



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره دوم، ۱۳۹۳
<http://jwsc.gau.ac.ir>

اولویت‌بندی راه‌کارهای افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: شبکه آبیاری قزوین)

* حسام قدوسی^۱ و فرشته ملکشی^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۳

چکیده

شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی وسیع‌ترین توزیع‌کننده آب کشاورزی به‌شمار می‌روند و نقش مهمی در تأمین و توزیع بهینه آب دارند. بنابراین برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، باید بررسی‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها در بخش‌های مدیریتی، فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در این شبکه‌ها متمرکز شوند. در این پژوهش با بررسی‌های کتابخانه‌ای و مراجعه به شبکه آبیاری قزوین، مشورت و مصاحبه حضوری با مسئولین شبکه و مدیران صنعت آب در بخش بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و همچنین با استفاده از گزارش‌های مطالعات قبلی، راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب شبکه از دیدگاه‌های مختلف مدیریتی، فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تعیین گردید. به‌منظور اولویت‌بندی این راه‌کارها با استفاده از نظرهای کارشناسان از روش AHP و نرم‌افزار اکسپرت چویس استفاده گردید. نتایج نشان داد که دیدگاه مدیریتی - بهره‌برداری با وزن ۰/۵۰۹ در بالاترین اولویت قرار دارد. همچنین پس از رتبه‌بندی معیارها در هر دیدگاه مشخص گردید که از دیدگاه مدیریتی - بهره‌برداری استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سطح شبکه، از دیدگاه فنی - سازه‌ای استفاده از سازه‌های آبرگیر نیرپیک در تمام کانال‌ها، از دیدگاه اقتصادی دریافت هزینه واقعی آب‌بها، از دیدگاه اجتماعی توصیه و ترویج سیستم‌های مدرن آبیاری به کشاورزان و از دیدگاه زیست‌محیطی جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به داخل کانال‌ها دارای بیش‌ترین اهمیت می‌باشند.

* مسئول مکاتبه: ghodousi_he@yahoo.com

همچنین در این پژوهش به‌عنوان نمونه به‌منظور به‌کارگیری برترین راه‌کار افزایش بهره‌وری از دیدگاه فنی - سازه‌ای به شبیه‌سازی کانال L6 از شبکه آبیاری قزوین به کمک مدل هیدرودینامیکی کانال من پرداخته شد. نتایج نشان داد که دریچه‌های آبگیر نیرپیک از عملکرد بالایی برخوردار بوده و موجب کاهش بخش قابل توجهی از تلفات می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی، تحلیل سلسله مراتبی، مدل هیدرودینامیکی کانال من

مقدمه

آب به‌عنوان محدودکننده‌ترین عامل در تولید محصولات کشاورزی نقش مهمی در تأمین غذای جمعیت رو به رشد کشورمان را به عهده دارد. بنابراین لازم است که از منابع آب محدود کشور به‌نحو کارا و بهینه استفاده نموده و بهره‌وری آن را افزایش داد (زیدعلی و خلقی، ۲۰۰۳). بهره‌وری به فرآیندی اطلاق می‌شود که حداکثر استفاده از منابع با روند فزاینده صورت گیرد. به‌طورکلی ارتقای بهره‌وری می‌تواند به نتایج مهمی مانند افزایش رشد اقتصادی و استفاده بهینه از منابع، به‌ویژه منابع کمیاب همانند آب، منجر شود (مأم‌ن‌پوش و موسوی، ۲۰۰۶).

تاکنون گردهمایی‌ها، کارگاه‌ها، کنفرانس‌ها و سمینارهای متعددی برای بررسی علل موفق نشدن پروژه‌های آبیاری و زه‌کشی برگزار شده و سازمان‌های مختلف بین‌المللی با انجام مطالعات موردی متعدد سعی بر شناسایی نارسایی‌ها و ارائه توصیه‌های فنی و مدیریتی نموده‌اند. اما متأسفانه تاکنون راه‌کارهای اجرایی مناسبی برای افزایش بهره‌وری آب ارائه نشده است (میرزایی، ۲۰۱۰). در این پژوهش عوامل مؤثر بر افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری در پنج دیدگاه کلی فنی - سازه‌ای، مدیریتی - بهره‌برداری، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تقسیم‌بندی گردیده و سپس معیارهای مؤثر در هر دیدگاه تعیین گردیده و رتبه‌بندی شده‌اند. از آنجایی‌که در هر کدام از این دیدگاه‌ها معیارهای مختلفی دخالت داشته و از طرفی این تصمیم‌گیری یک تصمیم‌گیری گروهی بوده یعنی باید از نظرات افراد مختلف شامل کارشناسان وزارت نیرو و مسئولین شرکت‌های بهره‌برداری استفاده شود بنابراین برای یک تصمیم‌گیری صحیح و علمی و انتخاب بهترین راه‌کار نیاز به استفاده از روش‌های علمی

تصمیم‌گیری می‌باشد. در این پژوهش به کمک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)^۱ و روش AHP^۲ از این مدل به اولویت‌بندی این راه‌کارها پرداخته شده است. تاکنون پژوهش‌های مختلفی در زمینه ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری در بخش آب و کشاورزی انجام گرفته که در ادامه به نمونه‌هایی از این پژوهش‌ها اشاره می‌گردد.

سانسی و پونداریکانسان (۲۰۰۰) در پژوهش‌های خود مدل جدیدی برای زمان‌بندی توزیع آب در کانال برای آبیاری گردشی پیشنهاد نمودند. اهداف این مدل کفایت، عدالت، آسانی بهره‌برداری کانال‌ها و Timeliness^۳ می‌باشد. یونال و همکاران (۲۰۰۴) نیز عملکرد تحویل آب در کانال‌های درجه ۳ در یک سیستم آبیاری در حوضه گدیز^۴ در شرق ترکیه را بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد تحویل از نظر کفایت، عدالت و پایداری نسبت به راندمان از وضعیت بدی برخوردار می‌باشد که عوامل به وجودآورنده این وضعیت مسایل و مشکلات سازه‌ای و مدیریتی می‌باشد. منتظر و بهبهانی (۲۰۰۷) در پژوهش‌های خود به انتخاب یک سیستم آبیاری بهینه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. در این انتخاب از ضوابط فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و محیطی مؤثر بر راندمان آبیاری و برای ارزیابی سه منطقه با محصولات انگور، گندم و چغندر قند استفاده گردید. در این پژوهش ۱۵ شاخص در سیستم‌های آبیاری و ۸ شاخص در زیر سیستم‌های آبیاری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. روش‌های آبیاری قطره‌ای، نواری و شیاری به ترتیب برای مناطق ۱ تا ۳ به عنوان بهترین گزینه انتخاب شد. کازیکو و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهش‌های صورت‌گرفته در ایالت Osh قرقیزستان به ارزیابی عملکرد شکل‌های آب‌بران در برنامه‌ریزی و تحویل آب کشاورزی پرداختند. نتایج نشان داد که هر چند تأسیس این شکل‌ها در حل مسایل و مشکلات توزیع و تخصیص آب در میان کشاورزان کمک نموده اما نیازمند آموزش‌های بعدی کشاورزان و مدیران برای رعایت عدالت به‌خصوص در دوره‌های کم‌آبی می‌باشد. تاریک و لطیف (۲۰۱۰) عملکرد بهره‌برداری از کانال آپر اسوات^۵ در پاکستان که یک کانال درجه ۲ می‌باشد را مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج به‌دست

1- Multiple Criteria Decision Making

2- Analytical Hierarchy Process

۳- تناسب بین آب تحویل‌شده با نیاز آبی کشت در سراسر یک فصل رشد

4- Gediz

5- Upper swat

آمده پیشنهاد شد که به منظور کاهش تلفات آب، کانال مورد بررسی در ماه‌های می تا جولای در ۹۰-۸۰ درصد دبی طراحی و در ماه‌های آوریل تا آگوست در ۹۰-۷۵ درصد دبی طراحی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. منتظر و زادباقر (۲۰۱۰) با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتب به ارزیابی بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری ایران پرداختند. نتایج نشان داد که شبکه‌های آبیاری دز و ساوه با وزن‌های نسبی ۰/۱۱۲ و ۰/۰۴۵ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقدار بهره‌وری آب را دارند. ماتیوز و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد یک شبکه آبیاری کوچک در کنار رودخانه سنگال واقع در موریتانیا را قبل و بعد از توسعه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که قبل از توسعه، شبکه به شرط نگهداری مناسب به صورت رضایت‌بخشی مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت. اما بعد از توسعه هر چند خانواده‌های بیش‌تری به آب آبیاری دسترسی داشتند اما نداشتن قابلیت اطمینان‌پذیری سیستم، انعطاف‌ناپذیری و بی‌عدالتی ایجاد شده در اثر نگهداری ضعیف شبکه و کاهش راندمان کاربرد و توزیع از مهم‌ترین دلایل نارضایتی کشاورزان منطقه بودند. در پژوهش‌های دیگری که توسط توانا و هوشمند (۲۰۱۰) انجام گرفت مسایل و مشکلات بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری میاناب شوشتر با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مسایل مربوط به بهره‌برداری، تشکل‌های آب‌بران با وزن نسبی ۰/۲۷۵ و در نگهداری از شبکه، مسایل فرهنگی-اجتماعی با وزن نسبی ۰/۳۰۹ دارای بیش‌ترین تأثیر می‌باشند.

به طوری که از مطالعات انجام شده استنباط می‌شود تاکنون مطالعه جامعی درباره ارایه راه‌کارهای عملی افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری نشده است بنابراین هدف از انجام این پژوهش را می‌توان ارایه راه‌کارهای عملی افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی از دیدگاه‌های مختلف با استفاده از یک روش علمی تصمیم‌گیری عنوان نمود.

مواد و روش‌ها

شبکه آبیاری قزوین: این شبکه که با هدف انتقال آب از سد طالقان به قطب کشاورزی قزوین احداث گردیده، در حدود ۸۰۰۰۰ هکتار از اراضی ناخالص دشت قزوین را تحت پوشش قرار می‌دهد. کانال اصلی شبکه با پوشش بتنی و به طول ۹۴ کیلومتر با ظرفیت ۳۰ مترمکعب در ثانیه در ابتدا و ۳ مترمکعب در ثانیه در انتها احداث گردیده است. این شبکه دارای ۱۲ رشته کانال درجه ۲ بتنی به ظرفیت ۰/۶-۷/۴ مترمکعب در ثانیه می‌باشد که طول آن‌ها در مجموع بالغ بر ۲۲۰ کیلومتر است.

کانال‌های درجه ۳ بتنی به طول حدود ۳۲۰ کیلومتر می‌باشند که آب انتقالی را از آبگیر کانال‌های درجه ۲ به بلندترین نقاط قطعاتی به وسعت ۲۰۰-۱۰۰ هکتار منتقل می‌نمایند. ظرفیت این کانال‌ها ۱-۰/۱۷ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. کانال‌های درجه ۴ با پوشش بتنی به طول حدود ۵۶۰ کیلومتر می‌باشند که آب را از آبگیر کانال‌های درجه ۳ به بلندترین نقاط با وسعت ۲۰-۱۰ هکتار و همچنین ابتدای نهر مزرعه توزیع می‌نمایند. ظرفیت این کانال‌ها ۰/۳۴-۰/۱۷ مترمکعب در ثانیه می‌باشد (لشگری، ۲۰۰۹).

در طول بیش از ۳۰ سال بهره‌برداری از شبکه آبیاری قزوین که با تکمیل اولین بخش‌های آن در سال ۱۳۵۵ آغاز گردید، مسایل و مشکلات متعددی در امر بهره‌برداری از سیستم به‌دست آمده که موجب دور شدن از اهداف طرح و کاهش بهره‌وری منابع آبی موجود گردیده است. تأخیر در اجرای شبکه، توزیع آب به اراضی خارج از محدوده، عدم اعمال مدیریت مزارع تحت پوشش از سوی سازمان جهاد کشاورزی به جهت نظارت بر راندمان آبیاری داخل مزرعه و نگهداری از کانال‌های آبیاری درجه ۳، ۴ و حفظ ضوابط بهره‌برداری که از سوی مشاور تعیین شده بود، پیگیری نکردن در اجرای برنامه‌های کشاورزی از پیش تعیین شده، کاهش راندمان آبیاری در مزارع به دلیل افزایش نیاز آبی محصولات در واحد سطح بر طبق مقایسه جدول‌های تعیین نیاز آبی محصولات کشاورزی که از طرف سازمان کشاورزی تدوین گردیده، بهره‌برداری نکردن و نگهداری مناسب از شبکه و در نتیجه تخریب کانال‌ها، پوسیدگی و تخریب دریچه‌ها و افزایش تلفات از عوامل مهمی هستند که در مجموع سبب بروز مشکلاتی در امر دستیابی به اهداف طرح گردیده است (پورزند، ۲۰۰۹) و بهره‌برداری از سیستم با وجود مشکلات به‌دست آمده از عوامل ذکر شده، صدمات شدیدی را به شبکه وارد نموده است. در این حال با وجود این مسایل و مشکلات، دستیابی به عملکرد صحیح سیستم و بهره‌برداری مناسب، نیازمند بررسی همه‌جانبه شرایط موجود و ارایه راه‌کارهای عملی مناسب می‌باشد.

روش AHP: فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که برای اولین بار توسط توماس ال‌ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد (ساعتی، ۱۹۸۰). این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد. این روش بر مبنای مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبه‌ها را تسهیل می‌نماید. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای مقایسه شاخص‌ها با یکدیگر برای تعیین اهمیت نسبی آن‌ها ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌گردد. عناصر این ماتریس با توجه به قضاوت‌ها و نظرهای تصمیم‌گیرندگان به‌دست می‌آید.

با مشخص شدن عناصر این ماتریس وزن نسبی شاخص‌ها نسبت به یکدیگر با کمک تکنیک بردار ویژه محاسبه می‌گردد. این وزن نسبی درجه برتری هر شاخص را نسبت به بقیه برای تصمیم‌گیری نشان می‌دهد (قدسی‌پور، ۲۰۰۸). در این روش بعد از انجام مقایسه‌های زوجی معیارها نسبت به یکدیگر و تعیین اهمیت وزنی این معیارها (W_j)، به مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها نسبت به یکدیگر در ارتباط با هر یک از معیارها پرداخته می‌شود و پس از به‌دست آمدن اوزان r_{ij} در نهایت ارزش هر گزینه با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$A_i = \sum r_{ij} w_j \quad \text{for } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad m = 1, 2, 3, \dots, m \quad (1)$$

معرفی نرم‌افزار تصمیم‌گیری اکسپرت چویس^۱: نرم‌افزار اکسپرت چویس که یک ابزار حمایت از تصمیم‌گیری چندهدفه بر مبنای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد در سال ۱۹۸۰ توسط Expert Choice Institute^۲ در ایالت ویرجینیا آمریکا توسعه یافت. این نرم‌افزار در موارد مختلف از جمله تخصیص منابع، انتخاب گزینه‌ها، برنامه‌ریزی تحلیلی، آنالیزهای سود و هزینه، مدیریت عملکرد و... استفاده می‌گردد. این نرم‌افزار برای تحلیل مسایل تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی طراحی گردیده است. مدل دارای توانمندی‌های زیادی بوده و علاوه بر امکان طراحی نمودار سلسله‌مراتبی، تصمیم‌گیری و طراحی سؤالات، تعیین ترجیحات و اولویت‌ها و محاسبه وزن نهایی، قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مسأله را نیز دارا می‌باشد (قدسی‌پور، ۲۰۰۸).

معرفی کانال L6 از شبکه آبیاری قزوین: کانال مورد مطالعه در این پژوهش کانال L6 از شبکه آبیاری قزوین می‌باشد که در ۵۱+۴۳۳ کیلومتر از کانال اصلی این شبکه منشعب می‌شود. این کانال ۱۸۳۰۰ متر طول دارد. تعداد روستاهای تحت پوشش این کانال نه روستا و مساحت اراضی کشاورزی این روستاها در مجموع ۸۰۸۲ هکتار می‌باشد. آب مورد نیاز این اراضی توسط ۱۸ آبگیر در طول کانال تأمین می‌شود. آبگیرهای این کانال از نوع نیرپیک بوده و تنظیم تراز سطح آب برای این آبگیرها توسط ۱۳ تنظیم‌کننده خودکار بالادست از نوع آمیل انجام می‌گردد. جدول ۱ مشخصات فیزیکی ۸ بازه ابتدایی کانال در فاصله‌های هر دو آبگیر را نشان می‌دهد.

1- Expert Choice

۲- مؤسسه انتخاب برتر

جدول ۱- مشخصات فیزیکی کانال L6 از شبکه آبیاری قزوین.

بازه	کیلومتر	طول بازه (متر)	رفوم بالادست (متر)	رفوم پایین دست (متر)	شیب طولی	عرض کف (متر)	سازه بالادست	سازه پایین دست
۱	۰-۱/۰۶۰	۱۰۶۰	۱۳۳۵/۲۲	۱۳۱۴/۰۷	۰/۰۰۰۷۷	۱/۲	آبگیر نیرپیک ۱	
۲	۱/۰۶۰-۳/۰۷۵	۲۰۱۵	۱۳۱۰/۹۹	۱۲۹۳/۸۴	۰/۰۰۰۰۹	۱/۲	آبگیر نیرپیک ۲	
۳	۳/۰۷۵-۳/۸۵۰	۷۷۵	۱۲۹۳/۶۶	۱۲۸۷/۹۶	۰/۰۰۰۷۹	۱/۲	آبگیر نیرپیک ۳	
۴	۳/۸۵۰-۳/۸۶۰	۱۰	۱۲۸۷/۹۶	۱۲۸۷/۹۵	۰/۰۰۰۷۹	۱/۲	آبگیر نیرپیک ۴	
۵	۳/۸۶۰-۵/۸۵۰	۱۹۹۰	۱۲۸۶/۳۵	۱۲۷۹/۸۶	۰/۰۰۰۸۳	۱/۲	آبگیر نیرپیک ۵	
۶	۵/۸۵۰-۶/۳۹۰	۵۴۰	۱۲۷۹/۷۹	۱۲۷۷/۹۱	۰/۰۰۰۷۹	۱/۲	آبگیر نیرپیک ۶	
۷	۶/۳۹۰-۶/۵۳۰	۱۴۰	۱۲۷۷/۹۱	۱۲۷۷/۷۸	۰/۰۰۰۷۹	۱/۲	آبگیر نیرپیک ۷	
۸	۶/۵۳۰-۷/۸۵۰	۱۳۲۰	۱۲۷۷/۶۸	۱۲۷۲/۲۶	۰/۰۰۰۷۳	۱/۲	آبگیر نیرپیک ۸	

معرفی مدل هیدرودینامیکی **Canalman**: برای شبیه‌سازی کانال و مطالعه عملکرد دریاچه‌های آبگیر نیرپیک از مدل کانال من^۱ استفاده گردید. این مدل که توسط دکتر گری مرکلی تهیه شده است (مرکلی، ۱۹۹۷) شکل انتگرالی معادله‌های پیوستگی و حرکت (معادله‌های سنت و نان) را برای تحلیل جریان‌های غیرماندگار یک‌بعدی، به صورت ضمنی حل می‌کند. در این مدل معادله شدت جریان برای دریاچه‌های مستطیلی و شعاعی تحت شرایط جریان آزاد به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Q_f = C_{df} (h_u - E_l) \sqrt{2g(h_u - E_l - 0.61G)} \quad (2)$$

که در آن، h_u : عمق بالادست (متر)، E_l : تراز بالادست، G : بازشدگی عمودی دریاچه و C_{df} : ضریب دبی می‌باشد که معادله آن به صورت زیر است:

$$C_{df} = \xi_{1f} \left(\frac{A}{h_u - E_l} \right)^{\xi_{2f}} \quad (3)$$

که در آن، ξ_{1f} و ξ_{2f} به ترتیب ضریب و نمای کالیبراسیون هستند، A : بازشدگی دریاچه (مترمربع) و برابر با حاصل ضرب مقدار بازشدگی عمودی دریاچه G در عرض بازشدگی دریاچه G_w است.

1- Canalman

همچنین برای حالت مستغرق و جریان روزنه‌ای رابطه بالا به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$Q_s = C_{ds} (h_u - E_1 + Z_1) \sqrt{2g(h_u - Z_1 - h_d)} \quad (4)$$

که در آن، Z_1 : بالا آمدگی معکوس (متر) و مقدار آن برای یک افت در تراز، منفی است (در بیش‌تر کانال‌ها، Z_1 منفی یا صفر است)، h_d : عمق پایین‌دست (متر) و C_{ds} : ضریب دبی است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_{ds} = \xi_{1s} \left(\frac{A}{h_u - E_1 + Z_1} \right)^{\xi_{2s}} \quad (5)$$

که در آن، ξ_{1s} و ξ_{2s} به ترتیب ضریب و نمای کالیبراسیون هستند.

در این مدل برای دریچه‌های نریپیک نوع X به ازای هر ۱ سانتی‌متر بازشدگی مقادیر دبی اسمی تعریف شده است. که این مقادیر برای دریچه‌های نوع XX، ۲ برابر، نوع L، ۵ برابر، نوع C، ۱۰ برابر و نوع CC، ۲۰ برابر می‌باشد. بسته به ارتفاع آب در بالادست دریچه h_u دبی واقعی ممکن است به مقدار ΔQ کم‌تر و یا بیش‌تر از دبی اسمی گردد. به‌طورکلی دریچه‌های آبگیر نریپیک به دلیل طراحی خاص آن‌ها و وجود تیغه‌هایی در دهانه ورودی، نسبت به سایر دریچه‌ها دارای ثابت‌پذیری بیش‌تری نسبت به تغییرات سطح آب در بالادست می‌باشند و دبی ورودی به آن‌ها نسبت به تغییرات کم‌عمق آب در بالادست حساس نمی‌باشد. همچنین چون در این دریچه‌ها بر حسب نوع آن‌ها دبی عبوری از هر قسمت دریچه مشخص است، بنابراین اندازه‌گیری دبی توسط آن‌ها به راحتی انجام می‌گیرد.

ارایه راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب شبکه: در این پژوهش با مراجعه‌های متعدد به شبکه آبیاری قزوین در مردادماه و شهریورماه سال ۱۳۹۱، مشورت و مصاحبه حضوری با مسئولین شبکه و مدیران صنعت آب در بخش بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری وزارت نیرو و همچنین با استفاده از مطالعات قبلی، عوامل مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه از دیدگاه‌های مدیریتی، فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تعیین گردید که در بخش مدیریتی - بهره‌برداری ۱۵ راه‌کار، در بخش فنی - سازه‌ای نه راه‌کار، در بخش اقتصادی ۵ راه‌کار، در بخش اجتماعی ۷ راه‌کار و در بخش زیست‌محیطی نه راه‌کار می‌باشد. در شکل ۱ ساختار سلسله مراتبی این راه‌کارها در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری ارایه شده است.

شبیه‌سازی جریان در کانال L6: به منظور بررسی رفتار جریان در شرایط تغییر نیاز، تعیین احجام تلفات و شاخص‌های بهره‌برداری در دو حالت به‌کارگیری دریچه‌های کشویی ساده و دریچه‌های نریپیک به شبیه‌سازی ۸ بازه ابتدایی کانال L6 از شبکه آبیاری قزوین به کمک مدل کانال من پرداخته شد. لازم به ذکر است چون تنها پارامتر مؤثر در کالیبراسون این مدل با شرایط واقعی در کانال L6 ضریب مانینگ کانال می‌باشد، بنابراین قبل از انجام شبیه‌سازی مقدار مناسب ضریب مربوطه در بازه‌های مختلف کانال از طریق انطباق مقادیر عمق جریان شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهده‌ای اندازه‌گیری شده تعیین گردید. همچنین در پژوهشی کومار و همکاران (۲۰۰۲) نتایج شبیه‌سازی این مدل را با مدل‌هایی هم‌چون Hec-Ras و Mike11 مقایسه نمودند و نتیجه گرفتند که نتایج شبیه‌سازی جریان توسط مدل کانال من با مدل‌های معتبر دیگر مشابه می‌باشد (کومار و همکاران، ۲۰۰۲).

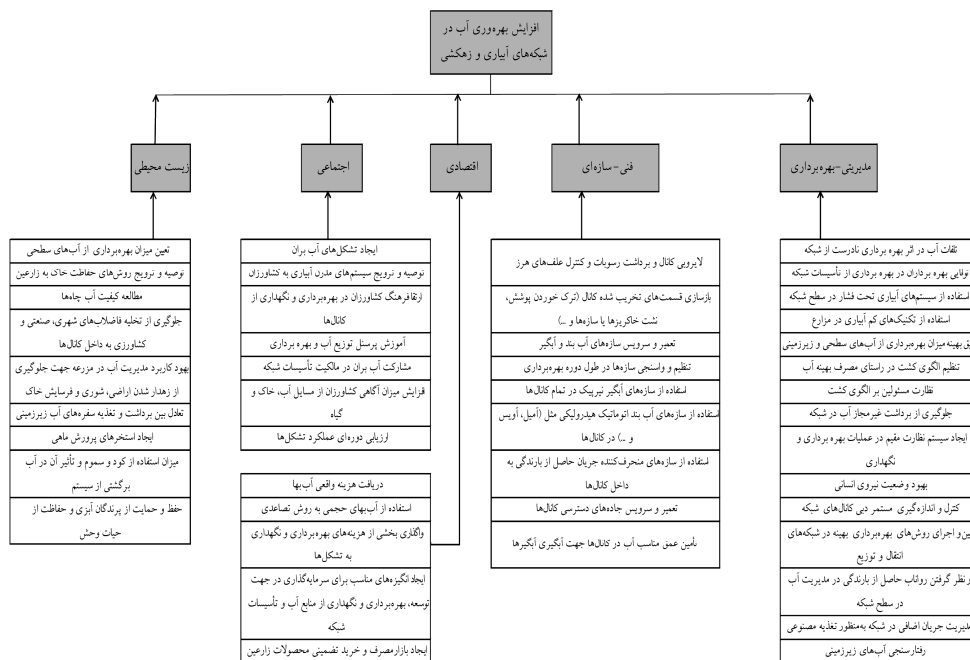
گزینه اول: در این حالت شبیه‌سازی، آبگیرهای این کانال از نوع کشویی ساده در نظر گرفته شد و در پایین دست هر آبگیر یک سازه آب‌بند از نوع سرریز لبه‌تیز تعبیه شد. شبیه‌سازی برای روزهای چهارم و پنجم مردادماه انجام گردید. در جدول ۲ نام نمایندگان این آبگیرها و سهمیه آب تخصیص داده شده به مزارع تحت پوشش آن‌ها برای روزهای چهارم و پنجم مردادماه ۱۳۹۰ آورده شده است.

جدول ۲- سهمیه آب‌هشت آبگیر ابتدایی کانال بر حسب لیتر در ثانیه.

تاریخ	نماینده							
	قدیری	خسروی	مافی	مکریان	دانه‌وش	نیارکی	قدیرپور	غلامان
۴	۲۵۰	۱۵۰	۰	۰	۰	۶۰	۲۵۰	۰
۵	۳۰۰	۱۷۰	۰	۰	۲۰	۶۰	۲۰۰	۱۰۰
جمع								
								(لیتر بر ثانیه)
								۷۱۰
								۸۵۰

در اولین گام شبیه‌سازی برای روز چهارم مرداد دبی بالادست برابر با حاصل جمع دبی مورد نیاز آبگیرها و ۱۰ درصد دبی اضافه برای جبران تلفات به مقدار ۷۸۱ لیتر در ثانیه بوده و تنظیمات سازه‌های آبگیر طوری در نظر گرفته شد که آبگیرها بتوانند دبی مشخص شده را از خود عبور دهند. سپس شبیه‌سازی به مدت ۲۴ ساعت انجام گردید و در گام بعدی بازشدگی آبگیرها برای آبگیری مشخص در روز پنجم مرداد تنظیم گردید و دبی ورودی بالادست کانال نیز به ۹۳۵ لیتر در ثانیه افزایش یافت. از آن‌جا که در روز پنجم مرداد دبی آبگیر بازه ششم (نیارکی) نسبت به روز چهارم تغییری نکرده است بنابراین تنظیمات این آبگیر ثابت مانده و شبیه‌سازی به مدت ۲۴ ساعت انجام گرفت.

گزینه دوم: در این حالت، آبیگرهای کانال از نوع نیرپیک در نظر گرفته شد و در پایین دست هر آبیگر یک سازه آب‌بند از نوع تنظیم‌کننده بالادست آمیل تعبیه شد و شبیه‌سازی برای روزهای چهارم و پنجم مردادماه انجام گردید. در این گزینه نیز ابتدا تنظیمات آبیگرها برای روز چهارم مرداد تنظیم گردید و پس از انجام ۲۴ ساعت شبیه‌سازی تنظیمات آبیگرها به‌جز آبیگر بازه ششم تغییر داده شد و شبیه‌سازی به مدت ۲۴ ساعت دیگر انجام گرفت.



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

نتایج و بحث

نتایج شبیه‌سازی با نرم‌افزار اکسپرت چویس و رتبه‌بندی معیارها: نتایج این مدل که در جدول‌های ۳ تا ۹ آمده به اولویت‌بندی دیدگاه‌ها و راه‌کارهای مرتبط با هر دیدگاه پرداخته است. نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی مربوط به همه معیارها کم‌تر از ۰/۱ به‌دست آمد که نشان‌دهنده سازگار

بودن تصمیم‌گیری‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. نتایج ارایه شده در جدول ۳ رتبه‌بندی دیدگاه‌های پنج‌گانه در نظر گرفته شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. همان‌طورکه در این جدول مشاهده می‌شود از نظر کارشناسان و مسئولین دیدگاه مدیریتی- بهره‌برداری با وزن نسبی ۰/۵۰۹ بیش‌ترین اهمیت در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی را داشته و در اولویت اول قرار دارد. بنابراین برای افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌ها باید امور مدیریتی و بهره‌برداری شبکه‌ها در اولویت پژوهش‌ها قرار گرفته، بررسی‌ها و سرمایه‌گذاری‌های بیش‌تری در این زمینه صورت گیرد. در جدول ۴ رتبه‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌ها از دیدگاه مدیریتی- بهره‌برداری ارایه شده است. با توجه به این جدول استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سطح شبکه از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده و در اولویت اول قرار دارد. صنعتی شدن کشاورزی در بیش‌تر کشورهای جهان و روبرو شدن با مسأله کم‌آبی باعث شده است که بر مصرف آب کنترل بیش‌تری اعمال گردد. انجام این کنترل‌ها در آبیاری سطحی تا حد زیادی مشکل می‌باشد و عملی‌ترین راه آن خواهد بود که آب در یک سیستم مسدود مانند لوله انتقال داده و مصرف شود. ایران از اولین کشورهای جهان بوده است که سیستم‌های تحت فشار بارانی و قطره‌ای را تجربه نموده است اما در چند دهه گذشته فناوری این سیستم‌ها در کشور پیشرفت زیادی نداشته است. بنابراین برای توسعه این صنعت در کشاورزی، توجه و سرمایه‌گذاری بیش‌تری در این زمینه نیازمند می‌باشد. در جدول ۵ رتبه‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌ها از دیدگاه فنی- سازه‌ای ارایه شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که استفاده از سازه‌های آبگیر نیرپیک در تمام کانال‌ها از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده و در اولویت اول قرار دارد. آبگیرهای نیرپیک که توسط شرکت فرانسوی نیرپیک در فرانسه طراحی شده است، در بسیاری از کشورهای جهان و به‌خصوص در سال‌های اخیر در ایران مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرد. این دریچه‌ها با توجه به آسانی امر بهره‌برداری و سرعت عمل آن در آبگیری مقدار معینی از دبی و دقت کافی در آن همواره مورد توجه بهره‌برداران شبکه‌های آبیاری قرار گرفته است. این تجهیزات بدون هیچ‌گونه حرکت قطعات (به‌جز باز و بسته کردن دریچه آن) دبی تقریباً ثابتی را بدون توجه به تغییرات سطح آب در بالادست آبگیر از خود عبور می‌دهند. در جدول ۶ رتبه‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌ها از دیدگاه اقتصادی ارایه شده

است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که دریافت هزینه واقعی آب‌بها از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در اولویت اول قرار دارد. در بخش کشاورزی آب نسبت به سایر نهاده‌های کشاورزی با توجه به اهمیت فراوان آن کم‌ترین قیمت را دارد. به عقیده برخی کشاورزان یکی از راه‌های افزایش عملکرد استفاده از آب بیشتر است و مهم‌ترین عامل این امر نیز این است که در ارزیابی عملکرد کشاورز، تنها میزان برداشت محصول بر حسب تن در هکتار مدنظر قرار می‌گیرد و میزان آب مصرفی برای تولید محصول در واحد سطح اهمیتی ندارد. این امر باعث شده تا کشاورز از آب استفاده بهینه را به عمل نیاورد. نزدیک شدن قیمت آب به قیمت واقعی باعث می‌شود آب به‌عنوان یک نهاده کشاورزی ارزان‌قیمت برای بالا بردن عملکرد محصول در نظر گرفته نشده و آب اهمیت واقعی خود را در میان کشاورزان پیدا می‌کند. در جدول ۷ رتبه‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌ها از دیدگاه اجتماعی ارائه شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که توصیه و ترویج سیستم‌های مدرن آبیاری به کشاورزان از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در اولویت اول قرار دارد. یک کشاورز زمانی به‌عنوان یک مدیر خوب در ارتباط با مصرف منابع آب می‌تواند تصمیم‌گیری نماید که آموزش‌های لازم را فراگرفته و اطلاعات لازم را در اختیار داشته باشد. تا زمانی که تولید زراعی به‌طور سنتی انجام می‌شود کشاورزان نیز اطلاعات لازم برای تولید سنتی را در اختیار داشته، نیازی به فراگیری و گذراندن دوره‌های خاص نمی‌باشند ولی با پیشرفت تکنولوژی، گسترش امکانات و تنوع در راه‌حل‌ها مسأله تصمیم‌گیری پیچیده‌تر شده و نیازهای آموزشی کشاورزان گسترش می‌یابد. در جدول ۸ رتبه‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌ها از دیدگاه زیست‌محیطی ارائه شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به داخل کانال‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در اولویت اول قرار دارد. تراکم بیش از حد صنایع در استان قزوین به‌دلیل موقعیت خاص استان و به‌خصوص در منطقه شمال دشت و بالادست برای حرکت آب‌های زیرزمینی با توجه به نبود برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح شهرک‌های صنعتی تأسیس شده در خصوص کنترل و تصفیه فاضلاب‌های صنعتی همچنین دفع غیرمجاز پسماندهای خطرناک صنعتی به‌دلیل نبود مدیریت اصولی پسماندها یکی از جدی‌ترین عوامل تهدیدکننده محیط زیست به‌شمار می‌رود.

در جدول ۹ نیز رتبه‌بندی همه معیارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه از نظر هدف ارایه شده است. در این جدول مشاهده می‌شود که استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سطح شبکه در اولویت اول، استفاده از سازه‌های آبیگر نیرپیک در تمام کانال‌ها در اولویت دوم، تعیین و اجرای روش‌های بهره‌برداری بهینه در شبکه‌های انتقال و توزیع در اولویت سوم قرار دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد تلفات در شبکه‌ها و کاهش بهره‌وری آب عملیات بهره‌برداری می‌باشد. در شبکه‌های آبیاری تغییرات نیاز آبیگرها باعث ایجاد و انتشار امواج مثبت یا منفی در داخل کانال‌ها می‌شوند که این امواج در هنگام حرکت در طول کانال و تا رسیدن به آبیگر و یا آبیگرهای هدف بر آبیگرهای بالادست نیز تأثیر می‌گذارند و موجب افزایش و یا کاهش تحویل آب به این آبیگرها می‌شوند. در این شرایط اگر عملیات بهره‌برداری به درستی انجام نگیرد موجب تحویل و توزیع نامناسب آب به کانال‌ها، انشعابات و در نتیجه توزیع نامناسب آب در سطح اراضی می‌شود. بنابراین می‌توان گفت یکی از اساسی‌ترین راه‌کارها برای ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی، تعیین روش‌های بهره‌برداری بهینه در شبکه‌های انتقال و توزیع آب به گونه‌ای می‌باشد که در یک دوره تحویل آب شاخص‌های مهمی مانند کفایت تحویل، راندمان تحویل، عدالت در تحویل و پایداری در تحویل هم‌زمان برای همه آبیگرهای کانال ارتقا یابند.

جدول ۳- اولویت‌بندی ۵ دیدگاه موردنظر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری.

اولویت	وزن نسبی	دیدگاه‌های مؤثر در افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی
۱	۰/۵۰۹	مدیریتی - بهره‌برداری
۲	۰/۳۰۳	فنی - سازه‌ای
۳	۰/۰۸۱	اقتصادی
۴	۰/۰۵۶	اجتماعی
۵	۰/۰۵۱	زیست‌محیطی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۲) ۱۳۹۳

جدول ۴- اولویت‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری از دیدگاه مدیریتی - بهره‌برداری.

اولویت	وزن نسبی	راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب از دیدگاه مدیریتی - بهره‌برداری
۱	۰/۲۳۹	استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سطح شبکه
۲	۰/۱۳۷	تعیین و اجرای روش‌های بهره‌برداری بهینه در شبکه‌های انتقال و توزیع
۳	۰/۱۱۳	جلوگیری از تلفات آب در اثر بهره‌برداری نادرست از شبکه
۴	۰/۰۹۹	توانایی بهره‌برداران در بهره‌برداری از تأسیسات شبکه
۵	۰/۰۸۱	کنترل و اندازه‌گیری مستمر دبی کانال‌های شبکه
۶	۰/۰۶۵	تلفیق بهینه میزان بهره‌برداری از آب‌های سطحی و زیرزمینی
۷	۰/۰۵۸	استفاده از تکنیک‌های کم آبیاری در مزارع
۸	۰/۰۴۶	تنظیم الگوی کشت در راستای مصرف بهینه آب
۹	۰/۰۳۱	نظارت مسئولین بر الگوی کشت
۱۰	۰/۰۲۷	ایجاد سیستم نظارت مقیم در عملیات بهره‌برداری و نگهداری
	۰/۰۲۷	در نظر گرفتن رواناب حاصل از بارندگی در مدیریت آب در سطح شبکه
۱۱	۰/۰۲۰	بهبود وضعیت نیروی انسانی
	۰/۰۲۰	رفتارسنجی آب‌های زیرزمینی
۱۲	۰/۰۱۹	جلوگیری از برداشت غیرمجاز آب در شبکه
۱۳	۰/۰۱۶	مدیریت جریان اضافی در شبکه به‌منظور تغذیه مصنوعی

جدول ۵- اولویت‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری از دیدگاه فنی - سازه‌ای.

اولویت	وزن نسبی	راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب از دیدگاه فنی - سازه‌ای
۱	۰/۲۷	استفاده از سازه‌های آبگیر نبرپیک در تمام کانال‌ها
۲	۰/۱۷۳	تعمیر و سرویس سازه‌های آب‌بند و آبگیر
۳	۰/۱۵۲	بازسازی قسمت‌های تخریب شده کانال
	۰/۱۵۲	استفاده از سازه‌های آب‌بند اتوماتیک هیدرولیکی مثل (آمیل، آویس و...)
۴	۰/۰۹۰	لایروبی کانال و برداشت رسوبات و کنترل علف‌های هرز
۵	۰/۰۷۲	تأمین عمق مناسب در کانال‌ها جهت آبگیری آبگیرها
۶	۰/۰۵۴	تنظیم و واسنجی سازه‌ها در طول دوره بهره‌برداری
۷	۰/۰۲۱	تعمیر و سرویس جاده‌های دسترسی کانال‌ها
۸	۰/۰۱۷	استفاده از سازه‌های منحرف‌کننده جریان حاصل از بارندگی به داخل کانال‌ها

حسام قدوسی و فرشته ملکشی

جدول ۶- اولویت‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری از دیدگاه اقتصادی.

اولویت	وزن نسبی	راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب از دیدگاه اقتصادی
۱	۰/۴۳۲	دریافت هزینه واقعی آب‌بها
۲	۰/۳۳۱	واگذاری بخشی از هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری به تشکل‌ها
۳	۰/۰۸۶	ایجاد انگیزه‌های مناسب برای سرمایه‌گذاری در جهت توسعه و ... شبکه
	۰/۰۸۶	ایجاد بازار مصرف و خرید تضمینی محصولات زارعین
۴	۰/۰۷۵	استفاده از آب‌بهای حجمی به روش تصاعدی

جدول ۷- اولویت‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری از دیدگاه اجتماعی.

اولویت	وزن نسبی	راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب از دیدگاه اجتماعی
۱	۰/۲۸۸	توصیه و ترویج سیستم‌های مدرن آبیاری به کشاورزان
۲	۰/۲۲۴	مشارکت آب ایران در مالکیت تأسیسات شبکه
۳	۰/۱۷۹	ارتقا فرهنگ کشاورزان در بهره‌برداری و نگهداری از کانال‌ها
۴	۰/۱۳۱	ایجاد تشکل‌های آب‌بران
۵	۰/۱۱۲	آموزش پرسنل توزیع آب و بهره‌برداری
۶	۰/۰۳۴	افزایش میزان آگاهی کشاورزان از مسایل آب، خاک و گیاه
۷	۰/۰۳۲	ارزیابی دوره‌ای عملکرد تشکل‌ها

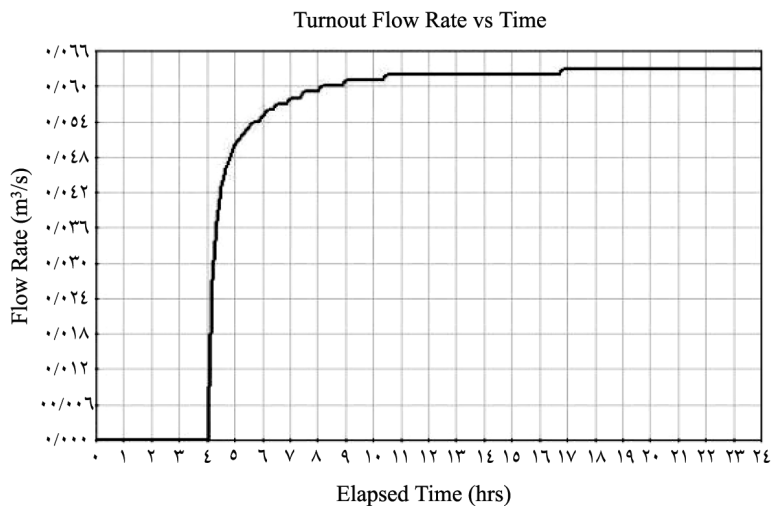
جدول ۸- اولویت‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری از دیدگاه زیست‌محیطی.

اولویت	وزن نسبی	راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری آب از دیدگاه زیست‌محیطی
۱	۰/۳۲۳	جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به داخل کانال‌ها
۲	۰/۲۰۲	میزان استفاده از کود و سموم و تأثیر آن در آب برگشتی از سیستم
۳	۰/۱۶۲	بهبود کاربرد مدیریت آب در مزرعه جهت جلوگیری از شوری و ... خاک
۴	۰/۰۹۴	تعیین میزان بهره‌برداری از آب‌های سطحی
۵	۰/۰۶۰	توصیه و ترویج روش‌های حفاظت خاک به زارعین
	۰/۰۶۰	مطالعه کیفیت آب چاه‌ها
۶	۰/۰۵۴	تعادل بین برداشت و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی
۷	۰/۰۲۴	حفظ و حمایت از پرندگان آبی و حفاظت از حیات وحش
۸	۰/۰۲۱	ایجاد استخرهای پرورش ماهی

جدول ۹- اولویت‌بندی نهایی راه‌کارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری از نظر هدف.

اولویت	وزن نسبی	راه‌کارهای افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی	اولویت	وزن نسبی	راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱	۰/۱۳۴۲	استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سطح شبکه	۱	۰/۱۱۵	مشارکت آب‌بران در مالکیت تأسیسات شبکه
۲	۰/۰۷۹۹	استفاده از سازه‌های آبیگر نریپیک در تمام کانال‌ها	۲۳	۰/۱۱۵	جلوگیری از برداشت غیرمجاز آب در شبکه
۳	۰/۰۷۷	تعیین و اجرای روش‌های بهره‌بردارانه بهره‌بردارانه بهینه در شبکه‌های انتقال و توزیع	۲۴	۰/۱۰۶	بهبود وضعیت نیروی انسانی
۴	۰/۰۳۳۳	جلوگیری از تلفات آب در اثر بهره‌بردارانه نادرست از شبکه	۲۵	۰/۰۹۲	رفتارسنجی آب‌های زیرزمینی
۵	۰/۰۵۵۶	توانایی بهره‌برداران در بهره‌برداری از تأسیسات شبکه	۲۶	۰/۰۸۹	مدیریت جریان اضافی در شبکه به منظور تغذیه مصنوعی
۶	۰/۰۵۱۲	تعمیر و سرویس سازه‌های آب‌بند و آبیگر	۲۷	۰/۰۸۹	ارتقا فرهنگ کشاورزان در بهره‌برداری و نگهداری از کانال‌ها
۷	۰/۰۴۵۴	بازسازی قسمت‌های تخریب شده کانال	۲۸	۰/۰۸۸	میزان استفاده از کود و سموم و تأثیر آن در آب برگشتی از سیستم
۸	۰/۰۴۵۰	استفاده از سازه‌های آب‌بند اتوماتیک هیدرولیکی مثل (آمیل، آریس و ...)	۲۹	۰/۰۶۸	ایجاد شکل‌های آب‌بران
۹	۰/۰۴۴۹	کنترل و اندازه‌گیری مستمر دبی کانال‌های شبکه	۳۰	۰/۰۶۷	بهبود کاربرد مدیریت آب در مزرعه جهت جلوگیری از شوری و ...
۱۰	۰/۰۳۶۶	تلفیق بهینه میزان بهره‌بردارانه از آب‌های سطحی و زیرزمینی	۳۱	۰/۰۶۲	تعمیر و سرویس جاده‌های دسترسی کانال‌ها
۱۱	۰/۰۳۲۷	استفاده از تکنیک‌های کم آبیاری در مزارع	۳۲	۰/۰۵۷	آموزش پرسنل توزیع آب و بهره‌برداری
۱۲	۰/۰۳۲۷	لایروبی کانال و برداشت رسوبات و کنترل علف‌های هرز	۳۳	۰/۰۵۱	استفاده از سازه‌های منحرف‌کننده جریان حاصل از بارندگی به داخل کانال‌ها
۱۳	۰/۰۲۵۹	تنظیم الگوی کشت در راستای مصرف بهینه آب	۳۴	۰/۰۴۲	ایجاد انگیزه‌های مناسب برای سرمایه‌گذاری در جهت توسعه و ... شبکه‌ها
۱۴	۰/۰۲۱۳	تأمین عمق مناسب آب در کانال‌ها جهت آبیگری آبیگرها	۳۵	۰/۰۴۲	ایجاد بازار مصرف و خرید تضمینی محصولات زارعین
۱۵	۰/۰۲۱۲	دریافت هزینه واقعی آب‌بها	۳۶	۰/۰۳۷	استفاده از آب‌بهای حجمی به روش تصاعدی
۱۶	۰/۰۱۷۴	نظارت مسئولین بر الگوی کشت	۳۷	۰/۰۳۷	تعیین میزان بهره‌بردارانه از آب‌های سطحی
۱۷	۰/۰۱۶۱	تنظیم و واسنجی سازه‌ها در طول دوره بهره‌برداری	۳۸	۰/۰۲۵	افزایش میزان آگاهی کشاورزان از مسایل آب، خاک و گیاه
۱۸	۰/۰۱۵۸	واگذاری بخشی از هزینه‌های بهره‌بردارانه و نگهداری به تشکل‌ها	۳۹	۰/۰۲۵	توصیه و ترویج روش‌های حفاظت خاک به زارعین
۱۹	۰/۰۱۵۴	ایجاد سیستم نظارت مهم در عملیات بهره‌بردارانه و نگهداری	۴۰	۰/۰۱۸	ارزیابی دوره‌ای عملکرد تشکل‌ها
۲۰	۰/۰۱۵۲	در نظر گرفتن روناب حاصل از بارندگی در مدیریت آب در سطح شبکه	۴۱	۰/۰۱۶	مطالعه کیفیت آب چاه‌ها
۲۱	۰/۰۱۴۸	توصیه و ترویج سیستم‌های مدرن آبیاری به کشاورزان	۴۲	۰/۰۱۶	تعادل بین برداشت و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی
۲۲	۰/۰۱۳۵	جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به داخل کانال‌ها	۴۳	۰/۰۱۶	حفظ و حمایت از بردگان آبی و حفاظت از حیات وحش
			۴۴	۰/۰۱۶	ایجاد استخرهای پرورش ماهی

نتایج شبیه‌سازی هیدرودینامیکی کانال: به دلیل یکسان بودن دبی آبیگر بازه ششم کانال در روزهای چهارم و پنجم مردادماه، تنظیمات این آبیگر برای انجام شبیه‌سازی یکسان در نظر گرفته شد. و در مورد این آبیگر تنها عاملی که تغییر کرده میزان دبی ورودی از بالادست کانال می‌باشد که در روز پنجم مرداد نسبت به روز چهارم به میزان ۱۵۴ لیتر در ثانیه افزایش یافته و موجب تشکیل موج مثبت در کانال شده است. در اولین حالت شبیه‌سازی که دریچه‌های کانال از نوع کشویی در نظر گرفته شدند پس از برقراری جریان برای روز پنجم مرداد نتایج نموداری دبی ورودی به این آبیگر در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- نمودار دبی در محل آبیگر بازه ۶ (آبیگر کشویی).

با توجه به این نمودار مشخص می‌گردد که دبی ورودی به آبیگر بازه ششم در روز پنجم مرداد، بعد از رسیدن به مقدار مورد نیاز خود یعنی مقدار ۶۰ لیتر در ثانیه در اثر وجود موج مثبت در کانال باز هم افزایش پیدا کرده و به مقدار ۶۳ لیتر در ثانیه می‌رسد. این مقدار دبی اضافه که به صورت تلفات از سیستم خارج می‌گردد تا انتهای روز پنجم در مجموع به مقدار ۱۲۸ مترمکعب می‌رسد که برای یک آبیگر و یک روز بهره‌برداری رقم قابل‌توجهی است. به‌منظور نشان دادن مقادیر کمی حجم تلفات،

شاخص‌های راندمان و کفایت از شاخص‌های ارایه شده توسط مولدن و گیتس (۱۹۹۰) استفاده شده است که به ترتیب در رابطه‌های ۶ و ۷ ارایه شده‌اند. مقادیر تعیین شده نیز در جدول ۱۰ خلاصه شده‌اند. مقدار شاخص کفایت که برابر ۱۰۰ درصد به دست آمده است نشان‌دهنده آن است که آبیگر مورد نظر در طول شبیه‌سازی بیش‌تر از نیاز خود آبیگری نموده است.

$$MPF = \frac{1}{T} \sum_T \frac{1}{N} \sum_N (PF) \quad \begin{cases} PF = \frac{Q_R}{Q_D} & , Q_D > Q_R \\ PF = 1 & , Q_R > Q_D \end{cases} \quad (6)$$

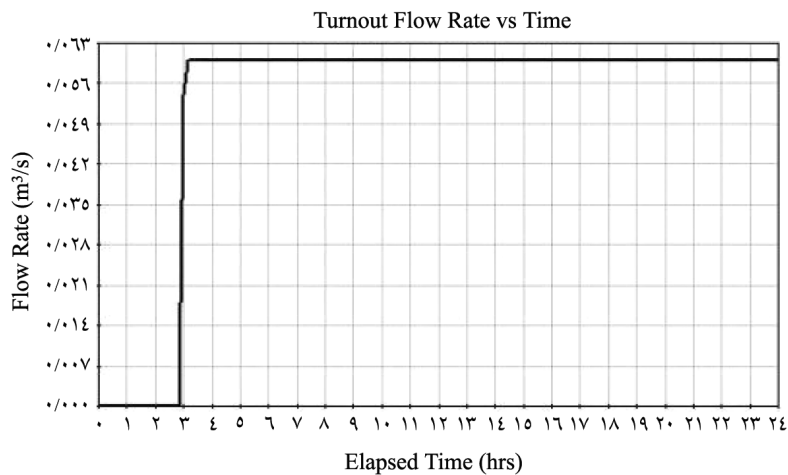
$$MPA = \frac{1}{T} \sum_T \frac{1}{N} \sum_N (PA) \quad \begin{cases} PA = \frac{Q_D}{Q_R} & , Q_D < Q_R \\ PA = 1 & , Q_R < Q_D \end{cases} \quad (7)$$

که در آن‌ها، MPF: شاخص راندمان، MPA: شاخص کفایت، Q_R : دبی مورد نیاز هر دریچه، Q_D : دبی واقعی تحویلی به هر دریچه، N: تعداد دریچه‌های آبیگر و T: تعداد گام‌های زمانی در یک دوره تحویل است.

جدول ۱۰- مقادیر حجم تلفات و شاخص‌های ارزیابی عملکرد.

تلفات (مترمکعب)	راندمان (درصد)	کفایت (درصد)
۱۲۸	۹۶	۱۰۰

در دومین حالت شبیه‌سازی که دریچه‌های کانال از نوع نیرپیک در نظر گرفته شدند با برقراری جریان برای روز پنجم مرداد نتایج نموداری دبی ورودی به آبیگر بازه ششم دوباره تعیین و در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- نمودار دبی در محل آبگیر بازه ۶ (مدول نیرپیک).

با توجه به نتایج شبیه‌سازی مشخص می‌گردد که دبی ورودی به این آبگیر پس از رسیدن به مقدار مورد نیاز خود یعنی ۶۰ لیتر در ثانیه تا انتها بدون تغییر باقی می‌ماند و موج مثبت ایجاد شده در کانال که به دلیل افزایش دبی ورودی به کانال در روز پنجم مرداد تشکیل شده است هیچ‌گونه تأثیری در مقدار آبگیری آبگیر ششم ندارد. در این حالت مقدار تلفات به صفر رسیده و شاخص‌های راندمان و کفایت نیز ۱۰۰ درصد می‌باشند. این خاصیت از مهم‌ترین مزایای آبگیرهای نیرپیک بوده که کاربرد آن‌ها موجب کاهش بخش قابل‌توجهی از تلفات می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

از نتایج به دست آمده در این پژوهش مشخص گردید که دیدگاه مدیریتی- بهره‌بردار با وزن نسبی ۰/۵۰۹ دارای بیش‌ترین اهمیت از نظر افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری می‌باشد. همچنین در بین راه‌کارهای ارائه شده نیز مشخص گردید که از دیدگاه مدیریتی- بهره‌بردار استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در سطح شبکه، از دیدگاه فنی- سازه‌ای استفاده از سازه‌های آبگیر نیرپیک در تمام کانال‌ها، از دیدگاه اقتصادی دریافت هزینه واقعی آب‌بها، از دیدگاه اجتماعی توصیه و ترویج سیستم‌های مدرن آبیاری به کشاورزان و از دیدگاه زیست‌محیطی جلوگیری از تخلیه

فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به داخل کانال‌ها دارای بیش‌ترین اهمیت می‌باشد. همچنین از نتایج کمی شبیه‌سازی جریان توسط مدل هیدرودینامیک مشاهده گردید که به‌کارگیری سازه‌های پیشرفته آبگیری موجب افزایش راندمان شبکه و کاهش حجم تلفات آب در سطح شبکه می‌گردد که این موضوع از نتایج رتبه‌بندی راه‌کارهای مؤثر در افزایش عملکرد از دیدگاه سازه‌ای نیز به‌صورت مشابه نشان داده شد.

سیاسگزاری

در انتها لازم است از مسئولین محترم شرکت بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زه‌کشی دشت قزوین به‌خصوص جناب آقای مهندس سینایی که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند سپاسگزاری بنماییم. همچنین از کارشناسان محترم معاونت بهره‌برداری شرکت آب منطقه‌ای قزوین که با راهنمایی‌ها و نظرهای ارزشمندشان ما را در انجام بهتر این پژوهش یاری نمودند سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

1. Ghodsipour, S.H. 2008. The Analytical Hierarchy Process AHP. Amirkabir University technology Publication, Sixth edition.
2. Kasbdov, J., Abdullaev, I., Manthrililake, H., Qureshi, A., and Jumaboev, K. 2009. Evaluating Planning and Delivery Performance of Water User Associations (WUAs) in Osh Province, Kyrgyzstan. J. Agric. Water Mange. 96: 1259-1267.
3. Kumar, P., Mishra, A., Rghuwanshi, N.S., and Singh, R. 2002. Application of unsteady flow hydraulic model to a large and complex irrigation system. J. Agric. Water Mange. 54: 49-66.
4. Lashgari, A.R. 2009. Operational management of irrigation networks in drought conditions. M.Sc. Thesis, Management Education and Research Institute, 46p. (In Persian)
5. Mamanpoush, A.R., and Mousavi, S.F. 2006. Water productivity in irrigated land under cultivation of Zayanderoud networks (Nekouabad and Abshar), P 10-20, 3th Management of Irrigation and Drainage Networks National Conference, 2-4 May. 2006 at Shahid Chamran University. (In Persian)
6. Mateos, L., Lozanbo, D., Ould Baghil, A.B., Diallo, O.A., Gomez-Macpherson, H., Comas, J., and Connor, D. 2010. Irrigation Performance before and after Rehabilitation of a Representative, Small Irrigation Scheme besides the Senegal River. Mauritania. J. Agric. Water Manage. 97: 901-909.

7. Merkle, G. 1997. Canalman Manual. Uta State University.
8. Mirzaie, Z. 2010. Performance Evaluation of Irrigation Networks using Unsteady Flow Hydrodynamic Simulation Model. M.Sc. Thesis, Zanjan University, 3p. (In Persian)
9. Molden, D.J., and Gates, T.K. 1990. Performance Measures for Evaluation of Irrigation Water Delivery System. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE*. 116: 121-135.
10. Montazar, A., and Behbahani, S.M. 2007. Development of an optimized irrigation system selection model using analytical hierarchy process. *J. Biosys. Eng.* 98: 155-165.
11. Montazar, A., and Zadbagher, E. 2010. An Analytical Hierarchy Model for Assessing Global Water Productivity of Irrigation Networks in Iran. *J. Water Res. Mange.* 24: 2817-2832.
12. Pourzand, A. 2009. Study design and industrial operation of Qazvin irrigation networks. P 10-18, 7th Iranian National Committee of Irrigation and Drainage Congress, Tehran, Iran. (In Persian)
13. Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill Publication, USA.
14. Santhi, C., and Pundarikanthan, N.V. 2000. A new Planning Model for Canal Scheduling of Rotational Irrigation. *J. Agric. Water Mange.* 43: 327-343.
15. Tariq, J.A., and Latif, M. 2010. Improving Operational Performance of Farmers Managed Distributary Canal using SIC Hydraulic Model. *J. Water Res. Mange.* 24: 3085-3099.
16. Tavana, A., and Houshmand, A. 2010. Using Analytical Hierarchy (AHP) to evaluate the problems of operation and maintenance shoushtar Miyanab irrigation network. P 30-40, 3th National Conference Management of Irrigation and Drainage Networks, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. (In Persian)
17. Unal, H.B., Asik, M., Yasar, S., and Akkuzu, E. 2004. Performance of water delivery system at tertiary canal level, case study the Menemen left Bank irrigation iystem, Gediz Basin, Turkey. *J. Agric. Water Mange.* 65: 155-171.
18. Zeydali, S., and Khalghi, M. 2003. Evaluation of water productivity in irrigation and drainage networks of Moghan. P 419-432, 11th Congress of the Iranian National Committee of Irrigation and Drainage, Tehran, Iran. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(2), 2014
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Prioritize strategies for increasing water productivity in irrigation networks using Analytical Hierarchy Process (AHP), (Case study: Qazvin Irrigation network)

***H. Ghodousi¹ and F. Malkeshi²**

¹Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, University of Zanjan,
²M.Sc. Student, Dept. of Irrigation and Drainage, University of Zanjan
Received: 09/01/2012; Accepted: 03/03/2013

Abstract

Irrigation and drainage networks are considered the largest distributor of agricultural water and plays an important role in water supply and optimized distribution. Therefore, investigations and investments should be concentrated on the management, technical, economical, social and environmental aspects of the irrigation networks. In this paper by referring to the irrigation network of Qazvin and consultation and interviewing with network officials and managers of water industry in the operation of irrigation systems and also with previous studies, effective strategies were determined for increasing water productivity in networks from the viewpoint of management, technical, economic, social and environmental issues. AHP model and Expert Choice software was used for prioritizing these strategies using of expert opinions. Results showed that the management - operation viewpoint is the highest priority with the relative weight of 0.509. From the management-operation viewpoint using of pressurized irrigation systems, from the technical-structural viewpoint use of Neyrpic module in all channels, from the economic viewpoint to get the actual pricing of cost water, from the social viewpoint advice and promotion of modern irrigation systems to farmers and from the environmental viewpoint prevent the discharge of urban, industrial and agriculture sewage in the channels are the most important. For example, applying the best strategy to increase water productivity from the technical-structural viewpoint simulate the L6 canal of Qazvin irrigation network with Canalman hydrodynamic model. Results show that Neyrpic modules have high performance and reduce water losses in irrigation networks considerably.

Keywords: Water productivity, Irrigation and drainage networks, Analytical hierarchy process, Canalman hydrodynamic model

* Corresponding Author; Email: ghodousi_he@yahoo.com