نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۴۵۳-۴۴۰

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 440-453

توسعه مدل ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی

علی اصغر منتظر[۱] * و امید نصیری قیداری[۲]

چکیده

ارزیابی دقیق عملکرد شبکه های آبیاری و زهکشی با توجه به غیر قطعی بودن مقادیر تعدادی از پارامترهای مدیریت بهره برداری و نگهداری همواره مورد تردید صاحب نظران و متولیان این سامانه ها بوده است. در این راستا، فازی نمودن وزن و مقادیر این شاخص ها می‌تواند تا حد قابل توجهی مشکل ناشی از عدم قطعیت ها را کاهش داده و دقّت ارزیابی را بهبود بخشد. این تحقیق با هدف توسعه یک مدل سلسله مراتبی فازی و کابرد آن در ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری قزوین و شبکه‌های فومنات، مرکزی و شرق منطقه سفیدرود انجام شد. بدین منظور ۲۱ شاخص ارزیابی عملکرد در قالب پنج گروه فنّی، مدیریتی، زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی تقسیم بندی و مورد بررسی قرار گرفت. میزان اهمّیت شاخص ها به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) با تابع عضویت مثلثی و بر پایه نظرات خبرگان حاصل از یک فعالیت پرسشنامه ای تعیین گردیده، و مقادیر کمّی شاخص ها براساس داده ها و اطلاعات جمع آوری شده حاصل از یک فعالیت میدانی محاسبه شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های ارزیابی مدیریتی با ارزش وزنی ۰/۳۵۰ بیشترین و شاخص‌های زیست محیطی با ارزش وزنی ۰/۱۱۳ کمترین تاثیر را در عملکرد شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه ایفا می‌نمایند. بدین ترتیب مناسب ترین راهکار به منظور ارتقای سطح عملکرد این سامانه ها، بهبود عوامل مدیریتی وضعیت خدمات به بهره برداران، درجه سرویس دهی سازه ها و شایستگی اقلام مورد نیاز بهره برداری و نگهداری می‌باشند. مقدار کمّی عملکرد شبکه‌های آبیاری قزوین، فومنات، مرکزی و شرق منطقه سفیدرود به ترتیب ۷۴/۱، ۶۵/۴، ۵۷/۵ و ۶۰/۲ درصد تعیین گردید. تحلیل حساسیت عملکرد بیانگر آن است که تغییر در ارزش وزنی معیار اجتماعی، تاثیر بسیار زیادی بر عملکرد شبکه‌های آبیاری دارد. در این رابطه پرداخت آب بها و وجود تشکل‌های آب بران فعال بیش از هر عامل دیگری موجبات این ارتقای عملکرد را فراهم می‌نمایند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که مدل FAHP قابلیت ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و امکان شناخت عوامل موثر و ارائه راهکارهای بهبود عملکرد را دارا بوده و می‌تواند به عنوان یک ابزار مدیریتی کارآ با کاربری ساده در ارزیابی عملکرد این سامانه ها مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، تحلیل سلسله مراتبی، شاخص ارزیابی، شبکه آبیاری، منطق فازی

مقدمه

از دیرباز عملکرد پایین و ناکارامدی شبکه‌های آبیاری و زهکشی نسبت به حدود مورد انتظار و پیش بینی شده در طراحی، به عنوان چالشی جدّی پیش روی متولیان و صاحب نظران صنعت آب و آبیاری بوده و می‌باشد. در این رابطه فعالیتهای تحقیقاتی متعددی صورت گرفته است لکن هنوز کمبود چارچوب مناسبی که مدیران این سامانه ها بتوانند به ارزیابی دقیقی از عملکرد دست یافته و نتایج آن نیز در راستای ارتقا و بهبود کارایی قابل توصیه باشد، به شدت احساس می‌گردد. به تعبیر دیگر، روش‌های معمول ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری قادر به ارائه استانداردهای عملکرد و راه کارهای موثر بهبود آن نبوده و نتوانسته اند موجب بهبود قابل توجه عملکرد شوند. این روش ها به علت عدم ارائه استانداردهای کمّی و کیفی عملکرد و در نظر نگرفتن عدم قطعیت‌های موجود، تاثیر زیادی در بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری نداشته اند (منعم و همکاران، ۱۳۸۱).

روش‌های ارزیابی را می‌توان به دو گروه کیفی و کمّی تقسیم بندی نمود. از جمله مهمترین روش‌های کیفی که تابحال در مطالعه شبکه‌های ابیاری مورد استفاده قرار گرفته اند می‌توان به شیوه‌های تحلیل تشخیصی[۳]، ارزیابی سریع[۴]، مرجع[۵] و چارچوبی[۶] اشاره نمود. عمده مشکل این شیوه ها آن است که با وجود اینکه بیانگر تئوری

۱ – دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
(* – نویسنده مسئول: Email: almontaz@ut.ac.ir)
۲ – دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهدسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

3- Diagnostic Analysis-DA
4- Rapid Appraisal-RA
5-Reference Methodology-RM
6- Framework Appraisal-FA

Archive of SID
www.SID.ir

های ارزیابی هستند، پاسخ‌گوی ارزیابی کمّی سامانه‌های تحت مطالعه نمی‌باشند. در شیوه‌های کمّی ارزیابی، شاخص‌های متعددی تعریف گردیده که قابلیت اندازه‌گیری داشته و ابعاد عملکرد را منعکس می‌نمایند. این روش ها به منظور تجزیه و تحلیل شاخص‌های کمّی ارزیابی توسعه یافته اند. شاخص عملکرد ترکیبی از عوامل مؤثر در عملکرد است که علاوه بر کمیّت، بیانگر کیفیت سرویس و خدمات ارائه شده نیز می‌باشد. در سال ۱۹۹۵، ICID و در سال ۱۹۹۸، IWMI شاخص هایی را برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری ارائه نمودند. موسسه IPTRID[1] نیز بیش از ۶۰۰ شاخص را معرفی نموده است. Molden (1998) مقادیر کمّی ۹ شاخص ارزیابی در ۲۷ شبکه آبیاری مختلف را تعیین نمود. Bos and Wolters (1997) ۴۰ شاخص در زمینه‌های مختلف توزیع و راندمان‌های آب، بهره برداری و نگهداری، اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی معرفی نمودند که البته کاربرد کلیه این شاخص ها در هر شبکه آبیاری قابل توصیه نمی باشد. با این وجود هنوز زمینه بسیاری برای تعریف شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری فراهم می‌باشد (حیدری یان، ۱۳۸۲).

از جمله روش‌های کمّی ارزیابی عملکرد می‌توان به روش کلاسیک، مقایسه ای[2] و تحلیل پوششی داده ها[3] اشاره نمود. روش کلاسیک برای ارزیابی طرح‌های جنوب و جنوب شرق آسیا مورد استفاده قرار گرفته است. در روش مقایسه ای، هدف جستجوی راهکارهای بهبود عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی از طریق مقایسه نتایج عملکرد پروژه‌های مختلف می‌باشد. این روش در مطالعات جلیلی (۱۳۸۳) و زحمتکش (۱۳۸۹) استفاده گردید. در ارزیابی به روش تحلیل پوششی داده ها (DEA)، کارائی مجموعه ای از سازمانها یا واحدهای تصمیم گیری که توسط یک مدیریت مرکزی اداره می‌شوند با یکدیگر مقایسه می‌شوند. این روش در ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه های آبیاری در مطالعات صالحی تالشی (۱۳۷۸)، قدوسی شهرضایی (۱۳۸۰) و خلخالی و همکاران (۱۳۸۵) مورد استفاده قرار گرفت. اگرچه مرز کارائی در این روش به طریق ریاضی تعیین می‌گردد لکن در هر حال استاندارد ارائه شده در آن نسبی است و بر اساس وضع عملکرد موجود در واحدهای کاراتر تعیین می‌شود (محسنی موحد، ۱۳۸۱). مدل ارزیابی عملکرد PAIS بر مبنای تلفیق روش کلاسیک و ارزیابی سریع تهیه شده (بادزهر، ۱۳۷۹) که نسخه تکمیلی آن تحت عنوان NPAIS توسط قاهری (۱۳۸۶) ارائه شد.

روش‌های ارزیابی کمّی اگرچه با رفع برخی از معایب روش‌های کیفی، موجب توسعه‌ی فن‌آوری موجود در زمینه ارزیابی شده اند، امّا به دلیل پیچیدگی مسائل جهان واقعی و عوامل غیرقطعی در ورودی-ها و خروجی‌های مدل و همچنین عدم استفاده از داده‌های توصیفی در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری با مشکلاتی روبرو بوده و جهت کارآیی و دقّت بیشتر نیازمند به استفاده از داده‌های توصیفی می‌باشند. از اینرو توسعه شیوه هایی که استفاده ترکیبی از داده‌های کمّی و کیفی را در فرآیند ارزیابی فراهم نماید، به عنوان یک ضرورت جدی در عرصه مطالعات عملکرد مطرح می‌باشد. تلفیق داده‌های کمّی و کیفی می‌تواند با بکارگیری منطق فازی در قالبی مناسب صورت واقع پیدا نماید که بدین ترتیب مشکل عدم قطعیت برخی از داده ها و شاخص‌های ارزیابی نیز مرتفع می‌گردد. یکی از اهداف اصلی منطق فازی، برخورد با عدم قطعیت مقادیر داده ها می باشد. معمولاً کمّی کردن مستقیم شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری ممکن نبوده و از اینرو کاربرد تئوری مجموعه‌های فازی می‌تواند مطرح گردد.

Sam-Amoah and Gowing (2001) در تحقیقی با استفاده از روش فازی و شاخص‌های اعتماد پذیری، تحویل به موقع آب و قابلیت کنترل و مهار آب تحویلی به ارزیابی عملکرد سیستم انتقال و توزیع شبکه آبیاری داوهنیا در کشور غنا پرداختند. Gowing et al. (1996) به منظور ارزیابی عملکرد سیستم انتقال و توزیع آب شبکه‌های آبیاری از تئوری فازی استفاده نمودند. دلیل استفاده از تئوری فازی در مطالعات آنها، رفع برخی نارسایی ها مانند نادقیق بودن بسیاری از اطلاعات مورد نیاز ارزیابی عملکرد، در نظر نگرفتن تأثیرات طیفی بسیاری از شاخص‌های ارزیابی و عدم انعکاس شاخص‌های توصیفی عنوان گردید. خرمی(۱۳۸۲) عملکرد شبکه ی آبیاری مارون را با استفاده از منطق فازی مورد ارزیابی قرار داد. او به به منظور نمایش قابلیت‌های منطق فازی در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری، مدلی بر اساس سیستم استنتاج فازی مینیمم-ماکزیمم ممدانی و روش غیر فازی ساز مرکز ثقل، عملکرد این شبکه آبیاری را از دیدگاه کلی مدیریتی در قالب شاخص‌های بهره برداری، تعمیرات و نگهداری و تحویل آب ارزیابی نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که روش فازی می‌تواند برخی از مشکلات روش‌های موجود را مرتفع نموده و با در نظر گرفتن شاخص‌های توصیفی و تأثیرات طیفی و دامنه دار شاخص‌های ارزیابی عملکرد، در فرآیند ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری استفاده شود. حیدری‌یان (۱۳۸۲) با تفکیک سطوح ارزیابی عملکرد و بکارگیری گروه‌های شاخص در زمینه عملکرد مدیریتی سیستم، با استفاده از منطق فازی به ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری قزوین پرداخت.

با توجه به تعدد و تنوع عوامل موثر بر عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی، به نظر می‌رسد استفاده از روش‌های تحلیل‌های چندمعیاره قابلیت مناسبی در ارزیابی عملکرد این سامانه ها داشته باشد. روش

1-International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage
2-Benchmarking
3-Data Envelopment Analysis-DEA

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل سلسله مراتبی موسوم به AHP[1] ابزاری کارامد و انعطاف پذیر برای تصمیم گیری چند شاخصه در ارتباط با مسائل پیچیده که در آنها هر دو دیدگاه کیفی و کمّی در نظر گرفته می‌شود، می‌باشد. این روش در موضوعات مختلفی پیرامون ارزیابی و تصمیم‌گیری موضوعات آب و سامانه‌های آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله آنها می‌توان به فعالیت‌های قدوسی شهرضایی (۱۳۸۰) در ارزیابی شبکه‌های آبیاری برای تعیین ضرایب اهمیت شاخص ها و دیدگاه ها، Okada et al. (2007) در مطالعه اثرات بهبود مدیریت و سخت افزار به منظور عملکرد مطلوب‌تر پروژه‌های آبیاری و منتظر و زادباقر (۲۰۱۰) در توسعه مدل ارزیابی آب مجازی شبکه‌های آبیاری اشاره نمود.

علی رغم مزایای متعدد روش AHP، این روش به دلیل عدم توانایی در توجه به عدم قطعیت و مبهم بودن اطلاعات حاصل از برخی تصمیم‌گیرندگان، مورد نقد بعضی از محققین بوده است (Deng, 1999). از اینرو، به نظر می‌رسد ترکیب توانمندیهای منطق فازی و AHP (شیوه Fuzzy AHP) بتواند گام موثری در جهت تحقق ارزیابی دقیق عملکرد شبکه‌های آبیاری باشد. در این مقاله یک شیوه جدید ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری (FAHP) مبتنی بر استفاده تلفیقی از منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی توسعه داده شده و به منظور ارزیابی چهار شبکه آبیاری مورد استفاد قرار می‌گیرد.

مواد و روش ها

شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه

در این تحقیق سه شبکه آبیاری فومنات، مرکزی و شرق از منطقه سفیدرود گیلان و شبکه آبیاری دشت قزوین مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). مساحت ناخالص شبکه آبیاری فومنات، مرکزی و شرق منطقه سفیدرود به ترتیب حدود ۸۴، ۱۱۸ و ۵۴ هزار هکتار می‌باشد که در هر یک از آنها بالغ بر ۹۵ درصد سطح زیرکشت به شالیزارها تعلق دارد (مهندسین مشاور پندام، ۱۳۸۳). در حال حاضر در هیچ یک از این سه شبکه آبیاری تشکل آب بران مرکب از گروه‌های «هم آب» کشاورزان که مجموعه ای از اراضی بطور مشاع و مشترک زراعت نموده و نسبت به تحویل آب و آبیاری اراضی خویش اقدام نمایند، وجود ندارد. بستر شدید فردگرایی در زراعت و آبیاری به گسترش بهره برداری و تولید خانوادگی در سطح وسیعی انجامیده و به دلایل تاریخی و از نظر اجتماعی گروه‌های کاری در بهره برداری از زمین و آب در محدوده شبکه آبیاری و زهکشی به وجود نیامده است. تنها در نقاطی که کشاورزان اقدام به حفر چاه و بهره برداری مشترک از آن نموده اند به نگهداری و بهره برداری گروهی اقدام می‌نمایند و در نتیجه هسته اولیه یک تشکل خودجوش در این گونه موارد شکل گرفته است. رودخانه سفیدرود منبع اصلی تأمین آب آبیاری این سه شبکه بوده که دارای جریان متوسط سالانه حدود ۴۵۰۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. دبی جریان پایه طبیعی رودخانه در طول ماه‌های خرداد لغایت مرداد که ماه‌های حداکثر مصرف آبیاری شالیزارها می‌باشد به شدت کاهش می‌یابد که به همین دلیل قبل از احداث سد سفیدرود و تنظیم جریان رودخانه، تلفات محصول برنج در اثر کم آبی تابستانه بسیار قابل ملاحظه بوده است.

وسعت شبکه آبیاری دشت قزوین حدود ۵۷ هزار هکتار بوده و آب مورد نیاز آن از سد طالقان و چاههای تلفیقی موجود در سطح شبکه تامین می‌گردد. محدوده شبکه آبیاری قزوین شامل پهنه‌ای است از دشت قزوین که به صورت نواری به طول حدود ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد که از طرف مشرق به رودخانه زیاران، از طرف مغرب به حاشیه شرقی شهر تاکستان، از شمال به دامنه کوه‌های البرز مرکزی و از جنوب به حاشیه جاده آسفالته کمال‌آباد–آبیک محدود می‌گردد. در غالب روستاهای واقع در محدوده این شبکه آبیاری، تشکلهای آب‌بران شکل گرفته است. این تشکلها با عنوان انجمن‌های صنفی آبیاری خوانده می‌شوند و آخرین حلقه در فرآیند توزیع آب را تشکیل می‌دهند. میراب‌های محلی به عنوان مدیران این انجمن‌ها محسوب شده و توزیع آب را در بین افراد زیرمجموعه خود بر عهده دارند. این شبکه آبیاری دارای الگوی کشت متنوعی از گیاهان مختلف زراعی و باغی می‌باشد.

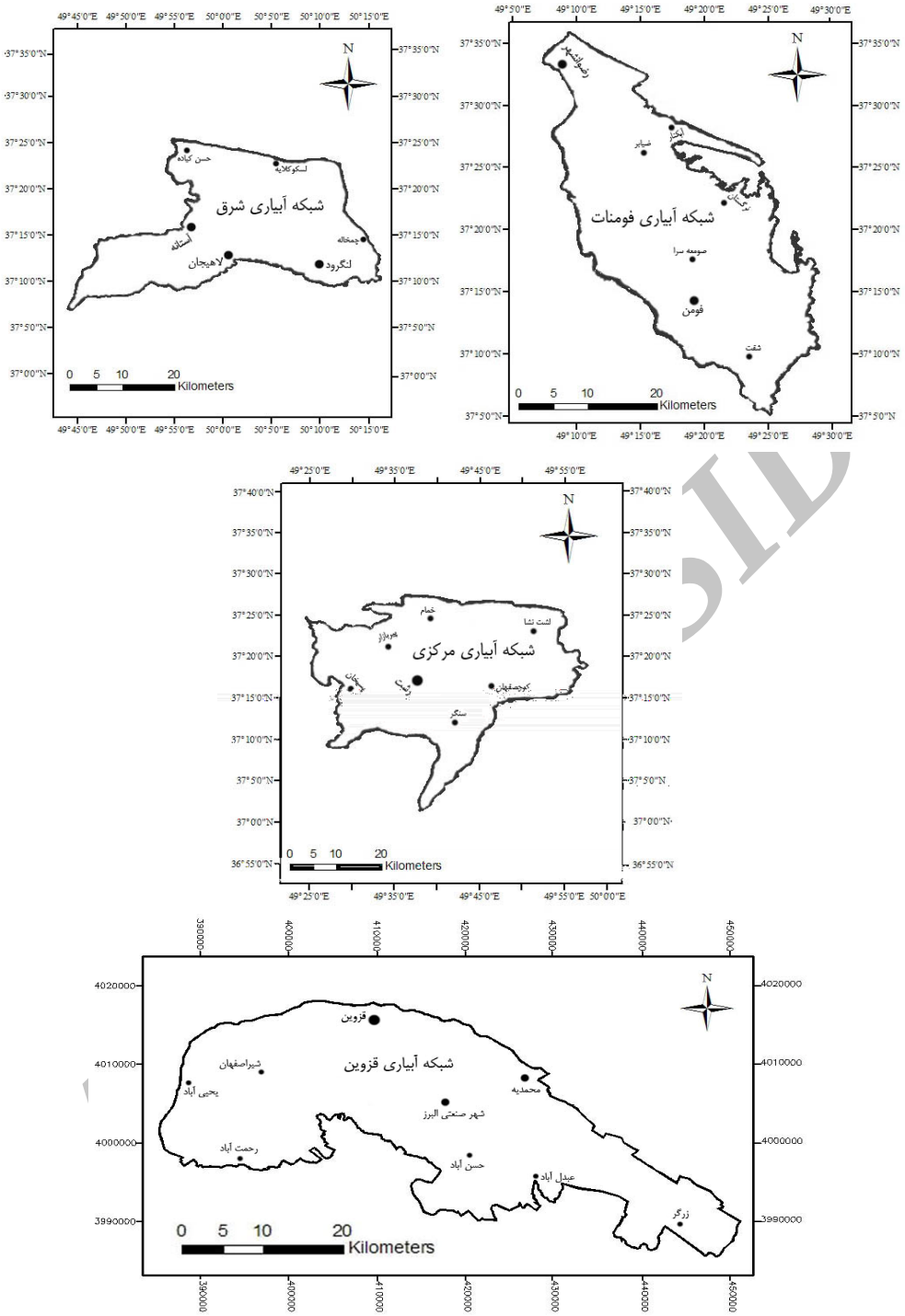
تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP - FAHP)

نظر به تعدد و تنوع معیارهای موجود در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی، استفاده از یک متدولوژی ساختارمند در این فرآیند ضروری به نظر می‌رسد. روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از معمول‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که دارای مزایای زیادی نظیر اندازه گیری سازگاری نظرات تصمیم گیرندگان، ساده تر نمودن فرآیند تصمیم گیری از طریق تشکیل ساختار سلسله مراتبی و برخورداری از مقایسات زوجی است (Bevilacqua and Braglia, 2000). علی‌رغم مزایای ذکر شده؛ همانطور که قبلا اشاره گردید این روش به دلیل عدم توانایی در توجه به عدم قطعیت و مبهم بودن اطلاعات حاصل از برخی تصمیم‌گیرندگان مورد نقد بوده است. این مشکل در غالب شیوه‌های ارزیابی توسعه یافته تاکنون وجود داشته و از اینرو ارزیابی دقیق عملکرد شبکه های آبیاری با توجه به غیر قطعی بودن مقادیر تعدادی از پارامترها و شاخص‌های مطرح در عملکرد این سامانه ها با استفاده از این شیوه ها میسّر نمی باشد. در این راستا به نظر می‌رسد ترکیب توانمندیهای منطق فازی و AHP (شیوه Fuzzy AHP) در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری گام موثری در جهت تحقق ارزیابی دقیق این سامانه ها باشد.

1 -Analytical Hierarchy Process

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱- محدوده شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه

در این روش اطلاعات و شاخص ها می‌توانند به صورت فازی دریافت شوند و همین امر منجر به دقت بیشتر در فرآیند ارزیابی می‌گردد. در این تحقیق از FAHP برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر در عملکرد و ارزیابی نسبی عملکرد شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه استفاده گردید.

بدین منظور و با توجه به پارامترهای مختلف مؤثر بر عملکرد و بهره وری آب، ساختار فیزیکی شبکه‌های آبیاری و مدیریت بهره برداری آن ها، ۲۱ شاخص ارزیابی عملکرد در قالب ۵ گروه فنی،

www.SID.ir

مدیریتی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی انتخاب گردید (جدول۱). ساختار تحلیل سلسله مراتبی مطابق با شکل (۲) در نظر گرفته شد که در آن بالاترین سطح ساختار، هدف کلی (ارزیابی نسبی عملکرد شبکه‌های آبیاری) و پایین ترین سطح، گزینه ها (شبکه‌های آبیاری مورد بررسی) قرار گرفته اند و در سطوح میانی، معیارها (شاخص‌های ارزیابی عملکرد) در گروه‌های پنج گانه قرار گرفته اند. با استفاده از این گروه ها و شاخص ها و اطلاعات شبکه‌های آبیاری فومنات، مرکزی و شرق منطقه سفیدرود و شبکه آبیاری قزوین، به شناسایی مهمترین عوامل مؤثر در عملکرد شبکه پرداخته شد.

به منظور رتبه بندی عوامل مؤثر در عملکرد شبکه‌های آبیاری، پرسشنامه هایی بر پایه اعداد فازی طراحی شد. به منظور کمک به جامعه خبرگان و متخصصین که پرسشنامه ها را تکمیل نمودند (جامعه ای متشکل از ۱۵ متخصص)، اعداد فازی مثلثی به عنوان تابع عضویت مورد استفاده قرار گرفت (Kaufmann and Gupta, 1988). ارزیابی‌های مبهم و احتمالی موجود در پرسشنامه‌های تکمیل شده، به شکل اعداد فازی مثلثی طبق شکل (۳) تبدیل شد.

تابع عضویت عدد فازی مثلثی می‌تواند به صورت رابطه ۱ بیان شود که معمولاً به صورت سه جزئی (l,m,u) ذکر می‌شود.

$$U(x)=\begin{cases}\dfrac{x-l}{m-l} & 1\le x\le m\\ \dfrac{u-x}{u-m} & m\le x\le u\\ 0 & \text{Otherwise}\end{cases} \qquad (۱)$$

به منظور آنالیز داده ها و نیز اجماع نظرات خبرگان، روش پیشنهادی Buckley (1985) مورد استفاده قرار گرفت. عدد فازی مثلثی می‌تواند به صورت $\tilde{U}_{ij}=(l,m,u)$ ارائه شود. روند ساخت عدد فازی $\tilde{U}_{ij}$ در روابط (۲) الی(۵) نشان داده شده است.

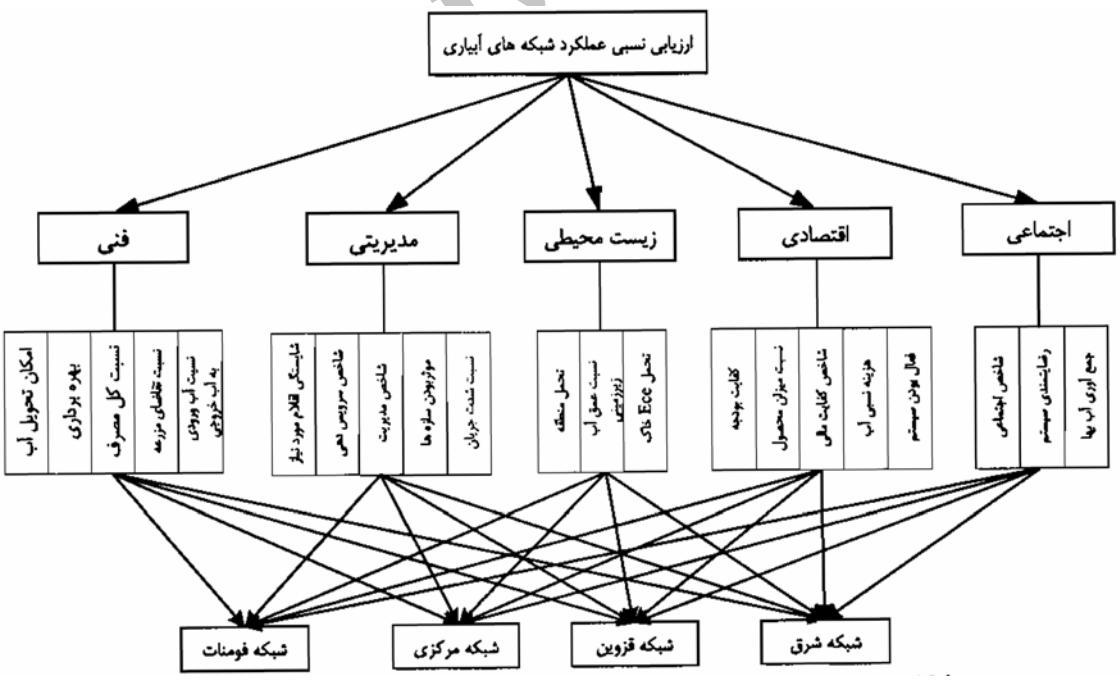
$$\tilde{U}_{ij}=(l_{ij},m_{ij},u_{ij}):l_{ij}\le m_{ij}\le u_{ij};l_{ij},m_{ij},u_{ij}\in[1/9,9] \qquad (۲)$$

$$l_{ij}=\min(B_{ijk}) \qquad (۳)$$

$$m_{ij}=\sqrt[n]{\prod_{1}^{n}B_{ijk}} \qquad (۴)$$

$$u_{ij}=\max(B_{ijk}) \qquad (۵)$$

که در آن B_{ijk} نقش اهمیت نسبی معیار C_i و C_j که با نظر خبره k ام داده شده است را دارد. در جدول (۲) مقیاس زبانی اعداد فازی مثلثی بر پایه مقیاس Saaty (1986) آورده شده است. پارامتر θ معادل یک در نظر گرفته شد.



شکل۲- ساختار تحلیل سلسله مراتبی ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه

Archive of SID

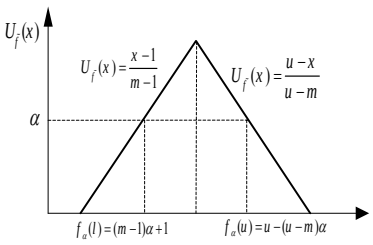
www.SID.ir

جدول۱- شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی در گروه‌های پنج گانه

گروه	شاخص	تعریف
فنی		
	امکان تحویل آب	نسبت حجم آب قابل تحویل به حجم آب پیش بینی شده
	بهره برداری	نسبت حجم آب خروجی از کانال درجه ۱ به حجم آب ورودی به کانال درجه ۱
	نسبت کل مصرف	نسبت آب تأمین شده به آب مورد نیاز آبیاری
	نسبت تقاضای مزرعه	نسبت آب تحویل شده به مزرعه به آب مورد نیاز آبیاری
	نسبت آب ورودی به آب خروجی	نسبت حجم آب تحویل شده جهت آبیاری به حجم آب تحویل گرفته از منبع
مدیریتی		
	شایستگی اقلام مورد نیاز	نسبت تعداد پرسنل تخصصی رسمی به پرسنل تخصصی پیش بینی شده رسمی
	سرویس دهی	نسبت تعداد موافقت نامه‌های مبادله شده به تعداد موافقت نامه‌های مورد لزوم
	شاخص مدیریت	نسبت وسایل اندازه گیری نصب شده به کل وسایل اندازه گیری
	مؤثر بودن سازه ها	نسبت تعداد سازه‌های فعال به تعداد کل سازه‌های موجود
	نسبت شدت جریان	نسبت شدت جریان واقعی به شدت جریان طراحی
زیست محیطی		
	تحمل منطقه	نسبت افزایش Ec آب آبیاری به Ec آب آبیاری در طراحی
	نسبت عمق آب زیرزمینی	نسبت عمق اولیه آب زیرزمینی به عمق اولیه آب زیرزمینی به علاوه مقدار افزایش یا کاهش یافته
	تحمل Ec خاک	یک منهای نسبت افزایش واقعی هدایت الکتریکی خاک به مقدار مجاز هدایت الکتریکی الکتریکی خاک
اقتصادی		
	کفایت بودجه	نسبت اعتبارات تخصیص یافته MOM به اعتبارات مورد نیاز MOM
	نسبت میزان محصول	نسبت میزان محصول واقعی به میزان محصول در طراحی
	بهره برداری و نگهداری	نسبت هزینه نسبی بهره برداری و نگه داری به هزینه کل
	هزینه نسبی آب	یک منهای نسبت هزینه آب آبیاری به هزینه محصول اصلی
	فعال بودن سیستم	نسبت سطح اراضی تحت کشت به سطح اراضی قابل کشت
اجتماعی		
	شاخص اجتماعی	نسبت درصد کشاورز باسواد در محدوده شبکه به درصد کشاورز باسواد در منطقه
	رضایتمندی سیستم	نسبت تعداد آب برانی که به صورت گروهی آب دریافت می‌کنند به تعداد کل آب بران
	جمع آوری آب بها	نسبت آب بهای جمع آوری شده به آب بهای پیش بینی شده

جدول۲- مقیاس زبانی و اعداد فازی مثلثی مترادف آن

عدد فازی	مقیاس‌های زبانی	مقیاس عدد فازی
1	اهمیت یکسان	(۱,۱,۱)
3	اندکی مهمتر	(۳-θ,۳,۳+θ)
5	مهمتر	(۵-θ,۵,۵+ θ)
7	بسیار مهمتر	(۷- θ,۷,۷+ θ)
9	اکیداً مهمتر	(۹- θ,۹,۹+ θ)
2و4و6و8	مقادیر مابین	(x- θ, x , x+θ)



شکل۳- نمایش چپ و راست عدد مثلثی فازی

ماتریس فازی $\tilde{A}$ که تمام درایه‌های آن عددی فازی است به صورت در نظر گرفته شد:

$$\tilde{A}=\left[\tilde{a}_{ij}\right]=\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{12} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{1n} & 1/\tilde{a}_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۶)$$

عدد $\tilde{a}_{ij}$ عدد فازی مثلثی نظیر $\tilde{U}_{ij}=(l,m,u)$ است که اهمیت نسبی معیار C_i و C_j را ارائه می‌دهد. بدین ترتیب ماتریس مقایسات زوجی فازی تدوین شد.

از آنجا که لازم است از سازگاری پاسخهای خبرگان اطمینان حاصل شود، برای بررسی سازگاری پاسخها، ابتدا پاسخهای فازی را

Archive of SID

www.SID.ir

به مقیاس قطعی برده (دیفازی کرده) و سپس با استفاده از تعریف سازگاری در روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی، که مورد قبول عام است، به ارزیابی صحت و سازگاری پاسخها پرداخته شد. روش‌های مختلفی برای دیفازی کردن ماتریس مقایسات زوجی پیشنهاد شده است که پیش نیاز به کارگیری بسیاری از آنها نرمال بودن و یا مثلثی بودن تابع عضویت اعداد فازی است. در این تحقیق روش پیشنهادی Liou and Wang(1992) استفاده گردید (روابط ۷ و ۸).

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ij}) = [\beta . f_{\alpha}(l_{ij}) + (1-\beta).f_{\alpha}(u_{ij})], 0 \le \alpha, \beta \le 1 \quad (۷)$$

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ij}) = 1/\, g_{\alpha,\beta}(\tilde{a}_{ji}), 0 \le \alpha, \beta \le 1; i > j \quad (۸)$$

که در آن $f_{\alpha}(l_{ij}) = (m_{ij} - l_{ij}).\alpha + l_{ij}$ که مقدار برش α چپ انتها[1] برای $\tilde{a}_{ij}$ و $f_{\alpha}(u_{ij}) = u_{ij} - (u_{ij} - m_{ij}).\alpha$ مقدار برش α راست انتهای[2] $\tilde{a}_{ij}$ را نشان می‌دهد. از آنجا که این روش می‌تواند به طور واضح برتری(α) و تحمل ریسک (β) تصمیم گیرنده را نشان دهد، تصمیم گیرنده می‌تواند به طور وسیع تری مواقعیت‌های مختلفی که روبرو می‌شود را ملاحظه کند. اگر α=0 باشد، بازه عدم قطعیت بیشترین مقدار را خواهد داشت. در همین زمان، تغییرات در تصمیم گیری کاهش می‌یابد؛ همزمان با افزایش α ، محیط تصمیم گیری پایدار می‌شود. بعلاوه آلفا می‌تواند هر عددی بین صفر و یک باشد. علاوه براین، α=0 محدوده بالایی u_{ij} و محدوده پایینی l_{ij} را برای اعداد فازی مثلثی ارائه می‌دهد، و α=1 میانگین هندسی m_{ij} را ارائه می‌دهد. بنابراین، β می‌تواند به عنوان درجه بدبینی تصمیم گیرنده لحاظ شود. وقتی که β=0، تصمیم گیرنده بیشتر خوشبین است و اجماع عمومی خبرگان، محدوده بالایی u_{ij} اعداد فازی مثلثی است. وقتی β=1، تصمیم گیرنده بدبین است و رنج اعداد بین صفر و یک است. بر اساس بازخور پاسخ دهندگان پرسشنامه، نرخ شاخص خوش بینی α برابر ۰/۵ و نرخ شاخص بدبینی β نیز برابر ۰/۵ در نظر گرفته شده است. پس از دیفازی کردن پاسخ خبرگان از روش ساعتی، برای بررسی سازگاری پاسخ‌های دیفازی شده استفاده می‌کنیم. مقدار α=۰/۵ نشان می‌دهد که عدم قطعیت محیطی پایدار است؛ به علاوه β=۰/۵ نشان می‌دهد که نگرش آینده می‌تواند مثبت باشد.

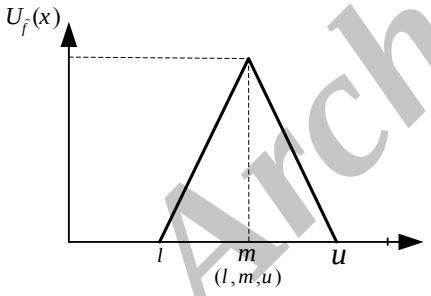
روابط فوق در نهایت به ماتریس مقایسه زوجی مفرد که در رابطه ۹ نشان داده شده است، منتهی می‌شود.

ارزیابی پایداری ماتریس بر اساس نرخ سازگاری Saaty (1986) انجام گردید. به دلیل عدم قطعیت موجود در شاخص‌های ارزیابی، مقادیر کمّی این شاخص ها نیز به صورت فازی در نظر گرفته شد. بدین منظور ابتدا مقدار میانگین هر شاخص (m) و نیز حد پایین (l) و حد بالای (u) آن در تعیین گردید. مقادیر این شاخص ها بین صفر و یک است به طوری که هر چه به صفر نزدیک تر باشد بیانگر ضعف و هرچه به یک نزدیک تر باشد بیانگر ایده آل بودن شاخص است (شکل۴).

$$g_{\alpha,\beta}(\tilde{A}) = g_{\alpha,\beta}([\tilde{a}_{ij}]) =$$

$$\begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & g_{\alpha\beta}(\tilde{a}_{12}) & \cdots & g_{\alpha\beta}(\tilde{a}_{1n}) \\ 1/g_{\alpha\beta}(\tilde{a}_{12}) & 1 & \cdots & g_{\alpha\beta}(\tilde{a}_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/g_{\alpha\beta}(\tilde{a}_{1n}) & 1/g_{\alpha\beta}(\tilde{a}_{2n}) & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{array} \quad (۹)$$

برای دیفازی کردن مقدار فازی شاخص‌های کمّی نیز از روش Liou and Wang (1992) استفاده شد. در این حالت نیز نرخ شاخص خوش بینی(α) و بدبینی(β) مقدار ۰/۵ در نظر گرفته شد. با استفاده از وزن‌های شاخص‌های ارزیابی که بر اساس مقایسات زوجی فازی محاسبه شده بودند و نیز با وارد کردن مقادیر دیفازی شده ی شاخص‌های ارزیابی برای شبکه‌های آبیاری قزوین و سه ناحیه شبکه سفیدرود به نرم افزار اکسپرت چویس[3] و حصول اطمینان از سازگاری آنها، وزن نهایی گزینه ها و رتبه بندی و ارزیابی عملکرد مقایسه ای شبکه ها به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی محاسبه شد. شکل(۵) مراحل روش پیشنهادی به منظور تعیین وزن شاخص ها و ارزیابی نسبی عملکرد شبکه‌های آبیاری را نشان می‌دهد.



شکل٤- نمایش مقدار عددی شاخص ارزیابی عملکرد به صورت عدد فازی مثلثی

نتایج و بحث

رتبه بندی میزان اهمیت گروه ها و شاخص‌های ارزیابی

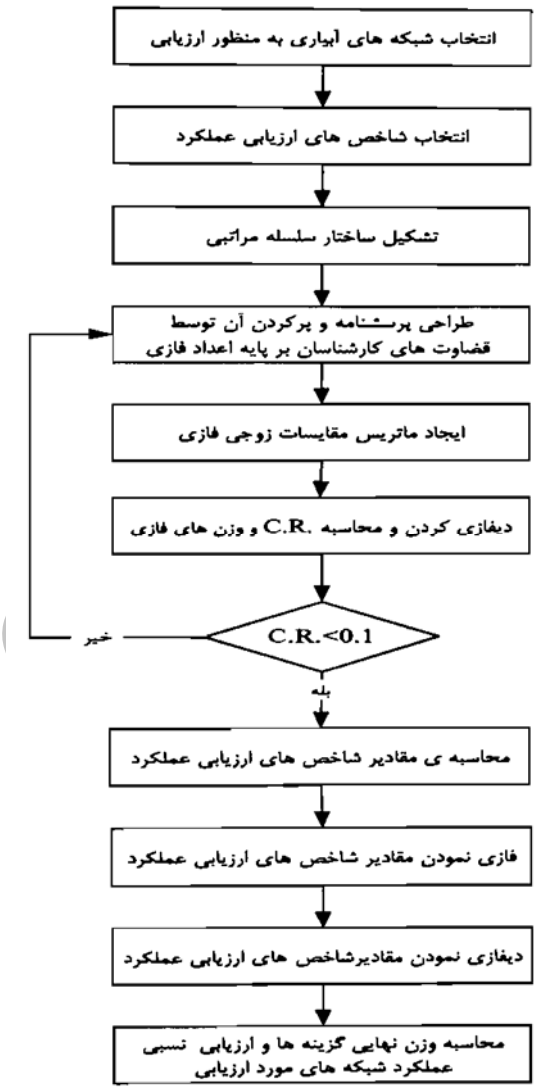
به منظور محاسبه وزن هر یک از گروه ها و شاخص‌های ارزیابی که نشان دهنده اهمیت آن گروه و یا شاخص است، ماتریس‌های

1-Left-end value α-Cut
2- Right-end value α-Cut
3-Expert Choice

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسات زوجی فازی تشکیل گردیده و با دیفازی نمودن پاسخ‌های اجماع شده خبرگان، وزن گروه ها، شاخص ها و نرخ ناسازگاری هریک از ماتریس ها محاسبه شد.



شکل۵- فلوچارت مدل ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری بر اساس FAHP

جدول ۳ وزن و نرخ ناسازگاری هر یک از گروه‌های ارزیابی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که تأثیرگذارترین گروه در عملکرد شبکه‌های آبیاری، شاخص‌های گروه مدیریتی با وزن نسبی ۰/۳۵۰ می‌باشد. شاخص‌های گروه فنی با وزن نسبی ۰/۲۳۲، اجتماعی با وزن نسبی ۰/۱۶۴، اقتصادی با وزن نسبی ۰/۱۴۱ و زیست محیطی با وزن نسبی ۰/۱۱۳ به ترتیب به ترتیب در رتبه‌های بعدی اثر گذاری قرار می‌گیرند. از آنجا که معیارهای مدیریتی بیشترین اهمیت را در عملکرد شبکه‌های آبیاری مورد بررسی ایفا می‌نمایند، مناسبت ترین شیوه به منظور ارتقای عملکرد این سامانه ها، تمرکز بر عوامل یا معیارهای مدیریتی است. بدین ترتیب با بهبود اندکی در کیفیت این معیار می توان به بهره وری مطلوب تر آب و عملکرد مناسب تر شبکه‌های آبیاری دست یافت. همان گونه که مشاهده می شود نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی مربوط به کلیه گروه‌های ارزیابی کمتر از ۰/۱ بوده که بیانگر سازگار بودن تصمیم گیری ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی است. بیشترین نرخ ناسازگاری (۰/۰۹) مربوط به گروه شاخص‌های اقتصادی و کمترین نرخ ناسازگاری (۰/۰۰۴) مربوط است به گروه شاخص‌های فنی است. نرخ ناسازگاری کلی سلسله مراتبی مورد استفاده نیز ۰/۰۴ برآورد گردید.

شکل ۶ نمودار میله ای وزن نسبی نهایی هر یک از شاخص‌های ارزیابی در عملکرد شبکه آبیاری را نشان می‌دهد. بررسی نتایج بیانگر آن است که شاخص مؤثربودن سازه ها (که جزو گروه شاخص‌های مدیریتی است) با وزن نسبی ۰/۰۹۲ در بین سایر شاخص ها بیشترین میزان تأثیر را در عملکرد شبکه داراست. به تعبیر دیگر فعال نبودن سازها، بیشترین میزان کاهش در عملکرد شبکه را در پی خواهد داشت و برای بهبود عملکرد با توجه به محدودیت سرمایه، به نظر می‌رسد که سرمایه گذاری در بخش افزایش کارایی سازه‌های تنظیم و توزیع موجود در شبکه، علاوه بر بهبود وضعیت مدیریتی شبکه، بیشترین میزان ارتقاء عملکرد را نیز در پی خواهد داشت. شاخص هزینه نسبی آب (که جزو گروه شاخص‌های اقتصادی است) با وزن نسبی ۰/۰۱۳ در مقایسه با سایر شاخص ها، کمترین میزان تأثیر را در عملکرد شبکه ایفا می‌نماید.

جدول ۳-وزن و نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی هر یک از گروه ها

گروه	وزن گروه	نرخ ناسازگاری
فنی	۰/۲۳۲	۰/۰۰۴
مدیریتی	۰/۳۵۰	۰/۰۸
زیست محیطی	۰/۱۱۳	۰/۰۱
اقتصادی	۰/۱۴۱	۰/۰۹
اجتماعی	۰/۱۶۴	۰/۰۱

با توجه به بازه تغییرات مقادیر کمّی شاخص‌های ارزیابی، می‌توان تاثیر گذاری شاخص ها در عملکرد شبکه‌های آبیاری را در سه گروه (الف) تاثیرگذاری کم (وزن کمتر از ۰/۰۳)، (ب) تاثیر گذاری متوسط (وزن بین ۰/۰۳ و ۰/۰۶) و (ج) تاثیر گذاری زیاد (وزن بین ۰/۰۶ و ۰/۱) تقسیم بندی نمود. بررسی نتایج نشان می‌دهد که حدود ۵۰ درصد از شاخص ها ارزیابی در محدوده تاثیر گذاری متوسط قرار می‌گیرند. شاخص‌های هر یک از گروه‌های الف الی ج به صورت زیر می‌باشند:

Archive

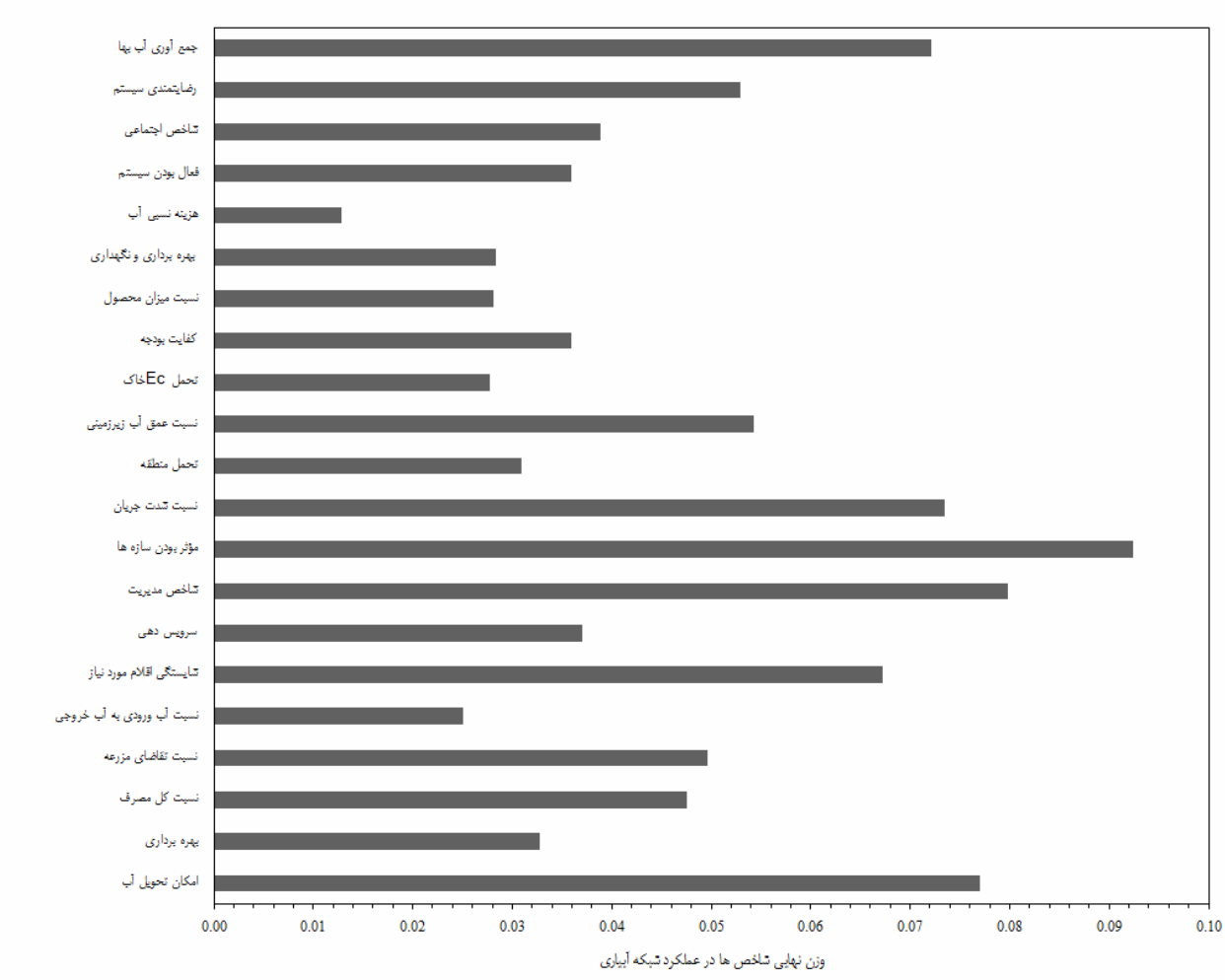
www.SID.ir

- شاخص‌های گروه الف: نسبت آب ورودی به اب خروجی، تحمل EC خاک، نسبت میزان محصول، بهره برداری و نگهداری، هزینه نسبی آب
- شاخص‌های گروه ب: بهره برداری، نسبت کل مصرف، نسبت تقاضای مزرعه، سرویس دهی، تحمل منطقه، نسبت عمق آب زیرزمینی، کفایت بودجه، فعال بودن سیستم، شاخص اجتماعی، رضایت مندی سیستم
- شاخص‌های گروه ج: امکان تحویل آب، شایستگی اقلام مورد نیاز، شاخص مدیریت، موثر بودن سازه ها، نسبت شدت جریان، جمع آوری آب بها

ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری

با وارد نمودن مقادیر دیفازی شده شاخص‌های ارزیابی عملکرد چهار شبکه آبیاری مورد مطالعه به نرم افزار اکسپرت چویس، و با توجه به وزن‌های محاسبه شده شده شاخص ها، نتایج نهایی حاصل از تلفیق وزن نهایی شاخص ها و گزینه ها برای گروه‌های مختلف و نیز کل ساختار سلسله مراتبی تعیین گردید. جدول ۴ وزن نسبی عملکرد شبکه‌های آبیاری را به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای چهار گزینه مورد بررسی در گروه‌های مختلف نشان می‌دهد. در بین گروه شاخص‌های فنی، شبکه قزوین با وزن نسبی نهایی ۰/۲۵۷ در مقایسه با سایر شبکه ها مطلوب ترین عملکرد و شبکه مرکزی منطقه سفیدرود با وزن نسبی ۰/۲۴۱ نامطلوب ترین عملکرد را نشان می‌دهد.

در بین گروه شاخص‌های مدیریتی، شبکه قزوین با وزن نسبی ۰/۲۹۵ در مقایسه با سایر شبکه ها مطلوب ترین عملکرد و شبکه مرکزی با وزن نسبی ۰/۲۲۱ نامطلوب ترین عملکرد را دارد. شبکه آبیاری قزوین از بعد اجتماعی (با وزن نسبی ۰/۳۵۸) نیز بهترین عملکرد را در بین شبکه‌های مورد مطالعه به خود اختصاص می‌دهد.



شکل٦- وزن نهایی شاخص‌های ارزیابی از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی

www.SID.ir

از نقطه نظر زیست محیطی، شبکه فومنات منطقه سفیدرود با وزن نسبی ۰/۲۶۰ در مقایسه با سایر شبکه ها مطلوب ترین عملکرد و شبکه مرکزی منطقه سفیدرود با وزن نسبی ۰/۲۳۷ نامطلوب ترین عملکرد را دارد. در بین گروه شاخص‌های اقتصادی، شبکه مرکزی منطقه سفیدرود با وزن نسبی ۰/۲۵۶ در مقایسه با سایر شبکه ها بهترین عملکرد و شبکه قزوین با وزن نسبی ۰/۲۴۶ نامطلوب ترین عملکرد را دارد.

جدول٤-وزن نسبی عملکرد شبکه‌های آبیاری مورد ارزیابی در گروه‌های مختلف

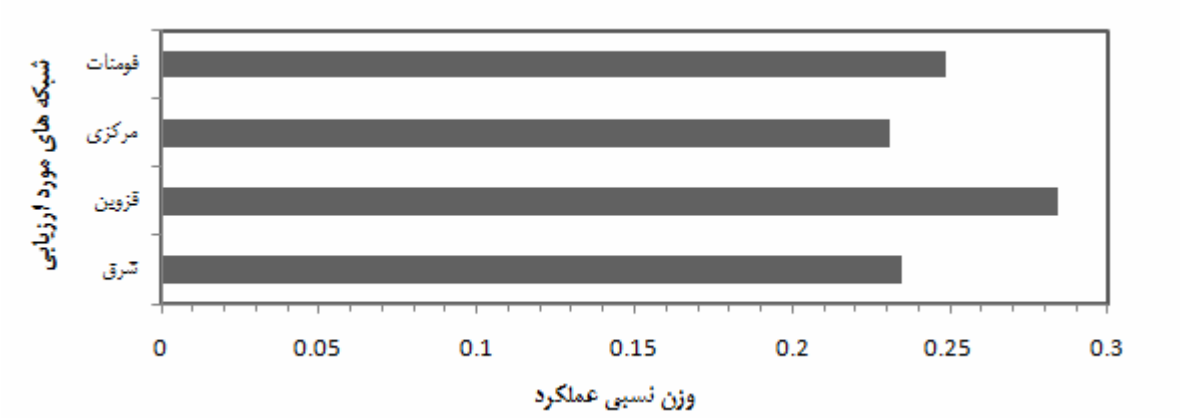
گروه	شرق	قزوین	مرکزی	فومنات
فنی	۰/۲۴۸	۰/۲۵۷	۰/۲۴۱	۰/۲۵۵
مدیریتی	۰/۲۲۶	۰/۲۹۵	۰/۲۲۱	۰/۲۵۷
زیست محیطی	۰/۲۵۵	۰/۲۴۸	۰/۲۳۷	۰/۲۶۰
اقتصادی	۰/۲۴۷	۰/۲۴۶	۰/۲۵۶	۰/۲۵۱
اجتماعی	۰/۲۱۴	۰/۳۵۸	۰/۲۱۴	۰/۲۱۴

وزن نسبی نهایی شبکه‌های مورد مطالعه مطابق با ساختار سلسله مراتبی در شکل۷ نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده، شبکه آبیاری دشت قزوین با وزن کل ۰/۲۸۴ در مقایسه با سایر شبکه ها مطلوب ترین عملکرد و شبکه مرکزی منطقه سفیدرود با وزن کل ۰/۲۳۱ نامطلوب ترین عملکرد را دارا می‌باشند. شبکه آبیاری فومنات و شرق منطقه سفیدرود نیز به ترتیب با وزن کل ۰/۲۴۹ و ۰/۲۳۵ عملکردی بین این دو شبکه آبیاری دارند.

در هر شبکه آبیاری، مجموع حاصل ضرب وزن‌های دیفازی شده شاخص‌های ارزیابی در مقدار عددی دیفازی شده هر شاخص، مقدار کمّی عملکرد شبکه را بدست می‌دهد. بر این اساس مقدار عملکرد هر شبکه برآورد گردیده که برای شبکه‌های قزوین، فومنات، مرکزی و شرق به ترتیب معادل ۷۴/۱، ۶۵/۴، ۵۷/۵ و ۶۰/۲ درصد می‌باشد.

تحلیل حساسیت گروه‌های ارزیابی عملکرد

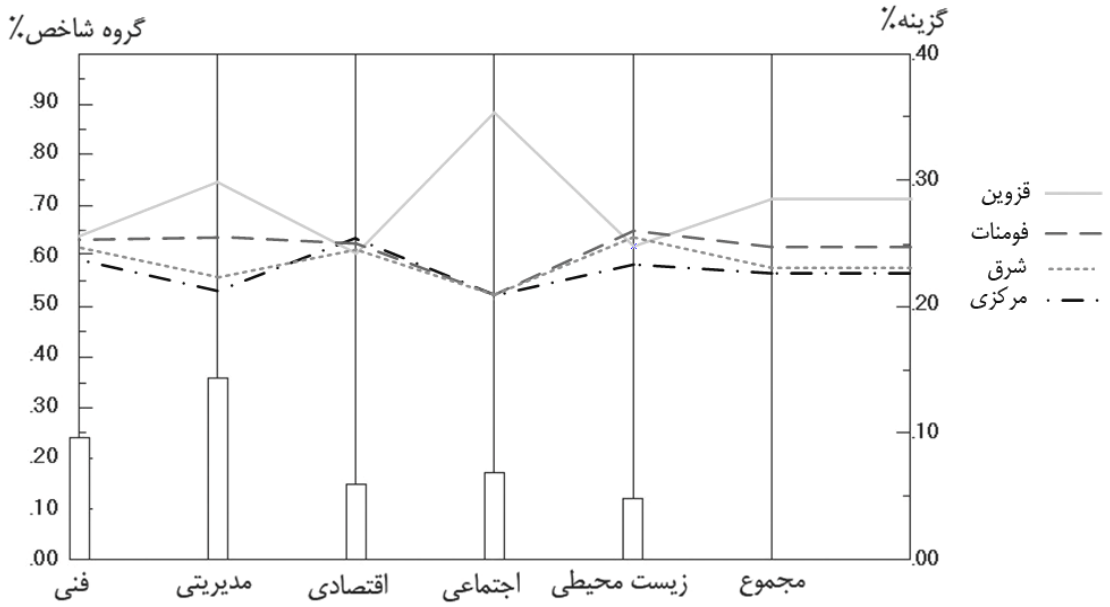
به منظور بررسی تغییرات عملکرد شبکه آبیاری نسبت به روند تغییرات وزن هر یک از گروه شاخص‌های مورد بررسی، تحلیل حساسیت عملکرد انجام شد. نتایج تحلیل حساسیت مدل در شکل ۸ ارائه شده است. در این شکل، وزن گروه شاخص‌های مورد بررسی به صورت میله‌های سفیدرنگ نشان داده شده است. این میله ها در نرم افزار اکسپرت چویس قابلیت کشیده شدن را داشته و می توان با تغییر وزن هریک از گروه ها (که مقدار وزن آن از محور عمودی سمت چپ به دست می‌آید)، تأثیر این تغییر را بر روی سایر شبکه ها آبیاری (که مقدار وزن نهایی آن از محور عمودی سمت راست به دست می‌آید) و سایر گروه شاخص ها مشاهده نمود. بر روی ستون هر یک از گروه شاخص‌های ارزیابی یک خط عمودی کشیده شده است که محل تقاطع این خط با خط مربوط به هر گزینه، مقدار عملکرد آن شبکه از دید گروه شاخص ارزیابی و محل تقاطع خط مربوط به هر گزینه با خط عمودی مجموع، عملکرد نهایی هر شبکه را با در نظر گرفتن تمامی گروه ها نشان می‌دهد. نتایج نشان می دهد که با افزایش وزن گروه شاخص‌های فنی، وزن نهایی شبکه‌های آبیاری به هم نزدیک تر می‌شود ولی این امر موجب برهم خوردن رتبه بندی عملکرد شبکه ها نمی گردد. با تغییر وزن گروه مدیریتی، وزن نهایی شبکه‌های آبیاری فومنات و قزوین افزایش و وزن شبکه‌های شرق و مرکزی سفیدرود کاهش می‌یابد.



شکل۷- عملکرد نسبی شبکه‌های آبیاری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸- نمایش ترسیمی تحلیل حساسیت مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی

به بیان دیگر شبکه‌های آبیاری شرق و مرکزی سفید رود از بعد فنی ضعیف و شبکه‌های فومنات و قزوین از این حیث دارای وضعیت مطلوبی می‌باشند. با افزایش وزن بعد اقتصادی به حدود ۸۰٪ درصد، رتبه بندی شبکه ها دچار تغییر گردیده و عملکرد نسبی شبکه آبیاری مرکزی سفیدرود بهتر از شبکه فومنات خواهد شد. در این حالت وزن ابعاد فنی ۵/۴٪ ، مدیریتی ۸/۲٪، زیست محیطی۲/۶٪ و اجتماعی ۳/۸٪ خواهد بود. لازم به ذکر است، از آنجا که در نظر گرفتن این وزن برای بعد اقتصادی منطقی نیست، می‌توان با اعتمادپذیری و قطعیت بالایی نتیجه گرفت که شبکه آبیاری فومنات در مقایسه با شبکه مرکزی از و عملکرد نسبی بهتری برخوردار است. با افزایش وزن بعد اجتماعی، وزن کل شبکه‌های فومنات، مرکزی و شرق کاهش و وزن شبکه قزوین افزایش خواهد یافت و فاصله عملکرد نسبی بین شبکه قزوین با سایر شبکه ها نیز بیشتر خواهد شد. علت این امر در برتری شبکه قزوین از نقطه نظر اجتماعی است. پرداخت کامل آب بها و وجود تشکل‌های آب بران در این شبکه را می‌توان دلیل این برتری در عملکرد دانست. افزایش وزن بعد زیست محیطی اگرچه وزن شبکه ها را دچار تغییر می‌کند لکن باعث تغییر رتبه بندی عملکرد نسبی شبکه ها نمی شود.

نتیجه گیری

در این تحقیق، شیوه جدید ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری مبتنی بر استفاده تلفیقی از منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی توسعه یافته و به منظور ارزیابی عملکرد چهار شبکه آبیاری فومنات، مرکزی و شرق شبکه آبیاری سفیدرود و دشت قزوین مورد استفاد قرار گرفت. روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، مدل سازی مطلوب تری از نظرات مبهم و احتمالی تصمیم گیرندگان ارائه می‌دهد و با توجه به فازی سازی شاخص ها، توانایی برخورد با عدم قطعیت مقادیر داده ها را دارا می‌باشد. علاوه بر این، برخورداری از مقایسات زوجی و امکان در نظر گرفتن شاخص‌های کمّی و کیفی، سبب می‌گردد تا روش مناسبی به منظور وزن دهی گروه ها و شاخص ها و رتبه بندی و ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری شکل گیرد. به بیان دیگر می‌توان اذعان داشت که نتایج حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی قابل استنادتر بوده و تطابق بیشتری با واقعیت دارند و از اینرو استفاده از این روش می‌تواند به عنوان گامی موثر در جهت توسعه و بهبود روش‌های ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری به حساب آید. یافته های تحقیق بیانگر آن است که با لحاظ نمودن معیارهای مؤثر بر عملکرد شبکه‌های آبیاری و مشخص نمودن وزن نسبی آن ها در مقایسات زوجی، می‌توان میزان تأثیر هر یک از گروه ها و شاخص ها را در شبکه آبیاری مورد ارزیابی قرار داد،ه اولویت‌های بهبود عملکرد شبکه را مشخص نموده و عملکرد شبکه‌های آبیاری مختلف را با دقت بالایی مورد مقایسه قرار داد. نتایج نشان داد که در بین گروه ها و شاخص مؤثر بر عملکرد شبکه‌های آبیاری، گروه مدیریتی و شاخص مؤثر بودن سازه ها بیشترین، و گروه زیست محیطی و شاخص هزینه نسبی آب کمترین تأثیر را در عملکرد شبکه آبیاری ایفا می‌نمایند. مدل توسعه یافته در این تحقیق ضمن دارا بودن کاربری ساده و دقّت مطلوب برگرفته از توانمندی منطق و شیوه تلفیقی بکارگرفته شده، می‌تواند در ارزیابی و

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه عملکرد شبکه‌های آبیاری و رتبه بندی عوامل و شاخص‌های موثر و نواحی مختلف سامانه های آبیاری مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایتهای سازمان آب و برق خوزستان (طرح شماره KUI86023) تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از معاونت پژوهشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران که شرایط انجام تحقیق را مهیا نمود، سپاسگزاری به عمل می‌آید.

مراجع

احتشامی، م. علی کناری، ش. عباسی، ن. (۱۳۷۹). ارزیابی بازده انتقال و توزیع آب و همچنین علل افزایش زبری در کانال‌های شبکه آبیاری قزوین. دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی.

بادزهر، ع. (۱۳۷۹). تهیه مدل کامپیوتری ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری با استفاده از تلفیق روش کلاسیک و ارزیابی سریع، پایان-نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرّس.

جلیلی، ج. (۱۳۸۳). ارزیابی شبکه‌های آبیاری بریموند و دینور به روش Benchmarking با تعیین ارزش نسبی شاخص ها. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

حیدری‌یان، س.۱. (۱۳۸۲). مدل ارزیابی مرحله ای شبکه‌های آبیاری و زهکشی با تأکید بر سیستم‌های مختلف مدیریت و با استفاده از روش فازی. رساله ی دکتری ، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران.

خرمی، ج. (۱۳۸۲). ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری با استفاده از منطق فازی(مطالعه موردی شبکه مارون). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

خلخالی، م. منعم، م ج. ابراهیمی، ک. (۱۳۸۵). معرفی مدل پشتیبانی تصمیم ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی.کارگاه فنی مدیریت، بهره برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

زحمتکش، م. (۱۳۸۹). ارزیابی شبکه‌های آبیاری با استفاده از شیوه ی مقایسه ای و آنالیز خوشه بندی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

شیخ حسینی، م. کاکاحاجی، ع.ا. سینایی، س.ا. (۱۳۸۵). زمینه‌ها و چالش‌های قانونی در انتقال مدیریت شبکه‌های آبیاری به تشکل‌های آب‌بران (مطالعه موردی: شبکه آبیاری دشت قزوین).کارگاه فنی مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

صالحی تالشی، ا. (۱۳۷۸). ارزیابی عملکرد بهره برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی به روش تحلیل پوششی داده‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرّس.

قاهری، ع. (۱۳۸۶). گزارش نهایی توسعه و تکمیل PAIS و تبدیل آن به نرم افزار قابل کاربرد در مدیریت ها. شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، طرح پژوهشی با کد IRID-79347.

قدوسی شهرضایی، ح. (۱۳۸۰). بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری با انجام تحلیل حساسیت در مدل‌های تحلیل پوششی داده ها DEA . پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی،دانشگاه تربیت مدرس.

محسنی موحد، ا. (۱۳۸۱). تهیه مدل ریاضی بهینه سازی عملکرد هیدرولیکی کانال‌های آبیاری با استفاده از روش آنیلینگ شبیه سازی شده و تعیین ارزش نسبی شاخص‌های ارزیابی، رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

منعم، م.ج. علیرضائی، م. صالحی تالشی، ا. (۱۳۸۱). ارزیابی عملکرد بهره برداری از شبکه‌های آبیاری به روش تحلیل پوششی داده ها DEA، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان جلد ششم، شماره چهارم، ص۱۱-۲۵.

مهندسین مشاور پندام. (۱۳۸۳). مطالعات بهسازی شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود گیلان. شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان، وزارت نیرو.

Bevilacqua, M., Braglia, M. (2000). The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. Reliability Engineering and System Safety 70: 71–83.

Bos, M.G., Wolters, W. (1997). Development in Irrigation Performance Assessment. International Institute for land Reclemation and Improvement, Report no. 13.

Buckley, J.J. (1985). Fuzzy hierarchal analysis. Fuzzy Sets Syst 17:233–247.

Deng, H., (1999). Multi criteria analysis with fuzzy pair wise comparison. International Journal of Approximate Reasoning 21: 215–231.

Gowing, J., Tarimo, A., EL-Awad, O. (1996). A rational method for assessment irrigation performance at farm level with the aid of fuzzy set theory. Irrigation and Drainage systems 10:319-330.

Kaufmann, A., Gupta, M. (1988). Fuzzy mathematical models in engineering and management science. North-Holland, Amsterdam.

Liou, T.S., Wang, M.J. (1992). Ranking fuzzy numbers with integral value. Fuzzy Sets Syst 50(3):247–255.

Lootsma, F. 1997. Fuzzy Logic for Plannig and Decision-Making, Kluwer, Dordrecht.

Molden, D., Sakthivadivel, R. (1998). Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. International water management institute,

Archive of SID

www.SID.ir

Report no. 25.
Montazar. A., Zadbagher, E. (2010). An analytical hierarchy model for assessing global water productivity of irrigation networks. Journal of Water Resources Management 24:2817-2832.
Okada, H., Styles, S.W., Grismer M.E. (2008). Application of the Analytic Hierarchy Process to irrigation project improvement Part I. Impacts of irrigation project internal processes on crop yields. Agricultural water management 95:199-204.
Saaty, T.L .(1986). Axiomatic foundation of the analytical hierarchy process. Manage Sci 32(7):841–855.
Sam-Amoah, L.K., Gowing, J.W. (2001). Assessment the performance the performance of irrigation scheme. Irrigation and Power, Vol. 46(4): 231-242.

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۶
تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۲۴

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 440-453

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۴۵۳-۴۴۰

Development of a Performance Assessment Model for Irrigation and Drainage Networks Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process

A. Montazar[1]* and O. Nasiri Gheidari[2]

Abstract

It is doubtful for experts to exactly assess the performance of irrigation and drainage networks, because of the uncertainty and vagueness of some operation and maintenance parameters. In this context, fuzzification of the weight and value of the criteria may improve the accuracy of assessment. The aim of this study is to develop a fuzzy analytical hierarchical model (FAHP model) for assessing Qazvin irrigation network and Foomanat, Markazi and Shargh irrigation networks of Sefidrood area. For that, 21 indicators in five groups of technical, management, environmental, economical and social are considered. Importance of each criterion is determined using FAHP with triangular membership function and based on experts decisions obtained from a questionnaire survey. The quantitative value of indicators is also calculated using field data. Results indicated that management criteria with aggregate weight of 0.350 and environmental criteria with aggregate weight of 0.113 have the maximum and minimum impact on performance of the irrigation systems, respectively. Hence, improvement of managerial factors status (operational services, degree of service on structures, adequate of requirement indicators operation and maintenance) is the most appropriate strategy for improving the performance of these systems. The performance value of Qazvin, Foomanat, Markazi and Shargh irrigation networks is determined 74.1, 65.4, 57.5, and 60.2%, respectively. Sensitivity analysis of the model demonstrates that any weight variation of the social criterion has a large impact on performance of the irrigation networks. The findings revealed that the FAHP model is an efficient approach to assess the performance of irrigation networks and may be applied as a management user-friendly tool of the assessment process.

Keywords: Analytical hierarchical process, Assessment indicator, Fuzzy logic, Irrigation network, Performance assessment,

Archive of SID

1- Associate Prof. of Irrigation and Drainage Engrg. Dept., Campus of Abouraihan, University of Tehran, I.R. Iran
(* - Corresponding Author Email: almontaz@ut.ac.ir)
2- M.Sc Student of Irrigation and Drainage Engrg. Dept., Campus of Abouraihan, University of Tehran, I.R. Iran

www.SID.ir