسیون چهارگوش با دماغه نیم‌دایره پیشنهاد کرده و عمق آبستگی را تا ۹۰ درصد کاهش دادند.

۵- ترکیب روش‌ها

در این روش با بکارگیری همزمان روش‌های مختلف سعی در کاهش آبستگی می‌شود که در زیر به بعضی از این ترکیبات اشاره شده است.

– شکاف و طوقه

Chiew (۱۹۹۲) آزمایشاتی روی ترکیب طوق و شکاف انجام داد. او با بکارگیری یک شکاف در پایه و دو نوع طوق در موقعیت‌های متفاوت به بررسی کاهش آبستگی پرداخت. ترکیب روش‌ها موجب

حذف آبستگی شد. شریعتی و همکاران (۱۳۹۰) با بکارگیری طوق مربعی و شکاف، عمق آبستگی را ۸۱ درصد کاهش دادند.

– شمع‌های صفحه‌ای نفوذپذیر و سنگ‌چین

ترکیب شمع‌های صفحه‌ای نفوذپذیر همراه با سنگ‌چین به عنوان یک اقدام در کنترل آبستگی برای پایه‌های استوانه‌ای و مستطیلی در مطالعات Parker و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. این روش عملکرد بالای ۹۱٪ در شرایط بستر زنده را از خود نشان داد.

– صفحات مستغرق و طوق

حسینی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از همزمان صفحات مستغرق و طوق برای پایه‌های مستطیلی دماغه گرد آبستگی را تا ۷۰ درصد کاهش دادند. شجاعی و همکاران (۱۳۹۰) بیشترین میزان کاهش در عمق حفره آبستگی با ترکیب طوق و چهار عدد صفحه در پایه‌ی استوانه‌ای را ۶۱ درصد ذکر نمودند.

– طوق و سنگ‌چین

Zarrati و همکاران (۲۰۰۶) از ترکیب طوقه‌های بهم پیوسته و سنگ‌چین در شرایط آب زلال استفاده کردند. در آزمایش‌ها، فضای داخل طوقه‌های بهم پیوسته و بین دو پایه به وسیله سنگ‌چین پوشیده شد. ترکیب طوق بهم پیوسته و سنگ‌چین منجر به کاهش ۵۰ و ۶۰ درصد در جلو و پشت پایه شد. در حالی که استفاده از طوقه‌های بهم پیوسته به تنهایی عمق آبستگی را به ترتیب ۲۵ و ۳۵ درصد در جلو و پشت پایه کاهش داد.

– طوق و کابل

عقلی و زمردیان (۱۳۹۱) با استفاده از مدل فیزیکی، تاثیر توأم طوق و کابل روی عمق آبستگی اطراف پایه در قوس رودخانه را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنان حاکی از آن بود که استفاده از کابل ۵۹ درصد، طوق ۵۵ درصد و ترکیب طوق و کابل ۷۰ درصد آبستگی را کاهش می‌دهد.

کانال‌های کشتی، ممکن است موجب عدم زیبایی پل شود. بعضی از روش‌ها نیز برای پل‌های موجود قابل استفاده نبوده و اجرای آن‌ها پایداری پل را تحت تاثیر قرار می‌دهد (استفاده از لوله‌های بهم پیوسته داخلی). از دیگر محدودیت‌ها، می‌توان به مسدود شدن فاصله بین پایه‌ها یا گرفتگی شکاف به وسیله اجسام شناور موجود در جریان رودخانه یا عدم پایداری و جابجایی وسایل متصل به پایه و بستر در شدت جریان‌های بالا و سیلابی بودن رودخانه اشاره کرد، که زمینه کاهش کارایی هر یک از روش‌های کنترل آبستگی را فراهم می‌کند.

مشکلات و محدودیت‌های اجرایی

با توجه به این که اکثر روش‌های ذکر شده در زمینه کاهش و کنترل آبستگی در شرایط آزمایشگاهی انجام شده، به نظر می‌رسد استفاده از این روش‌ها در رودخانه‌های طبیعی با مشکلات و محدودیت‌هایی همراه باشد که بایستی مد نظر قرار گیرد. به طور مثال استفاده از روش مکش، نیاز به سیستم پمپ دائمی و بازدید و نگهداری منظم دارد. بکارگیری شمع در اطراف پایه علاوه بر ایجاد محدودیت برای

مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان موثرترین روش در کاهش آبشستگی را انتخاب نمود:

- ۱- با عنایت به تاثیر بیشتر ترکیب روش‌ها در کاهش آبشستگی، تحقیق بیشتر در خصوص ترکیب روش‌های مختلف و بررسی میزان کاهش آبشستگی در هر یک از این حالات، مفید می‌باشد.
- ۲- عمده مطالعات آزمایشگاهی در شرایط بستر زلال یعنی شرایطی که حداکثر عمق آبشستگی رخ می‌دهد انجام شده است؛ اما در طبیعت جریان در اکثر مواقع سیلابی بوده و شرایط بستر زنده حاکم است، لذا بررسی تاثیر روش‌های کاهش آبشستگی در این شرایط از اهمیت خاصی برخوردار است.
- ۳- نظر به اینکه عمده تحقیقات انجام شده در شرایط آزمایشگاهی بوده که این امر نیز مستلزم صرف وقت و هزینه بالایی می‌باشد، مدل‌سازی عددی آبشستگی و بررسی روش‌های کنترل آبشستگی با استفاده از تکنیک‌های عددی، لازم به نظر می‌رسد.

در این مقاله ضمن بررسی پدیده آبشستگی در پایه‌ی پل‌ها، روش‌های مقابله با آن نیز بررسی شد و مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بوسیله محققین مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. عمده روش‌های مورد استفاده برای کاهش آبشستگی، تغییر الگوی جریان و مقاوم نمودن بستر می‌باشد. به نظر می‌رسد ترکیبی از این دو روش می‌تواند باعث کاهش بیشتری در عمق آبشستگی در پایه پل شود که این امر نیازمند تحقیقات بیشتری است. همان‌گونه که اشاره شد بکارگیری هریک از این روش‌ها ممکن است با محدودیت‌ها و مشکلاتی همراه باشد که قبل از اجرا بایستی این محدودیت‌ها با توجه به شرایط رودخانه و پل به طور دقیقی مورد بررسی قرارگیرد تا روش مورد استفاده بهترین عملکرد را در کاهش آبشستگی از خود نشان دهد. با توجه به مطالب فوق پیشنهاد می‌گردد جهت تحقیقات آتی موارد ذیل

- آزم، ن. و قمشی، م. ۱۳۹۲. اثر شمع‌های حفاظتی بر کاهش آبشستگی در پایه پل استوانه‌ای. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۳): ۱۲۳-۱۳۴.
- اقبالی، پ.، دهقانی، ا.ا.، ارونقی، ه. و مفتاح هلقی، م. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تراز قرارگیری و شکل فونداسیون بر مقدار آبشستگی اطراف پایه پل. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۰(۴): ۲۷۳-۲۸۲.
- حسینی، س.ح.، حسین‌زاده دلیر، ع.، فرسادی‌زاده، د.، ارونقی، ه. و قربانی، م.ع. ۱۳۹۱. تأثیر توأم صفحات مستغرق و طوق در کاهش پایه‌های مستطیلی با دماغه گرد. نشریه دانش آب و خاک، ۲۲(۳): ۸۷-۱۰۱.
- خادم، غ. ۱۳۸۱. طراحی لایه ریپ‌رپ در اطراف پایه پل با آبشستگی محدود مجاز. پایان‌نامه دوره کارشناسی‌ارشد، گروه عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- شریعتی، ح.، خداشناس، س.ر. و اسماعیلی، ک. ۱۳۹۰. بررسی آزمایشگاهی کارکرد با هم طوق و شکاف بر میزان آبشستگی موضعی در پایه پل. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی عمران (دانشکده مهندسی)، ۲۳(۱): ۸۶-۹۶.
- شجاعی، پ.، فرسادی‌زاده، د. و حسین‌زاده دلیر، ع. ۱۳۹۰. تأثیر توأم صفحات مستغرق و طوق در کاهش عمق آبشستگی پایه‌های استوانه‌ای شکل پل‌ها. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۵(۵۷): ۲۳-۳۳.
- عقلی، م. و زمردیان، م.ع. ۱۳۹۲. تأثیر توأم طوق و کابل بر روی عمق آبشستگی اطراف پایه پل در قوس رودخانه‌ها. علوم و مهندسی آبیاری، ۳۶(۳): ۳۱-۴۰.
- Abd El-Razek M., Abd El-Motaleb M. and Bayoumy M. 2003. Scour reduction around bridge piers using internal openings through the pier. Proc. 30th IAHR Congress, Thessaloniki, C2,285-292.
- Alabi, P.D. 2006. Time development of local scour at a bridge pier fitted with a collar. Master Degree Thesis. University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, CA.
- Chiew Y.M. 1992. Scour protection at bridge piers. J. Hydraulic Engng, 118(9): 1260-1269.
- Daido A., and Yano S. 1995. Local scour around bridge piers and its protection with guide wall and slanting plate and piers surface. Proc. 6th Intl. Symp. River Sedimentation, New Delhi, India, 1181-1187.
- Dey S., Sumer B.M. and Fredsoe J. 2006. Control of scour at vertical circular piles under waves and current. J. Hydraulic Engng, 132(3): 270-279.
- Gupta A.K. 1987. Hydrodynamic modification of the horseshoe vortex at a vertical pier junction with ground. Phys.Fluids. 30: 1213-1215.
- Huang C.K., Tang C.J. and Kuo T.Y. 2005. Use of surface guide panels as pier scour countermeasures. Int. J. Sediment Res. 20(2): 119-130.
- Kumar V., Ranga Raju K.G. and Vittal N. 1999. Reduction of local scour around bridge piers using slots and collars. J.Hydraulic Engng, 125(12): 1302-1305.

- tion to minimize sand-bed scour. J. Hydraulics Div. ASCE, 103(4): 443–449.
- Singh C.P., Setia B. and Verma D.V.S. 2001. Collar-sleeve combination as a scour protection device around a circular pier. Proc. 29th IAHR Congress, Beijing, Theme D. 202–209.
- Tafarajnoruz A., Gaudio R. and Dey S. 2010. Flow-altering countermeasures against scour at bridge piers: a review. J. Hydraulic Res, 48(4): 441–452.
- Vittal N., Kothyari U.C. and Haghighat M. 1994. Clear-water scour around bridge pier group. J. Hydraulic Engng, 120(11): 1309–1318.
- Zarrati A.R., Nazariha M. and Mashahir M.B. 2006. Reduction of local scour in the vicinity of bridge pier groups using collars and riprap. J. Hydraulic Engng, 132(2): 154–162.
- Zarrati A.R., Gholami H. and Mashahir M.B. 2004. Application of collar to control scouring around rectangular bridge piers. J. Hydraulic Res, 42(1): 97–103.
- Lauchlan C.S. 1999. Pier scour countermeasures. PhD Thesis. University of Auckland, Auckland, NZ.
- Maza J.A. 1967. Scour in natural channels. Report 114, Department of Civil Engineering, University of Auckland, Auckland, NZ.
- Melville B.W. and Hadfield A.C. 1999. Use of sacrificial piles as pier scour countermeasures. J. Hydraulic Engng, 125(11): 1221–1224.
- Moncada-M A.T., Aguirre-Pe J., Bolívar J.C. and Flores E.J. 2009. Scour protection of circular bridge piers with collars and slots. J. Hydraulic Res, 47(1): 119–126.
- Odgaard A.J. and Wang Y. 1991. Sediment management with submerged vanes 1: Theory. J. Hydraulic Engng, 117(3): 267–283.
- Parker G., Toro-Escobar C., and Voigt R.L. 1998. Countermeasures to protect bridge piers from scour. Final Report NCHRP Project 24–7. Transportation Research Board, Washington, DC.
- Rooney D.M. and Machemehl J.L. 1977. Using suc-

Evaluation of management strategies for improving water use efficiency of wheat under saline conditions

(Case study: Abarkouh in Yazd province)

M. Nikkhah¹, M.H. Rahimian^{2*}, M.J. Roust³, H. Razzaqian⁴

1- MSc. of agronomy, expert of National Salinity Research Center (NSRC), Yazd, Iran. 2- PhD. student of irrigation and drainage, research expert of National Salinity Research Center (NSRC), Yazd, Iran. 3- PhD. of soil science, head of National Salinity Research Center (NSRC), Yazd, Iran. 4- MSc. of agronomy, expert of Agricultural extension service, Yazd Agricultural Organization, Iran.

*(Corresponding Author Email: mrahimian@gmail.com)

Received: 22-11-2013

Accepted: 2-8-2014

ارزیابی برخی راهکارهای مدیریتی افزایش شاخص کارایی مصرف آب مزارع گندم در شرایط شور

مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ابرکوه در استان یزد

مجید نیکخواه^۱، محمدحسن رحیمیان^{۲*}، محمدجواد روستا^۳، حسین رزاقیان^۴

۱- کارشناسی‌ارشد زراعت، کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد. ۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه صنعتی اصفهان، محقق مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد. ۳- دکترای خاکشناسی، رئیس مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد. ۴- کارشناسی‌ارشد زراعت، مسئول ترویج کشاورزی استان یزد.

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱

تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۱۱

Abstract

On-farm management practices with the aim of improving Water Use Efficiency (WUE) are among the practical ways of overcoming the water scarcity problem. This study aims to investigate ways of implementing agricultural water management in Abarkouh region, Yazd province, which mainly deals with problems such as water scarcity and salinity of soil and water resources. To this end, the resulting scientific and practical solutions of the research were implemented on two separate wheat fields. The proposed methods include alternative irrigation techniques, land leveling, irrigation scheduling (intervals and volumes), seed density and fertilization. The total applied water during a full agricultural season, grain yield and water use efficiency index (the ratio of the product to the water consumed) were determined and eventually compared with the control treatment (agricultural land). The results indicated that the precise application of the proposed techniques can result in up to 15% decrease in the irrigation time and 20% increase in WUE. This could be a practical step towards ensuring sustainable agricultural production in spite of water scarcity problems, especially in rural areas, and conserving agricultural inputs, especially water.

Keywords: irrigation method, land leveling, management, salinity, drought.

چکیده

استفاده از راهکارهای مدیریتی به منظور افزایش شاخص کارایی مصرف آب در مزارع کشاورزی یکی از گزینه‌های عملی برای مقابله با کم‌آبی است. این پژوهش به بررسی روش‌های مدیریت آب کشاورزی در شهرستان ابرکوه استان یزد که عمدتاً با مسائل کم آبی و شوری منابع آب و خاک روبرو است، پرداخته و راهکارهای عملی و علمی مبتنی بر تحقیقات را در دو مزرعه‌ی گندم اجرا کرده است. این روش‌ها شامل تغییر روش آبیاری، تسطیح مناسب، تقویم آبیاری (زمان و مقدار آبیاری)، تراکم کاشت و کوددهی بوده است. برای ارزیابی اقدامات مذکور، میزان آب مصرفی در طول یک فصل کامل زراعی ثبت شد و عملکرد دانه و شاخص کارایی مصرف آب (نسبت عملکرد به آب مصرفی) تعیین و با تیمار شاهد (زمین کشاورز) مقایسه گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که در صورت اجرای دقیق راهکارهای مذکور، می‌توان بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد محصول، مدت زمان آبیاری را تا ۱۵ درصد مقدار فعلی کاهش داد و در مصرف آب صرفه‌جویی به عمل آورد. از جمله دستاوردهای این پژوهش افزایش ۲۰ درصدی شاخص کارایی مصرف آب بوده است که گامی عملی در جهت افزایش درآمد کشاورز، کمک به تداوم فعالیت‌های کشاورزی در روستاها، کاهش مصرف نهاده‌های کشاورزی (به ویژه آب) و نهایتاً کمک به پایداری تولید محصولات کشاورزی در شرایط خشکسالی و کم‌آبی‌های اخیر محسوب می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: روش آبیاری، تسطیح، مدیریت، خشکی، شوری.

بررسی تاریخ توسعه‌ی اقتصادی کشورهای پیشرفته نقش انکارناپذیر کشاورزی در توسعه‌ی این کشورها را نشان می‌دهد. بدین لحاظ برخی از صاحب نظران توسعه بر این باورند که انقلاب صنعتی در کشورهای پیشرفته‌ی صنعتی مدیون انقلاب کشاورزی است. در ایران نیز بخش کشاورزی نقش مهمی در تولید ناخالص ملی و اشتغال دارد به نحوی که حدود ۲۷ درصد تولید ناخالص ملی و ۲۳ درصد اشتغال را تشکیل می‌دهد (کشاورز و صادق‌زاده، ۱۳۷۹).

بر اساس آمارهای موجود، در کشور ما آب آبیاری مهمترین نهاده‌ی تولید کشاورزی است، زیرا از حدود ۳۷ میلیون هکتار از اراضی مستعد کشاورزی، تنها ۷/۸ میلیون هکتار به‌صورت فاریاب کشت می‌شود (احسانی و خالدي، ۱۳۸۲). لازم به ذکر است که متأسفانه میزان برداشت از آبخوان‌های زیرزمینی کشور (۶۱/۳ میلیارد متر مکعب) بیش از میزان تغذیه‌ی آبخوان‌ها (۵۶/۵ میلیارد مترمکعب) است (کشاورز و صادق‌زاده، ۱۳۷۹). کمبود بارش‌های جوی و محدودیت تغذیه‌ی آبخوان‌ها، تبخیر بسیار زیاد، کمبود یا نبود منابع آب‌های سطحی، توسعه‌ی اجتماعی- اقتصادی کشور، استقرار قطب‌های صنعتی و افزایش جمعیت باعث بهره‌برداری بیش از حد منابع آب‌های زیرزمینی در حوضه‌ی فلات مرکزی ایران گردیده است. به نحوی که علی‌رغم اعلام ممنوعیت توسعه‌ی بهره‌برداری در ۱۳۳ محدوده‌ی مطالعاتی از مجموع ۲۳۳ محدوده‌ی مطالعاتی در این حوضه، افت مداوم و کاهش حجم مخزن در فلات مرکزی ایران ادامه دارد (وزارت نیرو، ۱۳۸۴). از نظر کیفیت منابع آب زیرزمینی، ۱۵۷ محدوده‌ی مورد مطالعه در حوضه‌ی فلات مرکزی ایران دارای آب‌های شور و لب شور هستند که هر ساله بر شدت شوری آنها افزوده می‌شود. به عنوان مثال نتایج تحقیق دهقانی و همکاران (۱۳۸۲) نشان داد که میزان شوری آب آبیاری تعدادی از چاه‌های کشاورزی واقع در دشت یزد اردکان طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۹ به‌شدت افزایش یافته است. کمترین شوری آب آبیاری در محدوده‌ی مطالعاتی این تحقیق در سال ۱۳۶۹ معادل ۰/۹۱ دسی‌زیمنس بر متر بوده است که در سال ۱۳۷۹ بیش از ۴ برابر افزایش یافته و معادل ۴/۲ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. بیشترین شوری آب آبیاری در ابتدای این تحقیق معادل ۱۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر بوده که طی ده سال به ۲۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافته است.

مواد روش‌ها

منطقه‌ی مطالعاتی در این پژوهش دو مزرعه‌ی مختلف به‌لحاظ مکانی در شهرستان ابرکوه استان یزد بود که مطالعات روی آن‌ها در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ انجام گرفت. متوسط کمینه و بیشینه‌ی درجه

در حال حاضر خسارات خشکسالی در ایران کم نبوده و بر اساس اطلاعات ستاد حوادث غیرمترقبه‌ی وزارت کشور، خسارات خشکسالی در سال‌های آبی مختلف میلیاردها تومان برآورد شده و طبق شواهد موجود جهت جبران خسارت‌های وارده، دولت متحمل هزینه‌های هنگفتی شده است. لذا شناسایی، پایش و پیش‌آگاهی خشکسالی در ایران که جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود اهمیت ویژه‌ای دارد (وفاخواه و رجبی، ۱۳۸۴).

در بخش کشاورزی اگرچه در سال‌های گذشته همه‌ی تلاش‌ها در راستای افزایش میزان تولید در واحد سطح بوده و از افزایش تولید به ازاء واحد آب مصرفی غفلت شده است (علیزاده، ۱۳۸۳)، اما خوشبختانه در سال‌های اخیر این مهم مورد توجه برخی از محققین قرار گرفته است. به‌عنوان مثال کشاورز و صادق‌زاده (۱۳۷۹) ضمن بررسی وضعیت موجود مصرف آب در کشاورزی، نسبت به ارائه‌ی راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب اقدام کرده‌اند. این محققین ساماندهی و ارتقاء مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی، بهینه‌سازی کارایی آبیاری و کارایی مصرف آب در اراضی زراعی کشور (در مقیاس مزرعه)، اصلاح ساختار آبیاری در مزارع و باغات، استفاده از کم‌آبیاری بهینه به منظور افزایش کارایی مصرف آب در اراضی فاریاب کشور، استفاده از روش‌های مناسب مدیریت آبیاری به منظور کاهش تلفات آب در آبیاری‌های اولیه، تدوین برنامه‌ای جامع در مورد استفاده از آب‌های باکیفیت نامتعارف در کشاورزی، استفاده‌ی بهینه از مناطق دیم و استفاده از آبیاری تکمیلی در آن‌ها، استفاده‌ی مستقیم از آب باران و ترویج روش‌های مختلف جمع‌آوری آب، کاهش تبخیر از سطح اراضی زراعی دیم و فاریاب و لزوم توجه عمیق و نگرش سیستمیک به برهم‌کنش آب آبیاری، آفت‌کش‌های گیاهی، کودهای شیمیایی و پیامدهای زیست محیطی آن را مهمترین راهکارهای بهینه‌سازی مدیریت مصرف آب در کشاورزی معرفی نموده‌اند.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر، ارائه‌ی راهکار یا راهکارهایی که بتواند میزان ماده‌ی خشک تولیدی به ازای مصرف نهاده‌های کشاورزی نظیر آب و کود مصرفی را افزایش دهد کاملاً ضروری است. لذا پژوهش اخیر در مزارع کشاورزان شهرستان ابرکوه و به منظور افزایش میزان ماده‌ی خشک تولیدی به ازای مقدار آب آبیاری مصرفی (شاخص کارایی مصرف آب) با پیاده‌سازی راهکارهای مبتنی بر یافته‌های تحقیقاتی اجرا گردید.

حرارت در منطقه‌ی ابرکوه به ترتیب ۱۱ و ۲۷ درجه‌ی سانتیگراد، مجموع بارندگی سالانه ۶۷ میلی‌متر و مجموع تبخیر سالانه بیش از ۳۳۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. در این پژوهش به اجرای برخی راهکارهای افزایش کارایی مصرف آب در اراضی شور شامل تغییر روش آبیاری، انجام تسطیح مناسب، تدوین تقویم آبیاری (زمان و

در منطقه غالب است) و روش پیشنهادی (آبیاری نواری) بود. در شکل (۱) این دو روش مقایسه می‌شود. همزمان با اجراء این راهکارها، اقدام به ثبت تمامی نهاده‌های مصرفی (آب، بذر، کود) در طول یک فصل کامل زراعی شد و نهایتاً با برداشت محصول، میزان عملکرد دانه تعیین و شاخص کارایی مصرف آب (نسبت عملکرد به آب مصرفی) محاسبه و با تیمار شاهد (زمین کشاورز) مقایسه گردید. مقایسه به کمک آزمون آماری تی (t-test) انجام شد.



(الف-روش آبیاری کرتی)



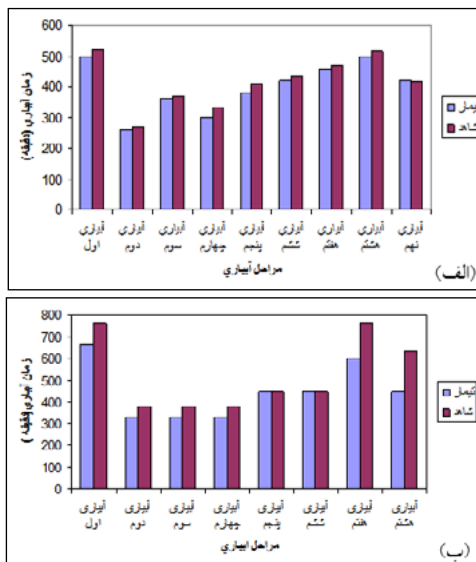
(ب-روش آبیاری نواری)

شکل ۱- تغییر روش آبیاری مزرعه از کرتی به نواری در منطقه‌ی ابرکوه

مقدار آبیاری)، الگوی کاشت و کوددهی اقدام شده است (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۰). بدین منظور پس از انتخاب مزارع مورد نظر اقدام به کسب اطلاعات اولیه از مزارع انتخابی و همچنین منطقه‌ی مطالعاتی گردید. پس از مشخص شدن خصوصیات خاک، آب و بذر مصرفی در هر مزرعه به آماده سازی بستر بذر و کاشت آن اقدام شد. برای کاشت مزرعه از رقم ارگ به عنوان رقم رایج منطقه که متحمل به شوری است، استفاده شد (مؤسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه‌ی نهال و بذر، ۱۳۸۸). میزان تراکم مورد استفاده براساس ۵۵۰ دانه در متر مربع بود (آناقلی، ۱۳۸۵). همچنین کاشت در مزرعه با استفاده از دستگاه کمبینات انجام گرفت (رنجبر، ۱۳۸۹) و نیازهای کودی هر مزرعه نیز براساس آزمون خاک تعیین شد (کریمی، ۱۳۸۹). همچنین به طراحی ابعاد مناسب نوارهای آبیاری در هر منطقه اقدام شد. اقدامات اخیر می‌تواند مدت زمان آبیاری را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد. این مقدار حتی در اولین آبیاری که بستر خاک دارای بیشترین نفوذ و کندترین سرعت پیشروی است نیز معنی‌دار خواهد بود (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۱). طراحی ابعاد مناسب نوارها تابع بافت خاک، شیب زمین و دبی جریان آب است (علیزاده، ۱۳۸۶). به عنوان مثال برای یک مزرعه با بافت خاک متوسط و دبی ۱۵ لیتر بر ثانیه و شیب ۵ در هزار (۰/۵ درصد)، ابعاد نوارها را حدود ۵ × ۱۰۰ متر در نظر می‌گیرند. با توجه به شرایط موجود در منطقه، این اعداد به عنوان یک راهنما برای ابعاد نوارها در نظر گرفته شد. عملیات مرزبندی و پیاده‌سازی طول و عرض مناسب برای نوارها پس از کاشت صورت پذیرفت. بنابراین؛ تیمارهای این پژوهش شامل روش آبیاری مطابق با تجارب کشاورز (آبیاری کرتی که

نتایج و بحث

شکل (۲) مقایسه بین مدت زمان آبیاری‌ها در دو شیوه‌ی متفاوت نواری به عنوان تیمار و کرتی به عنوان شاهد در مزارع مورد بررسی در ابرکوه را نشان می‌دهد که بیشترین سطح کشت منطقه به صورت کرتی آبیاری می‌شود. این زمان‌ها مربوط به آبیاری یک مساحت مشخص از مزرعه در تیمار و شاهد است که در هر آبیاری به صورت مجزا اندازه‌گیری شده است. همانطوری که ملاحظه می‌گردد، تفاوت‌های معنی‌داری بین زمان آبیاری در دو روش وجود دارد. میانگین‌گیری از عمق ناخالص آبیاری‌های مزرعه‌ی آقای غلامپور (مزرعه‌ی ب) نشان می‌دهد که متوسط عمق ناخالص آبیاری در روش شاهد (کرتی) ۷۹ میلی‌متر است. این در حالی است که در روش پیشنهادی (نواری)، عمق ناخالص آبیاری به حدود ۶۴ میلی‌متر تقلیل یافته است. نتایج مذکور حاکی از این است که می‌توان با طراحی ابعاد مناسب کرت‌ها و انتخاب روش آبیاری نواری در منطقه‌ی مورد مطالعه، مدت زمان آبیاری در واحد مشخصی از سطح زمین را به مقدار قابل توجهی کاهش داد.



شکل ۲- مقایسه‌ی مدت زمان آبیاری نوبت‌های مختلف در دو سیستم آبیاری کرتی (شاهد) و تیمار پیشنهادی در مزرعه‌ی آقای صالحی (الف) و غلامپور (ب)

جدول (۱) نشان‌دهنده نتایج مقایسه‌ی آماری بین ویژگی‌های محصول گندم اندازه‌گیری‌شده در پلات در هر مزرعه است. براساس این جدول عملکرد پلات در تیمار و شاهد در مزرعه‌ی (ب) با هم تفاوت آماری معنی‌داری ندارند، جز اینکه در مزرعه‌ی مذکور تا حدودی عملکرد پلات در تیمار بیشتر از شاهد بوده است و در مزرعه‌ی (الف) اندازه‌گیری‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بودند. همچنین مقایسه‌ی اجزای عملکرد

اندازه‌گیری‌شده نشان می‌دهد که احتمالاً تعداد سنبله در پلات تأثیر بیشتری نسبت به سایر صفات گندم روی عملکرد پلات داشته است. این همبستگی در سطح احتمال ۰/۵، معنی‌دار گردیده است. همبستگی طول سنبله و تعداد دانه در سنبله بر عملکرد پلات، معنی‌دار نشده است. براساس جدول (۱) تأثیر تیمار پیشنهادی و اجرای دستاوردهای تحقیقاتی در دو مزرعه‌ی (الف و ب) به‌طور ملموس مشخص است.

جدول ۱- مقایسه‌ی صفات مختلف گندم به کمک آزمون آماری تی (t)*

مزرعه	تیمار	ارتفاع ساقه	طول سنبله	تعداد سنبلچه	تعداد سنبله در ساقه	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد پلات
الف	شاهد	۵۲/۳۵ ^a	۸/۳۸ ^a	۱۵/۸۶ ^a	۱۳/۲۵ ^a	۳۱/۳۳ ^a	۳۶/۷۴ ^a	۳۰۴/۸۰ ^b
	پیشنهادی	۶۰/۷۱ ^a	۸/۶۳ ^a	۱۵/۹۵ ^a	۱۳/۴ ^a	۳۱/۸۷ ^a	۳۷/۷۸ ^a	۴۱۲/۴۶ ^a
ب	شاهد	۶۸/۱۱ ^a	۶/۶۴ ^a	۱۴ ^a	۱۱/۳ ^a	۲۱/۴ ^a	۳۷/۵۵ ^a	۴۸۷/۹۸ ^a
	پیشنهادی	۶۸/۱۸ ^a	۷/۴۲ ^a	۱۴/۷۳ ^a	۱۲/۳۶ ^a	۲۷/۸ ^a	۴۰/۱۳ ^a	۵۴۰/۵۰ ^a

* این صفات مربوط به سه پلات در هر تیمار بوده و مقایسه در هر مزرعه به‌صورت جداگانه انجام شده است.

با تقسیم متوسط عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) بر آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) در هر تیمار، شاخص کارایی مصرف آب محاسبه و به‌عنوان مبنای اصلی تصمیم‌گیری و مقایسه بین تیمارهای شاهد و پیشنهادی قرار گرفت (جدول ۲). همچنین این جدول نشان داد که میزان آب مصرفی در تیمارهای پیشنهادی به مراتب کمتر از تیمار شاهد است. در مورد مقایسه‌ی شاخص عملکرد در واحد سطح باید به موضوع کم‌آبایی نیز اشاره شود. کم‌آبایی یکی از راهکارهای مدیریتی به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب در مواقع خشکسالی است. در استان یزد نیز مسأله‌ی خشکسالی خصوصاً در چند سال اخیر از پدیده‌های بارز منطقه بوده و خسارتی را به محصولات مختلف وارد کرده است. چنانچه با انجام کم‌آبایی بتوان تولید مقدار مشخص محصول به‌ازای آب مصرفی را حفظ و یا با آب کمتری همین مقدار ماده‌ی خشک را تولید نمود، خود موفقیت بزرگی برای مقابله با بحران محسوب خواهد شد. در چنین شرایطی اگر به‌ازای یک مقدار مشخص ماده‌ی خشک تولیدی، بتوان آب کمتری را مصرف کرد؛ این مسأله

به نفع کشاورز بوده و به‌لحاظ اقتصادی صرفه خواهد داشت (حتی اگر عملکرد در واحد سطح کاهش یابد). در چنین شرایطی شاخص کارایی مصرف آب را ملاک ارزیابی‌ها قرار می‌دهند. جدول (۳) نشان‌دهنده درصد تغییرات بوجود آمده در آب مصرفی، عملکرد و کارایی مصرف آب تیمارهای پیشنهادی نسبت به شاهد در مزارع مختلف منطقه‌ی ابرکوه است. بر اساس این جدول شاخص کارایی مصرف آب در مزرعه‌ی (الف) و (ب) با میزان ۲۶ و ۲۱ درصد افزایش، نشان می‌دهد که اجرای راهکارهای مدیریتی در مزارع مذکور در این زمینه نتیجه‌ی مثبت داشته است. همانطوری که ملاحظه می‌گردد، عملکرد در واحد سطح این مزارع (کیلوگرم در هکتار) تغییرات معنی‌داری نداشته است. افزایش غیر قابل توجه عملکرد در این مزارع عمدتاً ناشی از اعمال دور نامناسب آبیاری در این مزارع به‌دلیل محدودیت‌های کشاورز در تغییر دور آبیاری در منطقه است. نکته‌ی حائز اهمیت این است که با کاهش عمق ناخالص آبیاری (با تغییر شیوه‌ی آبیاری) می‌بایست دور آبیاری به‌صورت دقیق رعایت

جدول ۲- مقایسه‌ی عملکرد آب مصرفی و شاخص کارایی مصرف آب در مزارع مختلف

نام مزرعه	تیمار	عملکرد گندم (کیلوگرم در هکتار)	آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
الف	شاهد	۳۰۴۸	۷۰۰۰	۰/۴۳
	پیشنهادی	۴۱۲۴	۶۶۰۰	۰/۶۲
ب	شاهد	۴۸۷۹	۷۲۰۰	۰/۶۷
	پیشنهادی	۵۴۰۵	۶۱۰۰	۰/۸۸

شود تا گیاه در معرض تنش خشکی قرار نگیرد. البته همان طوری که قبلاً نیز گفته شد؛ افزایش معنی دار شاخص کارایی مصرف آب، عدم افزایش معنی دار عملکرد در واحد سطح را توجیه نموده و باتوجه به

اهمیت موضوع آب به عنوان مهمترین نهادهی کشاورزی در مناطق خشک، توجیه اقتصادی این امر نیز صورت گرفته و نهایتاً برتری روش پیشنهادی نسبت به روش شاهد اثبات می شود.

جدول ۳ - درصد تغییرات آب مصرفی، عملکرد و کارایی مصرف آب تیمارهای پیشنهادی نسبت به شاهد در مزارع مختلف

نام مزرعه	درصد تغییر آب مصرفی در تیمار پیشنهادی نسبت به شاهد (%)	درصد تغییر عملکرد در تیمار پیشنهادی نسبت به شاهد (%)	درصد تغییر کارایی مصرف آب تیمار پیشنهادی نسبت به شاهد (%)
الف	- ۵/۷۱	+ ۳۵	+ ۱۹
ب	- ۱۵/۲۷	+ ۱۰/۷۸	+ ۲۱

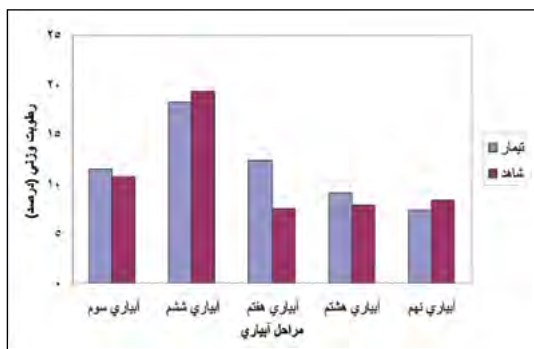
-تغییرات رطوبت و شوری خاک

علی رغم کاهش معنی دار عمق ناخالص آبیاری در سیستم پیشنهادی نسبت به شاهد، درصد رطوبت در منطقه‌ی توسعه‌ی ریشه‌ی گیاه، کاهش محسوسی نسبت به سیستم شاهد منطقه نداشته است. شکل (۳) نشان دهنده‌ی متوسط درصد رطوبت وزنی خاک اعماق مختلف مزرعه در دو شیوه‌ی کرتی و نواری است که در هر مرحله از آبیاری‌ها بررسی و محاسبه شده است.

در پژوهش مذکور متوسط شوری عصاره‌ی اشباع خاک اعماق مختلف نیز قبل از هر آبیاری مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفته است. در شکل (۴) مقایسه بین شوری خاک اعماق مختلف در مراحل مختلف آبیاری در تیمار و شاهد نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد؛ متوسط شوری خاک سطحی (۰-۳۰ سانتیمتر) این مزرعه در دو تیمار، نزدیک به هم‌دیگر و کمتر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. در مقطع زمانی مذکور، گیاه در مرحله‌ی ابتدائی رشد قرار داشته و جوانه‌زنی و رشد آن بیشتر تحت تأثیر خاک سطحی است. لذا شوری خاک در حد قابل قبول (پایین‌تر از حد آستانه‌ی تحمل گیاه گندم به شوری) است. در این مرحله سایر اعماق خاک تأثیری بر جوانه‌زنی ندارند. کاهش قابل توجه شوری پروفیل خاک در سیستم نواری نسبت به کرتی در اعماق ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری خاک نیز از جمله نکات قابل توجه در این پژوهش است. به نظر می‌رسد که کاهش عمق ناخالص آبیاری در سیستم نواری نسبت به کرتی منجر به افزایش راندمان آبشویی (به دلیل عبور تدریجی از خلل و فرج ریز خاک) و در نتیجه کاهش شوری عصاره‌ی اشباع خاک در اولین آبیاری شده است.

همانطور که ملاحظه می‌گردد؛ شوری خاک در اعماق مختلف (۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتر) در این مقطع زمانی، به واسطه‌ی آبیاری‌های پی در پی نسبت به اوایل فصل رشد، تغییر نموده و در دو سیستم آبیاری به یک مقدار ثابت (حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر) تقلیل یافته است. یکسان بودن متوسط شوری خاک در دو سیستم نشان از آبشویی یکسان پروفیل خاک منطقه‌ی توسعه‌ی ریشه‌ی گیاه داشته (علی‌رغم

اعمال مقادیر متفاوت آب ناخالص آبیاری) و عدم تأثیر معنی دار تغییر سیستم آبیاری و کاهش مدت زمان آبیاری‌ها را بر شوری خاک منطقه‌ی توسعه‌ی ریشه نشان می‌دهد. یکی از مشاهدات حائز اهمیت در این پژوهش افزایش موضعی شوری در برخی از نقاط مزارع بوده که گاهی به ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز رسیده و منجر به عدم رویش محصول در برخی نقاط شده است. این در حالی است که شوری آب آبیاری مورد استفاده حدود ۲ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. وجود تفاوت معنی دار بین این دو مقدار، نشان دهنده‌ی اهمیت تسطیح زمین در توزیع مکانی شوری مزرعه است که این موضوع در شرایط توصیه‌ی عمق بهینه‌ی آبیاری در مزرعه و یا اعمال کم آبیاری‌ها در شرایط خشکسالی دو چندان نیز خواهد شد.

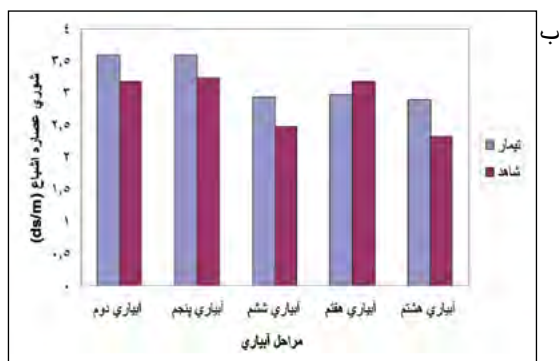


الف



ب

شکل ۳- مقایسه‌ی درصد رطوبت وزنی در عمق توسعه‌ی ریشه پس از کاشت گندم در دو سیستم آبیاری کرتی (تیمار شاهد) و نواری (تیمار پیشنهادی) در مزرعه‌ی الف و ب



شکل ۴- مقایسه‌ی شوری عصاره‌ی اشباع خاک (ECe) عمق توسعه‌ی ریشه‌ی گندم در دو سیستم آبیاری کرتی (شاهد) و نواری (پیشنهادی) مزرعه‌ی الف و ب

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در صورت طراحی ابعاد مناسب کرت‌ها و انتخاب روش آبیاری نواری در منطقه‌ی مورد مطالعه، مدت زمان آبیاری را می‌توان به مقدار قابل توجهی کاهش داد. این مقدار حتی در اولین آبیاری که بستر خاک دارای بیشترین نفوذ و کندترین پیشروی است نیز معنی‌دار خواهد بود. با توجه به تأکید سیاست‌گذاران آب کشور بر

منابع

آناقلی، ا. ۱۳۸۵. بررسی اثرات فواصل خطوط و تراکم بذر بر عملکرد لاین‌های امید بخش گندم متحمل به شوری در شرایط آب و خاک شور. مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. نشر کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران.

دهقانی، ف.، علایی یزدی، ف. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۲. بررسی کیفیت آب‌های آبیاری در استان یزد از دیدگاه اثرات سوء تغذیه‌ای. نشریه‌ی فنی موسسه تحقیقات خاک و آب، ۲۰۶.

رحیمیان، م. ج.، روستا، م. ج.، رزاقیان، ح. و آتشی، س. م. ۱۳۹۱. ارتقاء شاخص کارایی مصرف آب در شرایط شور از طریق مدیریت مزرعه. اولین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. مؤسسه‌ی تحقیقات خاک و آب، کرج.

رحیمیان، م. ج.، هاشمی‌نژاد، ی. و رزاقیان، ح. ۱۳۹۰. دستور کار آبیاری و تغذیه‌ی گندم در شرایط شور. بروشور ترویجی مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی یزد، ۳۴، ص ۲.

رنجبر، غ. ۱۳۸۹. جمع‌آوری و مقایسه‌ی عملکرد ارقام تجاری داخلی

صرفه‌جویی و استفاده‌ی بهینه از این نهاده‌ی با ارزش در بخش کشاورزی (به‌عنوان بزرگترین مصرف‌کننده‌ی آب در کشور)، به نظر می‌رسد که اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری یکی از عملی‌ترین راهکارهای موجود در این زمینه است. از طرفی دیگر فراگیر نمودن سیستم‌های آبیاری تحت فشار و پربازده در تمامی باغات و مزارع آبی کشور در سال‌های آتی، مشمول صرف زمان خواهد بود و نباید سیستم‌های سنتی آبیاری ثقلی را تا زمان وقوع این تغییرات به حال خود رها نمود.

و خارجی گندم در اراضی شور پایین‌دست حوزه‌ی کرخه. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری.

علیزاده، ا. ۱۳۸۶. طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. انتشارات امام رضا (ع).

علیزاده، ا. ۱۳۸۳. رابطه‌ی آب و خاک و گیاه. انتشارات امام رضا (ع).

کشاورز، ع. و صادق‌زاده، ک. ۱۳۷۹. مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، برآورد تقاضا برای آینده، بحران‌های خشکسالی، وضعیت موجود، چشم‌اندازهای آینده و راهکارهایی جهت بهینه‌سازی مصرف آب. نشر آموزش کشاورزی.

کریمی، م. ۱۳۸۹. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی اثر متقابل شوری و عناصر غذایی N, P, K بر عملکرد لاین امیدبخش مقاوم به شوری گندم. مرکز ملی تحقیقات شوری.

مؤسسه‌ی تحقیقات اصلاح و تهیه‌ی نهال و بذر. ۱۳۸۸. گزارش سالیانه‌ی غلات.

وزارت نیرو. ۱۳۸۴. پروژه‌ی تدوین برنامه‌ی بهره‌برداری از آب‌های شور، لب‌شور و غیرمتعارف در سطح حوزه‌های آبریز کشور.

وفاخواه، م. و رجبی، م. ۱۳۸۴. کارایی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی برای پایش و ارزیابی خشکسالی‌های حوزه‌ی آبخیز دریاچه‌های بختگان، طشک و مهارلو، مجله‌ی بیابان، ۱۰ (۲): ۳۶۹-۳۸۳.

Designing and evaluating the compaction roller of furrows in order to reduce irrigation losses

(Case Study Furrow Irrigation)

V.Rezaverdinejad^{1*}, A. Norjoo², H. Mohammadi³,
A. Khorsand⁴

1,4- Assistant Professor & MSc Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Urmia University, Urmia, Iran. 2- Researcher, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Urmia, Iran. 3- Researcher, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Tabriz, Iran.

*(Corresponding Author Email: verdinejad@gmail.com)

Received: 8-6-2014

Accepted: 29-7-2014

طراحی و ارزیابی غلطک‌های تثبیت جویچه به منظور کاهش تلفات آبیاری

(مطالعه‌ی موردی آبیاری جویچه‌ای)

وحیدرضا وردی‌نژاد^{۱*}، امیر نورجو^۲، حسین محمدی مزرعه^۳،
افشین خورسند^۴

۱ و ۴- به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ارومیه. ۲- پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ارومیه. ۳- پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز.

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۷

Abstract

The present study investigates the effects of furrow compaction rollers on improving furrow irrigation parameters such as advance time, runoff, deep percolation and irrigation efficiency. This study was conducted based on rolled, non-rolled (traditional method) and tractor-wheel-compacted furrow treatments. The site was located in Mian-doab agricultural research station, West Azerbaijan and the study was carried out between 2001-2002. Six rollers were designed and manufactured in different sizes of three diameters of 25, 40 and 55 cm and two widths of 12.5 and 15 cm. The evaluation was conducted under three sinkers weighing 25, 50 and 75 kg which were loaded on the rollers. Among the different diameter roller treatments, the 55 cm roller had the highest irrigation efficiency (57.4%) and likewise 15 cm (55.3%) and 75kg (55.2%) rollers had the highest efficiency among treatments with different roller widths and weights, respectively. Furthermore, results revealed that the average irrigation efficiency of wheel compacted and non-compacted furrows were respectively 48.9% and 45.4%. According to the results, it can be concluded that the rollers' width, diameter and sinkers have a significant impact on the irrigation parameters and can improve the irrigation efficiency.

Keywords: furrow irrigation, performance evaluation, irrigation efficiency, furrow firming roller, miandoab.

چکیده

در این مطالعه تأثیر غلطک تثبیت جویچه در بهبود پارامترهای آبیاری جویچه‌ای از قبیل زمان پیشروی، رواناب، نفوذ عمقی و بازدهی آبیاری در تیمارهای تثبیت با غلطک، بدون غلطک (شاهد) و چرخ تراکتورخورده، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در آذربایجان غربی طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰، مورد بررسی قرار گرفت. غلطک‌هایی در شش اندازه، شامل سه اندازه‌ی قطری (۲۵، ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر) و دو اندازه‌ی عرضی (۱۲/۵ و ۱۵ سانتیمتر)، طراحی و ساخته شد. ارزیابی، تحت سه وزنه‌ی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم که به روی غلطک‌ها اضافه گردید، انجام شد. در بین تیمارهای قطری، بیشترین میزان بازدهی آبیاری در تیمار غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر (۵۷/۴ درصد)، در بین تیمارهای عرضی غلطک، بیشترین بازدهی آبیاری در تیمار غلطک با عرض ۱۵ سانتیمتر (۵۵/۳ درصد) و در بین تیمارهای وزنی، بیشترین میزان بازدهی آبیاری در تیمار وزنه با وزن ۷۵ کیلوگرم (۵۵/۲ درصد) به دست آمد. متوسط بازدهی آبیاری در تیمارهای چرخ تراکتورخورده و تیمار شاهد بدون غلطک به ترتیب ۴۸/۹ و ۴۵/۴ درصد حاصل شد. نتایج نشان داد که تأثیر قطر و عرض غلطک و میزان وزنه‌ی اعمال‌شده بر روی غلطک‌ها بر روی پارامترهای آبیاری و افزایش بازدهی آبیاری معنی‌دار است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، ارزیابی عملکرد، بازدهی آبیاری، غلطک تثبیت جویچه، میاندوآب.

سرعت پیشروی آب توسط Fornstrom و همکاران (۱۹۸۵) مورد مطالعه قرار گرفت. ابزار شکل‌دهنده‌ی جویچه شامل چرخ‌های فارو به شکل ۷ با قطر ۳۵ سانتیمتر بود طوری که هر چرخ فقط از فاروی مربوط به خود پیروی کرده و مستقل از حرکت ابزار شکل‌دهنده یا دیگر چرخ‌های متراکم‌کننده بوده است. یک قسمت وزین به هر واحد چرخ، متصل شده که آن هم به وزنه‌ی چمدانی مانند سنگین روی تراکتور، وصل شده است. قسمت وزین مستقیماً بالای چرخ تحکیم واقع شده است و مرکز ثقل وزنه‌ی اضافه شده مستقیماً از محور چرخ موقعی که واحد، مسطح و تراز است عبور می‌نماید، یک نگهدارنده به قسمت وزین متصل شده، طوری که واحد می‌تواند بالا آورده شود. کل هر واحد شکل‌دهنده ۷۷ کیلوگرم بوده که چهار وزنه‌ی چمدانی شکل ۳۶ کیلوگرمی در بالای هر واحد متصل شده بود (Fornstrom و همکاران، ۱۹۸۵). Musick و همکاران (۱۹۸۱) و همکاران تأثیر تحکیم حاصل از چرخ تراکتور در جویچه‌ها را ارزیابی کردند. براساس نتایج کار آنها، آب نفوذ کرده در فصل آبیاری از ۱۲۳ میلیمتر به ۸۲ میلیمتر و عمق آب زهکشی از ۲۹/۴٪ به ۹/۱٪ میزان آب آبیاری کاهش یافت. همچنین تحکیم حاصل از چرخ‌های تراکتور، متوسط جرم مخصوص ظاهری را از ۱/۲۶ به ۱/۶۲ تن در متر مکعب افزایش داد. کاهش نفوذ در جویچه‌ها بر عملکرد ذرت تأثیری نداشت. براساس نتایج تحقیق آنها تحکیم ضرب‌های جویچه در خاک‌های شنی با نفوذپذیری بالا، میزان نفوذ آب در آبیاری اول را به مقدار ۴۰ درصد کاهش داد (Musick و همکاران، ۱۹۸۱). یکی از مشکلات و مسائل مهم در روش آبیاری جویچه‌ای، کاهش تولید محصول به علت توزیع غیریکنواخت آب در طول جویچه بوده که یکنواختی توزیع آب با اصلاح جویچه و کاهش نفوذپذیری، افزایش یافت (Kemper و همکاران، ۱۹۸۲).

این مطالعه به منظور طراحی، ساخت و ارزیابی غلطک‌های تثبیت‌کننده‌ی جویچه با هدف امکان افزایش بازدهی آبیاری، یکنواختی توزیع و افزایش سرعت پیشروی آب در جویچه اجرا گردید. از ویژگی‌های این مطالعه نسبت به سایر مطالعات می‌توان به بافت خاک مورد مطالعه در این تحقیق (لوم رسی) و لحاظ دامنه وسیع از غلطک‌ها و وزنه‌های تثبیت اشاره کرد.

و ۵۵ و دو عرض ۱۲/۵ و ۱۵ سانتیمتر) در نظر گرفته شد. عرض بهینه‌ی غلطک‌های مورد استفاده برای تثبیت جویچه بنا به پیشنهاد کپنر، ۱۲/۵ تا ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد (کپنر، ۱۳۷۱). تیمارهای وزنی شامل سه وزنه: ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم، برای مطالعه در روی هر یک از غلطک‌ها و به صورت عمودی در بالای غلطک‌ها قرار گرفت. به منظور بررسی تأثیر تیمارها و مقایسه‌ی آنها، مزرعه‌ای در حوالی شهرستان میاندوآب در جنوب دریاچه‌ی ارومیه و پایین‌دست حوزه‌ی رودخانه‌ی زربنه‌رود انتخاب گردید. در این مزرعه پس از

آبیاری جوی و پشته از روش‌های متداول و کم هزینه‌ی آبیاری است. مشکل عمده‌ی آبیاری جوی و پشته‌ای، پایین بودن بازدهی آب آبیاری است که به‌طور عمده، ناشی از تلفات عمقی و تلفات رواناب سطحی است (عباسی، ۱۳۹۱). در آبیاری جویچه‌ای، جویچه‌ها غالباً با جویچه بازکن ایجاد می‌شوند که این ادوات موجب افزایش جدار جویچه و سست شدن خاک بستر می‌گردد. لذا باعث افزایش نفوذ آب در خاک، شدت فرسایش جدار و در نتیجه انتقال رسوبات در طول جویچه‌ای را به دنبال دارد. تحکیم بستر جویچه علاوه بر تثبیت خاک، موجب صاف شدن و کاهش زبری جدار و در نتیجه باعث افزایش یکنواختی نفوذ آب در طول جویچه، کاهش تلفات نفوذ عمقی، املاح و مواد غذایی و در نهایت صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد شد (Khalid و Smith، ۱۹۷۸). از معایب تلفات نفوذ عمقی علاوه بر خارج شدن آب از دسترس گیاه، خروج مواد غذایی و علف‌کش‌ها و ورود آنها به آب‌های زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت. برای تثبیت جویچه، غلطک‌های وزین عملکرد قابل قبولی در کاهش نفوذ عمقی داشته‌اند (Bondurant و James، ۱۹۸۳). با کنترل سرعت نفوذ و افزایش سرعت پیشروی، می‌توان بازدهی آبیاری را بهبود و قابلیت استفاده از آبیاری جوی و پشته را افزایش داد. با یک سانتیمتر نفوذ عمقی آب به‌طور متوسط ۱۴ کیلوگرم در هکتار، نیتراژ از بین می‌رود که این مقدار متأثر از عملیات کوددهی و آبیاری و زمان بارندگی است (Duke و همکاران، ۱۹۷۸). با متراکم و تثبیت کردن جویچه‌ها، می‌توان نفوذ عمقی را کاهش داد. برای این کار غلطک‌های وزین بهتر از انواع ابزار سورت‌های عمل می‌کنند (Bondurant و James، ۱۹۸۳؛ Khalid و Smith، ۱۹۷۸). همچنین تراکم در کاهش پتانسیل فرسایش‌پذیری بعضی از خاک‌ها بسیار سودمند است (Lyle و Smerdon، ۱۹۶۵). براساس مطالعات، سرعت پیشروی جریان آب در جویچه‌ی تثبیت شده ۴۰٪ بیشتر از جویچه‌ی معمولی است لذا فرصت نفوذ در طول جویچه تقریباً یکسان شده و بدین ترتیب می‌توان انتظار یکنواختی توزیع بالا را داشت (Borrelli و همکاران، ۱۹۸۲). با ساخت ابزار متراکم‌کننده‌ی جویچه، تأثیر تراکم جویچه بر

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر غلطک‌ها در بازدهی آبیاری، طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار با شش نوع غلطک و با سه وزنه‌ی متفاوت (۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم)، مجموعاً در ۱۸ تیمار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان میاندوآب به اجرا درآمد. اندازه‌ی غلطک‌ها: قطر×عرض شامل: ۲۵×۱۵، ۲۵×۱۲/۵، ۴۰×۱۵، ۴۰×۱۲/۵ و ۵۵×۱۵، سانتیمتر×سانتیمتر (سه قطر ۲۵، ۴۰ و ۵۵)

عملیات اولیه‌ی خاک‌ورزی، جویچه‌هایی به طول ۱۲۰ متر ایجاد شد. جهت اندازه‌گیری پیشروی و پسروی جریان، جویچه‌ها با فواصل ده متر میخکوبی گردید. بافت خاک مزرعه از نوع لومسیلتی، ظرفیت زراعی و نقطه‌ی پژمردگی به ترتیب ۱۴/۷ و ۲۶/۶ درصد وزنی و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴۳ گرم بر سانتیمتر مکعب اندازه‌گیری شد. در ابتدا و انتهای جویچه‌ها، فلوم WSC تیپ یک و دو به منظور اندازه‌گیری جریان ورودی و خروجی، نصب گردید. پیشروی و پسروی آب با استفاده از کرنومتر و میخکوبی‌های به عمل آمده در طول جویچه، ثبت گردید. شیب طولی ۰/۴۸ درصد و دبی اولیه در حدود ۰/۷ لیتر در ثانیه برای تمام جویچه‌ها با یک دستگاه تانک مجهز به کنتور آب و شیر کنترل، تثبیت گردید. برای هر آزمایش سه جویچه انتخاب و جویچه‌ی میانی به منظور اندازه‌گیری پارامترهای لازم در نظر گرفته شد. مدت زمان آبیاری براساس تأمین رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی مزرعه و تا عمق ۴۰ سانتیمتر در انتهای

جویچه و براساس معادله‌ی نفوذ، محاسبه گردید.

نتایج و بحث

تأثیر قطر غلطک بر متغیرهای آبیاری جویچه‌ای

تأثیر قطر غلطک بر زمان پیشروی، حجم رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازدهی کاربرد معنی‌دار بود (مطابق جدول ۱). در جویچه‌های غلطک‌خورده با قطر ۲۵، ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر، زمان پیشروی به ترتیب ۳۳/۵، ۴۶/۰ و ۵۰/۰ درصد کاهش یافت. در ضمن؛ جویچه‌ی چرخ‌خورده نیز وضعیت مطلوب‌تری نسبت به جویچه‌ی معمولی داشت. زمان پیشروی آب در این جویچه‌ها با حدود ۲۵٪ کاهش، می‌تواند در افزایش بازده نقش بسزایی را داشته باشد. تأثیر قطر غلطک در رواناب خروجی در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و قطرهای ۲۵ و ۴۰ سانتیمتر، در یک گروه واقع شده‌اند. مقایسه‌ی حجم رواناب در جویچه‌های

جدول ۱- تأثیر قطر غلطک بر متغیرهای آبیاری: زمان پیشروی، حجم رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازدهی آبیاری جویچه در تیمارهای مختلف

متغیر آبیاری	قطر غلطک (سانتیمتر)	زمان پیشروی (دقیقه)	درصد کاهش یا افزایش* (نسبت به تیمار شاهد)
زمان پیشروی (دقیقه)	۲۵	۲۹/۵۶ (a)**	۳۳/۵
	۴۰	۲۴/۲۵ (b)**	۴۶
	۵۵	۲۲/۴۴ (c)**	۵۰
	جویچه‌ی چرخ‌خورده	۳۳/۷۲	۲۴/۹
	بدون غلطک (شاهد)	۴۴/۹	۰
رواناب (لیتر)	۲۵	۴۱۰/۱۲ (a)	۱۳/۴
	۴۰	۴۱۲/۷۱ (a)	۱۴/۱
	۵۵	۳۹۹/۵۴ (b)	۱۰/۴
	جویچه‌ی چرخ‌خورده	۳۹۲/۲۵	۸/۴
	بدون غلطک (شاهد)	۳۶۱/۷۵	۰
تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	۲۵	۱۲۳۹/۸ (a)	۳۴/۲
	۴۰	۱۰۱۷/۰ (b)	۴۶/۱
	۵۵	۹۴۲/۱ (c)	۵۰/۰
	جویچه‌ی چرخ‌خورده	۱۴۱۶/۰	۲۴/۹
	بدون غلطک (شاهد)	۱۸۸۵/۷	۰
بازدهی آبیاری (درصد)	۲۵	۵۰/۵ (a)	۱۱/۲
	۴۰	۵۶/۲ (b)	۲۳/۸
	۵۵	۵۷/۴ (c)	۲۶/۴
	جویچه‌ی چرخ‌خورده	۴۸/۹	۷/۷
	بدون غلطک (شاهد)	۴۵/۴	۰

* در مورد متغیرهای زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی: کاهش و در مورد متغیرهای رواناب و بازدهی آبیاری: افزایش

** اعداد دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ (براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن) ندارند.

غلطک خورده و چرخ خورده با جویچه‌ی شاهد (بدون غلطک) نشان داد که کاربرد هر وسیله‌های که منجر به تحکیم بستر جویچه شود، موجب افزایش رواناب می‌گردد که جزء تلفات آب محسوب می‌شود. با کاربرد غلطک در قطرهای ۲۵، ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر و استفاده از چرخ تراکتور در تحکیم جویچه، افزایش رواناب به ترتیب به میزان ۱۳/۴، ۱۴/۱، ۱۰/۴ و ۸/۴ درصد نسبت به جویچه‌ی شاهد مشاهده گردید. قطر غلطک در کاهش تلفات عمقی نفوذ دارای تأثیر مثبت و در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. با افزایش قطر غلطک، میزان تلفات نفوذ کاهش پیدا کرد. میزان تلفات نفوذ عمقی در قطرهای ۲۵، ۴۰ و ۵۰ سانتیمتر به ترتیب ۱۲۳۹، ۱۰۱۷ و ۹۴۲ لیتر به دست آمد که با افزایش قطر از ۲۵ به ۴۰ و ۵۰ سانتیمتر، تلفات نفوذ به ترتیب ۱۷/۹ و ۲۴/۰ درصد کاهش داشت. مقایسه‌ی جویچه‌های غلطک خورده با جویچه‌ی شاهد نیز نشان داد که تلفات نفوذ در قطرهای مذکور به ترتیب ۳۴/۲، ۳۴/۱ و ۴۶/۱

و ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. علاوه بر این، در جویچه‌هایی که محل تردد چرخ تراکتور هستند، تلفات نفوذ تا ۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۱).

تأثیر قطر غلطک در بازدهی آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و قطرهای ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر در یک گروه واقع شده‌اند. با افزایش قطر غلطک از ۲۵ به ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر، بازدهی آبیاری از ۵۰/۵ به ترتیب به ۵۶/۲ و ۵۷/۴ درصد افزایش یافت. مقایسه‌ی جویچه‌های غلطک خورده با شاهد نشان داد که با کاربرد غلطک در قطرهای فوق به ترتیب بازدهی ۱۱/۲، ۲۳/۸ و ۲۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دارد. این افزایش در جویچه‌ی چرخ خورده ۷/۷٪ به دست آمد. به این ترتیب با تثبیت جویچه تحت قطر غلطک ۵۵ سانتیمتر، امکان کاهش تلفات نفوذ عمقی به میزان ۵۰٪، افزایش رواناب به میزان ۱۰/۴٪ و افزایش بازدهی کاربرد به میزان ۲۶/۴٪ وجود دارد.

تأثیر عرض غلطک بر متغیرهای آبیاری جویچه‌ای

به منظور بررسی تأثیر عرض غلطک بر پارامترهای آبیاری، غلطک‌ها در دو عرض ۱۲/۵ و ۱۵ سانتیمتر ساخته شد. براساس بررسی‌های آماری، تأثیر عرض غلطک به غیر از رواناب در سایر عوامل آبیاری معنی‌دار نبود. در مقایسه با جویچه‌ی بدون غلطک (شاهد)، مشاهده

گردید که زمان پیشروی و تلفات نفوذ در تیمار غلطک خورده ۴۳ درصد کاهش و بازدهی آبیاری در حدود ۲۲ درصد افزایش داشت. در جویچه‌ی چرخ خورده نیز اثرات محسوسی مشاهده گردید؛ به‌طوری‌که زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی در حدود ۲۵ درصد کاهش، و بازدهی آبیاری در حدود ۸ درصد افزایش داشت (مطابق جدول ۲).

جدول ۲- تأثیر عرض غلطک در زمان پیشروی، تلفات نفوذ، بازدهی آبیاری و افزایش رواناب در تیمارهای آزمایش

عرض غلطک (سانتیمتر)	زمان پیشروی (دقیقه)	تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	بازدهی آبیاری (درصد)	حجم رواناب (لیتر)	درصد افزایش (نسبت به تیمار شاهد)
۱۲/۵	۲۵/۴	۱۰۶۶/۵	۵۴/۱	۴۱۵/۵ (a)	۱۴/۹
۱۵	۲۵/۴	۱۰۶۶/۲	۵۵/۳	۴۰۰/۰ (b)	۱۰/۶
جویچه‌ی چرخ خورده	۳۳/۷	۱۴۱۶/۰	۴۸/۹	۳۹۲/۲	۸/۴
بدون غلطک (شاهد)	۴۴/۹	۱۸۸۵/۷	۴۵/۴	۳۶۱/۷	۰

تأثیر متقابل عرض و قطر غلطک

تأثیر متقابل عرض و قطر غلطک در سرعت پیشروی آب در جویچه و بازدهی آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. حداقل زمان پیشروی، از غلطک به قطر ۵۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر و حداکثر سرعت پیشروی، از غلطک به قطر ۲۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر و به ترتیب برابر ۲۱/۸ و ۳۰/۸ دقیقه، به دست آمد. زمان پیشروی آب در جویچه‌ی شاهد برابر ۴۴/۹ دقیقه به دست آمد که با این ترتیب کاربرد غلطک، حداکثر ۵۱ درصد و حداقل ۳۱ درصد کاهش در زمان پیشروی نشان داده شد (مطابق جدول ۳). تأثیر متقابل قطر و عرض غلطک بر روی رواناب نیز در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار بود. حداقل رواناب از

غلطک با قطر ۵۵ و عرض ۱۵ و حداکثر آن از غلطک با قطر ۴۰ و عرض ۱۲/۵ حاصل شد. رواناب انتهایی جویچه در تیمار شاهد برابر ۳۶۳ لیتر به دست آمد که بدین ترتیب کاربرد غلطک، حداکثر ۱۷/۶ درصد و حداقل ۵/۷ درصد در افزایش رواناب تأثیر داشت (جدول ۳). تأثیر متقابل قطر و عرض غلطک در تلفات نفوذ عمقی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. حداقل تلفات نفوذ عمقی از غلطک با قطر ۵۵ و عرض ۱۵ و حداکثر آن از غلطک با قطر ۲۵ و عرض ۱۵ حاصل شد. میزان تلفات نفوذ در جویچه‌ی شاهد برابر ۱۸۸۶ لیتر به دست آمد. این ترتیب کاربرد غلطک، حداکثر ۵۱/۳ درصد و حداقل ۳۱/۶ درصد باعث کاهش تلفات نفوذ نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳). تأثیر متقابل

قطر و عرض غلطک بر بازدهی آبیاری نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. حداقل بازده از غلطک با قطر ۴۰ و عرض ۱۵ و حداکثر آن از غلطک با قطر ۲۵ و عرض ۱۵ حاصل شد. بازدهی آبیاری در جویچه‌ی شاهد برابر

۴۵/۴ درصد بوده که با کاربرد غلطک، حداکثر ۲۸/۴ درصد و حداقل ۹/۲ درصد در افزایش بازده نسبت به شاهد تأثیر داشت (جدول ۳).

جدول ۳- تأثیر متقابل قطر و عرض غلطک بر متغیرهای آبیاری زمان پیشروی، رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازدهی آبیاری جویچه‌ای

متغیر آبیاری	عرض غلطک (سانتیمتر)			قطر غلطک (سانتیمتر)	
	۱۲/۵	۱۵	۱۲/۵	۴۰	۵۵
زمان پیشروی (دقیقه)	۱۲/۵	۱۵	۲۸/۳۲ (b)	۲۴/۸۴ (c)	۲۳/۰۱ (de)
	۱۲/۵	۱۵	۳۰/۷۹ (a)	۲۳/۶۷ (cd)	۲۱/۸۷ (e)
کاهش زمان پیشروی (درصد)	۱۲/۵	۱۵	۳۶/۹	۴۴/۷	۴۸/۷
	۱۲/۵	۱۵	۳۱/۴	۴۷/۳	۵۱/۳
حجم رواناب (لیتر)	۱۲/۵	۱۵	۴۰۴/۵۰ (b)	۴۲۵/۲۵ (a)	۴۱۶/۸۳ (ab)
	۱۲/۵	۱۵	۴۱۵/۷۵ (ab)	۴۰۲/۱۷ (b)	۳۸۲/۲۵ (c)
افزایش رواناب نسبت به جویچه‌ی شاهد (درصد)	۱۲/۵	۱۵	۱۱/۸	۱۷/۶	۱۵/۲
	۱۲/۵	۱۵	۱۴/۹	۱۱/۲	۵/۷
تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	۱۲/۵	۱۵	۱۱۹۰ (b)	۱۰۴۳ (c)	۹۶۷ (de)
	۱۲/۵	۱۵	۱۲۹۰ (a)	۹۹۱ (cd)	۹۱۸ (e)
کاهش تلفات نفوذ نسبت به تیمار شاهد (درصد)	۱۲/۵	۱۵	۳۶/۹	۴۴/۷	۴۸/۷
	۱۲/۵	۱۵	۳۱/۶	۴۷/۵	۵۱/۳
بازدهی آبیاری (درصد)	۱۲/۵	۱۵	۵۱/۵۰ (cd)	۵۴/۱۷ (bc)	۵۶/۶۲ (ab)
	۱۲/۵	۱۵	۴۹/۵۹ (d)	۵۸/۳۲ (a)	۵۸/۱۵ (a)
افزایش بازدهی آبیاری نسبت به تیمار شاهد (درصد)	۱۲/۵	۱۵	۱۳/۴	۱۹/۳	۲۴/۷
	۱۲/۵	۱۵	۹/۲	۲۸/۴	۲۸/۱

تأثیر وزنه‌ی غلطک بر متغیرهای آبیاری جویچه‌ای

سه وزنه‌ی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرمی به منظور بررسی تأثیر وزنه‌ها بر پارامترهای آبیاری تهیه و در بالای غلطک‌ها به کار برده شد. براساس بررسی‌های آماری، تأثیر وزنه‌ها در سرعت پیشروی آب در جویچه‌ها، تلفات نفوذ عمقی و رواناب، در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و تأثیر آن بر بازدهی آبیاری معنی‌دار نبود. زمان پیشروی و تلفات نفوذ، با افزایش وزنه درحالی که وزنه‌های ۵۰ و ۷۵ کیلوگرمی در یک گروه واقع شده بودند، کاهش یافت. به عبارتی؛ تغییر وزنه از ۵۰ به ۷۵ کیلوگرم تأثیر معنی‌دار در کاهش زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی نداشت. رواناب خروجی از جویچه با افزایش وزنه، افزایش نشان داد. زمان پیشروی در وزنه‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرمی نسبت به جویچه‌ی شاهد یا معمولی (غلطک‌نخورده) به ترتیب ۴۰/۲، ۴۵/۰ و ۴۴/۹ درصد و تلفات نفوذ عمقی به همان ترتیب ۴۰/۳، ۴۵/۰ و ۴۵/۱

درصد کاهش نشان داد. در مقابل، میزان رواناب خروجی در وزنه‌های فوق‌الذکر نسبت به جویچه‌ی معمولی (شاهد) به ترتیب ۸/۵، ۱۳ و ۱۶/۷ درصد افزایش یافت (مطابق جدول ۴).

جدول ۴- تأثیر وزنه بر پارامترهای آبیاری زمان پیشروی، رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازدهی آبیاری

وزنه (کیلوگرم)	زمان پیشروی (دقیقه)	رواناب (لیتر)	تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	بازدهی آبیاری (درصد)
۲۵	۲۶/۸۵ (a)	۳۹۲/۳۷ (c)	۱۱۲۶/۰۴ (a)	۵۴/۳۲ (a)
۵۰	۲۴/۶۹ (b)	۴۰۸/۹۶ (b)	۱۰۳۶/۸۷ (b)	۵۴/۶۷ (a)
۷۵	۲۴/۷۲ (b)	۴۲۲/۰۴ (a)	۱۰۳۶/۱۲ (b)	۵۵/۱۸ (a)

– تأثیر متقابل قطر غلطک و میزان وزنه بر متغیرهای آبیاری

قطر غلطک و میزان وزنه تأثیر متقابل معنی‌داری در سطح ۱٪ بر سرعت پیشروی آب به داخل جویچه داشت. بیشترین سرعت پیشروی مربوط به غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۷۵ کیلوگرمی و کمترین آن مربوط به غلطک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۲۵ کیلوگرمی بوده است (مطابق جدول ۵). در مقایسه با سرعت پیشروی در جویچه‌ی بدون غلطک، تأثیر قطر و وزنه در کاهش زمان پیشروی حداقل ۲۸/۷ و حداکثر ۵۲/۱ درصد بود. بررسی نتایج حاصل نشان می‌دهد که با افزایش توأم قطر غلطک و میزان وزنه، زمان پیشروی کاهش و به عبارتی سرعت پیشروی آب در جویچه افزایش می‌یابد. همچنین تأثیر افزایش میزان وزنه در قطرهای پایین غلطک محسوس‌تر بوده، به‌طوری‌که در غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر، افزایش میزان وزنه‌ها تأثیر معنی‌داری در سرعت پیشروی نداشته و وزنه‌های مختلف در قطر مذکور در یک کلاس واقع شده‌اند (جدول ۵).

مطابق جدول (۵)، تأثیر متقابل قطر غلطک و میزان وزنه بر روی رواناب خروجی جویچه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین رواناب (۴۲۵/۳۷ لیتر) مربوط به غلطک با قطر ۴۰ سانتیمتر به همراه وزنه ۷۵ کیلوگرمی بوده و کمترین آن (۳۷۳/۳۷ لیتر) از غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۲۵ کیلوگرمی حاصل شد. در مقایسه با حجم رواناب در جویچه‌ی بدون غلطک، تأثیر قطر غلطک و میزان وزنه در افزایش رواناب، حداقل ۳/۲ و حداکثر ۱۷/۶ درصد به دست آمد. تأثیر متقابل قطر غلطک و میزان وزنه بر روی تلفات نفوذ در

جویچه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود.

براساس جدول (۵)، بیشترین تلفات (۱۳۴۴/۳۷ لیتر) مربوط به غلطک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۲۵ کیلوگرمی بوده و کمترین آن (۹۰۱/۳۷ لیتر) از غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۷۵ کیلوگرمی حاصل شد. در مقایسه با تلفات نفوذ در جویچه‌ی بدون غلطک، تأثیر قطر و وزنه در کاهش تلفات، حداقل ۲۸/۷ و حداکثر ۵۲/۲ درصد بود. قطر غلطک و میزان وزنه، دارای تأثیر متقابل معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر روی بازدهی آبیاری در جویچه بود. بیشترین بازده مربوط به غلطک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۷۵ کیلوگرمی (۵۸/۳۶٪) بوده و کمترین آن از غلطک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۲۵ کیلوگرمی (۴۸/۵۱٪) حاصل شد. در مقایسه با بازدهی جویچه‌ی بدون غلطک (شاهد)، تأثیر قطر و وزنه در کاهش تلفات حداقل ۶/۸ و حداکثر ۲۸/۵ درصد بود (مطابق جدول ۵).

– تأثیر متقابل عرض غلطک و وزنه

مقایسه‌ی میانگین تأثیر متقابل عرض غلطک و وزنه در جدول (۶) ارائه شده است. عرض غلطک و وزنه‌ها بر روی بازدهی آبیاری تأثیر معنی‌دار نداشت، ولی در سرعت پیشروی و تلفات نفوذ عمقی در سطح ۱٪ تأثیر معنی‌دار داشت. در وزنه ۲۵ کیلوگرمی تغییر عرض غلطک معنی‌دار نبود و مناسب‌ترین وزنه در هر دو عرض، وزن ۵۰ کیلوگرم بود.

جدول ۵- تأثیر متقابل قطر غلطک و وزنه بر متغیرهای آبیاری زمان پیشروی، رواناب، تلفات نفوذ عمقی و بازدهی آبیاری

متغیر آبیاری	وزنه (کیلوگرم)	قطر غلطک (سانتیمتر)		
		۲۵	۴۰	۵۵
زمان پیشروی (دقیقه)	۲۵	۳۲/۰۱ (a)	۲۵/۱۲ (cd)	۲۳/۴۱ (def)
	۵۰	۲۶/۸۶ (c)	۲۴/۷۷ (de)	۲۲/۴۲ (f)
	۷۵	۲۹/۸۰ (b)	۲۲/۸۶ (ef)	۲۱/۴۹ (f)
رواناب خروجی (لیتر)	۲۵	۳۹۷/۳۷ (c)	۴۰۶/۳۷ (bc)	۳۷۳/۳۷ (d)
	۵۰	۴۱۱/۲۵ (abc)	۴۰۹/۳۷ (abc)	۴۰۶/۲۵ (bc)
	۷۵	۴۲۱/۷۵ (ab)	۴۲۵/۳۷ (a)	۴۱۹/۰۰ (ab)
تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	۲۵	۱۳۴۴/۳۷ (a)	۱۰۵۰/۵۰ (cd)	۹۸۳/۲۵ (def)
	۵۰	۱۱۲۸/۲۵ (c)	۱۰۴۰/۵۰ (de)	۹۴۱/۸۷ (f)
	۷۵	۱۲۴۷/۰۰ (b)	۹۶۰/۰۰ (ef)	۹۰۱/۳۷ (f)
بازدهی آبیاری (درصد)	۲۵	۴۸/۵۱ (d)	۵۰/۰۰ (a)	۵۶/۴۶ (ab)
	۵۰	۵۲/۷۷ (bcd)	۵۳/۸۹ (abc)	۵۷/۳۴ (a)
	۷۵	۵۰/۳۵ (cd)	۵۶/۸۴ (ab)	۵۸/۳۶ (a)

– تأثیر متقابل عرض و قطر غلطک با وزنه

تأثیر عرض و قطر غلطک با وزنه‌های متفاوت در زمان پیشروی رواناب، تلفات نفوذ و بازدهی آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. پارامترهای مذکور در تیمارهای مختلف در جدول (۷) آورده شد. حداکثر سرعت پیشروی از غلطک با قطر ۵۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرم با زمان پیشروی ۲۰ دقیقه و کمترین سرعت پیشروی از غلطک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی با زمان پیشروی ۳۴ دقیقه بدست آمد، که در مقایسه با جویچه‌ی شاهد، به ترتیب ۵۵/۴ و ۲۴/۲ درصد موجب کاهش زمان پیشروی گردیدند. بیشترین رواناب از غلطک با قطر ۴۰، عرض ۱۲/۵ و با وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرمی برابر ۴۴۷/۷ لیتر در طول آزمایش و کمترین رواناب از غلطک با قطر ۵۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی برابر ۳۴۲ لیتر به دست آمد، که در مقایسه با جویچه‌ی شاهد، به ترتیب موجب ۱۹/۲٪ افزایش و ۵/۴٪ کاهش در میزان رواناب گردیدند. بیشترین تلفات نفوذ عمقی از غلطک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی برابر ۱۴۲۷ لیتر در طول جویچه و کمترین تلفات نفوذ عمقی از غلطک با قطر ۵۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۷۵ کیلوگرمی برابر ۸۴۰ لیتر در طول جویچه به

دست آمد، که در مقایسه با شاهد، به ترتیب ۲۴/۳ و ۵۵/۴ درصد موجب کاهش تلفات نفوذ عمقی گردیدند. حداکثر بازدهی آبیاری از غلطک با قطر ۴۰، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی برابر ۶۴/۰ و کمترین آن از غلطک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه‌ی ۲۵ کیلوگرمی برابر ۴۶/۹ به دست آمد، که در مقایسه با جویچه‌ی شاهد، به ترتیب ۴۰/۹ و ۳/۲ درصد موجب افزایش بازدهی آبیاری گردیدند.

جدول ۶– تأثیر متقابل عرض غلطک و وزنه در زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی

تیمار	زمان پیشروی (دقیقه)	تلفات نفوذ عمقی (لیتر)
عرض ۱۲/۵ سانتیمتر – وزنه ۲۵ کیلوگرمی	(a) ۲۶/۶	(a) ۱۱۱۷/۰
عرض ۱۲/۵ سانتیمتر – وزنه ۵۰ کیلوگرمی	(ab) ۲۵/۶	(ab) ۱۰۷۵/۸
عرض ۱۲/۵ سانتیمتر – وزنه ۷۵ کیلوگرمی	(bc) ۲۳/۹	(bc) ۱۰۰۶/۵
عرض ۱۵ سانتیمتر – وزنه ۲۵ کیلوگرمی	(a) ۲۷/۱	(a) ۱۱۳۵/۰
عرض ۱۵ سانتیمتر – وزنه ۵۰ کیلوگرمی	(c) ۲۳/۷	(c) ۹۹۷/۹
عرض ۱۵ سانتیمتر – وزنه ۷۵ کیلوگرمی	(ab) ۲۵/۴	(abc) ۱۰۶۵/۷

جدول ۷– تأثیر قطر، عرض و وزنه بر پارامترهای مختلف آبیاری

تیمار	زمان پیشروی (دقیقه)	حجم رواناب (لیتر)	تلفات نفوذ عمقی (لیتر)	بازدهی آبیاری (درصد)
D25W12.5M25**	۲۷/۶(cde)	۴۰۶/۲(bcd)	۱۱۵۸/۰(cde)	۵۱/۸(defg)
D25W12.5M50	۲۴/۹(defgh)	۴۲۱/۷(bc)	۱۰۴۷/۷(defgh)	۵۲/۹(cdefg)
D25W12.5M75	۲۲/۰(hij)	۴۴۷/۷(a)	۹۲۳/۷(hij)	۵۷/۶(bcd)
D25W15M25	۲۲/۷(ghi)	۴۰۶/۵(bcd)	۹۴۳/۰(hij)	۶۴/۰(a)
D25W15M50	۲۴/۶(efgh)	۳۹۷/۰(cd)	۱۰۳۳/۲(efgh)	۵۴/۸(bcde)
D25W15M75	۲۳/۷(ghi)	۴۰۳/۰(cd)	۹۹۶/۲(ghi)	۵۶/۰(bcde)
D40W12.5M25	۳۰/۰(bc)	۳۸۳/۲(d)	۱۲۶۱/۷(bc)	۵۰/۱(efg)
D40W12.5M25	۲۷/۹(cd)	۴۱۰/۰(bcd)	۱۱۷۴/۰(cd)	۵۱/۷(defg)
D40W12.5M50	۲۷/۰(def)	۴۲۰/۲(bc)	۱۱۳۳/۰(def)	۵۲/۷(cdefg)
D40W15M25	۳۴/۰(a)	۴۱۱/۵(bc)	۱۴۲۷/۰(a)	۴۶/۹(g)
D40W15M50	۲۵/۸(defg)	۴۱۲/۵(bc)	۱۰۸۲/۵(defg)	۵۳/۹(bcdef)
D40W15M75	۳۲/۶(ab)	۴۲۳/۲(abc)	۱۳۶۱/۰(ab)	۴۸/۰(fg)
D55W12.5M25	۲۲/۱(hij)	۴۰۴/۷(bcd)	۹۳۱/۵(hij)	۵۷/۶(bcd)
D55W12.5M50	۲۳/۹(fghi)	۴۱۳/۷(bc)	۱۰۰۵/۷(fghi)	۵۵/۶(bcde)
D55W12.5M75	۲۲/۹(ghij)	۴۳۲/۰(ab)	۹۶۲/۷(ghij)	۵۶/۶(bcde)
D55W15M25	۲۴/۶(efgh)	۳۴۲/۰(e)	۱۰۳۵/۰(efgh)	۵۵/۳(bcde)
D55W15M50	۲۰/۹(ij)	۳۹۸/۷(cd)	۸۷۸/۰(ij)	۵۹/۰(abc)
D55W15M75	۲۰/۰(j)	۴۰۶/۰(bcd)	۸۴۰/۰(j)	۶۰/۱(ab)

**D25W12.5M25: غلطک با قطر ۲۵ و عرض ۱۲/۵ سانتیمتر و با وزن ۲۵ کیلوگرم

نتیجه گیری

با توجه به تأثیر تثبیت جویچه بر متغیرهای آبیاری، این تحقیق به منظور مطالعه تأثیر غلطک‌ها و وزنه‌های مختلف آنها بر بازدهی آبیاری، سرعت پیشروی آب در جویچه، میزان تلفات نفوذ عمقی و میزان رواناب خروجی انجام گرفت. نتایج نشان داد که به‌طور کلی استفاده از غلطک‌های تثبیت جویچه، پارامترهای آبیاری را بهبود می‌بخشد. به‌طور متوسط بازدهی آبیاری، سرعت پیشروی آب،

منابع

- کپنر، آر. ۱۳۷۱. اصول ماشین‌های کشاورزی. ترجمه: شفیع، ا. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.
- عباسی، ف. ۱۳۹۱. اصول جریان در آبیاری سطحی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- Bondurant J., and James A. 1983. Predicting soil erosion under furrow irrigation by tractive force theory. ASAE Paper No.83-2089, ASAE.St Joseph, MI 49085.
- Borrelli J., Fornstrom K.J., Brosz D.J. and Jackson G.D. 1982. Sediment yield and its control from fann land in the Bitter Creek drainage at Powell, Wyoming. Final report submitted to State of Wyoming, Department of Environmental Quality, Cheyenne, Wyoming.
- Duke H.R., Smika D.E. and Heermann D.F. 1978. Groundwater contamination by fertilizer nitrogen.

میزان تلفات نفوذ عمقی و میزان رواناب در تیمارهای چرخ‌خورده و غلطک‌نخورده به ترتیب ۴۸/۹ و ۴۵/۴ درصد، ۳۳/۷ و ۴۴/۹ دقیقه، ۱۴۱۶ و ۱۸۸۵ لیتر و ۳۹۲ و ۳۶۱ لیتر به دست آمد. در مقایسه با تیمارهای فوق‌الذکر، با توجه به اینکه تیمار D25W15M25 (غلطک با قطر ۲۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر و با وزن ۲۵ کیلوگرم) بازدهی بهتری داشته و از نظر هزینه ساخت نسبت به سایر تیمارها دارای هزینه‌ی کمتری بوده، به عنوان بهترین تیمار از نظر اقتصادی، مصرف انرژی و تأثیر بهینه بر پارامترهای آبیاری، پیشنهاد می‌شود.

Journal Irrigation an Drainage Division ASCE, 104 (IR3): 283-291.

- Khalid M. and Smith J.L. 1978. Control of furrow infiltration by compaction. Transaction of the ASAE, 21 (4): 654-657.
- Musick J.T., Dusek D.A. and Schneider D. 1981. Deep tillage of irrigation pull man clay loam a long – term evaluation. Transaction of the ASAE, 24 (6): 1515–1519.
- Fornstrom K.J., Miehle J.A., Jackson J.D. and Jackson G.D. 1985. Furrow firming for control of irrigation advance rates. Transaction of the ASAE, 28 (2):529-531.
- Lyle W.M. and Smerdon E.T. 1965. Relation of compaction and other soil properties to erosion resistance of soils. Transaction of the ASAE, 8(3): 419-422.
- Kemper W.D., Ruffing B.J. and Bondurant J.A. 1982. Furrow intake rate and water management. Transaction of the ASAE, 25 (2): 333-339.

River engineering, from the past to the future (Evaluation of approaches and outlooks)

A. Boostani¹, K. Esmaili^{2*}

1,2- PhD student of Water Engineering-water structures & Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

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

Received: 4-5-2014

Accepted: 2-7-2014

مهندسی رودخانه از گذشته تا آینده (بررسی رویکردها و چشم انداز)

آرمین بوستانی^۱، کاظم اسماعیلی^{۲*}

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری تخصصی علوم و مهندسی آب- سازه های آبی، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده ای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*(نویسنده ای مسئول، Email: Esmaili@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۱

Abstract

Rivers are among the most important surface water resources which have always been of significance throughout the history of mankind. This significance is due to human dependence on water for answering his needs such as agriculture, water transfer, flood control and water transportation. In the past, it was assumed that basic measures such as exploiting rivers or managing floods were only limited to the river engineering whereas they fell into the river management and reclamation domain. However, in the modern sense of the word, river engineering is not much older than 50 to 60 years and it is considered a relatively new branch of Water Civil Engineering in our country. This one-dimensional view of river engineering should be lifted. Before engaging in the advance levels of this science, experts require sufficient practical knowledge of hydrology, geology and environment. Each river is unique and it is never wise to generalize the results of a scientific observation or experiment to other rivers. The present research refers to the experiences and guidelines of United States Army Corps of Engineers (USACE) for educating competent river engineers in the future and expanding the knowledge of the experts who are engaged in this field.

Key words: River Engineering, USACE, River Corridor, river management and reclamation.

چکیده

رودخانه ها از جمله منابع آبی سطحی مهمی هستند که در طی زندگی بشر همواره مورد توجه بوده اند. این توجه ناشی از وابستگی انسان به آب و پاسخ دادن به این وابستگی در موضوعاتی از قبیل کشاورزی، انتقال آب، مهار سیلاب ها و حمل و نقل آبی است. در گذشته این باور وجود داشت که اقدامات اساسی همچون بهره برداری از رودخانه ها و حفاظت در برابر سیلاب ها، تنها مربوط به مهندسی رودخانه است، ولی در حقیقت این اقدامات در حوزه ای احیا و ساماندهی رودخانه ها قرار داشته است. در معنای امروزی سابقه ای فعالیت مهندسی رودخانه از ۵۰-۶۰ سال تجاوز نکرده و از رشته های نسبتاً جدید مهندسی عمران آب در کشور ما شناخته می شود. بایستی این نگرش تک علمی به مهندسی رودخانه برداشته شود، زیرا متخصصان این علم در حقیقت باید علاوه بر اطلاعات هیدرولیکی، توانایی های هیدرولوژیکی، زمین شناسی، محیط زیست، پیش از ورود به مباحث کارشناسی، دارای تجربه ای عملی مشخصی باشند، به علت آنکه شرایط هر رودخانه با رودخانه ای دیگر متفاوت بوده و هیچگاه نمی توان نتایج یک مشاهده ای علمی و تجربه ای عملی یک رودخانه را به دیگری تعمیم داد. در این تحقیق به تجربه و توصیه های انجمن اداره ای عمران آمریکا (USACE) در زمینه ای تربیت مهندسی رودخانه در آینده و پیشنهادهای این انجمن برای ارتقاء متخصصین این حوزه استناد شده است.

واژه های کلیدی: مهندسی رودخانه، اداره ای عمران آمریکا، کریدور رودخانه، ساماندهی و احیا رودها.

اولین اقدامات در زمینه بهره‌برداری از رودخانه‌ها که به نوعی در محدوده‌ی عمل مهندسی رودخانه قرار می‌گیرد، متناسب با پیدایش و رشد جوامع تمدن در حاشیه‌ی رودخانه‌ها و منابع آبی پایدار بوده است. نیاز انسان به آب باعث شده تا اکثر تمدن‌های بشری در کنار رودخانه‌ها شکل بگیرند. تنظیم رودخانه در مقیاس بزرگ در ۵۰۰۰ سال پیش، در رودخانه‌های نیل، دجله و فرات و سند صورت گرفته است. قانون حمورابی پادشاه بابل که حدود ۴۰۰۰ سال قبل به‌عنوان قانون پادشاه خوانده شد، شامل هشدارهایی در برابر بازکردن دریچه‌های آبگیر که باعث سیلابی شدن زمین‌های همسایه می‌شد بوده است. شاید آبگذرهای عظیم واضح‌ترین آثار باقیمانده‌ی اروپاییان در قرون گذشته باشد. آبگذر متز^۱ با پلی به طول بیش از یک کیلومتر و ارتفاع بیش از ۳۰ متر از رودخانه‌ی موزل عبور می‌کرده است.

پس از انقلاب صنعتی ۴ دوره در مورد علم مهندسی رودخانه قابل بیان است. مرحله‌ی اول از حدود ۱۷۵۰ تا ۱۹۰۰ میلادی که شامل توسعه‌ی طرح‌های بزرگ در اکثر رودخانه‌های بزرگ اروپا به‌منظور کشتیرانی، کنترل سیلاب و استفاده از زمین دشت سیلابی بوده است. مرحله‌ی دوم از ۱۹۰۰ تا ۱۹۴۰، شامل توسعه‌ی فناوری برای ساخت سدهای بزرگ و توسعه‌ی آنها در آمریکای شمالی، اروپا و جنوب شرقی آسیا بوده است. سد هور که اولین سد بزرگ رودخانه‌ی کلرادو است در سال ۱۹۳۶ تکمیل شد. امروزه این سد از لحاظ ارتفاع در مقام چهاردهم و از لحاظ حجم در مقام بیست و سوم در بین سدهای جهان قرار دارد. مرحله‌ی سوم از ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰، اوج فعالیت سدسازی و انحراف آب رودخانه‌ها در سطح جهان است. در مرحله چهارم که از ۱۹۸۰ تا امروز است، حرکت سدسازی تا حدود ۵۰۰ سد در سال در سطح جهان کاهش یافت و توجه بیشتری به اقدامات مهندسی نظیر احیا و حفاظت از رودخانه‌ها و تأثیر سازه‌های رودخانه‌ای بر مورفولوژی و رژیم جریان‌ها شد (ابراهیم نژاد، ۱۳۸۴).

جعفرزاده (۱۳۸۷)، تاریخچه‌ی مختصری از این شاخه‌ی مهندسی رودخانه را در برداشتی از اولین اینگونه بیان می‌کند: «منشأ علم مهندسی رودخانه را شاید بتوان به یو (Yu ۴۰۰۰ B.C) امپراطور چین نسبت داد که خاکریزهای پایداری را به منظور حفاظت سرزمین‌های حاصلخیز در برابر سیلاب احداث کرد». به این صورت که سلسله‌ی امپراطوران چین برای قرن‌ها به نسبت میزان توانایشان در مهار رودخانه‌های بزرگ، خوشنام یا بدآوازه می‌شدند. به‌طور کلی فقدان درک علت و معلولی روابطی که بتواند حوادث طبیعی نظیر سیلاب‌ها را توضیح دهد از مشخصه‌های تمدن‌های اولیه بوده است. در این دوران بشر ناگزیر به توسعه‌ی علم مهندسی هیدرولیک و کنترل رودخانه‌های طغیانگر بوده است. در قرون بعد دانشمندانی نظیر داوینچی، کاستلی، پاسکال، نیوتن، لایب‌نیتز، برنولی، اولر و... تا ۱۹۰۰ میلادی به مفاهیم بنیادی تغییرات دبی، پیوستگی جریان، توزیع فشار و متغیرهای هیدرودینامیکی جریان پرداختند و علم تئوری و مهندسی را به حوزه‌ی کاربردی این روش افزودند (Pierre Julien, ۱۹۹۷).

رودخانه در مجموعه سرزمین‌هایی مانند کوه، دشت و بیابان تنها پدیده‌ای است که انرژی دارد و مانند موجود زنده در مقابل تحرکات و تجاوزات پیرامون خود عکس‌العمل نشان می‌دهد. نتایج کارهای رودخانه‌ای، کنترل سیلاب و سازه‌های واقع در مسیر؛ توجه به اثرات بعدی و دراز مدت تغییرات ناشی از اقدامات انسان روی طبیعت رودخانه‌ها را ضروری ساخته است. به علت پیچیدگی جریان‌های طبیعی، فرسایش و ته‌نشینی مواد، برای شناخت و تعیین متغیرها می‌توان از رهیافت‌های تحلیلی استفاده کرد. با چنین تجربی، انسان درک کرده برای اجتناب و یا کاهش آثار زیان‌بار هر تغییری در فرآیند طبیعی رودخانه، باید بتواند به قانونمندی‌های همان رودخانه پی برده و اثرات طولانی مدت هرگونه اصلاح یا تغییری در مسیر رودخانه را پیش‌بینی کند. شاید به‌علت تغییرات وسیع رودخانه‌ها باشد که Benjamin Franklin (۱۷۲۷) گفته است: «رودخانه‌ها، به‌ویژه در کشورهای کوهستانی، سیستم‌های غیرقابل کنترلی هستند».

رودخانه‌ها به‌مثابه موجودات زنده‌ای هستند که در مقابل تعارض‌های محیطی و انسانی اقدام متقابل نموده و لذا رژیم هیدرولیکی آن در جریانی برای رسیدن به تعادل مجدد قرار می‌گیرد. مهندسی رودخانه علمی است که در فرآیند طراحی، برنامه‌سازی، اجرا و بهره‌برداری از رودخانه‌ها برای رفع نیازها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده‌ی بهینه از رودخانه‌ها به لحاظ اهمیتی که این منابع طبیعی در برآورد کلیه رودخانه‌های در معرض تغییر و تحول دارند و اقدامات مهندسی رودخانه برای تغییر بده، مطالعه‌ی دبی رسوبی، مسیر رودخانه، عمق آبراهه، پهنه‌ی سیل‌گیر و کیفیت آب از اهداف اصلی مهندسی رودخانه است. روش‌های معمول در رسیدن به این اهداف، استفاده از سازه‌های مختلف به‌تنهایی یا ترکیبی مثل سد، سیل‌بند خاکی یا بتنی، پوشش بدنه، آب‌شکن یا به کارگرفتن راه حل‌های قدیمی مثل لایروبی است. از جمله مباحث مهم در مهندسی رودخانه شناخت شکل رودخانه (مورفولوژی)، تثبیت، سواحل و بستر رودخانه، کانالیزه‌کردن و کنترل سیلاب است.

در حقیقت مهندسی رودخانه به اقداماتی گفته می‌شود که در زمینه‌ی مطالعات (شناخت، برنامه‌ریزی، طراحی)، ساخت سازه‌ها و بهره‌برداری بهینه از رودها و به‌منظور مهار سیلاب، کاهش خطرات، به حداقل رساندن تبعات منفی و همچنین به‌سازی وضعیت رودخانه‌ها برای تأمین نیازهای بشری و حفظ محیط زیست صورت می‌گیرد. عملیات مهندسی رودخانه، کم و بیش محیط طبیعی رودخانه و مورفولوژی آن را تغییر می‌دهد. مهم آن است که در این اقدام، مشخصه‌های تغییر یافته به رودخانه کمک کند تا در حالت ثانویه عملکرد مناسب‌تری نسبت به حالت طبیعی خود داشته باشد. در مهندسی رودخانه لازم است تا علاوه بر لحاظ کردن اعتبارات موجود در زمان اجرای طرح، ظرافت‌های طبیعی محیط نیز کاملاً شناخته شده و مورد بررسی قرار گیرد. از این روست که لورنز استراب^۲، مهندسی رودخانه را بیشتر یک هنر می‌داند تا علم.

عملیات مهندسی در اغلب رودخانه‌ها شامل ساماندهی و اصلاح مسیر رودخانه‌ها به‌منظور مهار سیلاب، کنترل و اصلاح دبی و عمق جریان

و دبی رسوب، مهار فرسایش بستر و کناره‌ها و نیز هدایت جریان در یک مسیر مشخص و مطلوب برای ایجاد شرایط مناسب و مطمئن برای کشتیرانی و همچنین کنترل کیفیت آب است (ابراهیم نژاد، ۱۳۸۴). هیچ‌گاه اصول مهندسی رودخانه، مشابه یک کتاب آشپزی (گام‌به‌گام و از پیش تعیین‌شده) نخواهد بود (Jonas و Remus، ۲۰۱۰).

در طرح‌های ۱۰۰ سال اخیر و به‌خصوص طرح‌های حال حاضر، عمده‌ی کارهای مهندسی رودخانه بر اصلاح و ساماندهی رودخانه‌ها و همچنین توسعه‌ی محیطی بوده است (Hey، ۱۹۹۴). در راستای تحقیقات صورت‌گرفته، Duboway (۲۰۱۳) به مدیریت و ساماندهی حمل و نقل، ناوبری و مدیریت خطر سیل در رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی و تأثیرات هیدرولیکی و اکوهیدرولوژی که از اقدامات ضروری در حیطه‌ی مهندسی رودخانه است در طول یک دوره‌ی زمانی ۱۰۰ ساله پرداخت. در این تحقیق نقش مهندسی رودخانه در این بازه‌ی زمانی بررسی شد و اقداماتی که در قلمرو این علم است و برای بهبود اقدامات فوق بایستی صورت گیرد مورد نقد و بررسی قرار گرفت.

یک مهندس رودخانه به ترکیب مهارت‌هایی در زمینه‌های تحلیل انتقال رسوب، هیدرولوژی و هیدرولیک، ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی) آبرفت‌ها، توأم با یک پیش‌زمینه‌ی قوی عملی در انتخاب گزینه نهایی، طراحی و تأثیرات رفتار رودخانه‌ها و آبریزها بر پدیده‌های مورفولوژی، به‌منظور اصلاح و به‌سازی سازه‌های آبی احداث شده در مسیر آنها نیازمند است. احاطه بر مهندسی رودخانه در بخش‌های مدیریت بحران و مهندسی؛ یک برنامه ضروری و جامع در جهت مدیریت پروژه به نظر می‌رسد. مهارت‌های مهندسی رودخانه در حال حاضر نیاز بخش وسیعی از پروژه‌ها و آبراهه‌ها و آبریزها در شرایط و مقیاس‌های مختلف است. تخصص در ارزیابی جریان‌ات رسوب در رودخانه‌های آبرفتی و سیلابی (چه در یک شاخه‌ی آن یا تمامی حوزه‌ی آبریز) نیازمند توانایی حل بسیاری از مسائل از قبیل مدیریت رسوب حوزه‌ی آبریز، پروژه‌های بازسازی و احیاء آبراهه‌ها و ارزیابی متغیرهای چندگانه در حوزه‌ی آبریز (تحت تأثیر ساخت سد، حذف سد، بارهای رسوب ناشی از واریزه‌های آتشفشانی، گدازه‌های قابل اشتعال و مسائل مرتبط با شهرسازی) است.

با توسعه‌ی شهرنشینی و اجرای طرح‌های عمرانی و دورشدن انسان‌ها از رودخانه‌ها و با برداشت بیرویه‌ی شن و ماسه از بستر رودخانه، خانه و شهرک‌سازی در حریم و بستر رودخانه، احداث سازه‌های تقاطعی و غیره به تعرض به رودخانه و بر هم زدن رژیم متعادل و پایدار آن اقدام شد. به‌طور کلی تمامی موارد فوق با استفاده از انواع مختلف سازه‌ها یا ترکیبی از آنها همچون سدها و مخازن، گورها و دیواره‌های سیل‌بند، انواع پوشش‌ها و کناره‌بندی، لایروبی و سایر کارهای کنترلی، قابل دستیابی هستند.

در مطالعات مرحله شناسایی شناخت متغیرهای تأثیرگذار بر مورفولوژی رودخانه بسیار ضروری است (نشریه‌ی ۱۹۰ وزارت نیرو، ۱۳۷۸). متغیرهایی که بر رودخانه‌ها اثر می‌گذارند، متعدد هستند و به هم مرتبط می‌شوند. طبیعت آنها مانند شرایط محیطی سایر مسائل هیدرولیک نیست و نمی‌توان نقش هر متغیری را مستقل و منفک از دیگر متغیرها مطالعه

و بررسی کرد. پارامترهای موثر در شکل و قواره‌ی رودخانه‌ها عمدتاً عبارتند از:

دبی رودخانه و بار رسوبات، شیب طولی، نوع رودخانه و مقاومت سواحل در برابر جریان آب، متغیرهای اکوسیستم و هیدرولوژی نظیر: پوشش گیاهی، درجه حرارت و... و شرایط زمین‌شناسی و در نهایت تجاوزات و تغییرات محیطی انسانی. کوشش‌ها، مطالعات آزمایشگاهی و بررسی‌های صحرایی زیادی صورت گرفته تا متغیرهای بالا و دیگر متغیرها را به هم مرتبط کند. حل این متغیرها بیشتر تابع راه حل‌های تجربی است تا تحلیلی، به‌طوری که تعیین چگونگی ارتباط معنی‌دار متغیرها با یکدیگر کار مشکلی است. اما تجاوزات انسانی و تغییرات طبیعت جریان و حریم رودخانه‌ها به‌منظور کسب منافع بیشتر و به‌طور کلی کوشش‌های انسان به منظور کنترل و حفاظت رودخانه‌های بزرگ مشمول نظریات هورر مکن می‌شود که در سال ۱۹۳۷ چنین نوشته است:

«مهندسی که با انحراف رودخانه، احداث سد و یا دستکاری در طبیعت رودخانه در آن ایجاد تغییر می‌کند، مثل کسی می‌ماند که دُم گاو وحشی را در دست گرفته است و قادر به جلوگیری از عکس‌العمل‌های متوالی و نامطلوب رودخانه بعد از ایجاد تغییر نباشد، درحالی‌که او باید به جنبه‌های ژنتیک و اصیل رودخانه تاکید داشته و به‌جای تحمیل به رودخانه با رودخانه همراه شود» (آل یاسین، ۱۳۸۶).

رودخانه‌ها شریان‌های اصلی حیات کلیه‌ی سازه‌های آبی محسوب می‌شوند و حفاظت و بهره‌برداری بهینه از آنها و همچنین حراست از بستر و حریم آنها در کشور ما بر عهده‌ی وزارت نیرو است. به شیوه‌ی دیگر، مهندسی رودخانه علمی است که این اعمال اندرکنشی را به‌طور سیستماتیک هماهنگ و هدایت خواهد نمود و به عبارتی دیگر مهندسی رودخانه شامل تمام مراحل برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و بهره‌برداری از عملیات مختلفی است که به‌منظور بهبود وضعیت رودخانه در جهت استفاده‌ی بهتر از آن اعمال می‌گردد.

نتایج و بحث

مهارت‌های یک مهندس رودخانه بایستی با تصور اینکه چگونه سیستم‌های رودخانه یا آبریز کار می‌کند باشد: مهارت‌ها شامل توضیح این مسئله است که آنها چگونه به اصلاحات، تنش‌ها و دیگر فاکتورهای محیطی جواب می‌دهند. این مهارت‌ها شامل مولفه‌های زیر است:

- توانایی تجسم کردن مسئولیت‌ها و تشخیص پتانسیل مسائل.
- پیش‌بینی رفتارها و تغییرات رودخانه‌ها و آبریزها.
- دانستن جریان‌ات فیزیکی از قبیل منابع رسوب، انتقال آن‌ها، حفره‌ها و چگونگی شیوه‌ی عکس‌العمل رودخانه‌های آبرفتی.
- انتخاب، جانمایی و طراحی سازه‌های مستقر روی رودخانه. این سازه‌ها باید با مورفولوژی و انتقال رسوب مرتبط باشند. دانستن شرایط طراحی،

مواد ساختمانی، روش‌های ساختمانی و همچنین پایش مداوم پروژه‌های ساخته شده.

– مهارت‌های توأم عملی و مهندسی در زمینه گردآوری تجارب برای تعمیم به نمونه‌ی اصلی رودخانه و اطلاع داشتن از روش‌های میدانی و تحلیل‌های تئوری مرتبط با آن.

در شرایط کنونی، اقدامات قابل انجام بیشتر در جوامعی که رودخانه‌های فعال ندارند حول اقدامات احیاء و ساماندهی رودخانه‌ها انجام می‌گردد. توسعه‌ی مناطق حاشیه‌ی رودخانه‌ها و تأثیرات ناشی از آن در ناپایداری رودخانه در ابعاد مختلف از جمله فرسایش بستر و سواحل رودخانه، باعث شده است که طرح‌های احیای رودخانه بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته و در واقع به یکی از مسائل مهم مهندسی نوین تبدیل گردد. احیای رودخانه به‌عنوان فرایندی تعریف می‌شود که طی آن رودخانه به کمک بازسازی جریان‌های هیدرولوژیک، زمین‌ریخت‌شناسی، بوم‌شناختی و فیزیولوژیکی رودخانه و حوضه‌ی آن احیا می‌گردد و بدین منظور نیاز به شناخت مورفولوژیک یک رودخانه یا آبراهه است.

ساماندهی و احیای رودخانه، از شاخه‌های گسترش یافته‌ی مهندسی رودخانه بوده که کاربرد وسیع‌تری نسبت به دیگر شاخه‌های این علم داشته و برای تسلط بیشتر بشر بر رودخانه و رفتار آن صورت می‌گیرد و شامل اهداف مختلفی نظیر مهار سیل، ایجاد شرایط مناسب و مطمئن برای کشتیرانی، مهار رسوب، مهار فرسایش بستر و کناره‌ها، همچنین انحراف، انتقال و هدایت جریان آب در یک مسیر مشخص و مطلوب است (نشریه‌ی ۱۹۱ وزارت نیرو، ۱۳۷۸). پیش از هر اقدامی باید به مطالعه‌ی ریخت‌شناسی (مورفولوژی) یک رودخانه اقدام گردد.

به‌عبارتی به کمک مورفولوژی رودخانه می‌توان اطلاعاتی از شکل هندسی آبراهه، شکل بستر و پروفیل طولی رودخانه به دست آورد. مورفولوژی یک رودخانه تحت تأثیر عوامل متفاوتی مثل سرعت جریان فرسایش و نحوه‌ی رسوب‌گذاری قرار دارد. مورفولوژی یک شبکه‌ی آبراهه نیز ممکن است تحت تأثیر حرکت یخ، ترسیب رسوبات یا فرونشستن آب تغییر کند. بنابراین؛ آشنایی با شیوه‌های ترسیب رسوب در آبریزها می‌تواند به مبانی طرح‌های اصلاحی در رودخانه کمک نماید.

مهم‌ترین هدف تعریف شده برای احیای رودخانه، برقراری ارتباطی منطقی بین بهره‌برداری پایدار از رودخانه و مناطق مجاور آن با محیط مناسب زیستی در حاشیه‌ی رودخانه است. موفقیت یک طرح احیای رودخانه بیش از همه، مرهون موفقیت در دستیابی به سه هدف عمده است که شامل موفقیت و توجیه اقتصادی طرح در زمینه‌های مختلف، رعایت مسائل بوم‌شناختی و توسعه‌ی علمی و بهینه‌سازی روش‌ها است. و شاید به همین دلیل است که در سال‌های اخیر بیشتر طرح‌های مهندسی و احیای رودخانه، از طرح‌های سازهای به سمت راه‌حل‌های بوم‌شناختی برای حفاظت رودخانه در برابر تخریب و فرسایش، چرخش پیدا کرده است. در شکل (۱)، بدست آوردن الگویی از اهداف بوم‌شناختی می‌تواند یکی از مهمترین کارکردهای احیای رودخانه تلقی شود؛ که در بسیاری از طرح‌های جامع احیای رودخانه به‌عنوان بخش بالادست دیگر بخش‌ها

مورد توجه قرار می‌گیرد، زیرا در این طرح با نگاهی دقیق به مساله نگریسته می‌شود. موفقیت طرح در رعایت مسائل بوم‌شناختی، باعث ایجاد فرصت‌های بسیاری برای سرمایه‌گذاری مطمئن در زمینه‌های مختلف در حاشیه‌ی رودخانه می‌شود. در واقع به‌صورت غیرمستقیم توجیه اقتصادی طرح را به‌ویژه در بخش‌های مدیریت سیلاب‌دشت و زیباسازی و استفاده‌ی تفریحی از رودخانه، تحت تأثیر مثبت قرار می‌دهد.

در جریان احیای رودخانه، مقایسه‌ی بخش آسیب‌دیده با بخش آسیب‌نندیده‌ی بالادست، به‌خصوص اگر دارای مورفولوژی یکسانی هم باشند، اطلاعات اساسی و با ارزشی را در اختیار می‌گذارد. یک بازه‌ی قابل قیاس به‌عنوان بازه‌ی کنترل یا بازه‌ی شاهد در یکی از حوزه‌های آبریز فرعی که مورفولوژی مشابهی با بازه‌ی آسیب‌دیده داشته باشد، می‌تواند مبنایی برای اندازه‌گیری تغییرات محسوب شود. وقتی مشخصات مورفولوژیکی یک رودخانه با مشخصات مورفولوژیکی رودخانه‌ی دیگر متفاوت باشد به معنای آن است که فرآیند رودخانه‌ای آن دو با هم متفاوت است. به عبارت دیگر همه‌ی رودخانه‌ها نسبت به یک تجاوز مشخص و معین، بازتاب یکسانی نشان نمی‌دهند. به زبان دیگر همه‌ی رودخانه‌ها را نمی‌توان در قالب مدیریت و نگرش یکسانی اداره و کنترل کرد.



شکل ۱- الگوی موفقیت طرح‌های احیای رودخانه

مهندسی رودخانه در آینده

به‌نظر می‌رسد نگاهی که امروزه به مسائل رودخانه‌ای می‌شود با آنچه در سال‌های قبل بوده بسیار متفاوت است و آن به این علت است که دیگر با یک تخصص و توانایی نمی‌توان تمام مسائل مرتبط با رودخانه و عوامل زیست محیطی را توجیه نمود. امروزه وقتی صحبت از رودخانه می‌شود منظور فقط یک آبراهه نیست بلکه مجموعه فضای متأثر از رودخانه است که باید مورد توجه قرار گیرد و آن را اصطلاحاً «کریدور رودخانه»^۳ گویند که در آن به تمامی مسائل زیست محیطی و آب و هوایی اطراف رودخانه توجه شده است. به این منظور حتماً بایستی به جنبه‌های اقلیم و زیست بوم

حوضه‌ی مورد مطالعه توجه نمود و از کارشناسانی با تخصص‌های مرتبط در کارگروه مهندسی رودخانه بهره جست. پیش‌بینی تغییرات رودخانه‌ها در آینده کار ساده‌ای نیست. پیش‌بینی تغییرات، قبل از وقوع تغییرات بستگی به مهارت و قدرت بینش کارشناس دارد. زیرا یک کارشناس با تجربه با کنار هم گذاشتن علائم و نشانه‌های بیشتری می‌تواند به مطالعه و نتیجه‌گیری صحیح‌تری بپردازد. استراتژی‌های مدیریت باید طوری در

چگونه انجمن مهندسين عمران آمريكا در مهندسي رودخانه شكل گرفت؟

پس از آنکه جامعه‌ی مهندسين ارتش آمريكا در طی چند دهه با رشد نسبتاً کمی گسترش یافت، در دهه‌های اخير شاهد رشد چشمگیر مهندسين شاغل در علم مهندسي رودخانه در زمینه‌های استفاده از علوم هیدرودینامیک، عددی و مدل‌های انتقال رسوب، روش‌ها و تکنیک‌های جمع‌آوری داده‌های میدانی، رسوب، مهندسي هیدرولیک و... بوده است. مهندسين رودخانه با تغییر پارامترهای تأثیرگذار بر رفتار رودخانه و آزمایش‌کردن آنها، مهارت‌های خود را گسترش داده‌اند. در مشاغل مهارتی، گسترش تجارب مفید، یک المان (عنصر) حیاتی به شمار می‌آید. نتایج این تحقیق، در کارگاه آموزشی برگزار شده در سال ۲۰۰۹ در آمريكا ارائه شده است (Jonas و Remus، ۲۰۱۰). مهندسين رودخانه در USACE (اداره‌ی عمران ارتش آمريكا) نقشی حیاتی در تربیت متخصصین و نیروها و همچنین در ارایه‌ی توصیه‌های میدانی و مطالعاتی، ایجاد و فرصت‌های پیشرفت حرف‌های و تشکلهای مهندسان رودخانه داشته‌اند. آنها همچنین در هر شاخه با بسط تحقیقات و تمرین‌های مرتبط با مهندسي رودخانه، بر مطالعات مهندسان نظارت می‌کنند.

وضعيت فعلي مهندسين رودخانه در ارگان‌های مطالعاتي (حال) در آمريكا

نیروهای متخصص بازنشسته: در حال حاضر آمار غیر رسمی نشان می‌دهد که نیروهای متخصص با سابقه‌ی بیش از ۵ سال در این رشته بازنشسته شده و یا در آستانه‌ی بازنشستگی قرار دارند. نبود زمان کافی برای انتقال تجارب و معلومات به نسل فارغ‌التحصیل: به علت آنکه بیشتر نیروهای باتجربه در این زمینه در مرز سن بازنشستگی قرار دارند بنابراین؛ زمان لازم (حدود ۱۵-۱۰ سال) برای انتقال معلومات و تربیت نسل جدید مهندسان رودخانه وجود ندارد.

پروژه‌های کوچکتر: سابقاً مهندسان رودخانه مهارت‌های خود را با کارکردن روی پروژه‌های بزرگ و ملی، ارتقاء می‌دادند که فازهای علوم مختلف و زمینه‌های کاری را در سالیان گذشته به روی آنها گشود. پروژه‌هایی مانند رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی و شاخه‌های فرعی آن و دلتاهای رودخانه. به این ترتیب فرصت‌های مناسبی برای کار در مقیاس سیستم‌های بزرگ برای مهندسان فراهم بود، ولی اینک پروژه‌های

نظر گرفته شود که بتواند متوجه تغییرات آنی رودخانه، فعالیت‌های رو به گسترش مصرف‌کنندگان و ناظر بر واکنش رودخانه در مقابل تغییرات تحمیلی ناشی از ضربات توسعه باشد (آل یاسین، ۱۳۸۶). به این منظور به چگونگی تأسیس انجمن مهندسين عمران آمريكا در حوزه‌ی مهندسي رودخانه اشاره شده است.

بزرگ کمتری موجود است که این امر سبب می‌شود فرصت‌های شغلی و کسب مهارت کمتری برای متخصصین جدید شاغل در حوزه‌ی این علم وجود داشته باشد. به عنوان مثال در پروژه‌ی بزرگ رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی از مهندسين رودخانه برای بازیابی شرایط مورفولوژی رودخانه با خاطر نشان کردن تمام مزایای طرح احیای رودخانه نظیر کنترل سیلاب، ناوبری (کشتیرانی) استفاده از انرژی آب و... سؤال شده است. این پروژه به معلومات کامل در زمینه‌های منابع رسوب، مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات، چرخه‌های هیدرولوژیک مدیریت‌های آبی و اصول پایه‌ی اکوسیستم منطقه نیاز داشت. فاز ساختمان‌ی این پروژه به بیش از ۳۰ سال زمان نیاز داشت (نیاز به نسل جدید مهندسين رودخانه) و فاز اجرایی آن نیز در آینده ادامه می‌یابد.

با نتیجه‌گیری از اقدامات جامعه‌ی مهندسين عمران آمريكا، می‌توان در قالب برنامه‌ای جامع و کلان در مجموعه سند ملی آب ایران، از اقداماتی که بتواند برای گسترش علم مهندسي رودخانه در آینده در برنامه‌ریزی راهبردی کشور قرار گیرد، به صورت زیر استفاده کرد:

۱. برنامه‌ی گسترش کانون یا انجمن مهندسي رودخانه:
الف: این برنامه فرصتی را برای گسترش معلومات و کسب مهارت‌های لازم برای پیشرفت مهندسين پایه‌ی رودخانه به مرحله‌ی آموزش دیدگی فراهم خواهد کرد.

ب: طبق توصیه‌ی اداره‌ی عمران ارتش آمريكا، یک گروه از متخصصین با سابقه‌ی عملی حداقل ۱۰-۵ سال برای گسترش توانایی‌های اضافی در انجمن‌ها به عنوان مربی در تخصص‌های خاص خود بایستی مشخص شوند.

ج: مدل‌های آموزشی برای این دوره‌ها حتماً باید همراه با آموزش عملی در نظر گرفته شود.

د: گروه آموزشی ممکن است به مرور (مطالعات و طراحی) تحقیقات نیاز داشته باشد.

۲. گسترش یک طرح ملی - منطقه‌ای برای مشخص کردن منابع و مسئولیت‌ها و...

۳. راهنمایی و هدایت متخصصین: پس از ارزیابی نیازهای طرح، ممکن است برای بهبود یا ارتقاء مهارت‌ها به راهنمایی لازم توسط انجمن متخصصان نیاز باشد.

۴. تحقیق و گسترش (R & D): این اصل نه تنها در مهندسي رودخانه، بلکه در هر شاخه‌ای از علوم جزء نیازهای اصلی در به هدف

رسیدن آنها است.

۵. تشکیل کمیته‌ی ساماندهی رودخانه‌ها

۶. تشکیل انستیتوی مطالعات: اداره این تشکل در کشور ما بر عهده‌ی وزارت نیرو و سازمان مدیریت منابع ایران است. تشکیل پروژه‌هایی از

تحقیقات انجام‌شده، درس‌ها و نکات آموزشی هر کدام از پروژه‌های ملی و جهانی به‌عنوان آرشو می‌تواند کلیدی ارزشمند برای دستیابی به اطلاعات افراد بازنشسته‌ی کنونی شاغل در پروژه‌ها باشد. این منابع می‌تواند در اختیار دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی و پژوهشی کشور نیز قرار گیرد.

نتیجه‌گیری (جمع‌بندی)

مهندسی رودخانه عموماً می‌تواند به‌عنوان کاربرد عملی علوم مرتبط با مهندسی آب برای شناخت رفتار رودخانه‌ها در آینده تعریف شود. متخصصین این حوزه در حال حاضر باید بر علوم نظیر هیدرولوژی، هیدرولیک مجاری روباز، مدل‌های فیزیکی و هیدرولیکی، هیدرولیک رسوب و سازه‌های هیدرولیکی احاطه‌ی کامل داشته باشند. اگرچه در ابتدا مهندسی رودخانه به‌وسیله‌ی اشخاصی با پیش‌زمینه‌ی علمی و تجربه‌ی مهندسی هیدرولیک آغاز شد ولی به مرور مهندسانی با تخصص‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی) با آن مرتبط و همسو شدند.

میدان علم مهندسی رودخانه تنها به کانال‌ها و مسیل‌ها و دشت‌های سیلابی مجاور آنها محدود نمی‌شود بلکه تقریباً با دینامیک طبیعت کل حوزه مرتبط است. به این منظور مهندسين رودخانه بایستی توانایی درک و آنالیز زمینه‌های زمین‌شناسی و اطلاعات هیدرولوژی را داشته و دارای فهمی کلی از پدیده‌های فیزیکی (هیدرولیکی) حوزه‌ی مورد مطالعه باشند. مشخصه‌های حوزه‌های رودخانه‌ها و مسائل مرتبط با آن محدوده‌ها، تغییرات زیادی از یک ناحیه به ناحیه‌ی دیگر و از یک رودخانه به رودخانه‌ی دیگر را شامل می‌شود. به این علت شاید تجارب به‌دست آمده از محل یک پروژه به‌طور کامل و با تمام ابعاد، قابل استفاده در پروژه‌های دیگر نباشد.

مهندسين رودخانه‌ی متخصص عموماً حداقل ۱۵ تا ۲۰ سال تجربه‌ی

عملی دارند. یک مهندس در مرحله‌ی مقدماتی بایستی به‌عنوان یک مرحله‌ی ابتدایی ولی مهم تجارب عملی بین ۱۰-۵ سال در مورد پروژه‌های مختلف رودخانه داشته باشد. به این منظور یک مهندس هیدرولیک بایستی حداقل ۵ سال سابقه در زمینه‌ی مهارت‌های مهندسی رودخانه برای ارتقاء به مرحله‌ی تخصص در این حوزه را داشته باشد. مهندسی رودخانه تنها به تخصص یک مهندس با تجربه‌ی هیدرولیک با مهارت‌های مرتبط با مکانیک رودخانه‌های آبرفتی نیاز ندارد. طراحی مهندسی و مدیریت رودخانه از منظر علم مهندسی رودخانه با شاخه‌های علمی از قبیل زمین‌شناسی، هیدرولوژی و ژئومورفولوژی مرتبط است. مهندسی رودخانه شامل تکنیک‌هایی است که از احاطه‌ی بر علمی نظیر هیدرولوژی، هیدرولیک، انتقال رسوب حاصل می‌شود. این توانایی‌ها همراه با تحلیل اطلاعات ورودی مدل‌ها، قابلیت‌های آنها و محدودیت‌های مدل‌های مرتبط با رودخانه است. یک پروژه‌ی مهندسی رودخانه اغلب مرتبط با تغییرات فیزیکی یک رودخانه است. در حقیقت پروژه‌های طراحی‌شده‌ی یک مهندس رودخانه، او را از منظر تجربه و مهارت از یک فرد آکادمیک و تئوری‌پرداز محض تمیز خواهد داد.

پی‌نوشت

- 1- Metz
- 2- Lorenz Straub
- 3- River Corridor

منابع

- مهندسی رودخانه، نشریه شماره ۱۹۱، ص: ۲۳-۱۸، سازمان برنامه و بودجه‌ی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور فنی.
- Dubow P.J. 2013. Mississippi River Ecohydrology: Past, Present & Future. Ecohydrology & Hydrobiology, vol(13): 73-83.
- Hey R.D. 1994. Environmentally Sensitive River Engineering, (Chapter 18.1: River Engineering). Blackwell science, vol(2):145-178.
- Remus J.I., Jonas M. 2010. River Engineering: Past, Present And Future, A Comprehensive Systems Approach. 2nd Joint Federal Interagency Conference. Las Vegas, NV, June 27 - July 1.

- آل یاسین، ا. ۱۳۸۶. کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون، کمیته‌ی ملی سدهای بزرگ ایران، نشریه شماره‌ی ۳: ۴۰-۳۶.
- ابراهیم‌نژاد، م. ۱۳۸۴. (مترجم). اکولوژی رودخانه (آب‌های جاری). نویسنده: دیوید آلن. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- جعفرزاده، م.ر. ۱۳۸۷. (مترجم). مکانیک رودخانه. نویسنده: پی یر ژولین. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- وزارت نیرو. ۱۳۷۸. فهرست خدمات مطالعات مرحله‌ی شناسایی طرح‌های مهندسی رودخانه، نشریه شماره ۱۹۰، ص: ۱۷-۱۰، سازمان برنامه و بودجه‌ی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور فنی.
- وزارت نیرو. ۱۳۷۸. فهرست خدمات مطالعات مرحله‌ی توجیه‌ی طرح‌های

Investigating the spatial variability of groundwater table in barkhar plain, Esfahan

M. Malmir¹, M. Delbari^{2*}

1,2- Former MSc. Student & Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

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

Received: 22-11-2013

Accepted: 19-2-2015

بررسی تغییرات مکانی سطح سفره آب زیرزمینی دشت برخوار اصفهان

مهسا مالمیر^۱، معصومه دلبری^{۲*}

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

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

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۳۰

Abstract

Groundwater is the main water resource for domestic and agricultural uses in Iran. So real-time mapping of groundwater depth can guide to have a proper exploitation of groundwater. This study was conducted to investigate the spatial variability of depth to groundwater in Barkhar plain in Esfahan using geostatistical methods. In this regard, the measurements of groundwater depth between July and November of 2007, 2009 and 2011 belonging to 36 observation wells were used. Data samples were first checked for any error or mistake then the spatial correlation of data was investigated. Groundwater depth values at un-sampled locations were estimated using the interpolation methods including Ordinary Kriging (OK) and Inverse Distance Weighting (IDW) with distance powers of 1, 2, 3 and 4. The performances of selected interpolators were evaluated using the cross-validation technique and Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Bias Error (MBE) indices. The results showed that IDW2 for July and November 2009, IDW4 for July 2011 and OK for all other cases were the most accurate approaches as they had the lowest amounts of RMSE and were close to zero amounts of MBE and consequently had the best results in estimation of groundwater depth. The generated maps of groundwater depth showed that depth to groundwater was lower in the southeastern parts and higher in the rest of the study region.

Keywords: Groundwater, Geostatistical methods, Kriging, Inverse Distance Weighting, Esfahan Barkhar Plain.

چکیده

آب زیرزمینی منبع اصلی تأمین آب برای مصارف کشاورزی و شرب در کشور ایران می‌باشد. بنابراین تهیه نقشه‌های به‌هنگام عمق آب زیرزمینی می‌تواند گام مهمی در بهره‌برداری صحیح از منابع آب باشد. این مطالعه به‌منظور بررسی تغییرپذیری مکانی عمق آب زیرزمینی دشت برخوار استان اصفهان با استفاده از روش‌های زمین-آماري انجام گرفت. برای این منظور از اطلاعات عمق آب زیرزمینی مربوط به ماه‌های تیر و آبان سه سال ۱۳۸۶، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ که از تعداد ۳۶ حلقه چاه مشاهده‌ای برداشت شده بود، استفاده شد. پس از کنترل کیفیت و صحت آمار، وجود یا عدم وجود همبستگی مکانی بین داده‌ها بررسی شده، سپس عمق آب زیرزمینی درون‌یابی شد. روش‌های درون‌یابی مورد استفاده شامل روش‌های زمین‌آماري کریجینگ معمولی و روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان‌های ۱ تا ۴ بوده است. برای مقایسه روش‌ها از روش اعتبارسنجی متقابل و شاخص‌های جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین انحراف خطا (MBE) استفاده گردید. نتایج نشان داد روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان ۲ در تیر ماه و آبان ماه سال‌های ۱۳۸۸، روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان ۴ برای تیر ماه سال ۱۳۹۰ و روش کریجینگ برای دیگر ماه‌ها و سال‌ها کمترین مقدار RMSE و نزدیک‌ترین مقدار به صفر MBE را داشته، در نتیجه بهترین برآورد عمق آب زیرزمینی را داشته‌اند. تحلیل نقشه‌های عمق آب حاکی از بالاتر بودن سطح آب در جنوب‌شرقی منطقه و افزایش عمق آب در دیگر نقاط است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، روش‌های زمین‌آماري، کریجینگ، وزن‌دهی عکس فاصله، دشت برخوار اصفهان.

از روش‌های زمین آماری برای تحلیل نتایجی که از تغییرات سطح آب در اثر تغییر اقلیم در جزیره کربس در یونان به وجود آمده بود، استفاده نمودند. دلبری و همکاران (۱۳۸۹) به تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی- زمانی شوری و عمق آب زیرزمینی در استان مازندران با استفاده از روش‌های زمین آماری پرداختند. نتایج تحلیل آنان نشان داد که شوری و عمق آب زیرزمینی دارای همبستگی مکانی بالایی در سطح منطقه می‌باشند و ساختار مکانی شوری از مدل نمایی و عمق آب به‌طور عمده از مدل کروی تبعیت می‌کند. شیخ محمدی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تغییرات مکانی-زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان در یک دوره آماری ده ساله (۸۵-۱۳۷۵) با انتخاب بهترین روش تخمین‌گر زمین آماری پرداختند. نتایج نشان داد که نیم‌تغییرنمای مدل گوسی به-عنوان بهترین مدل برازش شده به ساختار فضایی داده‌ها و روش عکس فاصله با توان ۵ در ابتدای دوره و عکس فاصله به توان ۴ در انتهای دوره بهترین روش میان‌یابی سطح آب می‌باشد. Nikroo و همکاران (۲۰۰۹) در حوضه مهر فارس انواع روش‌های کریجینگ را برای تحلیل تغییرات سطح آب زیرزمینی بررسی نمودند. Ahmadi و Sedghamiz (۲۰۰۷) با استفاده از روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ به بررسی عمق آب زیرزمینی در دشت داراب فارس پرداختند. نتایج نشان‌دهنده برتری روش کوکریجینگ نسبت به سایر روش‌ها در اغلب نقاط بود. با توجه به توانایی غیرقابل انکار روش‌های زمین آماری در مطالعات آب و اهمیت بالای منابع آب زیرزمینی در حوضه برخوار اصفهان، در این تحقیق از روش کریجینگ (به‌دلیل موجود نبودن متغیر کمکی مناسب از روش کوکریجینگ صرف نظر گردید) برای تخمین و پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی در این منطقه استفاده شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه برخوار در اصفهان

آب‌های زیرزمینی فقط حدود ۴ درصد از مجموعه آب‌هایی را که فعالانه در چرخه آب‌شناختی دخالت دارند، تشکیل می‌دهد. با این وجود حدود ۵۰ درصد جمعیت دنیا از نظر آب شرب متکی به همین آب‌ها هستند. در جهان، منابع آب زیرزمینی بیش از ۳۱ درصد از کل ذخایر آب شیرین را بخود اختصاص داده است (کمالی و همکاران، ۱۳۸۸). کشور ایران به‌دلیل رشد جمعیت، توسعه بهداشت و گسترش بخش‌های کشاورزی و صنعت و مواردی از این دست پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه بوده و این امر موجب زیاد شدن شکاف میان عرضه و تقاضای این ماده ارزشمند شده است (محمدی قلعه‌نی و ابراهیمی، ۱۳۸۹). پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی به معنای خشک شدن مناطق پایین‌دست (مناطق با ارتفاع کمتر که آب جاری در لایه‌های آبدار تحت اثر گرانش به سمت آن‌ها جریان می‌یابند) و از بین رفتن کارایی چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های آن است. استفاده و بهره‌برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی لزوم مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح منابع آب را مشخص می‌کند که این خود نیازمند داشتن اطلاعات کافی در مورد عمق سطح آب زیرزمینی در منطقه موردنظر است. داشتن یک شبکه پایش آب زیرزمینی با تراکم زیاد منوط به صرف هزینه و زمان زیادی است. لذا در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های زمین آماری برای تخمین مقادیر مجهول با در دست داشتن تعداد محدودی نقاط مشاهده‌ای مورد توجه محققین قرار گرفته است (Oliver و Webster، ۲۰۱۴). روش‌های زمین آماری و به خصوص کریجینگ را برای پژوهش‌های زمین آماری به تفسیر بررسی نموده‌اند. Varouchakis و Hristopulos (۲۰۱۳)

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در حوضه برخوار اصفهان و تقریباً در مرکز حوضه آبریز گاوخونی واقع است (شکل ۱). وسعت کل محدوده مطالعاتی حدود ۳۴۷۳ کیلومترمربع که وسعت مناطق پست و سطح دشت ۲۴۵۹ کیلومترمربع و بقیه یعنی ۱۰۱۴ کیلومتر مربع آن را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. تعداد ۳۶ حلقه چاه در منطقه جهت اندازه‌گیری عمق آب حفر شده است و وجود سازندهای سخت و ارتفاعات، باعث شده است که در برخی قسمت‌های حوضه، چاهی حفر نشده باشد. بخشی از زاینده‌رود از حوضه برخوار اصفهان عبور می‌کند. مرتفع‌ترین نقطه محدوده حدود ۲۵۳۵ متر از سطح دریاهای آزاد ارتفاع دارد. پست‌ترین نقطه در دهانه خروجی شرقی و نزدیک قریه پروانه قرار داشته و نسبت به سطح دریاهای آزاد حدود ۱۵۴۰ متر ارتفاع دارد. نیاز کشاورزی از چاه‌های این منطقه تأمین می‌شود.

انتخاب دوره شاخص آماری

در برآورد پارامترهای مختلف هواشناسی هر چه دوره آماری بکار رفته طولانی تر باشد، در نتیجه اطلاعات حاصل از آن دقیق تر و مطمئن تر خواهد بود (بی نام، ۱۳۸۹). بعد از بررسی داده‌های موجود آب زیرزمینی، داده‌های سطح آب در ماه‌های اردیبهشت و آبان سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ انتخاب گردید. دلیل انتخاب این دوره موجود بودن داده‌های کافی و دقیق تر در این ماه‌ها (که ماه‌های بحرانی تری محسوب می‌شوند) می‌باشد.

نیم تغییرنما^۱

نیم تغییرنما مهم‌ترین ابزار شناسایی ساختار مکانی و همبستگی فضایی بین داده‌ها در زمین آمار می‌باشد. نیم تغییرنمای تجربی^۲ عبارت است از متوسط مجذور اختلافات بین دو مشاهده در دو موقعیت مکانی که به فاصله h از یکدیگر قرار گرفته‌اند (Isaaks و Srivastava، ۱۹۸۹):

$$\gamma^*_{(h)} = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(u_i) - Z(u_i+h)]^2 \quad (۱)$$

که در آن $\gamma^*_{(h)}$ نیم تغییرنمای تجربی، $N(h)$ تعداد جفت نقاطی است که به فاصله h از یکدیگر قرار دارند و $Z_{(x_i)}$ و $Z_{(x_i+h)}$ مقادیر متغیر در دو نقطه به فاصله h از یکدیگر می‌باشد (دلبری و همکاران، ۱۳۸۹). نیم تغییرنما از سه پارامتر اثر قطعه‌ای^۳، شعاع تأثیر^۴ و حد آستانه^۵ تشکیل شده است (نحوه‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸). مقدار نیم تغییرنما به ازای $h=0$ اثر قطعه‌ای نامیده می‌شود (بی نام، ۱۳۹۳)، که معمولاً ناشی از خطاهای نمونه‌برداری، اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، و یا به دلیل تغییرات کوچک مقیاس (تغییراتی که در فواصلی کمتر از

روش‌های درونیابی مکانی^۶

درون‌یابی مکانی به فرآیند تخمین مقادیر یک خصوصیت در نقاط فاقد آمار با داشتن تعدادی مقادیر معلوم اطلاق می‌شود که شامل روش‌های درونیابی آماری و زمین آماری است. در این تحقیق از روش‌های کریجینگ معمولی (OK)^۷ و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)^۸ برای برآورد عمق آب زیرزمینی در نقاط فاقد آمار استفاده شده است. تفاوت این روش‌ها در محاسبه فاکتور وزنی است که به نقاط مشاهده شده اطراف نقطه مورد برآورد نسبت داده می‌شود. فرمول اصلی تخمین در این روش‌ها به شرح زیر است (Isaaks و Srivastava، ۱۹۸۹):

$$Z^*_{(u_0)} = \sum_{i=1}^{n(u_0)} \lambda_i^* Z(u_i) \quad (۴)$$

کوچک‌ترین فاصله نمونه‌برداری شده رخ می‌دهد) می‌باشد (دلبری و همکاران، ۱۳۹۱). قبل از برآورد متغیر به کمک روش‌های زمین آماری نیاز به یک مدل نیم تغییرنما برای محاسبه مقادیر نیم تغییرنما به ازای هر فاصله نمونه‌گیری ممکن، می‌باشد. مهم‌ترین مدل‌ها عبارتند از کروی، نمایی، گوسی که مدل‌های کروی و نمایی به ترتیب مطابق روابط (۲) و (۳) تعریف می‌گردند (Isaaks و Srivastava، ۱۹۸۹):

$$\gamma_{(h)} = \begin{cases} C_0 + C \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & h \leq a \\ C_0 + C & h > a \end{cases} \quad (۲)$$

$$\gamma_{(h)} = C_0 + C \left[1 - \exp \left(-\frac{h}{a} \right) \right] \quad (۳)$$

در این روابط: a شعاع تأثیر، C_0 اثر قطعه‌ای یا عرض از مبدأ تابع نیم تغییرنما، C_0+C آستانه نیم تغییرنما یا مقداری است که در آن $\gamma_{(h)}$ ثابت می‌شود. آستانه نیم تغییرنما معادل واریانس کلی متغیر و در واقع مجموع اثر قطعه‌ای (بخش بدون ساختار)، و جزئی به نام C (بخش ساختاردار واریانس) می‌باشد (دلبری و همکاران، ۱۳۸۹). در مدل نمایی دامنه تأثیر عملاً نقطه‌ای است که در آن ۹۵ درصد آستانه نیم تغییرنما حاصل شده باشد که این نقطه در حدود سه برابر دامنه تأثیر می‌باشد (Isaaks و Srivastava، ۱۹۸۹). از طرفی نیم تغییرنما یک پارامتر برداری است و رفتار آن در جهات مختلف بایستی بررسی گردد. به تغییرات دامنه تأثیر و یا سقف نیم تغییرنما در جهات مختلف ناهمسان‌گردی گفته می‌شود. در صورت وجود ناهمسان‌گردی، میان‌یابی عمق آب زیرزمینی در جهات مختلف بایستی با توجه به خصوصیات نیم تغییرنمای همان جهت انجام پذیرد.

که در آن $Z^*_{(u_0)}$ مقدار متغیر در نقطه فاقد آمار، $n(u_0)$ تعداد نقاط موجود در همسایگی نقطه فاقد آمار، $Z_{(u_i)}$ مقدار متغیر در نقطه u_i و λ_i وزنی است که به هر مقدار مشاهده شده در نقطه u_i نسبت داده می‌شود. تخمین‌گر کریجینگ معمولی یک برآوردکننده درونیابی دقیق است که برای به دست آوردن بهترین برآورد خطی ناریب (BLUE)^۹ استفاده می‌شود. این روش علاوه بر تخمین، واریانس تخمین را نیز ارائه می‌دهد (Isaaks و Srivastava، ۱۹۸۹):

$$\sigma^2_{OK}(u_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma_{(u_0, u_i)} + \mu \quad (۵)$$

که در این رابطه $\gamma_{(u_0, u_i)}$ مقدار نیم تغییرنما بین موقعیت مورد تخمین u_0 و u_i امین نقطه نمونه‌برداری شده و μ ضریب لاگرانژین برای به حداقل رساندن واریانس کریجینگ می‌باشد. واریانس تخمین معیاری از عدم قطعیت تخمین است (دلبری و همکاران، ۱۳۸۹).

روش و معیارهای ارزیابی

برای انتخاب بهترین روش درون‌یابی عمق آب زیرزمینی، از روش اعتبارسنجی متقابل^{۱۰} (Isaaks و Srivastava، ۱۹۸۹) استفاده شد. معیارهای ارزیابی شامل جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)^{۱۱} و میانگین انحراف خطا (MBE)^{۱۲} می‌باشند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_{(u_i)}^* - z_{(u_i)})^2} \quad (7)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_{(u_i)}^* - z_{(u_i)}) \quad (8)$$

که در این روابط $z_{(u_i)}^*$ و $z_{(u_i)}$ به ترتیب مقادیر تخمین زده شده و واقعی متغیر در نقطه u_i و n تعداد کل مشاهدات می‌باشد. بهترین روش، روشی است که دارای کمترین مقدار RMSE باشد. MBE در یک تخمین‌گر خوب باید نزدیک به صفر باشد (Isaaks و Sri- vastava، ۱۹۸۹).

در این تحقیق از نرم‌افزار GS+(5.1.1، Robertson، ۲۰۰۰) برای محاسبه نیم‌تغییرنما و میان‌یابی داده‌های عمق آب زیرزمینی با روش‌های کریجینگ و وزن‌دهی عکس فاصله استفاده گردید.

برخلاف روش کریجینگ، در روش IDW بدون توجه به نحوه پراکندگی نقاط حول نقطه مورد نظر و تنها با توجه به فاصله هر نقطه معلوم نسبت به نقطه مجهول، تخمین صورت می‌گیرد. به نقاط نزدیک‌تر وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتری اختصاص داده می‌شود. در این روش برای محاسبه $Z_{(u_0)}^*$ از رابطه (۴) و برای تعیین وزن λ_i از رابطه (۶) استفاده می‌شود (دلبری و همکاران، ۱۳۸۳):

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\pi}}{\sum_{i=1}^n D_i^{-\pi}} \quad (6)$$

در این رابطه: D_i ، فاصله i امین نقطه مشاهده شده تا نقطه مورد تخمین، π توان وزن دهی فاصله و n ، تعداد نقاط مجاور است. در این مطالعه توان وزن‌دهی ۱، ۲، ۳ و ۴ در نظر گرفته شد. از آنجا که این روش نسبت به روش کریجینگ ساده‌تر و سریع‌تر بوده و در برخی مطالعات نتایج رضایت‌بخشی داشته است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱)، برای میان‌یابی عمق آب زیرزمینی در دشت برقرار مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن با روش کریجینگ مقایسه خواهد شد.

نتایج و بحث

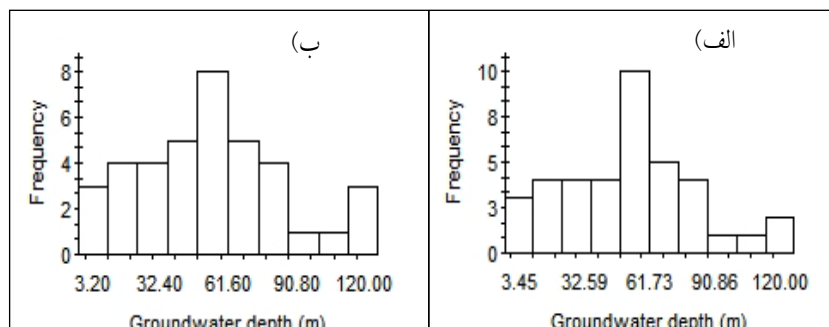
تحلیل آماری

نتایج تحلیل آزمون Wilk-Shapiro در نرم افزار آماری SPSS نشان داد عمق آب زیرزمینی در تمامی ماه‌های مورد نظر دارای

توزیع نرمال می‌باشد. مقادیر SIG محاسبه شده مربوط به آزمون Wilk-Shapiro در جدول (۱) و نمایی از توزیع فراوانی در دو ماه تیر و آبان سال ۱۳۸۶ در شکل (۲) آورده شده است. بالای ۵ درصد بودن مقادیر SIG نشان‌دهنده نرمال بودن توزیع داده‌ها است.

جدول ۱- مقادیر SIG محاسبه شده با نرم افزار آماری SPSS در خصوص آزمون نرمال بودن

آبان ماه ۱۳۹۰	تیر ماه ۱۳۹۰	آبان ماه ۱۳۸۸	تیر ماه ۱۳۸۸	آبان ماه ۱۳۸۶	تیر ماه ۱۳۸۶
۰/۳۹۸	۰/۴۸۹	۰/۲۲۳	۰/۳۰۲	۰/۶۷۳	۰/۶۷۱



شکل ۲- منحنی توزیع فراوانی عمق آب زیرزمینی (الف) تیرماه ۱۳۸۶ و (ب) آبان ماه ۱۳۸۶

در جداول (۲) و (۳) متوسط، حداقل، حداکثر، واریانس، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی داده‌های عمق آب به ترتیب برای ماه تیر و آبان آورده شده است. با توجه به خلاصه آماری داده‌ها، متوسط عمق آب زیرزمینی طی تیرماه در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال

۱۳۸۶ افزایش عمقی حدود ۰/۳۴ متر داشته است. بیشترین دامنه تغییرات در عمق آب در آبان ماه سال ۱۳۸۶ و کمترین میزان دامنه تغییرات در آبان ماه سال ۱۳۹۰ و ضریب تغییرات به طور متوسط ۰/۵۳ می‌باشد.

جدول ۲- تحلیل آماری داده‌های عمق آب زیرزمینی (متر) در تیر ماه

سال	متوسط	حداقل	حداکثر	دامنه	واریانس	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
۱۳۸۶	۵۴	۳/۴۵	۱۲۰	۰/۵۵	۹۰۴/۳۴	۳۰/۰۷۲	۰/۵۵	۰/۳۸	۰/۷۵
۱۳۸۸	۵۶/۸۳	۴/۶۷	۱۲۰	۱۱۵/۳۳	۹۹۰/۵۷	۳۱/۴۷	۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۵۶
۱۳۹۰	۵۳/۶۶	۳/۷۲	۱۰۵/۸	۱۰۲/۸	۷۷۴/۵۰۲۸	۲۷/۸۲۹۹	۰/۵۱	۰/۱۱	۰/۹۱

جدول ۳- تحلیل آماری داده‌های عمق آب زیرزمینی (متر) در آبان ماه

سال	متوسط	حداقل	حداکثر	دامنه	واریانس	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
۱۳۸۶	۵۵/۹۱	۳/۲	۱۲۰	۱۱۶/۸	۱۰۲۱/۴۶	۳۱/۹۶	۰/۵۷	۰/۳	۰/۵۳
۱۳۸۸	۵۶/۵۰	۵/۸۵	۱۲۰	۱۱۴/۱۵	۹۰۳/۱۶۷۰	۳۰/۰۵۲۷	۰/۵۳	۰/۱۵	۰/۶۴
۱۳۹۰	۵۵/۵۶	۴/۳۷	۱۰۴/۳	۹۹/۹۳	۷۵۹/۱۴۰۲	۲۷/۵۵۲۵	۰/۴۹	۰/۲۳	۰/۸۱

تحلیل زمین آماری

با استفاده از نرم افزار زمین آماری (GS⁺ 5.1.1) ابتدا نیم‌تغییرنمای تجربی در چهار جهت صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ با انحراف زاویه ۲۲/۵ درجه محاسبه گردید. از آنجا که نتایج ناهمسانگرمی قابل ملاحظه‌ای را نشان نداد از رفتار نیم‌تغییرنما در جهات مختلف صرف‌نظر شده و نیم‌تغییرنمای همسانگرد عمق آب زیرزمینی برای مراحل بعدی در نظر گرفته شد. به داده‌های نیم‌تغییرنمای تجربی، بهترین مدل نیم‌تغییرنما برازش داده شد و مناسب‌ترین مدل با توجه به رفتار نیم‌تغییرنما در نزدیکی مبدأ مختصات، مجموع مربعات باقیمانده (RSS)، ضریب همبستگی (r^2) و تناسب ساختار مکانی ($\frac{C}{C+C_0}$) (جدول ۴) تعیین گردید.

تناسب ساختار مکانی در واقع بیان کننده نسبت بخش ساختاردار واریانس به کل واریانس داده‌ها می‌باشد که هر اندازه به یک نزدیک‌تر باشد، مطلوب‌تر است. بهترین مدل، مدلی است که علاوه بر داشتن حداکثر تطابق ظاهری با داده‌های نیم‌تغییرنمای تجربی، حداقل RSS، حداکثر r^2 و حداکثر ($\frac{C}{C+C_0}$) را داشته باشد (دلبری و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج نشان داد ساختار مکانی عمق آب زیرزمینی به‌طور عمده از مدل کروی تبعیت می‌کند (شکل ۳) و تنها برای عمق آب زیرزمینی آبان ماه ۱۳۹۰ بهترین مدل نیم‌تغییرنما مدل نمایی بوده است (شکل ۳).

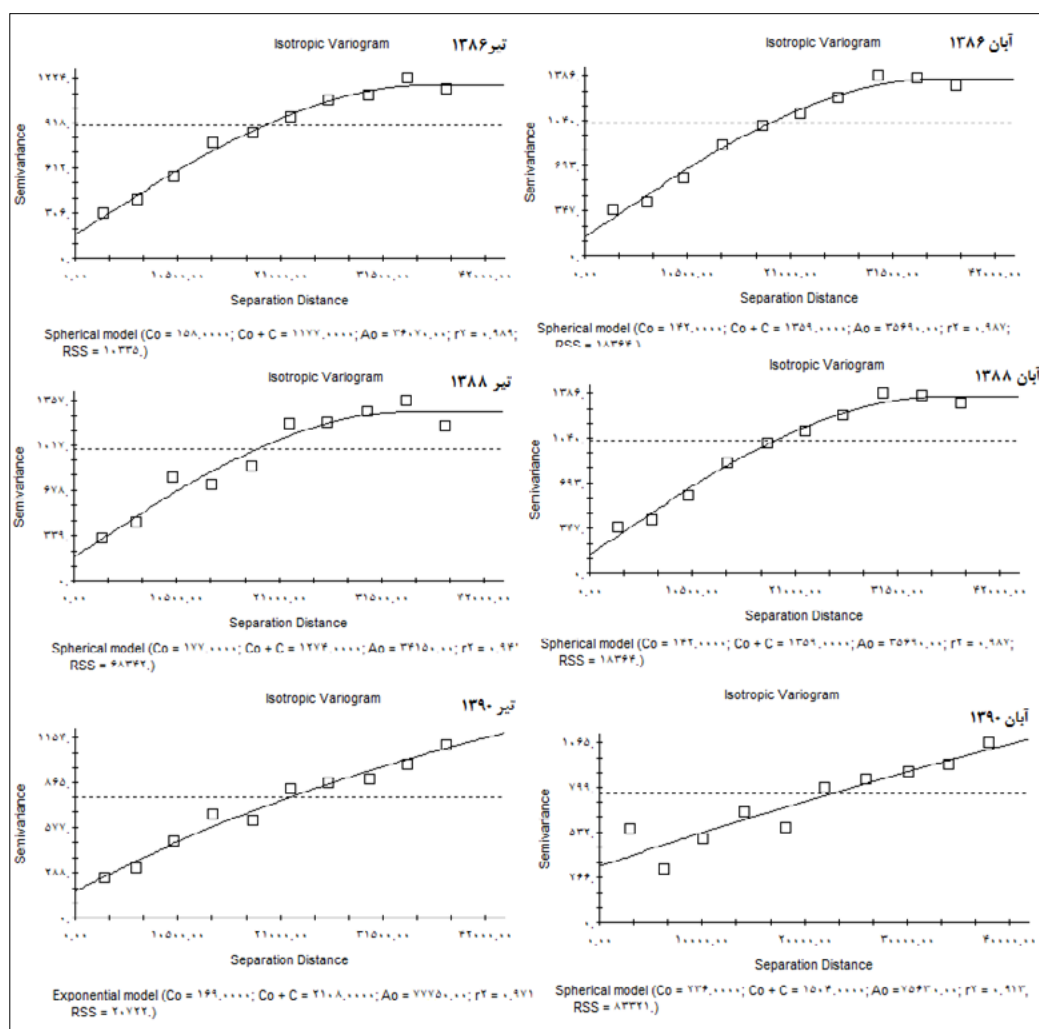
در این مورد سالاری جزی و همکاران (۱۳۸۸) مدل نمایی را بهترین مدل بیان کردند و در جهات اصلی، تفاوت محسوسی میان ساختار نیم‌تغییرنماها ملاحظه نکردند.

همچنین نتایج دلبری و همکاران (۱۳۸۹) ناهمسانگردی قابل ملاحظه‌ای نشان نداده و هر دو مدل کروی و نمایی را بهترین مدل برای عمق آب زیرزمینی اعلام کردند و نتایج علیراده و یعقوبی (۱۳۸۹) نشان داد که نوسان‌های سطح آب زیرزمینی تمامی فصل‌ها دارای روند و ناهمسانگردی بوده‌اند. افزون بر این، فصل‌های بهار، تابستان و پاییز مدل نمایی (دامنه‌ی تأثیر اصلی و فرعی به ترتیب برابر با ۲۰ و ۱۵ کیلومتر) و فصل‌های زمستان ۸۱، ۸۲ و ۸۵ مدل کروی (دامنه‌ی تأثیر اصلی ۲۳ و ۲۸ کیلومتر و فرعی ۱۵ کیلومتر) را به خود اختصاص داده‌اند.

در جدول (۴)، مشخصات مدل‌های برازش داده شده به نیم‌تغییرنماهای عمق آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ ارائه شده است. همانطوری که مشاهده می‌گردد شعاع تأثیر مدل برازش شده در طی دو سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ تغییر محسوسی را نشان نمی‌دهد. اما در سال ۱۳۹۰ مقدار آن افزایش یافته است. مقدار آستانه نیم‌تغییرنما به مقدار واریانس داده‌ها نزدیک است. به‌طور کلی با توجه به مقادیر بالای ($\frac{C}{C+C_0}$) محاسبه شده در جدول (۴)، شدت همبستگی مکانی آب زیرزمینی در منطقه برخوار اصفهان نسبتاً قوی می‌باشد.

جدول ۴- پارامترهای مربوط به نیم تغییر نمای عمق آب زیرزمینی

سال	ماه	مدل	اثر قطعه‌ای C_0 (مترمربع)	آستانه $C+C_0$ (مترمربع)	$C/C+C_0$	شعاع تاثیر (کیلومتر)	r^2	RSS
۱۳۸۶	تیر	کروی	۱۵۸	۱۰۳۳۵	۰/۹۸۹	۳۶/۰۷	۰/۸۶۶	۱۱۷۷
	آبان	کروی	۱۴۲	۱۸۳۶۴	۰/۹۸۷	۳۵/۶۹۰	۰/۸۹۶	۱۳۵۹
۱۳۸۸	تیر	کروی	۱۷۷	۶۸۳۴۲	۰/۹۴۱	۳۴/۱۵۰	۰/۸۶۱	۱۲۷۴
	آبان	کروی	۱۷۹	۲۲۶۲۲	۰/۹۷۷	۳۷/۱۹۰	۰/۸۵۱	۱۲۰۱
۱۳۹۰	تیر	نمایی	۱۶۹	۲۰۷۲۲	۰/۹۷۱	۷۷/۷۵	۰/۹۲	۲۱۰۸
	آبان	کروی	۲۳۶	۸۳۳۲۱	۰/۹۱۳	۷۵/۶۳	۰/۸۲۴	۱۵۰۴



شکل ۳- نیم تغییرنمای تجربی (مربع تو خالی) و مدل برازش داده شده (خط ممتد) عمق آب زیرزمینی برای تیر و آبان ماه سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰

پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی

برای درون‌یابی عمق آب زیرزمینی از روش‌های آماری (عکس فاصله با توان ۱، ۲، ۳ و ۴) و زمین آماری (کریجینگ معمولی) استفاده گردید. مقادیر RMSE و MBE مربوط به هر روش با استفاده از فن‌آوری اعتبارسنجی متقابل محاسبه و در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج نشان

داد روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان دو در تیر و آبان سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان چهار در تیر ماه سال ۱۳۹۰ و روش کریجینگ برای دیگر ماه‌ها کمترین مقدار RMSE و نزدیک‌ترین مقدار به صفر در MBE را دارند و در نتیجه بهترین برآورد عمق آب زیرزمینی را داشته‌اند (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج حاصل از اعتبارسنجی متقابل برای تخمین عمق آب زیرزمینی

متغیر	IDW 4		IDW 3		IDW 2		IDW 1		OK	
	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE
عمق آب تیر ۱۳۸۶	۰/۶۳	۲۱/۴۳	۰/۹۱	۲۱/۳۴	۱/۵۵	۲۱/۶۱	-۲/۶۸	۲۲/۷۰	-۰/۳۴	۲۱/۳۳
عمق آب تیر ۱۳۸۸	۰/۸۵	۲۵/۵۷	۰/۹۰	۲۴/۶۵	۱/۳۳	۲۳/۹۸	۲/۳۱	۲۴/۱۸	۰/۳۸	۲۵/۵۵
عمق آب تیر ۱۳۹۰	۰/۴۱	۱۹/۵۴	۰/۶۰	۱۹/۴۰	۱/۱۴	۱۹/۵۶	۲/۱۲	۲۰/۴۴	-۰/۴۴	۱۹/۹۸
عمق آب آبان ۱۳۸۶	۰/۶۵	۲۱/۴۳	۰/۸۵	۲۱/۱۳	۱/۴۱	۲۱/۳۳	۲/۵۸	۲۲/۷۰	-۰/۳۰	۲۰/۰۷
عمق آب آبان ۱۳۸۸	-۲/۱۱	۲۴/۰۰	-۲/۹۵	۲۳/۱۲	-۳/۶۴	۲۲/۴۲	-۳/۸۳	۲۲/۵۲	۱/۴۶	۲۶/۲۸
عمق آب آبان ۱۳۹۰	۰/۸۵	۲۳/۰۲	۰/۹۷	۲۲/۳۴	۱/۳۹	۲۱/۵۷	۲/۲۶	۲۱/۴۰	-۰/۴۵	۲۱/۰۳

در این رابطه نتایج محمدی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که مدل گوسی نیم‌تغییرنما به‌عنوان بهترین مدل برازش شده به ساختار فضایی داده‌ها و روش عکس فاصله با توان ۵ در ابتدای دوره و عکس فاصله با توان ۴ در انتهای دوره بهترین روش میان‌یابی عامل سطح آب می‌باشد.

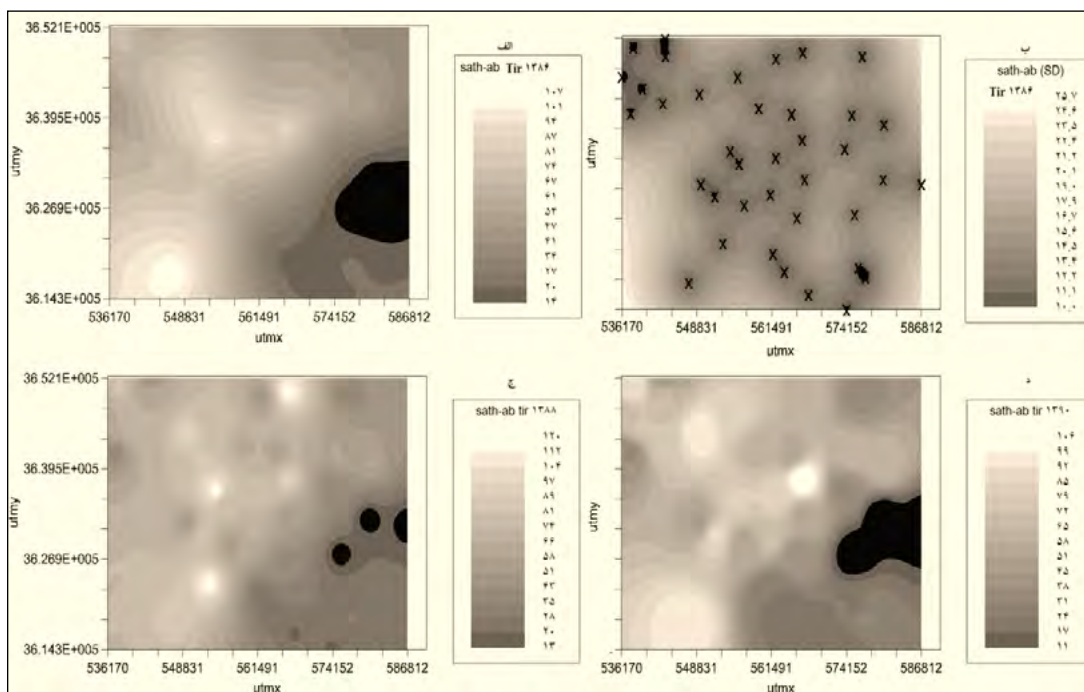
دلبری و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی تغییرات مکانی عمق آب زیرزمینی نشان دادند عمق آب به‌طور عمده از مدل کروی تبعیت می‌کند و روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان سه برای سال ۱۳۶۶، کریجینگ و کوکریجینگ برای سال ۱۳۷۶ و روش کریجینگ برای سال ۱۳۸۶ بهترین برآورد (حداقل RMSE) را ارائه دادند.

در شکل‌های (۴) و (۵) نقشه سطح آب زیرزمینی تهیه شده به روش‌های منتخب مذکور برای هر ماه، آورده شده است. با توجه به این نقشه‌ها می‌توان بالا بودن سطح آب در شرق منطقه را نسبت به دیگر نواحی مشاهده کرد. از طرفی نواحی میانی و جنوب غرب منطقه با افزایش عمق آب در چاه‌ها مواجه هستند. علت این نوسانات می‌تواند وجود ارتفاعات در غرب (افزایش عمق آب) و نزدیکی به منابع آب‌های سطحی از جمله زاینده رود (بالا بودن عمق آب در

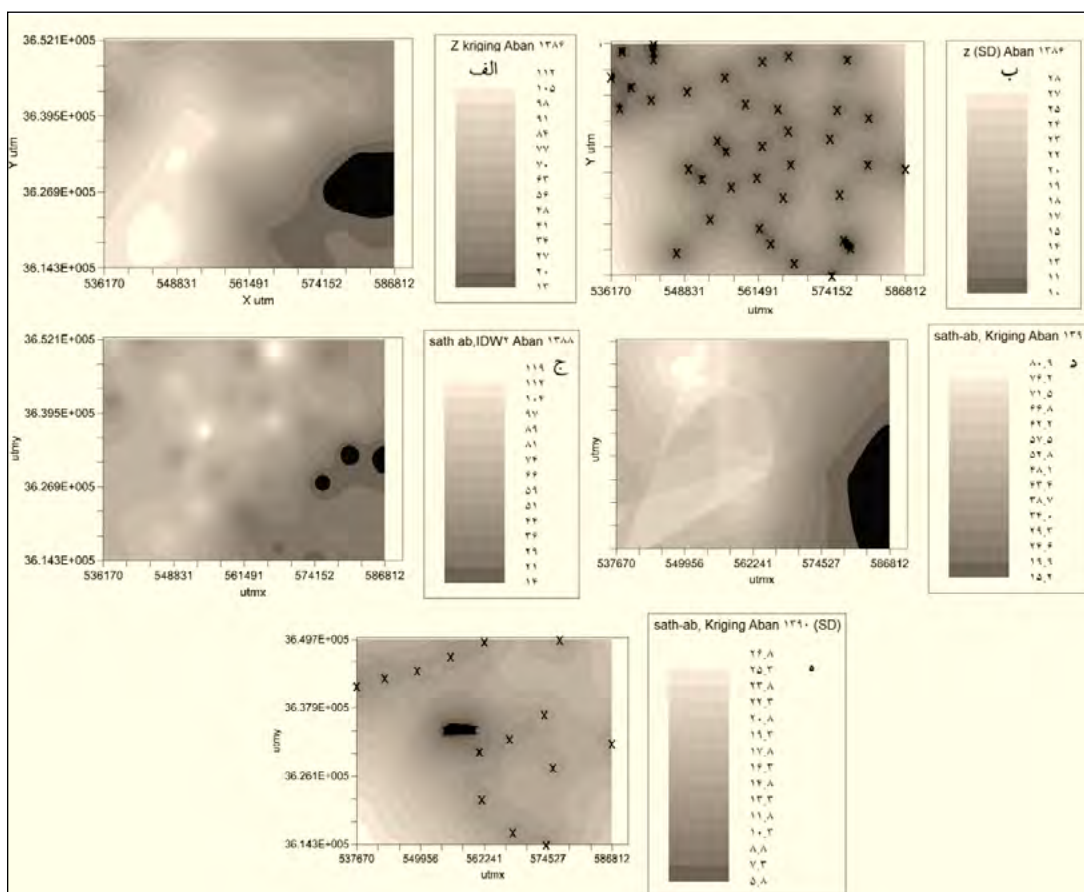
شرق منطقه، شکل ۱) دانست. البته با بررسی نتایج خاک‌شناسی منطقه می‌توان استنباط قوی‌تری برای نوسان سطح آب یافت. آبیاری با استفاده از منابع آب زیرزمینی در این منطقه، می‌تواند یکی از دلایل افت سطح آب در چاه‌های نواحی غربی و جنوب غربی منطقه باشد. مزیتی که روش کریجینگ نسبت به دیگر روش‌ها دارد، توانایی محاسبه میزان خطای تخمین عمق آب زیرزمینی است.

در شکل‌های (۴) و (۵) نقشه‌های مربوط به خطای تخمین آورده شده است. با توجه به این نقشه‌ها، در نقاطی که چاه‌ها قرار دارند و در نزدیکی آن‌ها، خطای تخمین عمق آب کمتر است یا به عبارتی تخمین عمق سطح آب زیرزمینی در این مناطق نسبتاً مناسب است. خطای تخمین در فواصل نزدیک به چاه‌ها حداقل مقدار و با دور شدن از آن‌ها، بیشتر و در حواشی منطقه حداکثر مقدار را دارد.

با تهیه نقشه عمق آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی دشت برخوار، می‌توان به بهره‌برداران، برنامه‌ریزان، محققان و مدیران بخش آب‌های زیرزمینی در اتخاذ تصمیم درست برای انجام اموری از قبیل حفر و حتی مسدود نمودن چاه‌ها و مشخص کردن محدوده ممنوعه از لحاظ استحصال آب کمک شایانی کرد.



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی: الف) به روش کریجینگ در تیر ماه ۱۳۸۶، ب) خطای تخمین کریجینگ در تیر ماه ۱۳۸۶، ج) به روش IDW2 در تیر ماه ۱۳۸۸، د) به روش IDW4 در تیر ماه ۱۳۹۰ (واحد محورهای عمودی و افقی به متر می‌باشد)



شکل ۵- نقشه پهنه بندی عمق آب زیرزمینی الف) به روش کریجینگ در آبان ماه ۱۳۸۶، ب) خطای تخمین در روش کریجینگ در آبان ماه ۱۳۸۶، ج) به روش IDW2 در آبان ماه ۱۳۸۸، د) به روش کریجینگ در آبان ماه ۱۳۹۰، ه) خطای تخمین در روش کریجینگ در آبان ماه ۱۳۹۰

- 1- Semivariogram
- 2- Experimental semivariogram
- 3- Nugget effect
- 4- Range of influence
- 5- Sill
- 6- Spatial interpolation methods
- 7- Ordinary kriging
- 8- Inverse distance weighting
- 9- Best linear unbiased estimator
- 10- Cross validation
- 11- Root mean square error
- 12- Mean bias error

در این تحقیق تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی در سه برهه زمانی مختلف با استفاده از تابع نیم‌تغییرنما بررسی گردید. درون‌یابی سطح آب زیرزمینی در سطح منطقه با استفاده از روش‌های کریجینگ و وزن‌دهی عکس فاصله انجام گرفت. نتایج نشان داد که عمق آب زیرزمینی از همبستگی مکانی قوی برخوردار است و ساختار فضایی آن عمدتاً از مدل کروی تبعیت می‌کند. مقایسه روش‌هایی درون‌یابی نیز نشان داد که روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان دو در تیر و آبان سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸، روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان چهار در تیر ماه ۱۳۹۰ و روش کریجینگ برای دیگر ماه‌ها و سال‌های مورد بررسی بهترین برآورد عمق آب زیرزمینی را داشته‌اند. همچنین نقشه خطای تخمین ارائه شده توسط روش کریجینگ که معیاری از میزان عدم قطعیت تخمین ارائه می‌دهد می‌تواند کمک موثری به برنامه‌ریزان، محققان و مدیران بخش آب‌های زیرزمینی برای اتخاذ تصمیم‌های درست در جهت پیدا کردن محل‌های مناسب برای حفر چاه‌های اضافی در آینده بنماید.

منابع

تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان و ستاد غیرمترقبه استاندارد اصفهان.

شیخ محمدی، س.، اصغری، ا. و نوروزی، غ.ج. ۱۳۹۱. کاهش واریانس تخمین با استفاده از روش کریجینگ با روند بیرونی و داده‌های ضریب سولفیدی. چهارمین کنفرانس مهندسی معدن ایران. دانشگاه تهران. ۱۸-۱۹ مهر.

کمالی، م. ا.، عساری، م. و محمدی، ک. ۱۳۸۷. آنالیز مکانی کیفیت و آلودگی آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین‌آمار و GIS. دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران.

محمدی قلعه‌نی، م. و ابراهیمی، ک. ۱۳۸۹. تعیین ساختار زمانی- مکانی تراز سطح آب زیرزمینی- مطالعه موردی آبخوان خوی. سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

نحوی نیا، م.ج.، اوسطی، خ.، حسنعلی‌زاده، م. و پارسی‌نژاد، م. ۱۳۸۸. مطالعه تغییرات مکانی SAR و CL آب زیرزمینی دشت گناباد با استفاده از نظریه ژئواستاتستیک. اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت منابع آب. دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود.

Ahmadi S.H. and Sedghamiz A. 2007. Application and evaluation of kriging and cokriging methods on groundwater depth mapping. Environmental Monitoring and Assessment, 138:357-368.

بی‌نام. ۱۳۹۳. دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی. وزارت نیرو. معاونت نظام راهبردی. نشریه ۶۶۵
بی‌نام. ۱۳۸۹. گزارش تمدید ممنوعیت محدوده دشت برخوار اصفهان. شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان.

دلبری، م.، افراسیاب، پ. و میرعمادی، س.ر. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی- زمانی شوری و عمق آب زیرزمینی (مطالعه موردی: استان مازندران). مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۳(۴): ۳۵۹-۳۷۴.

دلبری، م.، افراسیاب، پ. و سالاری، م. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی فراسنج‌های کیفی (شوری و سدیمی) آب با استفاده از روش‌های زمین‌آمار (مطالعه‌ی موردی: دشت کرمان). مجله مهندسی منابع آب، ۶: ۱۱-۲۴.

دلبری، م.، خیاط‌خلقی، م. و مهدیان، م.ج. ۱۳۸۳. ارزیابی روش‌های زمین‌آمار در برآورد هدایت هیدرولیکی خاک در مناطق شیب آب و پشت آب پایین دشت سیستان. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵(۱): ۱-۱۲.

سالاری جزی، م.، زارعی، ح. و تقیان، م. ۱۳۸۸. کاربرد و ارزیابی روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در محاسبه تراز سطح آب زیرزمینی در سطح دشت میان‌آب (سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۵). دومین همایش اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. مرکز

- Nikroo L., Kompani-Zare M., Sepaskhah A.R., and Fallah-Shams S.R. 2009. Groundwater depth and elevation interpolation by kriging methods in Mohr Basin of Fars province in Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166:387-407.
- Oliver M.A. and Webster R. 2014. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. *CATENA*, 113:56-69.
- Robertson, G.P. 2000. *GS+: Geostatistics for the environment sciences. GS+ User's Guide Version 5*: Plainwell, Gamma design software, 200 p.
- Varouchakis E.A. and Hristopulos D.T. 2013. Improvement of groundwater level prediction in sparsely gauged basins using physical laws and local geographic features as auxiliary variables. *Advances in Water Resources*, 52: 4-34.

A successful experience of participatory irrigation management (case study: irrigation and agricultural joint-stock company of Mojen-Shahrood)

S. Zare¹, D. Hayati^{2*}

1,2- Former MSc & Associate Prof., Dep. of Agricultural Extension & Education, Collage of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

*(Corresponding Author Email: hayati@shirazu.ac.ir)

Received: 1-11-2014

Accepted: 10-2-2015

تجربه موفق مدیریت مشارکتی آبیاری، مطالعه موردی: شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن - شاهرود

شیوا زارع^۱، داریوش حیاتی^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه شیراز و کارشناس مطالعات اجتماعی شرکت مهندسين مشاور آسماری. ۲- دانشیار بخش ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه شیراز.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: hayati@shirazu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۱

Abstract

According to the current challenges toward low water use efficiency in agriculture, paying attention to the role of public participation in order to improve irrigation efficiency and effectiveness with useful methods and tools is essential. Hence, approaches such as participatory irrigation management has been proposed and applied. After the primary investigation in this study, experiences of irrigation and agricultural joint-stock company of Mojen-Shahrood has been studied as an example of successful management of irrigation networks in last five decades. Therefore, social, economic and environmental impacts of the company have been investigated using qualitative methods and SWOT analysis. The most important social impacts of the company's activities were establishing justice toward water distribution; regulating water distribution; minimizing offenses and theft of water; reducing in water conflicts; increasing confidence in the company; and reducing the immigration rate. In addition, the main economic effects were: more water use efficiency; livelihood improvement; orchards development; increase in lateral activities besides agriculture and horticulture in the region; creation of job opportunity in the city. About the environmental impacts, it can be mentioned that by constructing canals and planting trees and shrubs on the riverbank, floods have been effectively controlled. Implementation of cement/stone canals and optimal distribution of water have reduced flooding and damage to natural species and forests in the area.

Keywords: management, participatory, social, Mojen.

چکیده

با در نظر گرفتن چالش‌های موجود در خصوص پایین بودن راندمان مصرف آب در بخش کشاورزی، توجه به جایگاه و نقش مشارکت مردم به منظور بهبود کارایی و اثربخشی آبیاری در کنار استفاده از روش‌ها و ابزار مناسب، امری ضروری است. بر این اساس، رهیافت‌هایی همچون مدیریت مشارکتی آبیاری مطرح شده و به کار گرفته شده است. در این پژوهش، تجربیات شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن در شهرستان شاهرود به عنوان نمونه‌ای موفق در نیم قرن مدیریت شبکه آبیاری، مورد مطالعه قرار گرفته و تا حد امکان با کمک روش‌های کیفی و یک تحلیل SWOT، اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی اقدامات شرکت مذکور، مورد تحلیل قرار گرفته است. از جمله مهم‌ترین اثرات اجتماعی فعالیت‌های این شرکت، برقراردادن عدالت در توزیع آب، قانونمند شدن نحوه توزیع آب، به حداقل رسیدن تخلفات و سرقت آب، کاهش میزان درگیری و نزاع بر سر آب، افزایش اعتماد به شرکت و کاهش میزان مهاجرت اهالی بوده است. اثرات اقتصادی عمده نیز عبارت بودند از: بهره‌وری در استفاده از آب، بهبود معیشت مردم، توسعه باغ‌ها، افزایش فعالیت‌های جانبی علاوه بر زراعت و باغداری در منطقه و اشتغال‌زایی در شهر. در خصوص اثرات زیست‌محیطی نیز برای مهار سیلاب‌ها به کاشتن درخت و درختچه در حاشیه رودخانه مبادرت شده و همچنین با ساخت کانال‌ها، سیل تا حدود زیادی مهار شده است. اجرای کانال‌های سنگی سیمانی و توزیع بهینه آب سبب کاهش سیلاب‌های منطقه و کاهش خسارت به گونه‌های گیاهی طبیعی، جنگل‌ها و مراتع شده است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت، مشارکت، اجتماعی، مجن.

ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته است و کمبود آب در آن مهم‌ترین تنگنای توسعه‌ی کشاورزی به شمار می‌آید؛ به طوری که بر اساس شاخص سازمان ملل و موسسه‌ی بین‌المللی مدیریت آب، ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد (چیدری، ۱۳۸۷). میزان اراضی زیر کشت کشور حدود ۱۷ میلیون هکتار است که از این میزان حدود ۸/۷ میلیون هکتار اراضی آبی می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳).

نقش آب به عنوان یک ماده اساسی و کلیدی برای تأمین شرایط توسعه پایدار در سطوح بین‌المللی، ملی و منطقه‌ای مطرح است. جامعه جهانی به این نتیجه رسیده است که استقرار زندگی سالم و امنیت غذایی نسل‌های حاضر و آینده در گرو حفاظت منابع آب شیرین و مدیریت صحیح و منطقی این منابع محدود است (ساکبی و همکاران، ۱۳۸۴). انجمن‌های بهره‌برداران آب به عنوان تشکیلات پایدار محلی نقش کلیدی در مدیریت بهینه مصرف آب کشاورزی دارند. این امر از طریق مشارکت ذینفعان در تمامی مراحل تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، ساخت و بهره‌برداری، نگهداری و تأمین مالی و همچنین در تمامی سطوح مدیریت آبی شامل سامانه اصلی و شبکه‌های درجه دو و سه امکان‌پذیر است. به علاوه تشکلهای آب‌بران می‌توانند زمینه را برای سهولت کار مروجان در امر آموزش و ترویج شیوه‌های مدیریت آب کشاورزی فراهم کنند (شاهرودی و همکاران، ۱۳۸۷).

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، فرض شده است که تنها دولت قادر به دست زدن به پروژه‌های بزرگ مدرن (که نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین و نهادهای فنی پیچیده دارد) بوده و حکم قانونی برای توزیع آب، جمع‌آوری و هزینه‌ها نیز در دست دولت است. سامانه‌های آبیاری دولتی اغلب ضعیف اداره می‌شوند و به طور پیوسته نگهداری زیرساخت‌های آنها رو به وخامت است. طی دو دهه‌ی گذشته، بسیاری از کشورها سیاست‌هایی را برای مشارکت بیشتر کشاورزان در آبیاری اتخاذ کرده‌اند؛ اما اخیراً این روند برای انتقال توازن مسئولیت از دولت به کشاورزان حرکت کرده است (Ayranci و Temizel، ۲۰۱۱).

تلاش‌های اخیر برای بهبود عملکرد آبیاری در آسیا، تا حد زیادی متمرکز بر حاکمیت و مسائل سازمانی از طریق مدیریت مشارکتی آبیاری و انتقال مدیریت آبیاری است (Facon، ۲۰۰۷). در بسیاری از کشورهای در حال توسعه سامانه‌های آبیاری بدون مشارکت بهره‌برداران و به دست دولت‌ها

طراحی و اجرا شده است. این نوع توسعه یک‌بعدی در بهره‌برداری از منابع آب در درازمدت، سازمان‌های متصدی امور آب را با مشکل بار سنگین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری مواجه کرد؛ زیرا کشاورزان در خود تعهدی در برابر چیزی که متعلق به آنان نیست احساس نمی‌کردند. همچنین دیوان‌سالاری‌های سرمایه‌بر و متمرکز، به لحاظ ظرفیت و توان عرضه خدمات آبیاری، آن هم به تعداد زیادی کشاورز خرده‌پا، بسیار ناتوان و ناکارآمد است (امینی و خیاطی، ۱۳۸۵).

در سال‌های اخیر، استراتژی‌های توسعه تأکید بر پیش رفتن از بخش مرکزی و دولت به سمت مشارکت بیشتر سازمان‌های غیردولتی داشته است. بسیاری از سازمان‌هایی مانند انجمن کاربری آب (انجمن آب‌بران)، تعاونی‌ها و غیره نقش بیشتری در توسعه و مدیریت سامانه‌های آبیاری نسبت به دولت دارند. بسیاری از طرح‌های آبیاری به انجمن آب‌بران، تعاونی‌ها و شهرداری‌ها منتقل شده است. این سازمان‌ها می‌توانند به عملکرد بهتر سامانه‌های آبیاری به دلیل مزایای بیشتر خود نسبت به یک سازمان دولتی کمک کنند. تمرکز بر مدیریت آبیاری بهبود ارائه خدمات آبیاری، تعمیر و نگهداری سامانه‌ها و گسترش مناطق آبی را فراهم کرده به دنبال آن اثرات منفی جانبی بر محیط‌زیست کاهش یافته، بهره‌وری کشاورزی و درآمد افزایش خواهد داشت (Yercan، ۲۰۰۳).

مدیریت یکپارچه منابع آب نه فقط هزینه‌ها و فایده‌های مالی و اقتصادی و تصمیمات مدیریت آب را به حساب می‌آورد، بلکه هزینه‌ها و فایده‌های اجتماعی و زیست محیطی را نیز منظور می‌کند. نادیده گرفتن این کارکردها در تصمیمات مدیریت آب می‌تواند اثرات مهمی بر اقتصاد، محیط زیست و معیشت داشته باشد (سواتوک و همکاران، ۱۳۹۰).

به طور کلی، مدیریت آبیاری و زهکشی از سه طریق بخش عمومی یا دولتی، بخش خصوصی و سازمان بهره‌برداران صورت می‌پذیرد. در حال حاضر مدیریت از طریق سازمان بهره‌برداران آب در جهان به جریان اصلی مدیریت آبیاری تبدیل گردیده است؛ زیرا مدیریت بخش دولت ناکارا و باری بر دوش دولت است و مدیریت بخش خصوصی با ساختار مدیریت آبیاری که در برگیرنده تعداد زیادی از کشاورزان کوچک است، تناسب ندارد. از طرف دیگر، مدیریت مشارکتی، که بر مدیریت آبیاری و زهکشی از طریق سازمان بهره‌برداران آب مبتنی است، بر این موضوع تأکید دارد که استفاده کنندگان آب (آب‌بران) در تمامی مراحل و همه سطوح مدیریت آب ایفای نقش کنند (نجفی و شیروانیان، ۱۳۸۵).

– تحلیل SWOT

در رهیافت SWOT نخست نقاط قوت (S)^۱، نقاط ضعف (W)^۲، فرصت‌ها (O)^۳ و تهدیدها (T)^۴ دسته‌بندی و در مورد آنها بحث و تبادل نظر شده، سپس راهبرد متناسب با آنها طراحی می‌شود. این تکنیک، مسائل را در دو بعد داخلی و خارجی بررسی می‌کند. از تلاقی چهار عامل نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها می‌توان چهار دسته راهبرد را تدوین نمود (جدول ۱).

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع کیفی بوده و به صورت مطالعه موردی انجام پذیرفته است. به منظور جمع‌آوری اطلاعات در این مطالعه از ابزارهای مختلف مانند: مصاحبه نیمه ساختارمند با دو گروه بهره‌برداران (سهامداران شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن) و اعضای هیئت مدیره، مشاهده مستقیم و بررسی اسناد و مدارک موجود استفاده شده است.

جدول ۱- ماتریس SWOT

نقاط قوت (S)	نقاط ضعف (W)	
راهبرد O-S	راهبرد W-O	فرصت‌ها (O)
راهبرد S-T	راهبرد W-T	تهدیدها (T)

منطقه‌ی مورد مطالعه

شهر مجن در ۳۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان شاهرود استان سمنان و در میان رشته کوه‌های البرز واقع گردیده است که ارتفاع آن از سطح دریا ۲۳۵۰ متر می‌باشد. از جمله کوه‌های مرتفع این شهر می‌توان به شاهوار با ارتفاع ۳۹۳۰ متر، چالویی با ارتفاع ۳۷۵۰ متر و کوه شاهزاده محمد با ارتفاع ۳۵۰۰ متر اشاره داشت که از سه سمت شمال، غرب و جنوب، شهر و زمین‌های مزروعی را در برگرفته‌اند. دشت مجن از لحاظ آب و هوایی دارای پاییز و زمستانی سرد و بهار و تابستانی معتدل می‌باشد. تقریباً تمامی اهالی شهر کشاورز و خرده مالک هستند و از طریق کشاورزی امرار معاش می‌کنند. کشت غالب منطقه سیب زمینی بوده، در کنار آن محصولاتی مانند گندم و جو نیز کشت می‌شود. بسیاری از اهالی مجن در کنار زراعت به باغداری و تولید سیب و زردآلو اشتغال دارند. منبع تأمین آب کشاورزی شهر مجن، آب رودخانه (رودخانه‌های پیش ده و پی حصار)، ۶ رشته قنات و ۵ حلقه چاه است (با توجه به بالا بودن آب سطحی در منطقه، عمق چاه‌ها بین ۳۰ تا ۵۰ متر است). شایان ذکر می‌باشد که بنابر اظهارات مدیر عامل شرکت آبیاری و کشاورزی مجن، این رودخانه‌ها تنها رودخانه‌هایی در ایران هستند که سند مالکیت آن به نام مردم بوده، به طوری که طبق اسناد موجود از ابتدایی‌ترین محدوده‌ی مرز مجن تا انتهای‌ترین نقطه‌ی آن که محل تلاقی دو رودخانه پیش ده و پی حصار است و رودخانه میان‌دوآب نامیده می‌شود، تمامی آب رودخانه و چشمه‌سارها متعلق به اهالی و سهامداران مجن می‌باشد. کل اراضی روستا ۶۰۰۰ هکتار است اما در حال حاضر ۲۰۰۰ هکتار از اراضی آن به زیر کشت می‌رود.

در قدیم تنها منبع آب مجن آب رودخانه بود اما از سال ۱۳۴۰ به بعد حفر قنات شروع شده‌است. در گذشته تمامی اهالی مجن سهامدار آب رودخانه بوده و با حفر قنات افرادی که در پرداخت هزینه‌ی آن مشارکت کردند، سهامدار قنات شدند در حال حاضر ۱۰۰۰ نفر سهامدار رودخانه و ۶۰۰

نتایج و بحث

در طی بازدید و مصاحبه‌ای که با اعضای هیئت مدیره این شرکت انجام شد، موارد زیر از سوی آنان به عنوان اهداف کوتاه مدت، میان مدت و دراز مدت این شرکت بیان شد.

اهداف کوتاه‌مدت این شرکت عبارت بود از:

تأمین آب زراعی، ارائه خدمات توزیع و آبرسانی، احداث کانال

نفر سهامدار قنات شهر مجن هستند.

کلیه منابع آب رودخانه پیش ده و ۴ رشته قنات (که سهامداران رودخانه از آن سهم می‌برند) به ۱۰ قسمت تقسیم و منابع آب دو قنات دیگر نیز به ۳ قسمت تقسیم گردیده است. گردش آب بدین نحو است که بعد از تصمیم اعضای هیئت مدیره و تأمین هزینه مربوطه، شرکت اقدام به تعیین میراب‌ها و صدور کارت‌هایی به عنوان کارت میرابی در فروردین ماه هر سال می‌نماید. در این مرحله شرکت بر حسب نوع سهام سه نوع کارت با رنگ‌های مختلف و با عناوین متفاوت صادر می‌کند و برای جلوگیری از تخلف عکس نماد هر سال بر روی کارت‌ها مهر می‌شود، تا از تخلف مالک و سوء استفاده وی در استفاده از کارت‌های سال قبل جلوگیری به عمل آید. این سه نوع کارت عبارتند از: کارت قنات، کارت نشریه، کارت سران.

کارت قنات متعلق به سهامداران قنات‌ها و بهره‌بردارانی است که از آب قنات استفاده می‌کنند. کارت‌های نشریه متعلق به سهامداران رودخانه و بهره‌بردارانی است که از آب رودخانه استفاده می‌نمایند و کارت سران متعلق به کسانی است که آب مازاد شرکت را که از طریق بهینه سازی و بتنی کردن کانال‌ها ذخیره شده است، از شرکت خریداری می‌نمایند.

شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن - شاهرود، در ابتدای فصل زراعی با استخدام ۱۳ میراب و یک سر میراب توزیع آب را کنترل می‌نماید. وظیفه هر میراب تحویل آب به سر مزارع و باطل نمودن کارت‌های صادر شده از سوی شرکت برابر با مقدار مصرف هر مالک و همچنین تهیه گزارش روزانه برای شرکت است. وظیفه‌ی سرمیراب، سرکشی از درک‌ها (مقسم)، کنترل میراب‌ها و تهیه گزارش از فعالیت آن‌ها، جمع آوری کارتکس میراب‌هایی که پس از ۲۴ ساعت کارتکس‌های خود را به شرکت تحویل نداده‌اند و ارائه آن به شرکت، همچنین اطلاع رسانی به سهامداران برای تحویل آب می‌باشد. چنانچه میراب یا سر میراب قصوری در کار انجام دهند و گردش مدار از ۱۲ روز به تأخیر بیفتد برابر با قرارداد منعقد بین طرفین و مقررات شرکت رفتار می‌شود. به عنوان مثال در صورت اثبات اشتباه سهوی میراب در توزیع آب، میراب ۵ برابر قیمت آب جریمه خواهد شد، به علاوه باید آب را طوری مدیریت نماید تا مقدار آب از دست رفته جبران شود. در صورت اشتباه عمدی میراب‌ها، علاوه بر جریمه‌ی آنان، میراب متخلف از سوی شرکت اخراج شده، به دلیل سوء سابقه هیچگاه نخواهد توانست برای میراب شدن، داوطلب شود.

آبرسانی، تعمیر و نگهداری شبکه‌ی آبیاری، پیگیری مسائل و مشکلات سهامداران، ثبت و درج کلیه نقل و انتقالات سهامداران، برآورد هزینه‌های سالیانه شرکت در ابتدای سال زراعی و دریافت هزینه سالیانه سهامداران، جذب نیروهای مورد نیاز سالیانه شامل سرمیراب، میراب، نگهبان و نظارت بر فعالیت‌های آن‌ها.

اهداف میان‌مدت و بلندمدت شرکت عبارت بودند از:

توسعه‌ی فعالیت‌های جانبی شرکت، ساخت و توسعه‌ی استخر پرورش

ماهی، احداث ۱/۵ هکتار باغ که در زمان انجام پژوهش توسط شرکت خریداری شده بود، پیگیری و انجام مراحل اداری و آزمایشگاهی به منظور دریافت مجوز راهاندازی کارخانه تولید آب معدنی از یکی از آبشارهای منطقه، زیباسازی فضای شهری و همکاری با شهرداری مجن به منظور اجرای تعدادی از پروژه‌های شهری.

اهداف درازمدت شرکت عبارت بودند از:

کم کردن و حذف کردن تدریجی هزینه‌های پرداختی توسط بهره‌برداران با توسعه فعالیت‌های اقتصادی جانبی در درازمدت، توسعه توریسم و گردشگری روستایی با توجه به امکانات بالقوه روستا (فضای سبز و محیط طبیعی بکر و دست نخورده، آبشار و...)، رسیدگی به انهار فرعی از طریق سنگ و سیمان کردن آن‌ها حداقل در قسمت‌های ابتدایی انهار به منظور اضافه کردن آب نشریه (آب رودخانه)، کاهش تلفات آب و افزایش اشتغال‌زایی برای جوانان. همچنین اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی فعالیت‌های شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن مورد بررسی قرار گرفته که به شرح ذیل است.

– اثرات اجتماعی

برقرار شدن عدالت در توزیع آب با تأسیس شرکت (از نظر سهامداران و اعضای هیئت‌مدیره شرکت، در گذشته، دوره‌ی زورگویی و زورمداری بوده و هرکس قدرت و نفوذ بیشتری داشت، آب بیشتری را دریافت می‌کرد. اما امروزه تقسیم آب براساس سهم آب هریک از بهره‌برداران است)، قانونمند شدن نحوه‌ی توزیع آب و به حداقل رسیدن تخلفات و سرقت آب، کاهش میزان درگیری و نزاع بر سر آب، مراجعه به شرکت برای رفع اختلافات خانوادگی به واسطه افزایش اعتماد بهره‌برداران به شرکت آبیاری، افزایش اعتماد میان اهالی شهر مجن، کاهش میزان مهاجرت با توجه به امید اهالی و به خصوص جوانان به آینده منطقه، کاهش میزان مراجعات به دادگاه و پاسگاه (بسیاری از موارد منازعات محلی با مراجعه مردم به محل شرکت آبیاری مجن حل و فصل می‌گردد)، افزایش مشارکت و همکاری مردم در تمامی امور مربوط به شهر مجن، افزایش انسجام میان اهالی (همدلی و همبستگی اهالی در انجام امور مختلف مربوط به شهر و پیگیری فعالیت‌ها افزایش یافته است).

– اثرات اقتصادی

بهره‌وری در استفاده از آب، بهبود معیشت مردم، توسعه باغ‌ها، افزایش فعالیت‌های جانبی به غیر از زراعت و باغداری در منطقه، افزایش اشتغال‌زایی در شهر (استخدام میراب و تأسیس استخر پرورش ماهی)، افزایش تولید محصولات در اثر استفاده بهینه‌تر از آب.

– اثرات زیست محیطی

در گذشته برای مهار سیلاب‌ها مجبور به کاشتن درخت و درختچه در حاشیه رودخانه بودند، در حالی که امروزه تا حدودی با احداث کانال‌ها سیلاب‌ها مهار شده است که می‌توان از این مورد به عنوان اثرات مثبت زیست محیطی یاد کرد.

در قدیم و قبل از احداث کانال‌های سنگی سیمانی توسط شرکت، محیط زیست و فضاها سبز، بکر و دست نخورده زیادی وجود داشت؛ اما امروزه توسعه‌ی باغ‌های میوه به چشم می‌خورد. بنابراین متأسفانه تا حدودی مناطق بکر و دست نخورده از بین رفته است. همچنین اجرای کانال‌های سنگی سیمانی و توزیع بهینه آب سبب کاهش سیلاب‌های منطقه و کاهش خسارت به گونه‌های گیاهی طبیعی، جنگل‌ها و مراتع شده است و این مورد نیز از اثرات مثبت اجرای کانال‌های سنگی سیمانی توسط این شرکت می‌باشد.

– **تحلیل SWOT شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن**
به منظور تحلیل فعالیت‌ها و عملکرد شرکت آبیاری و کشاورزی مجن، در اینجا به تحلیل محیط داخلی و خارجی موثر بر فعالیت‌های شرکت پرداخته شده است. در جدول (۲) نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها ارائه شده است.

راهبرد S-O: پیگیری فرصت‌هایی که نقاط قوت را تقویت می‌کند.

– همکاری دو طرفه‌ی هیئت مدیره شرکت، با شهرداری مجن و گسترش پتانسیل‌های مختلف زیست محیطی، گردشگری و شناساندن آن به سایر استان‌های کشور می‌تواند مدیریت صحیح منابع مالی شرکت و توسعه و گسترش فعالیت‌های جانبی و اقتصادی شرکت را بیش از پیش تقویت کند، بنابراین تقویت این همکاری ضروری به نظر می‌رسد.

– تعامل جهاد کشاورزی با اعضای شرکت در خصوص فعالیت‌های مربوط به نگهداری، مرمت و لایه‌روبی مسیرهای شبکه تا جایی که مداخله خارجی محسوب نشود و سبب ایجاد اختلال در نظام بهره‌برداری نگردد، می‌تواند هزینه‌های تحمیلی بر شرکت را کاهش دهد؛ اما قبل از ورود عاملان خارجی (کارشناسان جهاد کشاورزی)، کارشناسان باید نسبت به منطقه و نظام بهره‌برداری به خوبی توجه شوند تا درصدد مداخله و تغییر در نظام بهره‌برداری بر نیایند.

– گسترش و توسعه فعالیت‌های جانبی و اقتصادی شرکت به خارج از محدوده مجن در راستای ارتقای توان اقتصادی آن، سبب بهبود وضعیت معیشت بهره‌برداران شده، افزایش اعتماد و رضایت کامل بهره‌برداران را به دنبال خواهد داشت و از مهاجرت جوانان روستا جلوگیری به عمل می‌آورد.

راهبرد W-O: چیره‌شدن بر نقاط ضعف برای یافتن فرصت‌های جدید

– با توجه به اینکه منطقه‌ی مجن از لحاظ میزان آب برای فعالیت‌های کشاورزی مشکل چندانی ندارد، با شناسایی و معرفی مناطقی که در آن‌ها یکپارچه‌سازی اراضی انجام شده است (نمونه‌های موفق)، می‌توان بهره‌برداران شرکت آبیاری مجن را متقاعد ساخت تا به یکپارچه‌سازی اراضی خود اقدام نمایند و از این طریق راندمان آبیاری و تولید محصول را در آن منطقه افزایش داد و وضعیت معیشت بهره‌برداران را تا حدودی ارتقا بخشید.

تحلیل داخلی	نقاط قوت	- توانایی مدیریت صحیح آب منطقه - جلب اعتماد و رضایت کامل مردم - ایجاد انسجام و هماهنگی میان تمامی بهره‌برداران - استفاده از اعضای هیئت مدیره و بازرسان با تجربه - مدیریت صحیح منابع مالی شرکت و توسعه و گسترش فعالیت‌های جانبی و اقتصادی آن - توزیع دقیق و منصفانه‌ی آب کشاورزی - مستندسازی فعالیت‌های مربوط به توزیع و مدیریت آب - تشکیل پرونده برای تمامی سهامداران و مشخص بودن کلبه‌ی نقل و انتقالات حق آبه‌ها در سال‌های مختلف - تهیه دفترچه‌ی سهام برای تمامی بهره‌برداران - جدا بودن آب از زمین در محدوده‌ی منطقه - نبود امکان فروش آب‌ها به افراد خارج از منطقه مجن - بهینه‌سازی نظام بهره‌برداری از منابع آب موجود در منطقه و عدم مداخله خارجی و عدم تغییر در ساختار نظام بهره‌برداری موجود
		- عدم توانایی در توجیه کردن مردم برای یکپارچه‌سازی اراضی - خرد شدن سهام بهره‌برداران به مرور زمان و دشوارتر شدن کنترل و نظارت بر آن - وجود نگرش عمومی منفی نسبت به مداخله دولت در فعالیت‌های مختلف توزیع و مدیریت آب کشاورزی در منطقه
تحلیل خارجی	فرصت‌ها	- همکاری دو طرفه هیئت مدیره شرکت، با شهرداری مجن - تعامل جهاد کشاورزی و اعضای شرکت در خصوص فعالیت‌های مربوط به نگهداری، مرمت و لایروبی مسیرهای شبکه - گسترش و توسعه فعالیت‌های جانبی و اقتصادی شرکت در راستای ارتقای توان اقتصادی آن - شناساندن پتانسیل‌های مختلف زیست‌محیطی، گردشگری و اجتماعی منطقه به سایر استان‌های کشور - ارائه الگوی موفق عملی در امر مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و آمادگی اعضای هیئت مدیره به منظور انتقال این تجربیات به گروه‌های کارشناسی مختلف از کل کشور
	تهدیدها	- احداث سد تنظیمی توسط دولت، برای تأمین آب شاهرود صورت گرفته و اهدافی متفاوت با اهداف مدنظر اعضای شرکت آبیاری مجن (تأمین آب کشاورزی) را دارد. - ورود گروه‌های کارشناسی و تحقیقاتی در منطقه به دنبال یافتن نقاط ضعف و مشکلات فعالیت‌های شرکت - احداث دیواره سنگی سیمانی از ریز سد تا شهر مجن در دو طرف حاشیه رودخانه توسط پیمانکار سد و تخریب قسمت‌هایی از پل‌های ساخته شده، توسط سیلاب‌های موجود

راهبرد w-t: ایجاد تدابیر دفاعی برای کاهش اثرپذیر نقاط ضعف

- یکی از نقاط ضعف موجود، خرد شدن سهام بهره‌برداران به مرور زمان است که کنترل و نظارت بر بهره‌برداری از آب را دشوارتر می‌سازد. برای غلبه بر این مشکل شرکت قانونی را تدوین کرده‌است که به موجب آن هرکس حق فروش سهم آب خود را فقط به یک قطعه یا دو قطعه زمین بالا دست و پایین دست خود دارد؛ اما در بسیاری از موارد خرد شدن سهام به دلیل فروش آن نیست بلکه در اثر عوامل دیگری از جمله تقسیم ارث است. بنابراین با تدوین قانون‌هایی در این زمینه شرکت می‌تواند از این مشکل جلوگیری کند. به عنوان مثال تدوین قانون‌هایی که به موجب آن هر سال یکی از وراث به نمایندگی از سایرین زمین‌ها را بصورت یکپارچه کشت نماید و همچنین تمامی سهم آب وراث در دست کسی باشد که زمین

را کشت نموده است.

راهبرد s-t: استفاده از نقاط قوت برای جلوگیری از تهدیدها

- آنچه که از ظواهر امر پیدا است، احداث سد تنظیمی توسط دولت برای تأمین آب شاهرود صورت گرفته است که اهدافی متفاوت با اهداف مدنظر اعضای شرکت آبیاری مجن (تأمین آب کشاورزی) دارد. با توجه به این امر احتمال برهم خوردن نظام بهره‌برداری تثبیت شده در منطقه وجود داشته، به تبع آن این نظام توزیع آب، که ۵۰ سال موفق عمل کرده است به خطر خواهد افتاد. بنابراین با استفاده از نظریات و تجربه‌های اعضای هیئت مدیره و بازرسان شرکت (کسانی که مدت زیادی است در این شرکت خدمت می‌کنند و از تجربه‌های بسیاری برخوردارند) می‌توان از خطر احتمالی از هم پاشیدگی و زوال نظام بهره‌برداری موجود جلوگیری به عمل آورد.

شرکت آبیاری و کشاورزی مجن در سایه برنامه‌ریزی و تدابیر خوب مدیران و رهبران شایسته و همکاری و پشتیبانی‌های کشاورزان عضو، با وجود تأسیس وزارت آب و برق در سال ۱۳۴۱ و با وضع قانون آب و ملی شدن آب در سال ۱۳۴۷ همچنان مدیریت خود را بر منابع اختصاصی اعضای خود حفظ نموده و بدون نیاز به هیچ‌گونه حمایت و کمک نهادهای دولتی به کار خود ادامه داده است. شرکت به مرور زمان با افزایش تجارب خود و بهبود روش‌های اجرایی توانسته است بهره‌وری از آب رودخانه را به نفع اعضای خود بالا ببرد؛ به طوری که زمان تحویل و مدت آبیاری هر کشاورز متناسب با سطح قطعه زراعی تحت مالکیت او به دقیقه و ثانیه برنامه‌ریزی شده است و میراب‌ها، آب آبیاری مورد نیاز را طبق برنامه‌ها در ابتدای قطعه زمین هر کشاورز به او تحویل می‌دهند. در واقع این شرکت علاوه بر حفظ نظام آبیاری شهر، نقش بسیار مؤثری در سرعت بخشیدن به اجرای طرح‌های آبیاری در منطقه داشته است و مهمترین عامل در این موفقیت، عدم تغییر نظام سنتی بهره‌برداری و تبدیل نظام پیشین به نظام ساعتی است. بدون این شرکت:

- بهره‌برداری آب در منطقه با منازعات اجتماعی روبرو می‌شد و این درگیری‌های اجتماعی در منطقه آسیب‌های زیادی را ایجاد کرده که سبب افزایش بسیاری از هزینه‌ها می‌شد و مشکلاتی را برای اداره آبیاری، جهاد کشاورزی و دادگستری و ... به وجود می‌آورد.
- بسیاری از طرح‌های اجرا شده در منطقه که موفقیت چشمگیری داشته است، به مرحله اجرا نمی‌رسید.

منابع

امینی، ا. و خیاطی، م. ۱۳۸۵. عوامل مؤثر بر عدم موفقیت طرح تشکیل تعاونی‌های آبربران (استفاده از رگرسیون فازی). مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۵۳: ۶۹-۹۱.

چیزی، م. ۱۳۸۷. عوامل تأثیرگذار بر مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۳۹(۱): ۶۳-۷۵.

درگاه ملی آمار. ۱۳۹۳. (<http://www.amar.org.ir/Default.aspx?tabid=123&ArticleType=ArticleView&ArticleID=1683>)

ساکبی، ع.، جعفرپور، م.، میربهرسی، ح.، آهنگری، ع. و بهتاش، م. ۱۳۸۴. بررسی اقتصادی طرح احداث کانال‌های فرعی اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری دز در منطقه شوش از سه دیدگاه فهرست بها، قیمت رسمی مرکز آمار و قیمت بازار در خوزستان. اولین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه تهران، کرج.

سواتوک، ا.م.، گیسسته، ا. و ماریام، ک. ۱۳۹۰. مهارت‌های حل تعارض و مذاکره برای مدیریت یکپارچه آب. مترجم حمید پشتوان. نشر وزارت نیرو.

- به وجود آمدن ناامنی اجتماعی سبب اجرای طرح‌هایی با درجه‌ی کمتری از انطباق با مسائل اجتماعی خاص آن منطقه می‌شد که مشکلاتی را در پی می‌داشت؛ به عنوان مثال اگر مسیر کانال‌ها که با مشورت و هماهنگی نظرات بهره‌برداران به اجرا درآمده است به گونه‌ای دیگر اجرا شده بود، اراضی کشاورزان به دو قسمت تقسیم می‌شد که این امر نظام بهره‌برداری را با مشکل مواجه می‌ساخت.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران این پژوهش، کمال سپاسگزاری خود را از اهالی خوب و مهمان‌نواز شهر مجن و اعضای هیئت مدیره‌ی شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن، مدیر عامل و کارشناسان مطالعات اجتماعی شرکت مهندسین مشاور آسماری و مهندس سعید صالحی کارشناس دفتر تجهیز منابع مالی و مشارکت‌های مردمی شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس به سبب همکاری بی‌دریغشان اعلام می‌دارند.

پی‌نوشت

- 1 - Strengths
- 2- Weaknesses
- 3- Opportunities
- 4-Threats

شاهرودی، ع.، چیزی، م. و پزشکی راد، غ. ۱۳۸۷. تأثیر تعاونی آبربران بر نگرش کشاورزان نسبت به مدیریت آب کشاورزی: مطالعه موردی استان خراسان رضوی. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع غذایی)، ۲۲(۲): ۷۱-۸۵.

نجفی، ب. و شیروانیان، ع. ۱۳۸۵. بررسی موانع مشارکت آبربران در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. مجله روستا و توسعه، ۹(۳): ۵۳-۷۱.

Ayrancı Y. and Temizel K. 2011. Participatory irrigation management. Tarım Bilimleri Arastırma Dergisi. 4(1): 77-86.

Facon T. 2007. Performance of Irrigation and Participatory Irrigation Management: Lesson from FAO's Irrigation Modernization Program in Asia. Available at: www.vncold.vn/Modules/CMS/Upload/13/Documents/PIMfaconEW_19_10_07/PIMfaconEW.pdf

Yercan M. 2003. Management turning-over and participatory management of irrigation schemes: a case study of the Gediz River Basin in Turkey. Agricultural Water Management 62: 205-214.

Comparison of Hhozeh and Abriz literacy and technical meanings (Technical Note)

A. Nasserri

Associate professor, East Azarbaijan Research Center for Agriculture and Natural Resources, Iran.

Email: nasserri_ab@yahoo.com

Received: 19-11-2014

Accepted: 19-2-2015

تطبیق معانی فنی و ادبی حوضه و آبریز (یادداشت فنی)

ابوالفضل ناصری

دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی.

E-Mail: nasserri_ab@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۳۰

Abstract

The most important space for hydrological studies is called Hozeh and/or Abriz in Persian, which is the same as Watershed in English. The origin of meanings for Hozeh and Abriz are not very clear for technical users yet. This study is intended to match technical and literary meanings of Hozeh and Abriz terms. For this purpose, based on technical literature and writings in Hydrology, physical and geometric characteristics of the Hozeh, Abriz and watershed terms were evaluated. In addition, Farsi and English literal dictionaries and related verses and prose were investigated. The results demonstrated that the word "Hozeh" checks against the word "Watershed" properly. For example it is better to use "Hoze e Daryacheh e Urumiyeh" or "Abrize e Daryacheh e Urumiyeh" instead of using "Hoze e Abriz e Daryacheh e Urumiyeh"

Keywords: technical and literary terms matching, Abriz, Hozeh, Watershed.

چکیده

مهم‌ترین محیطی که در آن تحلیل‌های هیدرولوژی صورت می‌گیرد، در زبان فارسی به حوضه (آبریز) و در زبان انگلیسی به Watershed موسوم است. خاستگاه و معانی حوضه و آبریز برای کاربران فنی به طور کامل مشخص نیست. این مقاله کوششی برای تطبیق معانی فنی و ادبی حوضه و آبریز است. بدین منظور با استناد به متون و نوشته‌های فنی و تخصصی علوم آب، ویژگی‌های هندسی و فیزیکی حوض، حوضه، آبریز و Watershed ارزیابی گردید. همچنین واژه‌نامه‌های ادبی فارسی و انگلیسی بررسی شده و به آثار نظم و نثر ادبی نیز توجه شده است. نتیجه بررسی و ارزیابی نشان داد واژه حوضه تطبیق کامل و مناسبی با Watershed دارد. به عنوان مثال به جای ترکیب "حوضه آبریز دریاچه ارومیه" پیشنهاد می‌شود از ترکیب "حوضه دریاچه ارومیه" یا "آبریز دریاچه ارومیه" استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تطبیق معانی فنی و ادبی، آبریز، حوضه، Watershed.

- معانی فنی حوضه و Watershed

مهم‌ترین محیطی که در آن تحلیل‌های هیدرولوژی صورت می‌گیرد در زبان فارسی به حوضه (یا آبریز) و در زبان انگلیسی به Wa- tershed موسوم است. محسنیان (۱۳۵۰)، صالحی (۱۳۵۲)، علیزاده (۱۳۶۶)، زاهدی (۱۳۷۰)، کردوانی (۱۳۷۱)، موحد دانش (۱۳۷۳)، سیمافر (۱۳۷۳) و سپاسخواه و همکاران (۱۳۷۸) آن را به شکل حوضه یا حوضه آبریز و گونیلی (۱۳۴۷)، انصاری (۱۳۵۳)، افشار (۱۳۶۴)، نجمائی (۱۳۶۹)، فرداد (۱۳۶۹)، میرباقری (۱۳۷۴)، سراج زاده (۱۳۷۲) و مهدوی (۱۳۷۷) آن را به شکل حوزه نوشته‌اند. در فرهنگ آبیاری و زهکشی در معنی فنی و تخصصی واژه Water- shed و واژه‌های مترادف آن (Catchment, Catchment ba- sin, Catchment area, River basin, Drainage basin and Drainage area) آمده است: پهنه‌ای است که تمام رواناب ناشی از بارش وارد بر آن را یک رودخانه، آبرو، دریاچه و یا یک آب انباشت دریافت می‌کند (بی‌نام، ۱۳۵۴). شکلی که از تصویر یک حوضه بر روی یک صفحه افقی حاصل می‌شود را شکل حوضه گویند (بی‌نام، ۱۳۷۵). در این مقاله با استناد به نوشته‌های تخصصی و فنی علوم آب و آثار نظم و نثر فارسی سعی شد با روش کتابخانه‌ای، معانی حوضه و آبریز بررسی شده و میزان تطبیق آنها با مفهوم فنی ارزیابی گردد.

- معانی ادبی حوضه و آبریز

در فرهنگ‌های فارسی معانی مختلفی برای واژه حوض و مشتقات آن آمده است. در لغت‌نامه دهخدا، فرهنگ آندراج و فرهنگ فارسی معین، حوض اسمی عربی و جمع آن واژه‌های حیاض و احواض ذکر شده و به عماری فیل و جز آن که به صورت حوض ساخته شود،

تطبیق معانی ادبی و فنی حوضه و Watershed

همچنان که ذکر شد، حوضه، عماری فیل معنی شده است که به شکل حوض باشد و این شکل حوض بودن عماری است که آن را حوضه نام کرده است و چون حوض، آبدان نیز معنی شده است، پس بایستی دارای دیواره‌هایی باشد متصل به صفحه کف که هم عمل نگهداری آب را انجام دهد و هم خط فاصل بین محیط حوض با محیط خارج باشد. با توجه به این که حدود Watershed بر روی نقشه‌ای که دارای خطوط تراز است با بلندترین خط‌الراس‌هایی که Watershed را در بر می‌گیرد مشخص می‌شود و خط فرضی فاصل Watershed همان خط تقسیم آب است، همچنین با نظر به این که شیب دیواره‌ها در حوض و نیز در Watershed متوجه مرکز بوده

معنی شده است. حوض در منتهی‌الرب و لغت‌نامه دهخدا به معنی آبدان، برکه، آبگیر و جایی که برای آب در زمین سازند دانسته شده است. در یوآقیت‌العلوم و اقرب‌الموارد، حوض به معنی آبگیر و در فرهنگ معین به معنی آبگیر و جایی که برای آب در زمین سازند دانسته شده است. کتاب التفهیم لاوائل الصناعت التنجیم، حوض را ستارگان بکردار نیم دایره، معرفی نموده است.

در فرهنگ فارسی معین، آبریز اسمی مرکب به معانی دلو، مبریز، متوضا، مبال و چاه نوشته شده است. در لغت نامه دهخدا نیز معنی دلو برای آن ضبط شده است. در تاج‌العروس و لغت نامه دهخدا، آبریز به ظرفی لوله و دسته‌دار که بدان وضو و طهارت کنند، معنی شده و معرب آن ابریق دانسته شده است. همچنین در لغت نامه دهخدا آبریز به سرازیری‌هایی که آب آن‌ها به رودی می‌رسد، معنی شده است. در فرهنگ فارسی معین آبریز به ظرفی که از آن آب ریزند، دانسته شده است.

حکیم سراج‌الدین ابوعمر عثمان بن عمر مختاری غزنوی، مسعود سعد سلمان، نظامی گنجوی، سنائی غزنوی، سوزنی، زجاجی و به احتمال زیاد سایر ادیبان ایران، در آثار منظوم و منثور خود به دفعات زیاد، واژه‌های حوض، حوضه و آبریز به کار برده‌اند. به عنوان نمونه سنائی گوید:

تا بود پر جوی و حوض و چشمه و دریا ز آب

در چمن‌ها گر نبارد ابر نیسان گو مبار

نظامی گنجوی گوید:

سوی حوض شد تشنه تشنه فراز

سر کوزه‌ی خشک بگشاد باز

چو زد کوزه بر حوضه‌ی سنگ بست

سفالین بد آن کوزه حالی شکست

و صفحه کف در هر دو فرو افتاده است، بنابراین وجه تشابه آنها از این نظر قابل توجه است. مجاری ورودی و خروجی آب در یک حوض و در یک Watershed کاملاً مشخص است و بدیهی است که حرکت آب در درون حوض یا Watershed تابع شیب کف، مشخصات ماده کف و مساحت و محیط حوضه و سایر پارامترها می‌باشد. شکل فیزیکی و هندسی یا شکلی قابل تبدیل به یکی از اشکال هندسی برای پلان Watershed از معانی حوض قابل تداعی است. در حالی که این تداعی از سایر واژه‌های مشابه امکان پذیر نیست. در نتیجه، تعیین مشخصات هندسی مانند محیط و مساحت در حوض و Watershed مفهوم ملموس‌تری می‌یابد. اغلب دانشمندان و ادبای سده‌های گذشته به همراه واژه آب از حوض و حوضه در موارد متعددی استفاده نموده‌اند. با توجه به دلایل گفته شده، می‌توان

نتیجه گرفت که استفاده از واژه حوضه به عنوان معادل فارسی Wa-tershed مناسب می‌باشد. از سوی دیگر با دقت در معانی و کاربرد واژه‌های حوضه و آبریز مشخص می‌شود که حوضه و آبریز از نظر معنی مترادف بوده و ضرورتی برای کاربرد "حوضه آبریز" در متون

نتیجه‌گیری

واژه حوضه تطبیق کامل و مناسبی با Watershed دارد. از سوی دیگر، با دقت در معانی و کاربرد واژه‌های حوضه و آبریز مشخص شد

منابع

- افشار، ع. ۱۳۶۴. هیدرولوژی مهندسی. مرکز نشر دانشگاهی، ۴۴۱ ص.
انصاری، ص. ۱۳۵۳. آبیاری عمومی: جلد اول، مدرسه عالی کشاورزی همدان.
بیرونی، م. ۱۳۸۷. التفهیم لآوائل الصناعات التنجیم. تصحیح سید جلال همائی، ۷۵۰ ص. تهران.
بی‌نام، ۱۳۷۵. دستورالعمل مطالعات فیزیوگرافی در حوضه‌های آبخیز. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی. سازمان برنامه و بودجه، ۴۳ ص.
بی‌نام، ۱۳۵۴. فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی. نشریه شماره ۱۱. انتشارات وزارت نیرو.
پادشاه، م. ۱۳۳۶. فرهنگ آندراج. انتشارات کتابخانه خیام.
دهخدا، ع. ا. ۱۳۷۷. لغت‌نامه. موسسه لغت‌نامه دانشگاه تهران.
صفی پوری شیرازی، ع. ۱۳۹۰. منتهی‌الارب فی لغه العرب. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران. ۹۳۶ ص.
سعد سلمان، م. ۱۳۶۴. دیوان مسعود سعد. تصحیح مهدی نوریان. انتشارات کمال، چاپ دوم، اصفهان.
سنایی غزنوی، ا. ۱۳۵۶. کلیات اشعار حکیم سنایی. به کوشش علی اصغر بشیر، کابل. موسسه انتشارات بیهقی.
سوزنی سمرقندی، م. ۱۳۳۸. دیوان سوزنی سمرقندی، تصحیح و مقدمه از ناصرالدین شاه حسینی. تهران امیر کبیر. ۱۸۳ ص.
زبیدی، س. م. ۱۹۸۲. تاج العروس. دار احیاء التراث العربی، چاپ اول، بیروت.
زاهدی، م. ۱۳۷۰. هیدرولوژی آب‌های سطحی، انتشارات نیا. تبریز.
زجاجی، ح. ۱۳۸۳. همایون نامه، تاریخ منظوم حکیم زجاجی، سراینده سده هفتم جلد ۱. تصحیح علی پیر نیا، فرهنگستان زبان و ادب فارسی. تهران.
سیمافر، ش. ۱۳۷۳. هیدرولوژی مهندسی. دانشگاه صنعتی سهند.

تخصصی وجود نداشته و می‌توان آنها را به صوت جدا و مستقل به کاربرد. به عنوان مثال به جای ترکیب "حوضه آبریز دریاچه ارومیه" شایسته است از ترکیب "حوضه دریاچه ارومیه" یا "آبریز دریاچه ارومیه" استفاده شود.

که حوضه و آبریز از نظر معنی مترادف بوده و ضرورتی برای کاربرد "حوضه آبریز" در متون تخصصی وجود نداشته و می‌توان آنها را به صوت جدا و مستقل به کار برد.

- سپاسخواه، ع.، رحیمی ح.، موحد دانش، ع. ا.، صدقی، ح. خلیلی، ع.، علیزاده، ا.، و فرهودی، ج. ۱۳۷۸. فرهنگ کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهارم: آبیاری. دانشگاه تهران.
سجزی، م. ۱۳۵۴. مهذب الاسماء فی مرتب الحروف و الاشياء. تصحیح محمد حسین مصطفوی. انتشارات علمی و فرهنگی.
سراج زاده، ح. ۱۳۷۲. فرهنگ چهار زبانه آبخیزداری (منابع طبیعی). موسسه انتشارات مدبر.
شرطونی، س. ۱۹۹۲. اقرب الموارد فی فصیح العربیه و الشوراء. مکتبه لبنان. چاپ دوم، بیروت.
صالحی، ع. ۱۳۵۲. هیدروژئولوژی. انتشارات دانشگاه تبریز.
علیزاده، ا. ۱۳۶۶. زهکشی اراضی (طرح و برنامه‌ریزی شبکه‌های زهکشی زراعی). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
فرداد، ح. ۱۳۶۹. آبیاری عمومی (جلد اول). انتشارات مولف. تهران.
کردوانی، پ. ۱۳۷۱. منابع و مسائل آب در ایران. جلد اول: آب‌های سطحی و زیرزمینی و مسائل بهره‌برداری از آنها. انتشارات دانشگاه تهران.
گونیلی، ا. ۱۳۴۷. فرهنگ اصطلاحات کشاورزی، دانشگاه تهران.
معین، م. ۱۳۷۱. فرهنگ معین. انتشارات امیرکبیر. چاپ نهم. تهران.
موحد دانش، ع. ا. ۱۳۷۳. هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت). تهران.
محسنیان، م. ر. ۱۳۵۰. عمران اراضی: اصول محاسبات زهکشی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۶۴۰ ص.
مهدوی، م. ۱۳۷۷. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران.
میرباقری، س. ا. ۱۳۷۴. هیدرولوژی مهندسی. انتشارات دانشگاه شیراز.
نظامی گنجوی، الیاس بن یوسف. ۱۳۷۸. مخزن الاسرار. تصحیح حسن وحید دستگردی. انتشارات مهد مینا.
نجمائی، م. ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.



• 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.

• چکیده مبسوط انگلیسی باید به تفکیک دارای ساختار زیر باشد:

• 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.

• واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم SI گزارش شوند.

نشر مجلات علمی - حرفه ای (علمی - ترویجی) راه کاری موثر در افزایش روزآمدی دانش مهندسان می باشد. 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. 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. همچنین نوع مقاله می‌تواند انتقال مفهوم، انتقال تجربه و یا مطالعه‌ی موردی باشد.

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 و منابع) ارائه شوند.

چارچوب مقالات انتقال مفهوم و انتقال تجربه: این گروه از مقالات شامل عنوان، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی به زبان فارسی و انگلیسی، مقدمه در شروع و جمع بندی در انتها می‌باشند. عناوین دیگر در بدنه‌ی مقاله به انتخاب نویسنده گذاشته می‌شود.

نحوه 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 فارسی B 12 Mitra، قلم انگلیسی Times New Roman 10 و فاصله خطوط ۱/۱۵ حداکثر در ۱۰ صفحه نگاشته شود. همه عناوین موجود در متن مقاله از جمله چکیده، مقدمه و ... نیز با قلم فارسی B Mitra 12 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 تاکید 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.

- در صورت نیاز، بخش‌های سپاسگزاری و پیشنهادات می‌توانند به صورت خلاصه به متن مقاله اضافه شوند.
- پی نوشت: شامل برابر نهادهای لاتین و توضیحات ضروری درباره اصطلاحات و مطالب مقاله، باید به ترتیب با شماره در متن و با عنوان پی نوشت در انتهای مقاله، قبل از منابع درج گردد.
- از قالب‌های زیر برای ارایه فهرست منابع استفاده شود (پاراگراف مربوط به هر یک از منابع دارای فرمت بیرون آمدگی سطر اول (Hanging) باشد:
- ۱. مقالات: نگارنده‌گان. سال. عنوان مقاله. عنوان مجله، جلد (شماره) مجله: شماره صفحات.
- قهرمان، ب.، حسینی، س.م. و عسگری، ح.ر. ۱۳۸۲. کاربرد زمین آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی. نشریه علمی-پژوهشی امیرکبیر (مهندسی عمران و گرایش‌های وابسته)، ۹۸۱-۹۷۱: (۵۵-۵) ۱۴.
- Sparks D.L., Thompson H.A. and Gupta H.V. 2009. Visible changes in macro mica particles that occur with nickel depletion. Water. Air and Soil Pollution, 31:217-230.
- ۲. کتب: نگارنده (گان). سال. عنوان کتاب. جلد. انتشارات. نوبت چاپ. شهر، کشور.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری. جلد ۱: طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.
- Lindsay W.L. 1979. Chemical Equilibria in Soils. John Wiley & Sons, New York.
- ۳. همایش‌ها: نگارنده‌گان. سال. عنوان مقاله. عنوان همایش. محل همایش، شهر، کشور.
- Berrada B. 2004. Options for water management during drought. In E.D. Martin (ed.) Proceedings of the 4th Annual Four Corners Irrigation Workshop, 8-10 Jul. 2004. Soil and Water Conserv. Soc., New Mexico, USA. (p. 29-37)
- 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.
- پس از طی مراحل داوری مقاله، اصلاحات احتمالی به اطلاع نگارنده مسئول می‌رسد و پس از انجام اصلاحات مورد نظر داوران، بایستی فایل مقاله از طریق ایمیل نشریه ارسال شود.
- مقاله‌ای که فرمت نشریه را دارا نباشد در جلسه هیئت تحریریه نشریه مطرح نمی‌شود.
- مقاله نباید در هیچ یک از نشریات کشور به چاپ رسیده یا همزمان برای مجلات دیگر ارسال شده باشد.
- در صورتیکه مقاله برای چاپ پذیرفته نشود، به نویسنده اطلاع داده خواهد شد.
- نشریه در رد یا قبول و حک و اصلاح مقاله آزاد است.

«تعهدنامه»

- سردبیر
- جناب آقای
- با سلام، احتراماً بدین وسیله ارسال مقاله با عنوان: «.....»
- نویسندگان:
- مرتبه علمی نویسندگان:
- شماره تماس و ایمیل نویسنده مسئول...
- به دفتر نشریه را اعلام می‌دارد و تعهد می‌نمایم که:
- ۱- کلیه افرادی که نام آنها بعنوان نویسندگان در مقاله ذکر شده است از متن مقاله و ارایه آن به این مجله آگاهی دارند.
- ۲- اسامی نویسندگان و اولویت نام آنها پس از ارائه مقاله تغییر نخواهد کرد.
- ۳- مقاله همزمان برای نشریات دیگری ارسال نشده است و ارسال هم نخواهد شد.
- ۴- در صورتی که مقاله ارسالی مستخرج از پایان نامه باشد تایید استاد راهنما ضروری می‌باشد.
- ۵- چنانچه اطلاعات یا نتایج این مقاله از دستگاه‌های دولتی یا خصوصی بوده است، ارسال آن با اطلاع دستگاه ذیربط صورت می‌گیرد و مسئولیت ارائه آمار و اطلاعات و نتایج در مقاله به عهده نویسنده می‌باشد.
- با توجه به تخصص و شناخت حضرت تعالی از زمینه موضوع مقاله ارسالی، و ارج نهادن به مقام علمی شما مستدعی است در راستای تسریع در روند و چاپ مقاله نام ۳ نفر از افراد مرتبط با موضوع را در قالب فرم پیوست اعلام فرمائید.
- «خواهشمند است حتی الامکان تعهد نامه توسط تمامی نویسندگان امضا گردد»
- بدون امضاء تعهد نامه مورد قبول واقع نمی‌شود.
- فایل اسکن شده تعهد نامه در سامانه نشریه بارگذاری شود.

«حکمرانی خوب» و «مدیریت آب»

به کوشش حمید عمرانیان خراسانی
(دانش آموخته گروه مهندسی آب، دانشگاه تربیت مدرس تهران)

مفهوم «حکمرانی خوب»

ناکامی سیاست‌های گذشته مدیریت آب تحت فشارهای توسعه، موجب شده تا حرکتی اصلاحی برای بازنگری و آسیب‌شناسی رفتار گذشته، و یافتن راه‌هایی برای افزایش کارایی مدیریت آب کشور آغاز گردد. باور عمومی آن است که بحران موجود آب (بحران کمیابی آب) نتیجه حکمرانی نامناسب است. بر اساس اجماع پدید آمده: «مدیریت یک‌تانه (من‌آهنگی) ناکارا است؛ و باید به جای آن مدیریت مشارکتی (هم‌آهنگی) مستقر گردد». به همین دلیل، امروزه «اصلاح حکمرانی آب» بحثی جدی و مطرح در عرصه مدیریت آب شده است. اهمیت آب در جای-جای زندگی بشر و نقش ویژه آن در توسعه مناطق خشک بر کسی پوشیده نیست. اما برای دریافت ضرورت و اهمیت «اصلاح حکمرانی آب»، بهتر است ابتدا مفهوم «حکمرانی خوب» معرفی گردد. هرچند کاربرد اصطلاح حکمرانی (governance) دارای سابقه تاریخی است، اما کاربرد نوپدید آن (از اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی) با منظور خاص بوده و بیانگر دیدگاه‌های بسیار تعیین کننده‌ای در مدیریت توسعه است. در واقع، این اصطلاح برای

حکمرانی آب چیست؟

حکمرانی آب همان رفتار کنترل کننده‌ای است که از طریق اقدامات مدیریتی و/یا با وضع مقررات آب (در طیف وسیعی از سیستم‌های سیاسی، اجتماعی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اداری) به کار گرفته می‌شود و نهایتاً منجر به تنظیم «تخصیص» و بهبود شرایط «بهره‌برداری» از آب می‌گردد. حکمرانی آب مشخص می‌کند که «چه کسی و در چه شرایطی به آب دسترسی دارد»؛ «حفاظت کمی و کیفی از آب چگونه است»؛ «قاعده مدیریت آب چیست و نقش مشارکت‌گروداران در تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری تا کجاست»؛ «سیاست‌های بهره‌وری و صرفه‌جویی در مصارف آب کدامند»؛ «داوری اختلافات و تعارض‌ها به دست کیست»؛ ... و نقطه تمرکز آن بر سه پرسش محوری قرار دارد: «تصمیمات چگونه اخذ می‌شوند»، «چه کسی می‌تواند آب را مصرف کند» و «چگونه از پایداری منابع آب حفاظت می‌شود». دشواری اصلی در حکمرانی آب در یک جمله می‌گنجد: «هر گروه و تشکیلاتی فکر می‌کند که آب به او تعلق دارد، اما کسی اراده‌ای برای حفاظت از آب ندارد». در هندوستان به این نتیجه رسیده‌اند که تنها دلیل کوتاهی‌ها حکمرانی بد یا ناقص است. «آنچه ما به آن احتیاج داریم حکمرانی خوب با مشارکت و همراهی گروداران است و نه دولت کامل و بی نقص».

فاصله‌گذاری میان فعل (حکمرانی: governance) از فاعل آن (دولت: government) وضع شده و حکمرانی را فراتر از دولت (و حتی حکومت) مورد نظر قرار داده است. در این رویکرد، نقش دولت و حکومت در جامعه متعادل شده و به نقش مردم و نهادهای مردمی نیز توجه شده است.

دولت یا حکومت را می‌توان از دو منظر جداگانه تعریف کرد: به عنوان نهاد و یا به عنوان فرآیند. از منظر نهادی، دولت یا حکومت مجموعه‌ای از سازمان‌ها و مؤسسات (تشکیلات، وزارتخانه، ...) و نیز افرادی که آنها را هدایت و اداره می‌کنند است. اما از منظر فرآیندی، منظور از دولت و حکومت همان عمل یا روش حکومت کردن است. تعریف اخیر بسیار مشابه تعریفی است که از حکمرانی ارائه می‌دهند: «عمل، روش و یا وظیفه حکومت کردن، نفوذ و کنترل». اما امروزه صاحب‌نظران با ارایه تعاریف دیگری از مدیریت و حکمرانی، آن را گسترده‌تر تصور کرده و صرفاً شامل دولت و نهادهای دولتی نمی‌دانند.

حکمرانی خوب، رویکردی است که در نتیجه ناکامی سیاست‌های «دولت رفاه و اقتصاد لیبرال» از اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی به بعد، شکل گرفت. این رویکرد یا نظریه، با تشویق کشورهای در حال توسعه برای خصوصی‌سازی، مقررات زدایی و سایر اصلاحاتی که عمده‌تاً رویکرد اقتصادی داشتند ادامه یافت. در حال حاضر، حکمرانی خوب، نظریه‌ای است که فقط رویکرد اقتصادی ندارد و در آن بر «ارایه خدمات عمومی کارآمد»، «نظام قضایی قابل اعتماد» و «نظام اداری پاسخگو» نیز تأکید می‌شود. بانک جهانی در سال ۱۹۸۹ گزارش سالانه خود را به حکمرانی خوب اختصاص داد. هم‌چنین، حکمرانی خوب در اعلامیه هزاره ملل متحد، شرط اساسی دستیابی به اهداف توسعه هزاره سوم بیان شده است.

زیرا باید بپذیریم که امروزه در حکمرانی آب دولت تنها کنشگر نیست. در واقع، نه تنها فعل باید به درستی واقع شود، بلکه بستر فعل هم باید آمادگی لازم را یافته باشد تا نتیجه مطلوب پدید آید.

به عنوان یک اصل، اثربخشی و ماندگاری تصمیمات مسئولین تا حد زیادی تابع «معقول» و «مقبول» تلقی شدن آنها نزد عموم گروداران است. بدیهی است که مقبولیت به نوبه خود، نیازمند رعایت «عدالت» و «انصاف» در تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. در عمل، اثر بخشی مدیریت آب بر دو مؤلفه «حکمرانی خوب» و «مدیریت بهم‌پیوسته آب» استقرار می‌یابد. بنابراین، چهار خصوصیت حداقلی در مدیریت مؤثر آب را می‌توان به شرح زیر مشخص نمود:

- ۱) رهبری اخلاق‌مدار و تمرکز هم‌زمان بر حقوق عامه (به ویژه اقشار آسیب‌پذیر)، حقوق آب‌بران و حقوق محیط زیست؛
- ۲) تلاش برای تمرکززدایی (مشارکت گروداران و بویژه آب‌بران در فرآیند تصمیم‌سازی) و در عین حال، حفظ یکپارچگی مدیریت آب؛
- ۳) فراهم آوردن دسترسی برای تصمیم‌سازان (و حتی عموم مردم) به اطلاعات بهنگام، موثق و کافی به عنوان مقدمه‌ای برای جلب همدلی و همیاری ایشان؛ و ...
- ۴) ایجاد ساز و کارهایی برای «گفتگو» و نیز «حل و فصل مناقشات» با حضور متخصصین و نمایندگان جامعه مدنی.

بر این، عدم توجه به موازین و معیارهای اقتصادی در عرضه و تقاضای آب، منجر به عدم کارایی آب در اقتصاد ملی شده است. نگاهی به گذشته، نشان می‌دهد فقدان اراده سیاسی و عزم جدی در نهادهای قانون‌گذاری و اجرایی تأثیر تعیین‌کننده‌ای در عدم تحقق اهداف برنامه‌ها داشته است. البته، عدم تعامل کافی با بخش خصوصی نیز در این شکست نقش داشته است. اکنون عزمی جدی برای تحول پدید آمده است و وزارت نیرو (به عنوان متولی آب کشور) اقدامات حمایتی در مسیر تحول از «وضع گذشته» به «وضع مطلوب» را آغاز نموده است. جنبه‌های اصلی تمایز «وضع گذشته» و «وضع مطلوب» در حکمرانی آب، از دیدگاه گرداران در جدول زیر بطور خلاصه نشان داده شده است.

جدول ۱- جنبه‌های تمایز «وضع گذشته» و «وضع مطلوب» در حکمرانی آب

عنوان	وضع گذشته	وضع مطلوب
نگرش حاکم بر مدیریت	بخشی‌نگری (عدم تعامل با سایر بخش‌ها)	فرابخشی (جامع‌نگری مطالعات و بهم‌پیوستگی تخصیص)
نحوه تصمیم‌گیری و اجرا	دستوری، از بالا به پایین	تصمیم‌سازی مشارکتی و پاسخگویی به گرداران
جهت‌گیری مدیریتی	تمرکز بر تأمین آب	مدیریت تقاضا (کنترل مصارف)
جهت‌گیری تشکیلاتی	سازمان تخصص‌گرای بسته (عمدتاً مهندسين)	سازمان چندتخصصی باز (طیف گسترده متخصصین)
نتیجه اقدامات	تحمیل هزینه‌های سنگین بر جامعه و محیط‌زیست	تعادل بخشی منابع آب و تضمین پایداری توسعه

جمع‌بندی

براساس ارزش و جایگاه منحصر به فرد منابع آب در تأمین رفاه و بهزیستی جامعه بایستی بر لزوم تداوم دسترسی به آب کافی و سالم برای همگان در هر زمان تأکید گردد. وجود پیوندهای قوی میان «توسعه اقتصادی پایدار» و «مدیریت آب»، ضرورت اصلاح مدیریت آب کشور را اجتناب‌ناپذیر کرده است. در این مسیر باید «چشم‌ها را شست» و تفسیری نو از مشارکت دولت و مردم در مدیریت آب عرضه نمود. حرکت و رسیدن به چنین سطحی از مشارکت نیازمند تجدید نظر اساسی در ساختار مدیریت آب کشور ذیل گفتمان «حکمرانی خوب آب» و بازتعریف نقش‌ها، اختیارات و مسئولیت‌ها می‌باشد. امروزه، این گفتمان در سطح ملی بارز و مطرح است و حتی برخی از عناصر آن در اسناد و برنامه‌های رسمی کشور آمده و لذا بنظر می‌آید اراده سیاسی در سطح دولت برای دستیابی به حکمرانی خوب (موثر و شایسته) در حوزه مدیریت آب تا حدودی فراهم آمده است. اما پیاده‌سازی و استقرار یک مدیریت «جامع، مشارکتی و یکپارچه» در حوضه‌های آبی کشور، تحولی چالش‌دار و زمان‌بر است که بایستی با

همراهی گرداران (به ویژه آب‌بران) به انجام رسد. چنین اقدامی سترگ (به مثابه یک «برنامه‌ی تحول»)، نیازمند اجماع نسبی تمامی عوامل حکمرانی آب از حاکمیت تا گرداران - در راستای یک «چشم‌انداز مشارکتی» است که به جز با تفاهم جمعی حاصل نمی‌آید. به عبارت دیگر: برای هر یک از حوضه‌های آبی کشور، «شاه کلید موفقیت» در تحول مدیریت آب، همانا تحریک اراده جمعی کنشگران اصلی حوضه در جهتی واحد برای دستیابی به حکمرانی خوب آب است». البته، پیش‌نیاز دستیابی به این شاه‌کلید، آگاهی کنشگران از ماهیت منابع آب، وضعیت امروزی این منابع و نیز روند افزایشی فشارها بر منابع مذکور (ناشی از توسعه فزاینده و تغییر اقلیم) است. مسلماً، هوشیاری کنشگران از عواقب ادامه روند فعلی نیز نقشی اساسی در این تحول دارد. زیرا، علی‌رغم اختلافات کنشگران اصلی حوضه با یکدیگر، این آگاهی و هوشیاری عناصر اتصال‌دهنده آنان طی فرآیند تحول می‌باشند. بدیهی است فرهنگ‌سازی عمومی و حساس‌سازی مردم نسبت به ارزش بی‌همتای آب پاک، موجب پیدایش یک «سرمایه اجتماعی» قوی (فهم و راسخ) برای تداوم مسیر تحول خواهد بود.

توضیحات: در تدوین این متن از نوشتارهای آقای انوش نوری اسفندیاری بر روی صفحات <http://watergovernance.blogfa.com> و <http://hokmranyab.blogfa.com> و نظرات و دیدگاه‌های آقای دکتر کامران داوری استفاده گردیده است.



نام کتاب: تحلیل فراوانی ناحیه‌ای (نگرشی بر پایه گشتاورهای خطی)

نویسنده: جی. آر. ام. هاسکینگ - جی. آر. والیس

مترجم: بیژن قهرمان

انتشارات: طنین قلم، ۱۳۹۲

در علوم محیطی داده‌های نمونه‌های اندازه‌گیری شده نوعاً مربوط به پدیده‌ای واحد (باران، سیلاب،...) از مکان‌های متفاوت بوده و فرآیند تخمین توزیع فراوانی با استفاده از داده‌هایی که از چندین مکان تهیه شده‌اند، به تحلیل فراوانی ناحیه‌ای معروف است. مهندسان حرفه‌ای و دانشجویان همواره برای برآوردهای هیدرولوژیکی در حوضه‌های فاقد آمار با چالشی بزرگ روبرو بوده‌اند. هاسکینگ و والیس بر پایه‌ی پژوهش‌های فراوان خود، برای تحلیل فراوانی ناحیه‌ای نگرشی را ارائه کرده‌اند که از نظر آماری کارا بوده و هیچ‌گونه ابهامی در به کارگیری آن وجود ندارد. آن‌ها نظریه‌ی گشتاورهای خطی را برای بررسی وقایع حدی از قبیل سیلاب، خشکسالی، رگبار و بادهای شدید معرفی کرده و دستورالعمل کاربردی را ارائه داده‌اند، در حالی که به مبنای علمی آن نیز به خوبی پرداخته‌اند. بنابراین امید است که این کتاب دانش جدیدی را در سطح مهندسان مشاور و دانشجویان ترویج نماید.



نام کتاب: اصول حقوق و مدیریت آب

نویسنده: دانته آگوستو کاپونترا - مارسلانا

مترجمین: محسن عبداللهی - اصلی عباسی

انتشارات: شهر دانش، ۱۳۹۲

این کتاب از یک طرف دارای مطالعه تاریخی شگفت‌انگیزی است و از طرف دیگر باید آن را یک نمونه نسبتاً موفق مطالعه تطبیقی به شمار آورد. در واقع نویسنده به منظور شناسایی خط مشی‌ها اصول و قواعد مشترک حاکم بر مدیریت حقوقی منابع آب، غالب نظام‌های حقوقی موجود را مورد مطالعه و بررسی قرار داده است. هر چند که نظام حقوقی ایران شاید به علت فقدان آثار علمی به زبان لاتین کمتر مورد توجه قرار گرفته است. افزون بر این، کتاب از آخرین دستاوردهای حقوقی اتحادیه اروپا نیز غافل نمانده است. دستاوردهایی که در غالب موارد به عنوان الگوی حقوق بین المللی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. چکیده کتاب: ۱- مدیریت و مقررات اولیه آب ۲- دوران امپراتوری روم ۳- تعریف حقوق آب و منابع آن ۴- نظام‌های موجود ۵- توسعه حقوق آب در مناطق مختلف جهان ۶- مضامین و منابع حقوق آب ۷- حقوق آب و برنامه‌ریزی منابع آبی ۸- مدیریت منابع ملی آب ۹- کلیات حقوق منابع بین المللی آب ۱۰- ...



نام کتاب: مبانی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی

نویسنده: کامران داوری - محمد سالاریان

انتشارات: جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۹۳

گرچه برای کنترل بحران آب و جلوگیری از فرو افتادن بیشتر آب‌های زیرزمینی راه‌حلی به جز کاهش برداشت‌ها نیست، اما در پاسخ به تقاضای روزافزون آب (در شرایط کمیابی آب) بایستی مصارف بهینه گردند. در کشور ما بیش از ۹۰ درصد از آب به صورت تبخیر و تعرق در کشاورزی و فضاهای سبز شهری به مصرف می‌رسد. بنابراین مدیریت برداشت (Withdrawal)، کاربرد (Use) و مصرف (Consumption) آب در بخش کشاورزی نقش بسیار مهمی در این شرایط دارد. این کتاب به عنوان راهنمایی برای مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی تألیف شده است. چکیده کتاب: ۱- مقدمه ۲- اجزای شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۳- کلیات مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۴- سنجش آب ۵- بهره‌برداری شبکه‌های فرعی آبیاری (مزرعه) ۶- بهره‌برداری شبکه‌های اصلی آبیاری ۷- بهره‌برداری و نگهداری ایستگاه‌های پمپاژ ۸- نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۹- ارزیابی کارایی و پایش شبکه‌های آبیاری و زهکشی



نام کتاب: مهندسی آب و فاضلاب

نویسنده: مکنزی

مترجمین: مصطفی لیلی و گروهی از محققین صنعت و دانشگاه

انتشارات: اندیشه رفیع، ۱۳۹۴

این کتاب تئوری و طراحی را ادغام می‌کند. اصولی اساسی مهندسی محیط‌زیست به‌عنوان شالوده‌ای برای طراحی دقیق آب معمولی و پیشرفته و فرآیند تصفیه فاضلاب به کار برده شده است. اسمز معکوس، تصفیه غشایی، ضد عفونی UV، حذف مواد مغذی بیولوژیکی و بیواکتور غشایی، یک نمونه کوچک از فرآیندهای گنجانده شده در کتاب را شامل می‌شوند. در ویرایش جدید این کتاب مباحث کلیدی و اصولی از هر یک از فرآیندهای تصفیه‌ی آب و فاضلاب (از طراحی گرفته تا راهبری) و نکات مهم مطرح در این زمینه ارائه شده است که می‌تواند برای خوانندگان و مهندسين فعال در این زمینه مفید باشد.



In the Name of Allah

Journal of Water and Sustainable Development



Volume 1 - Issue 3 - March 2015

Due to certificate no. 571849/18/3 dated 5/3/2014 from the scientific publications review Commission of the Ministry of Science, Research and Technology, this journal has been licensed to publish

Grantee
Manager in Charge
Editor in Chief

College of Agriculture , Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Valizadeh, R. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Ghahraman, B. Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board

Bagheri, A. Assis. Prof., Tarbiat Modares University
Davary, K. Asso. 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, Head 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
Valizadeh, R., Manager in charge
Ghahraman, B., Editor in chief

Advisory Editors

Noori Esfandiari, A., Representative of water Think tank at Iran Water Resources Management Company
Mazaherizadeh, Y., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Alipour, M. R., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Tavakoli Aminian, S., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Ghandehari, A. Representative of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company

Executive Expert
Graphic & design

Publisher

print

Tel

E-Mail

Website

Address

Sponsor

Fateme Talebi Hossein Abad, Mehri Shahedi
Reza Nabizade, Hamed Khakpour, Fateme Talebi Hossein Abad, Mehri Shahedi
College of Agriculture , Ferdowsi University of Mashhad
Khorasan Print City
+98-051-38804643
jwsd@um.ac.ir
<http://jm.um.ac.ir/index.php/WSD>
Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. P.O.Box: 91775- 1163
Mashhad Water & Wastewater Company
The full text of the articles can be downloaded on the website

Journal of Water and Sustainable Development

Volume 1 - Issue 3 - March 2015

Articles in issue:

- **Financial and Economic Evaluation of Wastewater Projects for Producing Usable Sewage in Irrigation and Industry**
M.R. mohseni, M. Malekajarian
- **Process of Application of Multi Criteria Decision Making Models in Prioritizing of Water Development Projects of Rural Areas in the Khuzestan Province**
Adel Dahimavy, Mansour Ghanian, Omid M. Ghoochani, Heidar Zareyi
- **Qualitative approach and fuzzy decision-making procedures for selecting BOT and BOO projects based on the risk in the industry**
R. Shahrjerdi, M. Raoufinia, S.H. Sajadi Far, A. Khalili
- **Identification of Sources of Pollution Caused by Livestock, Poultry and Fish Activities in the Mashhad Plain Aquifer**
Abbas Ali Ghezelsofloo, Reyhane Azimi
- **Comparison of Ca(OH)_2 and NaOH on Hexavalent Chromium Removal in Drinking Water Treatment.**
R. Heydarzadeh, M. Mohtasham
- **Investigation of control methods on local scouring around the bridge piers**
H. Shariati, S.R. Khodashenas
- **Evaluation of Management Strategies for Improving Water Use Efficiency of Wheat under Saline Conditions**
M. Nikkhah, M. H. Rahimian, M. J. Roust, H. Razzaqian
- **Designing and Evaluating the Compaction Roller of Furrows in Order to Reduce Irrigation Losses**
V.Rezaverdinejad, A. Norjoo, H. Mohammadi, A. Khorsand
- **River Engineering, From the Past to the Future (Evaluation of Approaches and Outlooks)**
A. Boostani, K. Esmaili
- **Investigating the Spatial Variability of Groundwater Table in Barkhar Plain, Esfahan**
M. Malmir, M. Delbari
- **A Successful Experience of Participatory Irrigation Management (Case Study: Irrigation and Agricultural Joint-Stock Company of Mojen-Shahrood)**
S. Zare, D. Hayati
- **Comparison of Hozeh and Abriz Literacy and Technical Meanings (Technical Note)**
A. Nasser

