

آب و توسعه پایدار

سال دوم - شماره اول (پیاپی ۴) - شهریور ۱۳۹۴



قطره‌هایی به ارزش طلا
ارزش اقتصادی آب، ضرورتی انکارناپذیر

مقالات این شماره:

- بررسی مدل‌های مدیریت استراتژیک تکنولوژی و ارائه مدل مناسب برای شرکت‌های آبفاز
علی صفر حیدری، مهدی تیموریان
- بهبود ارزیابی عملکرد مالی با انتخاب نماینده‌ی شاخص‌ها با رویکرد تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری
محمد داودآبادی، شعله شالپوش، حامد بلورچی
- تحلیلی بر پرداخت‌های حضوری قبوض آب‌بها و تأثیر آن بر هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب
مجتبی زینلی نجف‌آبادی، حمید مظفریان، شهریار بهارلویی
- ارزیابی سیستم منابع آب محدوده‌ی مطالعاتی آبخوان مشهد با رویکرد به هم پیوسته بر اساس چارچوب حسابداری آب
معصومه یوسف زاده چابک، علی باقری، کامران داوری
- بررسی عملکرد ژئولیت اصلاح شده در حذف اسید هیومیک از محلول‌های آبی
مهدی وثوقی، امیرحسین محوی، محمدجواد محمدی، محمود علی محمدی، محمد شیرمدی، حافظ گلستانی‌فر، ابوالفضل نعیم‌آبادی
- بررسی توان گیاه‌پالایی ساق‌ترشک و ذرت برای حذف آلایندة سولفونات آنتراکینون
قدیر طاهری
- بررسی اثر تغییرات درجه حرارت و زبری کانال بر کیفیت فاضلاب تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد با استفاده از مدل‌سازی عددی
امیر قلی‌پور، ابراهیم علامتیان
- بررسی روش نشست‌یابی در شبکه آب تحت فشار بر مبنای رابطه فشار - نشست (ارائه کد بهینه‌یابی مکان‌یابی نشست)
آرمین بوستانی، سعیدرضا خداشناس
- معادلات اساسی بکار گرفته شده در مدل SWAP و راهنمای کاربردی مدل خدیجه براتی، هاجر طاهری سودجانی، محمد شایان نژاد
- عوامل موثر بر الگوی مصرف آب و بهینه‌سازی آن در بخش خانگی مناطق روستایی
غلامرضا جمالی، ساسان زمانی
- چهارچوب مدل‌های عامل‌بنیان در شبیه‌سازی رفتار ذینفعان برای مدیریت منابع آب
میلاذ قلعه‌بان تکمه‌داز، عبدالله طاهری تیزرو، حمید زارع ایبانه
- معرفی سامانه ارزیابی طرح‌های مطالعاتی در بخش آب (یادداشت فنی)
عباسعلی قزل سوفلو، محسن مغربی

صاحب امتیاز
مدیر مسئول
سر دبیر

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
محمد حسین 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 / سر دبیر نشریه

مشاوران هیأت تحریریه

انوش نوری اسفندیاری / اندیشکده تدبیر آب ایران
سید حسین سجادی فر / شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
ثمانه توکلی امینیان / شرکت آب و فاضلاب مشهد
محمد رضا علیپور / شرکت آب و فاضلاب مشهد
احمد قندهاری / شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی

کارشناس اجرایی
طراحی و صفحه آرایی
ناشر
چاپ / شمارگان
شماره شاپا
تلفن
رایانامه
تارنما
آدرس
حامی مالی

مهری شاهی، فاطمه طالبی حسین آباد
حامد خاکپور، مهری شاهی، فاطمه طالبی حسین آباد
دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
شهر چاپ خراسان / ۱۰۰۰ نسخه
۲۴۲۳-۵۴۷۴
۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۴۳
jwsd@um.ac.ir

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

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دفتر نشریه، صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳
این نشریه با حمایت مالی شرکت آب و فاضلاب مشهد، در حال حاضر رایگان توزیع می شود.



الف

سرمقاله و یادداشت‌های کوتاه

۱ بررسی مدل‌های مدیریت استراتژیک تکنولوژی و ارائه مدل مناسب برای شرکت‌های آب‌فرا (مطالعه‌ی موردی: شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی)
علی صفر حیدری، مهدی تیموریان

۹ بهبود ارزیابی عملکرد مالی با انتخاب نماینده‌ی شاخص‌ها با رویکرد تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری (مطالعه‌ی موردی: شرکت‌های آب و فاضلاب شهری)
محمد داودآبادی، شعله شالپوش، حامد بلورچی

۱۷ تحلیلی بر پرداخت‌های حضوری قبوض آب‌بها و تأثیر آن بر هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب
مجتبی زینلی نجف‌آبادی، حمید مظفریان، شهریار بهارلویی

۲۵ ارزیابی سیستم منابع آب محدوده‌ی مطالعاتی آبخوان مشهد با رویکرد به هم پیوسته بر اساس چارچوب حسابداری آب
معصومه یوسف زاده چابک، علی باقری، کامران داوری

۳۳ بررسی عملکرد ژئولیت اصلاح شده در حذف اسید هیومیک از محلول‌های آبی
مهدی وثوقی، امیرحسین محوی، محمدجواد محمدی، محمود علی محمدی، محمد شیرمردی، حافظ گلستانی فر، ابوالفضل نعیم آبادی

۴۱ بررسی توان گیاه‌پالایی ساق‌ترشک و ذرت برای حذف آلاینده سولفونات آنتراکینون
قدیر طاهری

۵۱ بررسی اثر تغییرات درجه حرارت و زبری کانال بر کیفیت فاضلاب تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد با استفاده از مدل‌سازی عددی
امیر قلی‌پور، ابراهیم علامتیان

۵۹ بررسی روش نشت‌یابی در شبکه آب تحت فشار بر مبنای رابطه فشار - نشت (ارائه کد بهینه‌یابی مکان‌یابی نشت)
آرمین بوستانی، سعیدرضا خداشناس

۶۷ معادلات اساسی بکار گرفته شده در مدل SWAP و راهنمای کاربردی مدل
خدیجه براتی، هاجر طاهری سودجانی، محمد شایان نژاد

۸۱ عوامل موثر بر الگوی مصرف آب و بهینه‌سازی آن در بخش خانگی مناطق روستایی (مطالعه موردی: مناطق روستایی شهرستان بوشهر)
غلامرضا جمالی، ساسان زمانی

۸۷ چهارچوب مدل‌های عامل‌بنیان در شبیه‌سازی رفتار ذینفعان برای مدیریت منابع آب
میلاد قلعه‌بان تکمه‌داز، عبدالله طاهری تیزرو، حمید زارع ابیانه

۹۵ معرفی سامانه ارزیابی طرح‌های مطالعاتی در بخش آب (یادداشت فنی)
عباسعلی قزل سوفلو، محسن مغربی

۱۰۳ آشنایی با نشریه

۱۰۶ سایر مطالب علمی

متن کامل مقالات در وبگاه نشریه قابل دریافت است



توسعه پایدار در گرو مدیریت انطباقی

تحت عنوان «مدیریت همه جانبه آب، محیط زیست و انرژی» روی آورده‌اند. از این دیدگاه، توسعه پایدار در سایه رعایت توازن مابین این سه عامل صورت می‌گیرد. از آنجا که تدابیر توسعه در زمینه بهره‌برداری از منابع آب و انرژی به بهای فشار آوردن به محیط زیست تمام می‌شود، روز به روز بر اهمیت دیدگاه «مدیریت بر مبنای انطباق اقلیمی» افزوده می‌گردد. بر مبنای این رویکرد و نظر به مشکلات فراروی مدیریت منابع آب در کشور، سه رکن زیر به عنوان ارکان کلیدی باید در اصلاح شرایط مدنظر قرار گیرد:

الف- مدیریت بر مبنای انطباق اقلیمی

کشور در پهنه جغرافیایی خشک و نیمه خشک قرار دارد. مصرف بی‌رویه آب راهگشا نیست و انطباق با اقلیم حاکم و طرح‌ریزی و برنامه‌سازی سازگار با شرایط خشکی و کم آبی یک ضرورت تلقی می‌شود. این امر مستلزم مدیریت همه جانبه آب، انرژی و محیط زیست و ساختارسازی و نهادسازی متناسب با آن است.

ب- توجه به ارزش‌های زیستی

در سنوات گذشته محیط طبیعی بیشترین صدمه را از توسعه نامتوازن و ناپایدار متحمل شده است. هر چند پیوست زیست محیطی به عنوان یک الزام در برنامه‌های توسعه مطرح است، لیکن بنظر می‌رسد فاقد کارایی لازم است. نتیجه فاجعه بار اجرای طرح‌های عمرانی بر محیط‌زیست طبیعی امروزه بصورت ریزگردها، خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها و نابودی سفره‌های آب زیرزمینی نمایان است. توجه همه جانبه به ارزش‌های زیستی بدور از شعار، یک اولویت مهم برای کشور به‌شمار می‌رود.

ج- توجه به ارزش اقتصادی آب

در طرح تحول اقتصادی کشور، برق و حامل‌های انرژی به قیمت‌های واقعی نزدیک‌تر گردید ولی متأسفانه تعرفه‌های آب در مصارف مختلف شرب و کشاورزی، تغییر چندانی نیافت. بطوریکه می‌توان در یک برآورد کلی اذعان داشت که مصرف‌کننده‌ها حداکثر تا ۲۰ درصد هزینه آب را پرداخت می‌کنند. از آنجا که بخش بزرگی از تنگنای موجود در زمینه آب در کشور به بهره‌وری پایین آب مربوط است، بدیهی است که ارزش‌گذاری واقعی آب در کنار سایر نهاده‌های اقتصادی، تحول شگرفی در مرتفع‌شدن بحران آب ایجاد خواهد کرد.

بدون شک توسعه شتابان و صد البته پایدار، اولویت اصلی ایران در شرایط فعلی است. مهمترین محدودیت فراروی توسعه پایدار، وضعیت اقلیمی و شرایط محیط زیست کشور است. بارش ناکافی و با پراکندگی نامناسب مکانی و زمانی به همراه تبخیر بالا، سهم سرانه از منابع تجدیدپذیر آب را به یک چهارم متوسط جهانی رسانده است. نکته قابل تأمل در مدیریت آب ۳۰ ساله اخیر در کشور، رویکرد اجرایی به مصرف بی‌رویه، بدون توجه به محدودیت منابع بوده است؛ بطوریکه شاخص مصرف آب به موجودی آن را به مرز ۹۰ درصد رسانده است.

توسعه نامتوازن بدون توجه به مزیت‌های نسبی و ظرفیت‌های موجود، طرح‌های مدیریت آب بخشی‌نگر و سنتی به جای جامع‌نگر و روزآمد، طرح‌های عرضه محور بجای تقاضا محور، رویکرد سازه‌ای بجای غیرسازه‌ای و مهمتر از همه سیاست‌گذاری توسعه بدون توجه به ارزش‌های زیستی، از مهمترین چالش‌های حال حاضر کشور در بخش آب بشمار می‌رود. نتیجه این توسعه نامتوازن و رقابت در مصرف بی‌رویه آب، تعریف و اجرای طرح‌های عرضه محور کلان و انتقال بین حوضه‌ای و تأمین آب از دور دست و حتی فرامرزی، صدمه دیدن جدی زیستگاه‌های حیاتی کشور نظیر تالاب‌ها و دریاچه‌ها بوده است.

اما چه باید کرد؟

عدم وجود سیاست جامع‌نگر در بخش آب و خاک کشور، شرایط دشواری را پدید آورده است. در گام اول نیاز به تغییر نگاه و تغییر در اولویت‌های کشور و توسعه همه جانبه در حاکمیت داریم. مدیریت بر مبنای انطباق اقلیمی و تدوین نقشه راه توسعه در حضور خشکی و کم آبی یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. جدا شدن از مدیریت بخشی و سنتی آب و ورود به مضامین و مفاهیم رویکرد جدید «مدیریت همه جانبه آب، محیط زیست و انرژی» امری راهگشا می‌نماید. سه عنصر آب، محیط‌زیست و انرژی دارای چنان ارتباط تنگاتنگی با یکدیگراند که نظریه‌پردازان مدیریت یکپارچه منابع آب امروزه به دیدگاهی کلان‌نگرتر

پیشنهادهای

بر مبنای ارکان سه‌گانه فوق اقدامات مشخص و عملی زیر به عنوان اولویت پیشنهاد می‌شود:

- ۱- تغییر ساختار مدیریت آب در کشور و تشکیل وزارتخانه‌ای با محوریت آب و کشاورزی و پیش‌بینی مدیر عالی آب در استان‌ها با رده سازمانی معادل با معاون استاندار.
- ۲- پیاده‌سازی طرح‌های مدیریت مصرف به خصوص در بخش کشاورزی و پیگیری مفهوم CPD (محصول بیشتر بر واحد مصرف آب)، بجای تولید بر واحد هکتار و فراتر از آن BPD (درآمد بر واحد مصرف آب) و کاهش سهم کشاورزی در اشتغال و کاهش سهم مصرف آب کشاورزی.

- ۳- جبران مصائب رفته بر محیط‌زیست کشور در سال‌های گذشته با تدوین برنامه جامع احیاء محیط‌زیست و همچنین بازنگری در طرح‌های در دست مطالعه، اجرا و بهره‌برداری با تأکید بر ارزش‌های محیط‌زیستی، نه به صورت شعاری و نه همراه با افراط و تفریط.
- ۴- مطالعه اثرات خشکسالی بر توسعه و تدوین سند جامع خشکسالی و تهیه برنامه‌های اجرایی در این زمینه.
- ۵- طراحی و ترویج الگوهای توسعه پایدار منطبق با شرایط خشکی و خشکسالی.
- ۶- اصلاح ساختارهای حقوقی حاکم بر منابع آب و ارزش‌گذاری واقعی اقتصادی آب.

یادداشت کوتاه



ارزش اقتصادی آب، ضرورتی انکارناپذیر

مدیر کل دفتر بهبود بهره‌وری و اقتصادی آب و آبفا

وجود محدودیت در منابع آب تجدیدشونده و قابل استحصال کشور و بروز فشارها و تنگنایهای پیش رو از یک سو و افزایش روافزون تقاضای ناشی از رشد و گسترش فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و توسعه شهرنشینی و ارتقاء رفاه در جوامع به طور مستمر از سوی دیگر، نیاز به تدوین برنامه‌ای جامع و کاربردی در جهت بهینه‌سازی و بهره‌وری عرضه و تقاضای آب را ضروری می‌نماید. راهکارهای اقتصادی در حوزه آب مجموعه‌ای از سیاست‌ها و اقداماتی است که ضمن حفظ و ارتقای رفاه اجتماعی و تولید ملی، منجر به بهبود وضعیت عرضه و تقاضای مصرف آب، بازفراوری (بازچرخانی)، حفاظت و صیانت از محیط زیست و در نهایت ارتقای بهره‌وری آب خواهد شد. در این نوشتار تلاش می‌شود، الزامات رویکرد اقتصادی آب، برای نیل به بهره‌وری و بهینه‌سازی آن مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

- محدودیت منابع و مصارف آب

با نگاهی به آمار نزولات جوی در ۱۵ سال اخیر ملاحظه می‌شود که منابع آب تجدیدپذیر و بارش‌ها حدود ۲۰٪ کاهش داشته و به تناسب، روند خشکسالی‌ها و کاهش میزان رواناب در رودخانه‌های اصلی کشور و کاهش

چشمگیر قدرت تنظیم سدهای مخزنی، تداوم یافته است. در همین راستا منابع آب زیرزمینی با کمبود سالانه ۵ میلیارد متر مکعب در سال مواجه گردیده است. مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که از منابع آبی در دسترس حدود ۹۱ میلیارد متر مکعب جهت مصارف بخش کشاورزی و حدود ۹ میلیارد متر مکعب جهت مصارف صنعتی، شرب و بهداشت (مصارف خانگی) و خدمات اختصاص می‌یابد. با توجه به اینکه در شرایط کنونی حدود ۸۰٪ از کل آب تجدیدپذیر کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد (کشورهایی با مصارف بالاتر از ۴۰٪ در طبقه بندی سازمان ملل در وضعیت بحران شدید آبی قرار می‌گیرند)، ضروری است به منظور ایجاد تعادل و پایداری در منابع و مصارف و ارتقاء بهره‌وری آب، در شیوه‌های مدیریتی عرضه و تقاضای آب با استفاده از راهکارهای اقتصادی، اصلاحات لازم صورت پذیرد.

- ارزش اقتصادی

برای غلبه بر چالش‌های مدیریت منابع آب، همواره سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان به دنبال توسعه ترتیبات نهادی و مکانیسم‌های محرک اقتصادی برای مدیریت پایدار منابع آب هستند. به عبارت دیگر در پی پاسخ به این پرسش هستند که منابع آب محدود، چگونه باید بین گزینه‌های مختلف مصرف (بخش‌ها و فعالیت‌های تولیدی) تخصیص داده شود تا بیشترین بهره‌وری و منفعت اقتصادی حاصل شود. به همین دلیل آگاهی از ارزش اقتصادی آب در هر یک از گزینه‌های مصرف مورد نیاز است. برآورد ارزش اقتصادی آب در مصارف مختلف، نه تنها برای تصمیم‌گیری در سطح مزرعه، بنگاه و حوضه آبریز امری ضروری است،

بلکه یک معیار مفید برای ارزیابی وضعیت مدیریت منابع آب و بررسی اینکه آیا منابع آب به بهترین نحو ممکن به مصرف می‌رسند یا خیر، می‌باشد. ارزش‌گذاری اقتصادی آب در بخش‌های مختلف از چند جهت دارای اهمیت است: اولاً موجب آگاهی سیاستگذاران، مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب از هزینه-فرصت آن در بخش‌های مختلف می‌گردد. ثانیاً از آنجا که امروزه صنعت آب کشور از کمبود منابع مالی پایدار برای تأمین هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های کلان تأمین، انتقال و توزیع آب رنج می‌برد، ارزش‌گذاری آب در مصارف مختلف ساز و کار مناسبی را برای قیمت‌گذاری بهینه منابع آب در بخش‌های مختلف مذکور فراهم آورده و موجب تشویق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در طرح‌های آبی می‌گردد. ثالثاً موجب بهبود و شفاف‌سازی در تخصیص آب به بخش‌های مختلف مصرف می‌گردد.

- الزامات استقرار ارزش اقتصادی آب

با توجه به محدودیت منابع آب و نامتناسب بودن الگوهای توسعه اقتصادی در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات، ضرورت دارد ارزش اقتصادی آب به عنوان یک واقعیت غیرقابل انکار در برنامه‌های توسعه و رشد اقتصادی کشور با اقدام در موارد ذیل، مورد توجه قرار گیرد.

۱- جایگاه اقتصادی آب در اسناد بالادستی به صورت روشن تبیین گردد.

۲- عرضه آب از انحصار دولت خارج شده و زمینه حقوقی و اقتصادی برای تشویق و ترغیب ورود سرمایه‌های بخش خصوصی فراهم شود.

۳- با توجه به محدودیت منابع آب، بایستی زمینه‌های قانونی و حقوقی برای جداسازی تبعیت آب از زمین فراهم گردد. به عبارت دیگر بایستی امکان اختصاص آب به بخش‌های با ارزش افزوده بالاتر فراهم گردد.

۴- ماهیت چند وجهی و فرابخشی آب، نیازمند تلفیق و بررسی جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی حاصل از تخصیص و جابجایی کاربری آن می‌باشد، که باید در یک چهارچوب تحلیلی به هم پیوسته مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

۵- قیمت‌گذاری آب باید بر اساس ارزش اقتصادی آن صورت گیرد. در این رابطه ضروری است که دخالت دولت در تعیین تعرفه‌های تکلیفی (که در موارد زیادی موجب کاهش بهره‌وری و ناکارایی آب در بخش‌های مختلف مصرف شده است) حداقل گردد و دولت عمده‌تاً نقش نظارتی و تسهیل کننده داشته باشد.

- برنامه‌های در دست اقدام

به منظور فراهم ساختن زیرساخت‌های لازم جهت محاسبه و ارتقای ارزش اقتصادی آب در کشور اقدامات ذیل در دست انجام می‌باشد.

۱- پر رنگ شدن نقش اقتصاد آب در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌ها به منظور دستیابی به مدیریت بهم پیوسته منابع آب.

۲- مطالعه به منظور ساماندهی و تقویت بازارهای محلی آب در کشور (به صورت پایلوت در دشت ورامین)

۳- ایجاد زیرساخت‌های لازم به منظور تحویل آب به صورت حجمی در بخش‌های مختلف مصرف در راستای فراهم آوردن سازوکار لازم در جهت محاسبه و ارتقاء ارزش اقتصادی آب

۴- مطالعه و تدوین مدل محاسباتی هزینه فرصت استفاده از آب در بخش‌های مختلف مصرف (پایلوت: حوضه آبریز زاینده رود)

۵- مطالعه، طراحی و اجرای سامانه عملیاتی چرخه بهبود و بهره‌وری آب (پایلوت: حوضه آبریز ارس)

۶- مطالعه به منظور ایجاد و راه اندازی سامانه حسابداری آب به منظور سازماندهی اطلاعات اقتصادی و هیدرولوژیکی با سازوکار منسجم به منظور امکان تجزیه و تحلیل سیاست‌های مرتبط با بخش آب و بررسی نقش ارزش آب، هزینه تمام شده، ارزش زیست محیطی و غیره و اثر آن در اقتصاد ملی

- سخن آخر

ضروری است آب به عنوان یک عامل مهم تولیدی و توسعه‌ای که در موارد زیادی کمبود آن موجب محدودیت توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعتی می‌گردد دارای جایگاه ارزش اقتصادی باشد. انتظار می‌رود با زمینه‌سازی‌های لازم از جمله ایجاد تشکلهای مردم نهاد، تحویل حجمی و استقرار بازار آب، ضمن به تعادل رسیدن منابع و مصارف، ارتقاء بهره‌وری آب نهاده و پایدار گردد.

Study of strategic management of technology models and providing a suitable model for AB-FAR companies (Case Study: Markazi

Province's Rural Water and Waste-water Co.)

A.S. Heydari¹, M. Teymurian^{2*}

1,2- PhD of work Management & Master of Industrial Management, Markazi Province Water and Wastewater Company, Iran.

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

Received: 31-7-2014

Accepted: 21-8-2015

بررسی مدل‌های مدیریت استراتژیک تکنولوژی و ارائه مدل مناسب برای شرکت‌های آب‌فار

(مطالعه‌ی موردی: شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی)

علی صفر حیدری^۱، مهدی تیموریان^{۲*}

۱ و ۲- به ترتیب دکتری مدیریت کسب و کار گرایش مدیریت استراتژیک و کارشناس ارشد مدیریت صنعتی- شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۹

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳۰

Abstract

With regard to the importance of technological developments, senior enterprise managers should be aware of their organization's technological capabilities, changes and developments in the world, and also have information from their rivals' efforts in achieving new technologies, to be in line of their organization's technology developments. Therefore a technological needs assessment model, is developed as an indicator to determine the technological capabilities required for the implementation of technology plans in developing countries. This paper analyses the technological capabilities level of the Markazi province's rural water and waste-water company and highlights its weaknesses using the aforementioned model. This model assess nine different aspects of the company's capabilities, and determines its performance in each category. Results show that in attracting, employment and acquisition of technology the company scores the lowest compared with other aspects. Also, the strategic Technology unit in the company, the quality control unit, the maintenance unit, and monitoring unit have been identified as strategic technology units in the company. Based on this, the technology need for these units is much more critical. From the proposed AHP models the needs assessment model has been chosen as the most suitable strategic technology model for the company. From the perspective of this model, the technology needs have been divided into six categories and the model assess the attractiveness and technology capabilities in each of these categories. Based on the ratings, in terms of attractiveness and capability, the three technologies of: Trap meters, Scada and Disinfection systems and new energies, have the highest importance in the Markazi province of ABFAR co, respectively.

Keywords: Technology needs assessment model, evaluating the technology, technology strategy, Hax & Majluf model.

چکیده

با توجه به اهمیت بالای توسعه تکنولوژی، مدیران ارشد بنگاه‌های اقتصادی بایستی با درک صحیح از توانمندی‌های تکنولوژیک سازمان خود و شناخت از تغییر و تحولات روز دنیا و کسب اطلاع از تلاش رقبای برای دستیابی به تکنولوژی‌های نوین، در راستای رشد توانمندی تکنولوژی سازمان خود گام بردارند. به همین منظور مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک، شاخصی جهت تعیین قابلیت‌های مورد نیاز برای اجرای برنامه‌های تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه طراحی شده است. در این مقاله با استفاده از مدل مذکور، سطح توانمندی‌های تکنولوژیک شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی و خلأ موجود در آن مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. این مدل سطح توانمندی شرکت از ۹ بعد را مورد ارزیابی قرار داده و در هر یک، وضعیت شرکت را مشخص می‌نماید. نتایج نشان می‌دهد که این شرکت به لحاظ جذب، بکارگیری و اکتساب تکنولوژی امتیاز کمتری را در مقایسه با سایر ابعاد دارد. همچنین واحدهای استراتژیک تکنولوژی در این شرکت، واحدهای کنترل کیفی و اداره نگهداری و اداره نظارت تشخیص داده شدند. بر این اساس نیاز به تکنولوژی در این واحدها دارای اهمیت بیشتری است. در خصوص تعیین استراتژی‌های تکنولوژی مناسب برای شرکت نیز از بین مدل‌های ارائه شده با کمک مدل AHP، مدل ارزیابی نیاز تکنولوژی انتخاب شده است. از دیدگاه این مدل نیاز تکنولوژی به شش دسته تقسیم شده و میزان جذابیت و توانمندی در تکنولوژی‌های موردنظر، ارزیابی شد. با توجه به رتبه‌بندی جذابیت و توانمندی تکنولوژی‌ها، سه تکنولوژی تله‌متری و اسکادا، سیستم‌های گندزدایی و انرژی‌های نو به ترتیب دارای بیشترین اهمیت در شرکت‌های آب‌فار استان مرکزی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک، ارزیابی تکنولوژی، استراتژی تکنولوژی، مدل هکس و مازلوف.

مقوله استراتژیک درآید. در این راستا پیشنهاد شده است که مدیریت تکنولوژی در فرایند مدیریت استراتژیک بنگاه ادغام گردد (طباطبائیان و همکاران، ۱۳۸۴).

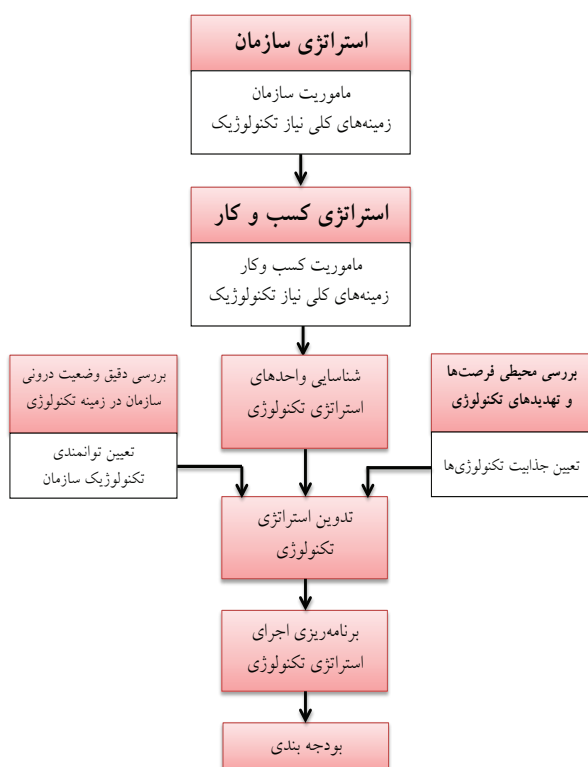
این پژوهش برای پاسخ به سؤالات زیر انجام شده است:

- ۱- سطح فعلی توانمندی‌های تکنولوژیک شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی به چه میزان است؟
- ۲- واحدهای استراتژیک شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی کدام است؟
- ۳- میزان جذابیت تکنولوژی‌های شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی به چه میزان است؟
- ۴- استراتژی‌های تکنولوژی مناسب برای شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی کدامند؟

مواد و روش‌ها

- مدل مفهومی پژوهش

با توجه به ویژگی‌های بنگاه مورد مطالعه در این پژوهش برای تدوین استراتژی تکنولوژی از الگوی هکس و مازلوف (Hax و Majluf, ۱۹۹۶) استفاده شده است. شکل (۱) نشان‌دهنده مدل مفهومی مورد استفاده در پژوهش می‌باشد.



شکل ۱- الگوی هکس و مازلوف برای تدوین استراتژی تکنولوژی (Hax و Majluf, ۱۹۹۶)

با توجه به شرایط نامناسب اقتصادی و زیست محیطی کشور در حال حاضر فعالیت در دو جنبه ضروری به نظر می‌رسد. یکی بالابردن سطح اقتصادی و درآمد کشور و دیگری بالابردن استانداردهای زیست محیطی. موضوع بسیار مهم در سطح دنیا شاخص توسعه انسانی است که نیاز به یک زندگی طولانی توأم با سلامتی، داشتن دانش و تحصیلات و درآمد می‌باشد.

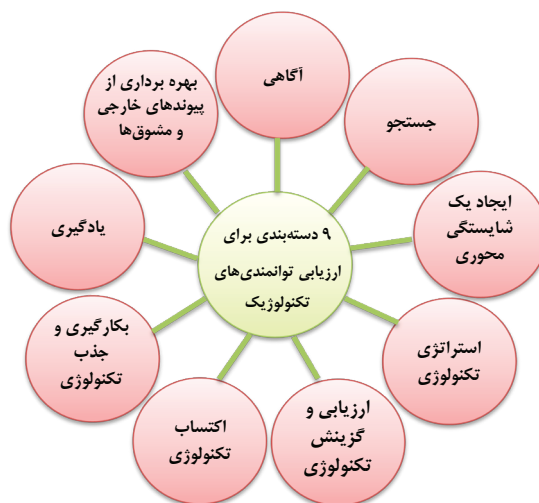
در این راستا با توجه به اهمیت بالای توسعه تکنولوژی، مدیران ارشد بنگاه‌های اقتصادی بایستی با درک صحیح از توانمندی‌های تکنولوژیک سازمان خود و شناخت از تغییر و تحولات روز دنیا و کسب اطلاع از تلاش رقبا برای دستیابی به تکنولوژی‌های نوین در راستای رشد توانمندی تکنولوژی سازمان خود گام بردارند. به همین منظور مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک شاخصی جهت تعیین قابلیت‌های مورد نیاز برای اجرای برنامه‌های تکنولوژی در کشورهای در حال توسعه طراحی شده است.

امروزه تکنولوژی نقشی کلیدی در رقابت‌پذیری بنگاه‌ها ایفا می‌کند، بنابراین می‌بایست مانند سایر منابع کلیدی، با یک نگاه استراتژیک مدیریت شود. اولین و مهم‌ترین گام در مدیریت استراتژیک تکنولوژی، تدوین یک برنامه بلندمدت است که اولویت‌های سرمایه‌گذاری بنگاه در آن تعیین شود. این برنامه، استراتژی تکنولوژی نام دارد. مدل‌ها و چارچوب‌های مختلفی تدوین شده‌اند تا بنگاه‌ها را در تدوین استراتژی تکنولوژی یاری دهند. اما همه‌ی مدل‌ها برای تمام بنگاه‌ها مناسب نیستند (احمدی، ۱۳۷۹). به عبارتی استراتژی تکنولوژی، تصمیم‌گیری متعهدانه در مورد تکنولوژی‌های مورد نیاز بنگاه در چارچوب استراتژی کسب و کار بنگاه است. منابع بنگاه‌ها محدود بوده و انتخاب یک گزینه تکنولوژی به معنای عدم توانایی در جهت تعقیب سایر گزینه‌ها است. بنابراین انتخاب و تصمیم‌گیری صحیح امری ضروری است (خلیل، ۱۳۸۱).

مدیریت تکنولوژی زمینه‌ای است که ضمن ایجاد ارتباط بین علوم و مهندسی از یک طرف و علم اداره کسب و کار از طرف دیگر، به فعالیت‌های مربوط به شناسایی، ارزیابی، انتخاب، کسب، جذب و بهبود تکنولوژی متناسب با اهداف کسب و کار می‌پردازد. این فعالیت‌ها در سایه تدوین استراتژی تکنولوژی، ایجاد فضای نوآورانه که در آن بنگاه به فعالیت‌های تحقیق و توسعه پرداخته و یا توانایی مذاکره و انعقاد قراردادهای انتقال تکنولوژی را داشته باشد در فضای جهانی شکل می‌گیرد (حاج فتحعلیها، ۱۳۸۶). تغییرات پرشتاب تکنولوژی و لزوم همراهی مدیران ارشد در فرایند بکارگیری تکنولوژی در بنگاه از یک سو و نیاز به تغییر و تحول در ابعاد سازمانی و سایر موارد کسب و کار باعث شده که تکنولوژی و مدیریت آن به عنوان یک

برای ارزیابی سطوح توانمندی تکنولوژیک شرکت از مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک استفاده شده است. بر طبق این مدل هر بنگاه دارای ۹ سطح تکنولوژیک می‌باشد (خمسه و شفت، ۱۳۸۹).

۱۳۸۹) که این سطوح در شکل (۲) ارائه شده است. همچنین طبق مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک، بنگاه‌ها از لحاظ توانمندی به چهار دسته مطابق جدول (۱) تقسیم می‌شوند.



شکل ۲- دسته‌بندی ابعاد توانمندی تکنولوژیک شرکت بر اساس مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک (خمسه و شفت، ۱۳۸۹)

جدول ۱- فرم تعیین نتایج ارزیابی نیازهای تکنولوژیک (خمسه و شفت، ۱۳۸۹)

نتایج ممیزی کلی	جمع امتیازها	سطح توانمندی	طبقه‌بندی بنگاه‌ها	رده بندی جزئی
شرکت شما در همه حوزه‌های مهم، اکتساب بهره‌برداری، توسعه استراتژی تکنولوژی ضعیف و ناکارآمد است و به یک برنامه بهبود عمده و فوری نیاز دارد	۱-۱۲۰	۱	منفعل (A)	مبتدی ۱-۴۰ میان راه ۴۱-۸۰ پیشرو ۸۱-۱۲۰
شرکت شما در اغلب حوزه‌های استراتژی، تحقیق، اکتساب و ظرفیت‌سازی تکنولوژی به طور ضعیفی توسعه‌یافته و به توانمندی‌های زیادی برای بازسازی این حوزه‌ها نیاز دارد	۱۲۱-۲۴۰	۲	واکنشی (B)	مبتدی ۱۲۱-۱۶۰ میان راه ۱۶۱-۲۰۰ پیشرو ۲۰۱-۲۴۰
شرکت شما در قابلیت‌های داخلی نسبتاً توانمند است و یک رویکرد استراتژیک به تکنولوژی دارد اما در اغلب حوزه‌ها از تکنولوژی ملی عقب‌تر است.	۲۴۱-۳۶۰	۳	استراتژیک (C)	مبتدی ۲۴۱-۲۸۰ میان راه ۲۸۱-۳۲۰ پیشرو ۳۲۱-۳۶۰
شرکت شما یک مجموعه قابلیت‌های تکنولوژیک کاملاً توسعه‌یافته دارد و می‌تواند مرز تکنولوژی ملی را شناسایی کند. در تعدادی از حوزه‌ها نیز رویکردی خلاق و پیش‌تاز دارد و از تکنولوژی در جهت کسب مزیت‌های رقابتی بهره می‌گیرد	۳۶۱-۴۸۰	۴	خلاق (D)	مبتدی ۳۶۱-۴۰۰ میان راه ۴۰۱-۴۴۰

-روش پژوهش

این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر نوع و روش اجرای تحقیق، توصیفی-پیمایشی است و برای جمع‌آوری اطلاعات از روش میدانی و ابزار پرسش‌نامه استفاده شده است.

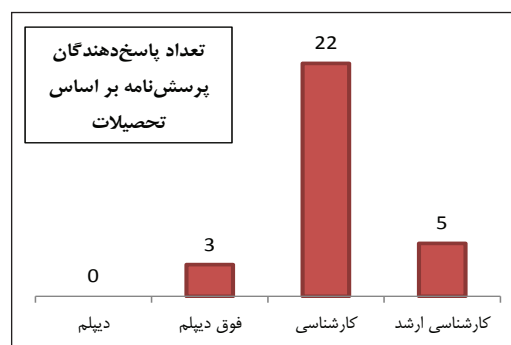
-جامعه آماری

بخش مهمی از فعالیت‌های شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی به عنوان یکی از شرکت‌های میانه‌رو در صنعت

آب و فاضلاب، تولید آب شرب بهداشتی در سطح روستاهای استان می‌باشد. به عبارتی بیشتر فعالیت شرکت در دو بخش طرح و توسعه (یا همان تأمین آب) و بخش نگهداری (توزیع) انجام می‌شود. جامعه آماری این پژوهش مدیران میانی، ارشد و کارشناسان این شرکت هستند که اطلاعات آن‌ها از نظر میزان تحصیلات و سابقه کار به ترتیب در شکل‌های (۳) و (۴) ارائه شده است.



شکل ۴- سابقه کاری جامعه آماری



شکل ۳- میزان تحصیلات جامعه آماری

نتایج و بحث

- پاسخ سؤال اول پژوهش

به منظور دستیابی به پاسخ سؤال اول پژوهش، بر اساس شاخص‌های ۹ بعدی مدل شکل (۲)، پرسش‌نامه‌ای حاوی ۲۴ سؤال طراحی و پرسش‌نامه برای ۳۶ نفر از خبرگان ارسال گردیده است. تعداد ۳۰ پرسش‌نامه تکمیل و برگشت داده شدند. برای بررسی روایی و پایایی این پرسش‌نامه، آلفای کرونباخ برای کل سؤالات پرسش‌نامه برابر با ۰/۸۵۱ بدست آمد که حاکی از پایایی خوب و قابل قبول ابزار تحقیق می‌باشد. حجم نمونه نیز از رابطه (۱)، با اطمینان ۹۵٪ و خطای اندازه‌گیری ۳٪ در نظر گرفته می‌شود.

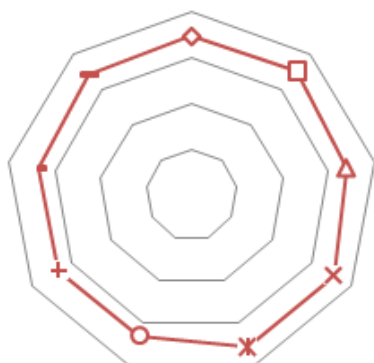
$$n = \frac{N(Z_{1-\frac{\alpha}{2}})^2 \times \sigma^2}{(N-1)d^2 + (Z_{1-\frac{\alpha}{2}})^2 \times \sigma^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

با توجه به نتایج بدست آمده از پرسش‌نامه، جدول (۲) میانگین امتیازات و درصد توانمندی ابعاد تکنولوژیک شرکت را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۵) میزان توانمندی شرکت و شکاف موجود نسبت به حالت بهینه را نمایش می‌دهد.

همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود بیشترین امتیاز توانمندی تکنولوژیک مربوط به بعد ارزیابی و گزینش و کمترین امتیاز مربوط به اکتساب تکنولوژی می‌باشد. از طرفی با توجه به پرسش‌نامه‌ها، امتیاز کل توانمندی تکنولوژیک شرکت، عدد ۳۲۳ بدست آمده است، لذا طبق جدول (۱) شرکت در رده "میان‌رو بنگاه‌های نوع C" و یا به عبارت دیگر "بنگاه‌های پیشرو" قرار می‌گیرد.

جدول ۲- میانگین امتیازات و درصد توانمندی ابعاد سطوح توانمندی تکنولوژیک بر اساس مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک

امتیاز میانگین	تعداد شاخص	ابعاد
۸۶/۶۷	۲	آگاهی
۸۸/۵۰	۲	جستجو
۸۴/۷۵	۲	شایستگی محوری
۸۸/۶۷	۳	استراتژی تکنولوژی
۸۸/۸۳	۲	ارزیابی و گزینش
۸۲/۴۲	۲	اکتساب تکنولوژی
۸۳/۰۲	۲	بکارگیری و جذب
۸۴/۳۳	۳	یادگیری
۸۶/۲۵	۶	پیوندهای خارجی
۸۶/۰۴	۲۴	میانگین امتیاز کل



شکل ۵- نمودار سطوح توانمندی تکنولوژیک در ابعاد مختلف

روستایی استان مرکزی مطابق شکل (۶) می‌باشد. با توجه به جدول (۲) در خصوص امتیاز میانگین توانمندی‌های تکنولوژیک و رتبه‌بندی واحدهای کاری که بر اساس نظر خبرگان شرکت اولویت‌بندی شده بود، می‌توان واحدهای کاری را به ترتیب زیر دارای یک زنجیره ارزش نامید.



شکل ۶- زنجیره ارزش در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی

- پاسخ سؤال دوم پژوهش
برای تعیین واحدهای استراتژیک تکنولوژیک در این پژوهش، باتوجه به نوع فعالیت شرکت، واحدهای مورد نظر براساس فرآیندهای موثر در زنجیره ارزش تولید و توزیع در نظر گرفته شده‌اند. در سطح کلان، فرآیند پروژه‌های شرکت آب و فاضلاب

که درصدبندی‌ها و امتیازات کسب شده بر اساس روش AHP^۱ انجام گرفته است. همانگونه که در نتایج بدست آمده از جدول (۳) مشخص است، فرآیند بهره‌برداری و نگهداری دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر فرآیندها است و فرآیند کلیدی محسوب می‌گردد. از همین رو تعیین واحدهای استراتژیک تکنولوژی با تمرکز بر روی این فرآیند انجام می‌شود.

- توسعه خدمات
مرتبط بودن فرآیندها با اهداف شرکت از طریق ماتریسی سنجیده شده و سپس درجه اهمیت آن‌ها تعیین شده است که برای این کار از نظرات هیأت مدیره و سایر خبرگان شرکت استفاده شده است. جدول (۳) نشان‌دهنده تحلیل نتایج ارزیابی فرآیندها با توجه به اهداف مرتبط می‌باشد. لازم به ذکر است

جدول ۳- امتیازدهی فرآیندهای شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی نسبت به اهداف شرکت

اهداف	بهبود خدمات	دستیابی به تکنولوژی	مزیت رقابتی	توسعه خدمات	امتیاز کل
	وزن اهداف	۱۵ درصد	۲۵ درصد	۳۰ درصد	فرآیندها
امکان‌سنجی و مطالعات	۲۰	۲۰	۲۰	۳۵	۲۴/۵
اجرا و نظارت	۱۵	۳۵	۲۵	۲۵	۲۳/۵
بهره‌برداری و نگهداری	۴۰	۳۰	۲۰	۲۰	۲۷/۵
کنترل و ارزیابی	۲۵	۱۵	۳۵	۲۰	۲۴/۵
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-

تعیین شده به صورت دو به دو مورد سؤال واقع شد. اطلاعات جمع‌آوری شده پرسش‌نامه‌ها توسط نرم‌افزار Expert choice مورد تجزیه و تحلیل گردید و میزان جذابیت تکنولوژی‌ها تعیین گردید. لازم به ذکر است که اعداد به دست آمده از محاسبه میزان جذابیت تکنولوژی‌ها، در بازه صفر تا صد برای هریک از تکنولوژی‌ها بر اساس نظر خبرگان ارزش‌گذاری شد که اطلاعات آن در جدول (۴) آمده است. شکل (۷) نشان‌دهنده درخت سلسله مراتبی AHP در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی می‌باشد.

- پاسخ سؤال سوم پژوهش
برای تعیین میزان جذابیت تکنولوژی‌ها از روش مقایسه زوجی و از مدل تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده شده است. در این روش با ارزیابی به روش مقایسه زوجی تکنولوژی‌ها نسبت به هر یک از شاخص‌های مشخص شده، میزان تأثیر هریک از تکنولوژی‌ها در رسیدن به اهداف استراتژیک تعیین شده است. برای بدست آوردن ماتریس جذابیت، پرسش‌نامه‌ای طراحی و از مدیران و کارشناسان مرتبط نظرسنجی گردید و بر اساس آن تأثیر هر یک از تکنولوژی‌ها در شاخص‌های

جدول ۴- فهرست جذابیت تکنولوژی‌های شرکت براساس ارزش‌گذاری نظر خبرگان

اولویت	نام تکنولوژی	نام انگلیسی	وزن	درصد جذابیت
۱	استفاده از تکنولوژی اسکادا ^۲ و تله متری	SCADA & Telemetry	۵۴/۸	۱۰۰
۲	استفاده از سیستم‌های گندزدایی مدرن	Modern disinfection	۲۳	۴۱/۹۷
۳	استفاده از انرژی‌های نو	New energy	۲۲/۲	۴۰/۵۱

Synthesis with respect to:

Goal: Priorities of technologies in abfar markazy.co

Overall Inconsistency = .78



شکل ۷- تحلیل حساسیت براساس کارائی در خصوص ترتیب ارجحیت جذابیت تکنولوژی‌ها

- پاسخ سؤال چهارم پژوهش

برای تعیین میزان توانمندی تکنولوژیک شرکت در واحدهای استراتژیک، از مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک استفاده گردید. توانمندی‌های تکنولوژیکی از دیدگاه مدل ارزیابی نیاز تکنولوژیک به ۶ دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از توانایی تبدیل، توانایی فروش، توانایی کسب، توانایی تغییر، توانایی طراحی و توانایی ایجاد که امتیازات مربوط به این توانمندی‌ها و میزان توانمندی تکنولوژیک شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی در واحدهای استراتژیک در جدول (۵) ارائه شده است. به منظور سنجش میزان توانمندی شرکت در این تکنولوژی‌ها، توانمندی تکنولوژیک شرکت در حوزه

مورد نظر ارزیابی شد. سپس با تعریف سطوح پیچیدگی (در ۶ سطح) برای هر یک از تکنولوژی‌های مورد بحث، میزان توانمندی شرکت مورد سنجش قرار گرفت. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه جهت سنجش توانمندی تکنولوژیک ۶ سطح در نظر گرفته شده است، برای تبدیل این سطوح به یک عدد کمی به گونه‌ای که در ماتریس قابل نمایش باشند، تقسیم‌بندی امتیازات بر اساس نظر خبرگان در نظر گرفته شده بطوریکه جامعه آماری با توجه به امتیازات به پرسش‌ها پاسخ داده‌اند. در واقع با ارائه یک فرم جهت ثبت نظرات در زمینه توانمندی تکنولوژی‌ها، میزان توانمندی در تکنولوژی مورد نظر، ارزیابی شد.

جدول ۵- میزان توانمندی تکنولوژیک شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی در واحدهای استراتژیک

نام تکنولوژی	توانایی تبدیل	توانایی فروش	توانایی کسب	توانایی تغییر	توانایی طراحی	توانایی ایجاد	مجموع امتیازات توانمندی‌ها در هر تکنولوژی	درصد توانمندی
استفاده از تکنولوژی اسکادا و تله متری	۱۰ تا ۰	۱۱ تا ۳۰	۳۱ تا ۵۰	۵۱ تا ۶۷	۶۸ تا ۸۵	۸۶ تا ۱۰۰	۳۰۵	۹۶/۸۲
استفاده از سیستم‌های گندزدایی مدرن	۱۰	۱۵	۵۰	۶۰	۷۵	۹۰	۳۰۰	۹۵/۲۳
استفاده از انرژی‌های نو	۱۰	۳۰	۴۰	۶۰	۸۰	۹۵	۳۱۵	۱۰۰

سپس با توجه به رتبه‌بندی جذابیت و توانمندی تکنولوژی‌ها در جداول (۴) و (۵) و نیز ماتریس توانمندی-جذابیت، جاهایی تکنولوژی در ماتریس توانمندی-جذابیت برای تکنولوژی‌های شرکت مطابق شکل (۸) حاصل گردید.



شکل ۸- ماتریس کلی توانمندی-جذابیت تکنولوژی‌ها

بر اساس شکل (۸) استراتژی‌های تکنولوژی مناسب شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی برای هر ناحیه ماتریس به صورت زیر می‌باشد:

تکنولوژی‌های ناحیه الف: تکنولوژی اسکادا و تله‌متری در این ناحیه واقع شده است. با توجه به بالا بودن توانمندی و جذابیت در این تکنولوژی، در بحث استفاده از اسکادا و تله‌متری کاهش هزینه‌های شرکت پیشنهاد می‌شود. در واقع می‌توان با صرفه‌جویی هزینه‌های نگهداری برای ۱۱۵۶ روستای

استان مرکزی، این سیستم را پیاده‌سازی نمود. با این کار در کمتر از یک سال سرمایه اولیه به شرکت باز خواهد گشت. ضمن اینکه به‌کارگیری این تکنولوژی منافع دیگری مانند کاهش هزینه‌ها، خطرات ناشی از رفت و آمد و مسائل زیست‌محیطی و امنیتی را نیز می‌تواند در برداشته باشد.

تکنولوژی‌های ناحیه ب: تکنولوژی‌های گنزدایی مدرن و استفاده از انرژی‌های نو در این ناحیه واقع شده‌اند. با توجه به توانمندی بالای شرکت در این تکنولوژی‌ها و پائین بودن جذابیت در آن‌ها لازم است هر چه سریع‌تر نسبت به گسترش استراتژی‌ها در استفاده از سیستم‌های گنزدایی مدرن و انرژی‌های نو اقدام شود. در این راستا اقدامات ذیل توصیه می‌شود:

۱- با توجه به شیوع بیماری در سطح کشور بالاخص فصول گرما و از طرفی عواقب جانبی و ضرر و زبانی که سیستم‌های قدیمی از قبیل پودر پر کلرین و گاز کلر دارند، بهتر است از سیستم مدرن استفاده شود تا عوارض فوق کاهش یابد.

۲- در بحث استفاده از انرژی‌های نو با توجه به مسائل زیست محیطی که استفاده نیروگاه‌ها از سوخت‌های فسیلی و آلاینده مثل مازوت و گاز برای تولید برق به دنبال دارد، و از طرفی با توجه به موقعیت خوب استان مرکزی در تمام فصول سال از نظر نور خورشید و انرژی‌های بادی، می‌توان بهترین استفاده را از انرژی‌های نو نمود.

با توجه به خاص بودن سخت‌افزارهای مورد نیاز تکنولوژی‌های این ناحیه، وجود این دستگاه‌ها در شرکت یک مزیت رقابتی محسوب می‌شود، بنابراین در صورت امکان باید دانش فنی این تکنولوژی‌ها را به سایر شرکت‌ها انتقال داد.

کیفی و اداره نگهداری و اداره نظارت تشخیص داده شدند. بر این اساس نیاز به تکنولوژی در این واحدها دارای اهمیت بیشتری است. همچنین فرآیند بهره‌برداری و نگهداری دارای بیشترین اهمیت نسبت به سایر فرآیندها است. در خصوص تعیین استراتژی‌های تکنولوژی مناسب برای شرکت نیز از بین مدل‌های ارائه شده با کمک مدل AHP، مدل ارزیابی نیاز تکنولوژی انتخاب شده است. از دیدگاه این مدل نیاز تکنولوژی به شش دسته تقسیم شده و میزان جذابیت و توانمندی در تکنولوژی‌های مورد نظر، ارزیابی شد. با توجه به رتبه‌بندی جذابیت و توانمندی تکنولوژی‌ها، سه تکنولوژی تله‌متری و اسکادا، سیستم‌های گنزدایی و انرژی‌های نو به ترتیب دارای بیشترین اهمیت در شرکت‌های آب‌فرا استان مرکزی می‌باشند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش پس از بررسی مدل هکس و مازلوف در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی و بر اساس مدل ۹ سطحی تکنولوژیک، سطح فعلی توانمندی‌های تکنولوژیک شرکت استخراج گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که این شرکت به لحاظ جذب، بکارگیری و اکتساب تکنولوژی امتیاز کمتری را در مقایسه با سایر ابعاد بدست آورده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که این شرکت به لحاظ جایگاه و سطح استراتژیک تکنولوژی در سطح ۳ و در طبقه یا کلاس c با رویکرد استراتژیک محور و در رده‌بندی جزئی پیشرو می‌باشد. واحدهای استراتژیک تکنولوژی در این شرکت، واحدهای کنترل

منابع

- خلیل، ط. ۱۳۸۱. مدیریت تکنولوژی. مترجم: سید کامران باقری و دیگران. انتشارات پیام متن.
- حاج فتحعلیها، ع. ۱۳۸۶. توسعه تکنولوژی. انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی، چاپ اول.
- طباطبائیان، س.ح.، محمدپور، م. و نجفی، ا. ۱۳۸۴. ارزیابی توانمندی تکنولوژی در سطح بنگاه. چاپ آرین.
- خمسه، ع. و شفقت، س. ۱۳۸۹. ارزیابی سطوح توانمندی تکنولوژیک در صنایع فلزی با مدل نیاز تکنولوژیک (تحقیق موردی: سازه‌های فلزی یاسان). چهارمین کنفرانس مدیریت تکنولوژی. تهران.
- Hax A.C., Majluf N.S. 1996. The Strategy Concept & Process: A Pragmatic Approach. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.

بطور کلی عمده تکنولوژی‌های این شرکت در داخل کشور تهیه و تامین می‌شود و تکنولوژی‌های این صنعت از پیچیدگی بسیار بالایی برخوردار نیست. لذا یادگیری و جذب تکنولوژی فرآیند پیچیده‌ای نمی‌باشد. بنابراین شرکت آب‌فار می‌تواند از طریق شرکت در همایش‌ها و مقالات و کنفرانس‌های معتبر علمی به راحتی تکنولوژی‌های مورد نیاز خود را اکتساب نماید.

پی‌نوشت

- 1- Analytic hierarchy process
- ۲- اسکادا (SCADA) مخفف کلمات Supervisory Control And Data Acquisition به معنی کنترل سوپروایزری (نظارت مدیریتی) و اخذ داده‌ها می‌باشد. در واقع اسکادا تله‌متری یک سیستم کنترلی گسترده برای نظارت و یا کنترل فرآیندهای گسترده و توزیع یافته نظیر تأمین آب شهری می‌باشد.

Assessment improvement of financial performance through representative of indexes by Grey Relational Analysis (GRA)

(case study: urban water and sewage companies)

M. Davoodabadi^{1*}, Sh. Shalpoosh², H. Blourchi³

1, 2- master of financial and master of business m.g.m ,national water and sewage engineering company, Tehran, Iran. 3- MSc student in accounting, Tehran university, Iran.

*(Corresponding Author Email: davoodabadi@nww.ir)

Received: 18-4-2015

Accepted: 11-8-2015

بهبود ارزیابی عملکرد مالی با انتخاب نماینده شاخص‌ها با رویکرد تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری

(مطالعه‌ی موردی: شرکت‌های آب و فاضلاب شهری)

محمد داودآبادی^۱، شعله شالپوش^۲، حامد بلورچی^۳

۱ و ۲- به ترتیب کارشناس ارشد حسابداری و کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی، شرکت مادر تخصصی مهندسی آب و فاضلاب کشور. ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد حسابداری، دانشگاه تهران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: davoodabadi@nww.ir)

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲۰

Abstract

Assessing financial performance is one of the most important in functional domains, because financial information is considered for the basis of making decisions. organizations use various indexes for assessing performance in quantitative techniques. although these sorts of assessments provide useful information, but the comprehensive concept will never be concluded because of considering all the indexes without regarding their importance. So identifying the representative of indexes, using scientific models will be so effective for the results. In this study according to the financial indexes of water and waste water companies (60 indexes) using grey relational analysis theory, the representative of indexes (25 indexes) are selected for assessing performance. Then the performance of the water and waste water companies will be ranked in two conditions: without representative of index and with representative of index on the basis of Topsis. The results will show weak correlation between the above said conditions (0.217). The grey relational analysis model can be used as an effective tool for selecting indexes to improve performance assessment.

Keywords: performance assessment, Grey Relational Analysis theory, Fuzzy theory, Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS), Entropy Shannon model.

چکیده

سنجش عملکرد مالی یکی از مهم‌ترین حوزه‌های عملکردی است، زیرا اطلاعات مالی زیر بنای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها محسوب می‌شود. سازمان‌ها از شاخص‌های متنوعی در بستر تکنیک‌های کمی برای ارزیابی عملکرد استفاده می‌کنند. اگر چه این نوع ارزیابی‌ها، اطلاعات مفیدی را فراهم می‌آورد، اما به دلیل لحاظ کردن کلیه شاخص‌ها، بدون توجه به درجه‌ی اهمیت آن‌ها، تصویر جامعی از عملکرد حاصل نمی‌شود. بنابراین شناسایی نماینده‌ی شاخص‌ها با استفاده از مدل‌های علمی تأثیر زیادی بر نتیجه‌های ارزیابی عملکرد خواهد داشت. در این پژوهش، ابتدا بر اساس شاخص‌های مالی شرکت‌های آب و فاضلاب (۶۰ شاخص)، با تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری، نماینده‌ی شاخص‌ها (۲۵ شاخص) برای ارزیابی عملکرد انتخاب شده است. سپس عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب در دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها با مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل (تاپسیس^۱) رتبه‌بندی شده است. نتایج نشان می‌دهد، همبستگی ضعیفی (۰/۲۱۷) بین دو وضعیت ارزیابی عملکرد وجود دارد و مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری^۲ می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای انتخاب نماینده‌ی شاخص‌ها در راستای بهبود ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار بگیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری، تئوری فازی، مدل شباهت به گزینه‌های ایده‌آل، مدل آنتروپی شانون.

گزینه‌های ایده‌آل استفاده شده است. نتایج پژوهش می‌تواند مدیریت ارشد شرکت مادر تخصصی آب و فاضلاب کشور را در سطح ارزیابی عملکرد بخشی صنعت یاری نماید. قلمرو مکانی پژوهش شرکت‌های آب و فاضلاب شهری (۳۵ شرکت)، قلمرو زمانی سال ۱۳۹۲ و از نرم‌افزارهای MATLAB, JGRA و SPSS استفاده شده است.

- اهداف و الزامات (کاربرد تحلیل رابطه‌ی خاکستری در ارزیابی عملکرد)

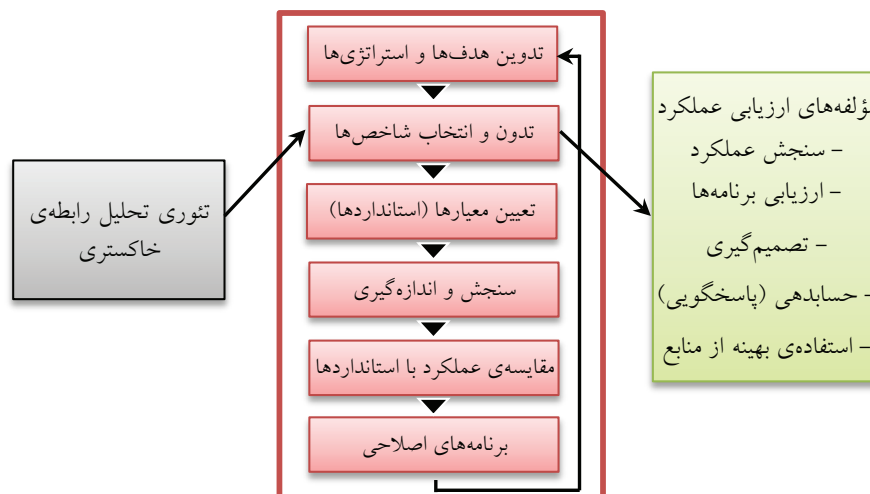
ارزیابی عملکرد یک رویکرد سامانه‌ای است که طی فرآیندی منسجم بر اساس تعدادی شاخص انجام می‌شود. از این روی یکی از الزام‌های ارزیابی عملکرد، وجود شاخص‌های کارآمد می‌باشد. شاخص‌ها، نهاده‌های ارزیابی عملکرد محسوب می‌شوند که منجر به نتیجه‌های ارزیابی (برونداد) می‌شوند. بنابراین شاخص‌ها در ارزیابی عملکرد باید به گونه‌ای انتخاب شوند که بیش‌ترین کارآمدی را از ارزیابی عملکرد داشته باشند. این پژوهش در راستای پاسخ‌گویی به سؤال زیر طراحی شده است:

- در صورت استفاده از شاخص‌های نماینده برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب، آیا ارزیابی عملکرد در مقایسه با وضعیتی که از شاخص‌های نماینده استفاده نمی‌شود تغییر می‌کند؟
تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری یکی از مدل‌های کمی در انتخاب شاخص‌ها می‌باشد که در مقایسه با سایر روش‌های موجود، کارآمدی بیش‌تری دارد. مهم‌ترین کاربرد تحلیل رابطه‌ی خاکستری، کاهش شاخص‌های اندازه‌گیری عملکرد با دسته‌بندی کردن شاخص‌ها و یافتن شاخص‌های نماینده به عنوان معیار ارزیابی از میان انبوهی از اطلاعات می‌باشد. نقش تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری در ارزیابی عملکرد مطابق شکل (۱) است (مؤمنی و همکاران، ۱۳۹۰).

سازمان‌ها از تکنیک‌های متعددی در انجام وظایف مدیریتی، استفاده‌ی بهینه از منابع، افزایش کارآمدی، نظارت، اثربخشی و پاسخ‌گویی بهره می‌گیرند. یکی از این تکنیک‌ها، ارزیابی عملکرد است که از کاربردهای مهم نظریه‌های انگیزش در مدیریت است. ارزیابی عملکرد، ابزاری برای شناخت وضعیت گذشته، حال و آینده است که با بررسی و شناسایی مشکلات، به مدیر این اجازه را می‌دهد تا راه کارهای عملی را برای رسیدن به وضعیت مطلوب اتخاذ نماید. امروزه نظر به تحولات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی نقش ارزیابی عملکرد از وظیفه‌ی سنتی آن (قضاوت و سنجش عملکرد) پارا فراتر گذاشته و بر رشد، توسعه و بهبود متمرکز شده است.

در سنجش عملکرد اغلب با مواردی مواجه می‌شویم که اطلاعات کافی در اختیار نیست و یا حجم بالایی از اطلاعات در دسترس است که بررسی آن مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی است و موجب پیچیدگی محاسبات و نتایج می‌شود. از سویی دیگر، استفاده از نظرات تصمیم‌گیرندگان و سایر روش‌های موجود نیز مستلزم شرایط و محدودیت‌های خاصی می‌باشند. یکی از مدل‌های علمی که برای ارزیابی عملکرد و موارد مشابه در شرایط عدم قطعیت مانند ریاضیات فازی استفاده می‌شود، تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری است. این تئوری یکی از زیر مجموعه‌های مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه^۲ است و قابلیت‌های با ارزشی در انتخاب یا کاهش شاخص‌ها دارد.

هدف اصلی پژوهش، شناسایی نماینده‌ی شاخص‌ها از بین ۶۰ شاخص با تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری به منظور شناسایی و مقایسه‌ی نتایج ارزیابی در دو وضعیت بدون شاخص‌های نماینده و با شاخص‌های نماینده است. به منظور تصریح نتیجه‌ی استفاده از نماینده‌ی شاخص‌ها، از مدل شباهت به



شکل ۱- الگوی مفهومی ارزیابی عملکرد مالی با انتخاب نماینده‌ی شاخص‌ها با تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری

- تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری، با ترکیب دامنه‌ی تمامی ارزش شاخص‌های عملکردی به یک ارزش واحد، مسأله را حل می‌کند. این ویژگی مسأله‌ی اولیه را به یک مسأله‌ی تصمیم‌گیری تک شاخصه تبدیل می‌کند و دقت عملکرد را افزایش می‌دهد.

- این روش قابلیت تفکیک‌پذیری بهتر گزینه‌ها را دارد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰).

- سامانه‌های خاکستری

اگر اطلاعات واضح و روشن یک سامانه با رنگ سفید و در مقابل اطلاعات به طور کامل ناشناخته با رنگ سیاه تجسم شود، در این صورت اطلاعات مربوط به بیشتر سامانه‌ها، اطلاعات سفید و یا سیاه نیستند، بلکه مخلوطی از آن دو رنگ یعنی، خاکستری است (شکل ۲). این گونه سامانه‌ها را سامانه‌های خاکستری می‌نامند که از مشخصه‌های آن‌ها، کامل نبودن اطلاعات است. خاکستری بودن به معنای کمبود و نقص اطلاعات و عدم اطمینان است.



شکل ۲- نمودار مفهومی یک سامانه‌ی خاکستری

این مدل مانند تئوری‌های فازی یک مدل ریاضی اثربخش برای حل مسائل نامشخص است. تحلیل رابطه‌ی خاکستری اولین بار در سال ۱۹۸۲ توسط Deng Cholang از دانشگاه علوم و تکنولوژی هازمونگ چین به دنیای مدیریت معرفی شد. جدول (۱) نشان‌دهنده‌ی برخی از پژوهش‌های کاربرد تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری می‌باشد (Wang و Cheng، ۲۰۰۴).

این پژوهش از لحاظ هدف از نوع کاربردی است و از طرح شبه تجربی و رویکرد پس رویدادی استفاده می‌کند. زمانی از این روش استفاده می‌شود که داده‌ها به گونه‌ی طبیعی وجود داشته باشد یا از واقعیت‌هایی که بدون دخالت مستقیم پژوهشگر رخ داده، فراهم شود. این روش برای انجام پژوهش‌هایی استفاده می‌شود که پژوهشگر در جست‌وجوی علت روابط معینی است که در گذشته رخ داده است. همچنین روش تحقیق به لحاظ گردآوری داده‌ها و مبانی نظری از نوع توصیفی است.

- انتخاب مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری

روش‌های متنوعی به جز مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری مانند رگرسیون خطی، تجزیه و تحلیل عاملی^۴ و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای^۵ برای شناسایی نماینده‌ی شاخص‌ها وجود دارد. روش‌های فوق دارای محدودیت‌های زیر می‌باشند و استفاده از آن‌ها در مواردی غیرممکن است.

- امید ریاضی خطاها صفر ($E_{ei}=0$) و واریانس خطاها ثابت باشد ($v_{ei}=\sigma^2$).

- بین خطاها، همبستگی وجود نداشته باشد ($cov_{ei,ej}=0$).

- متغیر وابسته باید دارای توزیع نرمال باشد و حداقل به ۳۰ نمونه نیاز است.

- متغیرهای مستقل دارای خود همبستگی نباشند (نیرومند، ۱۳۸۸). محدودیت‌های فوق در تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری وجود ندارد و در مقایسه با روش‌های فوق دارای مزایای زیر است:

- وقتی که تعداد خبرگان، حجم نمونه و یا سطح تجربه و دانش آن‌ها کم باشد و نتوان مانند تئوری فازی برای عدم قطعیت در نظر خبرگان توابع عضویت تعریف کرد.

جدول ۱- برخی از پژوهش‌های داخلی و خارجی انجام شده با مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری

پژوهشگران	سال	خلاصه‌ی پژوهش
Wang و Cheng	۲۰۰۴	تحلیل خطرات بالقوه‌ی آسیب‌های ناشی از طوفان با استفاده از تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری و تحلیل سلسله مراتبی در کشور تایوان.
Wang و همکاران	۲۰۰۷	ترکیب مدل تحلیل پوششی داده‌ها و مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری در بهبود سنجش کارایی
Zhang و همکاران	۲۰۰۶	استفاده از مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری برای حل مسائل مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه
محمدی و همکاران	۱۳۹۰	ارائه‌ی مدل تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی، تحلیل رابطه‌ی خاکستری و برنامه‌ریزی چند هدفه به منظور انتخاب شریک تجاری.
مؤمنی و همکاران	۱۳۹۰	ارزیابی سامانه‌های مدیریت دانش با رویکرد تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری.
محمدی و مولایی	۱۳۸۹	ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌های سرمایه‌گذاری بورس اوراق بهادار تهران برای سرمایه‌گذاری بهینه.

- مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری

هر سامانه‌ی خاکستری با اعداد خاکستری، معادلات خاکستری و ماتریس‌های خاکستری توصیف می‌شود. عدد خاکستری می‌تواند به عنوان عددی با اطلاعات نامطمئن تعریف شود که مقدار دقیق آن نامشخص است، اما بازه‌ای که مقدار آن را در بر می‌گیرد شناخته شده است. اعداد خاکستری می‌توانند فقط با کران پایین به شکل $\otimes \in [a, \infty)$ یا با کران بالا به شکل $\otimes \in (-\infty, \bar{a}]$ یا این که هم دارای کران پایین a و هم دارای کران بالا $\bar{a}$ باشند که در این حالت به عدد خاکستری بازه‌ای معروفند و به شکل $\otimes \in [a, \bar{a}]$ نمایش داده می‌شوند. تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری با تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری اولیه، شروع و در چهار مرحله انجام می‌شود (Lin و همکاران، ۲۰۰۲).

- ایجاد رابطه‌ی خاکستری^۶

زمانی که مقیاس‌های اندازه‌گیری برای شاخص‌های گوناگون متفاوت باشند، ممکن است تعدادی از شاخص‌ها لحاظ نشوند و یا هنگامی که برخی از شاخص‌های عملکردی از دامنه‌ی گسترده‌ای برخوردار باشند، ممکن است چنین اتفاقی روی دهد. همچنین اگر مطلوبیت شاخص‌ها (مثبت یا منفی) با یکدیگر تفاوت داشته باشند منجر به نتیجه‌های نادرست می‌شود. برای رفع مشکلات فوق، تبدیل ارزش‌های تمام شاخص‌ها (بی‌مقیاس‌سازی^۷) برای هر گزینه ضروری است. روش‌های نرم ساعتی، اقلیدسی و فازی برای بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری اولیه وجود دارد. در این پژوهش مانند سایر پژوهش‌های انجام شده از روش فازی مطابق رابطه‌ی (۱) برای مطلوبیت بیشتر، رابطه‌ی (۲) برای مطلوبیت کم‌تر و رابطه‌ی (۳) برای حالتی که هر چه مقدار شاخص به ارزش مطلوب (γ^*) نزدیک‌تر باشد، استفاده شده است. نرمالیزه کردن شاخص‌ها باعث می‌شود تا عددهای خاکستری نرمالیزه شده در فاصله‌ی [۱، ۰] قرار بگیرند. در این مرحله ماتریس بردار سطری وزنی نسبی شاخص‌ها $(R = [r_{ij}]_{m \times n})$ با ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه شده، ضرب می‌شود که حاصل آن ماتریس وزین تصمیم‌گیری نرمالیزه است (مؤمنی و همکاران، ۱۳۹۰ و اصغری‌پور، ۱۳۸۷).

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - (x_{ij})_{\min}}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}} \quad (1)$$

$$x_{ij} = \frac{(x_{ij})_{\max} - x_{ij}}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}} \quad (2)$$

$$x_{ij} = \frac{|\gamma_{ij} - \gamma_j^*|}{\max\{\max\{\gamma_{ij}, i=1,2,\dots,m\} \gamma_j^*, \gamma_{ij}^* \max\{\gamma_{ij}, i=1,2,\dots,m\}\}} \quad (3)$$

- تعریف سری‌های هدف مرجع^۸

پس از ایجاد روابط خاکستری با استفاده از رابطه‌های (۱) تا (۳) به فراخور ماهیت شاخص‌ها تمامی ارزش‌های عملکرد در مقیاس [۰، ۱] قرار می‌گیرند. چنانچه برای شاخص z در گزینه i ارزش x_{ij} برابر یک باشد یا از ارزش مربوط به هر گزینه دیگری به یک نزدیک‌تر باشد، به آن معنی است که عملکرد گزینه‌ی i در شاخص z از سایر گزینه‌ها بهتر است. بنابراین اگر برای گزینه‌ای تمامی ارزش‌های عملکردی برابر یک باشد، این گزینه بهترین انتخاب خواهد بود. بنابراین سری هدف به صورت $x_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0j}, \dots, x_{0n}) = (1, 1, \dots, 1, \dots, 1)$ تعریف می‌شود $(H = [\Delta_{ij}]_{m \times n})$ و بعد از آن جست‌وجوی گزینه‌هایی انجام می‌شود که ارزش‌های بی‌مقیاس آن‌ها به یک سری هدف نزدیک‌تر باشد (مؤمنی و همکاران، ۱۳۹۰).

- محاسبه‌ی ضریب رابطه‌ی خاکستری

ضریب رابطه‌ی خاکستری برای تعیین میزان نزدیکی x_{0j} به x_{ij} استفاده می‌شود. هر چه ضریب رابطه‌ی خاکستری بزرگ‌تر باشد، x_{0j} به x_{ij} نزدیک‌تر است. ضریب رابطه‌ی خاکستری مطابق رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود. هدف استفاده از ضریب تشخیص، گسترش یا محدود ساختن دامنه‌ی ضریب رابطه‌ی خاکستری است.

$$\gamma(x_{0j} - x_{ij}) = \frac{\Delta Min + \zeta \Delta Max}{\Delta ij + \zeta \Delta Max} \quad i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

رابطه‌ی (۴) ضریب رابطه‌ی خاکستری میان x_{0j} و x_{ij} را نشان می‌دهد و سایر پارامترهای آن مطابق موارد زیر است (محمدمی و همکاران، ۱۳۹۰).

$$\Delta ij = x_{0j} - x_{ij}$$

$$\Delta Min = \min\{\Delta_{ij}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n\}$$

$$\Delta Max = \max\{\Delta_{ij}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n\}$$

$$\zeta [0, 1] \quad \text{ضریب تشخیص}$$

- محاسبه‌ی رتبه‌ی رابطه‌ی خاکستری

پس از محاسبه‌ی تمامی ضرایب، رتبه‌ی رابطه‌ی خاکستری با استفاده از رابطه‌ی (۵) محاسبه می‌شود.

$$\gamma(x_{0j} - x_{ij}) = \sum_{k=1}^n w_j \gamma(x_{0j} - x_{ij}) \quad i=1,2,\dots,m \quad (5)$$

رابطه‌ی (۵) رتبه‌ی رابطه‌ی خاکستری بین x_0 و x_i را نشان می‌دهد. این عبارت میزان همبستگی میان سری مرجع هدف و سری مقایسه‌ای را نشان می‌دهد. متغیر w_j وزن شاخص z است که می‌تواند توسط تصمیم‌گیرندگان نهایی یا هر مدل علمی دیگری مانند آنتروپی شانون انجام شود.

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، بر روی هر شاخص سری مرجع هدف نشان دهنده‌ی بهترین عملکردی است که در میان سری‌های مقایسه‌ای قابل حصول است. بنابراین اگر یک سری مقایسه‌ای برای یک گزینه بالاترین رتبه‌ی رابطه‌ی خاکستری

را با سری مرجع هدف داشته باشد، به آن معنی است که این سری مقایسه‌ای دارای بیش‌ترین شباهت با سری مرجع هدف است و بنابراین گزینه‌ی فوق‌بهترین انتخاب است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰).

یافته‌های پژوهش

مطابق مطالب ارائه شده، یافته‌های پژوهش شامل تعیین وزن نسبی شاخص‌ها در دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها، انتخاب نماینده‌ی شاخص‌ها با استفاده از تئوری رابطه‌ی خاکستری و تصریح تئوری رابطه‌ی خاکستری با ارزیابی عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب و رویکرد شباهت به گزینه‌های ایده‌آل است.

نظر به حجم بسیار زیاد ماتریس تصمیم‌گیری اولیه (۳۵ × ۶۰) و محاسبات از گزارش جزئیات صرف‌نظر می‌شود و فقط

نتیجه‌های نهایی گزارش می‌شود (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۹۲).

- تعیین وزن نسبی شاخص‌ها

در این پژوهش برای تعیین اهمیت وزن شاخص‌ها از مدل آنتروپی شانون در بستر نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. سهم نسبی وزن گروه‌های هر شاخص مطابق جدول (۲) می‌باشد. طبق این جدول مشخص می‌شود که برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب، تمام شاخص‌ها از اهمیت یکسانی برخوردار نیستند (اصغری‌پور و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۲- وزن نسبی شاخص‌ها با رویکرد مدل آنتروپی شانون در دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها

شرح	بدون نماینده‌ی شاخص‌ها		با نماینده‌ی شاخص‌ها	
	تعداد	وزن (درصد)	تعداد	وزن (درصد)
نقدینگی	۳	۴/۹۳	۳	۱۱/۳۲
فعالیت (کارآمدی)	۵	۹/۷۶	۲	۱۱/۹۷
سرمایه‌گذاری (اهرمی)	۵	۸/۲۲	۴	۱۵/۲۳
سودآوری	۶	۹/۶۸	۱	۳/۷۵
بهره‌وری	۱۲	۲۰/۶۱	۶	۲۲/۳۱
کارکنان	۷	۱۱/۹۸	۱	۳/۶۹
مشترکین	۵	۸/۱۹	۲	۷/۳۹
تجهیز و تخصیص منابع	۷	۱۲/۰۷	۴	۱۲/۱۷
فرآیندهای مدیریت داخلی	۱۰	۱۴/۵۶	۲	۱۱/۱۶
جمع	۶۰	۱۰۰	۲۵	۱۰۰

- انتخاب نماینده‌ی شاخص‌ها با استفاده از تئوری رابطه‌ی خاکستری مطابق محاسبه‌های انجام شده بر اساس رابطه‌های (۱) تا (۵) و ماتریس تصمیم‌گیری اولیه (۶۰ شاخص) در بستر نرم‌افزار JGRA، نماینده‌ی شاخص‌های مالی برای ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۲ با رویکرد تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری مطابق جدول (۳) می‌باشد.

- ارزیابی عملکرد با مدل شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل رتبه‌بندی عملکرد مالی شرکت‌های آب و فاضلاب با استفاده از مدل شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل در دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها (۶۰ شاخص) و با نماینده‌ی شاخص‌ها (۲۵ شاخص) مطابق جدول (۴) می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر درجه‌ی خاکستری شاخص‌ها برای ارزیابی عملکرد صنعت آب و فاضلاب

رتبه	عنوان	درجه‌ی خاکستری	رتبه	عنوان	درجه‌ی خاکستری
۱	نسبت گردش سرمایه‌ی جاری	۰/۶۲۴۸۷	۱۴	بهره‌وری نیروی انسانی (خالص)	۰/۴۳۱۴۹
۲	نسبت کالا به سرمایه در گردش	۰/۶۲۱۹۸	۱۵	قیمت خدمات دفع فاضلاب (فروش)	۰/۴۲۹۸۲
۳	اثربخشی نیروی انسانی (خالص)	۰/۵۶۲۳۹	۱۶	هزینه‌ی فرصت از دست رفته	۰/۴۲۸۳۲
۴	ارزش افزوده‌ی خالص	۰/۴۹۶۶۱	۱۷	نسبت سرمایه‌گذاری به فروش	۰/۴۲۲۶۸
۵	رشد بازار (معادل آحاد)	۰/۴۸۵۹۸	۱۸	بدهی‌های جاری به ارزش ویژه	۰/۴۲۲۵۶
۶	نسبت سرمایه‌گذاری داخلی به فروش	۰/۴۷۵۱۶	۱۹	سرمایه‌گذاری به ارزش افزوده‌ی ناخالص	۰/۴۲۰۵۴
۷	گردش مالی داخلی	۰/۴۷۱۷۱	۲۰	نسبت بدهی بلند مدت	۰/۴۱۹۴۴
۸	سهم مشارکت سرانه‌ی مشترکین طی دوره	۰/۴۷۱۰۶	۲۱	کل بدهی‌ها به ارزش ویژه	۰/۴۱۶۹۳
۹	گردش مالی کل	۰/۴۴۶۶۷	۲۲	نسبت دارایی‌های جاری	۰/۴۱۶۲۲
۱۰	بهره‌وری سرمایه (خالص)	۰/۴۳۹۱۳	۲۳	نسبت آبی	۰/۴۱۵۷۲
۱۱	ارزش افزوده‌ی خالص سرانه‌ی آحاد مشترک	۰/۴۳۵۵۳	۲۴	نسبت پوشش بدهی	۰/۴۱۵۲۲
۱۲	بهره‌وری مواد اولیه، حیاتی و انرژی (خالص)	۰/۴۳۴۹۹	۲۵	نسبت جاری	۰/۴۱۵۱۸
۱۳	نسبت پوشش سود (زیان)	۰/۴۳۳۲۲			

جدول ۴- رتبه‌بندی عملکرد مالی شرکت‌های آب و فاضلاب با استفاده از مدل شباهت به گزینه‌ی ایده‌آل در دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها

شرکت	بدون نماینده‌ی شاخص‌ها	با نماینده‌ی شاخص‌ها	اختلاف	شرکت	بدون نماینده‌ی شاخص‌ها	با نماینده‌ی شاخص‌ها	اختلاف
Co-01	۸	۵	۳	Co-19	۱۲	۲۵	(۱۳)
Co-02	۲۶	۷	۱۹	Co-20	۱۹	۲۴	(۵)
Co-03	۷	۳۰	(۲۳)	Co-21	۲۲	۳۱	(۹)
Co-04	۱۱	۲۱	(۱۰)	Co-22	۴	۱۴	(۱۰)
Co-05	۳۱	۲۷	۴	Co-23	۲۹	۳۴	(۵)
Co-06	۲۵	۳۳	(۸)	Co-24	۳۰	۶	۲۴
Co-07	۱	۴	(۳)	Co-25	۱۳	۳۵	(۲۲)
Co-08	۹	۱۲	(۳)	Co-26	۳۴	۱۸	۱۶
Co-09	۱۸	۱۳	۵	Co-27	۱۰	۲۸	(۱۸)
Co-10	۶	۹	(۳)	Co-28	۲۷	۲۳	۴
Co-11	۳۵	۳۲	۳	Co-29	۳۲	۱۷	۱۵
Co-12	۱۴	۱۹	(۵)	Co-30	۲۴	۱۱	۱۳
Co-13	۲۱	۲۲	(۱)	Co-31	۲	۱۹	(۱۷)
Co-14	۱۷	۱۶	۱	Co-32	۵	۲۶	(۲۱)
Co-15	۳	۱	۲	Co-33	۳۳	۲۹	۴
Co-16	۲۸	۱۵	۱۳	Co-34	۲۰	۱۰	۱۰
Co-17	۱۵	۲۰	(۵)	Co-35	۱۶	۳	۱۳
Co-18	۲۳	۸	۱۵				

برای بررسی میزان همبستگی در دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها بر اساس اطلاعات جدول (۴) از ضریب همبستگی استفاده شد. با توجه به این که داده‌ها از نوع رتبه‌ای می‌باشند، در بستر نرم‌افزار SPSS از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شده که نتیجه‌ی آن مطابق جدول (۵) است.

مطابق جدول (۵) مشاهده می‌شود که بین دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها همبستگی قابل ملاحظه‌ای از نوع مستقیم و ناقص (۰/۲۱۷) وجود دارد. این به آن معنی است که یک ارتباط ضعیفی بین دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها وجود دارد. همچنین از آن جایی که سطح معنی‌داری آزمون (۰/۰۲۹۸) کمتر از مقدار α است، بنابراین در سطح اطمینان حداقل ۹۵ درصد، فرض H_0 رد و فرض H_1 پذیرفته می‌شود و نتیجه

نتیجه‌گیری

نقش اطلاعات مالی در شناسایی عملکرد، یکی از موضوعات اجتناب‌ناپذیر می‌باشد و سازمان‌ها برای دسترسی به وضعیت مطلوب و برنامه‌های بلند مدت باید تصمیم‌های استراتژیک را بر مبنای داده‌های قابل اطمینان که محصول نهایی ارزیابی عملکرد است، اتخاذ نمایند. از این روی تولید، سازمان‌دهی و تحلیل اطلاعات با مدل‌های علمی برای تبدیل داده‌های اولیه به اطلاعات مفید و اثربخش بسیار الزامی به نظر می‌رسد. هدف اصلی پژوهش، شناسایی نماینده‌ی شاخص‌ها به منظور افزایش بهبود نتایج ارزیابی عملکرد مالی با مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری است. همان‌طور که بررسی شد مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری می‌تواند بدون دخالت عامل سلیقه‌ای و با توجه به عملکرد واقعی، میزان درجه و رتبه‌ی عملکرد مالی شرکت‌های آب و فاضلاب را بر اساس نماینده‌ی شاخص به صورت یک مجموعه‌ی واحد مشخص نماید.

انتخاب شاخص‌های نماینده برای ارزیابی عملکرد با رویکرد مدل‌های علمی از جمله تحلیل رابطه‌ی خاکستری از مطمئن‌ترین روش‌های علمی با لحاظ کردن تمامی ابعاد برای شناسایی عملکرد می‌باشند که این امر تأثیر به سزایی بر اثربخشی ارزیابی عملکرد، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و ... دارد. همچنین نتایج این پژوهش، می‌تواند توجیهی مناسب برای کنار گذاشتن شاخص‌هایی باشد که بازدهی مناسبی ندارند. با مروری بر آنچه در این پژوهش به وقوع پیوست نتیجه‌هایی به شرح زیر می‌توان مد نظر قرار داد:

می‌شود که بین دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها تفاوت قابل ملاحظه‌ای در ارزیابی عملکرد وجود دارد.

جدول ۵- ضریب و آزمون همبستگی اسپیرمن ارزیابی عملکرد در دو وضعیت بدون نماینده‌ی شاخص‌ها و با نماینده‌ی شاخص‌ها

Account		بدون نماینده‌ی شاخص‌ها	با نماینده‌ی شاخص‌ها
بدون نماینده‌ی شاخص‌ها	Correlation Coefficient	۱	۰/۲۱۷
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۲۹۸	-
با نماینده‌ی شاخص‌ها	Correlation Coefficient	۰/۲۱۷	۱
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۲۹۸	-

- تعداد زیاد شاخص‌ها موجب افزایش حجم اطلاعات و مستلزم زمان و صرف هزینه‌ی زیادی است و استفاده از مدل تحلیل رابطه‌ی خاکستری موجب صرفه‌جویی در جمع‌آوری اطلاعات نامربوط و هزینه‌ها می‌شود.

- انباشتن شاخص‌های بسیار زیاد و گسترش دامنه‌ی تجزیه و تحلیل عملکرد در بسیاری از موارد، موجب ابهام در تصمیم‌گیری می‌شود (فلج موشکافانه^۱). همچنین استفاده‌ی اندک از شاخص‌ها در تجزیه و تحلیل عملکرد موجب سست شدن نتایج و تصمیم‌گیری می‌شود. انتخاب مناسب شاخص‌ها با رویکرد مدل‌های کمی از جمله تئوری تحلیل خاکستری مشکلات فوق را مرتفع می‌کند.

- شاخص‌های معین و استاندارد برای ارزیابی تمام سازمان‌ها وجود ندارد و سازمان‌ها بایستی شاخص‌های مناسبی را بر اساس شرایط محیطی و با تحلیل اطلاعات استخراج نمایند که در این زمینه تئوری رابطه‌ی خاکستری بسیار اثربخش است.

- وظیفه‌ی مدیریت یعنی، برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، رهبری و کنترل، و مستلزم تصمیم‌گیری‌های صحیح می‌باشد. در این راستا اطلاعات صحیح که ناشی از تجزیه و تحلیل علمی باشد، تأثیر عمده‌ای بر این وظیفه خواهد داشت و مدل‌های علمی قادر به تولید اطلاعات صحیح می‌باشد.

در نهایت با عمومیت داشتن نتایج پژوهش با رویکرد مدل‌های مورد استفاده که از اعتبار علمی برخوردار می‌باشند، می‌توان از آن‌ها در سایر سازمان‌های خدمات عمومی شهری مانند شرکت‌های برق، گاز، مخابرات و ... استفاده نمود.

- 5- Factor Analysis
- 6- Cluster Analysis
- 7- Grey Relational Generating
- 8- Incommensurable
- 9- Reference Sequence Definition
- 10- Analysis Paralysis

- 1- Technique For Order Preference By Similarity To
- 2- Ideal Solution (TOPSIS)
- 3- Grey Relational Analysis (GRA)
- 4- Multiple Attribute Decision Making (MADM)

منابع

- Cheng S.P. & Wang R.Y. 2004. Analyzing Hazard Potential Of Typhoon Damage By Applying Grey Analytic Hierarchy Process. *Natural Hazards*. 37: 77-103.
- Lin C.L., Lin J. L. and Ko T. C. 2002. Optimisation of the EDM Process Based on the Orthogonal Array with Fuzzy Logic and Grey Relational Analysis Method. *Int J Adv Manuf Technol*. 19: 271-277.
- Wang S., Mua Q. and Guan Z. 2007. Measuring Hospital Efficiency In China Using Grey Relational Analysis And Data Envelopment Analysis. *International Conference On Grey System And Intelligent Service*, PP.135-139.
- Zhang J., Desheng Wu. and Olson D.L. 2005. The Method Of Grey Related Analysis To Multiple Attribute Decision Making Problems With Interval Numbers, *Mathematical And Computer Modeling*. Volume 42, Issues 9-10: 991-998.

- اصغریور، م.ج. ۱۳۸۷. تصمیم‌گیری چند معیاره. انتشارات دانشگاه تهران. دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری.
- شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. ۱۳۹۲. گزارش ارزیابی عملکرد مالی. روایت نوزدهم. دفتر نظارت مالی، بودجه و امور مجامع عمومی.
- مؤمنی، م.، حسین‌زاده، م.، جام‌پردازی، م. و مهرافروز، م. ۱۳۹۰. ارائه‌ی رویکرد جدید برای ارزیابی سامانه‌های مدیریت دانش با روش تئوری تحلیل رابطه‌ی خاکستری. نشریه‌ی مدیریت تولید و عملیات ۲: ۵۵-۷۲.
- محمدی، ع.، حسین‌زاده، م.، و باقرزاده آذر، م. ۱۳۹۰. ارائه‌ی مدل تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی، تحلیل رابطه‌ی خاکستری و برنامه‌ریزی چند هدفه به منظور انتخاب شریک تجاری. نشریه‌ی چشم‌انداز مدیریت، ۱: ۱۷-۳۷.
- محمدی، ع و مولایی، ن. ۱۳۸۹. کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره خاکستری در ارزیابی عملکرد شرکت‌ها. نشریه‌ی مدیریت صنعتی، ۴: ۱۲۵-۱۴۲.
- نیرومند، ح.ع. ۱۳۸۸. تحلیل آماری چند متغیره کاربردی. مؤسسه‌ی چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

The analysis of the bank payment of water bills and its impact on expenditures of the Water and Wastewater companies

M. Zeinali Najafabadi^{1*}, H. Mozafarian², SH. Baharloee³

1,2,3- Master of Mathematical Statistics, Bachelor of information technology & Bachelor of Physics, Water and Wastewater Engineering Company.

*(Corresponding Author Email: Mhm_8686@yahoo.com)

Received: 18-4-2015

Accepted: 21-8-2015

تحلیلی بر پرداخت حضوری قبوض آب بها و تأثیر آن بر هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب

مجتبی زینلی نجف‌آبادی^{۱*}، حمید مظفریان^۲، شهریار بهارلویی^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناس ارشد آمار ریاضی، کارشناس فناوری اطلاعات و کارشناس فیزیک، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: Mhm_8686@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳۰

Abstract

The water and waste-water industry, as an infrastructure industry, has wide interactions with the public by having more than 20 million subscribers (27 million units). One of these interactions is the collection of debt considering the nature of the obligation sales and service rendered. Collection of debt and the costs imposed as a result of the qualitative and quantitative services offered to the subscribers, is a serious challenge for the water and waste-water industry. Bank fees collection (bank charges), is one of these incurred costs. Statistics show that bank payments over six periods in the year 1393 of approximately 209 billion Rials (122 billion urban, and 87 billion rural) have been incurred to the industry's costs. This is one aspect of the issue, the other aspect is the waste of national assets and resources through bank payment of bills. This study offers solutions and advice from water and waste-water companies' experts in order to propose a comprehensive analysis of bank payments of bills and clarify aspects of the aforementioned challenges. For a closer look, three questions and hypotheses are discussed and the data is analyzed using descriptive statistics and ANOVA techniques. The results show that with a confidence level of 93% (at least), the development of bank payments of bills is under the influence of the provinces' developments. In general, paving the way for non-bank payment of bills is one of the factors that has led to the subscribers' satisfaction and works very much for on-time payments and will provide a timely liquidity.

Keywords: Water bills, Electronic banking, ANOVA, Bank payment, Non-bank payment.

چکیده

صنعت آب و فاضلاب به عنوان یک صنعت زیربنایی، با در اختیار داشتن بیش از ۲۰ میلیون مشترک (۲۷ میلیون واحد) تعاملات گسترده‌ای با آحاد جامعه دارد که یکی از آن‌ها وصول مطالبات با توجه به ماهیت تعهدی بودن فروش محصولات و ارائه خدمات می‌باشد. وصول مطالبات و هزینه‌های تحمیلی آن در مسیر ارائه خدمات کمی و کیفی مطلوب به مشتریان، یک چالش جدی صنعت آب و فاضلاب محسوب می‌شود. یکی از این هزینه‌های تحمیلی، هزینه‌های بانکی وصول مطالبات (کارمزد بانکی) می‌باشد. آمار نشان می‌دهد پرداخت حضوری مشترکین طی شش دوره‌ی سال ۱۳۹۳، به تقریب ۲۰۹ میلیارد ریال به هزینه‌های جاری صنعت (شهری ۱۲۲ و روستایی ۸۷ میلیارد ریال) تحمیل کرده است. این موضوع یک روی سکه است و روی دیگر آن، اتلاف سرمایه‌ها و منابع ملی می‌باشد که در مسیر پرداخت حضوری قبوض توسط مشترکین هدر می‌رود. این پژوهش ضمن ارائه تحلیلی جامع بر پرداخت حضوری قبوض و شفاف نمودن ابعاد چالش فوق، می‌کوشد تا راهکارها و پیشنهادهایی را که حاصل جمع‌بندی نظرات کارشناسان شرکت‌های آب و فاضلاب است، ارائه نماید. به منظور بررسی دقیق‌تر، سه سؤال و فرضیه مطرح و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از تکنیک‌های متداول آمار توصیفی و آنالیز واریانس استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد با اطمینان (حداقل) ۹۳ درصد توسعه یافتگی استان بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر داشته است. به‌طور کلی ایجاد بسترهای لازم برای افزایش پرداخت غیرحضوری قبوض یکی از عواملی است که موجب رضایت‌مندی مشترکین شده و آثار بسیار زیادی مانند پرداخت به موقع قبوض و تأمین به موقع نقدینگی را به ارمغان خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: قبوض آب بها، بانک‌داری الکترونیکی، آنالیز واریانس، پرداخت حضوری و غیرحضوری.

فرصت‌های از دست رفته مانند حمل و نقل، ترافیک و اتلاف وقت در راستای احترام به حقوق شهروندی است.

قبوض خدمات عمومی مانند آب و برق را می‌توان از طریق اینترنت، تلفن بانک، همراه بانک، پیام کوتاه، خودپرداز و پایانه فروش^۱، دریافت و به صورت غیرحضوری پرداخت نمود. خوشبختانه با شیوه‌های جدید پرداخت الکترونیک، برای پرداخت قبوض دیگر نیازی به مراجعه حضوری به بانک‌ها نیست و می‌توان از بین روش‌های غیرحضوری، راحت‌ترین و ایمن‌ترین روش را برای پرداخت انتخاب نمود.

به نقل از روزنامه دنیای اقتصاد (۱۳۸۷) آمارهای منتشره از سوی بسیاری از سازمان‌ها از جمله آب و فاضلاب، گواه این موضوع است که به رغم فعالیت‌های ارزنده‌ای که توسط دولت در راستای ارتقای بسترهای دولت الکترونیک و گسترش فرهنگ استفاده از آن انجام شده، متأسفانه هنوز بخش اعظمی از فعالیت‌های مالی آن‌ها به صورت سنتی و با مراجعه حضوری به بانک انجام می‌شود. در این مقاله سه دلیل عمده این چالش، تحت عنوان سؤال و فرضیه مطرح و پاسخ آن‌ها ارائه شده است. همچنین هزینه‌های مرتبط با پرداخت حضوری قبوض شناسایی و برآورد گردیده است. نتایج و پیشنهادات این پژوهش می‌تواند به عنوان یک راهنمای ارزشمند در اختیار مدیریت ارشد و بخشی صنعت آب و فاضلاب قرار گیرد تا در برنامه‌ریزی به منظور افزایش پرداخت غیر حضوری قبوض، مفید واقع گردد.

جدول ۱- نرخ کارمزد خدمات حضوری بانک

نرخ کارمزد (ریال)	نوع خدمت
۵۰۰۰	دریافت حضوری قبوض آب بها و ارسال ته قبض و وجوه دریافتی به شرکت‌ها
۶۵۰۰	دریافت حضوری قبوض آب بها و ارسال الکترونیکی اطلاعات و وجوه دریافتی به شرکت‌ها

اهداف پژوهش

نظر به توضیحات ارائه شده، علاوه بر تجزیه و تحلیل داده‌های درصد پرداخت حضوری قبوض آب‌بها و بررسی میزان تأثیر آن بر هزینه‌ها (که از اهداف اصلی این پژوهش می‌باشد)، در راستای پاسخ به سه سؤال و فرضیه‌ی زیر نیز تلاش شده است:

- سؤال‌ها:

- ۱- آیا تعداد انشعابات آب بر درصد پرداخت حضوری قبوض مؤثر می‌باشد؟
- ۲- آیا سطح توسعه یافتگی استان بر درصد پرداخت

سازمان‌های ارائه‌کننده خدمات عمومی شهری (آب و فاضلاب، برق، گاز، مخابرات و شهرداری‌ها) هر سال میلیون‌ها برگ صورت‌حساب با هزینه‌های بسیار صادر می‌کنند. مراجعه به بانک‌های عامل برای تسویه این قبوض هزینه‌های زیادی از قبیل: اتلاف وقت، نیروی انسانی و سرمایه را به بار می‌آورد. در حالیکه امروزه در بیش‌تر کشورهای جهان، دریافت و پرداخت قبوض مشترکین به عرصه‌ی عملیات الکترونیکی وارد شده است. برای مثال در کشور هلند که دارای جمعیت تحت پوشش شبکه‌ی آب بهداشتی ۱۰۰ درصد و فاضلاب ۹۸ درصد می‌باشد، نحوه‌ی پرداخت قبض‌ها از طریق مجوز برداشت از حساب بانکی مشترکین انجام می‌شود و نیازی به مراجعه به بانک یا دفاتر الکترونیکی توسط مشترک نمی‌باشد. لذا ضرورت عملیاتی شدن حداکثری پرداخت الکترونیکی قبوض در کشور و فراهم شدن زیرساخت‌های مناسب آن بیش از پیش احساس می‌شود. موضوع پرداخت الکترونیکی صورت‌حساب سازمان‌های ارائه‌کننده خدمات عمومی شهری ارتباط تنگاتنگی با دولت الکترونیک^۱ دارد به طوری که در سایه‌ی آن کارکردهای فناوری اطلاعات در فرآیندهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی نمایان می‌شود. در واقع پرداخت غیر حضوری قبوض به نوعی یکی از اهداف دولت الکترونیک به منظور کاهش هزینه‌های آشکار و

الزامات و ضرورت‌ها

نظر به اینکه اصلی‌ترین منبع تأمین نقدینگی و سرمایه در گردش شرکت‌های آب و فاضلاب، دریافت مطالبات در کم‌ترین زمان ممکن از مشترکین می‌باشد، لذا بازبینی و کنکاش جدی در فرآیند و مسیر وصول قبوض صادره در هر دوره، اجتناب‌ناپذیر و ضروری می‌باشد. زیرا کارمزدی که در برخی از کانال‌ها و مسیرهای وصول قبوض مذکور به شرکت‌های آب و فاضلاب تحمیل می‌شود تا حدی است که به ناچار درآمد و هزینه‌ی پیش‌بینی شده‌ی آن‌ها را تحت تأثیر قرار داده و به عنوان یک چالش جدی، باعث انحراف و عدم تحقق برنامه‌ها و سیاست‌های هدف‌گذاری شده می‌گردد. همچنین، نرخ کارمزد خدمات دریافت حضوری قبوض توسط بانک، که همگی بر عهده‌ی شرکت‌های آب و فاضلاب می‌باشد، به شرح جدول (۱) تصویب گردیده است. لازم به ذکر است که این کارمزد، مربوط به سال ۱۳۹۱ می‌باشد که در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ نیز ثابت و بدون تغییر مانده است و در صورت افزایش آن توسط بانک در سال‌های آتی، به تبع آن هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب نیز افزایش خواهد یافت.

حضورى قبوض مؤثر مى‌باشد؟ ۳- آیا پراکندگى و وسعت استان بر درصد پرداخت حضورى قبوض مؤثر مى‌باشد؟

- فرضیه‌ها:

فرضیه‌هاى متناظر با هر یک از سؤال‌هاى مطرح شده در این پژوهش، به شرح زیر مى‌باشد:

- ۱- تعداد انشعابات آب بر درصد پرداخت حضورى قبوض تأثیر ندارد.
- ۲- توسعه یافتگى استان بر درصد پرداخت حضورى قبوض تأثیر ندارد.
- ۳- وسعت (پراکندگى شهرها) قلمرو شرکت بر درصد

تجزیه و تحلیل

در این بخش ضمن ارائه‌ی وضعیت موجود انشعابات آب و درصد پرداخت غیرحضورى، تعداد قبوضى که به صورت حضورى پرداخت شده به همراه کارمزد مرتبط با آن در یک دوره و در نهایت طی سال به تفکیک بخش‌هاى شهرى و روستایى برآورد و در ادامه کارمزد مذکور در کل صنعت آب و فاضلاب محاسبه و تجزیه و تحلیل شده است. همچنین به رغم تأکید صدور قبوض مشترکین آب و فاضلاب در بازه‌هاى زمانى ۴۵ روزه^۲ و عدم فراگیر شدن این موضوع به صورت یکپارچه در کل صنعت، لذا در این پژوهش دوره‌ی صدور قبوض آب‌بها به صورت دو ماهه (۶ دوره در سال) در نظر گرفته شده است. بدیهى است در صورت یکپارچه شدن بازه‌ی زمانى صدور قبوض به صورت ۴۵ روزه (۸ دوره در سال) در کل صنعت، هزینه‌هاى مرتبط با پرداخت حضورى قبوض نیز افزایش خواهد داشت.

توضیح این‌که در کشور هلند و آلمان، قرائت کنتور در پایان سال توسط مشترک انجام و بهای آن به صورت ماهیانه از حساب وی برداشت مى‌شود (داودآبادى و سیدزاده، ۱۳۹۲)

الف. وضعیت موجود

درصد پرداخت حضورى و غیرحضورى برای دوره‌ی منتهى به شهریور ۱۳۹۳ و برآورد تعداد قبوض حضورى پرداخت‌شده‌ی صنعت آب و فاضلاب در جدول (۲) ارائه شده است. آمار توصیفى درصد پرداخت حضورى و تعداد انشعابات آب، به تفکیک بخش‌هاى شهرى و روستایى نیز در جداول (۳) و (۴)

پرداخت حضورى قبوض تأثیر ندارد.

جامعه آمارى

جامعه‌ی آمارى مورد بحث شرکت‌هاى آب و فاضلاب شهرى و روستایى (۳۵ شرکت شهرى و ۳۰ شرکت روستایى) مى‌باشد. همچنین داده‌هاى اولیه این پژوهش از عملکرد شش ماهه اول سال ۱۳۹۳ شرکت‌هاى آب و فاضلاب جمع‌آورى شده است.

ارائه شده است. توضیح این‌که برآورد تعداد قبوض حضورى پرداخت شده با رعایت مفروضات زیر صورت پذیرفته است:

- قبض (صورت‌حساب) برای تمام مشترکین در هر دوره صادر مى‌شود.
- قبوض (صورت‌حساب‌هاى) صادر شده در هر دوره، بطور کامل وصول مى‌گردد.

مطابق جدول (۳) مقدار چولگى متغیر پرداخت حضورى در هر دو بخش شهرى و روستایى، مخالف صفر است، لذا به نظر مى‌رسد که منحنى فراوانى حول میانگین، متقارن نمى‌باشد و البته کمى چوله (به چپ) مى‌باشد. این موضوع با اندکى تأمل در شکل (۱) نیز واضح است. اختلاف بین بیش‌ترین و کم‌ترین درصد پرداخت حضورى در بخش شهرى ۶۵ درصد (روستایى ۷۸ درصد)، مى‌باشد. مقدار کمینه و بیشینه درصد پرداخت حضورى (جدول ۳) در بخش شهرى به ترتیب به شرکت آب و فاضلاب مشهد و فارس و در بخش روستایى به شرکت آب و فاضلاب قم و آذربایجان شرقى اختصاص دارد.

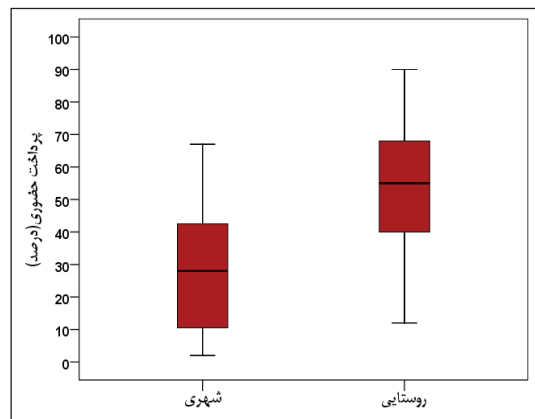
براساس جدول (۴) متغیر انشعابات آب در هر دو بخش شهرى و روستایى نسبت به میانگین خود نامتقارن و چوله (به راست) مى‌باشد. همچنین با توجه به شکل (۲)، در بخش شهرى شرکت‌هاى آب و فاضلاب تهران و اصفهان و در بخش روستایى شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوى دارای انشعاب آب با انحراف معیار بالا (داده‌هاى پرت) در مقایسه با سایر شرکت‌ها مى‌باشند. میزان پراکندگى این متغیر در بخش روستایى نسبت به شهرى، کم‌تر مى‌باشد.

جدول ۲- تعداد انشعابات آب و درصد پرداخت حضورى و غیرحضورى (شرکت مهندسى آب و فاضلاب کشور، سال ۹۳)

بخش	متغیرها			برآورد تعداد قبوض پرداخت شده‌ی حضورى طی یک دوره (فقره)
	پرداخت غیرحضورى (درصد)	پرداخت حضورى (درصد)	انشعاب آب (فقره)	
شهرى	۷۵	۲۵	۱۴,۶۴۴,۲۰۴	۳,۷۰۲,۴۴۰
روستایى	۴۸	۵۲	۵,۱۰۰,۱۷۷	۲,۶۴۲,۸۳۱

جدول ۳- آمار توصیفی درصد پرداخت حضوری به تفکیک بخش (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، سال ۹۳)

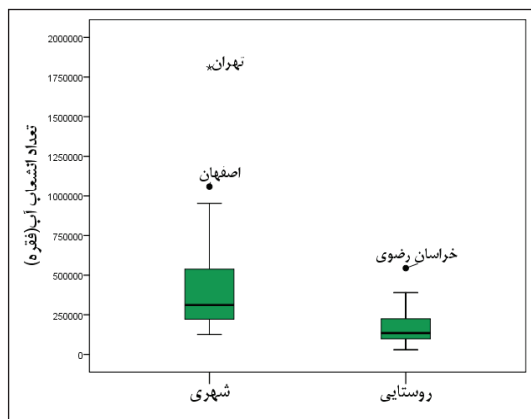
پارامتر	شهری	روستایی
تعداد	۳۵	۳۰
میانگین	۲۵	۵۲
میانه	۲۸	۵۵
انحراف معیار	۱۸	۲۱
چولگی	(۰/۴)	(۰/۳)
کشیدگی	(۰/۹)	(۰/۲)
دامنه‌ی تغییرات	۶۵	۷۸
کمینه	۲	۱۲
بیشینه	۶۷	۹۰



شکل ۱- نمودار جعبه‌ای پرداخت حضوری به تفکیک بخش (درصد)

جدول ۴- آمار توصیفی تعداد انشعاب آب (فقره) به تفکیک بخش (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، سال ۹۳)

پارامتر	شهری	روستایی
تعداد	۳۵	۳۰
میانگین	۴۱۸۴۰۶	۱۷۰۰۰۶
میانه	۳۱۱۵۰۰	۱۳۴۵۴۹
انحراف معیار	۳۳۰۷۲۶	۱۱۵۰۹۳
چولگی	۲/۵	۱/۶
کشیدگی	۸/۷	۲/۹
دامنه‌ی تغییرات	۱۶۸۴۴۳۴	۵۱۴۴۷۵
کمینه	۱۲۵۳۹۶	۲۹۷۸۳
بیشینه	۱۸۰۹۸۳۰	۵۴۴۲۵۸



شکل ۲- نمودار جعبه‌ای انشعابات آب (فقره)

با توجه به جدول (۱) به سادگی می‌توان کارمزد اخذ شده‌ی خدمات حضوری بانکی از شرکت‌های آب و فاضلاب را برآورد نمود که خلاصه نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده

جدول ۵- کارمزد اخذ شده‌ی خدمات حضوری از شرکت‌های آب و فاضلاب به تفکیک بخش

بخش	برآورد تعداد قبوض پرداخت شده حضوری طی یک دوره (فقره)	کارمزد اخذ شده یک دوره توسط بانک (میلیون ریال)	کارمزد اخذ شده توسط بانک طی سال (۶ دوره) (میلیون ریال)
شهری	۳,۷۰۲,۴۴۰	۲۴,۰۶۶	۱۴۴,۳۹۵
روستایی	۲,۶۴۲,۸۳۱	۱۷,۱۷۸	۱۰۳,۰۷۰
تجمع (کل صنعت)	۶,۳۴۵,۲۷۱	۴۱,۲۴۴	۲۴۷,۴۶۵

از طرفی با توجه به این که کارمزد قابل قبول مربوط به وصول یک فقره قبض، ۱۰۰۰ ریال است، برآورد کارمزد قابل قبول خدمات

حضوری در یک سال مطابق رابطه‌ی (۱) و به تبع آن برآورد کارمزد مازاد اخذ شده توسط بانک مطابق رابطه‌ی (۲) محاسبه می‌شود.

$$(۱) \quad ۱۰۰۰ \times \text{تعداد دوره} \times \text{تعداد قبض پرداخت شده‌ی حضوری} = \text{کارمزد قابل قبول خدمات حضوری}$$

$$(۲) \quad \text{کارمزد قابل قبول} - \text{کارمزد (فعلی) اخذ شده} = \text{کارمزد مازاد اخذ شده توسط بانک}$$

براساس این روابط و اطلاعات جدول (۵)، به سهولت می‌توان کارمزد قابل قبول خدمات حضوری و کارمزد مازاد اخذ شده توسط بانک را به تفکیک بخش‌های شهری و روستایی محاسبه نمود که نتایج آن مطابق جدول (۶) می‌باشد.

مطابق جدول (۶) در سال ۱۳۹۳ در بخش شهری ۱۲۲ میلیارد ریال (روستایی ۸۷ میلیارد ریال) ناشی از پرداخت حضوری قبوض، به هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب اضافه گردید که می‌تواند به نوبه‌ی خود باعث افزایش زیان و اختلاف هر چه بیشتر قیمت فروش از قیمت تمام شده گردد. به عبارتی دیگر، کارمزد مازاد

پرداختی به بانک در کل صنعت به تقریب ۲۰۹ میلیارد ریال خواهد بود. البته باید توجه داشت نظر به سیاست‌های فعلی، برای تمام مشترکین در هر دوره قبض صادر نمی‌شود، لذا ارقام فوق متغیر می‌باشد. بنابراین نظر به آن‌چه که گفته شد تغییر سریع در سیاست‌ها و فرآیندهای فعلی دفاتر امور مشترکین که مرتبط با وصول قبوض صادر شده می‌باشد، اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. چرا که می‌توان با اعمال مدیریت و تصحیح فرآیندهای فعلی وصول درآمد، نسبت به حذف این کارمزد مازاد و در نتیجه کاهش هزینه‌ها اقدام نمود.

جدول ۶- کارمزد قابل قبول و برآورد کارمزد مازاد اخذ شده توسط بانک

بخش	کارمزد فعلی اخذ شده توسط بانک (میلیون ریال)	کارمزد قابل قبول پرداخت حضوری (میلیون ریال)	کارمزد مازاد (میلیون ریال)
شهری	۱۴۴،۳۹۵	۲۲،۲۱۵	۱۲۲،۱۸۰
روستایی	۱۰۳،۰۷۰	۱۵،۸۵۷	۸۷،۲۱۳
تجمع (کل صنعت)	۲۴۷،۴۶۵	۳۸،۰۷۲	۲۰۹،۳۹۳

ب. شناخت و دسته‌بندی متغیرها- روش آزمون

متغیرهای مستقل و تأثیرگذار مورد استفاده در این تحقیق، عبارتند از انشعابات آب، وسعت قلمرو استان و سطح توسعه یافتگی استان. با توجه به متنوع بودن تعداد انشعابات آب و وسعت استان (متغیرهای تصادفی پیوسته) و کیفی بودن سطح توسعه یافتگی استان (متغیر گروهی)، قبل از انجام آزمون‌های آماری، ابتدا هر سه متغیر مطابق جدول (۷) دسته‌بندی شده است.

جدول ۷- دسته‌بندی متغیرهای تأثیرگذار بر پرداخت حضوری قبوض

انشعاب آب (هزار فقره)	وسعت قلمرو (هزار کیلومتر مربع)	توسعه یافتگی (اسلامی، ۱۳۹۱)
۱ < ۲۰۰	۱ < ۱۶	۱ توسعه یافته
۲ (۲۰۰-۳۰۰)	۲ (۱۶-۲۵)	۲ نسبتاً توسعه یافته
۳ (۳۰۰-۴۰۰)	۳ (۲۵-۴۵)	۳ توسعه نیافته
۴ (۴۰۰-۶۰۰)	۴ (۴۵-۱۰۵)	-
۵ ≥ ۶۰۰	۵ ≥ ۱۰۵	-

لازم به ذکر است که ملاک ارزیابی توسعه یافتگی هر استان، ۲۱ شاخص در قالب ۴ محور آموزشی، اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی می‌باشد که از پژوهش اسلامی (۱۳۹۱) استخراج شده است.

همچنین برای بررسی و تحقیق فرضیه‌ها از آنالیز واریانس^۴ یک‌طرفه استفاده می‌شود. آنالیز واریانس برای مقایسه‌ی میانگین بیش از دو گروه (تیمار) مستقل استفاده می‌شود. اگر نتیجه‌ی آزمون منجر به رد فرض خنثی گردد، نشان‌گر تفاوت اساسی بین گروه‌ها (تیمارها) است. احتمال خطای معقول و منطقی (α) که استنباط‌های ناشی از آن می‌توانند قابل استناد و اتکا باشند، در بیشتر مطالعات پژوهشی و کاربردی به طور متداول پنج درصد در نظر گرفته می‌شود. به تعبیری، استنباط‌های ارائه شده با حداکثر خطای پنج درصد (سطح اطمینان حداقل ۹۵ درصد) مورد تأیید و قابل اتکا می‌باشند. لذا حداکثر احتمال خطا در این پژوهش نیز پنج درصد لحاظ شده است. همچنین منظور از انجام یک آزمون فرض آماری که شامل دو فرضیه‌ی خنثی^۵ و تحقیق^۶ (فرض مقابل) می‌باشد، یافتن رابطه‌ای (ناحیه بحرانی^۷) به منظور رد کردن فرض خنثی می‌باشد. استراتژی مورد استفاده برای رد کردن فرض خنثی بر این اساس استوار است که مقدار معنی‌داری آزمون (sig)^۸، که با نماد sig در جدول‌ها نمایش داده می‌شود، با خطای مورد نظر پژوهشگر (در این‌جا یعنی پنج درصد) مقایسه می‌شود. فرض خنثی در صورتی رد می‌شود که $\text{sig} \leq 0.05$ باشد و در غیر این صورت با توجه به اطلاعات به دست آمده از نمونه‌های انتخابی دلیل کافی برای رد فرض خنثی وجود نخواهد داشت، لذا فرضیه‌ی تحقیق رد می‌شود.

ج. بررسی سؤال‌ها و فرضیه‌ها

قبل از انجام آزمون‌های فرض آماری، ذکر این نکته ضروری است که با توجه به مشابه بودن تکنیک انجام این آزمون‌ها در بخش‌های شهری و روستایی، لذا آزمون‌ها و نتایج آن‌ها صرفاً در بخش شهری (جامعه‌ی غالب) ارائه شده است.

- فرضیه‌ی یک

آزمون آماری این فرضیه مطابق زیر است:

تعداد انشعابات بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر ندارد: H_0

H_1 : not H_0

به تعبیری در این آزمون در جستجوی این حقیقت می‌باشیم که آیا میانگین درصد پرداخت حضوری قبوض به تفکیک رده‌های مختلف انشعابات آب، یکسان می‌باشد؟ خلاصه‌ی نتایج آزمون مطابق جدول‌های (۸) و (۹) می‌باشد.

جدول ۸- آمار توصیفی درصد پرداخت حضوری

به تفکیک رده‌های انشعابات آب

رددهای انشعابات آب	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد
۱	۷	۲۸/۸	۱۳/۷
۲	۱۰	۲۸/۲	۱۸/۲
۳	۸	۲۵/۵	۲۰/۲
۴	۵	۳۶/۸	۲۶/۸
۵	۵	۲۰/۶	۱۶/۸

جدول ۹- آنالیز واریانس (یک طرفه) آزمون فرضیه‌ی یک

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات	آماره‌ی آزمون	sig
بین گروه‌ها ^۱	۷۱۷/۱	۴	۱۷۹/۲	۰/۴۹۴	۰/۷۴۰
درون گروه‌ها ^۲	۱۰۸۷۸/۴	۳۰	۳۶۲/۶		
جمع	۱۱۵۹۵/۵	۳۴			

۱. تیمارها، ۲- خطاها

مطابق جدول (۹) و با توجه به این که $sig > ۰/۰۵$ ، لذا تساوی میانگین درصد پرداخت حضوری قبوض، به تفکیک رده‌های مختلف انشعابات آب، در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد، بنابراین فرض خنثی پذیرفته می‌شود. به عبارت دیگر، با اطمینان (حداقل) ۹۵ درصد می‌توان چنین اظهارنظر کرد که به طور متوسط تعداد انشعابات آب بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر نداشته است.

- فرضیه‌ی دو

آزمون آماری این فرضیه مطابق زیر است:

توسعه یافتگی استان بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر ندارد: H_0

H_1 : not H_0

به تعبیری در این آزمون در جستجوی این حقیقت می‌باشیم که آیا میانگین درصد پرداخت حضوری قبوض به تفکیک رده‌های مختلف توسعه یافتگی استان، یکسان است؟ خلاصه نتایج آزمون مطابق جداول (۱۰) و (۱۱) می‌باشد.

جدول ۱۰- آمار توصیفی درصد پرداخت حضوری

به تفکیک رده‌های توسعه یافتگی استان

رددهای توسعه یافتگی	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد
۱	۱۱	۱۸/۳	۱۴/۵
۲	۱۸	۳۰/۱	۱۸/۸
۳	۶	۳۸/۶	۱۸/۳

جدول ۱۱- آنالیز واریانس (یک طرفه) آزمون فرضیه‌ی دو

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات	آماره‌ی آزمون	sig
بین گروه‌ها	۱۷۸۳/۸	۲	۸۹۱/۹	۲/۹	۰/۰۶۹
درون گروه‌ها	۹۸۱۱/۶	۳۲	۳۰۶/۶		
جمع	۱۱۵۹۵/۵	۳۴			

مطابق جدول (۱۱) و با توجه به این که $sig > ۰/۰۵$ ، لذا تساوی میانگین درصد پرداخت حضوری قبوض، به تفکیک رده‌های مختلف توسعه یافتگی در سطح خطای پنج درصد معنی‌دار می‌باشد، بنابراین فرض خنثی پذیرفته می‌شود. البته با در نظر گرفتن احتمال خطای هفت درصد، فرض خنثی رد می‌شود. در این صورت می‌توان چنین اظهارنظر نمود که با اطمینان (حداقل) ۹۳ درصد، متوسط درصد پرداخت حضوری قبوض در رده‌های مختلف توسعه یافتگی استان متفاوت می‌باشد. از این رو به منظور کنکاش بیشتر و یافتن رده‌ها با متوسط پرداخت حضوری مشابه، آزمون توکی یا دانکن^۹ انجام گردیده است که نتایج آن مطابق جدول (۱۲) می‌باشد.

جدول ۱۲- نتایج آزمون توکی و دانکن برای یافتن رده‌های

توسعه یافتگی با متوسط درصد پرداخت حضوری مشابه

رددهای توسعه یافتگی	تعداد	دسته‌بندی با خطای ۰/۰۵
۱	۱۱	۱۸/۳۶
۲	۱۸	۳۰/۱۱
۳	۶	-
sig-توکی	-	۰/۳۱۹
sig-دانکن	-	۰/۱۵۲

مطابق جدول (۱۲) در سطح خطای پنج درصد، متوسط درصد

پرداخت حضوری قبوض در رده‌های دوم و سوم توسعه یافتگی، با یکدیگر همگونی و نزدیکی بیشتری دارند. به عبارت دیگر با اطمینان حداقل ۹۵ درصد، متوسط درصد پرداخت حضوری قبوض در رده اول توسعه یافتگی، با دو رده دیگر، متفاوت بوده است.

- فرضیه‌ی سه

آزمون آماری این فرضیه مطابق زیر است:

وسعت قلمرو شرکت بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر ندارد: H_0

H_1 : not H_0

به تعبیری در این آزمون در جستجوی این حقیقت می‌باشیم که آیا میانگین درصد پرداخت حضوری قبوض به تفکیک رده‌های مختلف وسعت یکسان است؟ نتایج آزمون مطابق جدول‌های (۱۳) و (۱۴) می‌باشد. مطابق جدول (۱۴) و نظر به این که $\text{sig} > 0.05$ ، لذا تساوی میانگین درصد پرداخت حضوری قبوض، به تفکیک رده‌های مختلف وسعت قلمرو، در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد، بنابراین فرض خنثی پذیرفته می‌شود. به عبارت دیگر، با اطمینان (حداقل) ۹۵ درصد می‌توان چنین اظهار نظر کرد که وسعت قلمرو شرکت بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر نداشته است.

جدول ۱۳- آمار توصیفی درصد پرداخت حضوری به تفکیک رده‌های وسعت قلمرو شرکت

انحراف استاندارد	میانگین	تعداد	رده‌های وسعت قلمرو
۱۵/۶۸	۱۷/۵۶	۱۰	۱
۱۷/۱۵	۳۰/۸۹	۸	۲
۱۴/۲۱	۴۰/۴۳	۷	۳
۱۳/۲۹	۲۳/۲۰	۵	۴
۳۷/۸۵	۲۸/۲۰	۵	۵

جدول ۱۴- آنالیز واریانس (یک طرفه) آزمون فرضیه‌ی سه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات	آماره‌ی آزمون	sig
بین گروه‌ها	۲۲۵۳/۱	۴	۵۶۳/۲	۱/۸۰	۰/۱۵۳
درون گروه‌ها	۹۳۴۲/۴	۳۰	۳۱۱/۴		
جمع	۱۱۵۹۵/۵	۳۴			

در مسیر پرداخت حضوری قبوض توسط مشتریان هدر می‌رود. همچنین ایجاد بسترهای لازم برای افزایش پرداخت غیرحضوری قبوض یکی از عواملی است که موجب رضایت‌مندی مشتریان شده و آثار بسیار زیادی مانند ترغیب پرداخت به موقع قبوض و تأمین به موقع نقدینگی را به ارمغان خواهد داشت. استراتژی افزایش رضایت مشتریان و مشتری‌گرایی برای شرکت‌های آب و فاضلاب به دلیل ماهیت کسب و کار منطقه‌ای، بازار انحصاری، عدم کالای جانشین برای آب و ... بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

جمع‌بندی

خلاصه‌ی نتایج فرضیه‌های پژوهش مطابق جدول (۱۵) است. همچنین مطابق آنچه در زیر بخش (الف) ارائه شد با پرداخت حضوری مشتریان طی شش دوره‌ی سال ۱۳۹۳، به تقریب ۲۰۹ میلیارد ریال به هزینه‌های جاری صنعت (شهری ۱۲۲ و روستایی ۸۷ میلیارد ریال) تحمیل خواهد شد. این موضوع یک روی سکه است و روی دیگر آن، اتلاف سرمایه‌ها و منابع ملی می‌باشد که

جدول ۱۵- خلاصه نتایج آزمون‌های فرضیه‌های پژوهش

فرضیه	آماره‌ی آزمون (f)	sig	تصمیم‌گیری
تعداد انشعابات بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر ندارد	۰/۴۹۴	۰/۷۴۰	پذیرش
توسعه یافتگی استان بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر ندارد	۲/۹۱۲	۰/۰۶۹	عدم پذیرش (با احتمال خطای ۷ درصد)
وسعت (پراکندگی شهرها) قلمرو شرکت بر درصد پرداخت حضوری قبوض تأثیر ندارد	۱/۸۰۱	۰/۱۵۳	پذیرش

پیشنهادهات

مطابق آنچه در این پژوهش گزارش گردید، برای کاهش هزینه‌ی کارمزد بانکی مرتبط با وصول قبوض آب بها و در نتیجه افزایش درآمد شرکت‌های آب و فاضلاب موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- بررسی حذف پرداخت قبوض از طریق پست بانک‌ها در صورت امکان.

۲- تعدیل کارمزد دریافتی پرداخت الکترونیک قبوض (معادل ۱۰۰۰ ریال).

۳- پیگیری در راستای تصویب مستندات قانونی به منظور دریافت کارمزد پرداخت حضوری از مشترکین همسو با اهداف توسعه‌ی دولت الکترونیک.

پی‌نوشت

۱- دولت الکترونیک استفاده از فناوری‌های جدید ارتباطی و اطلاعاتی (فاوا) به منظور ارائه‌ی خدمات به شهروندان با کم‌ترین هزینه و رضایت‌مندی بیشتر می‌باشد.

2- Point Of Sale (POS)

۳- موضوع نامه‌ی ۹۲/۱۰۰/۱۷۶۰۴ مورخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۳ مدیر عامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

4- Analysis Of Variance (ANOVA)

5- Null Hypothesis (H0)

منابع

اسلامی، س. ۱۳۹۱. تعیین و محاسبه درجه توسعه‌یافتگی استان‌های کشور طی دو مقطع ۱۳۸۵-۱۳۷۵. مجله اقتصادی (دو ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی)، ۱۲(۱): ۴۱-۶۸.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. ۱۳۹۳. بخشنامه‌ی ابلاغ نرخ‌های جدید کارمزد خدمات بانکی (ریالی) به شبکه بانکی کشور به شماره ۹۱/۸۵۳۳۱ مورخ ۹۱/۰۴/۰۵ و نامه‌ی شماره ۹۱/۱۱۰۰۷۸ مورخ ۹۱/۰۴/۲۹ بانک مرکزی. پورتال بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. نشانی الکترونیک:

<http://www.cbi.ir/simplelist/9212.aspx> (بند II).

داودآبادی، م و سیدزاده، س.ع. ۱۳۹۲. راهنمای جامع مدیریت

۴- فرهنگ سازی، ارتقای سطح پذیرش و اعتماد مشترکین به استفاده از فناوری‌های نوین و خدمات الکترونیک از طریق رسانه‌های عمومی و درج پیام در قبوض صادره، تلفن همراه، چاپ و نصب تراکت‌های آموزشی.

۵- ترغیب مشترکین به پرداخت غیر حضوری و افزایش انگیزه با ارائه‌ی پاداش‌های موردی یا ابزارهای قانونی^۱.

۶- ارتقا و افزایش امنیت بسترهای اینترنتی تبادل اطلاعات و توسعه‌ی سخت افزارهای مرتبط با امور مشترکین.

۷- توسعه‌ی سامانه‌های پرداخت غیر حضوری و ترغیب مشترکین به استفاده از این سامانه‌ها.

۸- مکاتبه با بانک‌های عامل به منظور تفاهم در خصوص عدم دریافت حضوری قبوض و در نهایت حذف بانک‌هایی که تمایل به دریافت حضوری قبوض دارند.

6- Alternative Hypothesis (H1)

7- Critical Region

8- Significance level (sig)

9- Tukey & Duncan

۱۰- با توجه به نامه‌ی ۱۰۵۹۷۶ مورخ ۹۳/۰۹/۱۲ معاون اجرایی رییس جمهور که با برقراری آبوبمان ماهانه در قبوض مشترکین از سال ۹۴ موافقت گردیده است، لذا می‌توان از محل ذخیره‌ی این مبالغ، به مشترکینی که از پرداخت حضوری قبوض طی چند دوره متوالی اجتناب می‌ورزند اقدام به ارائه‌ی پاداش نمود.

مالی و اقتصادی صنعت آب و فاضلاب (به همراه تحلیل مولفه‌های مالی و اقتصادی-از تئوری تا عمل، فصل نهم: عملکرد مالی شرکت آب دنیوای هلند و مقایسه آن با صنعت آب و فاضلاب ایران در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷. موسسه فرهنگی هنری پویه مهر اشراق.

روزنامه دنیای اقتصاد. ۱۳۸۷. شش روش پرداخت غیرحضوری قبوض خدماتی. روزنامه دنیای اقتصاد، شماره ۱۷۴۸ به تاریخ ۸۷/۱۲/۱۲، صفحه ۱۲ (بانک و بیمه). آدرس اینترنتی: <http://www.magiran.com/npview.asp?ID=1815750>
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. ۱۳۹۳. سامانه‌ی اطلاعات مدیریت (MIS). دفتر آمار و فناوری اطلاعات شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. نشانی الکترونیک: <http://mis.nww.ir/>
abfamis. تاریخ اخذ اطلاعات: پایان شهریور ۱۳۹۳.

An assessment of the water resources of Mashhad plain with an integrated approach based on water accounting framework

M. Yousefzadeh Chabok¹, A. Bagheri², K. Davary^{3*}

1,2- Former MSc & Assistant Professor, Department of Water Management Engineering, Tarbiat modares of Tehran, Iran. 3- Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: k.davary@gmail.com)

Received: 23-4-2015

Accepted: 30-8-2015

ارزیابی سیستم منابع آب محدوده مطالعاتی آبخوان مشهد با رویکرد به هم پیوسته براساس چارچوب حسابداری آب

معصومه یوسفزاده چابک^۱، علی باقری^۲، کامران داوری^{۳*}

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

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

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۸

Abstract

Integrated assessment of water resources systems, as one of the IWRM basic steps, is the most important stage in the process of planning and implementing water resources management. Water accounting frameworks have been introduced for organizing water data and combining them with economic data to come up with effective strategies towards greater productivity with maintaining or improving environmental and social impacts in water resources management. The scale defined in this study was a catchment area in the case of Mashhad plain. According to the framework proposed by the United Nations for water accounting, after compiling water accounts, the state of water resources in the subject area were analyzed using indicators. Results indicate that less water was allocated to the agricultural sector, as the largest water consumer, in 1385 compared to that of 1380. Instead, comparing those two years, more water was allocated to the industrial sector, which produced more revenue and consumed less water. However, the income generated has increased to 1246 IRR per cubic meter of water in 1385 compared to that of 1380. Also, results indicated that without the removal of agriculture, only with more comprehensive alternatives into the management of supply and demand in this sector, the state of the aquifer as well as the local GDP can be improved.

Keywords: Water Accounting, Integrated water resources management, Productivity Indicators, Mashhad plain.

چکیده

ارزیابی یکپارچه‌ی سیستم‌های منابع آب به عنوان یکی از گام‌های اساسی مدیریت یکپارچه منابع آب^۱ از مهمترین مراحل برنامه‌ریزی و اجرای مدیریت پایدار منابع آب می‌باشد. این موضوع، به منظور تدوین استراتژی‌های اثربخش برای حصول بهره‌وری بیشتر در عین حفظ یا بهبود محیط زیست و آثار اجتماعی مدیریت منابع آب، در مقوله حسابداری آب^۲ مطرح می‌شود. مقیاس تعریف شده در این بررسی حوضه آبریز و منطقه‌ی مورد مطالعه محدوده مطالعاتی آبخوان مشهد می‌باشد. با توجه به چارچوب پیشنهادی سازمان ملل، پس از تدوین حساب‌های آب با استخراج نشانگرهایی به تحلیل وضعیت منابع آب منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد با توجه به اینکه بخش کشاورزی مصرف بسیار بالایی در بخش آب دارد، در سال ۸۵ نسبت به سال ۸۰، مقدار آب کمتری به این بخش اختصاص داده شده است. در مقابل حجم آب بیشتری به بخش صنعت که در مقابل مصرف کمتر آب درآمد بیشتری را تولید می‌کند، واگذار شده است. از طرفی میزان درآمد ایجاد شده در سال ۸۵ نسبت به سال ۸۰ به ازای هر مترمکعب آب ۱۲۴۶ ریال افزایش یافته است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بدون حذف بخش کشاورزی، تنها با نگاه جامع‌تری نسبت به مدیریت عرضه و تقاضا در این بخش، می‌توان میزان افت آبخوان در این منطقه و همچنین میزان تولید ناخالص داخلی را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: حسابداری آب، مدیریت یکپارچه منابع آب، نشانگرهای کارایی، محدوده مطالعاتی آبخوان مشهد.

بین کشورها و مناطق، بین زیرساخت‌های متفاوت و انواع مدیریت‌ها، بین محیط‌زیست‌های مختلف و برای ارزیابی عملکرد یک پروژه‌ی خاص در طول زمان استفاده می‌شوند (Molden و همکاران، ۱۹۹۸). بر این اساس مراحل پیاده‌سازی این چارچوب عبارتند از: جمع‌آوری داده‌ها، طبقه‌بندی، تلخیص و گزارش‌دهی. این مراحل باید به گونه‌ای اجرا شوند تا امکان بررسی و تعامل بخش‌های اقتصاد، محیط زیست و اجتماع نسبت به هم و نیز بین خود این بخش‌ها فراهم گردد.

مطابق چارچوب پیشنهادی بخش آمار سازمان ملل متحد برای حسابداری آب تحت عنوان سیستم حسابداری اقتصادی زیست محیطی برای آب^۲ حساب‌های چارچوب حسابداری آب در پنج دسته طبقه‌بندی می‌شوند (United Nations Statistics Division، ۲۰۱۲): حساب‌های عرضه و مصرف فیزیکی و حساب آلاینده‌ها، حساب‌های اقتصادی و هیبریدی، حساب‌های دارایی‌ها، حساب‌های کیفیت و حساب‌های ارزش‌گذاری آب. منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق محدوده‌ی مطالعاتی آبخوان مشهد در حوضه‌ی آبریز قره‌قوم و سال مبنای جهت انجام مطالعات سال ۸۵ می‌باشد. در این بررسی به دلیل عدم وجود اطلاعات داده‌ای کافی و نبود تجربه کافی در پیاده‌سازی حساب‌های کیفیت و ارزش‌گذاری آب، تنها به تدوین حساب‌های عرضه و مصرف فیزیکی و هیبریدی و همچنین حساب دارایی‌ها پرداخته شده است.

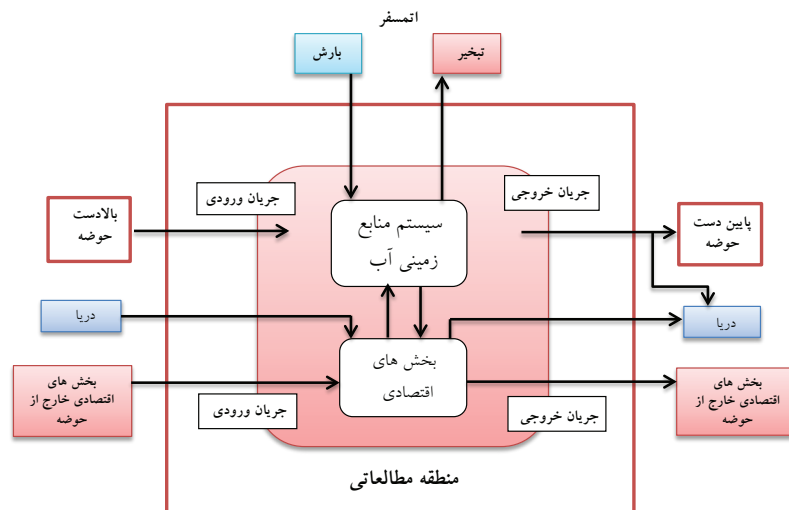
فیزیکی و اقتصادی مرتبط با مصرف آب با استفاده از تعاریف، مفاهیم و طبقه‌بندی‌های سازگار با سیستم حساب‌های ملی توصیف می‌شود. سیستم پیشنهادی در سیستم حسابداری اقتصادی زیست محیطی برای آب برای لحاظ کردن اطلاعات اقتصادی در کنار اطلاعات فیزیکی آب، سیستم حساب‌های ملی^۳ است. این سیستم بیش از پنجاه سال قدمت دارد (Vardon، ۲۰۱۲). اولین نسخه از سیستم حساب‌های ملی -که یک استاندارد مورد توافق در سطح بین‌المللی می‌باشد- در سال ۱۹۵۳ تحت نظارت شورای امنیت سازمان ملل^۴ و نسخه‌ی تا حدی بازبینی شده‌ی آن در سال ۱۹۹۳ منتشر شد. آخرین نسخه‌ی به روز شده‌ی آن در سال ۲۰۰۸ تهیه گردید (WWAP و UNSD، ۲۰۱۱). سیستم حسابداری اقتصادی زیست محیطی برای آب، سیستم حسابداری ملی را با کنار هم قرار دادن اطلاعات فیزیکی و حساب‌های پولی توسعه می‌بخشد. شکل (۱) شمای هندسی ساده شده‌ی از چارچوب سیستم حسابداری اقتصادی زیست محیطی برای آب را که نشان‌دهنده‌ی اقتصاد، سیستم منابع آب و روابط متقابل بین آن‌ها است، به نمایش می‌گذارد.

افزایش رقابت برای استفاده از آب شیرین در کشاورزی، بخش‌های شهری و صنعتی، به دلیل رشد جمعیت، منجر به فشار بی‌سابقه‌ای بر منابع آب در بسیاری از کشورها شده است. علاوه بر این، کیفیت بد آب در کشورها دسترسی به منابع آب شیرین را بیشتر محدود می‌نماید. به دلیل اینکه آب برای زندگی و ارتباط معنی‌دار با توسعه‌ی اجتماعی-اقتصادی مهم تلقی می‌شود، ضرورت دارد تا کشورها از توسعه و مدیریت منابع آب به شکل بخشی اجتناب کرده و رویکردی جامع را جهت این امر بپذیرند. در دید سنتی به مدیریت منابع آبی تنها به بعد هیدرولوژیکی آن توجه شده و اقدامات مربوط به جمع‌آوری و مدیریت اطلاعات فقط به بیلان آبی بر اساس منابع و مصارف محدود می‌شود. حسابداری آب یعنی تشکیل مکانیزمی برای سازماندهی و ترکیب داده‌های گردآوری شده از منابع مختلف به منظور تدوین یک مجموعه اطلاعات یکپارچه و فراهم آوردن امکان پیوند داده‌های فیزیکی با داده‌های اقتصادی (United Nations Statistics Division، ۲۰۱۲). هدف اصلی رویکرد حسابداری آب، استخراج داده‌های مهم از منابع آب و اقتصاد، دسته‌بندی آن‌ها در قالب تعدادی حساب، در کنار هم قرار دادن حساب‌ها و ایجاد بستری مناسب برای استخراج نشانگرهای تحلیلی است (صاحب‌دل، ۱۳۹۰). نشانگرها به منظور مقایسه‌ی

سوابق تحقیق

هیچ محدوده‌ی تکنیکی طبیعی برای توسعه‌ی سیستم حسابداری آب که دربرگیرنده‌ی گروهی از فعالیت‌ها از جمله مدیریت آب، ارزیابی اقتصادی، مفاهیم اجتماعی و زیست محیطی مرتبط با آب و گزارش‌دهی در مورد آب شود، وجود ندارد. بنابراین جای تعجب نیست که چندین رویکرد در سطح بین‌المللی برای ثبت و گزارش‌دهی اطلاعات آبی توسعه یافته باشند. با وجود اینکه این رویکردها همگی با عنوان حسابداری آب نامگذاری شده‌اند، دارای اهداف و منشاءهای مختلفی می‌باشند (Chalmers، ۲۰۱۲). رویکرد مورد نظر در این مقاله بر اساس رویکرد ارائه شده در سیستم حسابداری اقتصادی زیست محیطی برای آب می‌باشد (United Nations Statistics Division، ۲۰۱۲).

بخش آمار سازمان ملل متحد با همکاری گروه لندن در مورد حسابداری زیست محیطی، سیستم حسابداری اقتصادی-زیست محیطی را برای آب توسعه دادند. این سیستم به عنوان یک چارچوب مفهومی برای سازماندهی اطلاعات



شکل ۱- جریان های اصلی درون سیستم منابع آب درون مرزی و اقتصاد

طبیعی به نصف شده است (Lange و همکاران، ۲۰۰۷). به عنوان یکی از تجارب موفق استفاده از چارچوب سیستم حسابداری اقتصادی زیست محیطی برای آب، جامعه توسعه آفریقای جنوبی^۸ نیز برای ارتقای ارزش منابع آب، ظرفیت سازی لازم برای انجام حسابداری و کمک به ارتقای تخصیص و مصرف بهینه آب، در راستای مدیریت یکپارچه منابع آب خود، سعی در استفاده و توسعه متدولوژی های استاندارد شده از طریق پیاده سازی طرح های پایلوت کردند. اجرای این پروژه در کشورهای مالاوی، موزیتانی، نامیبیا و زامبیا و حوضه های رودخانه ای ماپوتو^۹ و رودخانه ای آرنج سنکیو^{۱۰} از نوامبر سال ۲۰۰۹ تا ۳۰ سپتامبر سال ۲۰۱۰ به اجرا درآمد (Project Consultant Egis Bceom International، ۲۰۱۰). بر اساس مطالب ذکر شده و بررسی های صورت گرفته در زمینه حسابداری آب توسط کشورها و در مقیاس های مختلف، به این نکته می رسیم که با توجه به ساختار پودمانی حساب های آب، رویکرد به کارگرفته شده در بررسی ها به صورت مسئله محور بوده است و هر کشور با توجه به نگرانی های عمده اش و همچنین دسترسی به داده های مورد نیاز اقدام به تدوین حساب ها می نماید.

کشور استرالیا یکی از پیشگامان در بکارگیری سیستم حسابداری آب بوده و حسابداری آب را برای تمام ایالات خود اعمال کرده است. استرالیا با استفاده از داده های موجود بین سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۰ به انجام حسابداری آب پرداخت که نتیجه آن تهیه اولین گزارش حسابداری آب برای سال های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۶ و متعاقب آن در سال ۲۰۰۱ (با ایجاد تغییرات مختلفی شامل استفاده از اطلاعات دقیق تر در مقایسه با حسابداری سال ۱۹۹۳) بود. در ادامه نیز حسابداری آب با اضافه شدن جداول استفاده از آب و عرضه پولی، برای سال های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۸ پیاده سازی شده و باعث دسترسی بهتر به اطلاعات و افزایش عملیات میدانی و در نهایت منجر به بهبود کیفیت اطلاعات شده است (Vardon و همکاران، ۲۰۰۷). پیاده سازی حساب های آب در سال ۲۰۰۷ در حوضه رودخانه آرنج^{۱۱} گویای این مطلب بود که کشورهای قرار گرفته در این حوضه در واقع وابستگی شدیدی به آب دارند، بطوریکه سبب شده تا این کشورها به منظور تعیین سهم تأمین و مصرف آب رودخانه، حساب های آب را تهیه نمایند. در واقع در این حوضه برداشت های بی رویه و تبخیر شدید منجر به کاهش جریان

مواد و روش ها

بدست آمده در این دو سال باشد. محدوده مطالعاتی مشهد، در بالادست حوضه آبریز کشف رود، تقریباً در مرکز استان خراسان رضوی واقع بوده و شامل شهرستان چناران و بخشی از شهرستان های مشهد و قوچان می باشد. جداول تهیه شده در این مقاله جداول عرضه و مصرف فیزیکی و هیبریدی و همچنین جدول دارایی ها می باشند. ستون ها در جداول عرضه و مصرف فیزیکی و هیبریدی معرف کاربری های مختلف هستند. طبقه بندی فعالیت های اقتصادی در واقع همان طبقه بندی استفاده شده در سیستم حساب های ملی

منطقه مطالعاتی در این بررسی محدوده مطالعاتی مشهد در حوضه آبریز قره قوم می باشد و سال مبنا جهت پیاده سازی حساب ها سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ انتخاب شده است که اطلاعات هیدرولوژیکی آن از گزارش بیلان محدوده مطالعاتی این محدوده استخراج گردیده است (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۲). در ادامه، تحقیقات بر روی داده های سال آبی ۸۱-۱۳۸۰ نیز صورت خواهد گرفت تا مقایسه ای بین نتایج

با نام "طبقه‌بندی صنعتی استاندارد بین‌المللی"^{۱۱} می‌باشد. این طبقه‌بندی تمام فعالیت‌های اقتصادی را از کشاورزی گرفته تا فروش‌های جزئی آب و تصفیه و عرضه و خدمات تصفیه‌ی فاضلاب پوشش می‌دهد. در این طبقه‌بندی بخش صنعت و کشاورزی به صورت تفکیک شده موجود نیست؛ اما در این تحقیق بخش کشاورزی، بر اساس اهمیت مالی فعالیت‌های کشاورزی در قالب شش بخش محصولات گوجه‌فرنگی، چغندر قند و محصولات دامی به عنوان تامین‌کننده‌ی بخشی از مواد اولیه صنعت، محصولات علوفه‌ای، محصولات باغی و سایر محصولات زراعی تقسیم‌بندی شده است. بخش صنعت نیز به سه دسته صنعت مواد غذایی، صنعت چرم و نساجی و سایر صنایع تفکیک می‌شود. در این جداول ISIC 36 مربوط به فعالیت جمع‌آوری، تصفیه و عرضه آب و ISIC 37 مربوط به شبکه جمع‌آوری فاضلاب می‌باشد. دیگر ستون‌های جداول مربوط به بخش شهر و خدمات، معدن و بخش‌های خارج از مرز محدوده‌ی مطالعاتی که از محدوده مطالعاتی تأمین می‌شوند یا اینکه ورودی از خارج محدوده به آن‌ها وجود دارد، می‌باشند.

در اینجا تنها به آوردن جدول مصرف فیزیکی و عرضه‌ی هیبریدی و همچنین جدول دارایی‌ها اکتفا شده و از آوردن جداول مصرف هیبریدی و عرضه‌ی فیزیکی به دلیل حجم زیاد صرف نظر شده است (جدول ۱، ۲ و ۳). هدف اصلی از تدوین حساب‌ها و آمارهای آبی شناسایی سطوح تنش اجتماعی، اقتصادی و زیست

محیطی و همچنین نظارت بر سیاست‌های مربوط می‌باشد. برای هر کدام از اهداف شناسایی، نشانگرهای به دست آمده از آمارها و حساب‌ها امکان پذیر می‌باشد. نشانگرهای استخراج شده از چارچوب حسابداری آب به عنوان ابزار مهمی در تحلیل و ارزیابی سیستم‌های منابع آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربردهای مهم این نشانگرها تعیین محل‌های اعمال فشار به منابع آب، شناسایی محل‌هایی که امکان بهبود بهره‌وری در آن‌ها وجود دارد، تعیین خط مشی‌های قیمت‌گذاری آب و بررسی تعادل عرضه و تقاضای آب می‌باشد. پس از تهیه جداول حسابداری گزینه‌هایی برای ارزیابی سیاست‌های مدیریتی در منطقه در نظر گرفته شد که به قرار زیر می‌باشند:

- ۱- صفر در نظر گرفتن میزان آب اختصاص داده شده به محصولات گوجه فرنگی، چغندر قند و بخش دامپروری.
- ۲- صفر در نظر گرفتن میزان آب اختصاص داده شده به محصولات گوجه فرنگی، چغندر قند و بخش دامپروری و تخصیص ۴۰ درصد آن به خدمات.
- ۳- استفاده از کل ظرفیت تصفیه‌خانه‌ها به منظور افزایش میزان آب بازمصرفی جهت کاهش برداشت از منابع زمینی.
- ۴- افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی در میزان راندمان آبیاری که موجب کاهش میزان نیاز ناخالص آبی محصولات می‌شود.
- ۵- کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی در سطح زیر کشت محصولات باغی و زراعی.

جدول ۱- جدول دارایی‌های محدوده‌ی مطالعاتی مشهد سال ۸۵ (میلیون متر مکعب)

کل	رطوبت خاک	منابع آب سطحی	
		منابع آب زیرزمینی	مخزن مصنوعی رودخانه
۱۰۳۸۶/۸۸	۵۹۵/۷۴	۹۶۳۳/۶	۲۵۱/۷۲
۳۱۷۹/۴۸			
۳۷۶/۷۷	۰	۳۷۶/۷۷	۰
۲۷۸۷/۴۶	-	-	-
۱۵/۲۵	-	-	-
۱۵	-	-	-
۰/۲۵	-	-	-
۳۲۷۵/۰۲			
۱۲۳۴/۶۴	۵۵/۵۷	۱۰۴۲/۰۵	۱۳۷/۰۲
۱۹۹۵/۳	-	-	-
۴۵/۰۸	-	-	-
۴۵/۰۸	۰	۱۸/۴	۲۶/۶۸
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰
-۹۵/۵۴	-	-	-
۱۰۲۹۱/۳۴	۵۴۰/۱۷	-	-

۱. شروع دوره ورودی
۲. جریان بازگشتی
۳. بارندگی
۴. جریانات
- a. ۴. جریان از خارج منطقه
- b. ۴. جریان از دیگر منابع موجود در منطقه
- خروجی
۵. برداشت
۶. تبخیر / تبخیر و تعرق واقعی
۷. جریان خروجی
- a. ۷. جریان به منطقه پایین دست
- b. ۷. جریان به دریا
- c. ۷. جریان به دیگر منابع موجود در منطقه
۸. دیگر تغییرات در ذخیره
۹. پایان دوره

جدول ۲- جدول مصرف فیزیکی محدوده‌ی مطالعاتی مشهد سال ۸۵ (میلیون متر مکعب)

طبقه بندی ISIC											
خارج از حوضه	شهر و خدمات	ISIC 37	ISIC 36	صنعت و معدن					کشاورزی		
				کل صنایع	معدن	سایر صنایع	چرم و نساجی	صنایع غذایی	جمع کل	دامپروی باغی	محصولات زراعی
-	۲۴۸/۱۳		۱۳۳۱/۲۹	۳۰/۷۱	۰/۰۳	۱۲/۹۴	۵/۸۴	۱۰/۹۱	۹۵۵/۷۹	۱/۳۳	۳۷۷/۶۵
-	۲۴۸/۱۳		۳۰/۷۱	۰/۰۳	۱۲/۹۴	۵/۸۴	۱۰/۹۱	۹۵۵/۷۹	۱/۳۳	۳۷۷/۶۵	۳۲۹/۶۱
-			۱۳۳۱/۲۹	۰				۰			۹۳/۷۱
-	۲۴۸/۱۳		۱۳۳۱/۲۹	۳۰/۷۱	۰/۰۳	۱۲/۹۴	۵/۸۴	۱۰/۹۱	۹۵۵/۷۹	۱/۳۳	۳۷۲/۶۵
-	۲۰/۶۳		۱۳۵/۷۰	۰				۱۱۶/۳۹	۱/۳۳	۴۶/۷۵	۳۶/۵۹
-	۲۲۷/۵۰		۱۱۰۵/۵۹	۳۰/۷۱				۷۸۲/۸۳	۰	۲۱۸/۵۰	۲۴۹/۳۰
-				۰				۵۵/۵۷	۰	۷/۴۰	۴۲/۷۱
-			۲۵/۷۰	۰	۰	۰	۰	۲۵/۴۵	۶/۵۳	۱۴/۴۹	۲/۰۳
-				۰	۰	۰	۰	۲۵/۴۵	۶/۵۳	۱۴/۴۹	۲/۰۳
-			۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
-	۲۴۸/۱۳	۲۵/۷۰	۱۳۳۱/۲۹	۳۰/۷۱	۰/۰۳	۱۲/۹۴	۵/۸۴	۱۰/۹۱	۹۸۱/۲۴	۱/۳۳	۳۷۹/۱۶
-											۲۴۴/۱۰
-											۹۵/۷۴
-											۹۳/۳۶
-											۶۷/۵۵

۱. کل برداشت آب
 ۱.۱ برداشت برای مصرف خود
 ۱.۲ برداشت برای توزیع
 ۱.۳ از منابع زمینی
 ۱.۴ منابع آب سطحی
 ۱.۵ منابع آب زیرزمینی
 ۱.۶ رطوبت خاک
 ۲. آب دریافتی از دیگر بخش‌های اقتصادی
 ۲.۱ آب دوباره مصرفی
 ۲.۲ ره آب تحویل داده شده به سیستم فاضلاب

۳. کل مصرف آب

جدول ۳- جدول عرضه‌ی هیبریدی محدوده‌ی مطالعاتی مشهد سال ۸۵

طبقه بندی ISIC											
کل خروجی	شهر و خدمات	ISIC 37	ISIC 36	صنعت و معدن					کشاورزی		
				کل صنایع	معدن	سایر صنایع	چرم و نساجی	صنایع غذایی	جمع کل	دامپروی باغی	محصولات زراعی
۲۹۹۵۵۸۱	۳۳۱۹۸۵۵	۷۱۷/۱	۱۲۱۶۷۳۴	۴۸۱۷۸۹	۷۳۱۹۱۵۸	۱۳۴۳۵۳۹	۲۵۷۰۲۴۸	۲۱۳۱۲۱۹	۱۳۳۱۱۱۶	۶۷۳۳۱۶	۵۰۰۰۰۷۷/۵
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۶۵۹/۴۱	۱۴۸/۸۸	۲۵/۷۰	۱۳۳۱/۲۹	۱۸/۴۱	۰	۸/۳۶	۲/۵۰	۷/۵۵	۳۳۵/۱۸	۰	۹۱
۱۲۳۰/۱۵	۲۲/۵۳	۲۵/۴۵	۱۱۷۹	۲/۱۷	۰	۱/۴۰	۰/۵۷	۱/۲۱	۰	۰	۰
۴۲۹/۲۵	۱۳۶/۲۵	۰/۲۵	۵۲/۳۳	۱۵/۲۴	۰	۶/۹۷	۲/۹۳	۵/۳۴	۳۳۵/۱۸	۰	۹۱

* بخشی از آب عرضه شده به دیگر واحدهای اقتصادی که به سیستم فاضلاب تخلیه گردیده است.
 ** آمار این بخش به تفکیک منابع طبیعی و خدمات فاضلاب در دسترس نبوده است. به دلیل رعایت استانداردها سازمان ملل این دو عنوان حذف نشده است.

سیستم منابع آب محدودی مطالعاتی اقدام به استخراج یک سری نشانگرها با توجه به نشانگرهای پیشنهادی سازمان ملل می‌شود. مقادیر کمی شده نشانگرهای استخراج شده از جداول حسابداری و پیشنهادی از سوی سازمان ملل در جدول (۴) آمده است. جدول (۵) نشان‌دهنده تغییرات حاصل از اعمال گزینه‌ها در منطقه بر میزان مصرف آب، درآمد ناخالص، میزان بهره‌وری آب و تغییرات حجم آبخوان می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از اعمال گزینه‌های مختلف روی تغییرات نشانگرهای فوق که براساس شبیه‌سازی در مدل دینامیکی تهیه شده، مطابق جدول (۶) بدست آمده است.

در این مقاله به منظور دسترسی بهتر به نتایج حاصل از اعمال گزینه‌ها و ارزیابی نهایی سیستم مورد مطالعه، از مدل‌سازی تحلیلی سیستم هیدرولوژیکی-اقتصادی منابع آب دشت مشهد مبتنی بر پویایی سیستم‌ها در محیط سیمولینک^{۱۲}- ابزاری برای شبیه‌سازی که به همراه جعبه نرم‌افزار محاسبات فنی متلب^{۱۳} عرضه می‌شود- استفاده شده است (یوسف زاده چابک و همکاران، ۱۳۹۰). پس از تدوین حساب‌ها و اعمال گزینه‌ها، به منظور تحلیل و ارزیابی

جدول ۴- مقادیر کمی شده نشانگرهای استخراجی از جداول حسابداری

نشانگرهای استخراج شده	سال ۸۰	سال ۸۵
کارایی اقتصادی آب در منطقه (هزار ریال در هر مترمکعب)	۱۷/۷۷	۳۰/۱۸
کارایی اقتصادی آب در بخش کشاورزی (هزار ریال در هر مترمکعب)	۱/۴۲	۲/۷۱
کارایی اقتصادی آب در صنعت و معدن (هزار ریال در هر مترمکعب)	۳۰۹/۵۳	۳۶۹/۲۴
کارایی اقتصادی آب در بخش شهری و خدمات (هزار ریال در هر مترمکعب)	۱۰۲/۰۹	۹۳/۴۹
حجم پساب تصفیه شده به کل پساب تولیدی	۰	۰/۱۵
مصرف در بخش کشاورزی به کل مصارف (درصد)	۸۷/۵۴	۷۷/۸۷
مصرف در بخش صنعت و معدن به کل مصارف (درصد)	۱/۸۴	۲/۴۴
مصرف در بخش شهر و خدمات به کل مصارف (درصد)	۱۰/۶۲	۱۹/۶۹
حجم منابع آب تجدیدپذیر داخلی (میلیون متر مکعب)	۵۹۷	۷۹۲/۱۶
حجم منابع آب تجدیدپذیر خارجی (میلیون متر مکعب)	۰	۱۵
جریان انتقالی به خارج حوضه (میلیون متر مکعب)	۱۶	۴۵/۰۸
مجموع منابع آب تجدید پذیر طبیعی (میلیون متر مکعب)	۵۸۱	۷۶۲/۰۸
وابستگی به منابع آب برون مرزی (درصد)	۰	۱/۹۷
سرانه آب تجدیدپذیر (متر مکعب به ازای هر نفر)	۲۳۹/۵۲	۲۵۸/۲۴
وابستگی به آب زیرزمینی (درصد)	۸۸	۸۴/۳۹
تنش آبی نسبی (RWSI)	۲/۱۱	۱/۶۲

جدول ۵- تغییرات در منطقه با اعمال گزینه‌ها

سال	گزینه‌ها	تغییرات مصرف آب (میلیون متر مکعب)	تغییرات درآمد ناخالص (میلیارد ریال)	تغییرات بهره‌وری آب (هزار ریال در هر مترمکعب)	اضافه درآمد در منطقه (میلیارد ریال)	تغییرات حجم آبخوان (میلیون مترمکعب)
سال ۸۵	گزینه ۱	-۱۶۲/۲۵	-۲۳۲۶/۷۲	۲/۳۴	۲۵۶۸/۹۵	۱۲۳/۶۳
	گزینه ۲	-۹۸/۳۱	۳۶۵۰/۵۳	۵/۷۰	۶۶۱۷/۶۳	۹۸/۸۶
	گزینه ۳	۰	۰	۰	۰	۰/۰۲
	گزینه ۴	-۱۰۷/۶۱	۰	۲/۸۲	۳۲۴۷/۶۱	۸۱/۷۹
	گزینه ۵	-۱۱۷/۵۹	-۱۸۰/۳۸	۲/۹۵	۳۳۶۸/۵۷	۸۹/۳۷
سال ۸۰	گزینه ۱	-۲۰۹/۶۸	-۱۵۴۳/۶۵	۲/۱۶	۲۱۸۹/۳۳	۱۳۶/۹۹
	گزینه ۲	-۱۲۵/۸۱	۷۰۱۸/۶۳	۸/۴۳	۲۳۱۹/۵۴	۱۲۱/۷۲
	گزینه ۳	۰	۰	۰	۰	۰/۱۷
	گزینه ۴	-۱۳۹/۳۱	۰	۲/۲۸	۲۷۹۴/۰۵	۹۰/۷۴
	گزینه ۵	-۱۲۸/۱۷	-۸۷/۵۱	۲	۲۱۹۰/۲۷	۸۳/۶۱

جدول ۶- نشانگرهای استخراج شده با اعمال گزینه‌ها

سال ۸۰												سال ۸۵
گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳	گزینه ۴	گزینه ۵	گزینه ۶	گزینه ۷	گزینه ۸	گزینه ۹	گزینه ۱۰	گزینه ۱۱	گزینه ۱۲	گزینه ۱۳
کارایی اقتصادی آب در منطقه (هزار ریال در هر مترمکعب)	۱۷/۷۷	۱۹/۹۳	۱۹/۸۹	۱۷/۷۷	۲۰/۰۶	۱۹/۷۷	۳۰/۱۸	۳۲/۵۲	۳۵/۸۸	۳۰/۱۸	۳۳	۳۳/۱۳
کارایی اقتصادی آب در بخش کشاورزی (1000 R/m3)	۱/۴۲	۰/۶۶	۰/۶۶	۱/۴۲	۱/۶۳	۱/۵۳	۲/۷۱	۱/۴۹	۱/۴۹	۲/۷۱	۳/۰۵	۲/۸۹
کارایی اقتصادی آب در صنعت و معدن (R/m3 1000)	۳۰۹/۵۳	۲۸۳/۲۳	۲۸۳/۲۳	۳۰۹/۵۳	۳۰۹/۵۳	۳۰۹/۱۶	۳۹۶/۲۴	۳۶۷/۵۰	۳۶۷/۵۰	۳۹۶/۲۴	۳۹۶/۲۴	۳۹۵/۸۱
کارایی اقتصادی آب در بخش شهری و خدمات (R/m3 1000)	۱۰۲/۰۹	۱۰۲/۰۹	۱۰۲/۰۹	۱۰۲/۰۹	۱۰۲/۰۹	۱۰۲/۰۹	۹۳/۴۹	۹۳/۴۹	۹۳/۴۹	۹۳/۴۹	۹۳/۴۹	۹۳/۴۹
حجم پساب تصفیه شده به کل پساب تولیدی	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰	۰	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۵
مصرف در بخش کشاورزی به کل مصارف (درصد)	۸۷/۵۴	۸۴/۹۷	۸۷/۴۷	۸۷/۵۴	۸۵/۹۴	۸۶/۰۹	۷۷/۸۷	۷۴/۶۰	۷۰/۵۰	۷۷/۸۷	۷۵/۸۰	۷۵/۵۹
مصرف در بخش صنعت و معدن به کل مصارف (درصد)	۱/۸۴	۲/۲۲	۲/۰۵	۱/۸۴	۲/۰۷	۲/۰۵	۲/۴۴	۲/۸۰	۲/۶۴	۲/۴۴	۲/۶۶	۲/۶۹
مصرف در بخش شهری و خدمات به کل مصارف (درصد)	۱۰/۶۲	۱۲/۸۲	۱۹/۴۸	۱۰/۶۲	۱۱/۹۸	۱۱/۸۶	۱۹/۶۹	۲۲/۶۰	۲۶/۸۶	۱۹/۶۹	۲۱/۵۳	۲۱/۷۲
حجم منابع آب تجدیدپذیر داخلی (میلیون متر مکعب)	۵۹۷	...	...	...	...	...	۷۹۲/۱۶	...	...	...	...	...
حجم منابع آب تجدیدپذیر خارجی (میلیون متر مکعب)	۰	...	...	...	...	...	۱۵	...	...	...	...	...
جریان انتقالی به خارج حوضه (میلیون متر مکعب)	۱۶	...	...	...	...	...	۴۵/۰۸	...	...	...	...	...
مجموع منابع آب تجدیدپذیر طبیعی (میلیون متر مکعب)	۵۸۱	...	...	...	...	...	۷۶۲/۰۸	...	...	...	...	...
وابستگی به منابع آب برون مرزی (درصد)	۰	...	...	...	...	...	۱/۹۷	...	...	...	...	...
سرانه آب تجدیدپذیر (متر مکعب به ازای هر نفر)	۲۳۹/۵۲	...	...	...	...	...	۲۵۸/۲۴	...	...	...	...	...
وابستگی به آب زیرزمینی (درصد)	۸۸	۸۸/۰۶	۸۸/۹۸	۸۷/۷۱	۸۷/۷۷	۸۷/۹۹	۸۴/۳۹	۸۴/۴۰	۸۴/۸۸	۸۴/۳۷	۸۴/۱۲	۸۴/۶۱
تنش آبی نسبی (RWSI)	۲/۱۱	۱/۷۴	۱/۸۹	۲/۱۰	۱/۸۷	۱/۸۸	۱/۶۲	۱/۴۱	۱/۴۹	۱/۶۱	۱/۴۸	۱/۴۷
اهمیت نسبی کشاورزی در اقتصاد	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷

نتیجه‌گیری و بحث

سیستم حسابداری اقتصادی و زیست محیطی برای آب، چارچوبی مفهومی را برای سازماندهی اطلاعات اقتصادی و هیدرولوژیکی تحت حمایت مدیریت یکپارچه منابع آب ارائه می‌دهد. از مهم‌ترین نشانگرهای استخراجی از حساب‌ها، نشانگر کارایی اقتصادی آب می‌باشد که میزان درآمد تولیدی را به ازای مصرف هر متر مکعب آب نشان می‌دهد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی حسابداری آب در سال‌های ۸۰ و ۸۵ بر روی محدوده مطالعاتی مشهد و استخراج نشانگرها حاکی از این امر می‌باشد که در سال ۸۵ نسبت به سال ۸۰، با توجه به این امر که بخش کشاورزی مصرف بسیار بالایی در آب دارد، مقدار آب کمتری به این بخش اختصاص داده شده است و در مقابل حجم آب بیشتری به بخش صنعت که در مقابل مصرف کمتر آب درآمد بیشتری را تولید می‌کند، واگذار شده است. از طرفی میزان درآمد ایجاد شده در

سال ۸۵ نسبت به سال ۸۰ به ازای هر مترمکعب آب ۱۲۴۶ ریال افزایش یافته است. سایر نشانگرهای بدست آمده از جداول حسابداری بیانگر تنش آبی شدید، ناپایداری کامل و افت شدید آبخوان در محدوده مطالعاتی می‌باشد.

با توجه به گزینه‌های اعمال شده در این مقاله و مشاهده نتایج حاصل از آنها براساس نشانگرهای استخراجی، علی‌الخصوص گزینه‌ی اول که به صورت واضح‌تری گویای وابستگی بین بخش‌های مختلف می‌باشد، به این نکته خواهیم رسید که به منظور حفظ منابع آبی می‌باید با بالا بردن میزان بهره‌وری آب در کل منطقه بر مبنای راهکارهای مدیریت بهینه‌ی منابع آبی و اصلاح مصارف آب در کاربری‌های مختلف تولید ناخالص داخلی منطقه را بهبود بخشید که این امر مستلزم رویکردی جامع‌نگر در مدیریت عرضه و تقاضای آب می‌باشد. از این رو جهت‌گیری‌های کلی می‌باید در راستای بازنگری در میزان آب تخصیص داده شده به کاربری‌های مختلف بخصوص کشاورزی بر مبنای الگوی

کشت، جایگزین نمودن بخشی از مصارف کاربری‌ها با پساب تصفیه‌شده، افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی از طریق توسعه سیستم‌های نوین و تجهیز و نوسازی اراضی و همچنین اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری موثر بر مبنای ارزش واقعی آب صورت پذیرد. با اعمال گزینه‌هایی از جمله استفاده از حداکثر ظرفیت تصفیه‌خانه و همچنین بالابردن راندمان آبیاری در کشاورزی می‌توان میزان استفاده از منابع آبی را کاهش داد. به گونه ای که با اعمال فرضیه‌ی افزایش راندمان کشاورزی تغییرات حجم آبخوان برای مثال در سال ۸۵ از ۹۵/۵۴ به ۱۳/۷۵- متر خواهد رسید و از طرفی میزان درآمد حاصل از هر مترمکعب آب در کل منطقه‌ی مطالعاتی در سال ۸۵ تقریباً معادل ۲۸۱۸ ریال نسبت به حالت مبنا افزایش خواهد یافت، یعنی با اعمال

پی‌نوشت

- 1- Integrated Water Resources Management
- 2- Water Accounting
- 3- Indicator
- 4- SEEA-Water
- 5- System of National Accounts
- 6- United Nations Security Council
- 7- Orange
- 8- Southern African Development Community
- 9- Maputo
- 10- Orange-Senqu
- 11- International Standard Industrial Classification
- 12- SIMULINK
- 13- MATLAB

منابع

شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۸۲. گزارش بیلان منابع آب محدوده های مطالعاتی کشور. شرکت مدیریت منابع آب ایران، معاونت پژوهش و مطالعات پایه، دفتر مطالعات پایه منابع آب.

صاحبدل، ش. ۱۳۹۰. گزارش مطالعات حسابداری آب. شرکت مدیریت منابع آب ایران.

یوسف زاده چابک، م.، باقری، ع. و داوری، ک. ۱۳۹۴. ارزیابی سیستم منابع آب با رویکرد به هم پیوسته بر اساس چارچوب حسابداری آب در محدوده‌ی مطالعاتی مشهد. فصلنامه علمی و پژوهشی آب و فاضلاب. مهندسين مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب.

این گزینه ۳۲۶۷/۴۱ میلیارد ریال اضافه درآمد در منطقه خواهیم داشت. همچنین با اختصاص دادن بخشی از سهمیه‌ی آب مصرفی کشاورزی به بخش خدمات که بیشترین سهم را در ایجاد درآمد در منطقه دارد، باعث افزایش درآمد در منطقه به میزان ۵۶۹۰ ریال به ازای هر متر مکعب در سال ۸۵ و ۲۱۱۵ ریال در سال ۸۰ نسبت به حالت پایه شد و به ترتیب در سال ۸۵ و ۸۰ به میزان ۶۶۱۷/۶۳ و ۲۳۱۹/۵۴ میلیارد ریال اضافه درآمد خواهد داشت. این اضافه درآمد به ازای بهبود به ترتیب ۹۸/۸۶ و ۱۲۱/۷۲ میلیون مترمکعب در تغییرات حجم آبخوان به دست آمده است. از این رو اختصاص دادن سهمی از آب مصرفی در نظر گرفته نشده برای کشاورزی به بخش خدمات منجر به بهبود افت آبخوان در محدوده‌ی مطالعاتی نیز خواهد شد.

A Joint publication of UN World Water Assessment Programme (WWAP) and United Nations Statistics Division (UNSD). 2011. Monitoring framework for water.

Chalmers K., Godfrey J. and Potter B. 2012. Discipline-Informed Approaches to Water Accounting. Australian Accounting Review, 22, 275-285.

Lange G., Mungatana E. and Hassan R. 2007. Water accounting for the Orange River Basin: An economic prespective on managing a transboundary resource, Ecological Economics, 61, 660-670.

Molden D., Sakthivadivel R., Perry Ch.J., Fraiture Ch. and Kloezen W.H. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Project Consultant Egis Bceom International (Dr Gift Manase). 2010. SADC Economic Accounting of Water Use Project, European Development Fund, Southern Africa.

United Nations Statistics Division. 2012. System of Environmental-Economic Accounting for Water, Department of Economic and social Affairs, Statistics Division, United Nations, New York.

Vardon M. 2010. Praparation of the "Glossy" Publication on the System of Environmental-Economic Accounting for water, 16th Meeting of the London Group on Environmental Accounting, Santiago.

Vardon M., Lenzen M., Peevor S. and Creaser M. 2007. Water accounting in Australia. Ecological Economics, 61, 650-659.

A study of the performance of modified Zeolite in removing Humic Acid from aqueous solutions

M. Vosoughi¹, A.H. Mahvi^{2*}, M.J. Mohammadi³, M. Alimohammadi⁴, M. Shirmardi¹, H. Golestanifar⁵, A. Naeimabadi⁶

1, 3- Ph.D student & Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. 2, 4- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 5- Master of Environmental Health Engineering, Iranian Oil Drilling National Company, Iran. 6- Lecturer, Department of Environmental Health, School of Public Health, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnord, Iran.

*(Corresponding author Email: mvn_20@yahoo.com)

Received: 6-10-2014

Accepted: 20-5-2015

Abstract

Existence of acid humic in water resources is undesirable and causes carcinogenic component in disinfection process due to reaction with chlorine. Due to their cost-effectiveness and higher physical resistance than activated carbon, natural zeolites are used for removing various pollutants. In the present study, Iranian natural zeolite modified with cetylpyridinium bromide (CPB) was investigated for removing humic acid (HA) in an aqueous solution. In addition, common isotherms and kinetics in water and wastewater are studied. The effects of parameters such as initial humic acid viscosity, adsorbed dose, pH, and contact time with modified zeolite on humic acid adsorption were investigated. Findings indicated that increased contact time and adsorbed dose increases the efficiency of humic acid removal and increased pH decreases the removal efficiency of modified zeolite. The initial pH of the HA solution strongly affected the efficiency of SMZ for HA removal in an aqueous solution. The optimum initial pH values were in acidic levels for adsorption of the HA on SMZ. Furthermore, Langmuir isotherm and second-order kinetics were found to be the best models for explaining humic acid adsorption reactions on modified zeolite adsorbent. This study showed that Iranian natural zeolite modified with cetylpyridinium bromide (CPB) as a cationic surfactant is a promising adsorbent for removal of humic acid.

Keywords: Humic acid, modified zeolite, cetylpyridinium bromide, adsorption kinetic, adsorption isotherm.

بررسی عملکرد زئولیت اصلاح شده در حذف اسید هیومیک از محلول‌های آبی

مهدی وثوقی^۱، امیرحسین محوی^{۲*}، محمدجواد محمدی^۳، محمود علی‌محمدی^۴، محمد شیرمردی^۱، حافظ گلستانی‌فر^۵، ابوالفضل نعیم‌آبادی^۶

۱ و ۳ - به ترتیب دانشجوی دکترا و مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپوراهواز. ۲ و ۴ - به ترتیب استادیار و دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران. ۵ - کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، شرکت ملی حفاری نفت ایران. ۶ - مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت بجنورد، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: mvn_20@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۳۰

چکیده

وجود اسید هیومیک در منابع آب نامطلوب بوده و باعث ایجاد ترکیبات سرطان‌زا در مرحله گندزدایی در پی واکنش با کلر می‌شود. زئولیت‌های طبیعی به دلیل ارزان‌تر بودن نسبت به کربن فعال و مقاومت فیزیکی بالاتر در حذف انواع مختلف آلاینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مطالعه حاضر کارایی زئولیت ایرانی اصلاح شده با سورفکتانت سیتیل پریدینیوم بروماید برای حذف اسید هیومیک از محلول‌های آبی بررسی شده است. همچنین ایزوترم و سینتیک‌های متداول در زمینه آب و فاضلاب مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر پارامترهایی چون غلظت اولیه اسید هیومیک، دوز جاذب، pH، زمان تماس بر جذب اسید هیومیک با زئولیت اصلاح شده مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش زمان تماس و دوز جاذب، راندمان حذف اسید هیومیک افزایش یافته، با افزایش pH کارایی زئولیت اصلاح شده برای حذف کاهش می‌یابد. pH اولیه محلول اسید هیومیک نیز به شدت کارایی زئولیت اصلاح شده در حذف آن را تحت تأثیر قرار داد. بهینه برای جذب اسید هیومیک توسط زئولیت اصلاح شده، pH اسیدی به دست آمد. همچنین، ایزوترم لانگمویر و سینتیک درجه دوم بهترین مدل‌ها برای تشریح واکنش‌های جذب اسید هیومیک روی جاذب زئولیت اصلاح شده بدست آمد. این مطالعه نشان داد که زئولیت ایرانی اصلاح شده با سیتیل پریدینیوم بروماید به عنوان یک سورفکتانت کاتیونی یک جاذب مناسب برای حذف اسید هیومیک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، زئولیت اصلاح شده، سیتیل پیریدینیوم بروماید، سینتیک جذب، ایزوترم جذب.

مشکلات لازم است.

روش‌های مختلفی برای حذف اسید هیومیک از محلول‌های آبی وجود دارد، از جمله روش‌های غشایی، انعقاد شیمیایی، اکسیداسیون پیشرفته و جذب (Chiang؛ ۲۰۱۰ و همکاران، Christl؛ ۲۰۰۹ و Kretzschmar، ۲۰۰۷؛ Landrum و همکاران، ۱۹۸۴). در بین این روش‌ها جذب متداول‌ترین روش می‌باشد. جاذب‌های مختلفی شامل کربن فعال، رزین، زغال، کیتوزان و بنتونیت‌های اصلاح شده با سورفکتانت برای حذف اسید هیومیک مورد آزمایش قرار گرفته است (Anirudhan و Ramachandran، ۲۰۰۷؛ Wu و همکاران، ۲۰۰۲؛ Wu و Chen، ۲۰۰۴؛ Wang و Zhu، ۲۰۰۷؛ Wan و همکاران، ۲۰۰۸). جاذب‌های مورد مطالعه فعلی که بیشتر به سمت نانو ذرات گرایش پیدا کرده‌اند اکثراً دارای هزینه‌های تولید زیاد می‌باشند و حتی بر روی اثرات بهداشتی خود این نانو مواد بحث‌های زیادی وجود دارد. از این رو تحقیقات زیادی برای کاربرد و استفاده از جاذب‌هایی که به سادگی قابل استفاده و کم هزینه باشند صورت گرفته است. در سال‌های اخیر زئولیت‌های طبیعی برای حذف آلاینده‌های مختلف در آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته است. زئولیت‌های طبیعی آلومینا سیلیکات آب‌دار با ساختار تراهدرون SiO_2 و AlO_2 شامل مولکول‌های آب، فلزات قلیایی و قلیایی خاکی می‌باشد (Wang و همکاران، ۲۰۰۶؛ Lin و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین اگر با سورفکتانت‌های کاتیونی اصلاح شوند می‌توانند در جذب مواد آنیونی موثر باشند (Li و همکاران، ۲۰۱۱؛ Anirudhan و Ramachandran، ۲۰۰۷). سورفکتانت‌های کاتیونی به راحتی می‌توانند با کاتیون‌های قابل تعویض سطح زئولیت تعویض شوند و با توجه به شرایط سورفکتانت تک لایه یا دو لایه در سطح تشکیل دهند و توانایی جذب را بهبود ببخشند (Wang و همکاران، ۲۰۰۶؛ Zhan و همکاران، ۲۰۱۱). زئولیت‌های مختلف از نقاط مختلف خواص مخصوص متفاوتی را دارند و این خواص می‌تواند بر خواص جذب آنها تأثیر بگذارد. در این مطالعه کارایی زئولیت ایرانی اصلاح شده تهیه شده از معادن سمنان که ماده‌ای ارزان قیمت و در دسترس می‌باشد، برای حذف اسید هیومیک از آب مورد بررسی قرار گرفت. از نتایج این مطالعه می‌توان در تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب استفاده کرد.

از XRF (PW 2404 Philips Holland) برای آنالیز ترکیب شیمیایی و از XRD (hilips-XPert) برای فاز کریستالینیتی زئولیت استفاده شد. نمک اسید هیومیک از شرکت سیگما آلد ریچ تهیه شد. سیتیل پیرینیدیم بروماید از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

وجود مواد آلی طبیعی در منابع آبی مشکلات زیادی به ویژه در فرایندهای تصفیه متداول آب ایجاد کرده است. ترکیبات آلی موجود در آب‌های طبیعی از تجزیه مواد گیاهی و حیوانی منشاء می‌گیرند و در آب‌های تصفیه شده باعث رشد مجدد میکرو ارگانیسم‌های بیماری‌زا در شبکه توزیع آب می‌شود. از طرفی این ترکیبات باعث گرفتگی ممبران‌ها، رزین‌های آنیونی و جلوگیری از اکسیداسیون آهن و منگنز می‌شوند. از متداول‌ترین مواد آلی طبیعی در آب‌های سطحی اسیدهای هیومیک و فولویک می‌باشند. مواد هیومیک بخش اصلی مواد آلی خاک (بیش از ۸۰ درصد)، و بیشترین قسمت مواد آلی طبیعی در محیط‌های آبی (بیش از ۶۰ درصد کربن آلی محلول) را شامل می‌شوند. اسید هیومیک یک مولکول آنیونی می‌باشد که دارای گروه‌های عاملی سطحی شامل گروه‌های فنولیک و کربوکسیلیک می‌باشد (Brigante و همکاران، ۲۰۰۸؛ Brigante و همکاران، ۲۰۰۹؛ Zazouli و همکاران، ۲۰۰۸).

اسید هیومیک ممکن است مشکلات جدی را در طی تولید و توزیع آب آشامیدنی ایجاد کند. وجود اسید هیومیک در منابع آب، نامطلوب بوده و برای صنعت تولید آب آشامیدنی مدت‌ها مشکل آفرین بوده است. این ترکیبات علاوه بر تولید بو، رنگ و مزه با فلزات سنگین که اکثراً سرطان‌زا هستند ترکیب شده و باعث انتقال این ترکیبات خطرناک به منابع آبی می‌شوند. از طرفی این ترکیبات با سم حشره‌کش‌ها تشکیل کمپلکس می‌دهند (Kawamura، ۲۰۰۰).

کلرزی متداول‌ترین روش گندزدائی در تصفیه‌خانه‌های آب در تمام کشورها می‌باشد. مطالعات انجام گرفته بر روی آب‌هایی که بوسیله ترکیبات کلر گندزدایی می‌شوند، مشخص ساخته که در اثر واکنش کلر با ترکیبات آلی طبیعی موجود در آب، گروهی از ترکیبات آلی کلره به وجود می‌آیند که تحت عنوان محصولات جانبی ناشی از گندزدایی معروف گردیده‌اند (Kenneth، ۱۹۷۸؛ ke-xin و همکاران، ۲۰۰۷). عمده‌ترین ترکیبات جانبی گندزدایی با کلر، تری‌هالومتان‌ها و هالواستیک اسیدها می‌باشند که سمی و سرطان‌زا بوده و دارای اثرات حاد بهداشتی روی انسان‌ها می‌باشند. بنابراین تعیین مقدار و حذف مواد هیومیک از آب آشامیدنی برای غلبه بر

مواد و روش‌ها

زئولیت طبیعی از معادن استان سمنان تهیه شد. مورفولوژی سطح زئولیت با استفاده از SEM (XL30 Philips Holland) آنالیز شد.

۱- آماده سازی جاذب

ژئولیت تهیه شده بعد از خرد شدن و الک کردن جهت حذف ناخالصی های معدنی برای چندین بار شستشو داده شد و بعد از آن برای حل شدن کامل نمک های آن به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شد. سپس ژئولیت به منظور خشک شدن در کوره با دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد (Dixon و Koh، ۲۰۰۱؛ Ghadiri و همکاران، ۲۰۱۰).

فرم کاتیونی ژئولیت

قبل از اصلاح سطح ژئولیت با سورفکتانت به منظور همگن سازی سایت های سطح ژئولیت با سدیم، ۱۰ گرم از ژئولیت به هر کدام از بشرها حاوی ۱۰۰ میلی لیتر محلول کلراید سدیم با غلظت ۲ مول اضافه شد. سپس بشرها به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور شیکر هم زده شد (Dixon و Koh، ۲۰۰۱؛ Ghadiri و همکاران، ۲۰۱۰). بعد از این مرحله به علت اینکه ممکن بود یون کلراید در اصلاح ژئولیت مشکل ایجاد کند نمونه ها به منظور حذف همه یون های کلراید چندین بار با آب مقطر شسته شدند. کلراید باقیمانده توسط روش آرژانتومتري در نمونه های شسته شده تشخیص داده شد (Lin و همکاران، ۲۰۱۱؛ Ghiaci و همکاران، ۲۰۰۴). در نهایت نمونه ها در اون در دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند (Lin و همکاران، ۲۰۱۱).

۲- اصلاح ژئولیت با سورفکتانت

اصلاح ژئولیت با سورفکتانت می تواند توانایی جذب را بهبود بخشد. وقتی غلظت سورفکتانت کمتر از غلظت بحرانی مایسل باشد سورفکتانت تک لایه تشکیل خواهد شد. اگر غلظت سورفکتانت از این غلظت بحرانی تجاوز کند مولکول های سورفکتانت در محلول حالت دو لایه را در روی سطح ژئولیت تشکیل خواهند داد (Bowman و Haggerty، ۱۹۹۴). غلظت بحرانی مایسل برای سیتسل پریدینوم بروماید ۱/۸ میلی مول بر لیتر می باشد. سه غلظت اولیه از سورفکتانت (۰/۵، ۱/۸ و ۲۰ میلی مول بر لیتر) به ترتیب کمتر، مساوی و بیشتر از غلظت مایسل بحرانی برای تعیین اثر غلظت سورفکتانت در جذب اسید هیومیک بر روی ژئولیت اصلاح شده مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه ژئولیت اصلاح شده، ۱۰ گرم از ژئولیت فرم کاتیونی در داخل بشر ۲۰۰ میلی لیتری حاوی ۱۰۰ میلی لیتر از غلظت های مختلف اشاره شده از سورفکتانت ریخته شد. سپس در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت در داخل انکوباتور شیکر هم زده شد. مواد آماده شده با آب مقطر مکرراً شسته شد تا جایی که هیچ یون برومایدی توسط تیت آرژانتومتري تشخیص داده نشود. سپس دوباره در همان شرایط قبلی خشک گردید (Ghadiri و همکاران، ۲۰۱۰؛ Torabian و همکاران، ۲۰۱۰).

ژئولیت اصلاح شده با ۰/۵، ۱/۸ و ۲۰ میلی مول بر لیتر به ترتیب ژئولیت اصلاح شده شماره ۱، ۲ و ۳ نام گرفتند. برای مقایسه کارایی آنها در حذف اسید هیومیک ۱۰۰ میلی لیتر از اسید هیومیک با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر در داخل بشرهای ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و سپس دوز ثابتی از سورفکتانت های مختلف اشاره شده به هر بشر اضافه شد. محلول برای مدت زمان تعادل در دما و pH ثابت به هم زده شد. درصد حذف اسید هیومیک توسط معادله (۱) محاسبه و نتایج در شکل (۱) آورده شده است.

۳- آزمایشات جذب

در ابتدا جاذب با توانایی جذب بالاتر اسید هیومیک در بین ژئولیت های شماره ۱، ۲ و ۳ انتخاب شد و برای آزمایشات بعدی از آنها استفاده شد. تمام آزمایشات در مقیاس آزمایشگاهی و در سیستم ناپیوسته انجام شد. محلول استوک اسید هیومیک در آزمایشگاه آماده و غلظت های مورد نیاز از این استوک تهیه شد. اثر چند پارامتر از جمله زمان تماس، غلظت اولیه اسید هیومیک، pH و دوز جاذب مورد آزمایش قرار گرفت. غلظت های مختلف اسید هیومیک (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر) با دوز ثابت جاذب با توانایی بالاتر (ژئولیت اصلاح شده شماره ۳) مورد استفاده برای ارزیابی زمان تعادل و تأثیر غلظت اسید هیومیک قرار گرفت. در زمان تماس های مختلف بعد از سانتریفیوژ کردن محلول اسید هیومیک با دور ۴۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه غلظت باقیمانده اسید هیومیک توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Lambda 25 PerkinElmer) در طول موج ۲۵۴ نانومتر قرائت شد. برای به دست آوردن ایزوترم جذب آزمایشات در دوز ثابتی از جاذب و در زمان بیشتر از زمان تعادل در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در داخل انکوباتور شیکر (In nova 4340) هم زده شد. اثر دوزهای مختلف از ۰/۲ تا ۱/۲ گرم در لیتر با غلظت های مختلف اسید هیومیک مورد آزمایش واقع گردید. اثر pH اولیه در محدوده ۳ تا ۱۱ در دوز ثابت با غلظت های متفاوت از اسید هیومیک مورد آزمایش قرار گرفت. از محلول های ۰/۱ نرمال اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم برای تثبیت pH مورد استفاده قرار گرفت.

جذب اسید هیومیک به دو صورت معادله ظرفیت جذب و درصد حذف رنگ از محلول بیان می شود.

$$q_e = [(C_0 - C_e)/M] \times V \quad (1)$$

$$\%R = [(C_0 - C_e)/C_0] \times 100 \quad (2)$$

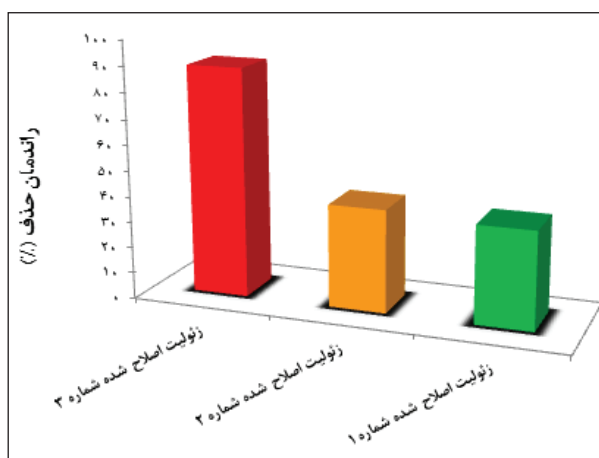
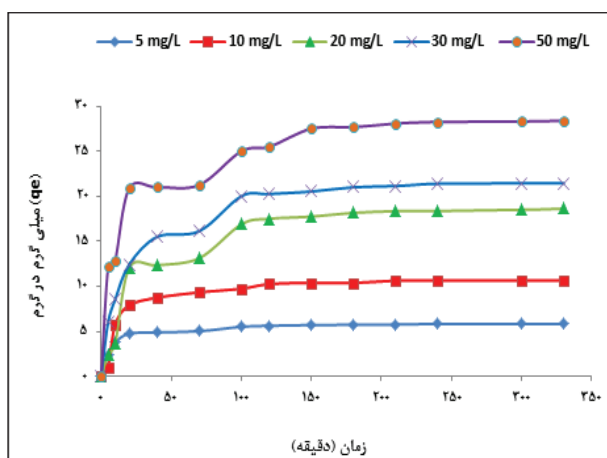
که در این معادلات q_e مقدار رنگ جذب شده در هر واحد جرم جاذب در زمان تعادل (mg/g)، C_0 و C_e به ترتیب غلظت اولیه و نهایی رنگ در محلول (mg/L)، V حجم محلول (L) و M جرم جاذب (g) می باشد.

استفاده شد. در ادامه‌ی متن منظور از ژئولیت اصلاح شده، ژئولیت اصلاح شده شماره ۳ خواهد بود.

۱- اثر زمان تماس و غلظت اولیه

شکل (۱-ب) اثر زمان تماس و غلظت اولیه بر روی جذب اسید هیومیک توسط ژئولیت اصلاح شده را نشان می‌دهد. برای بررسی اثر زمان تماس و غلظت اولیه اسید هیومیک دوز ثابتی از ژئولیت و $pH = 7$ برای هر کدام از غلظت‌های اسید هیومیک مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این مرحله نشان داد که هرچند با افزایش زمان تماس میزان جذب افزایش می‌یابد اما جذب اسید هیومیک بر روی ژئولیت بعد از مدت زمان ۳۰۰ دقیقه به تعادل می‌رسد. شکل (۱-ب) به صورت ضمنی بیان می‌کند که کارایی جذب به غلظت اولیه اسید هیومیک بستگی دارد. با توجه به شکل با افزایش غلظت اسید هیومیک از ۵ تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، مقدار اسید هیومیک جذب شده از ۵/۷ تا ۳۱ میلی‌گرم در گرم افزایش یافت.

الگوی XRD نشان داد قسمت‌های کریستالی موجود در این جاذب با مقایسه پیک‌های ایجاد شده با استاندارد قابل تشخیص می‌باشد. کلینوپتی لولایت ترکیب اصلی ژئولیت را تشکیل می‌داد. سطح ژئولیت طبیعی و اصلاح شده با استفاده از SEM مورد بررسی قرار گرفت. مشاهدات نشان داد سطح ژئولیت دارای بافت کریستالی با ظاهری بسیار متخلخل می‌باشد. آنالیز ترکیب شیمیایی ژئولیت نشان داد که $69/321$ درصد کلینوپتی لولایت را SiO_2 تشکیل می‌دهد. با توجه شکل (۱-الف) نتایج نشان داد ژئولیت اصلاح شده شماره ۳ که با غلظت بیشتر از غلظت بحرانی مایسل از سورفکتانت، اصلاح شده بود بالاترین ظرفیت جذب اسید هیومیک را در بین گزینه‌های دیگر دارد؛ بنابراین این ژئولیت به عنوان بهترین جاذب در بین دیگر جاذب‌ها انتخاب شد و در مراحل بعدی آزمایش، از این نوع



شکل ۱- (الف) کارایی ژئولیت‌های اصلاح شده در جذب اسید هیومیک (غلظت اولیه اسید هیومیک: ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، $pH: 7$ ، دوز جاذب: ۰/۸ گرم در لیتر) و (ب) اثر زمان تماس و غلظت اولیه ($pH: 7$ ، دوز جاذب: ۰/۸ گرم در لیتر)

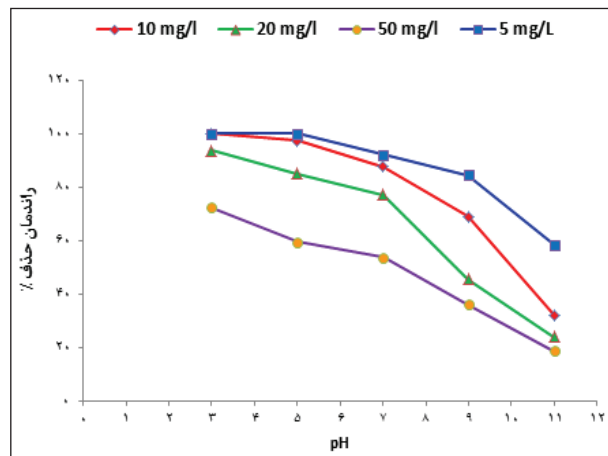
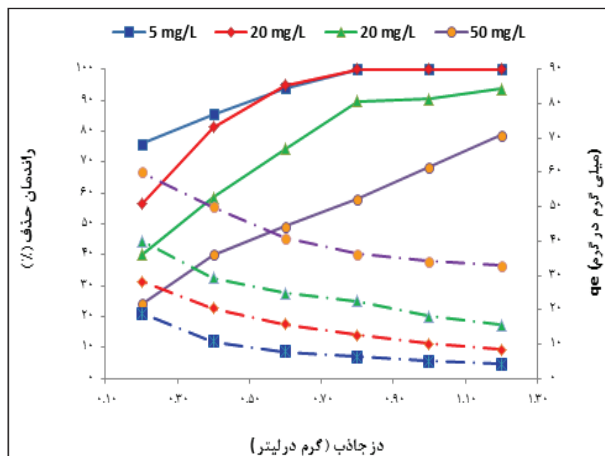
که با افزایش در مقدار دوز جاذب از ۰/۲ تا ۱/۲ گرم در لیتر، کارایی جذب اسید هیومیک بر حسب درصد برای همه غلظت‌ها افزایش یافت (شکل مربوطه محور عمودی سمت چپ). با وجود این، مقدار اسید هیومیک جذب شده در واحد جرم جاذب (میلی‌گرم در لیتر) برای غلظت‌های مختلف با افزایش دوز جاذب کاهش یافت. با توجه به شکل (۲-ب) با افزایش دوز جاذب از ۰/۲ به ۱/۲ گرم در لیتر مقدار اسید هیومیک جذب شده در واحد جاذب (qt) برای غلظت اولیه ۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک از ۱۹ به ۴/۱ میلی‌گرم در گرم و برای غلظت اولیه ۵۰ میلی‌گرم در لیتر از ۶۰ به ۳۲ میلی‌گرم در گرم کاهش یافت.

۲- تأثیر pH

pH یکی از فاکتورهای مهمی است که از طریق تأثیر بر ساختار اسید هیومیک و بار سطحی جاذب در فرایند جذب تأثیر می‌گذارد. همانطور که شکل (۲-الف) نشان می‌دهد کارایی حذف با کاهش pH افزایش می‌یابد. pHهای اسیدی به عنوان pH بهینه برای جذب اسید هیومیک بر روی ژئولیت اصلاح شده بدست آمد.

۳- اثر دوز جاذب

شکل (۲-ب) اثر دوز جاذب را بر روی حذف در غلظت‌های مختلف از اسید هیومیک را نشان می‌دهد. آزمایش‌ها نشان داد



شکل ۲- (الف) اثر pH بر روی کارایی حذف اسید هیومیک (زمان تماس: ۳۰۰، دوز جاذب: ۰/۸ گرم در لیتر) و (ب) تأثیر دوز جاذب بر روی حذف اسید هیومیک توسط زئولیت اصلاح شده (زمان: ۳۰۰ دقیقه، pH: ۵)

همه غلظت‌های اسید هیومیک نشان می‌دهد. ثابت سرعت محاسبه شده، q_e محاسباتی و تجربی و ضرایب همبستگی در جدول (۱) ارائه شده است.

- مدل شبه درجه دوم

رابطه کلی معادله شبه درجه دوم به صورت زیر می‌باشد.

$$(dq/dt) = K_2(q_e - q)^2 \quad (5)$$
با انتگرال‌گیری از رابطه (۵) در محدوده $t = 0 \sim t$ و $q = 0 \sim q_t$ روابط زیر به دست خواهد آمد.

$$1/(q_e - q_t) = 1/q_e + K_2 t \quad (6)$$

$$t/q = 1/(K_2 q_e^2) + (1/q_e)t \quad (7)$$

K_2 ثابت سرعت جذب درجه ۲ برحسب $g \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ است. با رسم مقادیر t/q در مقابل زمان تماس می‌توان مقادیر K_2 و q_e را به ترتیب از طریق شیب و عرض از مبدأ منحنی فوق به دست آورد.

شکل (۳-ب) نمودار خطی مدل شبه درجه دوم را نشان می‌دهد. Q_e از محاسبه شیب نمودار t/q در مقابل t بدست آمد. K_2 نیز از طریق محاسبه عرض از مبدأ به دست آمد. مقادیر محاسباتی بدست آمده q_e تطابق خوبی با داده‌های تجربی آن داشت (جدول ۱). ضرایب همبستگی (R^2) مدل شبه درجه دوم برای تمامی غلظت‌های مورد آزمایش بیش از ۰/۹۹ بدست آمد. این مشخص می‌کند که جذب اسید هیومیک بر روی زئولیت اصلاح شده از شبه درجه دوم پیروی می‌کند.

- سینتیک جذب

سینتیک جذب به خواص فیزیکی و شیمیایی ماده جاذب بستگی دارد و مکانیزم جذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه سینتیک جذب اسید هیومیک بر روی زئولیت اصلاح شده با استفاده از مدل‌های سینتیک شبه درجه اول و شبه درجه دوم به دست آمد و نتایج حاصل از انجام آزمایشات تجربی با معادلات شبه درجه اول و شبه درجه دوم تطابق داده شد.

- مدل شبه درجه اول

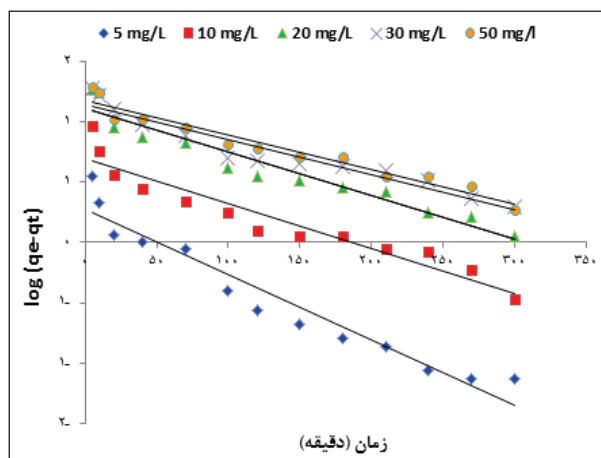
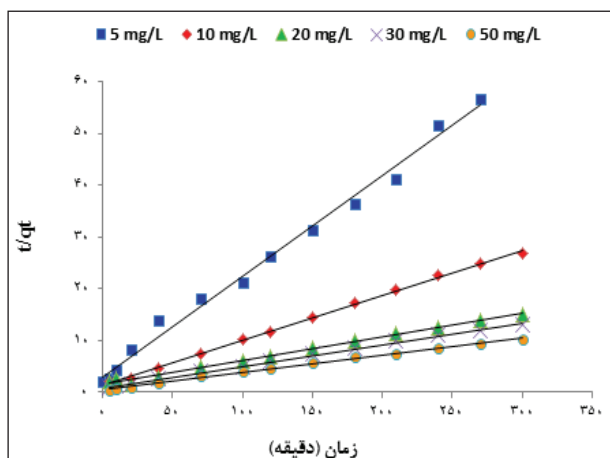
شکل غیرخطی معادله شبه درجه اول در زیر نشان داده شده است (Amin, ۲۰۰۸).

$$(dq/dt) = K_1(q_e - q) \quad (3)$$

با انتگرال‌گیری از رابطه (۳) در محدوده $t = 0 \sim t$ و $q = 0 \sim q_t$ رابطه زیر به دست خواهد آمد.

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - (K_1/2.303)t \quad (4)$$

q_e مقدار اسید هیومیک جذب شده در واحد جرم جاذب در زمان تعادل برحسب (mg/g) ، q_t مقدار اسید هیومیک جذب شده در واحد جرم جاذب در زمان t برحسب (mg/g) و K_1 ثابت سرعت شبه درجه اول برحسب min^{-1} است. اگر نمودار $\log(q_e - q_t)$ برحسب t برای شرایط آزمایشگاهی مورد نظر رسم شود، خط مستقیمی به دست می‌آید که می‌توان ثابت سرعت (K_1) و ضریب همبستگی (R^2) را از این نمودار محاسبه نمود. شکل (۳-الف) نمودار خطی سینتیک شبه درجه اول را برای



شکل ۳- (الف) نمودار شبه درجه اول و (ب) نمودار شبه درجه دوم برای جذب اسید هیومیک با ژئولیت اصلاح شده (دوز جاذب: ۰/۸ گرم در لیتر، pH: ۵)

جدول ۱- ضرایب همبستگی، ثابت‌ها و q_e بدست آمده محاسباتی و تجربی مدل شبه درجه اول و دوم

مدل شبه درجه دوم			مدل شبه درجه اول			q_e (exp) (mg/L)	غلظت اسید هیومیک (mg/L)
q_e (cal) (mg/g)	R ²	K_2 (g/mg min)	q_e (cal) (mg/g)	R ²	K_1 (min ⁻¹)		
۵/۹	۰/۹۹۳	۰/۰۶۹	۱/۸۶	۰/۹۳۵	۰/۰۱۱	۵	۵
۱۱/۵	۰/۹۹۸	۰/۰۰۵۹	۵	۰/۹۰	۰/۰۰۶۹	۱۱/۴۵	۱۰
۲۱	۰/۹۹۳	۰/۰۰۱۳	۱۲/۷	۰/۹۲۶	۰/۰۰۶۹	۲۲	۲۰
۲۳/۵	۰/۹۹۷	۰/۰۰۱۹	۱۴	۰/۹۲۴	۰/۰۰۶۹	۲۴/۳	۳۰
۳۱/۶	۰/۹۹۴	۰/۰۰۲۲	۱۳/۵	۰/۹۱۶	۰/۰۰۴	۳۲	۵۰

پوشش دو لایه از سورفکتانت در سطح ژئولیت ایجاد خواهد شد که این منجر به جذب بیشتر آلاینده خواهد شد.

۲- مقدار جذب اسید هیومیک تابعی از غلظت اولیه آن می‌باشد. میزان جذب اولیه در غلظت‌های اولیه بالاتر، بیشتر است؛ به علت اینکه مقاومت در برابر جذب یا برداشت اسید هیومیک در نتیجه افزایش نیروی انتقال جرم، کاهش پیدا می‌کند. غلظت اولیه بالاتر نیروی رانش قابل توجه‌ای ایجاد کرده و به مقاومت انتقال جرم غلبه می‌کند. همچنین افزایش غلظت اولیه باعث افزایش اثر متقابل بین جاذب و اسید هیومیک می‌شود. دیگر مطالعات تقریباً نتایج متفاوتی به دست آورده‌اند به طوری که زمان تعادل در آن مطالعات طولانی‌تر بوده است (Anirudhan و Ramachandran, ۲۰۰۷؛ Hartono و همکاران, ۲۰۰۹).

۳- جذب بالای اسید هیومیک در pH پایین رخ می‌دهد. با توجه به متون، علت این امر ممکن است واکنش‌های هیدروفوبیکی و پیوند هیدروژنی به عنوان مهم‌ترین مکانیسم جذب بر روی

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، سطح ژئولیت دارای بافت کریستالی با ظاهری بسیار متخلخل می‌باشد. این تخلخل می‌تواند به جذب بیشتر آلاینده مورد نظر کمک کند. ژئولیت‌های طبیعی آلومینا سیلیکات آب‌دار با ساختار چهار وجهی SiO_4 و AlO_4 شامل مولکول‌های آب، فلزات قلیایی و قلیایی خاکی می‌باشد. بنابراین سورفکتانت‌های کاتیونی به راحتی می‌توانند با کاتیون‌های قابل تعویض سطح ژئولیت تعویض شوند و با توجه به شرایط سورفکتانت تک لایه یا دو لایه در سطح تشکیل دهند و توانایی جذب را برای آلاینده‌های آنیونی از جمله اسید هیومیک را بهبود ببخشند.

به طور کلی نتایج زیر از مطالعه حاضر به دست آمده است:

۱- افزایش غلظت سورفکتانت اصلاحی تا حد غلظت بحرانی مایسل برای اصلاح ژئولیت طبیعی باعث افزایش جذب اسید هیومیک شده است؛ به علت اینکه با افزایش غلظت سورفکتانت

زئولیت اصلاح شده با سورفکتانت سیتیل پریدینوم بروماید با پوشش دو لایه بر روی زئولیت باشند (Zhan و همکاران، ۲۰۱۱). قابل ذکر است که با افزایش pH رقابت بین یون‌های هیدرکسیل و مولکول‌های اسید هیومیک یونیزه شده برای سایت‌های روی زئولیت که دارای بار مثبت هستند و تعداد ثابتی را شامل می‌شوند افزایش می‌یابد و این باعث کاهش مقدار جذب می‌شود (Zhu و Wang، ۲۰۰۷؛ Lin و همکاران، ۲۰۱۱). علاوه بر این اندازه مولکول اسید هیومیک ممکن است با افزایش pH از حالت کروی مانند به حالت خطی افزایش یابد که این خود منجر به کاهش جذب اسید هیومیک در pHهای بالا می‌شود (Hartono و همکاران، ۲۰۰۹؛ Wang و همکاران، ۲۰۱۲).

۴- با افزایش دوز جاذب راندمان حذف افزایش می‌یابد. به راحتی قابل دریافت می‌باشد که سایت‌های فعال جذب با افزایش دوز جاذب در محلول افزایش می‌یابد. اما در طرف دیگر همین افزایش دوز جاذب باعث افزایش مخرج کسر فرمول مربوط به محاسبه مقدار اسید هیومیک جذب شده در واحد جرم یا همان qt می‌شود. به علت اینکه سایت‌های فعال اشباع نشده زیادی در محلول باقی می‌ماند و تمام ظرفیت جاذب جهت جذب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (Sulak و همکاران، ۲۰۰۷).

۵- با توجه به نتایج مطالعه می‌توان گفت ضرایب همبستگی (R2) برای سینتیک‌های شبه درجه اول برای همه غلظت‌های اسید هیومیک تقریباً دارای مقادیر پایین‌تری هستند. مطالعه حاضر نشان داد که qe محاسباتی با مقادیر تجربی آن تطابق

خوبی نداشت. بر طبق نتایج داده‌های آزمایش، جذب اسید هیومیک بر روی زئولیت اصلاح شده با مدل شبه درجه اول زیاد کاربردی نمی‌باشد و از مدل سینتیک درجه دوم با ضریب همبستگی ($R^2 = 0.998$) تبعیت داشتند. نتایج مشابهی در مطالعات دیگر اشاره کرده‌اند که جذب اسید هیومیک از مدل شبه درجه دوم پیروی می‌کند (Zhan و همکاران، ۲۰۱۱).

نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف که می‌تواند بازده جذب را افزایش دهد زئولیت اصلاح شده می‌تواند در تصفیه‌خانه‌های آب جایگزین جاذب‌های گران قیمت فعلی شود. نتایج این مطالعه نشان داد که زئولیت اصلاح شده به عنوان جاذبی ارزان برای حذف اسید هیومیک از آب می‌تواند باشد. با توجه به فراوانی این ماده معدنی در ایران امید است با انجام تحقیقات اولیه پایلوت در مرحله بعد از این جاذب در تصفیه‌خانه‌های کشور بتوان استفاده کرد.

سپاسگزاری

این تحقیق در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز انجام گرفته است. بدینوسیله از مسئولین آزمایشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز که در انجام این تحقیق از مساعدت آنان بهره‌مند بودیم، تقدیر و تشکر می‌نماییم.

منابع

- pH, anions and cations on the dissolution kinetics of humic acid particles. *Colloid Surface A.*, 347(1-3): 180-186.
- Chen J.P. and Wu S. 2004. Simultaneous adsorption of copper ions and humic acid onto an activated carbon. *J Colloid Interface Sci.*, 280(2): 334-342.
- Chiang P.C., Chang E.E., Chang P.C. and Huang C.P. 2009. Effects of pre-ozonation on the removal of THM precursors by coagulation. *Sci Total Environ*, 407(21): 5735-5742.
- Christl I. and Kretzschmar R. 2007. C-1s NEXAFS spectroscopy reveals chemical fractionation of humic acid by cation-induced coagulation. *Environ Sci Technol*, 41(6): 1915-1920.
- Haggerty G.M. and Bowman R.S. 1994. Sorption of Amin N.K. 2008. Removal of reactive dye from aqueous solutions by adsorption onto activated carbons prepared from sugarcane bagasse pith. *Desalination*, 223(1-3): 152-161.
- Anirudhan T.S. and Ramachandran M. 2007. Surfactant-modified bentonite as adsorbent for the removal of humic acid from wastewaters. *Appl Clay Sci*, 35(3): 276-281.
- Brigante M., Zanini G. and Avena M. 2008. On the dissolution kinetics of humic acid particles. Effect of monocarboxylic acids. *Chemosphere*, 71(11): 2076-2081.
- Brigante M., Zanini G. and Avena M. 2009. Effect of

- of Astrazon Yellow 7GL from aqueous solutions by adsorption onto wheat bran. *Bioresour. Technol.* 13: 2590-2598.
- Torabian A., Kazemian H., Seifi L., Bidhendi G.N., Azimi A.A. and Ghadiri S.K. 2010. Removal of Petroleum Aromatic Hydrocarbons by Surfactant-modified Natural Zeolite: The Effect of Surfactant. *Clean Soil Air Water*, 38(1): 77-83.
- Zazouli M., Nasserli S., Mahvi A., Gholami M., Mesdaghinia A. and Younesian M. 2008. Retention of humic acid from water by nanofiltration membrane and influence of solution chemistry on membrane performance. *Iranian J Environ Health Sci Eng*, 5(1): 33-46.
- Zhan Y., Lin J., Qiu Y., Gao N. and Zhu Z. 2011. Adsorption of humic acid from aqueous solution on bilayer hexadecyltrimethyl ammonium bromide-modified zeolite. *Front Environ Sci Eng China*, 5(1): 65-75.
- Zhan Y., Zhu Z., Lin J., Qiu Y. and Zhao J. 2011. Removal of humic acid from aqueous solution by cetylpyridinium bromide modified zeolite. *J Environ Sci*, 22(9): 1327-1334.
- Wan Ngah W.S., Hanafiah M. and Yong S.S. 2008. Adsorption of humic acid from aqueous solutions on crosslinked chitosan epichlorohydrin beads: Kinetics and isotherm studies. *Colloids Surf, B*, 65(1): 18-24.
- Wang S., Gong W., Liu X., Gao B. and Yue Q. 2006. Removal of fulvic acids using the surfactant modified zeolite in a fixed-bed reactor. *Sep Purif Technol*, 51(3): 367-373.
- Wang S. and Zhu Z.H. 2007. Humic acid adsorption on fly ash and its derived unburned carbon. *J Colloid Interface Sci*, 315(1): 41-46.
- Wang J., Ding S., Zheng C., Ma H. and Ji Y. 2012. Efficient removal of humic acid in aqueous solution using polyaniline adsorbent. *Desal Water Treat*, 40(1-3): 92-99.
- Wu F.C., Tseng R.L. and Juang R.S. 2002. Adsorption of dyes and humic acid from water using chitosan-encapsulated activated carbon. *J Chem Technol Bio-technol*, 77(11): 1269-1279.
- chromate and other inorganic anions by organo-zeolite. *Environ Sci Technol*, 28(3): 452-458.
- Hartono T., Wang S., Ma Q. and Zhu Z. 2009. Layer structured graphite oxide as a novel adsorbent for humic acid removal from aqueous solution. *J Colloid Interface Sci*, 333(1): 9-114.
- Imyim A. and Prapalimrungsi E. 2010. Humic acids removal from water by aminopropyl functionalized rice husk ash. *J Hazard Mater*, 184(1-3): 775-781.
- Ghadiri S., Nabizadeh R., Mahvi A., Nasserli S., Kazemian H., Mesdaghinia A., et al. 2010. Methyl Tert-Butyl Ether Adsorption On Surfactant Modified Natural Zeolites. *Iranian J Environ Health Sci Eng*, 7(3).
- Ghiaci M., Abbaspur A., Kia R. and Seyedeyn-Azad F. 2004. Equilibrium isotherm studies for the sorption of benzene, toluene, and phenol onto organo-zeolites and as-synthesized MCM-41. *Sep Purif Technol*, 40(3): 217-229.
- Kawamura S. 2000. Integrated design and operation of water treatment facilities. New York: John Wiley.
- Kenneth P. 1978. Associations of cancer mortality with THMs in drinking water. *J Natl Cancer*, 61: 124-129.
- Ke-xin Z., Hong w. and Shu-guang X. 2007. Performance of combined pre-ozonation and biofiltration for the purification of water from chin yellow river. *J Environ Sci*, 1: 52-61.
- Koh S.M. and Dixon J.B. 2001. Preparation and application of organo-minerals as sorbents of phenol, benzene and toluene. *Appl Clay Sci*, 18(3): 111-122.
- Landrum P.F., Nihart S.R., Eadie B.J. and Gardner W.S. 1984. Reverse-phase separation method for determining pollutant binding to Aldrich humic acid and dissolved organic carbon of natural waters. *Environ Sci Tech*, 18(3): 187-192.
- Li C., Dong Y., Wu D., Peng L. and Kong H. 2011. Surfactant modified zeolite as adsorbent for removal of humic acid from water. *Appl Clay Sci*, 52(4): 353-357.
- Lin J., Zhan Y., Zhu Z. and Xing Y. 2011. Adsorption of tannic acid from aqueous solution onto surfactant-modified zeolite. *J Hazard Mater*, 193: 109-111.
- Sulak M.T., Demirbas E. and Kobya M. 2007. Removal

Phytoremediation potential of common Sorrel (*Rumex acetosa*) and Corn (*Zea mays*) in decomposing synthetic Sulphonated Anthraquinone

Gh. Taheri

Assistant Professor, Department of Plant Biology, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran.

E-Mail: ghtaheri2@gmail.com

Received: 7-11-2014

Accepted: 7-9-2015

بررسی توان گیاه‌پالایی ساق‌ترشک و ذرت برای حذف آلاینده سولفونات آنتراکینون

قدیر طاهری

استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نیشابور.

E-Mail: ghtaheri2@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۶

Abstract

Synthetic sulphonated anthraquinones are the raw materials used for producing a large palette of synthetic dyes, and microorganisms have a limited ability to decompose them, hence they are one of the important environmental pollutants. In order to study the ability of plants to remove this pollutant from the environment, corn, as a plant not containing any natural anthraquinones and common sorrel, as a plant containing natural anthraquinones, were studied in hydroponic conditions. A factorial experiment was conducted in a completely randomized design. The first factor was the plant species (Corn, as plant without natural anthraquinones, and common sorrel, plants with natural anthraquinones) and the second factor was sulphonated anthraquinones pollutant concentration. To reduce number of data, they were first analyzed using principle component analysis (PCA) procedure. Parameters with the highest specific value and highest effect on total variance as well as characteristics with the highest coefficients were selected. Result of PCA showed that shoot characteristics were less affected by pollutant concentration than root, and antioxidative defense system, lipid peroxidation and production of hydrogen peroxide in root, shoot and root dry weight had the highest contribution in total variance. Data analysis of variance indicated that corn ability was less than common sorrel for removing sulphonated anthraquinones. Root and shoot dry weights were reduced by sulphonated anthraquinones, while activity of some enzymes such as Superoxide Dismutase (SOD), Ascorbate Peroxidase (APX), Catalase (CAT) and malondialdehyde were increased. The highest activity of antioxidative enzymes was measured in common sorrel treated by 3 mM sulphonated anthraquinones.

Keywords: antioxidation, common sorrel, sulphonated anthraquinones, phytoremediation, corn.

چکیده

آنتراکینون‌های سولفوردار سنتزی ماده اولیه ساخت بسیاری از رنگ‌های مصنوعی هستند و میکروارگانیسم‌ها معمولاً قادر به تجزیه آنها نمی‌باشند، از این رو از آلاینده‌های مهم طبیعت به شمار می‌روند. به منظور مطالعه توان گیاهان در حذف سولفونات آنتراکینون‌ها از محیط زیست، ذرت از گیاهان فاقد آنتراکینون طبیعی و ساق‌ترشک به عنوان گیاه دارای آنتراکینون طبیعی در شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. گونه‌های گیاهی به عنوان فاکتور اول و غلظت‌های مختلف سولفونات آنتراکینون به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. برای کاهش تعداد داده‌ها، ابتدا تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام شد و مولفه‌هایی که بیشترین مقدار ویژه و بالاترین تأثیر بر واریانس کل و همچنین صفاتی که بیشترین ضریب را داشتند، انتخاب شدند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های مربوط به اندام هوایی گیاهان به مقدار کمتری تحت تأثیر غلظت‌های آلاینده قرار گرفت و سهم سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، مقدار صدمه به لیپیدهای غشایی و مقدار تولید پراکسید هیدروژن در ریشه‌ها، وزن خشک بخش هوایی و ریشه‌ها در واریانس کل بیشتر بود. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ذرت از توانایی کمتری برای حذف سولفونات آنتراکینون از محیط رشد برخوردار بود. سولفونات آنتراکینون باعث کاهش مقدار وزن خشک ریشه‌ها و بخش هوایی گیاهان شد، در حالی که مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیداسیونی کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و مقدار مالون‌دی‌آلدئید را نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهان ساق‌ترشک تیمار شده با ۳ میلی‌مولار سولفونات آنتراکینون اندازه‌گیری شد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، ساق‌ترشک، سولفونات آنتراکینون، گیاه پالایی، ذرت.

به طور طبیعی مشتقات آنتراکینون‌ها در برخی گیاهان به مقدار زیادی تولید و تجمع می‌یابد که از آن جمله می‌توان به گیاهانی از جنس‌های *Rumex* و *Rheum* (از خانواده علف هفت‌بند)، *Galium* و *Rubia* (از خانواده روناس) اشاره کرد (Duc و همکاران، ۱۹۹۹؛ Page و Schwitzgue'bel، ۲۰۰۹). علاوه بر این مسیر بیوسنتزی آنتراکینون‌های طبیعی مورد بررسی قرار گرفته و چندین آنزیم درگیر در این فرایند شناسایی شده‌اند (Khoury و Ibrahim، ۱۹۸۷؛ Romain و همکاران، ۱۹۹۹). بعضی از این گیاهان دارای آنزیم‌های تجزیه‌کننده سولفونات آنتراکینون‌ها بوده و می‌توان آنها را برای حذف این مواد از فاضلاب صنایع آلاینده مورد استفاده قرار داد (Schwitzgue'bel و همکاران، ۲۰۰۲). گزارش‌هایی مبنی بر دخالت برخی آنزیم‌های درگیر در دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاهان در مسمومیت‌زدایی و یا تجزیه سولفونات آنتراکینون‌ها در دسترس است. افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوکاتیون ردوکتاز، تیروزیناز و لیگنین پراکسیداز در گیاه نی (Carias و همکاران، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸) تحت تأثیر مواد رنگی گزارش شده است.

استفاده از فاضلاب شهری و صنعتی برای تولید محصولات کشاورزی در سال‌های اخیر رو به فزونی است و بیم آن می‌رود که آلاینده‌های رنگی موجود در آنها بدون هیچگونه تغییری بصورت مستقیم یا غیرمستقیم وارد رژیم غذایی انسان شود. از طرفی امکان جذب برخی از آلاینده‌ها توسط ریشه گیاهان وجود ندارد و به مرور زمان این ترکیبات آلاینده در محیط تجمع می‌یابند، بنابراین شناسایی و معرفی گونه‌های گیاهی که قادر به حذف آلاینده‌های رنگی از فاضلاب باشند، ضروری است. هدف این پژوهش مطالعه توانایی حذف آلاینده نمک سدیمی سولفونات آنتراکینون و پاسخ فیزیولوژیکی دو گونه گیاهی ساق‌ترشک (*Rumex acetosa L.*)، گیاهی با آنتراکینون طبیعی و از ساکنان مهم فاضلاب‌های صنعتی) و ذرت (*Zea mays*)، گیاهی بدون آنتراکینون‌های طبیعی) بوده است تا گیاه مناسب برای حذف این آلاینده از طبیعت را معرفی نماید.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه توان حذف آلاینده نمک سدیمی سولفونات آنتراکینون از محیط رشد گیاهان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در محل آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی گیاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل گونه‌های گیاهی (ذرت و ساق‌ترشک) و غلظت‌های مختلف آلاینده سولفونات آنتراکینون (۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ میلی‌مولار) بود. بذرها

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی برای حذف آلاینده‌ها از محیط زیست انجام شده است (Ong و همکاران، ۲۰۱۱). حذف آلاینده‌ها از فاضلاب ممکن است به روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی انجام شود. تیمار فاضلاب با قارچ‌ها، باکتری‌ها و جلبک‌ها از روش‌های زیستی است که برای حذف رنگیزه‌های سنتزی یا طبیعی از محیط زیست استفاده شده است (Aubert و Schwitzgue'bel، ۲۰۰۴). این موجودات زنده به دلیل داشتن آنزیم‌های خاص، قادرند تا مواد رنگی موجود در فاضلاب را تجزیه و کاهش دهند. در حال حاضر استفاده از فرایندهای بیولوژیکی نظیر استفاده از گیاهان برای حذف مواد رنگی از فاضلاب‌ها مورد توجه متخصصین قرار گرفته‌است و از مهم‌ترین گیاهان با توان حذف آلاینده‌ها می‌توان برخی از ساکنان اصلی مناطق مردابی (Schwitzgue'bel و همکاران، ۲۰۰۸) و گیاهان آبری نظیر نی (*Phragmites sp.*)، لویی (*Typha sp.*) و ساق‌ترشک (*Rumex sp.*) را نام برد (Nilratnisakorn و همکاران، ۲۰۰۷؛ Page و Schwitzgue'bel، ۲۰۰۹).

از مهم‌ترین مواد مورد استفاده در صنعت ساخت رنگ‌ها می‌توان به سولفونات آنتراکینون‌ها اشاره کرد. این گروه ترکیبات شیمیایی از آلاینده‌های زیستی بالقوه و بالفعل محیط زیست می‌باشند که بر حیات موجودات زنده، به ویژه ساکنان رودخانه‌ها تأثیر گذارند. آنها دارای حداقل یک گروه سولفونیک بوده و اغلب دارای بنیان‌های جایگزین متفاوتی مانند گروه‌های نیترو هستند (Schwitzgue'bel و همکاران، ۲۰۰۲). رنگ‌های مصنوعی با ساختارهای مولکولی آروماتیک پیچیده، ترکیباتی با ثبات و در برابر تجزیه زیستی مقاوم می‌باشند. میکروارگانیسم‌ها توانایی اندکی در حذف و یا تخریب این ترکیبات دارند و بسیاری از گیاهان و بیوفیلترهایی که برای تیمار فاضلاب‌های متداول صنعتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند توانایی چندانی در حذف رنگ‌ها و بقایای صنعتی نشان نداده‌اند. اغلب چنین ساختارهایی در مقابل آب، نور و اکسیدکننده‌ها نیز مقاوم هستند و از بین نمی‌روند. این ویژگی‌ها آن‌ها را با ثبات‌تر و کمتر متمایل به تجزیه بیولوژیکی می‌کند، لذا ضرورت دارد تا روش‌های زیستی دیگری شناسایی و توسعه یابند (Schwitzgue'bel و همکاران، ۲۰۰۸). گیاه‌پالایی به عنوان روشی پایدار و سازگار با محیط زیست شناخته شده است. این شیوه به دلیل هزینه کمتر، عدم نیاز به امکانات و تکنیک‌های پیشرفته، مصرف کمتر انرژی و مواد شیمیایی در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب نموده‌است (Khandare و همکاران، ۲۰۱۴).

ساق‌ترشک از زیستگاه طبیعی آن در منطقه کال شور واقع در جنوب نیشابور در تیر ماه ۱۳۹۲ جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. به منظور شکستن خواب بذور، آنها مدت ۳۰ روز در دمای 4 ± 1 درجه سانتیگراد نگهداری شدند. بذور ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور تهیه شد. پس از ضدعفونی بذور با هیپوکلریت سدیم ۲ در هزار، جوانه‌زنی به روش بین کاغذی در پتری‌دیش‌هایی به ابعاد 12×3 سانتی‌متر انجام شد. بدین منظور دانه‌ها در شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی با دمای 22 ± 2 درجه سانتیگراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای 16 ± 2 درجه سانتیگراد قرار گرفتند. ۱۰ روز پس از آغاز آزمایش تعداد ۵ گیاهچه بذری از هر گونه به محیط هیدروپونیک و به گلدان‌های تیره‌رنگ با حجم $3/5$ لیتر منتقل شدند. در سه روز اول گیاهان فقط در آب مقطر قرار گرفتند و برای سازگار شدن آنها به محیط، آنها مدت ۴ روز در محلول غذایی ۲۵ درصد و ۷ روز در محلول غذایی ۵۰ درصد هوگلند قرار گرفتند. پس از آن گیاهان مدت ۳۰ روز در محلول غذایی ۷۰ درصد هوگلند نگهداری شدند. دوره نوری این مرحله $14 + 10$ ساعت و دماهای مرحله جوانه‌زنی بود. پس از این مرحله گیاهان به مدت ۱۴ روز و مطابق نقشه طرح در معرض محلول‌های حاوی غلظت‌های مختلف آلانینده سولفونات آتراکینون قرار گرفتند. صفات مورد بررسی به شرح زیر می‌باشد:

وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها با قرار دادن آنها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت بدست آمد. غلظت پراکسید هیدروژن موجود در ریشه‌ها و ساقه گونه‌های مورد بررسی به روش اکان (O'Kane و همکاران، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد. $0/5$ گرم از پودر ساییده شده هر اندام در حضور نیتروژن مایع با 10 میلی‌لیتر اسید کلریدریک $0/2$ مولار مخلوط شده و به خوبی هم زده شد تا هموژن گردد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در 12000 دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتیگراد سانتریفوژ شدند. pH ماده رویی با کمک پتاسیم هیدروکسید سانتریفوژ شدند. pH با غلظت ۴ مولار تنظیم شد ($pH=5/7$). به منظور حذف مواد رسوب‌یافته مجدداً نمونه‌ها به مدت ۳ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد در 3500 دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. از ماده رویی برای تعیین غلظت H_2O_2 استفاده شد. مخلوط واکنش برای اسپکتروفتومتری در حجم نهایی $1/5$ میلی‌لیتر (شامل 50 میکرولیتر از عصاره تهیه شده مرحله قبلی، دی‌متیل‌آمینوبنزوئیک اسید $2/5$ میلی‌مولار، ۳-متیل-۲-نیتروتنیازولیدون هیدرازون $1/25$ میلی‌مولار، پراکسیداز 20 میکرولیتر) تهیه شد. واکنش با اضافه کردن پراکسیداز آغاز شد و با افزایش مقدار جذب H_2O_2 در طول موج 590 نانومتر و بعد از ۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد سنجیده شد. برای

تهیه منحنی کالیبراسیون، مقدار جذب H_2O_2 در غلظت‌های $0/5$ تا 20 میکرومول در گرم اندازه‌گیری شد. نتایج بر مبنای میکرومول در گرم وزن تر نمونه گزارش گردید.

برای سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ابتدا عصاره آنزیمی ریشه‌ها و ساقه‌ها به روش ساین (Singh و همکاران، ۲۰۰۶) استخراج شد. مقدار فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) بر مبنای جلوگیری از احیای نوری نیتروبلوترازولیوم کلراید و به روش بیوجمپ و فریدویچ (Beauchamp و Fridovich، ۱۹۷۱) اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش در حجم نهایی ۴ میلی‌لیتر تهیه شد و محتوی 63 میکرومولار نیتروبلوترازولیوم (NBT)، 13 میلی‌مولار متیونین، $0/1$ میلی‌مولار EDTA، 13 میکرومولار ربیوفلاوین، $0/5$ مولار کربنات سدیم و $0/5$ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی (در تیمار شاهد همان مقدار آب مقطر) بود. لوله‌های آزمایش در زیر ۲ لامپ لوله‌ای فلوئورسنت ۱۵ وات به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت و پس از آن به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی نگهداری شدند. مقدار جذب در طول موج 560 نانومتر اندازه‌گیری شد و فعالیت آنزیم بر مبنای واحد آنزیمی بر میلی‌گرم وزن تر گزارش شد. هر واحد فعالیت آنزیمی مقدار مورد نیاز آنزیم برای جلوگیری از احیای 50 درصد NBT در مقایسه با لوله‌های فاقد عصاره آنزیمی تعریف شده است.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش کک‌مک و مارشنر (Cakmak و Marschner، ۱۹۹۲) انجام شد. مخلوط واکنش شامل 25 میلی‌مولار بافر فسفات ($pH=7$)، 10 میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و $0/2$ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی بود. فعالیت آنزیم با اندازه‌گیری مقدار حذف پراکسید هیدروژن در طی ۱ دقیقه در 240 نانومتر اندازه‌گیری شد و بر مبنای ضریب خاموشی $39/4 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ محاسبه شد. هر واحد آنزیمی مقدار آنزیم مورد نیاز برای اکسیداسیون ۱ میکرومول پراکسید هیدروژن در دقیقه تعریف شده است.

مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) به روش ناکانو و آسادا (Nakano و Asada، ۱۹۸۱) اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش محتوی 25 میلی‌مولار بافر فسفات ($pH=7$)، $0/1$ میلی‌مولار EDTA، $0/25$ میلی‌مولار آسکوربات، 1 میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و $0/2$ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی بود. فعالیت آنزیم بر اساس ضریب خاموشی $2/8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ و با اندازه‌گیری کاهش جذب در 290 نانومتر بر دقیقه اندازه‌گیری شد و به عنوان واحد آنزیمی بر گرم وزن تر گزارش گردید. هر واحد آنزیمی بر اساس مقدار آنزیم مورد نیاز برای اکسیداسیون ۱ میکرومول آسکوربات در دقیقه تعریف شده است.

مقدار فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز (GR) به روش فویر و هالیول (Halliwell و Foyer، ۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد. مخلوط

واکنش محتوی ۲۵ میلی مولار بافر فسفات (pH=7)، ۰/۱ میلی مولار EDTA، ۰/۵ میلی مولار GSSG، ۰/۱۲ میلی مولار NADPH و ۰/۲ میلی لیتر عصاره آنزیمی بود. مقدار جذب در ۳۴۰ نانومتر و بلافاصله پس از اضافه کردن عصاره آنزیمی و به فاصله ۵ دقیقه بعد از آن اندازه گیری شد. مقدار فعالیت آنزیم بر اساس مقدار NADPH اکسیده نشده و با استفاده از ضریب خاموشی $6/224 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ اندازه گیری شد و بر مبنای واحد آنزیمی بر گرم وزن تر گزارش شد. هر واحد آنزیمی معادل مقدار آنزیم مورد نیاز برای اکسیده کردن ۱ میکرومول NADPH در دقیقه تعریف شده است. غلظت مالون دی آلدئید (MAD) از روش هس و پارکر (Heath و Packer، ۱۹۶۸) اندازه گیری شد. مقدار ۱۰۰ میلی گرم از هر اندام در ۵ میلی لیتر آب مقطر ساییده شد و با ۵ میلی لیتر محلول ۰/۵ درصد (وزنی/ حجمی) ۲-تیوباربیتوریک اسید در

نتایج و بحث

- تجزیه به مولفه های اصلی

نتایج تجزیه به مولفه های اصلی صفات مورد بررسی چرخش داده شده به روش واریماکس در جدول (۱) ارائه شده است. بر اساس این اطلاعات، ۲ مولفه اصلی با مقادیر ویژه بالا و با بیشترین سهم در واریانس کل (۸۹/۹ درصد) استخراج شدند. ۵ صفت با بیشترین ضریب تأثیر بر مولفه ۱ عبارتند از مقدار فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، مقدار تولید پراکسید هیدروژن و مقدار مالون دی آلدئید در ریشه ها. این مولفه دارای مقدار ویژه ۴/۵۳ بوده و ۶۴/۷۷ درصد واریانس کل را شامل می شود. صفات وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه ها بیشترین ضریب تأثیر بر مولفه ۲ را نشان دادند. مقدار ویژه این مولفه ۱/۷۶ بوده و ۲۵/۱۳ درصد از واریانس کل را شامل می شود. در این تحقیق مقدار فعالیت آنزیم ها به واکنش دفاع آنتی اکسیدانی، تولید مالون دی آلدئید به شاخص مقدار صدمه وارد شده به سلول های گیاهان تحت تأثیر رادیکال های اکسیژن، وزن خشک اندام هوایی و ریشه ها به ویژگی های مورفولوژیکی شناخته می شوند و در بررسی صفات مربوط به پاسخ گونه های گیاهی به آلاینده سولفونات آنتراکینون مورد بررسی و توجه قرار گرفته اند.

مقدار فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی برای حذف اکسیژن های فعال ناشی از تنش های اکسیداسیونی به شدت

۲۰٪ (وزنی/حجمی) تری کلرواستیک اسید هموژنیزه شد. مواد به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و پس از آن به سرعت و بر روی یخ سرد شدند، در نهایت به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۲۵۰۰ دور سانتریفوژ شدند. از ماده رویی برای تعیین غلظت مالون دی آلدئید استفاده شد. مقدار این ماده از تغییر مقدار جذب در طول موج های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی $155 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ محاسبه شد. نتایج بر مبنای نانومول در گرم وزن تر گزارش گردید.

داده های تحقیق با نرم افزارهای SPSS ver. 17 و MSTAT-C آنالیز آماری شدند. ابتدا تجزیه به مولفه های اصلی برای شناسایی صفات با بیشترین سهم در واریانس کل صورت گرفت. بر اساس داده های حاصل از این بخش، تجزیه واریانس صفات انتخاب شده انجام شد. میانگین ها به وسیله آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند.

بروز تنش، گونه گیاهی و اندام تحت تنش بستگی دارد. فعال شدن سیستم دفاع آنتی اکسیدانی در ریشه های گیاهان ریواس (*Rheum rabarbarum*)، جعفری (*Apium graveolens*) و ذرت در حضور سولفونات آنتراکینون های سدیمی گزارش شده است (Page و Schwitzguel'bel، ۲۰۰۹). تغییر شکل سولفونات آنتراکینون های سدیمی به مواد غیرسمی ممکن است در ریشه ها یا ساقه گیاهان انجام شود و مکانیسم این تبدیل به نوع نمک و گونه گیاهی بستگی دارد (Aubert و Schwitzguel'bel، ۲۰۰۴). در گیاه ریواس سولفونات آنتراکینون ها در ریشه متابولیزه شده و انواع غیرسمی آن به اندام هوایی منتقل می شوند و در تعدادی از گونه های گیاهی سولفونات آنتراکینون های سمی پس از انتقال به اندام هوایی متابولیزه می شوند، بنابراین انتظار می رود که واکنش های دفاعی گیاهان برای مقابله با تنش ناشی از این مواد آلی آلاینده در اندام های مختلف مشاهده شود. نتایج این تحقیق بیانگر تغییرات زیاد در مقدار فعالیت سیستم دفاع آنتی اکسیدانی آنزیمی در ریشه نسبت به اندام هوایی گیاهان مورد بررسی می باشد و تأثیر آلاینده بر مقدار واریانس فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز ساقه ها ناچیز بود (جدول ۱). افزایش مقدار فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در ریشه ها و تغییر غیرمعنی دار آنها در اندام هوایی گیاهان در این تحقیق بیانگر آن است که احتمالاً آلاینده از ریشه ها به بخش هوایی گیاه منتقل نشده و در ریشه ها باقی مانده یا متابولیزه شده است.

جدول ۱- ماتریس صفات چرخش داده شده به روش واریماکس گیاهان ساق‌ترشک و ذرت آنالیز شده به روش تجزیه به مولفه‌های اصلی

صفات	مولفه‌های اصلی	
	مولفه ۱	مولفه ۲
وزن خشک بخش هوایی	۰/۰۹	۰/۹۴
وزن خشک ریشه	-۰/۳۱	۰/۸۷
پراکسید هیدروژن در ریشه	۰/۹۷	-۰/۱۲
سوپراکسید دیسموتاز در ریشه	۰/۹۲	-۰/۳
کاتالاز در ریشه	۰/۹۴	-۰/۰۷
آسکوربات پراکسیداز در ریشه	-۰/۹۷۲	۰/۰۰۱
گلوتاتیون ردوکتاز در ریشه	۰/۵۷	۰/۲
مالون‌دی‌آلدئید در ریشه	۰/۹	۰/۰۳
پراکسید هیدروژن در ساقه	-۰/۴۱	-۰/۶
سوپراکسید دیسموتاز در ساقه	۰/۳۵	-۰/۶۲
کاتالاز در ساقه	۰/۵۶	۰/۳۷
آسکوربات پراکسیداز در ساقه	۰/۴۷	۰/۴۹
گلوتاتیون ردوکتاز در ساقه	-۰/۱۵	۰/۵۷
مالون‌دی‌آلدئید در ساقه	۰/۶۷	۰/۳۱
مقدار ویتژ	۴/۵۳	۱/۷۵۹
درصد واریانس	۶۴/۷۷	۲۵/۱۲۷

متغیرهای زیرخطدار با ضرایب بالایی هستند و در تجزیه‌های بعدی به عنوان صفات معنی‌دار در نظر گرفته شده‌اند.

- سولفونات آنتراکینون باقیمانده در محیط رشد
تأثیر گونه گیاهی، غلظت سولفونات آنتراکینون و اثر متقابل گونه در سولفونات آنتراکینون بر مقدار باقیمانده آلاینده در محیط رشد معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۲). بیشترین مقدار توان حذف آلاینده از محیط در ساق‌ترشک اندازه‌گیری شد (جدول ۳). با افزایش غلظت آلاینده، مقدار باقیمانده آن در محیط رشد افزایش یافت و بیشترین مقدار آن با مصرف ۳ و ۴ میلی‌مولار سولفونات آنتراکینون بدست آمد. بیشترین مقدار باقیمانده آلاینده در محیط رشد در گیاه ذرت تیمار شده با ۳ و ۴ میلی‌مولار سولفونات آنتراکینون اندازه‌گیری شد و تفاوت آن با گیاه ساق‌ترشک با همان غلظت آلاینده معنی‌دار بود (جدول ۴). تفاوت در مقدار جذب و انتقال سولفونات آنتراکینون‌های مختلف از محیط رشد و حذف آلاینده از محیط تحت تأثیر غلظت آلاینده، گونه گیاهی و شرایط رشدی گونه‌های گیاهی گزارش شده است. با افزایش غلظت مواد آلاینده در محیط به دلیل افزایش شدت تنش، گونه‌های گیاهی از کارایی کمتری در حذف آلاینده برخوردار خواهند بود (Ong و همکاران، ۲۰۱۱). گیاهان با توان رشد سریعتر قادرند تا شدت صدمه را کاسته و در حذف آلاینده از طبیعت موثرتر باشند، ولی به طور کلی گزارش شده که گیاهان با آنتراکینون‌های طبیعی از توان جذب و تغییر شکل بالاتر سولفونات آنتراکینون‌ها نسبت به گیاهان فاقد آنتراکینون برخوردارند (Page و Schwitzgue'bel، ۲۰۰۹).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات گیاهان ذرت و ساق‌ترشک تحت تأثیر غلظت‌های مختلف آلاینده سولفونات آنتراکینون

منابع تغییر	درجه آزادی	آنتراکینون باقیمانده	وزن ساقه	وزن ریشه	پراکسید هیدروژن	سوپراکسید دیسموتاز	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز	مالون دی‌آلدئید
گونه	۱	۳/۰۲**	۳۷/۲**	۴/۶**	۷۴/۷**	۱۸۱/۲**	۹۶/۵**	۵۵۰۲**	۸۷۶**
آلاینده	۴	۷/۹۹**	۱۷/۸**	۰/۲۶**	۱۵/۹۷**	۱۶/۳*	۲۱/۱**	۱۹۳۳**	۳۳۴**
گونه* آلاینده	۴	۰/۴۱**	۲/۷۵ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۵/۰۶**	۷/۴۹**	۸/۷۴**	۱۲۰۵**	۲۵۱*
خطا	۲۰	۰/۰۵	۲/۹۹	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۷۴	۰/۲۱	۳۷/۲	۱۶/۴

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

۳ و ۴ میلی‌مولار غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). تفاوت در مقدار وزن خشک اندام‌های مختلف در گیاهان از ویژگی‌های توارشی آنهاست و داده‌های این تحقیق نیز بیانگر تفاوت در وزن خشک ریشه و ساقه گونه‌های مورد بررسی می‌باشد. کاهش وزن ریشه‌ها و اندام هوایی گیاهان تحت تأثیر غلظت‌های بالاتر سولفونات آنتراکینون به دلیل بروز مسمومیت ناشی از تولید مواد تنش‌زایی نظیر پراکسید هیدروژن و صدمه به غشاهای

- وزن خشک ساقه‌ها و ریشه‌ها
گونه گیاهی و غلظت سولفونات آنتراکینون بر وزن خشک ساقه‌ها و ریشه‌ها تأثیر معنی‌داری نشان دادند ولی اثر متقابل آنها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه در ساق‌ترشک مشاهده شد. هرچند با افزایش غلظت آلاینده در محیط رشد از وزن اندام هوایی و ریشه گیاهان کاسته شد ولی تفاوت بین گیاهان تیمار شده با غلظت‌های ۲،

سلول در گیاهان گزارش شده (Shaffiqu و همکاران، ۲۰۰۲؛ Strycharz و Shetty، ۲۰۰۲) و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. بررسی داده‌های تحقیق بیانگر وجود همبستگی منفی بین وزن خشک ریشه گیاهان با مقدار تولید پراکسید هیدروژن و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است (جدول ۵). در شرایط

تنشی علاوه بر کاهش فعالیت‌های حیاتی، گیاهان بخشی از فتواسیمیلات‌های خود را صرف تولید موادی نظیر پرولین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌کنند. تخصیص مواد به تولید این مواد، سهم متابولیت‌های مورد استفاده در مسیرهای رشد را کاسته و باعث کاهش مقدار رشد اندام‌های مختلف می‌شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر گونه‌های گیاهی و غلظت‌های سولفونات آنتراکینون

بر وزن خشک ریشه، ساقه و سیستم دفاع آنتی‌اکسیداسیونی

تیمارها	آنتراکینون باقیمانده	وزن ساقه	وزن ریشه	پراکسید هیدروژن	سوپراکسید دیسموتاز	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز	مالون دی‌آلدئید
	(mM)	(gr/plant)	(gr/plant)	(μmolg^{-1} FW)	(unit mg^{-1} FW)	(unit mg^{-1} FW)	(unit mg^{-1} FW)	(nmol g^{-1} FW)
گیاه سالم	۱/۳۵ ^b	۹/۴۷ ^a	۱/۴۸ ^a	۴/۷۴ ^a	۷/۱۳ ^a	۵/۲۶ ^a	۶۱/۵ ^a	۳۳/۴ ^a
	۱/۹۹ ^a	۶/۳۵ ^b	۰/۶۹ ^b	۱/۵۹ ^b	۲/۲۲ ^b	۱/۶۸ ^b	۳۴/۳ ^b	۲۲/۶ ^b
غلظت آلاینده (mM)	۰/۰ ^d	۵/۵ ^c	۰/۸۹ ^c	۱/۱۲ ^e	۲/۳۵ ^c	۱/۲ ^e	۲۶/۷ ^d	۱۸/۹ ^c
	۱/۰۵ ^c	۶/۸۹ ^{bc}	۰/۹ ^c	۱/۹۸ ^d	۳/۹۶ ^b	۲/۱۶ ^d	۳۲/۹ ^d	۲۵/۶ ^b
	۱/۶۵ ^b	۹/۹ ^a	۱/۳۷ ^a	۳/۳۷ ^c	۴/۶۶ ^b	۴/۹۷ ^b	۵۰/۶ ^c	۲۴/۶ ^b
	۲/۶۵ ^a	۸/۵۸ ^{ab}	۱/۲۴ ^{ab}	۵/۱۳ ^a	۶/۵۷ ^a	۵/۶۹ ^a	۶۹/۷ ^a	۳۷/۶ ^a
	۲/۹ ^a	۸/۶۹ ^{ab}	۱/۰۴ ^{bc}	۴/۲۲ ^b	۵/۸۴ ^a	۳/۳۵ ^c	۵۹/۵ ^b	۳۳/۱ ^a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل گونه‌های گیاهی و غلظت‌های سولفونات آنتراکینون

بر وزن خشک ریشه، ساقه و سیستم دفاع آنتی‌اکسیداسیونی

تیمارها	آنتراکینون باقیمانده	وزن ساقه	وزن ریشه	پراکسید هیدروژن	سوپراکسید دیسموتاز	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز	مالون دی‌آلدئید	گونه	
									سولفونات آنتراکینون	گونه
	(mM)	(gr/plant)	(gr/plant)	(μmolg^{-1} FW)	(unit mg^{-1} FW)	(unit mg^{-1} FW)	(unit mg^{-1} FW)	(nmol g^{-1} FW)	(mM)	
گیاه سالم	۰/۱ ^e	۷/۵ ^{bc}	۱/۲۷ ^c	۰/۷ ^f	۱/۲۲ ^e	۰/۹۷ ^f	۲۵/۱ ^f	۱۹/۰۳ ^d	۰	ریشه
	۱/۲ ^{cd}	۸/۷۶ ^b	۱/۲۷ ^c	۰/۸۳ ^f	۱/۳۵ ^{de}	۱ ^f	۲۹/۹ ^{ef}	۲۰ ^d	۱	
	۱/۹۳ ^b	۱۲/۱	۱/۸ ^a	۲/۰۷ ^e	۳/۱۴ ^c	۳/۱۵ ^d	۴۴/۴ ^d	۲۶/۲ ^{cd}	۲	
	۳/۱۷ ^a	۹/۵ ^{ab}	۱/۷۲ ^{ab}	۲/۷۷ ^d	۲/۸۲ ^{cd}	۲/۲۶ ^e	۳۵/۸ ^{def}	۲۳/۸ ^{cd}	۳	
ساقه و ترشک	۵۳/۳ ^a	۹/۴۳ ^{ab}	۱/۳۴ ^{bc}	۱/۵۷ ^e	۲/۵۷ ^{cde}	۱/۰۱ ^f	۳۶/۷ ^{de}	۲۴/۰ ^{cd}	۴	ساقه و ترشک
	۰/۱ ^e	۳/۴۳ ^d	۰/۵۱ ^d	۱/۵۳ ^e	۳/۴۸ ^c	۱/۴۳ ^f	۲۸/۵ ^{ef}	۱۸/۸۴ ^d	۰	
	۰/۹ ^d	۵/۰۳ ^{cd}	۰/۵۴ ^d	۳/۱۳ ^d	۶/۵۶ ^b	۳/۳۲ ^d	۳۶/۰۷ ^{def}	۳۱/۲۰ ^c	۱	
	۱/۳۷ ^c	۷/۷۱ ^{bc}	۰/۹۴ ^{cd}	۴/۶۸ ^c	۶/۱۸ ^b	۶/۷۸ ^b	۵۶/۷ ^c	۲۳/۰۳ ^d	۲	
	۲/۱۳ ^b	۷/۶۶ ^{bc}	۰/۷۵ ^d	۷/۵ ^a	۱۰/۳۳ ^a	۹/۱۱ ^a	۱۰۳ ^a	۵۱/۹ ^a	۳	
	۲/۲۸ ^b	۷/۹۴ ^{bc}	۰/۷۵ ^d	۶/۸۷ ^b	۹/۱۲ ^a	۵/۶۹ ^c	۸۲/۴ ^b	۴۲/۱ ^b	۴	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

- پراکسید هیدروژن

تأثیر گونه گیاهی، غلظت مواد آلاینده و اثر متقابل گونه در ماده آلاینده بر مقدار تولید پراکسید هیدروژن معنی دار بود (جدول ۲). مقدار تولید پراکسید هیدروژن در ساق ترشک بیشتر از ذرت بود. توانایی گونه های گیاهی در جذب آلاینده ها از محیط متفاوت است و به توانایی ساخت برخی متابولیت های ثانویه و یا مکانیسم متابولیزه کردن آلاینده های محیط در ریشه یا ساقه گیاه وابسته است. گزارشات (Bluc و Ojstrsek، ۲۰۰۸؛ Khouri و Ibrahim، ۱۹۸۷) بیانگر آن است که جذب بیشتر آلاینده سولفونات آنتراکینون از محیط رشد باعث اختلال در متابولیسم گیاه و بروز تنش اکسیداسیونی می گردد. حذف آنزیمی گونه های اکسیژن فعال در سلول های گیاهی منجر به تولید پراکسید هیدروژن به عنوان ماده حد واسط می شود (Passardi و همکاران، ۲۰۰۵).

با افزایش غلظت سولفونات آنتراکینون تا ۳ میلی مولار در محیط رشد، مقدار تولید پراکسید هیدروژن افزایش یافت ولی در بالاترین غلظت آلاینده مقدار تولید پراکسید هیدروژن کاهش یافت (جدول ۳). بررسی وضعیت ظاهری گیاهان در

محیط رشد و وزن خشک بخش هوایی گیاهان نشانگر آن است که در غلظت اخیر بعضی از اندام های سبز گیاهان نکروزه شده است و کاهش مقدار تولید پراکسید هیدروژن ممکن است به دلیل تخریب بافت های فعال گیاه باشد. بیشترین و کمترین مقدار تولید پراکسید هیدروژن به ترتیب در ساق ترشک تیمار شده با ۳ میلی مولار سولفونات آنتراکینون و گیاه ذرت تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). به طور کلی در تمام سطوح غلظت آلاینده، مقدار تولید پراکسید هیدروژن در ساق ترشک بیشتر از گیاه ذرت مشاهده شد. بررسی داده های مربوط به مقدار باقیمانده آلاینده در محیط رشد (جدول ۳) بیانگر آن است که توان حذف این آلاینده در ساق ترشک بیشتر از ذرت بوده است؛ این توانایی ممکن است به دلیل بالا بودن توان جذب سولفونات آنتراکینون از محیط باشد. افزایش تشکیل پراکسید هیدروژن در شرایط بروز تنش ناشی از مواد سولفونات آنتراکینونی در ساق ترشک و ریواس (Page و Schwitzgue'bel، ۲۰۰۹)، نی (Carias و همکاران، ۲۰۰۸) و پونه (Strycharz و Shetty، ۲۰۰۲) گزارش شده است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه

و برخی آنزیم های آنتی اکسیداسیونی ذرت و ساق ترشک

وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	H ₂ O ₂	SOD	CAT	APX	MDA	آنتراکینون باقیمانده
۱	۱						
۰/۶۷۶**	۰/۳۷۶*	۱					
۰/۱۹۳	۰/۵۲۱**	۰/۹۳۱**	۱				
۰/۰۱۷	۰/۳۴۳	۰/۹۲۳**	۰/۸۷۷**	۱			
۰/۰۹۸	۰/۳۲۴	۰/۹۳۴**	۰/۸۵۶**	۰/۹۰۲**	۱		
۰/۰۴۰	۰/۳۰۳	۰/۸۳۵**	۰/۸۲۵**	۰/۷۵۳**	۰/۸۶۸**	۱	
۰/۵۵۳**	۰/۴۰۱*	۰/۲۸۸	۰/۱۴۴	۰/۱۷۵	۰/۳۲۴	۰/۲۸۹	۱

- پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی

پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی بر مبنای مقدار مالون دی آلدئید موجود در عصاره اندازه گیری شد. بیشترین مقدار مالون دی آلدئید در گیاهان ساق ترشک مشاهده شد که بیانگر بروز صدمه بیشتر به غشاهای سلولی این گونه است. با افزایش غلظت آلاینده در محیط نیز مقدار تولید آن افزایش یافت و بیشترین و کمترین مقدار پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی در غلظت های ۳ میلی مولار و تیمار گیاهان با آب مقطر (شاهد) اندازه گیری شد (جدول ۳). با افزایش غلظت آلاینده در محیط رشد

مقدار مالون دی آلدئید هر دو گونه افزایش یافت ولی تفاوت بین تیمارها تا غلظت ۳ میلی مولار در آنها غیر معنی دار بود ولی با افزایش بیشتر غلظت سولفونات آنتراکینون اختلاف بین گونه ها معنی دار گردید. بیشترین مقدار مالون دی آلدئید در گیاه ساق ترشک تیمار شده با ۳ میلی مولار سولفونات آنتراکینون مشاهده شد که با توجه به مقدار باقیمانده آلاینده در محیط رشد می توان فرض کرد که گونه اخیر مقدار بیشتری از آلاینده را از محیط رشد جذب و انتقال داده است (جدول ۴). افزایش غلظت مالون دی آلدئید را نشان دهنده افزایش پراکسیداسیون

لیپیدها و اکسیده شدن اسیدهای چرب غشایی دانسته‌اند (Cakmak و Marschner، ۱۹۹۲). افزایش مقدار این ماده با بالا رفتن شدت تنش‌های محیطی در گیاهان گزارش شده است (Jiang و Hung، ۲۰۰۱). پراکسیداسیون چربی‌ها در پاسخ به تنش‌های محیطی رخ می‌دهد، بنابراین اندازه‌گیری مقدار مالون‌دی‌آلدئید می‌تواند نشانه‌ای معتبر از شدت آسیب‌های سلول‌های گیاهی در معرض تنش باشد. در شرایط تنش‌زا مقدار فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز افزایش یافته، نفوذپذیری نسبی غشاهای سلولی و مالون‌دی‌آلدئید سلول را افزایش می‌دهد.

- آنزیم‌های آنتی‌اکسیداسیونی

اثر گونه گیاهی، غلظت سولفونات آنتراکینون و اثر متقابل آنها بر مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه ساق‌ترشک و کمترین آن در ذرت اندازه‌گیری شد (جدول ۳). در مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر غلظت آلاینده، بیشترین مقدار فعالیت این آنزیم‌ها در نمونه‌های تیمار شده با ۳ میلی‌مولار سولفونات آنتراکینون اندازه‌گیری شد (جدول ۳). بیشترین مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه ساق‌ترشک تیمار شده با غلظت ۳ میلی‌مولار سولفونات آنتراکینون و کمترین مقدار آن نیز در گیاه ذرت تیمار شده با آب مقطر (شاهد) بدست آمد (جدول ۴). جذب و متابولیسم شدن آلاینده‌ها توسط گیاهان باعث تولید برخی فراورده‌های جانبی شده که تحریک سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه را به همراه داشته است (Carias و همکاران، ۲۰۰۸؛ Torres و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش‌های زیادی بر دخالت پراکسیدازها در حذف آلاینده‌های رنگی از محیط ریشه در دسترس است (Passardi و همکاران، ۲۰۰۵؛

Carias و همکاران، ۲۰۰۷). فعال‌شدن پراکسیدازها با تولید بیشتر پراکسید هیدروژن همراه است و این ماده از توان اکسیداسیونی بالایی برخوردار می‌باشد. گیاهان برای مقابله با این گونه تنش‌های اکسیدانی دارای استراتژی‌های دفاعی با کارایی بالایی هستند که می‌توانند رادیکال‌های آزاد را از بین برده و یا خنثی کنند. این سیستم‌های دفاعی شامل تولید یا افزایش مقدار فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون ردوکتاز، آسکوربات پراکسیداز و یا غیر آنزیمی و با تولید ترکیبات فنلی، آسکوربات و برخی دیگر از متابولیت‌های ثانویه می‌باشند (Passardi و همکاران، ۲۰۰۵).

گونه‌های فعال اکسیژن در طی تنش‌های محیطی در درون سلول‌های گیاهی ایجاد می‌شوند که قادرند با لیپیدهای غشایی، پروتئین‌ها و حتی مولکول DNA واکنش انجام دهند. محققان گزارش کرده‌اند که H_2O_2 و O_2^- به عنوان سیگنال‌های سلولی عمل کرده و باعث تحریک ساخت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیداسیونی می‌شوند (Torres و همکاران، ۲۰۰۳).

حذف اکسیژن‌های فعال توسط آبخاری از آنزیم‌ها انجام می‌شود و سوپراکسید دیسموتاز اولین آنزیمی است که در کلروپلاست، میتوکندری، سیتوپلاسم و پراکسیزوم‌ها به سرعت سوپراکسیدها (O_2^-) را از بین برده و آنها را به اکسیژن و پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند. افزایش مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش ناشی از آلاینده‌های آلی و معدنی در گیاهان مختلفی گزارش شده است (Jamal و همکاران، ۲۰۱۰). مشاهده همبستگی مثبت بین مقدار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسید هیدروژن در این تحقیق (جدول ۵) بیانگر تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی توسط پراکسید هیدروژن است، که با گزارش محققان مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج تحقیق بیانگر آنست که حضور آلاینده در محیط رشد، باعث تحریک بیشتر واکنش‌های دفاعی در ریشه گیاهان نسبت به بخش هوایی شده است و تأثیر واریانس مشاهده شده برای اندام هوایی هر دو گونه بر تغییرات واریانس کل ناچیز بود. ریشه‌ها اولین اندامی هستند که تحت تأثیر تنش‌های خاک قرار می‌گیرند و علاوه بر این به نظر می‌رسد که سولفونات آنتراکینون‌ها در ریشه متابولیسم شده و به اندام هوایی منتقل نشده‌اند. مقدار حذف سولفونات آنتراکینون از محیط رشد در گیاه ساق‌ترشک بیشتر از ذرت اندازه‌گیری شد، بنابراین برای حذف این آلاینده از محیط توصیه می‌شود تا از این گیاه حاوی آنتراکینون طبیعی استفاده شود.

منابع

- Aubert S. and Schwitzgue'bel J.P. 2004. Screening of plant species for the phytotreatment of wastewater containing sulphonated anthraquinones. *Water Res.*, 38: 3569–3575.
- Beauchamp C. and Fridovich I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44: 276–286.
- Bulc T.G., Ojstrsek A. 2008. The use of constructed wetland for dyerich textile wastewater treatment. *J. Hazard. Mat.*, 155:76–82.

- and some properties of five anthraquinone-specific glucosyl_ transferases from *Cinchona sucirubra* cell suspension culture. *Phytochemist*, 26: 2531– 2535.
- Nakano Y. and Asada K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22: 867–880.
- Nilratnisakorn S., Thiravetyan P. and Nakbanpote W. 2007. Synthetic reactive dye wastewater treatment by narrow- leaved cattails (*Typha angustifolia* L.): Effects of dye, salinity and metals, *Science Total Environt*, 384: 67-76.
- O’Kane D., Gill V., Boyd P. and Burdon R. 1996. Chilling, oxidative stress and antioxidant responses in *Arabidopsis thaliana* callus. *Planta*, 198: 371–377.
- Ong S.T., Keng P.S., Lee W.N. Ha S.T. and Hung Y.T. 2011. Dye waste treatment. *Water*, 3: 157-176.
- Page V. and Schwitzgue’bel J.P. 2009. Metabolism of sulphonated anthraquinones in rhubarb, maize and celery: the role of cytochromes P450 and peroxidases. *Plant Cell Rep* 28: 1725–1735.
- Page V. and Schwitzgue’bel J.P. 2009. The role of cytochromes P450 and peroxidases in the detoxification of sulphonated anthraquinones by rhubarb and common sorrel plants cultivated under hydroponic conditions. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 16(7): 805-816.
- Passardi F., Cosio C., Penel C. and Dunand C. 2005. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. *Plant Cell Rep.*, 24: 255–265.
- Romain D., Vanek T., Soudek P. and Schwitzguébel J.P. 1999. Accumulation and transformation of sulfonated aromatic compounds by rhubarb cells (*Rheum palmatum*) *Int. J. of Phytoremed.*, 1(3): 255-271.
- Schwitzgue’bel J.P., Aubert S., Grosse W., and Larturnus F. 2002. Sulphonated aromatic pollutants limits of microbial degradability and potential of phytoremediation. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 9(1): 62–72.
- Cakmak I. and Marschner H. 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, 98: 1222–1227.
- Carias C.C., Novais J.M. and Martins-Dias. S. 2007. *Phragmites australis* peroxidases role in the degradation of an azo dye. *Water Sci. Technol*, 56(3): 263-9.
- Carias C.C., Novais J.M. and Martins-Dias, S. 2008. Are *Phragmites australis* enzymes involved in the degradation of the textile azo dye acido range 7? *Bioresour. Technol.*, 99: 243–251.
- Duc R., Vanek T., Soudek P. and Schwitzgue’bel J.P. 1999. Accumulation and transformation of sulfonated aromatic compounds by rhubarb cells (*Rheum palmatum*). *Int. J. Phytorem.*, 1: 255–271.
- Foyer C.H. and Halliwell B. 1976. Presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: A proposed role in ascorbic acid metabolism. *Planta*, 133: 21–25.
- Heath R.L. and Packer L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125: 189–198.
- Jamal F., Pandey P.K. and Qidwai T. 2010. Potential of peroxidase enzyme from *Richosanthos dioica* to mediate disperse dye decolorization in conjunction with redox mediators. *J. Mol. Cat. B: Enzym.*, 66: 177-181.
- Jiang Y. and Hung B. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism lipid peroxidaion. *Crop Science*, 41: 436-442.
- Khandare R.V., Watharkar A.D., Kabra A.N., Kachole M.S., Govindwar S.P. 2014. Development of a low-cost, phyto-tunnel system using *Portulaca grandiflora* and its application for the treatment of dye-containing wastewaters. *Bio-technol. Lett.*, 36:47–55.
- Khouri H.E. and Ibrahim R.K. 1987. Purification

- Kohli R.K. 2006. α -pinene inhibits growth and induces oxidative stress in roots, *Annals of Botany*, 98: 1261–1269.
- Strycharz S. and Shetty K. 2002. Peroxidase activity and phenolic content in elite clonal lines of *Mentha pulegium* in response to polymeric dye R-478 and *Agrobacterium rhizogenes*. *Process Biochem.*, 37: 805–812
- Torres E., Bustos-Jaimes I. and Le Bogue, S. 2003. Potential use of oxidative enzymes for the detoxification of organic pollutants. *Appl. Cat. B: Environ.*, 46: 1–15.
- Schwitzgue'bel J.P., Braillard S., Page V. and Aubert S. 2008. Accumulation and transformation of sulfonated aromatic compounds by higher plants, toward the phytotreatment of wastewater from dye and textile industries. In: Khan NA, Singh S, Umar S (eds) *Sulfur assimilation and abiotic stress in plants*. Springer, Berlin, pp 335–353.
- Shaffiqu T.S., Roy J.J., Nair R.A. and Abraham T.E. 2002. Degradation of textile dyes mediated by plant peroxidase, *Appl. Biochem. Biotech.*, 102: 315–326.
- Singh H.P., Batish D.R., Kaur S., Arora K., and

Assessing of channel roughness and temperature variations on Parkand Abad WWPT's wastewater quality using numerical modeling

A. Gholipour¹, E. Alamatian^{2*}

1,2- master science of waste water engineering & Assistant Professor, Khavaran institute of higher education, Mashhad, Iran.

*(Corresponding Author Email: e.alamatian@profs.khi.ac.ir)

Received: 19-1-2015

Accepted: 11-5-2015

بررسی اثر تغییرات درجه حرارت و زبری کانال بر کیفیت فاضلاب تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد با استفاده از مدل‌سازی عددی

امیر قلی‌پور^۱، ابراهیم علامتیان^{۲*}

۱-۲- به ترتیب کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب و فاضلاب و استادیار گروه عمران، موسسه آموزش عالی خاوران.

*نویسنده مسئول، e.alamatian@profs.khi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳/۱/۱۳۹۴

تاریخ پذیرش: ۱۴/۲/۱۳۹۴

Abstract

Nowadays, problems and barriers to supply adequate water and also environmental issues have caused wastewater treatment (WWT) to be considered a high priority. In light of high costs of WWT, using natural capacities to reduce pollution could be potentially significant. In this study, the impact of varying temperature and channel roughness have been investigated on the wastewater quality parameters using the QUAL2K(Q2K) Numerical Model. The results show, as temperature increases, the reduction rate of Biochemical Oxygen Demand (BOD) is more than the Chemical Oxygen Demand (COD) and , nitrate concentration increases. This numerical assessment indicates that the purification rate is too great as temperature rises above 30°C. Also the results indicate that by increasing channel roughness, BOD and COD have descending trends and Ammonium and Phosphorus have ascending trends. According to the obtained results, nitrate (NO₃) has decreasing trend when the Manning Roughness Coefficient (n) is higher than 0.04 along the channel, but is reduced when "n" is less than 0.04.

Keywords: wastewater treatment, channel roughness, temperature, QUAL2K model, COD.

چکیده

مشکلات و موانع موجود برای تأمین آب مناسب و همچنین مسائل زیست محیطی، سبب شده است که امروزه تصفیه فاضلاب‌ها بیشتر مورد توجه قرار گیرد. با توجه به هزینه‌های زیاد تصفیه فاضلاب، استفاده از ظرفیت‌های طبیعت برای کاهش بار آلودگی با اهمیت است. در این پژوهش اثر تغییرات دو عامل درجه حرارت محیط و زبری کانال انتقال، بر پارامترهای کیفی فاضلاب با استفاده از مدل عددی Q2K (QUAL2K) بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش درجه حرارت، سرعت کاهش BOD در مقایسه با COD بیشتر شده و میزان نیترات با افزایش دما افزایش می‌یابد. براساس نتایج بررسی‌های عددی سرعت پالایش آلودگی‌ها در دمای بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس بسیار سریع می‌باشد. همچنین با افزایش زبری کانال، BOD و COD روند کاهشی داشته و غلظت آمونیوم و فسفر غیرآلی دارای روند افزایشی است. براساس نتایج بدست آمده، نیترات در زبری مانینگ بالاتر از ۰/۰۴ در طول کانال روندی کاهشی داشته و در زبری‌های کمتر از ۰/۰۴، افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تصفیه فاضلاب، زبری کانال، درجه حرارت، مدل QUAL2K ، COD.

معمولاً جهت ساخت کانال‌های انتقال فاضلاب از بتن استفاده می‌شود. با مرور زمان، عواملی نظیر سایش، هوازگی، نفوذپذیری بتن، خوردگی فاضلاب و رشد جلبک‌ها در کانال، باعث تغییر زبری کانال‌های بتنی انتقال فاضلاب می‌شود. معمولاً تأثیر زبری کانال را تنها در فرآیند هیدرولیکی فاضلاب در نظر می‌گیرند که به وسیله آن عمق کانال‌های انتقال فاضلاب و همچنین سرعت انتقال جریان در کانال‌ها بدست می‌آید.

Shih و Rahi (۱۹۸۱) رشد گیاهان در کانال‌های انتقال فاضلاب و تغییرات ضریب زبری مانینگ در کانال‌ها را به مدت شش ماه بررسی نمودند. در این پژوهش، زبری از ۰/۰۹۴ تا ۰/۶۱۳ تغییر می‌کرد. ایشان در تحقیقات خود تأثیر زبری بر مشخصات هیدرولیکی جریان را بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که رشد گیاهان در کانال باعث افزایش ضریب زبری مانینگ می‌شود؛ به طوریکه افزایش ضریب زبری مانینگ نسبت مستقیمی با سطح پوشش گیاهی داشت. زبری کانال‌ها بر روی میزان اکسیژن محلول در فاضلاب موثر می‌باشد. Cokgor و Kucukali (۲۰۰۵) بصورت آزمایشگاهی تأثیر زبری کانال بر روی غلظت اکسیژن محلول در فاضلاب را بررسی نمودند. در تحقیق ایشان با استفاده از تغییر در محل قرارگیری سنگ‌های بستر، زبری‌های مختلف شبیه سازی شد. این پژوهش نشان داد که عمق جریان پارامتری مؤثر بر راندمان تولید اکسیژن در هر نقطه از کانال انتقال می‌باشد؛ هر چه فاصله لایه‌های آب با اتمسفر کمتر باشد راندمان جذب اکسیژن بیشتر می‌شود؛ بنابراین در جریان‌های عمیق میزان اکسیژن محلول در لایه‌های پایینی ستون آب کمتر است. همچنین تلاطم و آشفتگی جریان بر میزان تولید اکسیژن مؤثر بود. مقایسه نتایج بدست آمده در بستر صاف با بستر زبر نشان داد که نوسانات اکسیژن محلول در بستر صاف کمتر است.

در مطالعات صورت گرفته تاکنون ارزیابی کیفیت آب در رودخانه و بررسی تأثیر ورود پساب‌های صنعتی و خانگی بر آن مدنظر بوده است. در این مطالعات تأثیر تغییر پارامترهایی مانند درجه حرارت و هواذمی طبیعی بر نحوه پالایش فاضلاب مورد توجه نبوده است. علاوه بر این، در مطالعات صورت گرفته تاکنون تأثیر تغییرات زبری کانال، تنها در تحلیل هیدرولیکی جریان در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر وجود مناطق با روزهای آفتابی زیاد در ایران این فرصت را فراهم نموده است که بتوان از آن برای پالایش فاضلاب استفاده نمود. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تغییرات دما و زبری کانال بر کیفیت فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه پرکندآباد در مشهد بوده و برای این کار از مدل عددی QUAL2K استفاده شده است.

ایجاد پساب در اثر فعالیت‌های بشر به موضوعی چالش برانگیز تبدیل شده است. توسعه یافتگی در کشورها سبب افزایش تولید پساب‌های صنعتی می‌شود. عدم تصفیه مناسب فاضلاب‌های ایجاد شده مشکلات زیست محیطی فراوانی را به وجود می‌آورد؛ از طرف دیگر ایجاد تاسیسات مورد نیاز برای تصفیه فاضلاب نیازمند سرمایه‌گذاری بالایی می‌باشد. از این رو بایستی روش‌هایی که با استفاده حداکثری از ظرفیت‌های موجود در طبیعت و هزینه‌های کم، آلودگی فاضلاب را کاهش می‌دهند مورد توجه قرار گیرند. استفاده از ظرفیت‌های طبیعت، همراه با مدیریت هدفمند می‌تواند با حداقل هزینه‌ها آلودگی فاضلاب را کاهش دهد.

ارزیابی نحوه تأثیر طبیعت در پالایش آلودگی‌ها مورد توجه محققین مختلف بوده است، (Bertinelli و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به هزینه‌بر بودن ارزیابی‌های میدانی، استفاده از مدل‌هایی که با شبیه‌سازی شرایط طبیعی، نحوه پالایش آلودگی‌ها را پیش‌بینی کنند دارای اولویت می‌باشند. خراسانی و فریدون، مدل ریاضی QUAL2K را جهت ارزیابی کیفیت آب رودخانه قرسو در شهرستان کرمانشاه استفاده کردند (Fereidoon و Khorasani، ۲۰۱۳). تطابق خوب نتایج مدل‌سازی عددی با داده‌های میدانی، قابلیت نرم‌افزار مورد استفاده را در پیش‌بینی تأثیر پارامترهای محیطی بر پالایش آلودگی نشان داد. رودخانه اولت در رومانی در معرض ورود پساب شهرکواسنا قرار دارد. پترسکو و همکاران برای رسیدن به وضعیت مطلوب از نظر کیفیت آب، مدل‌سازی آلودگی در این رودخانه را با استفاده از نرم افزار QUAL2E مدنظر قرار دادند (Sumbasacu و Petrescu، ۲۰۱۱). نتایج این مطالعه نشان داد که برای کنترل مشکلات زیست محیطی، نظارت بر کیفیت آب و مدل‌سازی بایستی مکمل یکدیگر قرارگیرند. زاگورچ و درولکاند نیز مدل کیفیت آب QUAL2E را با استفاده از اندازه گیری‌های میدانی و با مجموعه مستقل از داده‌های معتبر برای شرایط بحرانی در درجه حرارت بالای هوا (تابستان)، کالیبره و تجزیه و تحلیل حساسیت بر آن انجام دادند (Drolcand و Zagorc، ۲۰۰۷). در رودخانه ساوا در نزدیکی شهر لیوبلیانا مدل‌سازی به منظور برآورد اثر تخلیه فاضلاب شهری و صنعتی بر غلظت اکسیژن محلول انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که برای انطباق با استانداردهای کشور اسلوونی، بایستی غلظت BOD فاضلاب قبل از تخلیه در رودخانه به زیر ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر برسد.

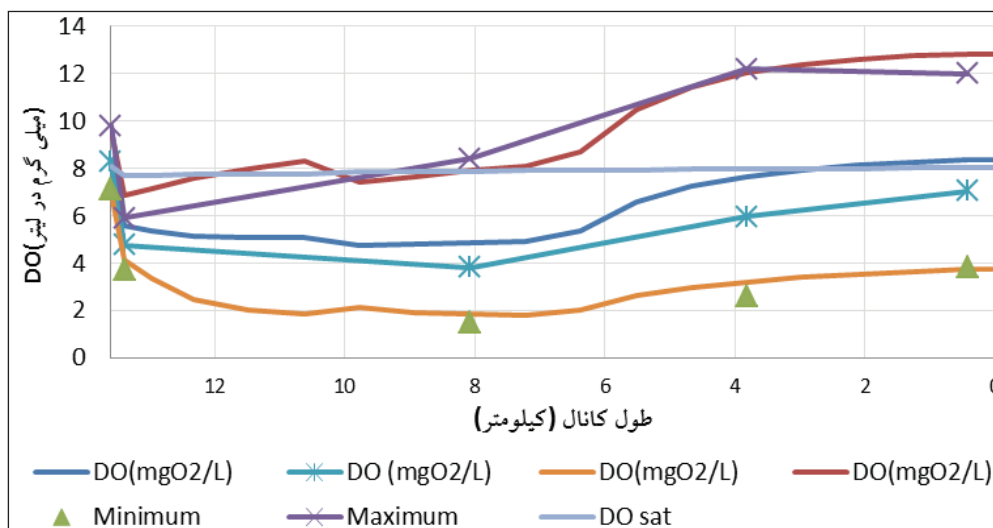
قرار گیرد، سرعت پالایش و مکانیزم‌های حذف آلودگی‌ها متفاوت است.

- صحت‌سنجی مدل عددی

به منظور صحت‌سنجی نحوه عملکرد نرم‌افزار، مدلی که توسط Chapra و همکاران (۲۰۰۵) شبیه‌سازی شده برپا می‌شود. این مدل بر روی رودخانه بولدر کریک با طول ۱۳ کیلومتر و عرض متغیر اجرا می‌گردد. درجه حرارت آب به طور متوسط برابر ۱۲ درجه سانتی‌گراد بوده و میزان پارامترهای کیفی آب مطابق با مدل چاپرا است (Chapra و همکاران، ۲۰۰۵). جریان‌هایی به به ترتیب در کیلومترهای ۱۳/۶، ۱۰/۲ و ۶/۶ به رودخانه وارد می‌شوند. دبی ورودی به رودخانه کریک ۰/۷۱۲ متر مکعب بر ثانیه است. به عنوان نمونه غلظت ماکزیمم اکسیژن محلول (DO Max)، غلظت مینیمم اکسیژن محلول (DO Min) و غلظت متوسط اکسیژن محلول (DO) حاصل از مدل‌سازی انجام شده در طول کانال در شکل (۱) نمایش داده شده است. در همین شکل داده‌های آزمایشگاهی نیز قرار داده شده‌اند. این شکل نشانگر صحت و دقت مناسب عملکرد نرم‌افزار می‌باشد.

- مدل Qual2k

مدل عددی Q2K در سال ۲۰۰۸ جهت مدل‌سازی کیفیت آب رودخانه‌ها توسط گروه عمران و محیط زیست دانشگاه تافتزمدفورد در ایالات متحده آمریکا ارایه شده است (Chapra و همکاران، ۲۰۰۸). در این نرم‌افزار، مدل‌سازی یک بعدی جریان دائمی فاضلاب انجام می‌شود. تطبیق کمبود اکسیژن در Q2K در سطوح پایین اکسیژن، از طریق کاهش واکنش‌های اکسیداسیون به صفر انجام می‌شود. شبیه‌سازی حذف کلی‌فرم‌ها به عنوان تابعی از دما، نور و ته‌نشینی می‌باشد. اثرات تغییرات دما جریان ورودی و هوای اطراف در مقیاس ۲۴ ساعته شبیه‌سازی می‌گردد. موازنه حرارتی مدل Q2K برای یک المان برقرار می‌گردد. مکانیزم تغییرات بر پایه فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در جریان است؛ واکنش‌های مؤثر در پالایش آلودگی‌ها، اکسیداسیون و هیدرولیز شیمیایی می‌باشد. برحسب اینکه زمان ماند و اکسیژن کافی در اختیار عناصر مؤثر در تجزیه بیولوژیکی



شکل ۱- تغییرات اکسیژن محلول در طول رودخانه در مدل‌سازی مشابه با Chapra و همکاران

کیفیت فاضلاب ورودی به کانال نشان داده شده است. کانال به ۲۰ قسمت مساوی با طول ۵۰۰ متر تقسیم شده است. به منظور بررسی تاثیر تغییرات درجه حرارت در پالایش فاضلاب، شبیه‌سازی برای ۶ تغییر دمایی مختلف انجام می‌شود. در اولین حالت، دمای فاضلاب تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد ۲۳ درجه سلسیوس است

- اطلاعات مدل‌سازی

مشخصات مدل‌سازی با توجه به آمار تصفیه‌خانه شماره یک پرکندآباد در مشهد انتخاب شده است. مدل‌سازی شامل یک کانال باز مستطیل شکل از جنس بتن با طول ۱۰ کیلومتر و عرض ۵ متر است. شیب کانال ۰/۲ درصد می‌باشد. در جدول (۱)

و درجه حرارت محیط در طول ۲۴ ساعت در اولین روز مرداد ماه سال ۱۳۹۳ در محل تصفیه‌خانه اعمال می‌گردد، (حالت Tv). داده‌های هواشناسی مورد استفاده در جدول (۲) آمده است. میزان پرتو خورشیدی در محل تصفیه‌خانه مطابق با جدول (۳) می‌باشد. سرعت باد در محل، ۲ متر بر ثانیه و میزان پوشش ابر صفر اعمال می‌شود. با توجه به مدنظر بودن بررسی تأثیر درجه حرارت در سرعت پالایش فاضلاب و قرارگیری کشورمان در نواحی نسبتاً گرم و وجود نواحی با متوسط درجه حرارت بالا در کشور، افزایش درجه حرارت تا ۵۰ درجه سلسیوس با گام‌های ۱۰ درجه‌ای در مدل‌سازی به کار می‌رود. در این حالت درجه حرارت فاضلاب و محیط اطراف آن به صورت ثابت و برابر ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس فرض می‌شود (به ترتیب حالات T10، T20، T30، T40 و T50). یادآوری می‌شود که در مشهد با استفاده از استخرهای خورشیدی می‌توان به درجه حرارت‌هایی بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد نیز دست یافت (Jaefarzadeh, ۲۰۰۵). به منظور بررسی تأثیر ضریب زبری مانینگ، ۶ زبری مانینگ مختلف بصورت ۰/۰۱۲، ۰/۰۲، ۰/۰۳۳، ۰/۰۴، ۰/۰۵، ۰/۰۵ انتخاب می‌گردد. روش حل اندرکنش و محاسبه PH، به ترتیب رانگ کودا^۱ و برنت^۲ می‌باشد. در محاسبات هیدرولیکی

جریان، معادله مانینگ استفاده شده است. فرض بر آن است که در کانال موردنظر برای اولین بار جریان فاضلاب وارد می‌گردد. بنابراین شرایط اولیه به لحاظ کیفیت جریان فاضلاب بر کانال مورد نظر تعریف نمی‌گردد.

جدول ۱- کیفیت فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه شماره ۱ پرکنندآباد مشهد (گزارشات مطالعات مرحله اول مدول نهایی)

میزان آلودگی	نماینه/واحد	آلودگی
۴۱۷	BOD (mg_o_2/L)	اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی
۷۸۶	COD (mg_o_2/L)	اکسیژن موردنیاز شیمیایی
۶/۱	NO ₃ (ugN/L)	نیترات
۶/۱۸	Organic P (ugP/L)	فسفرآلی
۷/۷	PH	قلیائیت
۱۵۰۰	Coliform ($cfu/100mL$)	کلی‌فرم‌ها
۹۷	TKN	کل ازت کج‌دال
۹۵/۵	TN	نیتروژن کل

جدول ۲- تغییرات دمایی اول مرداد ماه ۱۳۹۲ در محل تصفیه‌خانه (سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۲)

ساعت	۲۴:۰۰	۳:۰۰	۶:۰۰	۹:۰۰	۱۲:۰۰	۱۵:۰۰	۱۸:۰۰	۲۱:۰۰
دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۵/۳	۲۹/۲	۳۵/۴	۳۸/۸	۴۳/۲	۳۹/۸	۳۳/۲	۲۸/۸

جدول ۳- میزان پرتو خورشید در طول شبانه‌روز (NOAAT)

زمان (ساعت)	۶	۷	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۱۹	۲۰
میزان تابش خورشیدی (وات بر متر مربع)	۰	۱۱/۲	۲۵۸	۵۲۵	۶۲۵	۵۷۱	۳۳۰	۵۱	۰/۰۱

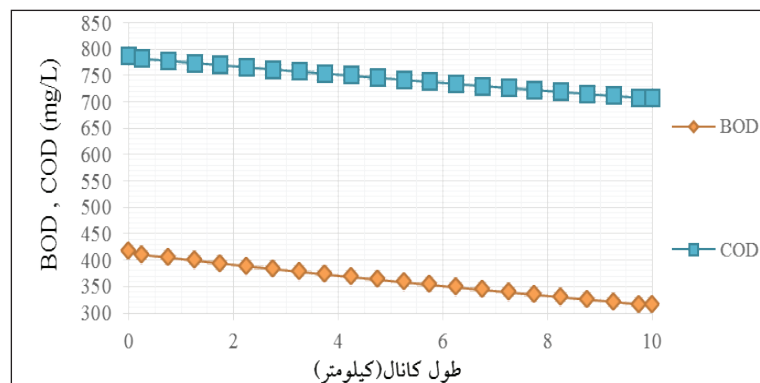
نتایج و بحث

با استفاده از اطلاعات بدست آمده مدل‌سازی انجام شد. نتایج مدل‌سازی‌های عددی به دو بخش تغییرات درجه حرارت هوا و فاضلاب و زبری کانال تقسیم می‌شود. در ادامه به بررسی اثر این دو عامل بر کیفیت فاضلاب پرداخته می‌شود.

- اثر تغییرات درجه حرارت

نتایج هیدرولیکی مدل‌سازی نشان می‌دهد که جریان بعد از ورود به کانال در مدت زمان ۰/۱۱ روز (۲ ساعت و ۳۸ دقیقه)

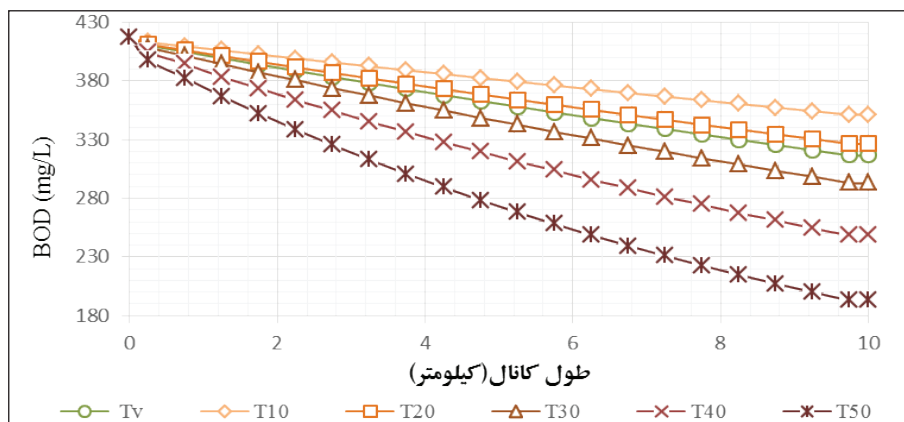
به انتهای آن می‌رسد. تغییرات BOD و COD در طول کانال برای حالت Tv در شکل (۲) نشان داده شده است. طبق این شکل مشاهده می‌شود میزان BOD و COD در محل ورودی به کانال به ترتیب ۴۱۷ و ۷۸۶ میلی‌گرم در لیتر است و در طول کانال بطور مداوم کاهش می‌یابد. همچنین ملاحظه می‌گردد که شیب کاهش BOD بیشتر از COD می‌باشد به نحوی که در انتهای کانال، BOD با ۲۴ درصد کاهش به عدد ۳۱۷ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد؛ در حالی که COD در انتهای کانال ۷۰۸ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که نشان دهنده ۹/۹۲ درصد کاهش است.



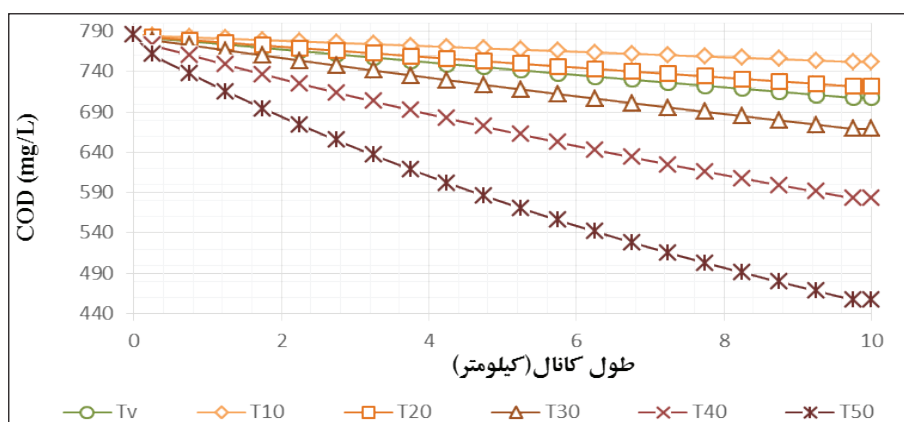
شکل ۲- تغییرات BOD و COD در طول کانال برای حالت Tv

می‌توان گفت با افزایش درجه حرارت، BOD کاهش می‌یابد. نتایج بررسی‌های عددی این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش درجه حرارت از ۱۰ به ۵۰ درجه سلسیوس موجب کاهش ۳۷/۹۳ درصدی BOD در کانال مورد مطالعه شده است. شکل (۴) تغییرات COD در طول کانال را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که همانند BOD، در کلیه حالات مقدار COD نیز در طول کانال کاهش یافته و شیب این کاهش با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد. با توجه به شکل می‌توان گفت که افزایش درجه حرارت از ۱۰ به ۵۰ درجه سلسیوس باعث کاهش ۳۷/۴۹ درصدی COD می‌شود.

به منظور بررسی تأثیر درجه حرارت در کیفیت آلودگی فاضلاب، تغییرات BOD در طول کانال برای ۶ حالت مختلف دمایی مطابق شکل (۳) رسم شده است. مشاهده می‌شود که در کلیه حالات در طول کانال BOD کاهش یافته، اما با افزایش درجه حرارت شیب کاهش BOD افزایش نشان می‌دهد. به نحوی که در درجه حرارت ۵۰ درجه سلسیوس در انتهای کانال BOD با ۵۴ درصد کاهش به عدد ۱۹۳ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. در حالی که در درجه حرارت ۱۰ درجه سلسیوس در انتهای کانال BOD با ۱۶ درصد کاهش به ۳۵۱ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. بنابراین

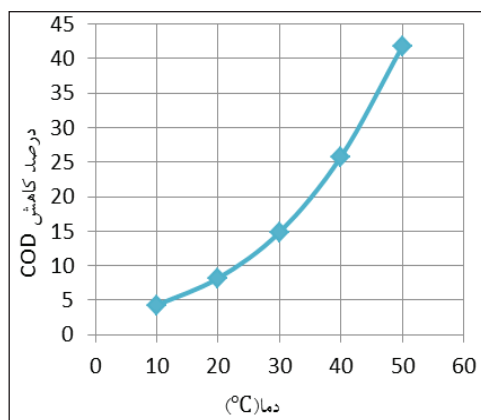


شکل ۳- تغییرات BOD در طول کانال برای ۶ حالت مختلف دمایی



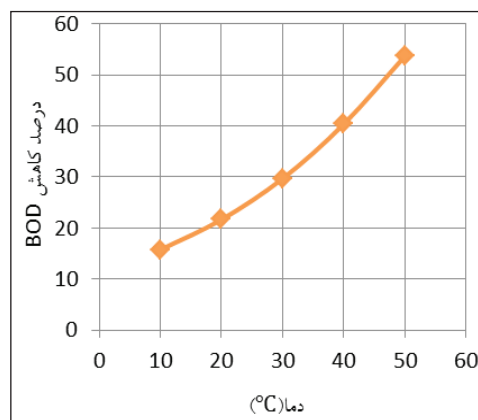
شکل ۴- تغییرات COD در طول کانال

کاهش شدیدتر BOD و COD را به دنبال دارد. بنابراین سرعت پالایش آلودگی‌ها در دمای بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس بسیار سریع می‌باشد.



شکل ۶- درصد کاهش COD در مقابل تغییرات درجه حرارت

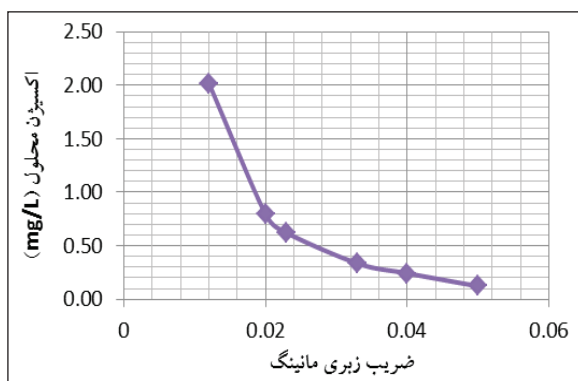
شکل‌های (۵) و (۶) به ترتیب درصد کاهش BOD و COD در مقابل تغییرات درجه حرارت را نمایش می‌دهند. مشاهده می‌شود که کاهش BOD و COD با افزایش درجه حرارت رابطه خطی ندارند. به نحوی که درجه حرارت‌های بالاتر،



شکل ۵- درصد کاهش BOD در مقابل تغییرات درجه حرارت

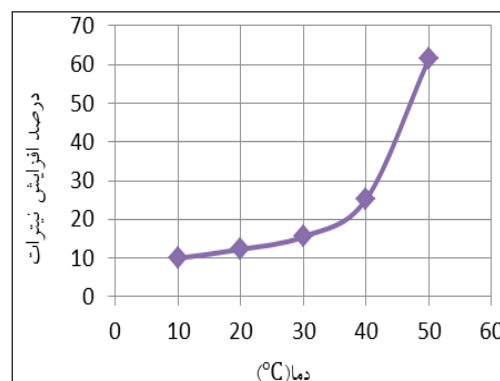
- کانال با زبری متغیر

در این بخش تغییرات ضریب زبری مانینگ و اثر آن بر کیفیت فاضلاب مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. با توجه به معادله مانینگ، بدیهی است که با افزایش زبری کانال، عمق جریان افزایش می‌یابد؛ بنابراین سرعت جریان کاهش یافته و زمان ماند در کانال، بیشتر می‌شود. تغییر زمان ماند خود بر اکسیژن محلول در فاضلاب مؤثر است. شکل (۸) تغییرات اکسیژن محلول در فاضلاب را در برابر زبری مانینگ نمایش می‌دهد.

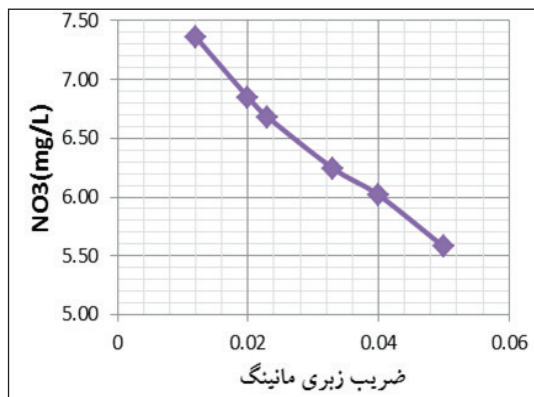


شکل ۸- تغییرات اکسیژن محلول در فاضلاب در برابر زبری مانینگ

در شکل (۷) تغییرات مقدار نیترات در انتهای کانال برای دماهای مختلف نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که تا دمای حدود ۴۰ درجه سلسیوس میزان نیترات با شیب ملایم و پس از آن با شیب زیادی افزایش می‌یابد. در این بین، مقدار اولیه نیترات ۶/۱ (mg/L) بوده که در دمای ۵۰ درجه سلسیوس با ۵۰ درصد افزایش به ۹/۱۴ (mg/L) می‌رسد که این مقدار طبق استانداردهای خروجی فاضلاب (مصوبات هیئت وزیران، ۱۳۶۴) از میزان حد مجاز جهت ورود به آب‌های زیرزمینی (۱۰ mg/L) و سطحی (۵۰ mg/L) کمتر است.

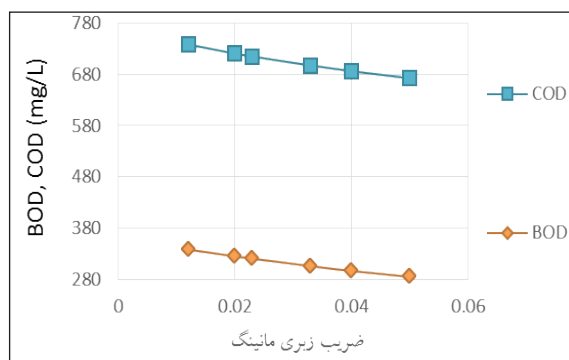


شکل ۷- درصد تغییرات نیترات در مقابل افزایش درجه حرارت



شکل ۱۰- تغییرات نیترات در برابر زبری های مانینگ

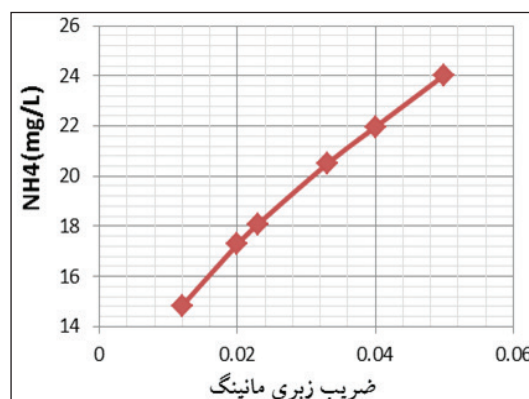
شکل (۱۱) تغییرات دو شاخص BOD و COD در انتهای کانال را در مقابل ضریب زبری مانینگ نمایش می‌دهد. غلظت BOD و COD در ورود به کانال به ترتیب برابر ۴۱۷ و ۸۷۶ است. مشاهده می‌شود که مقادیر BOD و COD برای زبری‌های مختلف در انتهای کانال، متفاوت است. به عبارت دیگر زبری کانال‌ها در میزان BOD و COD مؤثر و با افزایش زبری هر دو پارامتر کاهش می‌یابد. طبق این نمودار غلظت BOD در زبری ۰/۰۱۲ با ۱۸/۷۷ درصد کاهش برابر با ۳۳۸/۷۲ میلی‌گرم و در زبری ۰/۰۵ با ۳۱/۴۲ درصد کاهش برابر ۲۸۵/۹۶ است. این غلظت‌ها برای COD به ترتیب ۶/۱۱ و ۱۴/۵ درصد کاهش می‌باشد.



شکل ۱۱- تغییرات BOD و COD در برابر زبری مانینگ

می‌دانیم که با افزایش اکسیژن محلول، مقادیر BOD و COD کاهش یافته و در صورتی که زمان ماند لازم برای واکنش اکسیژن با BOD و COD فراهم گردد، این دو شاخص با سرعت بیشتری کاهش می‌یابند. بنابراین با افزایش زبری مانینگ زمان ماند بیشتر می‌گردد. نکته قابل توجه این است که زمان ماند بایستی تا جایی افزایش یابد که اکسیژن محلول برای واکنش با BOD و COD فراهم باشد و اگر اکسیژنی برای مصرف وجود نداشته باشد، ایجاد زمان ماند بیشتر مؤثر نخواهد بود.

ملاحظه می‌شود که با افزایش زبری مانینگ کانال، اکسیژن محلول کاهش می‌یابد. شیب نمودار خطی نبوده و هرچه زبری افزایش یافته، شیب نمودار کندتر می‌شود. به طوری که از زبری ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۲ حدوداً ۶۱ درصد اکسیژن محلول کاهش می‌یابد. نتایج مدل‌سازی عددی نشان می‌دهد که اکسیژن محلول در کانال، تأثیر ناچیزی بر میزان آمونیوم، BOD، COD، نیتروژن آلی و فسفر آلی دارد. برای بررسی این مطلب، دو مدل مجزا از اثر تغییر اکسیژن محلول بر پارامترها، شبیه‌سازی شد. در اولین مدل، اکسیژن محلول برابر نمونه فاضلاب (حدود ۲/۱۸ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد و در مدل دوم هیچ اکسیژن محلولی وجود ندارد. یادآور می‌شود که سایر مولفه‌های شیمیایی و هیدرولیکی دو مدل یکسان و مطابق مشخصات گفته شده پیشین می‌باشد. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که تغییرات اکسیژن محلول، بر غلظت نیتروژن، فسفر آلی، آمونیوم، BOD و COD تأثیر قابل ملاحظه‌ای ندارد. تغییرات آمونیوم و نیترات در برابر زبری‌های مانینگ به ترتیب در شکل‌های (۹) و (۱۰) نمایش داده شده است. مطابق شکل (۹) مشاهده می‌شود که منحنی با شیبی یکنواخت در حال صعود است و با افزایش زبری مانینگ، آمونیوم روندی افزایشی دارد، به طوری که از زبری ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۵ آمونیوم تقریباً ۳۸/۲۵ درصد افزایش یافته است. همچنین مطابق شکل (۱۰)، با افزایش زبری مانینگ نیترات کاهش می‌یابد. مقدار اولیه نیترات برابر ۶/۱ (mgN/L) است و در زبری ۰/۰۱۲ به عدد ۷/۳۶ (mgN/L) رسیده است که افزایشی برابر با ۱۷/۱۲ درصد داشته است و زمانیکه که زبری ۰/۰۵ می‌شود، با ۸/۵ درصد کاهش، برابر ۵/۵۸ شده است. زیرا با افزایش زبری کانال، اکسیژن محلول کاهش می‌یابد و چون غلظت نیترات با اکسیژن محلول رابطه‌ای مستقیم دارد، بنابراین با افزایش زبری مانینگ نیترات کاهش می‌یابد.



شکل ۹- تغییرات آمونیوم در برابر زبری‌های مانینگ

داد که با افزایش زبری کانال، زمان ماند افزایش و اکسیژن محلول کاهش خواهد یافت. همچنین با افزایش زبری کانال، BOD و COD روند کاهشی دارند. براساس نتایج بدست آمده نیترات در زبری‌های بالاتر از ۰/۰۴ در طول کانال روندی کاهشی دارد؛ این تغییرات ناشی از کاهش میزان اکسیژن محلول در زبری‌های بالاتر از ۰/۰۴ است. با کاهش اکسیژن، نیترات در اثر فرآیند دی‌نیتریفیکاسیون کاسته می‌شود.

پی‌نوشت

Runge-Kutta
Brent

در مطالعه حاضر اثرات تغییرات درجه حرارت و زبری کانال بر کیفیت فاضلاب تصفیه‌خانه پرکنندآباد مشهد با مدل‌سازی جریان فاضلاب توسط نرم‌افزار Q2K بررسی شد. در ابتدا مدل‌سازی برای ۶ حالت مختلف دمایی انجام شد. در بخش دیگر تغییرات ضریب زبری مانینگ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان BOD و COD با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابند، ولی سرعت کاهش BOD در مقایسه با COD بیشتر است. میزان نیترات تا دمای حدود ۴۰ درجه سلسیوس با شیب ملایم و پس از آن با شیب زیادی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که سرعت پالایش آلودگی‌ها از دمای ۳۰ درجه سلسیوس به بعد بسیار سریع می‌باشد. مدل‌سازی عددی نشان

منابع

- Drolcand A. and ZagorcKon J. 2007. Calibration of QUAL2E Model for the Sava River (Slovenia). Water Sci. Technol, 40: 111-118.
- Fereidoon M. and Khorasani Gh. 2013. Water Quality Simulation in Qarresu River and the Role of Wastewater Treatment Plants in Reducing the Contaminants Concentrations. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 3(5): 2278-3075.
- Jaefarzadeh M.R. 2005. Thermal behaviour of a large salinity-gradient solar pond in the city of Mashhad, Iran. J. Sci. Technol. 29 (B2): 219-229.
- Petrescu V. and Sumbasacu G. 2011. Sirbu, Nicolai. monitoring and mathematical modeling important tools for environmental problems. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ). 10(11): 1779-1787.
- Shih S.F. and Rahi G.S. 1981. Seasonal Variations of Manning's Roughness Coefficient in a Subtropical Marsh. TRANSACTIONS of the ASAE, Vol. 25, No. 1:116-119.
- سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی. ۱۳۹۲. داده‌های دریافتی از سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی. ایران. مصوبات هیأت وزیران. ۱۳۶۴. آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب، مجلس شورای اسلامی، دوره ۶۴، جلد ۶.
- Bertinelli L., Strobl E. and Zou B. 2008. Economic development and environmental quality: A reassessment in light of nature's self-regeneration capacity. Science direct, Volume 66, Issues 2-3: 371-378.
- Cokgor S. and Kucukali S. 2005. Effect of Sediment Roughness on Surface Aeration around Boulders in an Open Channel Flow. RMZ- Material and Geoenvironment, Vol. 52, No. 1: 13-15.
- Chapra S.C., Pelletier G.J. and Tao H. 2008. QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.11: Documentation and Users Manual; Department of Civil and Environmental Engineering. Tufts University: Medford, OR, USA.

Studying a leakage detection method in pressurized water networks based on the pressure-leakage relation

(Presentation of Optimization Code for Locating Leakage)

A. Boostani¹, 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@um.ac.ir)

Received: 7-9-2014

Accepted: 10-5-2015

بررسی روش نشت‌یابی در شبکه آب تحت فشار بر مبنای رابطه فشار- نشت

(ارائه کد بهینه‌یابی مکان‌یابی نشت)

آرمین بوستانی^۱، سعیدرضا خداشناس^{۲*}

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

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۰

Abstract

Estimation of leakage in a network consists of several attributes, such as unauthorized use, minor leaks and networking events whose natures are different from each other. The most important attributes are large losses due to breakage and major leaks which in addition to wasting fresh water resources, will lead to water pollution and problems for the buildings. In this paper, leakage detection methods which are based on optimization were studied and compared. A Matlab code was presented based on an algorithm with minimized objective function and the relationship between pressure loss and the potential leakage locations. The verification of the method was carried out by assuming the optimization of least squared error between calculated values (Pressure- Leakage Relation) and observed data (the assumption of occurrence leakage in nodes). The offered code could well identify the hypothetical leaking nodes and leakage value distributed between them by minimizing pressure differences. The results of running the model and comparing the observed data with the model using the optimal method of leak detection methods, showed that aside from appropriate method selection and calibration of the model, in order to have more accurate estimation of the location and amount of leakages in the network, field surveys and piezometer readings should be carried out so that the consumption pattern of the studied area and illegal branches were identified.

Keywords: Leakage, Water Network, Water Pressure, Matlab, Optimization Method.

چکیده

تخمین نشت در هر شبکه شامل برآورد و شناسایی چندین مولفه نظیر مصارف غیر مجاز، نشت‌های زمینه‌ای و شکستگی‌هاست که ماهیت هر کدام از این مولفه‌ها با یکدیگر متفاوت است. مهمترین این مولفه‌ها، تلفات ناشی از شکستگی‌ها و نشت‌های بزرگی است که علاوه بر هدر دادن منابع آب شیرین، مخاطراتی را نیز برای ساختمان‌ها و در نتیجه آلودگی آب‌ها در پی دارد. در این تحقیق ضمن مطالعه روش‌های موجود مکان‌یابی نشت بر مبنای بهینه‌یابی و مقایسه آن‌ها، یک کد در محیط Matlab بر مبنای الگوریتم تابع هدف کمینه، که براساس رابطه افت فشار و نقاط احتمالی نشت استوار است، اجرا شد. با فرض بهینه‌یابی حداقل مربعات خطا بین داده‌های محاسباتی (رابطه فشار- نشت) با داده‌های مشاهداتی (فرض نشت در گره‌ها) اعتبارسنجی مدل انجام شد. کد ارائه شده توانست بخوبی گره‌های فرضی دارای نشت و توزیع مقادیر نشت بین گره‌ها را با کمینه کردن اختلاف فشار مشخص نماید. نتایج اجرای مدل و مقایسه داده‌های مشاهداتی مبتنی بر روش بهینه‌یابی و روش‌های شناسایی نشت مرتبط با تغییرات فشار در شبکه نشان داد، که علاوه بر انتخاب روش مناسب و واسنجی مدل، حتماً بایستی داده‌های مشاهداتی و ورودی نظیر قرائت فشارسنج‌ها، الگوی مصرف ناحیه مورد مطالعه و شناسایی حداکثری انشعابات غیرمجاز در بررسی میدانی برای بهبود موقعیت‌یابی نقطه‌ای نشت‌ها در شبکه و تخمین جامع و صحیح مقدار آن‌ها مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: نشت، شبکه آب، فشار، Matlab، روش بهینه‌یابی.

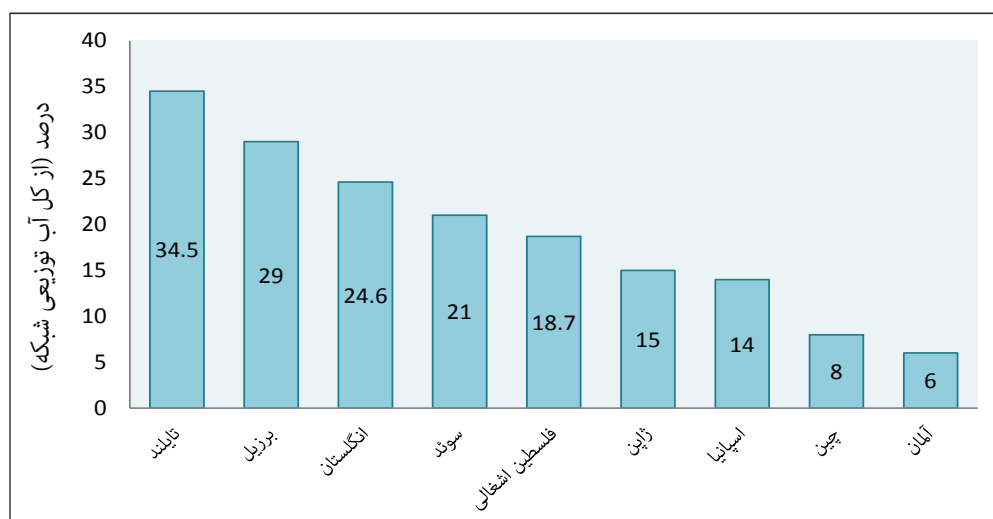
حفاظت جامع آب^۱ را می‌توان به دو طبقه عمومی تقسیم نمود:

۱- مدیریت بهره‌برداری و توزیع آب (در محدوده سیستم آبرسانی، شبکه توزیع و خطوط انتقال).

۲- مدیریت مصرف آب (در محدوده مشترکین و مصرف‌کنندگان). در جهان بین ۵ تا ۵۰ درصد حجم آب توزیعی توسط شرکت‌های متولی آب شهری به تلفات نشت از شبکه‌ها اختصاص دارد. این مقدار در ایران حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌باشد. از طرفی شبکه‌های آبرسانی در اثر عواملی نظیر: فشار آب، قدمت لوله‌ها، کیفیت آب و خاکریز جناحین لوله (فشارهای وارده)، کیفیت اجرا و کیفیت لوله‌ها و متعلقات، ضربه و بارهای جانبی نظیر ترافیک، می‌تواند تحت تاثیر شکست قرار گرفته و موجب تلفات نشت از شبکه شود.

یکی از راهکارهای کاهش نشت، مدیریت فشار در گره‌های شبکه است که از طریق نصب مخازن و شیرآلات (شیرهای قطع و وصل جریان جهت کاهش فشار) صورت می‌گیرد. به تازگی از شیرهای فشارشکن نیز به منظور مدیریت فشار در شبکه‌های آب استفاده می‌گردد (نشریه شماره ۳۰۸-الف، ۱۳۸۶). مقدار آب به حساب نیامده غالباً بعنوان معیاری برای شناخت کارآمدی سیستم‌های آبرسانی شناخته می‌شود. سیستم‌های آبرسانی کارآمد در کشورهای در حال توسعه حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد می‌باشد. در شکل (۱)، مقدار آب به حساب نیامده‌ی شبکه در برخی کشورهای جهان آورده شده است.

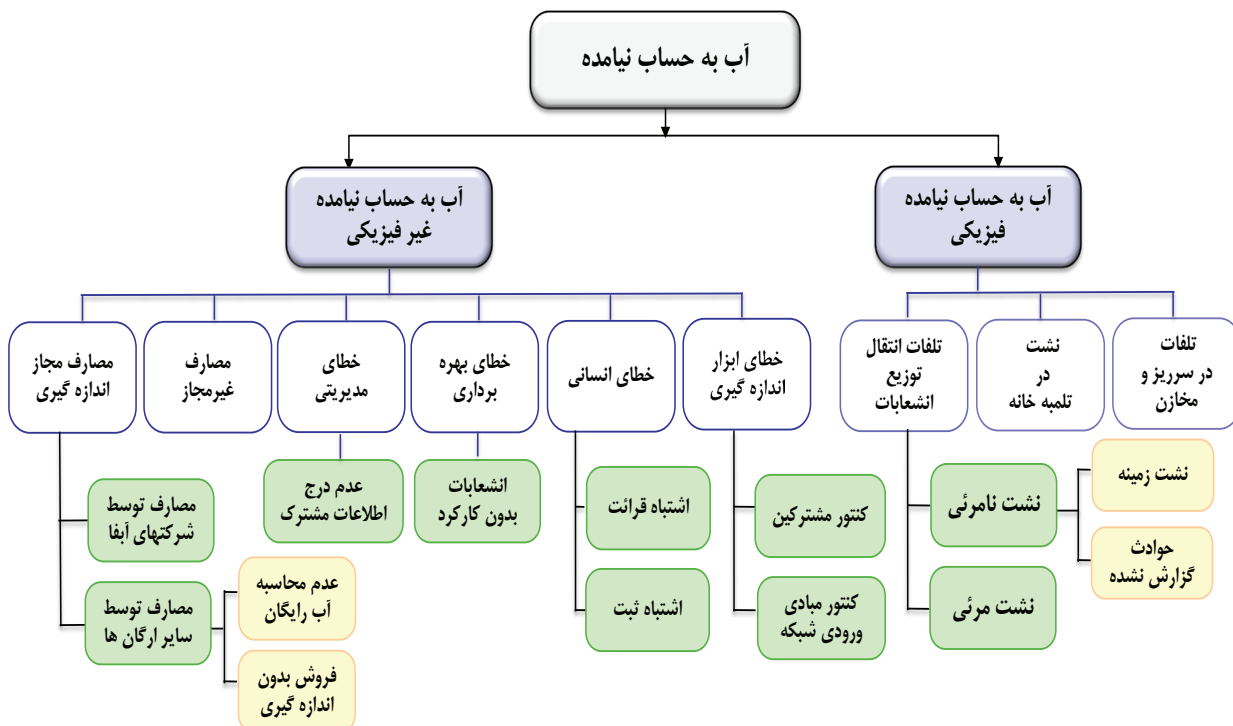
منابع آب شیرین در سطح زمین به طور یکنواخت توزیع نشده‌اند. در حال حاضر، ۹ کشور کانادا، چین، کلمبیا، پرو، برزیل، روسیه، ایالات متحده‌ی آمریکا، اندونزی و هند، ۶۰٪ کل منابع آب شیرین را به خود اختصاص می‌دهند. در مقابل، حدود ۸۰ کشور نیز با کمبود آب مواجه‌اند که برخی از آن‌ها مانند کویت، بحرین، مالت، امارات متحده‌ی عربی، سنگاپور، اردن و لیبی تقریباً به هیچ منبع آب شیرین قابل توجهی دسترسی ندارند. سابقاً تصور می‌شد منابع آب نامحدودند، اما امروزه حتی کشورهای پیشرفته، محدودیت منابع آبی را درک نموده‌اند (نشریه شماره ۳۰۸-الف، ۱۳۸۶). اگرچه نقش کلیدی آب در فرآیند توسعه اقتصادی-اجتماعی ایران بر کسی پوشیده نیست، ولی عمده اقدامات صورت گرفته در جهت پاسخگویی به نیازهای آبی کشور از طریق مدیریت تولید و تأمین آب بوده و کمتر به وجه دیگر این موازنه که همانا مدیریت توزیع و مصرف صحیح آب می‌باشد، توجه گردیده است (نصیریان، ۱۳۹۲). در صورتی که برنامه‌های مدیریت جامع توزیع-مصرف نقش اساسی خود را به عنوان یک راه حل موازی و گاه جایگزین برای پاسخگویی به نیازهای آبی نشان داده‌اند. به منظور مقابله با چالش‌های ناشی از محدودیت منابع آب در مسیر توسعه اقتصادی و اجتماعی، مدیریت ترکیبی تولید و مصرف در جهان طرح گردیده و توسعه یافته است.



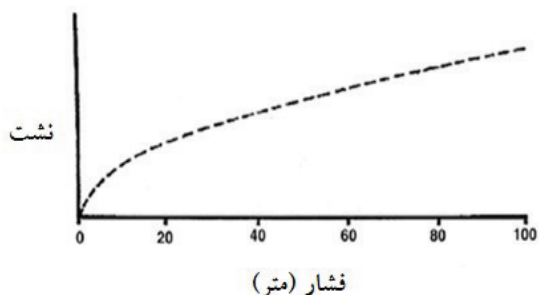
شکل ۱- مقدار آب به حساب نیامده در کشورها (نشریه شماره ۳۰۸-الف، ۱۳۸۶)

اشکال مختلف آب به حساب نیامده فیزیکی و غیرفیزیکی در تلفات کل شبکه آورده شده است.

حداقل فشار ممکن در گره‌ها باعث بیشترین کاهش نشت و حفظ سرویس دهی مطلوب شبکه می‌شود. در شکل (۲)،



شکل ۲- طبقه بندی آب به حساب نیامده در شبکه (نشریه شماره ۳۰۸-الف، ۱۳۸۶)



شکل ۳- رابطه بین فشار- نشت در شبکه (نشریه شماره ۳۰۸-الف، ۱۳۸۶)

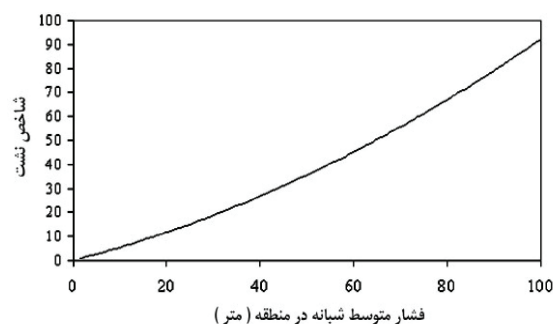
رابطه فشار- نشت: دبی جریان از یک روزنه متناسب با جذر فشار آب است ($Q = KP^{0.5}$). البته آزمایشات در شبکه‌ها نشان داده که این رابطه دقیقاً برقرار نیست (Q : دبی (مترمکعب بر ثانیه)، P : فشار آب (متر)).

پارامتر فشار متوسط شبانه منطقه: فشار متوسطی است که درون سیستم در شب رخ می‌دهد و شامل تغییرات توپوگرافی زمین و هرگونه افت فشار در منطقه مورد مطالعه است. شاخص نشت (LI) از رابطه (۱)، که در آن $AZNP$ معادل "میانگین فشار شبانه یک ناحیه در شبکه" می‌باشد، بدست می‌آید. در شکل (۳)، این رابطه در شبکه نشان داده شده است.

$$LI = 0.5 \times (AZNP) + 0.007 \times (AZNP)^2 \quad (1)$$

روزنه متناسب با فشار، نسبت به مکان‌هایی با نشت‌های جزئی کمتر می‌باشد. این بدان معناست که با افزایش دبی نشت در شبکه، دبی خروجی از هرگره یا همان نشت با کمتر از مجذور تغییرات فشار تناظر مستقیم دارد. علت تفاوت این توان‌ها اینست که در ساعات روز مصرف بیشتر بوده لذا فشار وارده بر شبکه افزایش نسبی یافته، نشت شبانه کاهش جزئی داشته است. رابطه بین شاخص نشت با میانگین فشار شبانه در شکل (۴) نشان داده شده است.

به علت بسته بودن بیشتر شیرها در برخی اوقات نظیر نیمه شب، انتظار می‌رود تا در این ساعات فشار شبکه بالا باشد؛ از اینرو با احتساب تناظر مستقیم نشت- فشار، مقدار نشت بیشتری در شبکه وجود خواهد داشت. در یک طبقه‌بندی نشت‌های بالای ۱۱ لیتر بر ثانیه را نشت‌های بزرگ (اصلی) و نشت‌های کمتر از ۱۱ لیتر بر ثانیه نیز نشت‌های کوچک (فرعی) نامیده می‌شوند. در مکان‌هایی که نشت‌های اصلی و بزرگ اتفاق می‌افتد، همواره مقدار توان در رابطه دبی در



شکل ۴- رابطه بین شاخص نشت با پارامتر AZNP
(نشریه شماره ۳۰۸-الف، ۱۳۸۶)

Martinez و همکاران (۲۰۰۷)، به مکان‌یابی نشت در شبکه‌های آب براساس مکانیزم تغییرات فشار بخار آب در دماهای مختلف پرداختند. تابش و کریمی (۱۳۸۵)، سه روش مدیریت نشت در شبکه شامل رفع حوادث، عملیات نشت‌یابی و جایگزینی لوله‌ها را جداگانه مورد مطالعه قرار داده و سپس با تحلیل نتایج هر روش، ابتدا زمان مناسب نشت‌یابی و سپس زمان عملیات مربوط به نوسازی شبکه را بدست آوردند. نتایج نشان داد در صورتی که برای مدل کردن مصرف و نشت در شبکه از روش تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار براساس روابط دبی-فشار استفاده شود، مقدار جریان خروجی در گره‌ها (مصرف و نشت) با تغییرات فشار مرتبط می‌گردد.

Vitkovsky و همکاران (۲۰۰۰)، به بررسی یک روش نشت‌یابی مبتنی بر کالیبراسیون با استفاده از جریان انتقالی و الگوریتم ژنتیک پرداختند. در این بررسی دو روش (کد)، مبتنی بر الگوریتم ژنتیک ارائه شد. مشخص شد که روش استفاده از الگوریتم ژنتیک ابزاری مناسب برای یافتن محل نشت با استفاده از تغییرات ضرائب زبری و داده‌های فشار ورودی به شبکه در طول لوله‌ها می‌باشد. به‌طور کلی روش‌های بهینه‌یابی و جستجو را می‌توان به سه روش عمده‌ی روش‌های ریاضی، روش‌های عددی و روش‌های تصادفی تقسیم‌بندی کرد. در زیرمجموعه روش‌های تصادفی، روش‌های فرااکتشافی موجود است که از مهمترین این ابزار روش‌های توده ذرات، الگوریتم ژنتیک و کلونی مورچه‌ها می‌باشد.

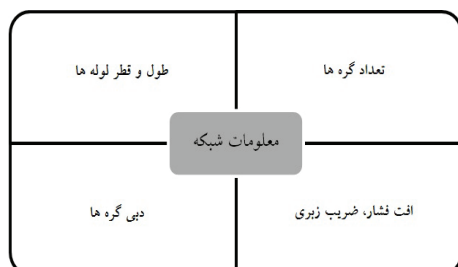
روش‌های محاسباتی نیاز به یک تابع مشتق‌پذیر دارند و این در حالی است که بسیاری از مسائل طبیعی دارای توابع غیرپیوسته و مشتق‌ناپذیر می‌باشند. مسائل ریاضی کاربردی، عموماً شامل توابعی است که مشتق‌پذیر نبوده و دارای چندین نقطه‌ی بهینه‌ی محلی، علاوه بر نقطه‌ی بهینه‌ی کلی نیز می‌باشند. روش‌های عددی قادرند عملیات جستجو را هم در یک فضای محدود و هم در یک فضای گسسته انجام دهند. این روش‌ها مقدار تابع هدف را در هر نقطه و در هر لحظه در نظر

می‌گیرند؛ به عبارتی نقطه به نقطه در جستجوی بهینه می‌باشند. روش‌های جستجوی عددی ساده هستند، ولی در یک محدوده‌ی وسیع جستجو از بازدهی بالایی برخوردار نخواهند بود (نصیریان، ۱۳۹۲). در مسائل واقعی تعداد نقاط آنقدر زیاد است که نمی‌توان تمامی آنها را آزمایش کرد. بنابراین چنانچه فضای طراحی بزرگ باشد، که در اکثر موارد چنین است، استفاده از این روش عملاً غیرممکن و یا حداقل غیرمؤثر است. در این روش‌ها در هر گام بایستی تعداد زیادی نقطه را محاسبه کرد. این عمل بسیار زمان‌بر، هزینه‌ساز و خسته‌کننده می‌باشد.

برای اینکه مساله واسنجی در شبکه معین باشد باید معادلات مستقل تشکیل شده برابر با تعداد مجهولات باشند. با توجه به تعداد بسیار زیاد مجهولات در شبکه، این روش در عمل قابل کاربرد نبوده و مساله باید به صورت ضمنی حل شود؛ بدین منظور بایستی از بهینه‌یابی در شبکه استفاده شود (Walski, ۲۰۰۰). بنابراین چنین مساله‌ای معمولاً در یک فرایند بهینه‌یابی تحلیل می‌شود. بهینه‌یابی شامل روش‌هایی برای تنظیم پارامترهای مجهول شبکه (معمولاً زبری و مصرف) تا کمینه‌شدن اختلاف مقادیر مشاهداتی و محاسباتی می‌باشد. خوشبختانه این ضرورت چندسالی است که در کشور ما نیز مورد توجه قرار گرفته و در قالب "طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی تأسیسات توزیع آب شهری" و "دفتر آب به حساب نیامده" در شرکت‌های آبفای کشور به امر مطالعه و کاهش تلفات و آب به حساب نیامده پرداخته شده است (تابش، ۱۳۷۸). فاضل و غفورمغربی (۱۳۸۸)، در ناحیه‌ای از گلبهار مشهد به بررسی فشار گره‌ای در انشعابات پرداختند. علاوه بر این طرح مدیریت و کاهش هدر رفت آب در کشور، به‌ویژه در شهرهایی که میزان هدر رفت آب در شبکه آبرسانی آن‌ها بیش از ۲۵ درصد اعلام شده است، در دست اجرا قرار دارد.

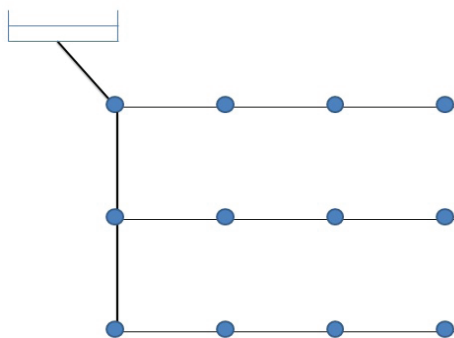
نشت در شبکه‌های شهری یکی از معضلات اساسی این شبکه‌ها می‌باشد که هزینه‌های زیادی را به دولت‌ها تحمیل می‌نماید و این امر لزوم توسعه روش‌های مختلف نشت‌یابی را نشان می‌دهد. روش‌های شناسایی نشت به دو روش انفعالی و بهینه‌یابی تقسیم می‌شوند. روش‌های انفعالی بیشتر مبتنی بر اندازه‌گیری‌های کنتور، فشارسنج‌ها و استفاده از مواد رسام است ولی روش‌های بهینه‌یابی نظیر الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچه‌ها و توده ذرات با کاهش هزینه‌های عملیاتی، تخمین دقیقی از مکان نشت با فرض روابط هیدرولیکی می‌دهد. از این رو یافتن و پیشنهاد بهترین روش مبتنی بر بهینه‌سازی با مقایسه روش‌های مطالعه شده و مورد استفاده می‌تواند انتخاب یک روش مناسب را برای مطالعات آینده توصیه نماید. همچنین ارائه الگوریتم (گام‌های حل مسأله) و کد مناسب جهت تحلیل شبکه و مکان‌یابی نشت بر مبنای روش‌های بهینه‌یابی (انتخاب تابع هدف کمینه) از دیگر اهداف این پژوهش می‌باشد.

افت فشار و ضریب زبری و همچنین دبی گره‌ها مشخص شود. در شکل (۵)، دیاگرامی از مشخصات ورودی برای تعریف مدل نشان داده شده است.



شکل ۵- ورودی‌های مدل در الگوریتم و کد Matlab

شبکه فرض شده در مدل با آرایش ۱۲ گره‌ای و دبی کل ورودی ۳۶۰ لیتر بر ثانیه است. همچنین فرض شده است. طول اتصالات افقی (لوله) ۱۰۰ متر و طول عمودی ۲۰۰ متر باشد و به هر گره دبی ثابت ۳۰ لیتر بر ثانیه برسد. ضریب هیزن ویلیامز ثابت و برابر ۱۳۰ در طول شبکه در نظر گرفته شده است. حال با فرض توزیع یکسان تقاضای گرهی در شبکه اگر کنتورها عدد ۳۸۴ لیتر بر ثانیه را نشان دهد، بدون احتساب سایر عوامل، آب به حساب نیامده ۲۴ لیتر بر ثانیه می‌باشد که اگر در ابتدا برای هر گره میزان نشت یکسان فرض گردد، این مقدار برابر ۲ لیتر مصرف اضافی برای هر گره است. در شکل (۶)، آرایش فرضی شبکه در مدل تعریف شده نشان داده شده است.



شکل ۶- نمایی از آرایش گره‌های مفروض در مدل

که در گره‌های شبکه به تعداد بالا نشت داشته و از طرفی افت فشار مشاهداتی شبکه وجود دارد. حال باید برنامه مشخص کند که در کدام گره‌ها با چه شماره‌ای و به چه میزان نشت اتفاق افتاده است.

گام دوم: فرض می‌شود که برای شبکه مفروض (۱۲ گره) نشت از تمام گره‌ها اتفاق افتاده است. بنابراین ۱۲ گره نشت‌دار

Wu و Simpson (۲۰۰۱)، فرض کردند که تعداد نشت‌های همزمان که در شبکه واقع می‌شود به تعداد مشخصی محدود است. بر این اساس ابتدا فرض می‌شود که یک نشت در شبکه وجود دارد. بنابراین تعداد گزینه‌ها برای موقعیت نشت، به تعداد گره‌های شبکه محدود است.

برخی از فرضیات مهم بکار رفته عبارتند از:

- مصارف در گره‌ها اتفاق می‌افتد؛ تقریباً در تمامی کارهای مدل‌سازی شبکه، علیرغم اینکه مصارف در طول لوله‌ها اتفاق می‌افتد، با توجه به نامعلوم بودن دقیق مصارف، مصارف به صورت یک توزیع بار بر روی شبکه فرض شده و پس از محاسبات لازم، مصارف تنها به گره‌ها اختصاص می‌یابد (Walski، ۲۰۰۰). این فرض در این تحقیق نیز از اصول اولیه محسوب می‌شود.

- نشت به عنوان مصارف اضافی در گره‌ها تعریف می‌شود؛ با توجه به توضیحات ارائه شده در مورد مصارف، فرض نشت در گره‌ها تعداد مجهولات مسأله را کاهش داده و از فرضیاتی است که در اکثر تحقیقات قبلی به کار گرفته شده است (Nicolini و همکاران، ۲۰۱۱؛ Almandoz و همکاران، ۲۰۰۵). تنها در بررسی نشت در خطوط انتقال، نشت در طول لوله‌ها فرض شده است (Ramos و Covas، ۲۰۱۰).

- تعداد نشت همزمان محدود فرض می‌شود؛ با توجه به اینکه در اکثر شبکه‌ها، مدلی نسبتاً کالبره شده از شبکه موجود است و نشت بوسیله روش مورد تحقیق، با کمک برخی اندازه‌گیری‌های فشار و دبی جستجو می‌شود، تعداد نشت‌های همزمان محدود خواهد بود. لذا می‌توان اکثر گره‌ها را فاقد نشت فرض کرد. این فرض تنها به صورت یک افزایش احتمال بدون نشت بودن مورد استفاده قرار می‌گیرد و مستقیماً هیچ گره‌ای از دامنه جستجو حذف نمی‌شود.

- **ورودی‌های مدل (داده‌ها):**

در ورودی مدل ابتدا بایستی مشخصات شبکه نظیر تعداد و شماره گره‌ها، طول و قطر لوله‌ها، پارامترهای هیدرولیکی نظیر

- **الگوریتم شناسایی نشت:**

گام اول: تولید داده‌های مشاهداتی؛ از کاربر خواسته می‌شود که تعدادی گره فرضی نشت‌دار و میزان نشت را مشخص کند. نشت: L و تعداد گره‌ها: N ؛ که از این مقادیر مقدار h_f مشاهداتی بدست خواهد آمد.

توضیح: یعنی برای راستی آزمایی کد ارایه شده، فرض می‌شود

وجود خواهد داشت.

الف: ایجاد تمام حالت‌های ممکن برای نشت گره‌ها (۱۲^{۱۲} حالت).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

منظور از سطرهاى بالا مانند سطر یک یعنی از هر کدام از گره‌ها بطور مساوی ۲ لیتر نشت وجود دارد. سطر ۲ یعنی در کل ۱۲ بار گره ۱ تکرار شده، به میزان هر بار ۲ لیتر که مجموع آن ۲۴ لیتر می‌شود. خط ۳ یعنی ۲۲ لیتر گره ۱ و ۲ لیتر برای گره ۲ (عدد ۲

نتایج و بحث

نشت‌یابی در شبکه (کد ارائه شده Matlab):

کد ارائه شده در برنامه Matlab، براساس دو حالت فرضی با احتساب نشت در گره‌های مشخص شبکه اجرا شد. در شبیه‌سازی با فرض بر بارگذاری ورودی‌های مساله، یک کد تعریف شد. پارامترهای ورودی برای شبکه مفروض در مساله با ۱۲ گره در زیر آمده است:

$$V = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 \end{bmatrix} \quad Q = \begin{bmatrix} 360 & 90 & 60 & 30 \\ 240 & 90 & 60 & 30 \\ 120 & 90 & 60 & 30 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 500 & 300 & 250 & 200 \\ 400 & 300 & 250 & 200 \\ 300 & 300 & 250 & 200 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} 150 & 100 & 100 & 100 \\ 200 & 100 & 100 & 100 \\ 200 & 100 & 100 & 100 \end{bmatrix}$$

با در نظر گرفتن نشت ممکن، برای ۲ حالت اول در شبکه و با فرض اینکه در داده‌های مشاهداتی برای حالت اول کل نشت (۲۴ لیتر) در گره ۱ باشد و در حالت دوم برای گره ۱، ۲۲ لیتر نشت و گره ۲، ۲ لیتر باشد و همچنین با استفاده از رابطه اثبات شده افت فشار با میزان نشت و انتخاب تابع هدف کمینه بر مبنای مجموع مربعات خطا در هر دو حالت شبیه‌سازی، نتایج مدل با کمترین مربعات خطا اجرا و تعیین گره‌های دارای نشت توسط برنامه به درستی انجام شد. نتایج نشان داد که در هر بار تکرار، یک گره، کمینه تغییرات فشار بیشتری در تابع بهینه‌یابی از خود نشان می‌دهد که آن همان

معرف اینست که ۱ بار و به میزان ۲ لیتر از گره ۲ نشت وجود داشته است) و همین‌طور خط ۴ که باز ۲۲ لیتر گره ۱ و ۲ لیتر گره ۳ و به همین شکل (۱۲ در ۱۲ حالت) ادامه دارد. بعضی از سطور در محاسبات جزء تکرارها می‌شود که پیشامدی طبیعی است. پ: چک کردن تک تک حالات و بدست آوردن h_f (بر پایه هیزن- ویلیامز) در هر حالت و مقایسه با h_f مشاهداتی.

گام سوم: تعیین تابع هدف برای بهینه‌یابی، که h_f را بر مبنای حداقل مربعات خطا برای حالت پ محاسبه نماید.

$$F(x) = \sum_{i=1}^n (h_{obs} - h_{sim})^2 = 0 \quad (2)$$

گام چهارم: مشخص کردن گره‌های نشت‌دار (مکان‌یابی نشت) و مقدار نشت با استفاده از تابع بهینه در گام ۳. سپس با تکرار حالات موجود مشخص می‌شود که هر گره آیا نشت داشته و اگر داشته مقدار آن برابر چه ارزشی است.

نقطه مورد نظر است. در گره دارای نشت بیشتر، افت فشار بیشتر است و هرچه از گره دارای نشت دور شویم، مقدار افت فشار کاهش می‌یابد. بنابراین هرچه فشار ثانویه در گره (بعد از نشت) کاهش یابد، افت فشار افزایش یافته و بدان معناست که نشت در گره و اطراف آن افزایش چشمگیری دارد. از جمله خطاها در جواب‌های خروجی می‌تواند عدم فرض انشعابات غیرمجاز در منطقه مورد مطالعه باشد؛ لذا ضروری است که پیش از مدل کردن تاحد ممکن این انشعابات شناسایی گردند. نظیر این مشکل در مطالعات نصیریان (۱۳۹۲)، در شبکه گلبهار بود که بعدها مشخص شد منطقه‌ای که دارای بیشترین افت فشار متناسب با دبی اضافی در گره‌ها بوده، طبق آمار امور آبفا، دارای بیشترین انشعابات غیرمجاز در کل شبکه بوده است.

خطاهای قرائت، یکسان نبودن شیب و موقعیت کارگذاری در مورد فشارسنج‌ها و حساسیت بالای بعضی از این فشارسنج‌ها (موارد شیر نیمه باز و ...)، می‌تواند بر تحلیل‌ها اثرگذار باشد. از سویی بهترین روش که تاکنون ارائه شده و هنوز بر روی روش‌های نظری آن کار می‌شود، بهینه‌یابی شبکه براساس اصل معادلات تجربی هیدرولیکی و رابطه افت فشار با دبی خروجی از هر گره می‌باشد. نمونه‌ای از خروجی و نتایج ارائه شده در مدل Matlab، پس از اجرای برنامه با داده‌های ورودی حالت اول آمده است.

Leakage Nod: 1

Leakage Rate: 24

Simulation 1:

در این نتایج، HFO معادل افت فشار مشاهداتی و HF معادل افت فشار شبیه‌سازی شده در مدل می‌باشد. صفر شدن خطا در گره ۱۲ بدان معناست که مدل توانسته پس از تکرارهای متوالی، مدل‌سازی درستی از تعیین نشت در گره مذکور ارائه دهد.

HF= 1.0e-0.8
HFO= 1.0e-0.8
SSE=0
B=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1]

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مشخص شد که رابطه اختلاف فشار در گره‌ها، قبل و بعد از نشت می‌تواند پارامتر موثری برای تعیین نشت در گره‌ها باشد. روش بهینه‌یابی با تابع هدف مشخص و کمینه کردن اختلافات فشار شبیه‌سازی شده با فشار مشاهداتی در عمل روشی موفق برای شناسایی نشت در گره‌ها می‌باشد.

از جمله اشکالات نشت‌یابی می‌توان به این نکته توجه نمود که عمدتاً در هر مدل‌سازی دبی‌های مربوط به نشت‌های بزرگ تشخیص داده شده و نشت‌های جزئی به حساب نمی‌آیند. از طرفی الگوی دقیق مصرف در ناحیه (زون) مورد بررسی به دلیل انشعابات غیرمجاز ناشناخته است. در بعضی از موقعیت‌ها در شبکه افت موضعی حاصل از یک شیر نیمه باز حتی می‌تواند بیش از یک لوله طولی، افت فشار ایجاد کند.

از طرفی با فرضیات نشت‌های جزئی و اتصالات، رابطه فشار-نشت همیشه مقداری مستقیم و یک به یک نداشته و بارها اتفاق افتاده که در گره‌ای از شبکه، با توجه به دوبرابر شدن نشت، اختلاف فشار اندکی بین محاسباتی و مشاهداتی گزارش شود. در نتیجه حساسیت فشار در شبکه مرتبط با نشت خیلی زیاد نیست. زبری لوله‌ها که در تمامی مدل‌های شبکه ثابت فرض می‌شود، در حقیقت مقداری تغییر به علت قدمت شبکه، انشعابات و... دارد. روش‌های مبتنی بر تحلیل شبکه در حالت

گذرا نیز در مقایسه با حالت دائمی، حساسیت کمتری نسبت به ضریب زبری لوله‌ها دارند.

بررسی روش انتخاب شده در مدل مفروض، نشان داد که روش قادر به شناسایی نشت بر اساس واسنجی می‌باشد؛ ولی همچنان بر ضرورت تحقیقات بیشتر در این زمینه تأکید می‌شود. مدل‌هایی که در نرم افزارها بر مبنای بهینه‌یابی عمل می‌کنند، نظیر ایپانت، در صورت تأیید مدل، می‌توانند در شناسایی نشت بر مبنای معادلات تجربی مفید باشند و از حجم عملیات بکاهند. هنوز روش‌های تکمیلی و تلفیقی و علی‌الخصوص احتساب نشت‌های ریز و جزئی در محاسبات جای تحقیق بیشتر و تکمیل اطلاعات را دارد. باید دقت روش‌ها بجایی رسد که هر چه دقیق‌تر موقعیت نشت را شناسایی کرده تا با هزینه‌ای بسیار اندک بتوانند نشت‌های شبکه را شناسایی و کنترل نمایند. از این رو پیشنهاداتی به منظور مطالعات تکمیلی در این مورد ارائه می‌گردد:

- اجرای روش در صورت داشتن اطلاعات جامع، بر روی شبکه‌های واقعی.
- تحقیق در زمینه روش‌هایی برای تعیین هر چه دقیق‌تر مصارف پایه آب در شبکه.
- همچنین حتماً قبل از بررسی و مدل‌سازی نشت شبکه، بایستی سعی شود تا مناطقی با احتمال تعداد انشعابات غیرمجاز شناسایی و در مطالعه در دسته خاص خود قرار گیرد.

پی‌نوشت

- 1- Water Conservation
- 2- Leakage Index
- 3- Average Zone Night Pressure

منابع

- شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از تحلیل حوادث. نشریه دانشکده فنی، ۴۰(۵):۵۹۸-۶۱۰.
- فاضل، ب. و فغفور مغربی، م. ۱۳۸۸. نشت‌یابی شبکه‌های آبرسانی شهری با اندازه‌گیری میدانی فشارهای گره‌ای (مطالعه موردی شهر گلبهار). هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تهران.
- نشریه شماره ۳۰۸-الف. ۱۳۸۶. دستورالعمل شناخت و نحوه مطالعه عوامل در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن. تهران: انتشارات سازمان برنامه و بودجه.
- نصیریان، ع. ۱۳۹۲. کاربرد روش‌های مبتنی بر نشت‌یابی در شبکه‌های توزیع آب شهری. پایان نامه دکترا، گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد.

تابش، م. ۱۳۷۸. مبانی تئوریک نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری. نشریه آب و محیط زیست، ۱۰:۱۶-۳۷.

تابش، م. و کریمی، ک. ۱۳۸۵. تعیین زمان نشت‌یابی و نوسازی

- a real water distribution network. J. of Water Resources Planning and Management, ASCE, 137(1): 134-142.
- Vitkovsky J.P., Simpson A.R., Lambert F.M., 2000. Leak detection & calibration using transients & Genetic Algorithms. J. Water Resources Planning & Management, ASCE, 126(4): 262-265.
- Walski T.M. 2000. Model calibration data: the good , the bad, and the useless. J. of the American Water Works Association, 92(1): 94-99.
- Wu, Z.T., and Simpson, A.R. 2001. Competent genetic-evolutionary optimization of water distribution systems. J. Computing in civil Eng, ASCE, 15(2): 89-101.
- Almandoz J., Cabrera E., Arregui F., Cabrera E. J., and Cobacho R. 2005. Leakage assessment through water distribution network simulation. Journal of Water Resources Planning and Management, 131(6): 458-466.
- Covas D., and Ramos H. 2010. Case studies of leak detection and location in water pipe systems by inverse transient analysis. Journal of Water Resources Planning and Management, 136(2): 248-257.
- Martinez A., Samaille F., Chantant M., Hatcheressian J.C., 2007. Water leak detection & Recovery Tore Supra. J. Fusion Engineering & Design, 82: 1989-1995.
- Nicolini M., Giacomello C., and Deb K. 2011. Calibration and optimal leakage management for

The Basic equations used in the SWAP model and practical guide of model

Kh. Barati^{1*}, H. Taheri-Sodejani², M. Shayannejad³

1,2- PhD student of Irrigation and Drainage, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran. 3- Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran.

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

Received: 12-5-2015

Accepted: 21-8-2015

معادلات اساسی بکار گرفته شده در مدل SWAP و راهنمای کاربردی مدل

خدیدجه براتی^{۱*}، هاجر طاهری سودجانی^۲، محمد شایان نژاد^۳

۱ و ۲ - دانشجوی دکتری رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳ - دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

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

تاریخ دریافت: ۹۴/۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳۰

Abstract

Nowadays, it's very usual to use these models in almost all sciences. use of these models has provided quick, appropriate and economic answers to many questions. Modeling is developing in different fields of agriculture, including irrigation and drainage. Field tests are useful to determine and analyze the different irrigation management but there are significant limitations. The most important limitation is the validity of the experiment that is limited by the physical conditions of the area where the experiment performs there. One of the models that is used in agricultural science is the SWAP model that is a model for simulating of soil, water, atmosphere and plant. This model is able to analyze interactions between water movement, growth of plant and transfer of solutions, prediction of yield under different regimes of water and salt, long-term simulation and irrigation scheduling. Although SWAP model is able to simulate relations between soil, water, atmosphere and plant under different management field conditions completely but it has limitations too. One of these limitations is many numbers of input data. So far many researches have been done using this model but by searching on the scientific articles, there is no complete source that offers the basic equations used in the model and also the practical guide is not available. In this article, according to the model guide, the equations that used for model calculations, has been described. Also a useful and practical guide for users who want to use this model has been presented.

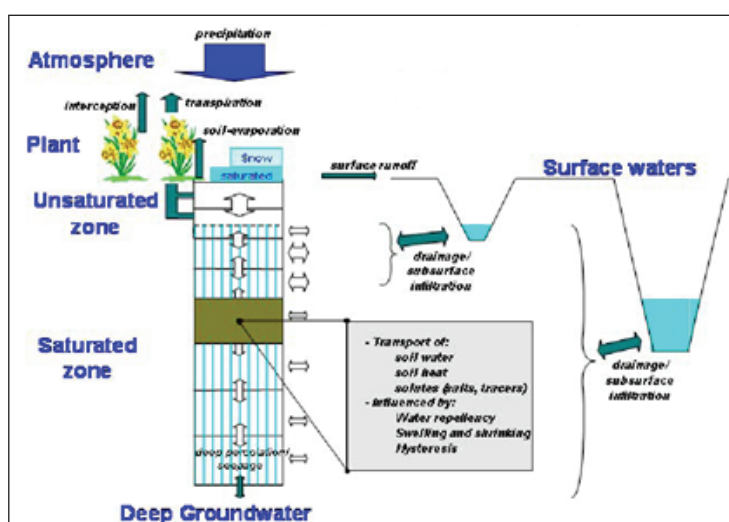
Keywords: SWAP model, Simulations, Basic equations, practical guide

چکیده

امروزه استفاده از مدل تقریباً در تمامی علوم، کاری متعارف می‌باشد. استفاده از مدل‌ها، زمینه لازم را برای پاسخ‌های سریع، مطلوب و اقتصادی به بسیاری از سؤالات فراهم آورده است. در علوم مختلف کشاورزی از جمله آبیاری و زهکشی نیز مدل‌سازی در حال توسعه می‌باشد. آزمایش‌های صحرایی برای تعیین و تحلیل مدیریت‌های مختلف آبیاری مفید هستند اما محدودیت‌های قابل توجهی نیز دارند. مهم‌ترین محدودیت این است که اعتبار آزمایش‌ها با شرایط فیزیکی منطقه‌ای که آزمایش در آن انجام می‌شود محدود می‌گردد. یکی از مدل‌هایی که در علوم کشاورزی از آن استفاده می‌شود مدل SWAP است که یک مدل شبیه‌سازی خاک، آب، اتمسفر و گیاه می‌باشد. این مدل قابلیت تحلیل اثرات متقابل میان حرکت آب، رشد گیاه و انتقال مواد محلول، پیش‌بینی عملکرد تحت رژیم‌های مختلف آب و شوری، شبیه‌سازی درازمدت و برنامه‌ریزی آبیاری را داراست. اگرچه مدل SWAP توانایی شبیه‌سازی همه جانبه روابط بین خاک، آب، اتمسفر و گیاه را تحت شرایط مختلف مدیریتی مزرعه داراست اما با محدودیت‌هایی نیز روبروست. از جمله محدودیت‌های این مدل، تعداد ورودی‌های زیاد آن است. تاکنون تحقیقات زیادی با استفاده از این مدل صورت گرفته است اما با جستجو در مقالات علمی، هیچ منبع کاملی که معادلات اساسی بکار گرفته شده در مدل و همچنین راهنمای کاربردی آن را ارائه داده باشد وجود ندارد. در این مقاله، با استناد به راهنمای مدل، معادلات بکار گرفته شده در مدل برای انجام محاسبات، شرح داده شده است. همچنین راهنمای کاربردی برای کاربرانی که قصد استفاده از این مدل را دارند ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: مدل SWAP، شبیه‌سازی، معادلات اساسی، راهنمای کاربردی.

این مدل برای شبیه‌سازی رشد محصول از مدل گیاهی WO-6.0 FOST استفاده شده است که شبیه‌سازی فتوسنتز و رشد گیاه را با جزئیات کامل در نظر می‌گیرد (Kroes و Van Dam, ۲۰۰۳). دقت مدل SWAP به تعداد ورودی‌های اندازه‌گیری شده در مزرعه آزمایشی و دقت اندازه‌گیری آن‌ها بستگی دارد. اگرچه مدل SWAP توانایی شبیه‌سازی همه جانبه مانند عملکرد محصول، نحوه حرکت آب و املاح در خاک و انتقال حرارت را تحت شرایط مختلف مدیریتی مزرعه دارد اما با محدودیت‌هایی نیز روبروست. از جمله محدودیت‌های مدل، تعداد ورودی‌های زیاد آن است (شهیدی، ۱۳۸۷). از دیگر محدودیت‌های این مدل، یک بعدی بودن آن است. به عبارت دیگر، انتقال آب، املاح و گرما را صرفاً در جهت عمودی شبیه‌سازی می‌کند (Kroes و Van Dam, ۲۰۰۳). مدل SWAP شامل یک برنامه اصلی و پنج زیر مدل است که خروجی هر زیر مدل در واقع یکی از ورودی‌های مدل اصلی است. زیر مدل‌های مذکور عبارتند از: هواشناسی، آبیاری، گیاه، خاک، انتقال آب، انتقال محلول و انتقال گرما (Huygen و همکاران، ۲۰۰۰). نمایی از سیستم مدل شده در SWAP در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- نمایی از سیستم مدل شده در SWAP

داد که مدل SWAP مقدار رطوبت خاک را بیشتر از مقدار واقعی آن گزارش می‌کند (Van Vosselen و همکاران، ۲۰۰۵). مقایسه عملکرد سه مدل SWAP، Cropsyst و MACRO در خاک تحت کشت ذرت در شمال ایتالیا نشان داد مدل SWAP عملکرد بهتری نسبت به دو مدل دیگر، بخصوص در شبیه‌سازی نفوذ سطحی و روند خشک شدن خاک دارد. پس از مدل SWAP، به ترتیب مدل‌های Cropsyst و MACRO عملکرد بهتری از خود نشان دادند (Bonfante و همکاران، ۲۰۱۰). Ma و همکاران (۲۰۱۱) برای ارزیابی چرخه آب در مزرعه تحت

امروزه مدل‌های شبیه‌سازی معتبری در علوم مختلف کشاورزی از جمله آبیاری و زهکشی توسعه یافته‌اند. یکی از این مدل‌ها مدل SWAP^۱ می‌باشد که یک مدل شبیه‌سازی خاک، آب، اتمسفر و گیاه بوده، یک بعدی و هیدرولوژیکی است. مدل SWAP نسخه اصلاح شده‌ای از مدل‌های SWATRE، SWACROP و SWATRE است. موارد اصلی استفاده از مدل SWAP، شبیه‌سازی عملکرد محصول و نحوه حرکت آب و املاح در پروفیل خاک، تحت شرایط اقلیمی و مدیریت‌های آبیاری متفاوت است. این مدل همچنین قادر است تغییرات شوری در پروفیل خاک را در طولانی مدت پیش‌بینی نموده و مشخص نماید که اگر خاکی با آب شور آبیاری شود بعد از چه مدت و به چه میزان نیاز به آبخشویی خواهد داشت (شهیدی، ۱۳۸۷). از جمله ویژگی‌های این مدل، استفاده از روابط و معادلات متعدد و تفصیلی جهت محاسبه پارامترهای مختلف و ارتباطات موجود بین این پارامترهاست که سبب افزایش دقت محاسبات صورت گرفته توسط مدل و به تبع آن، نتایج ارائه شده توسط مدل می‌گردد. به عنوان مثال، در

بررسی منابع

Marinov و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی از مدل SWAP برای شبیه‌سازی جریان آب و انتقال نیترژن در خاک یک قطعه آزمایشی استفاده کردند. با توجه به مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده، مشخص شد که مدل SWAP توانایی لازم برای شبیه‌سازی حرکت آب و نیترژن در محیط خاک را دارد. نتایج حاصل از تحقیقی در بلژیک که در آن، میزان آب مصرفی گیاه موز با استفاده از مدل SWAP شبیه‌سازی شده بود نشان

رژیم کم‌آبیاری، از مدل SWAP استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد مدل SWAP می‌تواند به عنوان یک ابزار قدرتمند برای شبیه‌سازی چرخه آب در مزرعه و ارزیابی شیوه‌های مختلف مدیریت آبیاری مزرعه استفاده شود.

در تحقیقی کاربرد مدل‌های Drainmod و SWAP برای طراحی بهینه شبکه‌های زهکشی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، مدل Drainmod مقدار آب زهکشی شده را کمتر از مقدار واقعی و مدل SWAP بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند (Samipour و همکاران، ۲۰۱۱).

مقایسه مدل‌های آگروهیدرولوژیکی SWAP و FAO برای برنامه‌ریزی آبیاری درخت انگور نشان داد که هر دو مدل به‌طور رضایت‌بخشی مقدار آب خاک را شبیه‌سازی می‌کنند و رفتار مشابهی را نشان می‌دهند (Rallo و همکاران، ۲۰۱۲).

ارزیابی مدل‌های Hydrus-1D و SWAP از نظر شبیه‌سازی حرکت آب و املاح در خاک نشان داد که هر دو مدل، برآورد قابل قبولی از میزان رطوبت خاک را ارائه می‌دهند. هر دو مدل میزان رطوبت خاک را بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده نشان می‌دهند؛ اما مدل Hydrus-1D نتایج بهتری نسبت به مدل SWAP نشان می‌دهد. همچنین مدل SWAP میزان شوری را بسیار بهتر از مدل Hydrus-1D برآورد می‌کند (Moghabeli Damaneh و همکاران، ۲۰۱۳).

Kumar و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی پویایی نمک در منطقه ریشه و مقدار محصول واریته‌های مقاوم و غیرمقاوم به شوری در گیاه گندم را تحت رژیم آبیاری با آب شور با استفاده از مدل SWAP شبیه‌سازی کردند. بر اساس نتایج این تحقیق، مدل SWAP می‌تواند برای شبیه‌سازی پویایی نمک در منطقه ریشه و همچنین محصول گندم تحت رژیم‌های آبیاری با آب شور، با دقت قابل قبول مورد استفاده قرار گیرد. نتایج همچنین نشان دادند که مدل SWAP برای پیش‌بینی عملکرد نسبی واریته‌های مقاوم در برابر شوری در مقایسه با واریته‌های غیرمقاوم، عملکرد بهتری داشته است.

شبیه‌سازی انتقال آب، املاح و عملکرد نسبی گندم طی دو سال زراعی با استفاده از مدل SWAP نشان داد که مدل SWAP با وجود متغیرهای متعدد در شرایط مزرعه‌ای، مقدار رطوبت، شوری خاک و عملکرد نسبی گندم را به‌خوبی شبیه‌سازی می‌کند (کیانی، ۱۳۸۶). در تحقیقی تأثیر مدیریت آبیاری با آب شور بر رطوبت خاک در منطقه رودشت اصفهان با استفاده از مدل SWAP مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد هر چند آزمون صحت‌یابی مدل SWAP با چهار شاخص آماری مؤید آن است، که این مدل در مناطق خشک قابل استفاده است، اما این مدل، میزان رطوبت خاک را با دقت قابل قبولی شبیه‌سازی نمی‌کند (منصوری و همکاران، ۱۳۸۶).

بررسی توانایی مدل SWAP در برآورد عملکرد گندم تحت کیفیت‌ها و کمیت‌های مختلف آب آبیاری نشان داد که توانایی این مدل در شبیه‌سازی عملکرد گندم در سطوح مختلف آبیاری و شوری در مقایسه با نتایج میدانی قابل قبول است. نتایج این مطالعه نشان داد که می‌توان از مدل SWAP برای پیش‌بینی اثرات اعمال تنش آبی و شوری در کشت گندم استفاده کرد (شهیدی و همکاران، ۱۳۸۸).

نتایج حاصل از شبیه‌سازی رطوبت نیمرخ خاک در سه مزرعه گندم با استفاده از مدل SWAP نشان داد که بر اساس شاخص‌های آماری، مدل SWAP می‌تواند رطوبت را در نیمرخ خاک در اعماق و زمان‌های مختلف به خوبی شبیه‌سازی کند (دهقان و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج پژوهشی که به منظور شبیه‌سازی عملکرد محصولات مختلف در شرایط شوری آب آبیاری با استفاده از مدل SWAP صورت گرفته بود، نشان داد که مدل SWAP با واسنجی دقیق و کامل، در تخمین انتقال آب و املاح خاک و نیز عملکرد محصول در شرایط شوری خاک از دقت خوبی برخوردار است (وردی نژاد و همکاران، ۱۳۸۹).

به منظور ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی، در تحقیقی از مدل شبیه‌سازی شرایط غیرماندگار زهکشی SWAP استفاده شد. نتایج نشان داد مقادیر شبیه‌سازی شده شدت تخلیه زهکش و سطح ایستابی تطابق خوبی با مقادیر اندازه‌گیری شده دارند. مدل SWAP همچنین توانست با دقت قابل قبولی شوری خاک و زه آب خروجی از زهکش را شبیه‌سازی نماید (وردی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

نتایج حاصل از شبیه‌سازی رطوبت و غلظت شوری در خاک با استفاده از مدل SWAP حاکی از آن بود که بر اساس شاخص‌های آماری، مدل SWAP در پیش‌بینی حرکت آب و شوری از کارایی بالایی برخوردار است و می‌تواند در مدیریت آبیاری مورد استفاده قرار گیرد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

بررسی امکان بهبود برآورد عملکرد محصول در مدل SWAP با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نشان داد با به‌روزرسانی شاخص سطح برگ ماهواره‌ای، می‌توان خطاهای داده‌های ورودی مدل و عدم قطعیت موجود در آن‌ها را به میزان زیادی کاهش داد و با دقت مطلوبی عملکرد را در سطح وسیع و با تفکیک مزرعه به مزرعه برآورد کرد (بادیه‌نشین و همکاران، ۱۳۹۳). شفيعی و همکاران (۱۳۹۳) روش عمومی عدم قطعیت تشابهات^۲ را برای واسنجی و تحلیل عدم قطعیت پارامترهای هیدرولیکی خاک در مدل آگروهیدرولوژی SWAP نسبت به داده‌های رطوبت اندازه‌گیری شده در یک مزرعه تحت کشت ذرت واقع در دشت قیام در استان اصفهان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد از بین شش پارامتر هیدرولیکی خاک در مدل ونگنوختن-معلم،

پارامترهای θ_r و K_s در روند واسنجی از قابلیت تشخیص کمتری برخوردار بوده و بیشترین نقش را در عدم قطعیت رطوبت شبیه سازی شده داشتند. همچنین، نتایج نشان داد که نمی توان پارامترهای هیدرولیکی خاک در رابطه ونگنوختن -معلم را که ماهیت برازشی دارند در فرآیند واسنجی ثابت فرض کرد. بررسی عدم قطعیت رطوبت شبیه سازی شده نشان داد که روش عدم قطعیت تشابهات به خوبی توانست تغییرات رطوبت را در

شرح معادلات اساسی بکار گرفته شده در مدل SWAP

۱- جریان عمومی آب در محیط های اشباع و غیر اشباع

بخش مرکزی مدل SWAP براساس جریان عمومی آب در محیط های اشباع و غیر اشباع است که با معادله ریچاردز تشریح می شود. معادله ریچاردز که از ترکیب معادلات دارسی و پیوستگی بدست آمده است بصورت رابطه ی (۱) تعریف می شود:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right]}{\partial z} - S_a(h) \quad (1)$$

θ : رطوبت حجمی خاک (سانتی متر مکعب بر سانتی متر مکعب)،
 t : زمان (روز)، h : پتانسیل ماتریک خاک (سانتی متر)، Z : فاصله عمودی از سطح خاک (سانتی متر)، K : هدایت هیدرولیکی به عنوان تابعی از پتانسیل ماتریک خاک (سانتی متر در روز)، $S_a(h)$: بیانگر جذب آب توسط ریشه گیاه (عکس روز) است که با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می گردد:

$$S_a(h) = \alpha_{rw} \alpha_{rs} \frac{T_p}{D_{root}} \quad (2)$$

T_{pot} : تعرق پتانسیل (سانتی متر در روز)، T_{pot} : تعرق پتانسیل (سانتی متر در روز)، D_{root} : عمق ریشه (سانتی متر)، α_{rw} : فاکتور کاهش دهنده جذب آب توسط ریشه در اثر کاهش رطوبت خاک، α_{rs} : فاکتور کاهش دهنده جذب آب توسط ریشه در اثر افزایش شوری

مدل SWAP معادله ریچاردز را به صورت عددی برای شرایط اولیه و شرایط مرزی خاص و همچنین رابطه های معلوم بین θ ، h و K را حل می کند (Van Dam و Kroes، ۲۰۰۳).

۲- توابع هیدرولیکی خاک

بطور کلی رابطه های بین مقدار آب خاک (θ)، پتانسیل فشاری (h) و هدایت هیدرولیکی (K) در تابع نگهداشت $\theta(h)$ و تابع هدایت هیدرولیکی غیر اشباع $K(\theta)$ خلاصه می شود. لازم است این توابع هیدرولیکی خاک برای هر لایه خاک بدست آورده شود. تابع تحلیلی که توسط ونگنوختن (۱۹۸۰) پیشنهاد شد به

نیمرخ خاک در طول دوره رشد محصول واسنجی کند؛ به طوری که اغلب داده های اندازه گیری شده در محدوده اطمینان ۹۵ درصد قرار گرفتند.

نتایج شبیه سازی شده توسط مدل SWAP تحت شرایط آبیاری با آب شور نشان داد که اعمال تیمارهای کم آبی و شوری باعث کاهش دقت مدل در پیش بینی رطوبت در مراحل زمانی مختلف پس از کاشت می گردد (شهیدی و همکاران، ۱۳۹۳).

صورت رابطه (۳) تعریف می شود (Kroes و Van Dam، ۲۰۰۳):

$$\theta = \theta_{res} + \frac{\theta_{sat} - \theta_{res}}{(1 + |\alpha h|^n)^m} \quad (3)$$

θ_{sat} : مقدار رطوبت اشباع (سانتی متر مکعب بر سانتی متر مکعب)، θ_{res} : مقدار آب باقیمانده در حالت بسیار خشک (سانتی متر مکعب بر سانتی متر مکعب)

α ، n و m فاکتورهای تجربی شکل می باشند. m را می توان از رابطه $m = 1 - \frac{1}{n}$ بدست آورد.

با استفاده از تابع تحلیلی ونگنوختن و بکارگیری هدایت هیدرولیکی غیر اشباع معادله معلم (۱۹۷۶)، رابطه (۴) بدست می آید:

$$K = K_{sat} S_e^\lambda \left[1 - \left(1 - S_e^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2 \quad (4)$$

K_{sat} : هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی متر در روز)، λ : یک پارامتر شکل است و وابسته به $\frac{\partial K}{\partial h}$ می باشد و S_e : به صورت رابطه (۵) تعریف می شود:

$$S_e = \frac{\theta - \theta_{res}}{\theta_{sat} - \theta_{res}} \quad (5)$$

۳- شرایط مرزی فوقانی

شرایط محدوده فوقانی در مدل SWAP توسط میزان تبخیر و تعرق پتانسیل، آبیاری و بارندگی تعیین می شود. ET_p توسط معادله پنمن- مونتیث برآورد می شود. تحت شرایط مزرعه که محصولات نسبتاً خاک را می پوشانند، ET_p به دو بخش تبخیر پتانسیل خاک E_p و تعرق پتانسیل T_p تقسیم می شود. این تقسیم با استفاده از شاخص سطح برگ به عنوان عاملی در مرحله توسعه گیاه به دست می آید (Van Dam و Kroes، ۲۰۰۳):

$$E_p = ET_{pe}^{-K_{gr} LAI} \quad (6)$$

K_{gr} : ضریب نابودی تشعشع و برابر ۰/۳۹ برای گیاهان متعارف و LAI : شاخص سطح برگ می باشد.

SWAP برای تخمین میزان تعرق پتانسیل از رابطه (۷) استفاده می کند:

$$T_P = \left[1 - \frac{P_i}{ET_{Po}} \right] ET_P - E_P \quad (V)$$

P_i : میزان برگاب (سانتی‌متر)،

ET_{Po} : تبخیر و تعرق پتانسیل که می‌تواند با معادله پنمن-مونتیث با فرض مقاومت صفر گیاه محاسبه شود (میلی‌متر در روز).

۴- شرایط مرزی کف (بستر)

SWAP هشت گزینه را برای تعیین شرایط مرزی کف در اختیار کاربر قرار می‌دهد: ۱- سطح آب زیرزمینی تابعی از زمان باشد ۲- شدت جریان از کف تابعی از زمان باشد ۳- محاسبه شدت جریان از کف بر اساس مشخصات سفره آب صورت گیرد ۴- شدت جریان از کف به عنوان تابعی نمایی معرفی شود ۵- شدت جریان با توجه به بار هیدرولیکی آب در خاک تابعی از زمان معرفی شود ۶- جریان از کف برابر صفر باشد ۷- جریان زهکشی آزاد از کف با شیب هیدرولیکی برابر یک صورت گیرد ۸- جریان آزاد از منافذ خاک صورت گیرد (Huygen و همکاران، ۲۰۰۰).

۵- عملکرد نسبی محصول

در مدل SWAP با بهره‌گیری از ضرایب عملکرد محصول در دوره‌های مختلف رشد و استفاده از رابطه (۸) عملکرد نسبی محصول تعیین می‌گردد (Kroes و Van Dam، ۲۰۰۳):

$$1 - \frac{Y_{a,k}}{Y_{p,k}} = K_{y,k} \left(1 - \frac{T_{a,k}}{T_{p,k}} \right) \quad (۸)$$

k : مرحله رشد گیاه در طول فصل رشد، $K_{y,k}$: ضریب عملکرد محصول در مرحله K ام از رشد محصول، $Y_{a,k}$: عملکرد واقعی محصول در مرحله K ام از رشد محصول ($kg \cdot ha^{-1}$)، $Y_{p,k}$: عملکرد پتانسیل محصول در مرحله K ام از رشد محصول ($kg \cdot ha^{-1}$)، $T_{a,k}$: تعرق واقعی محصول در مرحله K ام از رشد محصول (cm)، $T_{p,k}$: تعرق پتانسیل محصول در مرحله K ام از رشد محصول (cm) عملکرد نسبی در کل فصل رشد با استفاده از عملکرد نسبی در هر مرحله از رشد از رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \prod_{k=1}^n \left(\frac{T_{a,k}}{T_{p,k}} \right)^{K_{y,k}} \quad (۹)$$

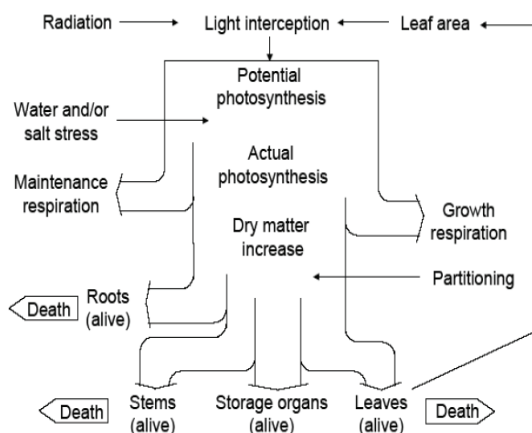
Y_a : عملکرد واقعی محصول در انتهای فصل رشد ($kg \cdot ha^{-1}$)

Y_p : عملکرد پتانسیل محصول در انتهای فصل رشد ($kg \cdot ha^{-1}$)

۶- رشد محصول

SWAP از مدل گیاهی WOFOST 6.0 برای شبیه‌سازی رشد محصول استفاده می‌کند. مدل گیاهی WOFOST، شبیه‌سازی فتوسنتز و رشد گیاه را با جزئیات کامل در نظر می‌گیرد و با

استفاده از آن اثرات تنش‌های خشکی و شوری بر رشد محصول را محاسبه می‌کند. روابط و فرآیندهای موجود در مدل گیاهی WOFOST 6.0 در شکل (۲) نشان داده شده است. انرژی تابشی جذب شده توسط پوشش گیاهی تابعی از تابش ورودی و سطح برگ گیاه می‌باشد. با استفاده از تابش جذب شده و با توجه به ویژگی‌های فتوسنتزی برگ، فتوسنتز پتانسیل ناخالص محاسبه می‌شود که در اثر تنش آبی یا شوری، کاهش می‌یابد. بخشی از کربوهیدرات‌های تولید شده، جهت تأمین انرژی برای نگهداری زیست توده زنده موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد^۲. کربوهیدرات‌های باقیمانده نیز به مواد ساختاری تبدیل می‌شوند. در این تبدیل، مقداری از وزن به عنوان تنفس رشد^۳ کم می‌شود. ماده خشک تولید شده، بین ریشه‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها و اندام ذخیره تقسیم‌بندی می‌شود. این تقسیم‌بندی با استفاده از فاکتورهای تقسیم‌بندی که تابعی از مرحله توسعه فنولوژیکی گیاه هستند، صورت می‌گیرد. در طول مدت توسعه گیاه، بخشی از زیست توده زنده در اثر پیری^۴ از بین می‌رود. برخی از فرآیندهای شبیه‌سازی شده رشد گیاه، مثل نرخ ماکزیم فتوسنتز و تنفس نگهداری، تحت تأثیر دما قرار می‌گیرند. سایر فرآیندها مثل تقسیم‌بندی مواد جذب شده یا زوال بافت گیاهی به‌وسیله مرحله توسعه فنولوژیکی هدایت می‌شوند. در ادامه، بخش‌های مختلف ارائه شده در شکل (۲) شرح داده شده‌اند (Kroes و Van Dam، ۲۰۰۳).



شکل ۲- روابط و فرآیندهای موجود در مدل گیاهی WOFOST 6.0

۶-۱- مرحله فنولوژیکی

رشد و توسعه فنولوژیکی برای گیاهان را می‌توان با دادن ارزش صفر برای جوانه‌زنی، ۱ برای گلدهی و ۲ برای مرحله رسیدن محصول بیان کرد. بنابراین مرحله رشد فنولوژیکی یک محصول در محدوده ۰-۲ قرار می‌گیرد که به‌وسیله طول روز و یا درجه حرارت کنترل می‌شود. در این مدل، قبل از گلدهی هر دو فاکتور می‌توانند فعال باشند؛ اما بعد از گلدهی فقط درجه حرارت بر

روی مقدار سرعت رشد تأثیر خواهد گذاشت. مدل از مجموع درجه حرارت برای تخمین یا تعیین سرعت رشد استفاده می‌کند. درجه حرارت مؤثر با استفاده از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود:

$$T_{eff} = T_{air} - T_{emin} \quad 0 < T_{eff} < T_{emax} - T_{emin} \quad (10)$$

T_{air} : میانگین درجه حرارت ($^{\circ}C$)، T_{emin} و T_{emax} به ترتیب حداقل و حداکثر درجه حرارت مؤثر ($^{\circ}C$).

در مناطق بسیار گرم $T_{emin}=0-3$ و برای نواحی گرمسیر و غیرگرمسیر $T_{emin}=9-14$ می‌باشد. محاسبه مرحله رشد گیاه با استفاده از رابطه (۱۱) انجام می‌گیرد:

$$D_s^{j+1} = D_s^j + \frac{T_{eff}}{T_{sum,i}} \quad (11)$$

ز: شماره روز، $T_{sum,i}$: مجموع درجه حرارت مورد نیاز برای کامل شدن مرحله رویشی یا زایشی.

۲-۶- فلاکس تشعشع پوشش گیاهی

تخمین و اندازه‌گیری روزانه تشعشعات خورشیدی (طول موج ۳۰۰-۳۰۰۰ نانومتر) به عنوان ورودی مدل می‌باشد. فقط ۵۰ درصد از تشعشعات خورشیدی، تشعشعات فعال فتوسنتزی^۶ می‌باشند (طول موج ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر) که معمولاً تشعشع مرئی یا روشن نامیده می‌شود. تشعشعات فعال فتوسنتز لحظه‌ای با استفاده از رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود:

$$PAR = 0.5 R_s \frac{\sin \beta_{sun} (1 + 0.4 \sin \beta_{sun})}{\int \sin \beta_{mod,sun}} \quad (12)$$

R_s : میزان فلاکس تشعشع خورشیدی ($J \ m^{-2} d^{-1}$)، β_{sun} : ارتفاع خورشیدی (درجه)، $\int \sin \beta_{mod,sun}$: انتگرال $\sin \beta_{sun}$ در روز.

پراکنده شدن تشعشع در نتیجه پراکنده شدن تشعشع خورشید به وسیله ابر، گاز و غبار موجود در اتمسفر است که مدل برای تخمین آن از رابطه (۱۳) استفاده می‌کند:

$$PAR_{dif} = 0.5 I_{dif} A_t S_{sun} \sin \beta_{sun} \quad (13)$$

I_{dif} : بخشی از تشعشعات پراکنده شده، A_t : انتقال اتمسفری، S_{sun} : ثابت خورشیدی

به‌وسیله کم کردن تشعشع پراکنده شده از کل تشعشع فعال فتوسنتزی، مقدار تشعشع مستقیم طبق رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود:

$$PAR_{dir} = PAR - PAR_{dif} \quad (14)$$

از کل تشعشع فعال فتوسنتز ورودی، قسمتی به‌وسیله پوشش گیاهی منعکس یا برگشت داده می‌شود. ضریب بازتابش، کسری از جریان تشعشع پایین می‌باشد که به‌وسیله تمام پوشش گیاهی بازتابش می‌شود. ضریب بازتابش از سطح یک برگ سبز، با زاویه برگ محاسبه می‌شود.

۳-۶- سرعت جذب ناخالص روزانه

برای تعیین میزان سرعت جذب CO_2 هر لایه از کانوپی از رابطه

$$A_L = A_{max} \left(1 - e^{-\frac{\phi_{PAR} PAR_{L,a}}{A_{max}}} \right) \quad (15)$$

A_L : سرعت جذب ناخالص CO_2 در عمق L از کانوپی ($kg \ CO_2$ $m^{-2} \ leaf \ d^{-1}$)، A_{max} : سرعت جذب ناخالص برای شرایط اشباع نور ($kg \ CO_2 \ m^{-2} \ leaf \ d^{-1}$)، ϕ_{PAR} : راندمان مصرف نور ($kg \ CO_2 \ J^{-1}$)، $PAR_{L,a}$: (absorbed) PAR: تشعشعات فعال فتوسنتزی در عمق L از کانوپی ($J \ m^{-2} \ leaf \ d^{-1}$)، L : شاخص سطح برگ تجمعی.

مدل در سه زمان انتخاب شده در طول روز، مقدار PAR را فقط در قسمت بالای سایبان محاسبه می‌کند. سپس با استفاده از این مقادیر تابش، جذب در سه عمق انتخاب شده در کانوپی محاسبه می‌شود. با استفاده از ترکیب گوسین این مقادیر، میزان سرعت روزانه جذب ناخالص^۷ پتانسیل بدست می‌آید. از جمله عواملی که ممکن است میزان جذب روزانه را کاهش دهد، ویژگی‌های خاص گیاه، دماهای نامطلوب و تنش آبی می‌باشد. ویژگی‌های گیاه بستگی به مرحله فنولوژیکی دارد. این با مشخص نمودن حداکثر میزان جذب^۸ به عنوان تابعی از مرحله رشد به دست می‌آید.

یک عامل کاهش f_{day} که تابعی از دمای متوسط در طول روز (T_{day}) است و برای دماهای زیر حد مطلوب محاسبه می‌شود، توسط مدل در نظر گرفته می‌شود. T_{day} طبق رابطه (۱۶) محاسبه می‌شود:

$$T_{day} = 0.75 T_{max} + 0.25 T_{min} \quad (16)$$

که T_{min} و T_{max} به ترتیب حداقل و حداکثر دما می‌باشند.

خصوصیات گیاهی و دمای روز منجر به کاهش از A_{max} به A_p^1 gross طبق رابطه (۱۷) می‌شود:

$$A_{pgross}^1 = \max(A_{pgross}, f_{day}, A_{max}) \quad (17)$$

به‌علاوه، دمای پایین در طول شب، جذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تولیدات جذب در طول روز، در شب به مواد آلی ساختاری تبدیل می‌شود. این فرآیند با کاهش دما مختل می‌شود. اگر این دماهای پایین به مدت چند روز ادامه یابد، کل جذب در گیاه و نرخ جذب کاهش پیدا کرده در نهایت متوقف می‌شود. در این مدل، تأثیر این دما با عامل کاهش f_{7min} محاسبه می‌شود که تابعی از حداقل دما طی هفت روز آخر است. از عوامل مهم دیگر که ممکن است جذب را کاهش دهد، تنش آب و یا شوری است. مدل، نسبت تعرق واقعی و پتانسیل (T_a/T_p) را به عنوان ضریب کاهش به کار می‌برد. این کاهش، به دلیل حداقل دمای پایین، تنش آبی و شوری می‌باشد. در نهایت، میزان سرعت جذب ناخالص روزانه با استفاده از رابطه (۱۸) محاسبه می‌گردد:

$$A_{gross} = \frac{30}{44} f_{7min} \frac{T_a}{T_p} A_{pgross}^1 \quad (18)$$

۴-۶- تنفس نگهداری

مقداری از کربوهیدرات‌های تولید شده، برای تهیه انرژی جهت حفظ ساخت‌های گیاهی زنده، اکسید می‌شوند. تنفس نگهداری، ۱۵ تا ۳۰ درصد از کربوهیدرات‌های تولید شده‌ی یک گیاه در فصل رشد را مصرف می‌کند. هزینه‌های این تنفس از پروتئین‌ها، مواد معدنی موجود و از فعالیت متابولیسم گیاه تأمین می‌شود. بر اساس روش بکار گرفته شده در مدل گیاهی WOFOST، مقادیر تنفس نگهداری متناسب با وزن خشک اندام‌های گیاهی می‌باشد. میزان تنفس نگهداری باید برای پیری و دما تصحیح شود. عامل کاهش برای پیری، F_{senes} است که تابعی از مرحله رشد به شمار می‌آید. دماهای بالاتر، میزان هزینه‌های تنفس نگهداری را نیز بالا می‌برد. افزایش 10°C در دما، تنفس نگهداری را با فاکتور حدود ۲ افزایش می‌دهد. در نهایت، طبق رابطه (۱۹)، میزان جذب ناخالص A_{gross} منهای میزان تنفس R_m برابر میزان جذب خالص می‌شود:

$$A_{net} = A_{gross} - R_m \quad A_{net} \geq 0 \quad (19)$$

۵-۶- تقسیم‌بندی مواد خشک و تنفس رشد

افزایش در وزن کلی مواد خشک یک گیاه بین تمام اندام‌های گیاه تقسیم‌بندی می‌شود که عبارتند از: ریشه‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها و اندام‌های ذخیره. در فرآیند تغییر و تبدیل جذب‌های اولیه به مواد معدنی ساختار گیاه، مولکول‌های گلوکز، CO_2 و H_2O آزاد می‌شوند. در SWAP میانگین عوامل تغییر و تبدیل $C_{e,i}$ برای برگ، اندام ذخیره، ساقه و ریشه بکار می‌روند. مقدار ξ_i عامل تقسیم کننده برای ارگان i است.

$$C_e = \frac{1}{\left[\frac{\xi_{leaf}}{C_{e,leaf}} + \frac{\xi_{stor}}{C_{e,stor}} + \frac{\xi_{stem}}{C_{e,stem}} \right] (1 - \xi_{root}) + \frac{\xi_{root}}{C_{e,root}}} \quad (20)$$

میزان رشد ناخالص مواد خشک W_{gross} با میزان جذب خالص ارتباط دارد که به صورت رابطه (۲۱) است:

$$W_{gross} = C_e A_{net} \quad (21)$$

طبق رابطه (۲۲) افزایش ناخالص مواد خشک بین اندام‌های هوایی (برگ‌ها، ساقه‌ها و اندام‌های ذخیره با هم) و ریشه تقسیم می‌شود:

$$W_{gross,root} = \xi_{root} W_{gross}, \quad W_{gross,h} = (1 - \xi_{root}) W_{gross} \quad (22)$$

ξ_{root} : عامل تقسیم کننده برای ریشه، $W_{gross,root}$: میزان رشد ناخالص مواد خشک ریشه‌ها ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$)، $W_{gross,h}$: میزان رشد ناخالص مواد خشک اندام‌های هوایی. این عوامل تقسیم‌کننده، تابعی از مرحله رشد و نوع گیاه می‌باشند.

۶-۶- پیری

میزان از بین رفتن اندام‌های ذخیره، صفر و میزان از بین رفتن

ساقه‌ها و ریشه‌ها تابعی از مرحله رشد در نظر گرفته می‌شود. میزان از بین رفتن برگ‌ها پیچیده‌تر است. پیری برگ به علت تنش آب، سایه و نیز به علت افزایش طول مدت زندگی صورت می‌گیرد. میزان از بین رفتن برگ‌ها به علت تنش آبی بصورت

$$\text{رابطه (۲۳) محاسبه می‌شود:} \quad \xi_{leaf,w} = W_{leaf} \left[1 - \frac{T_a}{T_p} \right] \xi_{leaf,p} \quad (23)$$

W_{leaf} : وزن ماده خشک برگ (kg ha^{-1})

T_a و T_p : به ترتیب، میزان تعرق واقعی و تعرق پتانسیل (cm d^{-1})

$\xi_{leaf,p}$: حداکثر میزان از بین رفتن نسبی برگ‌ها به علت تنش آبی ($\text{kg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$)

میزان از بین رفتن برگ‌ها به علت خود سایه کردن بصورت رابطه (۲۴) محاسبه می‌شود:

$$\xi_{leaf,shade} = 0.03 \cdot W_{leaf} \left[\frac{LAI - LAI_c}{LAI_c} \right] \quad 0 < \left[\frac{LAI - LAI_c}{LAI_c} \right] < 1 \quad (24)$$

LAI_c : شاخص سطح برگ بحرانی است و برابر ۴ (ha ha^{-1}) می‌باشد.

۷-۶- رشد خالص

میزان رشد خالص اندام‌های گیاه ($\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) $W_{net,i}$ طبق رابطه (۲۵) از میزان رشد ناخالص و میزان پیری ξ_j بدست می‌آید:

$$W_{net,i} = W_{gross,i} - \xi_i W_i \quad (25)$$

با انتگرال‌گیری $W_{net,i}$ در طول زمان، وزن ماده خشک اندام i (kg ha^{-1}) W_i محاسبه می‌شود. یک استثناء برای رشد برگ‌ها وجود دارد. در مرحله اولیه، میزان ظهور برگ و اندازه برگ بوسیله دما از طریق تأثیر آن بر تقسیم و تکثیر سلول تکمیل می‌شود. برای محدوده وسیع دمایی، میزان رشد کم و بیش نسبت به دما واکنش خطی نشان می‌دهد. میزان رشد شاخص برگ W_{LAI} ($\text{ha ha}^{-1} \text{d}^{-1}$)، در مرحله به اصطلاح نمایی به صورت رابطه (۲۶) می‌باشد:

$$W_{LAI} = LAI W_{LAI,max} T_{eff} \quad (26)$$

$W_{LAI,max}$: حداکثر افزایش نسبی شاخص سطح برگ ($^{\circ}\text{C}^{-1} \text{d}^{-1}$)
WOFOST فرض می‌کند که میزان رشد نمایی شاخص سطح برگ ادامه پیدا خواهد کرد تا شاخص سطح برگ مساوی ۱ شود. از این مرحله رشد به بعد، W_{LAI} بصورت رابطه (۲۷) محاسبه می‌گردد:

$$W_{LAI} = W_{net,leaf} S_{la} \quad (27)$$

S_{la} : سطح برگ ویژه (kg ha^{-1})

قسمت‌های سبز ساقه‌ها و اندام‌های ذخیره، ممکن است یک مقدار از تابش را جذب کنند. بنابراین شاخص سطح سبز GAI_i (ha ha^{-1}) باید به شاخص سطح برگ اضافه شود. شاخص سطح

سبز ساقه‌ها و اندام‌های ذخیره، طبق رابطه (۲۸) از وزن مواد خشک آن اندام‌ها محاسبه می‌شود:

$$GAI_i = S_{ga,i} W_i \quad (28)$$

$S_{ga,i}$: سطح سبز ویژه ساقه‌ها و یا اندام‌های ذخیره (ha kg^{-1})

۸-۶- رشد ریشه

رشد ریشه به صورت مستقیم به سمت جلو محاسبه می‌شود.

تعیین عمق اولیه ریشه و حداکثر عمق ریشه ($d_{\text{root,max}}$ (cm) مورد نیاز می‌باشد. افزایش روزانه در عمق ریشه با حداکثر روزانه برابر است مگر آنکه به حداکثر عمق ریشه برسد یا هیچ جذبی برای رشد ریشه در دسترس نباشد:

$$D_{\text{root}}^{j+1} = D_{\text{root}}^j + d_{\text{root,max}} \quad D_{\text{root}}^{j+1} \leq d_{\text{root,max}}, \quad W_{\text{net,root}} \geq 0 \quad (29)$$

$D_{\text{root},j}$: عمق ریشه بر حسب سانتی‌متر در روز j

راهنمای کاربردی مدل SWAP

نمایش صفحه اصلی نرم افزار SWAP به همراه نوار ابزار و گزینه ورودی در شکل (۳) نشان داده شده است. اسامی فایل‌های ورودی مورد نیاز و انتخابی مدل نیز در جدول (۱) ارائه شده است (Huygen و همکاران، ۲۰۰۰).



شکل ۳- نمایش صفحه اصلی نرم‌افزار SWAP

به همراه نوار ابزار و گزینه ورودی

جدول ۱- اسامی فایل‌های ورودی مورد نیاز و انتخابی مدل SWAP

گزینه منو	محتویات فایل	نام	اجباری	اختیاری
کلید	اطلاعات کلی	*.KEY	+	
هواشناسی	داده‌های روزانه	*.YYY	+	
	بارش تفصیلی	*R.YYY	+	
آبیاری	ثابت	*.IRG	+	
	زمان‌بندی شده	*.CAP	+	
گیاه	تقویم	*.CAL	+	
	مدل تفصیلی	*.CRP	+	
	مدل تفصیلی برای چمن	*.CRP	+	
	مدل ساده	*.CRP	+	
خاک	پروفیل خاک	*.SWA	+	
	توابع هیدرولیکی	*.SOL	+	
زهکشی	پایه	*.DRB	+	
	توسعه یافته	*.DRE	+	
مرز پایین	شرایط مرزی	*.BBC	+	
	انتقال محلول	*.SLT	+	
انتقال گرما	انتقال گرما	*.HEA	+	

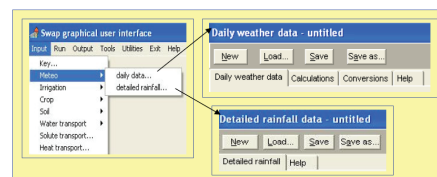
فواصل منظم و یا نامنظم تولید شود. برای تولید خروجی نامنظم، باید تاریخ روزها بطور صریح در قسمت پایین صفحه مشخص شود. بعضی از فایل‌های ورودی، مقادیر درستی برای تمام دوره‌های شبیه‌سازی هستند، مثل اطلاعات کلی، توصیف پروفیل خاک، توابع هیدرولیکی خاک، مقادیر انتقال محلول و مقادیر جریان گرما. سایر مقادیر ورودی ممکن است برای هر یک از زیر برنامه‌ها تغییر کنند. اسامی این فایل‌های وابسته می‌توانند در سربرگ sub-run(s) مشخص شوند. در سربرگ Run options، برای شبیه‌سازی زهکشی سه گزینه در دسترس است: بدون شبیه‌سازی زهکشی، شبیه‌سازی زهکشی معمولی (زهکشی با حداکثر ۵ سطح زهکشی، بدون شبیه‌سازی تعادل آب سطحی) و شبیه‌سازی زهکشی توسعه‌یافته (زهکشی با حداکثر ۵ سطح زهکشی با شبیه‌سازی تعادل آب سطحی) (Huygen و همکاران، ۲۰۰۰).

۱- مراحل تعریف پروژه در مدل

با اجرای دستور input/key، پنجره‌ای برای تعریف پروژه باز می‌شود. در سربرگ عمومی، کاربر باید نام پروژه، مسیر ذخیره فایل‌های ورودی و خروجی، نام ایستگاه هواشناسی، عرض جغرافیایی و ارتفاع نسبت به سطح دریای آزاد را مشخص نماید. SWAP توانایی محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از داده‌های هواشناسی روزانه را دارد. اگر کاربر، گزینه use ET_{ref} values in meteo data set را انتخاب کند مقادیر تبخیر و تعرق مرجع به‌وسیله ضریب گیاهی به تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه تبدیل می‌شود. در صورتیکه کاربر گزینه use detailed rainfall data را انتخاب کند، بایستی در یک فایل جداگانه، داده‌های بارش تفصیلی با گام‌های زمانی کوتاه را تهیه نماید. در سربرگ Timing، شروع و پایان دوره شبیه‌سازی و ماه اول سال زراعی باید مشخص شود. خروجی SWAP می‌تواند با

۲- داده‌های هواشناسی

همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، ورود داده‌های هواشناسی به مدل SWAP در دو بخش داده‌های هواشناسی روزانه و داده‌های بارش تفصیلی صورت می‌گیرد که در زیر شرح داده شده‌اند.

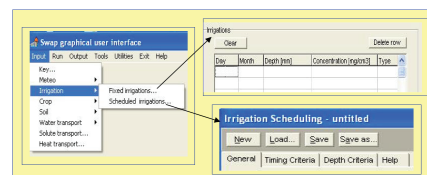


شکل ۴- دستور ورود داده‌های هواشناسی در مدل SWAP

با اجرای دستور input/meteo/daily data پنجره‌ای برای ورود داده‌های هواشناسی نمایان می‌شود. SWAP برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از فرمول پنمن-مونتیث از داده‌های تابش خورشیدی، دمای هوا، رطوبت هوا و سرعت باد استفاده می‌کند. برای ورود داده‌های هواشناسی باید ضوابطی در نظر گرفته شود: ۱- داده‌های گم شده باید با رقم ۹۹- یا کمتر نشان داده شوند ۲- داده‌های گم شده بارش مجاز نمی‌باشد ۳- اگر تبخیر و تعرق پتانسیل باید توسط مدل محاسبه شود هیچ داده گم‌شده‌ای در ستون‌های Rad, Tmin, Tmax, Hum و Wind نباید وجود داشته باشد. تبخیر و تعرق پتانسیل تنها در صورتیکه مقادیر ET_{ref} استفاده نشده باشند (در دستور General/Key/

۳- اطلاعات مربوط به آبیاری

دو نوع آبیاری متفاوت می‌تواند در SWAP مشخص شود. یکی آبیاری ثابت^{۱۱} و دیگری، آبیاری برای یک کشت مشخص مطابق تعدادی ضوابط^{۱۱}. نحوه انتخاب هر یک از دو حالت فوق در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵- گزینه‌های موجود در مدل SWAP

برای ورود اطلاعات آبیاری

آبیاری ثابت می‌تواند در کل دوره سالانه انجام شود. آبیاری زمان‌بندی شده فقط در طول دوره کشت می‌تواند فعال باشد. نوع آبیاری می‌تواند با (۰) برای آبیاری بارانی و یا (۱) برای آبیاری سطحی مشخص شود. در آبیاری زمان‌بندی شده، کیفیت آب آبیاری و نوع آبیاری باید تعریف شوند. در صورت انتخاب آبیاری

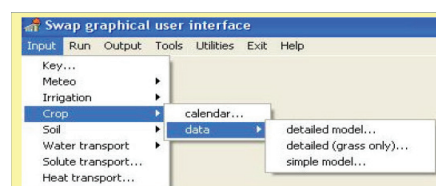
(Input) محاسبه می‌شود و یا هنگامی که مقادیر ET_{ref} گم شده باشند ۴- چنانچه لازم باشد سرعت توسعه گیاه یا دمای خاک شبیه‌سازی شوند مقادیر Tmin و Tmax نباید گم شده باشند ۵- هنگامی که مدل چمن تفصیلی یا مدل گیاه تفصیلی فعال باشند مقادیر Rad نباید گم شده باشند.

در سربرگ محاسبات، ستون‌های داده‌های هواشناسی می‌توانند توسط کاربر با اضافه کردن یا ضرب کردن مقادیر ثابت تعدیل شوند. در این سربرگ همچنین روش مورد استفاده برای محاسبه ET_{ref} بر اساس یکی از پنج روش پنمن-مونتیث، پریستلی-تیلور، مکینک، هارگریوز و تورک بایستی توسط کاربر انتخاب شود. مولد بارش^{۱۲} به ورودی بارش ماهانه و تعداد روزهای بارندگی در هر ماه نیاز دارد. بارش ماهانه بر اساس یک توزیع گاما بر روی روزهای بارانی توزیع می‌یابد. SWAP به فرمت استاندارد تشعشع سراسری ($kJ/m^2/d$)، حداقل و حداکثر دمای هوا ($^{\circ}C$)، رطوبت هوا (kPa) و سرعت باد (بر حسب m/s در ارتفاع ۲ متری) نیاز دارد. یک تبدیل عملگرها برای تبدیل مقادیر از قالبی که اغلب استفاده می‌شود به قالب استاندارد، در سربرگ تبدیلات در دسترس است. در صورتیکه نیاز به شبیه‌سازی رواناب یا جریان ترجیحی باشد باید یک فایل با داده‌های بارش تفصیلی فراخوانی شود، یا داده‌ها می‌تواند به صورت دستی وارد شود. برای وارد کردن داده‌های بارش تفصیلی، دستور input/meteo/detailed rainfall باید اجرا شود (Huygen و همکاران، ۲۰۰۰).

زمان‌بندی شده، کاربر می‌تواند در سربرگ ضوابط زمان‌بندی، یکی از پنج ضابطه زیر را انتخاب نماید: ۱- تنش روزانه مجاز باشد ۲- تخلیه آب سهل‌الوصول مجاز باشد ۳- تخلیه کل آب قابل دسترس مجاز باشد ۴- مقداری تخلیه، مجاز باشد که برابر با ماکزیمم مقدار آبی است که می‌تواند از ناحیه ریشه استخراج شود ۵- تجاوز از هد فشار بحرانی یا مقدار رطوبت که در این حالت، به محض اینکه یک گیرنده فرضی در خاک هد فشار یا مقدار رطوبت کمتر از مقدار مشخص شده را نشان بدهد، آبیاری شروع می‌شود. در سربرگ مربوط به ضوابط عمق^{۱۳} دو گزینه برای معیار عمق فعال در اختیار کاربر قرار داده شده است. گزینه برگشت به ظرفیت زراعی در مورد آبیاری قطره‌ای یا بارانی مفید است که می‌تواند به عنوان تابعی از مرحله توسعه گیاه مشخص شود. چنانچه نیاز به آبشویی مکرر وجود داشته باشد یا بارندگی منظم (کمتر از آبیاری) مورد انتظار باشد، این گزینه می‌تواند مفید باشد. هنگامی که سیستم‌های آبیاری ثقیلی شبیه‌سازی شوند که در آن‌ها معمولاً اجازه تغییرات کم در عمق آب کاربرد وجود دارد، گزینه عمق آبیاری ثابت، معمول است (Huygen و همکاران، ۲۰۰۰).

۴- داده‌های گیاه

در شکل (۶) زیر منوی Crop نشان داده شده است. با انتخاب گزینه Calender و باز شدن پنجره مربوطه، حداکثر ۳ گیاه در هر سال زراعی می‌تواند برای شبیه‌سازی تعریف شود. در مزرعه در یک زمان تنها یک گیاه می‌تواند رشد کند. بنابراین روزهای کاشت و برداشت باید به ترتیب باشند و نمی‌توانند همپوشانی کنند. برای هر گیاه به ترتیب، نوع مدل گیاهی، فایل پارامترهای گیاهی، روزهای کاشت و برداشت و (بطور اختیاری) فایل خصوصیات برنامه آبیاری، لازم است مشخص شوند. انواع مدل‌های گیاهی مورد استفاده در SWAP در زیر شرح داده شده‌اند (Huygen و همکاران، ۲۰۰۰):



شکل ۶- فایل‌های موجود در گزینه اطلاعات محصول

۴-۱- مدل تفصیلی^{۱۳}

با انتخاب مدل تفصیلی، SWAP از مدل گیاهی WOFOST6.0 برای شبیه‌سازی رشد محصول استفاده می‌کند. در صورتیکه کاربر، مدل تفصیلی را انتخاب نماید پنجره‌ای که شامل هفت صفحه است، نمایان می‌شود. در صفحه یک، اگر رشد قبل از گلدهی گیاه^{۱۴} بر اساس دما انتخاب شده باشد، مقادیر دمای مناسب (مجموع دما از ابتدای رشد تا گلدهی و مجموع دما از گلدهی تا بلوغ) باید تعریف شوند که مرحله رشد گیاه را مشخص می‌کند. اگر طول روز انتخاب شده باشد، برای مشخص کردن ضریب کاهش سرعت رشد گیاه، طول روز آستانه و مناسب باید تعریف شود. اگر گزینه ترکیب انتخاب شده باشد، کاربر باید هر دو مقادیر طول روز و دما را مشخص کند. مرحله رشد در برداشت نیز باید تعریف شود که معمولاً مساوی ۲ در نظر گرفته می‌شود. در قسمت پایین صفحه یک، بایستی مقادیر متوسط دمای روزانه در برابر افزایش روزانه مقدار دما وارد گردد. رابطه این دو می‌تواند با حداکثر ۱۵ جفت داده تعریف شود.

در صفحه دو، پارامترهای رشد اولیه بر اساس وزن اولیه گیاه، شاخص سطح برگ و حداکثر افزایش نسبی شاخص سطح برگ بایستی تعیین شوند. ضریب گیاهی یا ارتفاع گیاه به عنوان تابعی از مرحله رشد، برای تبدیل تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع (چمن با ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) به تبخیر تعرق پتانسیل گیاه واقعی مورد نیاز می‌باشد. برای محاسبه جذب کل، داشتن سطح سبز ساقه و اندام‌های ذخیره را از زمانی که این سطوح، اشعه را جذب می‌نمایند، لازم است. در مرحله دوم رشد، حداکثر افزایش شاخص سطح برگ به وسیله سطح ویژه برگ تعیین می‌شود. سطح ویژه

برگ یک گیاه می‌تواند بسته به مرحله رشد، متفاوت باشد. امکان ترسیم یک منحنی سطح ویژه برگ تا ۱۵ نقطه به عنوان تابعی از مرحله رشد، توسط گزینه graph امکان‌پذیر است. تحت شرایط بهینه (ثابت ۳۵ درجه سانتی‌گراد) برگ‌ها یک طول عمر معین دارند^{۱۵}. طول عمر برگ‌ها با دمای پایین‌تر محدود می‌شود. جدا از دمای بهینه ۳۵ درجه سانتی‌گراد، یک آستانه دمای پایین‌تر که برای هر گیاه معین است^{۱۶}، باید مشخص شود.

صفحه سه شامل مقادیر مورد نیاز برای محاسبه سرعت جذب ناخالص است. با استفاده از تشعشع جذب شده (براساس تابش خورشیدی ورودی و دو ضریب اطفاء برای نور مرئی منتشر شده و برای نور مرئی مستقیم)، راندمان استفاده از نور برگ منفرد نیز باید مشخص شود. با توجه به ویژگی‌های فتوسنتزی برگ و عوامل کاهش محتمل، فتوسنتز ناخالص بالقوه محاسبه می‌شود. حداکثر سرعت جذب دی اکسید کربن^{۱۷} تابعی از مرحله رشد است. کاربر می‌تواند برای مشخص کردن این رابطه، تا ۱۵ جفت داده را وارد کند. ضریب کاهش جذب^{۱۸} بر اساس متوسط دمای روزانه برای دماهای زیر بهینه محاسبه می‌شود. همچنین تأثیر حداقل دمای روز بر ضریب کاهش حداکثر سرعت جذب دی اکسید کربن می‌تواند با یک رابطه تا ۱۵ جفت داده تعریف شود. در صفحه چهار، پارامترهای مربوط به نگهداشت تنفس^{۱۹} وارد می‌شود. آنچه توسط گیاه جذب می‌شود جهت تهیه انرژی برای نگهداری جرم زنده موجود، مورد استفاده قرار می‌گیرد که در اصطلاح به آن نگهداشت تنفس می‌گویند. افزایش دما سبب افزایش نگهداشت تنفس می‌شود. معمولاً ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دما باعث افزایش نگهداشت تنفس با ضریب ۲ می‌شود^{۲۰}. نیازهای نگهداشت تقریباً متناسب با وزن خشک اندام‌های گیاهی است که باید نگهداری شود. پیری^{۲۱} تنفس را کاهش می‌دهد. ضریب کاهش در اثر پیری از خواص گیاه است و ممکن است به مرحله رشد گیاه بستگی داشته باشد. کاربر می‌تواند تا ۱۵ جفت داده برای تعریف این رابطه وارد کند. کربوهیدرات باقیمانده به ساختار ماده تبدیل می‌شود. در این تبدیل مقداری از وزن به عنوان تنفس رویش کاهش می‌یابد که بوسیله راندمان تبدیلات در قسمت پایین صفحه، به محاسبات وارد می‌شود.

در صفحه پنج، جزءبندی ساختمان ماده گیاهی تولید شده به اندام‌های گیاهی متفاوت از قبیل ریشه، برگ، ساقه و اندام‌های ذخیره، با ضرایب جزءبندی^{۲۲} تعریف شده است که هر کدام به مرحله رشد گیاه وابسته است. باید توجه داشت که مجموع ضرایب جزءبندی برای برگ‌ها، ساقه‌ها و اندام‌های ذخیره (بدون ریشه) در هر مرحله رشد باید مساوی ۱ باشد. برای هر ضریب جزءبندی یک رابطه تا ۱۵ جفت داده می‌تواند تعریف شود.

در صفحه شش، سرعت مرگ اندام‌های گیاهی مطرح می‌شود. البته سرعت مرگ اندام‌های ذخیره، صفر در نظر گرفته شده

۳-۴- مدل ساده^{۲۴}

مدل ساده، رشد محصول را مستقل از فاکتورهای تنش بیرونی، شبیه‌سازی می‌کند. تابع اصلی در این مدل، ارائه شرایط مرزی بالادست مناسب برای حرکت آب در خاک است. اگر شبیه‌سازی دقیق آب مورد استفاده گیاه، خیلی مهم‌تر از شبیه‌سازی دقیق محصول گیاهی باشد، مدل ساده گیاه، مفید است. با انتخاب مدل ساده، پنجره‌ای مشتمل بر سه صفحه نمایان می‌شود. در صفحه یک، ضریب خاموش‌سازی^{۲۵} برای محاسبه مقدار نوری که به سطح خاک برای محاسبه تبخیر پتانسیل خاک، می‌رسد مورد نیاز است. رشد گیاه هم می‌تواند به صورت خطی مدل شود و هم توسط مقدار دمایی کنترل شود. با کلیک گزینه مناسب، گزینه‌های ورودی برای پارامترهای اضافی آماده می‌شوند. در مورد چرخه گیاهی ثابت، فقط طول چرخه گیاهی باید وارد شود. در مورد طول متغیر چرخه گیاهی، مقادیر مختلف دمایی باید وارد شوند. کاربر می‌تواند تا ۱۱ جفت داده برای تعریف چگالی نسبی ریشه به عنوان تابعی از عمق نسبی ریشه وارد کند.

در صفحه دو، کاربر باید شاخص سطح برگ یا ضریب پوشش خاک، ارتفاع گیاه یا ضریب گیاه، عمق ریشه و واکنش محصول را به عنوان تابعی از مرحله رشد مشخص کند. ارتفاع گیاه برای تعیین مقاومت آبرودینامیک در معادله پنمن-مونتیث مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضریب واکنش گیاهی در هر مرحله رشد، رابطه بین محصول نسبی و تعرق نسبی را تعیین می‌کند. در مورد رابطه خطی بین محصول نسبی و تعرق نسبی، یا هنگامی که اطلاعات واکنش محصول به عنوان تابعی از مرحله رشد گیاه در دسترس نیست، برای $0 < DVS < 2$ ، بایستی $Ky=1$ در نظر گرفته شود. صفحه سه مشابه صفحه هفت در مدل تفصیلی می‌باشد، لذا از تکرار توضیحات خودداری می‌شود.

بالای سطح خاک ظاهر شود، قبل از اینکه رواناب شروع شود تعیین می‌گردد. ضریب گیاهی خاک بدون پوشش گیاهی^{۲۶}، سرعت تبخیر پتانسیل خاک که بر اساس معادله پنمن-مونتیث محاسبه شده را به تبخیر پتانسیل خاک مورد استفاده در شبیه سازی SWAP تبدیل می‌کند. در مورد خاک خیس، تبخیر واقعی مساوی تبخیر پتانسیل است. هنگامی که خاک سطحی خشک است، SWAP سرعت واقعی تبخیر خاک که با حداکثر سرعت جریان آب خاک تعیین شده است را محاسبه می‌کند. برای محاسبه دقیق تبخیر واقعی، ضخامت قسمت بالا نباید خیلی زیاد باشد. رانها، ضخامت حدود یک سانتی‌متر را پیشنهاد می‌کند. از آنجا که با استفاده از توابع هیدرولیکی خاک تبخیر خاک می‌تواند زیاد برآورد شده باشد SWAP اجازه می‌دهد از دو تابع تجربی اضافی هم استفاده شود. از آنجا که توابع تجربی‌اند، پارامترها برای خاک

است. کاربر می‌تواند یک سرعت مرگ برای ریشه‌ها و ساقه‌ها به عنوان تابعی از مرحله رشد مشخص کند. کاربر باید عمق ریشه اولیه، حداکثر افزایش روزانه و حداکثر عمق ریشه را تعیین کند. کاربر همچنین می‌تواند تا ۱۱ داده برای تعیین رابطه چگالی ریشه به عنوان تابعی از عمق ریشه وارد کند.

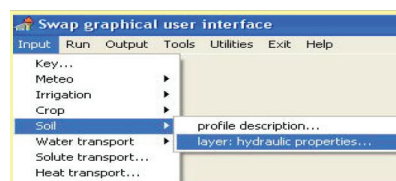
در صفحه هفت، تنش‌های خشکی و شوری مورد بررسی قرار می‌گیرند. SWAP فرض می‌کند که فاکتورهای کاهش به علت تنش آب و تنش شوری، برای استنتاج کاهش کل، می‌توانند در هم ضرب شوند. کاربر باید هدهای فشار را برای کاهش استخراج آب ریشه تعریف کند. در نیاز اتمسفری بالا، تعرق واقعی ممکن است سریع‌تر از نیاز اتمسفری پایین کاهش یابد. بنابراین کاربر باید سطوح نیاز اتمسفری بالا و پایین را مشخص کند. SWAP یک رابطه خطی بین هد فشار بحرانی و نیاز اتمسفری پایین و بالا فرض می‌کند. محاسبه کاهش جذب آب به علت تنش شوری، نیازمند به ورود مقدار آستانه شوری گیاه (مقدار EC بحرانی که بیش از آن تنش شوری اتفاق می‌افتد) و کاهش جذب آب ریشه بالای این حد آستانه، طبق مفهوم مَس و هافمن (۱۹۷۷) است. حداقل مقاومت سایه در معادله پنمن مونتیث برای محاسبه نرخ تبخیر و تعرق مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضریب حائل شدن بارش برای محاسبه مقدار بارش بر اساس مفهوم Braden (۱۹۸۵) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۴- مدل تفصیلی فقط برای چمن^{۲۳}

این مدل همان مدل تفصیلی شرح داده شده در قسمت قبل است که فقط برای گیاه چمن ryegrass چند ساله تعریف شده است. فرض شده است که چمن مرتب درو شده و گیاه باقی می‌ماند، چرای دام انجام نمی‌شود و چمن‌زار دائمی است.

۵- توصیف پروفیل خاک

همانطور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، برای توصیف پروفیل خاک و خصوصیات هیدرولیکی آن در مدل SWAP دو گزینه در زیرمنوی خاک وجود دارد.



شکل ۷- زیرمنوی خاک در مدل SWAP

برای توصیف پروفیل خاک از زیرمنوی Soil/profile description، پنجره‌ای مشتمل بر چهار صفحه نمایان می‌شود. در صفحه یک، در قسمت ponding، حداکثر ضخامت لایه آب که می‌تواند در

و محل ویژه‌ای هستند. SWAP با گرفتن حداقل مقدار تبخیر پتانسیل از داده‌های هواشناسی، حداکثر سرعت جریان آب خاک بر اساس رابطه داری و حداکثر تعرق بر اساس توابع تجربی (اگر به‌وسیله کاربر انتخاب شده باشند)، تبخیر واقعی را تعیین می‌کند. برای حل دقیق و مؤثر برنامه عددی، SWAP از حداقل و حداکثر گام‌های زمانی استفاده می‌کند. در قسمت پایین صفحه، دو نوع برنامه ضمنی می‌تواند توسط کاربر انتخاب شود: ۱- معادله ریچاردز در هر گام زمانی دو بار حل شده است. برای خیلی از مسائل ساده، در شرایط ماندگار یا شرایطی که برنامه همگرایی خیلی سریعی می‌دهد، این حالت ممکن است مناسب باشد ۲- معادله ریچاردز تا زمان همگرایی حل شده است. این رویه برای بیشتر مسائل جریان غیر اشباع توصیه شده است.

در صفحه دو، SWAP اجازه می‌دهد حداکثر ۱۰ لایه خاک توسط کاربر تعریف شود. به علاوه، کاربر می‌تواند خاک را به حداکثر ۶۰ قسمت^{۳۷} تقسیم‌بندی کند که در برنامه تفاضل محدود مورد استفاده قرار می‌گیرد. حداقل کردن تعداد تقسیمات، زمان محاسبات را کاهش می‌دهد؛ اما ممکن است خطای تعادل جرمی را افزایش دهد. لایه‌های خاک از بالا به پایین شماره‌بندی می‌شوند. برای هر قسمت، ضخامت نیز باید تعیین شود. برای محاسبات مؤثر سرعت‌های مرزی بالا، ضخامت قسمت باید کوچک و نزدیک سطح خاک باشد (حدود یک سانتی‌متر). SWAP کسر وزن ماسه شکسته، سیلت یا رس و کسر وزن مواد آلی را برای محاسبه خصوصیات گرمایی خاک، به کار می‌برد. عمقی که ریشه با مقطع عرضی خاک محدود شده باید در قسمت پایین صفحه وارد شود. برنامه، حداکثر عمق ریشه‌ی گیاه را کنترل می‌کند و هنگامی که رشد ریشه را شبیه‌سازی می‌کند از مینیمم دو عمق حداکثر به عنوان مرز استفاده می‌کند.

اولین موردی که در صفحه سه بررسی می‌شود، هیسترسیس است. در SWAP هیسترسیس فقط بر تابع نگهداشت آب اثر می‌کند. SWAP از روش مقیاس‌گذاری اسکات و همکاران (۱۹۸۳) برای استنتاج منحنی‌های خیس‌شدن و خشک‌شدن استفاده می‌کند. اگر کاربر بخواهد هیسترسیس شبیه‌سازی شود باید شرایط اولیه مقطع عرضی خاک را که خیس یا خشک است تعیین کند. اگر خاک در ابتدا خشک است و یا در حین عملیات شبیه‌سازی خشک می‌شود، شبیه‌سازی باید از شرایط اولیه خیس شروع شود. متناوباً اگر شرایط اولیه خیس است، شرایط اولیه برای هیسترسیس باید خشک باشد. یک حداقل اختلاف هد برای تغییر از خیس به خشک در یک توده خاک باید مشخص شود. در قسمت مقیاس‌گذاری پارامترهای VG، مدل اجازه می‌دهد که توابع هیدرولیکی خاک برای شبیه‌سازی متغیرهای فضایی بر اساس میلر (۱۹۶۵) پیمایش شوند. SWAP مشخصه انقباض رس را برای شبیه‌سازی شکل‌گیری شکاف‌های خاک و انتقال آب و املاح در شکاف به کار می‌گیرد.

SWAP همچنین می‌تواند جریان ترجیحی را که به علت جبهه رطوبتی ناپایدار به‌وجود می‌آید، شبیه‌سازی می‌کند.

در صفحه چهار در بخش اول، اگر کاربر بخواهد انتقال محلول با زهکش عرضی را شبیه‌سازی کند، بایستی گزینه مربوطه را فعال نموده و سپس در قسمت مقابل آن، ضریب غیرایزوتروپی هر لایه از خاک را در جدول وارد نماید. این ضریب، نسبت هدایت هیدرولیکی عمودی به افقی، در حالت اشباع است. در قسمت شرایط رطوبتی اولیه، دو نوع شرایط رطوبتی اولیه در اختیار کاربر قرار دارد. در گزینه اول، امکان تعیین هد فشار گره‌ای برای هر جزء وجود دارد. اگر موقعیت شبیه‌سازی شده از یک حالت نامتعادل شروع شود و یا اگر سطح آب زیرزمینی شبیه‌سازی نشود، این گزینه مفید است. هد فشار اولیه باید بر حسب سانتی‌متر وارد شود که اعداد منفی شرایط غیر اشباع را مشخص می‌کند. در گزینه دوم، امکان تعیین شرایط اولیه رطوبتی به عنوان تابعی از یک مقطع عرضی متعادل با سطح آب زیر زمینی وجود دارد. در این مورد فشار گره‌ای در سطح آب زیرزمینی مساوی صفر است و فشار گره‌ای با ارتفاع نسبت به سطح خاک به صورت خطی کاهش می‌یابد. در این حالت، سطح اولیه آب زیرزمینی باید مشخص شود. مقدار مشخص شده باید منفی باشد تا یک تراز زیر سطح خاک را نشان دهد (Huygen و همکاران، ۲۰۰۰). تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک در مدل SWAP با اجرای دستور Input/Soil/layer: hydraulic properties بنا به انتخاب کاربر می‌تواند بصورت جدولی و یا با تعریف توابع تحلیلی صورت گیرد. در روش جدولی، کاربر می‌تواند مقادیر رطوبت، پتانسیل ماتریک و هدایت هیدرولیکی را به روش‌های آزمایشگاهی و یا میدانی، اندازه‌گیری نموده و به‌صورت داده‌های جدولی در مدل وارد کند. اما در صورت انتخاب روش توابع تحلیلی، کاربر بایستی جهت تعیین پارامترهای معادله ون گنوختن-معلم، یکی از سه گزینه Staring Series، Hypres Series و یا Pedotransfer Function را انتخاب نماید. گزینه Staring Series دارای محدودیت‌های خاصی است از جمله اینکه صرفاً برای شرایط خاک‌های هلند قابل استفاده است. گزینه Hypres Series نیز صرفاً برای خاک‌های قاره اروپا قابل استفاده است. با انتخاب گزینه Pedotransfer Function، مقادیر $\theta(h)$ و $K(\theta)$ از داده‌های زود یافت خاک از قبیل بافت خاک، دانسیته حجمی و مقدار مواد آلی خاک تعیین می‌شوند (Kroes و Van Dam، ۲۰۰۳).

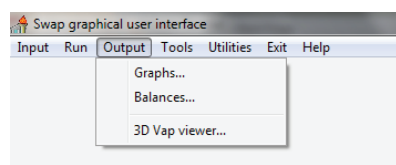
۶- خروجی‌های مدل

با توجه به شکل (۸) خروجی‌ها در مدل SWAP شامل سه بخش نمودارها، تعادل‌ها و نمای سه‌بعدی نتایج است. خروجی‌های نموداری می‌توانند به صورت نمودار X-Depth و یا نمودار X-Y (سری‌های زمانی) باشند. در خروجی‌های نموداری X-Y امکان

جدول ۲- فایل‌های خروجی در مدل SWAP

نام فایل خروجی	محتوای فایل
*.bal	بیان کوتاه مدت آب و املاح
*.blc	بیان آب توسعه یافته
*.inc	بیان آب تدریجی
*.wba	بیان حجمی آب
*.sba	بیان تجمعی املاح
*.ate	درجه حرارت‌های خاک
*.vap	پروفیل‌های خاک
*.irg	مشخصات آبیاری‌ها
*.crp	رشد رشد گیاه
*.drf	اجزاء زهکشی توسعه یافته
*.swb	مدیریت آب سطحی ۱
*.man	مدیریت آب سطحی ۲
*.snw	بیان آب برف
*.bma	بیان آب تفصیلی منافذ درشت
swap.log	گزارش عملیات انجام شده
*.end	مقادیر نهایی متغیرهای تعیین شده

اضافه کردن مقادیر مشاهده‌ای به نمودارهای رسم شده توسط مدل، از طریق وارد کردن داده‌های مشاهداتی در قسمت observed values و در نتیجه، مقایسه نتایج بدست آمده توسط مدل و داده‌های میدانی وجود دارد. امکان ترسیم رگرسیون خطی و بدست آوردن رابطه رگرسیونی بین متغیرهای رسم شده در نمودارهای نوع X-Y نیز وجود دارد. در خروجی نوع تعادلی، می‌توان نتایج شبیه‌سازی آب و املاح را با هم مورد ارزیابی قرار داد و گزینه مناسب را استخراج نمود. امکان مقایسه نتایج به دو صورت متنی و نموداری نیز وجود دارد. با خروجی سه بعدی، امکان نمایش بار فشار، رطوبت خاک، دما و اطلاعات غلظت محلول به صورت همزمان وجود دارد. محتوای فایل‌های خروجی مدل SWAP به همراه پسوند فایل خروجی در جدول (۲) ارائه شده‌اند.



شکل ۸- گزینه‌های خروجی در مدل SWAP

جمع‌بندی

بیان رابطه‌های بین مقدار آب خاک، پتانسیل فشاری و هدایت هیدرولیکی استفاده می‌شود. روش مورد استفاده برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع بر اساس یکی از پنج روش پنمن-مونتیث، پریستلی-تیلور، مکینک، هارگریز و تورک می‌تواند توسط کاربر انتخاب شود. در مدل SWAP با بهره‌گیری از ضرایب عملکرد محصول در دوره‌های مختلف رشد، عملکرد نسبی محصول تعیین می‌گردد. همچنین SWAP از مدل گیاهی WOFOST6.0 برای شبیه‌سازی رشد محصول استفاده می‌کند. انواع مدل‌های گیاهی مورد استفاده در مدل SWAP شامل مدل تفصیلی، مدل تفصیلی فقط برای چمن و مدل ساده می‌باشد. خروجی‌ها در مدل SWAP، شامل سه بخش نمودارها، تعادل‌ها و نمای سه بعدی نتایج است.

مدل SWAP یک مدل شبیه‌سازی خاک، آب، اتمسفر و گیاه است. این مدل قابلیت تحلیل اثرات متقابل میان حرکت آب، رشد محصول و انتقال مواد محلول، پیش‌بینی عملکرد تحت شرایط رژیم‌های مختلف آب و شوری، شبیه‌سازی درازمدت و برنامه‌ریزی آبیاری را داراست. در این مدل، جریان عمومی آب در محیط‌های اشباع و غیر اشباع با معادله ریچاردز تشریح می‌شود. مدل SWAP معادله ریچاردز را به صورت عددی برای شرایط اولیه و شرایط مرزی خاص و همچنین رابطه‌های معلوم بین θ و h و K حل می‌کند. در این مدل، از تابع تحلیلی ون گنوختن و بکارگیری هدایت هیدرولیکی غیر اشباع معادله معلم برای

پی‌نوشت

7- A_{pgross}

8- A_{max}

9- Generation of rainfall

10- Fixed irrigations

11- Scheduled irrigations

12- Depth criteria

13- Detailed model

14- Pre-anthesis development

1- Soil-Water-Atmosphere-Plant

2- GLUE

3-maintenance respiration

4-growth respiration

5- senescence

6- Photosynthetically Active Radiation (PAR)

- 21- Senescence
- 22- FR,FL,FS,FO
- 23- Detailed (grass only)
- 24- Simple model
- 25- Extinction of light
- 26- Crop factor bare soil
- 27- Soil compartment

- 15- Life span of leaves under optimum conditions
- 16- Lower threshold temperature for ageing of leaves
- 17- AMAX
- 18- TMPF
- 19- Maintenance respiration
- 20- Relative increase in respiration rate with temperature
(/10C)=2

منابع

- الگو بندی عملکرد محصولات مختلف در شرایط شوری آب آبیاری با استفاده از مدل SWAP. مجله علمی-پژوهشی دانش آب و خاک، ۱(۴): ۹۷-۱۱۱.
- Bonfante A., Basile A., Acutis M., De Mascellis R., Manna P., Perego A. and Terribile F. 2010. SWAP, CropSyst and MACRO comparison in two contrasting soils cropped with maize in Northern Italy. *Agricultural Water Management*, 97: 1051-1062.
- Huygen J., Van Dam J.C., and Kroes J.G. 2000. SWAP graphical user interface, User manual.
- Kroes J.G. and Van Dam J.C. 2003. Reference manual SWAP version 3.0.3.
- Kumar P., Sarangi A., Singh D.K., Parihar S.S. and Sahoo R.N. 2015. Simulation of salt dynamics in the root zone and yield of wheat crop under irrigated saline regimes using SWAP model. *Agricultural Water Management*, 148: 72-83.
- Ma Y., Feng Sh., Huo Z. and Song X. 2011. Application of the SWAP model to simulate the field water cycle under deficit irrigation in Beijing, China. *Mathematical and Computer Modelling*, 54: 1044-1052.
- Marinov D., Querner E. and Roelsam J. 2005. Simulation of water flow and nitrogen transport for a Bulgarian experimental plot using SWAP and ANIMO models. *Journal of Contaminant Hydrology*, 77: 145-164.
- Moghabeli Damaneh I., Hasanpour F. and Behrouj M. 2013. Evaluation of HYDRUS-1D and SWAP models in simulating water and minerals movement in soil. *Switzerland Research Park Journal*, 102: 275-284.
- Rallo G., Agnese C., Minacapilli M. and Provenzano G. 2012. Comparison of SWAP and FAO agro-hydrological models to schedule irrigation of wine grapes. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138: 581-591.
- Samipour F., Golmohammadi G., Mohammadi K. and Mahdian M.H. 2011. Application of Drainmod and SWAP in south-west of Iran for optimal design of drainage network. *ICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage*, 15-23 Oct. Tehran, Iran.
- Van Vosselen A., Verplanck H. and Van Rants E. 2005. Assessing water consumption of banana: traditional versus modeling approach. *Journal of Agricultural Water Management*, 74: 201-218.

- بادیه نشین، ع.، نوری، ح. و وظیفه دوست، م. ۱۳۹۳. بهبود برآورد عملکرد محصول در مدل شبیه سازی SWAP با استفاده از داده های ماهواره ای. مجله علمی-پژوهشی تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۵(۴): ۳۷۹-۳۸۸.
- دهقان، ه.، علیزاده، ا.، حقایقی مقدم، س.ا. و انصاری، ح. ۱۳۸۹. پیش بینی رطوبت نیم رخ خاک در سه مزرعه گندم با استفاده از مدل SWAP. نشریه علمی-پژوهشی آب و خاک، ۲۴(۵): ۱۰۰۸-۱۰۱۸.
- شفیعی، م.، قهرمان، ب.، ثقفیان، ب.، داوری، ک. و وظیفه دوست، م. ۱۳۹۳. واسنجی و تحلیل عدم قطعیت مدل SWAP با استفاده از روش GLUE. نشریه علمی-پژوهشی پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸(۲): ۴۷۷-۴۸۸.
- شهیدی، ع. ۱۳۸۷. اثر برهم کنش کم آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم با تعیین تابع تولید آب-شوری در منطقه بیرجند. پایان نامه دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- شهیدی، ع.، نحوی نیا، م. و پارسی نژاد، م. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل SWAP در برآورد عملکرد گندم تحت کیفیت ها و کمیت های مختلف آب آبیاری. همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب. شرکت مهندسین مشاور مهتاب ثامن، مشهد، ایران.
- شهیدی، ع.، نحوی نیا، م.، مکاری قهرودی، ا. و پارسی نژاد، م. ۱۳۹۳. ارزیابی مدل SWAP به منظور بررسی تأثیر آبیاری با آب شور بر رطوبت خاک (مطالعه موردی منطقه بیرجند). مجله علمی-پژوهشی دانش آب و خاک، ۲۴(۱): ۷-۲۷.
- کیانی، ع. ۱۳۸۶. استفاده از مدل SWAP در شبیه سازی انتقال آب، املاج و عملکرد نسبی گندم. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
- منصوری، ح. و مصطفی زاده فرد، ب. ۱۳۸۵. راهنمای نصب و اجرای مدل SWAP. اولین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود. دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
- منصوری، ح.، مصطفی زاده فرد، ب.، موسوی، س. ف. و فیضی، م. ۱۳۸۶. استفاده از مدل SWAP به منظور بررسی تأثیر مدیریت آبیاری با آب شور بر رطوبت خاک منطقه رودشت اصفهان. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
- محمدی، ا.، دلبری، م.، چاری، م. و محمدی، م. ۱۳۹۲. شبیه سازی رطوبت و غلظت شوری در خاک با استفاده از مدل SWAP. دومین کنفرانس بین المللی مدل سازی گیاه، آب، خاک و هوا. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.
- وردی نژاد، و.، ابراهیمیان، ح. و احمدی، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی با استفاده از مدل SWAP (مطالعه موردی شبکه زهکشی ران بهشهر). نشریه علمی-پژوهشی آب و خاک، ۲۶(۵): ۱۲۵۷-۱۲۶۷.
- وردی نژاد، و.، سهرابی، ت.، فیضی، م.، حیدری، ن. و عراقی نژاد، ش. ۱۳۸۹.

Factors affecting water consumption pattern and optimizing in household sector of rural areas

(Case Study: Bushehr rural areas)

Gh. Jamali^{1*}, S. Zamani²

1- Assistant Prof., Industrial Management Dept., Persian Gulf University, Bushehr, Iran. 2- MSc. in Industrial Management, Rural Water & Wastewater Company, Bushehr, Iran.

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

Received: 18-11-2014

Accepted: 21-08-2015

عوامل موثر بر الگوی مصرف آب و بهینه‌سازی آن در بخش خانگی مناطق روستایی

(مطالعه موردی: مناطق روستایی شهرستان بوشهر)

غلامرضا جمالی^{۱*}، ساسان زمانی^۲

۱- استادیار تولید و عملیات، گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر.

۲- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، شرکت آب و فاضلاب روستایی، بوشهر.

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳۰

Abstract

This research has been done in order to assessing factor that are affecting on optimizing water consumption method in household sector of the rural areas of Bushehr township. The used method for gathering information in this study is descriptive and analysis. So that first, effective factors on water consumption method has been recognized after that the questionnaire has been provided. 257 consumer has been selected as samples among the 6964 Statistical Society with error coefficient 0.06. The questionnaire includes 43 questions in 7 steps and 2 ranking questions. In second step questionnaires has been analyzed using SPSS software. CRONBAKH coefficient for questionnaire is 0.907, since it is higher than 0.70, it is constant value. Results of the duad comparisan matrix questionnaireshow that, the most important effective factors on water consumption method, in the experts opinion are detaching drinkable and hygienic water, advertising and informing, training and tecnology. According to the consumers' responses, the most important effective factors on optimizing are related to advertising and informing, training, detaching drinkable and hygienic water, tariff reforming and water price.

Keywords: Water Consumption method, Optimizing Water Consumption, Water Supply Chain, Water Consumption Factors.

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی عوامل موثر بر الگوی مصرف آب و بهینه‌سازی آن در بخش خانگی مناطق روستایی شهرستان بوشهر انجام شده است. روش انجام این تحقیق بصورت توصیفی-تحلیلی بوده؛ به طوری که ابتدا عوامل موثر بر الگوی مصرف آب در مناطق روستایی شهرستان بوشهر شناسایی و نسبت به تهیه پرسشنامه اقدام شده است. جامعه آماری ۶۹۶۴ مشترک با ضریب خطای ۰/۰۶ که از بین آنها ۲۵۷ مشترک بعنوان نمونه انتخاب شد. پرسشنامه شامل ۴۳ سوال ۷ گزینه‌ای و ۲ سوال رتبه‌بندی می‌باشد. در گام بعد پرسشنامه‌ها با کمک نرم افزار SPSS تحلیل توصیفی گردید. ضریب آلفای کرونباخ پرسشنامه مشترکین ۰/۹۰۷ بدست آمد که بیشتر از ۰/۷۰ است؛ بنابراین پرسشنامه پایایی دارد. نتایج پرسشنامه ماتریس مقایسات زوجی نشان داد که از نظر کارشناسان، متخصصین و اساتید، مهمترین عوامل مؤثر بر الگوی مصرف آب به ترتیب جداسازی آب شرب و بهداشتی، تبلیغات و اطلاع‌رسانی، آموزش و تکنولوژی است. مهمترین عوامل مؤثر بر بهینه‌سازی مصرف از نظر مشترکین نیز به ترتیب مربوط به بخش‌های تبلیغات و اطلاع رسانی، آموزش، جداسازی آب شرب و بهداشتی، اصلاح تعرفه‌ها و قیمت آب است.

واژه‌های کلیدی: الگوی مصرف آب، بهینه‌سازی مصرف، زنجیره عرضه آب، عوامل مؤثر بر مصرف آب.

رشد روز افزون جمعیت، افزایش بی‌رویه مصرف آب، خشکسالی و ... موجب شدند کارشناسان رشته‌های مختلف به دنبال بررسی راهکارها و عوامل موثر بر بهینه‌سازی توزیع و مصرف آب و شیوه استفاده بهینه از این منابع حیاتی باشند (مولایی، ۱۳۷۹). بین الگوهای موجود (در استان بوشهر تا حد ۲۵۰ لیتر مصرف روزانه) (صالح‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶) و الگوهای بهینه وزارت نیرو (۱۳۰ لیتر در روز سرانه مصرف) (مظلوم و یزدان‌داد، ۱۳۸۸) در زمینه مصرف ناهماهنگی جدی وجود دارد. امروزه الگوهای رایج و غالباً نامطلوب مصرف آب به بخشی از فرهنگ جامعه ما تبدیل شده است. کمبود آب در ایران، تأمین آن را در بسیاری از مناطق کشور مشکل ساخته و به تدریج بر ابعاد آن افزوده است. از طرفی بروز خشکسالی‌های اخیر به این بحران، بیشتر دامن زده است. در غالب واحدهای تولیدی کشور ما، از جمله تولیدکنندگان آب، هنوز دیدگاه سنتی برای برنامه‌ریزی عملیات واحدهای مرتبط با تهیه و تدارک یک محصول حاکم است. واحدهای تشکیل‌دهنده زنجیره تأمین یک محصول هر کدام به تنهایی در راستای بهتر نمودن منافع خود تصمیماتی را اتخاذ می‌کنند که این امر در اکثریت مواقع باعث افزایش هزینه‌های زنجیره، افزایش قیمت تمام شده محصول و توزیع نامناسب بین مشتریان خواهد شد (نوری سپهر و تشیعی، ۱۳۸۵).

بر طبق برنامه سوم توسعه، الگوی مصرف آب هر خانوار ۲۲/۵ مترمکعب در ماه تعیین شده که در نتیجه هر نفر بطور متوسط در شبانه روز می‌تواند ۱۵۰ لیتر آب مصرف نماید (قانون برنامه توسعه، ۱۳۷۹). متأسفانه با توجه به رشد بی‌رویه شهرنشینی در کشور، آمار چند ساله اخیر نیز متوسط مصرف سرانه را ۲۵۰ تا ۳۰۰ لیتر در شبانه روز نشان می‌دهد (نوری سپهر و تشیعی، ۱۳۸۵). استان بوشهر هم با توجه به وضعیت اقلیمی و کاهش نزولات جوی و خشکسالی‌های پی در پی با کمبود شدید منابع و محدودیت‌های تأمین آب روبرو است. مجموعه اقداماتی که تاکنون در کشور در ارتباط با تأمین آب کشاورزی، شهری و صنعتی انجام شده، عمدتاً در زمینه مدیریت تأمین و تولید آب بوده و کمتر توجهی به توزیع و مدیریت مصرف گردیده است. در چنین شرایطی نگاه فراگیر به آب و مدیریت به هم پیوسته و یکپارچه‌ی آن با یکپارچه‌سازی توزیع و مصرف آب در مناطق روستایی و با شفاف ساختن ارزش آب با استفاده از ابزارهای علمی-مدیریتی و تحلیل ساختار بهینه تأمین و توزیع مناسب در جهت بهینه‌سازی نحوه توزیع و مصرف آب، ضرورت پیدا نموده است.

مطالعاتی که در زمینه تخصیص بهینه آب شرب در داخل کشور انجام شده محدود بوده و بیشتر آنها تنها بر تعیین ارزش اقتصادی

آب تأکید کرده‌اند. از جمله مطالعاتی که در خصوص تخصیص بهینه و تعیین ارزش اقتصادی آب در کشورهای مختلف انجام شده می‌توان به مطالعه Chaezmorales (۱۹۸۶) که به کمک تکنیک برنامه‌ریزی خطی اقدام به بررسی تخصیص آب و زمین نمود، مطالعه Salman و همکاران (۲۰۰۱) که با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی (SAWAS)^۱، به تخصیص کمی و کیفی بین فصلی آب در بین محصولات مختلف در منطقه‌ای از کشور اردن پرداخته و اثر آن را بر روی تولید و درآمد کشاورزان بررسی کرده‌اند و همچنین به مطالعه Singh و همکاران (۲۰۰۱) اشاره نمود.

سالمی (۱۳۸۱) در پایان‌نامه خود به موضوع بهینه‌سازی نحوه توزیع و مصرف آب شرب شهرهای خراسان (پایلوت: شهر فریمان) پرداخته است. وی با مدل بهینه‌سازی غیرخطی، طرح بهینه شبکه موجود را تعیین و نتایج حاصله را با روش‌های سنتی مقایسه کرده است؛ نتایج این تحقیق نشان داد که مدل بهینه‌سازی شده غیرخطی کمترین اتلاف آب را دارد. پاکروح (۱۳۸۳) در پایان‌نامه خود موضوع شناسایی عوامل مدیریتی موثر بر کاهش آب به حساب نیامده در شبکه توزیع آب شرب شهر سندرچ را با توجه به اهمیت موضوع نشت آب در شبکه‌های توزیع آب کشور در پاییز ۸۳ بررسی کرده است.

صالح‌نیا و همکاران (۱۳۸۶) بررسی تعرفه‌های آب شرب شهری و تأثیر آن بر الگوی مصرف آب مشترکان شهر نیشابور را مورد بررسی قرار داده‌اند. در مطالعه مذکور، تعرفه‌های موجود در بخش آب شرب و الگوی مصرف مربوط به جامعه آماری مشترکان طی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳ و برای شش دوره دو ماهه در هر سال بررسی شده که متوسط سرانه مصرف ۱۳۵ لیتر در شبانه روز بوده است. تابش و ذبیحی (۱۳۸۷)، تأثیر قیود کیفی در بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب را مورد بررسی قرار داده، برای بهینه‌سازی از روش الگوریتم ژنتیک که روشی نوین، پرقدرت و کارآمد است، استفاده کرده‌اند. مظلوم و یزدان‌داد (۱۳۸۸)، به بررسی عوامل مؤثر بر الگوی مصرف آب و بهینه‌سازی آن در بخش خانگی پرداخته‌اند و هدف از انجام آن بررسی عوامل اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و میزان آگاهی مردم در مصرف بهینه آب تعیین گردید.

این پژوهش با در نظر گرفتن حیطه زمانی، مکانی و محدودیت‌های موجود تلاش دارد راهکارهایی برای تأمین، توزیع و مصرف آب در طول زنجیره تأمین آب به صورت یکپارچه و هماهنگ، با هدف کاهش هزینه و همچنین توزیع و مصرف بهینه آب در مناطق روستایی استان بوشهر، ارائه دهد. در این مقاله، به منظور تعیین میزان اهمیت هر یک از عوامل اثرگذار بر بهینه‌سازی نحوه توزیع و مصرف آب در مناطق روستایی، عوامل اصلی نهایی به صورت نمودار درختی سلسله مراتبی درآمد.

در این تحقیق ابتدا زنجیره تأمین آب و مهمترین عوامل موثر بر بهینه‌سازی توزیع و مصرف آب در مناطق روستایی شهرستان بوشهر، بررسی شد. شاخص‌های اصلی (اهداف/عوامل کلیدی) و زیرشاخص‌ها از طریق مطالعه اسناد، مدارک و بررسی مطالعات مرتبط (مظلوم و یزدان‌داد، ۱۳۸۸؛ صالح‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶؛ بنایی‌قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸) و استفاده از نظر خبرگان و مدیران و کارشناسان مرتبط با آب شناسایی شده (جدول ۱)، درخت سلسله‌مراتبی ترسیم شد. سپس با بکارگیری تکنیک GAHP^۲ (تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی) رتبه‌بندی و اولویت‌بندی عوامل کلیدی و زیرشاخص‌ها از دیدگاه متخصصین به دست آمد. قابل توجه است که ماتریس مقایسات زوجی پژوهش به صورت پیمایشی از نوع موردپژوهی (case-study) (توصیفی-تحلیلی) بوده است. در گام بعد برای اولویت‌بندی نظرات مشترکین، براساس درخت ترسیم شده پرسشنامه‌ای طراحی شد. پرسشنامه شامل ۴۳ سوال

نتایج

توصیف خصوصیات فردی پاسخ‌دهندگان پرسشنامه از نظر جنسیت، سن و تحصیلات به ترتیب در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به این جداول بیش از ۶۷ درصد پاسخ‌دهندگان مرد و کمتر از ۳۳ درصد آنها را زنان تشکیل می‌دهند. حدود ۴۲ درصد پاسخ‌دهندگان سنی بین ۲۵ تا ۳۵ سال داشته و تحصیلات بیش از نیمی از آنها (۶۴ درصد) دیپلم یا زیردیپلم بوده است. این ارقام بیانگر این هست که نمونه آماری انتخابی تمامی اقشار جامعه از نظر گروه‌های مختلف سنی، طبقات مختلف تحصیلی و جنسیت را شامل شده، به عبارتی نمونه قابل قبولی است.

از آنجاییکه نرخ ناسازگاری پرسشنامه‌های مقایسات زوجی تکمیل شده توسط متخصصین کمتر از ۰/۱ است (۰/۰۵۹) لذا سازگاری نتایج تأیید شده، اولویت‌بندی عوامل کلیدی (عوامل تشکیل‌دهنده مدیریت زنجیره تأمین (SCM)^۲) از نظر متخصصین و کارشناسان آب به ترتیب اهمیت مطابق جدول (۳) بدست آمد. میانگین هندسی هر شاخص با توجه به نتایج AHP محاسبه شده است.

براساس پرسشنامه مشترکین نیز میانگین نظرات در مورد هر یک از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها محاسبه شده، اولویت

۷ گزینه‌ای و دو سؤال رتبه‌بندی بوده که با نظر جمعی از اساتید، روایی آن تأیید گشت. سپس تعداد ۲۰ پرسشنامه به طور آزمایشی توزیع گشت و نتایج حاصل از آن با کمک نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل گشت. به منظور بررسی پایایی پرسشنامه از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد که نتیجه آن ۰/۹۰۷ بوده که از میزان ۰/۷۰ مورد نظر بالاتر است؛ در نتیجه پایایی پرسشنامه تأیید شد. سپس پرسشنامه‌ها در اختیار نمونه‌های انتخابی از مشترکین قرار گرفت. قابل ذکر است جامعه آماری این تحقیق شامل ۶۹۶۴ نفر از مشترکین شرکت آب و فاضلاب مناطق روستایی بوشهر است؛ فرمول کوکران نشان داد که نمونه‌ای با تعداد ۲۵۷ مشترک با ضریب خطای ۶٪ نمونه‌ای مناسبی از جامعه خواهد بود. سپس پرسشنامه‌ها بین ۲۸۰ نفر از مشترکین شهرستان بوشهر توزیع شد. ۲۵۹ پرسشنامه برگشت که ۹ پرسشنامه به علت ناهماهنگی پاسخ‌ها باطل گردید؛ لذا ۲۵۰ پرسشنامه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. کلیه تحلیل‌های آماری در این پژوهش با کمک نسخه ۲۲ نرم‌افزار SPSS انجام شده است.

جدول ۲- توصیف خصوصیات فردی پاسخ‌دهندگان

خصوصیت	فراوانی	درصد فراوانی	درصد فراوانی تجمعی
۱. جنسیت			
مرد	۱۶۸	۶۷/۲	۶۷/۲
زن	۸۲	۳۲/۸	۱۰۰
۲. سن			
کمتر از ۲۵ سال	۶۷	۲۶/۸	۲۶/۸
۲۵-۳۵	۱۰۷	۴۲/۸	۶۹/۶
۳۵-۵۰	۶۲	۲۴/۸	۹۴/۴
۵۰ سال به بالا	۱۴	۵/۶	۱۰۰
۳. تحصیلات			
زیر دیپلم	۶۶	۲۶/۴	۲۶/۴
دیپلم	۹۴	۳۷/۶	۶۴/۰
فوق دیپلم	۴۲	۱۶/۸	۸۰/۸
فوق لیسانس	۳۹	۱۵/۶	۹۶/۴

عوامل کلیدی بدست آمد. از هر عامل اصلی ۳ زیرشاخص که بیشترین اثر را داشتند انتخاب و بر این اساس تحلیل انجام شد. ترتیب درجه‌ای اهمیت مهمترین عوامل موثر بر بهینه‌سازی توزیع و مصرف آب در مناطق روستایی براساس میانگین نظر مشترکین بصورت جدول (۳) است. در جدول (۱) نیز اولویت زیرشاخص‌های منتخب ارائه شده است. بر اساس این جدول از نظر هر دو گروه تبلیغات و اطلاع‌رسانی، آموزش و جداسازی آب شرب و بهداشتی در سه اولویت اول عوامل مؤثر بر الگوی مصرف آب قرار دارند.

جدول ۱- اهداف و شاخص‌های شناسایی شده در رابطه با بهینه‌سازی توزیع و مصرف آب

اولویت زیرشاخص	شاخص‌های استخراج شده	عامل کلیدی
۲ - ۱ ۳ - - - -	۱- بالا بردن سطح آگاهی جامعه و آموزش همگانی جهت مصرف بهینه آب ۲- برگزاری کلاس‌ها و دوره‌های توجیهی در روستاها در زمینه مصرف صحیح آب ۳- آموزش بهینه‌سازی مصرف آب در مدارس و خانواده‌ها و اقشار مختلف مردم از مهد کودک‌ها تا دانشگاه‌ها ۴- آموزش بانوان در استفاده بهینه از آب با شرکت در جشنواره‌ها و نمایشگاه‌ها در زمینه اصلاح مصرف آب در منازل ۵- آموزش غیرحضوری از طریق ارسال کتابچه‌ها و بروشورهای آموزشی به مشترکین ۶- تدوین مطالب آموزشی مصرف بهینه آب در مصارف مختلف در کتب درسی و برنامه‌های آموزشی و پرورشی مدارس ۷- آگاهی مردم از هزینه‌های گزاف تولید و استحصال آب ۸- برگزاری نمایشگاه‌های صنعت آب و ارائه مراحل تصفیه آب	آموزش
۱ ۲ ۳	۱- وضع قوانین جهت تشویق و تنبیه مشترکین کم و پر مصرف ۲- دریافت قیمت تمام شده آب از مشترکین پرمصرف ۳- تشویق مشترکین به صرفه‌جویی در مصرف آب از طریق حذف آب‌بهای زیر الگوی مصرف	تشویق و تنبیه مشترکین
۱ - ۲ ۳ -	۱- تبلیغات از طریق رسانه‌ها (تلویزیون - رادیو) و پخش کتابچه راهنما و بروشور در خصوص مصرف صحیح آب ۲- چاپ شعارهای مختلف صرفه‌جویی و مصرف بهینه آب بر روی قبوض مشترکین ۳- پخش فیلم و پیام در صدا و سیما و خبرهای مربوط به وضعیت آب کشور، استان و شهرستان‌ها ۴- نصب پوستر و عکس در سطح شهر و روستا در چگونگی مصرف صحیح آب ۵- میزگردهای مطبوعاتی نحوه صحیح مصرف در رسانه‌ها	تبلیغات و اطلاع‌رسانی
۳ ۲ ۱	۱- پایین بودن قیمت آب ۲- تعرفه تصاعدی (افزایش قیمت آب) ۳- نرخ‌های متفاوت برای هر متر مکعب مصرف آب	اصلاح تعرفه‌ها و قیمت آب
۱ - ۳ - - ۲ -	۱- جلوگیری از تلفات آب در سیستم آبرسانی و نشت‌سنجی شبکه توزیع آب و تعمیر آن با یک برنامه منظم ۲- نصب شیرهای کنترل فشار ورودی در نقاط مناسب و کاهش مقدار فشار خروجی در شبکه توزیع آب ۳- کاهش میزان نشت در شبکه‌های توزیع از طریق حداقل نمودن فشار اضافی در شبکه ۴- کاهش میزان انشعابات غیر مجاز ۵- دقت در آزمایش تست لوله‌ها و مخازن در هنگام اجرا ۶- استفاده از لوله، اتصالات و شیرآلات مناسب و با کیفیت بالا در کاهش نشت و ترک خوردگی در طول شبکه ۷- تعمیر و یا تعویض کنتورها بصورت دوره‌ای و در زمان‌های مشخص	تلفات آب
۲ ۳ ۱ - -	۱- استفاده از تکنولوژی‌های ساده، کم هزینه، متناسب و قابل بهره‌برداری ۲- استقرار تله‌متری (کنترل از راه دور) تأسیسات آبرسانی اعم از ذخیره، انتقال و توزیع ۳- نوع و جنس شیرآلات بکار رفته در منازل به لحاظ تکنولوژی ۴- استفاده از فناوری‌های جدید در صنعت آب (حفاظت از لوله انتقال آب، تصفیه آب و پساب، شیرین‌سازی و غیره) ۵- نصب کنتورهای آب هوشمند	تکنولوژی
۲ ۳ - - - - - - - ۱	۱- استفاده از آب‌های غیرشرب (آب چاه‌ها) به جای آب تصفیه شده در مصارف فضای سبز، پارک‌ها و فضای ورزشی ۲- جداسازی آب نخیلات منازل و باغچه‌ها از آب شرب و بهداشتی از طریق منابع آبی غیر شرب ۳- تأمین نیاز آبی دام از طریق ایجاد آبشخورها در محل‌های مختلف از منابع آبی محلی دیگر ۴- استفاده از سیستم آبیاری مکانیزه در فضاهای سبز ادارات، مراکز و مدارس ۵- طرح سیستم لوله‌کشی دوگانه آب شرب و بهداشتی بصورت جداگانه از دو منبع متفاوت ۶- عدم استفاده از ماشین لباسشویی به طور هفتگی ۷- عدم استفاده از کولر آبی در ساعات مشخص ۸- عدم داشتن باغچه در منزل و آبیاری در ساعات مشخص ۹- عدم پرورش حیوانات اهلی در منزل (گاو، گوسفند و مرغابی ...) ۱۰- عدم شستشوی ماشین و حیاط با آب لوله	جداسازی آب شرب و بهداشتی
۱ ۲ ۳	۱- دقت در انتخاب منابع تأمین آب آشامیدنی روستایی با استفاده از مشاوران بومی (شوراها، دهیاری‌ها و ریش سفیدان محلی و عوامل غیر بومی (کارشناسان و مهندسين آب) ۲- استفاده از مشارکت‌های مردمی و تکیه بر توانایی‌های بومی و محلی در جهت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های توزیع و انتقال آب ۳- انتخاب منابع تأمین آب آشامیدنی روستایی با استفاده از کارشناسان و مهندسين آب شرکت آبفاز	بومی‌سازی مسوولیت‌ها
بیشترین مصرف آب		شستشوی ماشین - شستشوی حیاط - آبیاری باغچه - آشپزی - شستشوی ظروف و لباس - استحمام
تأمین برای کاهش مصرف آب		شستشوی ماشین و حیاط - آبیاری باغچه - حمام - آشپزی و شستشوی ظروف و لباس

جدول ۳- اولویت‌بندی «شاخص‌های اصلی» در رابطه با بهینه‌سازی توزیع و مصرف آب از نظر متخصصان و کارشناسان آب و مشترکین

اولویت‌بندی	نظر متخصصان و کارشناسان آب	میانگین امتیازات (AHP)	نظر مشترکین	میانگین زیرشاخص‌ها
۱	جداسازی آب شرب و بهداشتی	۰/۱۲۰۸۲	تبلیغات و اطلاع‌رسانی	۳/۴۷۷
۲	تبلیغات و اطلاع‌رسانی	۰/۱۰۶۹۷	آموزش	۳/۴۲۳
۳	آموزش	۰/۰۸۹۱۸	جداسازی آب شرب و بهداشتی	۳/۳۶۴
۴	تکنولوژی	۰/۰۸۷۴۳	اصلاح تعرفه‌ها و قیمت آب	۳/۳۰۴
۵	تلفات آب	۰/۰۸۵۲۶	تکنولوژی	۳/۲۷۲
۶	اصلاح تعرفه‌ها و قیمت آب	۰/۰۷۹۲۷	بومی‌سازی مسئولیت‌ها	۳/۲۴۵
۷	بومی‌سازی مسئولیت‌ها	۰/۰۵۶۲۷	تلفات آب	۳/۱۵۲

نتایج نشان داد که ۸۹/۷ درصد پاسخ‌گویان تبلیغات از طریق رسانه‌ها (رادیو و تلویزیون)، ۸۷/۶ درصد پخش فیلم و پیام در صدا و سیما، ۸۶/۸ درصد نصب پوستر و عکس و بیش از ۸۸ درصد پاسخ‌دهندگان آموزش در مدارس را موثر دانستند. بیش از ۸۶ درصد از مشترکین اعلام نمودند که نیاز به آموزش همگانی جهت بهینه‌سازی مصرف دارند و ۷۵ درصد آنان آموزش بانوان خانواده‌ها را راه حل موثرتری اعلام نمودند. همچنین بیش از ۷۶ درصد آنان اعلام نمودند که شستشوی ماشین و حیاط با آب شرب و بهداشتی باعث هدررفت زیاد آب شده و حقوق سایر شهروندان نادیده گرفته می‌شود. ۷۷/۴ درصد استفاده از آب‌های غیرشرب (آب چاه‌ها) به جای آب تصفیه‌شده در مصارف فضای سبز، پارک‌ها و فضای ورزشی را علامت‌گذاری نمودند و ۷۳/۶ درصد آنان اعلام نمودند که تأمین آب نخیلات منازل و باغچه‌ها از طریق آب شرب و بهداشتی منصفانه نیست و برای این مصارف از طریق منابع آبی غیر شرب تأمین آبی صورت گیرد.

در خصوص تلفات آب در طول شبکه مشاهده شد که ۸۱/۲ درصد اعلام نمودند که با جلوگیری از تلفات آب در سیستم آبرسانی و نشت‌سنجی شبکه توزیع آب و تعمیر آن با یک برنامه منظم می‌توان مانع تلفات زیاد آب در شبکه شد و همچنین ۷۹/۶ درصد بیان نمودند که از لوله و اتصالات و شیرآلات مناسب و با کیفیت بالا در شبکه توزیع آب استفاده شود. ۷۹/۵ درصد آنان توصیه نمودند که از طریق حداقل نمودن فشار اضافی می‌توان میزان نشت در شبکه‌های توزیع را کاهش داد. یافته‌های دیگر این پژوهش نشان داد که تشویق و تنبیه مشترکین در پایین‌ترین حالت بهینه‌سازی عامل موثری می‌باشد و ۸۴/۳ درصد اعلام نمودند که وضع قوانین مناسب جهت تشویق و تنبیه مشترکین و ۸۰ درصد دریافت قیمت تمام‌شده‌ی آب را راهکار مناسبی بیان نمودند. ۸۵ درصد آنان توصیه نمودند حذف آب‌بهای زیر الگوی مصرف می‌تواند عامل موثری برای کاهش میزان مصرف و استفاده‌ی درست از آب باشد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که از بین ۸ عامل اصلی نهایی شده عوامل اصلی مؤثر بر بهینه‌سازی، تبلیغات و اطلاع‌رسانی به عنوان مهمترین عامل موثر و آموزش مشترکین هم به عنوان دومین عامل از درجه‌ی اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشند و عوامل دیگر از درجه‌ی اهمیت پایین‌تری برخوردار می‌باشند. "تبلیغات و اطلاع‌رسانی" به عنوان مهمترین عامل بهینه‌سازی و از زیرشاخص‌های آن، تبلیغات از طریق رسانه‌ها (رادیو و تلویزیون) و پخش کتابچه راهنما و بروشور در خصوص چگونگی مصرف صحیح آب در اولویت بالاتری قرار گرفته و پخش فیلم و پیام در صدا و سیما و خبرهای مربوط به وضعیت آب کشور، استان و شهرستان‌ها در اولویت بعدی و اثر کمتری در مصرف و بهینه نمودن مصرف دارد.

همچنین بنابر اطلاعات جمع‌آوری شده از نمونه‌های انتخابی از مشترکین و از نتایج دیگر این پژوهش، سطح تحصیلات و

جایگاه شغلی سرپرست خانوارها، میزان درآمد خانوارها، سطح رفاهی، نوع فرهنگ، بهداشت فردی و خانوادگی، جمعیت خانوارها و همچنین قیمت آب و تغییرات فصلی در میزان مصرف آب تأثیر بسزایی دارد.

طبق نتایج تحقیق، به ترتیب بیشترین مصرف آب در فعالیت‌های شستشوی ماشین، شستشوی حیاط، آبیاری باغچه، آشپزی، شستشوی ظروف و لباس و استحمام وجود دارد. تمایل مصرف‌کنندگان برای کاهش مصرف آب برحسب اولویت انتخاب آنان مربوط به فعالیت‌های شستشوی ماشین و حیاط، آبیاری باغچه، حمام، آشپزی، شستشوی ظروف و لباس بوده است. همچنین بر اساس این تحقیق راهکارهای بهینه‌سازی مصرف خانگی آب به ترتیب مربوط به بخش‌های تبلیغات و اطلاع‌رسانی، آموزش مشترکین، جداسازی آب شرب و بهداشتی، تکنولوژی، بومی‌سازی مسئولیت‌ها، تلفات آب، تشویق و تنبیه مشترکین، ویژگی‌های فردی و خانوادگی، بهبود و اصلاح وسایل انتقال آب، شرایط اقلیمی و وضعیت فرهنگی عنوان شده است.

۱- با توجه به اهمیت تبلیغات و آموزش، توصیه می‌شود رسانه‌های جمعی بیشتر به ارائه اطلاعاتی درباره مصرف بهینه آب بپردازند، و به مصرف‌کنندگان در خصوص بحران آب، کمبود آب و مشکلاتی که برای انسان ایجاد خواهد شد، از طریق میزگردها، جلسات پرسش و پاسخ، دعوت از صاحب‌نظران و کارشناسان مسائل آب هشدارهای لازم داده شود.

۲- با توجه به تأثیر بالاتر آموزش حضوری، توصیه می‌شود آموزش همگانی برای اصلاح روش‌های مصرف آب با توجه بیشتری انجام شود.

۳- جداسازی آب تصفیه شده و ارایه آب تصفیه نشده به مشترکین برای مصارف غیر آشامیدنی.

۴- از طریق رسانه‌های جمعی در هر منطقه، افرادی را که در مصرف آب، بیشتر صرفه‌جویی داشته و از این منبع حیاتی درست استفاد کرده‌اند، به‌عموم معرفی تا موجب تشویق دیگران نیز در این کار باشند.

۵- از طریق عوامل شرکت‌های آب‌فار و روابط عمومی، برنامه‌هایی جهت استفاده درست از آب طراحی شود و هدفی در طراحی این برنامه‌ها منظور شده باشد و از طریق روزنامه‌های محلی، همراه با قبض آب‌بها در اختیار مشترکین قرار داده و کسانی که به این هدف دسترسی پیدا کنند، مورد تشویق قرار گیرند.

منابع

- بنایی قهفرخی، ب.، کوهی، ش. و محمودی چالبطانی، س. ۱۳۸۸. بهینه‌سازی مصرف آب با تأکید بر اقتصاد مهندسی به روش تحقیق در عملیات (مطالعه موردی شهر لردگان).
- پاکروح، ش. ۱۳۸۳. بررسی عوامل مدیریتی موثر بر کاهش آب به حساب نیامده در شبکه توزیع آب امور آب و فاضلاب شهر سنندج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی.
- تابش، م. و ذبیحی، م. ۱۳۸۷. تأثیر قیود کیفی در بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.
- نوری سپهر، م. و تشیعی، ح. ر. ۱۳۸۵. مدیریت تأمین آب آشامیدنی در روستاها. دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی. تهران، ایران.
- ساملی، ا. ۱۳۸۱. بهینه‌سازی نحوه توزیع و مصرف آب شرب استان خراسان (پایلوت در خراسان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست.
- صالح‌نیا، ن.، فلاحی، م.، انصاری، ح. و داوری، ک. ۱۳۸۶. بررسی تعرفه‌های آب شرب شهری و تأثیر آن بر الگوی مصرف آب مشترکان، مطالعه موردی: شهر نیشابور. فصلنامه علمی- پژوهشی آب و فاضلاب، ۱۸(۳): ۵۰-۵۹.

۶- تعیین پلکانی نرخ مصرف آب با توجه به میزان مصرف.

۷- ایجاد نظام‌های توزیع آب، متناسب با شرایط اقلیمی و نوع مصرف.

۸- بازسازی و نوسازی تأسیسات آب و فاضلاب در جهت افزایش بهره‌وری و بهینه‌سازی توزیع و مصرف به منظور کاهش هدررفت آب.

۹- استفاده از مشاوران بومی در انتخاب منابع تأمین آب آشامیدنی و بازسازی و نوسازی تأسیسات آب و فاضلاب به دلیل آشنایی بیشتر آن‌ها

۱۰- گسترش فعالیت‌های پژوهشی و مطالعاتی و ایجاد ارتباط مستمر با مراکز علمی و دانشگاهی به منظور آشنایی و به کارگیری فناوری‌های پیشرفته.

۱۱- بکارگیری وسایل اندازه‌گیری دقیق و سامانه تله متریک در مراکز تأمین و مصرف با استفاده از فناوری پیشرفته روز دنیا.

۱۲- استفاده از سیستم GIS در شهرها و شهرستان‌ها به منظور تحقق اصل هماهنگی با سایر ارگان‌های خدماتی و تسریع در ارائه خدمات و رفع نواقص شبکه.

پی‌نوشت

- 1- Seasonal Agricultural Water Allocation System
- 2- Group Analytical Hierarchy Process
- 3- supply chain management

قانون برنامه سوم، توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، چاپ پنجم، تهران، مصوب مجلس شورای اسلامی، بهار ۱۳۷۹.

مظلوم، ب. ز. و یزدان‌داد، ح. ۱۳۸۸. بررسی عوامل موثر بر الگوی مصرف آب و بهینه‌سازی آن در بخش خانگی (مطالعه موردی شهر مشهد). سومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف). تهران. ۱۳۸۸

مولایی، م. ح. ۱۳۷۹. بازنگری شاخص‌های فقر آبی. مجله آب و محیط زیست، ۴۴: ۱۹-۲۳.

- Chaezmorales, J. 1968. An optimization and simulation methodology for irrigation planning. DAIB47102:766.
- Salman A.Z., Al-Karablieh E.K. and Fisher F.M. 2001. An Inter-sesonal agricultural water allocation system (SAWAS). Agricultural Systems, 68: 233-252.
- Singh D.K., Jaiswal C.S., Reddy K.S., Singh R.M. and Bhandarkar D.M. 2001. Optimal cropping pattern in a canal command area. Agricultural Water Management, 50: 1-8.
- Yevjevich V. 1995. Effect of area time horizons in comprehensive and integrated water resources management. Water Science and Technology, 31(8): 19-25.

Agent based modeling framework in simulation of stakeholder's behavior for managing water resources

M. Ghallehban Tekmedash^{1*}, A. Taheri Tizro², H. Zare Abyane²

1,2- PhD student of water resources engineering & Associate Professor, water engineering department, Bu-Ali Sina university, Hamedan, Iran

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

Received: 20-6-2015

Accepted: 12-9-2015

چارچوب مدل‌های عامل‌بنیان در شبیه‌سازی رفتار ذینفعان برای مدیریت منابع آب

میلاد قلعه‌بان تکمه‌داش^{۱*}، عبدالله طاهری تیزرو^۲، حمید زارع ابیانه^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.

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

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۳۰

تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۱

Abstract

Application of agent based model in simulation of stakeholder's behavior is slightly a new method for modeling of complicated systems that include autonomous agents interacting with each other. Recent numerical achievements have made the applications of agent based models possible in various fields. These applications range from modeling of human progress and destruction of past civilizations to modeling of complexities in water resources/consumption systems. In this article foundation of agent based modeling is defined, related tools in this field is introduced and their application in water resources management is clarified. The use of such models provides social interactions simulation. Integration of such simulation models with water resources simulation models helps to make and improve the reliability of decision support systems in water resources management.

Keywords: Agent based modeling, water resources management, stakeholders, simulation.

چکیده

کاربرد مدل‌های عامل‌بنیان در شبیه‌سازی رفتاری ذینفعان یک روش نسبتاً جدید برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده‌ای است که شامل عوامل خودمختاری هستند که با یکدیگر در تعامل‌اند. پیشرفت‌های محاسباتی، کاربرد مدل‌های عامل‌بنیان را در زمینه‌های مختلف میسر کرده است. این کاربردها در مدل‌سازی رفتار انسان در بازار و چرخه‌های تولید، مدل‌سازی پیشرفت و از بین رفتن تمدن‌های گذشته تا مدل‌سازی پیچیدگی‌های سیستم‌های منابع/مصارف آب و بسیاری دیگر گسترش یافته‌اند. در این مقاله اساس مدل‌سازی عامل‌بنیان تبیین می‌شود، ابزارهای مورد استفاده در این زمینه معرفی می‌گردند و کاربرد آن در زمینه‌ی مدیریت منابع آب نمایش داده می‌شود. به کارگیری مدل‌هایی از این قبیل، امکان شبیه‌سازی تعاملات اجتماعی را میسر می‌سازد. تلفیق اینگونه مدل‌های شبیه‌سازی با مدل‌های شبیه‌سازی منابع آب، به تولید و بالابردن اطمینان‌پذیری مدل‌های جامع پشتیبانی تصمیم‌گیری مدیریت منابع آب کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی عامل‌بنیان، مدیریت منابع آب، ذینفعان، شبیه‌سازی.

در حال پیچیده‌تر شدن است. سیستم‌هایی که نیاز به تحلیل و مدل‌سازی آنها داریم از لحاظ همبستگی‌های چندگانه همواره پیچیده‌تر می‌شوند. ابزارهای سنتی مدل‌سازی دیگر مانند گذشته قابل کاربرد نیستند. برخی از سیستم‌ها همیشه آنقدر پیچیده بوده‌اند که قادر به مدل‌سازی آنها نبوده‌ایم. مدل‌سازی اقتصادی به صورت سنتی، به فرضیات ساده‌کننده‌ای مانند همگن بودن رفتار عوامل وابسته بوده‌اند تا با این فرضیات، مسئله از لحاظ تحلیلی و محاسباتی قابل حل گردد. هم اکنون قدرت محاسباتی به سرعت در حال پیشرفت است. این پیشرفت‌ها امکان توسعه مدل‌هایی با مقیاس شبیه‌سازی میکرو را برای محدوده‌های بزرگ فراهم آورده‌اند که چند سال پیش ممکن نبود (North و Macal، ۲۰۰۵).

هدف اصلی این مقاله، پاسخ به چند پرسش است که عبارتند از: الف) چرا مدل‌سازی عامل‌بنیان یک روش مناسب و بهتر در موارد مرتبط با محیط انسانی می‌باشد؟ ب) چگونه مدل‌سازی عامل‌بنیان برای حل مسائل کاربردی در حوزه مدیریت آب مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ ج) مراحل بکارگیری مدل‌سازی عامل بنیان چیست؟

این مقاله در دو بخش تهیه شده است. بخش اول در مورد معرفی اجمالی مدل‌سازی عامل‌بنیان و تاریخچه آن است. همچنین ابزارهای کاربردی مدل‌سازی عامل‌بنیان به اختصار معرفی می‌گردند. بخش دوم تفکر عامل‌بنیان و چگونگی کاربرد مدل‌سازی عامل‌بنیان را توضیح می‌دهد، و برخی روش‌های توسعه مدل‌های عامل‌بنیان در مدیریت منابع آب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

رفتار واقعی افراد را فراهم می‌آورد. حال آنکه، آشکال سنتی مدل‌سازی براساس قواعد و اصول بهینه‌سازی رفتارها است (North و Macal، ۲۰۰۵).

۲- کاربردهای مدل‌سازی عامل‌بنیان در علوم آب و منابع طبیعی
کاربرد مدل‌های عامل‌بنیان در علوم منابع طبیعی ابتدا درباره مدیریت منابع تجدیدپذیر توسط Bousquet (۱۹۹۳) مورد مطالعه قرار گرفت. در مطالعه مذکور، یک شبیه‌ساز چند عاملی برای درک بهتر اندرکنش میان بهره‌برداران و منابع طبیعی ایجاد گردید. همچنین Balmann (۱۹۹۷) این نوع مدل‌ها را در زمینه مدیریت عملیات کشاورزی مورد استفاده قرار داد. تحقیق مذکور بیشتر بر جنبه‌های اقتصادی کشاورزی تمرکز داشت و بیشترین منفعت اقتصادی برای کشاورزان در نظر گرفته شد. Becu و همکاران (۲۰۰۳) در زمینه شبیه‌سازی عامل‌بنیان برای مدیریت آب حوضه آبریز در جنوب تایلند مطالعه‌ای

مدل‌سازی عامل‌بنیان رویکردی نسبتاً جدید برای مدل‌سازی سامانه‌هایی است که از عوامل مستقل ولی در تعامل با هم تشکیل شده‌اند. مدل‌سازی عامل‌بنیان یک پارادایم نسبتاً جدید است و از زمان پیدایش پایگاه‌های داده، یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌ها در مدل‌سازی محسوب می‌شود. علوم مهندسی و علوم مدیریت مشترکاً برای توصیف، درک و مدیریت پدیده‌ها به دنبال مدل‌سازی دنیای واقعی هستند، با این تفاوت که علوم مهندسی پدیده‌های دنیای طبیعی و علوم مدیریت سامانه‌های انسانی را مدل‌سازی می‌نمایند (Axtell و Epstein، ۱۹۹۶).

از آنجا که دانش مدل‌سازی در زمینه‌ی پدیده‌های طبیعی و قوانین مرتبط با آن بسیار پیشرفت کرده است، مدل‌های تقریبی زیادی برای این‌گونه پدیده‌ها ساخته شده و اثربخشی این مدل‌ها با توجه به پیشرفت‌های مستمر در علوم مهندسی و فیزیک مشهود و قابل اثبات است. اما دنیای واقعی انسانی به دلیل پیچیدگی‌های رفتاری «انسان» کمتر به شکل مدل ارائه شده است. همچنین، سامانه‌های بشری بسیار پویاتر و پیچیده‌تر از دنیای طبیعی است و از حالت ثبات برخوردار نیست. همین امر موجب پیچیدگی و عدم قطعیت هرچه بیشتر مسائل انسانی می‌شود. برای تصمیم‌گیری در خصوص اینگونه مسائل باید فاکتورهایی نظیر عوامل کلیدی، قوانین رفتاری عوامل، نحوه‌ی تعامل عوامل با یکدیگر و با محیط و از این دست مسائل در نظر گرفته شوند (Bonabeau، ۲۰۰۲). ما در دنیایی زندگی می‌کنیم که به شکل فزاینده‌ای

معرفی مدل‌سازی عامل‌بنیان و ابزارهای آن

۱- پیش‌زمینه‌ی مدل‌سازی عامل‌بنیان

مدل‌سازی عامل‌بنیان ارتباطات زیادی با بسیاری از موضوعات مانند علم پیچیدگی‌ها، علوم سیستمی، پویایی سیستم‌ها، علوم کامپیوتر، مدیریت، جامعه‌شناسی و شبیه‌سازی دارد. مدل‌سازی عامل‌بنیان به علت اصول نظری، دیدگاه مفهومی و فلسفه آن و همچنین به علت کاربرد تکنیک‌های مدل‌سازی از این علوم استفاده می‌نماید. مدل‌های عامل‌بنیان ارتباط مستقیمی با سیستم‌های انطباقی پیچیده دارد و مفهوم ذاتی آن تعریف سیستم‌ها از دیدگاه جزء به کل می‌باشد، برخلاف پویایی سیستم‌ها که دیدگاه کل به جزء دارند. سیستم‌های انطباقی^۱ پیچیده همیشه درگیر این مسئله بوده‌اند که چگونه رفتارهای پیچیده از سوی عوامل خودمختار در طبیعت بروز می‌کند. علاوه بر این مدل‌سازی عامل‌بنیان امکان مدل‌سازی

انجام دادند. آنها برای این هدف یک مدل عامل‌بنیان به نام CATCHSCAPE تهیه کرده، سناریوهای اقتصادی، کاربری اراضی و مدیریت منابع آب را مورد آزمون قرار دادند. در همین سال Feuillette و همکاران (۲۰۰۳) مقاله‌ای با موضوع حل اختلافات در مدیریت منابع آب زیرزمینی نگاشتند. به گزارش نگارندگان مدل ارائه شده با نام SINUSE قابلیت بالایی در شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده و توزیعی دارد. قابلیت کاربرد مدل‌های عامل‌بنیان برای ارزیابی سیستم‌های آبیاری اجرا شده در سنگال موضوع تحقیق Barreteau و همکاران (۲۰۰۴) است که نتیجه آن ایجاد یک آزمایشگاه مجازی برای شبیه‌سازی براساس سناریوهای مختلف می‌باشد. در بخش مدیریت آب شهری مدل‌های عامل‌بنیان کاربرد بیشتری نسبت به حوضه‌های آبریز داشته‌اند. Galán و همکاران (۲۰۰۹) یک مدل عامل‌بنیان برای مدیریت آب شرب در کلان شهر والادولید توسعه دادند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که با استفاده از مدل‌های عامل‌بنیان نتایجی می‌توان کسب کرد که با استفاده از روش‌هایی مانند پویایی سیستم‌ها و سایر مدل‌ها به سختی قابل دستیابی می‌باشند. همچنین در زمینه کیفیت آب در سطح حوضه آبریز تحت تأثیر آلودگی کشاورزی در یک منطقه با استفاده از مدل‌های عامل‌بنیان مطالعه‌ای انجام شده است که نتایج آن نشان داد تغییر رفتار کشاورزان بر پیش‌بینی و تصمیم‌گیری سایر کشاورزان مؤثر است و نتایج واکنش عوامل

بر منابع آب متفاوت می‌باشد (Ng و همکاران، ۲۰۱۱). در سال ۲۰۱۳ نیز یک چهارچوب برای مدیریت اختلاف میان ذینفعان در حوضه آبریز سن واکین توسط Akhbari و Grigg ارائه شد. این چهارچوب برای ارزیابی راه‌های مؤثر در تشویق ذینفعان جهت همکاری بیشتر به منظور کاهش مصرف آب کشاورزی و به دنبال آن، کاهش میزان آلودگی آب و افزایش جریان آب رودخانه ارائه گردید (Akhbari و Grigg، ۲۰۱۳).

۳- ابزارهای مدل‌سازی عامل‌بنیان

امروزه بسیاری از محیط‌های نرم‌افزاری برای مدل‌سازی عامل‌بنیان به شکل رایگان در اختیار هستند. این ابزارها شامل نرم‌افزارهای REPASt (North و Macal، ۲۰۰۵)، SWARM (Minar و همکاران، ۱۹۹۶)، NetLogo و MASON و بسیاری دیگر می‌باشند. ابزارهای تجاری غیر رایگان نیز مانند AnyLogic وجود دارد. نرم‌افزار SWARM اولین ابزار توسعه مدل‌های عامل‌بنیان می‌باشد که در سال ۱۹۹۴ معرفی شده است. بعد از معرفی نرم‌افزار SWARM، ابزاری به نام REPASt در مسائل شبیه‌سازی جوامع و رفتار آن‌ها بکار گرفته شد. این نرم‌افزار یک ابزار رایگان و با کد آزاد برای مدل‌سازی عامل‌بنیان در مقیاس کلان می‌باشد. کاربران بوسیله کتابخانه‌ی این نرم‌افزار به سهولت می‌توانند مدل‌های خود را ایجاد کنند یا می‌توانند از محیط برنامه‌نویسی بصری در این نرم‌افزار استفاده کنند.

تفکر عامل‌بنیان

۱- عامل چیست؟

هرچند تعاریف گوناگونی برای واژه‌ی "عامل" ارائه گردیده، اما در همه این تعاریف چند گزینه به صورت مشترک وجود دارد. این گزینه‌ها شامل خصوصیات، قوانین رفتار، حافظه، منابع در دسترس، اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌گیری و قوانین اصلاح‌کننده‌ی رفتار عوامل هستند (شکل ۱). برخی محققان هر نوعی از اجزای مستقل (مانند نرم‌افزار، مدل، افراد و غیره) را به عنوان عامل در نظر می‌گیرند (Bonabeau، ۲۰۰۲). سایر محققین معتقدند که رفتار یک عامل بایستی انطباقی باشد تا بتوان آن را یک عامل در نظر گرفت. در تعریف این گروه از محققین، عنوان عامل برای اجزایی در نظر گرفته می‌شود که می‌توانند از محیط خود یاد بگیرند و رفتار خود را در واکنش به آن تغییر دهند. برخی دانشمندان معتقد هستند که عامل‌ها بایستی هم شامل قوانین رفتاری اساسی باشند هم شامل یک سری قوانین سطح بالاتر باشند که قوانین رفتاری اساسی را تغییر دهند (Casti، ۱۹۹۷). قوانین اساسی باعث بروز واکنش به محیط می‌شوند؛

درحالی‌که قوانین سطح بالاتر باعث سازگاری با محیط می‌گردند. اوائل قرن بیستم یک محقق دیدگاهی از نظر علوم کامپیوتر ارائه داد که خصوصیات اساسی رفتار مستقل (خودمختار) را نشان می‌دهد. او ابراز داشت که ویژگی اصلی یک عامل، قابلیت آن در اتخاذ تصمیمات مستقل می‌باشد (Jennings، ۲۰۰۰). این امر نیازمند فعال بودن یک عامل است نه منفعل بودن آن. در کل، عوامل دارای خصوصیات زیر هستند:

- یک عامل قابل تشخیص می‌باشد. یک عامل به صورت جداگانه دارای یک سری از خصوصیات (شکل ۱) و قوانین رفتاری است و شامل قابلیت‌های تصمیم‌گیری است. عوامل بر خود متکی هستند. یک عامل دارای مرز است و می‌توان به سادگی تشخیص داد که آیا یک جزء، بخشی از یک عامل هست یا خیر، یا حتی یک خصوصیت مشترک است یا خیر.
- یک عامل دارای بعد مکان است، در یک محیط زندگی می‌کند که با دیگر عوامل در تعامل است (شکل ۱). عوامل برای اندرکنش با دیگران دارای پروتکل (آداب و رسوم) هستند مثلاً برای برقراری ارتباط یا قابلیت واکنش به محیط روش خاص خود را دارند. عوامل می‌توانند صفات سایر عوامل را شناسایی کنند.

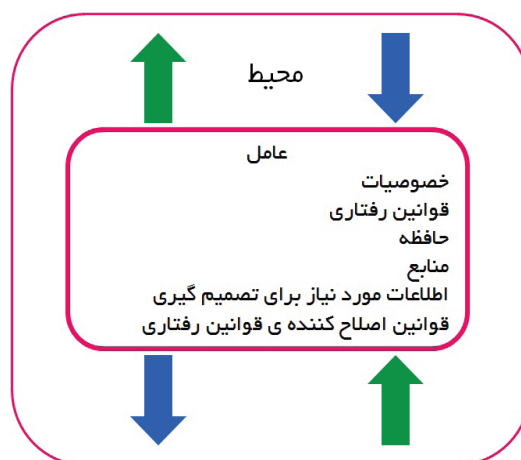
• هر عامل هدف-محور است، یعنی دارای اهدافی است که در راستای دستیابی به آن‌ها حرکت می‌کند. این اهداف لزوماً به صورت بهینه تعریف نمی‌شوند.

• عامل خودمختار و خودمحور است. عامل می‌تواند به صورت مستقل در محیط خود و در تعامل با دیگر عوامل عمل کند.

• یک عامل انعطاف پذیر است؛ دارای قابلیت یادگیری و سازگارسازی رفتار خود براساس تجربیاتش می‌باشد. این امر نیازمند شکلی از حافظه (شکل ۱) است. همچنین، یک عامل قوانینی دارد که بر اساس آن‌ها رفتار خود را اصلاح می‌کند.

عوامل انواع مختلفی دارند، ناهمگن‌اند و خصوصیات و قوانین رفتاری پویایی دارند. قوانین رفتاری از نظر تکامل، میزان اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌گیری، میزان حافظه از وقایع گذشته متفاوت است. عوامل از لحاظ خصوصیات و منابع نیز متفاوت هستند. به عبارت دیگر، هر عامل بسته به متغیرهای محیطی اطراف و ویژگی‌های درونی خود با سایر عوامل تفاوت دارد. از سوی دیگر، منابع در دسترس (از لحاظ فنی، اقتصادی، دانش و غیره) برای هر عامل متفاوت است.

محیطی که عوامل در آن قرار دارند و با آن در اندرکنش می‌باشند بر درک این عوامل نسبت به مسأله موجود و نوع تصمیم‌گیری آنها تأثیرگذار است. شکل (۱) عامل را در ارتباط با محیط خود و خصوصیات درونی خود نشان می‌دهد. پیکان‌ها نشان‌دهنده تعامل یک عامل با محیط هستند و هر عامل خصوصیتی دارد که به شکل مشترک برای تمام عوامل در نظر گرفته می‌شود اما این خصوصیات برای هر عامل با سایرین متفاوت است.



شکل ۱- خصوصیات یک عامل (Macal و North، ۲۰۰۵)

۲. مراحل اصلی ایجاد مدل عامل‌بنیان

به طور کلی در توسعه یک مدل، گام‌های ابتدایی شامل: تعریف هدف از مدل، سوال‌هایی که مدل بایستی به آنها پاسخ دهد و انتخاب کاربران کلیدی در فرایند است. گام بعدی، تحلیل

سیستماتیک سیستم مورد مطالعه می‌باشد. همچنین تعریف اجزاء و اندرکنش میان اجزاء، منابع اطلاعاتی متقن و صحیح بایستی مورد نظر قرار گیرند. گام بعدی بکارگیری مدل و ایجاد آزمایشاتی با استفاده از پرسش سوال‌های شرطی بوسیله تغییر سیستماتیک پارامترها (واسنجی) و فرضیات (صحت‌سنجی) می‌باشد. نهایتاً درک دقت مدل و نتایج آن با استفاده از تحلیل حساسیت و سایر تکنیک‌ها به عنوان گام نهایی در نظر گرفته می‌شود.

برای توسعه یک مدل عامل‌بنیان، علاوه بر گام‌های فوق، موارد زیر نیز باید به دقت تعیین گردند:

- تشخیص عوامل یا ذینفعان
- تشخیص صحیح خصوصیات و رفتار عوامل
- تعریف محیطی که عوامل در آن زندگی می‌کنند و با آن اندرکنش دارند
- تعریف روابط میان عوامل و توسعه یک تئوری درباره اندرکنش آنها با یکدیگر و محیط
- توسعه اطلاعات در رابطه با عوامل
- تعیین صحیح اندرکنش‌های عامل-عامل و همچنین اندرکنش‌های عامل-محیط
- ارزیابی مدل رفتاری عوامل

۳. طبقه‌بندی رفتار عوامل و اندرکنش‌ها

محققان رفتار عوامل را به دو کلاس انفعالی^۲ و شناختی^۳ تقسیم کرده‌اند. عوامل انفعالی براساس درک خود از محرک‌ها (وقایعی در محیط که بر رفتار عوامل موثر می‌باشند) واکنش نشان می‌دهند (Bandini و همکاران، ۲۰۰۹). رفتار این عوامل شامل یک سری از قوانین شرطی است که با یک استراتژی، انتخاب و تلفیق شده و هنگام مواجه شدن با قوانین مختلف از خود واکنش نشان می‌دهند. عوامل شناختی مکانیسم انتخاب پیچیده‌تری دارند. رفتار این عوامل براساس دانش آن‌ها درباره محیط، حافظه و تجربیات ایشان شکل می‌گیرد. علاوه بر این دو نوع از رفتار، کلاس سومی نیز وجود دارد که هیبرید نامیده می‌شود که ترکیبی از عوامل انفعالی و شناختی می‌باشد. در این کلاس عوامل دارای ساختار لایه‌ای هستند. ساختار لایه‌ای می‌تواند عمودی یا افقی باشد. هیچ اولویتی در مورد لایه‌های افقی وجود ندارد. در این ساختار برای آنالیز رفتار عوامل، نتایج لایه‌های مختلف بایستی ترکیب شوند. در ساختار عمودی اولویت بیشتری برای عوامل انفعالی در مقایسه با نوع شناختی آنها وجود دارد و این لایه‌ها فقط زمانی فعال می‌شوند که هیچ رفتار انفعالی‌ای فعال نشده باشد.

براساس سطح اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری در هر عامل، خصوصیت رفتاری آن‌ها مشخص می‌گردد. عوامل کشاورزی، تفریحی و صنعت در حوزه رفتاری- انفعالی جای می‌گیرند؛ زیرا واکنش آن‌ها نتیجه مواجهه با محرک‌ها است و تصمیمات اتخاذ

۴. تعریف محیط در مدیریت منابع آب

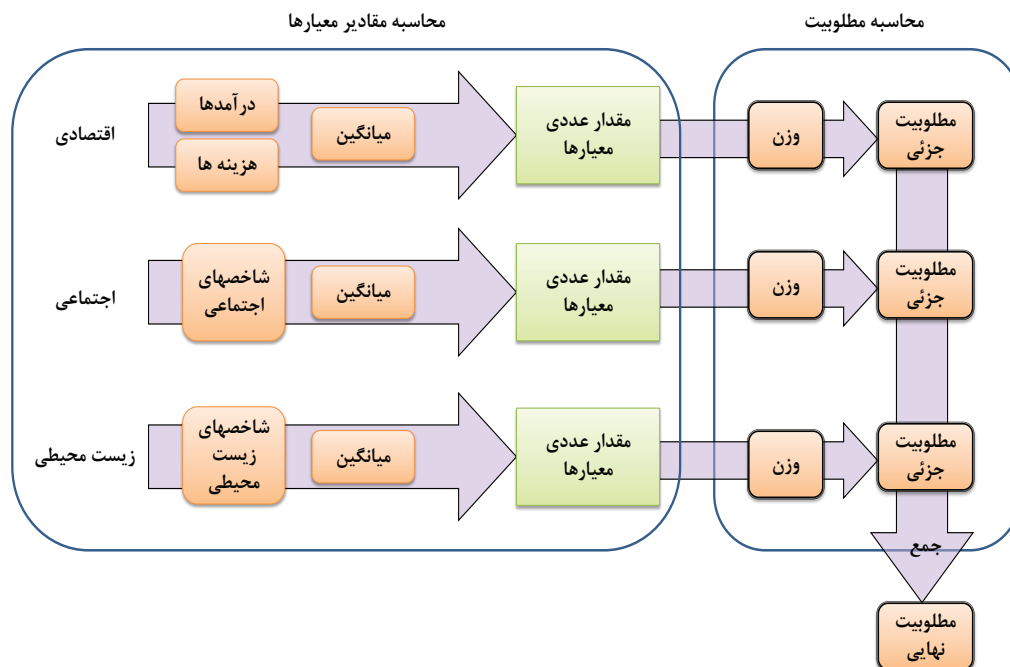
محیط در سیستم‌های منابع آب می‌تواند منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شود؛ مانند حوضه آبریز، شبکه آبیاری و زهکشی، آبخوان، سد، رودخانه و غیره. معمولاً محیط، خود می‌تواند به عنوان یک زیرمدل برای مدل کلی عامل بنیان که شامل مدل شبیه‌سازی رفتاری عامل‌ها نیز هست تولید شود. به عبارت دیگر مدلی که محیط و فرایندهای آن را شبیه‌سازی می‌کند، می‌تواند یک مدل بیلان آب، شبیه‌سازی حوضه آبریز یا یک مدل برنامه‌ریزی تخصیص آب از یک سد باشد. این مدل به شکل جداگانه تهیه شده و به مدل شبیه‌سازی رفتاری که حاصل تبیین رفتار و اندرکنش‌های عوامل است لینک می‌شود. لینک این دو مدل باید به صورت رفت و برگشتی باشد. بدین ترتیب که بازخوردهای حاصل از مدل شبیه‌سازی محیط (شامل وضعیت کمی و کیفی منابع آب) بر نوع تصمیم‌گیری عوامل شبیه‌سازی شده در مدل رفتاری تأثیر گذاشته و از طرفی، نتایج حاصل از مدل رفتاری بر ورودی مدل شبیه‌سازی محیط در دور بعدی محاسبات تأثیرگذار خواهند بود.

۵. تابع مطلوبیت

هر تصمیم‌گیرنده با توجه به خصوصیات رفتاری خود دارای یک تابع مطلوبیت می‌باشد. نیاز است که عوامل، توابع مطلوبیت خود را برای هر معیار (از لحاظ اقتصادی، اجتماعی،

ریسک‌پذیری، زیست‌محیطی، توزیع آب و ...) تعیین نمایند. مقادیر مطلوبیت هر عامل نسبت به این معیارها می‌تواند با مصاحبه مستقیم، تکمیل پرسشنامه، برگزاری جلسات مشترک میان ذینفعان و سایر روش‌ها برآورد شوند. مجموعه‌ی این مقادیر یک شاخص کلی از مطلوبیت آن عامل بدست می‌دهد. هر شاخص در یک فضای مشترک قرار می‌گیرد. این فضا، جایی است که مقادیر مربوط به مطلوبیت‌های عوامل قابل مقایسه هستند. دو روش برای محاسبه مطلوبیت‌ها ارائه می‌شود.

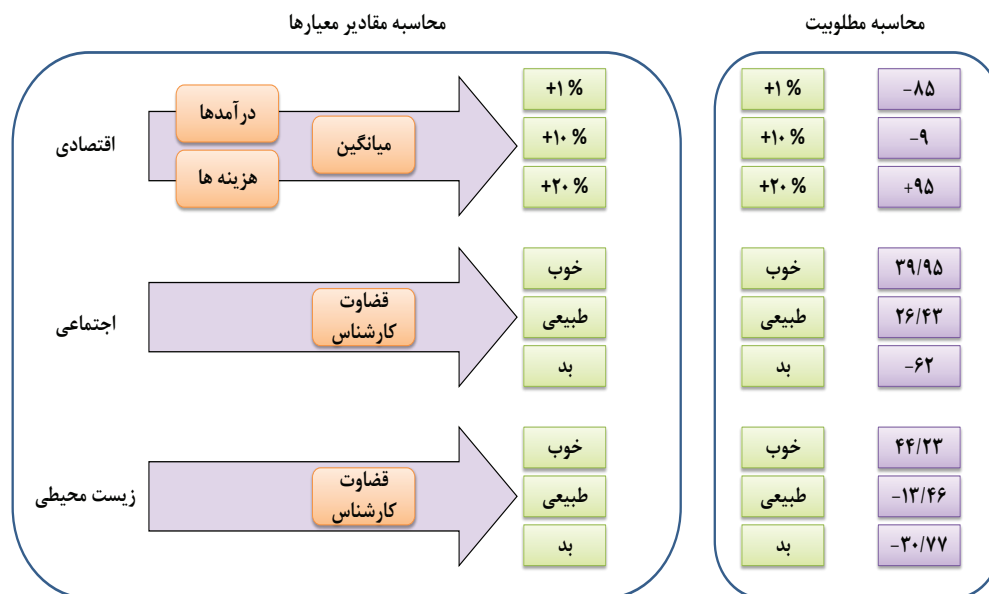
- روش اول: با استفاده از ارزش‌گذاری از طریق وزن‌دهی برای هر عامل، یک سیستم قابل مقایسه تهیه می‌شود. هر عامل می‌تواند براساس اولویت‌های خود به معیارها وزن خاص خود را اختصاص دهد. میانگین وزنی مقادیر مطلوبیت‌ها برای تمام معیارها، مطلوبیت آن عامل محسوب می‌شود. فرایند محاسبه مطلوبیت عوامل در شکل (۳) نشان داده شده است. هر معیار با یک ارزش عددی تعیین می‌شود. به عنوان مثال برای معیار اقتصادی سود نهایی و برای سایر معیارها مجموع شاخص‌های تعریف شده از آن معیار، مقدار ارزش عددی آن را تعیین می‌کند. تمام این مقادیر به یک واحد مشترک تبدیل می‌شوند. می‌توان مقادیر معیارها را به مقادیر تابع نرمال تبدیل کرد. سپس با استفاده از وزن‌های اختصاص یافته توسط هر عامل به این معیارها مقادیر مطلوبیت آنها محاسبه می‌شود (Murray-Rust و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۳- نحوه محاسبه مطلوبیت برای هر عامل با استفاده از روش وزن‌دهی (Murray-Rust و همکاران، ۲۰۱۴)

- روش دوم: در این روش مقادیر نمادین برای ارزش‌گذاری معیارها استفاده می‌شوند. این مقادیر بایستی شبیه هم باشند. مثلاً در معیار اقتصادی، سود نهایی برای یک عامل (که از اطلاعات بازار بدست می‌آید) به مقادیر نمادین تبدیل می‌شوند. برای مثال به شکل درصدی بیان می‌شوند. برخی از معیارهایی که به صورت کیفی هستند بایستی توسط کارشناسان خبره طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری شوند. این روش برای هر معیار یک

مقدار نمادین ایجاد می‌کند. وقتی که برای هر عامل اقدام به محاسبه مطلوبیت می‌شود، برای هر معیار یک مطلوبیت نسبی وجود دارد که می‌تواند مستقیماً از جمع کردن این مقادیر بدست آید. به عبارت دیگر مقادیر نمادین مشخص شده برای هر معیار به صورت مستقیم برای محاسبه تابع مطلوبیت بکار می‌روند. فرایند محاسبه مطلوبیت عوامل با این روش در شکل (۴) نشان داده شده است (Murray-Rust و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۴- نحوه محاسبه مطلوبیت برای هر عامل با استفاده از روش مقادیر نمادین (Murray-Rust و همکاران، ۲۰۱۴)
این مقادیر تنها به عنوان مثال ارائه گردیده و فقط برای تفهیم به خواننده آورده شده‌اند.

با استفاده از این ابزار سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری ایجاد کرد تا از این طریق دیدگاه جامع‌تری نسبت به مسائل منابع آب حاصل شود. درنتیجه کارشناسان، مدیران، تصمیم‌گیرندگان، حتی کشاورزان و سایر عوامل دخیل در سیستم‌های منابع آب قادر خواهند بود تا با اطلاع از نتایج واکنش‌های خود بهترین رویکردها را برای رسیدن به اهداف خود (با در نظر گرفتن جنبه‌های بیشتری از این مسائل) اتخاذ کنند.

پی‌نوشت

- | | |
|-----------------|--------------|
| 6- Emotional | 1- adaptive |
| 7- Intellectual | 2- Visual |
| 8- Spiritual | 3- Reactive |
| 9- Sub-Model | 4- Cognitive |
| 10- Symbolic | 5- Physical |

جمع‌بندی

رقابت بر سر استفاده از آب در حال افزایش است و این مسئله منجر به بروز اختلافات زیادی میان عوامل مختلف با اهداف متفاوت و ناسازگار با یکدیگر می‌شود. مدل‌های فنی (هیدرولوژیکی) برای فراهم آوردن اطلاعات از لحاظ فنی و علمی به منظور آشنایی از نحوه رفتار و واکنش سیستم‌های منابع آب مورد نیاز هستند؛ اما مدل‌های شبیه‌سازی رفتارهای انسانی و اجتماعی بشر نیز به منظور آگاهی از نحوه واکنش عوامل دخیل در یک سیستم نسبت به تصمیم‌های مدیریتی، الزامی به نظر می‌رسند. در این مقاله مدل‌های عامل‌بنیان، خصوصیات آن‌ها، نحوه ایجاد این مدل‌ها و کاربرد آنها در مسائل مدیریت منابع آب معرفی شدند. همچنین، نحوه شناسایی خصوصیات رفتاری ذینفعان و گام‌های اساسی در تهیه یک مدل عامل‌بنیان ارائه شده است. در این مدل‌ها تمام جنبه‌های موثر در مسائل منابع آب (اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، اکولوژیک، هیدرولوژیک و ...) می‌توانند در نظر گرفته شوند. بنابراین می‌توان

- Epstein J.M. and Axtell R. 1996. Growing artificial societies: social science from the bottom up. Brookings Institution Press. Washington, D.C. USA.
- Feuillette S., Bousquet F. and Le Goulven P. 2003. SI-NUSE: a multi-agent model to negotiate water demand management on a free access water table. *Environmental Modelling & Software*, 18(5): 413-427.
- Galán J.M., López-Paredes A. and Del Olmo R. 2009. An agent-based model for domestic water management in Valladolid metropolitan area. *Water Resources Research*, 45(5): 1-17.
- Jennings N.R. 2000. On agent-based software engineering. *Artificial intelligence*, 117(2): 277-296.
- Macal C.M. and North M.J. 2005. Tutorial on agent-based modeling and simulation, *Proceedings of the 37th conference on Winter simulation*. Winter Simulation Conference, pp. 2-15.
- Minar N., Burkhart R., Langton C. and Askenazi M. 1996. The swarm simulation system: A toolkit for building multi-agent simulations. Santa Fe Institute Santa Fe. New Mexico. USA.
- Murray-Rust D., Robinson D.T., Guillem E., Karali E. and Rounsevell M. 2014. An open framework for agent based modelling of agricultural land use change. *Environmental Modelling & Software*, 61: 19-38.
- Ng T.L., Eheart J.W., Cai X. and Braden J.B. 2011. An agent-based model of farmer decision-making and water quality impacts at the watershed scale under markets for carbon allowances and a second-generation biofuel crop. *Water Resources Research*, 47(9): 1-9.
- North M.J. and Macal C.M. 2005. Escaping the accidents of history: an overview of artificial life modeling with Repast, *Artificial life models in software*. Springer. London.
- Wolf A.T. 2008. Healing the enlightenment rift: Rationality, spirituality and shared waters. *Journal of International Affairs*, 61(2): 51-58.
- Akhbari M. and Grigg N.S. 2013. A framework for an agent-based model to manage water resources conflicts. *Water resources management*, 27(11): 4039-4052.
- Akhbari M. and Grigg N.S. 2015. Managing Water Resources Conflicts: Modelling Behavior in a Decision Tool. *Water Resources Management*, 29(14), 5201-5216.
- Balmann A. 1997. Farm-based modelling of regional structural change: A cellular automata approach. *European review of agricultural economics*, 24(1): 85-108.
- Bandini S., Manzoni S. and Vizzari G. 2009. Agent based modeling and simulation: an informatics perspective. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12(4): 1-4.
- Barreteau O., Bousquet F., Millier C. and Weber J. 2004. Suitability of Multi-Agent Simulations to study irrigated system viability: application to case studies in the Senegal River Valley. *Agricultural Systems*, 80(3): 255-275.
- Becu N., Perez P., Walker A., Barreteau O. and Le Page C. 2003. Agent based simulation of a small catchment water management in northern Thailand: description of the CATCHSCAPE model. *Ecological Modelling*, 170(2): 319-331.
- Bonabeau E. 2002. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(suppl 3): 7280-7287.
- Bousquet F., Cambier C., Mullon C., Morand P., Quensièrre J. and Pavé A. 1993. Simulating the interaction between a society and a renewable resource. *Journal of biological systems*, 1(02): 199-214.
- Brooks R.A. 1986. A robust layered control system for a mobile robot. *Robotics and Automation, IEEE Journal of*, 2(1): 14-23.
- Casti J. 1997. Would-be worlds: how simulation is changing the world of science. Wiley. NewYork. USA.

Presentation of evaluation system in water investigation studies (Technical Note)

A.A. Ghezelsolfloo^{1*}, M. Maghrebi²

1- Assistant professor, Civil Eng. Department, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran. 2- Ph.D. Student of civil- Environmental, Department of Environmental, Tehran University, Iran.

*(Corresponding Author Email: ghezelsolfloo@mshdiau.ac.ir)

Received: 10-11-2014

Accepted: 01-08-2015

معرفی سامانه ارزیابی طرح‌های مطالعاتی در بخش آب (یادداشت فنی)

عباسعلی قزل‌سوفلو^{۱*}، محسن مغربی^۲

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

۲- دانشجوی دکتری عمران، محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

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

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۱۰

Abstract

Development of water resources projects are recognized as a basis of the development planning in the water resources sector. In addition to the quality of output results, following the schedule, continuous documentation and evaluation during the project is the one of the major challenges. In order to improve water study framework with high quality and scheduling and reduce the study process, the evaluation system of investigation studies is produced by Pazhuhabe shargh consulting engineering company in 2013 for Khorasan Razavi Regional Water Authority order. This web-based has an integrated database in order to providing management reports. The system uses the SQL model potentials in data base sector and the Net model potentials in web supported sector. Using this system can be effective for accelerating access to results and studies, documentation and eventually increasing technical ability and reduce time to review research projects. According to trial launch system in khorasan Razavi Regional Authority server and assessing work processes during the trial operation, the system is ready to launch at a national level. It is expected to see and increase in access levels, automatic continuous evaluation and approval processes studies and related archive processes decline with launch and use this system.

Keywords: evaluation system, water resource project, water resource planning.

چکیده

مطالعات طرح‌های توسعه منابع آب به عنوان پایه برنامه‌ریزی‌های توسعه کشور در بخش منابع آب شناخته می‌شود. یکی از چالش‌های مهم در این بخش علاوه بر کیفیت نتایج خروجی رعایت برنامه زمان‌بندی، مستندسازی و ارزیابی مستمر پروژه در حین انجام می‌باشد. به منظور ارتقاء چارچوب‌های مطالعاتی بخش آب چه به لحاظ کیفیت انجام مطالعات و چه در بخش زمان‌بندی و کاهش فرآیندها، سامانه ارزیابی طرح‌های مطالعاتی به سفارش دفتر فنی آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی و پشتیبانی فنی شرکت مهندسين مشاور پژوهاب شرق در سال ۱۳۹۲ تهیه و تولید شده است. این سامانه‌ی تحت وب دارای یک بانک اطلاعاتی منسجم به منظور تهیه گزارش‌های مدیریتی است که قابلیت استفاده از ظرفیت‌های فنی کشور را در فرآیند تصویب مطالعات فراهم آورده است. این سامانه در بخش بانک اطلاعاتی از قابلیت‌های مدل SQL و در بخش پشتیبانی وب از قابلیت‌های مدل Net استفاده می‌نماید. استفاده از این سامانه می‌تواند در تسریع دسترسی به نتایج، مستندسازی فرآیندهای مطالعاتی و در نهایت افزایش توان فنی و کاهش زمان بررسی طرح‌های مطالعاتی مؤثر باشد. با توجه به راه‌اندازی آزمایشی این سامانه در سرور آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی و بررسی فرآیندهای کاری در این سامانه در طول مدت بهره‌برداری آزمایشی، این سامانه آمادگی راه‌اندازی در سطح ملی را دارا می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود با راه‌اندازی و استفاده از این سامانه شاهد افزایش سطوح دسترسی، ارزشیابی مستمر و خودکار فرآیندهای تصویب مطالعات و کاهش فرآیندهای بایگانی مرتبط باشیم.

واژه‌های کلیدی: سامانه ارزیابی، طرح‌های مطالعاتی منابع آب، برنامه‌ریزی مدون در منابع آب.

بر کیفیت انجام مطالعات معمولاً کمیته‌های فنی در سطوح مختلف و با کمک کارشناسان خبره روند انجام مطالعات را بررسی می‌نمایند. روند بررسی مطالعات دارای نواقصی از جمله عدم امکان استفاده از تجربیات ملی در زمینه تصویب طرح‌ها، عدم بایگانی صحیح و نظام‌مند، زمان‌بر بودن ارجاع و برگشت مطالعات می‌باشد. به منظور افزایش سطح تماس کارشناسان در فرآیند تصویب، بایگانی و افزایش امکان گزارش‌گیری از اجزای کار، سامانه ارزیابی طرح‌های مطالعاتی تهیه و ارائه شده است. این سامانه با سفارش دفتر فنی آب منطقه ای استان خراسان رضوی و با پشتیبانی فنی شرکت مهندسين مشاور پژوهاب شرق در سال ۱۳۹۲ تهیه گردیده است این سامانه به طور آزمایشی به مدت ۸ ماه در سرور آب منطقه ای استان خراسان رضوی راه اندازی و دوران آزمایش خود را سپری نموده و آماده راه اندازی نهایی در سطح ملی می باشد.

ماهیهان و گزارش عملکرد، کاهش تشریفات در روند بررسی و تصویب طرح‌ها.

این سامانه در بخش بانک اطلاعات با نرم‌افزار SQL و در بخش پشتیبانی وب با نرم‌افزار Net. تهیه گردیده است. در این سامانه تحت وب ابتدا پس از ورود به صفحه اصلی، امکان انجام فعالیت‌های مشخص شده برای گروه کاربر، براساس سطح دسترسی کاربر، فراهم می‌گردد. هر گروه می‌تواند با توجه به وظیفه مورد انتظار از وی سطح دسترسی متناسبی داشته باشد. شکل (۱) نشان‌دهنده نمایی از صفحه اصلی سامانه می‌باشد. همان‌طور که در این شکل مشخص است در این صفحه بخش ارتباطی پویا با مخاطب شامل بانک اطلاعاتی کارشناسان ارزیاب تأیید شده توسط سازمان، معرفی فرآیند طرح‌ریزی بررسی و تصویب، همچنین محیط پویای ثبت‌نام کارشناسان متقاضی به همراه بخش ورود به سامانه براساس طبقه‌بندی در سطح دسترسی ایجاد گردیده است.

اعتباری که فن‌آوری بانک اطلاعاتی در سال‌های اخیر کسب کرده به حدی است که اینک به مثابه تکنولوژی برتر، هم در محیط‌های تک کاربر و هم در محیط‌های چند کاربری، به طور فراگیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌توان گفت سیستم‌های ذخیره و بازیابی اطلاعات به کمک روش‌ها و تکنیک‌های غیربانکی، متروک شده است. در یک سازمان، داده از مهمترین سرمایه‌ها است. اگر زمانی بشر ماده و انرژی را دو مولفه اساسی برای بقا و پیشرفت می‌دانست، اینک مولفه‌ای دیگر، یعنی اطلاعات بر آن‌ها افزوده شده است (روحانی، ۱۳۷۲). متأسفانه علیرغم اهمیت مطالعات منابع آب در سطح کشور تاکنون بانک اطلاعات جامعی در این خصوص تهیه و ارائه نگردیده است. در گردش کاری کنونی و به منظور نظارت

معرفی سامانه

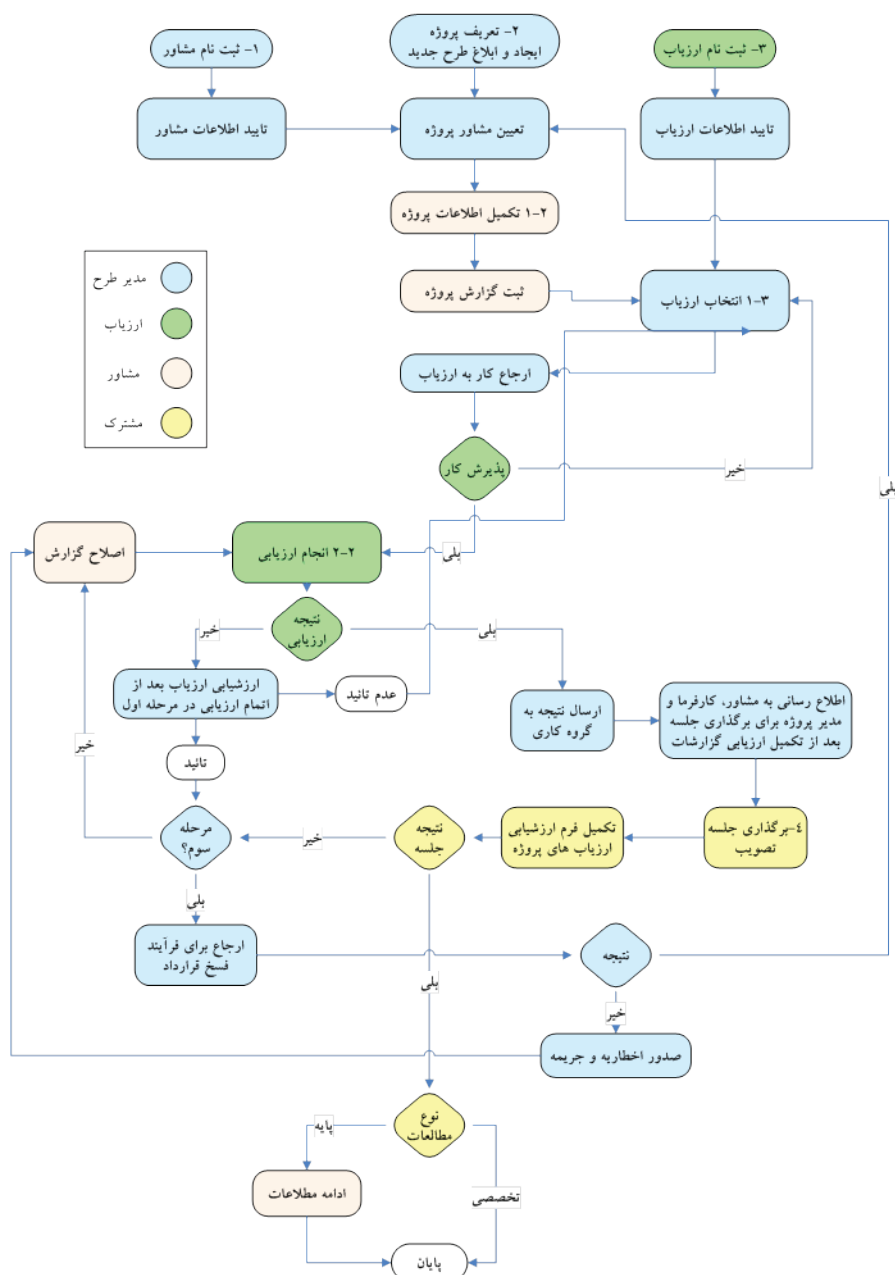
سامانه ارزیابی طرح‌های تأمین و انتقال آب به منظور رفع نواقص ساختاری اشاره شده، در سطوح مختلف مطالعات منابع آب در کشور تهیه شده است. امکانات این سامانه عبارتند از: استفاده از تمامی نیروهای متخصص کشور در زمینه‌های مختلف، سهولت و دقت در فرآیند کنترل پروژه‌ها، سهولت دسترسی به اطلاعات، سرعت بالای ارسال اطلاعات و ارجاع نامه، سرعت و دقت فرآیند گردش گزارشات، جلوگیری از اتلاف وقت پرسنل، هیأت ارزیابی، جلوگیری از مفقود شدن اسناد فیزیکی، کاهش فعالیت‌های غیرمولد مانند بایگانی، نگهداری سوابق و به هنگام‌رسانی، کاهش هزینه‌ها (با توجه به انجام فرآیندها به صورت آنلاین)، در دسترس بودن کلیه مدارک یک پروژه، نامه‌ها، گزارشات، نقشه‌ها و امکان گزارش‌گیری ترکیبی، متنوع و سریع با مشخصات درخواستی و جمع‌بندی هفتگی و



شکل ۱- صفحه اصلی ورود به سامانه با محیط پویا و قابلیت‌های گرافیکی

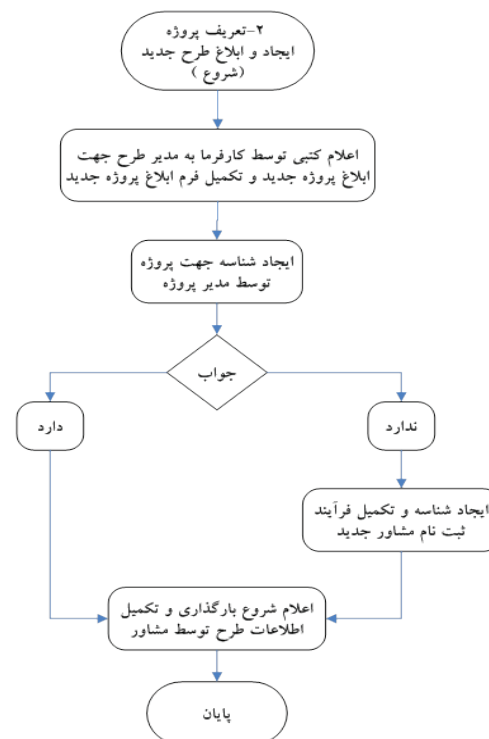
در این سامانه چهار سطح دسترسی شامل سطح دسترسی کارفرما، مدیریت طرح، ارزیاب علمی و مشاورین تعریف گردیده است. در سطح دسترسی کارفرما و مدیریت طرح امکان رؤیت تمامی فعالیت‌های گروه‌های کاربری به همراه گزارش‌گیری ایجاد گردیده است. در سطح دسترسی ارزیاب علمی و مشاور فقط پروژه‌های ارجاع داده شده برای آن گروه کاربری قابل بررسی می‌باشد. شکل (۲) نشان‌دهنده‌ی

فرآیند کلی گردش کار در سامانه‌ی ارزیابی طرح‌های مطالعاتی می‌باشد. همان‌طور که در این شکل مشخص است، این فرآیند کلی خود دارای هشت زیر فرآیند با نام‌های فرآیند ایجاد و ابلاغ کار، فرآیند دریافت گزارش، فرآیند انتخاب ارزیاب، فرآیند ارزیابی، فرآیند گردش کار گزارش، فرآیند ارزیابی کارشناس تصویب، فرآیند ارزیابی پروژه و فرآیند تصویب پروژه می‌باشد.



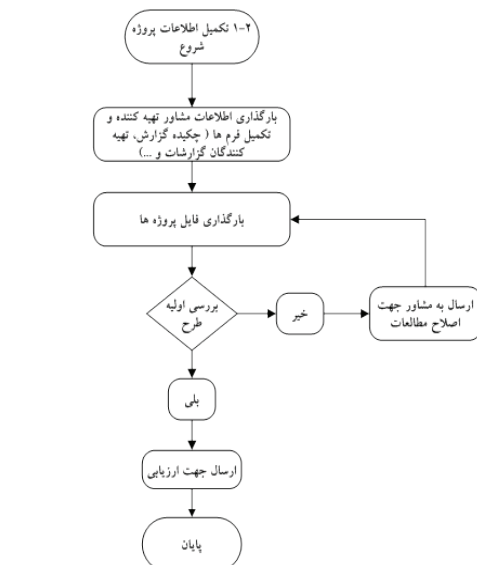
شکل ۲- فرآیند کلی گردش کار در سامانه ارزیابی طرح های مطالعاتی

این سامانه با شناسایی پروژه و ابلاغ پروژه به مهندسین مشاور، فرآیند کاری خود را آغاز می‌نماید. پس از ابلاغ پروژه به مهندسین مشاور، پروژه در صفحه‌ی مشاور ایجاد می‌شود. لازم است تا مشاور نسبت به تکمیل اطلاعات پروژه و برنامه زمان‌بندی پروژه اقدام نماید. شکل (۳) نشان‌دهنده‌ی فرآیند ایجاد و ابلاغ کار در سامانه می‌باشد.



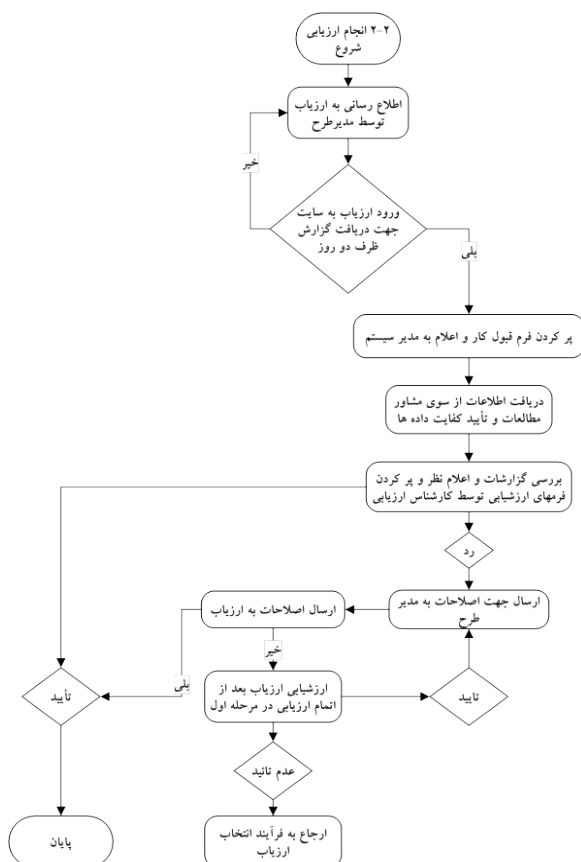
شکل ۳- فرآیند ایجاد و ابلاغ کار در سیستم مکانیزه

پس از ورود اطلاعات توسط مشاور و تأیید آن توسط کارفرما، برنامه زمان‌بندی پروژه شروع و توسط سامانه ارزیابی پیشرفت پروژه به صورت روز شمار کنترل می‌گردد. پس از بارگذاری گزارش‌های پروژه توسط مهندسین مشاور، این فعالیت به اطلاع مدیریت طرح رسانده شده و لازم است تا براساس ارزیابی‌های معرفی شده توسط کارفرما، گزارش جهت ارزیابی اولیه به ارزیاب‌های فنی ارجاع داده شود. در این خصوص ارجاع کار به ارزیاب توسط پیامک و رایانامه اطلاع داده می‌شود و ارزیاب با ورود به سامانه امکان رؤیت گزارش و ثبت نظرات خود را دارا می‌باشد. پس از آن نظرات به اطلاع مدیریت طرح، کارفرما و مشاور رسانیده شده و مشاور براساس زمان‌بندی مشخص شده توانایی ارائه جوابیه و ارسال گزارش اصلاح شده را دارا می‌باشد. تمامی تراکنش‌ها در این سامانه توسط گروه‌های کاربری ثبت و قابل پیگیری می‌باشد. شکل (۴) نشان‌دهنده‌ی فرآیند دریافت گزارش جهت بررسی در سامانه می‌باشد.



شکل ۴- فرآیند دریافت گزارش جهت بررسی در سیستم مکانیزه

شکل (۵) نشان‌دهنده‌ی فرآیند گردش کار گزارش می‌باشد. تمامی تراکنش‌های معرفی شده در این سامانه از زمان‌بندی تعریف شده تبعیت می‌نماید و در صورت عدم رعایت زمان‌بندی، این امر به اطلاع کارفرما و مدیریت طرح رسانیده می‌شود.



شکل ۵- فرآیند گردش کار گزارش

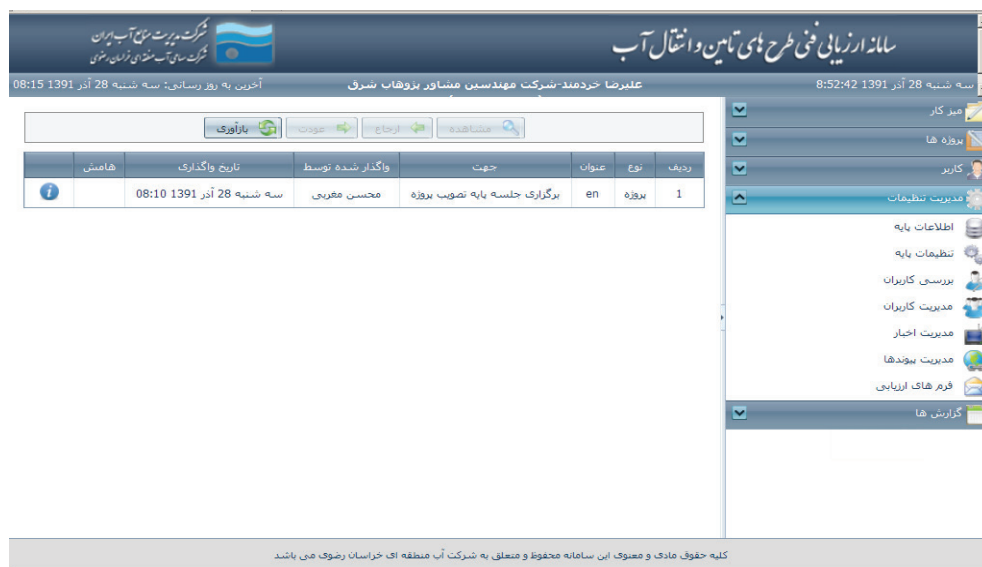
شامل رایانامه و پیامک می‌باشد. شکل (۶) نشان‌دهنده‌ی منوی میز کار و ابزارهای موجود در آن می‌باشد.

جدول ۱- استانداردسازی اسامی تخصصی محتوای گزارش‌ها

تخصص	سیستم نامگذاری	گزارش فنی
اسناد مناقصه	DOC	Document
آبیاری	IRR	Irrigation
اقتصادی-اجتماعی	ECO	Economic
ژئوتکنیک و زمین‌شناسی	GEO	Geotechnical
سازه	STR	Structure
کشاورزی	AGR	Agriculture
مکانیک حرارت و سیالات	MCH	Mechanic
هیدرولوژی	HLG	Hydrology
هیدرولیک	HYD	Hydraulic
نقشه‌برداری، GIS، RS	SUR	Survey
تجهیزات مکانیکی و الکتریکی	MEE	Mechanical and electrical equipment
شیمی	CHM	Chemistry
زیست محیطی	ENV	Environment
آب زیرزمینی	GWT	Ground water
منابع آب	WRS	Water resources

در این سامانه به صورت هوشمند گروه‌های کاربری براساس معیارهای مد نظر کارفرما مورد ارزیابی مستمر قرار می‌گیرند. این معیارها برای هر کدام از گروه‌های کاربری می‌تواند متفاوت و دارای وزن متغیری باشد. همچنین با توجه به لزوم وجود اسامی استاندارد جهت فعالیت‌هایی از قبیل آرشیو و پیگیری‌های مورد نیاز در مورد پروژه‌ها و گزارش‌ها، این سامانه از روند استانداردسازی اسامی تخصصی براساس محتوای گزارش استفاده می‌نماید. جدول (۱) نشان‌دهنده‌ی اسامی در سیستم استانداردسازی مورد استفاده در سامانه می‌باشد.

در فرمت نام‌گذاری اسامی گزارش‌ها و نقشه‌ها، نوع فایل، مشاور تهیه‌کننده گزارش، کد اختصاصی پروژه، فاز مطالعات، زمینه تخصصی گزارش و شماره ویرایش گزارش لحاظ گردیده است. به عنوان مثال گزارش دارای کد R-121-21-2-HYD-1، نشان‌دهنده‌ی شماره یکم از گزارش هیدرولوژی در فاز دوم مطالعات و برای پروژه با کد اختصاصی ۲۱ و مربوط به مشاور ثبت شده با کد ۱۲۱ می‌باشد. همچنین در این سامانه امکان گزارش‌گیری‌های متنوعی برای کارفرما و مدیریت طرح فراهم آمده است. این امکان، انواع گزارش‌گیری شامل گزارش‌های فنی، گزارش‌های قراردادی، گزارش‌های زمان‌بندی و پیشرفت پروژه‌ها را در بانک اطلاعاتی فراهم می‌آورد. از دیگر مزایای این سامانه می‌توان به امکان شناسایی متخصصین علوم آب در کشور و ارتباط مداوم با آن‌ها از طریق قابلیت‌های این سامانه



شکل ۶- منوی میز کار ابزارهای موجود در سامانه

ارزیاب علمی قرار می‌گیرد. امکان اصلاح و ویرایش محتوای این فرم برای ارزیاب علمی فراهم می‌باشد. شکل (۷) نشان‌دهنده‌ی نمونه‌ای از فرم‌های ارزیابی در این بخش می‌باشد.

همچنین در این سامانه به منظور استانداردسازی محتوای بررسی فرم‌های الکترونیکی بر خطی برای هر تخصص در سامانه ایجاد گردیده است که به طور خودکار در فرآیند بررسی در اختیار

[illegible]

شکل ۷- نمونه‌ای از فرم ارزشیابی

- مثالی از کارکرد نرم افزار

در این نرم‌افزار شروع فرآیندهای مستندسازی با ارجاع کار از طریق کارفرما به مشاور و پذیرش کار از سوی مشاور آغاز می‌گردد. (شکل ۸) نشان‌دهنده‌ی ایجاد پروژه جدید توسط مدیریت طرح می‌باشد. با ایجاد پروژه جدید، فیلدهای اطلاعاتی و قراردادی درخواستی و پیش‌فرض در سامانه وارد می‌گردد.

ملایم درمائی کی معاملات عمر ہی نہیں وہ انتقال آہ

11:00:54 12/03/2019

اگر محتاج: کمرہ نمبر: **مجلس مشاورت برائے امور** (درجہ: **مستشار**)

اگر آپ (مستشار) کو کسی قسم کا شکوکہ یا اعتراض ہو تو براہ کرم اس پر عملدرآمد کرنا

فہرست ملازمین: **درجہ: مستشار**

3 2 1

صفحہ 1 از 2

12/03/2019 11:00:54

ردیف	نام ملازمین	تاریخ ملازمت	نوع ملازمت	مقام ملازمت	مقام
1	مستشار محمد اعجاز علی احمد بن محمد اعجاز علی احمد	26/03/2013/04	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
2	مستشار ارمینا سید لطیف بن سید احمد	3085	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
3	مستشار راشد	90/17006/11	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
4	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
5	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
6	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
7	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
8	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
9	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
10	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
11	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
12	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
13	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
14	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
15	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور
16	مستشار عیسیٰ بن احمد ولد محمد قریب	45/46/182790	مقام	مجلس مشاورت برائے امور	مجلس مشاورت برائے امور

شکل ۸- ایجاد پروژه جدید توسط مدیریت طرح با فشردن دکمه جدید

شکل ۹- منوی اطلاعات در ایجاد پروژه جدید

پس از تکمیل و ارسال گزارش از سوی مشاور، سامانه براساس استاندارد تعریف شده نسبت به نام‌گذاری و دسته‌بندی گزارشات اقدام و به اطلاع کارفرما رسانیده تا امکان ارسال گزارش برای ارزیاب‌های مورد اطمینان کارفرما فراهم آید.

پس از ارسال پروژه از سوی کارفرما، مشاور می‌بایستی از طریق سامانه نسبت به ارائه برنامه زمان‌بندی پروژه و متعاقباً ارائه گزارشات خود اقدام نماید. شکل (۱۰) نشان‌دهنده نمونه‌ای از فرم‌های آماده شده در سامانه برای ارسال گزارشات می‌باشد.

شکل ۱۰- ارسال گزارشات پروژه نمونه برای کارفرما

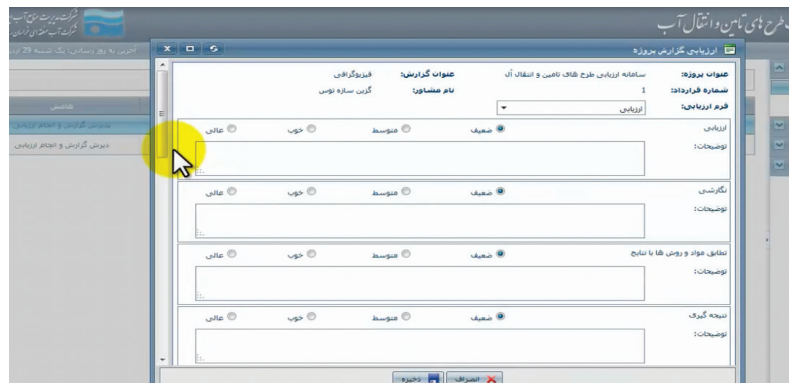
ارزیابی خاص مورد نظر و مرتبط با گزارش، طیف افراد مرتبط با آن تخصص خاص نمایش داده می‌شود.

شکل (۱۱) نشان‌دهنده نمونه‌ای از فرم‌های ارجاع پروژه برای ارزیابی در سطح دسترسی کارفرما و یا مدیریت طرح می‌باشد. همان‌طور که در این شکل نیز مشخص است با انتخاب گروه

شکل ۱۱- ارجاع فرآیند بررسی از سوی کارفرما و یا مدیریت طرح به ارزیاب

با ورود درخواست‌های ارزیاب و تأیید آن فرآیند تا حصول تأیید ارزیاب با نظارت مدیریت طرح و یا کارفرما صورت پذیرفته و پس از تأیید گزارش امکان بایگانی، دسترسی و یا گزارش‌گیری تمامی فرآیندها در سامانه فراهم گردیده است. شکل (۱۳) نشان‌دهنده لیستی از پروژه‌های ثبت شده در سامانه که امکان رهگیری آن در شرایط مختلف و یا گزارش‌گیری در آن مهیا گردیده، می‌باشد.

پس از آن، توسط پیام کوتاه و رایانامه، اطلاع‌رسانی ارجاع فرآیند کاری به ارزیاب صورت پذیرفته و ارزیاب با ورود به سامانه امکان دریافت فایل، مطالعه و در نهایت ارزیابی در قالب پاسخ به سوالات مشخص و استاندارد کارفرما و همچنین ایجاد فایل متنی مورد نظر خود را، دارا خواهد بود. شکل (۱۲) نشان‌دهنده نمونه‌ای از فرم‌های استاندارد در ارزیابی گزارشات فیزیوگرافی می‌باشد.



شکل ۱۲- نمونه‌ای از فرم‌های ارزیابی گزارشات

ردیف	شرح	تاریخ	وضعیت	توضیحات
28	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
29	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
30	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
31	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
32	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
33	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
34	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
35	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
36	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
37	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
38	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
39	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
40	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	
41	بازرسی میدانی از شبکه آب و شبکه فاضلاب و شبکه	1	خوب	

شکل ۱۳- لیست پروژه‌های ثبت شده در سامانه

جمع‌بندی

خانم مهندس تشیعی به خاطر حمایت از طراحی و راه اندازی این طرح تشکر می‌گردد.

منابع

- روحانی رانکوهی، م. ۱۳۷۲. مقدمه‌ای بر پایگاه داده‌ها (بانک اطلاعاتی). انتشارات جلوه. تهران.
- مهندسین مشاور پژوهاب شرق. ۱۳۹۲. گزارش طرح سامانه ارزیابی طرح‌های تأمین و انتقال آب در محدوده آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، دفتر فنی آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۳۹۲.
- شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۸۴. برنامه‌ریزی مدیریت تجهیز مالی طرح‌های آب. گزارش داخلی دفتر اقتصاد آب. انتشارات شرکت مدیریت منابع آب ایران. تهران.

در این مقاله با توجه به نیاز مبرم کشور به مستندسازی طرح‌های فنی و مطالعاتی به بیان مشخصات سامانه طراحی شده در این خصوص پرداخته شده است. سامانه معرفی شده در محیط وب و به صورت آنلاین امکان ثبت تمامی رخدادهای مرتبط با فرآیندهای گردش کاری در بخش مطالعات تأمین آب را دارا بوده و این سامانه‌ی هوشمند، مجهز به رایانامه و پیامک به منظور تسهیل ارتباط در سطوح تعریف شده را دارا می‌باشد. از مزایای این سامانه می‌توان به مستندسازی لحظه‌ای تمامی رخدادهای، کاهش بروکراسی اداری، سهولت دسترسی و تعیین نظام دسترسی و در نهایت امکان استفاده از تمامی ظرفیت‌های فنی در کشور اشاره نمود.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از جناب آقای مهندس عبداللهی مدیر دفتر فنی شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی و کارشناسان آن دفتر به خصوص سرکار



نشر مجلات علمی- حرفه‌ای (علمی- ترویجی) راه‌کاری موثر در افزایش روزآمدی دانش مهندسان می‌باشد. علیرغم اینکه در کشور ما در زمینه علوم آب منابع اطلاع رسانی و مجلات متعددی وجود دارد اما جایگاه نشریاتی که بتوانند تجربیات کاربردی دست اندرکاران را به روشی علمی به نظر سایر کارشناسان برسانند خالی است.

هدف این نشریه کمک به بهبود روش‌های اجرایی در عرصه مهندسی آب از طریق انتشار تجربیات موفق اجرایی و نتایج تحقیقات کاربردی است. در این راستا این نشریه به صورت هدفمند، در مراکز علمی و اجرایی تأثیرگذار و مرتبط با بخش آب در سراسر کشور توزیع می‌گردد. این مراکز عبارتند از:

o استانداری‌ها

o شرکت مدیریت منابع آب کشور

o کلیه شرکت‌های آب منطقه‌ای کشور

o شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

o کلیه شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی

o پژوهشکده‌ها و مراکز تحقیقاتی مرتبط با بخش آب

o اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌ها

o اداره کل حفاظت محیط زیست استان‌ها

o دفاتر مدیریت آب و خاک و فنی مهندسی جهاد کشاورزی استان‌ها

o شرکت‌های مشاور در رشته آب دارای رتبه‌های یک و دو

o پیمانکاران مرتبط با رشته آب دارای رتبه‌های یک تا سه

o شرکت شهرک‌های صنعتی استان‌ها

o کارخانجات تولید کننده تجهیزات مرتبط با صنعت آب و فاضلاب

o گروه‌های مهندسی عمران، منابع طبیعی، کشاورزی و بهداشت در

دانشگاه‌ها و کتابخانه‌های آن‌ها

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 مقاله می‌تواند در یکی از انواع جدول زیر ارائه شود.

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 سایر انواع: این گروه از مقالات شامل عنوان، چکیده فارسی

و واژه‌های کلیدی به زبان فارسی و انگلیسی، مقدمه در شروع و

جمع‌بندی در انتها می‌باشند. عناوین دیگر در بدنه مقاله به انتخاب

نویسنده گذاشته می‌شود.

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



• عنوان مقاله در وسط صفحه اول نوشته شود. عنوان مقاله باید کوتاه

و روان بوده و از ۱۵ واژه تجاوز نکند. ابتدای واژه‌های اصلی عنوان

انگلیسی مقاله با حروف بزرگ (Capital) نوشته شود.

• چکیده باید در عین مختصر بودن، به روشنی گویای محتوای مقاله

باشد و با تأکید بر روش‌ها، نتایج و اهمیت کاربرد آن بوده و در آن از

• متن مقاله لازم است در محیط Word در ابعاد A4 با ۲/۵

سانتی‌متر حاشیه از هر چهار طرف به صورت یک ستونه و با قلم

Adobe Arabic اندازه ۱۴ و فاصله خطوط ۱/۱۵ حداکثر در ۱۰

صفحه نگاشته شود. همه عناوین موجود در متن مقاله از جمله

چکیده، مقدمه و ... نیز با همین قلم ولی Bold باشند.

کلمات اختصاری مبهم استفاده نشود. متن چکیده از ۲۵۰ کلمه تجاوز نکرده و تمام آن در یک پاراگراف نوشته شود. چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

• در متن مقاله تا حد امکان از نوشتن کلمات غیرفارسی خودداری شود (در صورت نیاز استفاده از پاورقی مجاز است).

• دستورهای نقطه‌گذاری (Punctuation) در نوشتار متن رعایت شود. مثلاً گذاشتن فاصله قبل از نقطه (.) و کاما (,) و علامت سوال (?) لازم نیست، ولی بعد از آن‌ها، درج یک فاصله لازم است.

• واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم SI گزارش شوند.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

• فایل اسکن شده تعهدنامه در سامانه نشریه بارگذاری شود.

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

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

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

• 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.



سال اول-شماره اول - اسفند ماه ۱۳۹۲

سخن سردبیر: یکی بر سر شاخه بن می برید، بیژن قهرمان
یادداشت‌های این شماره: تکیه بر توسعه پایدار، حسین عطائی‌فر/ حمایت و همکاری، سیدحسن شاه‌عالمی
مقالات این شماره:

- استفاده از ظرفیت‌های بخش خصوصی در قالب قراردادهای BOT و BOO
- ارزیابی آب بدون درآمد
- بررسی مدل‌های غیر خطی سینتیک و ایزوترم جذب برای نیترات توسط نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم
- پایش کیفیت آب در شبکه‌های توزیع با استفاده از نقاط ثابت نمونه برداری، فرصت‌ها و چالش‌ها
- مدل‌سازی تغییر شکل لوله و بست‌زان در اثر بارگذاری در شبکه‌های انتقال آب
- استفاده از طراحی شهری حساس به آب برای مدیریت آب‌های شهری
- تأثیر خودکارسازی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بر کاهش مصرف انرژی و آب
- کشاورزی حفاظتی و تأثیر آن بر هیدرولیک روش‌های آبیاری سطحی
- ارزیابی عملکرد مدل SWAT در برآورد رطوبت خاک
- برآورد سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آماری
- نقش آب مجازی در مدیریت منابع آب
- ارائه چند شاخص کاربردی به منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه



سال اول-شماره دوم - شهریور ماه ۱۳۹۳

سرمقاله: چوب جادو کجاست؟ آیا راه حل فوری برای مشکلات آب کشور وجود دارد؟؛ کامران داوری
یادداشت‌های این شماره: مدیریت ریسک، راهی برای بهبود مدیریت آب، حمیدرضا جانباز/ بحران آب، سیدعلیرضا طباطبایی/ نقش راهکارهای مدیریتی، محمدحسین جعفری
مقالات این شماره:

- ارزیابی دیدگاه مراجعه کنندگان به پارک‌های شهری نسبت به توسعه طراحی خشک منظر
- ابزارهای اقتصادی مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست؛ مطالعه موردی: پرداخت بهای خدمات اکوسیستمی (PES)
- ریسک و مدیریت آب
- بررسی تأثیر پساب و روش‌های آبیاری بر شوری خاک در منطقه‌ی نیمه‌خشک دشت کربال
- ارزیابی مدیریت آبیاری یکی از باغات پسته‌ای اردکان با کمک انعکاس سنجی بازه‌ی زمانی (TDR) و تکنیک سنجش از دور
- توسعه منابع آب و تحولات مدیریتی نوین در آبیاری
- تأثیر افزایش جمعیت بر تقاضای آب شرب از سد مخزنی طالقان تحت سناریوهای تغییر اقلیم
- حذف آمین‌های آروماتیک متداول از آب طی فرایند یک مرحله‌ای با استفاده از بنتونیت به روش اسپکتروفلورومتري
- ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر شبیه‌سازی رواناب خروجی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (MLP)
- بالآمدگی موضعی آب زیرزمینی کلان شهرها؛ فرصت‌ها و چالش‌ها
- رویکرد جدید در کاهش طعم و بو از آب سدکارده با استفاده از سامانه ترکیبی فراصوت، سوپر هواده و جذب سطحی
- نگارش توصیفی آماری بر اتفاقات شبکه‌ی آب شرب روستایی
- پیاده‌سازی "مدیریت راهبردی منابع آب"؛ یک چاقوب پیشنهادی با استفاده از ابزار (نقشه راه)



سال اول-شماره سوم - اسفند ماه ۱۳۹۳

سرمقاله: نیم نگاهی به بستر شکل‌گیری رخدادهای آبی، علی باقری
یادداشت‌های این شماره: صرفه جویی در مصرف آب، شهناز نیشابوری/ نقش سازمان‌های مردم نهاد در حوزه آب و توسعه پایدار، مهدی جمشیدی/ دشت‌های ممنوعه بحرانی مرده، محمدحسن شریعتی
مقالات این شماره:

- ارزیابی مالی و اقتصادی اجرای طرح‌های فاضلاب برای تولید پساب قابل استفاده در کشاورزی و صنعت
- فرآیند یکارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در اولویت‌بندی اجرای طرح‌های توسعه منابع آب مناطق روستائی استان خوزستان
- رویکرد روش‌های کیفی و تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه‌های BOT و BOO مبتنی بر ریسک در صنعت آب و فاضلاب
- شناسایی منابع آلاینده آبخوان دشت مشهد ناشی از فعالیت‌های دام، طیور و آبریان
- مقایسه اثر محلول شیرآهک و سود در حذف آلاینده کرم شش ظرفیتی از آب
- بررسی روش‌های کنترل آلودگی موضعی اطراف پایه پل
- ارزیابی برخی راهکارهای مدیریتی افزایش شاخص کارایی مصرف آب مزارع گندم در شرایط شور
- طراحی و ارزیابی غلظت‌های تثبیت جویچه به منظور کاهش تلفات آبیاری
- مهندسی رودخانه از گذشته تا آینده (بررسی رویکردها و چشم‌انداز)
- بررسی تغییرات مکانی سطح سفره آب زیرزمینی دشت برخوار اصفهان
- تجربه موفق مدیریت مشارکتی آبیاری، مطالعه موردی: شرکت سهامی آبیاری و کشاورزی مجن- شاهرود
- تطبیق معانی فنی و ادبی حوضه و آبریز (یادداشت فنی)



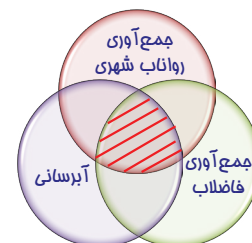
مدیریت «یکپارچه» آب شهری

به کوشش فریبا قنبری
(دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه فردوسی مشهد)

۱. مفهوم مدیریت یکپارچه آب شهری

۱.۱. روابط درون بخشی و فرابخشی در مدیریت آب شهری

بخش‌های مختلف چرخه آب شهری به‌طور پیچیده‌ای با یکدیگر در ارتباط می‌باشند. این چرخه از سه بخش کلی مطابق شکل (۱) تشکیل شده است. مدیریت ضعیف در یک بخش می‌تواند مدیریت در سایر بخش‌ها را تحت تأثیر خود قرار دهد و بالعکس. روابط موجود بین بخشی در داخل چرخه آب بی‌شمار است و همین امر سبب شده برنامه‌ریزی یکپارچه برای مسائل آبی دشوار گردد. همچنین بایستی توجه شود که پیچیدگی‌های موجود تنها به دلیل ارتباط تنگاتنگ بین اجزای زیرساخت‌های فیزیکی نیست، بلکه ضرورت راه‌اندازی نهادها به‌منظور غلبه بر چالش‌های متفاوت و برای بهبود یکپارچگی نیز به خودی خود پیچیدگی موضوع را افزایش می‌دهد. چرخه آب شهری، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم، با دیگر بخش‌های شهری همچون مسکن و شهرسازی، انرژی، حمل و نقل و ... در ارتباط می‌باشد. بنابراین داشتن رویکرد یکپارچه در مدیریت آب شهری مستلزم همکاری همه‌جانبه بین سازمان‌ها و گردآوری است که به نحوی مسئولیت مدیریت بخش‌های مختلف شهری را عهده‌دار می‌باشند؛ و حتی نیازمند سامانه مدیریت یکپارچه شهری است.



شکل ۱ - اندرکنش بخش‌های مختلف چرخه آب شهری

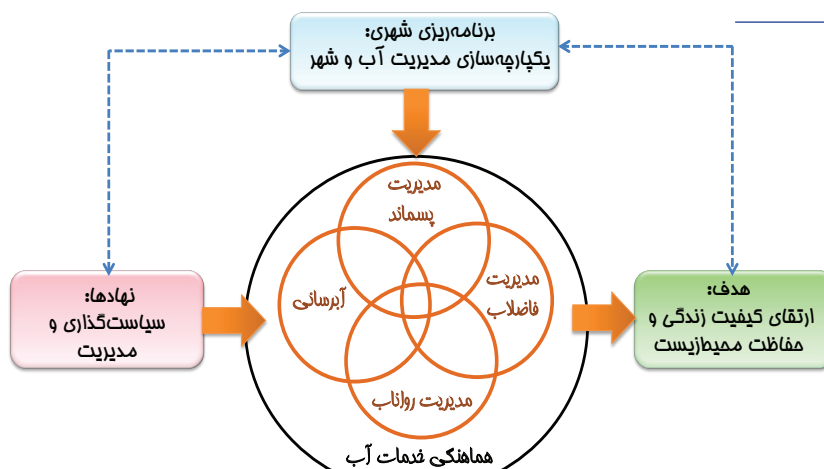
۲. چارچوب مدیریت یکپارچه آب شهری

سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌ها در رویکرد مدیریت یکپارچه آب شهری، بر اساس نگرش جامع صورت می‌پذیرد. رویکرد مدیریت یکپارچه آب شهری، نیازمند برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برای تمامی اجزای چرخه آب شهری و خدمات مربوط به آنها (تأمین آب شرب، جمع‌آوری فاضلاب، جمع‌آوری رواناب) به‌موازات یکدیگر می‌باشد. این خدمات در اندرکنش با یکدیگر قرار داشته و نیازمند سطح بالایی از یکپارچگی چه در تصمیم‌گیری‌ها و چه در اقدامات می‌باشند. ازسوی دیگر، ساختارهای درون سازمانی و بین سازمانی هم‌آنگ و همسو نیز بستر مناسبی جهت نیل به اهداف مدیریت یکپارچه آب در شهر را فراهم می‌آورد.

۲.۱. رویکردهای مدیریت آب شهری

وضعیت در حال تغییر شهرها، سامانه‌های آبی را با چالش‌های زیادی روبرو کرده است. شهرها با فشارهای زیادی از جمله افزایش جمعیت، رشد اقتصاد و صنعت، تغییر اقلیم و ... روبرو هستند که این امر چالش‌های جدیدی را وارد سامانه‌های آب شهری کرده است. در رویکردهای مرسوم مدیریت سامانه‌های آب شهری، اغلب بخش‌های طراحی، ساخت و اجرا به‌صورت منفرد متصور می‌شوند. پیامد اقدامات در حوزه‌های مختلف مدیریت شهری بر حوزه آب شهری و بالعکس لحاظ نمی‌گردند. اندرکنش بخش‌های مختلف چرخه آب شهری که شامل سامانه‌های تأمین آب، سامانه‌های جمع‌آوری رواناب و سامانه‌های جمع‌آوری فاضلاب می‌باشد عموماً مورد توجه قرار نمی‌گیرند. همچنین برنامه‌های راهبردی و بلندمدت کمتر ملاحظه شده و در مقابل برنامه‌های کوتاه‌مدت به‌منظور حل مسائل، آن‌هم بدون توجه به اثرات بلندمدت آن‌ها بر کل سامانه، انتخاب می‌گردند. در نتیجه، رویکردهای مرسوم در مدیریت آب شهری عمدتاً با «چالش بخشی‌نگری»، «سندرم مدیریت کوتاه‌مدت» و «فقدان جامع‌نگری» روبرو هستند.

در مقابل رویکردهای مرسوم، رویکرد مدیریت یکپارچه آب شهری (IUWM) بر این درک استوار است که مشکلات وقوع یافته در یک بخش از سامانه می‌تواند نتیجه مدیریت نامطلوب در بخشی دیگر باشد و یا بالعکس هم‌افزایی میان بخش‌های مختلف می‌تواند رافع برخی مشکلات باشد. در این رویکرد تمام جنبه‌های چرخه آب شهری به‌عنوان یک سامانه واحد در نظر گرفته می‌شود و تمامی نهادهای مرتبط نیز به‌منظور دستیابی به یکپارچگی در امور، مشارکت داده می‌شوند. در این رویکرد اولویت، بهره‌گیری از فناوری‌های خلاقانه در راستای اتخاذ تصمیمات انعطاف‌پذیر می‌باشد که ارزیابی آن‌ها بر پایه یک نگرش جامع به چرخه آب شهری صورت خواهد گرفت. در نهایت می‌توان بیان داشت مهم‌ترین هدف به کارگیری این رویکرد دستیابی به توسعه پایدار در طولانی‌مدت می‌باشد. دستیابی به پایداری در مدیریت آب شهری، با لحاظ نمودن سه مؤلفه اساسی شامل ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و همچنین با لحاظ نمودن پیامدهای زمانی و مکانی در اقدامات امکان‌پذیر خواهد بود.

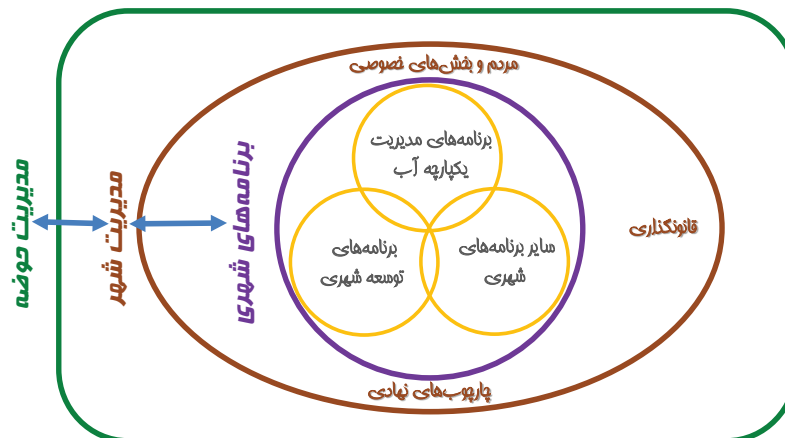


شکل ۲ - چارچوب مدیریت یکپارچه آب شهری

۳. بستر پیاده سازی مدیریت یکپارچه آب شهری

تصمیم‌گیری‌ها در حوزه مدیریت شهری بایستی در راستای اهداف کلان مدیریت منابع آب حوضه آبریز باشد. به منظور پیاده‌سازی رویکرد یکپارچه، بایستی بستر لازم فراهم شود به همین منظور

بایستی مولفه‌های نهادی و سازمانی که نقش اصلی دارند شناسایی گردند. درواقع برای پیاده‌سازی این رویکرد بایستی نحوه اندرکنش این مولفه‌ها با یکدیگر در نظر گرفته شود. نکته حائز اهمیت این است که رویکرد یکپارچه بایستی در سطوح کلان برنامه ریزی‌ها لحاظ گردد.



شکل ۳- بستر پیاده‌سازی مدیریت یکپارچه آب شهری

۴. تصمیم‌سازی در مدیریت یکپارچه آب شهری

لازمه داشتن رویکرد یکپارچه این است که تمامی بخش‌هایی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم با مدیریت آب شهری در ارتباط هستند در تصمیم‌گیری‌ها مدنظر قرار داده شوند. این بخش‌ها نه تنها مؤلفه‌های چرخه آب شهری را شامل می‌شوند، بلکه شامل قسمت‌های مختلف مدیریت شهری همچون شهرداری، گردشگری، انرژی، حمل و نقل عمومی، بهداشت و... نیز می‌باشند. به‌طور کلی پیاده‌سازی رویکرد یکپارچه در تصمیم‌گیری‌ها، مستلزم توجه به سه اصل اساسی می‌باشد.

۱. **جامع‌نگری:** تمامی اندرکنش‌های درون بخش آب و روابط برون بخشی مدیریت آب با سایر بخش‌های مدیریت شهری، بایستی در تصمیم‌گیری‌ها مدنظر قرار داده شوند.
۲. **انعطاف‌پذیری:** انعطاف‌پذیر بودن یک تصمیم‌گیری به این معنی است که اقدامات حاصل از آن تصمیم‌گیری در برابر شرایط عدم قطعیت در آینده آسیب‌پذیری کمتری دارند. مشارکت گرداران: گرداران به عنوان زیرساخت‌های اجتماعی مدیریت آب شهری از درجه اهمیت یکسان با زیرساخت‌های فیزیکی برخوردار هستند و بایستی در کلیه تصمیم‌گیری‌ها مشارکت داشته داده شوند.

۵. جمع‌بندی

عدم توجه به معیارهای پایداری در توسعه شهری سبب بروز ریسک‌های قابل‌ملاحظه‌ای در تمامی بخش‌های مدیریت شهری به‌خصوص بخش آب می‌گردد. همه این موارد و مواردی از این دست، نیاز به ایجاد تغییر در رویکردهای مدیریتی را بیش از پیش آشکار می‌سازد. هرچه تصمیم‌گیری‌ها بیشتر بر اصول پایداری منطبق باشد و مدیران در رویکردها و نگرش خود یکپارچگی را بیشتر لحاظ نمایند، متعاقباً راهکارهایی با انعطاف‌پذیری بیشتر در برابر چالش‌ها و ریسک‌های موجود ارائه خواهند شد. پیاده‌سازی مدیریت یکپارچه آب شهری پیامدهای مفیدی در سطح شهر و همچنین سطوح کلان حوضه خواهد داشت، من جمله: ایجاد توازن بین کلیه بخش‌های مدیریت شهری و مدیریت آب؛ دستیابی به بهره‌وری بیشتر با ایجاد همکاری بین کلیه بخش‌ها؛ بهبود سطح استانداردهای زندگی شهری؛ کاهش ریسک مخاطرات محتمل در آینده؛ ایجاد همسویی با معیارهای

توسعه پایدار؛ استفاده از انواع منابع آب موجود (منابع غیرمتعارف) و در نتیجه کاهش برداشت از منابع آب حوضه، در نهایت می‌توان گفت، چنانچه درک صحیحی از مفهوم رویکرد مدیریت یکپارچه آب شهری توسط مدیران صورت گیرد، بدیهی است نیل به اهداف توسعه پایدار شهری میسرتر خواهد شد.

منابع

- Philip, R. 2011. Switch Training Kit, Integrated Urban Water Management in the city of future, Module1, Strategic Planning preparing for the future, ICLEI European Secretariat GmbH. www.Switchtraining.eu
- Philip, R. 2011. Switch Training Kit, Integrated Urban Water Management in the city of future, Module6, Decision Support Tools, Choosing a sustainable path, ICLEI European Secretariat GmbH. www.Switchtraining.eu
- Bahri, A. 2012. Integrated Urban Water Management. Global Water Partnership Technical Committee (TEC).

توضیح: در تدوین این متن از نقطه‌نظرات و دیدگاه‌های جناب آقای دکتر کامران داوری بهره گرفته شده است.

طرح جداسازی آب شرب از بهداشتی در منطقه ثامن مشهد

کارفرما: شرکت آب و فاضلاب مشهد

ضرورت اجرای طرح:

علیرغم اتمام آبرسانی از طریق سد دوستی و باتوجه به مطالعات کارشناسی صورت گرفته و پیش‌بینی کمبود آب شرب شهر مشهد در سال‌های آینده، یافتن منبع جدید تأمین آب به میزان ۶ مترمکعب، می‌بایست در دستور کار قرار گیرد. بدیهی است باتوجه به وضعیت آبی دشت مشهد، امکان حفر چاه جدید در این دشت به دلیل قرارگیری در محدوده ممنوعه بحرانی وجود ندارد. ضمن اینکه باتوجه به شواهد موجود ظرفیت آبدی چاه‌های دشت مشهد اعم از شرب و غیرشرب طی سال‌های اخیر با روند کاهشی و سطح آب دشت به دلیل برداشت بیش از حد با افت حدود یک متر در هر سال روبرو بوده است که این مشکل تأمین آب بیشتر را دوچندان خواهد کرد. با در نظر گرفتن این موارد به نظر می‌رسد شهر مشهد بایستی از لحاظ منابع آب در دسترس، به شرایط پایداری برسد به طوری که با منبع در دسترس، کلیه نیازهای آبی شهر برطرف شده و احتیاج به افزودن منبع جدیدی برای شهر مشهد نباشد.

اهداف اجرای طرح:

- * رفع مشکل تأمین آب شهر مشهد در سال‌های آتی و حراست از منابع آب در دسترس
- * امکان استفاده از چاه‌های با کیفیت پایین جهت تأمین آب
- * اجرای راهکارهای مدیریت مصرف و افزایش سطح آگاهی مردم از بحران آب
- * افزایش سطح بهداشت با به کارگیری آب‌های با کیفیت بالاتر برای شرب
- * امکان‌سنجی اجرای طرح در شرایط بحرانی در کل شهر مشهد
- * کاهش ضریب ریسک تأمین آب شبکه و افزایش ضریب اطمینان در جهت پدافند غیرعامل
- * افزایش سطح آگاهی مردم از شرایط موجود و آینده و دخیل نمودن آن‌ها در تصمیم‌سازی ایجاد فرهنگ استفاده صحیح از آب

محدوده تحت پوشش طرح:

محدوده‌ای به مساحت ۳۷ هکتار که از طرف شمال به بازار رضا (ع) و میدان بیت المقدس، از طرف غرب به خیابان امام رضا (ع)، از طرف جنوب به خیابان دانش شرقی و از طرف شرق به میدان ۱۷ شهریور محدود است.

مشخصات محدوده طرح

جمعیت ساکن در سال ۱۳۹۰ = ۲۱۶۰ نفر
ظرفیت پذیرش جمعیت متحرک = ۸۵۰۰۰ نفر
مصرف آب بهداشتی = ۱۰ هزار مترمکعب در شبانه‌روز
مصرف آب شرب = حدود ۳۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز
حدود ۸۵ درصد مصرف آب محدوده مصارف مهمان‌پذیرها و هتل‌ها می‌باشد.

دامنه کاربرد آب بهداشتی:

موارد استحمام، شستشوی ظروف، البسه و مواد غذایی مورد استفاده در پخت و پز، شستشوی خانه، دستشویی و توالت و فضای سبز شامل این دست مصارف می‌گردد. بدیهی است آب بهداشتی از طریق شبکه آب شهری تأمین خواهد شد.

نحوه تأمین آب بهداشتی محدوده طرح

- دو حلقه چاه با دبی ۸۰ لیتر در ثانیه
- آب سد دوستی

دامنه کاربرد آب شرب:

آب آشامیدنی و آب مورد استفاده در پخت و پز.

نحوه تأمین آب شرب محدوده طرح

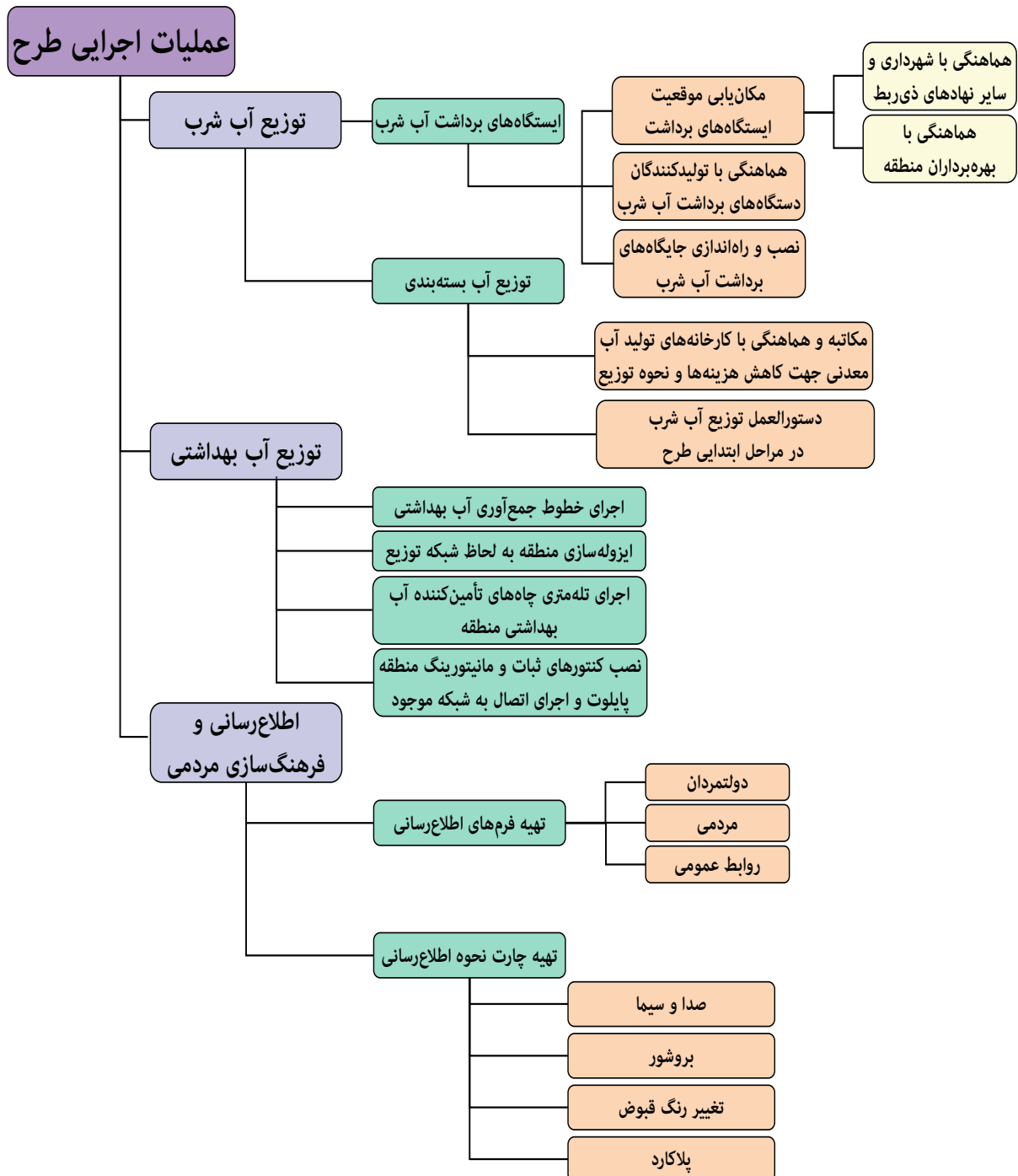
- آب بسته‌بندی در هتل‌ها و مراکز اقامتی
- استقرار ۴ ایستگاه برداشت آب شرب



چشم‌انداز بلندمدت طرح:

و امید می‌رود در سال‌های آینده و با اجرای موفق این طرح در محدوده پایلوت، طرح جداسازی آب شرب از بهداشتی در کل شهر مشهد به اجرا درآید.

با توجه به اولویت خاص تأمین آب شرب محدوده ثامن و در جهت خدمت‌رسانی مطلوب‌تر به مشترکین این محدوده، این منطقه در طرح جداسازی آب شرب از بهداشتی پیش‌قدم بوده



نمودار اقدامات اجرایی طرح

رونمایی از

سند تدبیر

آب مشهد

سند مدیریت تأمین و توزیع آب مشهد در قالب کتابچه تدبیر آب مشهد، در همایش



سراسری رشد، مهرماه ۱۳۹۴، باحضور جناب آقای مهندس واحدی معاون استاندار خراسان رضوی، جناب آقای مهندس قانع معاون مهندسی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و مدیران عامل شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی، رونمایی شد. در این مراسم جناب آقای واحدی ضمن تقدیر از عوامل تدبیر آب مشهد بر لزوم نشر و استفاده از آن در سطح کشور تأکید و از شرکت مهندسی آبفای کشور به عنوان شرکت مادر تخصصی در این زمینه درخواست همکاری نمودند. در ادامه آقای مهندس طباطبائی، دبیر نشست تدبیر آب، ارائه مختصری از روند برگزاری سلسله نشست‌های تدبیر آب ارائه نمودند. همچنین در این مراسم از دکتر کامران داوری به پاس زحمات ایشان در راهبری علمی این فرآیند تقدیر به عمل آمد. تدوین این سند در راستای تکالیف استانداری خراسان رضوی، طی برگزاری سلسله نشست‌های تدبیر آب مشهد از اردیبهشت‌ماه لغایت اسفندماه ۱۳۹۳، با انجام بیش از ۴۸۰۰ نفر-ساعت کار

کارشناسی، به دبیری شرکت آب و فاضلاب مشهد و با همکاری دانشگاه فردوسی مشهد، شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی و جمعیت نایجیان آب صورت پذیرفت؛ که حاصل این اقدام، اجماع و همگرایی بین حوزه‌ای در مدیریت یکپارچه آب مشهد و تولید ۶۰ عنوان سیاست کلان در این بخش می‌باشد. در این بازه زمانی جمعا ۲۰ جلسه کارشناسی، ۱۵ جلسه کمیسیون‌های تخصصی، ۴ جلسه شورای راهبردی، ۳۴ جلسه شورای اجرایی و بیش از ۱۰ جلسه هماهنگی‌های فنی و اجرایی با حضور خبرگان و مسئولین در بخش‌های آب شهری، صنعت، کشاورزی و با حضور تشکلهای خصوصی، مشاورین و اساتید دانشگاهی برگزار گردید. در این نشست‌ها دغدغه‌ها و چالش‌های کلیه گرداران آب جمع‌بندی و با تدوین نقشه راه به منظور رفع نیازها، نسبت به تدوین چشم‌انداز در افق ۱۴۲۰ با کلیه راهبردها و محورهای توسعه آن اقدام گردید. در گام بعد، سیاست‌های کلان ذیل اهداف چشم‌انداز تدوین و مسئولیت اجرای آن‌ها تعیین شد. در آخرین جلسه کارشناسی نیز که با حضور جناب آقای دکتر داوود رضا عرب، عضو ستاد احیای دریاچه ارومیه، تشکیل شد؛ ایشان ضمن مهندسی ارزش فرآیند تدبیر و سیاست‌های تدوین شده، نقطه نظرات تکمیلی خود را جهت ادامه کار ارائه نمودند. بدیهی است دستورالعمل حاصله که جزء اقدامات بدیع انجام شده می‌باشد، می‌تواند به عنوان الگوی منحصربه‌فرد و پایه و اساس سایر اقدامات مشابه در حوزه مدیریت آب کشور قرار گیرد. هم‌اکنون نیز، فرآیند تدبیر آب مشهد به نقطه عطف خود رسیده است و تصویب و تشکیل شورای هماهنگی حوضه آبریز را در دستور کار خود دارد.



طراحی و تولید پژوهش نامه شرکت آب و فاضلاب مشهد

شرکت آب و فاضلاب مشهد در راستای جلب نظرات و مشارکت افراد ذیصلاح به منظور پیاده سازی نتایج طرح های پژوهشی طی اقدامی، طراحی و تولید دوره ای "پژوهش نامه" حاصل از طرح های پژوهشی پایان یافته را در دستور کار خود قرار داده است. هدف اصلی این اقدام پیشبرد هرچه بیشتر طرح های پژوهشی به سمت کاربردی شدن می باشد. این شرکت ضمن ارسال پژوهش نامه های مذکور برای کلیه سازمان ها و مراکز مرتبط با موضوع طرح ها، پذیرای کلیه نظرات و پیشنهادات ارسالی در زمینه اجرایی نمودن نتایج طرح های پژوهشی پایان یافته خواهد بود.



فراخوان اولویت های پژوهشی شرکت آب و فاضلاب مشهد

شرکت آب و فاضلاب مشهد در راستای مرتفع ساختن چالش ها و مسائل مرتبط با حوزه صنعت آب و فاضلاب و انجام طرح های پژوهشی کاربردی، اقدام به احصاء نیازهای پژوهشی از طریق برگزاری جلسات طوفان فکری با حضور مدیران و کارشناسان حوزه های مختلف نموده است. در این زمینه از کلیه اساتید دانشگاهی، دانشجویان دوره های تحصیلات تکمیلی و سایر پژوهشگران به منظور انجام طرح های پژوهشی مورد نیاز این شرکت و پیاده سازی نتایج آن ها در حوزه اجرایی دعوت به همکاری می گردد. علاقمندان می توانند ضمن مراجعه به پورتال تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد به نشانی <http://rd.abfamashhad.ir> و آگاهی از نیازها و اولویت های پژوهشی این شرکت در "سامانه جامع نرم افزاری تحقیقات" ثبت نام نموده و نسبت به ارائه پروپوزال و نیازهای پژوهشی خود اقدام نمایند.

سامانه جامع نرم افزاری تحقیقات

گروه تحقیقات
شرکت آب و فاضلاب مشهد

صفحه اصلی

درباره گروه تحقیقات

فعالیت های علمی و پژوهشی

افتخارات

آرشیو فایل

نظرسنجی

پژوهش نامه

پژوهش نامه

پژوهش نامه

چاپ و انتشار پژوهش نامه از سوی گروه تحقیقات

آخرین اخبار

انتماء فرایند تدبیر آب مشهد با تدوین کتابچه دستاوردهای آب فرایند تدبیر آب مشهد به پایان راه خود رسیده است.

1394/06/25

انتصاب مهندس سید علیرضا طباطبائی به عنوان عضو کمیته پژوهش و فناوری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

سید علیرضا طباطبائی، مدیریت عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد، طی حکمی از سوی مهندس حمیدرضا جانان، رئیس

مهرقی سایت های مرتبط

- « سایت شورای جهانی آب
- « سایت انجمن بین المللی آب
- « انجمن بین المللی آب
- « سایت انجمن آب و فاضلاب ایران
- « سایت نشریه آب و توسعه پایدار
- « سایت دفتر ارتباط علمی دانشگاه و جامعه دانشگاه فردوسی مشهد
- « سایت پارک علم و فناوری خراسان رضوی

اطلاعیه دفتر

به اطلاع کلیه پژوهشگران و مراکز پژوهشی می رساند گروه تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد، در نظر دارد ... **ملی کامل**

فرهنگ سازی و گسترش آگاهی های عمومی

در راستای هدف آگاهی بخشی عمومی، در سال ۹۳ با طرح فرهنگی- دانش آموزی نجات آب کشاورزی در ۶۸۵۳ مدرسه استان و تهیه و چاپ دفترچه، بروشور، لوح فشرده و ... به فرهنگ سازی برای نسل آینده پرداخته شده است. همچنین اقداماتی از قبیل: پخش ۷ برنامه "اشاره" به مدت ۱۴۰ دقیقه و ۱۷ برنامه "گزارش ۵" و ۵ برنامه رادیویی "رونق" و ۱۰ برنامه تلویزیونی "گفتگو"، پخش ۲۴۰ دقیقه "انیمیشن" با موضوعات منابع آب استان و ده ها مصاحبه و گزارش و زیرنویس در زمینه وضعیت منابع آب استان، با این هدف صورت گرفته است.

اتخاذ نگرش فرابخشی و ایجاد هماهنگی و تعامل بین

دستگاه های اجرایی

برگزاری نشست های مشترک با مقامات دستگاه های اجرایی ذیربط در استان به ویژه مسئولان قضایی برای جلب حمایت آن ها در پاسداری از منابع حیاتی آب استان

پایش منابع و کنترل برداشت ها

شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی در سال ۹۳ در راستای وظایف حاکمیتی اقدامات شایان توجهی انجام داده که از جمله آن ها: ثبت ۲۴۶۹۶ تقاضا و انجام ۲۰۶۵ مورد کارشناسی منجر به صدور ۲۰۵۴ پروانه، ۴۴۱ فقره مجوز و ۲۱۵۰ مورد استقرار و ترخیص دستگاه حفاری و توقیف ۳۸ دستگاه حفاری غیرمجاز سبک و سنگین و ده ها فعالیت دیگر است. همچنین با استفاده از ۴۲ گروه کنترل و نظارت در سطح استان و پوشش بیش از ۲۵۰۰۰ حلقه چاه و ۱۷۲ رودخانه در ۳۶ محدوده مطالعاتی، تعداد ۱۶۵۲۰ مورد بازدید و کنترل و نظارت از چاه های مجاز صورت گرفته است و تعداد ۹۳۰ حلقه چاه غیرمجاز شناسایی شده است.

برنامه ریزی و اقدام برای جلوگیری از برداشت های غیرمجاز

در راستای طرح تعادل بخشی در سال ۹۳ با انسداد ۳۶۵۵ حلقه چاه غیرمجاز به حجم ۵/۸۵ میلیون مترمکعب و با جلوگیری از اضافه برداشت ۴۷ حلقه چاه مجاز ۱۷۹۶ میلیون مترمکعب در برداشت های آب زیرزمینی صرفه جویی شده است.

پایش بهره برداری از چاه ها با نصب و بهره برداری از

کنتورهای هوشمند

کنتورهای هوشمند آب و برق، به عنوان ابزاری کارآمد جهت استفاده ی بهینه از آب های زیرزمینی و کنترل برداشت آب از چاه های برق دار، در دستور کار وزارت نیرو قرار گرفته است. در سال های اخیر نصب و بهره برداری از کنتورهای هوشمند در دو دشت مشهد و مه ولات به عنوان نمونه انجام شده است. با نصب و بهره برداری از کنتورهای هوشمند ۲۸۵ حلقه چاه در دشت مه ولات، برداشت در سال ۹۳ نسبت به سال ۸۸، به میزان ۵۷ میلیون مترمکعب کاهش نشان می دهد. همچنین مقایسه حجم برداشت سالیانه آب در ۶۵۴ حلقه چاه مجهز به کنتور هوشمند در دشت مشهد در سال ۹۳ نسبت به سال ۸۹ کاهش به میزان ۴۶ میلیون مترمکعب را نشان می دهد. در ادامه چند نمودار که بیانگر تأثیر نصب و بهره برداری از کنتورهای هوشمند آب و اقدامات انجام شده در راستای طرح تعادل بخشی بوده ارائه شده است.

با آغاز بهره برداری از ۷۲۲۰ کنتور هوشمند آب از شهریور ماه سال ۹۴، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی قادر خواهد بود ضمن پایش بهره برداری از چاه ها، پس از اتمام حجم مجاز آب مندرج در پروانه بهره برداری از برداشت غیرمجاز که عامل اصلی ایجاد کسری مخزن و تهدیدکننده امنیت پایدار آب است، جلوگیری نماید. امید است با اجرای هرچه اثربخش تر طرح احیاء و تعادل بخشی در سال نود و چهارو حمایت مردمی بتوانیم در رسالت مهم پاسداری از منابع ارزشمند و اندک آب سریلند باشیم.



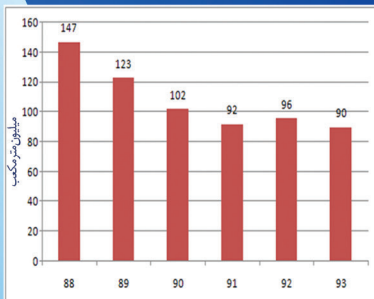
گهرت آب منتهی خراسان رضوی

گزارشی از

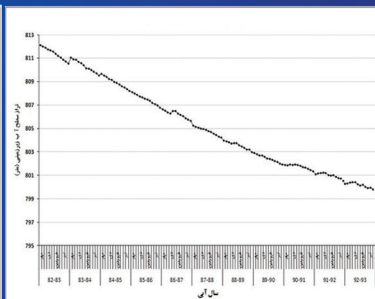
فعالیت های شرکت

آب منطقه ای خراسان رضوی

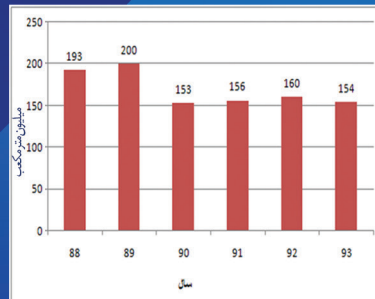
با توجه به شرایط خاص اقلیمی استان خراسان رضوی که شامل بارندگی کم و تبخیر بسیار زیاد است، بیش از ۷۵ درصد از نیاز آبی مصارف مختلف از منابع آب زیرزمینی تأمین می شود. بخش کشاورزی به دلیل توسعه غیراصولی و بهره وری پایین، با برداشت ۸۸ درصدی از منابع آب زیرزمینی موجود، بیشترین سهم برداشت را داشته و بخش شرب با ۹ درصد و بخش صنعت و خدمات با ۳ درصد برداشت پس از آن قرار دارند. در حال حاضر اضافه برداشت از منابع آب استان منجر به کسری مخازن آب های زیرزمینی به میزان ۱۱۲۵ میلیون متر مکعب در سال شده است. طبق اسناد بالادستی بخش آب، برای جلوگیری از ادامه این روند، در مرحله اول کاهش حجم برداشت از آب های زیرزمینی و آگاهی بخشی عمومی، ضروری به نظر می رسد. همچنین به طور همزمان بالابردن بهره وری آب در تمام بخش های مصرف، به ویژه در بخش کشاورزی باید به طور جدی در دستور کار دستگاه های اجرایی ذیربط قرار گیرد. بر این اساس، اقدامات زیر توسط شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی (طبق وظایف حاکمیتی) صورت گرفته است.



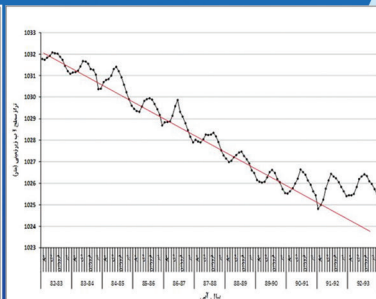
مقایسه حجم برداشت سالیانه آب در ۲۸۵ حلقه چاه مجهز به کنتور هوشمند در دشت مه ولات



آینود دشت مه ولات



مقایسه حجم برداشت سالیانه آب در ۶۵۴ حلقه چاه مجهز به کنتور هوشمند در دشت مشهد



آینود دشت مشهد

In the Name of Allah

Journal of Water and Sustainable Development



Volume 2 - Issue 1 (Serial No. 4) - September 2015

Due to certificate no. 3/18/126631 dated 20/9/2015 from the scientific publications review Commission of the Ministry of Science, Research and Technology, 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
Sajadifar, S.H., Representative of National Water & Wastewater Company
Tavakoli Aminian, S., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Alipour, M. R., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company
Ghandehari, A. Representative of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company

Executive Expert
Graphic & design
Publisher
Print
ISSN
Tel
E-Mail
Website
Address
Sponsor

Shahedi, M., Talebi Hossein Abad, F.
Shahedi, M., Talebi Hossein Abad, F., Khakpour, H.
College of Agriculture , Ferdowsi University of Mashhad
Khorasan Print City, Mashhad
2423-5474
+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 2 - Issue 1 (Serial No. 4) - September 2015

Articles in issue:

- Study of strategic management of technology models and providing a suitable model for ABFAR companies
A.S. Heydari, M. Teymurian
- Assessment improvement of financial performance through representative of indexes by Grey Relational Analysis (GRA)
M. davoodabadi, Sh. shalpoosh, H. blourchi
- The analysis of the bank payment of water bills and its impact on expenditures of the Water and Wastewater companies
M. Zeinali, H. Mozafarian, SH. Baharloe
- An assessment of the water resources of Mashhad plain with an integrated approach based on water accounting framework
M. Yousefzadeh Chabok, A. Bagheri, K. Davary
- A study of the performance of modified Zeolite in removing Humic Acid from aqueous solutions
M. Vosoughi, A.H. Mahvi, M.J. Mohammadi, M.A. Mohammadi, M. Shirmardi, H. Golestaniifar, A. Naeimabadi
- Phytoremediation potential of common Sorrel (*Rumex acetosa*) and Corn (*Zea mays*) in decomposing synthetic Sulphonated Anthraquinone
Gh. Taheri
- Assessing of channel roughness and temperature variations on Parkand Abad WWPT's wastewater quality using numerical modeling
A. Gholipour, E. Alamatian
- Studying a leakage detection method in pressurized water networks based on the pressure-leakage relation
A. Boostani, S.R. Khodashenas
- The Basic equations used in the SWAP model and practical guide of model
Kh. Barati, H. Taheri-Sodejani, M. Shayannejad
- Factors affecting water consumption pattern and optimizing in household sector of rural areas
Gh. Jamali, S. Zamani
- Agent based modeling framework in simulation of stakeholder's behavior for managing water resources
M. Ghallehban Tekmedash, A. Taheri Tizro, H. Zare Abyane
- Presentation of evaluation system in water investigation studies (Technical Note)
A.A. Ghezelsafloo, M. Maghrebi

ISSN (Print): 2423-5474

