نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۶، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۲۳۷-۲۲۶

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 6, Fall 2012, p. 226-237

توسعه و کاربرد مدل چند معیاره فازی قیمت‌گذاری آب در شبکه‌های آبیاری

علی اصغر منتظر[1*] و سمیرا میرشفیعی[2]

چکیده

ارزش گذاری واقعی آب کشاورزی نقش موثری در تخصیص بهینه منابع آب، استقلال مالی شبکه‌های آبیاری، تامین هزینه‌های استحصال آب و افزایش بهره‌وری آب دارد. این تحقیق با هدف توسعه یک مدل چند معیاره فازی قیمت‌گذاری آب در شبکه‌های آبیاری انجام گرفت. مدل در ارزیابی قیمت آب شبکه آبیاری ورامین استفاده گردید. در توسعه مدل، ۱۳ معیار کمّی و کیفی موثر بر قیمت واقعی آب شبکه‌های آبیاری در نظر گرفته شد. محاسبه و همگن‌سازی معیارها، تعیین وزن معیارها، تعریف کلاس‌ها، محاسبه درجه عضویت معیارها در هرکلاس، تشکیل بردار عضویت نهایی، تشکیل بردار قیمت و ترکیب این دو بردار به منظور محاسبه قیمت نهایی آب مهم‌ترین مراحل توسعه مدل بودند. نتایج نشان داد که سه معیار نوع شبکه آبیاری، میزان استقلال از حمایتهای دولتی و میزان درآمد در واحد سطح شبکه موثرترین عوامل بر تعیین قیمت آب می باشند. قیمت آب شبکه ورامین بر اساس مدل چند معیاره فازی ۵۴۷/۳۳ ریال بر مترمکعب برآورد گردید این درحالی است که قیمت تمام شده آب بر اساس هزینه استحصال آب ۹۴۴/۳۳ ریال بر متر مکعب تعیین شد. قیمت آب‌بهای فعلی رایج در شبکه نیز ۹۶ ریال بر متر مکعب می‌باشد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که قیمت آب‌بهای شبکه مورد مطالعه تفاوت فاحشی با مقادیر قیمت آب برآوردی مدل و روش هزینه استحصال آب داشته که بیانگر فاصله ارزشی قابل توجه بین ارزش واقعی آب و آب‌بهای رایج است. در واقع مدل چند معیاره قیمت‌گذاری فازی با لحاظ شرایط واقعی که مقدار معیارها غالبا کمتر از حد ایده‌آل هستند، قیمت را تا حدی تعدیل کرده و قیمت واقعی‌تری از آب را بدست می‌دهد. قیمت آب برآورد شده مدل می تواند به عنوان قیمت واقعی آب این شبکه تلقی شده که البته پرداخت این قیمت توسط بهره‌برداران بدون ایجاد زیر ساخت‌های لازم تقریبا غیر ممکن می‌نماید. مدل معرفی شده در این تحقیق از کارآیی مطلوبی در ارزیابی شرایط و عوامل موثر ارزش گذاری آب در شبکه‌های آبیاری برخوردار بوده و زمینه تعیین ارزش واقعی آب در این سامانه‌ها را فراهم می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاره، شبکه‌های آبیاری، شبکه آبیاری ورامین، قیمت‌گذاری آب، منطق فازی

مقدمه

ارزش گذاری اقتصادی آب درمصارف کشاورزی، یکی از مهم‌ترین اولویت‌ها در زمینه مدیریت منابع آب به شمار می‌آید. در این راستا، تعیین ارزش کمّی واقعی آب در شبکه‌های آبیاری و اخذ آب‌بها بر این اساس به عنوان یکی از راهکارهای بهبود بهره وری آب در این سامانه‌ها عنوان می‌گردد. سیاست قیمت‌گذاری آب کشاورزی از طریق تأثیر در رفتار مصرف کنندگان، امکان استفاده منطقی از آب را فراهم نموده و زمینه سرمایه‌گذاری در منابع پایدار به ویژه درکشاورزی آبی را مهیا می سازد (شجری و همکاران، ۱۳۸۸). از دیدگاه اقتصاددانان، مدیریت تقاضا از طریق تخصیص مجدد منابع آب، قیمت‌گذاری آب آبیاری، بهبود زیرساختها و معرفی بازار آب امکان پذیر است (Gomez-Limon and Martinez, 2006).

قیمت آب کشاورزی و درآمد حاصل از این بخش پایین بوده و از طرفی هزینه سرمایه گذاری پروژه‌های آبی بالا و زمان برگشت سرمایه آن طولانی است و از اینروست که انگیزه سرمایه گذاری بخش خصوصی در صنعت آب ناچیز و منابع مالی بدین منظور محدود می‌باشد.

به منظور تعیین تاثیر سیاست‌های قیمتی بر میزان مصرف آب از مفهوم کشش قیمتی تقاضا استفاده می‌شود که عبارت از درصد تغییرات در تقاضا به ازای یک درصد تغییر در قیمت آب می‌باشد. اگر در نتیجه افزایش یک درصدی قیمت آب، مصرف کنندگان کمتر از یک درصد تقاضای خود را برای آب کاهش دهند، تقاضای آب کم کشش تلقّی شده و چنانچه مصرف کنندگان بیش از یک درصد تقاضای خود را کاهش دهند، گفته می‌شود تقاضای آب با کشش است. براساس مطالعات دینار (۱۹۹۸)،کشش تقاضای آب در مناطق مختلف جهان بین ۰/۳- تا ۰/۷- درصد قرار دارد که به معنای کم کششی تقاضای آب است. بنابراین افزایش قیمت در میزان مصرف و تقاضا تغییر زیادی به وجود نمی آورد و با حفظ تقاضای آب، مصرف کنندگان اقدام به صرفه جویی می‌کنند. افزایش قیمت، در کنار سایر روشهای افزایش بهره وری می تواند مفید واقع شود و می توان از آن

۱- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول: (Email: almontaz@ut.ac.ir
۲- دانش آموخته گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

Archive of SID
www.SID.ir

در راستای تامین هزینه‌های استحصال و تامین آب استفاده کرد. ارزش‌گذاری اقتصادی آب را می توان به قابلیت آن در ایجاد جریان‌های کالا و خدمات در طول زمان نسبت داد.

به منظور ارزش‌گذاری اقتصادی آب می توان از روش‌های استقرایی شامل تحلیل‌هایی مبتنی بر تابع تولید و هزینه تقاضای استخراجی ازمشاهدات بازار آب، ارزش‌گذاری ضمنی و روش‌های قیاسی شامل روش‌های هزینه جایگزین، تعادل عمومی محاسباتی، روش برنامه‌ریزی ریاضی، مدل داده- ستانده، روش پسماند یا تغییر در خالص سودهای اقتصادی استفاده جست. محققین مختلفی از این شیوه‌ها استفاده نموده اند که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌گردد.

آریان (۱۳۸۷) با استفاده از روش بودجه بندی ایستا در بازار آب در شبکه آبیاری دشت قزوین، ارزش هر متر مکعب آب کشاورزی به تفکیک محصولات تحت کشت شبکه را محاسبه نمود. در مطالعات بازار آب انجام شده در دشت قزوین، ارزش آب در نظام اجاره‌داری براساس ارقام اجاره زمین با آب و بدون آب محاسبه شد. بر این اساس، حداقل ارزش هر متر مکعب آب برای اجاره کاران ۳۵۷ریال به صورت تک کشتی و حداکثر آن۹۷۲ ریال با احتساب الگوی کشت محدوده مورد بررسی تعیین گردید. میراکبری (۱۳۸۰) با استفاده از روش برنامه ریزی خطی ارزش اقتصادی آب را در دشت ورامین در سه گروه شامل کشاورزان با سطح زیر کشت کمتر از ۴ هکتار، بین ۴ تا ۱۰ هکتار و بیشتر از ۱۰ هکتار، به ترتیب: ۱۷۶، ۱۹۵، ۱۸۴ریال بر- آورد نمود. آب‌بهای اعمال شده در این منطقه در سال مورد مطالعه به طور متوسط ۳۵ ریال به ازای هر متر مکعب آب آبیاری فرض گردید. نتایج تحلیل حساسیت در این تحقیق نشان داد که زارعین منطقه، حتی با آب‌بهای بسیار بالاتر نیز مقدار مصرف آب آبیاری را کاهش نخواهند داد. به همین دلیل برای کاهش میزان مصرف آب، به جز تعیین و اخذ قیمت واقعی آب باید اقدامات مدیریتی مناسب دیگری نیز از قبیل حفظ محدودیت بهره‌برداری، افزایش تغذیه مصنوعی سفره، افزایش راندمان آبیاری و استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری مبادرت ورزید. اسلامی (۱۳۸۷) با در نظر گرفتن عوامل موثر در قیمت آب کشاورزی منطقه چرخاب یزد و با دیدگاه‌های اجتماعی و اقتصادی به مطالعه قیمت واقعی آب پرداخت. او با استفاده از تابع تقاضای آب، ارزش اقتصادی آب را ۱۸۵ ریال به ازای هر متر مکعب آب تعیین کرد و این مقدار را ۲/۶ برابر هزینه ای که در حال حاضر توسط بهره‌برداران به عنوان آب‌بهای هر متر مکعب آب پرداخت می‌شود، عنوان نمود. ایشان بر لزوم تجدید نظر در قیمت فعلی آب با توجه به محدودیت‌های اقلیم منطقه مورد مطالعه تاکید کرد. بهلولوند (۱۳۸۵) برای نخستین بار بازار آب را در ایران در منطقه مجن به طور تجربی بررسی کرد. او در این مطالعه به شناسایی و بررسی بازار آب و عوامل موثر بر تقاضای کل آب در این منطقه پرداخت. نتایج تحقیق او نشان داد که قیمت نسبی آب و کودهای آلی تاثیر منفی و معنی دار و قیمت نسبی زمین تاثیر منفی بر تقاضای کل آب دارد.

آب‌بها به دو روش کلی حجمی و غیر حجمی تقسیم بندی می‌شود (عسگری تشکری، ۱۳۸۶). روش قیمت‌گذاری بلوکی در ماهاراشترای هند، نمونه کاربردی از روش حجمی می‌باشدکه در آن قیمت آب بسته به فصول سال و نوع کشت تغییر می‌نماید (Eastet and Becker and Tsure,1997). یکی دیگر از روش‌های حجمی پرطرفدار در سالهای اخیر روش قیمت‌گذاری هزینه نهایی است که در آن قیمت آب با هزینه نهایی آب برابر در نظر گرفته می‌شود. مزیت اصلی این روش آن است که از طریق آن می توان به یک تخصیص کارا دست یافت و ایراد این روش، دشواری وارد نمودن کلیه هزینه-های نهایی و منافعی است که برای تعیین قیمت صحیح آب مورد نیاز هستند. اجرای موثر و درست قیمت‌گذاری نهایی تا به حال مشاهده نشده و گفته می‌شود که چنین روشی در عمل به لحاظ اجتماعی و سیاسی بسیار شکننده خواهد بود (Meizen- Dick,1999). همچنین قیمت‌گذاری آب بر پایه مساحت و قیمت‌گذاری براساس مدت آبیاری از روش‌های غیر حجمی تعیین قیمت آب به حساب می آیند.

فرآیند قیمت‌گذاری آب کشاورزی را می توان یک تصمیم گیری چند معیاره دانست و از اینرو کاربرد شیوه‌های تصمیم گیری چند معیاره بدین منظور قابل توصیه می باشند. تجارب موفق متعددی در زمینه استفاده از روشهای تصمیم گیری چند متغیره در ارزیابی بهره وری آب شبکه‌های آبیاری (Montazar and Zadbagher, 2010)، ارزیابی مدیریت پروژه‌های آبیاری (Okada et al, 2007)، تعیین الگو و سطح کشت بهینه شبکه‌های آبیاری (Montazar and Gaffari, 2011) و برنامه‌ریزی جهت شبیه سازی بازار آب (Gomez- Limon and Martinez, 2006) وجود دارد.

تئوری مجموعه‌های فازی را می توان شکل تعمیم یافته تئوری مجموعه کلاسیک دانست. عضویت در مجموعه‌های کلاسیک توسط اعداد صفر یا یک مشخص می‌شود اما عضویت در مجموعه‌های فازی مفهوم منعطف تری داشته و می تواند به اندازه تمام اعداد بین صفر و یک باشد. در این صورت تابع عضویت برای تعریف درجات عضویت به وجود می آیند (صمدی، ۱۳۸۷). این تئوری در حوزه‌های مختلف به کار گرفته شده است از جمله حوزه‌های مهندسی، تجارت، پزشکی، علوم طبیعی و سایر حوزه‌هایی که عدم اطمینان و قضاوت انسانی در آن نقش خودنمایی می‌نماید (Gurifrida, 2000). از جمله کاربرد تحلیل‌های چند معیاره فازی در شبکه‌های آبیاری می توان به تحقیق منتظر و نصیری (۱۳۸۹) اشاره نمود. آنها با استفاده از یک مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy Analytical Hierarchy Process-FAHP) به ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری قزوین و شبکه‌های فومنات، مرکزی و شرق منطقه سفیدرود پرداختند. نتایج این تحقیق نشان دادکه استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی برای مدل سازی نظرات مبهم و احتمالی متولیان و بهره‌برداران شبکه در

Archive of SID

www.SID.ir

شرایطی که اطلاعات زیادی در مورد شبکه وجود ندارد، مناسب می‌باشد. زائو و چن (2008) در تحقیقی بعد با استفاده از ترکیب یک مدل ارزیابی چند معیاره فازی و یک مدل محاسباتی قیمت آب، به محاسبه قیمت آب شهری پرداختند.

در قیمت‌گذاری آب شبکه‌های آبیاری، عوامل موثر کمّی و کیفی متعددی وجود دارند که لحاظ نمودن آنها در فرآیند تعیین قیمت آب، ضمن زمینه سازی امکان اعمال تاثیرات جامع پارامترهای ذی تاثیر، شرایط دستیابی به ارزش واقعی آب کشاورزی در این سامانه‌ها را فراهم می‌نماید. با توجه به تعدد این عوامل و پیچیدگی تعاملات مابین آنها و از طرفی توانمندیهای مجموعه‌های فازی و روش‌های تحلیل چند معیاره، به نظر می رسد بتوان از ترکیب پتانسیل موجود این دو رهیافت به منظور تعیین قیمت آب شبکه‌های آبیاری استفاده جست. این تحقیق با هدف توسعه یک مدل چند معیاره فازی قیمت‌گذاری آب در شبکه‌های آبیاری تعریف و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

شبکه آبیاری مورد مطالعه

مدل توسعه یافته در این تحقیق، در شبکه آبیاری ورامین مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفت. منابع تامین کننده آب آبیاری این شبکه سه منبع سد لتیان، پساب تصفیه خانه جنوب تهران و آب چاه‌های تلفیقی واقع در دشت ورامین می باشند. در طرح تامین آب شبکه ورامین سهم هر یک از منابع تامین کننده آب فوق مطابق با جدول (۱) پیش بینی شده است که البته به ندرت قابل تامین بوده است. سطح زیر کشت شبکه حدود ۶۰۰۰۰ هکتار، طول کانال اصلی شبکه یا کانال تهران ۶۸ کیلومتر، طول کانالهای درجه ۲، ۱۰۵/۴ کیلومتر، طول کانالهای فرعی ۴۸۴/۵ کیلومتر، طول شبکه زهکش ۱۰۰ کیلومتر، تعداد روستاهای آب بر شبکه ۲۵۰ و تعداد کل آب بران ۹۳۳۰ نفر می باشند (شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان تهران ۱۳۸۵ ؛ غفاری، ۱۳۸۹).

توسعه مدل فازی قیمت‌گذاری آب شبکه‌های آبیاری

با توجه به پیچیدگی سیستم‌های منابع آب ناشی از تعاملات سه بخش جامعه، اقتصاد و محیط زیست، استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی با روش تحلیل چند معیاره در مطالعات این سیستم‌ها بسیار موثر می‌نماید (Wang and Xu, 2003; Li et al.,2005). در قیمت‌گذاری آب شبکه‌های آبیاری عوامل موثر کمّی و کیفی متعددی وجود دارند که در فرآیند تعیین قیمت آب نادیده انگاشته می شوند. در این تحقیق سعی گردید تعدادی از مهم‌ترین این عوامل در توسعه مدل مد نظر قرار گیرند. قیمت پایه استفاده شده در مدل، قیمت تمام شده واحد حجم آب به منظور تامین هزینه‌ها در نظر گرفته شد. مدل با تاثیر دادن معیارهای مختلف موثر بر قیمت آب و با استفاده از منطق فازی قیمت آب شبکه آبیاری را مطابق با شرایط تعدیل می کند. میزان تاثیر هر معیار مشخص می‌شود و با شناسایی مهم ترین معیار، امکان ارائه مناسب ترین راهکار دستیابی به قیمت واقعی آب فراهم می‌گردد. در این مدل به منظور تعریف درجه عضویت هرمعیار به هرکلاس، از منطق فازی استفاده می‌شود.

در توسعه مدل، ۱۳ معیار موثر بر تعیین قیمت واقعی آب در نظر گرفته شد. با فرض وجود ۱۳ معیار، ماتریس تصمیم گیری به صورت $X_{13\ 1}$ تشکیل شد. معیارهای مورد نظر عبارت بودند از: تعداد بهره-برداران شبکه آبیاری، وضعیت بهره‌وری آب در شبکه، مدیریت بهره-برداری و نگهداری شبکه، هزینه تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری سالانه، پارامترهای اقلیمی، میزان حجم آب، سیاست حمایتی دولت، نوع شبکه آبیاری، رضایتمندی بهره‌برداران از شیوه تحویل و توزیع آب، سطح درآمد و میزان تولید در واحد سطح شبکه، وسعت شبکه، کیفیت آب. معیارهای در نظر گرفته شده در این تحقیق در دو گروه کلی کیفی و کمّی قابل تفکیک می باشند. برخی از معیارهای کمّی به علت عدم ثبت آمار و فقدان استاندارد لازم بدون تحقیقات میدانی و صرف وقت زیاد قابلیت محاسبه نداشتند. برای این گروه از معیارهای کمّی و معیارهای کیفی پرسشنامه ای با عبارات زبانی طراحی شده و توسط ۶ نفر از مدیران و کارشناسان شبکه آبیاری مورد مطالعه تکمیل شد. به منظور نرمال سازی (همگن‌سازی) ماتریس، ابتدا برای هر معیار کمّی با قابلیت محاسبه عددی، یک شاخص تعریف شد و مقدار آن از تقسیم مقدار فعلی آن معیار بر حداکثر مقدار آن معیار به دست آمد (جدول ۲). چنانچه برای هر معیار استاندارد یا مقدار پیش بینی شده در طرح و یا حد ایده‌آل آن طبق مستندات مقداری وجود داشت از همان مقدار در مخرج کسر استفاده شد. چنانچه X مقدار معیار فعلی و یا موجود و T مقدار استاندارد یا ایده‌آل معیار در نظر گرفته شود، مقدار نرمال معیار (r_{ij}) مطابق رابطه زیر تعیین می‌شود:

جدول۱- حجم آب قابل تامین از هر یک منابع آبی شبکه آبیاری ورامین (میلیون متر مکعب در سال)

منبع آبی	حجم آب قابل تامین
سد لتیان و آبهای سطحی رودخانه جاجرود و دماوند	۲۰۰
پساب تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران از طریق کانال تهران	۲۰۰
سفره زیر زمینی (چاههای دشت) از طریق کانال تهران	۱۸۰

Archive of SID

www.SID.ir

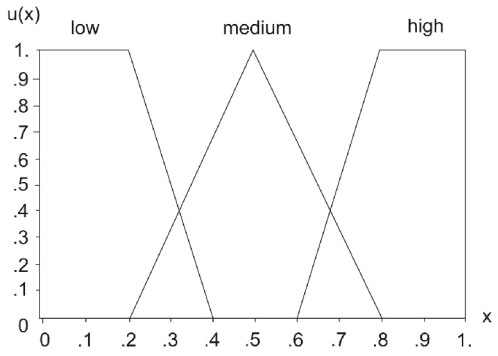
جدول ۲- نسبت تعریف شده برای معیارهای کمّی موثر در قیمت آب

	معیار	شاخص	صورت کسر	مخرج کسر
	تعداد بهره‌برداران شبکه	نسبت تعداد بهره‌برداران	تعداد بهره‌برداران شبکه	تعداد مناسب بهره‌برداران شبکه
	وضعیت بهره وری آب در شبکه	نسبت بهره وری آب	۱ آب m^3 متوسط تولید به دست آمده از	۱آب در m^3متوسط تولیدایده‌آل حاصل از شبکه
		نسبت توزیع	حجم آب تحویل داده شده به کشاورز(خروجی)	آب وارده به ابتدای کانال ۱(ورودی)
	مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه	کفایت دریچه	تعداددریچه‌های موجود	تعداد کل دریچه‌های مورد نیاز
		کارآمدی دریچه	تعداددریچه‌های سالم	تعداد کل دریچه‌های موجود
		نظارت بر دریچه	تعداد دریچه‌های دارای نماینده	تعداد کل دریچه‌ها
		مشارکت بهره‌بردار	تعداد آب‌برحاضردرمدیریت	تعدادکل آب‌بران
		نسبت لایروبی	میزان لایروبی انجام شده	میزان لایروبی موردنیاز
		نسبت بتن ریزی	میزان بتن ریزی انجام شده	میزان بتن ریزی مورد نیاز
	هزینه تعمیرونگهداری و بهره‌برداری سالانه	نسبت هزینه‌ها	هزینه‌های تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری	هزینه مورد نیاز
	پارامترهای اقلیمی	نسبت بارش	متوسط سالانه بارش در منطقه	متوسط بارش سالانه کشور
		نسبت تبخیر	متوسط تبخیر منطقه	متوسط تبخیر در سطح کشور
	میزان حجم آب	نسبت حجم آب در دسترس	حجم آب موجود در شبکه	حجم آب پیش بینی شده
	سیاست حمایتی دولت	نسبت حمایت دولت	قدر مطلق اختلاف هزینه‌های شبکه با درآمدهای فروش آب	هزینه تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری

$$\eta_{ij}=\begin{cases}\dfrac{X}{T} & X \le T\\ 1 & X \ge T\end{cases} \qquad (۱)$$

برای محاسبه معیارهای تعریف شده با متغیر زبانی، با استفاده از مقیاس‌های تعریف شده توسط چن و هوانگ (۱۹۹۲)، مقیاس سه تایی مطابق با شکل (۱) استفاده شد. مقادیر به دست آمده توسط این مقیاس‌ها در فاصله صفر تا یک قرار دارند و نیاز به نرمال سازی ندارند. بدین ترتیب برای محاسبه مقادیر کمّی از دو عدد فازی مثلثی و ذوزنقه ای استفاده شد.

تعدادی از معیارها نسبت عکس با قیمت آب دارند. به منظور همگن‌سازی، مقدار آنها از عدد یک کم شد و نام آن‌ها نیز تغییر یافت.



شکل ۱- مقیاس‌های سه تایی برای تبدیل واژه‌های زبانی به اعداد فازی

Archive of SID

www.SID.ir

نام معیارهای وضعیت بهره‌وری آب در شبکه، نسبت بارش، حجم آب و میزان استقلال از حمایت دولت به فاصله تا وضعیت بهره وری ایده‌آل، کمبود حجم آب، کم بارشی و میزان استقلال از حمایت دولت تغییر یافت. برای تعیین اثر هر کدام از معیارها بر فرآیند قیمت‌گذاری آب بایستی وزن معیارها مشخص شود. این وزن‌ها نشان دهنده اهمیت هر معیار است. رتبه بندی عوامل موثر در قیمت‌گذاری آب به روش تکنیک تحلیل سلسله مراتبی بر پایه نظرات خبرگان حاصل از یک فعالیت پرسشنامه ای انجام شد. به این ترتیب که مقایسات پرسشنامه ای در نرم افزارExpert Choice وارد شد و با استفاده از آن، وزن معیارها تعیین گردید. برای آن که معیارها و گزینه‌ها رتبه بندی شوند تعدادی کلاس تعریف شد، بهترین کلاس یک و بدترین کلاس صفر تعیین گردید. برای کلاس‌های حد وسط، شیب رابطه (۲) که نشان دهنده شیب کاهشی خطی از یک به سمت صفر است، در نظر گرفته شد و بردار کلاس‌ها مطابق روابط (۳) و (۴) ساخته شد. در این روابط c تعداد کلاس‌ها و s_h نام کلاس‌ها می‌باشد. در این تحقیق سه کلاس مطابق رابطه (۴) به صورت بردار S تعریف شد. کلاس یک به معنی کلاس خوب و کلاس $\frac{1}{2}$ به معنی کلاس متوسط و صفر به معنی کلاس ضعیف است.

$$\Delta = \frac{1}{c-1} \qquad (۲)$$

$$S_h = (1, \frac{c-2}{c-1}, \frac{c-3}{c-1}, ..., 0) \qquad (۳)$$

$$s = (1, 1/2, 0) \qquad (۴)$$

با توجه به میزان تعلق هر معیار به هر کلاس، ماتریس U شکل می گیرد.

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_{c1} & u_{c2} & \cdots & u_{cn} \end{bmatrix} = (u_{hj})_{c \times n} \qquad (۵)$$

که در آن u_{hj} درجه عضویت j امین گزینه یا معیار به h امین کلاس، C تعداد سطوح رتبه بندی و n تعداد گزینه‌هاست. نحوه محاسبات درجات عضویت به صورت زیر بود:

الف- محدودیت‌های مدل: مجموع آرایه‌های هر بردار عضویت و مجموع وزن معیارها مطابق با رابطه‌های ۶ تا ۸ برابر یک است.

$$\sum_{h=1}^{c} u_{hj} = 1 \qquad (۶)$$

$$w = (w_1, w_2, ..., w_n) \qquad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^{m} w_i = 1 \qquad (۸)$$

ب- فاصله هر معیار با h امین کلاس مطابق رابطه ۹ تعریف شد.

$$d_{hj} = \left(\sum_{i=1}^{m} \left[w_i (r_{ij} - s_h)^2 \right] \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (۹)$$

که در آن d_{hj} فاصله هر معیار با هر کلاس، r_{ij} آرایه‌های نرمال شده ماتریس تصمیم گیری و s_h شماره کلاس است. در رابطه (۹)، فقط وزن‌ها (w_i) در نظر گرفته شده است.

ج- با توجه به این که u_{hj} هم به عنوان مجهول وارد محاسبات می‌شود، فاصله اقلیدسی وزنی مطابق با رابطه (۱۰) تعریف گردید:

$$D_{hj} = u_{hj} d_{hj} = u_{hj} \left(\sum_{i=1}^{m} \left[w_i (r_{ij} - s_h)^2 \right] \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (۱۰)$$

د- در ادامه تابع هدف (۱۱) برای محاسبه درجات عضویت هر معیار به هر کلاس ساخته شد.

$$\min \left(F(u_{hj}, w_i) \right) = \sum_{h=1}^{c} D_{hj} \qquad (۱۱)$$

ه- برای حل تابع هدف (۱۱) از تکنیک برنامه ریزی غیر خطی همراه با دو محدودیت (۶) و (۸) استفاده شد. بنابراین تابع لاگرانژ که یکی از روش‌های حل این نوع مسائل است مطابق با رابطه (۱۲) ساخته شد:

$$L(u_{hj}, w_i, \lambda_1, \lambda_2) = \sum_{h=1}^{c} D_{hj}^2 - \lambda_1 \left(\sum_{h=1}^{c} u_{hj} - 1 \right) - \lambda_2 \left(\sum_{i=1}^{m} w_i - 1 \right) \qquad (۱۲)$$

در این رابطه L تابع لاگرانژ، λ_1 و λ_2 ضرایب افزایشی لاگرانژ هستند. برای حل آن باید از معادله نسبت به متغیرهای λ_1 و λ_2 و w_i و u_{hj} مطابق رابطه (۱۳) مشتق گرفته شود.

$$\frac{\partial L}{\partial u_{hj}} = 0, \frac{\partial L}{\partial w_i} = 0, \frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = 0, \frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = 0 \qquad (۱۳)$$

و- بعد از محاسبات و ساده سازی‌ها، تابع درجه عضویت u_{hj} مطابق رابطه (۱۴) محاسبه شد. این رابطه، رابطه اصلی تخصیص فازی است.

$$u_{hj} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{c} \left[\frac{\sum_{i=1}^{m} \left[w_i (r_{ij} - s_h) \right]^2}{\sum_{i=1}^{m} \left[w_i (r_{ij} - s_k) \right]^2} \right]} \qquad (۱۴)$$

ز- از آنجا که تعداد ۱۳ معیار در نظر گرفته شده است، ۱۳ بردار عضویت u_{hj} تشکیل شد و با توجه به این که تعداد کلاس‌ها c=3 است طبق رابطه (۱۴) بردارهای عضویت ۳ آرایه ای به صورت زیر بدست آمدند:

$$\begin{aligned} &u_1(u_{11}, u_{21}, u_{31}) \\ &\cdots \\ &\cdots \\ &u_{13}(u_{131}, u_{132}, u_{133}) \end{aligned} \qquad (۱۵)$$

Archive of SID

www.SID.ir

u_{11} در بردار u_1 یعنی معیار اول چقدر به کلاس خوب تعلق دارد، u_{21} یعنی معیار اول چقدر به کلاس متوسط تعلق دارد و u_{31} یعنی معیار اول چقدر به کلاس ضعیف تعلق دارد. بین بردارهای عضویت به دست آمده با توجه به وزن معیارها میانگین گیری وزنی انجام شد و یک بردار عضویت محاسبه گردید. این بردار، عضویت آب تحویلی شبکه آبیاری را در کلاس‌های مختلف نشان می‌دهد. مدل با تاثیر دادن اثر معیارهای مختلف در یک قیمت پایه، قیمت واقعی آب را محاسبه می کند. بنابراین قیمت پایه نقش مهمی در تعیین محدوده قیمت نهایی دارد. با توجه به اهمیت تامین هزینه‌های استحصال آب، ابتدا قیمت تمام شده بر اساس هزینه‌های جاری به عنوان قیمت پایه در مدل در نظر گرفته تعیین گردیده و برای محاسبه بردار قیمت آب، قیمت تمام شده هر متر مکعب در بردار کلاس‌ها ضرب شد (ضرب عدد در بردار). بعد از محاسبه بردار عضویت که معرف درجه عضویت آب تحویلی شبکه در هر کلاس است و شرایط واقعی شبکه را منعکس می کند، به منظور لحاظ کردن عوامل موثر و همچنین محاسبه قیمت واقعی آب در شبکه، این بردار در بردار قیمت آب ضرب داخلی شد و قیمت نهایی آب (P_T) از رابطه زیر تعیین شد.

$$P_T = U_T \times P_W \qquad (۱۶)$$

برای محاسبه قیمت تمام شده آب و یا به تعبیری هزینه تمام شده واحد حجم آب شبکه مورد مطالعه، با توجه به سرمایه گذاری‌های انجام شده و هزینه بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات بخشهای مختلف شبکه از روش اقتصاد مهندسی استفاده شد. هزینه استحصال آب شامل هزینه تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری سد لتیان و سد تنظیمی، هزینه تعمیرات و نگهداری شبکه آبیاری، هزینه بهره‌برداری از شبکه آبیاری، هزینه جاری چاه‌های تلفیقی و هزینه تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری تصفیه خانه جنوب تهران بوده که از تقسیم آن بر حجم آبی که در اختیار بهره‌برداران قرار می گیرد، هزینه متوسط واحد حجم برای یک سال مشخص تعیین می‌شود. در این تحقیق هزینه متوسط آب شبکه بر اساس هزینه‌ها و میزان آب تحویلی سال ۸۹-۱۳۸۸ به عنوان سال مبنا تعیین گردید. همانگونه که قبلا اشاره شد برای همسان سازی زمانی هزینه‌ها و منتقل کردن ارقام از گذشته به سال مبنا از روابط اقتصاد مهندسی استفاده شد. در این بررسی عمر پروژه برای سد ۵۰ سال، برای شبکه آبیاری ۲۵ سال و برای تصفیه خانه ۳۰ سال در نظر گرفته شد. نرخ بهره نیز ۸ درصد فرض گردید.

نتایج و بحث

در این تحقیق مدل قیمت‌گذاری چند شاخصه فازی، با هدف تعیین قیمت واقعی آب با استفاده از عوامل تاثیر گذار توسعه یافت. مراحل توسعه مدل شامل تعیین معیارهای موثر، محاسبه و همگن‌سازی معیارها، تعیین وزن معیارها، تعریف کلاس‌ها، محاسبه درجه عضویت معیارها در کلاس‌های تعریف شده، تشکیل بردار عضویت نهایی، تشکیل بردار قیمت و ترکیب این دو بردار به منظور محاسبه قیمت نهایی می‌باشد.

ارزیابی مقادیر معیارها و تاثیر آنها بر قیمت آب در شبکه آبیاری

با استفاده از داده‌های گزارش شده و پایگاه اطلاعات شرکت سهامی آب منطقه ای تهران و شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان تهران، مصاحبه حضوری با کارشناسان ذیربط در هر بخش و نتایج پرسشنامه‌ها، مقادیر کمّی و کیفی معیارهای موثر بر قیمت آب تعیین گردیده و سپس نرمال سازی و همگن شد. جدول (۳) مقادیر همگن شده معیارها را بدست می‌دهد. نتایج این جدول نشان می هد مقدار همگن شده معیار تعداد بهره‌برداران شبکه آبیاری ورامین بیشترین مقدار را در بین معیارهای مورد نظر بر قیمت‌گذاری آب شبکه به خود اختصاص می‌دهد. در این شبکه، تعداد بهره‌برداران با توجه به افزایش خرده مالکی، روز به روز افزایش یافته است برای تعداد مناسب بهره‌برداران مرجع مستندی وجود ندارد لکن با توجه به شرایط فعلی پیش بینی گردیدکه تعداد فعلی بهره‌برداران از تعداد ایده‌آل بهره‌برداران بیشتر است. کمترین مقدار نیز به معیار فاصله تا وضعیت بهره‌وری ایده‌آل (۰/۱۲) تعلق دارد که نشان از وضعیت نسبتا نامطلوب بهره وری آب در شبکه می‌باشد.

در شکل (۲) وزن نسبی هر یک از معیارها آمده است. بر این اساس معیارهای نوع شبکه، میزان استقلال از حمایت دولت و سطح درآمد و میزان تولید در واحد سطح شبکه به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۴۳و ۰/۱۴۲و ۰/۱۴۲ جزو با اهمیت ترین و معیارهای نسبت تبخیر و تعداد بهره‌برداران شبکه بترتیب با وزن‌های ۰/۰۱۲ و۰/۰۲جزو کم تاثیرترین معیارها در فرآیند قیمت‌گذاری آب شبکه شناخته شدند. به بیان دیگر با سطح مدرنیزاسیون و تکنولوژی موجود شبکه تاثیر قابل توجهی بر قیمت آب ایفا می‌نماید. همچنین سطح درآمد و توان پرداخت بهره‌برداران عامل بسیار موثری بر قیمت آب تلقی می‌شود. این بدان معنی است که برای حرکت به سمت قیمت تمام شده آب که به نسبت قیمت فعلی جاری در شبکه مبلغ زیادی به حساب خواهد آمد، ابتدا باید توانایی پرداخت مصرف کننده افزایش یابد و در کنار آن حجم آب مصرفی کاهش یابد. تغییر در الگوی کشت، ارائه تسهیلات جهت استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار، افزایش قیمت محصولات کشاورزی همگام با افزایش قیمت آب از جمله راه کارهایی است که می تواند با افزایش درآمد بهره‌برداران، پرداخت هزینه واقعی آب را ممکن سازد. وزن معیار سیاست حمایتی دولت، سطح وابستگی مالی بهره‌برداران به دولت را نشان می‌دهد. در

Archive of SID

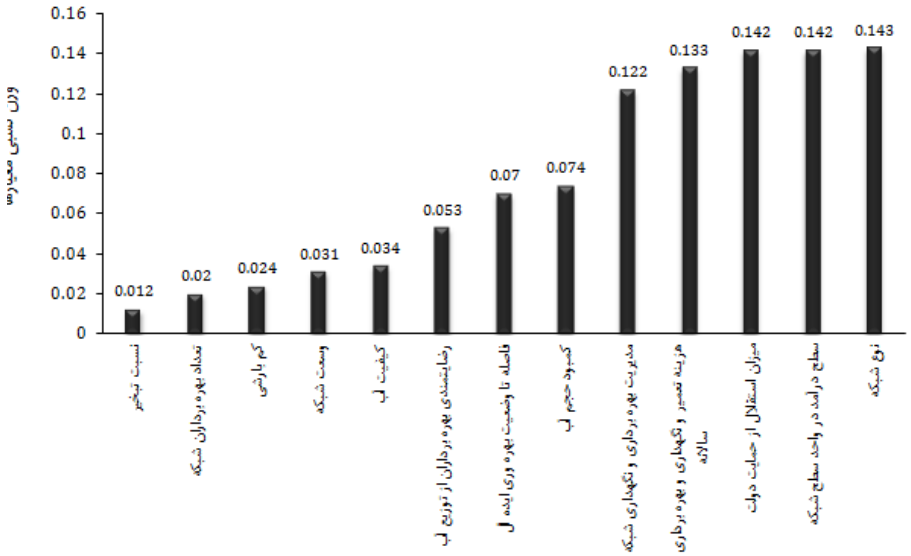
www.SID.ir

حال حاضر سهم اندکی از هزینه‌های استحصال آب توسط بهره‌برداران پرداخت می‌شود.

جدول۳- مقادیر معیارهای موثر بر قیمت آب شبکه پس از همگن‌سازی

معیار	مقدار معیار پس از همگن‌سازی
تعداد بهره‌برداران شبکه	۱
فاصله تا وضعیت بهره‌وری ایده‌آل	۰/۱۲
مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه	۰/۵۴
هزینه‌های جاری سالانه	۰/۵۳
کم بارشی	۰/۵۹
نسبت تبخیر	۰/۶۶
کمبود حجم آب	۰/۴۳
میزان استقلال از حمایت دولت	۰/۴۹
سطح درآمد در واحد سطح شبکه	۰/۵
نوع شبکه	۰/۸۷
وسعت شبکه	۰/۸۷
کیفیت آب	۰/۸۷
رضایتمندی بهره‌برداران از توزیع آب	۰/۸۷

همچنین دو معیار هزینه‌های سالانه و مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری با وزن‌های ۰/۱۳۳ و ۰/۱۲۲ تاثیر قابل توجهی در قیمت آب دارند. در این تحقیق، معیار مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه خود برگرفته از ۷ زیر معیار نسبت توزیع، شاخص کفایت دریچه، شاخص کارآمدی دریچه، شاخص نظارت بر دریچه، شاخص نظارت بر دریچه، شاخص مشارکت بهره‌بردار، نسبت لایروبی و نسبت بتن ریزی بوده که وزن هر یک از آنها در جدول (۴) آمده است. همانطور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود در بین زیر معیارهای مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری، زیرمعیار کارآمدی دریچه و مشارکت بهره‌بردار با وزن‌های نسبی ۰/۳۰۹ و ۰/۲۲۲ بیشترین اهمیت و زیر معیار نسبت توزیع با وزن ۰/۰۴۸ کمترین اهمیت را در تعیین سطح مطلوبیت مدیریت شبکه ایفا می‌نمایند. به عبارت دیگر برای بهبود مدیریت بهره‌برداری و نگهداری این شبکه آبیاری همواره باید با بازرسی و نگهداری مستمر، شاخص کارآمدی دریچه‌ها در سطح مطلوبی حفظ گردد. همچنین مشارکت بهره‌برداران در مدیریت در قالب ایجاد تشکلهای آب بران ضمن بهبود وضعیت مدیریت، هزینه‌های ناشی از سهل انگاری در نگهداری شبکه را کاهش می‌دهد و از آنجا که نظارت عملا بر عهده خود بهره‌برداران است، اقدامات تعمیرات و بهسازی شبکه به موقع و در اسرع وقت صورت می‌گیرد که خود باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود. گاهی یک مشکل کوچک در ساختار فیزیکی شبکه به علت رسیدگی دیر هنگام علاوه بر کاهش بهره‌وری آب، هزینه‌های مدیریت را چند برابر می کند. مشارکت گروهی بهره‌برداران در ساختار مدیریتی، ضمن بهبود و تسهیل وضعیت مدیریتی، هزینه‌ها را نیز تا حد زیادی کاهش می‌دهد و شرایط را برای رسیدن به کاهش قیمت واقعی آب فراهم می‌نماید.



شکل۲- وزن نسبی معیارهای موثر بر قیمت‌گذاری آب شبکه آبیاری

جدول۴- وزن زیر معیارهای مدیریت و نگهداری شبکه آبیاری

معیار	زیرمعیار	وزن

Archive of SID

www.SID.ir

مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری	نسبت توزیع	۰/۰۴۸
	کفایت دریچه	۰/۱۲۶
	کارآمدی دریچه	۰/۳۰۹
	نظارت بر دریچه	۰/۱۲۶
	مشارکت بهره‌بردار	۰/۲۲۲
	نسبت لایروبی	۰/۱۰۳
	نسبت بتن ریزی	۰/۰۶۶

قیمت تمام شده واحد حجم آب شبکه در سال مبنا

بر اساس اطلاعات موجود در شرکت سهامی آب منطقه ای تهران و شرکت سهامی فاضلاب تهران، هر یک از هزینه‌های مربوط به تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری سد لتیان و سد تنظیمی، تعمیرات و نگهداری شبکه آبیاری، بهره‌برداری از شبکه آبیاری، چاه‌های تلفیقی و تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری تصفیه خانه جنوب تهران در سال مبنا تعیین گردید. شرح خلاصه این هزینه‌ها که به عنوان هزینه‌های استحصال آب شبکه مورد مطالعه تلفیقی می شوند، در جدول (۵) ارائه شده است. همانطور که در جدول نیز مشاهده می‌شود، هزینه‌های تعمیرات، نگهداری و بهره‌برداری تصفیه خانه جنوب تهران که یکی از مهم‌ترین منابع تامین کننده آب شبکه آبیاری ورامین به حساب می آید، بیشترین سهم هزینه ای (۱۶۵۶۶/۹میلیون ریال) را در هزینه‌های استحصال آب این شبکه به خود اختصاص می‌دهد.

در سال مبنا، در شبکه آبیاری مورد مطالعه جمعا ۱۴۰ میلیون متر مکعب آب (۸۸ میلیون مترمکعب از سد لتیان، ۴۰ میلیون متر مکعب از تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران و ۱۲ میلیون متر مکعب از چاههای تلفیقی دشت) در اختیار بهره‌برداران شبکه قرار گرفته است. از اینرو با توجه به هزینه‌های استحصال آب در سال مذکور، قیمت تمام شده هر مترمکعب آب در این شبکه ۹۴۴/۳۳ ریال تعیین می‌شود. مهم‌ترین عامل بالا بودن قیمت تمام شده آب شبکه را می توان استفاده شبکه از پساب تصفیه خانه جنوب تهران با هزینه استحصال سنگین عنوان نمود.

قیمت آب بر اساس مدل چند معیاره فازی

با توجه به بردار کلاس تعریف شده در رابطه (۶) و اجزای ماتریس U، بردارهای عضویت هر یک از معیار موثر بر قیمت آب به هر یک از کلاس‌ها مطابق با جدول (۷) تعیین شد. بر اساس نتایج این جدول و به عنوان مثال، وضعیت مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری ورامین با درجه عضویت ۹۸/۷ درصد به کلاس متوسط، با درجه عضویت ۰/۸ درصد به کلاس خوب و با درجه عضویت ۰/۵ درصد به کلاس ضعیف تعلق دارد. به تعبیر دیگر وضعیت بهره‌برداری و نگهداری شبکه از درجه مطلوبیت متوسط برخوردار است. این در حالی است که معیارهای نوع شبکه، رضایتمندی بهره‌برداران از توزیع آب، وسعت و کیفیت آب در شبکه با احتمال بالایی در وضعیت خوب قرار دارند. لکن وضعیت بهره وری آب در شبکه را می توان در معیار فاصله تا وضعیت بهره‌وری ایده‌آل جستجو نمود که با درجه عضویت ۸۹/۴ درصد در وضعیت ضعیف قرار دارد و گویای بهره وری پایین آب در شبکه مورد مطالعه می‌باشد. همانوطر که در جدول (۶) نیز مشخص شده است، غالب معیارها با درجه عضویت بیشتری در کلاس متوسط قرار دارند.

با میان‌گیری وزنی از بردارهای عضویت هر یک از معیارها، بردار عضویت نهایی تشکیل گردید که وضعیت عضویت معیارها را در رتبه‌های مختلف نشان می‌دهد. این بردار به صورت زیر می‌باشد:

U_T= (۰/۳۰۵۸, ۰/۵۴۷۶, ۰/۱۴۶۶)

براساس این بردار، شبکه آبیاری ورامین به اندازه ۵۴٪ به کلاس متوسط، به اندازه ۳۰٪ به کلاس خوب و به اندازه ۱۵٪ به کلاس ضعیف تعلق دارد.

جدول ۵- شرح هزینه‌های استحصال آب شبکه آبیاری ورامین (سال مبنا ۸۹-۱۳۸۸)

هزینه به میلیون ریال	شرح هزینه
۴۵۴۹۳	هزینه تعمیرات، نگهداری و بهره‌برداری سد لتیان و سد تنظیمی
۳۶۸۸	هزینه تعمیرات ونگهداری شبکه آبیاری
۱۶۵۶۶/۹	هزینه بهره‌برداری از شبکه آبیاری
۱۳۳۷/۹۰۵	هزینه جاری چاه‌های تلفیقی
۶۵۱۲۰	هزینه تعمیرات، نگهداری و بهره‌برداری تصفیه خانه جنوب تهران

جدول۶- درجات عضویت معیارها در هر کلاس

Archive of SID

www.SID.ir

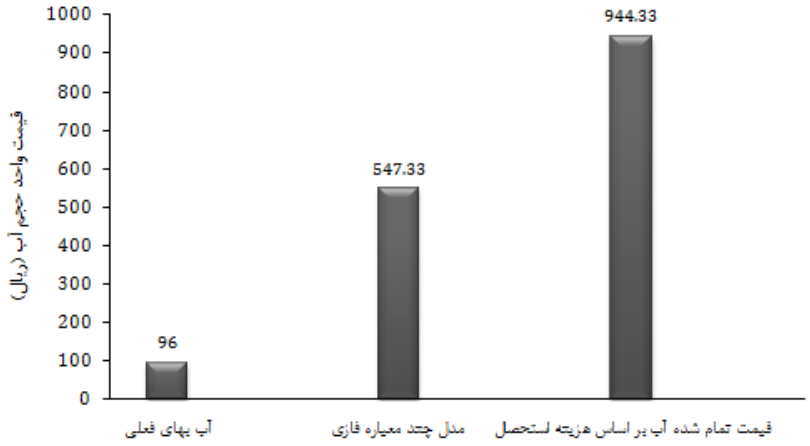
معیار	وزن معیارها	مقدار معیار	بردار عضویت
تعداد بهره‌برداران شبکه	۰/۰۲	۱	U1(۰ ،۰/۸ ،۰/۲)
فاصله تا وضعیت بهره‌وری ایده‌آل	۰/۰۷	۰/۱۲	U2(۰/۰۱۷ ،۰/۰۸۹ ،۰/۸۹۴)
مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه	۰/۱۲۲	۰/۵۴	U3(۰/۰۰۸ ،۰/۹۸۷ ،۰/۰۰۵)
هزینه‌های جاری سالانه	۰/۱۳۳	۰/۵۳	U4(۰/۰،۰۰۴/۹۹۳ ،۰/۰۰۳)
کم بارشی	۰/۰۲۴	۰/۵۹	U5(۰/۰۴۵ ،۰/۹۹۳ ،۰/۰۲۲)
نسبت تبخیر	۰/۰۱۲	۰/۶۶	U6(۰/۱۷۳ ،۰/۷۸۱ ،۰/۰۴۶)
کمبود حجم آب	۰/۰۷۴	۰/۴۳	U7(۰/۰۱۴۵ ،۰/۹۶۰۱ ،۰/۰۲۵۴)
میزان استقلال از حمایت دولت	۰/۱۴۲	۰/۴۹	U8(۰/۰۰۰۴ ،۰/۹۹۹۲ ،۰/۰۰۰۴)
نوع شبکه	۰/۱۴۳	۰/۸۷	U9(۰/۸۷۳ ،۰/۱۰۸ ،۰/۰۱۹)
رضایتمندی بهره‌برداران از توزیع آب	۰/۰۵۳	۰/۸۷	U10(۰/۸۷۳ ،۰/۱۰۸ ،۰/۰۱۹)
سطح درآمد در واحد سطح شبکه	۰/۱۴۲	۰/۵	U11(۰/۵ ،۰ ،۰/۵)
رضایتمندی بهره‌برداران از توزیع آب	۰/۰۳۱	۰/۸۷	U12(۰/۸۷۳ ،۰/۱۰۸ ،۰/۰۱۹)
کیفیت آب	۰/۰۳۴	۰/۸۷	U13(۰/۸۷۳ ،۰/۱۰۸ ،۰/۰۱۹)

قیمت پایه در این تحقیق، قیمت تمام شده هر متر مکعب آب بر اساس هزینه‌های جاری در نظر گرفته شد (۹۴۴/۳۳ ریال بر متر مکعب). بردار این قیمت (P_W) برابر خواهد بود با (۰، ۴۷۲/۱۶۵، ۹۴۴/۳۳). این بردار مبلغ ۹۴۴/۳۳ ریال را برای کلاس خوب، ۴۷۲/۱۶۵ ریال را برای کلاس متوسط و صفر ریال را برای کلاس ضعیف تعریف می کند. با توجه به این که شبکه آبیاری ورامین عملکرد خوبی دارد بردار با سه آرایه برای آن کافی است با توجه به صفر شدن قیمت در آخرین کلاس برای شبکه‌های با عملکرد ضعیف تعریف بردار با آرایه‌های بیشتر توصیه می‌شود. قیمت واحد آب شبکه آبیاری بر اساس ضرب داخلی بردار قیمت آب اساس هزینه‌های جاری واحد حجم آب (P_W) در بردار عضویت نهایی معیارها (P_T) که برابر با (۰/۳۰۵۸, ۰/۵۴۷۶, ۰/۱۴۶۶) می‌باشد، محاسبه می‌گردد. نتیجه نهایی ضرب داخلی این دو بردار معادل ۵۴۷/۳۳ بوده که مقدار قیمت واحد آب شبکه را بر اساس مدل چند معیاره فازی نشان می‌دهد (۵۴۷/۳۳ ریال بر مترمکعب).

در شکل (۳) قیمت‌های مختلف آب بر اساس قیمت تمام شده استحصال آب، قیمت محاسباتی مدل چند معیاره فازی و قیمت آب‌بهای فعلی رایج در شبکه مورد مقایسه قرار گرفته اند. نتایج نشان می‌دهد که قیمت آب‌بهای فعلی در شبکه ورامین (۹۶ ریال بر متر مکعب) بسیار کمتر از قیمت تمام شده و قیمت محاسباتی مدل است. قیمت محاسباتی مدل، ارزش واقعی تری از آب برای این شبکه ارائه می کند و وجود تفاوت فاحش قیمت آب‌بهای فعلی با این مقدار، بیانگر عدم ارزش گذاری واقعی آب در شبکه آبیاری ورامین می‌باشد. تامین هزینه‌های شبکه آبیاری از طریق آب‌بهای فعلی ممکن نبوده و از اینرو برای ادامه خدمات آبرسانی به بهره‌برداران، شبکه وابسته به حمایت‌های دولتی می‌باشد. به منظور استقلال مالی شبکه، لزوم بازنگری جدی در روش قیمت‌گذاری و سطح قیمت آب در این شبکه احساس می‌شود. مطابق با شکل (۵) قیمت محاسباتی مدل نسبت به قیمت تمام شده هر متر مکعب آب کمتر است. در واقع مدل قیمت‌گذاری فازی با لحاظ شرایط موجود، قیمت را تا حدی تعدیل کرده و قیمت واقعی آب در شبکه ورامین را بدست می‌دهد. به عبارت دیگر چون غالبا معیارها در حد ایده‌آل خود نمی باشند، قیمت واقعی کمتر برآورد شده است. با توجه به آن که مدل بر اساس مقادیر معیارها قیمت آب را محاسبه می کند، افزایش مقادیر معیارهای با وزن بیشتر، مثل افزایش سطح درآمد، ارتقاء هر چه بیشتر مدیریت شبکه، افزایش شاخص نسبت هزینه‌ها از طریق کاهش هزینه‌های مورد نیاز یا تامین حداکثری هزینه‌های شبکه آبیاری و همچنین کاهش حمایت‌های مالی دولت به بهبود سطح قیمت کمک می‌نماید. این قیمت می تواند به عنوان قیمت واقعی آب تلقی شده که می بایست توسط بهره‌بردار پرداخت گردد و اختلافی که این قیمت با قیمت تمام شده آب دارد، با توجه به آن که در نتیجه اقلیم، شرایط منطقه و شرایط مدیریتی شبکه ایجاد شده است، در حال حاضر و با توجه به کلیه جوانب موجود، می بایست از مجرای بودجه عمومی تامین شود. البته پرداخت این قیمت بدون ایجاد زیر ساخت‌های لازم از جمله افزایش درآمد کشاورزان تقریبا غیر ممکن است و تنش‌های اجتماعی از جمله نارضایتی و اعتراضات وسیع بهره‌برداران تا حد خودداری از پرداخت آب‌بها، آسیب زدن به ساختار فیزیکی شبکه و حتی رها کردن زمین‌ها را به دنبال خواهد داشت.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳-مقایسه قیمت واحد حجم آب مدل چند معیاره فازی با قیمت تمام شده آب و آب‌بهای فعلی در شبکه ورامین

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک مدل قیمت‌گذاری چندمعیاره فازی به منظور تعیین قیمت آب شبکه‌های آبیاری توسعه یافته و در شبکه آبیاری ورامین مورد ارزیابی قرار گرفت. در توسعه مدل، ۱۳ معیار موثر بر تعیین قیمت واقعی آب در نظر گرفته شد. معیارهای مورد نظر عبارت بودند از: تعداد بهره‌برداران شبکه آبیاری، وضعیت بهره‌وری آب در شبکه، مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه، هزینه تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری سالانه، پارامترهای اقلیمی، میزان حجم آب، سیاست حمایتی دولت، نوع شبکه آبیاری، رضایتمندی بهره‌برداران از شیوه تحویل و توزیع آب، سطح درآمد و میزان تولید در واحد سطح شبکه، وسعت شبکه، کیفیت آب.

نتایج نشان داد که معیارهای نوع شبکه، میزان استقلال از حمایت دولت و سطح درآمد و میزان تولید در واحد سطح شبکه به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۴۳ و۰/۱۴۲ و ۰/۱۴۲ جزو با اهمیت ترین و معیارهای نسبت تبخیر و تعداد بهره‌برداران شبکه بترتیب با وزن‌های ۰/۰۱۲ و۰/۰۲جزو کم تاثیرترین معیارها در فرآیند قیمت‌گذاری آب شبکه می باشند. به بیان دیگر با سطح مدرنیزاسیون و تکنولوژی موجود شبکه تاثیر قابل توجهی بر قیمت آب ایفا می‌نماید. همچنین سطح درآمد و توان پرداخت بهره‌برداران عامل بسیار موثری بر قیمت آب تلقی می‌شود. همچنین دو معیار هزینه‌های سالانه و مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری با وزن‌های ۰/۱۳۳ و ۰/۱۲۲ تاثیر قابل توجهی در قیمت آب دارند.

یافته‌های تحقیق نشان داد که قیمت آب‌بهای فعلی در شبکه ورامین (۹۶ ریال بر متر مکعب) بسیار کمتر از قیمت تمام شده آب (۹۴۴/۳۳ ریال بر مترمکعب) و قیمت محاسباتی مدل چند معیاره فازی (۵۴۷/۳۳ ریال بر مترمکعب) است. قیمت محاسباتی مدل، ارزش واقعی‌تری از آب برای این شبکه ارائه می‌کند و وجود تفاوت فاحش قیمت آب‌بهای فعلی با این مقدار، بیانگر عدم ارزش گذاری واقعی آب در شبکه آبیاری ورامین می‌باشد. به منظور استقلال مالی شبکه، لزوم بازنگری جدی در روش قیمت‌گذاری و سطح قیمت آب در این شبکه احساس می‌شود. قیمت آب برآوردی مدل می تواند به عنوان قیمت واقعی در شبکه آب تلقی شده که می بایست توسط بهره‌بردار پرداخت گردد و اختلافی که این قیمت با قیمت تمام شده آب دارد، با توجه به آن که در نتیجه اقلیم، شرایط منطقه و شرایط مدیریتی شبکه ایجاد شده است، در حال حاضر و با توجه به کلیه جوانب موجود، می بایست از مجرای بودجه عمومی تامین شود. البته پرداخت این قیمت بدون ایجاد زیر ساخت‌های لازم از جمله افزایش درآمد کشاورزان تقریبا غیر ممکن است. مدل معرفی شده در این تحقیق از کارآیی مطلوبی در ارزیابی شرایط و عوامل موثر ارزش گذاری آب در شبکه‌های آبیاری برخوردار بوده و زمینه تعیین ارزش واقعی آب در این سامانه‌ها را فراهم می‌نماید.

مراجع

آریان،ط. (۱۳۸۷). بررسی بازارغیررسمی آب کشاورزی دریک منطقه به عنوان پایلوت، مطالعه موردی دشت قزوین دفترپژوهش‌های کاربردی، شرکت مدیریت منابع آب ایران.

اسلامی، ا. (۱۳۸۷). بررسی عوامل موثر در تعیین قیمت آب کشاورزی در دشت یزد اردکان(مطالعه موردی: روستای چرخاب یزد). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه تهران.

بهلولوند، ع. ۱۳۸۵. برآورد تابع تقاضای آب کشاورزی و بررسی مکانیسم بازار در قیمت‌گذاری آب کشاورزی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه

Archive of SID

www.SID.ir

شهید بهشتی.
شجری، ش.، باریکانی، ا.، امجدی، ا. (۱۳۸۸). مدیریت تقاضای آب بااستفاده ازسیاست قیمت گذاری آب درنخلستانهای جهرم (مطالعه موردی خرمای شاهانی) فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه ، سال هفدهم، شماره ۶۵.
شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان تهران. (۱۳۸۵). شناسایی آب بران در شبکه آبیاری ورامین، امور آبیاری جنوب شرق.
صمدی، س. ۱۳۸۷. برآورد هزینه پروژه‌های راهسازی بر اساس رویکرد مدیریت ریسک با استفاده از منطق فازی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تهران.
عسگری تشکری، ۱. (۱۳۸۶). آب و اقتصاد، انتشارات دانشگاه مازندران.
غفاری، ا. (۱۳۸۹). توسعه و ارزیابی مدل تعیین الگوی کشت بهینه شبکه آبیاری ورامین با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران.
منتظر، ع.ا.، نصیری، ا. (۱۳۸۹). توسعه مدل ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی. نشریه آبیاری وزهکشی ایران، شماره۳، جلد۴، صفحات۴۵۳-۴۴۰
میراکبری، ز. (۱۳۸۰). برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری در تولید محصولات زراعی. مطالعه موردی دشت ورامین، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
Chen, S.J., Hwang, C.L. (1992). Fuzzy Multiple Attritbute Decision Making. Berlin: Springer.
Dinar A., Lety, J. (1991). Agricultural water marketing, allocative efficiency and drainage reduction. Journal of Environmtal Ecinimics and Management ,20: 210-223
Eastet ,K.W., Becker, N., Tsure, Y. (1997). Economic Mechanisms for Managing Resources :pricing ,permits and Markets :in A.K. Biswas (ed) Water Resources Environmental Planning ,Management and Development.
Gurifrida L., Nagi, R. (2000). Fuzzy Set Theory Applications in Production Management Research: aliterature Survey, Department of Industrial Engineering State University of Network at Buffalo, New York, U.S.
Gomez Limon J.A., Martinez, Y. (2006). Multi-criteria modeling of irrigation water market at basin level: a Spanish case study. European Journal of Operational Research, 173: 313-336.
Li, Y.W., Chen, S.Y., Fu, T. (2005). Comprehensive evaluation of water resource carrying capacity based on fuzzy recognition. Advances in Water Science 9 (5), 726–729.
Meizen-Dick, R., Balker, M. (1999). Water Rights and Multiple water uses: Frame work and application to krindioya Irrigation system, Seri Lanka. paper presentation .6 th conference of the international water and resource consortium, Hawaii.
Montazar A., Zadbagher E. (2010). An analytical hierarchy model for assessing global water productivity of irrigation networks in Iran. Water Resource Management, DOI 10.1007/s11269-010-9581-4.
Montazar, A., Gaffari, A. (2011). An AHP model for crop planning within irrigation command areas. Journal of Irrigation and Drainage (DOI: 10.1002/ird.645).
Okada, H., Styles, S.W., Grismer M.E. (2007). Application of the Analytic Hierarchy Proccess to irrigation project improvement part I. Impact of irrigation project internal processes on crop yields. Agricultural Water Management, 95:199-204.
Wang, Y., Xu, T. (2003). Sources price of water resources in Tianjin city with fuzzy mathematic method. Journal of Territory and Natural Resources Study 3, 63–64.
Zhao, R.a., Chen, S.Y. (2008). Fuzzy pricing for urban water resourses:Model construction and application. Journal of Environmental Management 88, 458-466.

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۳۱

Archive of SID
www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 6, Fall 2012, p. 226-237

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۶، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۲۳۷-۲۲۶

Developing a Multi-Criteria Fuzzy Model for Water Pricing in Irrigation Networks

A. Montazar[1]*, S. Mirshafee[2]

Abstract

The agricultural water price plays a key role in the optimal allocation of water resources, financial independence of irrigation networks, water costs supply and increase water productivity. The main aim of the present study is to develop a multi-criteria fuzzy model for water pricing in irrigation networks. The model was used for analyzing water price of Varamin irrigation command area. For this purpose, thirteen effective criteria on water price of irrigation schemes were considered. The most important steps of the development process included determination of the criteria's values and normalizing them, computing weight of the criteria, definition of classes and classification, forming membership vector, forming price vector, and combination of the vectors. The results showed that the criterion of irrigation network type, independence of public support, and income per unit of area had the greatest impact on water price. The proposed model estimated the water price of the study area 547.33 Rls/m3, as well the water price obtained 944.33 Rls/m3 based on water harvesting cost approach. The findings indicated that the current water price of command area (96 Rls/m3) has a large difference in compare to the developed model and water harvesting cost approach. It is emphasized that there is a major distance between the real water value and the current water price. The multi-criteria fuzzy model with considering the actual conditions of irrigation district, in which almost all criteria have a value less than the ideal value, can accurately estimate the agricultural water price. The water price obtained with the proposed model may be utilized as the real water price of irrigation network, but the requirement frameworks have t be prepared. The proposed model has a desirable accuracy for assessing the effective parameters of water price in irrigation networks and can be utilized to determine the water price of these systems.

Keywords: Fuzzy logic, Irrigation networks, Multi-criteria decision, Varamin irrigation network, Water pricing

Archive of SID

1- Associate Prof., Irrigation and Drainage Engineering Dept., Campus of Abouraihan, University of Tehran, Iran
(* - Corresponding Author Email: almontaz@ut.ac.ir)
2- Former MS Student of Irrigation and Drainage Engineering, Campus of Abouraihan, University of Tehran, Iran

www.SID.ir